

KfK 3666
Februar 1984

**Die physikalisch-chemischen
 ^{131}I -Komponenten in der Abluft
eines Siedewasserreaktors
(SWR 5)**

H. Deuber
Laboratorium für Aerosolphysik und Filtertechnik
Projekt Nukleare Sicherheit

Kernforschungszentrum Karlsruhe



KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Laboratorium für Aerosolphysik und Filtertechnik

Projekt Nukleare Sicherheit

KfK 3666

Die physikalisch-chemischen ^{131}I -Komponenten
in der Abluft eines Siedewasserreaktors (SWR 5)

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 5)

Kurzfassung

In einem deutschen Siedewasserreaktor wurden während vier 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 .

Das mit der Kaminfortluft abgegebene ^{131}I bestand im Mittel zu 13 % aus elementarem Iod. Dieses wurde vor allem mit der Abluft aus dem Reaktorgebäude und aus dem Maschinenhaus in die Umgebung freigesetzt.

The physico-chemical ^{131}I species in the exhaust air
of a boiling water reactor (BWR 5)

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 four months. These measurements aimed in particular at determining the percentage and the source of the radiologically decisive elemental ^{131}I released to the environment.

On an average 13 % 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.

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	Seite
1. Einleitung	1
2. Daten des Reaktors	2
3. Ergebnisse und Diskussion	6
3.1 Messungen in der Kaminfortluft	6
3.2 Messungen in den die Kaminfortluft bildenden Abluftströmen	10
4. Zusammenfassung	25
5. Literatur	26

1. Einleitung

Bei der Berechnung der Strahlenexposition der Bevölkerung in der Umgebung von Kernkraftwerken durch luftgetragenes Radioiod werden nach dem heute üblichen Verfahren /1/ drei 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 ^{131}I -Messungen in einem deutschen Siedewasserreaktor (SWR 5) während eines Zeitraumes von etwa vier Monaten eingegangen. Diese Messungen dienen vor allem der Bestimmung des Anteils des elementaren ^{131}I in der Kaminfortluft und der Hauptquellen des in die Umgebung freigesetzten elementaren ^{131}I .

Berichte über entsprechende Messungen in anderen deutschen Siedewasserreaktoren mit ähnlichen Lüftungssystemen liegen vor /2, 3/. Analoge Untersuchungen in ausländischen Siedewasserreaktoren werden in der Literatur beschrieben /4/.

Zur Erfassung der oben genannten Iodkomponenten wurden die Messungen mit diskriminierenden Iodsammlern durchgeführt /5/.

2. Daten des Reaktors

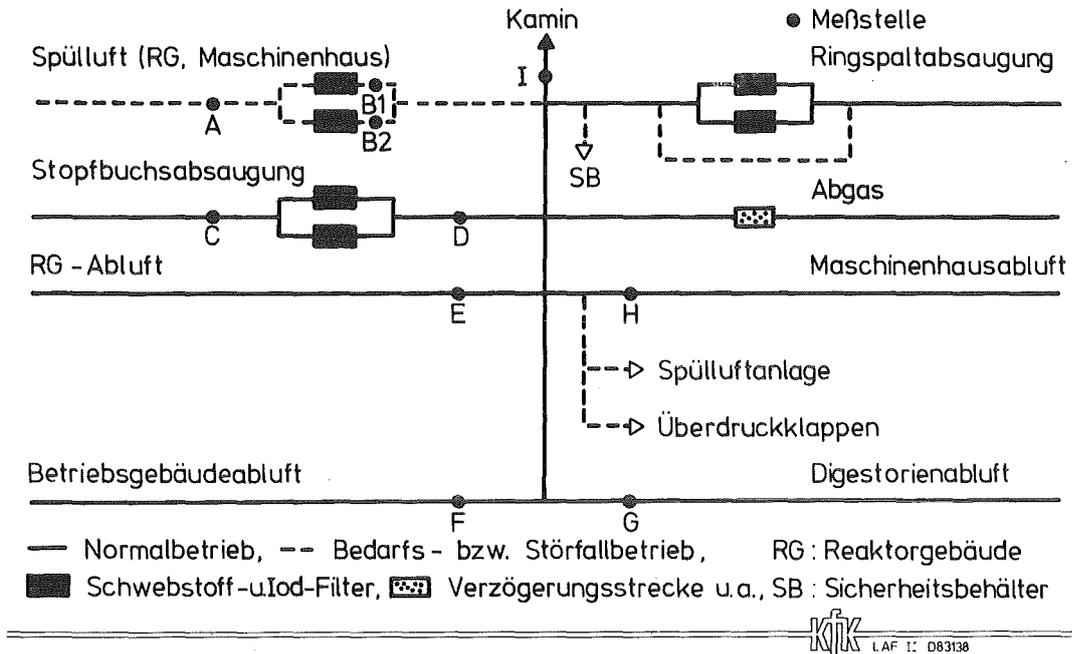
Das Lüftungsschema des SWR 5 geht aus Abb. 1 und den dazugehörigen Erklärungen hervor. Wichtige Daten zur Abluft sind in Tab. 1 enthalten.

Zu kontinuierlichen Messungen in der Kaminfortluft diente die Meßstelle I. Einzelne Abluftströme, nämlich Spülluft, Stopfbuchsabsaugung, Reaktorgebäudeabluft, Betriebsgebäudeabluft, Digestorienabluft und Maschinenhausabluft wurden, soweit sie in Betrieb waren, kontinuierlich mit den Meßstellen A, B1, B2, C, D, E, F, G, H erfaßt. (Wegen nicht einwandfreien Betriebs von Iodsammlern und verspäteter Einrichtung von Meßstellen liegen teilweise keine Meßwerte vor.) Die gefilterte Stopfbuchsabsaugung wurde während der Sammelperioden* 7 bis 15 durch eine provisorische Schaltung über die Spülluftanlage abgegeben und mit den Meßstellen A, B1 und B2 noch einmal erfaßt.

Die in der Spülluft und in der Stopfbuchsabsaugung betriebenen Iodfilter bestehen aus Tiefbettfiltern. Bei den Auslegungsdurchsätzen (12.000 bzw. 1.000 m³/h) betragen die Verweilzeiten ca. 0,5 bzw. 0,7 s.

Die Betriebsphasen, die im folgenden getrennt ausgewertet werden, gehen aus Tab. 2 hervor. Es handelt sich, wie ersichtlich, um eine Leistungsbetriebsphase und zwei Revisionsphasen.

* Sammelperioden sind aneinandergrenzende, fortlaufend nummerierte Meßzeiträume von einwöchiger Dauer.



Vereinfachtes Abluftschema des SWR 5

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. Die Stopfbuchsabsaugung besteht aus der Abluft aus Stopfbuchsen von reaktorwasserführenden Armaturen und aus der Abluft verschiedener Behälter, die insbesondere Ionenaustauscher der Reaktorwasserreinigung enthalten. Die bei der Meßstelle F erfaßte Betriebsgebäudeabluft stammt aus dem Kontrollbereich. Die Digestorienabluft wird über Schwebstofffilter (nicht eingezeichnet) abgegeben. (Weitere Angaben in Tab. 1 und im Text.)

Tab.1: Abluftströme des SWR 5

Abluftstrom ^a	Meßstelle	Durchsatz (m ³ /h)	Sammelperioden ^d mit ¹³¹ I-Meßwerten
Kaminfortluft	I	330 000	1 - 17
Spülluft (ungefiltert)	A	12 000 ^b	8, 11 - 16
Spülluft (gefiltert)	B1,B2	12 000 ^b	11 - 16 (B1); 8,10 - 12 (B2)
Stopfbuchsabsaugung (ungefiltert)	C	1 000 ^c	3 - 17
Stopfbuchsabsaugung (gefiltert)	D	1 000 ^c	13 - 17
Reaktorgebäudeabluft	E	140 000	1 - 17
Betriebsgebäudeabluft	F	30 000	3 - 17
Digestorienabluft	G	12 000	1 - 17
Maschinenhausabluft	H	140 000	1 - 17

^a Temperatur: 20 - 60 °C; relative Feuchte: 20 - 70 %

^b bei Betrieb eines Filters (16 000 m³/h bei Betrieb zweier Filter);
Betrieb nur während der Sammelperioden 7 - 16

^c während der Sammelperioden 7 - 15 (sonst meistens < 10 m³/h)

^d aneinandergrenzende, fortlaufend numerierte Meßzeiträume von einwöchiger Dauer
(bei den Meßstellen A, B1 und B2 teilweise kürzere Meßzeiträume)

Tab. 2: Betriebsphasen

Betriebsphasen	Sammelperiode
Leistungsbetrieb ^a	1 - 5
Revision 1 ^b	6 - 11
Revision 2 ^b	12 - 17

^a Betriebsphase außerhalb der Revision

^b Unterscheidung zur getrennten Ausrechnung der ersten und zweiten Hälfte der Revision (in der ersten Hälfte der Revision besonders hohe Freisetzung von luftgetragendem ¹³¹I)

3. Ergebnisse und Diskussion

Es 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. 10% bei Leistungsbetrieb und ca. 1% bei Revision; vgl. Tab. 3 und 5).

