

KfK 3207
November 1981

Die physikalisch-chemischen Radioiodkomponenten in der Abluft eines Druckwasserreaktors (DWR 3)

H. Deuber
Laboratorium für Aerosolphysik und Filtertechnik
Projekt Nukleare Sicherheit

Kernforschungszentrum Karlsruhe

K E R N F O R S C H U N G S Z E N T R U M K A R L S R U H E

Laboratorium für Aerosolphysik und Filtertechnik

Projekt Nukleare Sicherheit

KfK 3207

Die physikalisch-chemischen Radioiodkomponenten
in der Abluft eines Druckwasserreaktors (DWR 3)

H. Deuber

Kernforschungszentrum Karlsruhe G.m.b.H., Karlsruhe

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

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
ISSN 0303-4003

Die physikalisch-chemischen Radioiodkomponenten in der Abluft
eines Druckwasserreaktors (DWR3)

Kurzfassung

In einem deutschen Druckwasserreaktor wurden die physikalisch-chemischen ^{131}I -Komponenten in der Kaminfortluft während 2 Jahren und in den einzelnen, die Kaminfortluft bildenden Abluftströmen während ca. 1 Jahr bestimmt. Diese Messungen dienten vor allem der Bestimmung des Anteils und der Herkunft des in die Umgebung freigesetzten, radiologisch entscheidenden elementaren ^{131}I . Die Rückhaltung der ^{131}I -Komponenten durch Iodfilter wurde ebenfalls untersucht. Die ^{133}I -Komponenten wurden teilweise in die Messungen miteinbezogen.

Das mit der Kaminfortluft abgegebene ^{131}I bestand etwa zur Hälfte aus elementarem Iod. Dieses wurde vor allem mit der ungefilterten Abluft aus dem Ringraum und aus den Chemielaborabzügen in die Umgebung freigesetzt.

The physico-chemical radioiodine species in the exhaust air of
a pressurized water reactor (PWR3)

Abstract

In a German pressurized water reactor, the physico-chemical ^{131}I species were determined in the plant exhaust during 2 years and in the individual exhausts during about 1 year. These measurements aimed in particular at determining the percentage and the source of the radiologically decisive elemental ^{131}I released to the environment. The penetration of the ^{131}I species by iodine filters was also investigated. The ^{133}I species were partly included in the measurements.

About half of the ^{131}I discharged with the plant exhaust consisted of elemental iodine. This was largely released with the unfiltered exhaust from the annular compartment and from the chemical laboratory hoods.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Einleitung	1
2. Experimentelles	3
3. Daten des Reaktors	7
4. Ergebnisse und Diskussion der ^{131}I -Messungen	14
4.1 Messungen in der Kaminfortluft	14
4.2 Messungen in den die Kaminfortluft bildenden Abluftströmen	21
5. Ergebnisse und Diskussion der ^{133}I -Messungen	31
6. Rechnungen zur Auswirkung der Filtration verschiedener Abluftströme	36
7. Zusammenfassung	42
8. Literatur	43
Anhang A : Ergebnisse der ^{131}I -Messungen	A1
Anhang B : Ergebnisse der ^{133}I -Messungen	B1
Anhang C : Laborversuche zur Abscheidung von ^{131}I an einer in den Anlagenraumabluftfiltern verwendeten Aktivkohle	C1

VERZEICHNIS DER TABELLEN

	<u>Textteil</u>	Seite
Tab. 1	^{131}I -Konzentrationen und Anteile der ^{131}I -Komponenten in der Kaminfortluft bei Messung an verschiedenen Meßstellen	6
Tab. 2	Abluft des DWR 3	9
Tab. 3	Ereignisse im DWR 3	12
Tab. 4	Dauer von Betriebsphasen	13
Tab. 5	^{131}I -Abgaberaten, ^{131}I -Abgaben und Anteile der ^{131}I -Komponenten in der Kaminfortluft	17
Tab. 6	Abgaberaten und Anteile der ^{131}I -Komponenten in der Kaminfortluft	20
Tab. 7	Abgaberaten der ^{131}I -Komponenten in den Abluftströmen	23
Tab. 8	Beiträge der Digestorienabluft und Ringraumabluft zur Kaminfortluft hinsichtlich der Abgaberaten der ^{131}I -Komponenten	26
Tab. 9	Dekontaminationsfaktoren der Anlagenraumabluftfilter für die ^{131}I -Komponenten	28
Tab. 10	Dekontaminationsfaktoren eines Anlagenraumabluftfilters für das organische und gesamte ^{131}I bzw. ^{133}I	29
Tab. 11	Abgaberaten und Anteile der Radioiodkomponenten in der Kaminfortluft und in verschiedenen Abluftströmen (Sammelperioden 74 - 89)	33

Tab. 12	Dekontaminationsfaktoren eines Anlagenraumabluftfilters für die Radioiodkomponenten (Sammelperioden 74 - 89)	35
Tab. 13	Abgaberaten der ^{131}I -Komponenten in der Kaminfortluft und resultierende relative ^{131}I -Ingestionsdosen bei verschiedenen Filterkonzepten (Leistungsbetrieb)	37
Tab. 14	Abgaberaten der ^{131}I -Komponenten in der Kaminfortluft und resultierende relative ^{131}I -Ingestionsdosen bei verschiedenen Filterkonzepten (Revision)	38

Anhang A

^{131}I -Konzentrationen und Anteile der ^{131}I -Komponenten:

Tab. A-1	Kaminfortluft	A- 1
Tab. A-2	Zuluft der Anlagenraumabluftfilter	A- 5
Tab. A-3	Abluft der Anlagenraumabluftfilter	A- 8
Tab. A-4	Ringraumabluft	A-11
Tab. A-5	Digestorienabluft	A-13
Tab. A-6	Hilfsanlagegebäudeabluft (G)	A-17
Tab. A-7	Hilfsanlagegebäudeabluft (H)	A-19
Tab. A-8	Spülluft und Abluft aus den Chemielaborabzügen	A-21

Anhang B

^{133}I -Konzentrationen und Anteile der ^{133}I -Komponenten:

Tab. B-1	Kaminfortluft	B- 1
Tab. B-2	Zuluft der Anlagenraumabluftfilter	B- 2
Tab. B-3	Abluft der Anlagenraumabluftfilter	B- 3
Tab. B-4	Digestorienabluft	B- 4
Tab. B-5	Abluft aus den Chemielaborabzügen	B- 5

	<u>Anhang C</u>	Seite
Tab. C-1	Abscheidegrad der Aktivkohle BJ4713 für ^{131}I , beaufschlagt als I_2	C-3
Tab. C-2	Abscheidegrad der Aktivkohle BJ 4713 für ^{131}I , beaufschlagt als CH_3I	C-4

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

	<u>Textteil</u>	Seite
Abb. 1	Diskriminierender Iodsammler	5
Abb. 2	Verteilung des ^{131}I im diskriminierenden Iodsammler	5
Abb. 3	Vereinfachtes Abluftschema des DWR 3	8
Abb. 4-7	Betriebsdiagramm des DWR 3	10
Abb. 8,10	Abgaberaten der ^{131}I -Komponenten in der Kaminfortluft	18, 19
Abb. 9,11	Abgabe der ^{131}I -Komponenten mit der Kaminfortluft	18, 19
Abb. 12-15	Abgaberaten der ^{131}I -Komponenten in den Abluftströmen	24
Abb. 16	Zeitlicher Verlauf des Dekontaminationsfaktors für das organische ^{131}I und ^{133}I	30
Abb. 17	Zeitlicher Verlauf des Dekontaminationsfaktors für das gesamte ^{131}I und ^{133}I	30
Abb. 18	Abgaberaten der I-Komponenten in der Kaminfortluft (Sammelperioden 74 - 89)	34
Abb. 19,20	Abgaberaten der ^{131}I -Komponenten in der Kaminfortluft bei verschiedenen Filterkonzepten	39
Abb. 21	Abgaberaten der ^{131}I -Komponenten in der Kaminfortluft bei Leistungsbetrieb ohne und mit Iodfilter in der Digestorien-abluft	40
Abb. 22	Abgaberaten der ^{131}I -Komponenten in der Kaminfortluft bei Revision ohne und mit Iodfilter in der Ringraumabluft	40

Abb. 23 Aus der ^{131}I -Abgabe mit der Kaminfortluft resultierende relative Ingestionsdosen bei Leistungsbetrieb ohne und mit Iodfilter in der Digestorienabluft

41

Abb. 24 Aus der ^{131}I -Abgabe mit der Kaminfortluft resultierende relative Ingestionsdosen bei Revision ohne und mit Iodfilter in der Ringraumabluft

41

Anhang A

Seite

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration;
 Zeitlicher Verlauf des Anteils der ^{131}I -Komponenten:

Abb. A- 1 bis A- 8	Kaminfortluft	A - 22
Abb. A- 9 bis A-14	Zuluft der Anlagenraumabluftfilter	A - 26
Abb. A-15 bis A-20	Abluft der Anlagenraumabluftfilter	A - 29
Abb. A-21 bis A-26	Ringraumabluft	A - 32
Abb. A-27 bis A-34	Digestorienabluft	A - 35
Abb. A-35 bis A-40	Hilfsanlagegebäudeabluft (G)	A - 39
Abb. A-41 bis A-46	Hilfsanlagegebäudeabluft (H)	A - 42

Anhang B

Zeitlicher Verlauf der ^{133}I -Konzentration;
 Zeitlicher Verlauf des Anteils der ^{133}I -Komponenten:

Abb. B - 1, B - 2	Kaminfortluft	B - 6
Abb. B - 3, B - 4	Zuluft der Anlagenraumabluftfilter	B - 7
Abb. B - 5, B - 6	Abluft der Anlagenraumabluftfilter	B - 8
Abb. B - 7, B - 8	Digestorienabluft	B - 9

<u>Anhang C</u>		Seite
Abb. C - 1, C - 2	Durchlaßgrad der Aktivkohle BJ4713 für ^{131}I in Form von I_2 bei verschiedenen Nachströmzeiten	C-5
Abb. C - 3, C - 4	Durchlaßgrad der Aktivkohle BJ4713 für ^{131}I in Form von CH_3I bei verschiedenen Nachströmzeiten	C-6
Abb. C - 5, C - 6	Verteilung des ^{131}I auf Test- und Sicherheitsbetten bei verschiedenen Nachströmzeiten	C-7

1. Einleitung

Die Abgabe radioaktiver Stoffe mit der Fortluft deutscher Kernkraftwerke ist beim bestimmungsgemäßen Betrieb in der Regel so gering, daß nach dem heute üblichen Berechnungsverfahren /1/ eine Strahlenexposition der Bevölkerung in der Umgebung resultiert, die weit unter dem nach der Strahlenschutzverordnung zulässigen Wert liegt. Nur bei einem Radionuklid, nämlich bei ^{131}I , kann die Abgabe zu einer Strahlenexposition in Höhe eines wesentlichen Anteils des zulässigen Wertes führen.

Luftgetragenes Radioiod trägt über Ingestion und Inhalation im wesentlichen durch die Schilddrüsendosis zur Strahlenexposition bei. Die für den Ingestionspfad berechnete Schilddrüsendosis liegt in Abhängigkeit von den örtlichen Bedingungen um 2 bis 3 Größenordnungen über der für den Inhalationspfad berechneten.

In dem genannten Berechnungsverfahren der Strahlenexposition werden 3 physikalisch-chemische Radioiodkomponenten berücksichtigt: elementares (I_2), schwebstoffförmiges und organisches (CH_3I) Iod. Diese Iodkomponenten tragen über den entscheidenden Weide-Kuh-Milchpfad in sehr unterschiedlichem Maße zur Ingestionsdosis bei, da sich ihre Ablagerungsgeschwindigkeiten bei Weidepflanzen etwa wie 100:10:1 verhalten (Fallout).

Nur bei Kenntnis der Anteile der Radioiodkomponenten in der Fortluft läßt sich daher eine annähernd realistische Berechnung der Strahlenexposition der Bevölkerung durchführen. Vor allem durch Einsatz von Iodfiltern in den Abluftströmen, die die Hauptquellen für das in die Umgebung freigesetzte elementare Radioiod darstellen, ist eine effektive Reduzierung der Strahlenexposition zu erreichen.

Im vorliegenden Bericht wird auf Radioiodmessungen in einem deutschen Druckwasserreaktor (DWR 3) während eines Zeitraumes von insgesamt ca. 2 Jahren eingegangen. Diese Messungen dienten vor allem der Bestimmung des Anteils des elementaren ^{131}I in der Kaminfortluft und der Hauptquellen des in die Umgebung freigesetzten elementaren ^{131}I .

Die Rückhaltung der ^{131}I -Komponenten durch Iodfilter wurde ebenfalls untersucht. Die ^{133}I -Komponenten wurden teilweise in die Messungen miteinbezogen. Es wird ferner über einige Laborversuche zur Abscheidung von ^{131}I an einer Aktivkohle berichtet, die zur Vertiefung der vor Ort gewonnenen Erkenntnisse zur Rückhaltung von ^{131}I durch Iodfilter durchgeführt wurden.

Über die Messungen im DWR 3 wurde teilweise schon berichtet /2,3/. Ein Bericht über entsprechende Messungen in der Kaminfortluft eines anderen deutschen Druckwasserreaktors (DWR 2) mit weitgehend gleichem Lüftungssystem liegt vor /4/. Analoge Untersuchungen in ausländischen Druckwasserreaktoren werden in der Literatur beschrieben /5/.

2. Experimentelles

Wegen der niedrigen Radioiodkonzentrationen in der Ab- und Fortluft von Kernkraftwerken kann die Bestimmung der Radioiodkomponenten nur mit diskriminierenden Iodsammlern durchgeführt werden, in denen eine selektive Abscheidung der Radioiodkomponenten an Schwebstofffiltern bzw. Iodsorptionsmaterialien erfolgt.

Der in den vorliegenden Messungen benutzte diskriminierende Iod-sammler ist in Abb. 1 wiedergegeben. Er dient der Bestimmung von schwebstoffförmigem, elementarem und organischem Radioiod. Aufbau, Betrieb und Leistung wurden bereits beschrieben /4,2/. Das Ergebnis einer Messung ist in Abb. 2 dargestellt. Eine Stufe zur Bestimmung von hypoidiger Säure (HIO), einer weiteren möglicherweise auftretenden Iodkomponente, ist nicht vorgesehen, da z.Z. kein allgemein einsetzbares Material zur selektiven Abscheidung dieser Iodkomponente existiert. Es kann aber davon ausgegangen werden, daß hypoidige Säure in den hier untersuchten Abluftströmen nicht in signifikanten Anteilen auftritt /6/.

Die Nachweisgrenze (Fehler von 100 % auf der 1σ - Vertrauensebene) bei einer Sammelzeit von 1 Woche und einer Meßzeit der Radioaktivität der Sammlerkomponenten von 1000 min betrug ca. $1 \cdot 10^{-15}$ Ci ^{131}I bzw. $6 \cdot 10^{-15}$ ^{133}I . Der Zerfall des Radioiods während der verschiedenen Zeitabschnitte (Sammelzeit, Zeit zwischen Sammeln und Messen, Meßzeit) wurde berücksichtigt. Für Sammelzeit und Meßzeit wurde folgender Korrekturfaktor F verwendet:

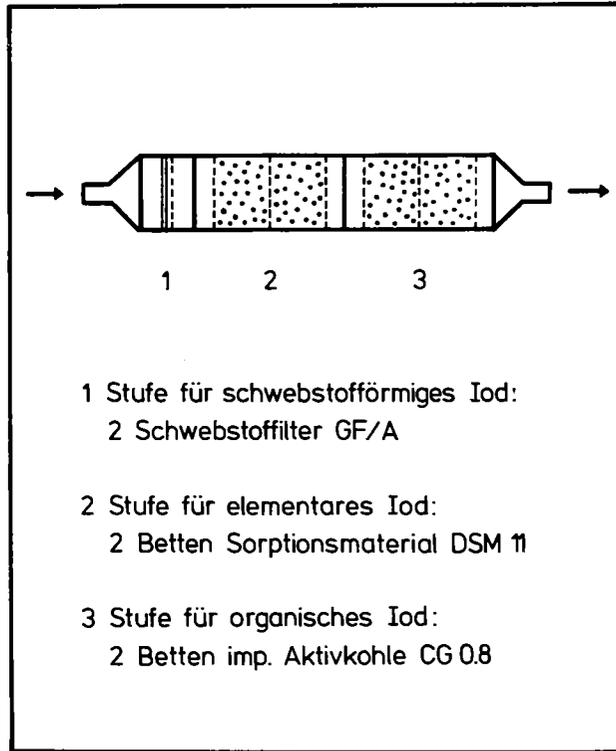
$$F = \frac{\ln 2 \cdot T}{T_{1/2} \cdot \left(1 - e^{-\frac{\ln 2 \cdot T}{T_{1/2}}} \right)}$$

T : Sammelzeit bzw. Meßzeit (h)

$T_{1/2}$: Halbwertszeit (193,2 h bei ^{131}I ; 20,9 h bei ^{133}I)

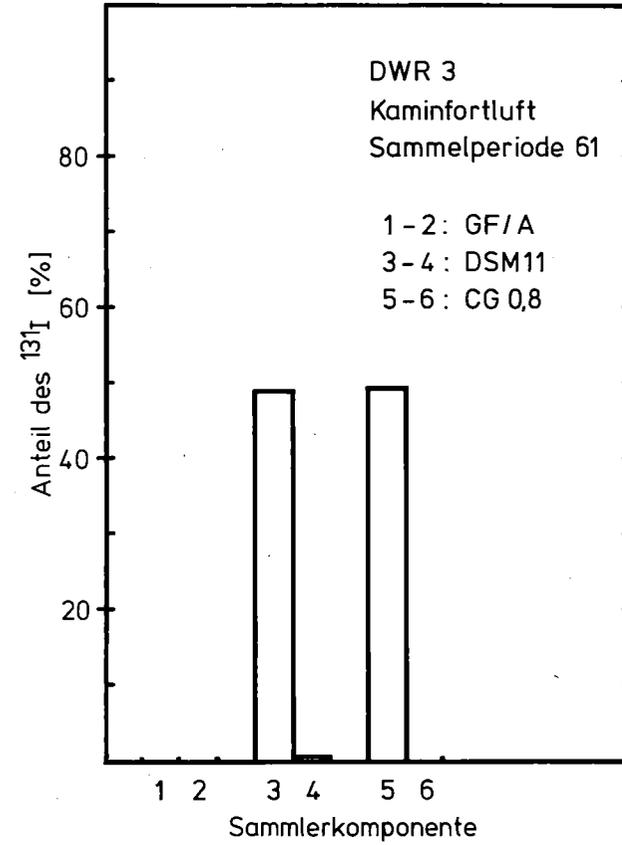
Für eine Sammelzeit von 168 h (1 Woche) z.B. beträgt dieser Faktor 1,33 bei ^{131}I und 5,59 bei ^{133}I .

Die Probenahme in den Abluftströmen erfolgte isokinetisch. Im Falle der Kaminfortluft wurde die Probenahme jedoch anisokinetisch in einer Bypassleitung (Luftaktivitätsmeßstrang) durchgeführt (Meßstelle I). Zur Abschätzung des dadurch eventuell entstehenden Fehlers wurden während 4 Sammelperioden (Wochen) gleichzeitig diskriminierende Iod-sammler an der Meßstelle I und im Kamin eingesetzt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 wiedergegeben. Wie ersichtlich, traten weder bei den ^{131}I -Konzentrationen noch bei den Anteilen der ^{131}I -Komponenten wesentliche systematische Abweichungen auf.



Diskriminierender Iodsammler

Abb. 1 a)



Verteilung des ¹³¹I im diskriminierenden Iodsammler

Abb. 2 a)

a) Verweilzeit: 0,075 s pro Bett

Tab. 1: ^{131}I -Konzentrationen und Anteile der ^{131}I -Komponenten in der Kaminfortluft bei Messung an verschiedenen Meßstellen

Messung a)	Meßstelle b)	^{131}I -Konzentration [Ci/m ³]	Anteil der ^{131}I -Komponenten [%]		
			schwebstoff.I	elementares I	organisches I
1	1	$1,0 \cdot 10^{-13}$	9	68	23
	2	$1,2 \cdot 10^{-13}$	7	63	30
2	1	$1,1 \cdot 10^{-13}$	3	56	42
	2	$1,1 \cdot 10^{-13}$	3	50	47
3	1	$3,1 \cdot 10^{-13}$	< 1	24	77
	2	$3,8 \cdot 10^{-13}$	< 1	19	82
4	1	$2,3 \cdot 10^{-13}$	< 1	36	64
	2	$2,0 \cdot 10^{-13}$	< 1	39	60

- a) Dauer der Messungen: 1 Woche;
Messungen 1 und 2 bzw. Messungen 3 und 4 direkt hintereinander durchgeführt
- b) Meßstelle 1: Kamin, in der Nähe des Beginns des Luftaktivitätsmeßstrangs;
Meßstelle 2: Luftaktivitätsmeßstrang ("Meßstelle I");
Länge des Luftaktivitätsmeßstrangs (Polyethylen) bis Meßstelle 2: ca. 13 m

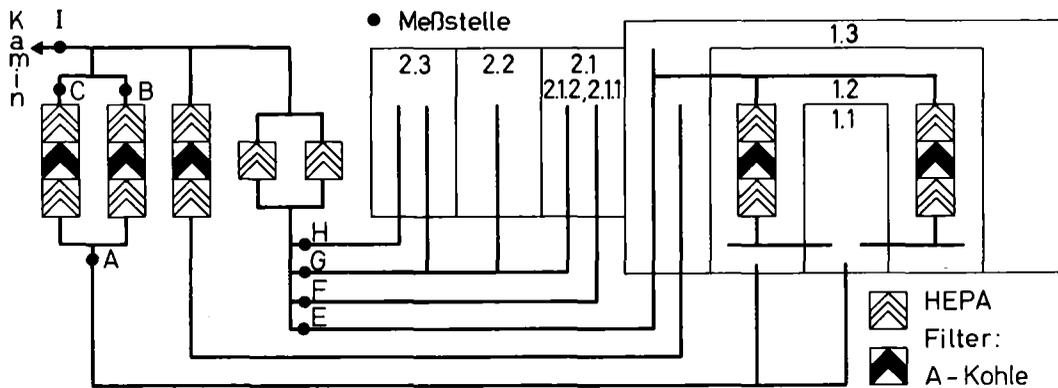
3. Daten des Reaktors

Das Lüftungssystem des DWR 3 geht aus Abb.3 und den dazugehörenden Erklärungen hervor. Wichtige Daten zur Abluft sind in Tabelle 2 enthalten.

Zu Messungen in der Kaminfortluft diente die Meßstelle I. Alle im Normalfall betriebenen Hauptabluftströme, nämlich Anlagenraumabluft, Ringraumabluft, Digestorienabluft und Hilfsanlagegebäudeabluft wurden mit den Meßstellen A, B, C, E, F, G, H erfaßt. Weitere, in Abb. 3 nicht eingetragene Meßstellen (E1, F1) dienten der Erfassung von Teilströmen der Ringraumabluft und der Digestorienabluft (Spülluft bzw. Abluft aus den Chemielaborabzügen). Das Abgas des Turbinenkondensators wurde an der Meßstelle H erfaßt, das des Abgassystems nur an der Meßstelle I. Von beiden Abgasen ist jedoch normalerweise keine signifikante Radioiodabgabe zu erwarten (geringe Leckage in den Sekundärkreislauf bzw. Abgabe über eine Verzögerungsstrecke).

In der Turbinenhausluft, die wegen der zu erwartenden sehr geringen Konzentrationen an radioaktiven Stoffen über Dachentlüfter abgegeben wird, wurden einige Probemessungen durchgeführt. Es ergaben sich ^{131}I -Konzentrationen in der Nähe der Nachweisgrenze (10^{-15} Ci/m^3).

Die elektrische Leistung des DWR3 während des Meßzeitraums von 2 Jahren ist in den Abb. 4 bis 7 verzeichnet. Einige Ereignisse in der Anlage sind in Tab. 3 aufgeführt. Die Betriebsphasen, in denen an allen in Abb. 3 angegebenen Meßstellen Sammler eingesetzt wurden (falls Abluftbetrieb) und die im folgenden gesondert ausgewertet werden, gehen aus Tab. 4 hervor. Es handelt sich, wie ersichtlich, um je 2 Leistungs- betriebsphasen und Revisionsphasen von 9 bis 13 Wochen Dauer.



- | | |
|-------------------|---|
| Reaktorgebäude: | Hilfsanlagegebäude: |
| 1.1 Anlagenräume | 2.1 Laboratorien (2.1.1 Digestorien, 2.1.2 Räume) |
| 1.2 Betriebsräume | 2.2 Sozialräume |
| 1.3 Ringraum | 2.3 Hilfsanlagenräume |



Vereinfachtes Abluftschema des DWR 3

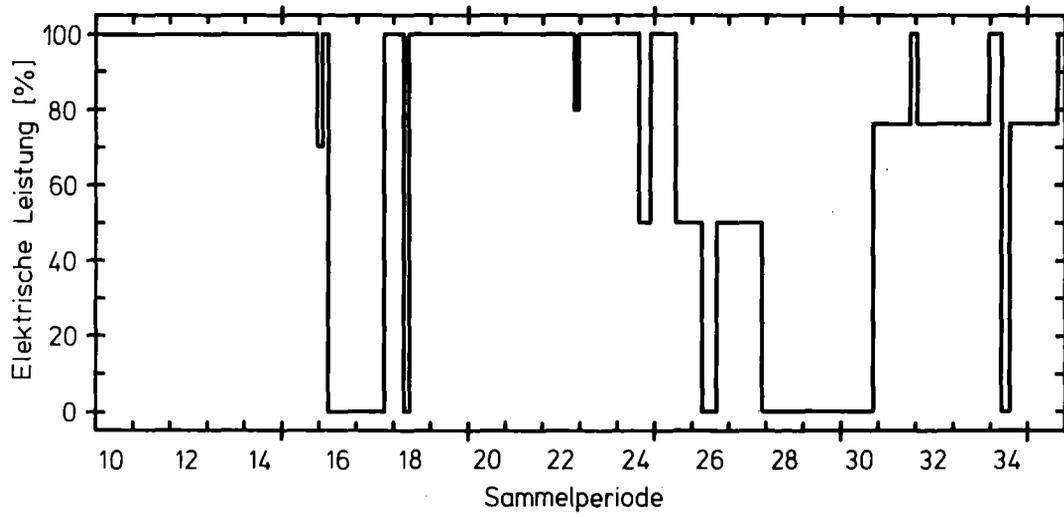
Abb. 3 a)

- a)
- Die Abluft aus den Anlagen- und Betriebsräumen des Reaktorgebäudes wird bei Leistungsbetrieb praktisch nur über eines der Anlagenraum-abluftfilter (vor Meßstelle B bzw. C) abgegeben ("Anlagenraumabluft"), bei Revision praktisch nur über die in den Betriebsräumen gelegenen Filter ("Spülluft"). (Letztere können auch im Umluftbetrieb gefahren werden.) Die Ringraumabluft wird im Normalbetrieb durch die eingezeichneten Schwebstofffilter geleitet; im Störfall kann sie über das aufgeführte Schwebstoff- und Aktivkohlefilter abgegeben werden. (Weitere Angaben in Tab. 2.)

Tab. 2: Abluft des DWR 3

Bezeichnung	Temperatur [°C]	rel. Feuchte [%]	Durchfluß ^{g)} [m ³ /h]	Meß- stelle	Sammelperioden ^{h)}	
					131 _I	133 _I
Kaminfortluft	20-30	20-30	165.000 ⁱ⁾	I	10-113	74-89; 94-96
Zuluft der Anlagenraumabluftfilter ^{a)}	20-30	40-60	1.200	A	36- 48; 58- 95	74-89
Abluft der Anlagenraumabluftfilter	20-30	30-50	1.200	B,C	36- 48; 58- 95	74-89
Ringraumabluft ^{b)}	20-30	20-40	61.500 ⁱ⁾	E	36- 74; 96-104	
Digestorienabluft ^{c)}	20-30	20-30	4.300	F	10-115	74-89; 94-96
Hilfsanlagegebäudeabluft ^{d)}	20-30	20-30	41.000	G	36- 74; 96-104	
Hilfsanlagegebäudeabluft ^{e)}	20-30	20-30	57.000	H	36- 74; 96-104	
Spülluft ^{f)}	20-30	20-40	8.000 ^{j)}	E1	96-104	
Abluft aus Chemielaborabzügen	20-30	20-30	4.300	F1	83- 86; 112-115	83-86

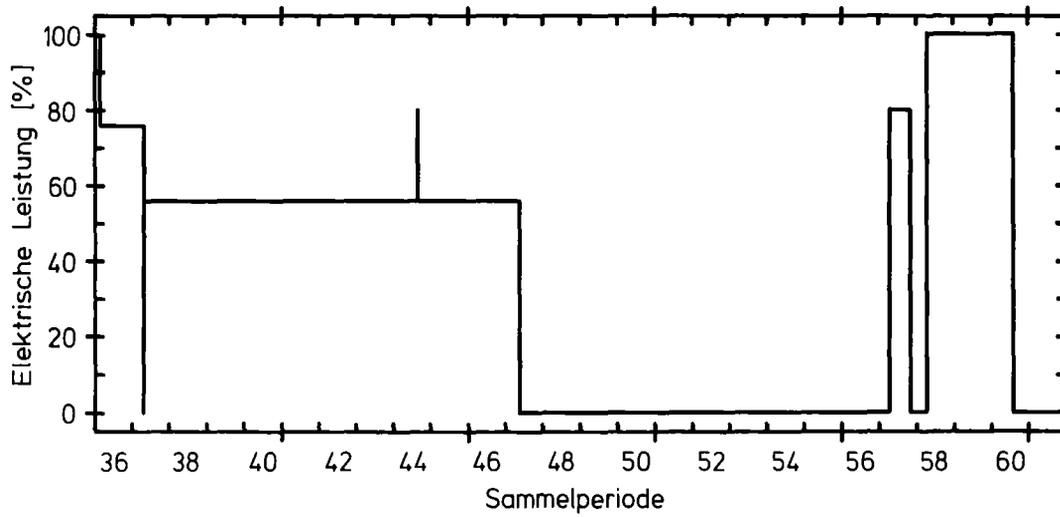
- a) Abluft aus Anlagen- und Betriebsräumen; während der Revision meistens außer Betrieb
- b) während der Revision meistens zusätzlich Spülluft (Abluft aus Anlagen- und Betriebsräumen)
- c) Abluft aus Chemielaborabzügen und Primärwasserentnahmebox
- d) Abluft aus den oberen Anlagenräumen des Hilfsanlagegebäudes, aus den Sozialräumen und aus den Chemielabors
- e) Abluft aus den unteren Anlagenräumen des Hilfsanlagegebäudes
- f) praktisch nur während der Revision in Betrieb
- g) in den folgenden Rechnungen verwendete Mittelwerte
- h) keine Eintragung: keine Sammler eingesetzt; s. auch Tab. 4
- i) bei Betrieb der Spülluft um 8.000 m³/h bzw. 13.000 m³/h höher
- j) bei Betrieb von 1 Filter 8.000 m³/h, von 2 Filtern 13.000 m³/h



KIK LAF II D8060

Betriebsdiagramm des DWR 3

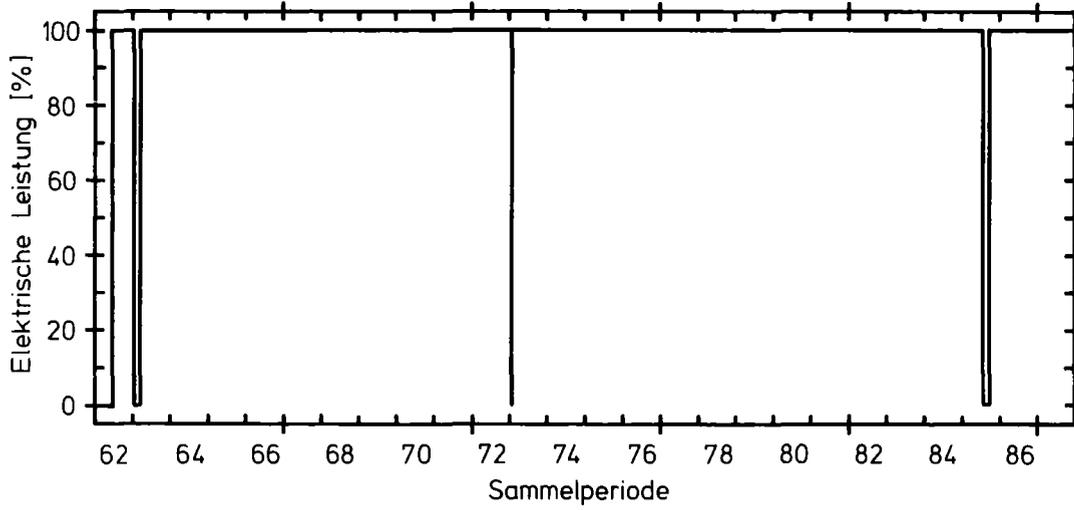
Abb. 4



KIK LAF II D8061

Betriebsdiagramm des DWR 3

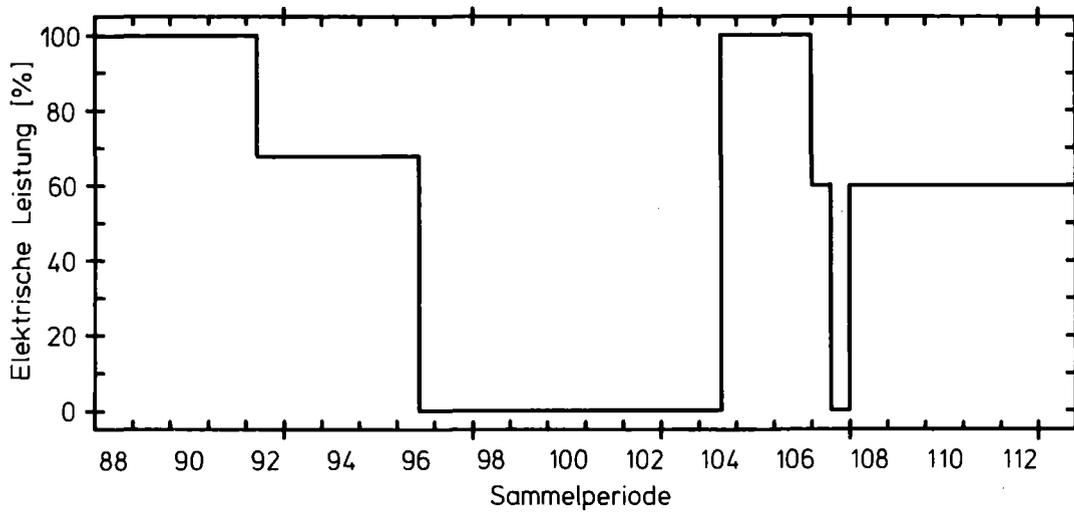
Abb. 5



KIK LAF II 08062

Betriebsdiagramm des DWR 3

Abb. 6



KIK LAF II 08063

Betriebsdiagramm des DWR 3

Abb. 7

Tab. 3: Ereignisse im DWR 3

Sammel- periode a)	Ereignis b)
16	Abfahren des Reaktors
17	Anfahren des Reaktors
27	Abfahren des Reaktors
30	Anfahren des Reaktors
47	Abfahren des Reaktors (Anfang der Revision)
48	Öffnen des Reaktordruckgefäßes
49	kurzzeitige Lagerung einer kleinen Menge bestrahl- ten Brennstoffs im Lager für radioaktiven Abfall im Hilfsanlagengebäude
54	Schließen des Reaktordruckgefäßes
57	Anfahren des Reaktors (Ende der Revision)
60	Abfahren des Reaktors
60, 61	Reparaturen an den Hauptkühlmittelpumpen
62	Anfahren des Reaktors
96	Abfahren des Reaktors (Anfang der Revision) Eindampfen einer größeren Menge Primärwassers in den Chemielaborabzügen
97	Öffnen des Reaktordruckgefäßes
98, 99	Reparaturen an den Hauptkühlmittelpumpen
102	Schließen des Reaktordruckgefäßes
104	Anfahren des Reaktors (Ende der Revision)

a) s. Tab. 4

b) Ab- und Anfahren des Reaktors bei Stillstandsphasen von
> 1 Sammelperiode und andere Ereignisse

Tab. 4: Dauer von Betriebsphasen

Betriebsphase a)	Sammelperioden b)
Leistungsbetrieb 1	36-46
Leistungsbetrieb 2	62-74
Revision 1	47-57
Revision 2	96-104

a) Leistungsbetrieb: Betriebsphasen außerhalb der Revision

b) aneinandergrenzende, fortlaufend nummerierte Meßzeiträume von 1wöchiger Dauer

4. Ergebnisse und Diskussion der ^{131}I -Messungen

Wie erwähnt, wurden schwebstoffförmiges, elementares und organisches ^{131}I in der Ab- und Fortluft des DWR 3 bestimmt. Da der Anteil des schwebstoffförmigen ^{131}I meistens $< 1\%$ war, wird im folgenden auf diese ^{131}I -Komponente nicht näher eingegangen.

