

KfK 3113  
April 1981

# **Jahresbericht 1980 der Hauptabteilung Sicherheit**

Redaktion: H. Kiefer, W. Koelzer, L. A. König  
Hauptabteilung Sicherheit

**Kernforschungszentrum Karlsruhe**



KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Hauptabteilung Sicherheit

KfK 3113

Jahresbericht 1980  
der Hauptabteilung Sicherheit

Redaktion: H. Kiefer, W. Koelzer, L.A. König

An der Erarbeitung dieses Berichtes waren  
alle Mitarbeiter der Hauptabteilung beteiligt

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

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

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH  
ISSN 0303-4003



## Zusammenfassung

Der Sicherheitsbeauftragte bzw. der Sicherungsbeauftragte sind für die Gewährleistung des Strahlenschutzes und der technischen Sicherheit auf konventionellem und nuklearem Gebiet, für die Objektsicherung und die Überwachung der Kernmaterialien und radioaktiven Stoffe innerhalb der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH zuständig. Zur Durchführung dieser Aufgaben bedienen sie sich der Hauptabteilung Sicherheit.

Die Aufgabenstellung der Hauptabteilung umfaßt sowohl alle Strahlenschutz-, Sicherheits- und Sicherungsaufgaben für die Anlagen der KfK GmbH und die Umgebungsüberwachung für das gesamte Kernforschungszentrum Karlsruhe als auch Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, die überwiegend im Rahmen der Arbeitsschwerpunkte Nukleare Sicherheit und Kernmaterialüberwachung durchgeführt werden. Schwerpunkte der F+E-Arbeiten sind: Untersuchung der Ausbreitung nuklearer Schadstoffe im Nah- und Fernbereich, Ermittlung der Folgen von großen Unfällen an Reaktoren unter probabilistischen Gesichtspunkten, Untersuchungen des physikalischen und chemischen Verhaltens biologisch besonders wirksamer Radionuklide in der Umwelt, Implementierung von Kernbrennstoffüberwachungssystemen, Verbesserungen in der Strahlenschutzmeßtechnik.

Der vorliegende Bericht informiert über die einzelnen Aufgabengebiete, gibt die Ergebnisse der Routineaufgaben im Jahre 1980 wieder und berichtet über Untersuchungsergebnisse und Entwicklungen der verschiedenen Arbeitsgruppen der Hauptabteilung.

Safety Department, Annual Report 1980

### Summary

The Safety Officer and the Security Officer, respectively, are responsible for radiation protection and technical safety, both conventional and nuclear, for the physical protection as well as the safeguards of nuclear materials and radioactive substances within the Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH (KfK). To fulfill these functions they rely on the assistance of the Safety Department.

The duties of this Department cover tasks relative to radiation protection, safety and security on behalf of the institutes and departments of KfK and environmental monitoring for the whole Karlsruhe Nuclear Research Center as well as research and development work, mainly performed under the Nuclear Safety Project and the Nuclear Safeguards Project. The centers of interest of r & d activities are: investigation of the atmospheric diffusion of nuclear pollutants on the micro- and meso-scales, evaluation of the radiological consequences of accidents in reactors under probabilistic aspects, studies of the physical and chemical behavior of radionuclides with particularly high biological effectiveness in the environment, implementation of nuclear fuel safeguarding systems, improvements in radiation protection measurement technology.

This report gives details of the different duties, indicates the results of 1980 routine tasks, and reports about results of investigations and developments of the working groups of the Department.

The reader is referred to the English translation of the Table of Contents (pp. VI - IX) and of Chapter 1 describing the duties and organization of the Central Safety Department (pp. 6 - 10).

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Aufgabengebiete und Organisation der Hauptabteilung Sicherheit	1
2. Technisches Sicherheitsbüro	11
2.1 Sicherheitsingenieur - Strahlenschutz	12
2.1.1 Strahlenschutzsicherheit	12
2.1.2 Personendosiskartei	13
2.2 Beschäftigung von Fremdfirmenangehörigen nach § 20a Strahlenschutzverordnung	15
2.3 Durchführung der Röntgenverordnung	16
2.4 Sicherheitsingenieur - konventionelle Sicherheit	17
2.4.1 Betriebsüberwachung	17
2.4.2 Arbeitsschutzausschuß	17
2.4.3 Sicherheitsinformationen und Sicherheitsbelehrungen	17
2.4.4 Meldeverfahren für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen	18
2.4.5 Durchführung von Pflichtübertragungen	18
2.4.6 Unfallgeschehen im Jahre 1980	18
2.4.7 Abnahme von Baustelleneinrichtungen	20
2.4.8 Arbeitsplatzüberwachung	20
2.4.9 Ausbildung für Kranführer und Anschläger nach VBG 9 und VBG 9a	20
2.4.10 Ausbildung für Führer von Flurförderzeugen nach VBG 12a	22
2.5 Einsatzplanung und Organisation	22
2.6 Elektronische Datenverarbeitung	22
2.6.1 Datenaustausch mit HS/0-HDB	22
2.6.2 Programmbibliothek	23
2.7 Meldestelle von Kernbrennstoffen	24
2.8 Demonstrationsexperiment mit einem Nachtsichtgerät zur Beobachtung von Čerenkov-Strahlung an bestrahltem Kernbrennstoff in einem Lagerbecken	27
2.8.1 Einleitung	27
2.8.2 Versuchsbedingungen	27
2.8.3 Versuchsprogramm	28
2.8.4 Versuchsergebnisse	28
2.8.5 Schlußfolgerungen	30
3. Sicherung	31
3.1 Objektsicherungsdienst	31
3.2 Ermittlungsdienst	32
3.3 Güterkontrolle	33
3.4 Verkehrsdienst	33
3.5 Ausweisbüro	40
3.6 Ausbildung	42
3.7 Technischer Koordinator	45
3.8 PSO/Ausländerwesen	46
4. Strahlenschutzüberwachung	47
4.1 Arbeitsplatzüberwachung	50
4.1.1 Personendosimetrie mit Taschenionisationskammern	50
4.1.2 Oberflächenkontaminationen	50
4.1.3 Raumlufthkontaminationen	50

	Seite	
4.2	Arbeitsplatzüberwachung in der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe	53
4.3	Messungen im Strahlenschutzlabor	56
4.4	Untersuchungen der Aktivitätsverteilung der Raumluft auf fünf Korngrößenfraktionen des aktivitätstragenden Aerosols	58
5.	Radioökologie	61
5.1	Abluftüberwachung	62
5.1.1	Zusammenfassung der Ergebnisse der Abluftüberwachung 1980	62
5.1.2	Die Plutonium-, $^{90}\text{Sr}$ - und $\gamma$ -Strahler-Emissionen mit der Abluft der FERAB	81
5.1.3	Die Plutonium- und $\alpha$ -Aktivitätsemission mit der Abluft der WAK	88
5.2	Abwasserüberwachung	90
5.2.1	Zusammenfassung der Ergebnisse der Abwasserüberwachung 1980	90
5.2.2	Die $^{90}\text{Sr}$ - und die Pu-Abgabe mit dem Abwasser des KfK	96
5.3	Umgebungsüberwachung	99
5.3.1	Das Überwachungsprogramm	99
5.3.2	Meßergebnisse des Routineprogrammes	104
5.3.3	Besondere Überwachungsmaßnahmen	119
5.4	Spektrometrie	125
5.4.1	Meßsystem und durchgeführte Messungen	125
5.4.2	Neuentwicklung einer Vakuumkammer für die $\alpha$ -Spektrometrie mit Halbleiterdetektoren bis 2 000 mm <sup>2</sup> wirksamer Zählfläche	127
5.5	Arbeiten der Gruppe "Radiochemie"	129
5.6	Radioökologische Forschungsarbeiten	132
5.6.1	Die Messung der Abwasserverdünnung im Altrhein mit der Tritiumemission des KfK	132
5.6.2	Die Plutoniumkontamination des Altrheins: Einfluß der Korngrößenverteilung in den Sedimenten	134
5.6.3	Trennung von Plutonium, Americium und Curium auf einer Kationenaustauschersäule mit Hochdruckflüssigkeitschromatographie	137
5.6.4	Die Bestimmung von Americium und Curium in Umweltproben	139
5.6.5	Radioökologische Untersuchungen zum $^{226}\text{Ra}$ im Raum Baden-Baden	141
5.6.6	$^{210}\text{Pb}$ und $^{210}\text{Po}$ in Nahrungsmitteln und anderen Problematerialien des Südschwarzwaldes	144
5.6.7	Untersuchungen zur Radioökologie des Tritiums	145
5.6.7.1	Die Tritiumkonzentration von Niederschlägen, Oberflächen-, Grund- und Trinkwasser	145
5.6.7.2	Untersuchung des Tritiumgehaltes von Pflanzen	151
5.6.7.3	Bestimmung von organisch gebundenem Tritium durch Anwendung der Plasmaoxidationstechnik	154
6.	Dosimetrie	157
6.1	Dosismessung	157
6.1.1	Personendosimetrie	157
6.1.2	Ortsdosimetrie	159
6.1.3	$\beta$ -Strahlenbelastung in gemischten $\beta/\gamma$ -Strahlungsfeldern	160
6.2	Photonendosimetrie	163
6.2.1	Ein Phosphatglasdosimeter mit automatischer Auswertung	163
6.2.2	Automatische rechnergesteuerte Auswertung von Phosphatgläsern zur Bestimmung der Einfallrichtung, Strahlenqualität und Dosis von Photonenstrahlung	165
6.2.3	Kalibrierung des Phosphatglasdosimeters im Hochdosisbereich	169
6.2.4	Reproduzierbarkeit der Dosisanzeige von TLD- und RPL-Systemen	170
6.2.5	Test des digitalen Taschendosimeterwarners RAD 21L und RAD 22	172

	Seite	
6.3	Neutronendosimetrie	175
6.3.1	Kalibrierung des Einkugel-Albedosystems	175
6.3.2	Ermittlung des detektorspezifischen Energieparameters	176
6.3.3	On-line-Rechenprogramm zur Auswertung des Einkugel-Albedodosimetersystems und zur Interpretation des Neutronenstreustrahlungsfeldes	177
6.3.4	Korrektur der zeitabhängigen Nulldosisanzeige infolge von neutroneninduziertem Tritium im TLD 600	178
6.3.5	Ausmessung des Neutronenstreustrahlungsfeldes am Forschungsreaktor in Valduc	180
6.4	Kernspurdetektoren	181
6.4.1	Verbesserung der Empfindlichkeit des passiven Radondosimeters	181
6.4.2	Neutronennachweis mit CR-39	184
6.4.3	Untersuchung von Albedo-Kernspurdetektoren	186
6.5	Inkorporationsmessungen	186
6.5.1	Routine- und Sondermessungen	186
6.5.2	Kalibrierung des Plutonium-Lungenzählers	189
6.5.3	Verifizierung der Lungenzählerkalibrierung anhand von Literaturdaten	191
6.5.4	Untere Nachweisgrenze des Plutonium-Lungenzählers	193
6.6	Spezielle Untersuchungen	195
6.6.1	Bedeutung der $\beta$ -Dosimetrie innerhalb der Personenüberwachung	195
6.6.2	Zusammenhang zwischen $^{137}\text{Cs}$ im menschlichen Körper und Kernwaffentests in der Atmosphäre	197
6.6.3	Strahlenbelastung durch ein Keramikteeservice mit uranhaltiger Glasur	200
6.6.4	Strahlenbelastung der Bevölkerung durch Radon und dessen Zerfallsprodukte in Wohnhäusern	202
6.7	Strahlenschutzmeßgeräte	204
6.7.1	Aufgaben	204
6.7.2	Wartung und Reparatur	204
6.8	Kalibrierung	206
6.8.1	Routinekalibrierung	206
6.8.2	Vergleichs- und Kalibrierprogramme	207
6.8.3	Amtliche Eichabfertigungsstelle	207
6.8.4	Kalibrierung von $\beta$ -Dosimetern	208
7.	Umweltmeteorologie	209
7.1	Auswertung meteorologischer Messungen	209
7.1.1	Ausbreitungsstatistik	209
7.1.2	Statistisch äquivalente Systeme zur Bestimmung der Ausbreitungskategorien	211
7.1.3	Auswertung der Feldmessungen in Stutensee	213
7.1.4	Test verschiedener Feuchtemeßgeräte	214
7.1.5	Weitergabe meteorologischer Daten	214
7.2	Meßwerterfassung und -verarbeitung	215
7.2.1	Laufender Betrieb	215
7.2.2	Feldmessungen	215
7.2.3	Aufbau eines eigenständigen meteorologischen Informationssystems	216
7.3	Ausbreitungsexperimente	217

	Seite	
7.4	Ausbreitungsparameter	218
7.4.1	Auswertung einzelner Ausbreitungsversuche	218
7.4.2	Ausbreitungsparameter für 100 m Emissionshöhe	218
7.4.3	Abhängigkeit der Ausbreitungsparameter von der Emissionshöhe	219
7.4.4	Inter- und Extrapolation der Ausbreitungsparameter	223
7.4.4.1	Interpolation	223
7.4.4.2	Extrapolation	224
7.5	Tetroonflüge	224
7.5.1	Durchführung	224
7.5.2	Auswertung	226
7.6	Überlagerung von Kühlturm- und Abgasfahnen	227
7.7	Unfallfolgenmodell der Deutschen Risikostudie Kernkraftwerke	228
7.7.1	Stand der Arbeiten	228
7.7.2	Internationales Projekt "Vergleich von Unfallfolgenmodellen für Reaktor-Risiko-Studien"	229
7.8	Dosisfaktoren für Aktiniden-Gemische	231
7.8.1	Dosisfaktoren für Nuklidgemische der PUTE und des MAW-Labors	232
7.8.2	Dosisfaktoren der Nuklidgruppe A	232
7.9	Strahlenbelastung der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe	233
7.9.1	Strahlenbelastung im Jahre 1980 aufgrund der mit der Abluft abgeleiteten Aktivität	233
7.9.2	Vorausgeschätzte Strahlenbelastung aufgrund des Abluftplanes 1981	237
7.9.3	Strahlenbelastung aufgrund der mit der Abluft der WAK im Jahre 1979 abgeleiteten Aktivität	245
7.9.4	Strahlenbelastung nach einem angenommenen Störfall im MAW-Labor des INE	246
7.9.5	Strahlenbelastung nach einem angenommenen Störfall im Plutoniumteststand des Instituts für Heiße Chemie	246
7.9.6	Strahlenbelastung nach einem angenommenen Störfall in der MAW-Eindampfanlage der HDB	247
7.10	Strahlenbelastung in der Umgebung des IPP, Garching, durch den Betrieb ZEPHYR	248
7.11	Kosten-Nutzen-Analyse der <sup>85</sup> Kr-Rückhaltung in einer Kernbrennstoff-Wiederaufarbeitungsanlage	248
8.	Bibliographie, Beratertätigkeit	250
8.1	Veröffentlichungen 1980	250
8.2	HS-Berichte 1979 und 1980, unveröffentlicht	257
8.3	Beratertätigkeit	261

## Content

	page
1. Duties and Organization of the Central Safety Department	1
2. Technical Safety Bureau	11
2.1 Safety Engineer - Radiation Protection	12
2.1.1 Radiation Protection Safety	12
2.1.2 Personnel Dose File	13
2.2 Employment of Outside Personnel in Conformity with § 20a of the Radiation Protection Ordinance	15
2.3 Implementation of X-ray Ordinance	16
2.4 Safety Engineer - Conventional Safety	17
2.4.1 Monitoring of Facilities	17
2.4.2 Industrial Safety Committee	17
2.4.3 Safety Information and Safety Instructions	17
2.4.4 Procedure of Reporting Checkups in Industrial Medicine	18
2.4.5 Delegation of Duties	18
2.4.6 Occupational Accidents in 1980	18
2.4.7 Acceptance of Construction Site Installations	20
2.4.8 Working Place Monitoring	20
2.4.9 Training of Crane Operators and Loaders in Conformity with VBG 9 and VBG 9a	20
2.4.10 Training for Drivers of Conveyor Carriages in Conformity with VBG 12a	22
2.5 Assignment and Organization of Work	22
2.6 Electronic Data Processing	22
2.6.1 Exchange of Data with HS/U-HDB	22
2.6.2 Program Library	23
2.7 Accounting Office for Nuclear Fuels	24
2.8 Demonstration Experiment with a Low-Light Instrument for Observation of Čerenkov Radiation on Irradiated Nuclear Fuel in Storage Tank	27
2.8.1 Introduction	27
2.8.2 Test Conditions	27
2.8.3 Test Program	28
2.8.4 Test Results	28
2.8.5 Conclusions	30
3. Security	31
3.1 Plant Security Police	31
3.2 Investigation Office	32
3.3 Material Control Office	33
3.4 Traffic Service	33
3.5 Identity Office	40
3.6 Instruction	42
3.7 Technical Coordinator	45
3.8 Personal Security Investigating/Foreign Bureau	46
4. Radiation Protection	47
4.1 Radiation Protection at the Working Place	50
4.1.1 Personnel Monitoring by Pocket Ionization Chambers	50
4.1.2 Surface Contamination	50
4.1.3 Room Air Contamination	50
4.2 Radiation Protection at the Decontamination Plant	53
4.3 Measurements at the Radiation Protection Laboratory	56
4.4 Investigations about the Particle Size Distribution in the Room Air	58

	page
5. Radioecology	61
5.1 Monitoring of Gaseous Effluents	62
5.1.1 Summary of the Results for 1980	62
5.1.2 Releases of Plutonium, <sup>90</sup> Sr and Gamma Emitters with the Gaseous Effluents of the FERAB	81
5.1.3 Releases of Plutonium and Alpha Emitters with the Gaseous Effluents of the WAK	88
5.2 Monitoring of Liquid Effluents	90
5.2.1 Summary of the Results for 1980	90
5.2.2 The <sup>90</sup> Sr and Pu Releases with the Waste Water of the KfK	96
5.3 Environmental Monitoring	99
5.3.1 Program of Monitoring	99
5.3.2 Results of the Routine Program	104
5.3.3 Special Monitoring Programs	119
5.4 Spectroscopy	125
5.4.1 Instrumentation and Performed Measurements	125
5.4.2 Development of a Vacuum Chamber for Alpha Spectroscopy Using Semi-conductors with effective areas up to 2.000 m <sup>2</sup>	127
5.5 Radiochemistry	129
5.6 Research Work on Radioecology	132
5.6.1 Determination of the Dilution of Aqueous Effluents in Old River Rhine Using <sup>3</sup> H <sub>2</sub> O Releases of the KfK	132
5.6.2 The Plutonium Contamination of the Old River Rhine: Influence of the Grain Size in the Sediments	134
5.6.3 Separation of Pu, Am and Cm by Cation Exchange Using High Pressure Liquid Chromatography	137
5.6.4 The Determination of Am and Cm in Environmental Samples	139
5.6.5 Radioecological Study of <sup>226</sup> Ra in the District of Baden-Baden	141
5.6.6 <sup>210</sup> Pb and <sup>210</sup> Po in Food and Other Samples of the Black Forest	144
5.6.7 Investigations of the Radioecology of Tritium	145
5.6.7.1 The Tritium Concentration of Precipitations, Surface, Ground and Drinking Water	145
5.6.7.2 Investigation of the Tritium Content of Plants	151
5.6.7.3 Determination of Organic Bound Tritium Using a Special Technique of Plasma Oxidation	154
6. Dosimetry	157
6.1 Routine Dosimetry	157
6.1.1 Personnel Dosimetry	157
6.1.2 Environmental Dosimetry	159
6.1.3 Beta Exposure in Mixed Beta/Gamma Radiation Fields	160
6.2 Photon Dosimetry	163
6.2.1 A Phosphate Glass Dosimeter for Automatical Evaluation	163
6.2.2 Automatic Computerized Reader for Phosphate Glasses with Determination of the Angle of Incidence, the Quality and Dose of Photon Radiation	165
6.2.3 Calibration of the Phosphate Glass Dosimeter in the High Dose Range	169
6.2.4 Reproducibility of the Dose Reading of TLD and RPL Systems	170
6.2.5 Test of the Pocket Dose and Alarm Meter Type RAD 21L and RAD 22	172
6.3 Neutron Dosimetry	175
6.3.1 Calibration of the Single Sphere Albedo System	175
6.3.2 Determination of the Detector Specific Energy Parameter	176
6.3.3 On-line Computer Program for the Evaluation of the Single Sphere Albedo Dosimeter System and for the Interpretation of Neutron Stray Radiation Fields	177
6.3.4 Correction of the Time Dependent Zero Dose Reading due to Neutron Induced Tritium in TLD 600 Detectors	178
6.3.5 Measurement of the Neutron Stray Radiation Field at the Valduc Research Reactor	180

	page	
6.4	Nuclear Track Detectors	181
6.4.1	Sensitivity of the Improved Radon Dosimeter	181
6.4.2	Neutron Detection with CR-39	184
6.4.3	Investigations of the Albedo Nuclear Track Detectors	186
6.5	Internal Dosimetry	186
6.5.1	Routine and Special Measurements	186
6.5.2	Calibration of the Plutonium Lung Counter	189
6.5.3	Verification of the Lung Counter Calibration on the Basis of Literature Values	191
6.5.4	Lowest Detection Limit of the Plutonium Lung Counter	193
6.6	Special Investigations	195
6.6.1	Significance of Beta Dosimetry for Personnel Monitoring	195
6.6.2	Correlation between $^{137}\text{Cs}$ Body Burden and Nuclear Weapon Testing in the Atmosphere	197
6.6.3	Radiation Exposure from a Ceramic Tee Set with a Glazing Containing Uranium	200
6.6.4	Radiation Exposure from Radon and his Daughters in Dwellings	202
6.7	Radiation Protection Instrumentation	204
6.7.1	Scope	204
6.7.2	Maintenance	204
6.8	Calibration	206
6.8.1	Routine Calibration	206
6.8.2	Intercomparison and Calibration Programs	207
6.8.3	Official Calibration Service	207
6.8.4	Calibration of Beta Dosimeters	208
7.	Environmental Meteorology	209
7.1	Evaluation of Measured Meteorological Data	209
7.1.1	Atmospheric Diffusion Statistics	209
7.1.2	Statistically Equivalent Systems for the Diffusion Category Determination	211
7.1.3	Evaluation of Field Data Measured at Stutensee	213
7.1.4	Test of Various Humidity Sensors	214
7.1.5	Disposal of Meteorological Data	214
7.2	Data Processing and Recording	215
7.2.1	Maintenance	215
7.2.2	Field Measurements	215
7.2.3	Design of a Stand-alone Meteorological Information System	216
7.3	Diffusion Experiments	217
7.4	Diffusion Parameters	218
7.4.1	Evaluation of Single Diffusion Experiments	218
7.4.2	Diffusion Parameters for the Source Height of 100 m	218
7.4.3	Dependence of Diffusion Parameters on Source Height	219
7.4.4	Inter- and Extrapolation of Diffusion Parameters	223
7.4.4.1	Interpolation	223
7.4.4.2	Extrapolation	224
7.5	Tetron Flights	224
7.5.1	Performance	224
7.5.2	Evaluation	226
7.6	Merging of Stack and Cooling Tower Plumes	227
7.7	Accident Consequence Model of the German Nuclear Power Reactor Study	228
7.7.1	Status of Work	228
7.7.2	International Benchmark Study "Comparison of Accident Consequence Models for Reactor Risk Studies"	229
7.8	Dose Factors of Actinide Compositions	231
7.8.1	Dose Factors of Nuclide Compositions of the PUTE and of the MAW Laboratory	232
7.8.2	Inhalation Dose Factors of Nuclide Group A	232



	page	
7.9	Radiological Impact on the KfK Environment	233
7.9.1	Radiological Impact due to the Offgas Activity Released During 1980	233
7.9.2	Radiological Impact due to the Offgas Activity Schedule for 1981	237
7.9.3	Radiological Impact due to the WAK Offgas Activity Released During 1979	245
7.9.4	Radiological Impact due to a Postulated Accident in the MAW Laboratory of the INE	246
7.9.5	Radiological Impact due to a Postulated Accident in the PUTE of the IHCh	246
7.9.6	Radiological Impact due to a Postulated Accident in the MAW Evaporation Plant of the HDB	247
7.10	Radiological Impact on the IPP Environment at Garching due to the ZEPHYR Operation	248
7.11	Cost-Benefit-Analysis of the $^{85}\text{Kr}$ Retention in a Nuclear Fuel Reprocessing Plant	248
8.	Bibliography, Advisory Board	250
8.1	Publications 1980	250
8.2	Reports of the Central Safety Department 1979-1980, unpublished	257
8.3	Advisory Board	261

## Verzeichnis der Abkürzungen

BE	Brennelemente
BFE	Bundesforschungsanstalt für Ernährung
BGA	Bundesgesundheitsamt
BMFT	Bundesministerium für Forschung und Technologie
BMI	Bundesministerium des Innern
BWR	Boiling Water Reactor
CALAS	Computer Aided Laboratory Automatic System
DWD	Deutscher Wetterdienst
EKM	Hauptabteilung Einkauf und Materialwirtschaft
EKM/MW	Hauptabteilung Einkauf und Materialwirtschaft/Materialwirtschaft
EKS	Entwicklungsgruppe Kernmaterialsicherung
ELMA	Einrichtung zur Lagerung mittelaktiver Abfälle
EURATOM	Europäische Atomgemeinschaft
EvD	Einsatzleiter vom Dienst
FERAB	Anlage zur Einengung fester radioaktiver Abfälle
FR2	Forschungsreaktor 2
FIZ	Fachinformationszentrum
GAA	Gewerbeaufsichtsamt
GKN	Gemeinschaftskernkraftwerk Neckar GmbH, Neckarwestheim
GRS	Gesellschaft für Reaktorsicherheit mbH, Köln
GSF	Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH, Heuherberg
GSI	Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH, Darmstadt
GWK	Gesellschaft zur Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen mbH, Leopoldshafen
HDB	Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe
HDI	Hauptabteilung Datenverarbeitung und Instrumentierung
HFK	Hand-Fuß-Kleider-Monitor
HS	Hauptabteilung Sicherheit
HS/D	Hauptabteilung Sicherheit/Dosimetrie
HS/M	Hauptabteilung Sicherheit/Umweltmeteorologie
HS/R	Hauptabteilung Sicherheit/Radioökologie
HS/S	Hauptabteilung Sicherheit/Sicherung
HS/U	Hauptabteilung Sicherheit/Strahlenschutzüberwachung
HS/TSB	Hauptabteilung Sicherheit/Technisches Sicherheitsbüro
HTR	Hochtemperaturreaktor
IAEA	International Atomic Energy Agency
ICRP	International Commission on Radiological Protection
IAK	Institut für Angewandte Kernphysik
IDT	Institut für Datenverarbeitung in der Technik
IGT	Institut für Genetik und Toxikologie
IHCh	Institut für Heiße Chemie
IK	Institut für Kernphysik
IKVT	Institut für Kernverfahrenstechnik
IMF	Institut für Material- und Festkörperforschung
INE	Institut für Nukleare Entsorgungstechnik
INR	Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik
IRB	Institut für Reaktorbauelemente

IRCh	Institut für Radiochemie
IRE	Institut für Reaktorentwicklung
IT	Hauptabteilung Ingenieurtechnik
ITP	Institut für Technische Physik
KBG	Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft mbH, Leopoldshafen
KFA	Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Jülich
KfK	Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe
KKP-I	Kernkraftwerk Philippsburg, Block I, Philippsburg
KNK	Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage
KTB	Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe
KTB/FR2	Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe/Forschungsreaktor 2
KTB/HZ	Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe/Heiße Zellen
KWO	Kernkraftwerk Obrigheim GmbH, Obrigheim
LA	Literaturabteilung
LAF	Laboratorium für Aerosolphysik und Filtertechnik
LAW	Low Activity Waste (leichtaktiver Abfall)
LfU	Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe
LIT	Laboratorium für Isotopentechnik
MBZ	Materialbilanzzone
Med	Medizinische Abteilung
MZFR	Mehrzweckforschungsreaktor
NV-Vertrag	Vertrag über die Nichtverbreitung von Kernwaffen
P/AV	Hauptabteilung Personalwesen und Allgemeine Verwaltung
P/AV/FD	Hauptabteilung Personalwesen und Allgemeine Verwaltung/Fahrdienst
PHDR	Projektbereich Heißdampfreaktor-Sicherheitsprogramm
PNS	Projekt Nukleare Sicherheit
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig
PWR	Pressurized Water Reactor
RöV	Röntgenverordnung
RPL	Radiophotolumineszenz
RVO	Reichsversicherungsordnung
SKT	Schule für Kerntechnik
SM	Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung Baden-Württemberg, Stuttgart
SNEAK	Schnelle Null-Energie-Anordnung Karlsruhe
SSB	Strahlenschutzbeauftragter
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
SUA	Siemens-Unterrichts-Anordnung
SUR	Siemens-Unterrichts-Reaktor
TEKO	Technikumshalle zur Komponentenerprobung
TIK	Taschenionisationskammer
TL	Thermolumineszenz
TLD	Thermolumineszenzdosimeter
TU	Europäisches Institut für Transurane
TÖV	Technischer Überwachungs-Verein e. V.
UVV	Unfallverhütungsvorschriften
VAK	Versuchsatomkraftwerk Kahl
VBG	Verband der Berufsgenossenschaften
VBW	Hauptabteilung Versorgungsbetriebe und Werkstätten
VDE	Verband Deutscher Elektrotechniker
WAK	Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe
Zykl.	Zyklotron



## 1. Aufgabengebiete und Organisation der Hauptabteilung Sicherheit

H. Kiefer, W. Koelzer

Die Hauptabteilung Sicherheit unter der Leitung von Prof.Dr. H. Kiefer und Dipl.-Phys. W. Koelzer ist für die Gewährleistung des Strahlenschutzes und der technischen Sicherheit auf konventionellem und nuklearem Gebiet, für die Objektsicherung und die Überwachung der Kernmaterialien und radioaktiven Stoffe zuständig. Prof.Dr. H. Kiefer ist gleichzeitig als Sicherheitsbeauftragter, Dipl.-Phys. W. Koelzer als Sicherungsbeauftragter der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH bestellt.

Die Aufgabenstellung der Hauptabteilung Sicherheit umfaßt sowohl alle Strahlenschutz-, Sicherheits- und Sicherungsaufgaben für die einzelnen Institute und Abteilungen der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH und die Umgebungsüberwachung für das gesamte Kernforschungszentrum Karlsruhe als auch Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, die überwiegend im Rahmen der Arbeitsschwerpunkte Nukleare Sicherheit und Kernmaterialüberwachung durchgeführt werden. Schwerpunkte der F+E-Arbeiten sind: Untersuchung der Ausbreitung nuklearer Schadstoffe im Nah- und Fernbereich, Ermittlung der Folgen von großen Unfällen an Reaktoren unter probabilistischen Gesichtspunkten, Untersuchungen des physikalischen und chemischen Verhaltens biologisch besonders wirksamer Radionuklide in der Umwelt, Implementierung von Kernbrennstoffüberwachungssystemen, Verbesserungen in der Strahlenschutzmeßtechnik.

Am 31.12.1980 waren in der Hauptabteilung Sicherheit 32 Akademiker, 34 Ingenieure, 260 sonstige Mitarbeiter, 2 ausländische Gastwissenschaftler, 1 Diplomand und 9 Mitarbeiter zur Ausbildung als Strahlenschutzingenieur beschäftigt.

### "Radioökologie"

Die Abteilung Radioökologie ist zuständig für die Messung von radioaktiven Emissionen und Immissionen des KfK und für die experimentelle Untersuchung radioökologischer Auswirkungen dieser Emissionen. Im Auftrag werden solche Messungen auch für andere kerntechnische Anlagen durchgeführt. Als radioökologische Forschungsarbeit wird das Verhalten von Tritium, Radium, Po-210, Pb-210 und Transuranen in der Umwelt untersucht. Außerdem ist die Abteilung an einem Forschungsvorhaben zur Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre beteiligt.

Die Gruppe "Emissionsüberwachung" mißt die  $\alpha$ - und  $\beta$ -Aktivität sowie die Tritiumkontamination von Abwasser- und Abluftproben. Sie arbeitet hierbei je nach Meßproblem mit den Gruppen "Radiochemie" und "Spektrometrie" zusammen. Die Abwasserüberwachung umfaßt die Kontrolle der Abwässer zur Entscheidung, ob diese dekontaminiert werden müssen oder direkt der Kläranlage zugeführt werden dürfen, sowie der aus der Kläranlage zum Vorfluter abgeleiteten Abwässer. Die Abluftüberwachung erfaßt die Ableitungen pro Woche, Monat und Jahr von 26 verschiedenen Emittenten des Kernforschungszentrums.

Die Gruppe "Umgebungsüberwachung" ist federführend bei der Durchführung der Immissionsüberwachung in der Umgebung des KfK. Die Direktstrahlung wird mit Hilfe von 39 Zählrohrstationen sowie 310 Meßstellen mit Festkörperdosimetern auf dem Betriebsgelände und in der Umgebung überwacht. Zur Bestimmung des Radioaktivitätsgehaltes in Luft, Wasser, Boden, Schlamm und landwirtschaftlichen Produkten werden in einem Umkreis von ca. 5 km um das KfK regelmäßig Proben genommen. Die Meßergebnisse werden vierteljährlich den zuständigen Aufsichtsbehörden berichtet.

Die Gruppe "Radiochemie" bestimmt die Radionuklide von Plutonium und Strontium in der Abluft wichtiger Anlagen des KfK und in Mischproben des vom KfK abgegebenen Abwassers. Wichtige Radionuklide werden in Umgebungsproben bestimmt. Diese Gruppe führt ferner Arbeiten zu folgenden Forschungsvorhaben durch: "Radium in der Umgebung von Baden-Baden", "Die natürliche Radioaktivität in Wittichen", "Untersuchung der Ausbreitung

nuklearer Schadstoffe im Nah- und Fernbereich" und "Untersuchungen des physikalischen und chemischen Verhaltens biologisch besonders wirksamer Radionuklide in der Umwelt". Bei den Forschungsaufgaben erfolgt ein wesentlicher Teil der Messungen in der Gruppe "Spektrometrie".

Eine Gruppe "Biologie" befindet sich zur Zeit im Aufbau. Von ihr werden innerhalb der Routineüberwachung aufgeworfene Fragen zum Radionuklidtransfer in Ökosystemen mit biologischem und mikrobiologischem Charakter bearbeitet.

#### "Dosimetrie"

Die Abteilung Dosimetrie ist zuständig für die Auswahl und Anwendung dosimetrischer Meßverfahren und für die Durchführung von Inkorporationsmessungen zur Ermittlung der externen und internen Strahlenbelastung aller Mitarbeiter des Kernforschungszentrums Karlsruhe. Weitere Aufgaben sind die Betreuung und routinemäßige Wartung aller im Zentrum eingesetzten Strahlenschutzmeßgeräte sowie deren Kalibrierung. Eine Hauptaufgabe der Abteilung Dosimetrie ist die Entwicklung und Erprobung von Strahlenschutzmeßverfahren mit dem besonderen Schwerpunkt Neutronendosimetrie, Messung geringer Dosen sowie Messung geringer Nukliddepositionen im Körper.

Die Gruppe "Dosismessung" betreibt eine Auswertestelle für Thermolumineszenz- und Phosphatglasdosimeter und ist für die Ermittlung der Personendosis aller Mitarbeiter des Kernforschungszentrums Karlsruhe zuständig. Eingeschlossen sind Dosismessungen mit Festkörperdosimetern in der Umgebung kerntechnischer Anlagen. Besondere Schwerpunkte sind Entwicklungsarbeiten in der Neutronendosimetrie, insbesondere die Anwendung von Albedo-Meßmethoden zur Ausmessung von Neutronenstreustrahlungsfeldern, die Anwendung und Weiterentwicklung von Kernspurätzmethoden und die Messung kleiner Dosen im Bereich des natürlichen Strahlenpegels.

Die Gruppe "Inkorporationsmessung" betreibt den Ganzkörperzähler zur routinemäßigen Inkorporationskontrolle aller Mitarbeiter, welche mit radioaktiven Stoffen umgehen. Außerdem stehen verschiedene Spezialzähler für Sondermessungen nach Zwischenfällen zur Verfügung. Weiterhin beschäftigt sich die Gruppe mit der Weiterentwicklung von Methoden zur Inkorporationsmessung. Im Vordergrund steht dabei die Messung von Radionukliden, die mit herkömmlichen Ganzkörperzählern nur schwer oder gar nicht nachgewiesen werden können, wie z.B. Radium, Uran, Plutonium und verschiedene Transplutone.

Die Gruppe "Strahlenschutzmeßgeräte" befaßt sich mit der Betreuung aller im Kernforschungszentrum Karlsruhe eingesetzten Strahlenschutzmeßgeräte, u.a. mit der regelmäßigen elektronischen Wartung, Reparatur und Kalibrierung der tragbaren Dosisleistungsmeßgeräte, aller Hand- und Fußkontaminationsmonitoren sowie der ortsfesten Meßstellen zur Pegel- und Abluftüberwachung. Weitere Aufgaben sind die Dichtigkeitsprüfung umschlossener radioaktiver Stoffe, die Eingangskontrolle neu angeschaffter Geräte, der Test von neu auf dem Markt angebotenen Meßgeräten sowie die Entwicklung kommerziell nicht erhältlicher Geräte für den Eigenbedarf.

Die Gruppe "Kalibrierung" betreibt Kalibrieranlagen zur routinemäßigen Kalibrierung von Festkörperdosimetersystemen und aller Arten von Dosis- und Dosisleistungsmeßgeräten für den Strahlenschutz. Die Anlagen werden von der amtlichen Eichabfertigungsstelle des Landes Baden-Württemberg auch zur Eichung von Personen- und Ortsdosimetern eingesetzt. Die Einhaltung der Meßgenauigkeit wird durch regelmäßige Teilnahme an verschiedenen nationalen/internationalen Kontrollbestrahlungen gewährleistet.

## "Umweltmeteorologie"

In der Abteilung "Umweltmeteorologie" bearbeitet ein Team von Meteorologen, Physikern und Ingenieuren neben meteorologischen Routineaufgaben für den Umgebungsschutz die Probleme der Ausbreitung nuklearer Schadstoffe in der Atmosphäre. Die Gruppe "Meteorologie" führt die Messung meteorologischer Parameter durch. Dazu dient vor allem ein 200 m hoher Meßmast, der auf 10 Meßbühnen mit zahlreichen Meßinstrumenten ausgerüstet ist. Neben dem Meßmast gibt es noch weitere Meßstellen in der Umgebung. Die Meßwerte werden elektronisch gespeichert und liefern nicht nur Daten, die zu statistischen Zwecken aufbereitet werden, sondern sie dienen auch der Erarbeitung von Modelltheorien, welche die atmosphärische Ausbreitung beschreiben.

Die Gruppe "Atmosphärische Ausbreitung" führt u.a. Ausbreitungsversuche durch. Dabei wird eine Leitsubstanz - leicht nachweisbares Gas oder Aerosol, welches in der Natur möglichst nicht vorkommt - in die Atmosphäre freigesetzt und deren Konzentrationsverteilung auf der Leeseite der Quelle gemessen. Aus der Konzentrationsverteilung werden die gesuchten Ausbreitungsparameter ermittelt. Diese bilden wiederum die Grundlage für realistische Ausbreitungsrechnungen. Dem Studium der atmosphärischen Ausbreitung über größere Entfernungen dienen Ballone konstanten Volumens, sog. "Tetroons". Diese werden aufgelassen, fliegen in wenigen hundert Metern Höhe und werden mit Radar verfolgt. Die Flugbahn liefert Informationen über die Strömungs- und Turbulenzverhältnisse in dieser Luftschicht. Auf der Basis der meteorologischen Messungen und der Ergebnisse der Ausbreitungsexperimente wurde ein meteorologisches Informationssystem entwickelt, welches an einem Sichtgerät jederzeit die Ausbreitungsverhältnisse in der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe darzustellen gestattet.

In der Gruppe "Risikoanalysen" werden die Strahlendosen, verursacht durch in die Atmosphäre abgeleitete nukleare Schadstoffe, ermittelt. Diese werden über die Expositionspfade "äußere Bestrahlung aus der Luft und vom Boden", "Inhalation" und "Ingestion" wirksam. In Risikoanalysen wird der Einfluß meteorologischer Parameter auf die Strahlenexposition bei angenommenen kerntechnischen Unfällen untersucht.

## "Technisches Sicherheitsbüro"

Die Abteilung "Technisches Sicherheitsbüro" befaßt sich mit zentraler Planung und Administration. Sie regelt und überprüft Maßnahmen zur Erfüllung gesetzlicher Pflichten und Vorschriften im Rahmen der technischen Sicherheit und der Anlagensicherung des Kernforschungszentrums. Die Einberufung beratender Gremien für das Kernforschungszentrum und die Abwicklung der Sitzungen erfolgt zum Teil vom Technischen Sicherheitsbüro, das auch die Dokumentation aller sicherheitstechnisch relevanten Vorgänge besorgt.

Die Gruppe "Sicherheitsingenieur konventionelle Bereiche" prüft, kontrolliert und berät in allen Erfordernissen des Schutzes am Arbeitsplatz. Sie erledigt die Meldung, Registrierung und Berichterstattung von Arbeitsunfällen und ordnet vorsorgliche Maßnahmen an. Durch die Bestellung von sicherheitsbeauftragten Personen und eine Beratung und Ausbildung wird das Sicherheitsbewußtsein gefördert.

Die Gruppe "Sicherheitsingenieur Strahlenschutz" unterstützt die Tätigkeit der Strahlenschutzbeauftragten und der hauptamtlichen Strahlenschützer durch die erforderlichen Behördenkontakte. Sie formuliert atomrechtliche Genehmigungsanträge und sorgt für die Einhaltung der sich ergebenden behördlichen Auflagen. Hierzu werden auch zentrale Karteien aller Strahlenexponierten ebenso wie ihre persönlichen Meßdaten geführt und die notwendigen Termine verfolgt. Gesetzlich vorgeschriebene Strahlenschutzbeauftragte werden bestellt und laufend informiert und beraten.

Die Gruppe "Spaltstoffflußkontrolle" gliedert sich in einen Bereich, der mit Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Einführung und Durchführung der Spaltstoffflußkontrolle in der Bundesrepublik Deutschland planend und beratend tätig ist und in die Meldestelle, die alle Kernbrennstoffe und sonstigen radioaktiven Stoffe erfaßt, bilanziert, meldet und Inspektionen externer Stellen betreut.

## "Sicherung"

Der Abteilung "Sicherung" obliegt mit ihren Gruppen Objektsicherungsdienst, technische Objektsicherung und Ermittlungsdienst, personelle und administrative Sicherungsfragen sowie Verschlusssachen die Gewährleistung der Basissicherung für das gesamte Kernforschungszentrum.

Der Objektsicherungsdienst ist für die Sicherung des Kernforschungszentrums Karlsruhe verantwortlich. Zu den Aufgaben gehört die Sicherung des Gesamtareals durch Streifen- und Überwachungsdienst und die Zugangskontrolle an den Haupttoren. Er wirkt bei den Sicherungsmaßnahmen für einzelne Anlagen in Abstimmung mit dem Betreiber mit und sorgt für die Einhaltung spezieller Zutrittsregelungen. Der Objektsicherungsdienst übt die Kontrolle aller zur Ein- oder Ausfuhr bestimmten Güter aus, er plant, beschafft und kontrolliert das Schließwesen und ist für den ordnungsgemäßen Ablauf des Straßenverkehrs im Bereich des Kernforschungszentrums Karlsruhe zuständig.

Die Gruppe "Technische Objektsicherung und Ermittlungsdienst" ist mitverantwortlich für Auswahl, Einsatz und Funktionssicherheit der technischen Sicherungssysteme. Das Hinwirken auf einheitliche Standards in dieser Technik und ihre Anschlußsicherheit hinsichtlich der Aufschaltung auf die Alarmzentrale sind weitere Aufgaben. Mit Hilfe des Ermittlungsdienstes werden die Einhaltung der Ordnungs- und Kontrollbestimmungen des Kernforschungszentrums, die Aufklärung von Schadensfällen mannigfaltiger Art sowie die Sicherung von Regreßansprüchen betrieben.

Die Gruppe "Personelle und administrative Sicherungsfragen" ist für die Ausstellung von Zutrittsberechtigungen nach aufsichtsbehördlichen Auflagen verantwortlich. Ihr obliegt die Klärung aller Fragen im Zusammenhang mit der von Personen möglicherweise ausgehenden Gefährdung des Kernforschungszentrums Karlsruhe. Dieser Gruppe untersteht auch der Betrieb des Ausweisbüros.

## "Strahlenschutzüberwachung"

Die Abteilung "Strahlenschutzüberwachung" ist vor allem für den Schutz der mit radioaktiven Stoffen umgehenden oder ionisierender Strahlung ausgesetzten Personen der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH zuständig. Aus dieser Aufgabenstellung heraus sind die Mitarbeiter dezentral in den einzelnen Organisationseinheiten des Kernforschungszentrums tätig. Die Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung unterstützen die jeweiligen Strahlenschutzbeauftragten in der Wahrnehmung ihrer Aufgaben nach der Strahlenschutzverordnung. Sie sind die Ansprechpartner für die jeweiligen Instituts- oder Abteilungsangehörigen und achten auf strahlenschutzgerechtes Verhalten.

Die Abteilung Strahlenschutzüberwachung übernimmt die tägliche Auswertung der Stabdosisimeter und die Registrierung der erhaltenen Personendosis. Monatlich werden die amtlichen Filmdosisimeter sowie in Bereichen, in denen mit einem größeren Anteil von  $\beta$ -Strahlung gerechnet werden muß, Thermolumineszenzdosisimeter ausgegeben. In den Gebäuden und Anlagen werden nach vorgegebenem Plan routinemäßige Kontaminations- und Dosisleistungsmessungen durchgeführt. Strahlenschutzmitarbeiter veranlassen bei etwaigen Personenkontaminationen die Durchführung der Dekontamination. Weiterhin wird die Aktivitätskonzentration in der Raumluft der Arbeitsräume überwacht. Bei erhöhten Raumluftaktivitäten werden zu ergreifende Schutzmaßnahmen empfohlen.

Die Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung überwachen den Materialtransport aus den Kontrollbereichen in den betrieblichen Überwachungsbereich des Kernforschungszentrums und aus dem KfK. Sie ermitteln, ob die von der Strahlenschutzverordnung vorgegebenen Grenzwerte für die Oberflächenkontamination oder Aktivität von Gegenständen eingehalten sind und erteilen gegebenenfalls die Freigabe.