3.1 Messungen in der Kaminfortluft

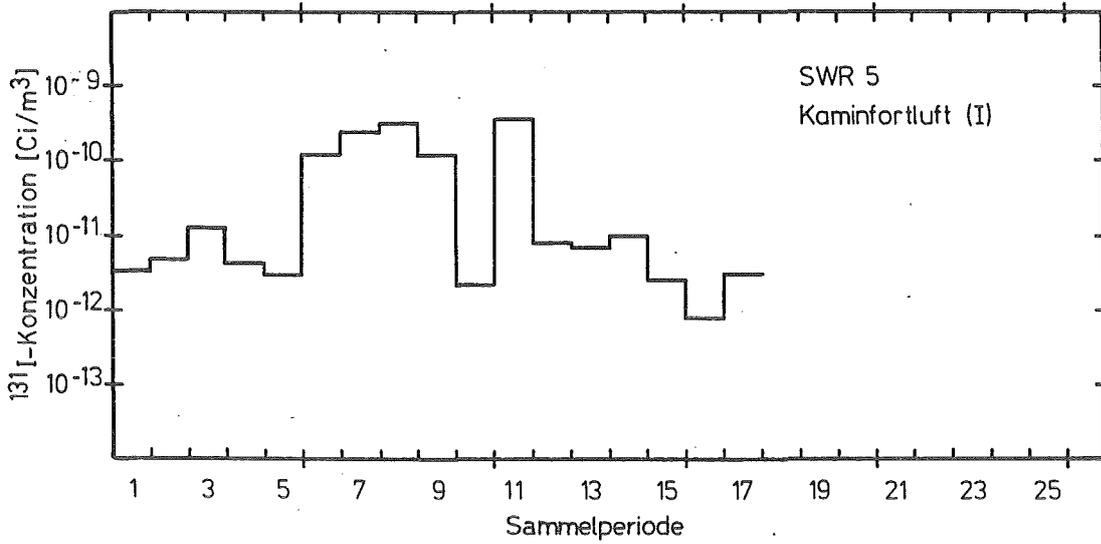
Die während der einzelnen Sammelperioden in der Kaminfortluft ermittelten ^{131}I -Konzentrationen und Anteile der ^{131}I -Komponenten sind in den Abb. 2 und 3 wiedergegeben. Es ist folgendes zu erkennen:

- a) Die ^{131}I -Konzentration lag während der Sammelperioden 1 bis 5 (Leistungsbetrieb) zwischen etwa 10^{-12} und 10^{-11} Ci/m^3 , während der Sammelperioden 6 bis 11 (Revision 1) zwischen 10^{-10} und 10^{-9} Ci/m^3 (außer in Sammelperiode 10) und während der Sammelperioden 12 bis 17 (Revision 2) wieder zwischen etwa 10^{-12} bis 10^{-11} Ci/m^3 .
- b) Der Anteil des elementaren ^{131}I war bei Leistungsbetrieb größer als der des organischen ^{131}I . Bei Revision überwog der Anteil des organischen ^{131}I (außer in Sammelperiode 10).

Die mittleren Abgaberaten und Anteile der ^{131}I -Komponenten in der Kaminfortluft während der einzelnen Betriebsphasen sind in Tab. 3 angeführt. Der hohe Anteil des elementaren ^{131}I bei Leistungsbetrieb und der geringe Anteil des elementaren ^{131}I bei Revision sind deutlich zu erkennen. Da bei hohen Abgaberaten der Anteil des elementaren ^{131}I gering war, ergibt sich für den gesamten Meßzeitraum (Leistungsbetrieb und Revision) ein geringer Anteil des elementaren ^{131}I (13 %).

Bei anderen deutschen Siedewasserreaktoren wurde bei hohen Abgaberaten ebenfalls ein geringer Anteil des elementaren ^{131}I festgestellt, so daß die während verschiedener Jahre gemessenen mittleren Anteile des elementaren ^{131}I zwischen 16 % und 47 % lagen /2, 3/.

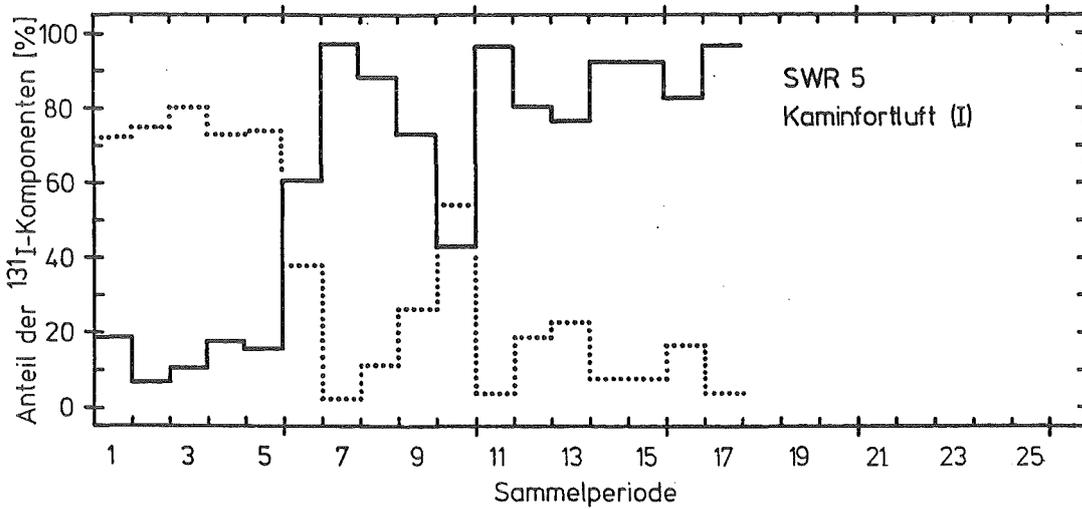
Für die Kaminfortluft von ausländischen Siedewasserreaktoren werden mittlere Anteile des elementaren ^{131}I von ca. 30 % angegeben /4/.



KfK LAF II D83157

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

Abb. 2



KfK LAF II D83158

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

Abb. 3

Tab. 3: Abgaberaten und Anteile der ^{131}I -Komponenten in der Kaminfortluft

Betriebsphase ^a	^{131}I -Komponente	Abgaberate ^b (Ci/s)	Anteil ^c (%)
Leistungsbetrieb	elem.	4,0 (-10)	76
	org.	6,9 (-11)	13
	gesamt.	5,3 (-10)	
Revision 1	elem.	2,2 (- 9)	12
	org.	1,6 (- 8)	88
	gesamt.	1,9 (- 8)	
Revision 2	elem.	6,9 (-11)	14
	org.	4,3 (-10)	86
	gesamt.	5,0 (-10)	

^a Dauer der Betriebsphasen: s. Tab. 2

^b Zehnerpotenz durch Exponenten in Klammern wiedergeben

^c berechnet aus den Abgaberaten
(restlicher Anteil: schwebstoffförmiges ^{131}I)

3.2 Messungen in den die Kaminfortluft bildenden Abluftströmen

Die während der einzelnen Sammelperioden in den verschiedenen Abluftströmen (Meßstellen A bis H) verzeichneten ^{131}I -Konzentrationen und Anteile der ^{131}I -Komponenten sind in den Abb. 4 bis 21 aufgeführt. Es ist folgendes festzustellen:

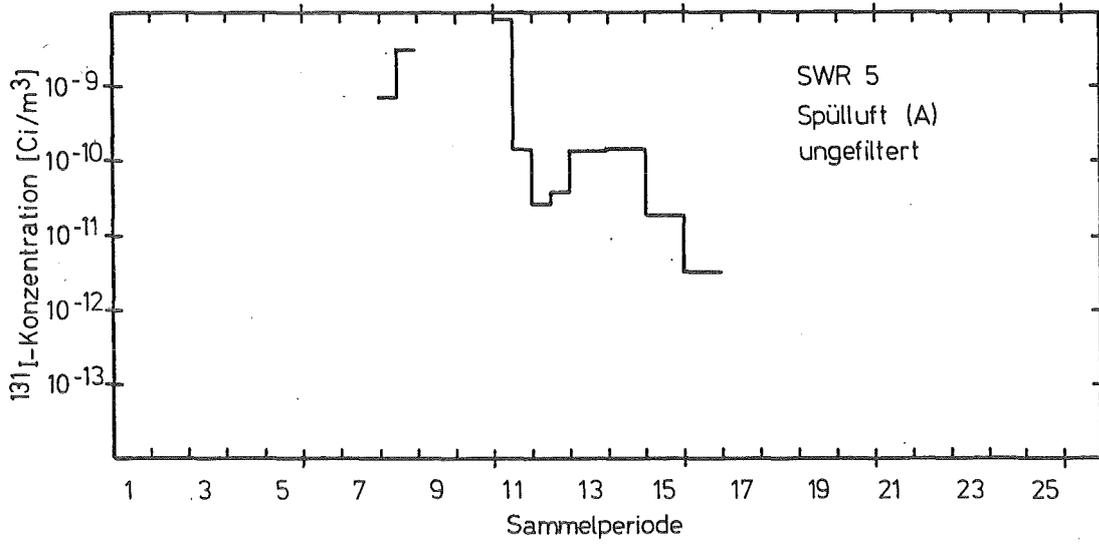
- a) Die ^{131}I -Konzentration wies während Revision 1 (Sammelperioden 6 bis 11) hohe Werte auf, insbesondere am Anfang und Ende dieser Betriebsphase. Die höchsten Werte wurden in der Spülluft und in der Stopfbuchsabsaugung gemessen. (In der ungefilterten Stopfbuchsabsaugung traten teilweise Werte von 10^{-6} bis 10^{-5} Ci/m³ auf.)
- b) Der Anteil des elementaren ^{131}I war bei Leistungsbetrieb (Sammelperioden 1 bis 5) in den meisten Abluftströmen i. allg. größer als der des organischen ^{131}I . Bei Revision überwog meistens der Anteil des organischen ^{131}I . In der Stopfbuchsabsaugung überwog immer der Anteil des organischen ^{131}I .

Die mittleren Abgaberaten der ^{131}I -Komponenten in den Abluftströmen während verschiedener Betriebsphasen sind in Tab. 4 wiedergegeben. Tab. 5 enthält die mittleren Anteile der ^{131}I -Komponenten in den Abluftströmen. Daraus geht folgendes hervor:

- a) Die höchsten zur Freisetzung in die Umgebung beitragenden Abgaberaten des elementaren ^{131}I traten in der Abluft aus dem Reaktorgebäude und aus dem Maschinenhaus auf.
- b) Die hohen Abgaberaten des elementaren ^{131}I in der Spülluft und Stopfbuchsabsaugung wurden durch Filterung auf für die Freisetzung in die Umgebung unbedeutende Werte reduziert.
- c) Die Abgaberaten des elementaren ^{131}I in der Digestorienabluft hatten eine für die Freisetzung in die Umgebung unbedeutende Höhe.

Diese Befunde stimmen zum großen Teil mit den in einem anderen deutschen Siedewasserreaktor (SWR 4) erzielten Ergebnissen überein /2/. Das gilt insbesondere für die relativ geringe Abgabe von elementarem ^{131}I mit der Digestorienabluft (Gegensatz zu Druckwasserreaktoren /5, 6/). Ein markanter Unterschied besteht in der beim SWR 5 hohen Abgaberate des organischen ^{131}I in der gefilterten Spülluft und Stopfbuchsabsaugung.

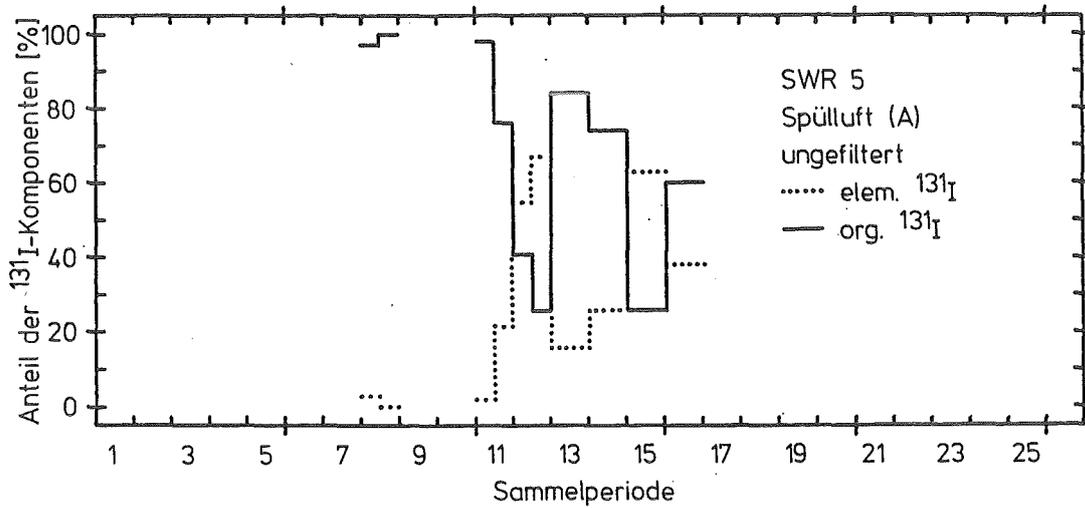
Aus den dargelegten Ergebnissen ist zu schließen, daß, wie beim SWR 4, durch Erhöhung der Abscheidegrade der vorhandenen Iodfilter oder durch Einbau weiterer Iodfilter von mittlerem Durchsatz (Größenordnung: $10.000 \text{ m}^3/\text{h}$) die Freisetzung von elementarem ^{131}I in die Umgebung des SWR 5 nicht entscheidend gesenkt werden kann.