4.1 Messungen in der Kaminfortluft

Die während der einzelnen Sammelperioden in der Kaminfortluft ermittelten ^{131}I -Konzentrationen und Anteile der ^{131}I -Komponenten sind (im Anhang) in Tab. A-1 und in den Abb. A-1 bis A-8 wiedergegeben. Es ist folgendes zu erkennen:

- a) Die ^{131}I -Konzentration lag meistens zwischen 10^{-13} und 10^{-11} Ci/m³.
- b) Am Anfang von Stillstandsphasen traten häufig Spitzen in der ^{131}I -Konzentration auf. Das gilt insbesondere für die beiden Revisionen.
- c) Der Anteil des elem. ^{131}I war in den meisten Sammelperioden größer als der des org. ^{131}I .
- d) Ein allgemein gültiger Zusammenhang zwischen den Anteilen der ^{131}I -Komponenten und der Art der Betriebsphase während der einzelnen Sammelperioden ist nicht ersichtlich. Vielmehr können in derselben Betriebsphase starke Änderungen der Anteile der ^{131}I -Komponenten auftreten (vgl. Sammelperioden 98 und 99).

Diese Resultate stimmen mit denen beim DWR 2 erzielten weitgehend überein. Beim DWR 2 überwog allerdings meistens der Anteil des org. ^{131}I /4/.

Die während der einzelnen Betriebsphasen der beiden Meßjahre in der Kaminfortluft festgestellten mittleren ^{131}I -Abgaberraten, ^{131}I -Abgaben und Anteile der ^{131}I -Komponenten gehen aus Tab. 5 und den Abb. 8 bis 11 hervor.

Es ist folgendes zu verzeichnen:

- a) Die Abgaberaten der ^{131}I -Komponenten waren bei Leistungsbetrieb niedriger als bei Revision.
- b) Die Abgaben der ^{131}I -Komponenten waren im 1. Meßjahr bei Leistungsbetrieb am höchsten, im 2. Meßjahr bei Revision.
- c) Bei Leistungsbetrieb waren die Anteile des elem. ^{131}I höher als die des org. ^{131}I .
- d) Bei Revision überwog im 1. Meßjahr der Anteil des org. ^{131}I , im 2. Meßjahr derjenige des elem. ^{131}I .
- e) Insgesamt überwog der Anteil des elem. ^{131}I geringfügig (59 % im 1. Meßjahr, 54 % im 2. Meßjahr).

Außerdem ist ersichtlich, daß die Jahresabgabe an ^{131}I ca. 5 bzw. 3 mCi betrug. Sie war bedeutend niedriger als die für den Standort genehmigte Jahresabgabe. (Damit war auch die Jahresabgabe an elem. ^{131}I bedeutend niedriger als 50 % der genehmigten Jahresabgabe an ^{131}I .)

Der Anteil des radiologisch entscheidenden elem. ^{131}I von im Mittel 57 % in der Kaminfortluft des DWR 3 war höher als derjenige in der Kaminfortluft des DWR 2 /4/. (Bei Berechnung aus den jährlichen Abgaberaten der ^{131}I -Komponenten hatte sich ein Anteil des elem. ^{131}I von 37 % ergeben, bei Berechnung aus den während der einzelnen Sammelperioden festgestellten Anteile der ^{131}I -Komponenten ein solcher von 27 %.)

Als Mittelwert der Anteile des elem. ^{131}I in der Kaminfortluft von DWR 3 und DWR 2 ergibt sich (bei Berechnung aus den Abgaberaten) ein Wert von 47 %. Sowohl beim DWR 3 als auch beim DWR 2 war der Anteil des schwebstoffförmigen ^{131}I vernachlässigbar klein (< 1 %). Aufgrund dieser Ergebnisse können für die Berechnung der Ingestionsdosis durch ^{131}I , das mit der Kaminfortluft von Druckwasserreaktoren bei Normalbetrieb abgegeben wird, Anteile von je 50 % für elem. und org. ^{131}I verwendet werden. Das Auftreten von hypoidiger Säure in signifikanten Anteilen kann, wie erwähnt, ausgeschlossen werden /6/.

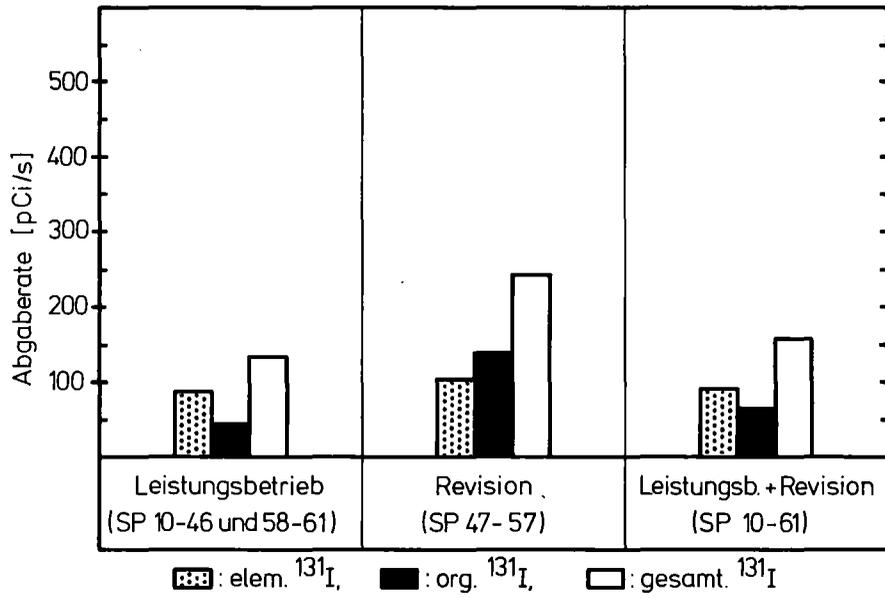
Für die Kaminfortluft von ausländischen Druckwasserreaktoren werden mittlere Anteile von elem. und org. ^{131}I von je ca. 30 % angegeben. Der Rest wird überwiegend hypoiodiger Säure zugeordnet /7/.

Die Abgaberaten und Anteile der ^{131}I -Komponenten in der Kaminfortluft nach Messungen in der Kaminfortluft und nach Messungen in den einzelnen, die Kaminfortluft bildenden Abluftströmen sind für verschiedene Betriebsphasen in Tab. 6 wiedergegeben. Die Werte stimmen innerhalb der Standardabweichungen überein. Es traten also bei den Messungen in den Abluftströmen, auf die im folgenden eingegangen wird, keine wesentlichen systematischen Fehler auf.

Tab. 5: ^{131}I -Abgaberaten, ^{131}I -Abgaben und Anteile der ^{131}I -Komponenten in der Kaminfortluft

Zeitraum	Betriebsphase ^{a)}	^{131}I -Abgaberate ^{b)} [Ci/s]	^{131}I -Abgabe ^{b)} [Ci]	Anteil der ^{131}I -Komponenten ^{c)} [%]	
				elem.I	org.I
1.Meßjahr ^{d)}	L	1,3 ± 0,3 (-10)	3,3 ± 0,8 (-3)	67	33
	R	2,4 ± 1,6 (-10)	1,6 ± 1,0 (-3)	43	57
	L+R	1,6 ± 0,4 (-10)	4,9 ± 1,3 (-3)	59	41
2.Meßjahr ^{e)}	L	1,5 ± 0,2 (-11)	3,8 ± 0,4 (-4)	61	39
	R	5,2 ± 2,3 (-10)	2,8 ± 1,3 (-3)	54	46
	L+R	1,0 ± 0,5 (-10)	3,2 ± 1,5 (-3)	54	45

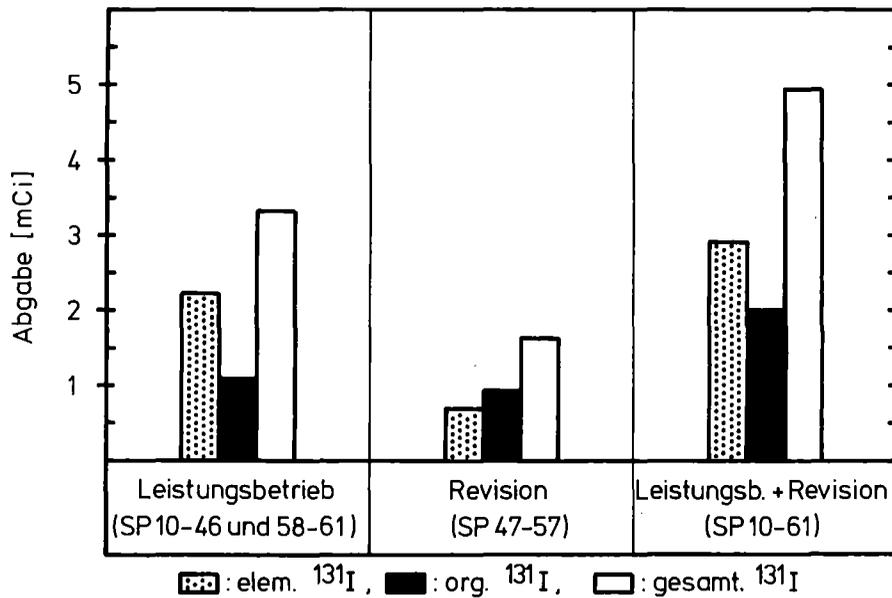
- a) L: Leistungsbetrieb; R: Revision
- b) Zehnerpotenzen durch Exponenten in Klammern wiedergegeben; Schwankungen durch Standardabweichungen ausgedrückt
- c) berechnet aus den Abgaberaten der ^{131}I -Komponenten
- d) Sammelperioden 10- 61
- e) Sammelperioden 62-113



KfK LAF II 142378 B

Abgaberaten der ¹³¹I-Komponenten in der Kaminfortluft (DWR 3)

Abb. 8 a)

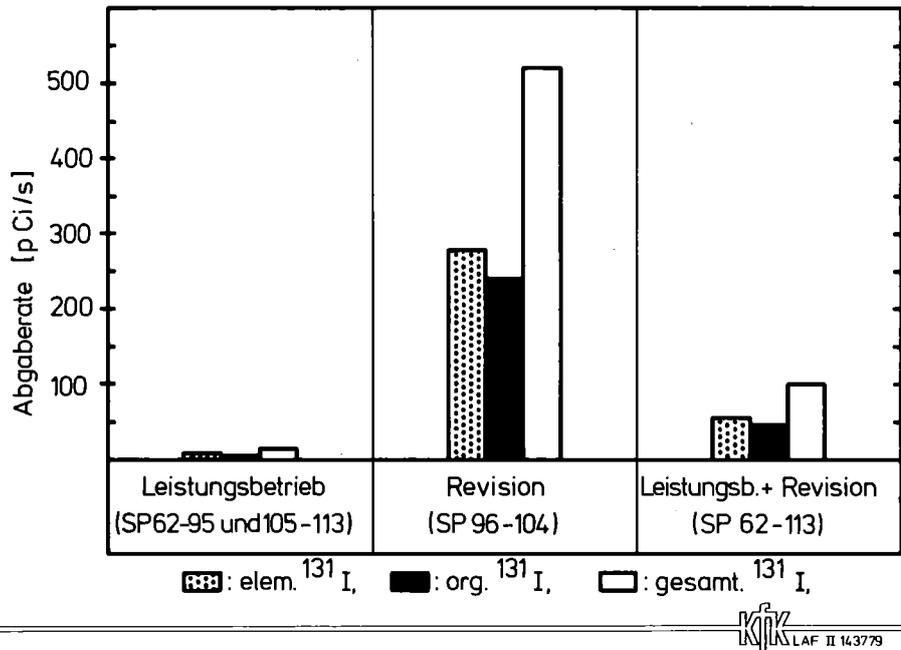


KfK LAF II 142478

Abgaben der ¹³¹I-Komponenten mit der Kaminfortluft (DWR 3)

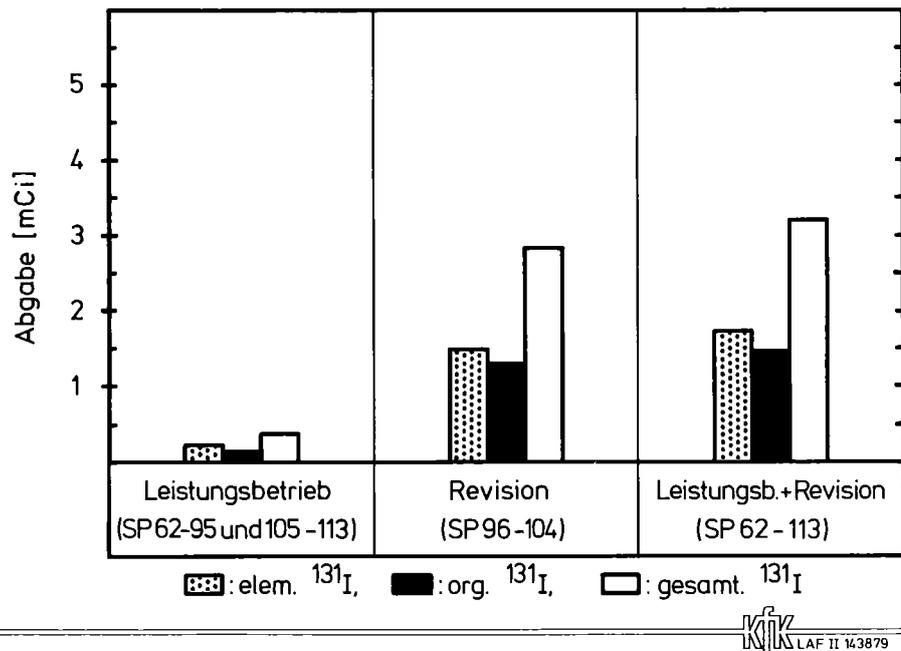
Abb. 9 a)

a) SP: Sammlerperiode



Abgaberaten der ¹³¹I-Komponenten in der Kaminfortluft (DWR 3)

Abb. 10



Abgaben der ¹³¹I-Komponenten mit der Kaminfortluft (DWR 3)

Abb. 11

Tab. 6: Abgaberaten und Anteile der ^{131}I -Komponenten in der Kaminfortluft

Betriebsphase ^{a)}	^{131}I -Komponente	Abgaberate der ^{131}I -Komponenten [Ci/s]		Anteil der ^{131}I -Komponenten [%] ^{b)}	
		nach Messungen in der Kaminfortluft	nach Messungen in den Abluftströmen	nach Messungen in der Kaminfortluft	nach Messungen in den Abluftströmen
Leistungsbetrieb 1	elem.I	3,3 ± 1,4 (-11)	2,2 ± 0,8 (-11)	73	70
	org.I	1,2 ± 0,4 (-11)	9,2 ± 3,0 (-12)	27	29
	gesamt.I	4,6 ± 1,9 (-11)	3,2 ± 1,0 (-11)		
Leistungsbetrieb 2	elem.I	1,2 ± 0,4 (-11)	1,5 ± 0,6 (-11)	62	67
	org.I	7,0 ± 0,7 (-12)	7,2 ± 0,6 (-12)	37	32
	gesamt.I	1,9 ± 0,4 (-11)	2,3 ± 0,6 (-11)		
Revision 1	elem.I	1,0 ± 0,5 (-10)	1,7 ± 1,0 (-10)	43	59
	org.I	1,4 ± 1,0 (-10)	1,1 ± 0,7 (-10)	57	39
	gesamt.I	2,4 ± 1,6 (-10)	2,9 ± 1,7 (-10)		
Revision 2	elem.I	2,8 ± 1,6 (-10)	3,0 ± 1,7 (-10)	54	56
	org.I	2,4 ± 1,4 (-10)	2,2 ± 1,3 (-10)	46	41
	gesamt.I	5,2 ± 2,3 (-10)	5,5 ± 2,4 (-10)		

a) Dauer: s. Tab. 4

b) berechnet aus den Abgaberaten der ^{131}I -Komponenten

4.2 Messungen in den die Kaminfortluft bildenden Abluftströmen

Die Messungen in den die Kaminfortluft bildenden Abluftströmen dienten, wie erwähnt, insbesondere der Bestimmung der Herkunft und der Abscheidung der ^{131}I -Komponenten durch Iodfilter.

Herkunft der ^{131}I -Komponenten

Die während der einzelnen Sammelperioden in den verschiedenen Abluftströmen (Meßstellen A, B, C, E, F, G, H) verzeichneten ^{131}I -Konzentrationen und Anteile der ^{131}I -Komponenten sind in den Tab. A-2 bis A-7 und in den Abb. A-9 bis A-46 aufgeführt.

Hinsichtlich der ^{131}I -Konzentrationen in den Abluftströmen ist folgendes festzustellen:

- a) Die höchsten ^{131}I -Konzentrationen traten i.allg. in der Anlagenraumabluft auf (10^{-11} bis 10^{-10} Ci/m³).
- b) Hohe ^{131}I -Konzentrationen traten ebenfalls in der Digestorienabluft zu Beginn der Revision auf.
- c) Hohe ^{131}I -Konzentrationen wurden bei besonderen Ereignissen in verschiedenen Abluftströmen beobachtet:

Sammelperiode 49 (kurzzeitige Lagerung einer kleinen Menge bestrahlten Brennstoffs im Lager für radioaktiven Abfall):
Hilfsanlagengebäudeabluft (H);

Sammelperiode 60 (größerer Austritt von Primärwasser in die Anlagenräume infolge Reparaturen an den Hauptkühlmittelpumpen):
Anlagenraumabluft;

Sammelperiode 96 (Eindampfen einer größeren Menge Primärwassers in den Chemielaborabzügen): Digestorienabluft.

In bezug auf die Anteile der ^{131}I -Komponenten in den Abluftströmen ist folgendes zu erkennen:

- a) In der ungefilterten und insbesondere in der gefilterten Anlagenraumabluft war der Anteil des elem. ^{131}I stets kleiner als der des org. ^{131}I . In der Digestorienabluft war der Anteil des elem. ^{131}I meistens größer als der des org. ^{131}I . In den anderen Abluftströmen überwog teils elem. ^{131}I , teils org. ^{131}I .
- b) Eine allgemein gültige Beziehung zwischen den Anteilen der ^{131}I -Komponenten und der Art der Betriebsphase während der einzelnen Sammelperioden ist nicht erkennbar.
- c) Bei den angeführten besonderen Ereignissen traten sowohl sehr niedrige (Sammelperioden 49 und 60) als auch sehr hohe (Sammelperiode 96) Anteile des elem. ^{131}I in den betreffenden Abluftströmen auf.

Die Abgaberaten der ^{131}I -Komponenten in den Abluftströmen während verschiedener Betriebsphasen sind in Tab. 7 und in den Abb. 12 bis 15 wiedergegeben.

Bei Leistungsbetrieb war die Abgaberate des in die Umgebung freigesetzten elementaren ^{131}I in der Digestorienabluft am größten, bei Revision in der Ringraumabluft. Aus Tab. 8 geht hervor, daß im Mittel bei Leistungsbetrieb die Digestorienabluft mehr als 60 % und bei Revision die Ringraumabluft mehr als 80 % des mit der Kaminfortluft abgegebenen elem. ^{131}I lieferte.

Die Ergebnisse von Messungen, die zur weiteren Klärung der Herkunft des elem. ^{131}I in einem Teilstrom der Digestorienabluft (Abluft der Chemielaborabzüge) bei Leistungsbetrieb und der Ringraumabluft (Spülluft) bei Revision durchgeführt wurden, sind in Tab. A-8 enthalten.

Daraus läßt sich berechnen, daß der größte Teil (> 80 %) des elem. ^{131}I der Digestorienabluft aus den Chemielaborabzügen stammte und daß praktisch das gesamte elem. ^{131}I (ca. 99 %) der Ringraumabluft im Ringraum freigesetzt (und nicht von der Spülluft geliefert) wurde. Als Quelle des letzteren kommt vor allem das nukleare Nachkühlssystem in Frage.

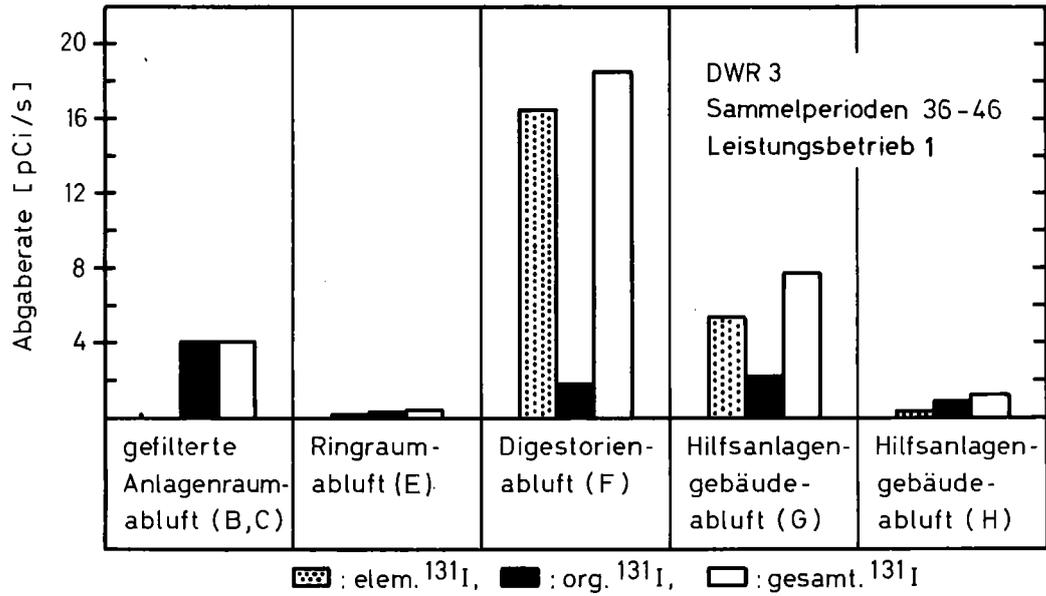
Ein Vergleich mit in ausländischen Druckwasserreaktoren erzielten Ergebnissen /7/ ist insbesondere wegen verschiedener Lüftungssysteme wenig sinnvoll.

Tab. 7: Abgaberraten der ¹³¹I-Komponenten in den Abluftströmen

Betriebsphase	¹³¹ I-Komponente	Abgaberrate [Ci/s]					
		Zuluft der Anlagenraum-abluftfilter ^{a)} (A)	Abluft der Anlagenraum-abluftfilter ^{a)} (B, C)	Ringraum-abluft ^{b)} (E)	Digestorien-abluft (F)	Hilfsanlagen-gebäudeabluft (G)	Hilfsanlagen-gebäudeabluft (H)
Leistungsbetrieb 1	elem.I	1,8 ± 0,4(-12)	7,1 ± 2,1(-15)	1,3 ± 0,7(-13)	1,7 ± 0,6(-11)	5,4 ± 1,9(-12)	2,4 ± 0,6(-13)
	org.I	1,7 ± 0,3(-11)	4,1 ± 1,5(-12)	2,5 ± 1,2(-13)	1,7 ± 0,8(-12)	2,2 ± 0,9(-12)	8,8 ± 1,9(-13)
	gesamt.I	1,9 ± 0,3(-11)	4,1 ± 1,5(-12)	4,0 ± 2,1(-13)	1,9 ± 0,7(-11)	7,7 ± 2,8(-12)	1,2 ± 0,2(-12)
Leistungsbetrieb 2	elem.I	9,3 ± 1,1(-12)	-	1,3 ± 0,5(-12)	8,8 ± 4,7(-12)	2,0 ± 0,5(-12)	3,2 ± 0,9(-12)
	org.I	2,6 ± 0,3(-11)	5,6 ± 1,3(-14)	3,4 ± 0,6(-12)	1,7 ± 0,3(-12)	1,2 ± 0,2(-12)	8,4 ± 0,9(-13)
	gesamt.I	3,5 ± 0,4(-11)	5,6 ± 1,3(-14)	4,7 ± 1,1(-12)	1,1 ± 0,5(-11)	3,2 ± 0,6(-12)	4,0 ± 1,0(-12)
Revision 1	elem.I			1,6 ± 1,0(-10)	1,9 ± 1,1(-12)	1,8 ± 0,9(-12)	7,9 ± 2,3(-12)
	org.I			5,9 ± 3,3(-11)	5,8 ± 3,6(-13)	2,7 ± 0,8(-12)	4,8 ± 4,3(-11)
	gesamt.I			2,2 ± 1,4(-10)	2,6 ± 1,4(-12)	4,6 ± 1,3(-12)	5,6 ± 4,4(-11)
Revision 2	elem.I			2,4 ± 1,7(-10)	4,3 ± 3,9(-11)	3,3 ± 1,2(-12)	1,5 ± 0,6(-11)
	org.I			2,0 ± 1,3(-10)	8,2 ± 7,8(-12)	4,0 ± 1,1(-12)	9,5 ± 2,9(-12)
	gesamt.I			4,6 ± 2,4(-10)	5,2 ± 4,7(-11)	7,3 ± 2,3(-12)	2,5 ± 0,9(-11)

a) während der Revisionen Anlagenraumabluftfilter meistens außer Betrieb

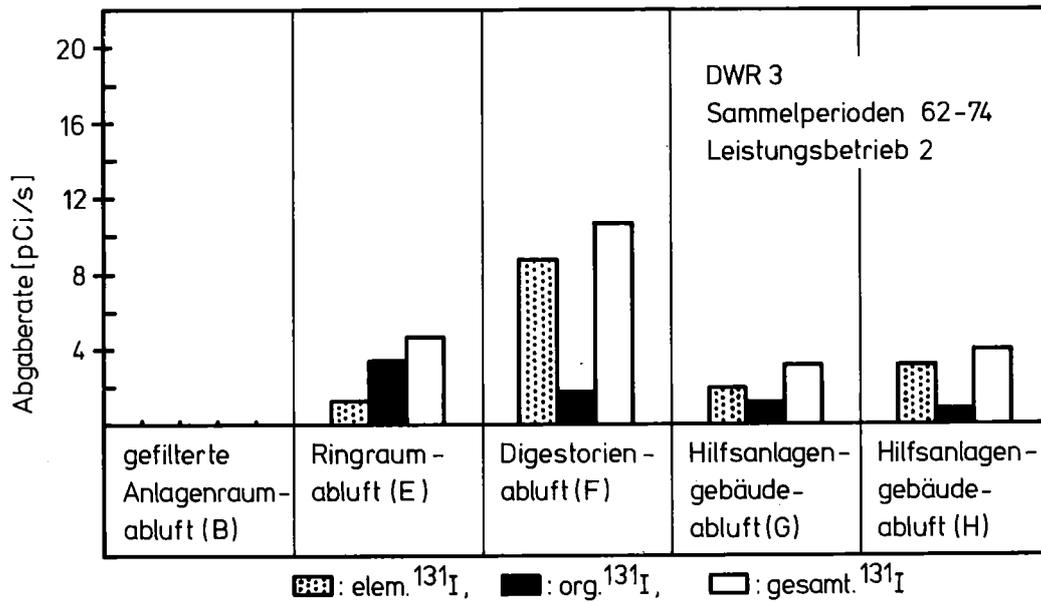
b) während der Revisionen meistens zusätzlich Spülluft



KfK LAF II 141778

Abgaberraten der ¹³¹I-Komponenten in den Abluftströmen

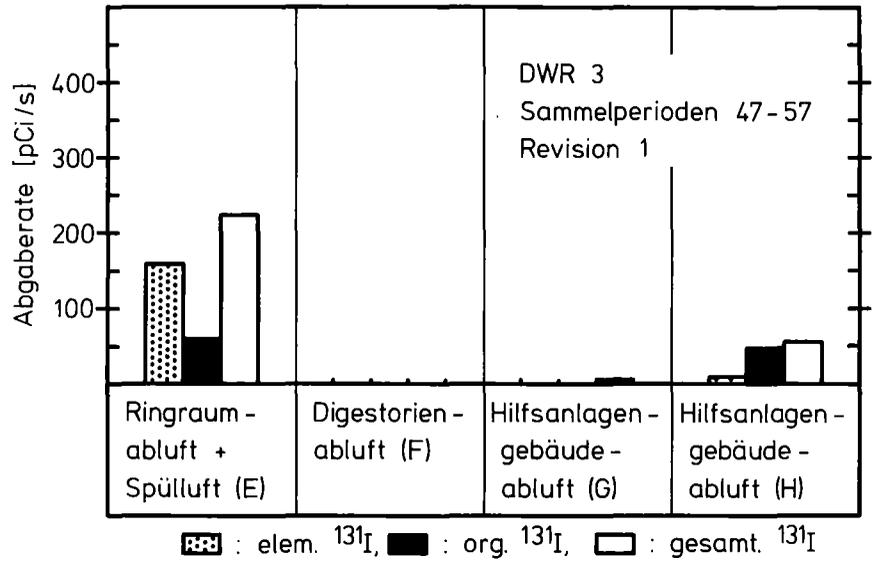
Abb. 12



KfK LAF II 14279

Abgaberraten der ¹³¹I-Komponenten in den Abluftströmen

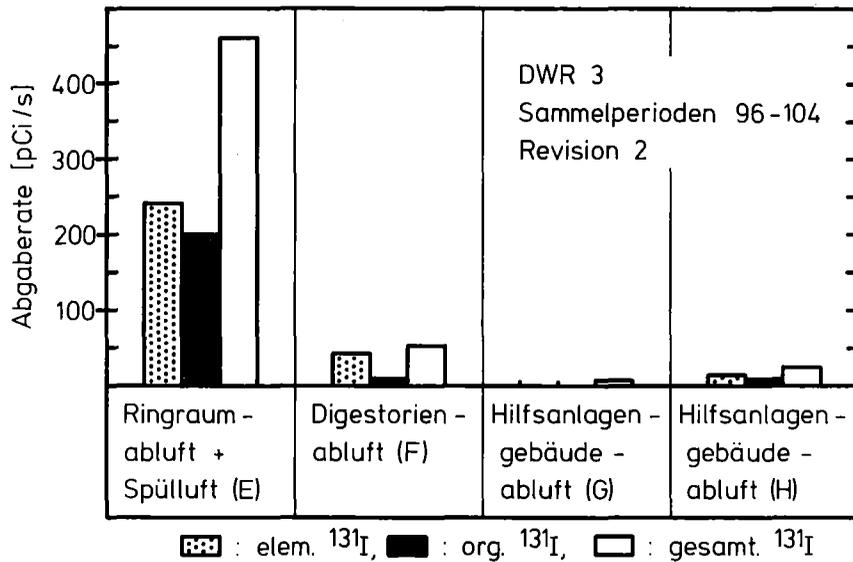
Abb. 13



KIK LAF II 141878 B

Abgaberraten der ^{131}I -Komponenten in den Abluftströmen

Abb. 14 a)



KIK LAF II 146179

Abgaberraten der ^{131}I -Komponenten in den Abluftströmen

Abb. 15 a)

a) Anlagenraumabluftfilter meistens außer Betrieb

Tab. 8: Beiträge der Digestorienabluft und Ringraumabluft zur Kamin-^{a)}fortluft hinsichtlich der Abgaberaten der ¹³¹I-Komponenten

Betriebsphase	¹³¹ I-Komponente	Beitrag [%]	
		Digestorienabluft	Ringraumabluft
Leistungsbetrieb 1	elem.I	74	< 1
	org.I	19	3
	gesamt.I	58	1
Leistungsbetrieb 2	elem.I	58	9
	org.I	24	47
	gesamt.I	47	21
Revision 1	elem.I	1	94
	org.I	< 1	53
	gesamt.I	< 1	78
Revision 2	elem.I	14	80
	org.I	4	90
	gesamt.I	9	85

a) nach Messungen in den die Kaminfortluft bildenden Abluftströmen

Abscheidung der ^{131}I -Komponenten durch Iodfilter

Durch gleichzeitige Messungen mit diskriminierenden Iodsammlern in der Zu- und Abluft der Anlagenraumabluftfilter wurde eine Bestimmung der Dekontaminationsfaktoren für die ^{131}I -Komponenten ermöglicht.

