

KfK 3424
Dezember 1982

**Die physikalisch-chemischen
 ^{131}I -Komponenten
in der Abluft eines
Siedewasserreaktors (SWR 4)**

H. Deuber
Laboratorium für Aerosolphysik und Filtertechnik
Projekt Nukleare Sicherheit

Kernforschungszentrum Karlsruhe

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Laboratorium für Aerosolphysik und Filtertechnik

Projekt Nukleare Sicherheit

KfK 3424

Die physikalisch-chemischen ^{131}I -Komponenten
in der Abluft eines Siedewasserreaktors (SWR 4)

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 ^{131}I -Komponenten in der Abluft
eines Siedewasserreaktors (SWR 4)

Kurzfassung

In einem deutschen Siedewasserreaktor wurden während 12 Monaten die physikalisch-chemischen ^{131}I -Komponenten in der Kaminfortluft und in den die Kaminfortluft bildenden Abluftströmen 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.

Das mit der Kaminfortluft abgegebene ^{131}I bestand im Mittel zu 45 % aus elementarem Iod. Dieses wurde vor allem mit der Abluft aus dem Reaktor-gebäude und aus dem Maschinenhaus in die Umgebung freigesetzt.

The physico-chemical ^{131}I species in the exhaust air of
a boiling water reactor (BWR 4)

Abstract

In a German boiling water reactor, the physico-chemical ^{131}I species were determined in the plant exhaust and in the individual exhausts during 12 months. These measurements aimed in particular at determining the percentage and the source of the radiologically decisive elemental ^{131}I released to the environment. The retention of the ^{131}I species by iodine filters was also investigated.

On an average 45 % of the ^{131}I discharged with the plant exhaust consisted of elemental iodine. This was largely released with the exhausts from the reactor building and from the turbine building.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Einleitung	1
2. Experimentelles	2
3. Daten des Reaktors	3
4. Ergebnisse und Diskussion	8
4.1 Messungen in der Kaminfortluft	8
4.2 Messungen in den die Kaminfortluft bildenden Abluftströmen	14
5. Zusammenfassung	40
6. Literatur	41

1. Einleitung

Bei der Berechnung der Strahlenexposition der Bevölkerung in der Umgebung von Kernkraftwerken durch luftgetragenes Radioiod werden nach dem heute üblichen Verfahren /1/ 3 physikalisch-chemische Radioiodkomponenten berücksichtigt: elementares (I_2), schwebstoffförmiges und organisches (CH_3I) Iod. Diese Iodkomponenten tragen über den Weide-Kuh-Milch-Pfad in sehr unterschiedlichem Maße zu der beim bestimmungsgemäßen Betrieb entscheidenden 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 Siedewasserreaktor (SWR 4) während eines Zeitraumes von 12 Monaten 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.

Über die Messungen im SWR 4 wurde teilweise schon berichtet /2/.

Ein Bericht über entsprechende Messungen in der Kaminfortluft eines anderen deutschen Siedewasserreaktors (SWR 3) mit weitgehend gleichem Lüftungssystem liegt vor /3/. Analoge Untersuchungen in ausländischen Siedewasserreaktoren werden in der Literatur beschrieben /4/.

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.

Über Durchführung und Auswertung der Messungen mit diskriminierenden Iodsammlern wurde bereits berichtet /5/. Es wurden schwebstoffförmiges, elementares und organisches ^{131}I gemessen. Eine Bestimmung von hypoiodiger Säure (HIO), einer weiteren möglicherweise auftretenden Iodkomponente, wurde nicht angestrebt, da z. Z. kein allgemein einsetzbares Material zur selektiven Abscheidung dieser Iodkomponente existiert. Aufgrund von besonderen Messungen, die wie diejenigen in den Abluftströmen von Druckwasserreaktoren /6/ durchgeführt wurden, kann aber davon ausgegangen werden, daß hypoiodige Säure in den hier untersuchten Abluftströmen nicht in signifikanten Anteilen auftritt.

Es sei erwähnt, daß die von uns gemessenen ^{131}I -Konzentrationen i. allg. im Rahmen der Meßgenauigkeit mit den vom Betreiber des Reaktors ermittelten ^{131}I -Konzentrationen übereinstimmen.

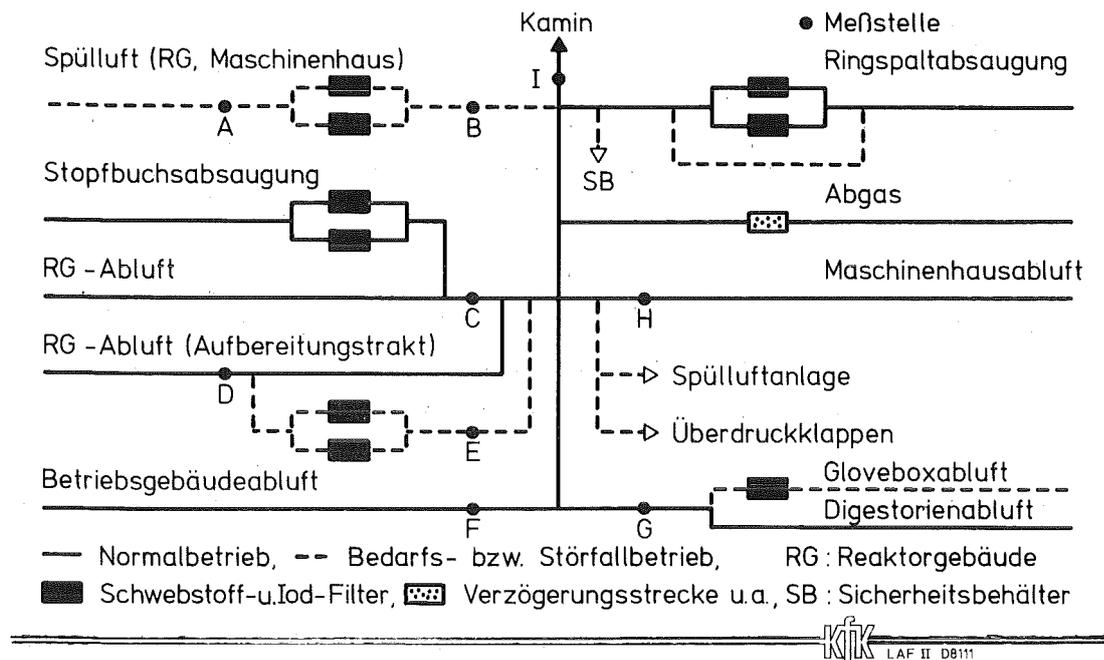
3. Daten des Reaktors

Das Lüftungsschema des SWR 4 geht aus Abb. 1 und den dazugehörigen Erklärungen hervor. Wichtige Daten zur Abluft sind in Tab. 1 enthalten.

Zu kontinuierlichen Messungen in der Kaminfortluft diente die Meßstelle I. Einzelne Abluftströme, nämlich Spülluft, Reaktorgebäudeabluft, Aufbereitungstraktabluft, Betriebsgebäudeabluft, Digestorienabluft und Maschinenhausabluft wurden, soweit sie in Betrieb waren, kontinuierlich mit den Meßstellen A, B, C, D, E, F, G, H erfaßt. In begrenzten Zeiträumen wurden an weiteren, in Abb. 1 nicht eingetragenen Meßstellen Messungen durchgeführt (vgl. Tab. 8).

Die in der Spülluft und in der Stopfbuchsabsaugung betriebenen Iodfilter bestehen aus Tiefbettfiltern mit einer Verweilzeit von ca. 0,5 s. Alle übrigen Iodfilter bestehen aus Filterzellen mit einer Verweilzeit von meistens < 0,5 s.

Die elektrische Leistung des SWR 4 während des Meßzeitraums von 12 Monaten ist in den Abb. 2 und 3 verzeichnet. Die Betriebsphasen, die im folgenden getrennt ausgewertet werden, gehen aus Tab. 2 hervor. Es handelt sich, wie ersichtlich, um 3 Leistungsbetriebsphasen und 2 Revisionsphasen. (Revision 1 liegt zwischen Leistungsbetrieb 1 und 2. Revision 2 folgt auf Leistungsbetrieb 3.)



Vereinfachtes Abluftschema des SWR 4

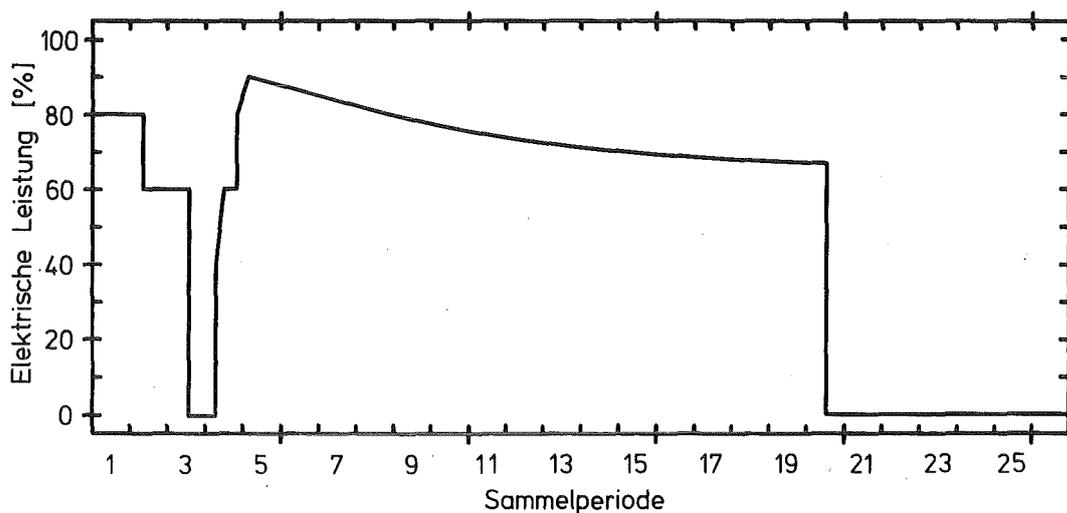
Abb. 1 a)

- a) Die Abluft aus Teilen des Reaktorgebäudes (Sicherheitsbehälter, Steuerstabantriebsraum, Ringspaltfundament, Reaktorbedienungsbühne u. a.) und des Maschinenhauses kann, wie angegeben, bei Bedarf über Schwebstoff- und Iodfilter (Spülluftanlage) abgegeben werden. Kleine Teilluftströme aus dem Reaktorgebäude (Reaktorgebäudesumpf, Aufbereitungsrückstandsfilter) und aus dem Maschinenhaus (Kondensatbehälter, Turbinenkondensator bei Anfahren des Reaktors) werden bei Bedarf zusätzlich schwebstoff- und iodgefiltert (nicht eingezeichnet). Die bei der Meßstelle F erfaßte Betriebsgebäudeabluf stammt aus dem Kontrollbereich. Die bei der Meßstelle G erfaßte Gloveboxabluf stammt aus der Glovebox, in der Reaktorwasser verarbeitet wird. (Weitere Angaben in Tab. 1.)

Tab. 1: Abluftströme des SWR 4

Abluftstrom ^{a)}	Meßstelle	Durchsatz ^{b)} [m ³ /h]	Sammelperioden ^{c)}
Kaminfortluft	I	275.000	1 - 52
Spülluft (ungefiltert)	A	10.000	21 - 26; 50 - 52 ^{d)}
Spülluft (gefiltert)	B	10.000	21 - 26; 50 - 52 ^{d)}
Reaktorgebäudeabluf	C	110.000	1 - 52
Aufbereitungstraktabluf (ungefiltert)	D	10.000	1 - 52
Aufbereitungstraktabluf (gefiltert)	E	10.000	21 - 26; 50 - 52 ^{d)}
Betriebsgebäudeabluf	F	20.000	1 - 52
Digestorienabluf ^{e)}	G	5.000	1 - 52
Maschinenhausabluf	H	120.000	1 - 52

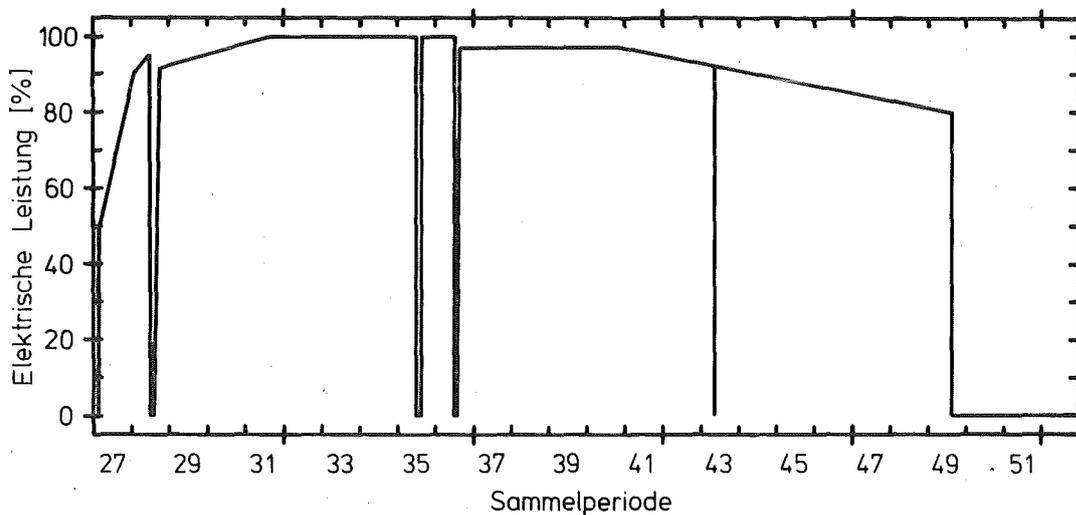
- a) Temperatur: 20 - 30 °C (jedoch Kaminfortluft 30 - 50 °C und Maschinenhausabluf 20 - 60 °C);
relative Feuchte: 20 - 30 %
- b) gerundete Werte (bei der Berechnung der Abgaberaten exakte, wöchentlich ermittelte Werte verwendet)
- c) aneinandergrenzende, fortlaufend nummerierte Meßzeiträume von einwöchiger Dauer
(Sammelperioden 33 und 34 jedoch durch einen Zeitraum von ca. 5 Monaten getrennt)
- d) Iodfilter praktisch nur in diesen Sammelperioden eingeschaltet
- e) einschließlich Gloveboxabluf



KfK LAF II D8148

Betriebsdiagramm des SWR 4

Abb. 2 a)



KfK LAF II D8270

Betriebsdiagramm des SWR 4

Abb. 3 a)

a) Sammelperioden 20 und 49: Abschaltung zur Revision

Tab. 2: Dauer von Betriebsphasen

Betriebsphase a)	Sammelperioden b)
Leistungsbetrieb 1	1 - 19
Leistungsbetrieb 2	27 - 33
Leistungsbetrieb 3	34 - 48
Revision 1	20 - 26
Revision 2 c)	49 - 52

- a) Leistungsbetrieb: Betriebsphasen außerhalb der Revision
- b) Sammelperioden 33 und 34 nicht aneinandergrenzend
(Unterbrechung der Messungen von ca. 5 Monaten)
- c) Revision in Sammelperiode 52 noch nicht beendet (Durchführung von Nachrüstungen)

4. Ergebnisse und Diskussion

Wie erwähnt, wurden schwebstoffförmiges, elementares und organisches ^{131}I bestimmt. Da der Anteil des schwebstoffförmigen ^{131}I in den einzelnen Sammelperioden meistens $< 10\%$ war, wird im folgenden auf diese ^{131}I -Komponente nicht näher eingegangen. (Ihr Anteil betrug im Mittel ca. 5% ; vgl. Tab. 3 und 6.)