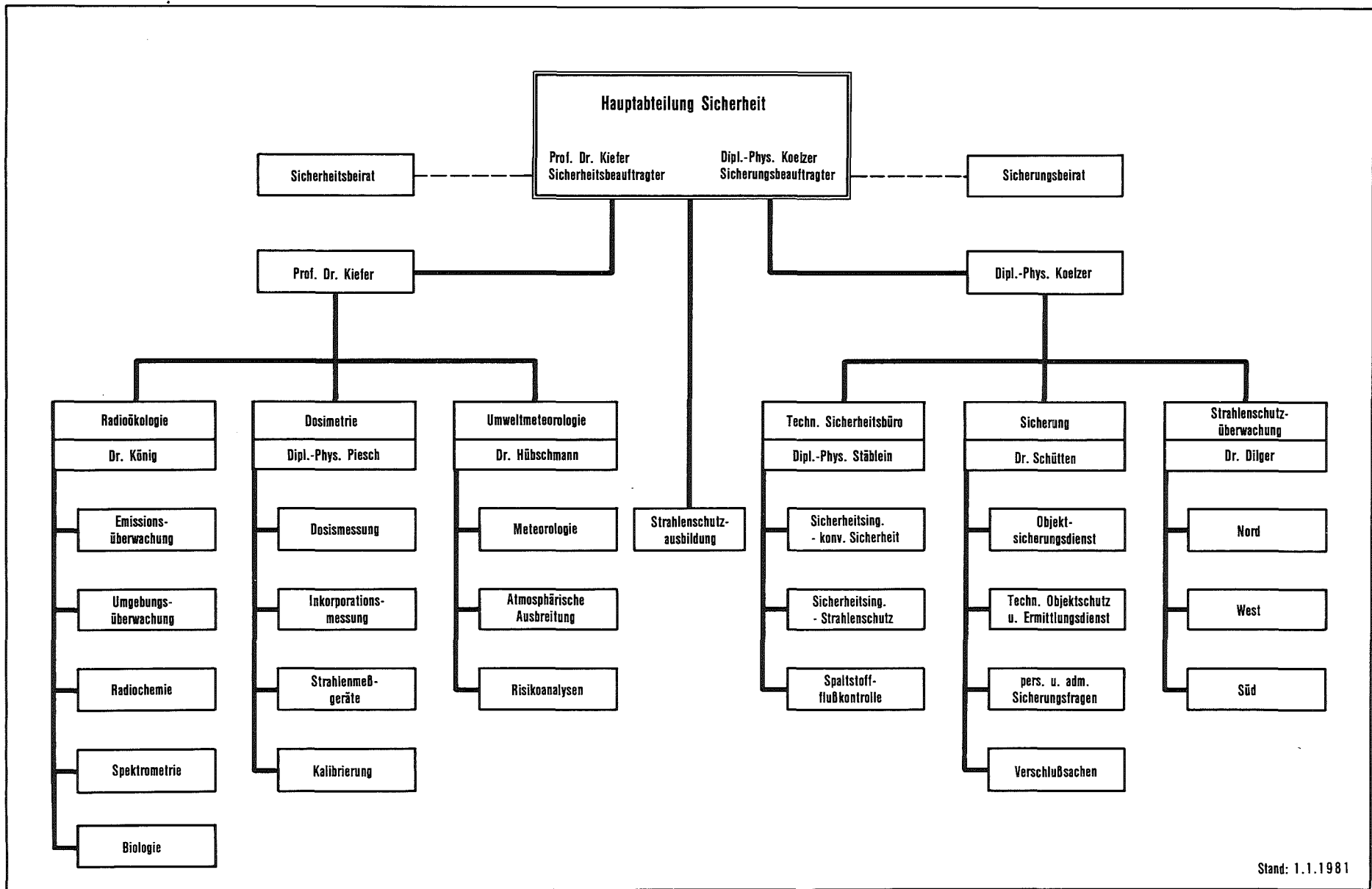


Abb. 1/1: Organisationsplan der Hauptabteilung Sicherheit

Stand: 1.1.1981

## 1. Duties and Organization of the Central Safety Department

H. Kiefer, W. Koelzer

The Central Safety Department headed by Prof.Dr. H. Kiefer and Dipl.-Phys. W. Koelzer is responsible for ensuring radiation protection and nuclear safety, both in the conventional and the nuclear fields, for security and surveillance of nuclear materials and radioactive substances. Prof.Dr. H. Kiefer at the same time is the Safety Officer, Dipl.-Phys. W. Koelzer the Security Officer of the Karlsruhe Nuclear Research Center.

The Central Safety Department is responsible for handling all problems of radiation protection, safety and security of the institutes and departments of the Karlsruhe Nuclear Research Center, for environmental monitoring of the whole area of the Center, and for research and development work mainly focusing on nuclear safety and nuclear materials safeguards. The r & d work concentrates on the following aspects: studies of the diffusion of nuclear pollutants over short and long distances; assessment of the consequences of major reactor accidents under probabilistic aspects; studies of the physical and chemical behavior of biologically particularly active radionuclides; implementation of surveillance systems for nuclear fuels; improvements in radiation protection measurement.

On December 31, 1980, the Central Safety Department employed 26 graduate staff members, 23 engineers and 280 other staff members, 6 foreign guest scientists and 9 staff members undergoing training as radiation protection engineers.

### "Radioecology"

The Radioecology Department is responsible for measuring radioactive emissions and pollution within the Karlsruhe Nuclear Research Center and also for experimental studies of the radioecological impacts of such emissions. The same kind of measurements are also performed on request for other nuclear facilities. A radioecological study is conducted on the behavior in the environment, of tritium, radium, Po-210, Pb-210, and transuranium elements. Moreover, the Department cooperates in a research project on the atmospheric diffusion of pollutants.

The "Emission Monitoring" Group measures the  $\alpha$ - and  $\beta$ -activity and the tritium contamination of liquid and gaseous effluent samples. In these activities, the Group cooperates with the "Radiochemistry" and "Spectroscopy" Groups, depending on the measuring problems at hand. Monitoring liquid effluents includes the inspection of liquid effluents in order to decide whether they must be decontaminated or can be directly passed into the water treatment plant, and of the liquid effluents transported from the water treatment plant to the main canal. Gaseous effluent monitoring covers the discharges per week, month and year of 26 different emission sources of the Nuclear Research Center.

The "Environmental Monitoring" Group is responsible for implementing pollution control measures in the environment of the Karlsruhe Nuclear Research Center.  $\gamma$ -dose rates and  $\beta/\gamma$ -dose are monitored by 39 counting tube stations and 310 measuring stations equipped with solid state dosimeters distributed over the plant area and in its environment. Samples are taken regularly in a radius of approximately 5 km around the Karlsruhe Nuclear Research Center for assays for the radioactivity contents of air, water, soil, sludge and agricultural products. The measured results are quarterly reported to the responsible supervisory authorities.

The "Radiochemistry" Group works on assays for the radionuclides of plutonium and strontium in the gaseous effluents of important installations of the Karlsruhe Nuclear Research Center and mixed samples of the liquid effluents discharged by the Center. Major radionuclides are determined in environmental samples. The Group also works on the following research projects: "Radium in the Environment of Baden-Baden," "Natural Radioactivity in Wittichen," "Studies of the Diffusion of Nuclear Pollutants over Short and Long Distances," and "Studies of the Physical and Chemical Environmental Behavior of Biologically particularly Effective Radionuclides." A large part of the measurements associated with the research projects are carried out by the "Spectroscopy" Group.

A "Biology" Group is presently being built up. It will handle problems of a biological and microbiological character arising within the framework of routine monitoring and relating to the radionuclide transfer in ecological systems.

#### "Dosimetry"

The Dosimetry Department is responsible for selecting and applying dosimetry techniques for measurement and also for carrying out incorporation measurements to determine external and internal radiation exposures of all staff members of the Karlsruhe Nuclear Research Center. Other activities relate to the operation and routine maintenance of all radiation protection measuring equipment used in the Center and the calibration of these systems. A major activity of the Dosimetry Department is the development and testing of radiation protection measuring techniques, special attention being paid to neutron dosimetry, low dose measurements, and measurements of minor nuclide deposits in the body.

The "Dose Measurement" Group runs an Evaluation Center for thermoluminescence and phosphate glass dosimeters and is responsible for determining the personnel doses of all staff members of the Karlsruhe Nuclear Research Center. This includes dose measurements conducted by means of solid state dosimeters in the environments of nuclear facilities. Special attention is devoted to development activities in neutron dosimetry, especially the application of Albedo measuring techniques in measuring scattered neutron fields, the application and advancement of track etching techniques, and the measurement of low doses in the region of the natural background radiation level.

The "Incorporation Measurement" Group runs a whole body counter for routine incorporation checks of all staff members handling radioactive substances. Moreover, various special counters are available for special measurements after accidents. The Group is also involved in the further development of methods of incorporation measurement. This work focuses on measurements of radionuclides difficult or impossible to detect by conventional body counters, such as radium, uranium, plutonium, and various transplutonium elements.

The "Radiation Protection Measuring Equipment" Group is responsible for managing all radiation protection measuring instruments installed within the Karlsruhe Nuclear Research Center, which includes regular electronic maintenance, repair and calibration of portable dose rate meters, all hand and foot contamination monitors, and stationary measuring installations for level and emission control. Other duties of this Group include the leak tests of sealed radioactive emitters, acceptance tests of equipment newly purchased, tests of measuring equipment new in the market, and the development for in-house needs of equipment not available commercially.

The "Calibration" Group runs calibration systems for routine calibration of solid state dosimeter systems and all kinds of dosimeters and dose rate meters for radiation protection. The facilities are used by the official Calibration Center of the State of Baden-Württemberg also for calibrating personnel and local dosimeters. The preservation of measuring accuracy is ensured by regular participation in various national and international control exposures.

## "Environmental Meteorology"

In the Environmental Meteorology Department a team of meteorologists, physicists and engineers, in addition to working on routine meteorological problems of environmental protection, are involved in studying the problems of the atmospheric diffusion of nuclear pollutants. The "Meteorology" Group measures meteorological parameters. For this purpose, a measuring tower 200 m high has been built whose 10 measuring platforms carry numerous measuring instruments. There are other measuring stations in the environment, in addition to the measuring tower. The readings are stored electronically and supply not only data processed for statistical purposes, but also those data which serve for model theories to be developed to describe atmospheric diffusion.

The "Atmospheric Diffusion" Group, among other activities, carries out diffusion tests. In these tests, a tracer substance, an easily detectable gas or aerosol, if possible, not occurring in nature, is released into the atmosphere and its concentration distribution is measured on the lee side of the source. The diffusion parameters wanted are then determined from the concentration distribution. These diffusion parameters, in turn, constitute the basis of realistic diffusion calculations. Studies of atmospheric diffusion over greater distances are conducted by means of constant-volume balloons, the so-called tetroons. These are flown at altitudes of several hundred meters and tracked by means of radar systems. The trajectories furnish information about flow and turbulence conditions in the respective strata of air. On the basis of meteorological measurements and the results of diffusion experiments, a meteorological information system has been developed which, by means of a video display unit, allows diffusion conditions in the environment of the Karlsruhe Nuclear Research Center to be displayed at any time.

In the "Risk Analyses" Group, the radiation doses caused by nuclear pollutants discharged into the atmosphere are determined. These exposures act through the "external airborne and groundborne exposures," "inhalation," and "ingestion" exposure pathways. The influence of meteorological parameters on radiation exposure under assumed nuclear accident conditions is determined in risk analyses.

## "Technical Safety Bureau"

The Technical Safety Bureau Department is responsible for central planning and administration. It sets up and verifies measures required in discharging legal obligations and meeting legal criteria within the framework of technical safety and plant security in the Nuclear Research Center. Some of the advisory bodies of the Nuclear Research Center meet on invitation by the Technical Safety Bureau, which is also responsible for managing the sessions and providing documentation of all safety related events.

The "Safety Engineer, Conventional Areas" Group examines, controls and advises in all matters pertaining to protection at work. It is responsible for accepting reports, for registration and reporting about accidents at work and for ordering precautionary measures to be taken. Safety consciousness is promoted by nominating personnel responsible for safety and by consultancy work and training in these matters.

The "Safety Engineer, Radiation Protection" Group supports the activities of the Radiation Protection Officers and the ex officio radiation staff by maintaining the necessary contacts with public authorities. It formulates applications for permits under the Atomic Energy Act and ensures that any conditions imposed by the authorities are met. In addition, central files of all persons exposed to radiation are kept for this purpose, their personal readings recorded and the necessary deadlines controlled. Radiation Protection Officers required under the law are nominated and kept abreast of current developments and advised at all times.

The "Nuclear Safeguards" Group is arranged in one unit with planning and consultancy functions on r & d work associated with the introduction and implementation of nuclear safeguards in the Federal Republic of Germany, and the Reporting Unit managing all nuclear fuels and other radioactive substances by balancing, reporting and supporting inspections by external agencies.

#### "Security"

The Security Department with its groups responsible for Security Service, Technical Security and Detection Services, Personnel and Administrative Security and Management of Confidential and Secret Documents, ensures basic security throughout the Nuclear Research Center.

The Security Service is responsible for security within the Nuclear Research Center. Its activities include the protection of the whole site by patrol and surveillance services and guards protecting access at the main gates. The Service also cooperates in devising security measures for individual facilities together with the operators and ensures that special access rules are observed. The Security Service is responsible for controlling transports of specific goods into and out of the Center, for planning, procuring and controlling locks, and for orderly management of road traffic within the area of the Karlsruhe Nuclear Research Center.

The Technical Security and Detection Services are also responsible for selecting, using and ensuring the functional reliability of technical security systems. Also the generation of uniform standards in this technology and the safe installation and connection to the Alarm Center of those systems are responsibilities of these Services. The Detection Service ensures observation of the regulations and control provisions of the Karlsruhe Nuclear Research Center, investigates many kinds of damage, and protects legal claims.

The Personnel and Administrative Security Problems Group is responsible for granting access permits in the light of conditions imposed by the supervisory authorities. It is also charged with clarifying all questions connected with potential hazards to the Nuclear Research Center arising from persons. The same Group runs the bureau issuing permits.

#### "Radiation Protection Monitoring"

The Radiation Protection Monitoring Department is mainly responsible for protection of the personnel of the Karlsruhe Nuclear Research Center handling radioactive substances or exposed to ionizing radiation. As a result of these duties, the members of this Department work in a decentralized system in the different administrative units of the Nuclear Research Center. The staff members of Radiation Protection Monitoring support the Radiation Protection Officers in each subunit in discharging their duties under the Radiation Protection Ordinance. They are the persons to be contacted by members of the respective institutes or departments, ensuring behavior in conformity with radiation protection criteria.

The Radiation Protection Monitoring Department carries out the daily evaluation of pen dosimeters and records the personnel doses received. The official film dosimeters and, in areas in which larger fractions of  $\beta$ -radiation must be expected to occur, also thermoluminescence dosimeters, are issued monthly. Routine contamination and dose rate measurements are performed in accordance with a plan in buildings and facilities. Staff members in radiation protection organize decontamination procedures in cases of contamination of persons. Moreover, radioactivity concentrations in the air of working rooms are monitored. If these airborne radioactivity levels in rooms are too high, protective measures are recommended.

The staff members of Radiation Protection Monitoring also monitor materials transports from controlled areas into the plant monitoring area of the Nuclear Research Center and out of the Nuclear Research Center. They determine whether the limits for surface contamination or radioactivity of objects as spelt out in the Radiation Protection Ordinance have been observed and issue clearances, if this has been the case.

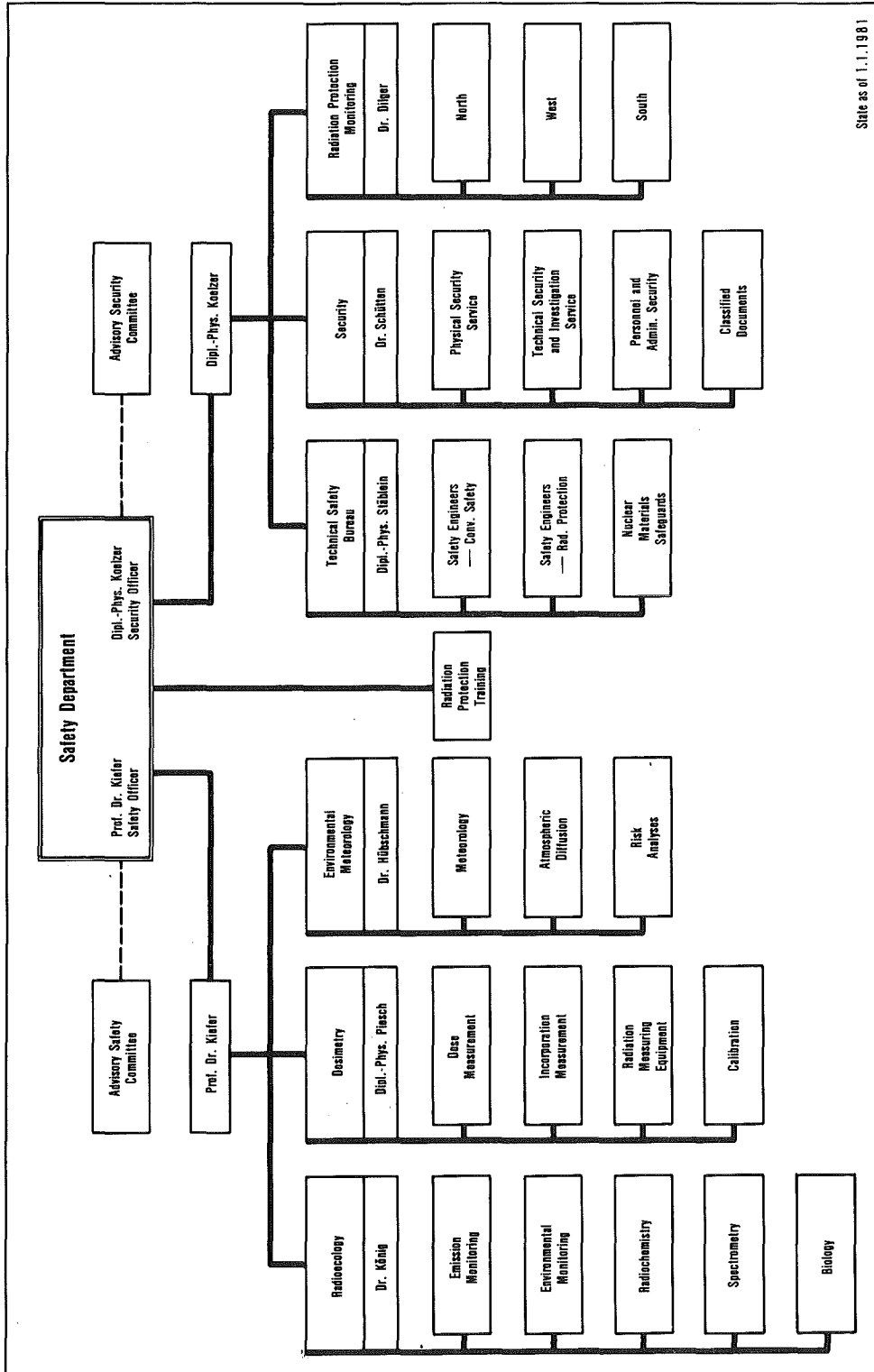


Fig. 1/1: Organization scheme of the Central Safety Department

## 2. Technisches Sicherheitsbüro

### G. Stäblein

Die Abteilung "Technisches Sicherheitsbüro" befaßt sich mit zentraler Planung und Administration. Sie regelt und überprüft Maßnahmen zur Erfüllung gesetzlicher Pflichten und Vorschriften im Rahmen der technischen Sicherheit des Kernforschungszentrums, beruft beratende Gremien für das Kernforschungszentrum ein und besorgt die Dokumentation aller sicherheitstechnisch relevanten Vorgänge.

Die Gruppe "Sicherheitsingenieur Strahlenschutz" unterstützt die Tätigkeit der Strahlenschutzbeauftragten und der hauptamtlichen Strahlenschützer durch die erforderlichen Behördenkontakte, formuliert atomrechtliche Genehmigungsanträge und sorgt für die Einhaltung der sich ergebenden behördlichen Auflagen. Hierzu werden auch zentrale Dateien aller Strahlenexponierten und ihrer persönlichen Meßdaten geführt und die notwendigen Termine verfolgt. Gesetzlich vorgeschriebene Strahlenschutzbeauftragte werden bestellt und laufend informiert und beraten.

Die Gruppe "Sicherheitsingenieur konventionelle Sicherheit" prüft, kontrolliert und berät in allen Erfordernissen des Schutzes am Arbeitsplatz. Sie erledigt die Meldung, Registrierung und Berichterstattung von Arbeitsunfällen und ordnet vorsorgliche Maßnahmen an. Durch die Bestellung von sicherheitsbeauftragten Personen und eine Beratung und Ausbildung wird das Sicherheitsbewußtsein gefördert.

Die Meldestelle ist zuständig für die Erfassung, Überwachung und Meldung des Kernmaterials, sonstiger radioaktiver Stoffe und Schwerwasser zentral für die Anlagen der KfK GmbH.

Technisches Sicherheitsbüro	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leitung und Koordinierung</li> <li>- Behördenkontakte</li> <li>- Dokumentation</li> <li>- Datenverarbeitung</li> </ul>
Sicherheitsingenieur - Strahlenschutz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Genehmigungen, Auflagen, Bestellungen</li> <li>- Personendosiskartei</li> <li>- Durchführung der Röntgenverordnung</li> <li>- Sicherheitstechnische Unterlagen</li> </ul>
Sicherheitsingenieur - konventionelle Bereiche	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arbeitsschutzausschuß</li> <li>- Pflichtenübertragungen</li> <li>- Betriebsüberwachung</li> <li>- Unfallanalyse</li> </ul>
Spaltstoffflußkontrolle Meldestelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erfassung von Kernbrennstoffen und radioaktiven Stoffen</li> <li>- Bestandsmeldungen</li> <li>- Begleitung behördlicher Inspektionen</li> <li>- Kernmaterialüberwachungskonzepte</li> </ul>

## 2.1 Sicherheitsingenieur - Strahlenschutz

H. Roock

### 2.1.1 Strahlenschutzsicherheit

#### Sicherheitsüberwachung

Zur Überprüfung der getroffenen Strahlenschutzmaßnahmen, der Einhaltung von Verordnungen, Genehmigungsaufgaben und Vorschriften sowie auch aufgrund von Zwischenfällen und bei behördlichen Aufsichtsbesuchen wurden im Berichtsjahr 63 Begehungen in den Instituten und Abteilungen des Kernforschungszentrums Karlsruhe durchgeführt, in denen mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird. Routinebegehungen, die nach vorheriger Terminabsprache im Beisein eines Strahlenschutzbeauftragten und des örtlichen Strahlenschutzes erfolgen, zu denen weiterhin der Betriebsrat und die Medizinische Abteilung eingeladen wurden, ergaben Mängel wie ungünstige Aufbewahrung von Atemschutzgeräten, nicht eindeutige oder unzureichende Kennzeichnung (Beschilderung), verbesserungsbedürftige Abschirmung von Einzelkomponenten in Handschuhkästen und verzögerte Beseitigung der in den Arbeitsräumen angefallenen, möglicherweise radioaktiven Abfälle. Es wurden jedoch keine bedenklichen sicherheitsrelevanten Mängel festgestellt.

Personen, die Tätigkeiten ausüben, wodurch sie der Belehrungspflicht nach § 39 StrlSchV unterliegen, und bei denen erhebliche Überschreitungen der Belehrungstermine vorlagen, wurden für Tätigkeiten in Kontrollbereichen und für den Umgang mit radioaktiven Stoffen oberhalb der Freigrenzen gesperrt.

#### Unterstützung der Strahlenschutzbeauftragten

Der in 222 Exemplaren an alle Strahlenschutzverantwortung tragenden Personen ausgegebene Strahlenschutzordner wurde weiter ergänzt.

Im Berichtsjahr wurden 14 Anträge bei den zuständigen Behörden zur Genehmigungsänderung oder auf Erteilung einer neuen Genehmigung zum Umgang mit radioaktiven Stoffen oder deren Lagerung gestellt.

Aufgrund von Umorganisationen wurden 24 Neubestellungen und zwei Änderungen der Zuständigkeiten (ohne Entlastungen) von Strahlenschutzbeauftragten bzw. deren Stellvertreter erforderlich. Zur Zeit bestehen 54 Strahlenschutzbeauftragtenfunktionen und 155 Vertreterfunktionen.

Die Beantwortung telefonischer Anfragen über allgemeine Strahlenschutzfragen, Beratung bei der Neueinrichtung von Kontroll- und Sperrbereichen sowie bei der Erfüllung von Behördenauflagen und die Durchsicht von Sicherheitsbetrachtungen und Sicherheitsberichten sind ein Teil der Routineaufgaben, wie auch die Einschaltung bei neuen Bauvorhaben, die Teilnahme an den Sitzungen des Arbeitsausschusses und des Sicherheitsausschusses der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe.

#### Zwischenfallserfassung

Tabelle 2/1 zeigt die im Berichtsjahr gemeldeten personen-, raum- und sachbezogenen Zwischenfälle, deren unterste Erfassungsgrenze Personenkontaminationen sind, bei denen die Dekontamination in der Medizinischen Abteilung erfolgte (z. B. auch bei geringfügigen Kopfkontaminationen wegen Inkorporationsverdacht), wobei nicht jede Einzelperson bei einem mehrere Personen betreffenden Zwischenfall gesondert aufgeführt wurde. Die Aufgliederung und Ursachenermittlung der insgesamt 31 erfaßten Zwischenfälle erfolgte unter den gleichen Voraussetzungen wie in den vergangenen Jahren (Anmerkung: Überschreitungen des Abluftplanes von Einzelinstitutionen sind hier nicht erfaßt).



Zwischenfallsursache:	
technische Mängel	45 %
organisatorische Mängel	16 %
Verhaltensmängel	39 %
Betroffenes Objekt:	
Personen	58 %
Gegenstände	32 %
Luft	10 %
Bei Personen überwiegend betroffen:	
Kopf	44 %
Hände	28 %
Ganzkörper	28 %

Tab. 2/1: Zwischenfälle im Zusammenhang mit radioaktiven Stoffen

### 2.1.2 Personendosiskartei

#### Routineaufgaben

Die Aufgaben der Personendosiskartei, für die derzeit drei Mitarbeiterinnen tätig sind, entsprechen weiterhin den detaillierten Angaben im Jahresbericht 1979 (KfK 2939).

#### Personendosimetrie

Im Berichtsjahr wurden 3 861 Personen (Stand: Dezember 1980) erfaßt und überwacht. Die Überwachungsart und die prozentuale Einteilung in die jeweilige Dosimetergruppe sowie die Veränderungen in den Jahren 1972 bis 1980 sind aus den Tabellen 2/2 und 2/3 ersichtlich.

Dosimeterart	Meßstelle	Dosimetergruppe				
		Ia	Ib	II	III	IV
Filmdosimeter $\gamma$	LfU	x	x			
Filmdosimeter n	LfU		x			
Glasdosimeter, amtlich	LfU			x		
Glasdosimeter, intern	KfK (HS/D)	x	x		x	x
Stabdosimeter	KfK (HS/0)	x	x	x	x	
Kritikalitätsdosimeter	KfK (HS/D)	x	x	x	x	

Tab. 2/2: Dosimetergruppen

Jahr	Einstufungen in die Dosimetergruppen in Prozent				
	Ia	Ib	II	III	IV
1972	20,1	11,0	11,1	13,5	44,3
1973	22,7	10,2	10,9	11,3	44,9
1974	25,0	10,1	10,0	11,4	43,5
1975	22,5	9,4	9,6	10,3	48,2
1976	22,5	8,1	9,6	11,7	48,1
1977	24,5	8,1	10,4	13,2	43,8
1978	27,2	8,1	10,8	11,7	42,2
1979	23,8	10,0	12,7	17,2	36,3
1980	21,6	11,1	11,0	12,6	43,7

Tab. 2/3: Einstufung in die Dosimetergruppen

Überwachungszeitraum 1980	Amtliche Glasdosimetrie			
	Prozentuale Anzahl der Personendosismeßwerte			
	< 100 mrem ( < 1,00 mSv)	100 - 499 mrem (1,00-4,99 mSv)	500 - 999 mrem (5,00-9,99 mSv)	> 1 000 mrem ( ≥ 10,00 mSv)
I. Quartal	97,8	2,2	-	-
II. Quartal	89,8	10,2	-	-
III. Quartal	93,6	6,4	-	-
IV. Quartal	93,8	6,2	-	-

Tab. 2/4: Amtliche Dosimetrie: Dosimetergruppe II (vierteljährliche Auswertung)

Überwachungszeitraum 1980	Amtliche Filmdosimetrie			
	Prozentuale Anzahl der Personendosismeßwerte			
	< 100 mrem ( < 1,00 mSv)	100 - 499 mrem (1,00-4,99 mSv)	500 - 999 mrem (5,00-9,99 mSv)	> 1 000 mrem ( ≥ 10,00 mSv)
Januar	98,6	1,4	-	-
Februar	97,3	2,7	-	-
März	96,9	2,9	0,2	-
April	97,6	2,4	-	-
Mai	97,4	2,5	-	0,1
Juni	97,8	2,2	-	-
Juli	97,7	2,3	-	-
August	99,4	0,6	-	-
September	98,9	1,1	-	-
Oktober	98,1	1,8	0,1	-
November	98,6	1,3	0,1	-
Dezember	98,3	1,7	-	-

Tab. 2/5: Amtliche Filmdosimetrie: Dosimetergruppe I (monatliche Auswertung)

Die im Jahresbericht 1978 dargelegte, in Anpassung an die neue Strahlenschutzverordnung geplante Neuordnung der Personendosimetrie wird zur Zeit noch mit der zuständigen Aufsichtsbehörde diskutiert.

Die Tabellen 2/4 und 2/5 zeigen die Häufigkeitsverteilung von Strahlenbelastungen, bezogen auf die durch Film- bzw. Glasdosimeter ermittelte Personendosis.

## 2.2 Beschäftigung von Fremdfirmenangehörigen nach § 20a Strahlenschutzverordnung

M. Schindler, G. Stäblein

Die Strahlenschutzverordnung verlangt von Firmen, die - ohne selbst Inhaber einer Anlage zu sein - Personen unter ihrer Aufsicht beim Betreiber beschäftigen, eine eigene atomrechtliche Genehmigung und eine Reihe administrativer Eigenleistungen zum Strahlenschutz.

Im Rahmen des Dienstleistungsvertrages wird hierzu ein eigener Abgrenzungsvertrag geschlossen.

Aus der Erfahrung der vorausgegangenen Jahre wurde ein für KfK-Fremdfirmen anwendbarer Vertragstext (zum Stand September 1980) festgeschrieben und allen derzeit mit KfK im Auftragsverhältnis stehenden Firmen vorgelegt.

Diese Fassung vereinheitlicht damit weitgehend alle bis dahin geschlossenen Vereinbarungen unterschiedlicher Formulierung und berücksichtigt gleichzeitig alle für die beiderseitigen Strahlenschutzbeauftragten jeweils gültigen Auflagen zur Beaufsichtigung beruflich strahlenexponierter Personen.

Aufgaben nach Abgrenzungsvertrag	
20a-Firmen	Betreiber
Beschaffung der Genehmigung Beschaffung von Strahlenpässen Bestellung eines Strahlenschutzbeauftragten (SSB) Bilanz aller Strahlenbelastungen Strahlenschutzkartei amtliche Langzeitdosimetrie Kenntnisvermittlung ärztliche Untersuchung Beachtung der Tätigkeitsverbote Meldung an die Behörde (Bilanz)	Beauftragung eines SSB Kontrolle Dosisgrenzwerte Kontrolle Inkorporationswerte Kurzzeitdosimetrie Anlagenbelehrung  Meldung an die Behörde (Einzelereignis)

Tab. 2/6: Zuständigkeiten nach § 20a Strahlenschutzverordnung

Die Erfassung der in Frage kommenden Fremdfirmen erfolgte über ein DV-Programm und wird mit den jeweiligen Kenndaten des Vertragspartners laufend aktualisiert (siehe Tab. 2/7).

Die in § 4 Ziffer 2 des Abgrenzungsvertrages zugesagte Übermittlung von hier gemessenen persönlichen Stabdosiswerten erfolgt monatlich für alle im laufenden Kalenderjahr bei KfK tätigen Fremdfirmenangehörigen.

Über DV-Programm wird ein postfertiger Auszug aus der Personendosisdatei monatlich für zur Zeit 68 Firmen und ca. 630 Personen erstellt und übersandt.

Auch die Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH ist ihrerseits Inhaber einer Genehmigung nach § 20a StrlSchV für Mitarbeiter, die im Auftrag der KfK auswärts möglicherweise strahlenexponiert arbeiten. Im Bedarfsfall wird solchen Mitarbeitern ein vorgeschriebener Strahlenpaß ausgestellt und zur Dokumentation von Strahlenschutzdaten mitgegeben. Zur Zeit sind 137 Strahlenpässe ausgestellt.

Zahl der Kontaktfirmen	244
davon im Zuständigkeitsbereich des Gewerbeaufsichtsamtes Karlsruhe	112
Genehmigung nach § 20a im Original vorgelegt	40
im Besitz eines Abgrenzungsvertrages mit KfK	90
Kursbesuch zur Fachkundevermittlung	75
von KfK personendosisüberwacht (Stabdosis über Personendosisdatei)	68
Gesamtzahl der personendosisüberwachten Fremdfirmenangehörigen	638

Tab. 2/7: Erfassung von Fremdfirmen für § 20a StrlSchV (Stand: Dezember 1980)

### 2.3 Durchführung der Röntgenverordnung

W. Reuble

Die zentrale Erfassung aller Einrichtungen, die der Röntgenverordnung unterliegen, erfolgt bei der Abteilung Technisches Sicherheitsbüro. Neuanmeldungen, Genehmigungsanträge, Veränderungsanzeigen sowie Mitteilungen über Außerbetriebsetzungen werden von hier der Aufsichtsbehörde zugeleitet. In Zusammenarbeit mit der Landeszentrale für Umweltschutz, Karlsruhe, wurden die erforderlichen Abnahmeprüfungen i. S. § 4 RöV durchgeführt und Prüfberichte erstellt. Beanstandungen, vorwiegend über nicht ausreichende Sicherung und Abschirmung an den Austrittsfenstern der Schutzhauben, führten zu Nacharbeiten und Umbauten, die Prüfungswiederholungen begründeten.

In Beachtung von § 5 der RöV wurde eine gesonderte Erfassung aller vorhandenen Störstrahler i. S. der Anlage II der RöV durchgeführt und dabei die geforderte Kennzeichnung der Geräte geprüft und ergänzt.

Für die Röntgenstrahler, Hochschutz- und Vollschutzgeräte sowie für Störstrahler i. S. der RöV wurden - unabhängig von Bestellungen nach der Strahlenschutzverordnung - bis Ende des Berichtsjahres in 18 verschiedenen Institutionen insgesamt 49 Verantwortliche für den Strahlenschutz i. S. von § 11, Abs. 1 Nr. 2 der RöV bestellt und die jeweiligen Zuständigkeitsbereiche festgelegt.

Ein großer Teil dieser Einrichtungen konnte bei Vorliegen der Voraussetzungen gemäß § 4 der RöV genehmigungsfrei betrieben werden. Wo diese Voraussetzungen nicht belegt werden konnten, wurde bei der Aufsichtsbehörde eine Genehmigung nach § 3 der RöV beantragt.

## 2.4 Sicherheitsingenieur - konventionelle Sicherheit

### E. Windbühl

#### 2.4.1 Betriebsüberwachung

Im Berichtszeitraum erfolgten im Rahmen der allgemeinen Überwachung 188 protokollierte Begehungen und Kontrollgänge in den Instituten und Abteilungen. Hierbei mußten 165 Beanstandungen ausgesprochen und 208 Auflagen erteilt werden. Daneben wurden 170 Empfehlungen und Hinweise gegeben.

Die Routinebegehungen wurden mit dem jeweils zuständigen Sicherheitsbeauftragten/RVO durchgeführt. Hierzu wurden auch Vertreter des Betriebsrates eingeladen.

Gemeinsame Begehungen - Betriebsarzt und Sicherheitsingenieur - erfolgten in 22 Fällen.

Mit einem Vertreter des Gewerbeaufsichtsamtes wurden 18 Überprüfungen durchgeführt.

#### 2.4.2 Arbeitsschutzausschuß

Der Ausschuß wurde auch im Jahre 1980 zur Beratung von Anliegen des Arbeitsschutzes gemäß § 11 des Arbeitssicherheitsgesetzes einberufen.

Wesentliche Beratungsthemen waren:

- Fragen zur eingesetzten Schutzkleidung,
- Räum- und Streumaßnahmen während der Frostperiode,
- Revisionen der Aufsichtsbehörden,
- Zwischenfälle,
- Ernährungshygiene im Rahmen der Gemeinschaftsverpflegung,
- Erprobung und Einführung von Arbeitsschutzgetränken,
- Sicherheitskennzeichnung von Arbeitsplätzen,
- Vorratshaltung von brennbaren Flüssigkeiten.

#### 2.4.3 Sicherheitsinformationen und Sicherheitsbelehrungen

Der Information wurde auch im Berichtszeitraum wieder die notwendige Bedeutung beigemessen. So wurden den Instituten und Abteilungen, den Sicherheitsbeauftragten/RVO und dem Betriebsrat die einschlägigen neu erschienenen Arbeitsschutzvorschriften, berufsgenossenschaftlichen Regeln und Merkblätter zugeleitet.

Diesen Bereichen stehen jeweils folgende Sammlungen mit Arbeitsschutzvorschriften zur Verfügung:

- 6 Ordner DIN A5 mit einer Auswahl von Unfallverhütungsvorschriften und Merkblättern,
- 2 Ordner DIN A4 mit Informationen und Merkblättern für die konventionelle Sicherheit,
- 3 Ordner DIN A5 mit Merkblättern für gefährliche Arbeitsstoffe.

Die Sicherheitsfortbildung, die im Kernforschungszentrum Karlsruhe integrierter Bestandteil des Arbeitsschutzes ist, wurde mit internen und externen Veranstaltungen fortgesetzt. Erwähnenswert sind hierbei Programme zur Brandverhütung, Beleuchtung am Arbeitsplatz, Gefahren bei der Anwendung von Asbest, Prüfung elektrischer Anlagen und Betriebsmittel und Hubarbeitsbühnen.

#### 2.4.4 Meldeverfahren für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen

Zur Vereinfachung und gleichzeitig systematischen Erfassung von Personen, die einer arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchung zugeführt werden müssen, wurde ein Formblatt entwickelt, das in Zukunft von den Organisationseinheiten zu verwenden ist. Dieses Formblatt enthält:

1. eine Aufstellung der zur Zeit erlassenen Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen für bestimmte Tätigkeiten und beim Umgang mit gefährlichen Arbeitsstoffen. Sofern bei der Ausübung bzw. Durchführung bestimmter Tätigkeiten bei Mitarbeitern eine Gefährdung i. S. von § 708, Satz 1, Ziffer 2 der RVO nicht auszuschließen ist, sind dieselben arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen zuzuführen;
2. eine Auflistung von gefährlichen Arbeitsstoffen, bei deren Verwendung besondere Maßnahmen der Gesundheitsfürsorge erforderlich werden. Es handelt sich hierbei um Stoffe, für die zur Zeit keine als unbedenklich anzusehenden Konzentrationswerte angegeben werden können, oder es werden früher bekanntgegebene MAK-Werte in Frage gestellt.

Wenn Stoffe aus dieser Aufstellung im betrieblichen Bereich eingesetzt werden, sind neben technischen und/oder persönlichen Schutzmaßnahmen arbeitsmedizinische Überwachungsmaßnahmen durchzuführen. Dies bedeutet, daß grundsätzlich alle Mitarbeiter, die der Einwirkung solcher Stoffe ausgesetzt sind, der Medizinischen Abteilung zu melden sind. Über den Umfang der erforderlichen Vorsorgemaßnahmen wird im Einzelfall entschieden.

#### 2.4.5 Durchführung von Pflichtübertragungen

Im Jahre 1980 wurden aufgrund des § 9, Abs. 2 Nr. 2 des Gesetzes über Ordnungswidrigkeiten und § 708, Abs. 1 der Reichsversicherungsordnung zehn Neubestellungen oder Änderungen vorgenommen. Außerdem wurden neun Sicherheitsbeauftragte nach § 719 der Reichsversicherungsordnung und zwei Laserschutzbeauftragte bestellt.

Am Ende des Berichtszeitraumes ergab sich folgender Stand der insgesamt vorgenommenen Pflichtenübertragungen:

- 210 "Aufsichtspersonen" gemäß § 9, Abs. 2 des Gesetzes über Ordnungswidrigkeiten und § 708, Abs. 1 der RVO,
- 57 "Sicherheitsbeauftragte" entsprechend § 719 der RVO,
- 16 "Laserschutzbeauftragte" nach § 7, Ziff. 1 der Unfallverhütungsvorschrift Laserstrahlen.

#### 2.4.6 Unfallgeschehen im Jahre 1980

Im Jahre 1980 wurden an den zuständigen Unfallversicherungsträger - den Badischen Gemeinde-Unfallversicherungsverband - 125 Arbeitsunfälle und Berufskrankheiten gemeldet. In diesen Unfallzahlen sind auch nicht meldepflichtige Unfälle, d. h. Unfälle ohne Ausfallzeiten oder mit Ausfallzeiten unter drei Tagen, sowie Wegeunfälle und Sportunfälle enthalten. Gegenüber dem Vorjahr ist ein Rückgang der gesamten Arbeitsunfälle um 27 % zu verzeichnen. Die Arbeitsunfälle im engeren Sinne - die Betriebsunfälle - gingen um 36 % zurück.

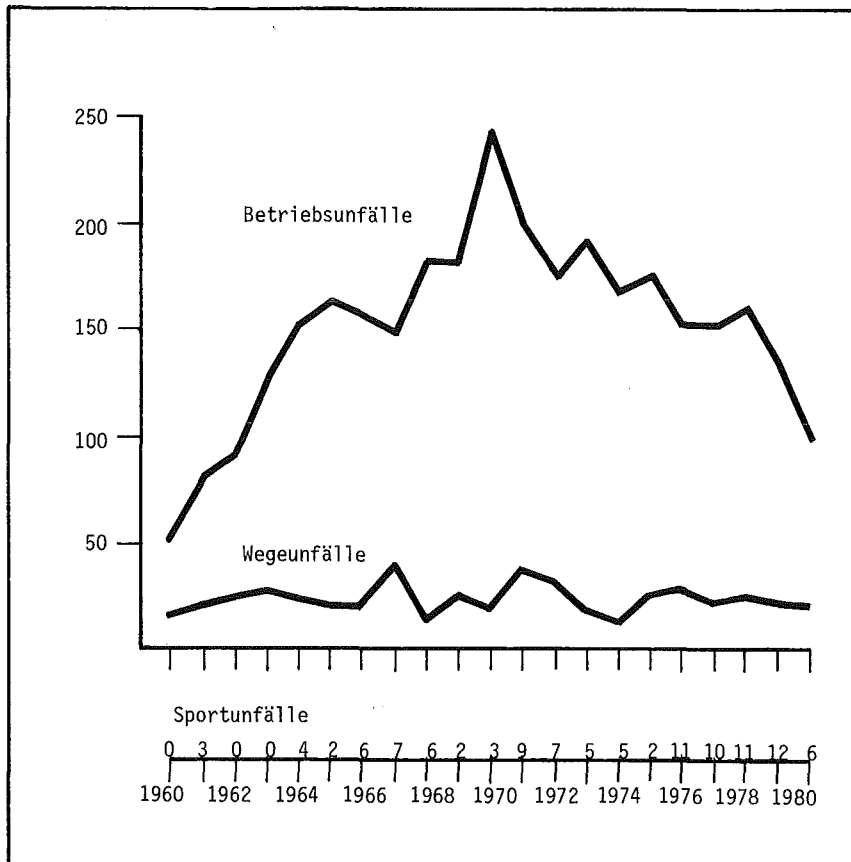


Abb. 2/1: Arbeitsunfälle, aufgeteilt in Betriebs-, Wege- und Sportunfälle 1960 - 1980

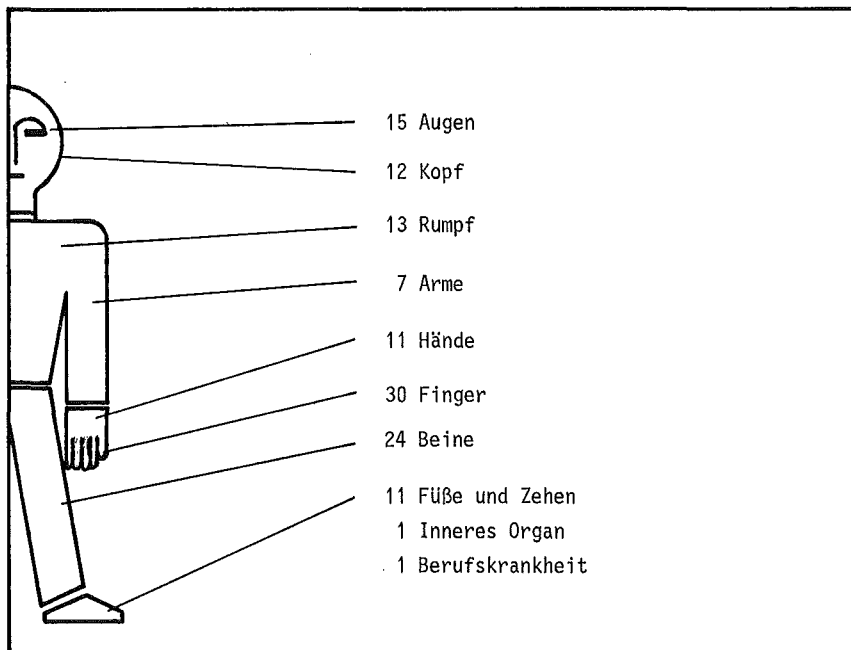


Abb. 2/2: Analyse der Arbeitsunfälle nach verletzten Körperteilen 1980 (einschließlich Wege- und Betriebssportunfällen)

Unfallarten	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Betriebsunfälle	188	167	173	154	151	161	134	96
Wegeunfälle	20	14	23	27	21	23	21	22
Sportunfälle	5	5	2	11	10	11	12	6
Berufskrankheiten	3	1	-	2	4	6	4	1

Tab. 2/8: Statistik der Unfallarten

#### 2.4.7 Abnahme von Baustelleneinrichtungen

##### F. Merschroth

Im Laufe des Jahres 1980 wurden auf dem Gelände der KfK GmbH an 18 Baustellen 68 Baubaracken, Wagen und Container als Büro-, Lager- oder Mannschaftsunterkünfte von insgesamt 27 Fremdfirmen aufgestellt. Diese Baustelleneinrichtungen wurden vom Technischen Sicherheitsbüro im Rahmen der KfK-internen Ordnungs- und Kontrollbestimmungen sicherheitstechnisch überprüft und abgenommen. Dabei wurden folgende Mängel festgestellt:

- bei 69 % waren keine Feuerlöscher vorhanden oder die Prüffristen abgelaufen,
- bei 47 % waren die zugewiesenen Baustellennummern bzw. die Firmenschilder nicht angebracht,
- bei 24 % mußten thermische Isolierungen an den Heizkörpern angebracht werden,
- bei 7 % mußten die vorhandenen Heizkörper ausgetauscht werden,
- bei 7 % wurden Öle und Treibstoffe ohne Auffangwannen gelagert,
- bei 5 % war die elektrische Einrichtung mangelhaft.