Die mittleren Dekontaminationsfaktoren der Anlagenraumabluftfilter sind in Tab. 9 wiedergegeben. Die Dekontaminationsfaktoren für elem. ^{131}I waren um einen Faktor von > 10 höher als diejenigen für org. ^{131}I . Der Unterschied in den Dekontaminationsfaktoren infolge unterschiedlicher Alterung der Aktivkohle bei dauernd und nur kurzzeitig eingeschaltetem Filter ist deutlich zu erkennen.

Die beim dauernd eingeschalteten Anlagenraumabluftfilter in den einzelnen Sammelperioden zwischen den beiden Revisionen ermittelten Dekontaminationsfaktoren für das org. und gesamte ^{131}I sind in Tab. 10 und in den Abb. 16 und 17 enthalten. (Elem. ^{131}I wurde nur zwischenzeitlich (Sammelperioden 75 bis 84) in der Reinluft nachgewiesen.) Der Dekontaminationsfaktor für org. ^{131}I sank im Laufe dieser Zeit fast stetig von ca. 10^3 auf ca. 10^1 . Für das gesamte ^{131}I wurden ähnliche Werte ermittelt, da der Anteil des elem. ^{131}I in der Anlagenraumabluft relativ gering war. (Zu der Zeit, in der elem. ^{131}I nachgewiesen wurde, ergab sich ein zeitlich praktisch unveränderlicher Dekontaminationsfaktor von ca. $2 \cdot 10^3$ für diese ^{131}I -Komponente.)

Unerklärlich hohe Dekontaminationsfaktoren für das org. und gesamte ^{131}I ergaben sich in der Zeit, in der eine erhöhte Freisetzung von Primärwasser in die Anlagenräume erfolgte (Sammelperiode 60).

Auf die bei ^{133}I festgestellten Dekontaminationsfaktoren wird in Kapitel 5 eingegangen. Über Laborversuche zur Abscheidung von ^{131}I an der Aktivkohle, die in dem dauernd eingeschalteten Anlagenraumabluftfilter ab Revision 1 eingesetzt wurde, wird in Anhang C berichtet.

In der Literatur finden sich Dekontaminationsfaktoren von Iodfiltern für die ^{131}I -Komponenten, die von den oben angegebenen teilweise stark abweichen /8,9/. Wegen unterschiedlicher Parameter (z.B. verschiedener Bettiefe) ist ein Vergleich jedoch wenig sinnvoll.

Tab. 9: Dekontaminationsfaktoren der Anlagenraumabluftfilter für die ^{131}I -Komponenten

Temperatur: ca. 30°C ; relative Feuchte: ca. 40 %; Verweilzeit: ca. 0,6 s;
lin. Luftgeschwindigkeit: ca. 50 cm/s

Filter ^{a)}	Art der Aktivkohle	Einfüllung der Aktivkohle in die Filter	Sammelperioden	Dekontaminationsfaktor ^{b)}		
				elem.I	org.I	gesamt.I
1	KI-imprägniert, gebrochen, 8 - 12 mesh	ca. 2 Jahre vor Beginn der Messungen	36-41	290 \pm 70	3,1 \pm 0,2	3,3 \pm 0,2
2			42-48 ^{c)}	960 \pm 310	21 \pm 4	25 \pm 3
1	KI ₃ -imprägniert, stranggepreßt, \emptyset 1,1 - 1,3 mm	direkt vor Beginn der Messungen	59-95 ^{d)}	>6000 ^{e)}	350 \pm 70	470 \pm 100
			75-84	2400 \pm 500	55 \pm 16	79 \pm 20

- a) Filter 1: dauernd eingeschaltetes Filter (vor Meßstelle B);
Filter 2: kurzzeitig zu Filter 1 dazugeschaltetes Filter (vor Meßstelle C)
(in den Sammelperioden 42-48 ausnahmsweise nur Filter 2 eingeschaltet)
- b) berechnet aus den in den einzelnen Sammelperioden ermittelten Dekontaminationsfaktoren;
Schwankungen durch Standardabweichungen ausgedrückt
- c) ohne Sammelperiode 47 (kein elem. ^{131}I in der Reinluft festgestellt)
- d) ohne Sammelperiode 60 (ungewöhnlich hohe Dekontaminationsfaktoren ermittelt)
- e) Nachweisgrenze von $3 \cdot 10^{-15}$ Ci $^{131}\text{I}/\text{m}^3$ in den Sammelperioden verwendet, in denen kein elem. ^{131}I in der Reinluft festgestellt wurde (Sammelperioden 59-74 und 85-95)

Tab. 10: Dekontaminationsfaktoren eines Anlagenraumabluftfilters für das organische und gesamte ^{131}I bzw. ^{133}I a)

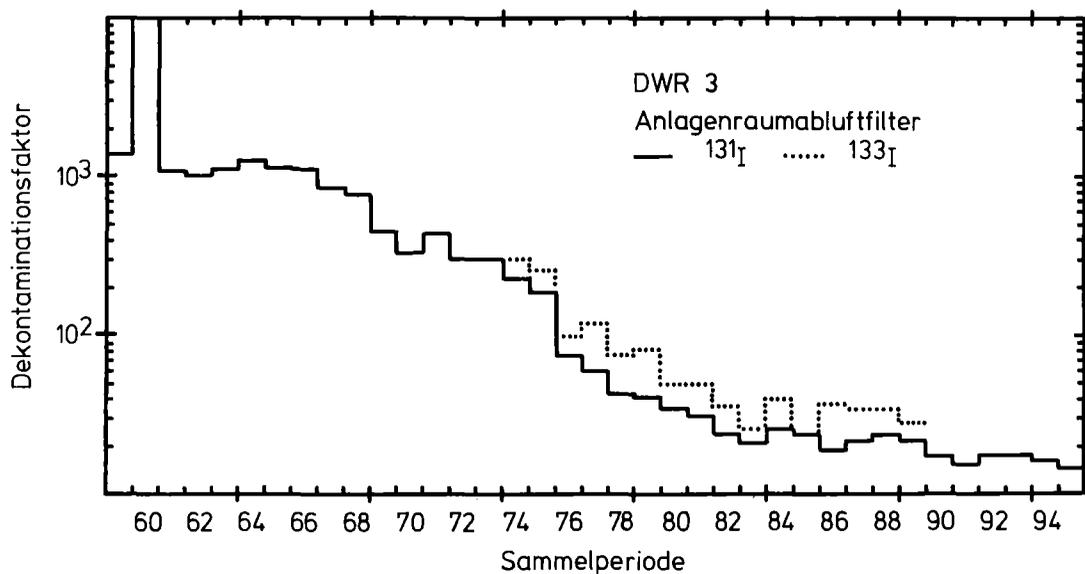
Sammel- periode	Dekontaminationsfaktor ^{b)}			
	org. ^{131}I c)	gesamt. ^{131}I c)	org. ^{133}I d)	gesamt. ^{133}I d)
59	1,4 (3)	1,8 (3)		
60	1,5 (4)	1,5 (4)		
61	1,1 (3)	1,3 (3)		
62	1,0 (3)	1,3 (3)		
63	1,1 (3)	1,5 (3)		
64	1,2 (3)	1,9 (3)		
65	1,1 (3)	1,5 (3)		
66	1,1 (3)	1,5 (3)		
67	8,4 (2)	1,1 (3)		
68	7,8 (2)	9,5 (2)		
69	4,5 (2)	6,2 (2)		
70	3,3 (2)	4,6 (2)		
71	4,4 (2)	6,2 (2)		
72	3,0 (2)	4,3 (2)		
73	3,0 (2)	4,3 (2)		
74	2,3 (2)	3,2 (2)	3,1 (2)	5,3 (2)
75	1,9 (2)	2,4 (2)	2,6 (2)	4,3 (2)
76	7,4 (1)	1,0 (2)	1,0 (2)	1,8 (2)
77	6,1 (1)	8,3 (1)	1,2 (2)	1,9 (2)
78	4,3 (1)	6,3 (1)	7,4 (1)	1,5 (2)
79	4,1 (1)	6,4 (1)	8,0 (1)	1,6 (2)
80	3,6 (1)	5,8 (1)	4,9 (1)	1,1 (2)
81	3,1 (1)	5,3 (1)	5,2 (1)	1,2 (2)
82	2,4 (1)	3,9 (1)	3,7 (1)	7,5 (1)
83	2,2 (1)	3,6 (1)	2,6 (1)	5,6 (1)
84	2,6 (1)	4,4 (1)	4,1 (1)	8,8 (1)
85	2,4 (1)	4,6 (1)	2,4 (1)	6,0 (1)
86	2,0 (1)	2,9 (1)	3,7 (1)	8,7 (1)
87	2,2 (1)	3,4 (1)	3,5 (1)	8,2 (1)
88	2,4 (1)	4,2 (1)	3,6 (1)	8,8 (1)
89	2,2 (1)	4,3 (1)	2,9 (1)	7,7 (1)
90	1,8 (1)	3,3 (1)		
91	1,6 (1)	3,0 (1)		
92	1,8 (1)	3,3 (1)		
93	1,9 (1)	3,0 (1)		
94	1,7 (1)	2,1 (1)		
95	1,5 (1)	1,6 (1)		

a) Filter 1, vor Meßstelle B (s. Tab. 9)

b) Zehnerpotenzen durch Exponenten in Klammern wiedergegeben

c) elem. ^{131}I nur während der Sammelperioden 75-84 in der Reinluft festgestellt

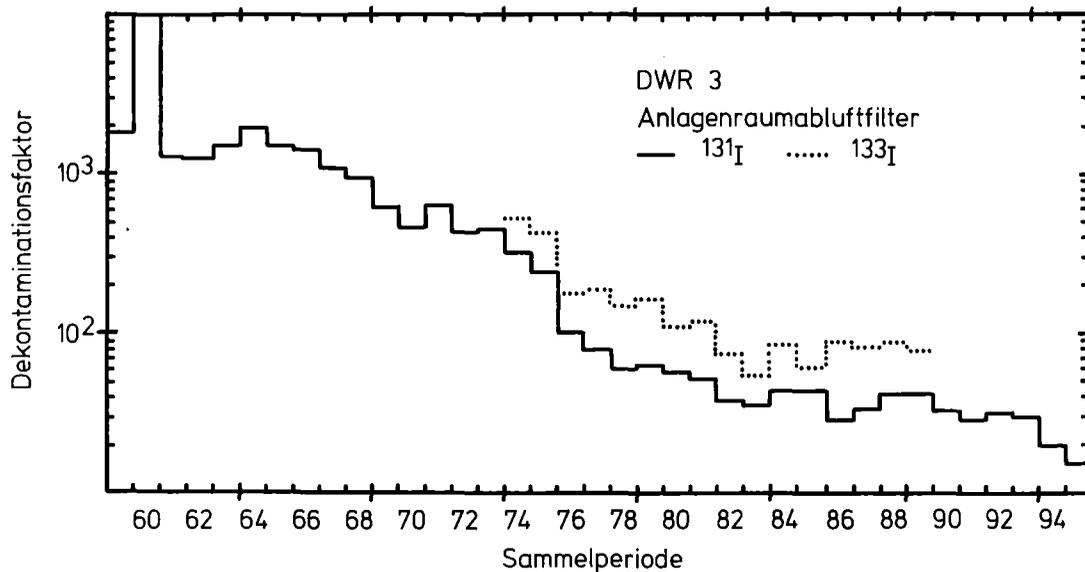
d) ^{133}I -Messungen nur während der Sammelperioden 74-89 durchgeführt;
kein elem. ^{133}I in der Reinluft festgestellt



KfK LAF II D8031

Zeitlicher Verlauf des Dekontaminationsfaktors für das organische ^{131}I und ^{133}I

Abb. 16 a)



KfK LAF II D8032

Zeitlicher Verlauf des Dekontaminationsfaktors für das gesamte ^{131}I und ^{133}I

Abb. 17 a)

- a) Filter 1, vor Meßstelle B;
meistens kein elem. Radioiod in der Reinluft festgestellt;
erhöhte Freisetzung von Primärwasser in die Anlagenräume
während Sammelperiode 60

5. Ergebnisse und Diskussion der ^{133}I -Messungen

Obwohl das kurzlebige ^{133}I radiologisch von geringer Bedeutung ist /10/, wurden die Schwebstofffilter und Sorptionsmaterialbetten der diskriminierenden Iodsammler teilweise auch hinsichtlich dieses Iodisotops vermessen. Diese Messungen dienten insbesondere der Klärung des Verhaltens von Radioiod nach der Freisetzung aus dem Kühlmittel und bei der Rückhaltung durch Iodfilter.

Die während einiger Sammelperioden in der Kaminfortluft, Anlagenraumabluft und Digestorienabluft ermittelten ^{133}I -Konzentrationen und Anteile der ^{133}I -Komponenten sind in den Tab. B-1 bis B-4 und in den Abb. B-1 bis B-8 aufgeführt. Die Parallelen im zeitlichen Verlauf dieser und der entsprechenden, beim ^{131}I festgestellten Werte sind deutlich zu erkennen. Wie beim ^{131}I war der schwebstoffförmige Anteil meistens kleiner als 1 %.

In Tab. 11 sind die Abgaberaten und Anteile der ^{131}I - und ^{133}I -Komponenten für denselben Zeitraum zusammengestellt (s. auch Abb. 18). Es ist folgendes zu erkennen:

- a) Die Abgaberaten (bzw. Konzentrationen) des ^{133}I waren höher als diejenigen des ^{131}I (um Faktoren von ca. 1 bis 7).
- b) Die Anteile des elem. ^{133}I waren größer als diejenigen des elem. ^{131}I .
- c) Die Digestorienabluft lieferte praktisch das gesamte, mit der Kaminfortluft abgegebene ^{133}I . (Rechnerisch ergibt sich sogar in der Digestorienabluft eine etwas höhere Abgaberate als in der Kaminfortluft.)

Aus den in der Abluft der Chemielaborabzüge ermittelten Werten (Tab. B-5) ergibt sich, daß diese Abzüge die bei weitem größte Quelle für das in die Umgebung freigesetzte ^{133}I darstellten. (Bei Revision wird wegen der kurzen Halbwertszeit praktisch kein ^{133}I abgegeben.)

In Tabelle 12 sind die bei ^{131}I und ^{133}I im selben Zeitraum festgestellten mittleren Dekontaminationsfaktoren eines Anlagenraumabluftfilters aufgeführt. Die für diese Radioisotope in denselben Sammelperioden ermittelten Dekontaminationsfaktoren sind in Tab. 10 und in den Abb. 16 und 17 gegenübergestellt. Wie ersichtlich, waren die Dekontaminationsfaktoren für ^{133}I i.allg. etwas höher als diejenigen für ^{131}I .

Der Befund hinsichtlich der Anteile der chemischen Formen der Iodisotope zeigt, daß nach der Freisetzung aus dem Kühlmittel elem. Iod in org. Iod übergeht. In "alter" Abluft, z.B. in der Anlagenraumabluft, ist das langlebigere ^{131}I also in viel stärkerem Maße als das kurzlebige ^{133}I in org. Formen übergegangen.

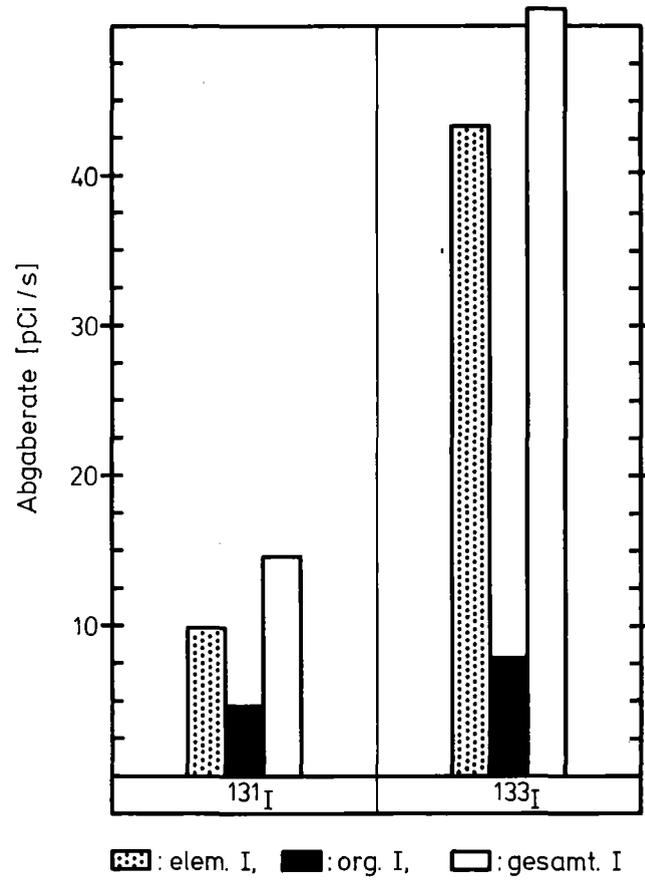
Der Befund hinsichtlich der Rückhaltung der Iodisotope durch Iodfilter zeigt, daß Desorption unter den vorliegenden Bedingungen nur von untergeordneter Bedeutung sein kann. Andernfalls müßten die Dekontaminationsfaktoren für die ^{133}I -Komponenten bedeutend höher liegen als für die ^{131}I -Komponenten.

Der Übergang von elem. Iod in org. Iod nach Freisetzung aus dem Kühlmittel ist auch von anderen Experimentatoren beobachtet worden /11,12/.

Tab. 11: Abgaberaten und Anteile der Radioiodkomponenten in der Kaminfortluft und in verschiedenen Abluftströmen (Sammelperioden 74-89)

Abluft	Nuklid	Abgaberate [Ci/s]	Anteil der I-Komponenten ^{a)} [%]	
			elem.I	org.I
Kaminfortluft	^{131}I	$1,5 \pm 0,2$ (-11)	67	32
	^{133}I	$5,1 \pm 0,1$ (-11)	85	15
Anlagenraumablufte ^{b)}	^{131}I	$3,1 \pm 0,4$ (-11)	36	64
	^{133}I	$3,6 \pm 0,3$ (-11)	50	49
Anlagenraumablufte ^{c)}	^{131}I	$5,4 \pm 0,9$ (-13)	< 1	> 99
	^{133}I	$3,3 \pm 0,5$ (-13)	-	100
Digestorienablufte	^{131}I	$8,8 \pm 1,5$ (-12)	84	15
	^{133}I	$6,1 \pm 1,5$ (-11)	92	8

- a) berechnet aus den Abgaberaten
- b) Zuluft der Anlagenraumabluftfilter
- c) Abluft der Anlagenraumabluftfilter (B)



KJK LAF II 146279

Abgaberraten der I-Komponenten in der Kaminfortluft des DWR 3 (Sammelperioden 74-89)

Abb. 18

Tab. 12: Dekontaminationsfaktoren eines Anlagenraumabluftfilters für die Radioiodkomponenten (Sammelperioden 74-89) ^{a)}

Nuklid	Dekontaminationsfaktor ^{b)}		
	elem.I	org.I	gesamt.I
^{131}I	> 6700 ^{c)}	55 \pm 16	81 \pm 21
^{133}I	> 3000 ^{d)}	82 \pm 21	156 \pm 34

- a) Filter 1, vor Meßstelle B (s. Tab. 9)
- b) berechnet aus den in den einzelnen Sammelperioden ermittelten Dekontaminationsfaktoren; Schwankungen durch Standardabweichungen ausgedrückt
- c) Nachweisgrenze von $3 \cdot 10^{-15}$ Ci $^{131}\text{I}/\text{m}^3$ in den Sammelperioden verwendet, in denen kein elem. ^{131}I in der Reinluft festgestellt wurde
- d) Nachweisgrenze von $1,8 \cdot 10^{-14}$ Ci $^{133}\text{I}/\text{m}^3$ verwendet (kein elem. ^{133}I in der Reinluft festgestellt)

6. Rechnungen zur Auswirkung der Filtration verschiedener Abluftströme

Da das in die Umgebung freigesetzte, radiologisch entscheidende elem. ^{131}I bei Leistungsbetrieb vor allem von der Digestorienabluft und bei Revision größtenteils von der Ringraumabluft geliefert wird, sollte bei Iodfilterung dieser Abluftströme eine effektive Reduzierung der Strahlenbelastung der Bevölkerung in der Umgebung resultieren. Die Tab. 13 und 14 und die Abb. 19 bis 24 zeigen, welcher Effekt bei Abgabe dieser Abluftströme über Iodfilter erzielt werden kann. Die ^{131}I -Ingestionsdosis kann durch Filterung der Digestorienabluft bei Leistungsbetrieb um einen Faktor von $> 2,5$ reduziert werden, durch Filterung der Ringraumabluft bei Revision um einen Faktor von > 5 .

Die genannten Darstellungen zeigen außerdem, daß (wegen ^{131}I -Abgabe mit anderen Abluftströmen) die Höhe der Dekontaminationsfaktoren einen geringen Einfluß auf den erzielbaren Effekt haben kann. Ferner ist ersichtlich, daß die Filterung der Anlagenraumabluft wegen des geringen Anteils des elem. ^{131}I u.U. nur eine geringe Reduktion der Ingestionsdosis ergeben kann.

Da während eines Jahres die Zeit des Leistungsbetriebes viel größer als die der Revision ist und somit in beiden Betriebsphasen größenordnungsmäßig gleich viel ^{131}I abgegeben werden kann, ist sowohl die Iodfilterung der Digestorienabluft bei Leistungsbetrieb als auch die Iodfilterung der Ringraumabluft bei Revision als eine mögliche Maßnahme zur Optimierung des Filterkonzepts von Druckwasserreaktoren anzusehen.

Tab. 13: Abgaberraten der ¹³¹I-Komponenten in der Kaminfortluft und resultierende relative ¹³¹I-Ingestionsdosen bei verschiedenen Filterkonzepten (Leistungsbetrieb) ^{a)}

Betriebs- phase	Filterkonzept	Abgaberrate der ¹³¹ I-Komponenten [Ci/s]			relative ¹³¹ I- Ingestionsdosis ^{b)} [%]
		elem.I	org.I	gesamt.I	
Leistungs- betrieb 1	kein Iodfilter	2,42 (-11)	2,18 (-11)	4,63 (-11)	100,0
	Iodfilter in der Anlagen- raumabluft ^{c)}	2,23 (-11)	9,17 (-12)	3,19 (-11)	92,0
	zusätzlich Iodfilter in der Digestorienabluft (niedrige DFs) ^{d)}	5,96 (-12)	7,61 (-12)	1,37 (-11)	24,8
	zusätzlich Iodfilter in der Digestorienabluft (hohe DFs) ^{e)}	5,81 (-12)	7,45 (-12)	1,34 (-11)	24,2
Leistungs- betrieb 2	kein Iodfilter	2,45 (-11)	3,30 (-11)	5,79 (-11)	100,0
	Iodfilter in der Anlagen- raumabluft ^{c)}	1,52 (-11)	7,17 (-12)	2,27 (-11)	61,5
	zusätzlich Iodfilter in der Digestorienabluft (niedrige DFs) ^{d)}	6,51 (-12)	5,63 (-12)	1,22 (-11)	26,5
	zusätzlich Iodfilter in der Digestorienabluft (hohe DFs) ^{e)}	6,43 (-12)	5,47 (-12)	1,20 (-11)	26,1

^{a)} nach Messungen in den die Kaminfortluft bildenden Abluftströmen

^{b)} Wichtungsverhältnis der ¹³¹I-Komponenten: elem.I: schwebst.I: org.I = 100 : 10 : 1

^{c)} wirkliches Filterkonzept

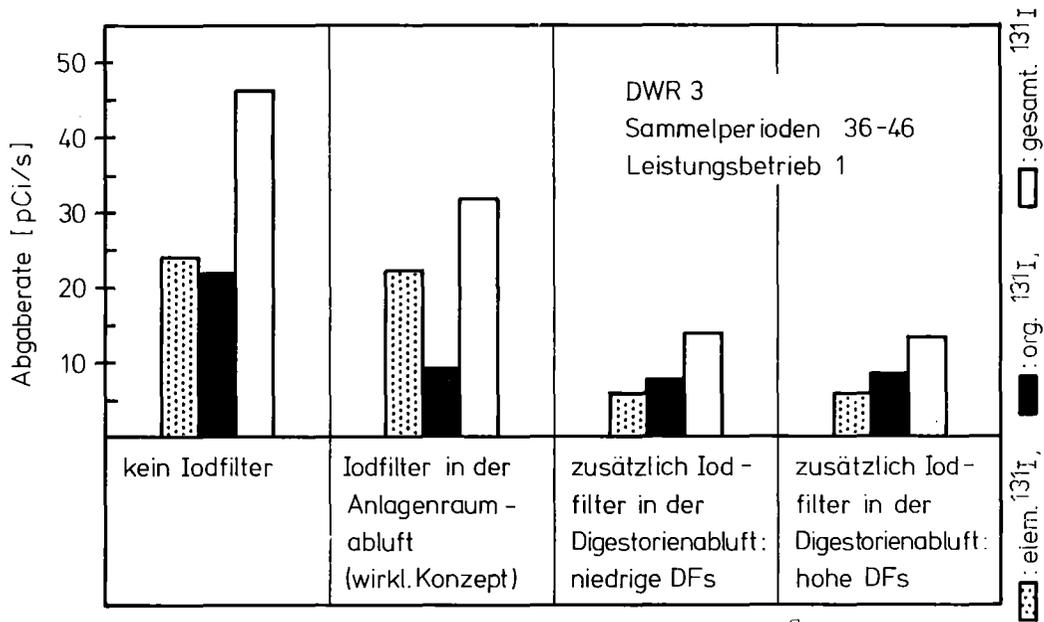
^{d)} DF für schwebst.I: 100; DF für elem.I: 100; DF für org.I: 10

^{e)} DF für schwebst.I: 100; DF für elem.I:1000; DF für org.I:100

Tab. 14: Abgaberraten der ¹³¹I-Komponenten in der Kaminfortluft und resultierende relative ¹³¹I-Ingestionsdosen bei verschiedenen Filterkonzepten (Revision) ^{a)}

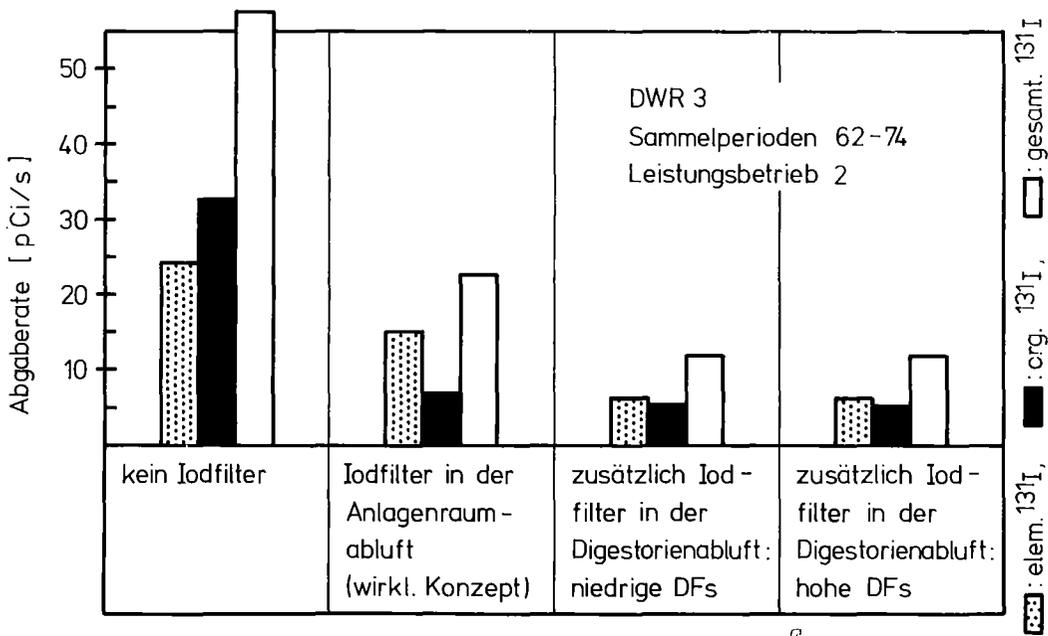
Betriebs- phase	Filterkonzept	¹³¹ I-Abgaberrate der I-Komponenten [Ci/s]			relative ¹³¹ I- Ingestionsdosis ^{b)} [%]
		elem.I	org.I	gesamt.I	
Revision 1	Iodfilter in der Spülluft ^{c)}	1,70 (-10)	1,11 (-10)	2,87 (-10)	100,0
	zusätzlich Iodfilter in der Ringraumabluft (niedrige DFs) ^{d)}	1,33 (-11)	5,75 (-11)	7,12 (-11)	8,1
	zusätzlich Iodfilter in der Ringraumabluft (hohe DFs) ^{e)}	1,18 (-11)	5,22 (-11)	6,44 (-11)	7,2
Revision 2	Iodfilter in der Spülluft ^{c)}	3,03 (-10)	2,24 (-10)	5,45 (-10)	100,0
	zusätzlich Iodfilter in der Ringraumabluft (niedrige DFs) ^{d)}	6,36 (-11)	4,19 (-11)	1,06 (-10)	20,9
	zusätzlich Iodfilter in der Ringraumabluft (hohe DFs) ^{e)}	6,14 (-11)	2,37 (-11)	8,58 (-11)	20,1

a), b), c), d), e): s. Tab. 13



Abgaberaten der ¹³¹I-Komponenten in der Kaminfortluft bei verschiedenen Filterkonzepten

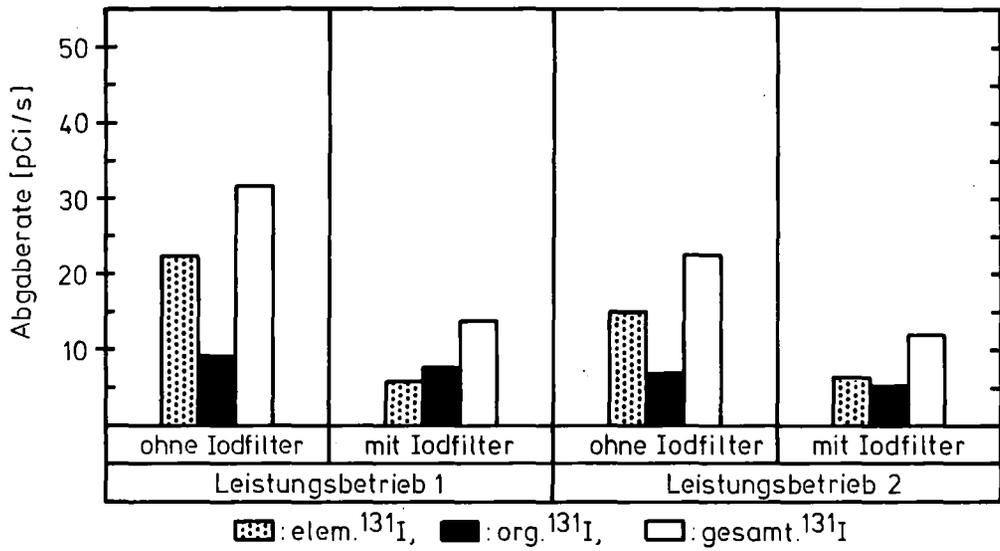
Abb. 19 a)



Abgaberaten der ¹³¹I-Komponenten in der Kaminfortluft bei verschiedenen Filterkonzepten

Abb. 20 a)