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 in den Abb. 4 - 7 wiedergegeben. Es ist folgendes zu erkennen:

- a) Die ^{131}I -Konzentration lag meistens zwischen 10^{-13} und 10^{-11} Ci/m^3 .
- b) Während Stillstandsphasen traten häufig Spitzen in der ^{131}I -Konzentration auf (Iodspiking). Das gilt insbesondere für die beiden Revisionen.
- c) Der Anteil des elementaren ^{131}I war in den meisten Sammelperioden größer als der des organischen ^{131}I .
- d) Während Stillstandsphasen war der Anteil des elementaren ^{131}I oft gering.

Diese Resultate stimmen mit den beim SWR 3 erzielten nur teilweise überein. Insbesondere überwog beim SWR 3 meistens der Anteil des organischen ^{131}I /3/.

Die während des gesamten Meßzeitraums in der Kaminfortluft festgestellten mittleren ^{131}I -Abgaberaten, ^{131}I -Abgaben und Anteile der ^{131}I -Komponenten gehen aus Tab. 3 hervor. Es ist folgendes zu verzeichnen:

- a) Die Abgaberaten und Abgaben der ^{131}I -Komponenten waren bei Leistungsbetrieb niedriger als bei Revision. Während des Meßzeitraumes von 1 Jahr wurden ca. 10^{-2} Ci ^{131}I abgegeben.

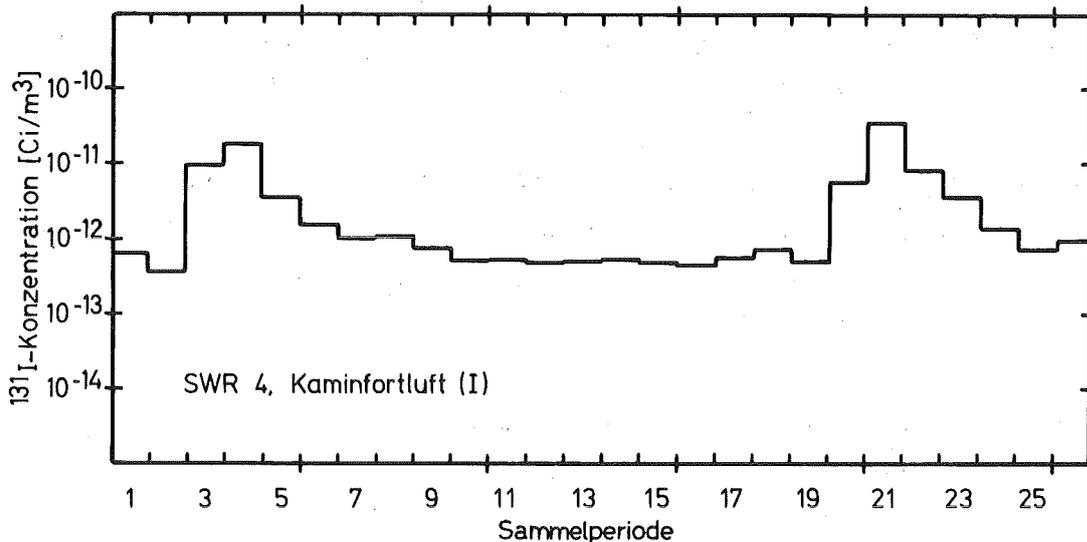
b) Sowohl bei Leistungsbetrieb als auch bei Revision war der Anteil des elementaren ^{131}I etwas geringer als der des organischen ^{131}I . Insgesamt betrug der Anteil des elementaren ^{131}I 45 %.

Daß der Anteil des elementaren ^{131}I im Mittel so niedrig war, obwohl er in den meisten Sammelperioden überwog, ist darauf zurückzuführen, daß, wie erwähnt, bei hohen ^{131}I -Konzentrationen elementares ^{131}I oft in geringen Anteilen auftrat.

Beim SWR 3 hatten sich etwas andere mittlere Werte ergeben. Bei diesem Reaktor lag die jährliche ^{131}I -Abgabe zwischen ca. 10^{-4} und 10^{-3} Ci und der Anteil des elementaren ^{131}I zwischen 16 und 47 % /3/.

Für die Kaminfortluft von ausländischen Siedewasserreaktoren werden mittlere Anteile von elementarem und organischem ^{131}I von ca. 30 bzw. 40 % angegeben. Der Rest wird Schwebstoffen und hypoiodiger Säure zugeordnet /7/.

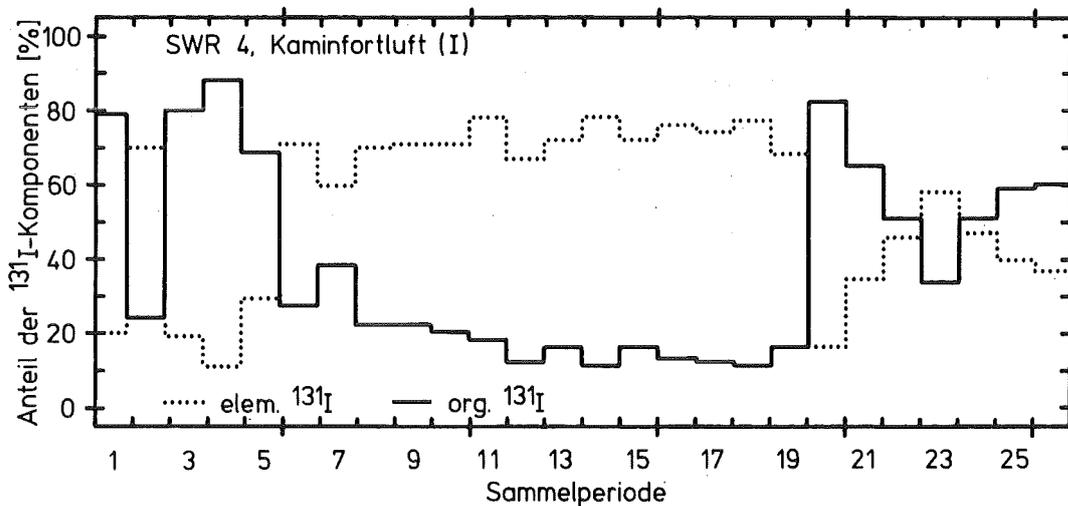
Die Abgaberaten und Anteile der ^{131}I -Komponenten in der Kaminfortluft nach Messungen in der Kaminfortluft und nach Messungen in den die Kaminfortluft bildenden Abluftströmen sind für verschiedene Betriebsphasen in Tab. 4 wiedergegeben. Die Werte stimmen innerhalb der Standardabweichungen überein. Es traten also bei den Messungen in den Abluftströmen, auf die im folgenden eingegangen wird, keine wesentlichen systematischen Fehler auf.



KfK LAF II D8146

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

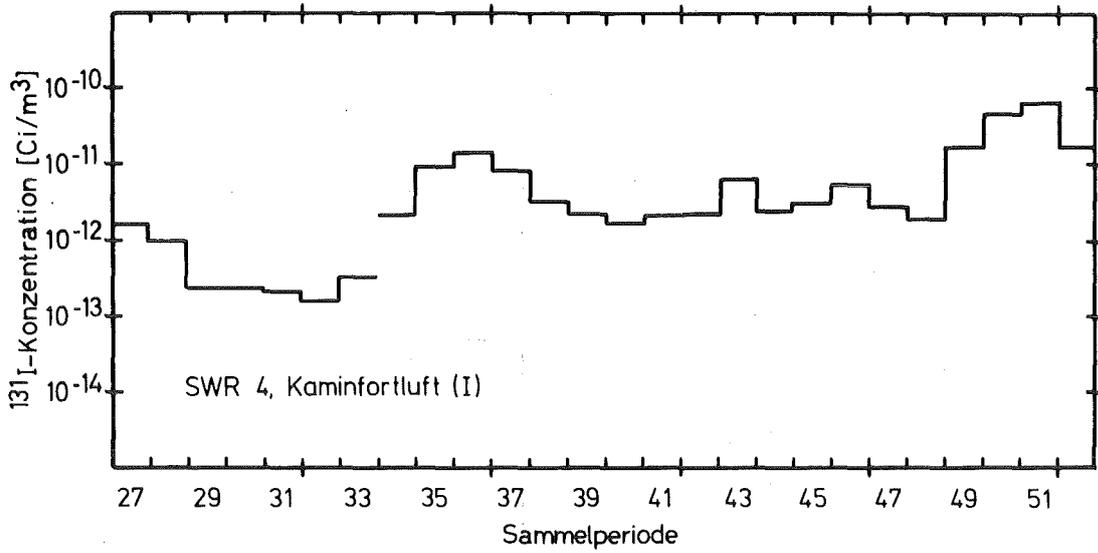
Abb. 4



KfK LAF II D8147

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

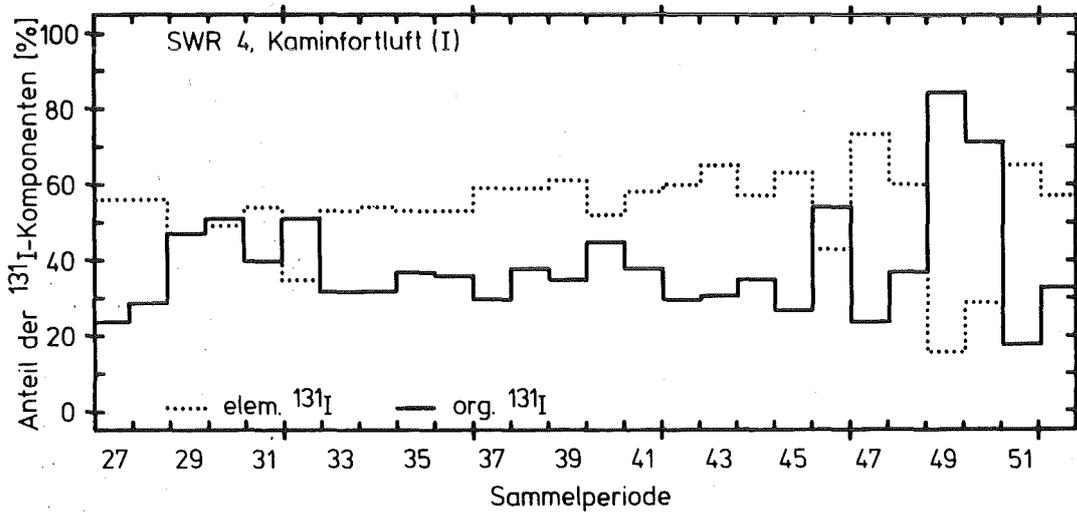
Abb. 5



KIK LAF II D8262

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

Abb. 6



KIK LAF II D8263

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

Abb. 7

Tab. 3: ^{131}I -Abgaberaten, ^{131}I -Abgaben und Anteile der ^{131}I -Komponenten in der Kaminfortluft während des gesamten Meßzeitraumes (1 Jahr)

Betriebsphase	^{131}I -Abgaberate ^{a)} [Ci/s]	^{131}I -Abgabe ^{a)} [Ci]	Anteil der ^{131}I -Komponenten ^{b)} [%]	
			elem. I	org. I
Leistungsbetrieb ^{c)}	2,0 \pm 0,4 (-10)	5,1 \pm 1,1 (-3)	46	48
Revision ^{d)}	1,3 \pm 0,5 (-9)	8,9 \pm 3,1 (-3)	43	50
Leistungsbetrieb + Revision ^{e)}	4,4 \pm 1,2 (-10)	1,4 \pm 0,4 (-2)	45	49

- a) Zehnerpotenzen durch Exponenten in Klammern wiedergegeben; Schwankungen durch Standardabweichungen ausgedrückt
- b) berechnet aus den Abgaberaten der ^{131}I -Komponenten (restlicher Anteil: schwebstoffförmiges ^{131}I)
- c) Sammelperioden 1 - 19 und 27 - 48
- d) Sammelperioden 20 - 26 und 49 - 52
- e) Sammelperioden 1 - 52

Tab. 4: Abgaberaten und Anteile der ^{131}I -Komponenten in der Kaminfortluft während der einzelnen Betriebsphasen

Betriebs- phase ^{a)}	^{131}I - Komponente	Abgaberate der ^{131}I -Komponenten [Ci/s]		Anteil der ^{131}I -Komponenten ^{b)} [%]	
		nach Messungen in der Kamin- fortluft	nach Messungen in den Abluftströmen	nach Messungen in der Kamin- fortluft	nach Messungen in den Abluftströmen
Leistungs- betrieb 1 ^{c)}	elem.	5,1 ± 0,9 (-11)	3,3 ± 0,5 (-11)	30	23
	org.	1,2 ± 0,7 (-10)	1,1 ± 0,7 (-10)	68	74
	gesamt.	1,7 ± 0,8 (-10)	1,4 ± 0,8 (-10)		
Leistungs- betrieb 2 ^{c)}	elem.	2,2 ± 0,9 (-11)	1,3 ± 0,4 (-11)	53	49
	org.	1,3 ± 0,3 (-11)	1,1 ± 0,2 (-11)	32	43
	gesamt.	4,1 ± 1,6 (-11)	2,6 ± 0,6 (-11)		
Leistungs- betrieb 3 ^{c)}	elem.	1,8 ± 0,3 (-10)	1,5 ± 0,3 (-10)	57	57
	org.	1,2 ± 0,2 (-10)	9,6 ± 2,1 (-11)	36	35
	gesamt.	3,2 ± 0,6 (-10)	2,7 ± 0,6 (-10)		
Revision 1 ^{d)}	elem.	2,3 ± 1,2 (-10)	2,4 ± 1,2 (-10)	37	52
	org.	3,8 ± 2,3 (-10)	2,2 ± 1,1 (-10)	62	47
	gesamt.	6,2 ± 3,6 (-10)	4,7 ± 2,2 (-10)		
Revision 2 ^{d)}	elem.	1,2 ± 0,6 (- 9)	1,1 ± 0,4 (- 9)	47	41
	org.	1,2 ± 0,4 (- 9)	1,0 ± 0,2 (- 9)	45	38
	gesamt.	2,6 ± 0,8 (- 9)	2,6 ± 0,8 (- 9)		

a) Dauer: s. Tab. 2

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

c) Meßstellen I bzw. C, D, F, G, H

d) Meßstellen I bzw. B,C, E, F, G, H

4.2 Messungen in den die Kaminfortluft bildenden Abluftströmen

Die während der einzelnen Sammlerperioden in den verschiedenen Abluftströmen (Meßstellen A bis H) verzeichneten ^{131}I -Konzentrationen und Anteile der ^{131}I -Komponenten sind in den Abb. 8 bis 39 aufgeführt. Es ist folgendes festzustellen:

- a) Die höchsten ^{131}I -Konzentrationen traten in der (ungefilterten) Spülluft auf (10^{-10} bis 10^{-9} Ci/m³).
- b) Hohe ^{131}I -Konzentrationen traten in verschiedenen Abluftströmen, z. B. in der Abluft aus dem Reaktorgebäude und aus dem Maschinenhaus, während Stillstandsphasen, insbesondere während der Revision, auf (10^{-11} bis 10^{-10} Ci/m³). Auffallend sind die hohen ^{131}I -Konzentrationen in der Maschinenhausabluft während der Sammlerperioden 4 und 36, in denen der Turbinenkondensator evakuiert wurde..
- c) In der ungefilterten Spülluft (und in der Betriebsgebäudeabluft) überwog stets der Anteil des elementaren ^{131}I , in der gefilterten Spülluft der des organischen ^{131}I . In den anderen Abluftströmen überwog teils elementares ^{131}I , teils organisches ^{131}I .
- d) Eine allgemein gültige Beziehung zwischen den Anteilen der ^{131}I -Komponenten und der Art der Betriebsphasen während der einzelnen Sammlerperioden ist nicht erkennbar. Auffallend ist jedoch der meistens sehr niedrige Anteil des elementaren ^{131}I in der Maschinenhausabluft während Stillstandsphasen.