KfK LAF II D83139

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

Abb. 4^a

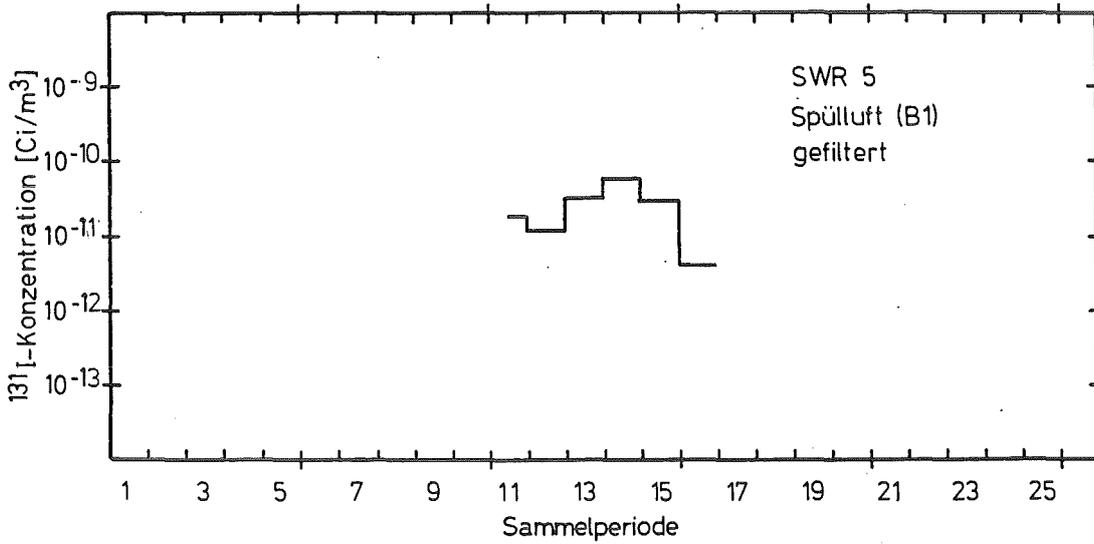


KfK LAF II D83140

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

Abb. 5^a

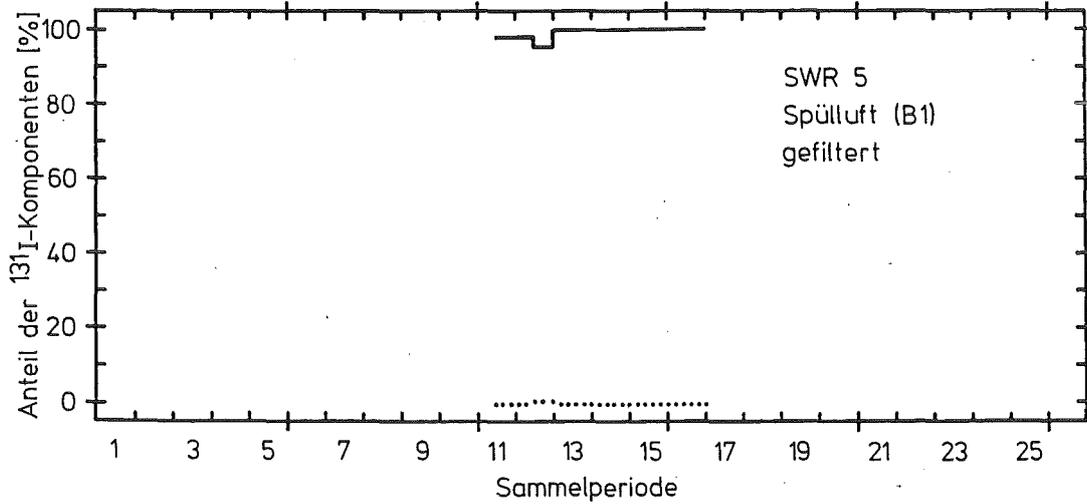
^a Betrieb der Spülluftfilter in den Sammelperioden 7 - 16



KfK LAF II 083141

Zeitlicher Verlauf der ¹³¹I-Konzentration

Abb. 6^a

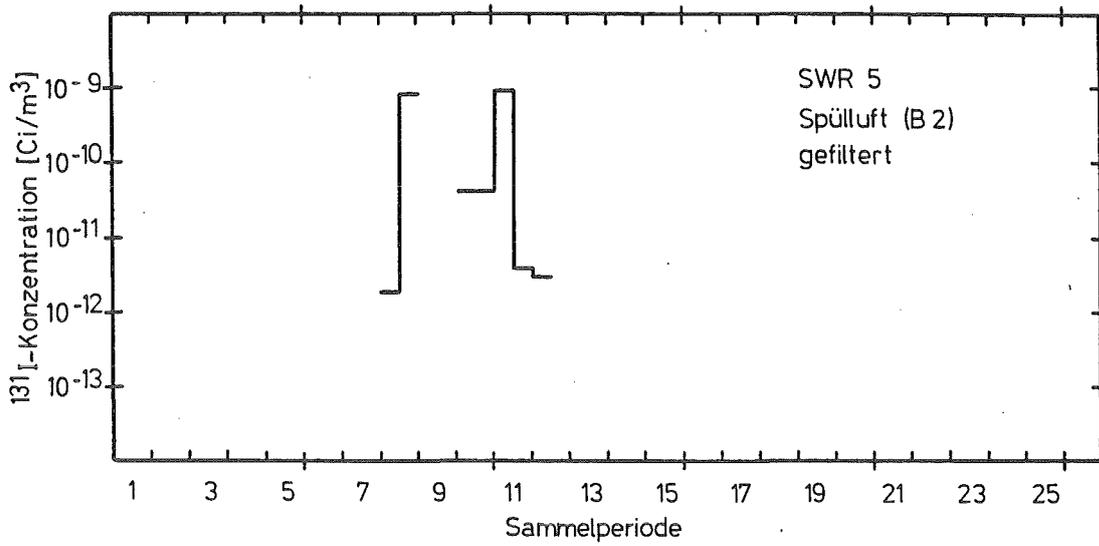


KfK LAF II 083142

Zeitlicher Verlauf des Anteils der ¹³¹I-Komponenten

Abb. 7^a

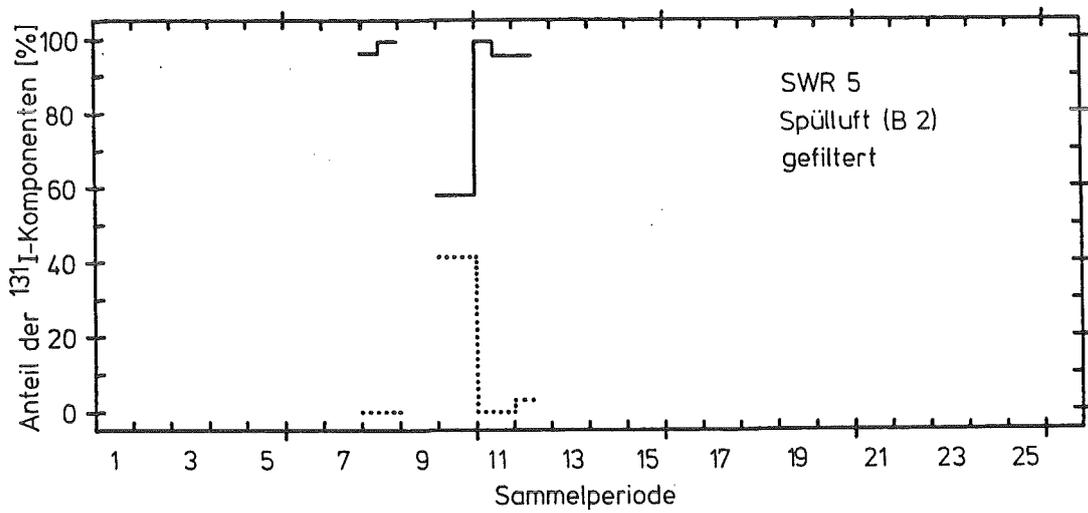
^a Betrieb des Spülluftfilters vor B1 in den Sammelperioden 7, 8 und 11 - 16