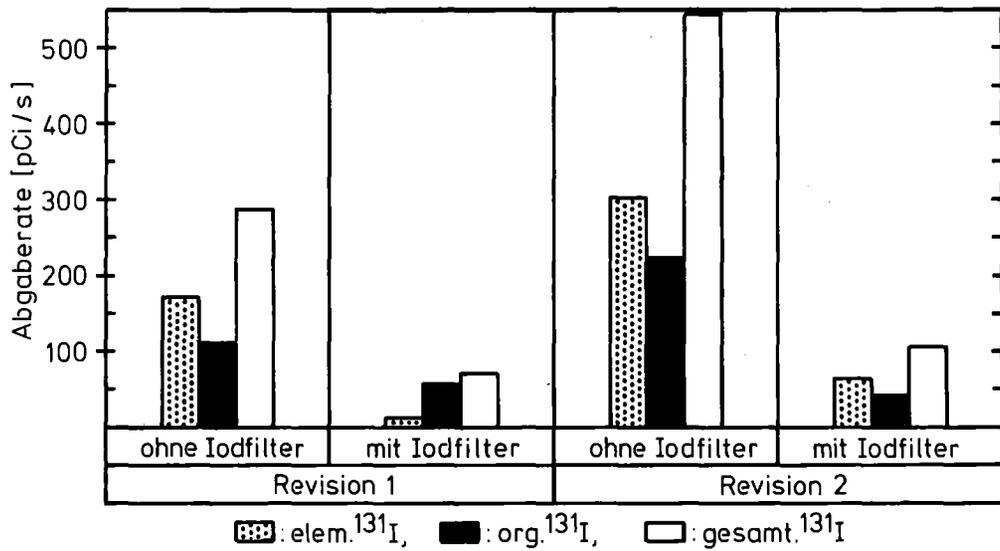
- a) nach Messungen in den die Kaminfortluft bildenden Abluftströmen;
 niedrige DFs: schwebst. I: 100; elem. I: 100; org. I: 10
 hohe DFs: schwebst. I: 100; elem. I: 1000; org. I: 100



KfK LAF II 143379

Abgaberaten der ¹³¹I-Komponenten in der Kaminfortluft bei Leistungsbetrieb ohne und mit Iodfilter in der Digestorienabluft (DWR 3)

Abb. 21 a)

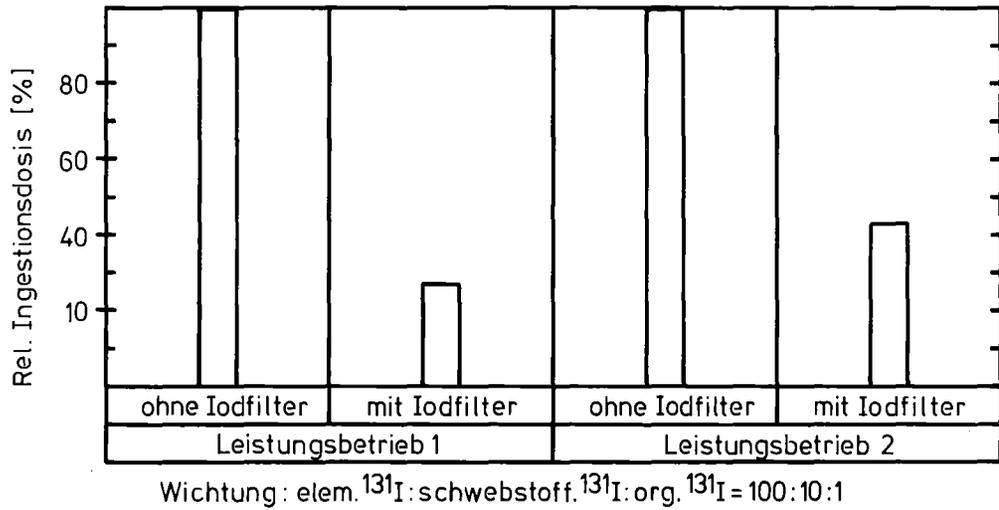


KfK LAF II 143479

Abgaberaten der ¹³¹I-Komponenten in der Kaminfortluft bei Revision ohne und mit Iodfilter in der Ringraumabluft (DWR 3)

Abb. 22 a)

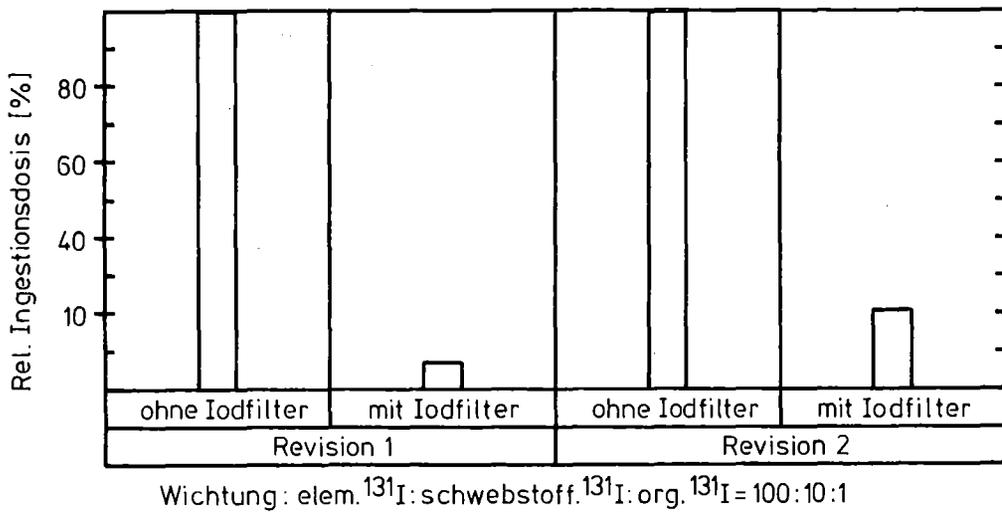
- a) nach Messungen in den die Kaminfortluft bildenden Abluftströmen;
niedrige DFs (s. Abb. 19 und 20)



KfK LAF II 14 3979

Aus der ^{131}I -Abgabe mit der Kaminfortluft resultierende relative Ingestionsdosen bei Leistungsbetrieb ohne und mit Iodfilter in der Digestorienabluft (DWR 3)

Abb. 23 a)



KfK LAF II 14 4079

Aus der ^{131}I -Abgabe mit der Kaminfortluft resultierende relative Ingestionsdosen bei Revision ohne und mit Iodfilter in der Ringraumabluft (DWR 3)

Abb. 24 a)

- a) nach Messungen in den die Kaminfortluft bildenden Abluftströmen;
niedrige DFs (s. Abb. 19 und 20)

7. Zusammenfassung

- a) In der Kaminfortluft des untersuchten Druckwasserreaktors traten elementares und organisches ^{131}I etwa in gleichen Anteilen auf. Der Anteil des schwebstoffförmigen ^{131}I war vernachlässigbar klein ($< 1\%$).
- b) Das radiologisch entscheidende elementare ^{131}I wurde bei Leistungsbetrieb vor allem mit der ungefilterten Abluft der Chemielaborabzüge freigesetzt, bei Revision mit der ungefilterten Abluft des Ringraums. Bei gleichzeitiger Abgabe dieser Abluftströme über Iodfilter ließe sich teilweise eine Reduzierung der ^{131}I -Ingestionsdosis der Bevölkerung in der Umgebung um Faktoren größer als 10 erzielen.
- c) Durch die Anlagenraumabluftfilter wurde elementares ^{131}I um Faktoren größer als 10 besser abgeschieden als organisches ^{131}I . Relativ niedrige Dekontaminationsfaktoren für elementares ^{131}I dürften vor allem auf Lecks (z.B. in Bypassfiltern) beruht haben.
- d) Beim ^{133}I war der Anteil der elementaren Form etwas höher als beim ^{131}I . ^{133}I wurde durch die Anlagenraumabluftfilter etwas besser als ^{131}I zurückgehalten. Diese Unterschiede lassen sich mit den verschiedenen Halbwertszeiten der Iodisotope erklären.

8. Literatur

- /1/ Der Bundesminister des Innern,
Allgemeine Berechnungsgrundlagen für die Bestimmung der Strahlen-
exposition durch Emission radioaktiver Stoffe (1977).
- /2/ Deuber, H., Wilhelm, J.G.,
Determination of the physico-chemical ^{131}I species in the exhausts
and stack effluent of a PWR power plant,
CONF - 780819, S. 446 - 474 (1979).
- /3/ Deuber, H., Wilhelm, J.G.,
Untersuchungen zur Optimierung des Filterkonzepts von Druckwasser-
reaktoren,
Jahrestagung Kerntechnik, Berlin, 25. - 27.3.1980,
Tagungsbericht, S. 880 - 883 (1980).
- /4/ Deuber, H., Wilhelm, J.G.,
Bestimmung der physikalisch-chemischen Komponenten des Radioiods
in der Kaminabluft von Kernkraftwerken,
KfK - Ext. 30/78 - 1 (1978).
- /5/ Till, H.,
Radioiodine in gaseous effluents from nuclear power plants,
Symposium Management of Gaseous Wastes from Nuclear Facilities,
Wien, 18. - 22.2.1980,
STI / PUB / 561, S. 123 - 138 (1980).
- /6/ Deuber, H., Wilhelm, J.G.,
Occurrence of penetrating iodine species in the exhaust air of
PWR power plants,
CONF - 801038, S. 1354 - 1386 (1981).
- /7/ Pelletier, C.A. u.a.,
Sources of radioiodine at pressurized water reactors,
EPRI NP - 939 (1978).

- /8/ Pelletier, C.A. u.a.,
Long term performance of charcoal absorbers removing radioiodine
in ventilation exhaust air,
EPRI NP - 534 (1977).
- /9/ Cline, J.E. u.a.,
¹³¹I studies at TMI unit 2,
EPRI NP - 1389 (1980).
- /10/ Papadopoulos, D., Thomas, P.,
Verhältnis der Dosisfaktoren der Iodisotope,
KfK 2544 (1977).
- /11/ Hemphill, R.T., Pelletier, C.A.,
Surface effects in the transport of airborne radioiodine at
light water reactor nuclear power plants,
EPRI NP - 876 (1978).
- /12/ Dyer, N.C. u.a.,
In plant source term measurements at Zion station,
NUREG / CR - 0715 (1979).
- /13/ Wilhelm, J.G.,
Iodfilter in Kernkraftwerken,
Kommission der europäischen Gemeinschaften,
V/1531/76-D (1976).

An der Durchführung bzw. Auswertung der Versuche waren vorwiegend die Herren K. Bleier, R. Butz, H. Fischer, K.H. Simice und R. Sommerlatt beteiligt.

A N H A N G A

ERGEBNISSE DER ^{131}I -MESSUNGEN

Tab. A-1

 ^{131}I -Konzentrationen und Anteile der ^{131}I -Komponenten in der Kaminfortluft a)

Sammel- periode	^{131}I - Konzentration [Ci/m ³]	^{131}I Anteil der I-Komponenten [%]		
		schweb.I	elem.I	org.I
10	1,7 (-12)	< 1	62	37
11	1,3 (-12)	< 1	58	42
12	4,1 (-12)	5	82	14
13	1,2 (-12)	< 1	46	53
14	1,5 (-12)	< 1	49	51
15	1,0 (-12)	-	46	54
16	2,5 (-11)	< 1	78	22
17	1,4 (-11)	< 1	68	31
18	6,1 (-12)	< 1	59	40
19	2,7 (-12)	-	49	52
20	2,0 (-12)	1	54	45
21	1,4 (-12)	< 1	55	44
22	3,7 (-12)	< 1	52	47
23	2,2 (-12)	< 1	59	40
24	4,6 (-12)	< 1	73	26
25	3,7 (-12)	1	65	34
26	3,0 (-12)	< 1	45	54
27	1,6 (-12)	1	43	56
28	4,2 (-12)	< 1	56	43
29	1,6 (-12)	< 1	75	25
30	5,1 (-13)	-	62	38
31	1,6 (-12)	-	54	46
32	1,7 (-12)	< 1	56	43
33	1,9 (-12)	< 1	60	39
34	6,6 (-12)	< 1	69	31
35	6,6 (-12)	1	83	16

a) Wiedergabe von Zehnerpotenzen durch Exponenten in Klammern;

keine Eintragung von Werten: keine Werte ermittelt;

Eintragung eines Striches : Nachweisgrenze unterschritten

Tab. A-1 (Fortsetzung)

 ^{131}I -Konzentrationen und Anteile der ^{131}I -Komponenten in der Kaminfortluft

Sammel- periode	^{131}I - Konzentration [Ci/m ³]	^{131}I Anteil der I-Komponenten [%]		
		schweb.I	elem.I	org.I
36	4,9 (-12)	< 1	76	23
37	1,4 (-12)	< 1	63	36
38	7,5 (-13)	1	64	35
39	5,7 (-13)	1	73	26
40	9,4 (-13)	< 1	74	25
41	9,0 (-13)	1	75	24
42	2,9 (-13)	3	70	27
43	2,1 (-13)	-	82	18
44	4,3 (-13)	2	77	21
45	2,5 (-13)	-	71	29
46	2,5 (-13)	-	51	49
47	1,1 (-12)	-	66	34
48	1,3 (-12)	< 1	41	59
49	3,5 (-11)	< 1	32	68
50	1,1 (-11)	< 1	67	32
51	2,2 (-12)	< 1	52	48
52	1,5 (-12)	-	65	35
53	1,4 (-12)	-	80	20
54	4,1 (-13)	-	52	48
55	3,2 (-13)	-	49	51
56	7,4 (-14)	-	31	69
57	2,2 (-14)	-	45	55
58	4,3 (-14)	-	42	58
59	3,4 (-14)	-	45	55
60	1,8 (-12)	-	27	73
61	9,1 (-13)	< 1	50	50

Tab. A-1 (Fortsetzung)

 ^{131}I -Konzentrationen und Anteile der ^{131}I -Komponenten in der Kaminfortluft

Sammel- periode	^{131}I - Konzentration [Ci/m ³]	^{131}I Anteil der Komponenten [%]		
		schweb.I	elem.I	org.I
62	4,2 (-13)	-	34	66
63	1,7 (-13)	-	26	74
64	2,3 (-13)	-	29	71
65	1,7 (-13)	-	54	46
66	3,3 (-13)	-	54	46
67	5,4 (-13)	2	77	21
68	1,4 (-12)	5	89	7
69	3,3 (-13)	2	54	44
70	3,8 (-13)	-	54	46
71	2,7 (-13)	-	47	53
72	3,6 (-13)	1	68	31
73	3,9 (-13)	1	59	40
74	3,8 (-13)	< 1	37	62
75	3,0 (-13)	1	53	46
76	3,1 (-13)	-	66	34
77	1,8 (-13)	< 1	39	60
78	6,5 (-13)	< 1	70	29
79	1,8 (-13)	2	47	50
80	1,7 (-13)	-	60	40
81	3,7 (-13)	1	79	20
82	3,5 (-13)	< 1	83	17
83	3,4 (-13)	1	67	32
84	9,6 (-14)	-	50	50
85	2,8 (-13)	< 1	58	41
86	6,1 (-13)	< 1	85	15
87	3,7 (-13)	-	81	19

Tab. A-1 (Fortsetzung)

 ^{131}I -Konzentrationen und Anteile der ^{131}I -Komponenten in der Kaminfortluft

Sammel- periode	^{131}I - Konzentration [Ci/m ³]	^{131}I Anteil der I-Komponenten [%]		
		schweb.I	elem.I	org.I
88	3,1 (-13)	-	81	19
89	1,8 (-13)	-	56	44
90	2,0 (-13)	-	67	33
91	2,3 (-13)	-	66	34
92	1,3 (-13)	4	60	36
93	3,3 (-13)	< 1	83	16
94	4,5 (-13)	1	88	10
95	2,4 (-13)	2	74	24
96	9,7 (-12)	< 1	80	19
97	8,9 (-12)	< 1	68	32
98	3,1 (-11)	-	13	87
99	4,0 (-11)	< 1	79	20
100	4,1 (-12)	1	44	55
101	2,9 (-12)	< 1	17	83
102	7,7 (-13)	< 1	29	70
103	1,9 (-13)	-	71	29
104				
105	2,0 (-13)	-	21	79
106	1,2 (-13)	-	46	54
107	3,5 (-13)	-	53	47
108	2,2 (-13)	1	33	66
109	2,5 (-13)	-	37	63
110	5,4 (-14)	-	39	61
111	9,8 (-14)	-	18	82
112	2,9 (-13)	-	4	96
113	4,6 (-13)	-	1	99

Tab. A-2

^{131}I -Konzentrationen und Anteile der ^{131}I -Komponenten in der Zuluft der Anlagenraumabluftfilter ^{a)}

Sammel- periode	^{131}I - Konzentration [Ci/m ³]	^{131}I Anteil der I-Komponenten [%]		
		schweb.I	elem.I	org.I
36	1,1 (-10)	< 1	9	91
37	1,2 (-10)	< 1	6	94
38	4,1 (-11)	-	10	90
39	3,8 (-11)	-	9	91
40	5,4 (-11)	-	7	93
41	4,0 (-11)	< 1	8	92
42	2,7 (-11)	< 1	9	90
43	2,3 (-11)	-	7	93
44	6,3 (-11)	-	6	94
45	3,7 (-11)	< 1	22	78
46	6,0 (-11)	< 1	23	77
47	1,5 (-10)	< 1	31	69
48	1,3 (-10)	< 1	30	70
49				
50				
51				
52				
53				
54				
55				
56				
57				
58	1,6 (-11)	< 1	26	74
59	5,4 (-11)	-	24	76
60	1,6 (- 9)	< 1	2	98
61	4,1 (-11)	< 1	17	83

a) während der Revision Anlagenraumabluftfilter meistens außer Betrieb (Sammelperioden 49 bis 57 und 97 bis 104)

Tab. A-2 (Fortsetzung)

^{131}I -Konzentrationen und Anteile der ^{131}I -Komponenten in der Zuluft der Anlagenraumabluftfilter

Sammel- periode	^{131}I - Konzentration [Ci/m ³]	^{131}I Anteil der I-Komponenten [%]		
		schweb.I	elem.I	org.I
62	3,8 (-11)	< 1	20	80
63	4,5 (-11)	< 1	26	74
64	6,1 (-11)	-	36	64
65	6,8 (-11)	< 1	25	75
66	1,0 (-10)	< 1	24	76
67	1,3 (-10)	< 1	23	77
68	1,8 (-10)	< 1	18	81
69	8,9 (-11)	< 1	27	72
70	8,9 (-11)	< 1	27	72
71	1,5 (-10)	< 1	29	71
72	1,3 (-10)	< 1	29	71
73	1,4 (-10)	< 1	30	70
74	1,5 (-10)	< 1	29	71
75	1,8 (-10)	< 1	26	74
76	1,2 (-10)	-	29	71
77	9,7 (-11)	< 1	28	72
78	8,4 (-11)	< 1	32	68
79	7,9 (-11)	< 1	37	63
80	5,9 (-11)	< 1	38	61
81	6,5 (-11)	< 1	43	57
82	5,9 (-11)	< 1	38	62
83	7,3 (-11)	< 1	40	60
84	7,1 (-11)	< 1	40	59
85	2,3 (-10)	< 1	47	53
86	9,6 (-11)	< 1	32	68
87	5,9 (-11)	< 1	36	64

Tab. A-2 (Fortsetzung)

^{131}I -Konzentrationen und Anteile der ^{131}I -Komponenten in der Zuluft der Anlagenraumabluftfilter

Sammel- periode	^{131}I - Konzentration [Ci/m ³]	^{131}I Anteil der I-Komponenten [%]		
		schweb.I	elem.I	org. I
88	3,8 (-11)	-	44	56
89	5,7 (-11)	-	48	52
90	3,3 (-11)	< 1	47	53
91	3,8 (-11)	< 1	47	53
92	3,2 (-11)	< 1	46	54
93	2,4 (-11)	< 1	37	63
94	4,9 (-11)	< 1	15	85
95	9,1 (-11)	< 1	7	93

Tab. A-3

^{131}I -Konzentrationen und Anteile der ^{131}I -Komponenten in der Abluft der Anlagenraumabluftfilter (B) a)

Sammel- periode	^{131}I - Konzentration [Ci/m ³]	^{131}I Anteil der I-Komponenten [%]		
		schweb.I	elem.I	org.I
36	2,8 (-11)	< 1	< 1	99
37	4,8 (-11)	-	< 1	100
38	1,3 (-11)	-	< 1	100
39	1,1 (-11)	-	< 1	100
40	1,7 (-11)	-	< 1	100
41	1,2 (-11)	< 1	< 1	99
42	1,1 (-12)	1	3	96
43	5,9 (-13)	-	1	99
44	2,2 (-12)	-	< 1	100
45	1,4 (-12)	-	1	99
46	2,4 (-12)	-	< 1	100
47	1,2 (-11)	-	-	100
48	7,4 (-12)	-	< 1	100
49				
50				
51				
52				
53				
54				
55				
56				
57				
58				
59	3,0 (-14)	-	-	100
60	1,1 (-13)	-	-	100
61	3,2 (-14)	-	-	100

a) während der Sammelperioden 42 bis 48 Meßstelle C

Tab. A-3 (Fortsetzung)

^{131}I -Konzentrationen und Anteile der ^{131}I -Komponenten in der Abluft der Anlagenraumabluftfilter (B)

Sammel- periode	^{131}I - Konzentration [Ci/m ³]	^{131}I Anteil der Komponenten [%]		
		schweb.I	elem.I	org.I
62	3,0 (-14)	-	-	100
63	3,0 (-14)	-	-	100
64	3,2 (-14)	-	-	100
65	4,6 (-14)	-	-	100
66	6,9 (-14)	-	-	100
67	1,2 (-13)	-	-	100
68	1,9 (-13)	-	-	100
69	1,4 (-13)	-	-	100
70	1,9 (-13)	-	-	100
71	2,4 (-13)	-	-	100
72	3,1 (-13)	-	-	100
73	3,3 (-13)	-	-	100
74	4,6 (-13)	-	-	100
75	7,2 (-13)	-	5	95
76	1,1 (-12)	-	2	98
77	1,2 (-12)	-	2	98
78	1,3 (-12)	-	1	99
79	1,2 (-12)	-	1	99
80	1,0 (-12)	-	1	99
81	1,2 (-12)	-	2	98
82	1,5 (-12)	-	< 1	100
83	2,0 (-12)	-	1	99
84	1,6 (-12)	-	< 1	100
85	5,0 (-12)	-	-	100
86	3,3 (-12)	-	-	100
87	1,7 (-12)	-	-	100

Tab. A-3 (Fortsetzung)

^{131}I -Konzentrationen und Anteile der ^{131}I -Komponenten in der Abluft der Anlagenraumabluftfilter (B)

Sammel- periode	^{131}I - Konzentration [Ci/m ³]	^{131}I Anteil der I-Komponenten [%]		
		schweb.I	elem.I	org.I
88	9,1 (-13)	-	-	100
89	1,3 (-12)	-	-	100
90	1,0 (-12)	-	-	100
91	1,3 (-12)	-	-	100
92	9,5 (-13)	-	-	100
93	8,0 (-13)	-	-	100
94	2,4 (-12)	-	-	100
95	5,7 (-12)	-	-	100

Tab. A-4

 ^{131}I -Konzentrationen und Anteile der ^{131}I -Komponenten in der Ringraumabluft a)

Sammel- periode	^{131}I - Konzentration [Ci/m ³]	^{131}I Anteil der I-Komponenten [%]		
		schweb.I	elem.I	org.I
36	3,7 (-14)	-	39	61
37	9,4 (-15)	-	44	56
38	1,5 (-14)	-	38	62
39	1,0 (-14)	-	36	64
40	3,8 (-15)	-	-	100
41	1,4 (-13)	6	34	60
42	1,6 (-14)	-	36	64
43	-	-	-	-
44	1,4 (-14)	-	11	89
45	9,0 (-15)	-	25	75
46	-	-	-	-
47	3,6 (-15)	-	100	-
48	1,2 (-12)	-	49	51
49	5,7 (-11)	4	71	25
50	5,4 (-11)	< 1	74	25
51	3,7 (-12)	1	51	48
52	2,0 (-12)	< 1	43	56
53	5,3 (-13)	2	54	44
54	6,4 (-13)	< 1	28	71
55	1,7 (-13)	5	69	26
56	1,3 (-13)	-	58	42
57	7,7 (-14)	-	52	48
58	5,9 (-14)	-	17	83
59	3,6 (-14)	-	32	68
60	2,7 (-12)	< 1	36	63
61	1,9 (-12)	< 1	62	37

a) während der Revision meistens zusätzlich Spülluft
(Sammelperioden 48 bis 56 und 96 bis 103;
außerdem Sammelperioden 60 und 61)

Tab. A-4 (Fortsetzung)

¹³¹I-Konzentrationen und Anteile der ¹³¹I-Komponenten in der Ringraumabluft

Sammel- periode	¹³¹ I- Konzentration [Ci/m ³]	¹³¹ I-Anteil der I-Komponenten [%]		
		schweb.I	elem.I	org.I
62	1,0 (-12)	< 1	42	58
63	3,8 (-13)	1	22	77
64	2,9 (-13)	< 1	19	80
65	1,9 (-13)	< 1	12	87
66	1,2 (-13)	3	14	83
67	1,6 (-13)	5	42	53
68	1,9 (-13)	6	64	31
69	2,5 (-13)	2	20	79
70	2,0 (-13)	1	16	83
71	1,5 (-13)	-	9	91
72	1,0 (-13)	6	7	86
73	2,5 (-13)	-	17	83
74	3,2 (-13)	-	17	83
96	6,9 (-12)	< 1	71	28
97	6,4 (-12)	< 1	69	31
98	7,8 (-11)	< 1	18	82
99	1,0 (-10)	8	82	11
100	1,2 (-11)	1	46	53
101	1,0 (-11)	< 1	16	84
102	1,3 (-12)	-	38	62
103	3,9 (-13)	-	70	30
104	1,6 (-13)	5	75	20

Tab. A-5

^{131}I -Konzentrationen und Anteile der ^{131}I -Komponenten in der Digestorien-abluft

Sammel- periode	^{131}I - Konzentration [Ci/m ³]	^{131}I Anteil der I-Komponenten [%]		
		schweb.I	elem.I	org.I
10				
11				
12	1,2 (-10)	< 1	97	3
13	2,3 (-11)	< 1	76	24
14	2,5 (-11)	2	87	11
15	2,9 (-11)	2	88	11
16	7,9 (-11)	< 1	77	23
17	5,8 (-12)	< 1	73	27
18	1,5 (-11)	< 1	83	16
19	1,9 (-11)	< 1	85	14
20	2,1 (-11)	9	75	16
21	2,7 (-11)	1	85	14
22	1,0 (-10)	2	79	19
23	5,5 (-11)	< 1	86	14
24	9,7 (-11)	1	86	12
25	7,5 (-11)	1	91	7
26	3,5 (-11)	1	94	5
27	1,1 (-11)	< 1	84	15
28	5,7 (-12)	< 1	81	18
29	2,8 (-12)	-	92	8
30	1,2 (-12)	-	82	18
31	2,1 (-11)	< 1	91	8
32	1,5 (-11)	< 1	88	12
33	4,8 (-11)	1	69	29
34	1,4 (-10)	< 1	88	12
35	2,1 (-10)	1	96	3

Tab. A-5 (Fortsetzung)

^{131}I -Konzentrationen und Anteile der ^{131}I -Komponenten in der Digestorien-abluft

Sammel- periode	^{131}I - Konzentration [Ci/m ³]	^{131}I Anteil der I-Komponenten [%]		
		schweb.I	elem.I	org.I
36	7,1 (-11)	< 1	88	11
37	1,0 (-11)	< 1	86	14
38	1,6 (-11)	2	92	6
39	7,6 (-12)	1	87	12
40	1,3 (-11)	< 1	86	13
41	1,3 (-11)	2	93	5
42	3,7 (-12)	2	89	8
43	9,2 (-12)	2	93	5
44	1,4 (-11)	2	94	4
45	6,6 (-12)	2	91	7
46	5,1 (-12)	4	88	8
47	1,2 (-11)	2	79	19
48	7,1 (-12)	3	60	37
49	2,7 (-12)	< 1	93	7
50	8,3 (-13)	1	92	7
51	3,5 (-13)	-	86	14
52	1,3 (-13)	4	61	35
53	7,2 (-14)	-	65	35
54	1,1 (-13)	-	93	7
55	5,3 (-14)	5	67	28
56	1,1 (-14)	-	70	30
57	4,7 (-14)	-	72	28
58	4,0 (-13)	-	87	13
59	7,8 (-13)	-	87	13
60	7,6 (-13)	-	80	20
61	2,3 (-13)	-	84	16

Tab. A-5 (Fortsetzung)

^{131}I -Konzentrationen und Anteile der ^{131}I -Komponenten in der Digestorien-abluft

Sammel- periode	^{131}I - Konzentration [Ci/m ³]	^{131}I Anteil der I-Komponenten [%]		
		schweb.I	elem.I	org.I
62	5,8 (-13)	-	72	28
63	7,4 (-13)	2	60	38
64	9,7 (-13)	-	74	26
65	4,1 (-12)	3	75	22
66	4,7 (-12)	3	79	18
67	1,2 (-11)	2	77	21
68	5,7 (-11)	2	93	5
69	4,5 (-12)	3	57	40
70	7,1 (-12)	4	64	31
71	4,7 (-12)	5	78	17
72	8,8 (-12)	6	75	18
73	6,6 (-12)	< 1	73	27
74	5,1 (-12)	< 1	43	57
75	4,3 (-12)	1	81	18
76	4,1 (-12)	-	91	9
77	2,6 (-12)	< 1	50	50
78	2,1 (-11)	1	87	12
79				
80	5,6 (-12)	3	89	9
81	1,3 (-11)	< 1	85	14
82	1,2 (-11)	< 1	95	5
83	5,3 (-12)	2	79	19
84	2,5 (-12)	1	82	17
85	6,0 (-12)	< 1	85	14
86	1,2 (-11)	1	85	13
87	6,0 (-12)	< 1	88	12

Tab. A-5 (Fortsetzung)

^{131}I -Konzentrationen und Anteile der ^{131}I -Komponenten in der Digestorien-abluft

Sammel- periode	^{131}I - Konzentration [Ci/m ³]	^{131}I Anteil der I-Komponenten [%]		
		schweb.I	elem.I	org.I
88	6,2 (-12)	-	93	7
89	5,5 (-12)	-	84	16
90	6,5 (-12)	2	87	11
91	5,5 (-12)	2	90	8
92	3,2 (-12)	< 1	88	12
93	1,4 (-11)	1	89	10
94	2,0 (-11)	1	95	4
95	7,0 (-12)	2	93	5
96	3,6 (-10)	< 1	83	16
97	8,1 (-12)	< 1	96	3
98	7,7 (-12)	< 1	97	3
99	1,4 (-12)	1	86	13
100	4,3 (-12)	2	93	6
101	3,3 (-12)	2	78	20
102	2,3 (-12)	2	51	47
103	1,1 (-13)	-	87	13
104	1,1 (-12)	-	94	6
105	6,8 (-12)	< 1	29	70
106	1,7 (-12)	< 1	52	47
107	1,3 (-12)	< 1	82	17
108	6,0 (-12)	< 1	21	78
109	7,4 (-12)	< 1	30	69
110	1,0 (-12)	1	57	41
111	9,3 (-13)	1	52	47
112	8,2 (-13)	< 1	45	54
113	2,7 (-13)	2	66	32
114	1,2 (-12)	-	22	78
115	5,2 (-13)	1	63	35

Tab. A-6

^{131}I -Konzentrationen und Anteile der ^{131}I -Komponenten in der Hilfsanlagen-
gebäudeabluft (G)

Sammel- periode	^{131}I - Konzentration [Ci/m ³]	^{131}I Anteil der I-Komponenten [%]		
		schweb.I	elem.I	org.I
36	2,8 (-12)	-	71	29
37	1,4 (-12)	-	63	37
38	3,6 (-13)	-	94	6
39	3,5 (-13)	2	73	25
40	7,5 (-13)	2	68	30
41	6,9 (-13)	4	65	31
42	2,8 (-13)	5	77	18
43	4,1 (-13)	4	84	12
44	1,2 (-13)	-	65	35
45	1,0 (-13)	-	65	35
46	1,3 (-13)	-	58	42
47	9,4 (-13)	2	93	4
48	9,2 (-13)	-	32	68
49	5,9 (-13)	< 1	23	76
50	8,4 (-13)	< 1	26	73
51	5,8 (-13)	2	21	76
52	2,5 (-13)	3	25	72
53	1,2 (-13)	-	25	75
54	9,0 (-14)	-	21	79
55	8,6 (-14)	-	-	100
56	1,8 (-14)	-	32	68
57	1,8 (-14)	-	-	100
58	1,3 (-14)	-	-	100
59	1,0 (-14)	-	-	100
60	9,8 (-14)	-	18	82
61	1,5 (-13)	4	16	80

Tab. A-6 (Fortsetzung)

^{131}I -Konzentrationen und Anteile der ^{131}I -Komponenten in der Hilfsanlagen-gebäudeabluft (G)

Sammel- periode	^{131}I - Konzentration [Ci/m ³]	^{131}I Anteil der I-Komponenten [%]		
		schweb.I	elem.I	org.I
62	6,7 (-14)	-	18	82
63	2,8 (-14)	-	-	100
64	6,7 (-14)	-	55	45
65	1,0 (-13)	-	70	30
66	2,5 (-13)	-	69	31
67	6,0 (-13)	1	78	21
68	5,5 (-13)	< 1	78	21
69	4,3 (-13)	-	74	26
70	5,2 (-13)	-	65	35
71	3,1 (-13)	-	25	75
72	2,1 (-13)	-	30	70
73	2,4 (-13)	-	54	46
74	2,1 (-13)	-	53	47
96	8,6 (-14)	-	7	93
97	8,3 (-13)	< 1	43	56
98	1,0 (-12)	< 1	45	55
99	1,3 (-12)	-	45	55
100	8,9 (-13)	-	33	67
101	1,6 (-12)	< 1	58	41
102	4,5 (-14)	-	39	61
103	3,8 (-14)	-	-	100
104	3,0 (-14)	-	-	100