Die mittleren Abgaberaten der ^{131}I -Komponenten in den Abluftströmen während verschiedener Betriebsphasen sind in Tab. 5 und in den Abb. 40 bis 44 wiedergegeben. Tab. 6 enthält die mittleren Anteile der ^{131}I -Komponenten in den Abluftströmen, Tab. 7 die mittleren Beiträge der Abluftströme zur Abgaberate der ^{131}I -Komponenten in der Kaminfortluft.

Aus den genannten Tabellen und Abbildungen geht folgendes hervor:

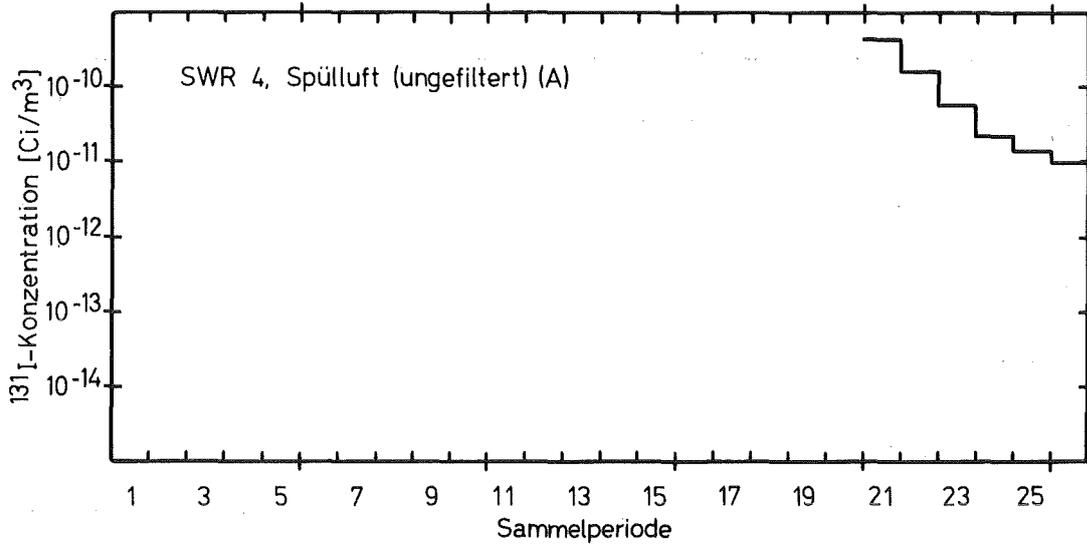
- a) Die höchsten zur Freisetzung in die Umgebung beitragenden Abgaberaten des elementaren ^{131}I traten i. allg. in der Abluft aus dem Reaktorgebäude und aus dem Maschinenhaus auf. Erstere lieferte ca. 60 - 90 % des in die Umgebung freigesetzten elementaren ^{131}I , letztere ca. 10 - 30 %.
- b) Die hohen Abgaberaten des elementaren ^{131}I in der (ungefilterten) Spülluft wurden durch Filterung (Tiefbettfilter) auf für die Freisetzung in die Umgebung völlig unbedeutende Werte reduziert ($\text{DF} > 10^3$).
- c) Die weniger hohen Abgaberaten des elementaren ^{131}I in der Aufbereitungstraktabluf wurden durch Filterung (Filterzellen) nur geringfügig reduziert ($\text{DF} \leq 10$).
- d) Die Abgaberaten des elementaren ^{131}I in der Digestorienabluf hatten eine für die Freisetzung in die Umgebung unbedeutende Höhe.

Die geringe Wirksamkeit der Filterzellen in der Aufbereitungstraktabluf dürfte weitgehend auf Leckage beruhen. Die geringe Bedeutung der Digestorienabluf (einschließlich Gloveboxabluf) für die Abgabe von elementarem ^{131}I dürfte darauf zurückzuführen sein, daß die Abluf aus der Glovebox, in der Reaktorwasser verarbeitet wird, über ein Iodfilter geleitet wird (vgl. Tab. 8). (Bei Druckwasserreaktoren hatte sich die Abgabe von elementarem ^{131}I mit der ungefilterten Digestorienabluf als von u.U. entscheidender Bedeutung erwiesen /5, 8/.)

Die Ergebnisse der Messungen in weiteren Ablufströmen, die mit den Meßstellen A bis H nicht direkt erfaßt wurden, sind in Tab. 8 zusammengefaßt. Daraus ist folgendes ersichtlich:

- a) Die Reaktorbedienungsbühne lieferte praktisch das gesamte ^{131}I der Spülluft.
- b) Teilabluftströme aus dem Reaktorgebäude, die für die Freisetzung von ^{131}I in die Umgebung von entscheidender Bedeutung sind, wurden nicht identifiziert.
(^{131}I scheint sich relativ gleichmäßig auf verschiedene Teilabluftströme zu verteilen.)
- c) Abgas und Ringspaltabsaugung waren für die Abgabe von ^{131}I mit der Kaminfortluft völlig unbedeutend.

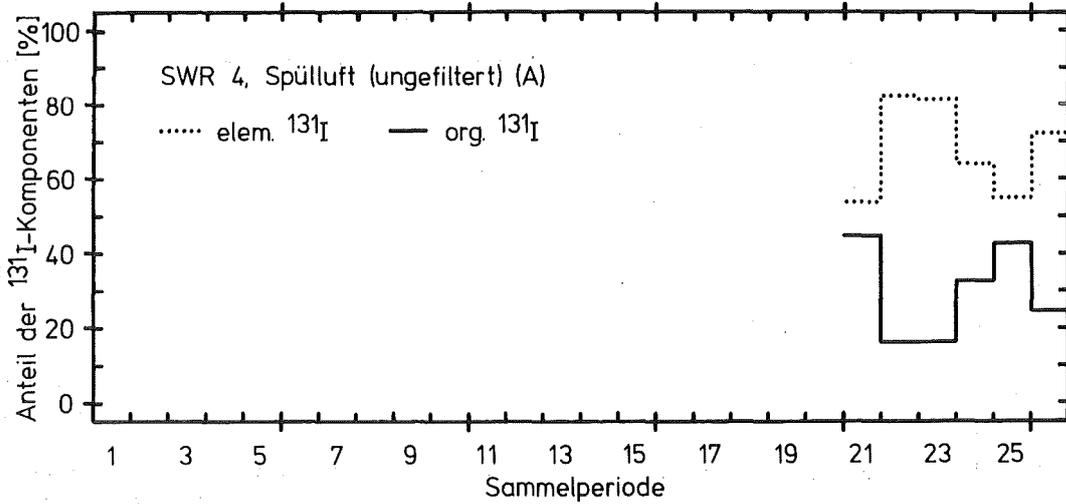
Aus den dargelegten Ergebnissen ist zu schließen, daß durch Erhöhung der Abscheidegrade der vorhandenen Iodfilter oder durch Einbau weiterer Iodfilter von mittlerem Durchsatz (Größenordnung: $10\ 000\ \text{m}^3/\text{h}$) die Freisetzung von elementarem ^{131}I in die Umgebung des SWR 4 nicht entscheidend gesenkt werden kann.



KfK LAF II D8149

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

Abb. 8 a)

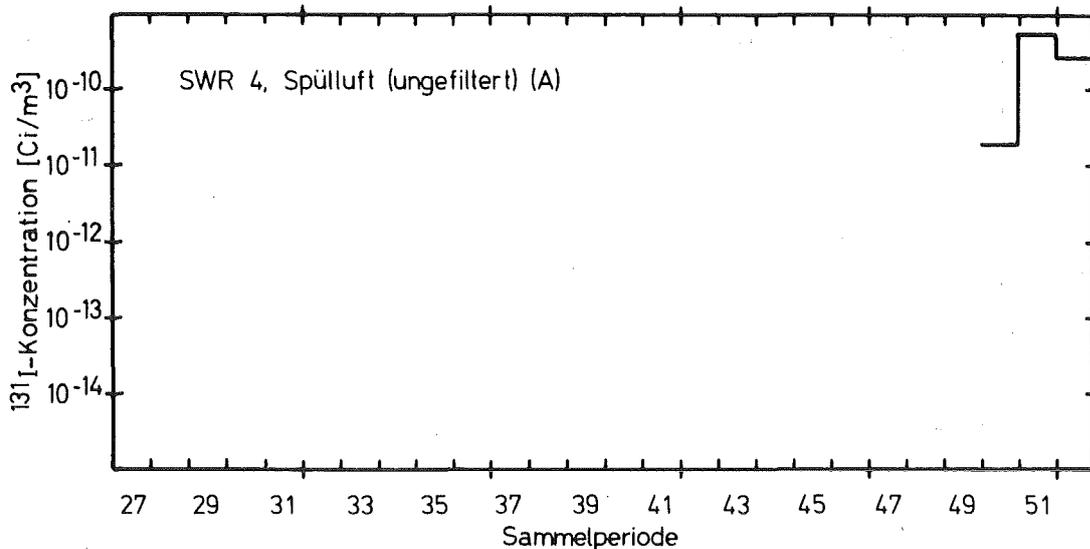


KfK LAF II D8150

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

Abb. 9 a)

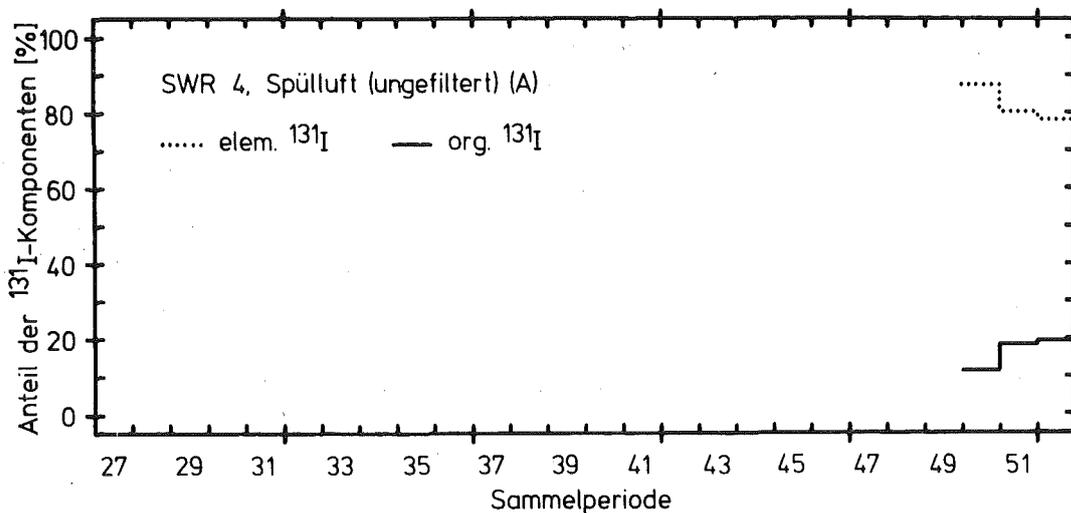
a) Einschaltung der Iodfilter in Sammelperiode 20



KfK LAF II D8264

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

Abb. 10 a)

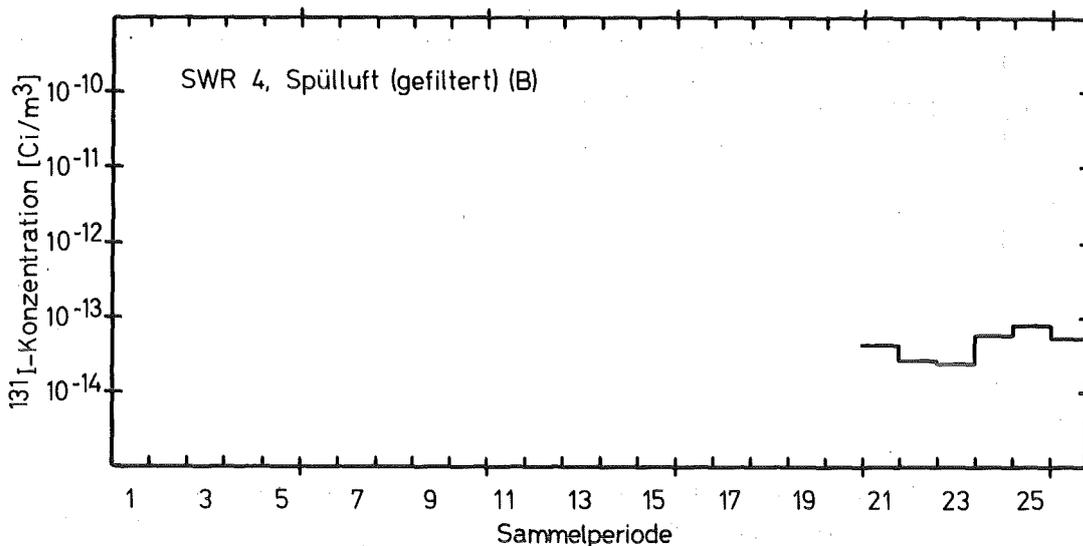


KfK LAF II D8265

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

Abb. 11 a)