Nur bei 3 % aller Baustelleneinrichtungen wurden keine Mängel festgestellt.

Aufgrund der hohen Beanstandungszahlen wurde in Zusammenarbeit von HS/S-OSD und HS/TSB ein Merkblatt für Baubuden und sonstige "fliegenden Bauprovisorien" erstellt, das den Fremdfirmen vor Errichtung der Bauprovisorien ausgehändigt wird.

#### 2.4.8 Arbeitsplatzüberwachung

Meßtechnische Arbeitsplatzüberwachungen, deren Auswertungen und Beurteilungen konnten nur an Schwerpunkten durchgeführt werden. Art und Ort der Messungen sind aus Tab. 2/9 ersichtlich.

#### 2.4.9 Ausbildung für Kranführer und Anschläger nach VBG 9 und VBG 9a

Aufgrund des nachgewiesenen Ausbildungsstandes (Prüfung) wurden an 104 Mitarbeiter des KfK und an 26 Mitarbeiter der GWK Ausweise für Kranführer und Anschläger ausgehändigt. Die theoretische Ausbildung erfolgte in Gruppen von 15 bis 20 Mitarbeitern und wurde in jeweils zwei Doppelstunden/Gruppe mit nachfolgender schriftlicher Prüfung durchgeführt. Die praktische Ausbildung wurde in den jeweiligen Instituten bzw. Abteilungen abgenommen.



Organisations- einheit	Art der Überwachung	Räume, Geräte, Anlagen
EKM/Ekf	Lärmpegel-Vergleichsmessung	IBM-Typenhebelmaschine IBM-Kugelkopfmaschine Olympia -ES 100 Schreibradmaschine
EKM/MW	Überprüfung der Raumbelüftung	Chemikalienlager Geb.231
HDB	Schadstoffüberwachung	Zwischenlager Geb. 519
HDB	Schadstoffüberwachung	Zwischenlager Geb. 519
HDB	Schadstoffüberwachung	Zwischenlager Geb. 519
HDB	Schadstoffüberwachung	Zwischenlager Geb. 519
HDB	Lärmbelastung	Gabelstapler
HDB	Lärmbelastung	Maschinenraum Nr. 126 Geb. 545
HDB	Lärmbelastung	Veraschung Geb. 536
HDB	Lärmbelastung	Faßwaschanlage Geb. 536
HDI	Lärmpegelmessung nach Dämmung	Terminal-Raum
HS/S-OSD	Lärmpegelmessung	Alarmzentrale
IHCH	Lärmpegelmessung	Technikumshalle, HET-Testanlage KOMET-II-Anlage
IK	Schadstoffüberwachung	Mechanische Werkstatt
IMF II	Überprüfung der Raumbelüftung	Metallographie
IMF III	Lärmpegelmessung	EDV-Anlage, Elektro-Labor und Montagewerkstatt
INR	Lärmpegelmessung	Schreibautomat Redactron II F
INR	Lärmpegelmessung nach Dämmung	Schreibautomat Redactron II F
IT	Lärmbelastung	Versuchsanlage SUSI
ITP	Lärmbelastung	Tiefemperatur-Materialprüfmaschinen
ITP	Lärmbelastung	Kühlkreislauf, Technikumshalle 406
OKD	Lärmbelastung	Rechnerraum
P/AV/Kantine	Lärmbelastung	Fördergebläse für Küchenabfälle
P/AV/DA	Überprüfung der Raumlüftung	Geb. 141 UG
P/AV/Repro	Überprüfung der Raumlüftung	Geb. 141 UG und Geb. 142
SNEAK	Beleuchtung	Meßraum 2
SNEAK	Beleuchtung nach Änderung	Meßraum 2
VBW	Lärmbelastung	Schraubenverdichter Geb. 542
VBW/BW	Lärmpegelmessung nach Dämmung	Schweißer-Werkstatt
VBW/E	Lärmpegelmessung	Dieselstation Geb. 686 - Vergleichs- messung für Neubau BETA-Anlage
VBW/VB	Lärmpegelmessung	Beaufschlagung der Schlafräume durch Abluftgebläse BFE Geb. 325
VBW/VB	Lärmpegelmessung	Atemschutzzentrale
TEKO	Lärmpegelmessung	Technikumshalle, Umluftanlage

Tab. 2/9: Messungen am Arbeitsplatz

#### 2.4.10 Ausbildung für Führer von Flurförderzeugen nach VBG 12a

Zu Führern für motorisch angetriebene Flurförderzeuge nach DIN 15 140 im innerbetrieblichen Werkverkehr wurden aus verschiedenen Organisationseinheiten insgesamt 18 Mitarbeiter ausgebildet.

### 2.5 Einsatzplanung und Organisation

W. Reuble

#### Kommunikationsmittel

Die Abteilung Technisches Sicherheitsbüro koordiniert Ausbau und Funktion der nachstehend genannten Kommunikationseinrichtungen, die im Sicherheitsdienst der KfK eingesetzt sind. Eine enge Zusammenarbeit mit den anderen auf dem Gelände des KfK stationierten selbständigen Institutionen ist hierbei unerlässlich.

**Lautsprecheranlage:** Prüfung von Beanstandungen über mangelhafte Wiedergabequalität von Durchsagen, Veranlassen der Beseitigung von Störungen, Installation und Anschluß weiterer Lautsprecher.

**Notrufvermittlung (Rotes Telefon):** Anschluß- und Funktionsprüfungen, Aufnahme neuer und Streichung entfallener Anschlüsse mit Festlegung und Zuordnung der Gruppenschaltungen, Erstellung und Verteilung dieses Verzeichnisses.

**Personenrufanlage:** Teilnehmer- und Geräteerfassung in neuem Verzeichnis, Vorbereitung für eine Umrüstung auf neue Empfängergeräte mit erweiterten Einsatzmöglichkeiten.

#### Allgemeine sicherheitstechnische Unterlagen

**Brandbekämpfungspläne:** Gebäudepläne für die Einsatzdienste und die jeweils zugehörigen textlichen Angaben zur Brandbekämpfung wurden ergänzt.

**Ortseinweisungen:** Für die Einsatzleiter vom Dienst (EvD), für Angehörige der Werkfeuerwehr sowie der Wartungsdienste fanden Ortseinweisungen in den neuen Gebäuden Nr. 712 (INE), 630 (TEKO) und 415 (LAF II) statt. Im Rahmen der EvD-Ausbildung wurde ein Informationsseminar geplant und durchgeführt.

**Allgemeine Sicherheitsregelung KfK:** Erarbeitung der Vorlagen zum Druck der Allgemeinen Sicherheitsregelung, die als völlig überarbeitete und neugestaltete 4. Auflage ab Mai 1980 zur Verteilung an alle Mitarbeiter zur Verfügung stand.

### 2.6 Elektronische Datenverarbeitung

A. Antoni, G. Stäblein

#### 2.6.1 Datenaustausch mit HS/0-HDB

HS/0 betreibt für den Bereich der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB-Mitarbeiter, dortige HS/0-Mitarbeiter und Fremdfirmenangehörige) ein Informationssystem über EDV, das die zur Person erhaltenen Strahlenschutzmeßwerte geschlossen erfaßt, auf Bildschirm darstellt oder auflistet.

Neuerdings wird eine automatische Meßwertablesung der Stabdosismeter (System Autorad) im On-line-Verfahren obigem System zugeführt.

Die monatlich listenmäßig durchgeführte Kommunikation dieses Systems mit der zentralen Dosisdatei bei TSB wurde auf EDV-Datenträgeraustausch (Disketten) umgestellt mit folgender Leistung:

- automatischer Vergleich der Namensliste und Ergänzung von Neuzugängen,
- Übertrag der Monatssumme der persönlichen Stabdosiswerte,
- Rückübertrag der inzwischen über TSB erhaltenen amtlichen Filmdosiswerte aus der Zentraldatei.

Letztere werden dort noch aus der Mitteilung im Überwachungsbogen von Hand eingegeben, ein Datenträgeraustausch wurde von der Landesanstalt für Umweltschutz (amtliche Dosismeßstelle) in Kürze in Aussicht gestellt.

Schwierigkeiten, die sich anfänglich durch die abweichenden Ordnungsprinzipien der so verbundenen Systeme ergaben (alphabetisch nach Zuname bzw. nach fortlaufender Meß-Fach-Nummer), konnten programmtechnisch gelöst werden, ohne die eigenständigen Vorteile der beiden Systeme aufzugeben.

Bei der nur einmal monatlich anfallenden Übertragung scheint ein direkter Datenverbund im Augenblick noch nicht lohnend.

Die so übertragenen Stabdosen werden in die automatische Bilanz der Zentraldatei einbezogen. Die Zahl der übertragenen Daten (Namen und Meßwerte) beläuft sich auf ca. 1 800/Monat mit

12 HDB-Mitarbeitern,  
15 HS/Ü-Mitarbeitern bei HDB,  
435 Fremdfirmenangehörigen

(letztere unterliegen einer hohen Änderungsrate).

## 2.6.2 Programmbibliothek

Zur Zeit werden folgende Hauptprogramme verfügbar gehalten und laufend aktualisiert:

ADRESS	externes Anschriftenverzeichnis der Abteilung HS/TSB,
DATASCH	externes Anschriftenverzeichnis der Hauptabteilung Sicherheit,
DON	(enthält die früher beschriebenen DOKAR und DOF) Dosisdatei Institute und Fremdfirmenangehörige,
GEN	atomrechtliche Genehmigungen der Institute und Abteilungen,
HS	Personaldaten von Mitarbeitern der Hauptabteilung Sicherheit,
MAUS	Meßwertaustausch mit HS/Ü-HDB (siehe auch Kap. 2.6.1),
UEBO	Überwachungsbogen für die amtliche Personendosimetrie nach aktuellem Personenstand auf ein behördlich vorgegebenes Formular vordrucken (seit 1979 für alle Institute und Abteilungen zentral bei TSB),
VIP	Datei intern bestellter Personen und Kontaktpersonen für TSB,
ZAG	Auftragsfirmen mit Genehmigung nach § 20a StrlSchV.

Alle Hauptprogramme stellen Subroutinen zur Verfügung, die eine Ergänzung, Tilgung und Korrektur in den Dateien sowie ein Auflisten des Dateiinhalts nach vorgegebenen Auswahlkriterien erlauben.

Programm	Leistung	Menge	Frequenz
DON	Gesamtliste HDB	2 . 40 Blatt	monatlich
	Gesamtliste HS/O	2 . 20 Blatt	"
	Gesamtliste IRCh	2 . 20 Blatt	"
	Fälligkeit Untersuchung HDB, IRCh, HS/O	3 . 1 Blatt	"
	Fälligkeit Belehrung HDB, IRCh, HS/O	9 . 1 Blatt	"
	Gesamtliste Fremdfirmen	1 . 20 Blatt	"
	Gesamtliste Fremdfirmen (ausgeschiedene Mitarbeiter)	1 . 30 Blatt	jährlich
	Namensliste	1 . 10 Blatt	"
	Liste nach Fremdfirmen sortiert	1 . 8 Blatt	"
	Mitteilung der Stabwerte an die Fremd- firmen (§ 20a-Genehmigungen)	72 . 1 Blatt	monatlich
UEBO	Überwachungsbogen-Filmdosimeter	164 Bogen	monatlich
	Überwachungsbogen-Glasdosimeter	59 Bogen	vierteljährlich
	Überwachungsbogen-Glasdosimeter	8 Bogen	halbjährlich
	Namensliste	1 . 16 Blatt	monatlich
HS	Gesamtliste alphabetisch (Personaldaten)	1 . 11 Blatt	monatlich
	Gesamtliste alphabetisch (Anschriften)	1 . 11 Blatt	"
	Liste nach Abteilungen sortiert (Personaldaten)	1 . 16 Blatt	"
	Liste nach Abteilungen sortiert (Anschriften)	1 . 16 Blatt	"
ZAG	Gesamtliste der Kontaktfirmen	3 . 14 Blatt	monatlich

Tab. 2/10: Ausgaberroutinen verschiedener Programme

## 2.7 Meldestelle von Kernbrennstoffen

W. Stock

Die Meldestelle ist zuständig für die Erfassung, Überwachung und Meldung des Kernmaterials, sonstiger radioaktiver Stoffe und Schwerwasser zentral für die Anlagen der KfK GmbH.

Grundlage für diese Tätigkeit sind Gesetze, Verordnungen und Anordnungen deutscher sowie internationaler Behörden:

- Artikel 72 des NV-Vertrages,
- Artikel 81 Abs. 2 des EURATOM-Vertrages,
- Verordnung (EURATOM) Nr. 3227/76 der EURATOM-Kommission,
- Strahlenschutzverordnung sowie
- Umgangs-, Lager-, Betriebs- und Beförderungsgenehmigungen.

Im Juli 1980 wurden die Materialbilanzonen von der EURATOM-Kommission von bisher neun auf elf erhöht. Die Materialbilanzzone (MBZ) Code WCRK (Laboratorien) wurde aufgelöst und in drei neue MBZ umbenannt.

Anlage	bisherige Anlage	neue MBZ
IMF III	WCRK	WKKA
IHCh	WCRK	WKKB
Laboratorien (Rest)	WCRK	WKKE

In der Materialbilanzzone von Code WKKE verblieben 17 Institute bzw. Teilinstitute: IMF I, IAK II, SKT, INE, LAF I, HS/D, HS/R, EKS, Zyk1., IAK II/RTM, IRB, IRE, IGT, IK I, EKM/TAB, HDB, LIT I.

Die erforderliche Umbuchung und Meldung des Kernmaterials wurde entsprechend der neuen Gliederung durchgeführt.

Anlage	MBZ (EURATOM-Code)
KTB/FR 2	WF2K
KTB/SNEAK	WSNK
KTB/HZ	WHZK
SUA	WSUA
SUR 100	WSUR
IKVT	WIKV

Anlage	MBZ (EURATOM-Code)
INR	WKVS
IRCh	WRCH
IMF III	WKKA
IHCh	WKKB
Laboratorien	WKKE

Tab. 2/11: Einteilung in Materialbilanzonen 1980

Entsprechend den Richtlinien der Verordnung (EURATOM) Nr. 3227/76 sowie den besonderen Kontrollbestimmungen der einzelnen Anlagen hat die Meldestelle das Kernmaterial in computergerechter Form getrennt nach Anlagen, Kategorie, Chargenbezeichnung und der jeweiligen Verpflichtung in insgesamt 27 Bestandsverzeichnissen erfaßt.

Für die Erstellung der monatlichen Bestandsänderungsberichte wurden 1980 480 Institutsmeldungen von HS/TSB überprüft und 720 Belege (Lieferscheine) gebucht.

EURATOM Luxemburg 1 182	BAW Eschborn 1 177	SM Stuttgart 1 177
----------------------------	-----------------------	-----------------------

Tab. 2/12: Bestandsänderungsberichte an Behörden

Die noch ausstehenden besonderen Kontrollbestimmungen der EURATOM-Kommission sind 1980 eingegangen und liegen für jede Materialbilanzzone der KfK vor.

Gemäß dieser besonderen Kontrollbestimmungen wurde das jährliche Tätigkeitsrahmenprogramm von allen Materialbilanzonen erstellt und an EURATOM weitergeleitet. Mit der vorgeschriebenen Aufstellung des realen Bestandes an Kernmaterial wurde begonnen. Der Abschluß dieser Inventur wird einen Zeitraum von Dezember 1980 bis März 1981 beanspruchen. Die Inspektoren der IAEO und EURATOM werden teilweise der Durchführung der Inventuren beiwohnen.

Zur Erleichterung der Erfüllung behördlicher Auflagen hat die Meldestelle HS/TSB 54 "Kernmaterialordner" mit Erläuterungen über die Erfassung und Meldung von Kernmaterial mit Merkblättern und Formblättern an die einzelnen Anlagen verteilt. Sie enthalten zusätzliche Richtlinien zur Erfassung und Meldung von sonstigen radioaktiven Stoffen und Schwerwasser.

## Kernmaterialtransporte

Alle KfK-externen Transporte wurden bei Eingang vom Objektsicherungsdienst und bei Ausgang vom jeweiligen Absender der Meldestelle HS/TSB gemeldet.

KfK-interne Pu-Transporte wurden unter direkter Aufsicht eines Vertreters HS/TSB und dem Objektsicherungsdienst, bei größeren Mengen zusätzlich durch die Landespolizei begleitet, durchgeführt.

Kategorie	KfK-intern	KfK-extern	Gesamt
Natururan	81	76	157
abger. Uran	109	35	144
Thorium	11	2	13
anger. Uran	47	56	103
Plutonium	121	148	269
Gesamt	369	317	686

Tab. 2/13: Kernmaterialbewegungen - nach Kategorien - 1980

## Inspektionen des Kernmaterials durch IAEA und EURATOM

1980 haben die Internationale Atomenergie-Organisation (IAEO) in Anwendung von Artikel 72 des NV-Vertrages und die EURATOM-Kommission Luxemburg in Anwendung von Artikel 82, Abs. 2 des EURATOM-Vertrages Inspektionen in der KfK durchgeführt. Zur Durchführung dieser Inspektionen wurden von der IAEA im Berichtsjahr 22 und von der EURATOM-Kommission 21 verschiedene Inspektoren eingesetzt.

An den insgesamt 293 Inspektionstagen ergaben sich für die einzelnen Anlagen folgende Inspektionsbesuche:

HS/TSB	KTB/SNEAK	KTB/FR 2	KTB/HZ	IHCH	SUA	SUR 100
50	227	7	3	4	1	1

Alle Inspektionen wurden von der Meldestelle vorbereitet, die Inspektoren - außer bei Messungen in der SNEAK - durch die kontrollierten Anlagen begleitet und über die Inspektionen Abschlußberichte erstellt.

## Erfassung und Meldung sonstiger radioaktiver Stoffe

Aus den Unterlagen der Buchführung wurden die aufgelisteten Meldungen erstellt und den Behörden zugeleitet.

	EURATOM	SM	GAA	LfU	Gesamt
Monatsberichte - KfK-externe Bewegungen			36		36
Quartalsberichte - Schwerwasser	16				16
Halbjahresberichte - Erzeugung radioakt. Stoffe		4	4		8
- umschlossene radioakt. Stoffe				36	36
- Anfall von radioakt. Abfall		2			2
Jahresberichte - Bestand an radioakt. Stoffen		18	18		36
- Bestand an radioakt. Abfall		2	2		4
Gesamt	16	26	60	36	138

Tab. 2/14: Erfassung und Meldung sonstiger radioaktiver Stoffe

2.8 Demonstrationsexperiment mit einem Nachtsichtgerät zur Beobachtung von Čerenkov-Strahlung an bestrahltem Kernbrennstoff in einem Lagerbecken

Chr. Brückner

#### 2.8.1 Einleitung

Im Rahmen des IAE0-Unterstützungsprogrammes der Bundesrepublik Deutschland besteht unter anderem die Aufgabe, der IAE0 Gelegenheit zu geben, für die Kernmaterialüberwachung bestimmte Geräte unter realistischen Bedingungen in kerntechnischen Anlagen zu testen und solche Tests gemeinsam mit Mitarbeitern der IAE0 durchzuführen und auszuwerten. Zu diesem Zweck wurde, gemeinsam mit Mitarbeitern der IAE0, von EURATOM Luxemburg und der GWK, ein Nachtsichtgerät der Firma Javelin (Modell Javelin 222) in der Wasserbeckenhalle der WAK getestet.

Aufgabe war, die Verwendbarkeit des Nachtsichtgerätes zur Durchführung von Beobachtungsmaßnahmen an bestrahltem Kernbrennstoff in einem Lagerbecken zum Zweck der Kernmaterialüberwachung durch Beobachtung der Čerenkov-Strahlung zu testen und den Einfluß von Randbedingungen wie die Stärke der Hallenbeleuchtung auf die Verwendbarkeit zu untersuchen.

Die Lichtverstärkung des Nachtsichtgerätes betrug ungefähr 1 500.

#### 2.8.2 Versuchsbedingungen

Von der IAE0 war gefordert, Versuche bei völliger Dunkelheit in der Beckenhalle durchführen zu können. Dementsprechend waren die Leuchtbander der Notbeleuchtung abgeschaltet. Die übrigen Leuchtbander der Deckenbeleuchtung konnten ein- und abgeschaltet werden, getrennt davon auch eine Einzelleuchte an der Hallenwand und die Beleuchtung an der Transportbehälterentladestation. Schließlich waren während des Experiments an der Brücke

zwei getrennt schaltbare Scheinwerfer montiert. Mit allen diesen Hilfsmitteln konnten verschiedene Beleuchtungsbedingungen in begrenzter Abstufung von Beleuchtungsstärke und Beleuchtungswinkel gegen die Wasseroberfläche im Becken geschaffen werden.

### 2.8.3 Versuchsprogramm

Das Versuchsprogramm enthielt die Teile

1. Beobachtung verschiedener ausgewählter Brennelemente und Brennstoffbehälter bei Dunkelheit; Versuch der Feststellung von Besonderheiten (Fehlen von Pins, Sonderelemente) und Beurteilung des Einflusses verschiedenartiger Randbedingungen (Abdeckung von Elementen in den Lagerpositionen, Brennstoff in Containern, Beeinflussung von Nachbarpositionen) und von Unterschieden der Elemente (unterschiedliche Abbrände und Kühlzeiten);
2. Simulieren einer Bestandsverifikation mit Durchfahren von zwei Reihen von Brennelementen mit der Brücke (bei Dunkelheit); Beurteilung von Durchführbarkeit und Zeitbedarf;
3. Beobachtung eines bestimmten Brennelements unter verschiedenen Beleuchtungsbedingungen.

Die Beobachtungen im ersten Testteil wurden an den folgenden Brennelementen durchgeführt:

Lfd. Nr.	BE-Typ	Abbrand (Mwd/t)	Entladung am Reaktor	Lagerposition
1	PWR	24 000	Mai 1976	22/4
2	PWR	31 000	Mai 1976	12/2
3	BWR	20 000	Dezember 1971	8/1
4	PWR	29 000	Mai 1976	9/5
5	NS Otto Hahn	14 000	Februar 1979	3/3
6	PWR	18 000	August 1974	2/3
7	23 Pins in Container (BWR)	18 500	Mai 1973	16/1
8	BWR	10 000	Juni 1970	25/3

Für den zweiten Testteil wurden die Reihen 1 und 2 des Lagerbeckens abgefahren, die auf insgesamt 50 Positionen mit BE verschiedener Art besetzt waren.

Die Beobachtungen im dritten Testteil wurden am PWR-Element auf Pos. 22/4 sowie Elementen im Bereich der Pos. 2 bis 5/2 - 5/4 durchgeführt, wobei mit den Positionen vor allem der Lichteinfallwinkel zu verändern beabsichtigt war.

### 2.8.4 Versuchsergebnisse

Der erste Testteil brachte folgende Ergebnisse:

1. Die Cerenkov-Strahlung war bei völliger Dunkelheit in der Beckenhalle an allen Elementen und Behältern bereits mit bloßem Auge erkennbar. Das Nachtsichtgerät führte zu einer wesentlich deutlicheren Erkennbarkeit. Die Ausrüstung des Nachtsichtgerätes mit einem Zoom-Objektiv würde die Ergebnisse wahrscheinlich noch verbessern.



2. Die Beobachtungen 1, 2, 3, 4 und 6 zeigten, daß an oben offenen BE die BE-Struktur mit bloßem Auge schlecht, mit dem Nachtsichtgerät sehr gut erkannt werden kann. Als wichtig erweist sich die exakte Ausrichtung des Gerätes auf den Brennelementkopf. Sie kann leicht hergestellt werden.
3. Sonderstrukturen (wie am Element unter Beobachtung Nr. 6) und Fehlstrukturen (Element unter Beobachtung Nr. 4 mit sechs fehlenden Pins) können mit dem Nachtsichtgerät ohne weiteres erkannt werden, sofern das Element offen ist. Die Anzahl der fehlenden Pins im Element unter Nr. 4 - das Element war wegen der Fehlstruktur ausgewählt, das Vorhandensein der Fehlstruktur den IAE0-Mitarbeitern jedoch nicht mitgeteilt worden - ließ sich feststellen.
4. Der Vergleich der Beobachtungen vor allem unter Nr. 1 und 2 bzw. zu 3 ergab, daß eine Unterscheidung nach Abbrand und Kühlzeit nur grob qualitativ und auch nur bei relativ großen Unterschieden (20 % und mehr) möglich ist. Absolute Werte konnten mit dem getesteten Gerät nicht erhalten werden.
5. An dem in einer abgedeckten Lagerposition untergebrachten Brennelement des NS Otto Hahn (Beobachtung Nr. 5) konnte Čerenkov-Strahlung mit bloßem Auge, mit dem Nachtsichtgerät verstärkt, jedoch ohne Auflösung von Details beobachtet werden. Die Abdeckung verhindert die Sicht auf den Elementkopf.
6. Die Beobachtung Nr. 7 an dem mit Pins belegten geschlossenen Behälter zeigte, daß mit dem Nachtsichtgerät bestrahltes Kernmaterial enthaltende Behälter und Behälterfächer erkannt und von nicht mit solchem Material belegten Behältern und Behälterfächern unterschieden werden können. Diese Unterscheidungsmöglichkeit war mit bloßem Auge nur sehr undeutlich gegeben.
7. Das Element unter Beobachtung Nr. 8 konnte anhand der Čerenkov-Strahlung sowohl mit bloßem Auge als auch, besser, mit dem Nachtsichtgerät erkannt werden. Das Nachtsichtgerät ermöglicht den Einblick in die Elementstruktur von oben her, sofern Konstruktionselemente des Kopfstückes sie nicht verdecken.

Der zweite Testteil bestätigte im wesentlichen die Ergebnisse des ersten: Beim Durchfahren der Lagerreihen bei einer simulierten Bestandsverifikation, bei völliger Dunkelheit, können bestrahlte Brennelemente und Pins in Lagerbehältern infolge der Čerenkov-Strahlung qualitativ erkannt werden. Wegen der unvollständigen Belegung des WAK-Lagers ist es nicht möglich, aus dem Versuch Rückschlüsse auf Probleme zu ziehen, die sich an einem dichtgepackten Lager ergeben können (Beeinflussung von Nachbarpositionen her).

Im dritten Testteil, den Versuchen unter verschiedenen Beleuchtungsbedingungen, ergaben sich folgende Ergebnisse:

1. Bei direkter Beleuchtung der Wasseroberfläche (an der Brücke montierter Scheinwerfer, auf die Wasseroberfläche gerichtet, Leuchtbänder an der Hallendecke) konnte die Čerenkov-Strahlung, auch mit dem Nachtsichtgerät, nicht identifiziert werden.
2. Indirekte Beleuchtung verhindert die Erkennbarkeit der Čerenkov-Strahlung ebenfalls bei zu hoher Beleuchtungsstärke (an der Brücke montierter Scheinwerfer, gegen die Hallenwand gerichtet, Leuchtstofflampe an der Hallenwand). Da es nicht möglich war, ein Meßgerät an die Wasseroberfläche zu bringen, konnte die Beleuchtungsstärke nicht gemessen werden.
3. Bei indirekter Beleuchtung, d.h. Wasseroberfläche im Schatten, ist bei geringer Beleuchtungsstärke, die im vorliegenden Fall durch Benutzung entfernt angeordneter Leuchtkörper eingestellt werden konnte, die Čerenkov-Strahlung mit dem Nachtsichtgerät erkennbar. Nach Aussage des Betreibers ist diese Beleuchtung als Notbeleuchtung in der WAK nicht ausreichend.

### 2.8.5 Schlußfolgerungen

Die Ergebnisse des Demonstrationsexperimentes führen zu folgenden Schlußfolgerungen:

1. Unter Voraussetzung geeigneter Beleuchtungsbedingungen (geringe Beleuchtungsstärke, indirekte Beleuchtung, die die Wasseroberfläche des Beckens im Schatten läßt) ermöglicht das Javelin-222-Nachtsichtgerät eine sichere Feststellung der Existenz bestrahlten Kernmaterials in Lagerbecken auch bei Material in Behältnissen, bei kleinen Mengen und bei relativ geringen Aktivitäten (geringer Abbrand bzw. langen Kühlzeiten) aufgrund der Feststellung der Čerenkov-Strahlung.
2. Die Struktur von Brennelementen einschließlich von Fehlstellen (fehlende Pins) oder Sonderanordnungen kann festgestellt werden, sofern die Struktur nicht verdeckt ist.
3. Die Beleuchtungsbedingungen, für die oben gemachte Feststellungen gelten, sind nach Aussage des Betreibers der WAK als Notbeleuchtung, das heißt als die aus Sicherheitsgründen erforderliche Mindestbeleuchtung in einer kerntechnischen Anlage unzureichend. Insofern ist das getestete Beobachtungsverfahren für routinemäßige Inspektionen nicht verwendbar. Das Experiment hat keine Hinweise dafür erbracht, daß eine Auslegung der Notbeleuchtung gefunden werden könnte, die einerseits ausreichend hohe Beleuchtungsstärken als Notbeleuchtung gewährleistet, andererseits gering genug ist, um die Anwendung des Čerenkov-Verfahrens zu ermöglichen. Es kann lediglich festgestellt werden, daß die Auslegung der Notbeleuchtung als indirekte Beleuchtung, mit Abschattung der Lagerbeckenoberfläche, die Gegensätze in den Anforderungen zu verringern geeignet ist. In diesem Zusammenhang ist jedoch darauf hinzuweisen, daß Vertreter von Sicherheitsorganisationen an den Experimenten nicht teilnahmen.
4. Zur Überwindung der angegebenen Schwierigkeiten erscheint eine Weiterentwicklung des Nachtsichtgeräts geeignet und möglich in der Weise, daß die Verstärkung der Čerenkov-Strahlung auf deren violetten Spektralanteil beschränkt wird, so daß sich die Störung durch die Hallenbeleuchtung - deren Spektrum sich gegebenenfalls durch geeignete Wahl der Beleuchtungskörper weiter zu Rot hin verschieben ließe - verringert.
5. Es erscheint möglich, das Beobachtungsverfahren mit Nachtsichtgerät so weiterzuentwickeln, daß es unter Beleuchtungsbedingungen eingesetzt werden kann, die als Notbeleuchtung akzeptiert werden. Hierzu sind weitere Arbeiten und Tests erforderlich.

### 3. Sicherung

#### R. Schütten

Die von den Genehmigungsbehörden angeordneten Sicherungsmaßnahmen bezüglich der baulichen Ertüchtigung sensitiver Anlagen des Kernforschungszentrums sowie der Gastinstitutionen wurden mit Priorität vorangetrieben und zum Teil auch abgeschlossen. Die divergierenden Belange der Sicherheit im Sinne der Arbeitsstättenverordnung als auch der Sicherung wurden hierbei berücksichtigt. Die sicherungsrelevante Ertüchtigung der Außenzaunanlage ist weitgehend abgeschlossen. Der Ausbau der neuen Alarmzentrale ist baulicherseits abgeschlossen, so daß mit der Installation der Sicherungsanlagen begonnen werden kann. Für den Alarmverstärkungstrupp wurden 2 geländegängige Fahrzeuge beschafft, die sich bestens bewährt haben.

#### 3.1 Objektsicherungsdienst

##### F. Paltian, E. Ringel

Der Personalstand der Abteilung Sicherung hat sich im Berichtszeitraum erheblich verbessert. Es wurden 41 Mitarbeiter neu eingestellt. Durch den ständigen Anstieg der Auflagen seitens der Genehmigungsbehörden war auch 1980 der Objektsicherungsdienst trotz Personalverstärkung voll ausgelastet. Die Aus- und Weiterbildung des Objektsicherungspersonals konnte kontinuierlich vorangetrieben werden. Neben der waffenspezifischen Ausbildung und den Speziallehrgängen für Betriebs- und Objektsicherungspersonal wurde das Ausbildungsprogramm durch die praktische Waffenausbildung und die theoretische Unterweisung so gestaltet, daß Anfang 1981 alle Mitarbeiter des Objektsicherungsdienstes bewaffnet werden können. Die Anzahl der Waffenscheininhaber hat mittlerweile eine Stärke von 145 Mann erreicht (siehe Kap. 3.6).

Der Objektsicherungsdienst verfügt z.Z. über 20 Diensthunde. An den Ausbildungslehrgängen der Landespolizei-Hundeschule in Karlsruhe-Durlach haben 3 Mitarbeiter mit den ihnen zugeteilten Diensthunden teilgenommen. Die planmäßige Fortbildung wird innerhalb der eigenen Zwingeranlage (Freigehege) sowie im KfK-Gelände und bei den örtlichen Hundesportvereinen der näheren Umgebung betrieben. Hierbei haben unsere Diensthundeführer an 37 Schutzhundeprüfungen mit Erfolg teilgenommen. Im Oktober 1980 wurde die zweite Schutzhundeprüfung im KfK in eigener Regie durchgeführt, an der 8 KfK-Diensthundeführer teilgenommen haben.

Die aufgrund aufsichtsbehördlicher Auflagen durchgeführte Streifentätigkeit stellt sich, im Zeitraum einer Woche, wie folgt dar:

- 245 Streifen in Gebäuden und im Freigelände,
- 32 motorisierte Sonderstreifen im Gelände,
- 36 Sonderstreifen mit Schutzhunden vorwiegend in bewaldeten Bereichen,
- 288 Streifen in Pu-Lagerbereichen,
- 217 Streifen in Versuchsbereichen.

Im Rahmen der Streifentätigkeit wurden ca. 140 Versuchsanordnungen kontrolliert.

Am Haupt- und Nordtor wurden im Berichtszeitraum Sicherheitskontrollen (Kraftfahrzeuge) durchgeführt. Davon waren Mitarbeiter und Fremdfirmenangehörige oder Besucher betroffen.

Im Jahre 1980 sind in der Alarmzentrale folgende Alarm- und Störmeldungen eingegangen und weiterbearbeitet worden:

Gruppe	Anzahl
Objektsicherung	113
Feuer	120
Störung (Aufzüge, Stromausfall usw.)	442
allg. Störmeldungen	1493

Tab. 3/1: Alarm- und Störmeldungen

Abgesehen von den Störungen betreffend Aufzüge und Stromausfall ist in den anderen Positionen ein deutlicher Anstieg gegenüber dem Vorjahr zu verzeichnen. Insgesamt wurde 1980 mit 1 338 Einsätzen (Tab. 3/2) eine um 11,5 % höhere Einsatzfrequenz gegenüber dem Vorjahr registriert.

Einsatzleiter vom Dienst	131 Einsätze
Feuerwehr	120 Einsätze
Wartung	712 Einsätze
Versuchsleiter	129 Einsätze
Rufbereitschaft	246 Einsätze

Tab. 3/2: Registrierte Einsätze 1980

Im Jahr 1980 wurden bei ca. 30 %iger Steigerung 46 506 Besucher des Kernforschungszentrums Karlsruhe vom Empfangsdienst registriert. Die Zahl der ausländischen Gäste lag im Berichtszeitraum mit 5 580 25 % höher als im Vorjahr. Von den insgesamt ausgegebenen Besucherscheinen und den befristeten Ausweisen wurden lediglich 333 bei Verlassen des Zentrums nicht zurückgegeben.

### 3.2 Ermittlungsdienst

#### A. Baumgärtner

Im Berichtszeitraum wurden 201 Verstöße gegen die geltenden Ordnungs- und Kontrollbestimmungen registriert und bearbeitet. Im gleichen Zeitraum wurden 28 vorläufige Sicherstellungen durchgeführt, weil die Ausführenden zum Zeitpunkt der Ausfuhr keinen Eigentumsnachweis erbringen konnten.

Die Anzahl der gemeldeten und bekanntgewordenen Sachbeschädigungen belief sich im Berichtszeitraum auf 75.

Alle Schadensverursacher konnten ermittelt werden. Der ermittelte Gesamtschaden beträgt DM 324.010,--.

Dem Ermittlungsdienst wurden im Jahre 1980 insgesamt 46 Diebstähle gemeldet. Aufgeklärt wurden 31 Fälle.

Vom Ermittlungsdienst wurden im Jahre 1980 insgesamt 327 Betriebs- und sonstige Unfälle untersucht.

### 3.3 Güterkontrolle

A. Baumgärtner, G. Hanuschka

Im Bereich der Güterkontrolle wurden im Jahre 1980

- 41 941 Durchlaßpassierscheine, Sonderdurchlaßscheine und Durchlaßpassierscheine für radioaktive Transporte ausgestellt,
- 650 Transportbegleitungen durchgeführt,
- 1 935 Stück Fremdfirmengeräte gekennzeichnet und
- 128 Fremdfirmen neu registriert.

Die geltenden Ordnungs- und Kontrollbestimmungen für im Zentrum eingesetzte Fremdfirmen wurden, mit Ausnahme von 50 Verstößen, eingehalten. Dadurch konnten größere Beanstandungen vermieden werden. Das Verfahren, die Fremdfirmen zu belehren, hat sich weiterhin bewährt.

Im Berichtszeitraum wurden 7500 Warensendungen für sensitive Bereiche kontrolliert und begleitet. Hier war ein Rückgang um 25 % zum Vorjahr zu verzeichnen.

### 3.4 Verkehrsdienst

W. Hauth

Mit 92 Verkehrsunfällen - davon 74 im Kernforschungszentrum Karlsruhe - , die im Berichtszeitraum aufgenommen wurden, entsprach die Zahl der vom Verkehrsdienst aufgenommenen Verkehrsunfälle etwa der Zahl der vergangenen Jahre. Es waren 67 Unfälle mit leichten Sachschäden, 18 Unfälle mit Schäden jeweils über DM 1 000,-- sowie 7 Unfälle mit Personenschaden zu bearbeiten (siehe Tab. 3/4). Die häufigsten Unfallursachen waren:

- Nichtbeachten der Vorfahrt,
- zu geringer Sicherheitsabstand,
- Unachtsamkeit beim Rückwärtsfahren.

Belehrungen im Sinne der Straßenverkehrsordnung wurden im Jahre 1980 insgesamt 423 Personen im Kernforschungszentrum Karlsruhe erteilt (1979: 502; 1978: 472).

Bei den Verkehrszählungen am 10.06.1980 und 17.12.1980 wurden die in den Tabellen 3/4 bis 3/8 wiedergegebenen Daten ermittelt.

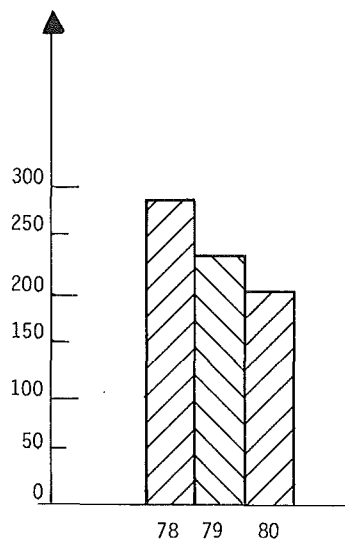


Abb. 3/1: Verstöße gegen die Ordnungs- und Kontrollbestimmungen

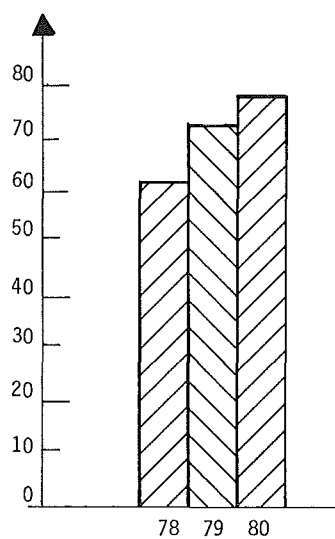


Abb. 3/2: Sachbeschädigungen

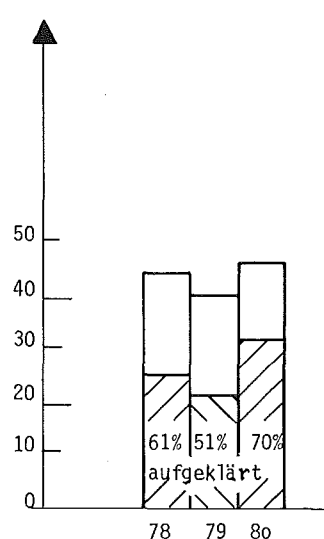


Abb. 3/3: Diebstähle

beschädigte Gegenstände	Jahr	bekanntgewordene Fälle	aufgeklärte Fälle	geschätzter Schaden in DM
Kabelschäden	1980	6	6	17.300,--
	1979	3	3	3.000,--
	1978	4	4	15.000,--
Lichtmasten	1980	5	5	4.500,--
	1979	2	2	2.000,--
	1978	7	7	3.500,--
Tore, Einzäunungen	1980	6	6	2.400,--
	1979	15	15	6.000,--
	1978	11	11	10.000,--
Brände, Explosionen, Gebäudeschäden	1980	21	21	140.000,--
	1979	14	14	142.000,--
	1978	4	4	20.000,--
Dienst-Kfz	1980	16	16	34.810,--
	1979	8	8	7.500,--
	1978	11	11	27.000,--
Verschiedenes, Fenster, Türen, Bedachungen, Transportschäden	1980	21	21	125.000,--
	1979	29	29	18.000,--
	1978	26	26	28.000,--
Summe:	1980	75	75	324.010,--
	1979	71	71	178.500,--
	1978	63	63	103.500,--

Tab. 3/3: Sachbeschädigungen; Einsatz des Ermittlungsdienstes

Monat	Anzahl der Verkehrs- unfälle (einschl. Wegeunfälle)			davon			Beteiligte				
	1978	1979	1980	leichter Sach- schaden	Sach- schaden >1 TDM	Personen- schaden	Personen		Fahrzeuge		
							Mit- arbeiter	sonst. Pers.	Pkw	Lkw	sonst. Fahrz.
Januar	8	12	15	12	2	1	16	7	12	4	8
Februar	16	9	9	6	2	1	12	5	12	-	1
März	6	4	8	3	2	3	9	4	7	2	2
April	3	8	6	4	2	-	5	3	5	2	2
Mai	5	2	7	5	2	-	4	4	4	4	3
Juni	6	7	6	4	2	-	2	7	2	4	-
Juli	4	6	8	5	2	1	7	9	11	-	3
August	6	4	5	5	-	-	3	2	5	-	2
Sept.	10	6	6	5	1	-	6	3	6	2	2
Okt.	9	13	8	6	2	-	7	3	7	2	3
Nov.	8	11	7	7	-	-	6	5	5	3	3
Dez.	8	4	7	5	1	1	8	3	9	-	2
Summe:	89	86	92	67	18	7	85	55	85	23	31

Tab. 3/4: Verkehrsunfälle

Uhrzeit	Pkw		Lkw, Kombi, Busse		Kräder, Mopeds		Fahrräder	
	Ein-fahrt	Aus-fahrt	Ein-fahrt	Aus-fahrt	Ein-fahrt	Aus-fahrt	Ein-fahrt	Aus-fahrt
0.00 - 5.00	4	7	-	-	-	-	-	-
5.00 - 6.00	75	6	2	-	-	-	3	-
6.00 - 7.00	137	52	24	2	3	-	4	1
7.00 - 8.00	595	49	46	18	2	-	20	-
8.00 - 9.00	947	126	75	31	3	5	49	18
9.00 - 10.00	254	113	31	15	8	4	20	7
10.00 - 11.00	138	109	24	13	-	-	10	7
11.00 - 12.00	82	291	26	20	-	1	9	19
12.00 - 13.00	244	414	19	21	2	1	28	38
13.00 - 14.00	378	122	31	22	1	1	45	13
14.00 - 15.00	100	154	27	21	2	-	3	6
15.00 - 16.00	58	234	16	17	-	5	5	6
16.00 - 17.00	54	1127	22	51	-	4	2	73
17.00 - 18.00	30	17	3	13	-	2	2	19
18.00 - 19.00	13	133	-	1	-	-	2	11
19.00 - 20.00	11	55	2	2	-	-	-	2
20.00 - 21.00	6	15	1	2	-	-	3	1
21.00 - 24.00	62	82	4	7	-	-	1	3

Tab. 3/5: Verkehrszählung am 10.06.1980 von 0.00 bis 24.00 Uhr, Ein- und Ausfahrt Südtor (Tor 1)



Uhrzeit	Pkw		Lkw, Kombi, Busse		Kräder, Mopeds		Fahrräder	
	Ein-fahrt	Aus-fahrt	Ein-fahrt	Aus-fahrt	Ein-fahrt	Aus-fahrt	Ein-fahrt	Aus-fahrt
0.00 - 5.00	3	1	-	-	-	-	-	-
5.00 - 6.00	58	4	-	-	-	-	1	-
6.00 - 7.00	88	35	7	3	4	1	1	1
7.00 - 8.00	356	3	23	6	4	-	22	-
8.00 - 9.00	336	5	13	8	-	-	3	-
9.00 - 10.00	44	12	1	6	-	-	-	2
10.00 - 11.00	24	24	8	8	-	-	2	-
11.00 - 12.00	21	84	8	4	-	1	1	1
12.00 - 13.00	39	94	3	7	2	1	1	2
13.00 - 14.00	152	16	9	5	2	-	5	-
14.00 - 15.00	19	52	1	8	-	-	5	1
15.00 - 16.00	10	88	9	9	-	2	-	1
16.00 - 17.00	9	508	6	17	-	7	-	29
17.00 - 18.00	3	93	-	1	-	1	-	2
18.00 - 19.00	5	47	-	2	-	-	1	-
19.00 - 20.00	6	18	-	4	-	-	-	-
20.00 - 21.00	4	8	-	4	-	-	-	1
21.00 - 24.00	42	60	-	3	1	2	2	2

Tab. 3/6: Verkehrszählung am 10.06.1980 von 0.00 bis 24.00 Uhr, Ein- und Ausfahrt Nordtor (Tor 7)

Uhrzeit	Pkw		Lkw, Kombi, Busse		Kräder, Mopeds		Fahrräder	
	Ein-fahrt	Aus-fahrt	Ein-fahrt	Aus-fahrt	Ein-fahrt	Aus-fahrt	Ein-fahrt	Aus-fahrt
0.00 - 5.00	6	9	1	4	-	-	-	-
5.00 - 6.00	59	6	4	-	-	-	2	-
6.00 - 7.00	129	28	10	1	2	-	3	1
7.00 - 8.00	599	24	44	27	2	-	38	3
8.00 - 9.00	994	86	68	45	12	15	97	19
9.00 - 10.00	253	92	43	24	11	3	21	9
10.00 - 11.00	151	123	27	17	2	4	8	7
11.00 - 12.00	116	338	30	28	4	-	10	21
12.00 - 13.00	277	382	22	29	3	2	40	48
13.00 - 14.00	401	143	30	26	3	3	34	65
14.00 - 15.00	161	168	19	26	3	1	38	11
15.00 - 16.00	95	264	19	25	-	-	6	7
16.00 - 17.00	49	1060	25	47	-	12	5	85
17.00 - 18.00	42	321	2	18	-	-	1	23
18.00 - 19.00	24	152	2	7	-	-	1	8
19.00 - 20.00	12	96	6	3	-	-	-	4
20.00 - 21.00	5	31	-	2	-	-	-	1
21.00 - 24.00	59	103	-	-	-	-	-	-

Tab. 3/7: Verkehrszählung am 17.12.1980 von 0.00 bis 24.00 Uhr, Ein- und Ausfahrt Südtor (Tor 1)

Uhrzeit	Pkw		Lkw, Kombi, Busse		Kräder, Mopeds		Fahrräder	
	Ein- fahrt	Aus- fahrt	Ein- fahrt	Aus- fahrt	Ein- fahrt	Aus- fahrt	Ein- fahrt	Aus- fahrt
0.00 - 5.00	3	7	-	-	-	-	-	-
5.00 - 6.00	47	1	2	1	-	-	1	-
6.00 - 7.00	100	46	5	2	2	-	4	-
7.00 - 8.00	391	4	17	5	4	-	17	-
8.00 - 9.00	364	21	17	10	-	-	13	-
9.00 - 10.00	49	20	4	4	-	-	-	-
10.00 - 11.00	31	29	6	1	-	-	-	-
11.00 - 12.00	40	88	8	4	-	-	-	-
12.00 - 13.00	58	167	7	7	-	-	1	4
13.00 - 14.00	151	30	12	4	-	-	5	-
14.00 - 15.00	45	60	5	10	-	-	-	1
15.00 - 16.00	21	99	6	6	-	2	-	5
16.00 - 17.00	16	485	8	33	-	4	-	22
17.00 - 18.00	10	147	-	5	-	-	-	5
18.00 - 19.00	1	51	-	2	-	-	-	1
19.00 - 20.00	2	22	3	4	-	-	-	3
20.00 - 21.00	2	5	-	-	-	-	-	-
21.00 - 24.00	52	50	3	2	-	-	-	2

Tab. 3/8: Verkehrszählung am 17.12.1980 von 0.00 bis 24.00 Uhr, Ein- und Ausfahrt Nordtor (Tor 7)

## 3.5 Ausweisbüro

G. Körner, E. Schleicher

Das Ausweisbüro hatte im Berichtszeitraum folgende Arbeiten zu bewältigen:

- Bearbeitung von Ausweisträgen für den KfK-Mitarbeiterbereich - gelbe Ausweise:

Zugänge Januar	76	Abgänge	14	Bestand	4076
Zugänge Februar	25	Abgänge	20	Bestand	4081
Zugänge März	33	Abgänge	30	Bestand	4084
Zugänge April	41	Abgänge	29	Bestand	4096
Zugänge Mai	26	Abgänge	9	Bestand	4113
Zugänge Juni	29	Abgänge	35	Bestand	4107
Zugänge Juli	41	Abgänge	15	Bestand	4133
Zugänge August	33	Abgänge	32	Bestand	4134
Zugänge September	58	Abgänge	50	Bestand	4142
Zugänge Oktober	48	Abgänge	24	Bestand	4166
Zugänge November	19	Abgänge	7	Bestand	4168
Zugänge Dezember	24	Abgänge	34	Bestand	4168
Gesamtzugänge	453	Gesamt- abgänge	299		

Im KfK-Mitarbeiterbereich (gelbe Ausweise) hatte das Ausweisbüro im Berichtszeitraum 453 Zugänge und 299 Abgänge zu bearbeiten. Dies ergab einen Jahres-Abschlußbestand von 4 168 Ausweisen.