Tab. A-7

^{131}I -Konzentrationen und Anteile der ^{131}I -Komponenten in der Hilfsanlagen-
gebäudeabluft (H)

Sammel- periode	^{131}I - Konzentration [Ci/m ³]	^{131}I Anteil der I-Komponenten [%]		
		schweb.I	elem.I	org.I
36	1,0 (-13)	-	9	91
37	1,3 (-13)	2	15	83
38	1,1 (-13)	-	-	100
39	2,8 (-14)	-	57	43
40	3,7 (-14)	13	16	71
41	1,5 (-13)	9	28	63
42	6,1 (-14)	-	45	55
43 a)	3,7 (-14)	32	31	37
44	1,5 (-14)	-	-	100
45	7,1 (-14)	-	22	78
46	6,6 (-14)	-	25	75
47	1,2 (-13)	-	18	82
48	3,2 (-13)	-	55	45
49	3,1 (-11)	< 1	2	98
50	2,2 (-12)	2	40	58
51	1,1 (-12)	4	48	48
52	1,6 (-12)	-	77	23
53	1,6 (-12)	< 1	84	16
54	3,9 (-13)	-	62	38
55	7,9 (-13)	-	52	48
56	7,1 (-14)	-	12	88
57	1,7 (-14)	-	100	-
58	1,0 (-14)	-	100	-
59	1,5 (-14)	-	100	-
60	5,3 (-13)	1	51	48
61	3,9 (-13)	-	58	42

a) Werte unsicher wegen kurzer Meßzeit für das schwebstofförmige ^{131}I

Tab. A-7 (Fortsetzung)

^{131}I -Konzentrationen und Anteile der ^{131}I -Komponenten in der Hilfsanlagen-
gebäudeabluft (H)

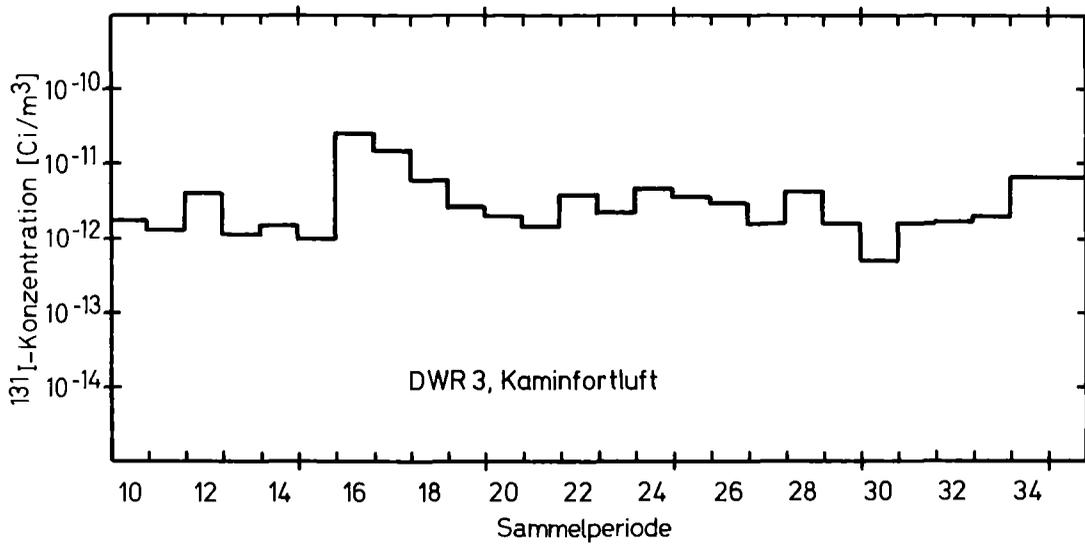
Sammel- periode	^{131}I - Konzentration [Ci/m ³]	^{131}I Anteil der I-Komponenten [%]		
		schweb.I	elem.I	org.I
62	2,1 (-13)	-	53	47
63	7,6 (-14)	-	51	49
64	7,8 (-14)	-	56	44
65	7,9 (-14)	-	61	39
66	3,6 (-13)	-	87	13
67	8,0 (-13)	-	90	10
68	5,8 (-13)	-	89	11
69	2,9 (-13)	1	79	20
70	2,0 (-13)	< 1	73	26
71	1,0 (-13)	-	58	42
72	9,9 (-14)	-	65	35
73	2,2 (-13)	-	75	25
74	1,9 (-13)	-	74	26
96	5,1 (-12)	< 1	66	33
97	2,8 (-12)	1	78	21
98	2,2 (-12)	-	62	38
99	2,1 (-12)	2	47	51
100	8,1 (-13)	-	23	77
101	4,6 (-13)	-	36	64
102	2,9 (-13)	-	15	85
103	4,4 (-14)	-	46	54
104	6,6 (-14)	-	69	31

Tab. A-8

^{131}I -Konzentrationen und Anteile der ^{131}I -Komponenten in der Spülluft und in der Abluft aus den Chemielaborabzügen

Sammel- periode	^{131}I - Konzentration [Ci/m ³]	^{131}I Anteil der Komponenten [%]		
		schweb.I	elem.I	org.I
Spülluft				
96	9,0 (-13)	-	30	70
97	9,0 (-12)	< 1	68	31
98	1,8 (-12)	-	14	86
99	3,0 (-13)	-	26	74
100	2,8 (-12)	< 1	56	43
101	1,6 (-11)	< 1	12	88
102				
103	7,3 (-15)	-	-	100
104 a)				
Abluft aus den Chemielaborabzügen				
83	3,8 (-12)	3	87	10
84	2,0 (-12)	1	94	5
85	5,1 (-12)	1	92	7
86	9,2 (-12)	1	86	13
112	4,1 (-13)	-	82	18
113	1,8 (-13)	4	76	20
114	1,4 (-12)	< 1	22	78
115	3,7 (-13)	3	67	30

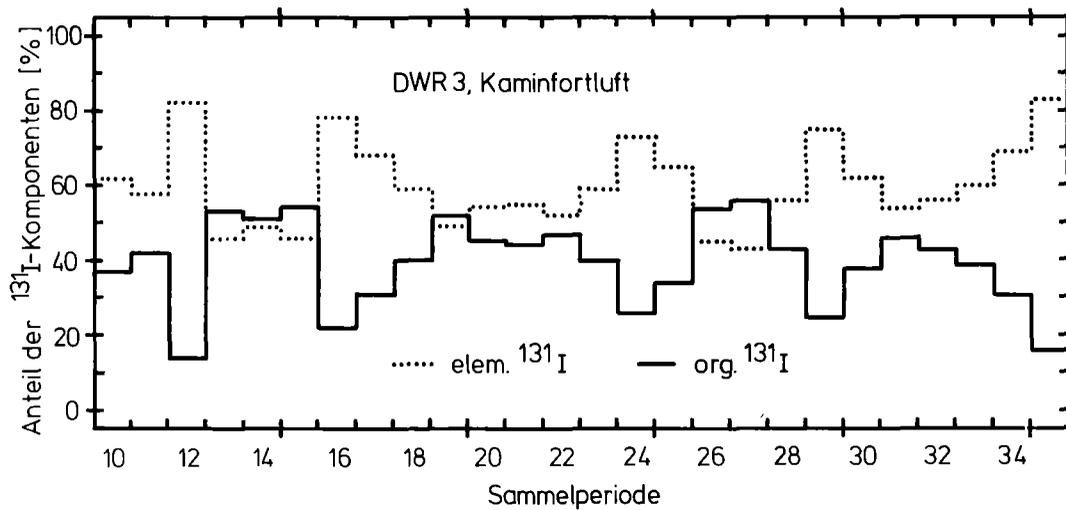
a) Spülluft außer Betrieb



KJK LAF II 142277B

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

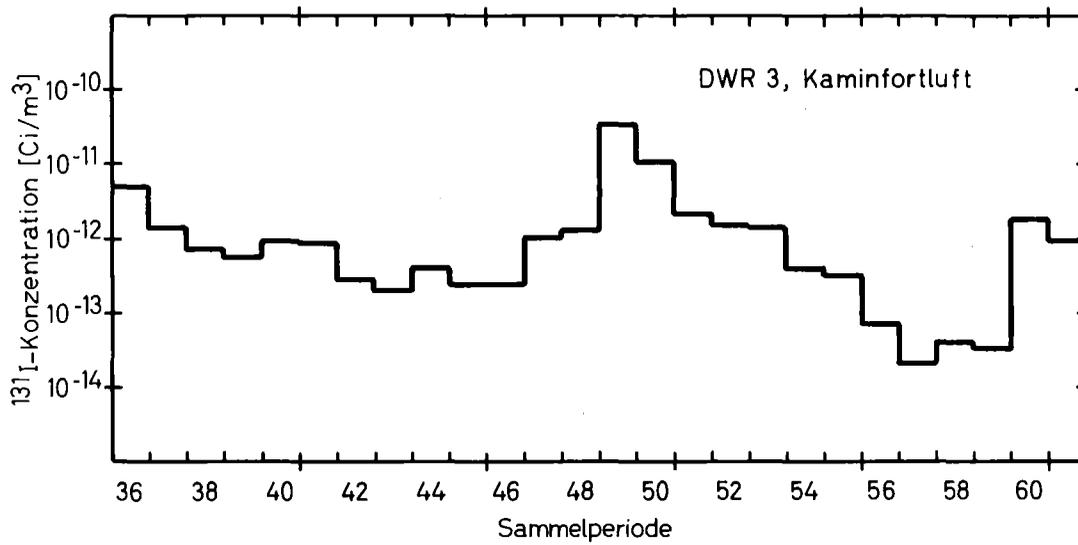
Abb. A - 1



KJK LAF II 142377

Zeitlicher Verlauf des Anteils der ^{131}I -Komponenten

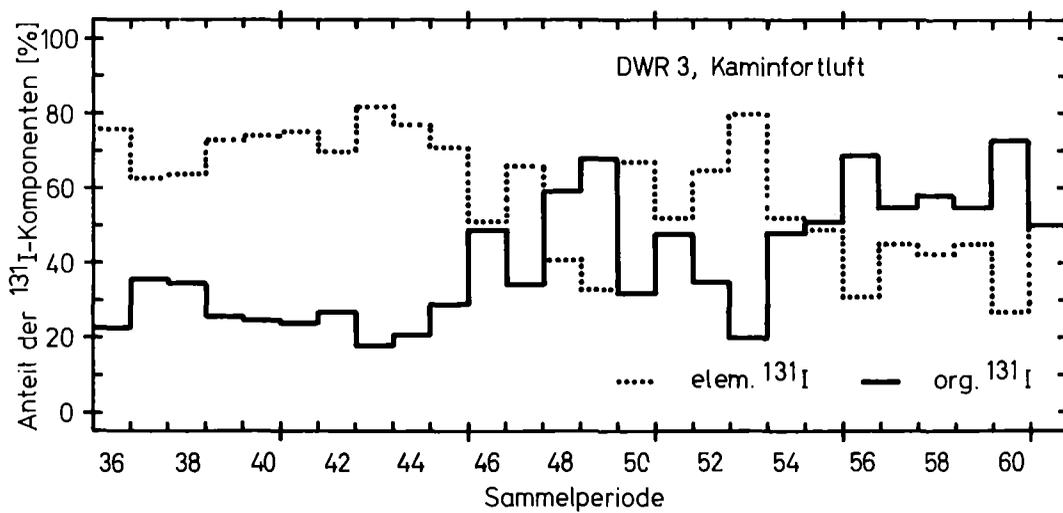
Abb. A - 2



KfK LAF II 143978

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

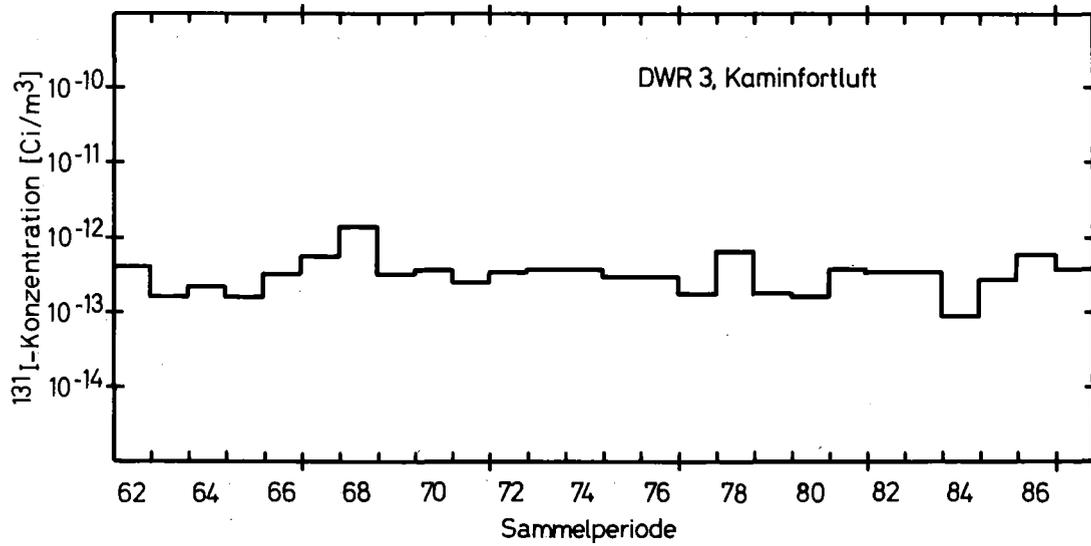
Abb. A - 3



KfK LAF II 144078

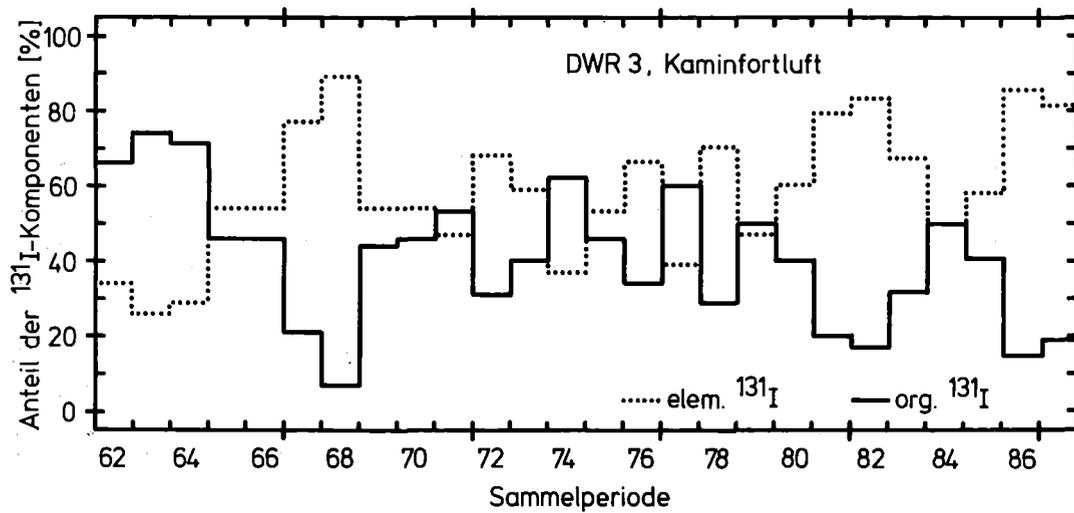
Zeitlicher Verlauf des Anteils der ^{131}I -Komponenten

Abb. A - 4



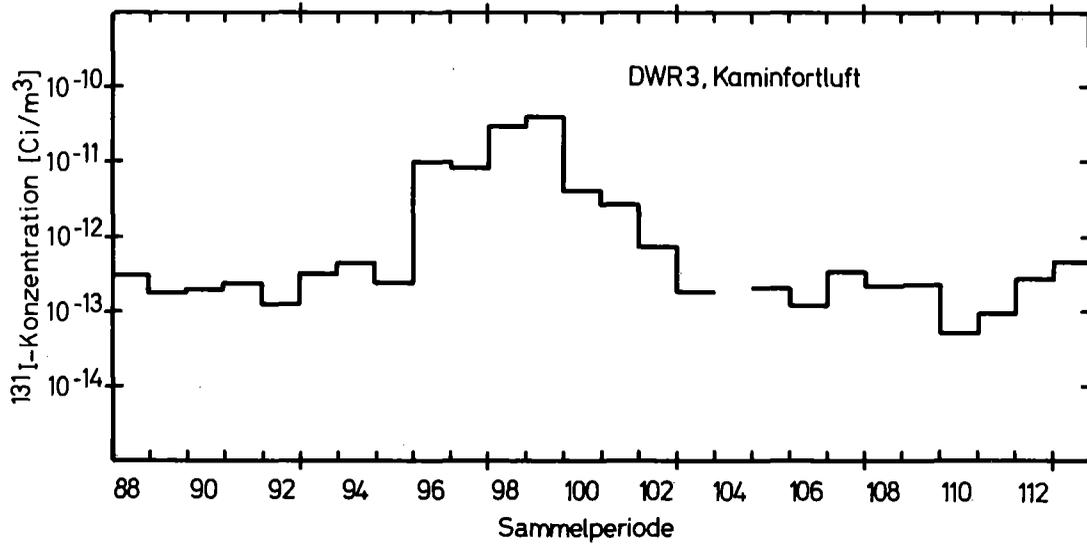
Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