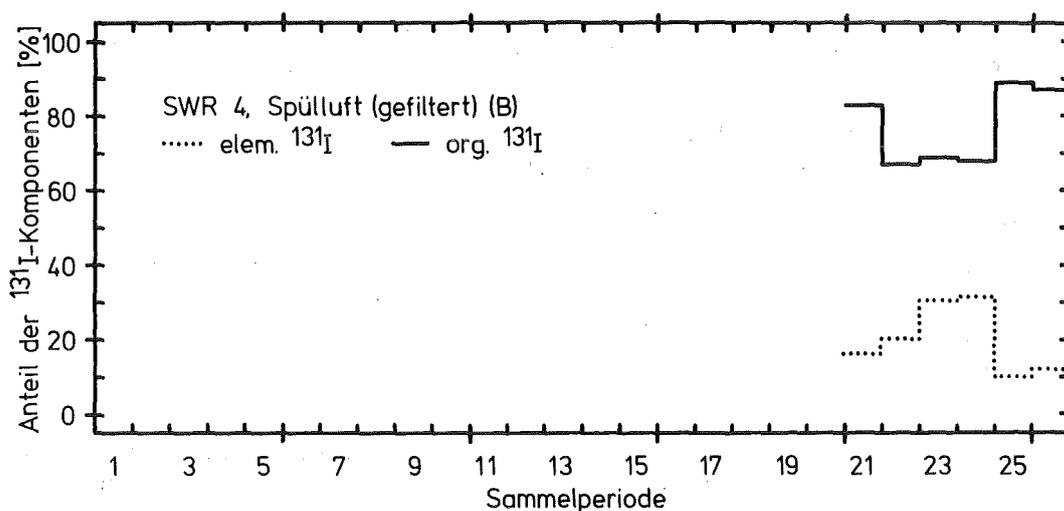
a) Einschaltung der Iodfilter in Sammelperiode 49



KfK LAF II DB151

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

Abb. 12 a)

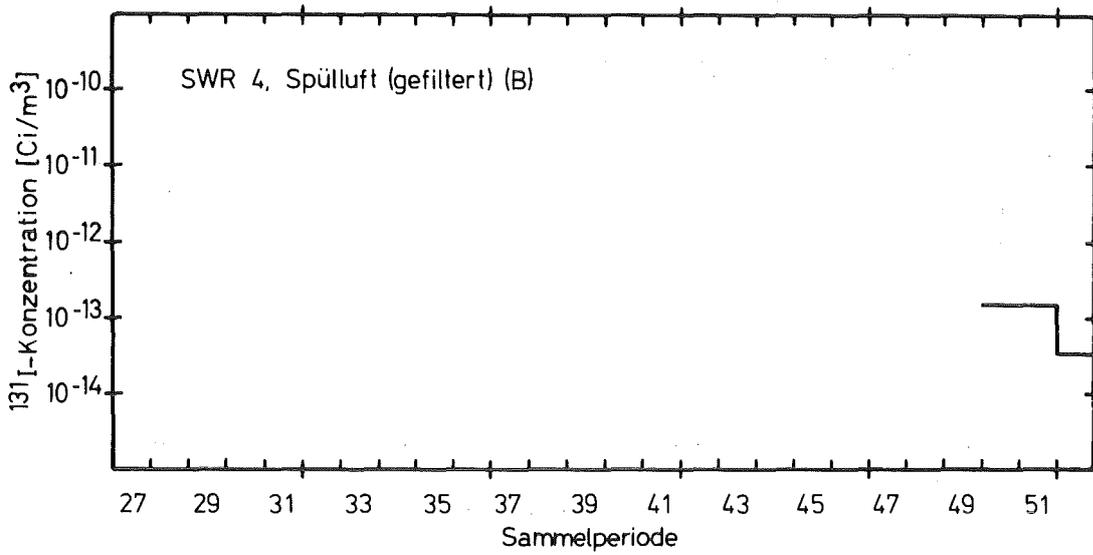


KfK LAF II DB152

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

Abb. 13 a)

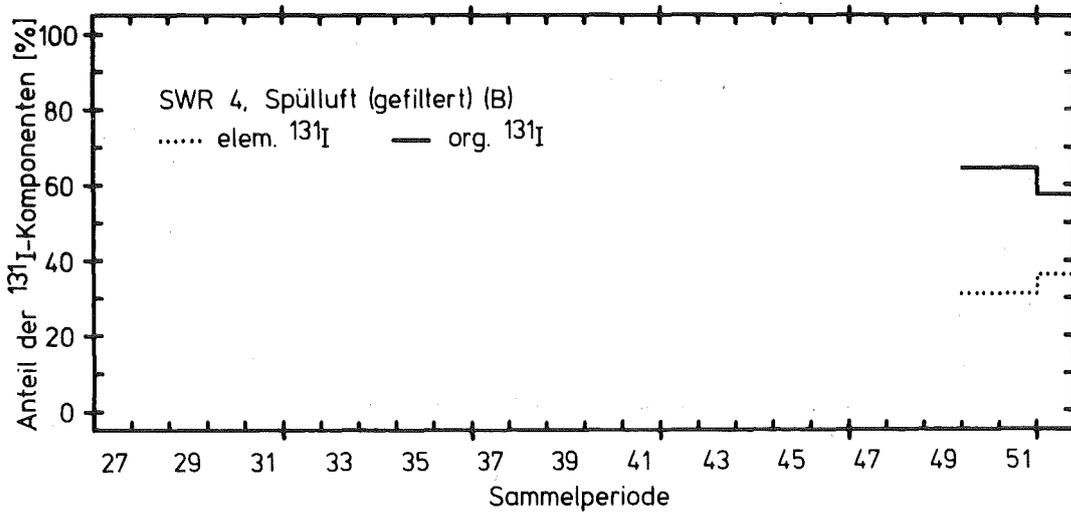
a) Einschaltung der Iodfilter in Sammelperiode 20



KfK LAF II D8266

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

Abb. 14 a)

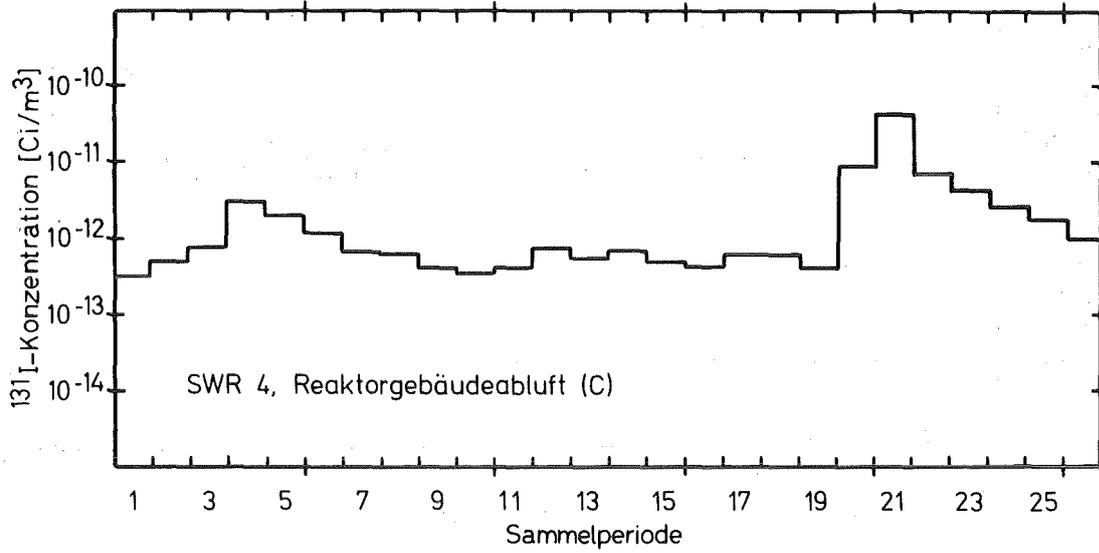


KfK LAF II D8267

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

Abb. 15 a)

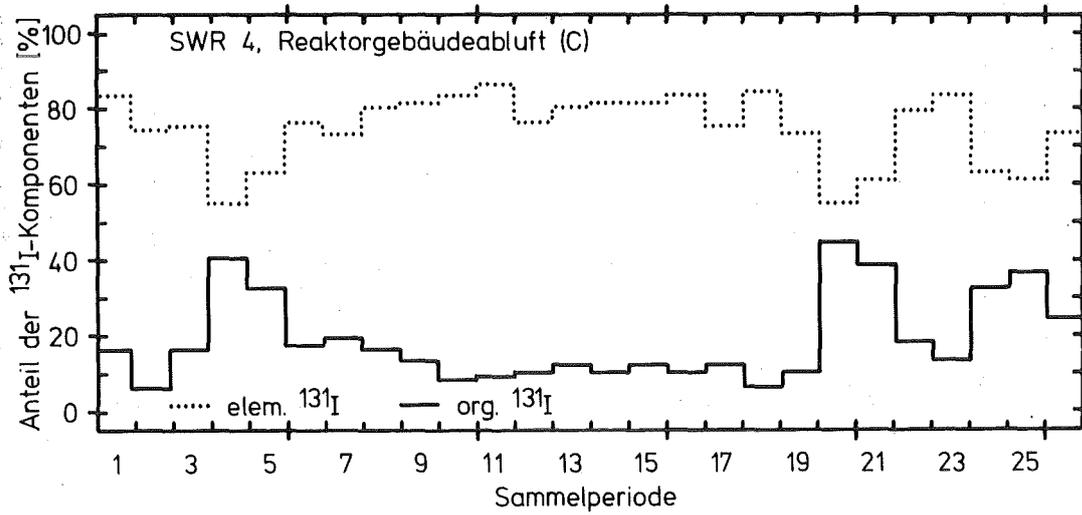
a) Einschaltung der Iodfilter in Sammelperiode 49