- Für die nachstehend aufgeführten Organisationsbereiche , deren Mitarbeiter ebenfalls gelbe Ausweise erhalten, wurden folgende Zu- und Abgänge bearbeitet:

BFE	Zugänge	21	Abgänge	15	Bestand	86
TU	Zugänge	22	Abgänge	26	Bestand	205
GWK	Zugänge	31	Abgänge	24	Bestand	428
KEWA	Zugänge	2	Abgänge	24	Bestand	71
KBG	Zugänge	33	Abgänge	19	Bestand	266
FIZ	Zugänge	46	Abgänge	20	Bestand	223
Gastw.	Zugänge	83	Abgänge	80	Bestand	248
	Gesamt- zugänge	238	Gesamt- abgänge	208		

- Für Fremdfirmenangehörige und Mitarbeiter von Universitäten und Hochschulen  
- blaue und orangefarbige Ausweise -

Zugänge Januar	893	Abgänge	959	Bestand	5423
Zugänge Februar	985	Abgänge	757	Bestand	5651
Zugänge März	471	Abgänge	626	Bestand	5496
Zugänge April	353	Abgänge	304	Bestand	5545
Zugänge Mai	275	Abgänge	395	Bestand	5425
Zugänge Juni	364	Abgänge	325	Bestand	5564
Zugänge Juli	387	Abgänge	491	Bestand	5360
Zugänge August	353	Abgänge	980	Bestand	4807
Zugänge September	405	Abgänge	300	Bestand	4912
Zugänge Oktober	667	Abgänge	287	Bestand	5292
Zugänge November	269	Abgänge	182	Bestand	5379
Zugänge Dezember	174	Abgänge	377	Bestand	5176
Gesamtzugänge	5596	Gesamt- abgänge	5983		

Für Fremdfirmenangehörige und Mitarbeiter von Universitäten sowie Hochschulen, die blaue oder orangefarbige Ausweise erhielten, wurden im Berichtszeitraum 5596 und 5983 Abgänge bearbeitet.

#### Ausweismahnverfahren

187 Fremdfirmen mußten angeschrieben werden.

615 Ausweise, die unrechtmäßig im Besitz der Inhaber geblieben waren, wurden zurückgefordert.

380 Ausweise gingen im Ausweisbüro ein; für den Rest wurde über Hauptabteilung Finanzen Belastungsantrag gestellt, so daß ein Betrag in Höhe von DM 2.350,-- gutgeschrieben werden konnte.

Wegen baulicher Veränderungen innerhalb der HDB mußten die in Umlauf befindlichen Sonderausweise geändert respektive 200 Ausweise neu erstellt werden.

Der Bereich AV-Reinigungsdienst beantragte 40 neue Gebäudeausweise; für den OSD wurden 214 Dienstausweise gefertigt.

### 3.6 Ausbildung

B. Gadowski

Die interne Ausbildung im Objektsicherungsdienst der KfK gliedert sich in zwei große Teile:

Waffen- und Schießausbildung in Theorie und Praxis,  
Werkschutz-, Grund-, Aufbau- und Fortbildungslehrgänge.

Um die Auflage einer Bewaffnung des gesamten OSD-Personals erfüllen zu können, mußte zunächst eine Sachkundeprüfung vor dem Regierungspräsidium Karlsruhe abgelegt werden, um den nötigen Waffenschein zu erwerben. Dies wiederum bedurfte einer intensiven Vorbereitung in einwöchigen Kursen, die in zwei Teile aufgliedert wurden:

waffenrechtlicher Teil,  
waffentechnischer Teil.

Im waffenrechtlichen Teil gibt es 10 Abschnitte, die sich wie folgt aufgliedern:

allgemeine waffenrechtliche Begriffe,  
Kennzeichnung von Schußwaffen und Munition,  
Erwerben und Überlassen von Schußwaffen und Munition,  
Führen von Schußwaffen,  
Notwehr - Notstand,  
Schießen,  
Schießstätten,  
nicht gewerbliches Herstellen und Bearbeiten von Schußwaffen und Munition,  
Pflichten der Waffen- und Munitionsbesitzer,  
verbotene Gegenstände.

Der waffentechnische Teil wird in 4 Lehrabschnitte gegliedert:

technische Waffenbegriffe,  
Handhabung der Schußwaffen,  
Lang- und Kurzwaffen,  
Ballistik, Munition.

Aus dem detailliert aufgeführten Lehrstoff heben sich 3 Punkte hervor, die besonders intensiv behandelt werden:

Notwehr - Notstand,  
Führen von Schußwaffen.

Der aufgezeigte Stoff- und Lehrgangsablauf erwies sich als optimal; das bewies die Erfolgsquote bei den abgelegten Sachkundeprüfungen.

Im Jahr 1979 nahmen 109 OSD-Mitarbeiter und im Jahr 1980 18 OSD-Mitarbeiter an der geforderten Prüfung mit einem 100 %igen Erfolgsergebnis teil.

Um die in dem theoretischen Teil der Waffenausbildung erworbenen Kenntnisse nicht in Vergessenheit geraten zu lassen, war eine intensive praktische Handhabungs- und Schießausbildung notwendig. Es wurden pro Schicht 4 technisch versierte sowie zur praktischen Ausbildung geeignete Mitarbeiter in einem 5-tägigen Kurs zum Waffenwart ausgebildet. Die Schießausbildung wurde nach dem Vorbild der Polizei auf einem externen Schießstand durchgeführt.

Jeder OSD-Mitarbeiter mit Waffenschein muß im Monat 5 Stunden Handhabung mit der Schußwaffe nachweisen. Die Schießausbildung wird an 3 Tagen je Schicht im Monat durchgeführt. Hierbei hat jeder Mitarbeiter die Möglichkeit und Zeit, unter Anleitung des jeweiligen Schießleiters seine persönliche Bestleistung und die gestellten Forderungen zu erreichen. Die Schießergebnisse bewiesen auch hier die richtig angewandte Ausbildungsmethode.

Der Lehrstoff ist so umfangreich, daß es nötig ist, einen Grund-, Aufbau- und einen Fortbildungslehrgang zu veranstalten.

Um die erforderliche Schichtstärke bei dem derzeitigen Personalstand sowie eine Lehrgangsteilnehmerzahl von höchstens 20 Mitarbeitern nicht zu unter- bzw. zu überschreiten, müssen je 5 Kurse v. g. Lehrgangsarten durchgeführt werden. Es ist notwendig, auch dienstältere Mitarbeiter mit in diese Ausbildung einzubeziehen, um einen möglichst gleichen Ausbildungsstand zu erreichen.

Die 6 bereits durchgeführten Grundlehrgänge mit abschließender Wissensfeststellung weisen anhand der Testergebnisse erhebliche Erfolge auf.

Bisher nahmen 83 Mitarbeiter verschiedener Altersstufen an dieser für das Kernforschungszentrum Karlsruhe abgestimmten Ausbildung teil. Bis Ende des Jahres 1980 wurden noch 2 weitere Grundlehrgänge durchgeführt.

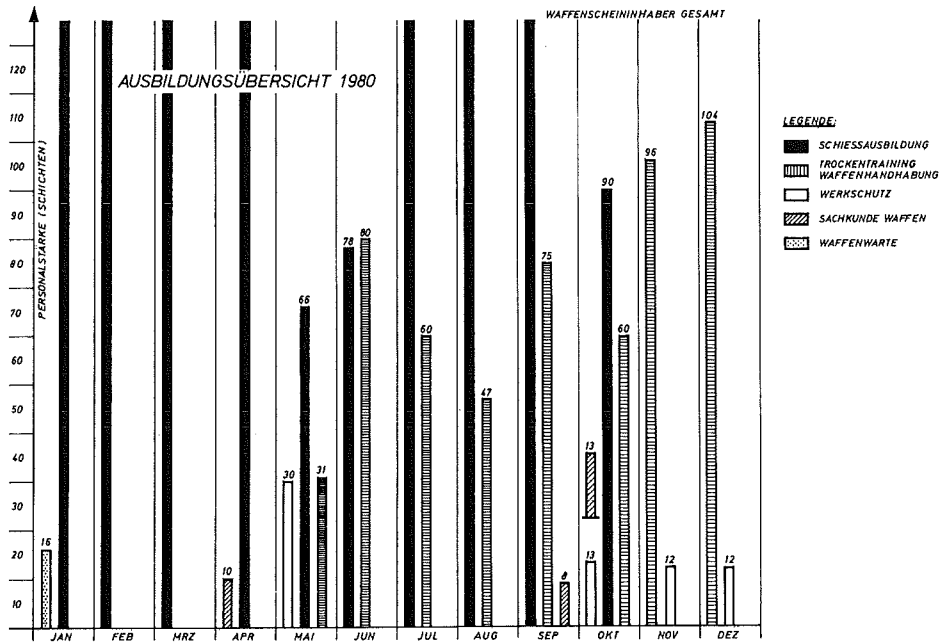
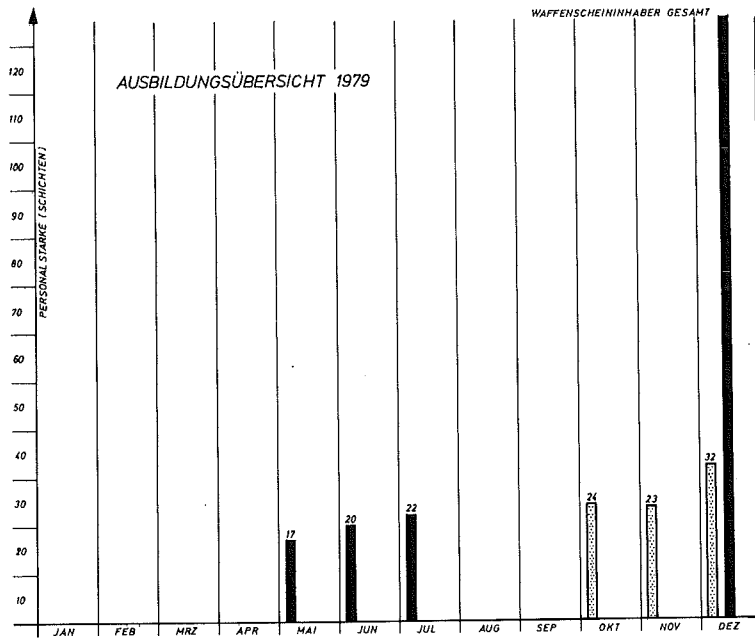


Abb. 3/4: Übersicht zum Ausbildungsstand des Objektschutzpersonals



### 3.7 Technischer Koordinator

R. Günther

#### Zugangskontrollsysteme

Um den Forderungen der Genehmigungsbehörden im Zugangsbereich sicherungsrelevanter kerntechnischer Einrichtungen der KfK GmbH gerecht zu werden, wurden verschiedene Möglichkeiten einer Anlagenkonfiguration mit Zugangskontrollsystem und Vereinzelungsanlage in Form einer technischen Beschreibung erarbeitet. Unter Berücksichtigung des Personendurchsatzes und der Entlastung des an den Zugängen tätigen Personals wurde neben der Funktionsbeschreibung eine Sicherheits- und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt.

Für eine ordnungsgemäße Überprüfung der Zutrittsberechtigung und zur von den Genehmigungsbehörden angeordneten Zutrittsdokumentation sollen zukünftig im KfK-Bereich rechnergestützte Ausweisleser eingesetzt werden. Damit der Benutzer des Ausweises auch tatsächlich der Berechtigte ist, wird eine zusätzliche Identifikation notwendig. Diesen technischen Identifikationssystemen wurde besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Ausführliche Information mit Besichtigung und Funktionskontrolle erfolgte über folgende z.Z. zur Verfügung stehende Systeme:

- Sprechererkennungssystem,
- digitaler Bildspeicher,
- Fingerabdruck-Lesegerät,
- Hand-Lesegerät.

Mit Ausnahme des Hand-Lesegerätes handelt es sich um Entwicklungen, die erst 1981 zum allgemeinen Einsatz kommen.

#### Objektsicherungsmaßnahmen

Für verschiedene Objekte wurden technische Sicherungsmaßnahmen ausgearbeitet und den Genehmigungsbehörden eingereicht. Es handelte sich u. a. um folgende Anlagen:

Bei Objekten der Sicherungskategorie I und teilweise auch Sicherungskategorie II sind die zentralen Überwachungsstellen mit einer Übersichtskamera für den gesamten Raum ausgestattet. Das Video-Bild wird zur KfK-Alarmzentrale übertragen. Um nach § 87.1 Betriebsverfassungsgesetz die mißbräuchliche Möglichkeit der Arbeitsplatzüberwachung auszuschließen, sollen die Video-Kameras nur im Gefahrenfall und bei Funktionsprüfungen eingeschaltet werden. Bei Funktionsprüfungen müssen die Video-Kameras für den betroffenen Mitarbeiter direkt erkennbar betrieben werden.

Für die weitere Nutzung der FR 2 - Lagerbeckenhalle nach Stilllegung des Reaktors wird das Lagerbeckengebäude durch personelle, bauliche und elektronische Maßnahmen sicherungstechnisch ertüchtigt.

Zur Untersuchung eines KNK-Brennelements bei KTB/HZ wurden innerhalb kürzester Zeit in Abstimmung mit den Behörden die Voraussetzungen unter Sicherungsgesichtspunkten zur Erteilung der Genehmigung geschaffen und ausgeführt. Neben den organisatorischen und administrativen Maßnahmen werden u. a. die begehbaren Räume bzw. Gänge, die an die entsprechende Zelle angrenzen, mit Video-Kameras überwacht. Die Kamerabilder werden in der KfK-Alarmzentrale auf Video-Monitoren wiedergegeben. Ein Bildauswertecomputer zeigt außerhalb der Dienstzeit unzulässige Veränderungen in den Fernsehbildern durch Markierungen an entsprechender Stelle an. Zusätzlich wird in der Alarmzentrale durch optische und akustische Einrichtungen auf die Veränderungen aufmerksam gemacht.

## 3.8 PSU/Ausländerwesen

## G. Körner

Im Berichtszeitraum wurde eine Betreuung von 295 Ausländern, die sowohl als Mitarbeiter des KfK bzw. auch als Gäste im Zentrum anwesend waren, nötig.

Die Betreuungsaufgaben erstrecken sich im wesentlichen auf die Abwicklung administrativer Tätigkeiten und Vorsprachen bei Ämtern und Behörden im Stadt- und Landkreis von Karlsruhe. Im Verhältnis zum Vorjahre (es waren damals 122 Ausländer zu betreuen) ist dies eine Steigerung von 140 %.

In den Zeiten vom 03.09. - 15.10.1980 und 24.10. - 11.12.1980 nahmen insgesamt 63 ausländische Gäste an den in der SKT stattfindenden sogenannten "IAEA-Kursen" teil. Hier umfaßte die Betreuung nicht nur die Vertretung bei den o. a. Dienststellen, es waren auch in erheblichem Umfange Reisebegleitungen wahrzunehmen.

## Familienbesuchstage im KfK

Nachfolgend aufgeführte Institute führten Familienbesuchstage durch:

1.	PSB	am 04.07.80	ca. 46 Personen
2.	IRB	am 04.07.80	ca. 180 Personen
3.	TEKO	am 05.07.80	ca. 60 Personen
4.	INR	am 11.07.80	ca. 210 Personen
5.	IRE	am 12.07.80	ca. 290 Personen
6.	HDI	am 19.07.80	ca. 265 Personen
7.	FIZ 4	am 14.11.80	ca. 350 Personen
8.	IMF	am 11.12.80	ca. 297 Personen
	Gesamt		ca. 1 698 Personen
			=====

Eingereichte Besucherlisten wurden entsprechend aufbereitet und dem OSD zur Kenntnis gegeben. Erforderliche Kontrollen fanden jeweils am Tage des Besuches durch den OSD statt.

## 4. Strahlenschutzüberwachung

D. Beier, H.-U. Berger, H. Dilger, H. Schüler

Die Abteilung Strahlenschutzüberwachung ist vor allem für den Schutz der mit radioaktiven Stoffen umgehenden oder ionisierender Strahlung ausgesetzten Personen des Kernforschungszentrums Karlsruhe zuständig. Sie unterstützt dabei die Strahlenschutzbeauftragten in der Wahrnehmung ihrer Pflichten gemäß Strahlenschutz- bzw. Röntgenverordnung. Der Umfang der Zusammenarbeit ist in Abgrenzungsregelungen zwischen der Hauptabteilung Sicherheit und der entsprechenden Institution festgelegt. Bedingt durch diese Aufgabenstellung sind die Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung dezentral in den einzelnen Institutionen des Kernforschungszentrums Karlsruhe tätig. Nach der räumlichen Lage der zu überwachenden Gebäude gliedert sich die Abteilung in die drei Gruppen Nord, West und Süd mit insgesamt sieben Bereichen. Der Gruppe Süd ist das zentrale Strahlenschutzmeßlabor angeschlossen (siehe Abb. 4/1).

Gruppe	Bereich	Anzahl der Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung	Anzahl der Überwachten Personen (Dezember 1980)	Fläche des überwachten Bereichs, in dem Aktivität > Freigrenze gehandhabt wird
Nord	1. IHCh, INE (Geb. 712)	8 <sup>0</sup>	226	12 100 m <sup>2</sup>
	2. KTB/HZ, IMF, VBW/E, IRCh (Geb. 562)	8 + 1* 1 <sup>®</sup>	289	10 150 m <sup>2</sup>
	3. KTB/FR 2, IT, IRE, LAF II	11 <sup>+</sup>	386	14 800 m <sup>2</sup>
West	4. HDB, INE (Geb. 547), VBW/BW, VBW/VB, EKM/TAB-FK	14 <sup>#</sup> + 4* 1 <sup>®</sup>	535	18 920 m <sup>2</sup>
	5. IRCh, LAF I	6	114	2 230 m <sup>2</sup>
Süd	6. KTB/SNEAK, EKS, HDI I, INR, IAK, LIT, IRB, LAF II, KTB/EA, IK, ITP	6	450	8 350 m <sup>2</sup>
	7. HS, P/AV, VBW/VB, VBW/HW, IKVT, MPI, MED, LA, IGT, BAU, SKT, HDI II, IAK/Zykl., Zentralgebäude	5 + 1* 1 <sup>®</sup>	753	4 020 m <sup>2</sup>
	Strahlenschutzmeßlabor	1,5	-	-
	Abteilungsleitung/ Sekretariat	1,5	-	-

\*Leihpersonal; +Wechselschichtdienst; #Schichtdienst; <sup>0</sup>zeitweise Schichtdienst; <sup>®</sup>Gruppenleiter

Tab. 4/1: Personalstand, überwachte Personen und Bereichsgröße

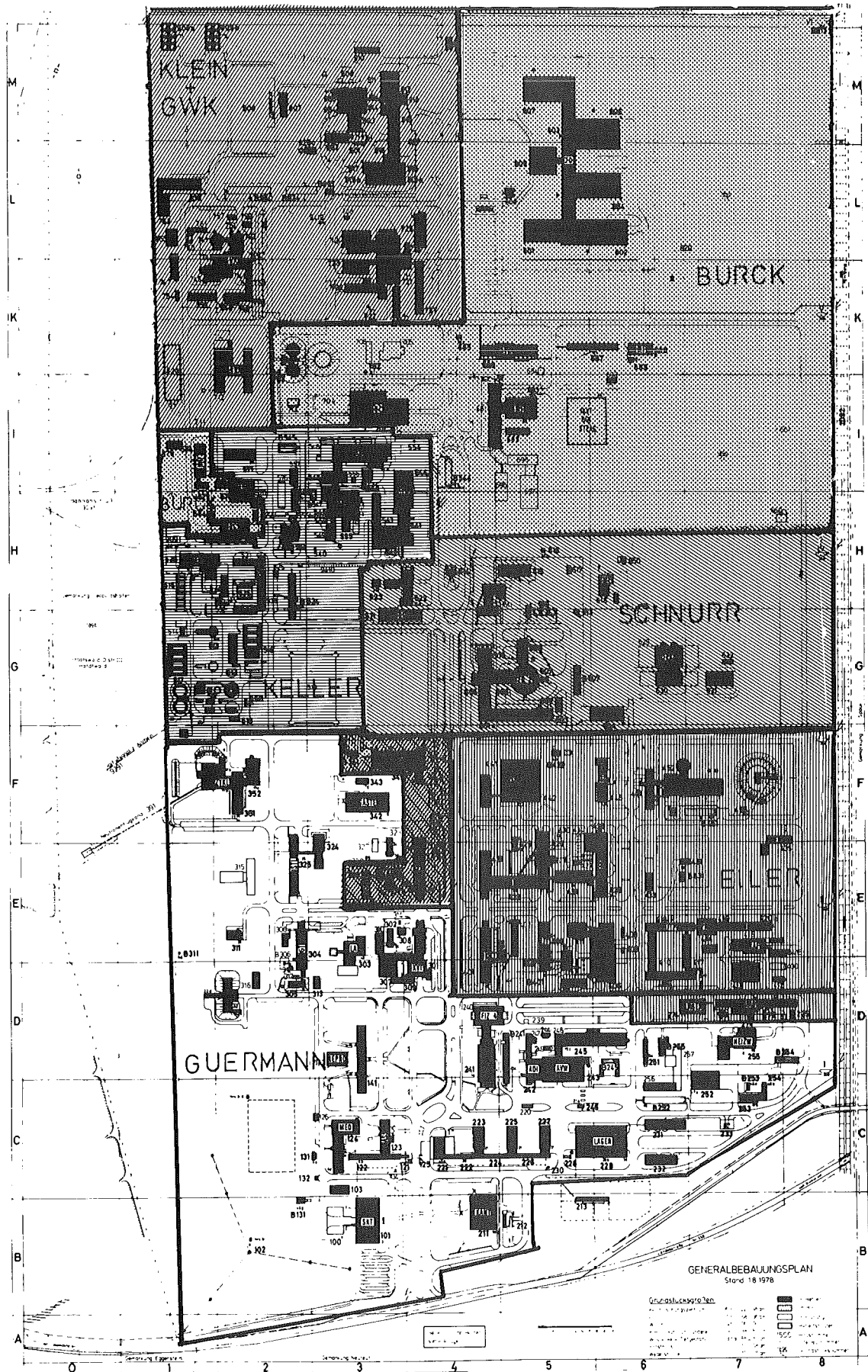


Abb. 4/1: Strahlenschutz-Bereichseinteilung im Kernforschungszentrum Karlsruhe

Eine wichtige Aufgabe ist die Durchführung der Personendosimetrie. Neben den amtlichen Film- oder Phosphatglasdosimetern (vgl. Kap. 2). werden Taschenionisationskammern ausgegeben. Die Anzahl der Personen, die mit selbst ablesbaren Taschenionisationskammern ausgerüstet wurden (Stichmonat Dezember 1980), einschließlich Fremdfirmenangehörigen, ist in Spalte 4 von Tab. 4/1 aufgeführt. Über diese Meßergebnisse wird in Kap. 4.1.1 berichtet. Darüber hinaus werden, je nach der vorkommenden Strahlenart und Strahlenexposition, weitere Dosimetertypen verwendet, wie Thermolumineszenzdosimeter oder Albedodosimeter. Über die Ergebnisse dieser Messungen wird in Kap. 6 berichtet.

Die Gebäude und Anlagen werden routinemäßig durch Kontaminations-, Dosisleistungs- und Raumluftmessungen bzw. Wischtests überwacht. Die Fläche der jeweiligen betrieblichen Überwachungs-, Kontroll- und Sperrbereiche ist in Spalte 5 von Tab. 4/1 angegeben.

Die Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung kontrollieren auf Anforderung des zuständigen Strahlenschutzbeauftragten strahlenschutzmäßig die Durchführung von Arbeiten mit erhöhtem Kontaminations- oder Strahlenrisiko.

Weiterhin führen sie die Strahlenschutzkontrolle bei Materialtransporten aus den Kontrollbereichen in den das ganze Gelände des KfK umfassenden betrieblichen Überwachungsbereich und aus dem KfK in das allgemeine Staatsgebiet durch.

Die Kontaminationskontrolle von Personen geschieht in der Regel in Eigenüberwachung unter Zuhilfenahme von automatisch messenden Hand-Fuß-Kleidermonitoren.

Die Abteilung unterhält ein zentrales Meßlabor, in dem die Aktivität von Raumluftfiltern gemessen wird und nuklidspezifische Analysen durchgeführt werden. Dieses Jahr wurden erstmals systematisch Langzeitmessungen durchgeführt, um die Nachweisgrenze für die  $\alpha$ -Aktivität auf  $< 5 \cdot 10^{-14}$  Ci/m<sup>3</sup> ( $< 1,9$  mBq/m<sup>3</sup>) und für  $\beta$ -Aktivität auf  $< 2 \cdot 10^{-11}$  Ci/m<sup>3</sup> ( $< 740$  mBq/m<sup>3</sup>) zu senken (siehe Kap. 4.3).

Von Mitarbeitern des Meßlabors werden alle Geräte der Abteilung verwaltet und die Neubestellungen vorgenommen.

Das 1978 in Angriff genommene Arbeitsprogramm zur Bestimmung der Korngrößenverteilung radioaktiver Aerosole wurde auch 1980 fortgesetzt und auf die Dekontaminationsanlage für feste Stoffe der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe ausgedehnt (siehe Kap. 4.4).

Der Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter wurde im vergangenen Jahr verstärkte Aufmerksamkeit gewidmet. Bedingt durch das Ausscheiden von drei Mitarbeitern und den Tod eines Mitarbeiters mußten vier Personen eingestellt und angeleitet werden. Neben der praktischen Ausbildung unter Anleitung der Bereichsleiter und der meßtechnischen Einweisung im Strahlenschutzlabor wurden theoretische Kurse in der Schule für Kerntechnik besucht. Insgesamt wurden von der Abteilung 15 Kurse über Strahlenschutz, Mathematik und Datenverarbeitung wahrgenommen.

Für die Mitarbeiter im Schichtdienst und in der Rufbereitschaft wurden monatlich Begehungen von Gebäuden mit Abluft-, Raumluft- und sonstigen dauernd betriebenen Strahlenschutzgeräten durchgeführt.

Die abteilungsinternen Arbeitsanweisungen wurden überarbeitet und in Form einer Loseblattsammlung herausgegeben. Dadurch können laufend Änderungen und Ergänzungen übersichtlicher eingearbeitet werden.

## 4.1 Arbeitsplatzüberwachung

H. Dilger

Die Art und Menge der gehandhabten radioaktiven Stoffe und auftretenden Strahlenarten sind in den einzelnen Institutionen unterschiedlich. Bei der folgenden Aufstellung werden die Einrichtungen des KfK in sechs Gruppen zusammengefaßt, die sich nicht mit den in Tab. 4/1 aufgeführten Bereichen decken. Dabei werden die Meßergebnisse des Jahres 1980 denen von 1978 und 1979 gegenübergestellt. Über die Gruppe 5 "Dekontamination und Abfallbehandlung" wird in Kap. 4.2 auch gesondert berichtet.

### 4.1.1 Personendosimetrie mit Taschenionisationskammern

Die Tab. 4/2 zeigt, daß auch 1980 in der Dekontamination und Abfallbehandlung die Anzahl der Personen mit einer Jahresdosis  $> 1\,500$  mrem (15 mSv) sowohl absolut als auch im Verhältnis zu den überwachten Personen am höchsten liegt. Im Vergleich zum Vorjahr blieb der prozentuale Anteil dieser Personengruppe nahezu gleich. Insgesamt erhielten in den Einrichtungen des Kernforschungszentrums Karlsruhe 1980 nur 19 Personen eine Jahresdosis von mehr als 1 500 mrem (15 mSv), d. h. nur 0,7 % der überwachten Personen sind als strahlenexponierte Personen der Kategorie A zu betrachten. Die Anzahl der Personen mit einer Jahresdosis zwischen 501 und 1 500 mrem (5,01 und 15 mSv) blieb mit 160 gleich wie 1979. Somit wären nur 6,2 % der überwachten Personen im Kernforschungszentrum Karlsruhe als strahlenexponierte Personen der Kategorie B anzusehen.

### 4.1.2 Oberflächenkontaminationen

In Tab. 4/2 sind weiterhin die gemessenen Oberflächenkontaminationen aufgeführt. Oberflächenaktivitäten oberhalb der Grenzwerte für den betrieblichen Überwachungsbereich werden dabei als Kontaminationen bezeichnet. Es werden hierbei sowohl Kontaminationen von Gebäudeoberflächen und Arbeitsplätzen als auch von Arbeitsgegenständen und Material angegeben. Im Jahr 1980 traten in der Gruppe 3 "Institutionen mit hoher Aktivität" die meisten  $\alpha$ - und  $\beta$ -Kontaminationen im Kernforschungszentrum Karlsruhe auf. Dabei ging die Anzahl der Kontaminationen gegenüber 1979 zurück. Der gleiche Trend zeigt sich auch bei den Kontaminationen in der Gruppe 5 "Dekontamination und Abfallbehandlung". In den "Reaktoren" blieb die Anzahl der  $\alpha$ -Kontaminationen etwa gleich, die Anzahl der  $\beta$ -Kontaminationen ging wieder deutlich zurück. In den "Beschleunigern" traten verstärkt  $\beta$ - und Tritiumkontaminationen auf. Die erhöhte Anzahl der  $\beta$ -Kontaminationen ist auf die gestiegene Produktion von J-123 für medizinische Zwecke, der Anstieg von Tritiumkontaminationen auf das Ausräumen einer Technikumshalle zurückzuführen.

### 4.1.3 Raumluftkontaminationen

Raumlufkonzentrationen oberhalb  $1 \cdot 10^{-12}$  Ci/m<sup>3</sup> (37 mBq/m<sup>3</sup>) für nicht identifizierte  $\alpha$ -Aktivitätsgemische und  $4 \cdot 10^{-10}$  Ci/m<sup>3</sup> (15 Bq/m<sup>3</sup>) für nicht identifizierte  $\beta$ -Aktivitätsgemische werden als Raumluftkontaminationen angesehen. Diese Grenzwerte werden aus der maximal zulässigen Jahresaktivitätszufuhr gemäß Strahlenschutzverordnung Anhang IV, Tab. 2 für strahlenexponierte Personen der Kategorie A für "beliebiges Gemisch ohne Cm-248" und für "beliebiges Gemisch ohne  $\alpha$ -Strahler sowie Pb-210, Ac-227, Ra-228, Pu-241, Am-242m und Cf-254" als den unter den herrschenden Anlagenverhältnissen vernachlässigbaren Nukliden bei einem Jahresinhalationsvolumen von 2 500 m<sup>3</sup> abgeleitet. Die weitaus meisten Raumluftkontaminationen traten auch 1980 in der "Dekontamination und Abfallbehandlung" auf. Sowohl die Anzahl der  $\alpha$ - als auch der  $\beta$ -Kontaminationen ging dabei stark zurück. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die Umbauarbeiten weitere Fortschritte gebracht haben, und daß fast alle Anlagenteile jetzt wieder ohne Atemschutz betreten werden können. Die Tritiumraumluftkontaminationen traten bei Interventionsarbeiten am D<sub>2</sub>O-System des Reaktors FR 2 auf.

	1	2	3	4	5	6	Summe
Gruppe	Reaktoren (KTB/FR 2, KTB/SNEAK)	Beschleuniger (IAK, INR)	Institutionen mit hoher Aktivität (IHCh, IRCh, KTB/HZ, IMF III)	Institutionen mit niedriger Aktivität (IMF I und II, HIT, LAF II, LIT, INE)	Dekontamina- tion Abfallbehand- lung (HDB)	sonstige Institutionen	KfK
Personendosis in rem bzw. cSv, ermittelt mit Taschen- ionisationskammer	Anzahl der Personen						
	1978 1979 1980	1978 1979 1980	1978 1979 1980	1978 1979 1980	1978 1979 1980	1978 1979 1980	1978 1979 1980
0 - 0,500	162 198 224	185 238 282	368 403 417	468 423 401	221 225 244	1031 903 937	2435 2390 2505
0,501 - 1,500	17 12 9	13 15 12	50 33 16	2 0 0	119 99 119	4 1 4	205 160 160
1,501 - 5,00	1 1 0	2 0 1	6 2 3	0 0 0	44 13 15	3 0 0	56 16 19
Oberflächen- kontaminationen $K_{\alpha}$ in $\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ bzw. ( $\text{Bq}/\text{cm}^2$ )	Anzahl der Fälle						
$10^{-5} < K_{\alpha} \leq 10^{-4}$ ( $0,37 < K_{\alpha} \leq 3,7$ )	4 4 9	2 5 1	328 321 183	0 1 5	368 251 185	0 0 4	702 582 387
$10^{-4} < K_{\alpha} \leq 10^{-3}$ ( $3,7 < K_{\alpha} \leq 37$ )	1 6 2	1 1 0	209 108 61	1 1 1	153 68 59	0 0 0	365 184 123
$10^{-3} < K_{\alpha} \leq 10^{-2}$ ( $37 < K_{\alpha} \leq 370$ )	4 0 3	0 1 0	73 35 26	0 0 0	31 17 14	0 0 0	108 53 43
$K_{\alpha} > 10^{-2}$ ( $K_{\alpha} > 370$ )	1 0 0	0 0 0	16 1 5	0 0 0	7 4 3	0 0 0	24 5 8
$K_{\beta}$ in $\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ bzw. ( $\text{Bq}/\text{cm}^2$ )	Anzahl der Fälle						
$10^{-4} < K_{\beta} \leq 10^{-3}$ ( $3,7 < K_{\beta} \leq 37$ )	48 9 32	43 48 65	334 503 317	2 19 9	271 197 124	0 3 3	698 779 550
$10^{-3} < K_{\beta} \leq 10^{-2}$ ( $37 < K_{\beta} \leq 370$ )	94 167 17	5 6 12	555 214 150	2 4 0	100 101 76	0 1 0	756 493 120
$10^{-2} < K_{\beta} \leq 10^{-1}$ ( $370 < K_{\beta} \leq 3700$ )	45 83 3	0 1 1	271 76 41	0 0 2	73 24 25	0 0 0	389 184 72
$K_{\beta} > 10^{-1}$ ( $K_{\beta} > 3700$ )	20 3 1	0 0 2	86 12 19	0 1 0	21 5 2	0 0 0	127 21 24

Tab. 4/2: Strahlenschutzmeßergebnisse in den verschiedenen Organisationseinheiten des Kernforschungszentrums Karlsruhe

Gruppe	1	2	3	4	5	6	Summe
$K_{3H}$ in $\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ bzw. ( $\text{Bq}/\text{cm}^2$ )	Anzahl der Fälle						
$10^{-3} < K_{3H} \leq 10^{-2}$ ( $37 < K_{3H} \leq 370$ )	1 0 0	17 26 40	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	18 26 41
$10^{-2} < K_{3H} \leq 10^{-1}$ ( $370 < K_{3H} \leq 3700$ )	2 0 0	156 13 38	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	158 13 38
$10^{-1} < K_{3H} \leq 10^0$ ( $3,7 \cdot 10^3 < K_{3H} < 3,7 \cdot 10^4$ )	0 0 0	42 3 8	0 1 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	42 4 8
$K_{3H} > 10^0$ ( $K_{3H} > 3,7 \cdot 10^4$ )	1 0 0	14 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	15 0 0
Raumluft- kontaminationen $K_{\alpha}$ in $\text{Ci}/\text{m}^3$ bzw. ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ )	Anzahl der Fälle						
$10^{-12} < K_{\alpha} \leq 10^{-11}$ ( $0,037 < K_{\alpha} \leq 0,37$ )	0 0 1	0 0 0	1 7 0	0 0 0	274 257 90	0 0 1	275 264 92
$10^{-11} < K_{\alpha} \leq 10^{-10}$ ( $0,37 < K_{\alpha} \leq 3,7$ )	0 0 1	0 0 0	1 0 0	0 0 0	83 72 15	0 0 0	84 72 16
$K_{\alpha} > 10^{-10}$ ( $K_{\alpha} > 3,7$ )	1 0 0	0 0 0	1 3 0	0 0 0	6 17 6	0 0 0	8 20 6
$K_{\beta}$ in $\text{Ci}/\text{m}^3$ bzw. ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ )	Anzahl der Fälle						
$10^{-11} < K_{\beta} \leq 10^{-10}$ ( $0,37 < K_{\beta} \leq 3,7$ )	0 0 0	0 0 0	4 4 0	0 0 0	117 89 8	0 0 0	121 93 8
$10^{-10} < K_{\beta} \leq 10^{-9}$ ( $3,7 < K_{\beta} \leq 37$ )	1 2 0	0 0 0	2 1 0	0 4 0	112 78 8	0 0 0	115 85 8
$K_{\beta} > 10^{-9}$ ( $K_{\beta} > 37$ )	5 0 0	0 0 0	2 1 0	0 0 0	13 12 3	0 0 0	20 13 3
$K_{3H}$ in $\text{Ci}/\text{m}^3$ bzw. ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ )	Anzahl der Fälle						
$10^{-5} < K_{3H} \leq 10^{-4}$ ( $3,7 \cdot 10^5 < K_{3H} \leq 3,7 \cdot 10^6$ )	2 3 12	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	2 3 12
$10^{-4} < K_{3H} \leq 10^{-3}$ ( $3,7 \cdot 10^6 < K_{3H} \leq 3,7 \cdot 10^7$ )	0 1 2	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 1 2
$K_{3H} > 10^3$ ( $K_{3H} > 3,7 \cdot 10^7$ )	1 2 2	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	1 2 2

Tab. 4/2: Fortsetzung



## 4.2 Arbeitsplatzüberwachung in der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe

H. Schüler

Die Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB) betreibt Versuchsanlagen, die der Entsorgung des Kernforschungszentrums Karlsruhe, der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe, der Versuchsreaktoren KNK und MZFR sowie der ALKEM und der Landessammelstelle Baden-Württemberg dienen.

Bedingt durch die zur Zeit laufenden Um- und Neubauarbeiten, die ohne Beeinträchtigung der Entsorgung durchgeführt werden müssen, ist eine besonders intensive Strahlenschutzüberwachung dieser Anlagen erforderlich. Die laufende Dokumentation des dabei anfallenden Datenmaterials lieferte den entsprechenden Abteilungen Entscheidungshilfen. In wöchentlich stattfindenden Besprechungen wurden die betrieblichen sowie die strahlenschutzmäßigen Probleme besprochen und koordiniert.

Einen besonderen Platz nimmt die Personenüberwachung ein. Hierzu gehört die tägliche Auswertung der Taschenionisationskammern, deren Werte die am schnellsten verfügbare Information über die individuelle Dosisbelastung des Betriebs- und Einsatzpersonals darstellen.

Ein wesentlicher Bestandteil der Strahlenschutzmaßnahmen war 1980 die Bearbeitung von ca. 1 800 Interventionserlaubnisscheinen. Hierbei werden vor Beginn der Arbeit Ort, auszuführende Arbeit sowie die aus den gegebenen Zuständen resultierenden Strahlenschutzmaßnahmen festgelegt und von autorisierten Mitarbeitern des Strahlenschutzes sowie dem zuständigen Strahlenschutzbeauftragten unterschrieben. Die aufgeführten Schutzmaßnahmen sind für die betroffenen Mitarbeiter bindend.

Die Um- und Neubauarbeiten zur Ertüchtigung der Anlagen auf den Stand der Technik und zur Reduzierung der Strahlenbelastung wurden 1980 fortgesetzt.

In Tab. 4/3 sind neben der mittleren Einzeldosis die Gruppendosen der einzelnen Abteilungen der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe sowie des eingesetzten Fremdpersonals dargestellt.

Da die Gruppendosen im Gegensatz zu der mittleren Dosis von der Zahl der eingesetzten Personen unabhängig die Gesamtdosisbelastung durch eine Anlage dokumentieren, lassen sich von ihr direkt die Erfolge der Abschirmmaßnahmen und sonstigen Verbesserungen ablesen.

Mit Beginn des Betriebszeitraumes 1980 wird die Personenüberwachung im Bereich HDB mit Hilfe eines Kleincomputers mit 32 K Bytes Speicherkapazität und integriertem Doppellaufwerk für zwei Minidisketten mit je 89 K Bytes durchgeführt.

Durch die Wahl desselben Rechnersystems, wie es bereits für die zentrale Dosiserfassung bei HS/TSB (Technisches Sicherheitsbüro) verwendet wird, konnte die Datenübertragung zwischen dem Strahlenschutz der HDB und dem TSB durch Minidiskettenaustausch zeit- und arbeitssparend durchgeführt werden.

Die dafür notwendigen Programme werden selbst erstellt und ermöglichen eine visuelle Darstellung der gespeicherten Daten auf dem Bildschirm für jeden der 500 Mitarbeiter mit Hinweis auf Überschreitungen der Überprüfungsschwellen. Als Suchkriterium ist der Name, die Fach-Nr. der Dosimeterablage oder die Dosimeter-Nr. zulässig.

Mit Hilfe des angeschlossenen Nadeldruckers können in alphabetischer Folge von allen anwesenden oder ausgeschiedenen Mitarbeitern ihre aufgelaufenen Monats-, Quartals- und Jahresbelastungen sowohl für die gesamte HDB als auch getrennt nach Abteilungen ausgedruckt werden. Am Ende eines jeden Ausdrucks erscheint die dem momentanen Stand entsprechende Kollektivdosis.

Ein weiteres Programm gestattet die Ermittlung und den Ausdruck der Werte der Mitarbeiter mit den höchsten aufgelaufenen Jahresdosen sowie deren absoluter und relativer Anteil an der Kollektivdosis.

Diese Ausdrücke werden den zuständigen Abteilungsleitern - je nach Wunsch - wöchentlich oder monatlich überreicht. Sie gestatten eine laufende Kontrolle und geben eine Hilfe bei der Einsatzplanung.

Daneben gibt es noch eine Reihe von Programmen, die der Datenverwaltung sowie der Organisation dienen.

Als Vorgriff auf eine demnächst stattfindende halbautomatische Auswertung der Taschenionisationskammern (TIK) wurden die bis dahin benutzten TIK ab Juni 1980 gegen solche ausgetauscht, deren Kenn-Nr. vom Auswertegerät gelesen werden kann. Diese neuen TIK haben sich als sehr viel stoßempfindlicher als die seither benutzten erwiesen. Für die nachfolgende Betrachtung der TIK-Gruppendosen ist deshalb anzumerken, daß ein nicht quantifizierbarer, jedoch nicht wesentlicher Anteil des Anstiegs der Gruppendosen auf Stoßentladung zurückzuführen ist. Maßnahmen zur Eindämmung dieses Effekts wurden getroffen.

Wegen des Rückgangs der Menge des zu verarbeitenden flüssigen Wastes ist das Schichtpersonal der Gruppen 1.1 und 1.2 in verstärktem Maße für vorbereitende Arbeiten im Rahmen des Um- und Neubauprogramms herangezogen worden. Dazu gehören z. B. Umbau des zweiten Verdampfers, Austausch alter Komponenten im Konzentratsystem sowie die Stilllegung der alten und Inbetriebnahme der neuen MAW-Übernahmestation usw. Daraus resultiert der in Tab. 4/3 ersichtliche Anstieg der Gruppendosis um ca. 50 % des Vorjahreswertes auf 22,9 rem (229 mSv).

Der Rückgang der Gruppendosis um ca. 30 % des Vorjahreswertes auf 10,1 rem (101 mSv) für die Gruppe 2.1 ist zum größten Teil der Erfolg der im letzten Quartal 1979 abgeschlossenen Verbesserungen an der Pilotanlage für Kerosinreinigung, die 1980 voll zum Tragen gekommen sind.

Für die Gruppe 2.2 ist ein Anstieg der Gruppendosis um ca. 40 % des Vorjahreswertes auf 23,4 rem (234 mSv) zu verzeichnen. Diese Belastungserhöhung fällt ausschließlich in das letzte Quartal, in dem das Zerkleinern von demontierten Pumpenteilen aus dem Kernkraftwerk Biblis durchgeführt wurde.