KfK LAF II D83143

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

Abb. 8^a

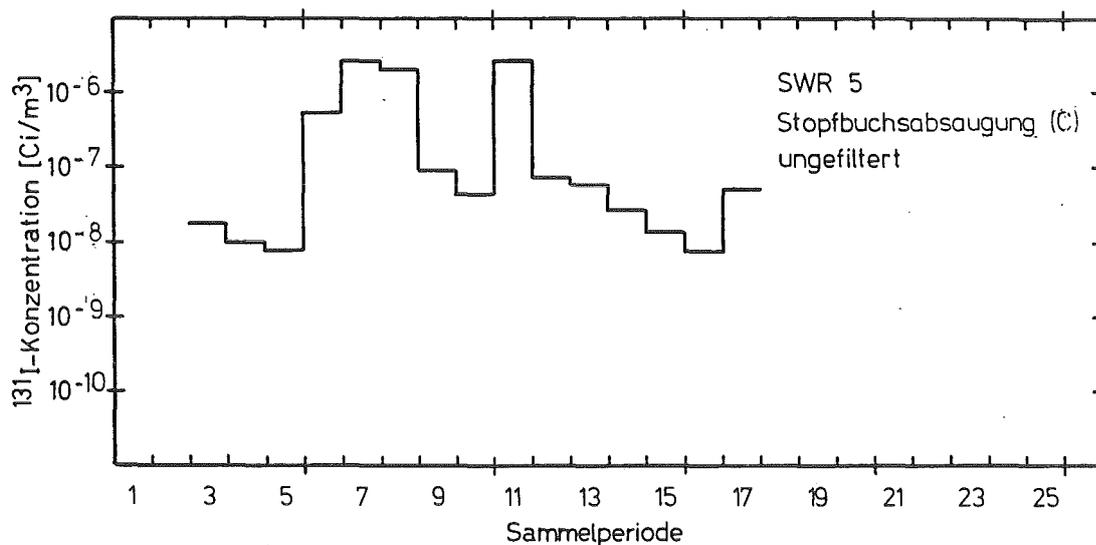


KfK LAF II D83144

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

Abb. 9^a

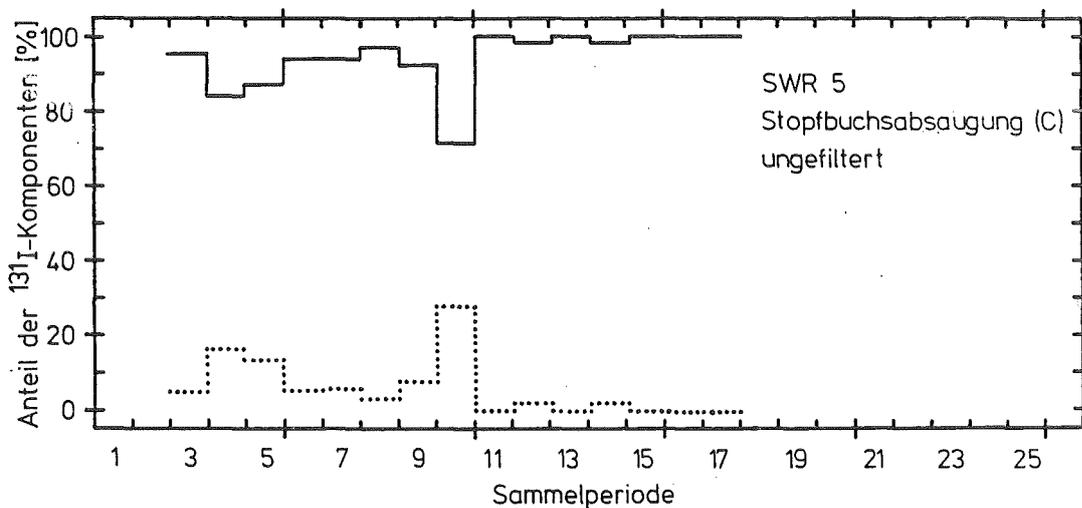
^a Betrieb des Spülluftfilters vor B2 in den Sammelperioden 7 - 12



KfK LAF II D8345

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

Abb. 10^a

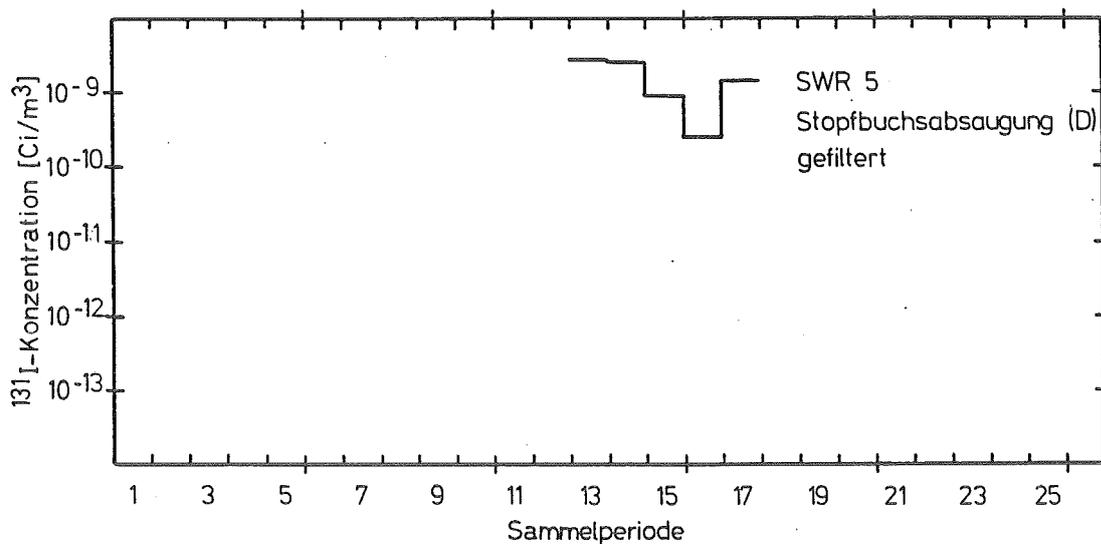


KfK LAF II D8346

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

Abb. 11^a

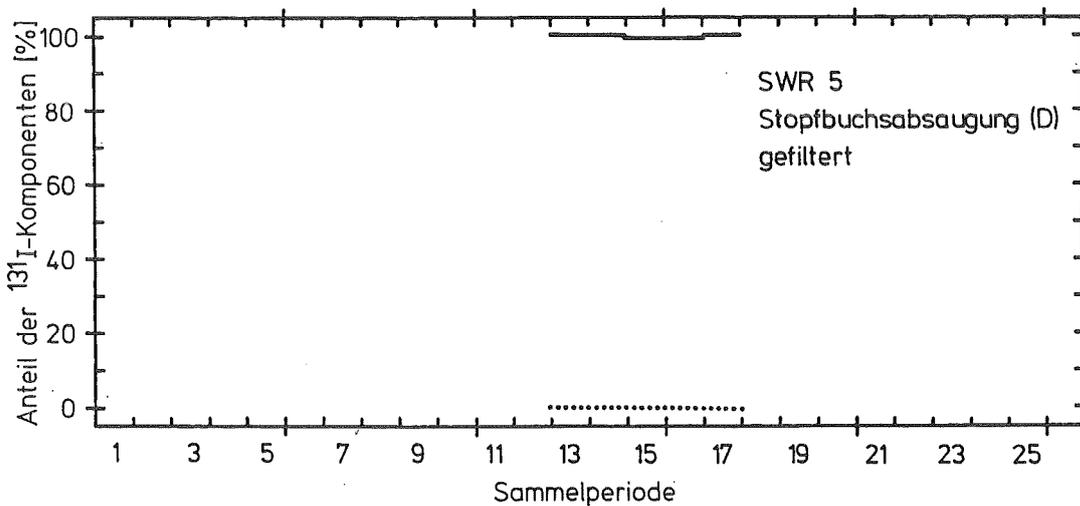
^a Betrieb der Stopfbuchsabsaugung mit 1000 m³/h in den Sammelperioden 7 - 15 (sonst meistens < 10 m³/h)