KfK LAF II DB136

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

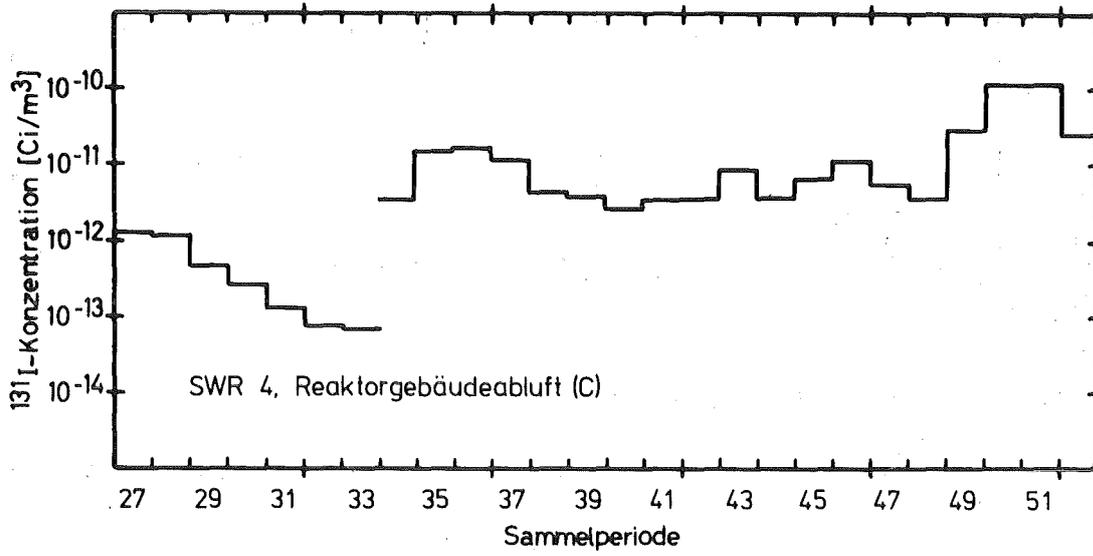
Abb. 16



KfK LAF II DB137

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

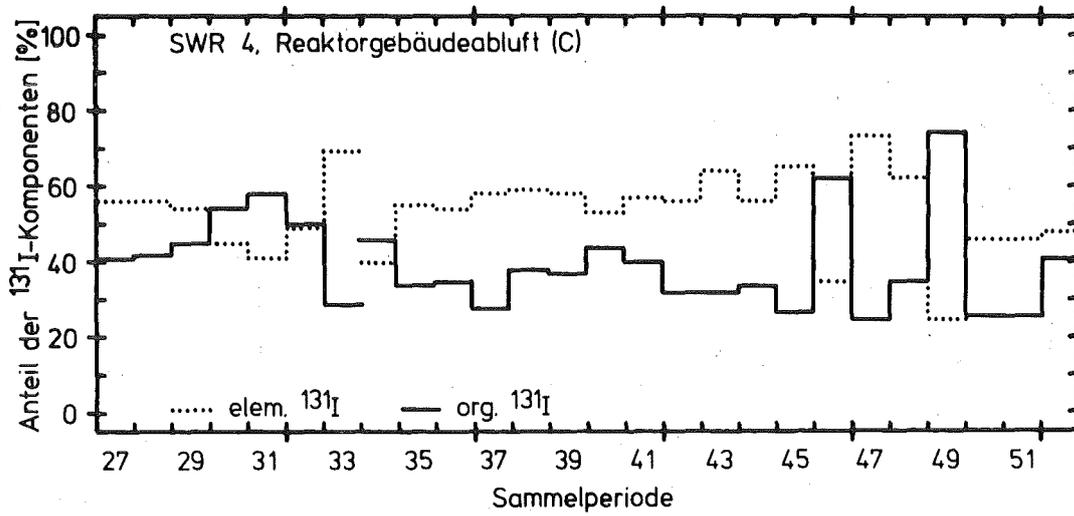
Abb. 17



KfK LAF II D8252

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

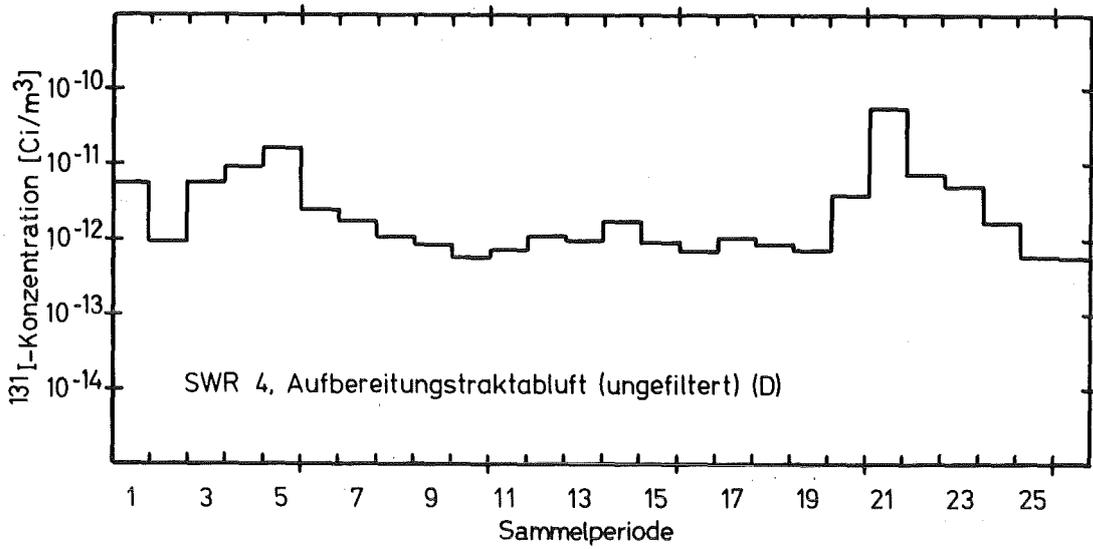
Abb. 18



KfK LAF II D8253

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

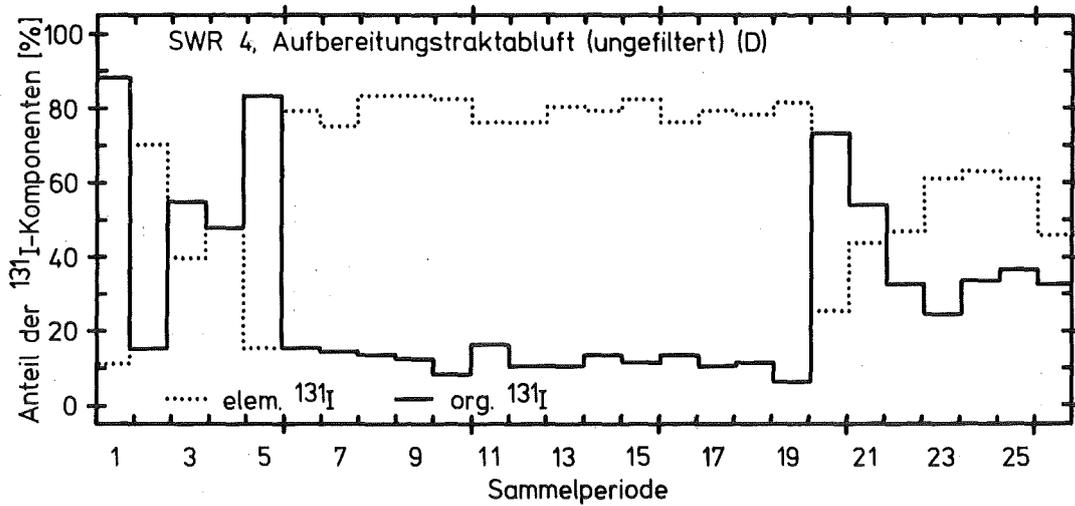
Abb. 19



KIK LAF II D8138

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

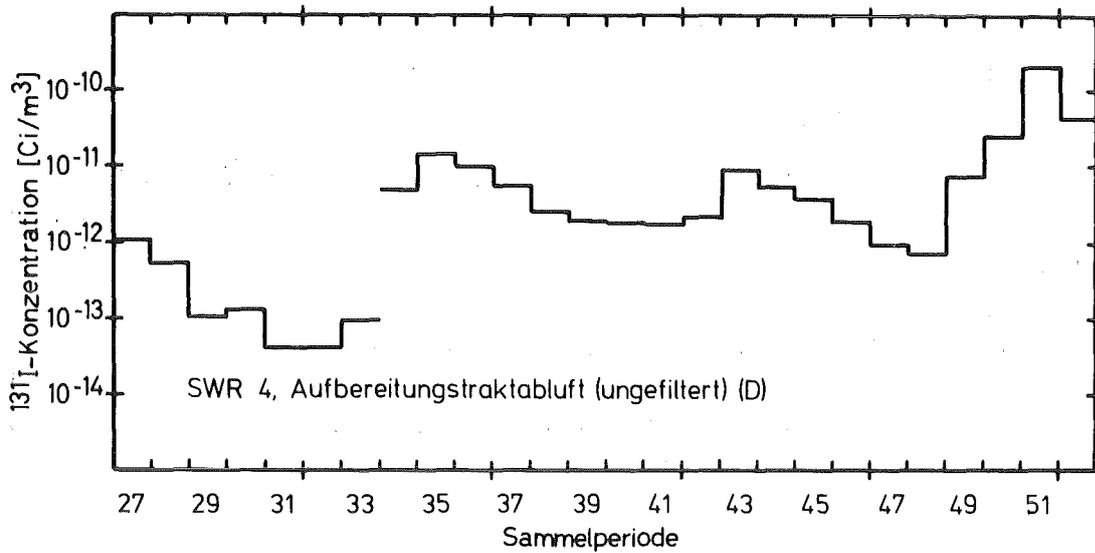
Abb. 20



KIK LAF II D8139

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

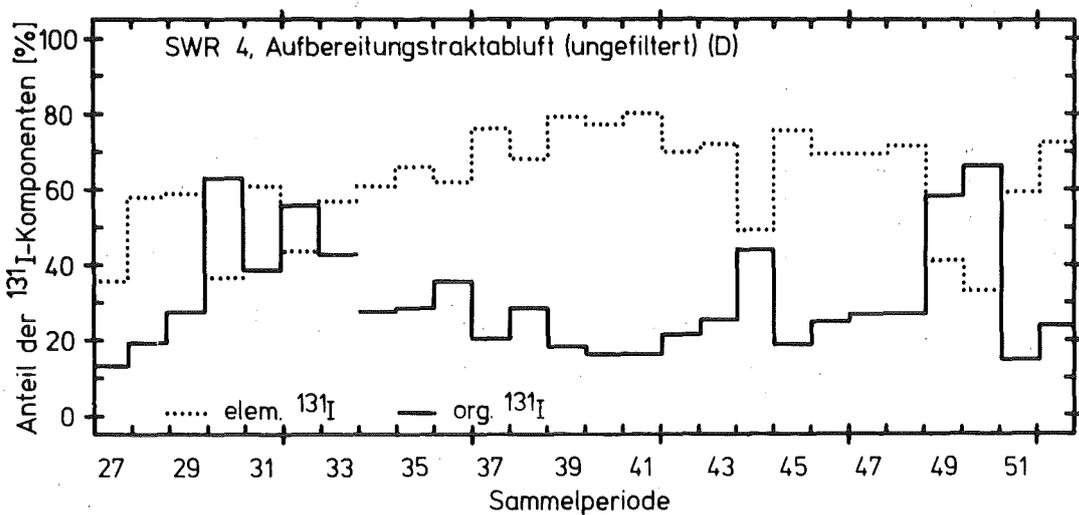
Abb. 21



KIK LAF II D8254

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

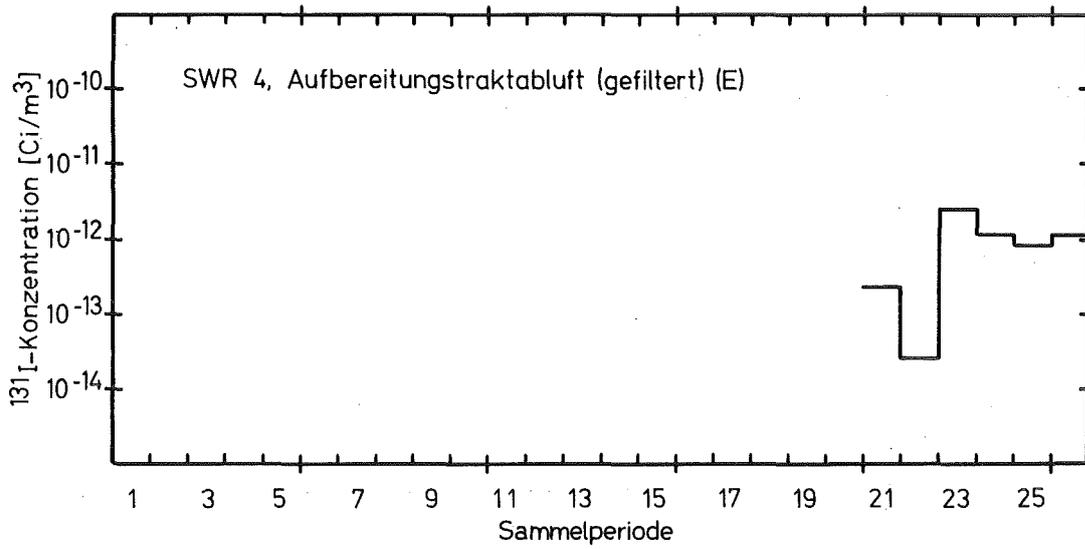
Abb. 22



KIK LAF II D8255

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

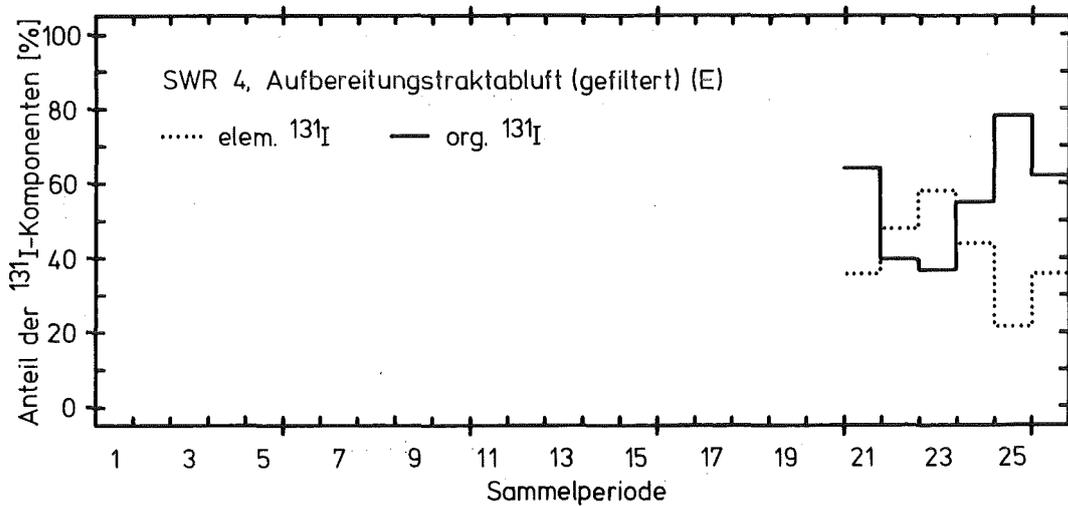
Abb. 23



KfK LAF II D8153

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

Abb. 24 a)

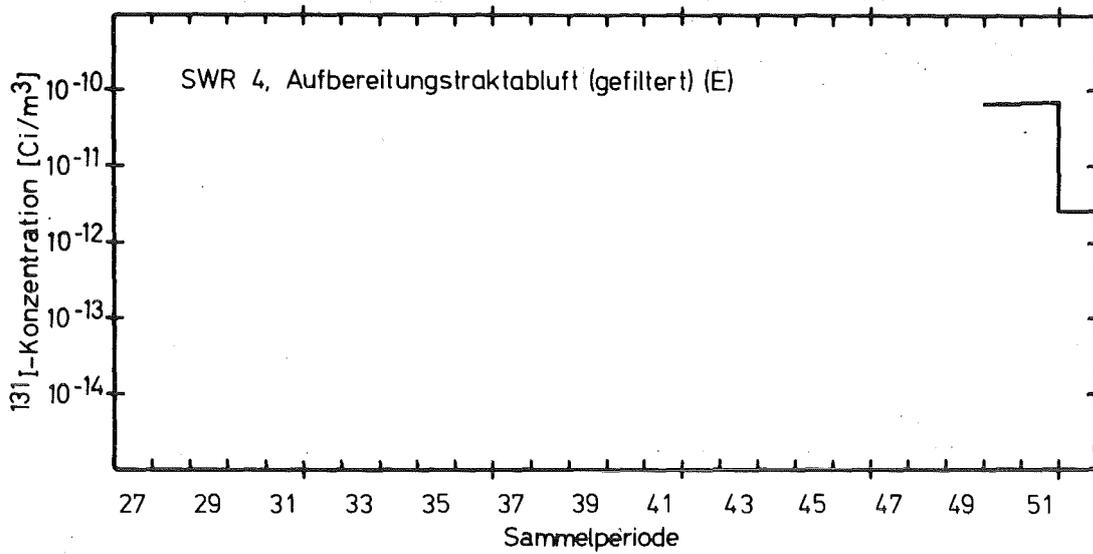


KfK LAF II D8154

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

Abb. 25 a)

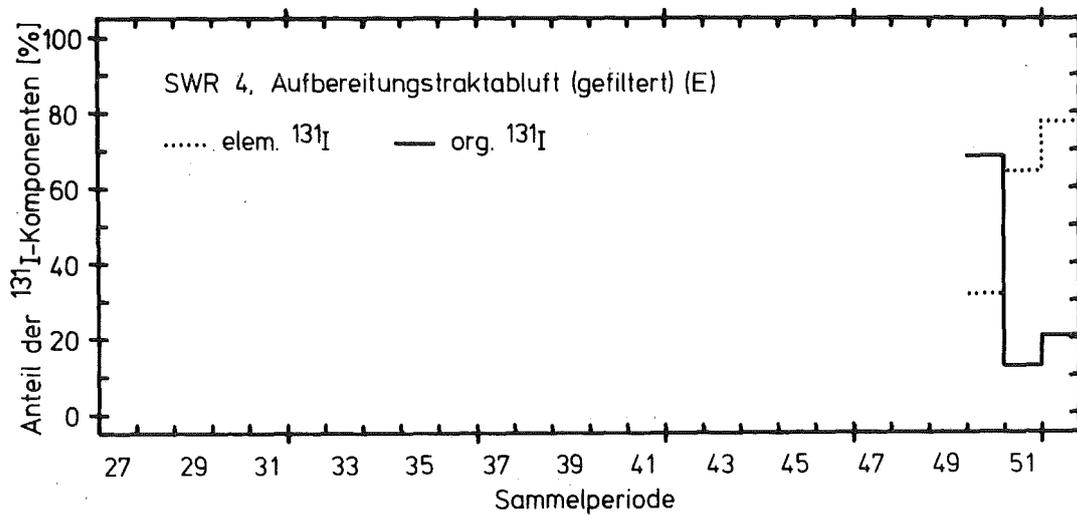
a) Einschaltung der Iodfilter in Sammelperiode 20



KfK LAF II D8268

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

Abb. 26 a)