Die Gruppendosis der Gruppe 2.3 ist trotz erhöhtem Aktivitätsdurchsatz in etwa gleich geblieben. Der Anstieg der Gruppendosis des Personals der Gruppen 3.1 bis 3.4 um 3,2 rem (32 mSv) hat im wesentlichen die gleichen Ursachen wie in den Gruppen 1.1 und 1.2, weil ein Teil ihrer Mitarbeiter ihre Aufgaben in diesem Bereich durchführen.

Der Anstieg der Kollektivdosis für das gesamte Fremdfirmenpersonal ist fast ausschließlich auf das in den Bereichen 1 und 1.2 eingesetzte Personal zurückzuführen.

Die Abb. 4/2 zeigt den Verlauf der Kollektivdosis für das Personal der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe sowie für das in diesem Bereich eingesetzte Fremdfirmenpersonal in den Jahren 1975 bis 1980.

Die Auswertung der Computerausdrücke zeigt, daß knapp 7 % des Personals fast 25 % der Kollektivdosis erhalten haben. Hier werden für 1980 die Schwerpunkte der Strahlenschutzarbeit liegen, um durch Verbesserung der Arbeitsbedingungen und Belehrung des Personals eine Reduzierung der Dosisbelastung zu erreichen.

Die Kontaminationskontrollen in den Anlagenräumen wurden wie in den Vorjahren fortgesetzt. Zur Überwachung der Kontaminationstendenz wurden weiterhin für alle überwachten Räume Konzentrationswochenmittelwerte gebildet, auf deren Darstellung jedoch in diesem Jahr aufgrund ihrer gegenüber dem Vorjahr geringen Änderung erstmals verzichtet wurde. Auch 1980 wurde der Bereich der HDB außerhalb der Gebäude durch Dosisleistungsmessungen einer wöchentlichen Kontrolle unterzogen, um die Einhaltung der zulässigen Dosiswerte sicherzustellen.

Abteilung	Gruppe	Jahr	Anzahl der überwachten Personen	Gruppendosis		Einzel dosis	
				Film rem (cSv)	TIK rem (cSv)	Film rem (cSv)	TIK rem (cSv)
1	1.1 LAW-Eindampfung, MAW-Eindampfung, Bituminierung	1975	30	65,6	82,2	2,2	2,7
		1976	32	50,8	69,4	1,6	2,0
		1977	28	36,9	50,2	1,3	1,8
		1978	37	24,3	38,8	0,66	1,0
		1979	33	9,0	15,1	0,27	0,46
		1980	35	16,1	22,9	0,46	0,65
2	2.1 Verbrennung, Paketierung, Kerosinreinigung	1975	13	18,7	24,8	1,4	1,9
		1976	16	14,4	17,7	0,90	1,1
		1977	13	10,0	13,2	0,77	1,0
		1978	22	13,9	19,5	0,63	0,89
		1979	20	9,5	14,9	0,48	0,75
		1980	16	6,5	10,1	0,41	0,63
2	2.2 Gerätekontamination, LAW-Verschrottung	1975	19	26,4	36,8	1,4	1,9
		1976	23	23,7	30,2	1,0	1,3
		1977	28	20,1	27,4	0,72	0,98
		1978	30	11,0	22,5	0,37	0,75
		1979	29	10,0	16,6	0,34	0,57
		1980	27	15,5	23,4	0,57	0,87
2	2.3 MAW-Verschrottung, Zementierung, Lager und Transport	1975	12	23,2	28,4	1,9	2,4
		1976	15	21,1	22,4	1,4	1,5
		1977	16	20,4	23,2	1,3	1,5
		1978	32	29,1	30,6	0,91	0,96
		1979	31	13,2	15,3	0,43	0,49
		1980	26	8,2	16,0	0,32	0,62
3	3.1 - 3.4 Planung, Qualitätssicherung, Betriebsbüro, Reparaturwerkstatt	1975	16	20,1	24,6	1,3	1,5
		1976	23	17,0	20,2	0,74	0,88
		1977	12	9,8	12,0	0,81	1,0
		1978	13	3,8	7,5	0,30	0,58
		1979	21	1,1	4,3	0,05	0,21
		1980	22	2,0	7,5	0,09	0,34
HDB-Personal gesamt		1975	90	154	197	1,7	2,2
		1976	109	127	156	1,2	1,4
		1977	97	97	129	1,0	1,3
		1978	134	82	119	0,61	0,89
		1979	134	43	66	0,32	0,49
		1980	126	48	80	0,38	0,63
Fremdpersonal gesamt		1975	138	221	249	1,6	1,8
		1976	456	156	161	0,34	0,35
		1977	431	157	157	0,36	0,37
		1978	415	102	142	0,25	0,34
		1979	429	*	109	*	0,25
		1980	410	*	117	*	0,29

\*Daten werden infolge der Anwendung von § 20a Str1SchV von KfK nicht mehr erfaßt

Tab. 4/3: Gruppendosen und mittlere Einzeldosen in der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (Monatsdosen auf Filmen unterhalb der Nachweisgrenze von 40 mrem (0,4 mSv) wurden dabei nicht berücksichtigt; TIK = Taschenionisationskammer)

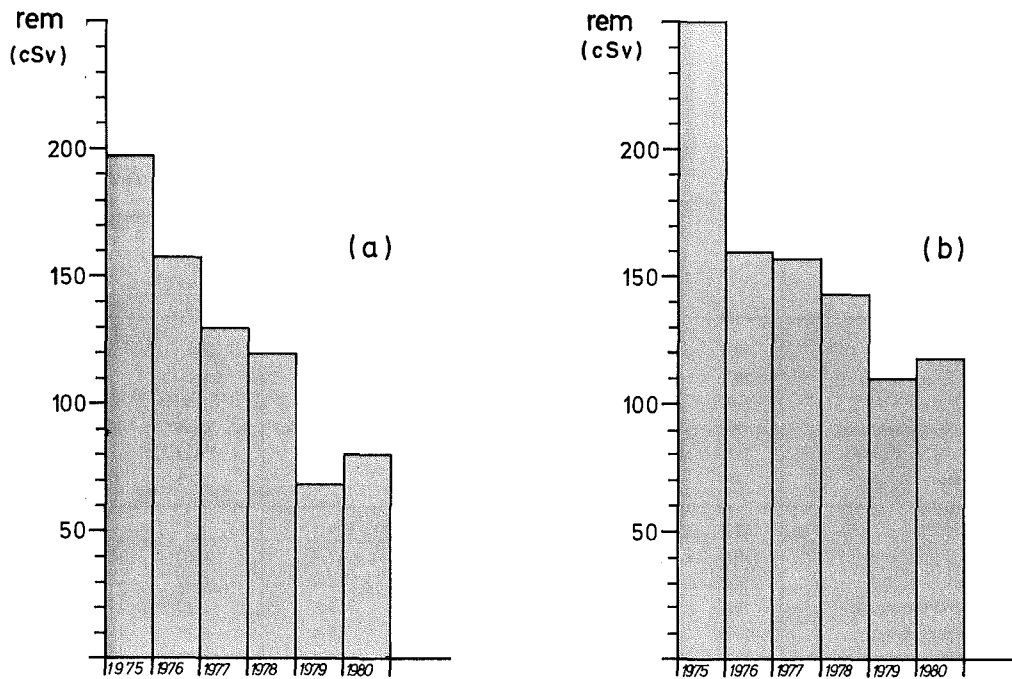


Abb. 4/2: Kollektivdosis für das Personal der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (a) und für das Fremdfirmenpersonal (b) in den Jahren 1975 bis 1980

#### 4.3 Messungen im Strahlenschutzlabor

D. Beier

Im Berichtszeitraum wurden im Strahlenschutzmeßlabor 30 680 Raumluftfilter auf künstliche  $\alpha$ - und  $\beta$ -Aktivität untersucht. Die Anzahl der Messungen war beträchtlich höher, da die Filter zum Teil bis zu dreimal gemessen werden mußten, um die Grenze der Aktivitätskonzentration in Luft von  $1 \cdot 10^{-12}$  Ci/m<sup>3</sup> (37 mBq/m<sup>3</sup>) für  $\alpha$ -Strahler und von  $4 \cdot 10^{-10}$  Ci/m<sup>3</sup> (15 Bq/m<sup>3</sup>) für  $\beta$ -Strahler zu erreichen. Etwa 20 % der Filter wurden nach einer Abklingzeit von etwa drei Tagen zusätzlich einer Langzeitmessung unterzogen, um die Nachweisgrenze auf  $5 \cdot 10^{-14}$  Ci/m<sup>3</sup> (1,9 mBq/m<sup>3</sup>) für  $\alpha$ -Strahler und auf  $2 \cdot 10^{-11}$  Ci/m<sup>3</sup> (740 mBq/m<sup>3</sup>) für  $\beta$ -Strahler zu drücken.

Die gefundenen Luftstaubaktivitäten sind in Tab. 4/4 nach Raumlufkonzentrationen aufgliedert.

$\alpha$ in Ci/m <sup>3</sup> (Bq/m <sup>3</sup> )			$\beta$ in Ci/m <sup>3</sup> (Bq/m <sup>3</sup> )		
$A \geq 1 \cdot 10^{-12}$ ( $A \geq 37 \cdot 10^{-3}$ )	$5 \cdot 10^{-14} \leq A < 1 \cdot 10^{-12}$ ( $1,9 \cdot 10^{-3} \leq A < 37 \cdot 10^{-3}$ )	$A < 5 \cdot 10^{-14}$ ( $A < 1,9 \cdot 10^{-3}$ )	$A \geq 4 \cdot 10^{-10}$ ( $A \geq 15$ )	$2 \cdot 10^{-11} \leq A < 4 \cdot 10^{-10}$ ( $0,74 \leq A < 15$ )	$A < 2 \cdot 10^{-11}$ ( $A < 0,74$ )
174	331	268	8	104	1 039

Tab. 4/4: Häufigkeit von Luftstaubaktivitäten nach Raumlufkonzentration aufgliedert

Die Werte  $1 \cdot 10^{-12}$  Ci/m<sup>3</sup> (37 mBq/m<sup>3</sup>) für  $\alpha$ -Strahler bzw.  $4 \cdot 10^{-10}$  Ci/m<sup>3</sup> (15 Bq/m<sup>3</sup>) für  $\beta$ -Strahler werden von den Grenzwerten der Jahresaktivitätszufuhr über Luft abgeleitet (vgl. Kap. 4.1.3). Die Grenzwerte von  $5 \cdot 10^{-14}$  Ci/m<sup>3</sup> (1,9 mBq/m<sup>3</sup>) für  $\alpha$ -Strahler bzw. von  $2 \cdot 10^{-11}$  Ci/m<sup>3</sup> (740 mBq/m<sup>3</sup>) für  $\beta$ -Strahler sind 1/20 der oben aufgeführten Werte. Durch Einhaltung dieser Grenzwerte wird die Inkorporation auf 5 % der zulässigen Jahresaktivitätszufuhr begrenzt, und damit entfällt die Erfordernis einer regelmäßigen Inkorporationsüberwachung gemäß den Richtlinien für die physikalische Strahlenschutzkontrolle.

Mittels  $\gamma$ -Spektroskopie wurden im Strahlenschutzmeßlabor 775 Proben untersucht. Das sind fast doppelt so viel wie im Jahr 1979. Davon entfielen auf Kohlefilter 453, auf Informationsmessung über Betonstaub und Bodenproben 172, auf Luftfilter 117, auf Wischtests 21 und auf kontaminierte bzw. aktivierte Gegenstände 12 Proben. Die identifizierten Nuklide sind in Tab. 4/5 aufgeführt.

Im Strahlenschutzmeßlabor werden außer den bereits aufgeführten Messungen noch Luftstaubsammler und Jod-sammelanlagen aus Einzelteilen wie Membranpumpen, Seitenkanalgebläsen, Filterhalterungen, Adsorberbetten und Wagen je nach Erfordernis zusammengestellt und montiert. Ferner wird vom Labor die gesamte Neu- und Ersatzbeschaffung von tragbaren Dosis- und Dosisleistungsmeßgeräten sowie Kontaminationsmonitoren durchgeführt. Im Berichtszeitraum wurden auch wieder einige Probenwechsler mit Tischrechnern versehen. Die Programme, die dazu erstellt werden, erlauben jetzt den Ausdruck der Flächenkontamination in  $\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$  bei der Wischtestauswertung.

Nuklid	Reaktoren	Beschleuniger	Einrichtungen mit hoher Aktivität	Einrichtungen mit niedriger Aktivität	HDB	Summe
J-131	1	-	285	-	1	287
Cs-137/Ba-137m	7	-	11	-	143	161
Cs-134	2	-	10	-	83	95
Ru-106/Rh-106	6	-	11	1	71	89
Sb-125/Te-125m	1	-	1	-	61	63
Co-60	10	1	4	1	24	40
Ce-144/Pr-144	5	-	7	1	2	15
Mn-54	1	-	3	1	1	6
Zr-95/Nb-95	-	-	1	-	4	5
Co-57	-	-	-	1	3	4
Rb-86	-	-	3	-	-	3
Eu-152	1	-	1	1	-	3
Be-7	1	-	1	-	-	2
Sc-46	-	-	1	1	-	2
Cr-51	1	-	-	-	1	2
Zn-65	1	-	-	-	1	2
Sb-124	-	-	1	1	-	2
Hg-203	-	-	-	-	2	2
Co-58	-	-	-	-	1	1
Fe-59	-	-	-	-	1	1
Ag-110m	-	-	-	1	-	1
Ba-133	-	-	-	1	-	1
Ce-141	-	-	1	-	-	1
U/Th-Folgepr.	-	-	-	-	1	1

Tab. 4/5: Häufigkeit der  $\gamma$ -spektroskopisch im Strahlenschutzmeßlabor identifizierten Radionuklide

Es wurden 16 Proben  $\alpha$ -spektroskopisch untersucht. Davon entfielen 9 Proben auf Wischtests und 7 Proben auf Luftfilter. Die identifizierten Nuklide sind in Tab. 4/6 aufgeföhrt.

Nuklid	Reaktoren	Beschleuniger	Einrichtungen mit hoher Aktivität	Einrichtungen mit niedriger Aktivität	HDB	S u m m e
Am-241 und/oder Pu-238	1	-	6	1	6	14
Pu-239	-	-	6	1	6	13
Cm-242 und/oder Cf-252	-	-	4	-	2	6
Cm-243 und/oder Cm-244	-	-	5	-	1	6
U <sub>nat</sub>	-	-	1	-	-	1

Tab. 4/6: Häufigkeit der  $\alpha$ -spektroskopisch im Strahlenschutzmeßlabor identifizierten Radionuklide

#### 4.4 Untersuchungen der Aktivitätsverteilung der Raumluft auf fünf Korngrößenfraktionen des aktivitätstragenden Aerosols

H.-U. Berger

In den Räumen der Geb. 548 und 545 wurden insgesamt 66 Untersuchungen der Korngrößenverteilung durchgeführt. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 4/7 und 4/8 dargestellt. In 13 Fällen läßt sich weder für die  $\alpha$ - noch für die  $\beta$ -Aktivität die Korngrößenverteilung feststellen, weil die zählstatistisch bedingten Fehler zu groß sind. In weiteren 22 Fällen ist aus dem gleichen Grund sowohl für die  $\alpha$ - als auch für die  $\beta$ -Aktivität allenfalls eine Schätzung des Zentralwertes für den aerodynamisch äquivalenten Partikeldurchmesser möglich.

Die im Bericht des Vorjahres geäußerte Vermutung bestätigte sich, daß die Schwankungen der Durchmesser-Zentralwerte in Geb. 545 kleiner sind, als sie 1979 in Geb. 536 beobachtet worden waren.

Probenahme in Geb. 548		Sammel- zeit h	$\alpha$ -Aktivität				$\beta$ -Aktivität			
von	bis		$A_{ges}$		$d_z$ $\mu m$	$\sigma$	$A_{ges}$		$d_z$ $\mu m$	$\sigma$
			pCi	Bq			nCi	Bq		
09.01. - 16.01.1980	168	3,6	0,13	-	-	0	0	-	-	
28.01. - 04.02.1980	168	16	0,59	2,1	0,30	0,007	0,26	-	-	
25.02. - 03.03.1980	168	29	1,07	4*	0,49*	0	0	-	-	
17.03. - 24.03.1980	168	48	1,77	-	-	0,004	0,15	-	-	
31.03. - 08.04.1980	192	50	1,85	5,1	0,68	0,17	6,3	-	-	
16.04. - 23.04.1980	168	24	0,89	4*	0,28*	0,02	0,74	-	-	
06.05. - 13.05.1980	168	30	1,11	-	-	0,003	0,11	-	-	
14.05. - 21.05.1980	168	20	0,74	1,8	0,39	0	0	-	-	
29.05. - 09.06.1980	264	38	1,40	-	-	0,03	1,11	-	-	
11.06. - 19.06.1980	192	22	0,81	-	-	0,002	0,07	-	-	
23.06. - 30.06.1980	168	59	2,18	2,0	0,52	0,0067	0,26	-	-	
04.07. - 11.07.1980	168	8	0,3	-	-	0	0	-	-	
17.07. - 24.07.1980	168	70	2,59	2,7	0,46	0,04	1,5	3*	0,04*	
28.07. - 04.08.1980	168	6	0,22	-	-	0	0	-	-	
06.08. - 13.08.1980	168	33	1,22	4,2	0,40	0	0	-	-	
20.08. - 28.08.1980	192	30	1,11	-	-	0	0	-	-	
01.09. - 08.09.1980	168	44	1,62	-	-	0,02	0,74	-	-	
11.09. - 18.09.1980	168	53	1,96	5*	0,38*	0	0	-	-	
23.09. - 01.10.1980	192	40	1,48	4*	0,04*	0,16	5,9	4*	0,04*	
06.10. - 15.10.1980	216	50	1,85	6*	0,64*	0,23	8,5	5*	0,41*	
17.10. - 24.10.1980	168	20	0,74	-	-	0,28	10,4	4*	0,35*	
13.11. - 20.11.1980	168	40	1,48	5*	0,4*	0,32	11,8	3,1	0,52	
28.11. - 08.12.1980	240	18	0,67	2,6	0,27	0,32	11,8	4,0	0,55	
16.12. - 23.12.1980	168	18	0,67	4*	0,33*	0	0	-	-	

Tab. 4/7: Zentralwert der Äquivalentdurchmesser  $d_z$  und Streuung  $\sigma$  der Durchmesser-Verteilung in der Raumluft von Geb. 548 (\*Schätzwert, weil Aktivitätswerte zählstatistisch bedingt unsicher sind)

Probenahme in Geb. 545		Sammel- zeit h	$\alpha$ -Aktivität				$\beta$ -Aktivität			
von	bis		$A_{ges}$		$d_z$	$\sigma$	$A_{ges}$		$d_z$	$\sigma$
			pCi	Bq	$\mu m$		nCi	Bq	$\mu m$	
02.01. - 07.01.1980		121	72	2,66	3,1	0,34	0,29	10,7	4*	0,04*
08.01. - 16.01.1980		192	1 100	40,70	1,8	0,52	7,3	270	2,2	0,53
29.01. - 06.02.1980		194	300	11,10	3,8	0,57	3,4	126	10,7 <sup>+</sup>	0,76
06.02. - 13.02.1980		168	260	9,62	4,9	0,72	2,8	104	13,2 <sup>+</sup>	1,01
13.02. - 20.02.1980		167	70	2,59	5*	0,37	0,42	15,5	12 <sup>+</sup>	0,74
20.02. - 27.02.1980		168	48	1,77	3,3	0,73	0,23	8,5	-	-
28.02. - 06.03.1980		168	184	6,80	4,9	0,59	1,16	42,9	0,86	0,96
06.03. - 13.03.1980		168	39	1,44	8*	0,63	0,14	5,18	> 7*	-
13.03. - 20.03.1980		168	166	6,14	6*	0,33	0,53	19,6	4*	0,05*
27.03. - 03.04.1980		168	200	7,40	5,6	0,62	2,1	77,7	13,4 <sup>+</sup>	0,69
03.04. - 10.04.1980		167	260	9,62	6*	0,69	2,0	74,0	12,7 <sup>+</sup>	0,77
10.04. - 17.04.1980		168	125	4,62	4*	0,04	1,65	61,1	10*	0,42*
17.04. - 25.04.1980		192	220	8,14	3,3	0,70	1,76	65,1	6,1	0,83
25.04. - 02.05.1980		169,5	126	4,66	3*	0,53	1,01	37,4	12,5 <sup>+</sup>	0,81
02.05. - 09.05.1980		162,5	180	6,66	7*	0,50	1,88	69,6	12,2 <sup>+</sup>	0,56
09.05. - 16.05.1980		175	104	3,84	-	-	0,92	34,0	8*	0,39
16.05. - 23.05.1980		168	500	18,50	4,1	0,54	1,8	66,6	6,7	0,63
23.05. - 30.05.1980		168	148	5,47	7*	0,5*	0,90	33,3	16*	0,6
30.05. - 06.06.1980		168	65	2,40	4*	0,04	0,43	15,9	-	-
13.06. - 20.06.1980		168	30	1,11	-	-	0,058	2,15	-	-
27.06. - 04.07.1980		168	61	2,25	6*	0,58*	0,34	12,6	-	-
04.07. - 11.07.1980		168	57	2,10	4*	0,04*	0,31	11,5	4*	0,05*
11.07. - 18.07.1980		168	42	1,55	0,34	0,42	0,104	3,85	-	-
18.07. - 25.07.1980		168	44	1,62	3,2	0,54	0,245	8,07	30 <sup>+</sup>	1,2 <sup>+</sup>
25.07. - 01.08.1980		168	61	2,25	4,5	0,62	0,48	17,8	13 <sup>+</sup>	0,93 <sup>+</sup>
01.08. - 08.08.1980		168	90	3,33	4,7	0,47	0,19	7,03	-	-
08.08. - 15.08.1980		168	65	2,40	2,5	0,54	0,24	8,88	16 <sup>+</sup>	1,26 <sup>+</sup>
22.08. - 29.08.1980		168	30	1,11	-	-	0,17	6,29	-	-
29.08. - 05.09.1980		168	49	1,81	-	-	0,27	9,99	-	-
05.09. - 12.09.1980		168	80	2,96	-	-	0,15	5,6	-	-
12.09. - 19.09.1980		168	110	4,07	2,6	0,68	0,33	12,2	32*	0,81*
26.09. - 03.10.1980		168	67	2,47	3,5	0,39	0,50	18,5	4,2	0,57
03.10. - 10.10.1980		168	40	1,48	-	-	0,30	11,1	4*	0,04*
10.10. - 17.10.1980		168	100	3,70	-	-	0,8	29,6	4*	0,05*
17.10. - 24.10.1980		168	750	27,80	7*	0,7*	7,5	278	17 <sup>+</sup>	0,81
24.10. - 31.10.1980		168	87	3,21	3,6	0,53	0,81	30,0	4,6	0,57
31.10. - 07.11.1980		168	87	3,21	-	-	1,00	37	7*	0,3*
07.11. - 14.11.1980		168	80	2,96	-	-	0,69	25,5	5*	0,3*
14.11. - 21.11.1980		168	50	1,85	-	-	0,60	22,2	9*	0,5*
21.11. - 28.11.1980		168	83	3,07	3,7	0,61	0,97	35,9	3,1	1,04
05.12. - 12.12.1980		168	29	1,07	6*	0,3	0,34	12,6	6,7	0,74
12.12. - 19.12.1980		168	60	2,22	4,1	0,44	0,17	6,3	> 7*	-

Tab. 4/8: Zentralwert der Äquivalentdurchmesser  $d_z$  und Streuung  $\sigma$  der Durchmesserverteilung in der Raumluft von Geb. 545, Bedienungsgang (\*extrapolierter Wert; \*Schätzwert, weil Aktivitätswerte zählstatistisch bedingt unsicher sind)



## 5. Radioökologie

L.A. König

Die Aufgabengebiete der Abteilung Radioökologie sind im Kap. 1 dieses Berichtes beschrieben. Im Kap. 5 sind Umfang bzw. Ergebnisse der Emissionsüberwachung (Abluft 5.1, Abwasser 5.2), der Umgebungsüberwachung (5.3), der spektrometrischen (5.4) und der radiochemischen Untersuchungen (5.5) sowie Ergebnisse radioökologischer Forschungsarbeiten (5.6) zusammengefaßt.

Die im folgenden berichteten Ergebnisse sind das Resultat der Zusammenarbeit der verschiedenen Arbeitsgruppen von HS/R: Alle quantitativen  $\gamma$ - und  $\alpha$ -spektroskopischen Messungen wurden von der Gruppe "Spektrometrie" und im zur Gruppe "Emissionsüberwachung" gehörenden Abwasserlabor durchgeführt. Die quantitativen Langzeitmessungen wurden ausschließlich von der erstgenannten Gruppe übernommen. Die im Rahmen der Routineüberwachung notwendigen radiochemischen Analysen wurden von der Gruppe "Radiochemie" ausgeführt. Fast sämtliche Tritiumbestimmungen wurden von der Gruppe "Emissionsüberwachung", ein kleiner Anteil wurde von der im Aufbau befindlichen Gruppe "Biologie" durchgeführt. Alle Dosimeterauswertungen, deren Ergebnisse im Kap. 5 berichtet werden, lagen in der Hand der Abteilung "Dosimetrie" (Leitung: Dipl.-Phys. E. Piesch) der Hauptabteilung Sicherheit.

Die von der Gruppe "Radiochemie" bearbeiteten Forschungsprogramme

- Untersuchung des physikalischen und chemischen Verhaltens biologisch besonders wirksamer Radionuklide in der Umwelt - Pu, Am, Cm

und in Zusammenarbeit mit der Abteilung "Umweltmeteorologie" (Leitung: Dr. W. Hübschmann)

- Untersuchung zum Ausbreitungsverhalten nuklearer Schadstoffe im Nah- und Fernbereich

sind im Projekt "PNS" angesiedelt. Die radioökologische Untersuchung im Raum Baden-Baden zur Ermittlung der Dosisbelastung der Umgebungsbevölkerung durch natürliches und aus einer Uranuntersuchungsgrube emittiertes  $^{226}\text{Ra}$  wurde im Auftrag der Saarberg-Interplan-Uran-GmbH und mit finanzieller Unterstützung des Wirtschaftsministeriums Baden-Württemberg durchgeführt. Die Freisetzung von natürlichen Radionukliden, vornehmlich  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  und  $^{210}\text{Po}$  aus den alten Bergbauhalden von Wittichen, wurde im Auftrag und in Zusammenarbeit mit der Uranerzbergbau GmbH und mit finanzieller Unterstützung des Wirtschaftsministeriums Baden-Württemberg untersucht.

Im vergangenen Jahr wurde mit der Durchführung von zwei vom BMI geförderten Vorhaben begonnen:

- Radioökologische Studien der Auswirkungen von Tritiumemissionen am Beispiel des KfK

und

- Radioökologische Studien über die Auswirkungen des langjährigen Betriebs der kerntechnischen Anlagen des KfK auf den Nahbereich ihrer Umgebung.

Der Beginn der Arbeiten an den beiden letztgenannten Programmen verzögerte sich durch Schwierigkeiten bei der Anwerbung qualifizierten Personals. Der Vorbereitung des erstgenannten Vorhabens diente auch eine Ingenieurarbeit, die im Rahmen der Ausbildung von Strahlenschutzingenieuren in Zusammenarbeit mit der Berufsakademie Mannheim erstellt wurde. Einige Ergebnisse werden im Kap. 5.6.7 berichtet.

Die Qualität der Messungen wird durch Teilnahme an Ringversuchen überwacht.

Wie auch in den vergangenen Jahren wurden weitere Messungen für externe Auftraggeber durchgeführt.

Von den Mitarbeitern der Abteilung Radioökologie wurden im Jahr 1980 15 Beiträge veröffentlicht bzw. Beiträge zu Veröffentlichungen geleistet.

## 5.1 Abluftüberwachung

### 5.1.1 Zusammenfassung der Ergebnisse der Abluftüberwachung 1980

L.A. König, K.-G. Langguth, S. Rinn

Die Ableitung radioaktiver Stoffe aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe in die Atmosphäre wird gemäß Grundsätzen, die mit den Aufsichtsbehörden vereinbart sind, in einem für ein Jahr gültigen "Abluftplan" vorgelegt. Dieser Abluftplan enthält für die einzelnen Emittenten des Kernforschungszentrums die höchstzulässigen Jahres-, Monats- und Wochenwerte, aufgeschlüsselt nach Radionukliden bzw. Radionuklidgruppen.

Die Ableitungen werden in den von der KfK (Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH) betriebenen Anlagen in Zusammenarbeit mit Mitarbeitern der Abteilung "Strahlenschutzüberwachung" (Leiter: Dr. Dilger) ermittelt. Die Meßwerte aus den Anlagen des Kernforschungszentrums, die nicht von der KfK betrieben werden, werden von den zuständigen Betriebsgesellschaften festgestellt.

Tab. 5/1 enthält die dem Abluftplan 1980 zugrundeliegenden Definitionen der Nuklidgruppen. Die Einführung von Nuklidgruppen bedeutet keinen Verzicht auf die Bilanzierung der Ableitungen von einzelnen Radionukliden. Sie ist jedoch bei verschiedenen Emittenten des Kernforschungszentrums unverzichtbar, da bei diesen die Nuklidzusammensetzungen in den Ableitungen nicht vorhergesagt werden können, andererseits aber doch direkt meßbare höchstzulässige Ableitungen vorgegeben werden müssen.

Gruppe	Nuklide
A	Beliebige Mischung von $\alpha$ -, $\beta$ - und $\gamma$ -Strahlern
B	Beliebige Mischung von $\beta$ - und $\gamma$ -Strahlern, wenn die $\alpha$ -Strahler sowie Radiojodisotope <sup>a)</sup> , $^{210}\text{Pb}$ , $^{227}\text{Ac}$ , $^{228}\text{Ra}$ , $^{241}\text{Pu}$ <sup>b)</sup> , $^{242}\text{Am}$ und $^{254}\text{Cf}$ unberücksichtigt bleiben können <sup>c)</sup>
C	$^3\text{H}$ , $^{13}\text{N}$ , $^{14}\text{C}$ <sup>d)</sup> , $^{37}\text{S}$ , $^{15}\text{O}$ , $^{38}\text{Cl}$ , $^{41}\text{Ar}$ , Spaltedelgase
J	$^{131}\text{J}$ Äquivalent (siehe Tab. 5/3)

a) Die Radiojodisotope müssen gesondert gemeldet werden.

b) Für WAK, FERAB, IHCh und TU werden die Ableitungen an  $^{241}\text{Pu}$  auf maximal 10 % des in Nuklidgruppe B zugelassenen Aktivitätswertes beschränkt.

c) "Unberücksichtigt bleiben" können diese Radionuklide nur dann, wenn die Konzentration in der Luft nur einen geringfügigen Teil der in Tab. A des Anhangs 3 der EURATOM-Grundnormen (Fassung vom Oktober 1966) angegebenen höchstzulässigen Konzentration darstellt. Die Ableitungen an  $^{90}\text{Sr}$  dürfen 1/10 des für Nuklidgruppe B zugelassenen Aktivitätswertes nicht überschreiten.

d) Die  $^{14}\text{C}$ -Ableitungen in Gruppe C wird auf jeweils 10 % der in dieser Gruppe zulässigen Ableitung, aber nicht mehr als 10 Ci/a bzw. 1 Ci/Monat beschränkt.

Tab. 5/1: Definition der Nuklidgruppen (Stand: Ende 1980)

In Tab. 5/2 wird eine Übersicht über die im Jahr 1980 von den einzelnen Anlagen des Kernforschungszentrums Karlsruhe abgeleitete Aktivität gegeben. Bei den Jahressummen wurden in jenen Fällen, in denen zu einzelnen größeren Werten kleine Werte unter der Nachweisgrenze zu addieren waren, die weniger als 20 % zur Gesamtsumme beitragen, die <-Zeichen weggelassen. Bei den Radiojodableitungen werden nicht nur die Ableitungen von einzelnen Radiojodisotopen angegeben, sondern auch in der mit J bezeichneten Spalte die Summe der <sup>131</sup>J-Äquivalent-Werte. Die Faktoren f<sub>i</sub>, mit deren Hilfe die Ableitungen von Radiojodisotopen auf <sup>131</sup>J-Äquivalent umgerechnet werden, sind aus Tab. 5/3 ersichtlich. f<sub>i</sub> ist durch die Beziehung

$$A_i^{Zu1} = f_i A_{131}^{Zu1}$$

definiert. Hierin ist A<sub>i</sub><sup>Zu1</sup> die für Jodisotop i zulässige Ableitung, A<sub>131</sub><sup>Zu1</sup> jene für <sup>131</sup>J. Die für das Jodisotop i gemessene Ableitung ist also durch f<sub>i</sub> zu dividieren, um das <sup>131</sup>J-Äquivalent zu erhalten.

Jodisotop	f <sub>i</sub>
123	5 900
124	2
125	1,4
126	0,6
129	0,264
130	2 050
131	1
132	1 220
133	63
134	2 900
135	16 000

Tab. 5/3: Umrechnungsfaktoren auf <sup>131</sup>J-Äquivalent (Stand: Ende 1980)

Bei kurzlebigen Radionukliden wurde folgendermaßen verfahren: Wenn die Annahme einer über die gesamte Sammelperiode konstanten Radioaktivitätsemission plausibel ist, wird die Berechnung unter dieser Annahme durchgeführt. Ist der Zeitpunkt einer einmaligen Ableitung bekannt, so wird dies berücksichtigt. Haben zu n bekannten Zeitpunkten Freisetzungen unbekannter Aufteilung stattgefunden, so werden n gleichgroße Ableitungen zu diesen Zeitpunkten vorausgesetzt. Liegt dagegen keine Information über den Zeitpunkt der Freisetzung vor, wird die Freisetzung zum Beginn der Sammelperiode angenommen. Man darf also i. allg. davon ausgehen, daß die Angaben über die abgeleitete Aktivität an kurzlebigen Radioisotopen auf der sicheren Seite liegen. Bei der Berechnung der Strahlenbelastung durch kurzlebige Radionuklide ist die Ungenauigkeit durch die verglichen mit der Sammelperiode kleine Halbwertszeit ohne Bedeutung, da diese Nuklide nur einen vernachlässigbar kleinen Beitrag liefern.

Bei der Bilanzierung wurde die Einheit "Curie" verwendet, und es wurden zwei Stellen hinter dem Komma berücksichtigt. Da der zweiten Stelle hinter dem Komma keine physikalische Bedeutung zukommt, wurden alle Werte einschließlich der Summenwerte auf eine Stelle hinter dem Komma gerundet. Hierdurch werden Diskrepanzen zwischen den angegebenen Einzel- und den Summenwerten möglich. Die in der Einheit "Becquerel" angegebenen Einzel- und Summenwerte entstanden ausschließlich durch Umrechnung der in "Curie" angegebenen Werte.

Oberschreitungen zulässiger Werte sind durch Einrahmen der Zahlenwerte kenntlich gemacht. Zum Vergleich werden Jahressummen für das Vorjahr wiederholt. Die  $^{41}\text{Ar}$ -Ableitungen des FR2 und die  $^{85}\text{Kr}$ -Ableitungen der WAK stellen die vorherrschenden Ableitungen dar, wenn man nur Aktivitätswerte betrachtet.

In Tab. 5/4 sind die insgesamt aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe in die Atmosphäre abgeleiteten Aktivitätssummen zusammengestellt. Zum Vergleich werden die Vorjahreswerte angegeben. Da die Standorte der einzelnen Emittenten zum Teil weit auseinanderliegen, werden im Nahbereich bei gleichzeitiger Emission verschiedene Gebiete beaufschlagt. Daher dürfen diese Daten für den Nahbereich nicht als Emissionsdaten einer einzelnen Quelle angesehen werden.

Nuklid bzw. Nuklidgruppe	Ableitungen pro Jahr			
	1979		1980	
	Ci	Bq	Ci	Bq
Ar	70 531	$2,6 \cdot 10^{15}$	67 128	$2,5 \cdot 10^{15}$
Kr	50 560	$1,9 \cdot 10^{15}$	32 420	$1,2 \cdot 10^{15}$
$^3\text{H}$	1 488	$5,5 \cdot 10^{13}$	1 621	$6,0 \cdot 10^{13}$
J	$<2,2 \cdot 10^{-2}$	$<8,1 \cdot 10^8$	$3,7 \cdot 10^{-2}$	$1,4 \cdot 10^9$
A	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$3,7 \cdot 10^7$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$4,4 \cdot 10^7$
B	0,2	$7,4 \cdot 10^9$	$7,6 \cdot 10^{-2}$	$2,8 \cdot 10^9$
C	1 421	$5,3 \cdot 10^{13}$	845	$3,1 \cdot 10^{13}$

Tab. 5/4: Gesamtableitungen aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe in die Atmosphäre in den Jahre 1979 und 1980

(Diese Tabelle darf nicht für die Dosisberechnung in der unmittelbaren Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe verwendet werden, da darin Emissionen an relativ weit auseinanderliegenden Orten aufsummiert sind.)

Anlage	I R C H					
	A		B		C	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	1,0 E-06	3,7 E+04	1,0 E-03	3,7 E+07	30,0	1,1 E+12
Januar	<4,9 E-09	<1,8 E+02	<7,4 E-08	<2,7 E+03	1,4	5,2 E+10
Februar	<4,2 E-09	<1,6 E+02	<2,4 E-08	<8,9 E+02	1,2	4,4 E+10
März	<4,0 E-09	<1,5 E+02	<1,1 E-07	<4,1 E+03	1,2	4,4 E+10
April	<5,6 E-09	<2,1 E+02	2,6 E-08	9,6 E+02	1,8	6,7 E+10
Mai	<6,6 E-09	<2,4 E+02	2,7 E-08	1,0 E+03	0,9	3,3 E+10
Juni	<3,4 E-09	<1,3 E+02	2,3 E-08	8,5 E+02	0,4	1,5 E+10
Juli	<5,5 E-09	<2,0 E+02	<9,0 E-08	<3,3 E+03	0,9	3,3 E+10
August	<5,0 E-09	<1,9 E+02	<1,7 E-08	<6,3 E+02	1,2	4,4 E+10
September	<3,4 E-09	<1,3 E+02	<2,2 E-08	<8,1 E+02	1,2	4,4 E+10
Oktober	<3,5 E-09	<1,3 E+02	7,4 E-07	2,7 E+04	3,7	1,4 E+11
November	<4,0 E-09	<1,5 E+02	<2,6 E-08	<9,6 E+02	1,0	3,7 E+10
Dezember	<3,1 E-09	<1,1 E+02	<2,1 E-08	<7,8 E+02	5,6	2,1 E+11
Summe 1980	<5,3 E-08	<2,0 E+03	<1,2 E-06	<4,4 E+04	20,5	7,6 E+11
nach Abluftplan zul. Jahreswert	1,0 E-05	3,7 E+05	1,0 E-02	3,7 E+08	180,0	6,7 E+12
Vorjahreswert	<9,0 E-07	<3,3 E+04	8,2 E-03	3,0 E+08	32,0	1,2 E+12

Anlage	I R C H					
	<sup>131</sup> J		<sup>132</sup> J		J	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	-	-	-	-	4,0 E-04	1,5 E+07
Januar	<1,2 E-06	<4,4 E+04	-	-	<1,2 E-06	<4,4 E+04
Februar	<9,2 E-07	<3,4 E+04	-	-	<9,2 E-07	<3,4 E+04
März	<2,5 E-07	<9,3 E+03	-	-	<2,5 E-07	<9,3 E+03
April	1,9 E-05	7,0 E+05	-	-	1,9 E-05	7,0 E+05
Mai	2,0 E-04	7,4 E+06	-	-	2,0 E-04	7,4 E+06
Juni	2,2 E-04	8,1 E+06	-	-	2,2 E-04	8,1 E+06
Juli	3,4 E-04	1,3 E+07	-	-	3,4 E-04	1,3 E+07
August	9,4 E-05	3,5 E+06	-	-	9,4 E-05	3,5 E+06
September	2,9 E-06	1,1 E+05	-	-	2,9 E-06	1,1 E+05
Oktober	1,1 E-03	4,1 E+07	1,1 E-03	4,1 E+07	1,1 E-03	4,1 E+07
November	2,0 E-04	7,4 E+06	-	-	2,0 E-04	7,4 E+06
Dezember	1,0 E-04	3,7 E+06	-	-	1,0 E-04	3,7 E+06
Summe 1980	2,3 E-03	8,5 E+07	1,1 E-03	4,1 E+07	2,3 E-03	8,5 E+07
nach Abluftplan zul. Jahreswert	-	-	-	-	4,0 E-03	1,5 E+08
Vorjahreswert	7,4 E-04	2,7 E+07	1,3 E-01	4,8 E+09	8,5 E-04	3,1 E+07

Tab. 5/2: Ableitung radioaktiver Stoffe im Jahre 1980 aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe in die Atmosphäre (Aktivität in Ci, Bq; 1 E-06 = 1·10<sup>-6</sup>)

Anlage	B F E		Z y k l o t r o n			
Nuklid	C		C		<sup>123</sup> J	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	1,5 E-02	5,6 E+08	100,0	3,7 E+12	-	-
Januar	-	-	4,5	1,7 E+11	9,6 E-09	3,6 E+02
Februar	-	-	12,0	4,4 E+11	9,7 E-09	3,6 E+02
März	3,8 E-06	1,4 E+05	48,6	1,8 E+12	1,6 E-09	5,9 E+01
April	-	-	29,0	1,1 E+12	7,6 E-09	2,8 E+02
Mai	-	-	9,3	3,4 E+11	1,9 E-09	7,0 E+01
Juni	-	-	5,4	2,0 E+11	2,5 E-08	9,3 E+02
Juli	7,4 E-06	2,7 E+05	68,0	2,5 E+12	2,5 E-09	9,3 E+01
August	-	-	29,0	1,1 E+12	1,6 E-08	5,9 E+02
September	-	-	94,8	3,5 E+12	2,0 E-08	7,4 E+02
Oktober	-	-	17,3	6,4 E+11	1,1 E-07	4,1 E+03
November	5,0 E-05	1,9 E+06	18,3	6,8 E+11	<2,1 E-09	<7,8 E+01
Dezember	-	-	7,2	2,7 E+11	1,5 E-08	5,6 E+02
Summe 1980	6,1 E-05	2,3 E+06	343,4	1,3 E+13	2,2 E-07	8,2 E+03
nach Abluftplan zul. Jahreswert	3,0 E-02	1,1 E+09	500,0	1,9 E+13	-	-
Vorjahreswert	1,8 E-04	6,7 E+06	443,1	1,6 E+13	5,1 E-05	1,9 E+06

Anlage	Z y k l o t r o n				LAF II	
Nuklid	<sup>131</sup> J		J		<sup>131</sup> J	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	-	-	2,0 E-05	7,4 E+05	8,0 E-05	3,0 E+06
Januar	<1,6 E-09	<5,9 E+01	<1,6 E-09	<5,9 E+01	<4,3 E-06	<1,6 E+05
Februar	<1,0 E-09	<3,7 E+01	<1,0 E-09	<3,7 E+01	<2,8 E-06	<1,0 E+05
März	<5,0 E-10	<1,9 E+01	<5,0 E-10	<1,9 E+01	<2,7 E-06	<1,0 E+05
April	<1,9 E-09	<7,0 E+01	<1,9 E-09	<7,0 E+01	<2,7 E-06	<1,0 E+05
Mai	<1,8 E-09	<6,7 E+01	<1,8 E-09	<6,7 E+01	<3,1 E-06	<1,1 E+05
Juni	<8,0 E-10	<3,0 E+01	<8,0 E-10	<3,0 E+01	<4,3 E-06	<1,6 E+05
Juli	<1,5 E-09	<5,6 E+01	<1,5 E-09	<5,6 E+01	<3,5 E-06	<1,3 E+05
August	<2,2 E-09	<8,1 E+01	<2,2 E-09	<8,1 E+01	<3,2 E-06	<1,2 E+05
September	<3,2 E-09	<1,2 E+02	<3,2 E-09	<1,2 E+02	<6,1 E-06	<2,3 E+05
Oktober	<3,7 E-09	<1,4 E+02	<3,7 E-09	<1,4 E+02	<4,9 E-06	<1,8 E+05
November	<3,1 E-09	<1,1 E+02	<3,1 E-09	<1,1 E+02	<4,5 E-06	<1,7 E+05
Dezember	<3,6 E-09	<1,3 E+02	<3,6 E-09	<1,3 E+02	<4,0 E-06	<1,5 E+05
Summe 1980	<2,5 E-08	<9,2 E+02	<2,5 E-08	<9,2 E+02	<4,6 E-05	<1,7 E+06
nach Abluftplan zul. Jahreswert	-	-	2,0 E-04	7,4 E+06	8,0 E-04	3,0 E+07
Vorjahreswert	<2,9 E-08	<1,1 E+03	2,5 E-07	9,3 E+03	<6,4 E-05	<2,4 E+06

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	L I T				INR	
	A		B		3H	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	-	-	2,0 E-03	7,4 E+07	5,0	1,9 E+11
Januar	<4,6 E-09	<1,7 E+02	<4,0 E-08	<1,5 E+03	-	-
Februar	<3,5 E-09	<1,3 E+02	<2,1 E-08	<7,8 E+02	-	-
März	<3,1 E-09	<1,1 E+02	<1,3 E-08	<4,8 E+02	1,0	3,7 E+10
April	<3,9 E-09	<1,4 E+02	<1,5 E-08	<5,6 E+02	0,2	7,4 E+09
Mai	<4,4 E-09	<1,6 E+02	<1,7 E-08	<6,3 E+02	-	-
Juni	<2,7 E-09	<1,0 E+02	<1,2 E-08	<4,4 E+02	-	-
Juli	<1,1 E-08	<4,1 E+02	<2,0 E-08	<7,4 E+02	1,0	3,7 E+10
August	<3,5 E-09	<1,3 E+02	<1,7 E-08	<6,3 E+02	-	-
September	<2,9 E-09	<1,1 E+02	<1,2 E-08	<4,4 E+02	-	-
Oktober	<4,4 E-09	<1,6 E+02	<2,1 E-08	<7,8 E+02	-	-
November	<3,6 E-09	<1,3 E+02	<1,7 E-08	<6,3 E+02	-	-
Dezember	<3,3 E-09	<1,2 E+02	<1,7 E-08	<6,3 E+02	-	-
Summe 1980	<5,1 E-08	<1,9 E+03	<2,2 E-07	<8,2 E+03	2,2	8,1 E+10
nach Abluftplan zul. Jahreswert	-	-	1,5 E-02	5,6 E+08	50,0	1,9 E+12
Vorjahreswert	<4,8 E-08	<1,8 E+03	<4,8 E-07	<1,8 E+04	2,8	1,0 E+11