KfK LAF II D83147

Zeitlicher Verlauf der ¹³¹I-Konzentration

Abb. 12^a

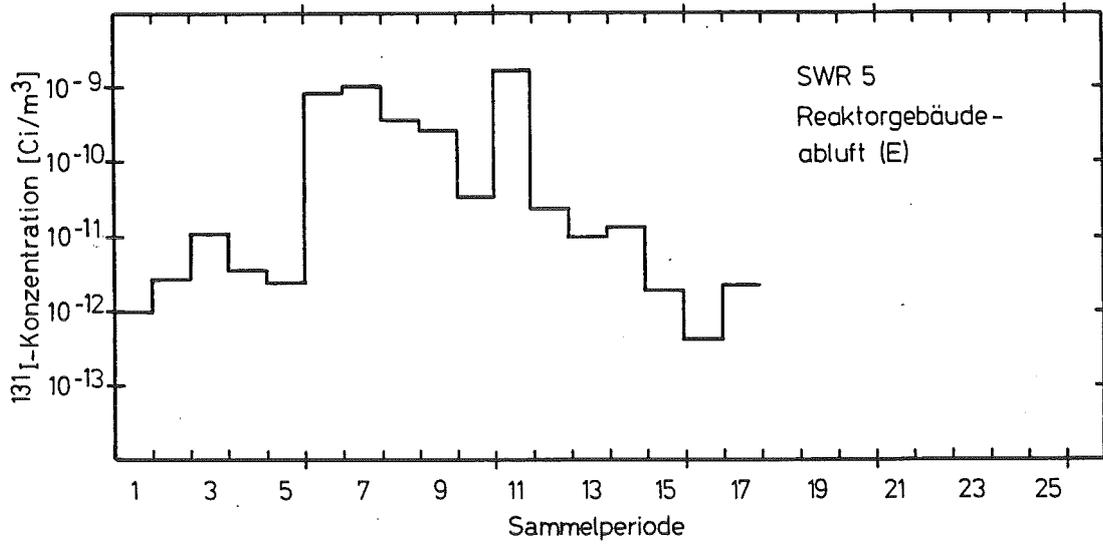


KfK LAF II D83148

Zeitlicher Verlauf des Anteils der ¹³¹I-Komponenten

Abb. 13^a

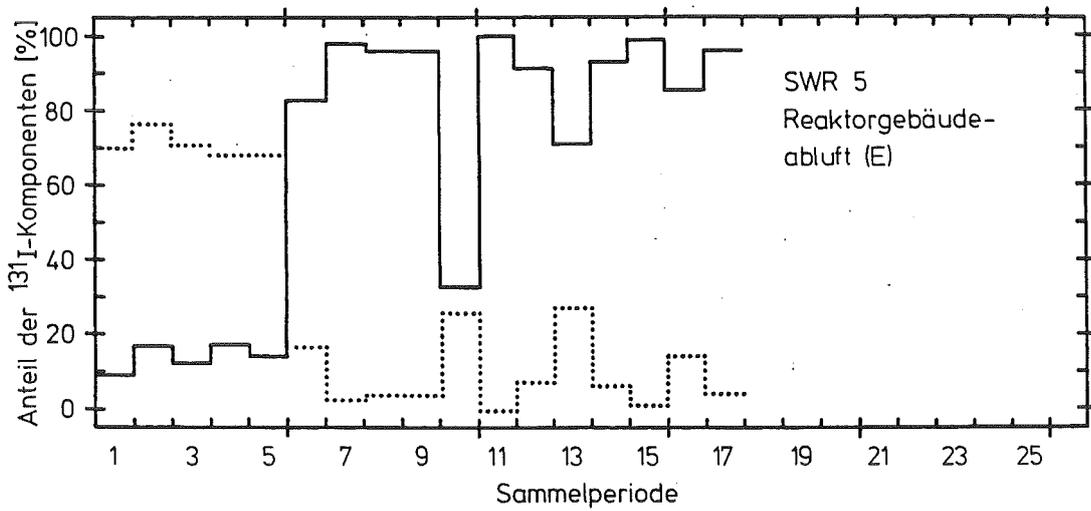
^a Betrieb der Stopfbuchsabsaugung: vgl. Abb. 10 und 11.