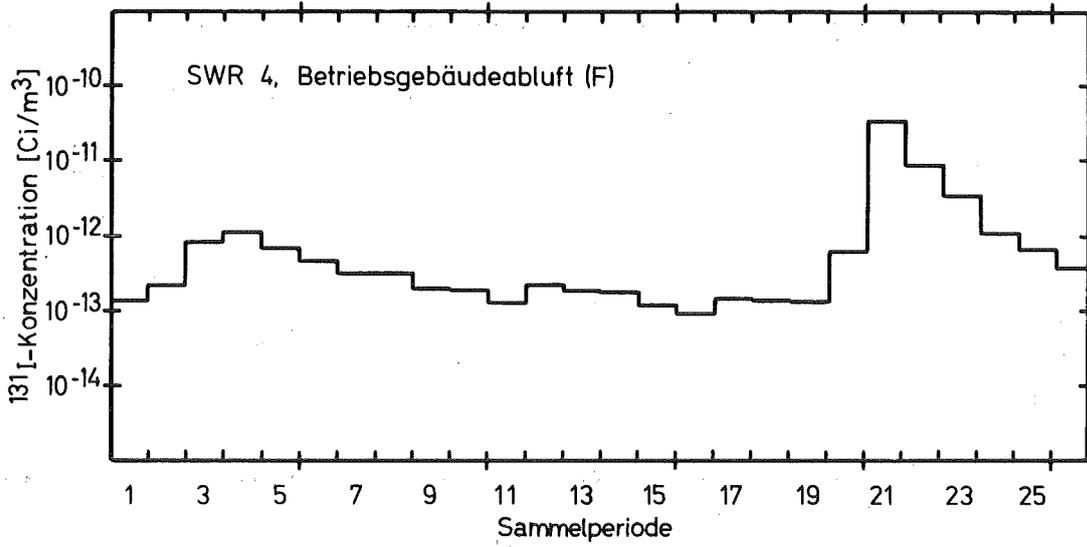


KfK LAF II D8269

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

Abb. 27 a)

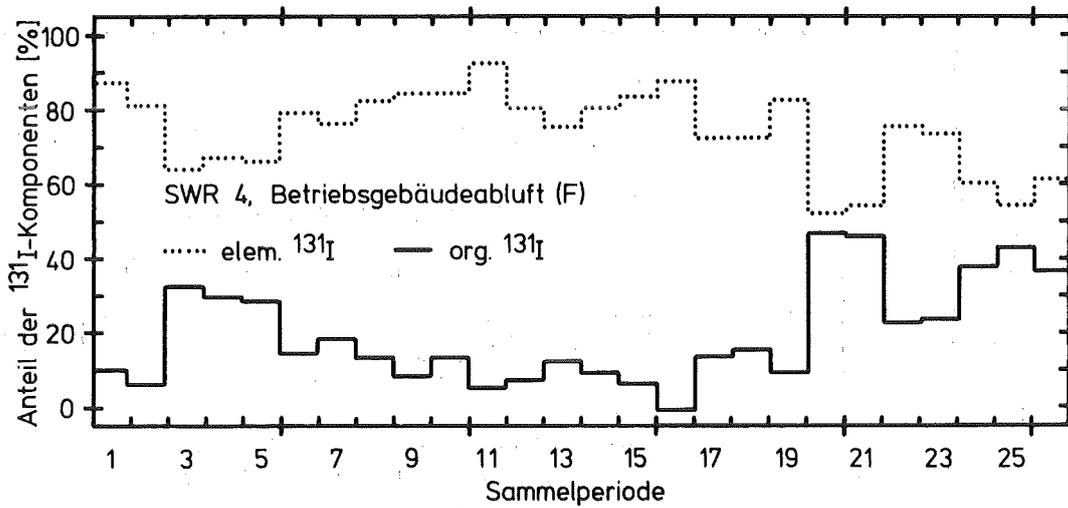
a) Einschaltung der Iodfilter in Sammelperiode 49