Anlage	K T B / S N E A K					
	A		B		C	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	3,0 E-05	1,1 E+06	1,5 E-02	5,6 E+08	30,0	1,1 E+12
Januar	<6,0 E-08	<2,2 E+03	<4,8 E-07	<1,8 E+04	-	-
Februar	<4,1 E-08	<1,5 E+03	<2,5 E-07	<9,3 E+03	3,0 E-04	1,1 E+07
März	<3,8 E-08	<1,4 E+03	<1,6 E-07	<5,9 E+03	2,0 E-04	7,4 E+06
April	<4,5 E-08	<1,7 E+03	<1,6 E-07	<5,9 E+03	-	-
Mai	<5,4 E-08	<2,0 E+03	<2,3 E-07	<8,5 E+03	-	-
Juni	<3,2 E-08	<1,2 E+03	<1,4 E-07	<5,2 E+03	-	-
Juli	<5,5 E-08	<2,0 E+03	<2,6 E-07	<9,6 E+03	-	-
August	<4,1 E-08	<1,5 E+03	<1,9 E-07	<7,0 E+03	-	-
September	<3,8 E-08	<1,4 E+03	<1,4 E-07	<5,2 E+03	-	-
Oktober	<4,0 E-08	<1,5 E+03	<2,5 E-07	<9,3 E+03	-	-
November	<4,2 E-08	<1,6 E+03	<1,8 E-07	<6,7 E+03	-	-
Dezember	<4,0 E-08	<1,5 E+03	<2,1 E-07	<7,8 E+03	-	-
Summe 1980	<5,3 E-07	<2,0 E+04	<2,7 E-06	<9,8 E+04	5,0 E-04	1,8 E+07
nach Abluftplan zul. Jahreswert	2,0 E-04	7,4 E+06	0,1	3,7 E+09	200,0	7,4 E+12
Vorjahreswert	<6,0 E-07	<2,2 E+04	<5,6 E-06	<2,1 E+05	3,4 E-02	1,3 E+09

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	KTB/SNEAK		INE, Geb. 547			
Nuklid	<sup>131</sup> J		A		B	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	3,0 E-04	1,1 E+07	1,3 E-06	4,8 E+04	2,0 E-06	7,4 E+04
Januar	<3,8 E-06	<1,4 E+05	<2,0 E-08	<7,4 E+02	<1,7 E-07	<6,3 E+03
Februar	<2,3 E-06	<8,5 E+04	<1,4 E-08	<5,2 E+02	<7,0 E-08	<2,6 E+03
März	<2,3 E-06	<8,5 E+04	<2,2 E-08	<8,1 E+02	<6,8 E-08	<2,5 E+03
April	<2,4 E-06	<8,9 E+04	<2,6 E-08	<9,6 E+02	<8,0 E-08	<3,0 E+03
Mai	<2,7 E-06	<1,0 E+05	<2,5 E-08	<9,3 E+02	<1,3 E-07	<4,8 E+03
Juni	<2,4 E-06	<8,9 E+04	<1,5 E-08	<5,6 E+02	<6,0 E-08	<2,2 E+03
Juli	<3,3 E-06	<1,2 E+05	<2,9 E-08	<1,1 E+03	<1,1 E-07	<4,1 E+03
August	<2,9 E-06	<1,1 E+05	<1,7 E-08	<6,3 E+02	<7,6 E-08	<2,8 E+03
September	<3,6 E-06	<1,3 E+05	<1,7 E-08	<6,3 E+02	<6,0 E-08	<2,2 E+03
Oktober	<3,8 E-06	<1,4 E+05	<1,5 E-08	<5,6 E+02	<8,3 E-08	<3,1 E+03
November	<3,7 E-06	<1,4 E+05	<2,0 E-08	<7,4 E+02	<8,6 E-08	<3,2 E+03
Dezember	<3,8 E-06	<1,4 E+05	<1,9 E-08	<7,0 E+02	<8,8 E-08	<3,3 E+03
Summe 1980	<3,7 E-05	<1,4 E+06	<2,4 E-07	<8,9 E+03	<1,1 E-06	<4,0 E+04
nach Abluftplan zul. Jahreswert	3,0 E-03	1,1 E+08	1,5 E-05	5,6 E+05	2,5 E-05	9,3 E+05
Vorjahreswert	<3,3 E-05	<1,2 E+06	<2,9 E-07	<1,1 E+04	<2,6 E-06	<9,6 E+04

Anlage	HDB, Geb. 534					
Nuklid	A		B		<sup>3</sup> H	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	1,0 E-06	3,7 E+04	1,0 E-03	3,7 E+07	0,1	3,7 E+09
Januar	<6,5 E-09	<2,4 E+02	<4,2 E-08	<1,6 E+03	0,015	5,6 E+08
Februar	<3,9 E-09	<1,4 E+02	<2,6 E-08	<9,6 E+02	0,006	2,2 E+08
März	<4,4 E-09	<1,6 E+02	<1,7 E-08	<6,3 E+02	0,012	4,4 E+08
April	<5,4 E-09	<2,0 E+02	<1,7 E-08	<6,3 E+02	0,007	2,6 E+08
Mai	<5,5 E-09	<2,0 E+02	<2,3 E-08	<8,5 E+02	0,008	3,0 E+08
Juni	<3,3 E-09	<1,2 E+02	<1,4 E-08	<5,2 E+02	0,007	2,6 E+08
Juli	<5,6 E-09	<2,1 E+02	<2,4 E-08	<8,9 E+02	0,005	1,9 E+08
August	<3,9 E-09	<1,4 E+02	<1,9 E-08	<7,0 E+02	0,004	1,5 E+08
September	<4,0 E-09	<1,5 E+02	<1,4 E-08	<5,2 E+02	0,003	1,1 E+08
Oktober	<3,8 E-09	<1,4 E+02	<2,4 E-08	<8,9 E+02	0,002	7,4 E+07
November	<4,3 E-09	<1,6 E+02	<2,0 E-08	<7,4 E+02	0,001	3,7 E+07
Dezember	<4,1 E-09	<1,5 E+02	<2,2 E-08	<8,1 E+02	0,0002	7,4 E+06
Summe 1980	<5,5 E-08	<2,0 E+03	<2,6 E-07	<9,7 E+03	0,07	2,6 E+09
nach Abluftplan zul. Jahreswert	1,0 E-05	3,7 E+05	1,0 E-02	3,7 E+08	1,0	3,7 E+10
Vorjahreswert	<6,9 E-08	<2,6 E+03	<8,6 E-07	<3,2 E+04	0,074	2,7 E+09

Tab. 5/2: Fortsetzung



Anlage	HDB (FERAB), Geb. 536					
Nuklid	A		B		<sup>3</sup> H	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	2,0 E-04	7,4 E+06	5,0 E-02	1,9 E+09	100,0	3,7 E+12
Januar	<5,7 E-06	<2,1 E+05	4,9 E-03	1,8 E+08	0,9	3,3 E+10
Februar	5,4 E-04	2,0 E+07	4,0 E-03	1,5 E+08	2,4	8,9 E+10
März	9,4 E-05	3,5 E+06	1,7 E-03	6,3 E+07	16,4	6,1 E+11
April	<1,7 E-05	<6,3 E+05	4,2 E-03	1,6 E+08	8,3	3,1 E+11
Mai	<1,6 E-05	<5,9 E+05	7,0 E-03	2,6 E+08	6,2	2,3 E+11
Juni	<6,4 E-06	<2,4 E+05	4,3 E-03	1,6 E+08	2,4	8,9 E+10
Juli	1,8 E-05	6,7 E+05	4,9 E-03	1,8 E+08	3,6	1,3 E+11
August	3,2 E-06	1,2 E+05	1,2 E-04	4,4 E+06	<0,004	<1,5 E+08
September	1,1 E-05	4,1 E+05	1,4 E-03	5,2 E+07	6,8	2,5 E+11
Oktober	1,8 E-05	6,7 E+05	2,2 E-03	8,1 E+07	5,4	2,0 E+11
November	<8,4 E-06	<3,1 E+05	4,4 E-03	1,6 E+08	54,0	2,0 E+12
Dezember	<3,5 E-06	<1,3 E+05	2,0 E-03	7,4 E+07	84,8	3,1 E+12
Summe 1980	7,4 E-04	2,7 E+07	4,1 E-02	1,5 E+09	191,2	7,0 E+12
nach Abluftplan zul. Jahreswert	2,0 E-03	7,4 E+07	0,4	1,5 E+10	1 000,0	3,7 E+13
Vorjahreswert	2,1 E-04	7,8 E+06	8,9 E-02	3,3 E+09	166,4	6,2 E+12

Anlage	HDB (FERAB), Geb. 536					
Nuklid	<sup>131</sup> I		<sup>129</sup> I		<sup>125</sup> I	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	-	-	-	-	-	-
Januar	<2,8 E-06	<1,0 E+05	<9,1 E-06	<3,4 E+05	2,6 E-05	9,6 E+05
Februar	<2,4 E-06	<8,9 E+04	<5,8 E-06	<2,1 E+05	2,7 E-05	1,0 E+06
März	<1,9 E-06	<7,0 E+04	<6,9 E-06	<2,6 E+05	3,8 E-05	1,4 E+06
April	<3,0 E-06	<1,1 E+05	<7,3 E-06	<2,7 E+05	1,6 E-04	5,9 E+06
Mai	<3,4 E-06	<1,3 E+05	3,5 E-05	1,3 E+06	4,5 E-04	1,7 E+07
Juni	2,7 E-05	1,0 E+06	4,8 E-05	1,8 E+06	3,9 E-04	1,4 E+07
Juli	1,8 E-02	6,7 E+08	<9,5 E-05	<3,5 E+06	1,6 E-04	5,9 E+06
August	6,9 E-04	2,6 E+07	<8,1 E-06	<3,0 E+05	3,8 E-06	1,4 E+05
September	2,1 E-05	7,8 E+05	5,0 E-05	1,9 E+06	1,2 E-04	4,4 E+06
Oktober	1,4 E-04	5,2 E+06	1,5 E-04	5,6 E+06	5,2 E-04	1,9 E+07
November	3,0 E-05	1,1 E+06	6,7 E-05	2,5 E+06	4,1 E-04	1,5 E+07
Dezember	<5,5 E-06	<2,0 E+05	1,2 E-04	4,4 E+06	6,2 E-04	2,3 E+07
Summe 1980	1,9 E-02	7,0 E+08	<6,0 E-04	<2,2 E+07	2,9 E-03	1,1 E+08
nach Abluftplan zul. Jahreswert	-	-	-	-	-	-
Vorjahreswert	1,2 E-03	4,4 E+07	<3,1 E-04	<1,1 E+07	9,6 E-03	3,6 E+08

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	HDB (FERAB), Geb. 536		HDB, Geb. 545/555, Deko flüssig			
Nuklid	J		A		B	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	1,0 E-03	3,7 E+07	4,0 E-06	1,5 E+05	2,0 E-03	7,4 E+07
Januar	<5,6 E-05	<2,1 E+06	<6,9 E-08	<2,6 E+03	<5,8 E-07	<2,1 E+04
Februar	<4,3 E-05	<1,6 E+06	<4,5 E-08	<1,7 E+03	<2,8 E-07	<1,0 E+04
März	<5,5 E-05	<2,0 E+06	<4,4 E-08	<1,6 E+03	<4,5 E-07	<1,7 E+04
April	<1,4 E-04	<5,2 E+06	<5,6 E-08	<2,1 E+03	9,7 E-06	3,6 E+05
Mai	4,6 E-04	1,7 E+07	<4,8 E-08	<1,8 E+03	<2,1 E-07	<7,8 E+03
Juni	4,9 E-04	1,8 E+07	<4,2 E-08	<1,6 E+03	<1,7 E-07	<6,3 E+03
Juli	1,8 E-02	6,7 E+08	<7,8 E-08	<2,9 E+03	<2,8 E-07	<1,0 E+04
August	7,2 E-04	2,7 E+07	<3,9 E-08	<1,4 E+03	<1,9 E-07	<7,0 E+03
September	3,0 E-04	1,1 E+07	<4,2 E-08	<1,6 E+03	<2,1 E-07	<7,8 E+03
Oktober	1,1 E-03	4,1 E+07	<3,9 E-08	<1,4 E+03	<2,2 E-07	<8,1 E+03
November	5,7 E-04	2,1 E+07	<5,0 E-08	<1,9 E+03	<2,2 E-07	<8,1 E+03
Dezember	9,0 E-04	3,3 E+07	<4,9 E-08	<1,8 E+03	<2,4 E-07	<8,9 E+03
Summe 1980	2,3 E-02	8,5 E+08	<6,0 E-07	<2,2 E+04	<1,3 E-05	<4,7 E+05
nach Abluftplan zul. Jahreswert	1,0 E-02	3,7 E+08	3,0 E-05	1,1 E+06	1,5 E-02	5,6 E+08
Vorjahreswert	<9,3 E-03	<3,4 E+08	<1,7 E-06	<6,3 E+04	<2,4 E-05	<8,9 E+05

Anlage	HDB, Geb. 545/555, Deko flüssig					
Nuklid	<sup>3</sup> H		<sup>131</sup> I		<sup>129</sup> I	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	30,0	1,1 E+12	-	-	-	-
Januar	0,1	3,7 E+09	<2,6 E-06	<9,6 E+04	<7,8 E-06	<2,9 E+05
Februar	0,17	6,3 E+09	<2,2 E-06	<8,1 E+04	<1,3 E-05	<4,8 E+05
März	0,18	6,7 E+09	<1,7 E-06	<6,3 E+04	4,1 E-05	1,5 E+06
April	0,31	1,1 E+10	<1,7 E-06	<6,3 E+04	4,6 E-05	1,7 E+06
Mai	0,44	1,6 E+10	<2,5 E-06	<9,3 E+04	<3,5 E-05	<1,3 E+06
Juni	0,11	4,1 E+09	<1,8 E-06	<6,7 E+04	<1,8 E-05	<6,7 E+05
Juli	0,06	2,2 E+09	<2,7 E-06	<1,0 E+05	1,9 E-05	7,0 E+05
August	0,03	1,1 E+09	<2,2 E-06	<8,1 E+04	<9,0 E-06	<3,3 E+05
September	0,11	4,1 E+09	<2,9 E-06	<1,1 E+05	<7,4 E-06	<2,7 E+05
Oktober	0,13	4,8 E+09	<3,5 E-06	<1,3 E+05	<1,7 E-05	<6,3 E+05
November	0,02	7,4 E+08	<3,1 E-06	<1,1 E+05	<1,7 E-05	<6,3 E+05
Dezember	0,06	2,2 E+09	<3,0 E-06	<1,1 E+05	<9,0 E-06	<3,3 E+05
Summe 1980	1,72	6,3 E+10	<3,0 E-05	<1,1 E+06	<2,4 E-04	<8,8 E+06
nach Abluftplan zul. Jahreswert	100	3,7 E+12	-	-	-	-
Vorjahreswert	3,47	1,3 E+11	<4,1 E-05	<1,5 E+06	<2,1 E-04	<7,8 E+06

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	HDB, Geb. 545/555, Deko flüssig				HDB, Geb. 548, Deko fest	
Nuklid	<sup>125</sup> J		J		A	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	-	-	4,0 E-04	1,5 E+07	8,0 E-06	3,0 E+05
Januar	6,8 E-06	2,5 E+05	<3,7 E-05	<1,4 E+06	2,2 E-07	8,1 E+03
Februar	3,3 E-05	1,2 E+06	<7,5 E-05	<2,8 E+06	2,9 E-06	1,1 E+05
März	8,9 E-06	3,3 E+05	1,6 E-04	5,9 E+06	<7,7 E-08	<2,8 E+03
April	6,9 E-07	2,6 E+04	1,8 E-04	6,7 E+06	<3,8 E-08	<1,4 E+03
Mai	1,8 E-06	6,7 E+04	<1,4 E-04	<5,2 E+06	<4,6 E-08	<1,7 E+03
Juni	2,7 E-05	1,0 E+06	<8,9 E-05	<3,3 E+06	<3,0 E-08	<1,1 E+03
Juli	4,0 E-05	1,5 E+06	1,0 E-04	3,7 E+06	<7,9 E-08	<2,9 E+03
August	6,7 E-06	2,5 E+05	<4,1 E-05	<1,5 E+06	<3,7 E-08	<1,4 E+03
September	1,1 E-06	4,1 E+04	<3,2 E-05	<1,2 E+06	<4,0 E-08	<1,5 E+03
Oktober	2,3 E-06	8,5 E+04	<6,9 E-05	<2,6 E+06	<3,3 E-08	<1,2 E+03
November	8,3 E-06	3,1 E+05	<7,3 E-05	<2,7 E+06	<5,7 E-08	<2,1 E+03
Dezember	1,3 E-04	4,8 E+06	<1,3 E-04	<4,8 E+06	<4,2 E-08	<1,6 E+03
Summe 1980	2,7 E-04	9,9 E+06	<1,1 E-03	<4,2 E+07	3,6 E-06	1,3 E+05
nach Abluftplan zul. Jahreswert	-	-	4,0 E-03	1,5 E+08	2,5 E-05	9,3 E+05
Vorjahreswert	4,7 E-04	1,7 E+07	<1,2 E-03	<4,4 E+07	<2,2 E-06	<8,1 E+04

Anlage	HDB, Geb. 548, Deko fest					
Nuklid	B		<sup>3</sup> H		<sup>131</sup> J	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	2,0 E-03	7,4 E+07	15,0	5,6 E+11	2,0 E-05	7,4 E+05
Januar	<3,5 E-07	<1,3 E+04	0,002	7,4 E+07	<7,0 E-06	<2,6 E+05
Februar	<8,3 E-07	<3,1 E+04	0,006	2,2 E+08	<4,1 E-06	<1,5 E+05
März	<4,0 E-07	<1,5 E+04	0,058	2,1 E+09	<3,8 E-06	<1,4 E+05
April	1,6 E-06	5,9 E+04	0,009	3,3 E+08	<4,0 E-06	<1,5 E+05
Mai	<1,7 E-07	<6,3 E+03	0,068	2,5 E+09	<4,9 E-06	<1,8 E+05
Juni	<1,3 E-07	<4,8 E+03	0,018	6,7 E+08	<4,2 E-06	<1,6 E+05
Juli	<1,5 E-06	<5,6 E+04	<0,014	<5,2 E+08	<5,6 E-06	<2,1 E+05
August	<2,3 E-07	<8,5 E+03	<0,004	<1,5 E+08	<4,9 E-06	<1,8 E+05
September	1,1 E-06	4,1 E+04	<0,005	<1,9 E+08	<6,3 E-06	<2,3 E+05
Oktober	1,8 E-06	6,7 E+04	0,022	8,1 E+08	<7,2 E-06	<2,7 E+05
November	8,0 E-06	3,0 E+05	0,027	1,0 E+09	<8,1 E-06	<3,0 E+05
Dezember	<7,1 E-07	<2,6 E+04	<0,004	<1,5 E+08	<6,9 E-06	<2,6 E+05
Summe 1980	<1,7 E-05	<6,3 E+05	0,237	8,7 E+09	<6,7 E-05	<2,5 E+06
nach Abluftplan zul. Jahreswert	7,0 E-03	2,6 E+08	30,0	1,1 E+12	2,0 E-04	7,4 E+06
Vorjahreswert	<1,7 E-05	<6,3 E+05	0,25	9,3 E+09	<6,1 E-05	<2,3 E+06

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	I M F III				K T B / F R 2	
Nuklid	A		B		A	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	4,0 E-06	1,5 E+05	-	-	3,0 E-05	1,1 E+06
Januar	<3,5 E-08	<1,3 E+03	<2,8 E-07	<1,0 E+04	<4,8 E-08	<1,8 E+03
Februar	<2,6 E-08	<9,6 E+02	<1,8 E-07	<6,7 E+03	<5,7 E-08	<2,1 E+03
März	<2,7 E-08	<1,0 E+03	<1,0 E-07	<3,7 E+03	<5,0 E-08	<1,9 E+03
April	<3,1 E-08	<1,1 E+03	<1,2 E-07	<4,4 E+03	<5,1 E-08	<1,9 E+03
Mai	<3,3 E-08	<1,2 E+03	<1,3 E-07	<4,8 E+03	<6,1 E-08	<2,3 E+03
Juni	<2,1 E-08	<7,8 E+02	<8,6 E-08	<3,2 E+03	<4,0 E-08	<1,5 E+03
Juli	<3,9 E-08	<1,4 E+03	<1,8 E-07	<6,7 E+03	<7,9 E-08	<2,9 E+03
August	<2,6 E-08	<9,6 E+02	<1,2 E-07	<4,4 E+03	<5,4 E-08	<2,0 E+03
September	<3,8 E-08	<1,4 E+03	<1,1 E-07	<4,1 E+03	<5,0 E-08	<1,9 E+03
Oktober	<2,7 E-08	<1,0 E+03	<1,7 E-07	<6,3 E+03	<5,1 E-08	<1,9 E+03
November	<3,4 E-08	<1,3 E+03	<1,4 E-07	<5,2 E+03	<6,0 E-08	<2,2 E+03
Dezember	<2,7 E-08	<1,0 E+03	<1,4 E-07	<5,2 E+03	<4,8 E-08	<1,8 E+03
Summe 1980	<3,6 E-07	<1,3 E+04	<1,8 E-06	<6,5 E+04	<6,5 E-07	<2,4 E+04
nach Abluftplan zul. Jahreswert	3,0 E-05	1,1 E+06	-	-	3,0 E-04	1,1 E+07
Vorjahreswert	<3,8 E-07	<1,4 E+04	<4,7 E-06	<1,7 E+05	<7,2 E-07	<2,7 E+04

Anlage	K T B / F R 2					
Nuklid	B		C		<sup>41</sup> Ar	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	1,5 E-02	5,6 E+08	200,0	7,4 E+12	12 000,0	4,4 E+14
Januar	4,2 E-05	1,6 E+06	5,3 E-02	2,0 E+09	1 971,0	7,3 E+13
Februar	4,8 E-05	1,8 E+06	1,3 E-01	4,8 E+09	4 960,0	1,8 E+14
März	1,4 E-05	5,2 E+05	8,6 E-02	3,2 E+09	3 150,0	1,2 E+14
April	3,5 E-05	1,3 E+06	2,6 E-01	9,6 E+09	9 500,0	3,5 E+14
Mai	3,0 E-05	1,1 E+06	2,2 E-01	8,1 E+09	8 206,0	3,0 E+14
Juni	2,6 E-05	9,6 E+05	1,6 E-01	5,9 E+09	6 115,0	2,3 E+14
Juli	2,2 E-05	8,1 E+05	2,3 E-01	8,5 E+09	8 339,0	3,1 E+14
August	<2,1 E-07	<7,8 E+03	-	-	-	-
September	1,2 E-05	4,4 E+05	4,9 E-02	1,8 E+09	1 821,0	6,7 E+13
Oktober	5,6 E-05	2,1 E+06	2,6 E-01	9,6 E+09	9 715,0	3,6 E+14
November	3,2 E-05	1,2 E+06	1,5 E-01	5,6 E+09	5 694,0	2,1 E+14
Dezember	3,2 E-05	1,2 E+06	2,1 E-01	7,8 E+09	7 657,0	2,8 E+14
Summe 1980	3,5 E-04	1,3 E+07	1,81	6,7 E+10	67 128,0	2,5 E+15
nach Abluftplan zul. Jahreswert	0,15	5,6 E+09	2 000,0	7,4 E+13	75 000,0	2,8 E+15
Vorjahreswert	7,4 E-04	2,7 E+07	1,91	7,1 E+10	70 531,0	2,6 E+15

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	K T B / F R 2					
	<sup>3</sup> H		<sup>131</sup> J		<sup>132</sup> J	
Nuklid						
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	120,0	4,4 E+12	-	-	-	-
Januar	33,0	1,2 E+12	9,0 E-06	3,3 E+05	1,1 E-04	4,1 E+06
Februar	4,0	1,5 E+11	1,9 E-05	7,0 E+05	1,7 E-04	6,3 E+06
März	13,8	5,1 E+11	9,5 E-06	3,5 E+05	1,4 E-04	5,2 E+06
April	5,5	2,0 E+11	2,4 E-05	8,9 E+05	3,1 E-04	1,1 E+07
Mai	25,9	9,5 E+11	3,2 E-05	1,2 E+06	-	-
Juni	22,8	8,4 E+11	3,1 E-05	1,1 E+06	1,8 E-03	6,7 E+07
Juli	7,1	2,6 E+11	3,5 E-05	1,3 E+06	1,9 E-04	7,0 E+06
August	3,7	1,4 E+11	<6,9 E-06	<2,6 E+05	-	-
September	12,2	4,5 E+11	<7,9 E-06	<2,9 E+05	-	-
Oktober	8,8	3,3 E+11	4,7 E-05	1,7 E+06	4,2 E-04	1,6 E+07
November	25,7	9,5 E+11	2,2 E-05	8,1 E+05	2,1 E-04	7,8 E+06
Dezember	5,9	2,2 E+11	3,1 E-05	1,1 E+06	1,4 E-04	5,2 E+06
Summe 1980	168,4	6,2 E+12	2,7 E-04	1,0 E+07	3,5 E-03	1,3 E+08
nach Abluftplan zul. Jahreswert	1 000,0	3,7 E+13	-	-	-	-
Vorjahreswert	156,8	5,8 E+12	1,3 E-03	4,8 E+07	8,9 E-03	3,3 E+08

Anlage	K T B / F R 2					
	<sup>133</sup> J		<sup>134</sup> J		<sup>135</sup> J	
Nuklid						
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	-	-	-	-	-	-
Januar	5,8 E-05	2,1 E+06	-	-	9,8 E-05	3,6 E+06
Februar	1,6 E-04	5,9 E+06	8,9 E-04	3,3 E+07	1,4 E-04	5,2 E+06
März	1,4 E-05	5,2 E+05	-	-	-	-
April	1,8 E-04	6,7 E+06	-	-	2,0 E-04	7,4 E+06
Mai	1,9 E-04	7,0 E+06	-	-	1,4 E-04	5,2 E+06
Juni	2,1 E-04	7,8 E+06	2,9 E-04	1,1 E+07	1,1 E-04	4,1 E+06
Juli	1,7 E-04	6,3 E+06	-	-	-	-
August	-	-	-	-	-	-
September	6,4 E-05	2,4 E+06	-	-	-	-
Oktober	3,0 E-04	1,1 E+07	1,4 E-03	5,2 E+07	3,7 E-04	1,4 E+07
November	1,9 E-04	7,0 E+06	7,7 E-04	2,8 E+07	1,0 E-04	3,7 E+06
Dezember	1,7 E-04	6,3 E+06	-	-	1,3 E-04	4,8 E+06
Summe 1980	1,7 E-03	6,3 E+07	3,4 E-03	1,2 E+08	1,3 E-03	4,8 E+07
nach Abluftplan zul. Jahreswert	-	-	-	-	-	-
Vorjahreswert	4,5 E-03	1,7 E+08	2,4 E-02	8,9 E+08	8,4 E-03	3,1 E+08

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	KTB/FR2		I T			
Nuklid	J		A		B	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	5,0 E-03	1,9 E+08	1,1 E-05	4,1 E+05	2,1 E-05	7,8 E+05
Januar	1,0 E-05	3,7 E+05	<1,9 E-08	<7,0 E+02	<1,7 E-07	<6,3 E+03
Februar	2,2 E-05	8,1 E+05	<1,6 E-08	<5,9 E+02	<8,7 E-08	<3,2 E+03
März	9,8 E-06	3,6 E+05	<1,5 E-08	<5,6 E+02	<7,5 E-08	<2,8 E+03
April	2,7 E-05	1,0 E+06	<2,0 E-08	<7,4 E+02	<6,0 E-08	<2,2 E+03
Mai	3,5 E-05	1,3 E+06	<2,1 E-08	<7,8 E+02	<8,9 E-08	<3,3 E+03
Juni	3,6 E-05	1,3 E+06	<1,3 E-08	<4,8 E+02	<6,8 E-08	<2,5 E+03
Juli	3,8 E-05	1,4 E+06	<2,3 E-08	<8,5 E+02	<9,0 E-08	<3,3 E+03
August	<6,9 E-06	<2,6 E+05	<1,5 E-08	<5,6 E+02	<5,8 E-08	<2,1 E+03
September	<8,9 E-06	<3,3 E+05	<1,3 E-08	<4,8 E+02	<4,8 E-08	<1,8 E+03
Oktober	5,3 E-05	2,0 E+06	<1,7 E-08	<6,3 E+02	<8,4 E-08	<3,1 E+03
November	2,5 E-05	9,3 E+05	<2,1 E-08	<7,8 E+02	<1,5 E-07	<5,6 E+03
Dezember	3,4 E-05	1,3 E+06	<1,5 E-08	<5,6 E+02	<6,7 E-08	<2,5 E+03
Summe 1980	3,1 E-04	1,1 E+07	<2,1 E-07	<7,7 E+03	<1,0 E-06	<3,9 E+04
nach Abluftplan zul. Jahreswert	5,0 E-02	1,9 E+09	9,0 E-05	3,3 E+06	2,1 E-04	7,8 E+06
Vorjahreswert	1,4 E-03	5,2 E+07	<2,5 E-07	<9,3 E+03	<2,1 E-06	<7,8 E+04

Anlage	I T					
Nuklid	C		<sup>3</sup> H		<sup>131</sup> I	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	1,0	3,7 E+10	0,3	1,1 E+10	1,5 E-05	5,6 E+05
Januar	4,1 E-06	1,5 E+05	5,3 E-02	2,0 E+09	<1,7 E-06	<6,3 E+04
Februar	3,7 E-06	1,4 E+05	4,4 E-02	1,6 E+09	<1,2 E-06	<4,4 E+04
März	3,7 E-06	1,4 E+05	4,4 E-02	1,6 E+09	<1,3 E-06	<4,8 E+04
April	2,7 E-06	1,0 E+05	3,6 E-02	1,3 E+09	<9,8 E-07	<3,6 E+04
Mai	3,2 E-06	1,2 E+05	4,2 E-02	1,6 E+09	<1,7 E-06	<6,3 E+04
Juni	4,1 E-06	1,5 E+05	5,4 E-02	2,0 E+09	<1,4 E-06	<5,2 E+04
Juli	4,1 E-06	1,5 E+05	5,4 E-02	2,0 E+09	<1,5 E-06	<5,6 E+04
August	3,7 E-06	1,4 E+05	4,8 E-02	1,8 E+09	<1,4 E-06	<5,2 E+04
September	3,2 E-06	1,2 E+05	4,2 E-02	1,6 E+09	<1,7 E-06	<6,3 E+04
Oktober	3,2 E-06	1,2 E+05	4,2 E-02	1,6 E+09	<2,0 E-06	<7,4 E+04
November	3,7 E-06	1,4 E+05	4,8 E-02	1,8 E+09	<1,6 E-06	<5,9 E+04
Dezember	3,7 E-06	1,4 E+05	4,8 E-02	1,8 E+09	<2,1 E-06	<7,8 E+04
Summe 1980	4,3 E-05	1,6 E+06	5,6 E-01	2,1 E+10	<1,9 E-05	<6,9 E+05
nach Abluftplan zul. Jahreswert	12,0	4,4 E+11	3,0	1,1 E+11	1,5 E-04	5,6 E+06
Vorjahreswert	4,7 E-05	1,7 E+06	0,6	2,2 E+10	<2,1 E-05	<7,8 E+05

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	K T B / H Z					
Nuklid	A		B		C	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	1,0 E-04	3,7 E+06	5,0 E-02	1,9 E+09	500,0	1,9 E+13
Januar	<2,8 E-08	<1,0 E+03	1,4 E-05	5,2 E+05	0,3	1,1 E+10
Februar	1,6 E-07	5,9 E+03	9,4 E-06	3,5 E+05	0,24	8,9 E+09
März	<2,3 E-08	<8,5 E+02	3,6 E-06	1,3 E+05	-	-
April	<2,6 E-08	<9,6 E+02	2,5 E-06	9,3 E+04	0,1	3,7 E+09
Mai	<2,6 E-08	<9,6 E+02	1,6 E-06	5,9 E+04	0,05	1,9 E+09
Juni	<1,9 E-08	<7,0 E+02	6,8 E-07	2,5 E+04	-	-
Juli	<2,5 E-08	<9,3 E+02	2,2 E-06	8,1 E+04	0,15	5,6 E+09
August	<2,1 E-08	<7,8 E+02	<8,3 E-08	<3,1 E+03	-	-
September	<1,8 E-08	<6,7 E+02	<1,9 E-07	<7,0 E+03	-	-
Oktober	<1,8 E-08	<6,7 E+02	<1,4 E-07	<5,2 E+03	-	-
November	<2,2 E-08	<8,1 E+02	2,1 E-07	7,8 E+03	-	-
Dezember	<2,0 E-08	<7,4 E+02	<1,6 E-07	<5,9 E+03	-	-
Summe 1980	<4,1 E-07	<1,5 E+04	3,5 E-05	1,3 E+06	0,84	3,1 E+10
nach Abluftplan zul. Jahreswert	8,0 E-04	3,0 E+07	0,4	1,5 E+10	1 000,0	3,7 E+13
Vorjahreswert	<5,2 E-07	<1,9 E+04	2,0 E-04	7,4 E+06	1,2	4,4 E+10

Anlage	K T B / H Z					
Nuklid	<sup>131</sup> J		<sup>129</sup> J		J	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	-	-	-	-	1,0 E-03	3,7 E+07
Januar	<3,9 E-06	<1,4 E+05	-	-	<3,9 E-06	<1,4 E+05
Februar	<2,4 E-06	<8,9 E+04	-	-	<2,4 E-06	<8,9 E+04
März	<2,2 E-06	<8,1 E+04	-	-	<2,2 E-06	<8,1 E+04
April	<2,3 E-06	<8,5 E+04	-	-	<2,3 E-06	<8,5 E+04
Mai	<2,5 E-06	<9,3 E+04	-	-	<2,5 E-06	<9,3 E+04
Juni	<2,1 E-06	<7,8 E+04	-	-	<2,1 E-06	<7,8 E+04
Juli	<3,0 E-06	<1,1 E+05	-	-	<3,0 E-06	<1,1 E+05
August	<2,2 E-06	<8,1 E+04	-	-	<2,2 E-06	<8,1 E+04
September	<3,0 E-06	<1,1 E+05	-	-	<3,0 E-06	<1,1 E+05
Oktober	<3,4 E-06	<1,3 E+05	-	-	<3,4 E-06	<1,3 E+05
November	<3,1 E-06	<1,1 E+05	-	-	<3,1 E-06	<1,1 E+05
Dezember	<3,1 E-06	<1,1 E+05	<1,1 E-05	<4,1 E+05	<4,5 E-05	<1,7 E+06
Summe 1980	<3,3 E-05	<1,2 E+06	<1,1 E-05	<4,1 E+05	<7,5 E-05	<2,8 E+06
nach Abluftplan zul. Jahreswert	-	-	-	-	1,0 E-02	3,7 E+08
Vorjahreswert	2,6 E-04	9,6 E+06	-	-	-	-

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	IHCH, Geb. 721/724/726					
Nuklid	A		B		C	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	1,0 E-04	3,7 E+06	2,0 E-02	7,4 E+08	500,0	1,9 E+13
Januar	<3,0 E-08	<1,1 E+03	<2,7 E-07	<1,0 E+04	-	-
Februar	<2,2 E-08	<8,1 E+02	<7,9 E-08	<2,9 E+03	-	-
März	<1,3 E-08	<4,8 E+02	<1,8 E-07	<6,7 E+03	-	-
April	<2,1 E-08	<7,8 E+02	2,6 E-07	9,6 E+03	21,6	8,0 E+11
Mai	<2,8 E-08	<1,0 E+03	2,8 E-07	1,0 E+04	-	-
Juni	<1,8 E-08	<6,7 E+02	1,4 E-07	5,2 E+03	-	-
Juli	2,0 E-07	7,4 E+03	5,1 E-06	1,9 E+05	-	-
August	<3,2 E-08	<1,2 E+03	<1,1 E-07	<4,1 E+03	-	-
September	<1,8 E-08	<6,7 E+02	<7,3 E-08	<2,7 E+03	-	-
Oktober	<2,3 E-08	<8,5 E+02	<9,2 E-08	<3,4 E+03	-	-
November	<2,9 E-08	<1,1 E+03	<1,0 E-07	<3,7 E+03	3,0	1,1 E+11
Dezember	<2,6 E-08	<9,6 E+02	<1,3 E-07	<4,8 E+03	-	-
Summe 1980	<4,6 E-07	<1,7 E+04	6,8 E-06	2,5 E+05	24,6	9,1 E+11
nach Abluftplan zul. Jahreswert	8,0 E-04	3,0 E+07	0,1	3,7 E+09	1 000,0	3,7 E+13
Vorjahreswert	<3,0 E-07	<1,1 E+04	<5,1 E-06	<1,9 E+05	3,4	1,3 E+11

Anlage	IHCH, Geb. 721/724/726					
Nuklid	<sup>131</sup> J		<sup>129</sup> J		J	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	-	-	-	-	1,0 E-03	3,7 E+07
Januar	<8,0 E-06	<3,0 E+05	-	-	<8,0 E-06	<3,0 E+05
Februar	<1,7 E-05	<6,3 E+05	<9,0 E-06	<3,3 E+05	<5,1 E-05	<1,9 E+06
März	<1,6 E-05	<5,9 E+05	-	-	<1,6 E-05	<5,9 E+05
April	<1,5 E-05	<5,6 E+05	3,1 E-05	1,1 E+06	1,3 E-04	4,8 E+06
Mai	<1,4 E-05	<5,2 E+05	2,7 E-05	1,0 E+06	1,2 E-04	4,4 E+06
Juni	<1,0 E-05	<3,7 E+05	2,2 E-05	8,1 E+05	9,3 E-05	3,4 E+06
Juli	<1,9 E-05	<7,0 E+05	1,3 E-05	4,8 E+05	<6,8 E-05	<2,5 E+06
August	<1,2 E-05	<4,4 E+05	<5,0 E-06	<1,9 E+05	<3,1 E-05	<1,1 E+06
September	<1,5 E-05	<5,6 E+05	<5,0 E-06	<1,9 E+05	<3,4 E-05	<1,3 E+06
Oktober	<1,9 E-05	<7,0 E+05	<5,0 E-06	<1,9 E+05	<3,8 E-05	<1,4 E+06
November	<1,4 E-05	<5,2 E+05	6,5 E-06	2,4 E+05	<3,9 E-05	<1,4 E+06
Dezember	<1,7 E-05	<6,3 E+05	1,6 E-05	5,9 E+05	<7,8 E-05	<2,9 E+06
Summe 1980	<1,8 E-04	<6,5 E+06	1,4 E-04	5,1 E+06	<7,1 E-04	<2,6 E+07
nach Abluftplan zul. Jahreswert	-	-	-	-	1,0 E-02	3,7 E+08
Vorjahreswert	<1,5 E-04	<5,6 E+06	<1,8 E-04	<6,7 E+06	<8,4 E-04	<3,1 E+07

Tab. 5/2: Fortsetzung



Anlage	IHCH, Geb. 725					
Nuklid	A		B		131j	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	1,0 E-06	3,7 E+04	1,0 E-03	3,7 E+07	1,0 E-05	3,7 E+05
Januar	<3,4 E-09	<1,3 E+02	<3,0 E-08	<1,1 E+03	<1,8 E-06	<6,7 E+04
Februar	<2,6 E-09	<9,6 E+01	<9,6 E-09	<3,6 E+02	<2,2 E-06	<8,1 E+04
März	<1,8 E-09	<6,7 E+01	<5,9 E-09	<2,2 E+02	<2,0 E-06	<7,4 E+04
April	<2,5 E-09	<9,3 E+01	3,3 E-08	1,2 E+03	<1,8 E-06	<6,7 E+04
Mai	<3,2 E-09	<1,2 E+02	1,4 E-08	5,2 E+02	<2,2 E-06	<8,1 E+04
Juni	<2,2 E-09	<8,1 E+01	<8,8 E-09	<3,3 E+02	<1,8 E-06	<6,7 E+04
Juli	<2,1 E-09	<7,8 E+01	<1,1 E-08	<4,1 E+02	<2,0 E-06	<7,4 E+04
August	<3,2 E-09	<1,2 E+02	<1,3 E-08	<4,8 E+02	<1,8 E-06	<6,7 E+04
September	<2,2 E-09	<8,1 E+01	<8,8 E-09	<3,3 E+02	<2,6 E-06	<9,6 E+04
Oktober	<2,2 E-09	<8,1 E+01	<1,1 E-08	<4,1 E+02	<2,7 E-06	<1,0 E+05
November	<3,6 E-09	<1,3 E+02	<1,6 E-08	<5,9 E+02	<2,7 E-06	<1,0 E+05
Dezember	<3,9 E-09	<1,4 E+02	<1,6 E-08	<5,9 E+02	<2,3 E-06	<8,5 E+04
Summe 1980	<3,3 E-08	<1,2 E+03	<1,8 E-07	<6,5 E+03	<2,6 E-05	<9,6 E+05
nach Abluftplan zul. Jahreswert	1,0 E-05	3,7 E+05	1,0 E-02	3,7 E+08	1,0 E-04	3,7 E+06
Vorjahreswert	<2,9 E-08	<1,1 E+03	<4,2 E-07	<1,6 E+04	<2,5 E-05	<9,3 E+05

Anlage	IMF I					
Nuklid	A		B			
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	2,0 E-06	7,4 E+04	-	-		
Januar	<4,3 E-08	<1,6 E+03	<4,1 E-07	<1,5 E+04		
Februar	<1,3 E-07	<4,8 E+03	<2,1 E-07	<7,8 E+03		
März	<3,3 E-08	<1,2 E+03	<1,3 E-07	<4,8 E+03		
April	<3,7 E-08	<1,4 E+03	<1,4 E-07	<5,2 E+03		
Mai	<3,7 E-08	<1,4 E+03	<1,6 E-07	<5,9 E+03		
Juni	<2,9 E-08	<1,1 E+03	<1,2 E-07	<4,4 E+03		
Juli	<4,4 E-08	<1,6 E+03	<2,2 E-07	<8,1 E+03		
August	<3,6 E-08	<1,3 E+03	<1,7 E-07	<6,3 E+03		
September	<5,0 E-08	<1,9 E+03	<1,4 E-07	<5,2 E+03		
Oktober	<3,5 E-08	<1,3 E+03	<2,1 E-07	<7,8 E+03		
November	<3,7 E-08	<1,4 E+03	<1,7 E-07	<6,3 E+03		
Dezember	<3,4 E-08	<1,3 E+03	<1,8 E-07	<6,7 E+03		
Summe 1980	<5,5 E-07	<2,0 E+04	<2,3 E-06	<8,4 E+04		
nach Abluftplan zul. Jahreswert	1,6 E-05	5,9 E+05	-	-		
Vorjahreswert	<4,8 E-07	<1,8 E+04	<4,9 E-06	<1,8 E+05		

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	M Z F R					
Nuklid	B		C		<sup>3</sup> H	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	1,5 E-02	5,6 E+08	300,0	1,1 E+13	500,0	1,9 E+13
Januar	2,8 E-05	1,0 E+06	44,1	1,6 E+12	46,9	1,7 E+12
Februar	8,5 E-05	3,1 E+06	42,9	1,6 E+12	42,6	1,6 E+12
März	5,4 E-05	2,0 E+06	97,2	3,6 E+12	273,4	1,0 E+13
April	1,5 E-05	5,6 E+05	21,3	7,9 E+11	37,3	1,4 E+12
Mai	1,7 E-05	6,3 E+05	27,5	1,0 E+12	52,2	1,9 E+12
Juni	1,1 E-05	4,1 E+05	27,1	1,0 E+12	37,1	1,4 E+12
Juli	9,2 E-06	3,4 E+05	21,1	7,8 E+11	50,7	1,9 E+12
August	1,5 E-05	5,6 E+05	23,1	8,5 E+11	162,8	6,0 E+12
September	1,5 E-05	5,6 E+05	12,5	4,6 E+11	148,8	5,5 E+12
Oktober	1,3 E-05	4,8 E+05	1,7	6,3 E+10	119,4	4,4 E+12
November	7,1 E-06	2,6 E+05	4,4	1,6 E+11	177,8	6,6 E+12
Dezember	2,4 E-05	8,9 E+05	38,5	1,4 E+12	27,4	1,0 E+12
Summe 1980	2,9 E-04	1,1 E+07	361,4	1,3 E+13	1 176,4	4,3 E+13
nach Abluftplan zul. Jahreswert	0,15	5,6 E+09	2 000,0	7,4 E+13	3 000,0	1,1 E+14
Vorjahreswert	8,8 E-04	3,3 E+07	537,7	2,0 E+13	990,3	3,7 E+13

Anlage	MZFR		K N K			
Nuklid	<sup>131</sup> J		B		C	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	5,0 E-03	1,9 E+08	1,5 E-02	5,6 E+08	1 000,0	3,7 E+13
Januar	<3,5 E-06	<1,3 E+05	2,0 E-04	7,4 E+06	0,8	3,0 E+10
Februar	4,2 E-05	1,6 E+06	4,1 E-04	1,5 E+07	3,3	1,2 E+11
März	1,4 E-04	5,2 E+06	8,5 E-04	3,1 E+07	8,4	3,1 E+11
April	<3,5 E-06	<1,3 E+05	5,0 E-04	1,9 E+07	18,8	7,0 E+11
Mai	<3,5 E-06	<1,3 E+05	7,6 E-04	2,8 E+07	16,5	6,1 E+11
Juni	<3,5 E-06	<1,3 E+05	5,0 E-04	1,9 E+07	12,8	4,7 E+11
Juli	1,1 E-05	4,1 E+05	2,3 E-04	8,5 E+06	4,4	1,6 E+11
August	1,8 E-04	6,7 E+06	5,1 E-04	1,9 E+07	4,3	1,6 E+11
September	5,3 E-05	2,0 E+06	4,5 E-04	1,7 E+07	6,3	2,3 E+11
Oktober	<3,5 E-06	<1,3 E+05	7,7 E-04	2,8 E+07	6,9	2,6 E+11
November	<3,5 E-06	<1,3 E+05	7,5 E-04	2,8 E+07	4,8	1,8 E+11
Dezember	2,5 E-05	9,3 E+05	4,7 E-04	1,7 E+07	3,3	1,2 E+11
Summe 1980	4,7 E-04	1,8 E+07	6,4 E-03	2,4 E+08	90,6	3,4 E+12
nach Abluftplan zul. Jahreswert	5,0 E-02	1,9 E+09	0,15	5,6 E+09	4 000,0	1,5 E+14
Vorjahreswert	3,2 E-05	1,2 E+06	1,1 E-03	4,1 E+07	401,9	1,5 E+13

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	W A K					
Nuklid	A		B		<sup>90</sup> Sr	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	2,0 E-03	7,4 E+07	5,0 E-01	1,9 E+10	-	-
Januar	4,7 E-05	1,7 E+06	8,9 E-03	3,3 E+08	1,4 E-03	5,2 E+07
Februar	4,6 E-05	1,7 E+06	2,3 E-03	8,5 E+07	2,4 E-04	8,9 E+06
März	3,9 E-05	1,4 E+06	1,0 E-03	3,7 E+07	9,5 E-05	3,5 E+06
April	6,6 E-05	2,4 E+06	1,8 E-03	6,7 E+07	2,0 E-04	7,4 E+06
Mai	8,7 E-05	3,2 E+06	4,7 E-03	1,7 E+08	5,8 E-04	2,1 E+07
Juni	3,5 E-05	1,3 E+06	1,4 E-03	5,2 E+07	1,2 E-04	4,4 E+06
Juli	3,4 E-05	1,3 E+06	7,0 E-04	2,6 E+07	6,6 E-06	2,4 E+05
August	2,0 E-05	7,4 E+05	9,9 E-04	3,7 E+07	7,7 E-05	2,8 E+06
September	1,6 E-05	5,9 E+05	6,6 E-04	2,4 E+07	4,6 E-05	1,7 E+06
Oktober	9,3 E-06	3,4 E+05	6,4 E-04	2,4 E+07	7,8 E-05	2,9 E+06
November	1,7 E-05	6,3 E+05	6,6 E-04	2,4 E+07	3,6 E-05	1,3 E+06
Dezember	2,2 E-05	8,1 E+05	8,1 E-04	3,0 E+07	3,1 E-05	1,1 E+06
Summe 1980	4,4 E-04	1,6 E+07	2,5 E-02	9,1 E+08	2,9 E-03	1,1 E+08
nach Abluftplan zul. Jahreswert	1,0 E-02	3,7 E+08	2,0	7,4 E+10	-	-
Vorjahreswert	8,1 E-04	3,0 E+07	6,6 E-02	2,4 E+09	4,3 E-03	1,6 E+08

Anlage	W A K					
Nuklid	<sup>3</sup> H		<sup>14</sup> C		<sup>85</sup> Kr	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	200,0	7,4 E+12	100,0	3,7 E+12	45 000,0	1,7 E+15
Januar	12,9	4,8 E+11	3,8 E-01	1,4 E+10	6 420,0	2,4 E+14
Februar	13,6	5,0 E+11	3,3 E-01	1,2 E+10	4 600,0	1,7 E+14
März	9,5	3,5 E+11	2,2 E-01	8,1 E+09	3 810,0	1,4 E+14
April	17,5	6,5 E+11	5,3 E-01	2,0 E+10	13 000,0	4,8 E+14
Mai	18,7	6,9 E+11	2,7 E-01	1,0 E+10	4 590,0	1,7 E+14
Juni	1,8	6,7 E+10	-	-	-	-
Juli	2,4	8,9 E+10	-	-	-	-
August	1,1	4,1 E+10	-	-	-	-
September	0,8	3,0 E+10	-	-	-	-
Oktober	0,6	2,2 E+10	-	-	-	-
November	0,5	1,9 E+10	-	-	-	-
Dezember	0,5	1,9 E+10	-	-	-	-
Summe 1980	79,9	3,0 E+12	1,73	6,4 E+10	32 420,0	1,2 E+15
nach Abluftplan zul. Jahreswert	1 000,0	3,7 E+13	400,0	1,5 E+13	350 000,0	1,3 E+16
Vorjahreswert	166,9	6,2 E+12	-	-	50 560,0	1,9 E+15

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	W A K					
Nuklid	131J		129J		J	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	-	-	-	-	4,0 E-03	1,5 E+08
Januar	-	-	2,9 E-04	1,1 E+07	1,1 E-03	4,1 E+07
Februar	-	-	2,9 E-04	1,1 E+07	1,1 E-03	4,1 E+07
März	-	-	1,9 E-04	7,0 E+06	7,2 E-04	2,7 E+07
April	-	-	2,6 E-04	9,6 E+06	9,8 E-04	3,6 E+07
Mai	-	-	3,1 E-04	1,1 E+07	1,2 E-03	4,4 E+07
Juni	-	-	1,6 E-04	5,9 E+06	6,1 E-04	2,3 E+07
Juli	1,1 E-04	4,1 E+06	1,7 E-04	6,3 E+06	7,5 E-04	2,8 E+07
August	1,5 E-04	5,6 E+06	1,3 E-04	4,8 E+06	6,4 E-04	2,4 E+07
September	1,3 E-04	4,8 E+06	1,3 E-04	4,8 E+06	6,2 E-04	2,3 E+07
Oktober	1,2 E-04	4,4 E+06	1,1 E-04	4,1 E+06	5,4 E-04	2,0 E+07
November	7,4 E-05	2,7 E+06	6,9 E-05	2,6 E+06	3,3 E-04	1,2 E+07
Dezember	9,0 E-05	3,3 E+06	6,7 E-05	2,5 E+06	3,4 E-04	1,3 E+07
Summe 1980	6,7 E-04	2,5 E+07	2,2 E-03	8,1 E+07	8,9 E-03	3,3 E+08
nach Abluftplan zul. Jahreswert	-	-	-	-	3,7 E-02	1,4 E+09
Vorjahreswert	-	-	2,0 E-03	7,4 E+07	7,7 E-03	1,8 E+08

Anlage	T U					
Nuklid	A		B			
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	4,0 E-06	1,5 E+05	2,0 E-03	7,4 E+07		
Januar	-	-	1,0 E-07	3,7 E+03		
Februar	-	-	2,0 E-07	7,4 E+03		
März	5,0 E-09	1,9 E+02	3,0 E-07	1,1 E+04		
April	-	-	2,0 E-07	7,4 E+03		
Mai	9,0 E-09	3,3 E+02	8,0 E-07	3,0 E+04		
Juni	-	-	6,0 E-07	2,2 E+04		
Juli	-	-	6,0 E-07	2,2 E+04		
August	-	-	2,0 E-06	7,4 E+04		
September	1,4 E-08	5,2 E+02	1,3 E-06	4,8 E+04		
Oktober	-	-	3,0 E-07	1,1 E+04		
November	6,0 E-09	2,2 E+02	5,0 E-07	1,9 E+04		
Dezember	4,0 E-09	1,5 E+02	2,0 E-07	7,4 E+03		
Summe 1980	3,8 E-08	1,4 E+03	7,1 E-06	2,6 E+05		
nach Abluftplan zul. Jahreswert	3,0 E-05	1,1 E+06	1,0 E-02	3,7 E+08		
Vorjahreswert	1,5 E-07	5,6 E+03	7,8 E-06	2,9 E+05		

Tab. 5/2: Fortsetzung

5.1.2 Die Plutonium-, <sup>90</sup>Sr- und γ-Strahler-Emissionen mit der Abluft der FERAB

H. Schüttelkopf, H. Feßler

Die Überwachung der Abgabe von Aerosolaktivität der FERAB erfolgt durch die Bestimmung der α- und β-Aktivität der emittierten Aerosole. Für die Berechnung der Dosisbelastung der Umgebungsbevölkerung ist die Kenntnis einzelner Radionuklidkonzentrationen unerlässlich, da z. B. <sup>90</sup>Sr zu einer höheren Dosisbelastung als <sup>106</sup>Ru und <sup>238</sup>Pu zu einer höheren Dosisbelastung als Uran führen. Mit der Messung von Einzelradionukliden wie <sup>90</sup>Sr, <sup>238</sup>Pu, <sup>239+240</sup>Pu und den wichtigsten γ-Strahlern wurde auf einzelnen Aerosolfiltern 1974 und 1975 begonnen. Die Untersuchung von Monatsmischproben der aus der FERAB abgeleiteten Aerosolaktivität wurde 1976 aufgenommen.