KfK LAF II D83149

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

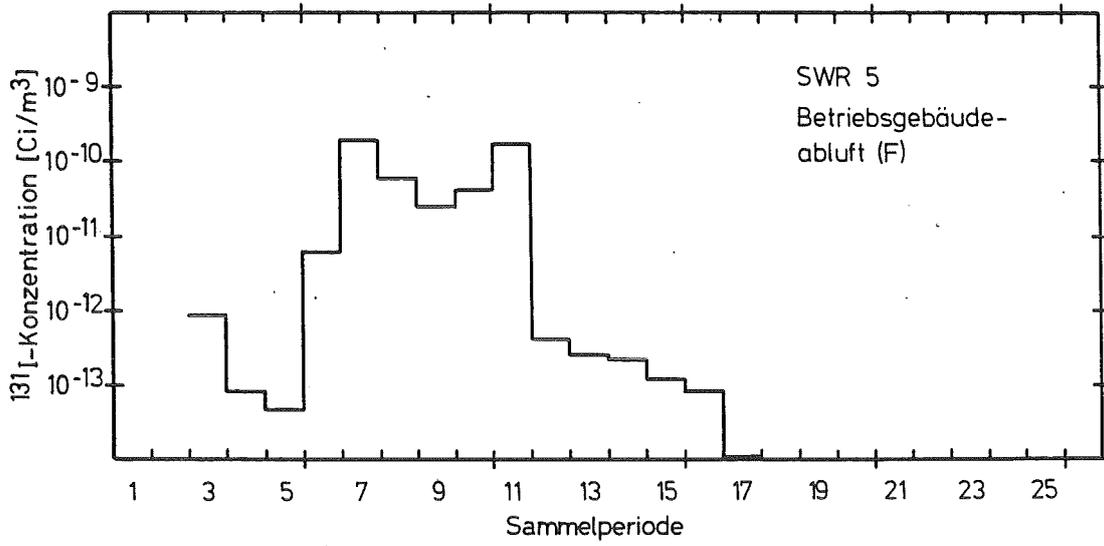
Abb. 14



KfK LAF II D83150

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

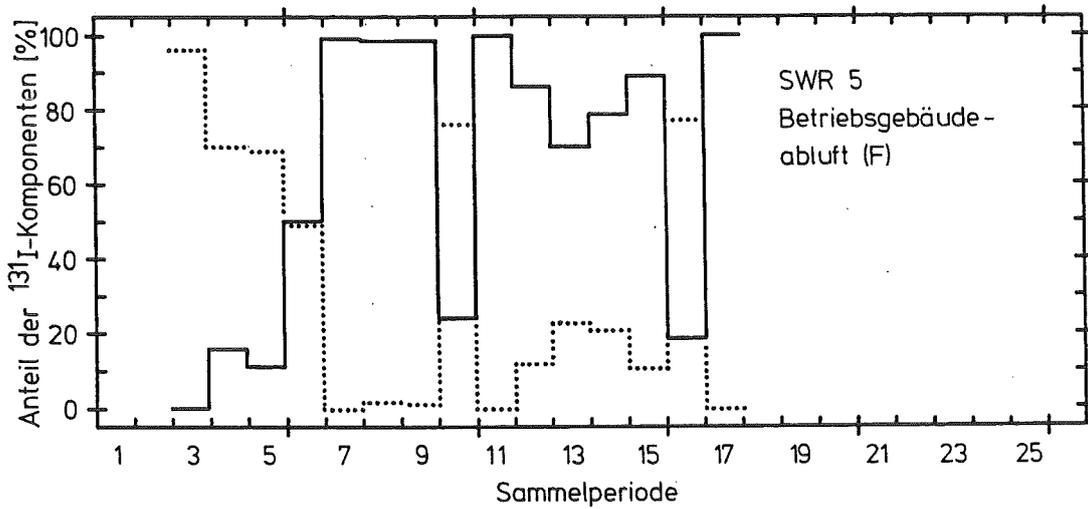
Abb. 15



KfK LAF II D83151

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

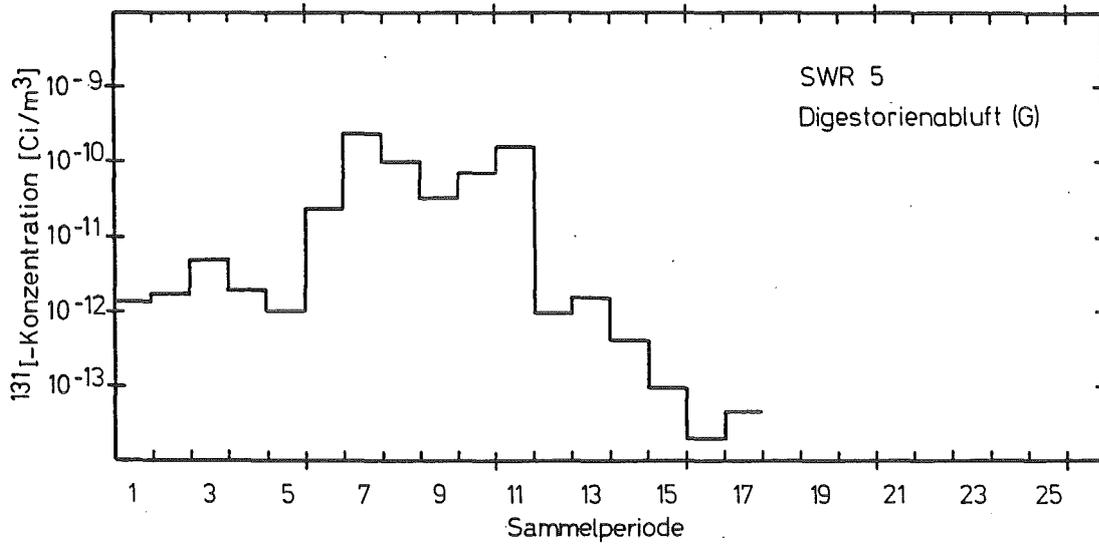
Abb. 16



KfK LAF II D83152

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

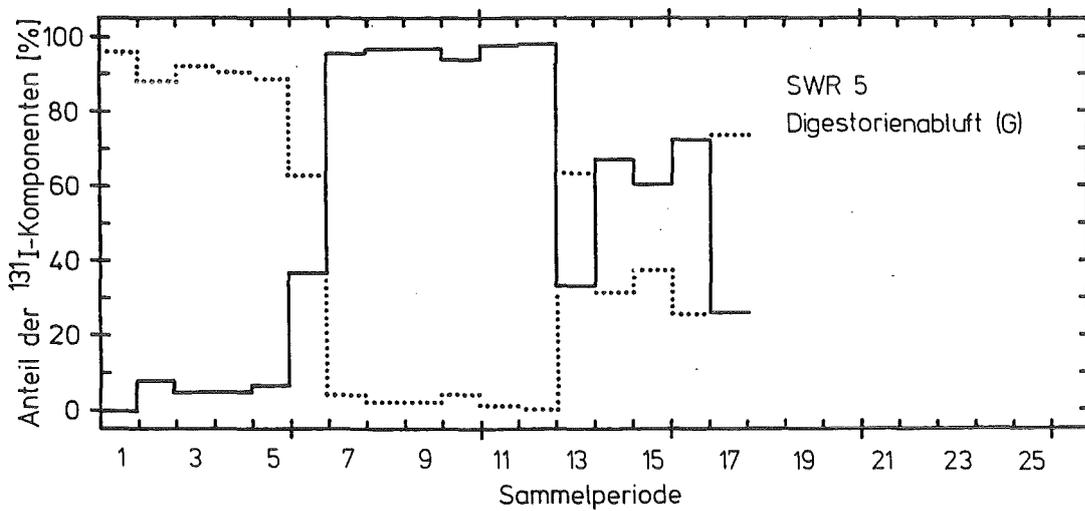
Abb. 17



KfK LAF II 083153

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

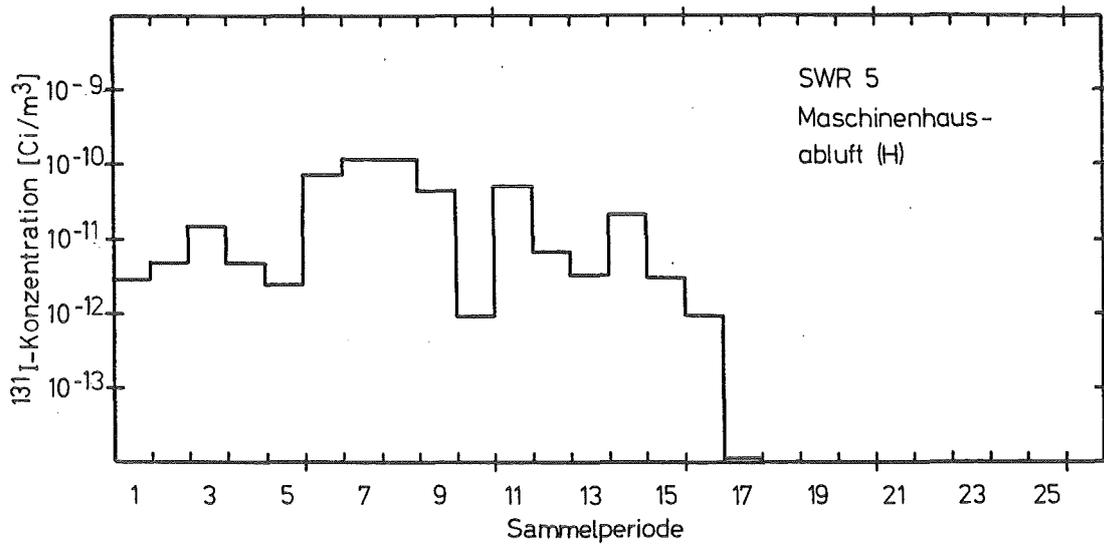
Abb. 18



KfK LAF II 083154

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

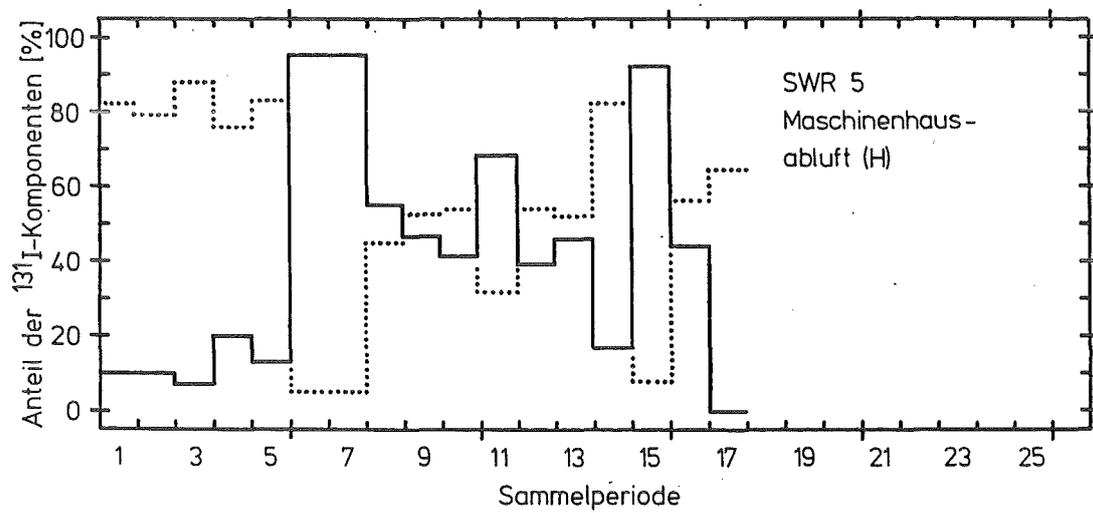
Abb. 19



KJK LAF II 083155

Zeitlicher Verlauf der ^{131}I -Konzentration

Abb. 20



KJK LAF II 083156

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

Abb. 21

Tab. 4: Abgaberaten der ^{131}I -Komponenten in den Abluftströmen

Abluftstrom	Meßstelle	^{131}I -Komponente	Abgaberate (Ci/s) ^a		
			Leistungsbetrieb	Revision 1	Revision 2
Spülluft (ungefiltrert)	A	elem. org. gesamt.	-	-	6,3(-11) 1,5(-10) 2,2(-10)
Spülluft (gefiltrert)	B1, B2	elem. org. gesamt.	-	2,2(-11) ^b 8,4(-10) ^b 8,7(-10) ^b	4,9(-14) ^c 9,0(-11) ^c 9,0(-11) ^c
Stopfbuchsabsaugung (ungefiltrert)	C	elem. org. gesamt.	-	1,4(- 8) 4,0(- 7) 4,1(- 7)	1,5(-10) 1,2(- 8) 1,2(- 8)
Stopfbuchsabsaugung (gefiltrert)	D	elem. org. gesamt.	-	-	1,2(-12) 4,8(-10) 4,8(-10)
Reaktorgebäudeabluf	E	elem. org. gesamt.	1,2(-10) 2,9(-11) 1,6(-10)	1,3(- 9) 2,5(- 8) 2,6(- 8)	4,0(-11) 3,1(-10) 3,5(-10)
Betriebsgebäudeabluf	F	elem. org. gesamt.	2,8(-12) 5,9(-14) 3,0(-12)	5,4(-11) 6,6(-10) 7,2(-10)	3,6(-13) 1,3(-12) 1,7(-12)
Digestorienabluf	G	elem. org. gesamt.	7,2(-12) 3,2(-13) 7,9(-12)	2,0(-11) 3,3(-10) 3,5(-10)	7,6(-13) 1,1(-12) 1,9(-12)
Maschinenhausabluf	H	elem. org. gesamt.	2,1(-10) 2,6(-11) 2,5(-10)	6,9(-10) 2,1(- 9) 2,7(- 9)	1,6(-10) 7,6(-11) 2,4(-10)

^a Dauer der Betriebsphasen: s. Tab. 2;
- : keine oder nur wenige Meßwerte vorhanden;
^b Zehnerpotenzen durch Exponenten in Klammern wiedergegeben
^c Meßstelle B2; Sammlerperioden 8, 10, 11
^d Meßstelle B1; Sammlerperioden 12 - 16
Sammelperioden 7 - 15, sofern Meßwerte vorhanden
(Abgabe der gefilterten Stopfbuchsabsaugung über Spülluftanlage)