KfK LAF II D8140

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

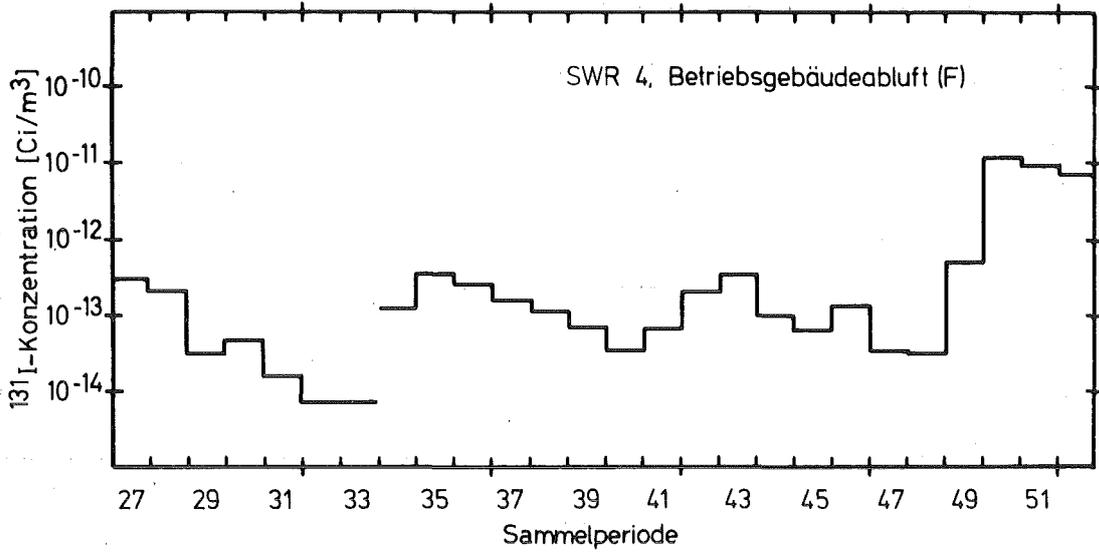
Abb. 28



KfK LAF II D8141

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

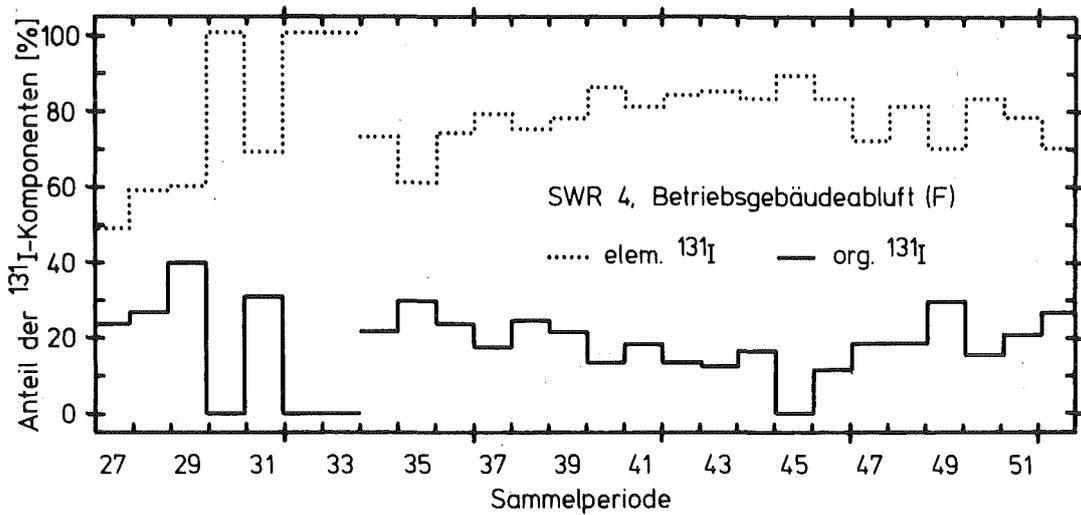
Abb. 29



KfK LAF II D8256

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

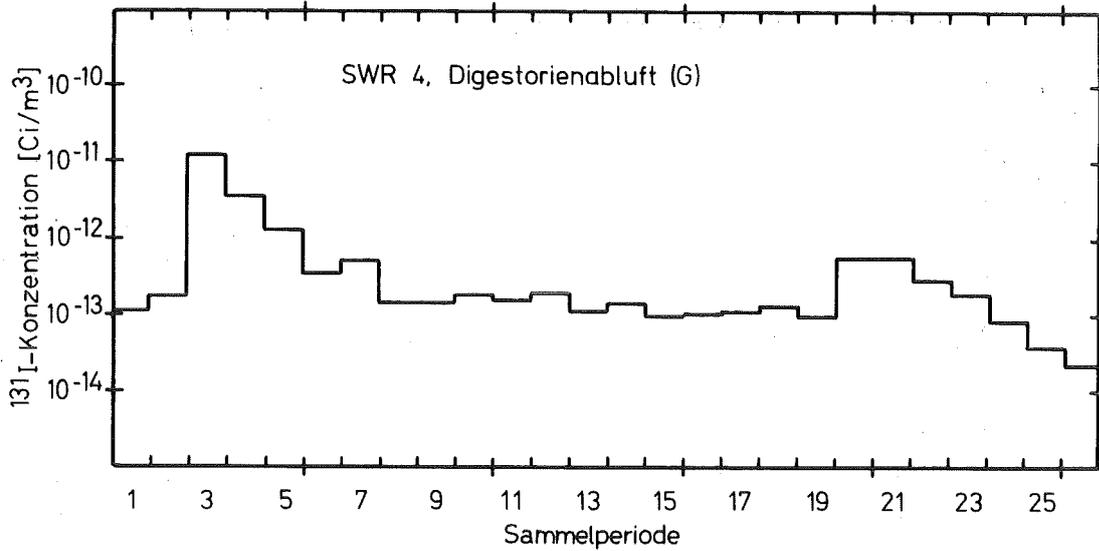
Abb. 30



KfK LAF II D8257

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

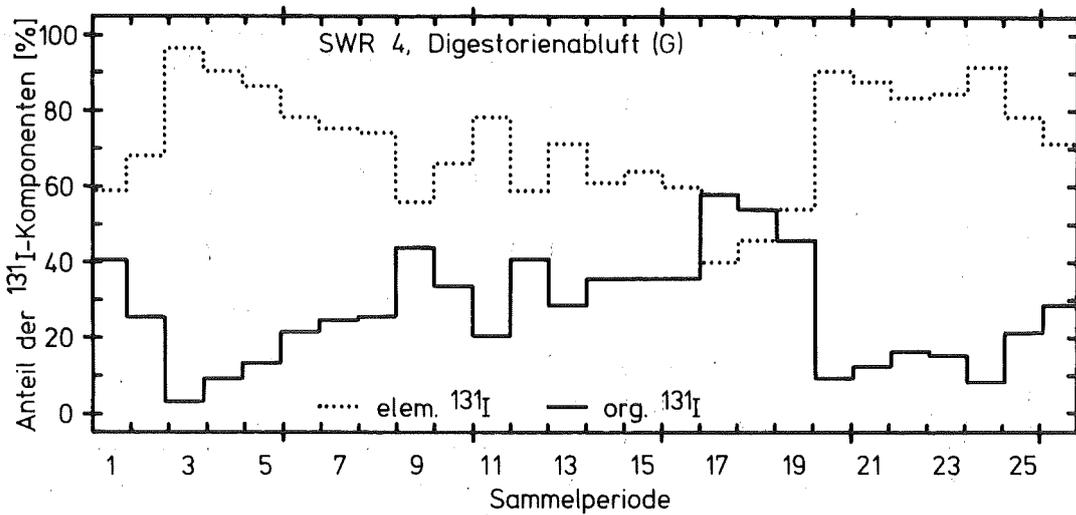
Abb. 31



KfK LAF II D8142

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

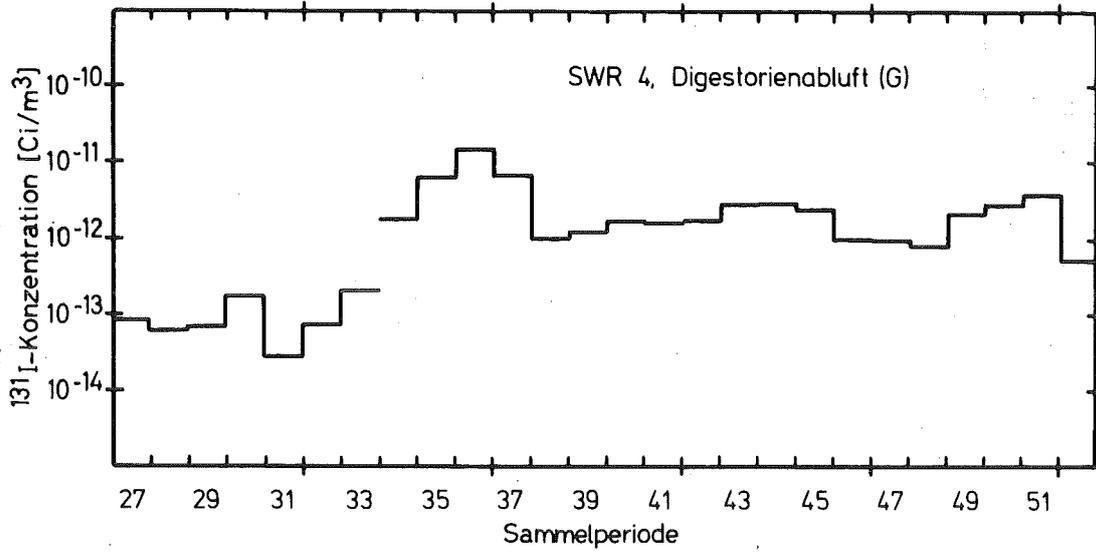
Abb. 32



KfK LAF II D8143

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

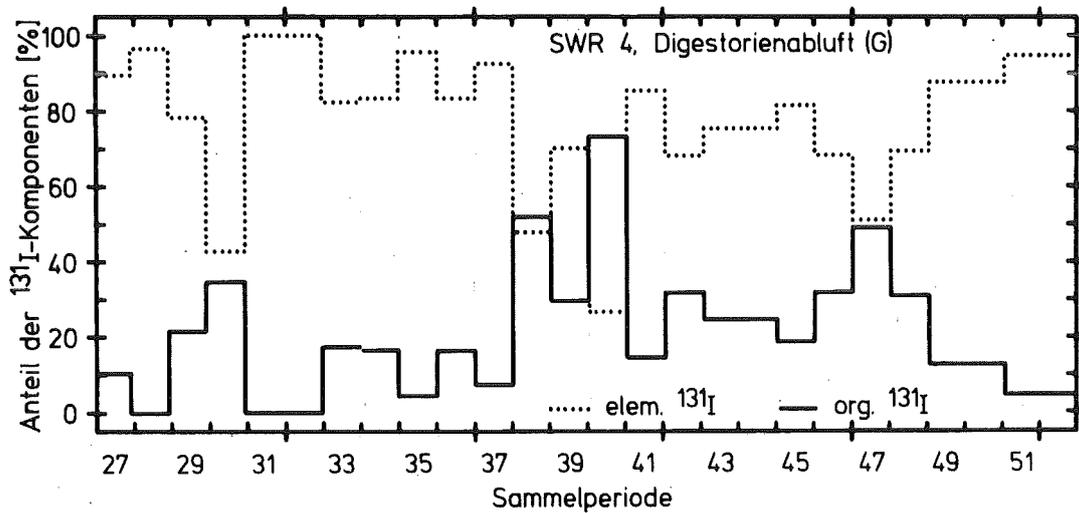
Abb. 33



KJK LAF II D8258

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

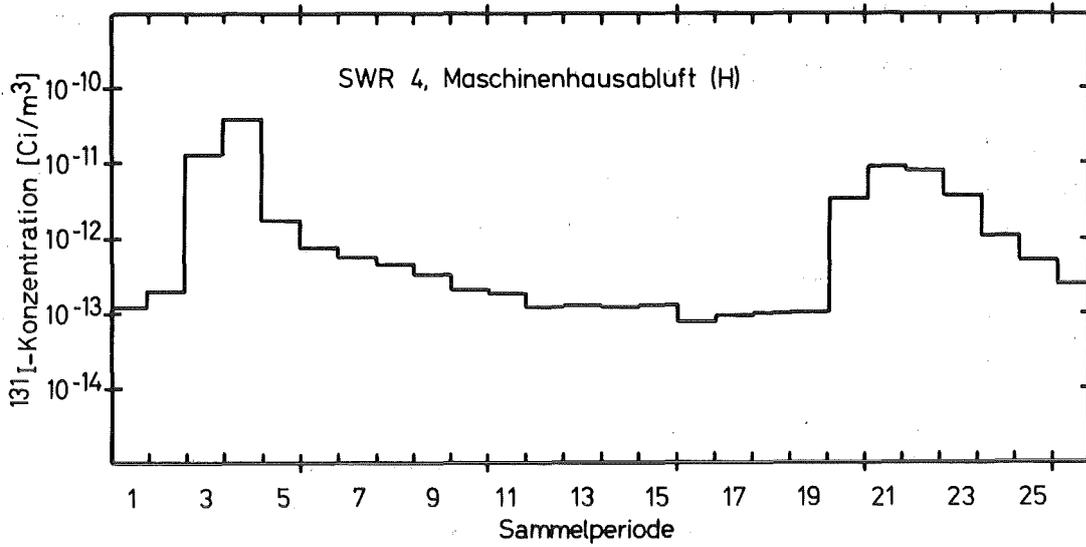
Abb. 34



KJK LAF II D8259

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

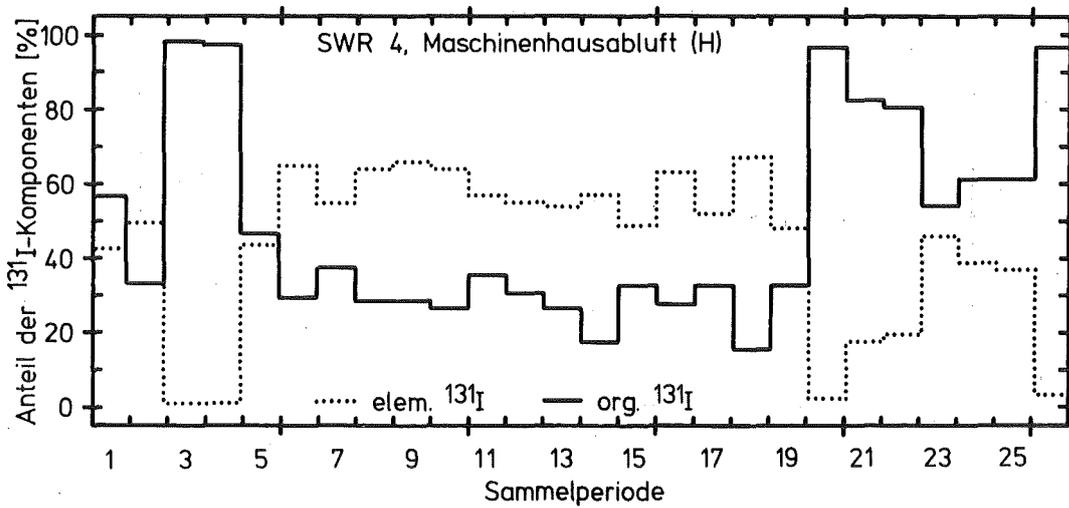
Abb. 35



KfK LAF II D8144

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

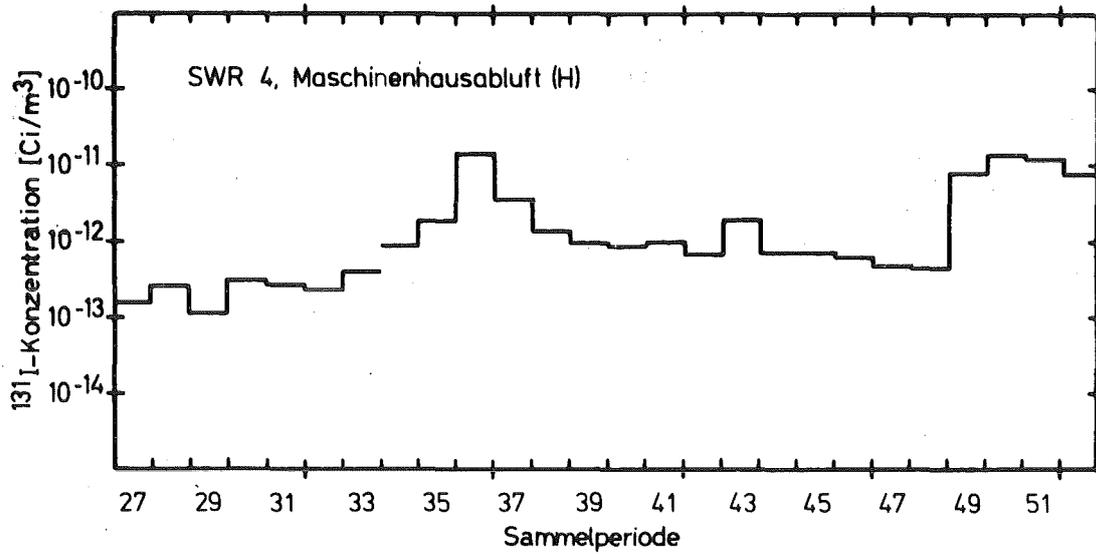
Abb. 36



KfK LAF II D8145

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

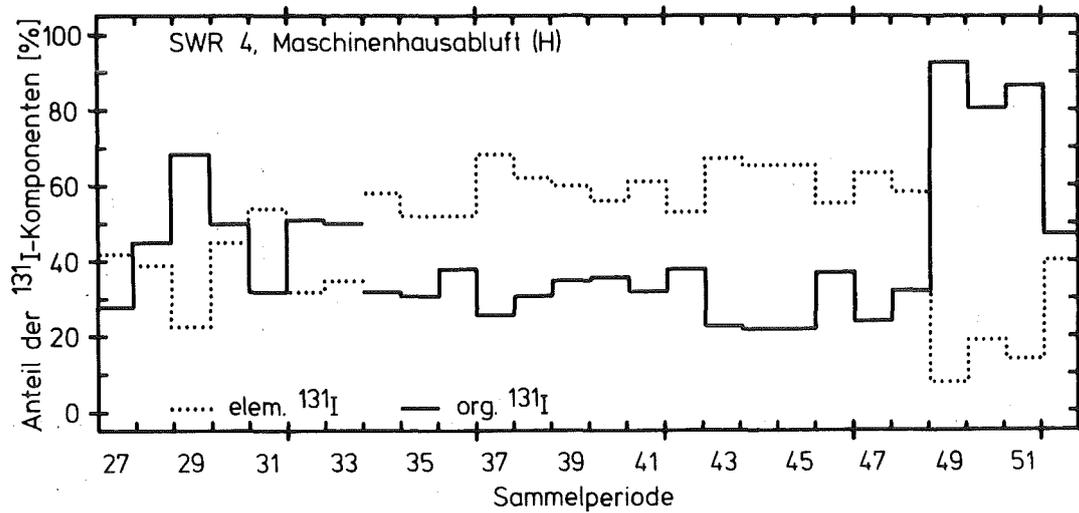
Abb. 37



KfK LAF II D8260

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

Abb. 38



KfK LAF II D8261

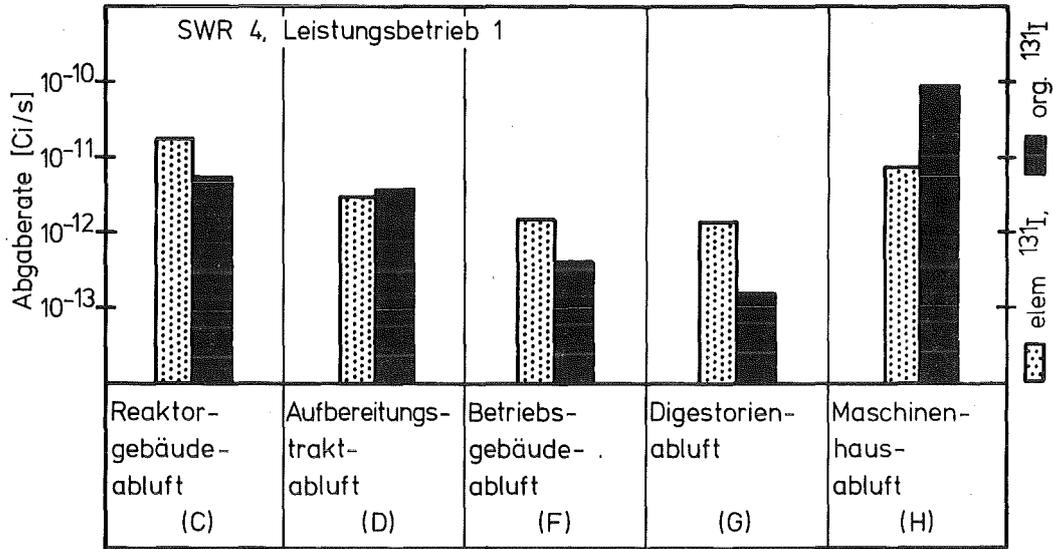
Zeitlicher Verlauf des Anteils der ^{131}I -Komponenten

Abb. 39

Tab. 5: Abgaberraten der ¹³¹I-Komponenten in den Abluftströmen

Abluftstrom	Meß- stelle	¹³¹ I Kompo- nente	Abgaberrate [Ci/s]				
			Leistungs- betrieb 1	Leistungs- betrieb 2	Leistungs- betrieb 3	Revision 1	Revision 2
Spülluft (ungefiltert) a)	A	elem. I org. I gesamt. I	-	-	-	2,8 + 1,2 (-10) 1,9 ± 1,0 (-10) 4,7 ± 2,2 (-10)	7,4 + 4,3 (-10) 1,7 ± 1,0 (-10) 9,3 ± 5,4 (-10)
Spülluft (gefiltert) a)	B	elem. I org. I gesamt. I	-	-	-	2,4 + 0,3 (-14) 1,0 + 0,2 (-13) 1,3 ± 0,2 (-13)	1,9 + 0,4 (-13) 3,8 ± 0,9 (-13) 5,9 ± 1,4 (-13)
Reaktor- gebäude- abluf	C	elem. I org. I gesamt. I	1,9 + 0,3 (-11) 5,7 ± 2,1 (-12) 2,7 ± 0,5 (-11)	8,7 ± 3,5 (-12) 7,0 ± 2,5 (-12) 1,6 ± 0,6 (-11)	1,1 + 0,2 (-10) 7,1 ± 1,4 (-11) 2,0 ± 0,3 (-10)	1,8 + 0,9 (-10) 9,9 ± 5,9 (-11) 2,8 ± 1,5 (-10)	9,3 + 3,8 (-10) 6,9 ± 1,5 (-10) 2,1 ± 0,8 (-9)
Aufbereitungs- traktabluf (ungefiltert)	D	elem. I org. I gesamt. I	3,2 + 0,6 (-12) 3,9 ± 2,0 (-12) 7,4 ± 2,4 (-12)	3,4 + 1,5 (-13) 1,8 ± 0,5 (-13) 7,7 ± 3,8 (-13)	5,6 + 1,6 (-12) 2,4 ± 0,8 (-12) 8,4 ± 2,5 (-12)	1,2 + 0,8 (-11) 1,3 ± 1,0 (-11) 2,7 ± 1,9 (-11)	8,1 + 5,5 (-11) 3,0 ± 1,2 (-11) 1,4 ± 0,9 (-10)
Aufbereitungs- traktabluf (gefiltert) a)	E	elem. I org. I gesamt. I	-	-	-	1,2 + 0,6 (-12) 1,3 ± 0,4 (-12) 2,6 ± 1,0 (-12)	4,2 ± 1,8 (-11) 4,3 ± 1,9 (-11) 9,3 ± 3,0 (-11)
Betriebs- gebäude- abluf	F	elem. I org. I gesamt. I	1,6 + 0,2 (-12) 4,1 ± 1,3 (-13) 2,2 ± 0,4 (-12)	4,6 ± 1,9 (-13) 1,8 ± 1,0 (-13) 7,8 ± 3,9 (-13)	8,5 + 1,7 (-13) 2,2 ± 0,6 (-13) 1,1 ± 0,2 (-12)	3,8 + 2,2 (-11) 2,5 ± 1,9 (-11) 6,3 ± 4,1 (-11)	4,3 ± 1,5 (-11) 1,1 ± 0,3 (-11) 5,5 ± 1,8 (-11)
Digestorien- abluf	G	elem. I org. I gesamt. I	1,4 + 0,9 (-12) 1,5 ± 0,4 (-13) 1,5 ± 0,9 (-12)	1,2 + 0,2 (-13) 2,6 ± 1,3 (-14) 1,5 ± 0,4 (-13)	3,8 + 1,2 (-12) 9,5 ± 2,1 (-13) 4,7 ± 1,3 (-12)	3,3 + 1,2 (-13) 5,0 ± 1,6 (-14) 3,8 ± 1,4 (-13)	3,3 + 1,0 (-12) 3,4 ± 1,1 (-13) 3,6 ± 1,1 (-12)
Maschinenhaus- abluf	H	elem. I org. I gesamt. I	7,8 + 1,9 (-12) 9,7 ± 7,2 (-11) 1,1 ± 0,7 (-10)	3,4 + 0,6 (-12) 3,9 ± 0,6 (-12) 8,5 ± 1,2 (-12)	3,6 + 1,4 (-11) 2,1 ± 1,0 (-11) 6,3 ± 2,7 (-11)	2,6 + 1,0 (-11) 9,5 ± 3,6 (-11) 1,2 ± 0,4 (-10)	6,3 + 1,7 (-11) 2,6 ± 0,5 (-10) 3,3 ± 0,4 (-10)