Von den in der Abluft der FERAB bestaubten Aerosolfiltern wurden je 1/10 der Filterfläche zur chemischen Aufarbeitung verwendet, ab November 1977 nach vorausgehender γ-spektrometrischer Messung. Die chemische Aufarbeitung besteht aus einem Flußsäureaufschluß der Glasfaserfilter und einer Lösung des Rückstandes in HNO<sub>3</sub>. Von gemessenen Anteilen der Lösung wird der Gehalt an <sup>90</sup>Sr und Pu-Isotopen bestimmt. <sup>90</sup>Sr wird als SrSO<sub>4</sub> abgetrennt. Nach einer Umfällung in basischer Komplexlösung erfolgt die Reinigung des Sr durch eine Fe(OH)<sub>3</sub>-Fällung, durch eine BaCrO<sub>4</sub>-Fällung und eine weitere SrSO<sub>4</sub>-Fällung. Die Messung erfolgt in einem Methan-Durchflußzähler mit dünnem Al-Fenster. Die chemische Ausbeute wird durch die Messung des am Anfang zugesetzten Sr-Trägers bestimmt.

Die Reinigung der Pu-Isotope erfolgt durch eine TOPO-Extraktion und einen Anionenaustauschschritt. Das durch Electroplating erhaltene Präparat gelangt zur α-Spektrometrie. Die chemische Ausbeute wird durch Zusatz von <sup>236</sup>Pu α-spektrometrisch gemessen. Die verbleibende Probenlösung wird in einem kalibrierten Gefäß auf einem Ge(Li)-Detektor γ-spektrometriert. Die Ergebnisse der Messungen von Juli bis Dezember 1976 und von April bis Oktober 1977 wurden im Jahresbericht 1977 der Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit, KfK 2620, wiedergegeben. Die Ergebnisse der Aerosolaktivitätsmessungen von November 1977 bis November 1980 sind in den Tab. 5/5 bis 5/11 angegeben.

Die α-Aktivität resultiert zu 0,2 % bis 100 % aus den Isotopen <sup>238</sup>Pu und <sup>239+240</sup>Pu. <sup>90</sup>Sr stellt 0,002 % bis 0,3 % der β-Aktivität. Zwischen 15 % und 94 % der β-Strahler wurden durch γ-Spektrometrie identifiziert. Entsprechend der Häufigkeit h des Vorkommens der einzelnen Radionuklide im Brennstoff und ihrer Flüchtigkeit findet man in den Aerosolen die folgende Verteilung: h(<sup>137</sup>Cs) > h(<sup>106</sup>Ru) > h(<sup>134</sup>Cs) > h(<sup>125</sup>Sb) > h(<sup>65</sup>Zn) > h(<sup>110m</sup>Ag)

Radionuklide	Emissionsrate pro Monat			
	November		Dezember	
	µCi	MBq	µCi	MBq
<sup>238</sup> Pu	2,0	0,07	0,19	≤0,01
<sup>239</sup> Pu und <sup>240</sup> Pu	1,8	0,07	1,4	0,05
α-Aktivität	12	0,44	100	3,70
<sup>90</sup> Sr/ <sup>90</sup> Y	1,7	0,06	0,60	0,02
<sup>125</sup> Sb	185	6,84	292	10,80
<sup>106</sup> Ru/ <sup>106</sup> Rh	1 470	54,39	376	13,91
<sup>137</sup> Cs	413	15,28	2 974	110,03
<sup>134</sup> Cs	53	1,96	408	15,09
<sup>110m</sup> Ag	84	3,11	38	1,40
<sup>65</sup> Zn	54	1,99	66	2,44
<sup>60</sup> Co	-	-	2,8	0,10
<sup>57</sup> Co	-	-	-	-
<sup>144</sup> Ce	-	-	-	-
<sup>95</sup> Nb	-	-	-	-
β-Aktivität	4 400	162,80	8 100	299,70

Tab. 5/5: Radionuklidemissionen mit der Abluft der FERAB, November/Dezember 1977

Radionuklide	Emissionsrate pro Monat					
	Januar		Februar		März	
	µCi	MBq	µCi	MBq	µCi	MBq
<sup>238</sup> Pu	0,84	0,03	0,93	0,03	29	1,07
<sup>239</sup> Pu und <sup>240</sup> Pu	0,26	≤0,01	0,42	0,02	8,8	0,33
β-Aktivität	17	0,63	30	1,1	110	4,1
<sup>90</sup> Sr/ <sup>90</sup> Y	1,8	0,07	0,17	≤0,01	16	0,59
<sup>125</sup> Sb	149	5,5	204	7,6	159	5,9
<sup>106</sup> Ru/ <sup>106</sup> Rh	252	9,3	300	11	383	14,2
<sup>137</sup> Cs	4 158	154	1 583	59	1 520	56
<sup>134</sup> Cs	479	17,7	154	5,7	93	3,4
<sup>110m</sup> Ag	18	0,67	11	0,41	16	0,59
<sup>65</sup> Zn	53	1,96	38	1,4	33	1,2
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	63	2,3
<sup>57</sup> Co	3,5	0,13	2,3	0,09	-	-
<sup>144</sup> Ce	53	1,96	11	0,41	-	-
<sup>95</sup> Nb	-	-	-	-	-	-
β-Aktivität	11 000	407	4 400	163	5 600	207

Radionuklide	Emissionsrate pro Monat					
	April		Mai		Juni	
	µCi	MBq	µCi	MBq	µCi	MBq
<sup>238</sup> Pu	22	0,81	55	2,0	10	0,37
<sup>239</sup> Pu und <sup>240</sup> Pu	1,5	0,06	4,3	0,6	0,92	0,03
β-Aktivität	44	1,6	72	2,6	15	0,56
<sup>90</sup> Sr/ <sup>90</sup> Y	2,5	0,07	≤0,50	≤0,02	0,84	0,03
<sup>125</sup> Sb	101	3,7	121	4,5	61	2,3
<sup>106</sup> Ru/ <sup>106</sup> Rh	179	6,6	209	7,7	277	10,3
<sup>137</sup> Cs	1 688	62	184	6,8	1 890	70
<sup>134</sup> Cs	106	3,9	169	6,3	247	9,1
<sup>110m</sup> Ag	17	0,63	4,3	0,5	12	0,44
<sup>65</sup> Zn	30	1,1	12	0,44	23	0,85
<sup>60</sup> Co	5,6	0,21	5,0	0,18	24	0,88
<sup>57</sup> Co	-	-	-	-	-	-
<sup>144</sup> Ce	-	-	-	-	-	-
<sup>95</sup> Nb	-	-	219	-	-	-
β-Aktivität	3 300	122	4 600	170	8 100	300

Tab. 5/6: Radionuklidemissionen mit der Abluft der FERAB, Januar bis Juni 1978

Radionuklide	Emissionsrate pro Monat					
	Juli		August		September	
	µCi	MBq	µCi	MBq	µCi	MBq
<sup>238</sup> Pu	14	0,32	0,25	≤0,01	0,11	≤0,01
<sup>239</sup> Pu und <sup>240</sup> Pu	1,4	0,05	0,03	≤0,01	0,07	≤0,01
β-Aktivität	-	-	20	0,74	94	3,4
<sup>90</sup> Sr/ <sup>90</sup> Y	1,1	0,04	0,09	≤0,01	0,45	0,02
<sup>125</sup> Sb	15	0,56	16	0,59	30	1,1
<sup>106</sup> Ru/ <sup>106</sup> Rh	24	0,89	88	3,3	96	3,6
<sup>137</sup> Cs	252	9,3	378	14	1 210	44,8
<sup>134</sup> Cs	33	1,22	53	1,9	68	2,5
<sup>110m</sup> Ag	1,3	0,05	3,0	0,11	5,8	0,21
<sup>65</sup> Zn	1,8	0,07	7,1	0,26	21	0,78
<sup>60</sup> Co	0,30	0,01	-	-	-	-
<sup>57</sup> Co	-	-	-	-	-	-
<sup>144</sup> Ce	-	-	-	-	12	0,44
<sup>95</sup> Nb	-	-	-	-	-	-
β-Aktivität	570	21,1	1 400	51,8	3 900	144

Radionuklide	Emissionsrate pro Monat					
	Oktober		November		Dezember	
	µCi	MBq	µCi	MBq	µCi	MBq
<sup>238</sup> Pu	2,6	0,09	0,08	≤0,01	0,65	0,02
<sup>239</sup> Pu und <sup>240</sup> Pu	0,23	≤0,01	0,03	≤0,01	0,10	0,01
β-Aktivität	25	0,92	11	0,41	3,6	0,13
<sup>90</sup> Sr/ <sup>90</sup> Y	0,07	0,01	≤0,05	≤0,01	0,28	0,01
<sup>125</sup> Sb	48	1,7	15	0,55	35	1,3
<sup>106</sup> Ru/ <sup>106</sup> Rh	192	7,1	73	2,7	106	3,7
<sup>137</sup> Cs	983	36	161	6,0	204	7,6
<sup>134</sup> Cs	86	3,2	11	0,41	21	0,78
<sup>110m</sup> Ag	18	0,67	3,0	0,11	4,0	0,15
<sup>65</sup> Zn	11	0,41	11	0,41	9,3	0,34
<sup>60</sup> Co	5,5	0,20	1,1	0,04	1,2	0,04
<sup>57</sup> Co	2,3	0,09	2,2	0,08	-	-
<sup>144</sup> Ce	28	1,04	9,8	0,36	-	-
<sup>95</sup> Nb	-	-	-	-	0,90	0,03
β-Aktivität	4 200	155	1 400	52	810	30

Tab. 5/7: Radionuklidemissionen mit der Abluft der FERAB, Juli bis Dezember 1978

Radionuklide	Emissionsrate pro Monat					
	Januar		Februar		März	
	µCi	MBq	µCi	MBq	µCi	MBq
<sup>238</sup> Pu	1,1	0,04	0,09	≤0,01	0,67	0,02
<sup>239</sup> Pu und <sup>240</sup> Pu	0,16	≤0,01	0,03	≤0,01	0,12	≤0,01
β-Aktivität	≤7,7	≤0,28	8,0	0,30	≤6,5	≤0,24
<sup>90</sup> Sr/ <sup>90</sup> Y	0,19	≤0,01	0,23	≤0,01	0,82	0,03
<sup>125</sup> Sb	24	0,89	53	2,0	224	8,3
<sup>106</sup> Ru/ <sup>106</sup> Rh	58	2,1	680	25	428	19
<sup>137</sup> Cs	554	21	1 084	40	3 049	113
<sup>134</sup> Cs	58	2,1	121	4,5	378	14
<sup>110m</sup> Ag	1,8	0,07	19	0,7	28	1,04
<sup>65</sup> Zn	35	1,3	68	2,5	28	1,04
<sup>60</sup> Co	1,0	0,04	1,4	0,05	4,3	0,16
<sup>57</sup> Co	-	-	-	-	-	-
<sup>144</sup> Ce	-	-	-	-	-	-
<sup>95</sup> Nb	0,6	0,02	4,5	0,16	-	-
β-Aktivität	880	30	7 500	278	11 000	407

Radionuklide	Emissionsrate pro Monat					
	April		Mai		Juni	
	µCi	MBq	µCi	MBq	µCi	MBq
<sup>238</sup> Pu	5,2	0,19	8,0	0,30	38	1,4
<sup>239</sup> Pu und <sup>240</sup> Pu	3,2	0,12	2,9	0,11	3,3	0,12
β-Aktivität	21	0,78	28	1,04	47	1,7
<sup>90</sup> Sr/ <sup>90</sup> Y	0,93	0,03	1,5	0,06	12	0,44
<sup>125</sup> Sb	53	2,0	73	2,7	68	2,5
<sup>106</sup> Ru/ <sup>106</sup> Rh	234	8,7	932	34	403	15
<sup>137</sup> Cs	580	21	2 041	76	2 596	96
<sup>134</sup> Cs	78	2,9	353	13	353	13
<sup>110m</sup> Ag	5,8	0,21	9,6	0,35	-	-
<sup>65</sup> Zn	11	0,41	11	0,41	38	1,4
<sup>60</sup> Co	5,8	0,21	6,0	0,22	14	0,52
<sup>57</sup> Co	-	-	-	-	-	-
<sup>144</sup> Ce	-	-	-	-	-	-
<sup>95</sup> Nb	-	-	-	-	-	-
β-Aktivität	2 900	107	12 000	444	9 100	337

Tab. 5/8: Radionuklidemissionen mit der Abluft der FERAB, Januar bis Juni 1979



Radionuklide	Emissionsrate pro Monat					
	Juli		August		September	
	µCi	MBq	µCi	MBq	µCi	MBq
<sup>238</sup> Pu	4,3	0,16	2,2	0,08	1,8	0,07
<sup>239</sup> Pu und <sup>240</sup> Pu	1,4	0,05	0,68	0,03	0,89	0,03
β-Aktivität	7,8	0,29	5,1	0,19	≤5,9	≤0,21
<sup>90</sup> Sr/ <sup>90</sup> Y	4,3	0,16	0,61	0,03	0,56	0,02
<sup>125</sup> Sb	23	0,85	19	0,70	302	11
<sup>106</sup> Ru/ <sup>106</sup> Rh	169	6,3	40	1,5	239	8,8
<sup>137</sup> Cs	554	21	169	6,3	14 011	518
<sup>134</sup> Cs	83	3,1	9,8	0,36	428	16
<sup>110m</sup> Ag	1,7	0,06	-	-	7,6	0,28
<sup>65</sup> Zn	7,6	0,28	-	-	78	2,9
<sup>60</sup> Co	5,8	0,21	0,60	0,02	4,3	0,16
<sup>57</sup> Co	-	-	-	-	-	-
<sup>144</sup> Ce	-	-	-	-	-	-
<sup>95</sup> Nb	-	-	-	-	-	-
β-Aktivität	2 000	74	1 800	67	16 000	592

Radionuklide	Emissionsrate pro Monat					
	Oktober		November		Dezember	
	µCi	MBq	µCi	MBq	µCi	MBq
<sup>238</sup> Pu	4,0	0,15	1,9	0,07	1,1	0,04
<sup>239</sup> Pu und <sup>240</sup> Pu	1,3	0,05	1,0	0,04	0,99	0,03
β-Aktivität	≤5,8	≤0,21	50	1,9	21	0,78
<sup>90</sup> Sr/ <sup>90</sup> Y	1,9	0,07	0,83	0,04	0,56	0,03
<sup>125</sup> Sb	93	3,4	504	19	106	3,9
<sup>106</sup> Ru/ <sup>106</sup> Rh	53	2,0	277	10	131	4,9
<sup>137</sup> Cs	3 805	141	4 586	170	2 948	109
<sup>134</sup> Cs	4,0	0,15	252	9,3	184	6,8
<sup>110m</sup> Ag	-	-	23	0,48	3,0	0,11
<sup>65</sup> Zn	15	0,56	18	0,67	10	0,37
<sup>60</sup> Co	6,3	0,23	48	1,8	5,3	0,20
<sup>57</sup> Co	-	-	-	-	-	-
<sup>144</sup> Ce	13	0,48	15	0,56	-	-
<sup>95</sup> Nb	-	-	-	-	-	-
β-Aktivität	9 900	366	8 300	307	7 400	274

Tab. 5/9: Radionuklidemissionen mit der Abluft der FERAB, Juli bis Dezember 1979

Radionuklide	Emissionsrate pro Monat					
	Januar		Februar		März	
	µCi	MBq	µCi	MBq	µCi	MBq
<sup>238</sup> Pu	1,2	0,04	74	2,7	9	0,33
<sup>239</sup> Pu und <sup>240</sup> Pu	0,63	0,02	141	5,2	17	0,63
β-Aktivität	≤5,7	≤0,21	540	20	94	3,5
<sup>90</sup> Sr/ <sup>90</sup> Y	1,9	0,07	15	0,56	1,5	0,06
<sup>125</sup> Sb	58	2,1	280	10,4	108	4,0
<sup>106</sup> Ru/ <sup>106</sup> Rh	150	5,6	880	33	190	7,1
<sup>137</sup> Cs	760	28	1 790	66	1 340	50
<sup>134</sup> Cs	83	3,1	210	7,8	200	7,4
<sup>110m</sup> Ag	2,2	0,08	3,5	0,13	-	-
<sup>65</sup> Zn	5,5	0,20	35	1,3	12	0,44
<sup>60</sup> Co	-	-	30	1,1	17	0,63
<sup>57</sup> Co	-	-	-	-	-	-
<sup>144</sup> Ce	-	-	-	-	-	-
<sup>95</sup> Nb	-	-	-	-	-	-
β-Aktivität	4 900	181	4 000	148	1 700	63

Radionuklide	Emissionsrate pro Monat					
	April		Mai		Juni	
	µCi	MBq	µCi	MBq	µCi	MBq
<sup>238</sup> Pu	3,6	0,13	19	0,70	15	0,55
<sup>239</sup> Pu und <sup>240</sup> Pu	5,7	2,1	26	0,96	22	0,81
β-Aktivität	≤17	≤0,63	-	-	-	-
<sup>90</sup> Sr/ <sup>90</sup> Y	1,4	0,05	52	1,9	7,2	0,26
<sup>125</sup> Sb	81	3,0	290	10,7	136	5,0
<sup>106</sup> Ru/ <sup>106</sup> Rh	400	1,5	700	26	1 840	68
<sup>137</sup> Cs	2 850	105	3 180	118	640	24
<sup>134</sup> Cs	400	15	530	20	76	2,8
<sup>110m</sup> Ag	-	-	16	0,59	20	0,74
<sup>65</sup> Zn	26	0,96	18	0,67	61	2,3
<sup>60</sup> Co	9,1	0,34	7,1	0,26	2,6	0,10
<sup>57</sup> Co	-	-	-	-	-	-
<sup>144</sup> Ce	-	-	-	-	-	-
<sup>95</sup> Nb	-	-	-	-	-	-
β-Aktivität	4 200	155	7 000	259	4 300	159

Tab. 5/10: Radionuklidemissionen mit der Abluft der FERAB, Januar bis Juni 1980

Radionuklide	Emissionsrate pro Monat					
	Juli		August		September	
	µCi	MBq	µCi	MBq	µCi	MBq
<sup>238</sup> Pu	3,7	0,14	1,2	0,04	2,3	0,08
<sup>239</sup> Pu und <sup>240</sup> Pu	6,2	0,23	2,0	0,07	3,5	0,13
β-Aktivität	18	0,67	3,2	0,12	11	0,41
<sup>90</sup> Sr/ <sup>90</sup> Y	2,0	1,07	0,21	≤0,01	0,82	0,03
<sup>125</sup> Sb	118	4,4	3	0,11	78	2,9
<sup>106</sup> Ru/ <sup>106</sup> Rh	1 310	48	14	0,52	450	17
<sup>137</sup> Cs	1 130	42	16	0,59	280	10,4
<sup>134</sup> Cs	108	4,0	1,4	0,05	38	1,4
<sup>110m</sup> Ag	9,6	0,36	-	-	4,5	0,17
<sup>65</sup> Zn	24	0,89	-	-	12	0,44
<sup>60</sup> Co	2,1	0,08	-	-	1,7	0,06
<sup>57</sup> Co	-	-	-	-	-	-
<sup>144</sup> Ce	-	-	-	-	-	-
<sup>95</sup> Nb	-	-	-	-	-	-
β-Aktivität	4 900	181	120	4,4	1 400	52

Radionuklide	Emissionsrate pro Monat					
	Oktober		November		Dezember	
	µCi	MBq	µCi	MBq	µCi	MBq
<sup>238</sup> Pu	1,6	0,06	-	-	-	-
<sup>239</sup> Pu und <sup>240</sup> Pu	2,6	0,10	-	-	-	-
β-Aktivität	18	0,67	≤8,4	≤0,31	-	-
<sup>90</sup> Sr/ <sup>90</sup> Y	2,2	0,08	-	-	-	-
<sup>125</sup> Sb	123	4,6	340	13	-	-
<sup>106</sup> Ru/ <sup>106</sup> Rh	480	18	240	3,0	-	-
<sup>137</sup> Cs	550	20	1 860	69	-	-
<sup>134</sup> Cs	81	3,0	250	9,3	-	-
<sup>110m</sup> Ag	19	0,70	21	0,78	-	-
<sup>65</sup> Zn	31	1,1	71	2,7	-	-
<sup>60</sup> Co	134	5,0	35	1,3	-	-
<sup>57</sup> Co	9,6	0,36	12	0,44	-	-
<sup>144</sup> Ce	-	-	-	-	-	-
<sup>95</sup> Nb	-	-	-	-	-	-
β-Aktivität	2 200	81	4 400	163	-	-

Tab. 5/11: Radionuklidemissionen mit der Abluft der FERAB, Juli bis November 1980

5.1.3 Die Plutonium- und  $\alpha$ -Aktivitätsemission mit der Abluft der WAK

H. Schüttelkopf

Die Überwachung der Abgabe der Aerosolaktivität der WAK erfolgt in der WAK selbst.  $^{90}\text{Sr}$ -,  $\alpha$ - und  $\beta$ -Aktivität werden in den gesammelten Aerosolen bestimmt. Zur Messung des Plutoniumgehaltes werden von der WAK an die Hauptabteilung Sicherheit/Radioökologie (HS/R) Teile der monatlich bestaubten 20 cm Durchmesser Aerosolfilter übergeben. Die Teilfilter sind runde Scheiben mit 2 cm Durchmesser. Diese Filterteile werden, wie in Kap. 5.1.2 beschrieben, in Lösung gebracht, und die Plutoniumbestimmung wird, wie oben beschrieben, durchgeführt. Erste Ergebnisse der Bestimmung von Plutonium und anderer Radionuklide in Abluftfiltern der WAK wurden in der Zeit von 1975 bis 1977 erhalten und sind im Kfk 2620 publiziert.

Die Ergebnisse der Plutoniumaktivitäten, emittiert mit der Abluft der WAK und verglichen mit der Gesamt- $\alpha$ -Aktivität, die aus der Anlage emittiert wurde, werden dargestellt in den Tab. 5/12 bis 5/15. Es handelt sich um monatliche Messungen für den Zeitraum September 1977 bis Dezember 1980.

Die Summe der  $\alpha$ -Aktivitäten von  $^{238}\text{Pu}$  und  $^{239+240}\text{Pu}$  ist in einem Teil der Monatsmessungen etwa gleich groß wie die  $\alpha$ -Aktivitätsemission aus der Anlage. Nennenswerte Abweichungen werden beobachtet, wenn die WAK nicht in Betrieb ist, d. h., wenn keine Auflösungen erfolgen. Die monatlich emittierten  $^{238}\text{Pu}$ - und  $^{239+240}\text{Pu}$ -Aktivitäten schwanken um etwa zwei Größenordnungen. Das Isotopenverhältnis  $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$  ist während einer Auflöserkampagne konstant und ändert sich entsprechend dem Abbrand des Brennstoffes praktisch im gleichen Monat, wenn ein neuer Brennstoff in der WAK eingesetzt wird.

Probenahme	Emissionsraten von					
	$^{238}\text{Pu}$ in		$^{239}\text{Pu}$ und $^{240}\text{Pu}$ in		$\alpha$ -Aktivität in	
	$\mu\text{Ci}/\text{Monat}$	$\text{MBq}/\text{Monat}$	$\mu\text{Ci}/\text{Monat}$	$\text{MBq}/\text{Monat}$	$\mu\text{Ci}/\text{Monat}$	$\text{MBq}/\text{Monat}$
September	16	0,06	14	0,05	130	4,81
Oktober	10	0,37	4,6	0,17	150	5,55
November	115	4,26	45	1,7	160	5,92
Dezember	192	7,10	71	2,6	370	13,7

Tab. 5/12: Plutonium- und  $\alpha$ -Aktivitätsemission mit der Abluft der WAK, September bis Dezember 1977

Probenahme	Emissionsraten von					
	<sup>239</sup> Pu in		<sup>239</sup> Pu und <sup>240</sup> Pu in		α-Aktivität in	
	µCi/Monat	MBq/Monat	µCi/Monat	MBq/Monat	µCi/Monat	MBq/Monat
Januar	24	0,89	11	0,41	67	2,5
Februar	46	1,7	18	0,67	1 500	56
März	31	1,1	52	1,9	1 700	63
April	114	4,2	311	11,5	820	30
Mai	50	1,9	184	6,81	200	7,4
Juni	11	0,4	31	1,1	140	5,2
Juli	31	1,1	108	4,0	120	4,4
August	5,1	0,19	10	0,37	28	1,0
September	6,4	0,23	6,8	0,25	15	0,56
Oktober	3,9	0,14	4,6	0,17	14	0,52
November	5,5	0,21	9,1	0,34	12	0,44
Dezember	4,1	0,15	3,4	0,13	19	0,70

Tab. 5/13: Plutonium- und α-Aktivitätsemission mit der Abluft der WAK, Januar bis Dezember 1978

Probenahme	Emissionsraten von					
	<sup>239</sup> Pu in		<sup>239</sup> Pu und <sup>240</sup> Pu in		α-Aktivität in	
	µCi/Monat	MBq/Monat	µCi/Monat	MBq/Monat	µCi/Monat	MBq/Monat
Januar	1,9	0,07	3	0,11	24	0,89
Februar	3,4	0,13	3,7	0,14	22	0,81
März	1,9	0,07	1,9	0,07	23	0,85
April	13	0,48	32	1,2	47	1,7
Mai	17	0,63	36	1,3	71	2,6
Juni	56	2,1	131	4,9	150	5,6
Juli	9,9	0,37	23	0,85	44	1,6
August	9,8	0,36	8,0	0,30	25	0,93
September	33	1,2	47	1,7	100	3,7
Oktober	58	2,1	91	3,4	170	6,3
November	36	1,3	66	2,4	100	3,7
Dezember	11	0,41	18	0,67	34	1,3

Tab. 5/14: Plutonium- und α-Aktivitätsemission mit der Abluft der WAK, Januar bis Dezember 1979

Probenahme	Emissionsraten von					
	<sup>239</sup> Pu in		<sup>239</sup> Pu und <sup>240</sup> Pu in		α-Aktivität in	
	µCi/Monat	MBq/Monat	µCi/Monat	MBq/Monat	µCi/Monat	MBq/Monat
Januar	11	0,41	18	0,66	47	1,7
Februar	6,0	0,22	17	0,63	46	1,7
März	12	0,44	22	0,81	39	1,4
April	39	1,4	24	0,87	66	2,4
Mai	27	1,0	37	1,4	87	3,2
Juni	0,24	<0,01	0,31	0,01	35	1,3
Juli	0,14	<0,01	0,15	<0,01	34	1,2
August	0,17	<0,01	0,14	<0,01	20	0,74
September	0,12	<0,01	0,14	<0,01	16	0,59
Oktober	0,51	0,02	0,68	0,03	9,3	0,34
November	0,10	<0,01	0,09	<0,01	17	0,63
Dezember	0,14	<0,01	0,11	<0,01	22	0,81

Tab. 5/15: Plutonium- und α-Aktivitätsemission mit der Abluft der WAK, Januar bis Dezember 1980

## 5.2 Abwasserüberwachung

### 5.2.1 Zusammenfassung der Ergebnisse der Abwasserüberwachung 1980

K.-G. Langguth

Die Überwachung der radioaktiven Abwässer wird von der Hauptabteilung Sicherheit des KfK im Rahmen der ihr vom Innenministerium des Landes Baden-Württemberg erteilten wasserrechtlichen Erlaubnis durchgeführt. Das durch diese Erlaubnis vorgegebene Überwachungskonzept behandelt die zahlreichen kerntechnischen Anlagen des Kernforschungszentrums Karlsruhe als ein Ganzes. Dies ist auch sinnvoll, da sich alle kerntechnischen Anlagen und Institute des KfK, einschließlich der WAK, derselben Service-Einrichtungen des KfK (Dekontaminationsbetriebe, Kläranlage, Emissions- und Umgebungsüberwachung durch die Hauptabteilung Sicherheit) bedienen.

Das im Kernforschungszentrum Karlsruhe anfallende Abwasser setzt sich zusammen aus den sogenannten Regenerierabwässern der Reaktoren (FR2, MZFR, KNK), aus den sogenannten Chemieabwässern der verschiedenen Institute und Reaktoren und der Wiederaufarbeitungsanlage und aus den häuslichen Abwässern. Regenerier- und Fäkalabwässer sind als "aktivitätsfrei" anzusehen und werden deshalb der Kläranlage ohne vorangehende Aktivitätskontrollmessung zugeführt. Abb. 5/1 zeigt ein vereinfachtes Flußschema der Abwässer des Kernforschungszentrums. Die Kühlwässer fließen zusammen mit dem Regenwasser in den unmittelbar an das KfK angrenzenden Hirschkanal, dessen Aktivitätskonzentration durch kontinuierliche Probenahme überwacht wird (siehe Kap. 5.3).

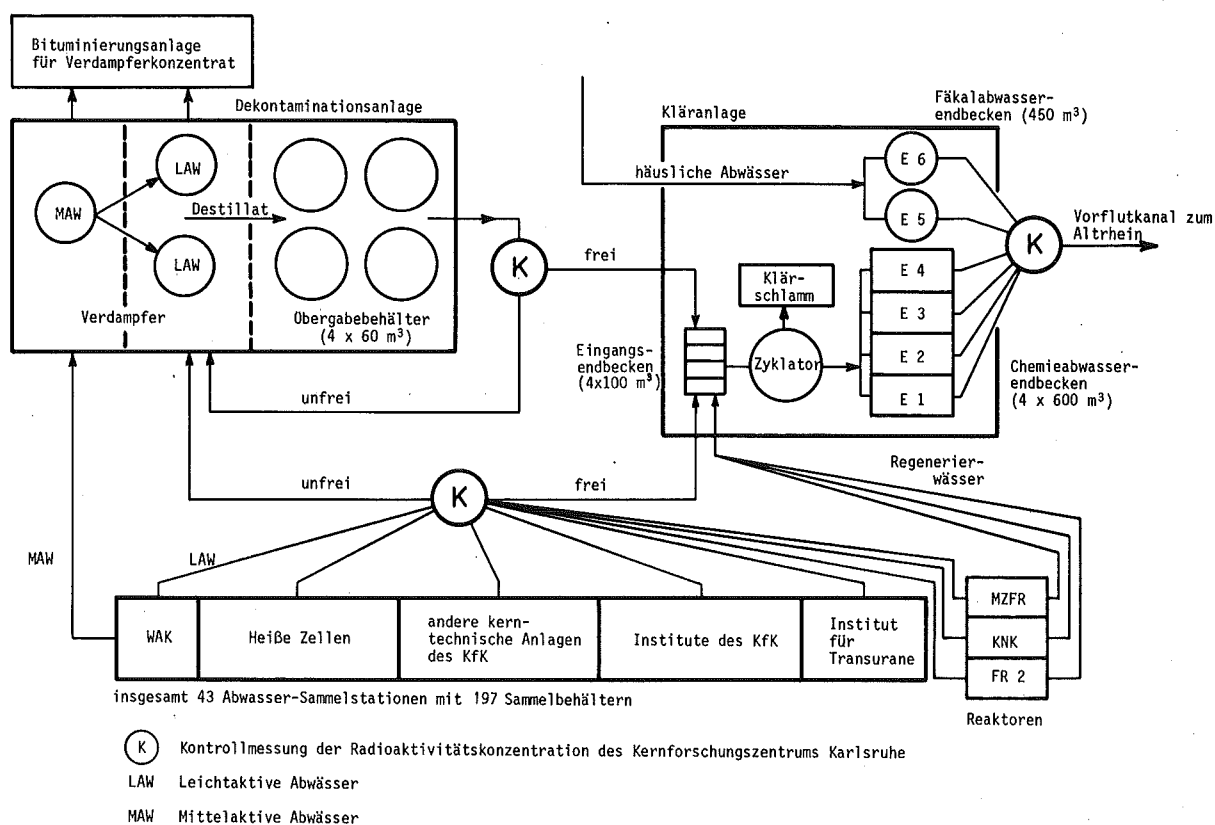


Abb. 5/1: Vereinfachtes Flußschema der Abwässer des Kernforschungszentrums Karlsruhe

Die im Kernforschungszentrum anfallenden Chemieabwässer - Sammelbegriff für mehr oder weniger radioaktive Labor- und Prozeßabwässer - lassen sich hinsichtlich ihrer Aktivitätskonzentration in zwei Klassen einteilen: in "schwachaktive" Abwässer (LAW) mit Konzentrationen bis zu maximal  $10^{-1}$  Ci/m<sup>3</sup> (3,7 GBq/m<sup>3</sup>) und "mittelaktive" Abwässer (MAW) mit Konzentrationen bis zu  $10^3$  Ci/m<sup>3</sup> (37 TBq/m<sup>3</sup>). Geringe Mengen "hochaktiver" Abwässer mit Konzentrationen  $>10^3$  Ci/m<sup>3</sup> ( $>37$  TBq/m<sup>3</sup>) werden bei der WAK bis zu einer späteren Verfestigung zwischengelagert. Diese grobe Einteilung der Abwässer nach Konzentrationsbereichen ist zwar willkürlich, doch für die Praxis unentbehrlich. Mittelaktive Abwässer werden aufgrund dieser Einstufung sofort, d. h. ohne vorherige Kontrollmessung, in die Dekontaminationsanlage für flüssige radioaktive Abfälle überführt. Die leichtaktiven oder als leichtaktiv eingeschätzten Chemieabwässer werden zunächst in 43 Abwasserstationen mit 197 Abwassertanks gesammelt (siehe Abb. 5/1). Erst die von der Gruppe "Emissionsüberwachung" der Hauptabteilung Sicherheit durchgeführten Kontrollmessungen entscheiden über die Freigabe dieser Abwässer im Sinne der geltenden wasserrechtlichen Erlaubnis. Danach "unfreie" Abwässer werden mit abgeschirmten Tankfahrzeugen zu den LAW-Verdampfern der Dekontaminationsanlage gebracht, in die auch die Destillate des MAW-Verdampfers überführt werden. Die relativ kleinen Mengen der MAW- und LAW-Verdampferkonzentrate, welche die angereicherte Abwasserradioaktivität enthalten, gelangen in die Bituminierungs- oder in die Zementierungsanlage, wo sie in eine endlagerungsfähige Form überführt werden.

Leichtaktive Chemieabwässer, die sich aufgrund der Kontrollmessung als "frei" erwiesen haben und die "freien" Destillate der Dekontaminationsanlage sowie die Regenerierabwässer gelangen über das Kanalisationsnetz von den Abwassersammelstationen direkt in die Eingangsbecken (siehe Abb. 5/1) der Kläranlage und schließlich in die vier Endpufferbecken für Chemieabwässer mit je 600 m<sup>3</sup> Fassungsvermögen. Die häuslichen Abwässer werden in die zwei Endpufferbecken für Fäkalabwässer mit je 450 m<sup>3</sup> Inhalt eingeleitet. Vor der Ableitung aller Abwässer in den Vorfluter erfolgt eine Endkontrollmessung im Sinne einer Entscheidungsmessung über die Freigabe. Über einen 2,9 km langen Rohrkanal gelangen die Abwässer in einen als Vorfluter dienenden Altrheinarm, ehe sie - über eine Distanz von 23,6 km gemischt mit Oberflächenwasser - den Rhein erreichen. Die Überwachung der mit dem Abwasser abgeleiteten Restradioaktivität wird durch Maßnahmen der Umgebungsüberwachung ergänzt (siehe Kap. 5.3).

Zur Überwachung der Chemieabwässer aus den einzelnen Sammelstationen waren 1980 insgesamt 13 847 Proben zu untersuchen, um im Sinne der geltenden wasserrechtlichen Bestimmungen über ihre Freigabe zu entscheiden. Rund 3,2 % dieser Proben erwiesen sich als "unfrei".

Außerdem waren entsprechend der Zahl der 1980 insgesamt abgeleiteten Endbeckenfüllungen 845 Endkontrollmessungen durchzuführen. Ungeachtet der für das KfK geltenden speziellen wasserrechtlichen Bestimmungen waren zusätzlich aufgrund einer Auflage des Ministeriums für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung Baden-Württemberg (SM) die vom Länderausschuß für Atomkernenergie am 08.10.1974 verabschiedeten "Regeln für Messung und Kontrolle von Ableitungen radioaktiver Wässer aus Kernkraftwerken" (siehe Bundesgesundheitsblatt 16 (1973), S. 230) anzuwenden. Diese Regeln verlangen nuklidspezifische Aktivitätsbestimmungen durch Analyse von Wochen- und Monatsmischproben, die mengenproportional aus Teilmengen der einzelnen abgeleiteten Abwasserchargen herzustellen sind. Die Endbecken-Einzelproben und die 64 Wochen- und Monatsmischproben erhöhen die Gesamtzahl der ausgemessenen Abwasserproben auf 14 756. Abb. 5/2 zeigt die Entwicklung der jährlich untersuchten Abwasserprobenzahl seit 1964.

Wegen der hohen Betriebskosten zur Dekontamination "unfreier" Abwässer (1980: ca. 2 140 DM/m<sup>3</sup> für LAW und ca. 13 260 DM/m<sup>3</sup> für MAW (einschließlich Zwischenlagerung)) besteht die Aufgabe der Abwasserüberwachung nicht nur darin, die Einhaltung zulässiger Konzentrationen zu kontrollieren, sondern auch in dem Bemühen, die Freigabemöglichkeiten der geltenden wasserrechtlichen Erlaubnis durch Nuklididentifizierungen, falls möglich, zu nutzen. Dabei geht es um jene Proben aus den innerbetrieblichen Sammelstationen, die nicht bereits aufgrund einer einfachen  $\alpha$ - und  $\beta$ -Bruttoaktivitätsmessung als unanalysierte Gemische freigegeben werden können bzw. nicht bereits aufgrund dieser einfachen Messung als "unfrei" bezeichnet werden müssen.

Das betrifft im wesentlichen Abwässer im Konzentrationsbereich zwischen  $1 \cdot 10^{-6}$  Ci/m<sup>3</sup> (37 kBq/m<sup>3</sup>) und  $30 \cdot 10^{-6}$  Ci/m<sup>3</sup> (1 110 kBq/m<sup>3</sup>). Der Umfang der Anwendung von Methoden zur Nuklididentifizierung wird allein durch die Zeit begrenzt, innerhalb der die Messungen im Abwasserlabor ausgeführt werden müssen, da nur Abwasserproben von bereits vollen Sammelbehältern eingeliefert werden. Die Entscheidung über die Freigabe einer Abwassercharge muß binnen ein bis zwei Stunden nach Einlieferung der Probe erfolgen.