Abb. A-5



Zeitlicher Verlauf des Anteils der ^{131}I -Komponenten

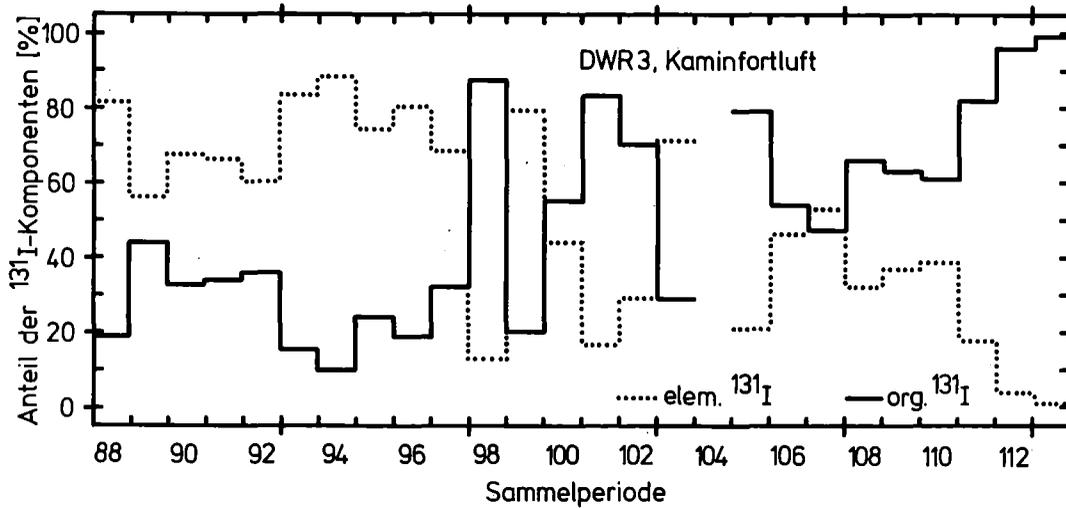
Abb. A-6



KfK LAF II 143579

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

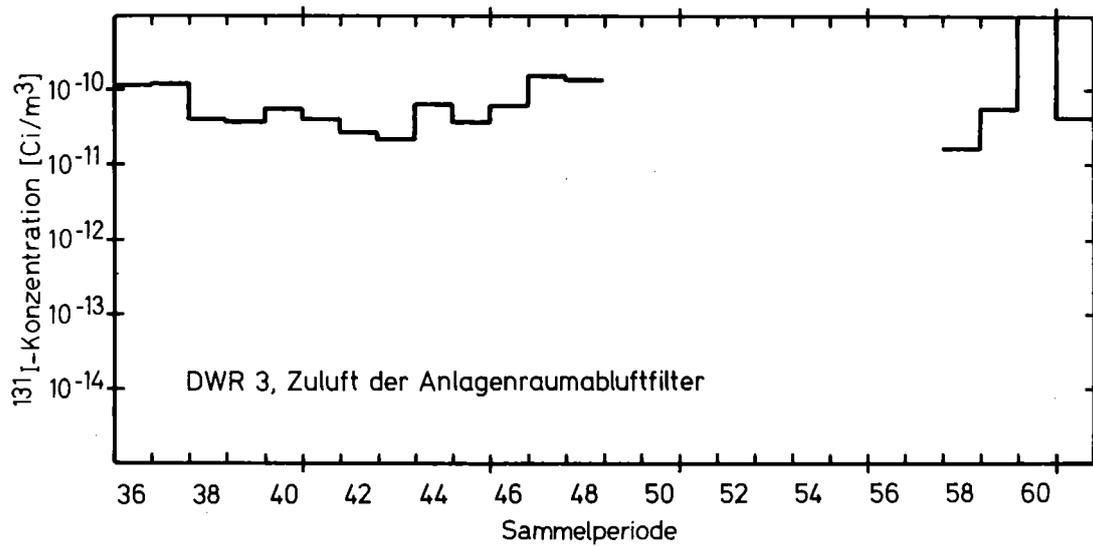
Abb. A - 7



KfK LAF II 143579

Zeitlicher Verlauf des Anteils der ^{131}I -Komponenten

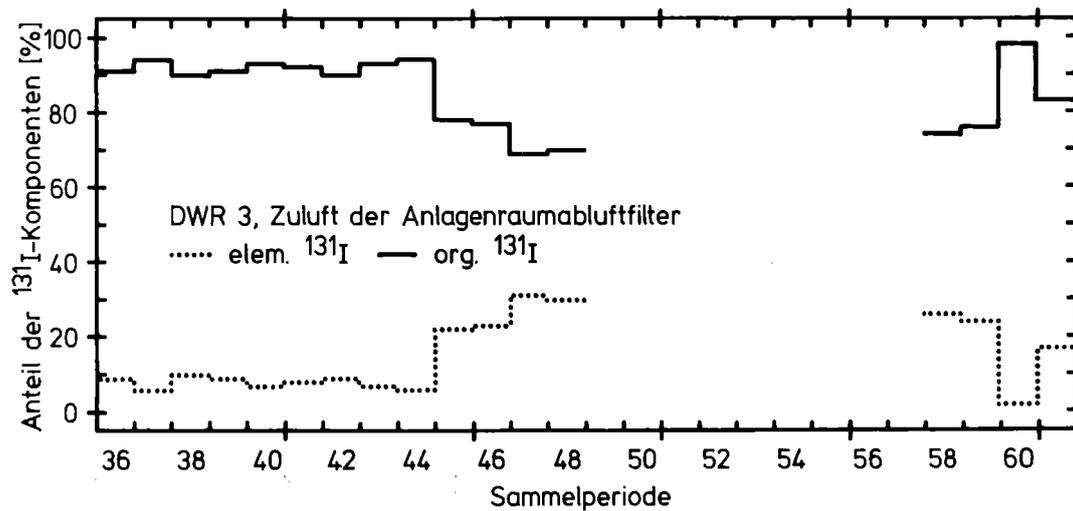
Abb. A - 8



KfK LAFII 142778

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

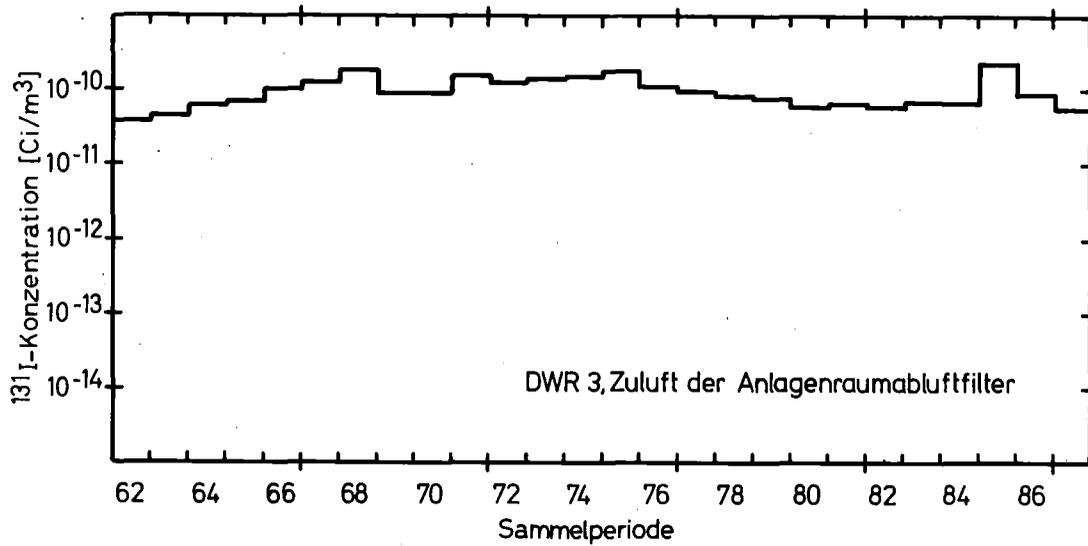
Abb. A - 9



KfK LAFII 142878

Zeitlicher Verlauf des Anteils der ^{131}I -Komponenten

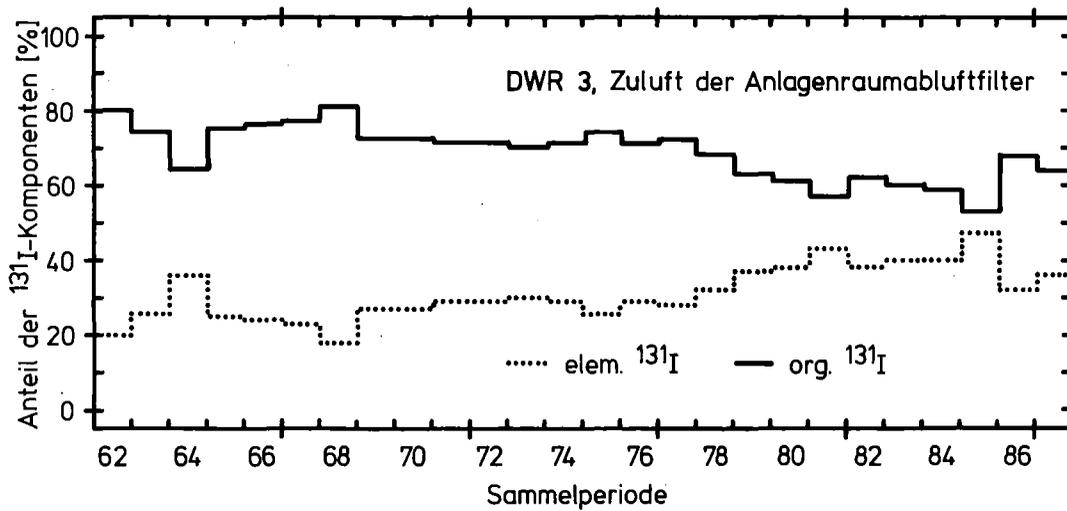
Abb. A - 10



KfK LAF II 14979

Zeitlicher Verlauf der ¹³¹I-Konzentration

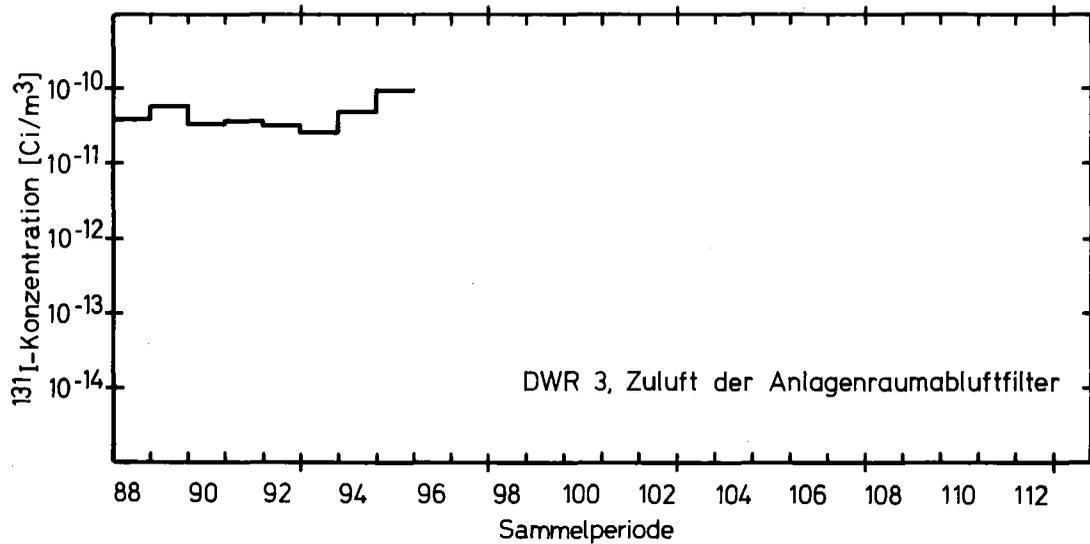
Abb. A - 11



KfK LAF II 141079

Zeitlicher Verlauf des Anteils der ¹³¹I-Komponenten

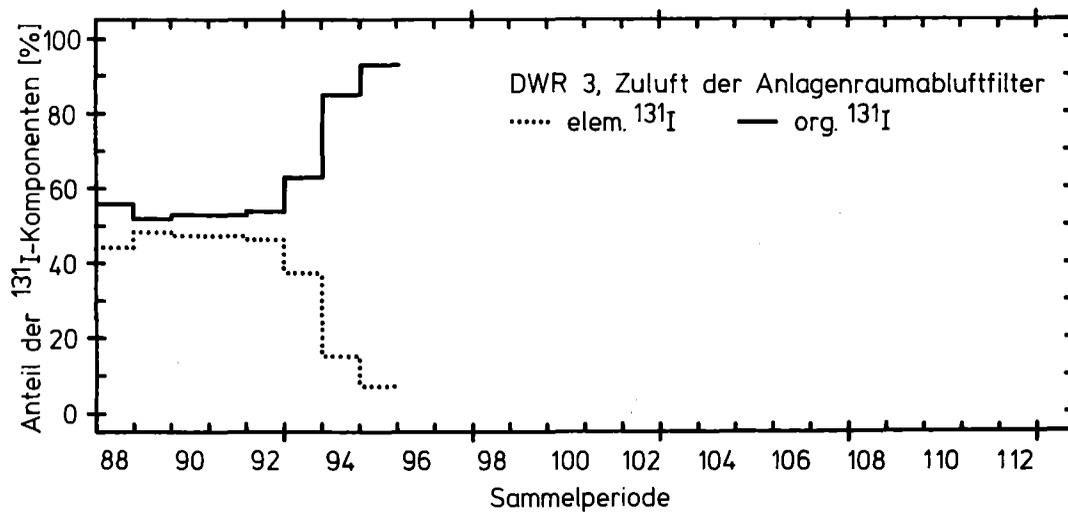
Abb. A - 12



KfK LAF II 144179

Zeitlicher Verlauf der ¹³¹I-Konzentration

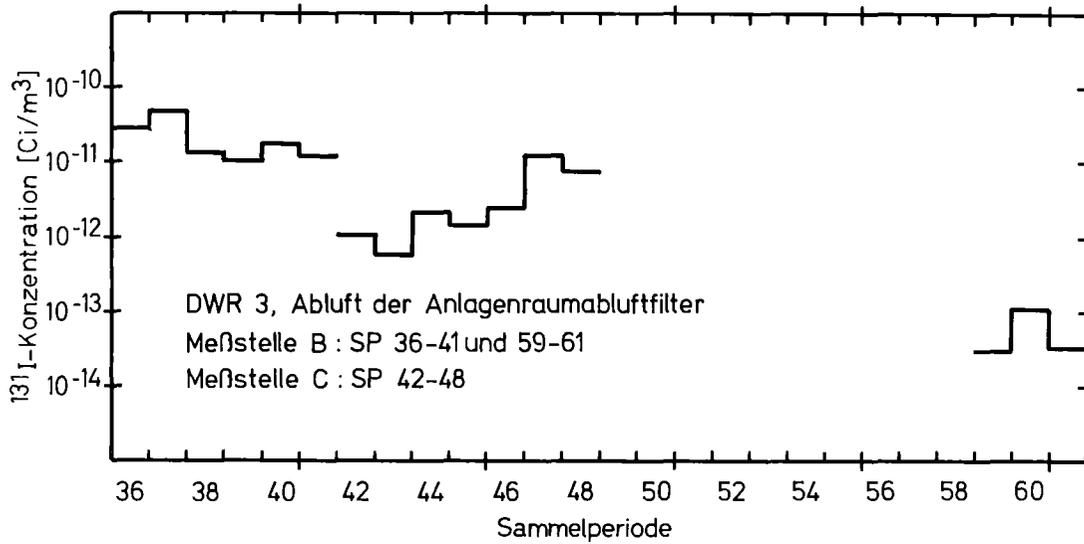
Abb. A - 13



KfK LAF II 144279

Zeitlicher Verlauf des Anteils der ¹³¹I-Komponenten

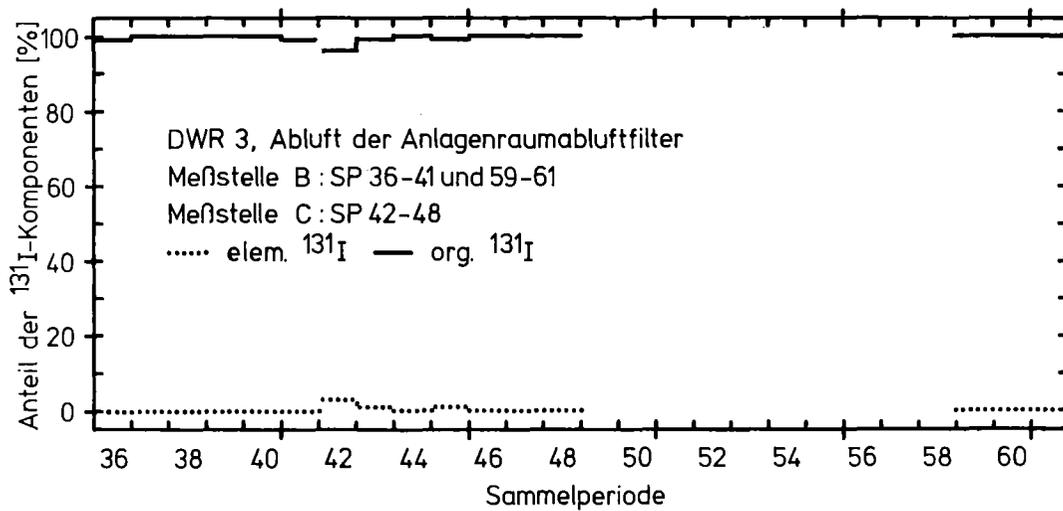
Abb. A - 14



KfK LAF II 142978 B

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

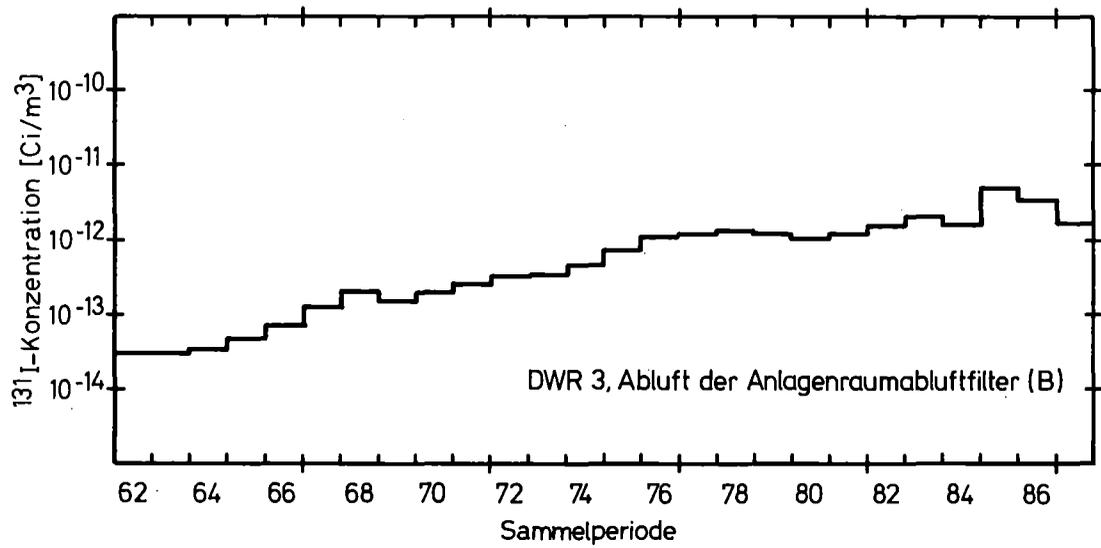
Abb. A - 15



KfK LAF II 143078 B

Zeitlicher Verlauf des Anteils der ^{131}I -Komponenten

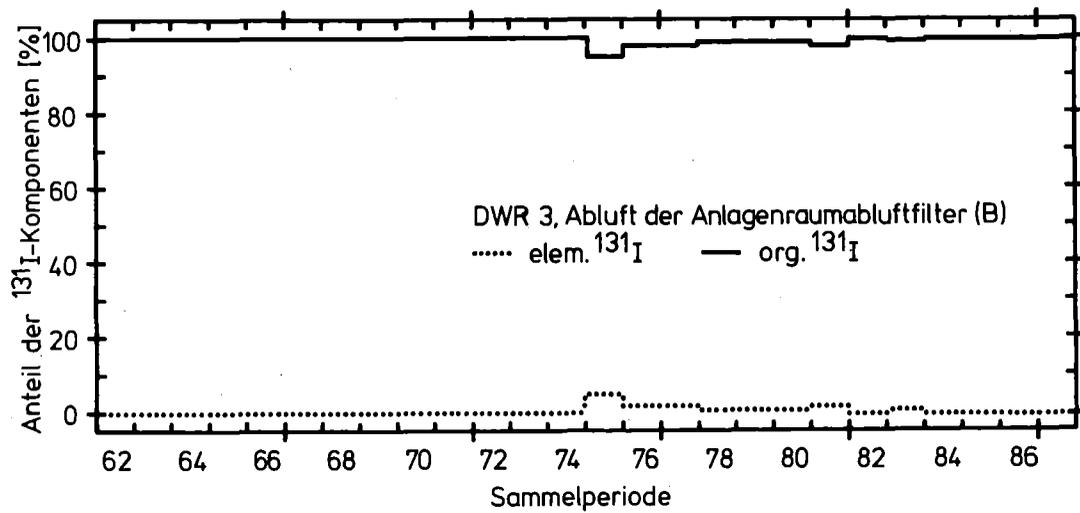
Abb. A - 16



KfK LAF II 141179

Zeitlicher Verlauf der ¹³¹I-Konzentration

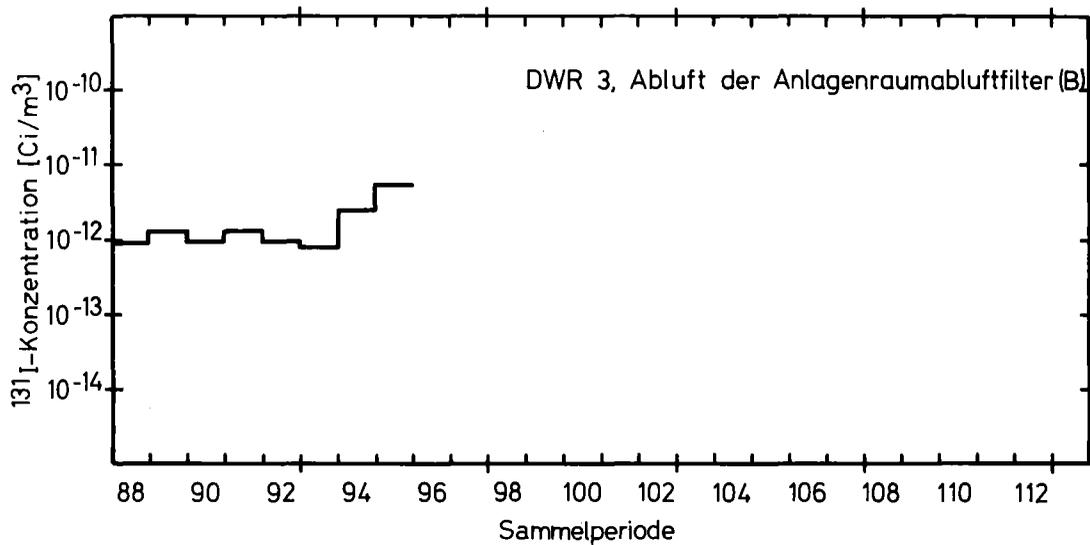
Abb. A - 17



KfK LAF II 141279

Zeitlicher Verlauf des Anteils der ¹³¹I-Komponenten

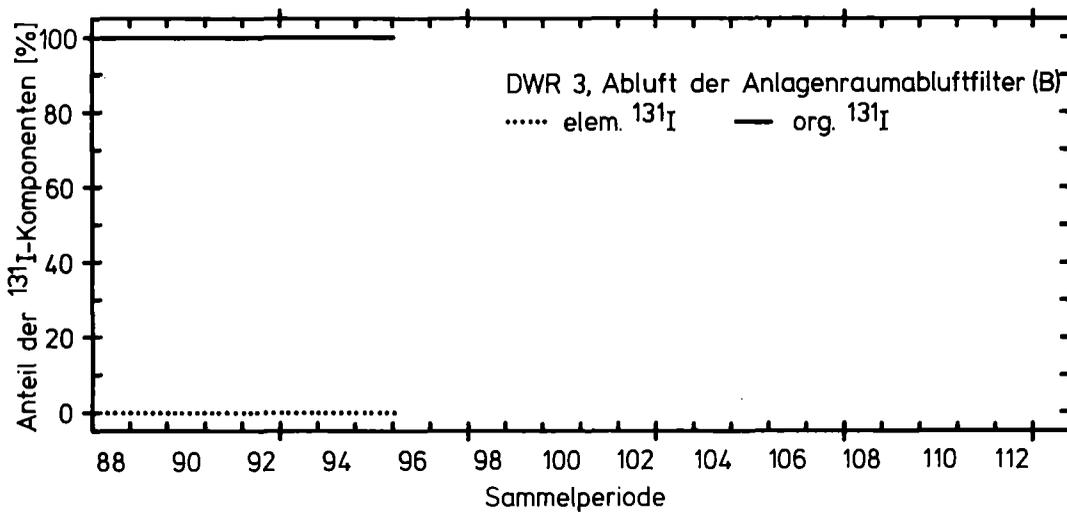
Abb. A - 18



KfK LAF II 144379

Zeitlicher Verlauf der ¹³¹I-Konzentration

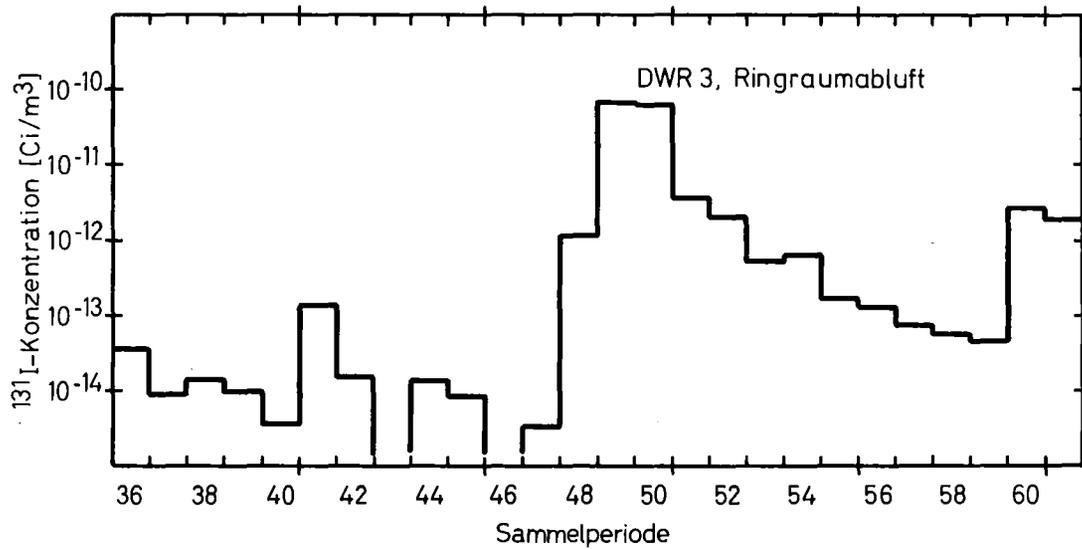
Abb. A - 19



KfK LAF II 144479

Zeitlicher Verlauf des Anteils der ¹³¹I-Komponenten

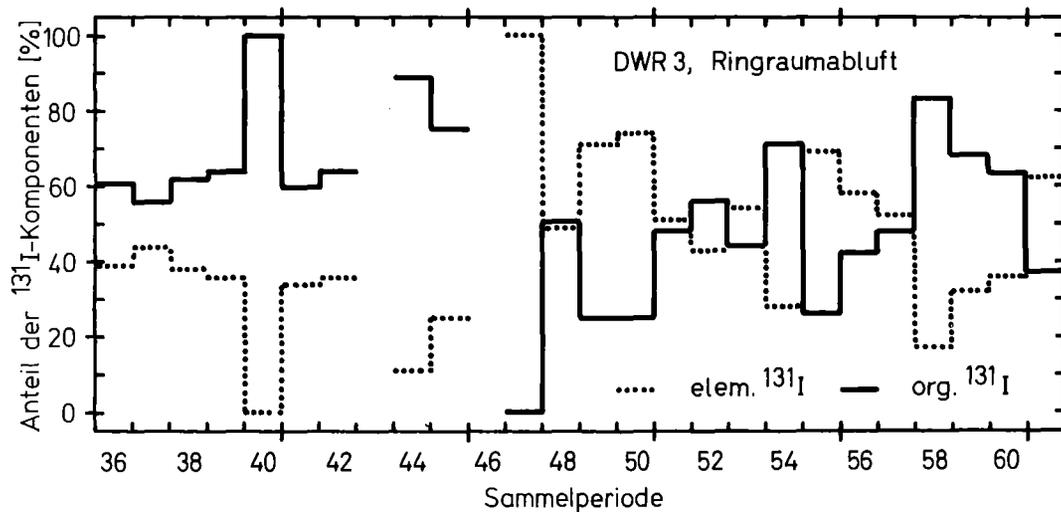
Abb. A - 20



KfK LAF II 143178

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

Abb. A-21 a)

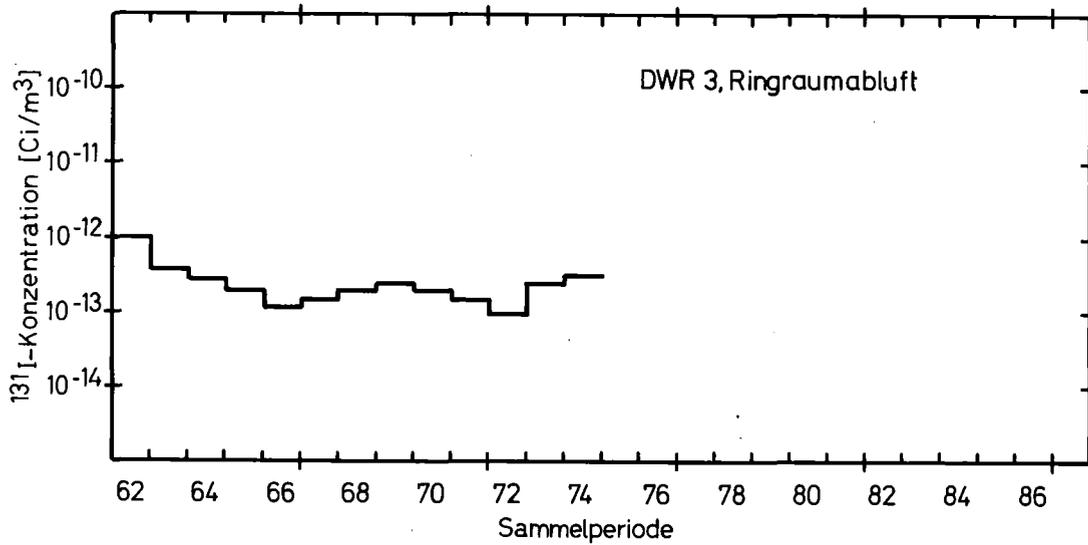


KfK LAF II 143278

Zeitlicher Verlauf des Anteils der ^{131}I -Komponenten

Abb. A-22 a)

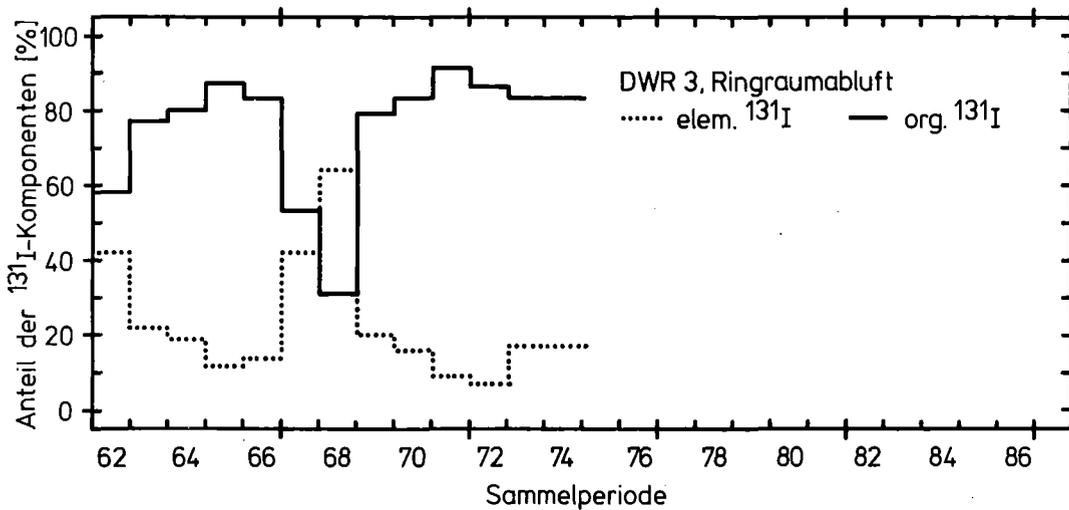
a) zusätzlich Spülluft in den Sammelperioden 48 bis 56 sowie 60 und 61



KfK LAF II 141379

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

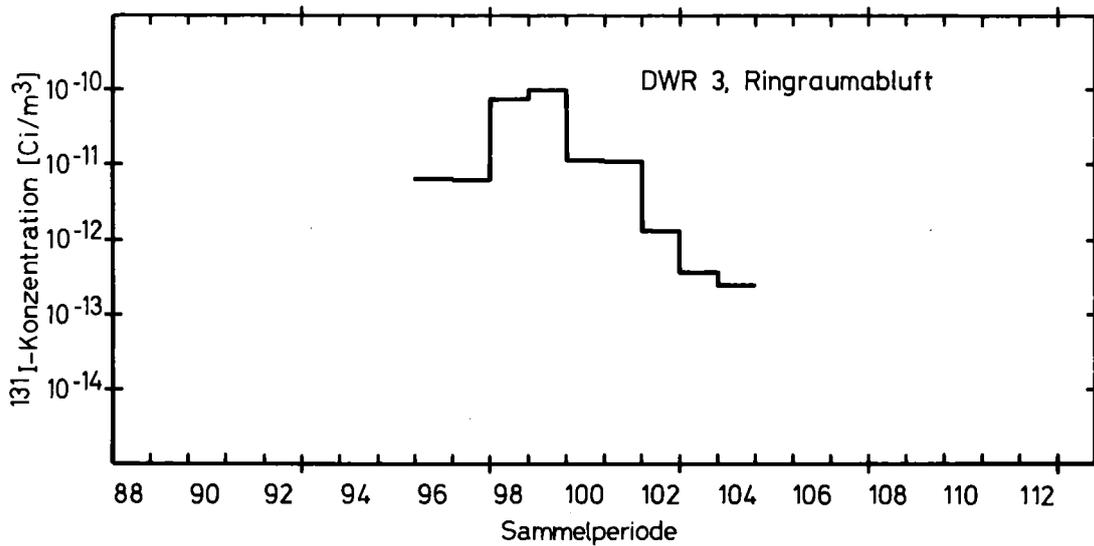
Abb. A - 23



KfK LAF II 141479

Zeitlicher Verlauf des Anteils der ^{131}I -Komponenten

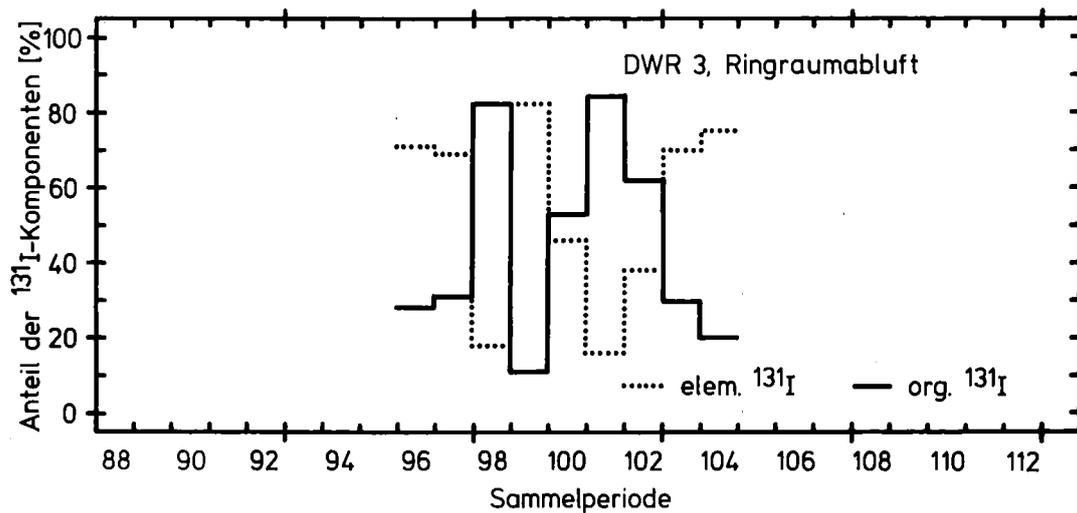
Abb. A - 24



KfK LAF II 144579

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

Abb. A-25 a)

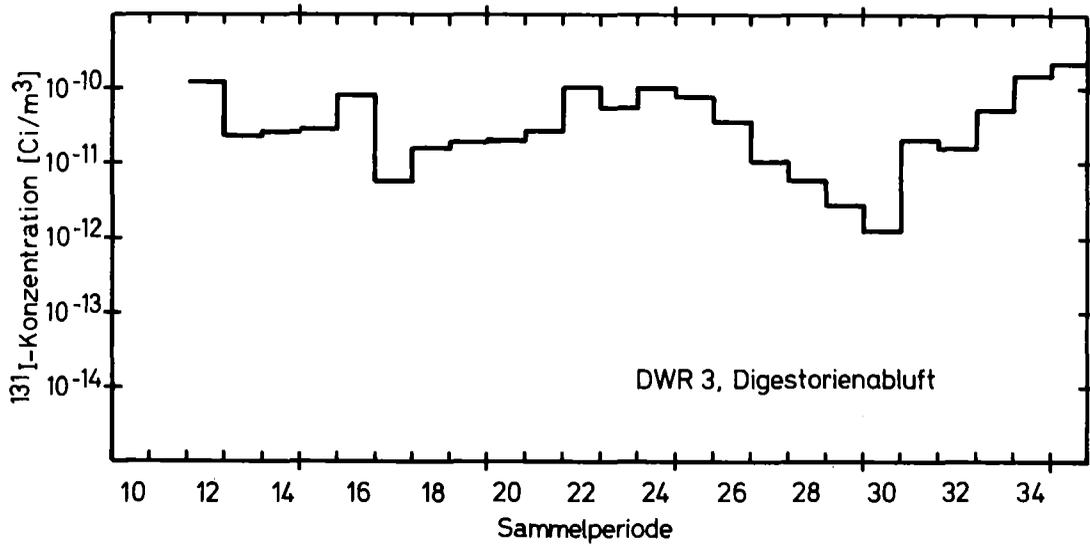


KfK LAF II 144679

Zeitlicher Verlauf des Anteils der ^{131}I -Komponenten

Abb. A-26 a)

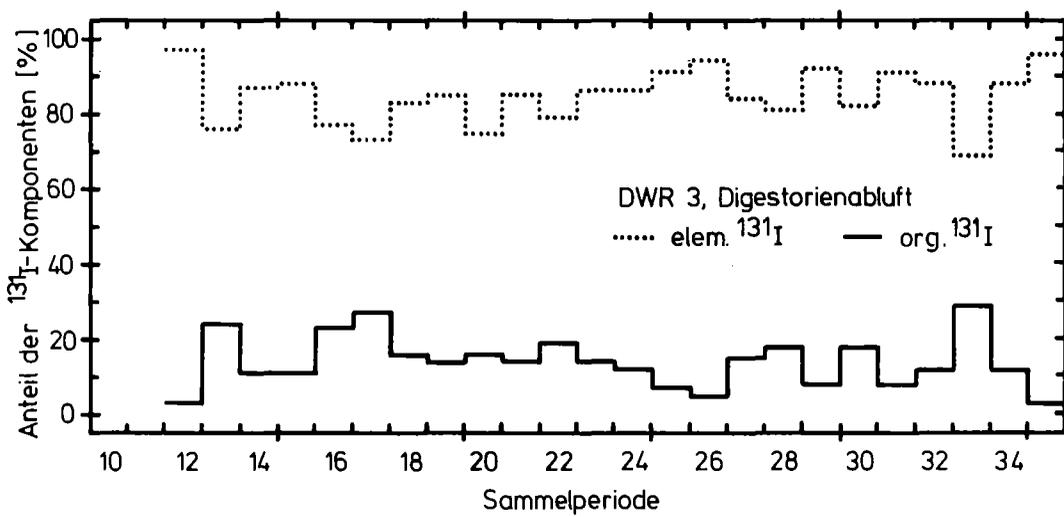
a) zusätzlich Spülluft in den Sammelperioden 96 bis 103