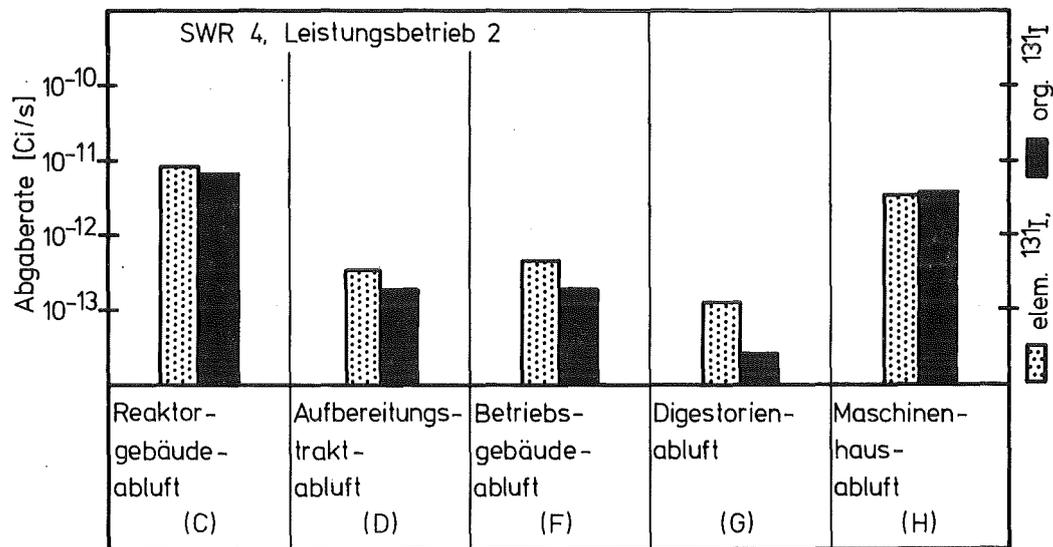
a) Iodfilter praktisch nur während der Revision eingeschaltet



KfK LAF II D824

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

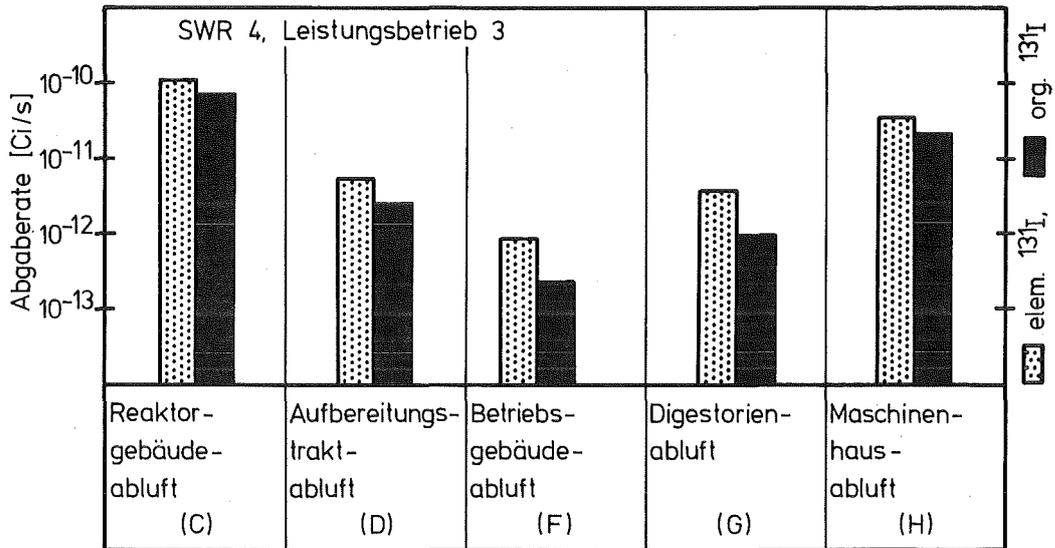
Abb. 40



KfK LAF II D8271

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

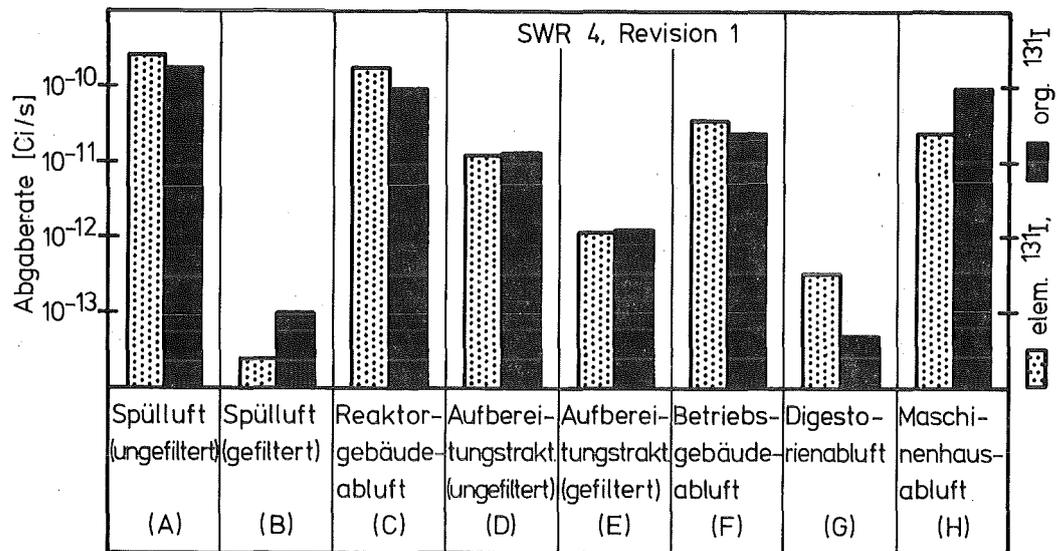
Abb. 41



KfK LAF II D8272

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

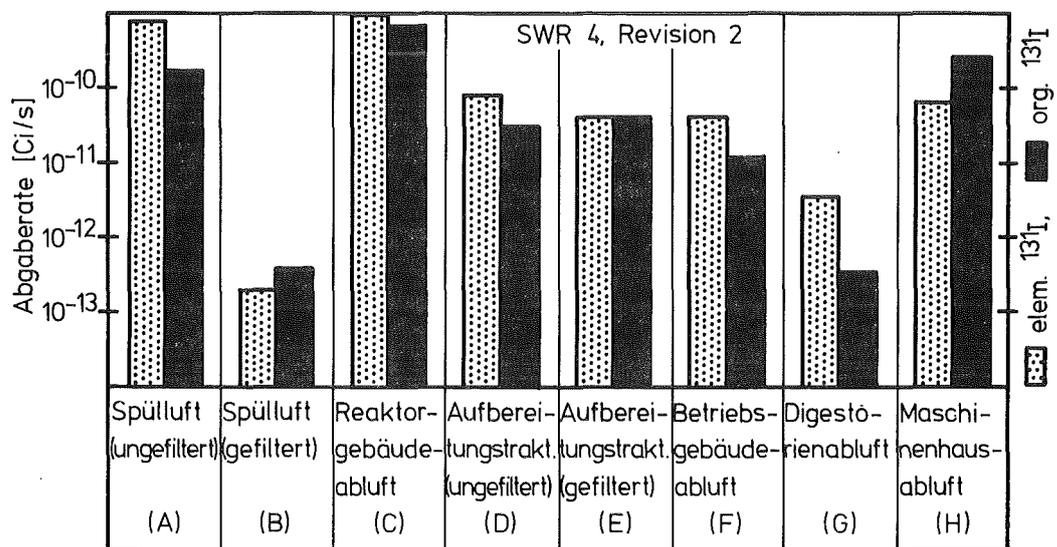
Abb. 42



KfK LAF II D825

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

Abb. 43



KfK LAF II D8273

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

Abb. 44

Tab. 6: Anteile der ^{131}I -Komponenten in den Abluftströmen

Abluftstrom	Meß- stelle	^{131}I - Komponente	Anteil [%] ^{a)}				
			Leistungs- betrieb 1	Leistungs- betrieb 2	Leistungs- betrieb 3	Revision 1	Revision 2
Spülluft (ungefiltert)	A	elem. I org. I	- -	- -	- -	60 40	80 19
Spülluft (gefiltert)	B	elem. I org. I	- -	- -	- -	19 80	31 64
Reaktorgebäude - abluf	C	elem. I org. I	72 21	54 44	55 37	64 35	44 32
Aufbereitungstrakt- abluf (ungefiltert)	D	elem. I org. I	43 53	45 23	67 28	46 49	59 22
Aufbereitungstrakt- abluf (gefiltert)	E	elem. I org. I	- -	- -	- -	45 52	45 46
Betriebsgebäude- abluf	F	elem. I org. I	75 19	58 23	77 20	60 39	78 21
Digestorien- abluf	G	elem. I org. I	90 10	77 17	80 20	87 13	90 < 1
Maschinenhaus- abluf	H	elem. I org. I	7 92	40 46	57 33	22 78	19 78

a) berechnet aus den Abgaberaten der ^{131}I -Komponenten (restlicher Anteil: schwebstoffförmiges ^{131}I)

Tab. 7: Beiträge der Abluftströme zur Abgaberate der ^{131}I -Komponenten in der Kaminfortluft

Abluftstrom	Meß- stelle	^{131}I - Komponente	Beitrag [%] a)				
			Leistungs- betrieb 1	Leistungs- betrieb 2	Leistungs- betrieb 3	Revision 1	Revision 2
Spülluft (ungefiltert)	A	elem. org. gesamt.	-	-	-	-	-
Spülluft (gefiltert)	B	elem. org. gesamt.	-	-	-	<1 <1 <1	<1 <1 <1
Reaktor- gebäude- abluft	C	elem. org. gesamt.	58 5 19	67 62 61	70 75 72	73 45 60	86 69 82
Aufbereitungs- traktluft (ungefiltert)	D	elem. org. gesamt.	10 4 5	3 2 3	4 2 3	-	-
Aufbereitungs- traktluft (gefiltert)	E	elem. org. gesamt.	-	-	-	<1 <1 <1	4 4 4
Betriebs- gebäude- abluft	F	elem. org. gesamt.	5 <1 2	4 2 3	<1 <1 <1	15 11 14	4 1 2
Digestorien- abluft	G	elem. org. gesamt.	4 <1 1	<1 <1 <1	2 1 2	<1 <1 <1	<1 <1 <1
Maschinenhaus- abluft	H	elem. org. gesamt.	23 91 74	26 35 32	23 22 23	11 43 26	6 26 13

a) bezogen auf die Summe der Abgaberraten der ^{131}I -Komponenten

Tab. 8: Bedeutung weiterer Abluftströme ^{a)} hinsichtlich der ¹³¹I-Abgaberate (gesamtes ¹³¹I)

Abluftstrom	Meßstelle	Betriebs- ^{b)} phase	Beitrag zur ¹³¹ I-Abgaberate verschiedener Abluftströme
Abluft der Reaktor- bedienungsühne	vor A	R	≈ 100 % der ungefilterten Spülluft
Abluft aus dem "Pumpenraum" ^{c)}	vor C	L; R	5 % bzw. 1 % der Reaktorgebäudeabluf
Stopfbuchsabsaugung (gefiltert) ^{d)}	vor C	L	< 1 % der Reaktorgebäudeabluf
Digestorienabluf ohne Gloveboxabluf	vor G	L; R	≈ 100 % bzw. 70 % der Digestorienabluf mit Gloveboxabluf
Abgas (verzögert)	vor I	L	<< 1 % der Kaminfortluft
Ringspaltabsaugung (gefiltert)	vor I	L	<< 1 % der Kaminfortluft

- a) Abluftströme, die mit den in Abb. 1 eingetragenen Meßstellen nicht direkt erfaßt werden
b) L: Leistungsbetrieb; R: Revision (Meßzeit: 3 - 6 Wochen)
c) Raum mit verschiedenen Pumpen, z. B. Reaktorwasserreinigungspumpen
d) DF's der Iodfilter: >100

5. Zusammenfassung

Die Messungen des ^{131}I in der Kaminfortluft und in einzelnen Abluftströmen eines Siedewasserreaktors (SWR 4) während 12 Monaten führten u. a. zu folgenden Ergebnissen:

- a) In der Kaminfortluft betrug der Anteil des radiologisch entscheidenden elementaren ^{131}I im Mittel 45 %. Der Rest entfiel praktisch vollständig auf organisches ^{131}I .
- b) Das mit der Kaminfortluft abgegebene elementare ^{131}I wurde zum weitaus größten Teil von der ungefilterten Reaktorgebäudeabluft geliefert (Durchsatz ca. $110.000 \text{ m}^3/\text{h}$). Eine weitere wesentliche Quelle für das in die Umgebung freigesetzte elementare ^{131}I war die ungefilterte Maschinenhausabluft (Durchsatz ca. $120.000 \text{ m}^3/\text{h}$).
- c) Die potentiell hohe Abgabe von elementarem ^{131}I mit der Spülluft wurde durch Iodfilterung auf völlig unbedeutende Werte reduziert ($\text{DF} > 10^3$).

Die diesem Bericht zugrunde liegenden Messungen wurden mit Mitteln des Bundesministers des Innern gefördert.

An der Durchführung bzw. Auswertung der Messungen waren vorwiegend die Herren R. Sommerlatt, H. Fischer, R. Butz und A. Ladanyi beteiligt.

6. Literatur

- /1/ Der Bundesminister des Innern,
Allgemeine Berechnungsgrundlagen für die Bestimmung der
Strahlenexposition durch Emission radioaktiver Stoffe (1977).
- /2/ Deuber, H.,
Aspects of retention of ^{131}I in light water reactors during
normal operation,
IAEA Seminar on the testing and operation of off-gas cleaning
systems at nuclear facilities, Karlsruhe, 3. - 7.5.1982.
- /3/ Deuber, H.,
Die physikalisch-chemischen ^{131}I -Komponenten in der Fortluft eines
Siedewasserreaktors (SWR 3),
KfK 3343 (1982).
- /4/ Pelletier, C. A., u. a.,
Sources of radioiodine at boiling water reactors,
EPRI NP - 495 (1978).
- /5/ Deuber, H.,
Die physikalisch-chemischen Radioiodkomponenten in der Abluft
eines Druckwasserreaktors (DWR 3),
KfK 3207 (1981).
- /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/ Deuber, H.,
Die physikalisch-chemischen Radioiodkomponenten in der Abluft
eines Druckwasserreaktors (DWR 2),
KfK 3206 (1981).