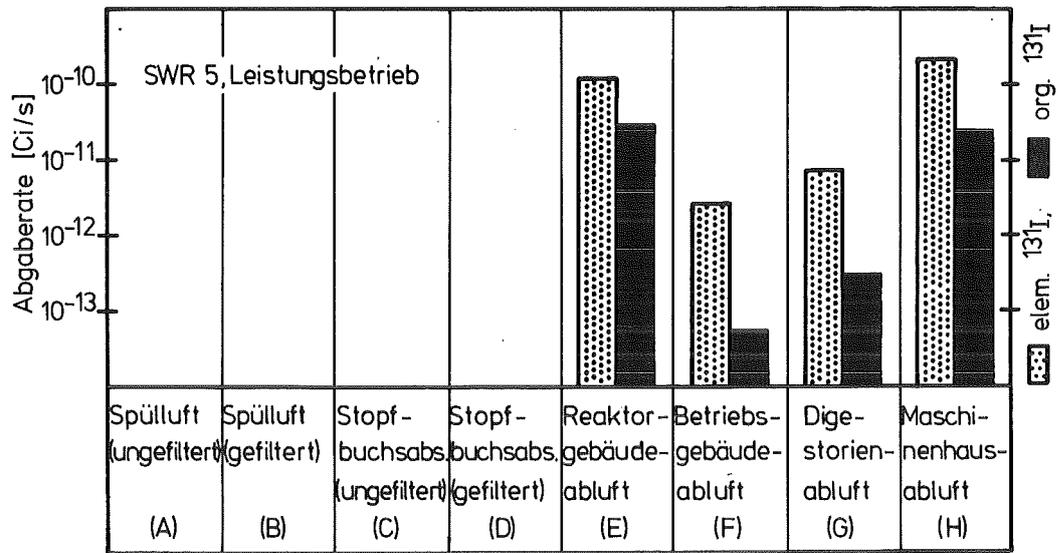
Tab. 5: Anteile der ^{131}I -Komponenten in den Abluftströmen

Abluftstrom	Meß- stelle	^{131}I - Kompo- nente	Anteil (%) ^a		
			Leistungs- betrieb	Revision 1	Revision 2
Spülluft (ungefil- tert)	A	elem. org.	-	-	29 70
Spülluft (gefiltert)	B1, B2	elem. org.	-	3 ^b 97 ^b	< 1 ^c 100 ^c
Stopfbuchs- absaugung (ungefil- tert)	C	elem. org.	-	3 97	1 98
Stopfbuchs- absaugung (gefiltert)	D	elem. org.	-	-	< 1 100
Reaktor- gebäude- abluft	E	elem. org.	71 18	5 95	11 88
Betriebs- gebäude- abluft	F	elem. org.	93 2	8 92	21 77
Digesto- rien- abluft	G	elem. org.	91 4	6 94	40 59
Maschinen- haus abluft	H	elem. org.	83 10	25 75	67 32

^a berechnet aus den Abgaberaten (vgl. Tab. 4; restlicher Anteil: schwebstoffförmiges ^{131}I)

^b Meßstelle B2

^c Meßstelle B1

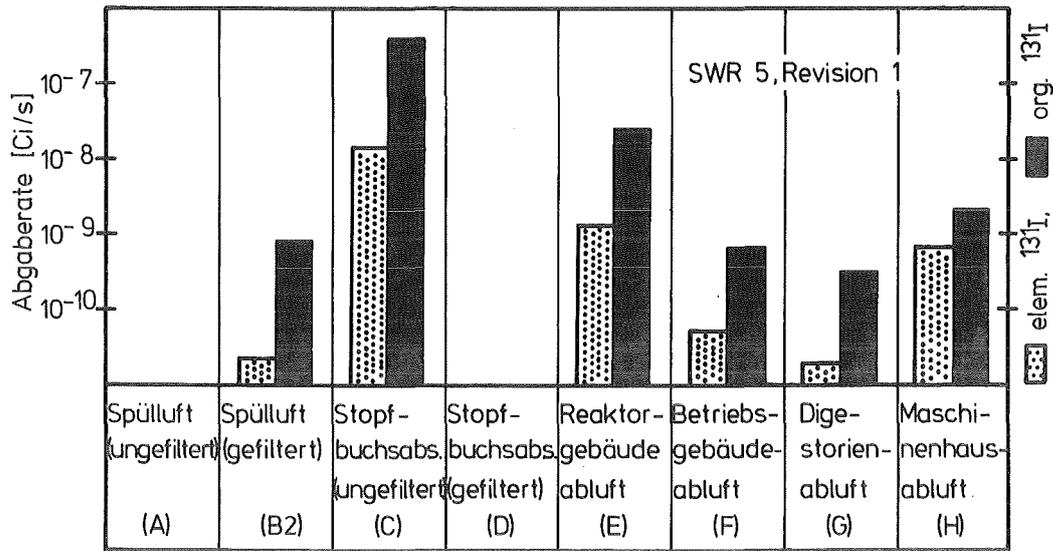


KfK LAF II 083159

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

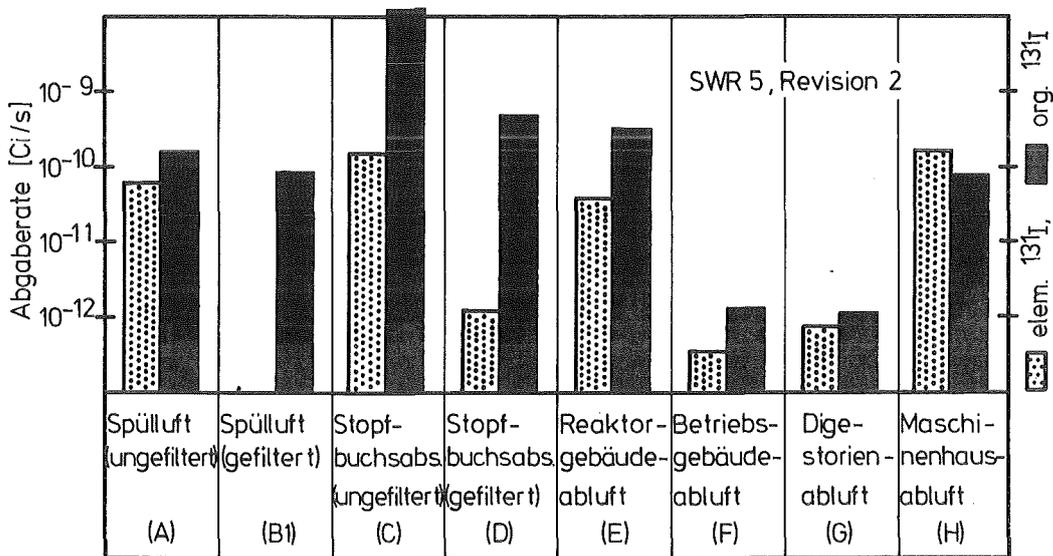
Abb. 22 ^a

^a Sammelperioden 1 - 5; Spülluft nicht in Betrieb; Stopfbuchsabsaugung mit sehr geringem Durchsatz in Betrieb (vgl. Tab. 4)



Abgaberraten der ¹³¹I-Komponenten in den Abluftströmen

Abb. 23^a



Abgaberraten der ¹³¹I-Komponenten in den Abluftströmen

Abb. 24^a

^a Revision 1: Sammelperioden 6 - 11;
 Revision 2: Sammelperioden 12 - 17;
 keine Eintragungen: keine oder nur wenige
 Meßwerte vorhanden (vgl. Tab. 4)

4. Zusammenfassung

Die Messungen des ^{131}I in der Kaminfortluft und in einzelnen Abluftströmen eines Siedewasserreaktors (SWR 5) während etwa vier Monaten führten u.a. zu folgenden Ergebnissen:

- a) In der Kaminfortluft betrug der Anteil des radiologisch entscheidenden elementaren ^{131}I im Mittel 13 %. 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 und Maschinenhausabluft (Durchsatz jeweils $140.000 \text{ m}^3/\text{h}$) geliefert.
- c) Die potentiell hohe Abgabe von elementarem ^{131}I mit der Spülluft und Stopfbuchsabsaugung wurde durch Iodfilterung auf unbedeutende Werte reduziert.

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

An der Durchführung und Auswertung der Messungen waren vorwiegend beteiligt: R. Butz, A. Ladanyi, R. Sommerlatt und S. Winkler.

5. Literatur

- /1/ Der Bundesminister des Innern,
Allgemeine Berechnungsgrundlagen für die Bestimmung
der Strahlenexposition durch Emission radioaktiver
Stoffe (1977).
- /2/ Deuber, H.,
Die physikalisch-chemischen ^{131}I -Komponenten in der
Abluft eines Siedewasserreaktors (SWR 4),
KfK 3424 (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.,
Die physikalisch-chemischen Radioiodkomponenten in
der Abluft eines Druckwasserreaktors (DWR 2),
KfK 3206 (1981).