KIK LAF II 142477 B

Zeitlicher Verlauf der ¹³¹I-Konzentration

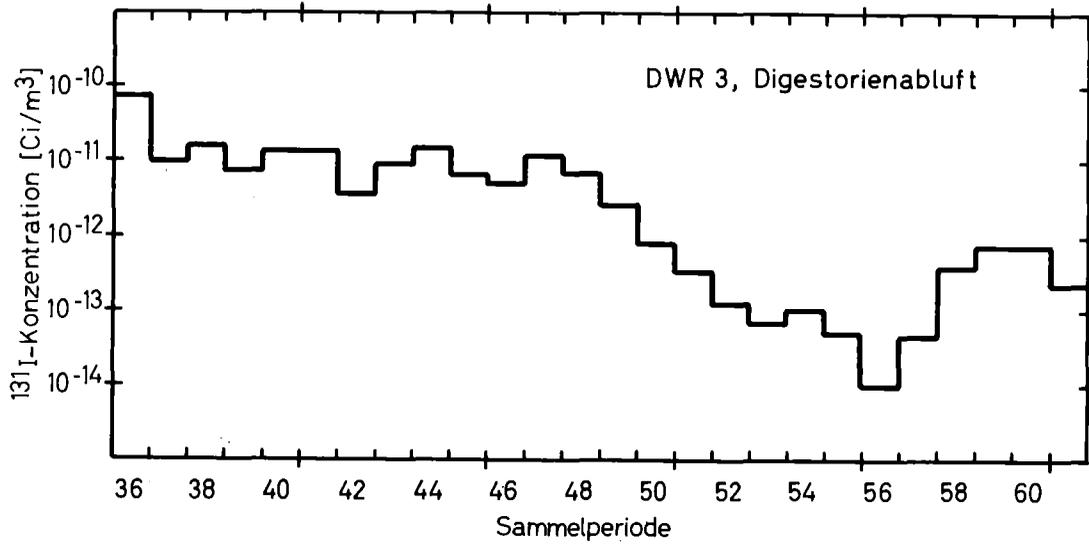
Abb. A - 27



KIK LAF II 142577

Zeitlicher Verlauf des Anteils der ¹³¹I-Komponenten

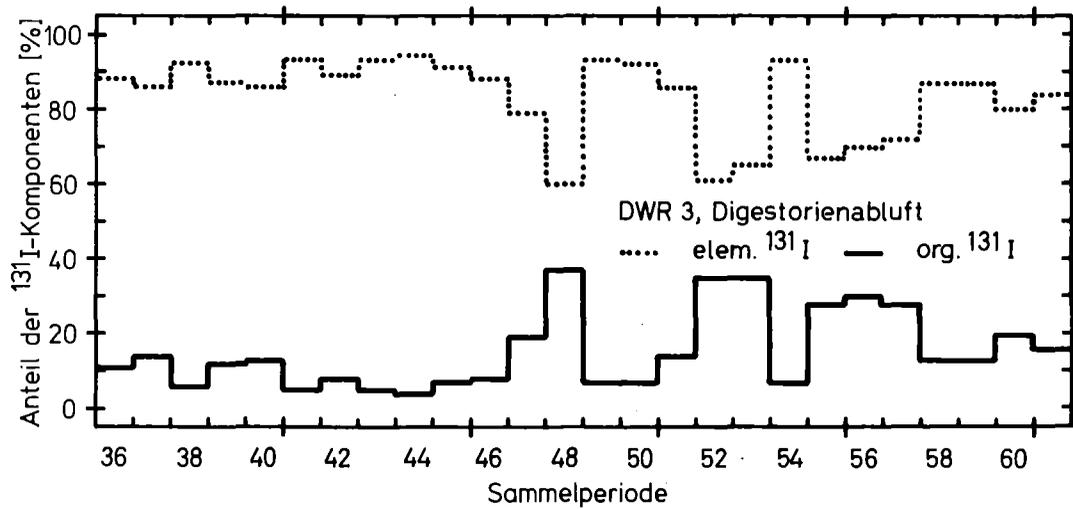
Abb. A - 28



KfK LAF II 143378

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

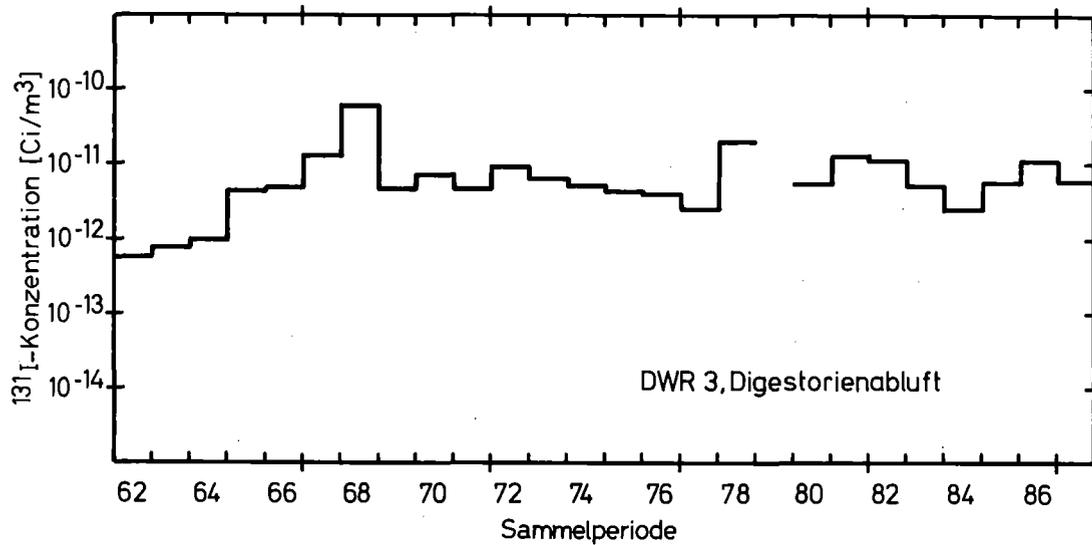
Abb. A - 29



KfK LAF II 143478

Zeitlicher Verlauf des Anteils der ^{131}I -Komponenten

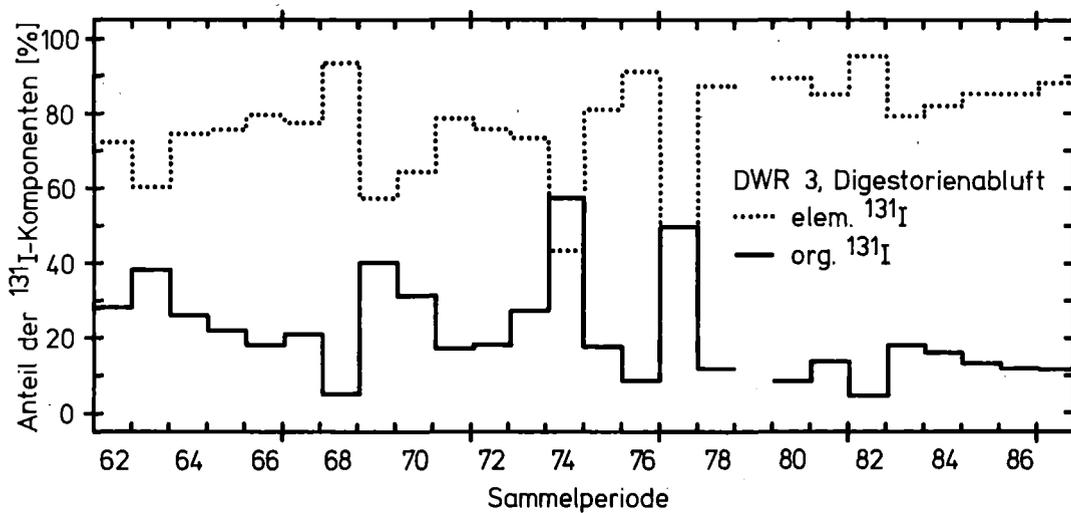
Abb. A - 30



KfK LAF II 141579

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

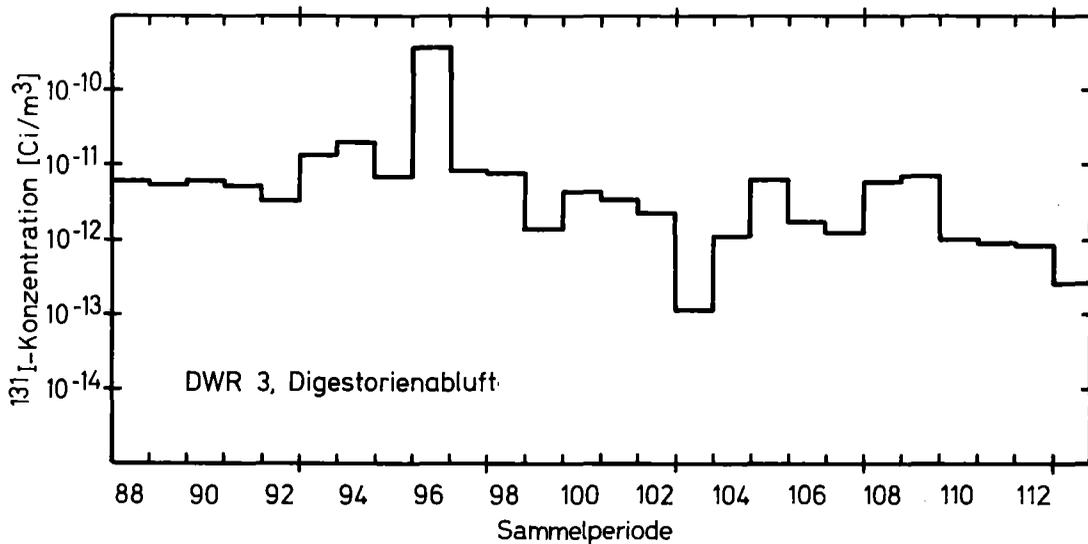
Abb. A - 31



KfK LAF II 141679

Zeitlicher Verlauf des Anteils der ^{131}I -Komponenten

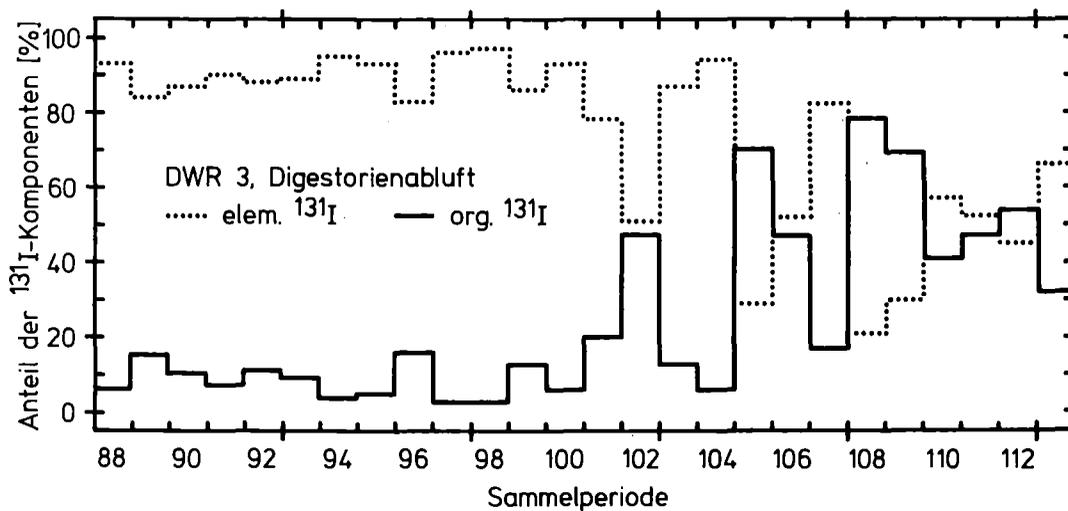
Abb. A - 32



KfK LAF II 144779

Zeitlicher Verlauf der ¹³¹I-Konzentration

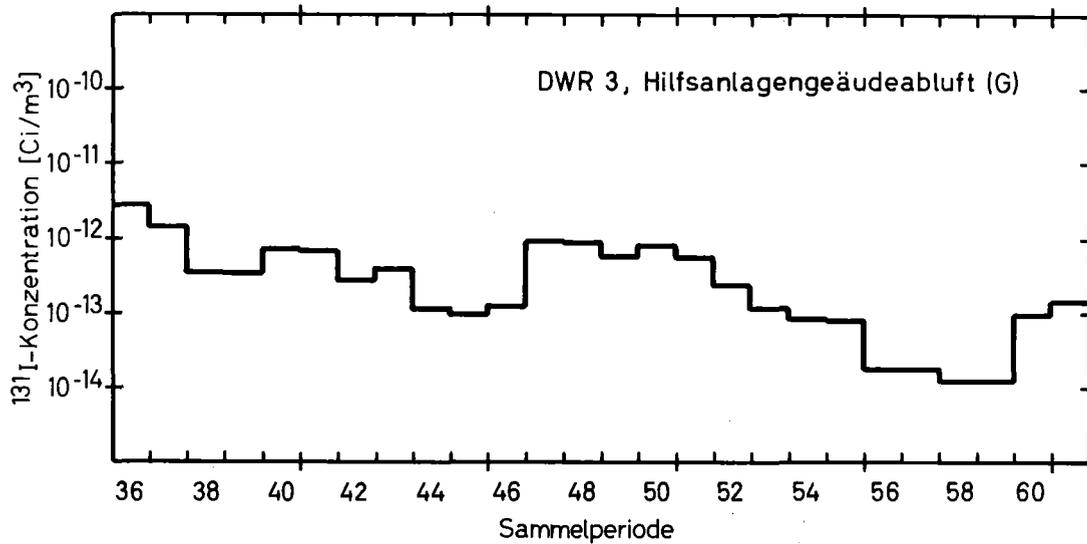
Abb. A - 33



KfK LAF II 144879

Zeitlicher Verlauf des Anteils der ¹³¹I-Komponenten

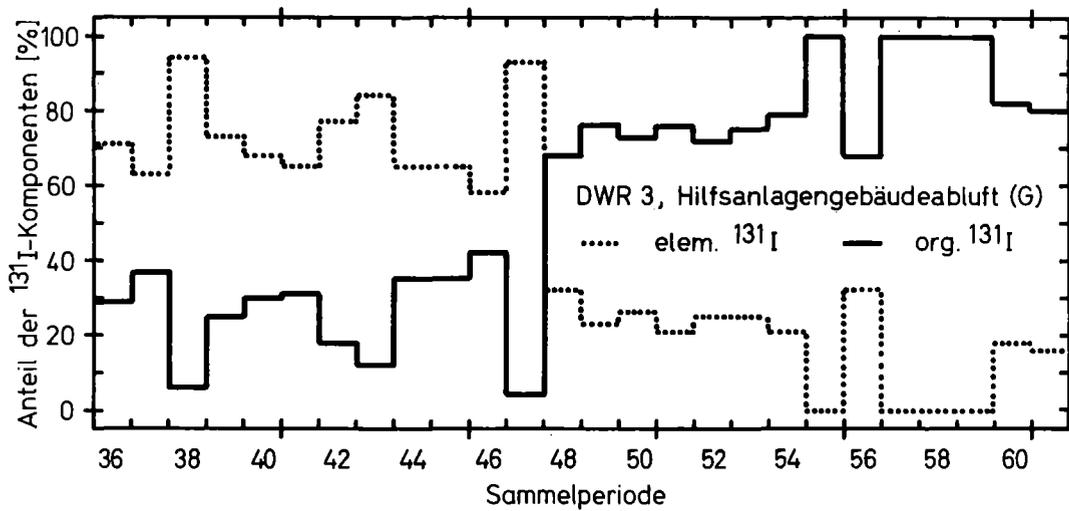
Abb. A - 34



KfK LAF II 143578

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

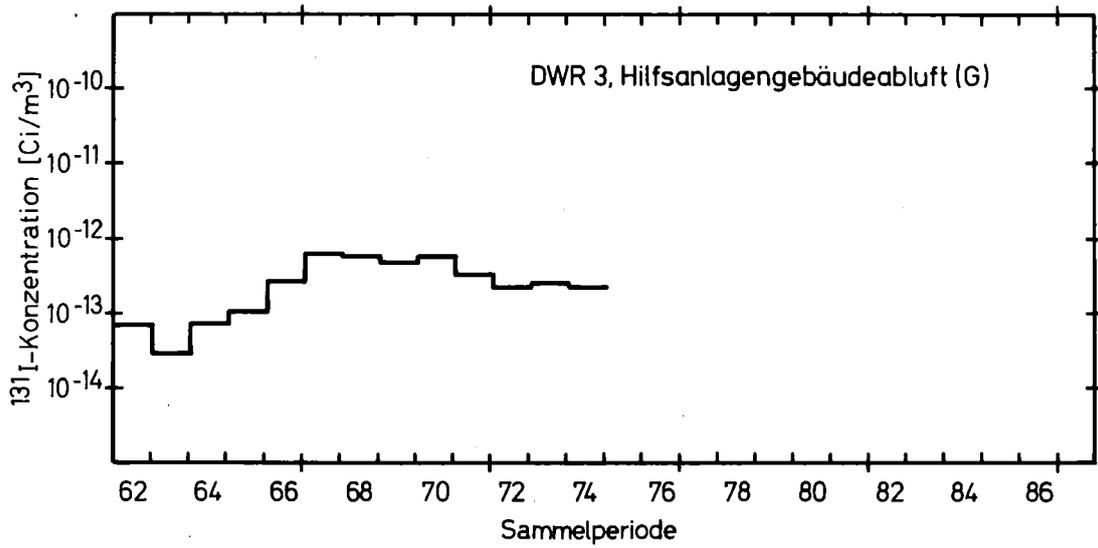
Abb. A - 35



KfK LAF II 143578

Zeitlicher Verlauf des Anteils der ^{131}I -Komponenten

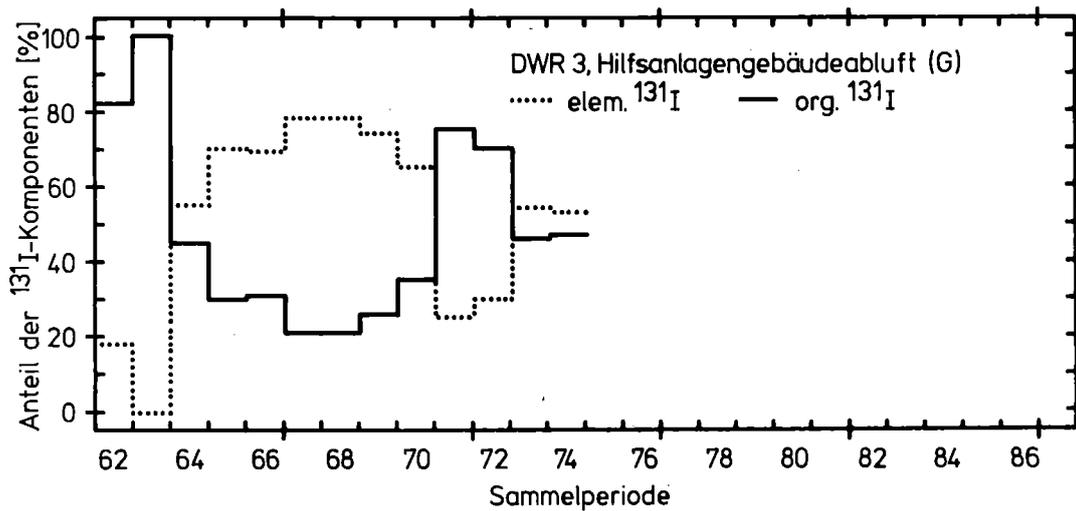
Abb. A - 36



KfK LAF II 141779

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

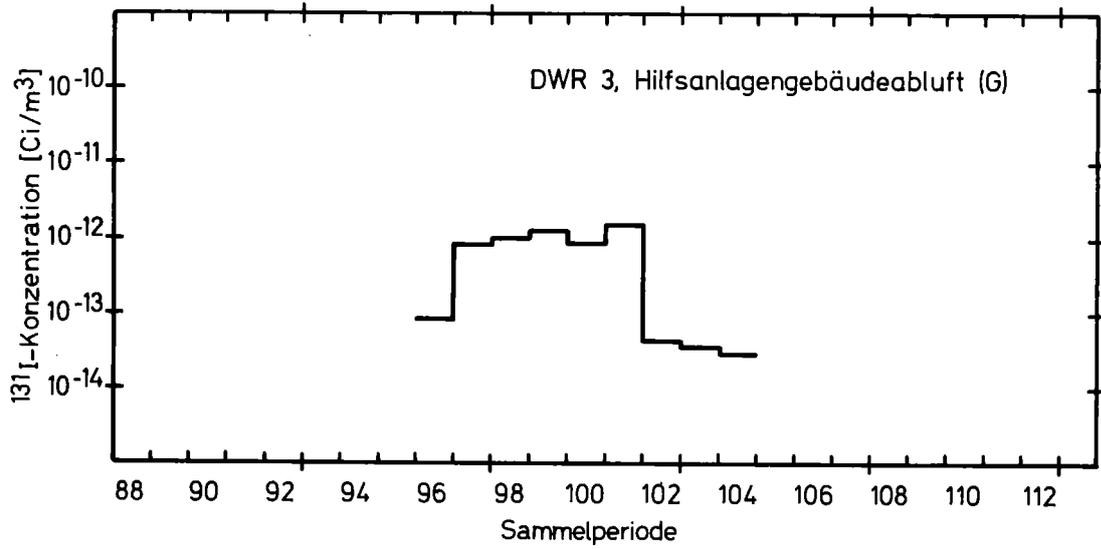
Abb. A - 37



KfK LAF II 141879

Zeitlicher Verlauf des Anteils der ^{131}I -Komponenten

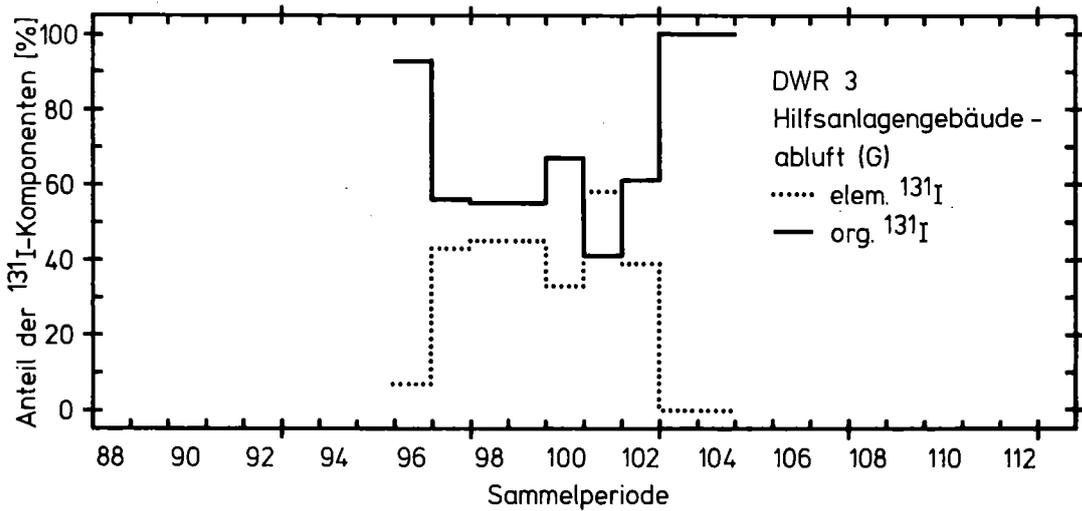
Abb. A - 38



KfK LAF II 144979

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

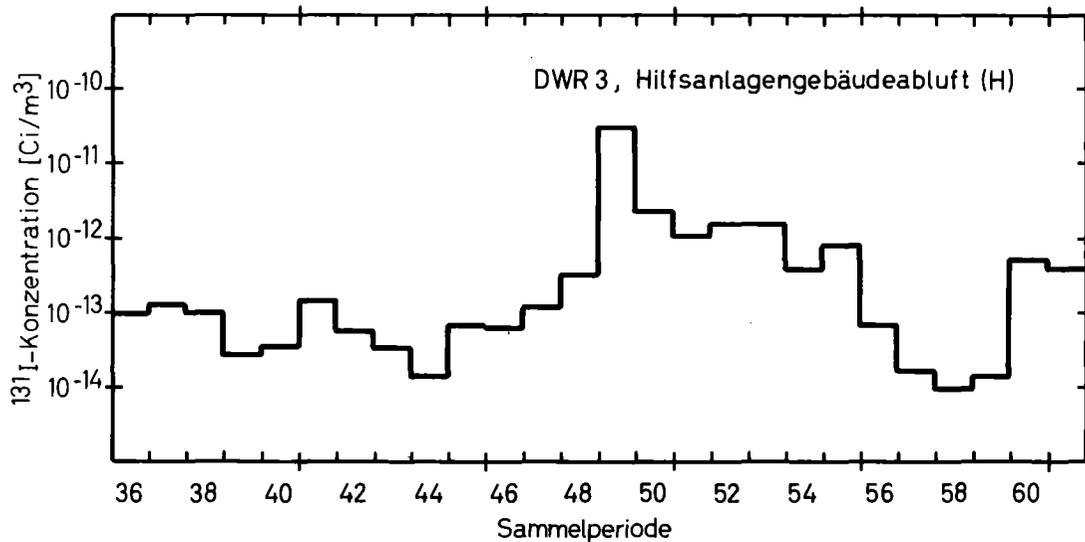
Abb. A - 39



KfK LAF II 145079

Zeitlicher Verlauf des Anteils der ^{131}I -Komponenten

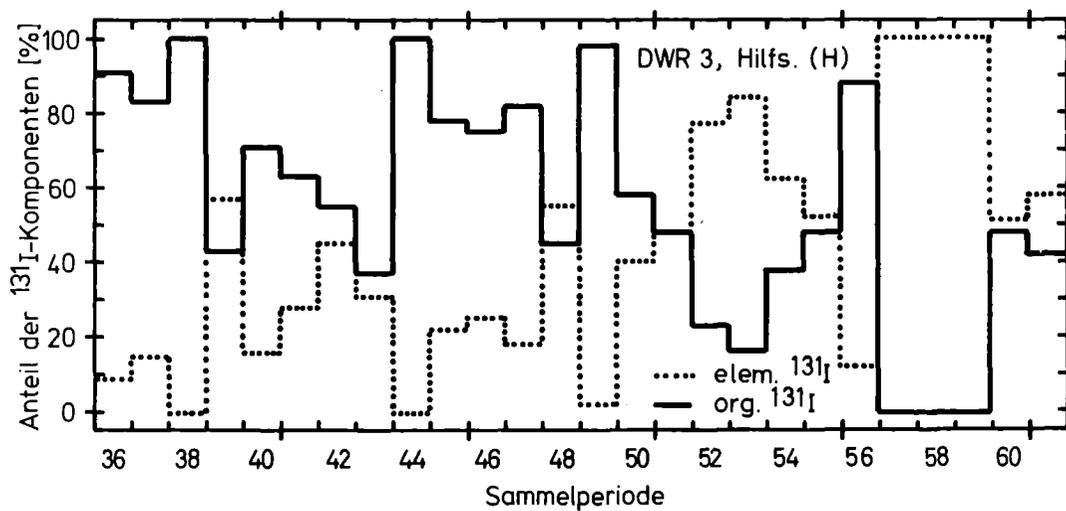
Abb. A - 40



KfK LAF II 143778

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

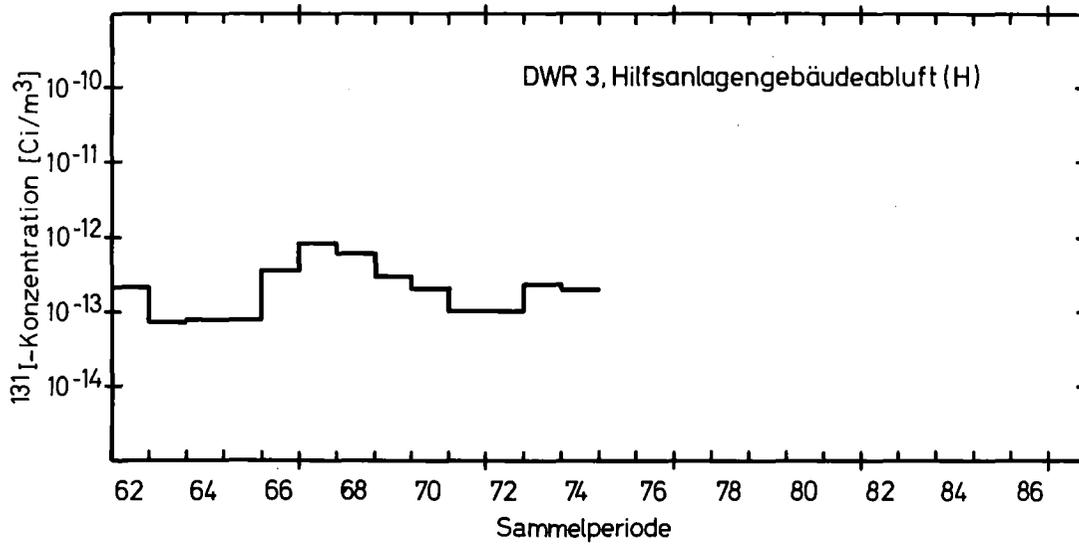
Abb. A - 41



KfK LAF II 143878

Zeitlicher Verlauf des Anteils der ^{131}I -Komponenten

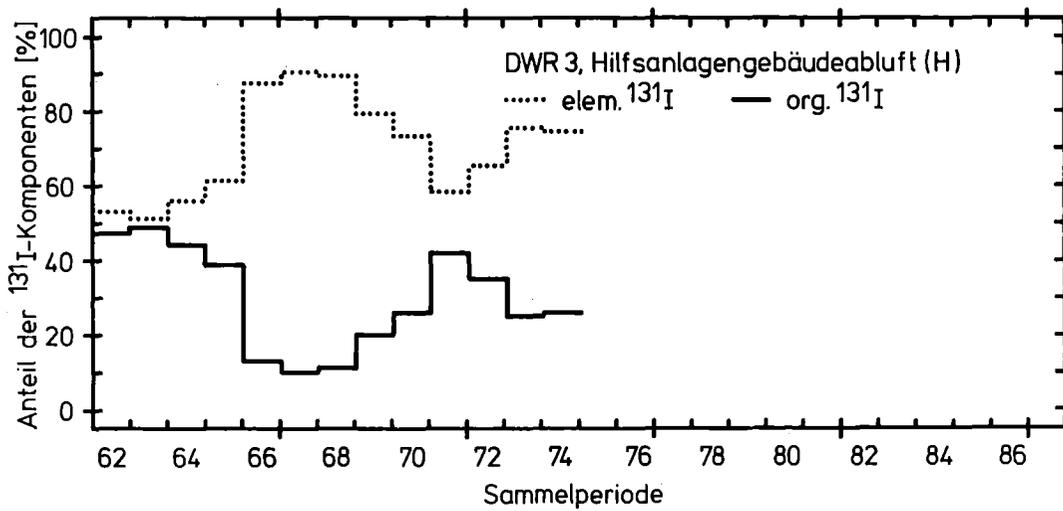
Abb. A - 42



KfK LAF II 141979

Zeitlicher Verlauf der ¹³¹I-Konzentration

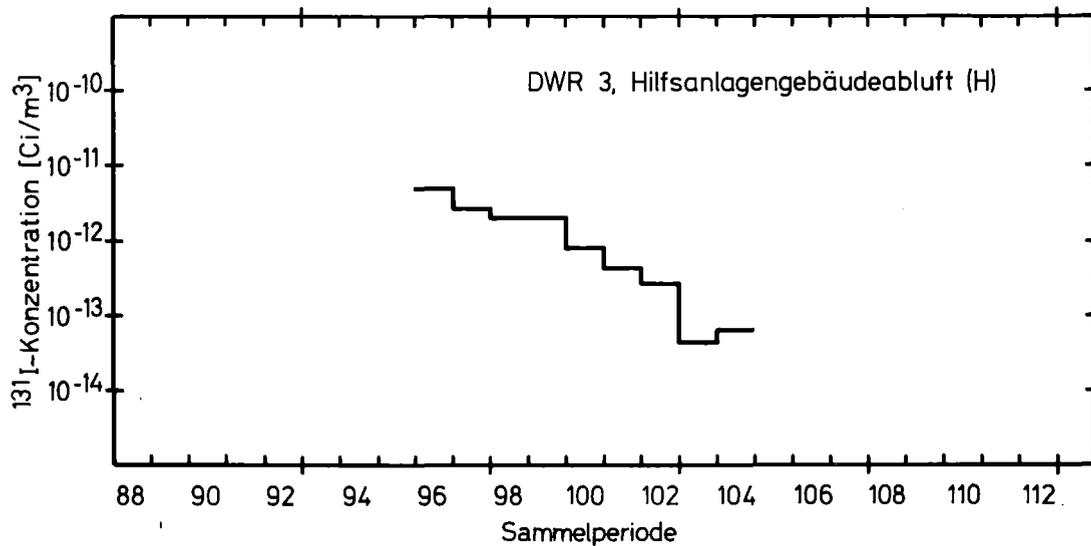
Abb. A - 43



KfK LAF II 142079

Zeitlicher Verlauf des Anteils der ¹³¹I-Komponenten

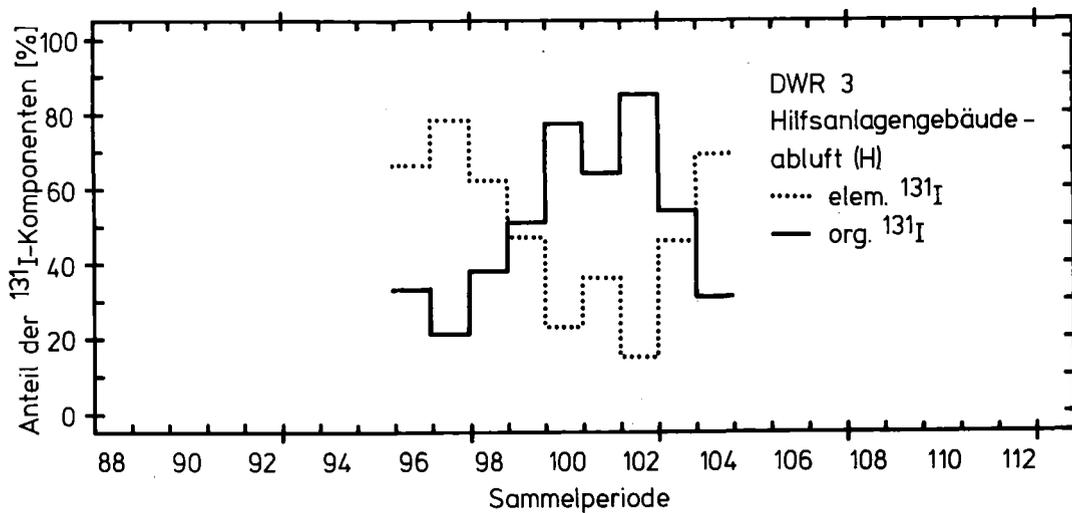
Abb. A - 44



KJK LAF II 145179

Zeitlicher Verlauf der ¹³¹I-Konzentration

Abb. A - 45



KJK LAF II 145279

Zeitlicher Verlauf des Anteils der ¹³¹I-Komponenten

Abb. A - 46

A N H A N G B

ERGEBNISSE DER ^{133}I -MESSUNGEN

Tab. B-1

 ^{133}I -Konzentrationen und Anteile der ^{133}I -Komponenten in der Kaminfortluft a)

Sammel- periode	^{133}I - Konzentration [Ci/m ³]	^{133}I Anteil der I-Komponenten [%]		
		schweb.I	elem.I	org.I
74	6,5 (-13)	-	38	62
75	6,1 (-13)	-	66	34
76	3,6 (-13)	-	74	26
77	4,7 (-13)	-	48	52
78	2,9 (-12)	-	84	16
79	3,5 (-13)	-	44	56
80	8,8 (-13)	-	90	10
81	8,1 (-13)	-	81	19
82	3,3 (-12)	-	95	5
83	5,1 (-13)	-	50	50
84	3,9 (-13)	-	83	17
85	4,4 (-13)	-	78	22
86	2,0 (-12)	-	91	9
87	3,0 (-13)	-	62	38
88	2,2 (-12)	-	100	-
89	1,7 (-12)	-	100	-
90				
91				
92				
93				
94	5,2 (-12)	-	97	3
95	1,2 (-12)	-	81	19
96	4,2 (-12)	-	83	17

- a) Wiedergabe von Zehnerpotenzen durch Exponenten in Klammern;
keine Eintragung von Werten: keine Werte ermittelt;
Eintragung eines Striches: Nachweisgrenze unterschritten

Tab. B-2

^{133}I -Konzentrationen und Anteile der ^{133}I -Komponenten in der Zuluft der Anlagenraumabluftfilter

Sammel- periode	^{133}I - Konzentration [Ci/m ³]	^{133}I Anteil der I-Komponenten [%]		
		schweb.I	elem.I	org.I
74	1,3 (-10)	< 1	41	58
75	1,6 (-10)	< 1	40	61
76	1,1 (-10)	-	46	54
77	1,3 (-10)	< 1	36	63
78	1,1 (-10)	< 1	51	48
79	1,3 (-10)	1	50	49
80	1,1 (-10)	1	54	45
81	1,2 (-10)	-	57	43
82	1,1 (-10)	1	51	49
83	1,4 (-10)	-	53	47
84	1,3 (-10)	-	54	46
85	1,1 (-10)	-	60	40
86	7,1 (-11)	-	58	42
87	5,9 (-11)	-	57	43
88	6,1 (-11)	-	59	41
89	5,3 (-11)	-	63	37

Tab. B-3

^{133}I -Konzentrationen und Anteile der ^{133}I -Komponenten in der Abluft der Anlagenraumabluftfilter (B)

Sammel- periode	^{133}I - Konzentration [Ci/m ³]	^{133}I Anteil der I-Komponenten [%]		
		schweb.I	elem.I	org.I
74	2,4 (-13)	-	-	100
75	3,7 (-13)	-	-	100
76	6,2 (-13)	-	-	100
77	6,7 (-13)	-	-	100
78	7,3 (-13)	-	-	100
79	7,8 (-13)	-	-	100
80	9,8 (-13)	-	-	100
81	9,7 (-13)	-	-	100
82	1,5 (-12)	-	-	100
83	2,6 (-12)	-	-	100
84	1,5 (-12)	-	-	100
85	1,9 (-12)	-	-	100
86	8,2 (-13)	-	-	100
87	7,3 (-13)	-	-	100
88	6,9 (-13)	-	-	100
89	6,9 (-13)	-	-	100

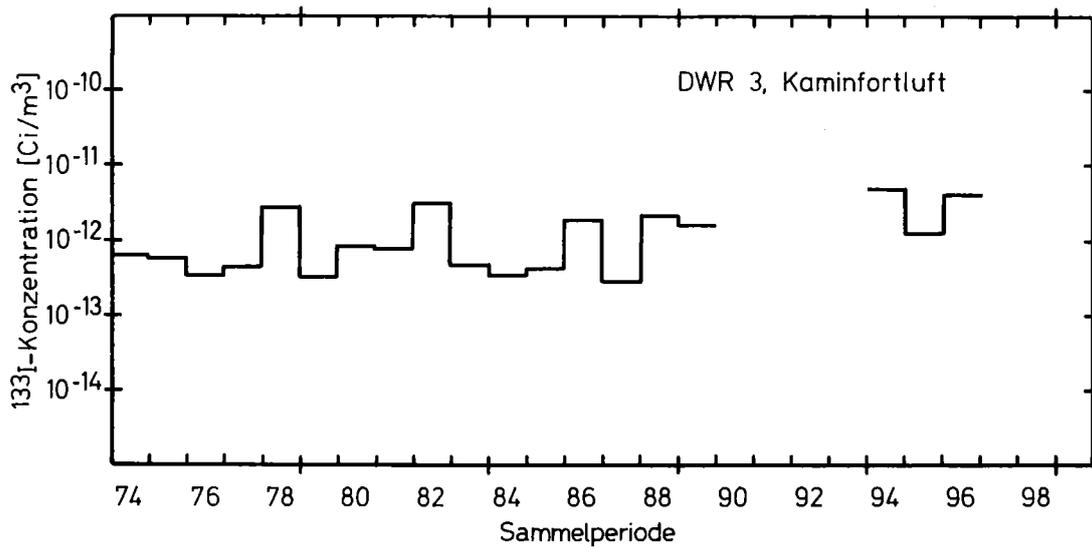
Tab. B-4

^{133}I -Konzentrationen und Anteile der ^{133}I -Komponenten in der Digestorien-abluft

Sammel- periode	^{133}I - Konzentration [Ci/m ³]	^{133}I Anteil der I-Komponenten [%]		
		schweb.I	elem.I	org.I
74	1,7 (-11)	< 1	44	55
75	1,1 (-11)	2	73	24
76	8,2 (-12)	-	89	11
77	3,6 (-12)	-	47	53
78	1,3 (-10)	1	87	12
79				
80	5,7 (-11)	-	97	3
81	4,4 (-11)	-	84	16
82	1,5 (-10)	< 1	97	2
83	1,3 (-11)	-	64	36
84	2,8 (-11)	-	90	10
85	1,0 (-11)	-	89	11
86	8,1 (-11)	-	94	6
87	1,3 (-11)	6	82	12
88	9,5 (-11)	-	98	2
89	1,1 (-10)	-	98	2
90				
91				
92				
93				
94	2,5 (-10)	2	97	1
95	4,5 (-11)	2	93	5
96	2,0 (-10)	-	84	16

^{133}I -Konzentrationen und Anteile der ^{133}I -Komponenten in der Abluft aus den Chemielaborabzügen

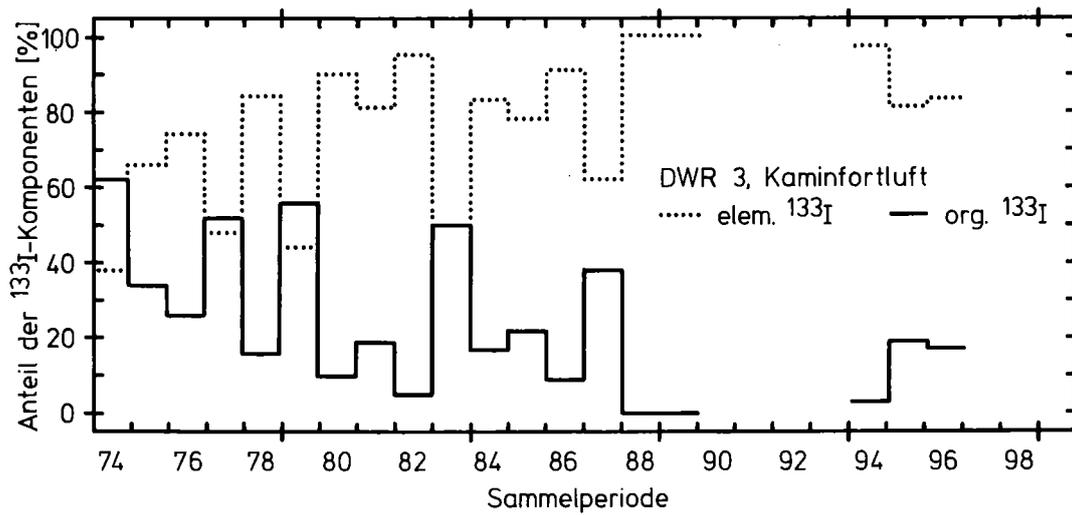
Sammel- periode	^{133}I - Konzentration [Ci/m ³]	^{133}I Anteil der I-Komponenten [%]		
		schweb.I	elem.I	org.I
83	8,2 (-12)	-	86	14
84	2,8 (-11)	-	91	9
85	6,6 (-12)	-	100	-
86	6,5 (-11)	5	90	5



KfK LAF II 145979

Zeitlicher Verlauf der ^{133}I -Konzentration

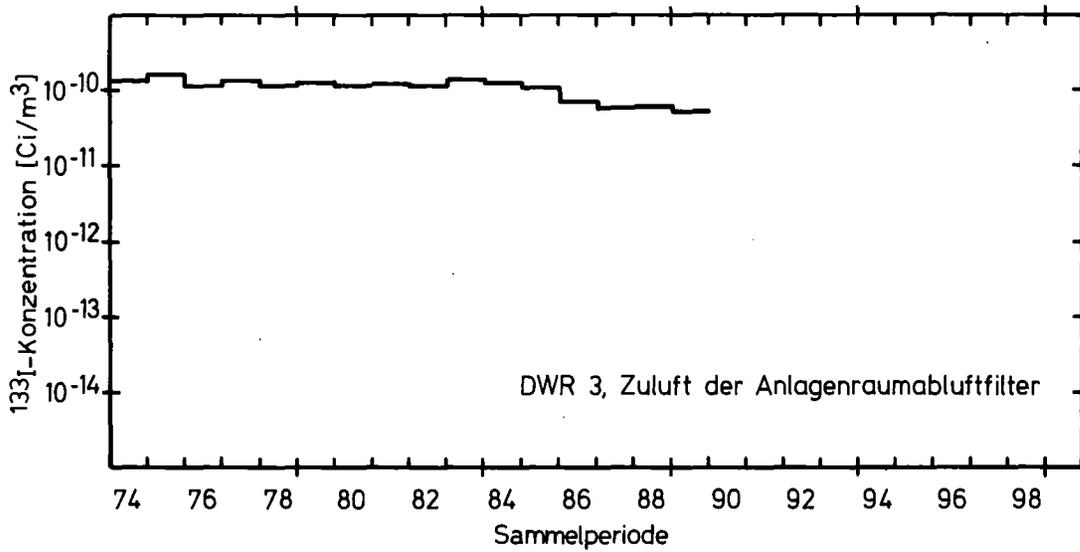
Abb. B - 1



KfK LAF II 146079

Zeitlicher Verlauf des Anteils der ^{133}I -Komponenten

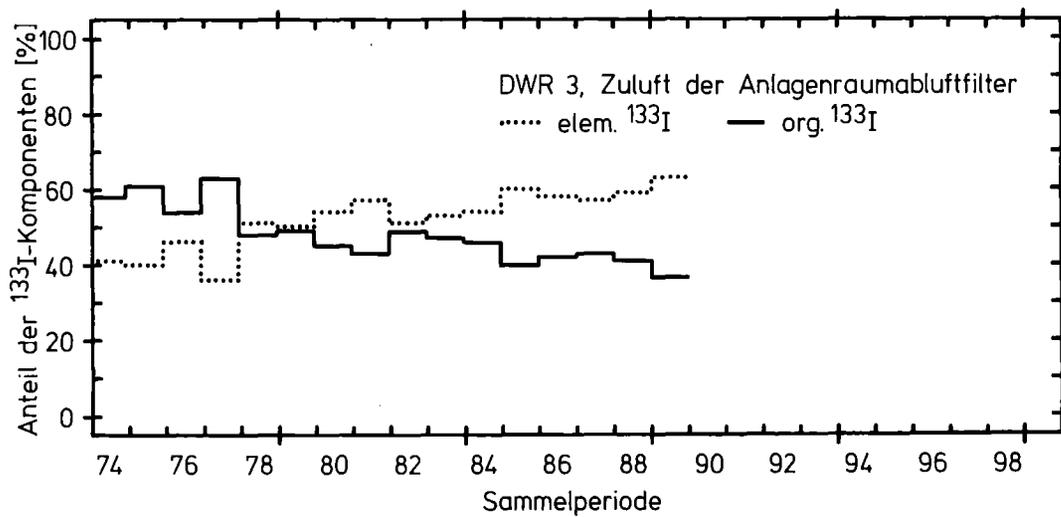
Abb. B - 2



KfK LAF II 145379

Zeitlicher Verlauf der ^{133}I -Konzentration

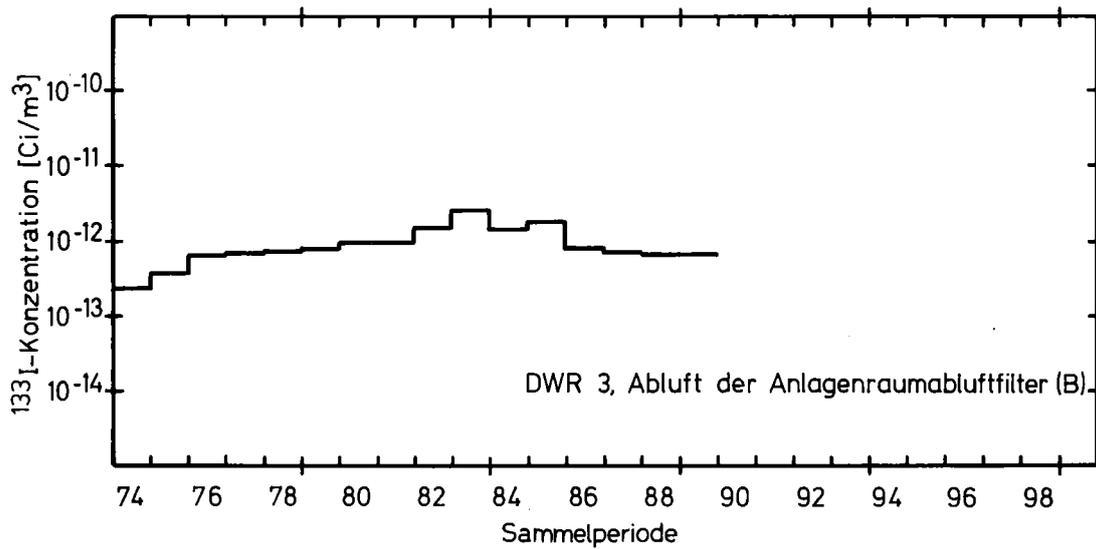
Abb. B - 3



KfK LAF II 145479

Zeitlicher Verlauf des Anteils der ^{133}I -Komponenten

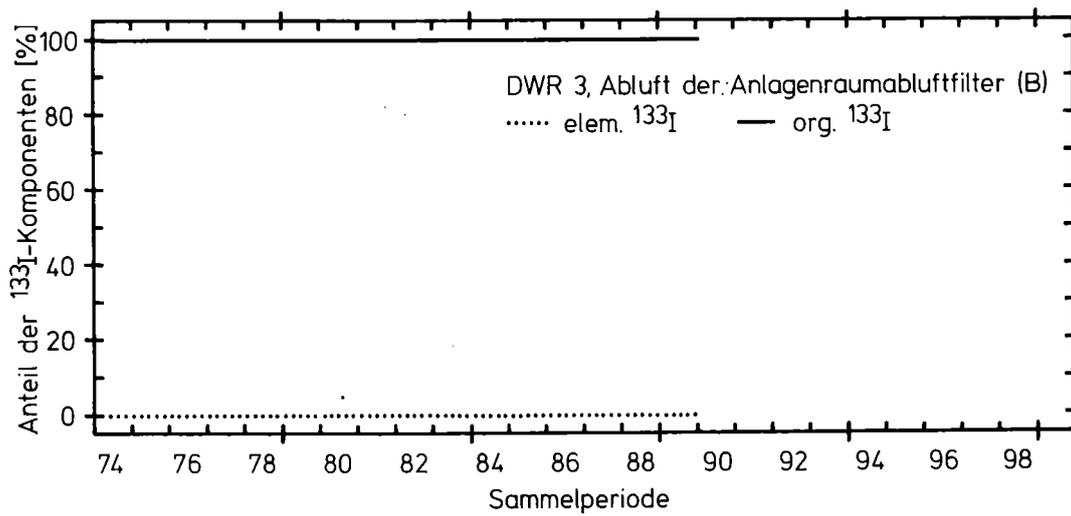
Abb. B - 4



KfK LAF II 145579

Zeitlicher Verlauf der ^{133}I -Konzentration

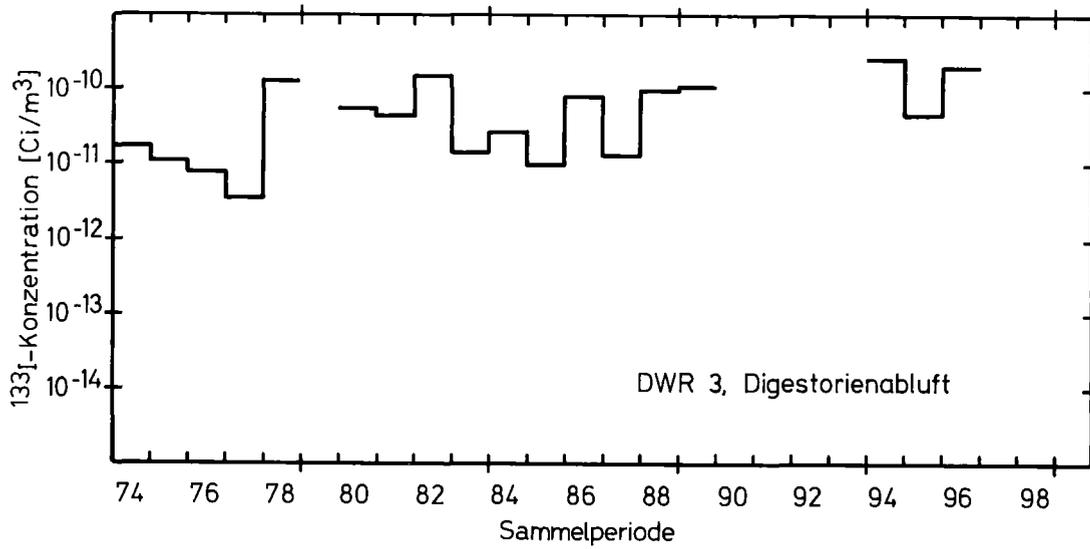
Abb. B - 5



KfK LAF II 145679

Zeitlicher Verlauf des Anteils der ^{133}I -Komponenten

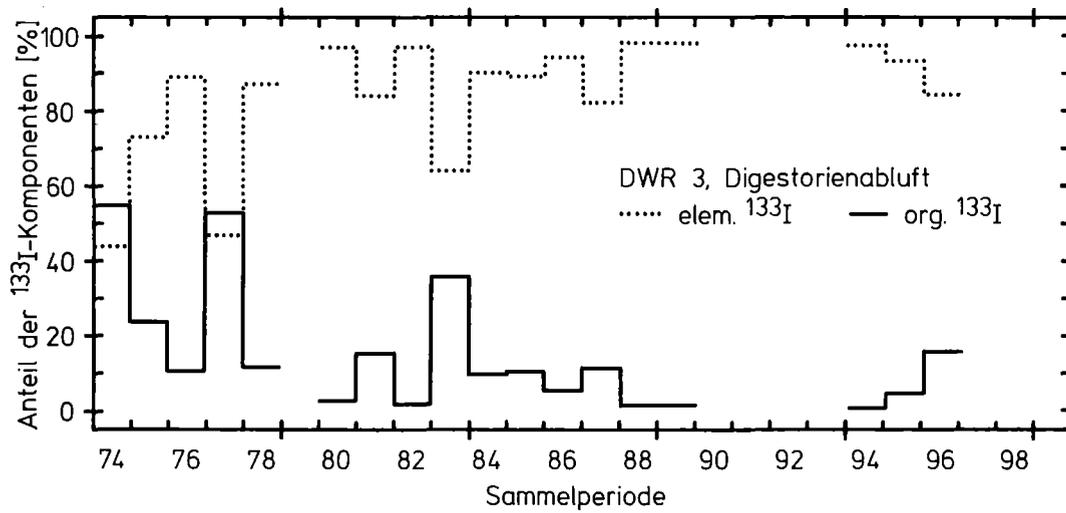
Abb. B - 6



KfK LAF II 145779

Zeitlicher Verlauf der ¹³³I-Konzentration

Abb. B - 7



KfK LAF II 145879

Zeitlicher Verlauf des Anteils der ¹³³I-Komponenten

Abb. B - 8

ANHANG C

LABORVERSUCHE ZUR ABSCHIEDUNG VON ^{131}I AN
EINER IN DEN ANLAGENRAUMABLUFTFILTERN VER-
WENDETEN AKTIVKOHLE

Zur Vertiefung der vor Ort gewonnenen Erkenntnisse zur Rückhaltung von ^{131}I durch Iodfilter wurden nach der üblichen Methode /13/ einige Laborversuche zur Abscheidung von ^{131}I an der Aktivkohle BJ 4713 im Neuzustand und nach Einsatz im dauernd eingeschalteten Anlagenraumabluftfilter (Filter 1) in den Sammelperioden 57 bis 117 (Betriebszeit 1 Jahr) durchgeführt. Der Neuzustand entsprach weitgehend dem Zustand der Aktivkohle im Anlagenraumabluftfilter zu Beginn der Vor-Ort-Messungen (Sammelperiode 59). Nach Einsatz im Anlagenraumabluftfilter war die Alterung der Aktivkohle etwas größer als am Ende der Vor-Ort-Messungen (Sammelperiode 95). (In den Sammelperioden 96 bis 104 war das Anlagenraumabluftfilter außer Betrieb.)

In den Versuchen mit ^{131}I in Form von CH_3I entsprach die Gesamtbetttiefe der Bettiefe im Anlagenraumabluftfilter (30 cm). In den Versuchen mit ^{131}I in Form von I_2 war die Gesamtbettiefe geringer (17,5 cm). In diesem Fall wurden 4 Betten des I_2 - Sorptionsmaterials DSM11. (Gesamtbetttiefe 10 cm) nachgeschaltet, um die Form von eventuell desorbierendem Iod bestimmen zu können. (Anschließend folgten, wie üblich, erwärmte Sicherheitsbetten aus imprägnierter Aktivkohle.)

Die weiteren Versuchsbedingungen sind in den Tab. C-1 und C-2 verzeichnet. Sie entsprechen weitgehend den vor Ort herrschenden Bedingungen. Es wurde eine Vorbefeuchtungszeit von nur 1 h gewählt, um den Zustand der gealterten Aktivkohle nicht zu verändern. Diese Zeit reicht bei den vorliegenden Bedingungen zur Vorbefeuchtung aus. Die Spülzeit betrug 2h oder 336 h (2 Wochen). Die lange Spülzeit wurde zur Erfassung des Einflusses des Dauerbetriebs des Iodfilters gewählt. (Viel längere Spülzeiten fallen wegen des radioaktiven Zerfalls nicht ins Gewicht.)

Die erzielten Ergebnisse sind in Form von Abscheidegraden in den Tab. C-1 und C-2 und in Form von Durchlaßgraden in den Abb. C-1 bis C-4 wiedergegeben. In den Abb. C-5 und C-6 ist die Verteilung des ^{131}I auf Test- und Sicherheitsbetten in den Versuchen mit ^{131}I in Form von I_2 dargestellt.

Aus den Resultaten geht folgendes hervor:

- a) Bei Beaufschlagung mit I_2 tritt deutliche Desorption mit langer Spülzeit auf, sowohl bei frischer als auch bei gealterter Aktivkohle. Bei einer Bettiefe von 5 cm erhöht sich der Durchlaßgrad um 1 bis 2 Größenordnungen. (Der relativ hohe Durchlaßgrad bei Bettiefen von mehr als 5 cm ist nicht durch I_2 bedingt.) Das von der Aktivkohle desorbierende Iod liegt nicht als I_2 , sondern als org. Iod vor, wie aus der geringen Abscheidung am I_2 -Sorptionsmaterial DSM11 hervorgeht.
- b) Bei Beaufschlagung mit CH_3I tritt nur eine sehr geringe Desorption auf.
- c) Die Alterung macht sich bei Beaufschlagung mit I_2 und CH_3I deutlich bemerkbar: bei einer Bettiefe von 5 cm erhöht sich der Durchlaßgrad durch die Alterung um etwa 2 Größenordnungen.

Nach diesen Laborversuchen war während der Sammelperioden 59 bis 95 nicht mit dem Auftreten von nachweisbaren ^{131}I -Mengen in elementarer Form in der Reinluft des Anlagenraumabluftfilters zu rechnen. In der Tat wurde kein elementares ^{131}I nachgewiesen, abgesehen von den Sammelperioden 75 bis 84. Dafür dürften Lecks (z.B. in Bypassfiltern) verantwortlich gewesen sein.

Aufgrund der Laborversuche hätten zu Beginn der genannten Vor-Ort-Messungen auch keine nachweisbaren ^{131}I -Mengen in organischer Form in der Reinluft auftreten dürfen. Der gegenteilige Befund dürfte ebenfalls auf Lecks zurückzuführen sein. Außerdem könnte das Auftreten schwerer abscheidbarer organischer Verbindungen mitverantwortlich gewesen sein. Am Ende der genannten Vor-Ort-Messungen hätten nach den Laborversuchen größere ^{131}I -Mengen in organischer Form auftreten sollen. Die Diskrepanz ist nicht ohne weiteres zu erklären.

Die Messungen zeigen also, daß bei der Bestimmung der Rückhaltung von Radioiod an Aktivkohle durch Vor-Ort-Messungen und Labormessungen verschiedene Ergebnisse resultieren können.

Abscheidegrad der Aktivkohle BJ 4713 ^{d)} für ¹³¹I, beaufschlagt als I₂

Trägerkonzentration	:	1	mg/m ³
Temperatur	:	30	°C
relative Feuchte	:	40	%
Verweilzeit	:	0,1	s/5 cm
lin. Luftgeschwindigkeit	:	50	cm/s
Beaufschlagungszeit	:	1	h
Vorströmzeit (Vorbeefeuchtungszeit):	:	1	h
Nachströmzeit (Spülzeit)	:	2	h bzw. 336 h

Bettiefe [cm]	Abscheidegrad [%] ^{a)}			
	nicht gealterte Aktivkohle		gealterte Aktivkohle ^{b)}	
	2 h ^{c)}	336 h ^{c)}	2 h ^{c)}	336 h ^{c)}
1,25	98,8	95,3	95,3	88,7
2,50	99,994	99,94	99,8	98,7
3,75	99,99992	99,997	99,995	99,8
5,00	99,999990	99,9994	99,9994	99,96
6,25	99,999993	99,9997	99,9996	99,98
7,50	99,999995	99,9998	99,9996	99,98
8,75	99,999996	99,9999	99,9996	99,99
10,00	99,999998	99,9999	99,9996	99,99
11,25	-	99,99992	99,9997	99,99
12,50	-	99,99995	99,9997	99,99
15,00	-	99,99997	99,9997	99,99
17,50	-	99,99998	99,9997	99,99

a) -maximal nachweisbarer Abscheidegrad (99,999999 %) überschritten

b) Aktivkohle in einem Anlagenraumabluftfilter eingesetzt (Filter 1, Sammelperioden 57 bis 117)

c) Nachströmzeit

d) KI₃-imprägniert, stranggepreßt, Ø 1,1 - 1,3 mm

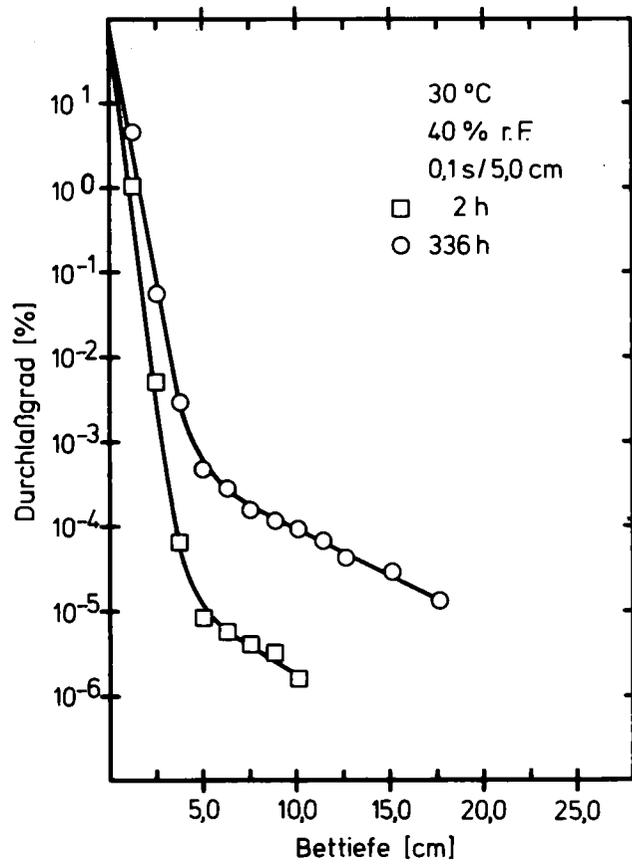
Tab. C-2

Abscheidegrad der Aktivkohle BJ 4713 ^{d)} für ¹³¹I, beaufschlagt als CH₃I

Trägerkonzentration	: 1	mg/m ³
Temperatur	: 30	°C
relative Feuchte	: 40	%
Verweilzeit	: 0,1	s/5 cm
lin. Luftgeschwindigkeit	: 50	cm/s
Beaufschlagungszeit	: 1	h
Vorströmzeit (Vorbefeuchtungszeit)	: 1	h
Nachströmzeit (Spülzeit)	: 2	h bzw. 336 h

Bettiefe [cm]	Abscheidegrad [%] ^{a)}			
	nicht gealterte Aktivkohle		gealterte Aktivkohle ^{b)}	
	2 h ^{c)}	336 h ^{c)}	2 h ^{c)}	336 h ^{c)}
2,5	93,0	92,4	6,1	6,4
5,0	99,5	99,3	11,5	12,1
7,5	99,96	99,94	16,7	17,6
10,0	99,997	99,995	21,8	22,7
12,5	99,9998	99,9995	26,4	27,7
15,0	99,99998	99,99995	30,7	32,1
17,5	-	99,999994	34,9	36,3
20,0	-	-	38,6	40,4
22,5	-	-	42,4	44,3
25,0	-	-	45,8	47,7
27,5	-	-	49,2	50,9
30,0	-	-	52,2	53,8

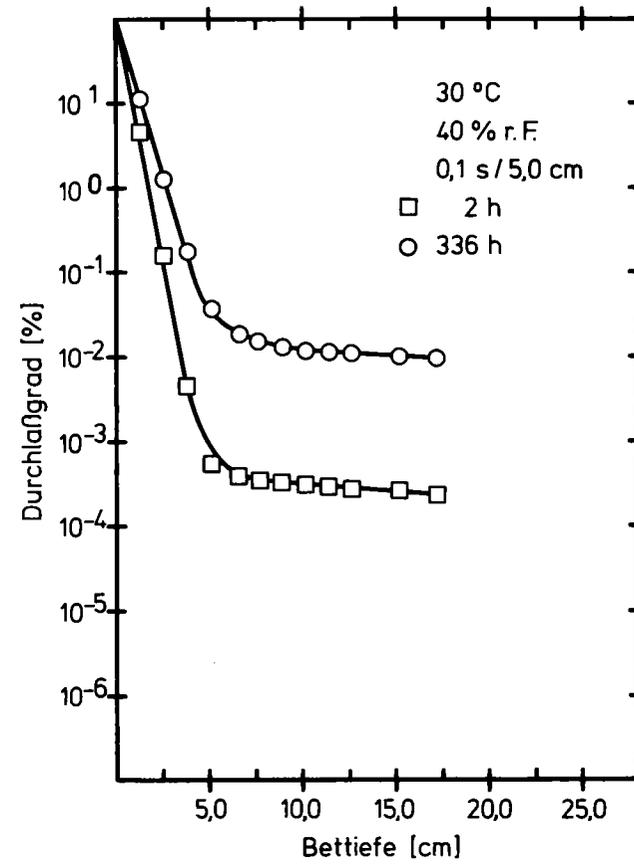
a), b), c), d) s. Tab. C-1



KfK LAF II D8035

Durchlaßgrad der Aktivkohle BJ 4713 für ¹³¹I in Form von I₂ bei verschiedenen Nachströmzeiten

Abb. C-1 a, c)

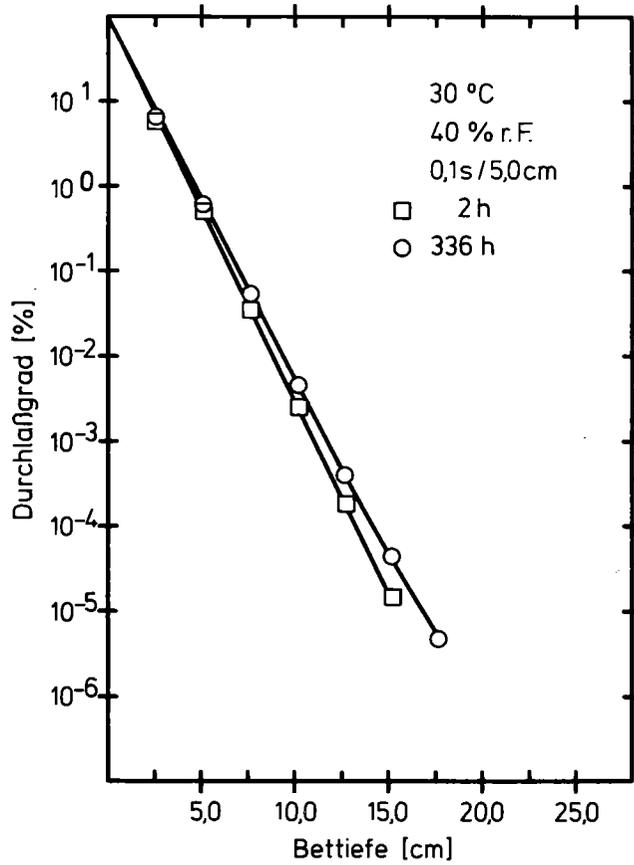


KfK LAF II D8034

Durchlaßgrad der Aktivkohle BJ 4713 für ¹³¹I in Form von I₂ bei verschiedenen Nachströmzeiten

Abb. C-2 b, c)

- a) frische Aktivkohle b) gealterte Aktivkohle (Anlagenraumabluftfilter 1, Sammelperioden 57 bis 117)
- c) flache Kurventeile nicht durch I₂ bedingt

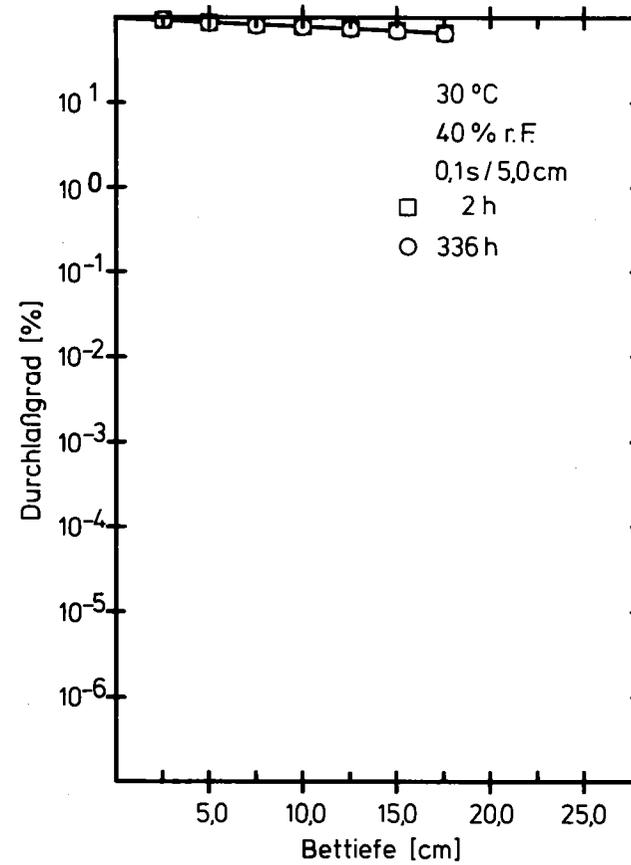


KfK LAF II D8064

Durchlaßgrad der Aktivkohle BJ 4713 für ^{131}I in Form von CH_3I bei verschiedenen Nachströmzeiten

Abb. C-3 a)

a) frische Aktivkohle

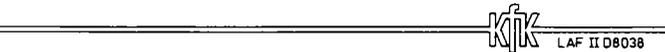
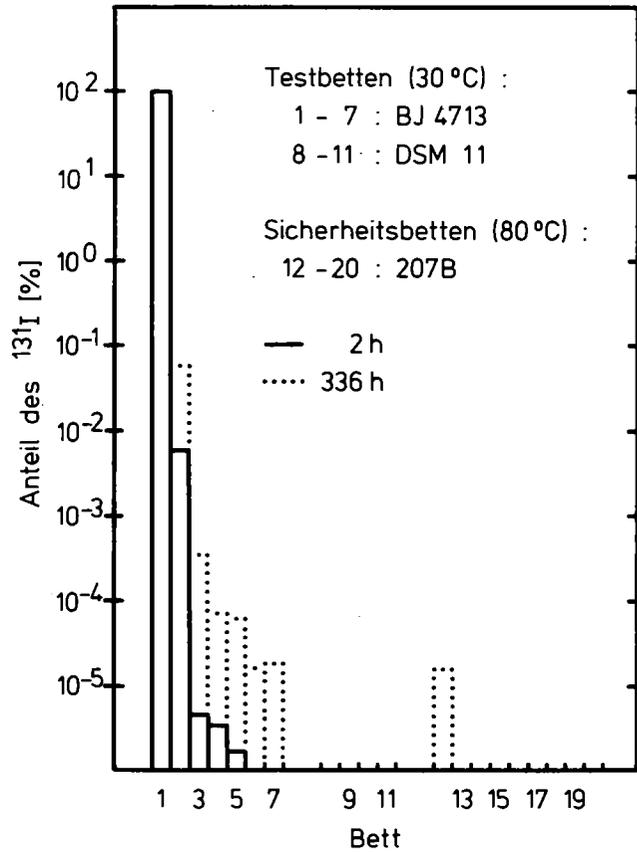


KfK LAF II D8065

Durchlaßgrad der Aktivkohle BJ 4713 für ^{131}I in Form von CH_3I bei verschiedenen Nachströmzeiten

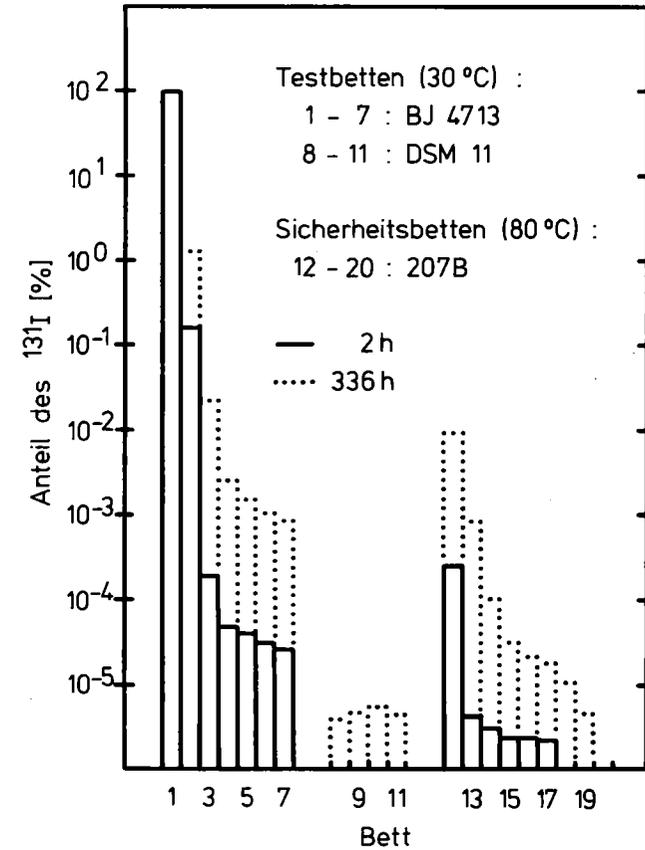
Abb. C-4 b)

b) gealterte Aktivkohle (s. Abb. C-2)



Verteilung des ^{131}I auf Test- und Sicherheitsbetten bei verschiedenen Nachströmzeiten

Abb. C-5 a, c)



Verteilung des ^{131}I auf Test- und Sicherheitsbetten bei verschiedenen Nachströmzeiten

Abb. C-6 b, c)

- a) frische Aktivkohle b) gealterte Aktivkohle (s. Abb. C-2) c) Betten gleicher Größe (Bettiefe 2,5 cm)