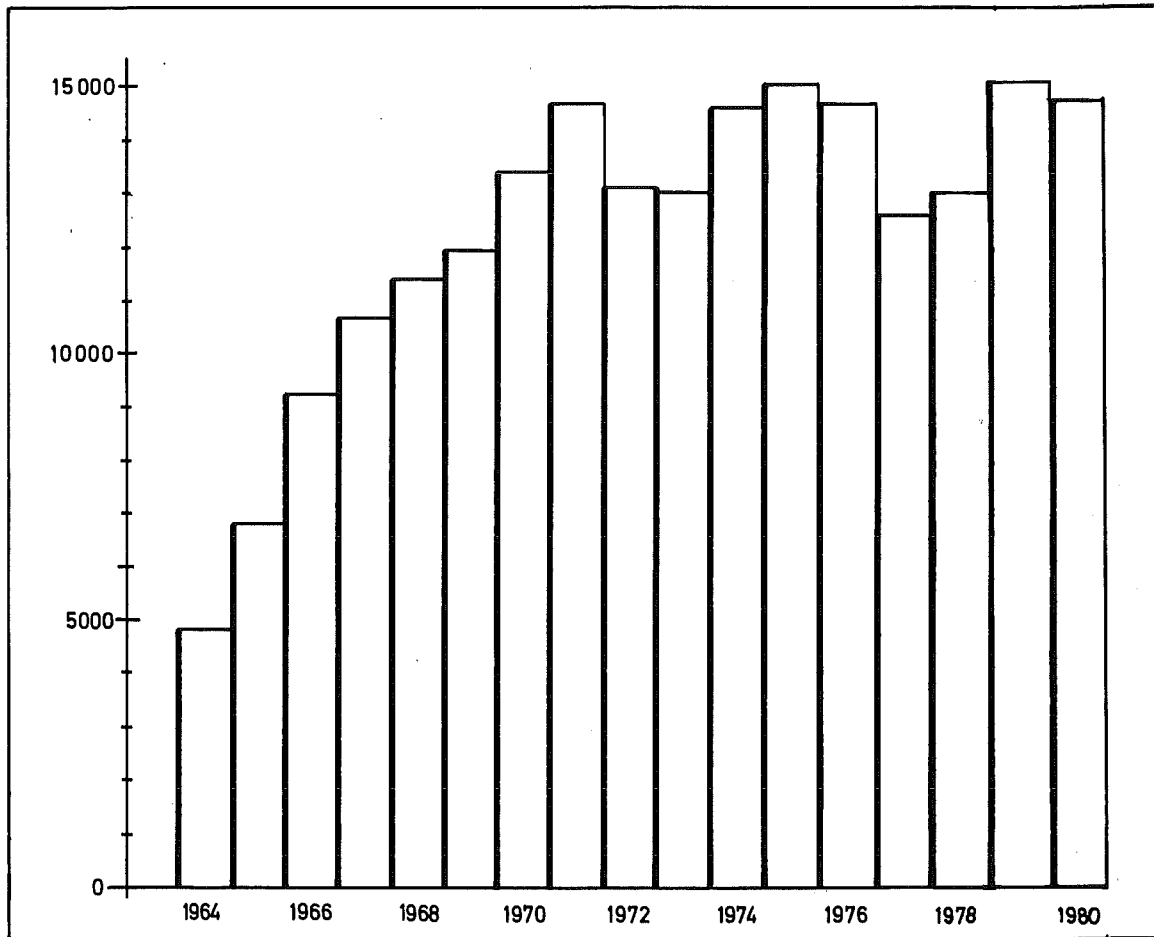


Abb. 5/2: Jährliche Anzahl der untersuchten Abwasserproben

Eine Übersicht über die 1980 im Abwasserlabor durchgeführten Einzelmessungen und über die Herkunft der Proben gibt Tab. 5/16. Der Jahressumme von rund 22 000 Proben stehen rund 50 100 Einzelmessungen gegenüber, die entweder zum Freigabeentscheid oder zum Erhalt der gewünschten Informationen erforderlich waren. Im Mittel waren 1980 im Abwasserlabor arbeitstäglich 88 Proben auszumessen bzw. 200 Einzelmessungen durchzuführen.



Art der Proben	Zahl der Proben 1980	Zahl der durchgeführten Messungen						Summe der Einzelmessungen
		$\alpha$	$\beta$	$^3\text{H}$	$\alpha$ -Spektr.	$\gamma$ -Spektr.	$\beta$ -Energiebestimmung	
Abwasser	14 756	14 756	14 756	4 715	339	3 158	1 318	39 042
Schlamm aus Zyklorator und Abwasserstationen	353	353	353	-	-	1	-	707
Wasserproben FR2 (Kühlkreislauf und Absetzbecken)	480	480	480	480	-	480	-	1 920
Luftfeuchteproben zur Abluftüberwachung (FR2, Abwasser- und Gerätedekontaminationsanlage und FERAB)	1 720	202	202	1 720	-	202	-	2 326
Sonderproben und Auftragsmessungen	2 566	645	645	1 595	52	1 001	35	3 973
Proben im Rahmen von radioökologischen Forschungsarbeiten	2 105	-	-	2 105	-	-	-	2 105
Jahressumme	21 980	16 436	16 436	10 615	391	4 842	1 353	50 073

\*siehe Kap. 5.6.1 und 5.6.7

Tab. 5/16: Art und Zahl der Proben und der 1980 durchgeführten Einzelmessungen

30 % aller Proben waren keine Abwasserproben. Auch 1980 machten Institute und Abteilungen des KfK von der Möglichkeit Gebrauch, Wasser- und Feststoffproben verschiedenster Art und Herkunft im Abwasserlabor untersuchen zu lassen (Auftragsmessungen). Hier sind insbesondere zu nennen die Kontrollmessungen von Wasserproben aus Kühlkreislauf und Absetzbecken des FR2 und zur Überwachung der Tritiumemissionen mit der Abluft des FR2, der FERAB, der Dekontaminationsanlage für radioaktive Abwässer und der Gerätedekontaminationsanlage. Schließlich wurden auch alle Tritiummessungen im Rahmen der Umgebungsüberwachung im Abwasserlabor durchgeführt.

Die in den 43 Abwassersammelstationen des KfK 1980 angefallene Gesamtmenge an Chemieabwasser lag mit rund 147 101 m<sup>3</sup> (siehe Tab. 5/17) um 12 % unter dem Wert für 1979.

Die insgesamt 1980 in den "leichtaktiven" Chemieabwässern angefallene  $\alpha$ -Aktivität hat sich gegenüber dem Vorjahr um 40 % auf 1 789,6 mCi (66 215,2 MBq), die angefallene  $\beta$ -Aktivität um 26 % auf 12 709,7 mCi (470 258,9 MBq) verringert.

Die Verteilung der angefallenen Abwasseraktivität auf die verschiedenen Anlagen und Institute des KfK zeigt, geordnet nach abnehmender  $\beta$ -Aktivität, Tab. 5/17. Den Hauptbeitrag zur insgesamt in den "leichtaktiven" Abwässern angefallenen  $\beta$ -Aktivität lieferten 1980 mit 56,8 % die WAK, gefolgt von der Gerätedekontaminationsanlage mit 35,6 %. Diese beiden Anlagen lieferten damit zusammen 92,4 % der gesamten  $\beta$ -Aktivität bei einem Volumenanteil ihrer Abwässer von nur 3,2 %.

Abwasser- sammelstationen des KfK	Nachgewiesene $\alpha$ -Aktivität			Nachgewiesene $\beta$ -Aktivität (ohne $^3\text{H}$ )			Abwassermenge	
	mCi	MBq	%	mCi	MBq	%	m <sup>3</sup>	%
WAK	410,8	15 199,6	23,0	7 220,3	267 151,1	56,8	4 300	2,9
Gerätedekontami- nationsanlage	1 358,2	50 253,4	75,9	4 524,1	167 391,7	35,6	407	0,3
TU	0,8	29,6	<0,1	397,3	14 700,1	3,1	6	<0,1
Heiße Zellen	1,2	44,4	<0,1	250,5	9 268,5	2,0	1 740	1,2
MZFR	0,5	18,5	<0,1	138,1	5 109,7	1,1	1 541	1,1
restliche Abwasser- sammelstationen	18,1	669,7	1,0	179,4	6 637,8	1,4	139 107	94,5
Summe	1 789,6	66 215,2	100,0	12 709,7	470 258,9	100,0	147 101	100,0

Tab. 5/17: Herkunft und Aktivitätsanteil der 1980 im Kernforschungszentrum angefallenen "leichtaktiven" Abwässer

In Tab. 5/17 wurden nur solche Anlagen oder Institute einzeln aufgeführt, deren Beitrag zur Abwasseraktivität über 1 % lag. Daraus ergibt sich, daß 1980 mehr als 98 % sowohl der  $\alpha$ -Aktivität als auch der  $\beta$ -Aktivität in nur fünf der insgesamt 43 Abwassersammelstationen des KfK angefallen sind. Der Mengenanteil der Abwässer von diesen fünf Stationen lag mit 7 994 m<sup>3</sup> bei rund 5 % der Gesamtmenge der angefallenen "leichtaktiven" Abwässer.

Von besonderer Bedeutung ist die Überwachung der Endpufferbecken, weil sie den Endpunkt des Überwachungssystems vor der Ableitung der Abwässer in öffentliche Gewässer markiert. Überwachungsziel ist auch hier, die Einhaltung wasserrechtlicher Bestimmungen und Freigrenzen sicherzustellen und nachzuweisen. Darüber hinaus geht es um die quantitative Erfassung der mit dem Abwasser insgesamt aus dem Kernforschungszentrum abgeleiteten Radioaktivität (siehe Tab. 5/18).

Bei der Aktivitätsüberwachung der Abwassermischungen aus den Endpufferbecken werden auch jene Abwässer mitüberwacht, die a priori als "frei" anzusehen und deshalb vor ihrer Einleitung in die Kläranlage noch keiner Aktivitätskontrollmessung unterworfen worden sind. Es sind dies die sogenannten Regenerierabwässer der Reaktoren und die häuslichen Abwässer (siehe Abb. 5/1).

Die Ermittlung der Nuklidzusammensetzung der abgeleiteten Abwässer wurde an mengenproportionalen Monatsmischproben durchgeführt. Die abgeleitete Tritiumaktivität von 1 800 Ci (66,6 TBq) beträgt nur 55 % des Vorjahreswertes. Zur Tritiumgesamtabgabe haben die WAK mit rund 54 % und der MZFR mit rund 41 % beigetragen. Außer den Nukliden  $^{89}\text{Sr}$  und  $^{90}\text{Sr}$  mit zusammen 9,9 % sowie  $^{60}\text{Co}$  und  $^{137}\text{Cs}$  mit zusammen 8,4 % der  $\beta$ -Aktivität konnten in den Monatsmischproben trotz Anreicherung und langen Meßzeiten keine weiteren Einzelnuklide nachgewiesen werden.

Aus dem KfK abgeleitete Abwassermenge in m <sup>3</sup>			470 550	
Anzahl der abgeleiteten Endbeckenfüllungen			845	
Aus dem KfK abgeleitete Abwasseraktivität	Art der Aktivität		Nachgewiesene Aktivität	
	durch Integration der Einzelableitungen ermittelte Aktivität	α	1,8	66,6
		β	21,7	802,9
aus mengenproportionalen monatlichen Mischproben ermittelte nuklidspezifische Aktivität	<sup>3</sup> H	1,8 · 10 <sup>6</sup>	66,6 · 10 <sup>6</sup>	
	<sup>60</sup> Co	0,1	3,7	
	<sup>89</sup> Sr	0,6	22,2	
	<sup>90</sup> Sr	1,5	55,5	
	<sup>137</sup> Cs	1,7	62,9	
	<sup>238</sup> Pu	0,26	9,62	
	<sup>239</sup> Pu } <sup>240</sup> Pu }	0,25	9,25	

Tab. 5/18: 1980 aus dem KfK in den Altrhein bei Leopoldshafen abgeleitete Abwassermenge und Abwasseraktivität

Einen Überblick über die Entwicklung der mit den Abwässern des KfK in den letzten zehn Jahren in den Vorfluter abgeleiteten Radioaktivität gibt Abb. 5/3.

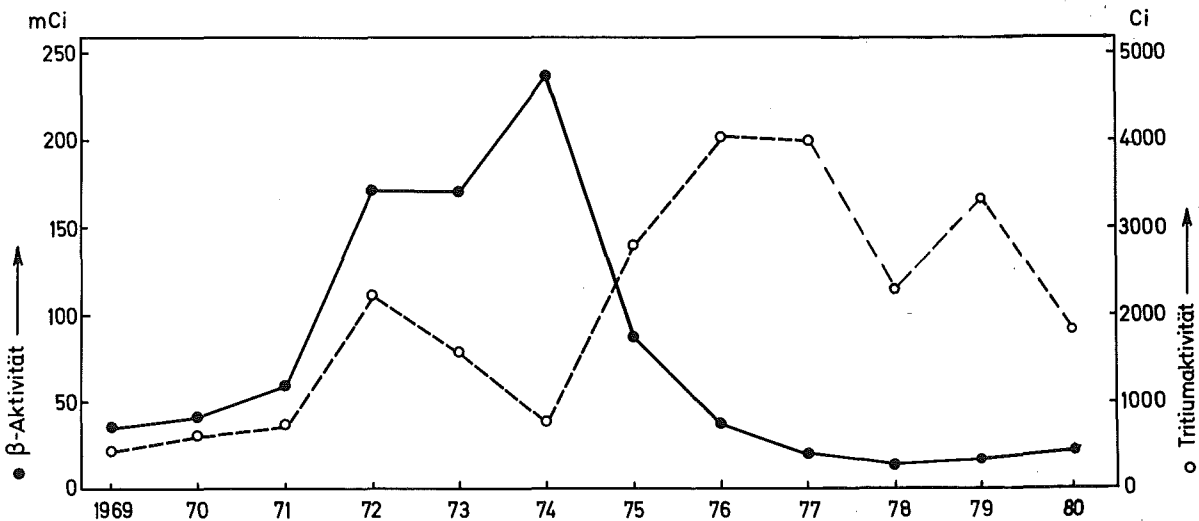


Abb. 5/3: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem KfK jährlich abgeleiteten β-Aktivität und der abgeleiteten Tritiumaktivität seit 1969

### 5.2.2 Die $^{90}\text{Sr}$ - und Pu-Abgabe mit dem Abwasser des KfK

H. Schüttelkopf

Seit 1973 werden in monatlichen Mischproben des Abwassers des Kernforschungszentrums Karlsruhe  $^{90}\text{Sr}$  und die Pu-Isotope  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$  bestimmt. Zur  $^{90}\text{Sr}$ -Bestimmung wird 1 l Wasser auf 100 ml eingedampft und als  $\text{SrSO}_4$  gefällt. Dieses wird durch Umfällen aus Komplexierungsmittel, durch eine Bariumchromatfällung und eine Eisenhydroxidfällung gereinigt. Die Messung erfolgt in einem Low-level- $\beta$ -Meßplatz. Ist  $^{89}\text{Sr}$  vorhanden, dann wird entweder eine zweite Messung eine Woche später durchgeführt oder es erfolgt die Abtrennung des Folgeproduktes  $^{90}\text{Y}$  von  $^{90}\text{Sr}$  nach einigen Tagen der partiellen Gleichgewichtseinstellung.

Zu 1 l Wasser wird für die Pu-Bestimmung  $^{236}\text{Pu}$  als Ausbeutetracer zugesetzt. Das Wasser wird eingedampft, mit  $\text{HNO}_3$  verdünnt und Plutonium mit TOPO extrahiert. Die Rückextraktion erfolgt mit Ascorbinsäure. Als weitere Schritte der Dekontamination des Plutoniums folgen die Lanthanfluoridfällung und ein Anionenaustausch. Das durch Elektroplattieren hergestellte Präparat gelangt zur  $\alpha$ -Spektrometrie.

Die Nachweisgrenzen liegen bei  $^{90}\text{Sr}$  im Bereich von 1 nCi/m<sup>3</sup> Abwasser und bei den Pu-Isotopen im Bereich von 20 pCi/m<sup>3</sup> Abwasser. Da im Mittel aus dem Kernforschungszentrum jährlich  $5 \cdot 10^5$  m<sup>3</sup> emittiert werden, entsprechen diese Nachweisgrenzen 0,5 mCi  $^{90}\text{Sr}$ /a und 10  $\mu\text{Ci}$   $^{238}\text{Pu}$  oder  $^{239+240}\text{Pu}$ /a.

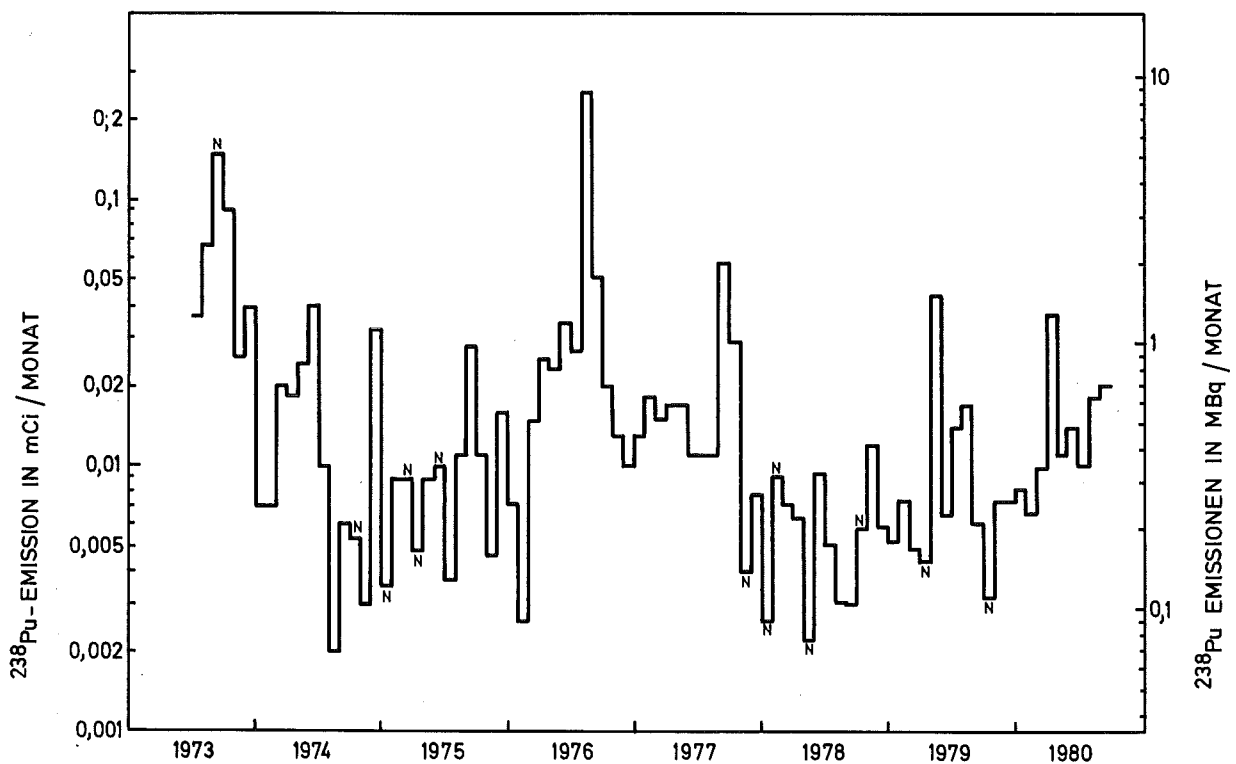


Abb. 5/4: Monatliche  $^{239+240}\text{Pu}$ -Abgaben mit dem Abwasser des KfK und der WAK 1973 - 1980

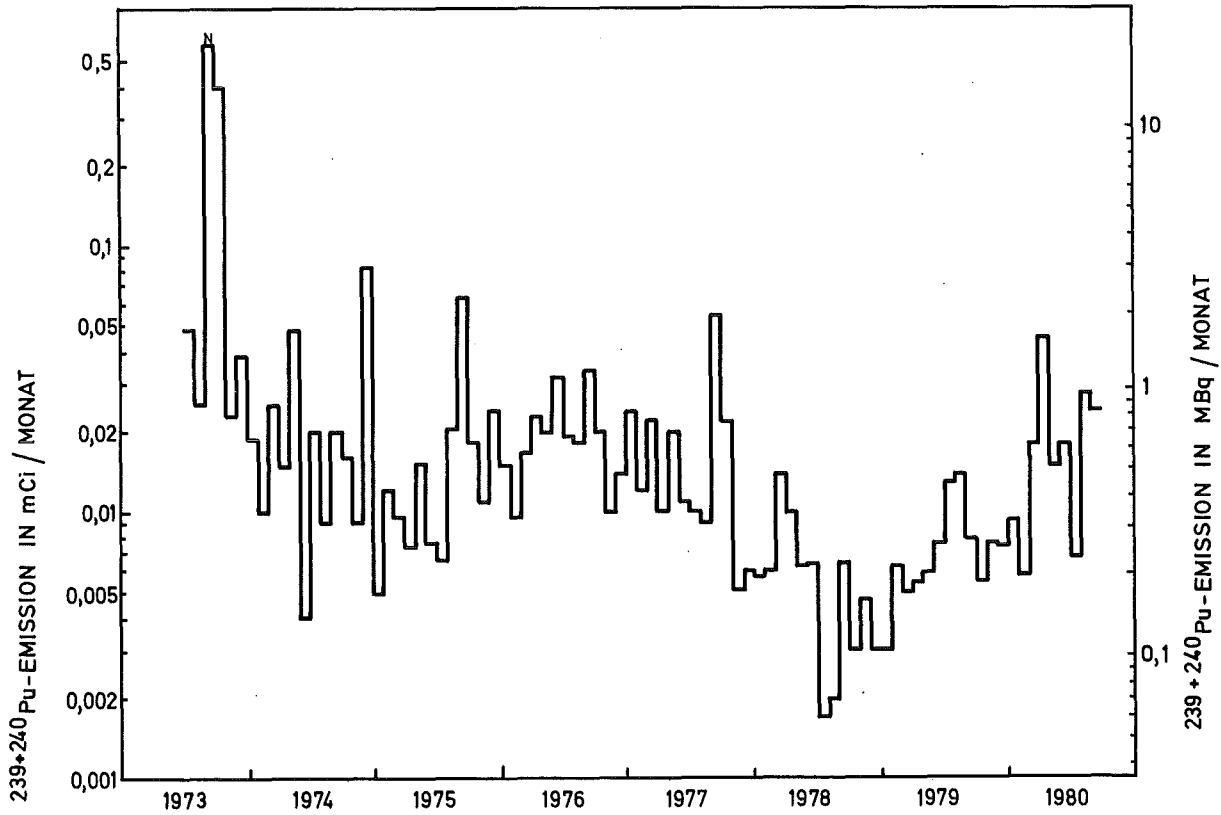


Abb. 5/5: Monatliche  $^{239}\text{Pu}$ -Abgaben mit dem Abwasser des KfK und der WAK 1973-1980

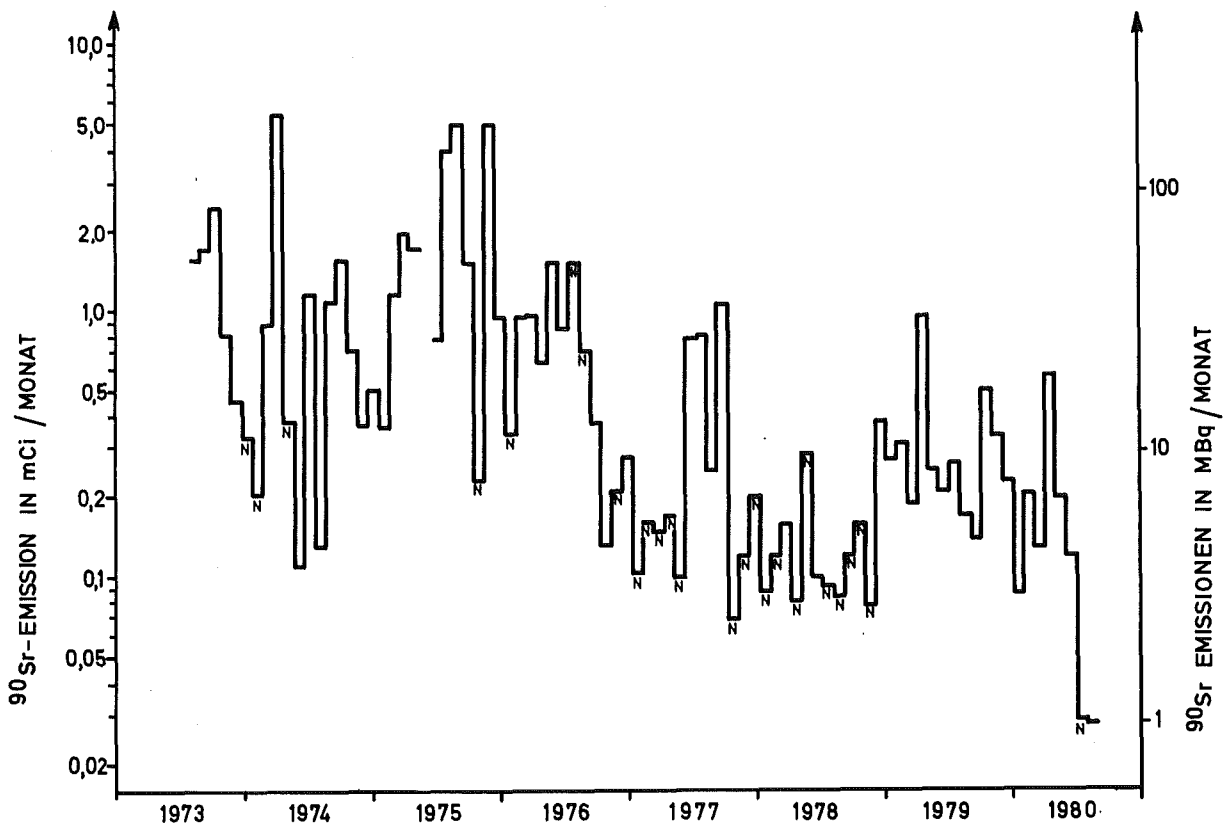


Abb. 5/6: Monatliche  $^{90}\text{Sr}$ -Abgaben mit dem Abwasser des KfK und der WAK 1973-1980

In den Abb. 5/4, 5/5 und 5/6 werden die monatlichen Emissionen von  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{238}\text{Pu}$  und  $^{239+240}\text{Pu}$  wiedergegeben. Die WAK ist der wichtigste Radioaktivitätslieferant für die Dekontaminationssysteme des Kernforschungszentrums Karlsruhe. Daher ist der  $^{90}\text{Sr}$ - bzw. Pu-Ausstoß des Kernforschungszentrums Karlsruhe direkt im Zusammenhang mit dem Betrieb der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe zu sehen.

In Tab. 5/19 werden die seit 1974 durchgeführten Kampagnen in der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe beschrieben. Durchführungszeitraum, aufgearbeitete Uranmenge und mittlerer Abbrand des Brennstoffes werden angegeben. Nach KfK 1945 wurde mit diesen Daten der  $^{90}\text{Sr}$ -Gehalt des Brennstoffes berechnet. Diesem  $^{90}\text{Sr}$ -Gehalt wurden die monatlichen Emissionen aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe gegenübergestellt. Für den Zeitraum Oktober 1976 bis Juni 1980 wurden durch die Dekontaminationssysteme des Kernforschungszentrums Karlsruhe und der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe für  $^{90}\text{Sr}$  Dekofaktoren zwischen  $1 \cdot 10^6$  und  $9 \cdot 10^8$  erreicht. Da  $^{90}\text{Sr}$  ein typisches nichtflüchtiges Radionuklid darstellt, dürften diese Dekofaktoren auch für andere nichtflüchtige Radionuklide typisch sein.

Kampagne	Dauer von bis	Brennstoff- menge in t Uran	Abbrand in MWd/t Uran	$^{90}\text{Sr}$ im Brennstoff in Ci	$^{90}\text{Sr}$ im Abwasser in Ci	Dekonta- minations- faktor
HDR-I	29.10.1974 - 11.01.1975	6,9	300	4 471	1,26 E-03	3,5 E+06
VAK-II	17.01.1975 - 11.02.1975	1,5	13 950	45 198	0,41 E-03	1,1 E+06
MZFR-II	12.02.1975 - 24.04.1975	6,0	6 200	78 120	2,80 E-03	2,8 E+07
KWO-II	25.05.1975 - 17.10.1976	11,0	24 500	565 950	23,9 E-03	2,4 E+07
KRB-II	17.10.1976 - 14.02.1977	10,9	17 600	414 374	0,58 E-03	7,1 E+08
KWO-V/VI	22.03.1977 - 21.02.1978	12,9	29 300	816 415	2,91 E-03	2,8 E+08
MZFR-III	01.03.1978 - 14.06.1978	12,0	6 582	170 605	0,20 E-03	8,5 E+08
MZFR-IV	14.05.1979 - 14.01.1980	19,2	8 600	356 659	2,44 E-03	1,5 E+08
FR2/Teil I	15.01.1980 - 26.03.1980	5,1	13 000	143 208	0,38 E-03	3,8 E+08
VAK	27.03.1980 - 28.04.1980	2,4	17 100	88 646	0,15 E-03	5,9 E+08
FR2/Teil II	29.04.1980 - 11.06.1980	1,7	15 000	55 080	0,64 E-03	8,6 E+07

Tab. 5/19: Durchsatz von  $^{90}\text{Sr}$  durch die WAK und Abgabe von  $^{90}\text{Sr}$  aus dem KfK mit dem Abwasser

### 5.3 Umgebungsüberwachung

M. Winter, R. Scharz, W. Tachlinski

Die Umgebungsüberwachung des Kernforschungszentrums Karlsruhe umfaßt ein von der Aufsichtsbehörde festgelegtes Gebiet mit einer Fläche von knapp 300 km<sup>2</sup>, die im Westen vom Rhein und sonst von der Peripherie eines Kreises von 10 km Radius um das Kernforschungszentrum begrenzt wird. In diesem Gebiet wohnen, verteilt auf 20 Ortschaften, rund 100 000 Menschen.

Die der routinemäßigen Umgebungsüberwachung des Kernforschungszentrums Karlsruhe dienenden Meß- und Probenahmestellen, die ebenfalls von der Aufsichtsbehörde festgelegt wurden, liegen jedoch bis auf wenige Ausnahmen innerhalb eines Kreises von ca. 6 km Radius um das Kernforschungszentrum. Die Konzentrierung der routinemäßigen Umgebungsüberwachung - d. h. der Umgebungsüberwachung bei bestimmungsgemäßem Betrieb der kerntechnischen Anlagen des Kernforschungszentrums - auf diesen Entfernungsbereich trägt der Erfahrung Rechnung, daß außerhalb dieses Gebietes meßbare Immissionen nicht zu erwarten sind. Die aufgrund der atmosphärischen Ausbreitungsverhältnisse für den "Luftpfad" berechneten Immissionsmaxima, die sogenannten ungünstigsten Einwirkungsstellen, sind maximal 1,5 km vom Mittelpunkt des Kernforschungszentrums (FR2-Kamin) entfernt. Auch die Immissionsmaxima des "Wasserpfad" im Bereich des Linkenheimer Altrheins unterhalb der Einleitungsstelle der Abwässer des Kernforschungszentrums liegen innerhalb des routinemäßig überwachten Entfernungsbereiches. Die Gestalt des bestehenden Überwachungsnetzes von Meß- und Probenahmestellen wird weitgehend durch die meteorologischen Verhältnisse, die Lage der benachbarten Ortschaften, der natürlichen und künstlichen Wasserwege und der landwirtschaftlichen Nutzflächen bestimmt (siehe Lageplan nach S. 100).

Innerhalb des gesamten Überwachungsbereiches bildet der sogenannte betriebliche Überwachungsbereich des Kernforschungszentrums selbst - das ist die rund 2 km<sup>2</sup> große Fläche innerhalb des Zaunes - einen besonderen Bereich, da hier schon im normalen Betriebszustand der Anlagen eine erhöhte Ortsdosisleistung herrschen kann. Das Meßstellennetz ist deshalb hier (siehe Lageplan nach S. 102) wesentlich dichter als in der eigentlichen Umgebung.

Der Routineteil der Umgebungsüberwachung des Kernforschungszentrums Karlsruhe wurde auch 1980 nach der am 24. Mai 1978 vom Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung Baden-Württemberg gebilligten und am 1. Juni 1978 in Kraft getretenen Fassung des Umgebungsüberwachungsprogrammes durchgeführt.

Darüber hinaus wurde eine Vielzahl von Probenahmen und Messungen ausgeführt, die entweder das Routineprogramm direkt ergänzten (siehe Kap. 5.3.3) oder Untersuchungen zur Radioökologie des Tritiums dienten (siehe Kap. 5.6.7).

#### 5.3.1 Das Überwachungsprogramm

Neben der eingangs erwähnten räumlichen Aufteilung des Überwachungsprogrammes in betrieblichen Überwachungsbereich und äußeres Überwachungsgebiet gibt es eine meßtechnische Gliederung, der zufolge das Programm zweigeteilt ist: I. Direktmessung der Strahlung und II. Radioaktivitätsmessungen. Während Teil I der Erfassung möglicher Gefahren für den Menschen durch direkte Strahleneinwirkung von außen dient und Dosisgrößen ermittelt, dient Teil II der Erfassung einer möglichen Inkorporationsgefahr für den Menschen, indem der Radioaktivitätsgehalt von Probematerialien aus verschiedenen Umweltmedien bestimmt wird, die vom Menschen direkt oder indirekt aufgenommen werden können. Das auflagebedingte Routineüberwachungsprogramm des Kernforschungszentrums Karlsruhe erhielt dementsprechend folgende Struktur:

## I. Direktmessung der Strahlung

- I.1 Zählrohraußenstationen
- I.2 Zählrohr-Monitor-Anlage zur Überwachung des Betriebsgeländes
  - I.2.1 Betriebsgelände des KfK (ohne WAK)
  - I.2.2 Betriebsgelände der WAK
- I.3 Festkörperdosimeter

## II. Radioaktivitätsmessungen

- II.1 Aerosole
- II.2 Niederschlag
- II.3 Wasser
  - II.3.1 Oberflächenwasser
  - II.3.2 Grund- und Trinkwasser
- II.4 Biologisches Material
  - II.4.1 Schlamm
  - II.4.2 Seston
  - II.4.3 Fisch
  - II.4.4 Wasserpflanzen
  - II.4.5 Bewuchs
  - II.4.6 Pflanzliche Nahrungsmittel
  - II.4.7 Boden

Eine vollständige und detaillierte Beschreibung des Überwachungsprogrammes wird in KfK 2951 B gegeben. Im folgenden wird deshalb das Überwachungsprogramm nur in groben Zügen skizziert.

Zur Direktmessung der Strahlung befinden sich seit vielen Jahren zwei On-line-Systeme im Einsatz. Die Bedeutung dieser On-line-Systeme für die Umgebungsüberwachung des Kernforschungszentrums Karlsruhe liegt hauptsächlich in der raschen Verfügbarkeit von Meßwerten zur Abschätzung der äußeren Strahlenbelastung bei Stör- und Unfällen. Das eine System, die sogenannten Zählrohraußenstationen, dient der Überwachung der umliegenden Ortschaften im Umkreis bis zu 8 km Entfernung, das zweite System, die sogenannte Zählrohr-Monitor-Anlage, dient der Überwachung des betrieblichen Überwachungsbereiches. Beide On-line-Systeme sind in erster Linie als Maßnahmen der Störfallvorsorge zu begreifen und beschränken sich auf die Messung von  $(\beta+\gamma)$ -Strahlungspegeln und von  $\gamma$ -Ortsdosisleistungen.

Hauptgesichtspunkt bei der Auswahl der Standorte der Zählrohrstationen war es, jede nächstbenachbarte Ortschaft in der Umgebung des KfK mit einer Meßstation auszustatten. Die eingesetzten Detektoren sind empfindlich genug, um im Störfall auch bei Windrichtungen, die die Abluftfahne eines Emittenten genau in die Richtung zwischen zwei benachbarte Zählrohraußenstationen lenken, noch signifikante Erhöhungen des Strahlungspegels an den Flanken ihrer azimutalen Konzentrationsverteilung anzuzeigen. Sieben der insgesamt acht Zählrohrstationen sind Außenstationen, eine Meßstation befindet sich innerhalb des KfK (siehe Lageplan nach S. 100).

Die an den Zählrohraußenstationen registrierten Meßwerte des  $(\beta+\gamma)$ -Strahlungspegels können von der Zentralstation im KfK telefonisch abgefragt werden. Eine Information über den Strahlungspegel in einem Umkreis von 2 km bis 8 km stünde damit auch in einer Störfallsituation innerhalb weniger Minuten zur Verfügung. Routinemäßig erfolgt die Meßwertabfrage aller Zählrohrstationen alle 6 Stunden telefonisch und automatisch. Die Abb. 5/7 und 5/8 zeigen den schematischen Aufbau einer Zählrohraußenstation und der Zentralstation.



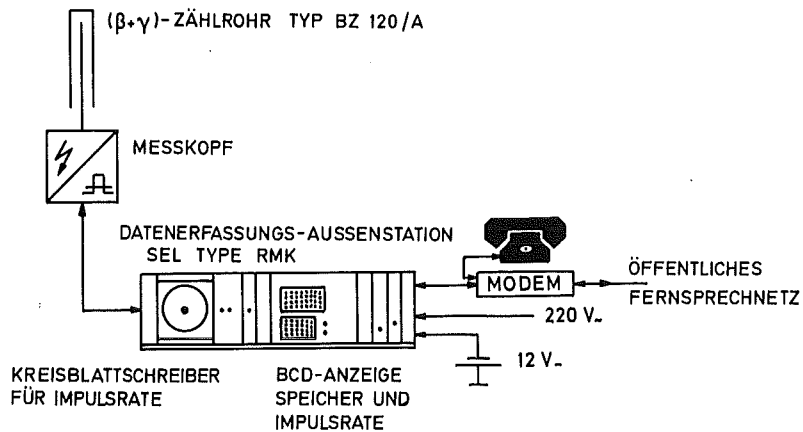


Abb. 5/7: Schematischer Aufbau einer telefonisch abfragbaren Zählrohrußenstation

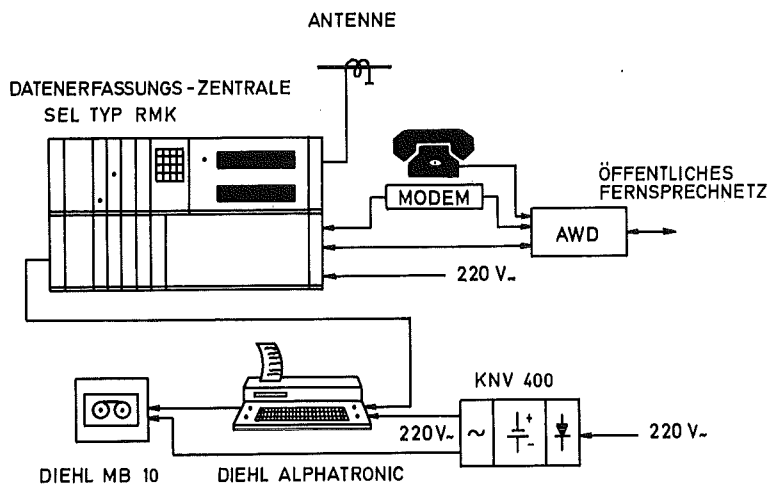


Abb. 5/8: Schematischer Aufbau der Zentralstation zur telefonischen Abfrage von Zählrohrußenstationen

Das zweite On-line-System, die Zählrohr-Monitor-Anlage für den betrieblichen Überwachungsbereich des KfK, besteht aus insgesamt 31 Meßstellen (siehe Lageplan nach S. 102) zur kontinuierlichen Messung der  $\gamma$ -Ortsdosisleistung. Zur Erfassung von Nieder- und Hochdosismeßbereichen werden zwei unterschiedliche Zählrohrtypen verwendet (siehe Abb. 5/9). Die eingesetzten Zählrohre wurden mit Energiekompensationsfiltern ausgestattet, um die einfallende Strahlung weitgehend energieunabhängig registrieren zu können. 13 Meßstellen der Zählrohr-Monitor-Anlage gestatten im Hinblick auf Unfallsituationen mit starken Strahlungsfeldern eine Registrierung der  $\gamma$ -Dosisleistung bis zu  $10^3$  rem/h (10 Sv/h). 14 weitere Meßstellen erfassen den unteren Meßbereich vom Nullpegel bis zu 10 mrem/h (100  $\mu$ Sv/h) und sind damit empfindlich genug, um auch das Auftreten geringfügiger Dosisleistungserhöhungen, z. B. als Folge von Transporten radioaktiver Abfälle, durch Warnschwellenüberschreitungen anzuzeigen. Vier Detektoren an der Grenze des Betriebsgeländes der Wiederaufbereitungsanlage (WAK) sind im Gegensatz zu allen anderen Meßstellen der Zählrohr-Monitor-Anlage nicht mit Energiekompensationsfiltern ausgerüstet, um die  $\beta$ -Empfindlichkeit dieser Zählrohre im Hinblick auf eine Erfassung der  $^{85}\text{Kr}$ -Emissionen zu erhalten.

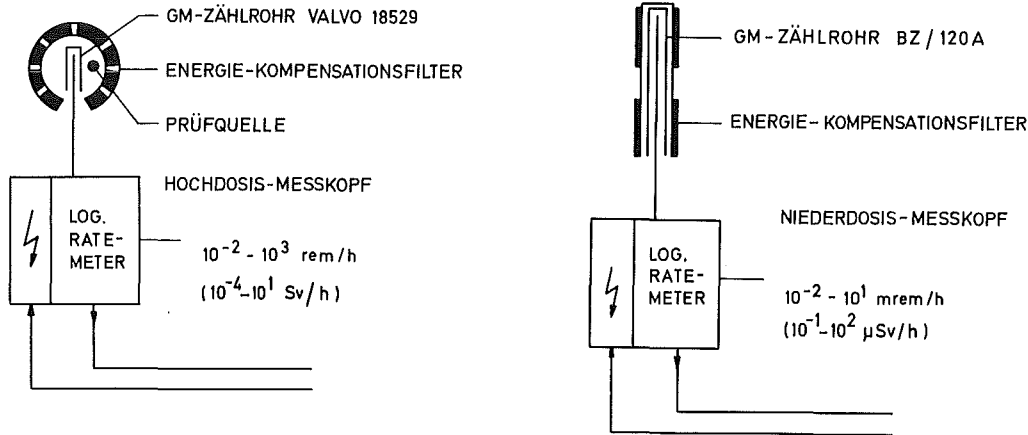


Abb. 5/9: Hoch- und Niederdosisleistungsmeßstellen der Zählrohr-Monitor-Anlage

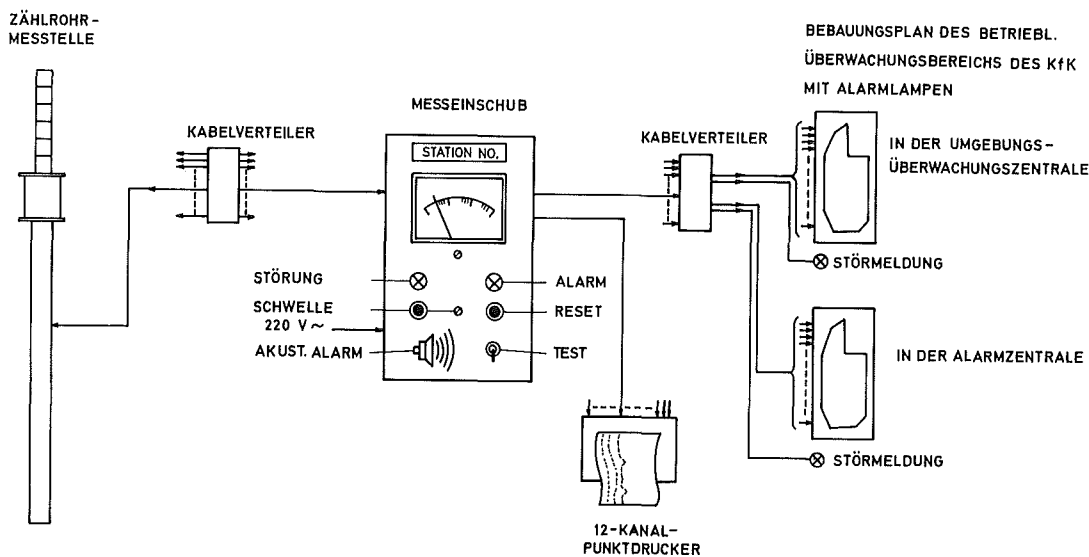


Abb. 5/10: Blockdiagramm der Zählrohr-Monitor-Anlage zur Überwachung der  $\gamma$ -Ortsdosisleistung im betrieblichen Überwachungsbereich

Die Anzeige- und Registriergeräte für die 31 Meßstellen der Zählrohr-Monitor-Anlage befinden sich in der Umgebungsüberwachungszentrale im Gebäude der Hauptabteilung Sicherheit. Die Meßwertübertragung von den Detektoren zu den Anzeigeeinstrumenten erfolgt über Meßleitungen von insgesamt mehr als 30 km Länge. Überschreitungen eingestellter Warn- bzw. Alarmschwellen werden sowohl in der Umgebungsüberwachungszentrale als auch in der Alarmzentrale optisch und akustisch angezeigt. Das Blockdiagramm der Zählrohr-Monitor-Anlage wird in Abb. 5/10 wiedergegeben.

Um das Auftreten erhöhter, eventuell emissionsbedingter Ortsdosisleistungen innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches einzelnen Emittenten sofort mit hoher Treffsicherheit zuordnen zu können, sind Erkenntnisse über die jeweils herrschenden meteorologischen Bedingungen und über die Emissionen erforderlich. In der Umgebungsüberwachungszentrale werden deshalb, ebenfalls on-line, sowohl meteorologische Daten als auch die Emissionsraten der wichtigsten Emittenten des KfK parallel angezeigt und registriert.

Seit 1979 stehen in der Umgebungsüberwachungszentrale die meteorologischen CALAS-Benutzerprogramme zur Darstellung aktueller Wetter- und Ausbreitungsdaten (siehe auch Kap. 7.2) zur Verfügung. Insbesondere können die Isolinien des Zeitintegrals der bodennahen Aktivitätskonzentration auf einem Farbdisplay graphisch dargestellt werden. Eine rechnerunabhängige Mindestinformation liefern weiterhin die Anzeigeeinstrumente zu je einer Windfahne und einem Anemometer in 40 m und 80 m Höhe auf dem meteorologischen Meßmast.

Zur Messung der örtlichen Verteilung der akkumulierten  $\gamma$ -Äquivalentdosis werden im Betriebsgelände, entlang der Grenze des betrieblichen Überwachungsbereiches und in der näheren Umgebung bis zu rund 3 km Entfernung Festkörperdosimeter eingesetzt. Dabei handelt es sich um dieselben Dosimetersysteme, die auch zur Personenüberwachung verwendet werden. Das Meßstellennetz umfaßt insgesamt 316 Meßstellen. Das äußere Meßstellennetz besteht aus 90 Meßstellen, die in zwei konzentrischen Ringen um das Kernforschungszentrum mit Durchmessern von 4 km und 6 km angeordnet sind, ergänzt durch 7 Meßstellen in den nächstbenachbarten Ortschaften (siehe Lageplan nach S. 100). 129 Grenzmeßstellen entlang des rund 6,5 km langen Zaunes sind in annähernd gleichen Abständen von ca. 50 m (siehe Lageplan nach S. 102) angeordnet. Weitere 40 Meßstellen sind annähernd nach einem Rechteckraster über das Betriebsgelände verteilt. Die restlichen Dosimeterstellen dienen der Überwachung im Bereich der Dekontaminationsbetriebe und der Wiederaufarbeitungsanlage. Auflagebedingt sind insgesamt 238 Meßstellen und ihre Ausstattung mit je zwei Thermolumineszenzdosimetern. Die Unterhaltung der übrigen 78 Meßstellen und der teilweise parallele Einsatz anderer Dosimetertypen dienen der Durchführung von Vergleichsmessungen, Testprogrammen oder innerbetrieblichen Überwachungszwecken.

Der zweite Teil des Umgebungsüberwachungsprogrammes betrifft die Radioaktivitätsmessungen. Die Lage der Probenahmearrichtungen innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches zeigt der Lageplan nach S. 102. Die Probenahmestellen in der Umgebung des Kernforschungszentrums zeigt die topographische Karte nach S. 100.

Der Umfang der für das Routineprogramm, für besondere Überwachungsmaßnahmen (siehe Kap. 5.3.3) und für Untersuchungen zur Radioökologie des Tritiums (siehe Kap. 5.6.7) erforderlich gewesenen Probenahmen und Aktivitätsmessungen geht aus Tab. 5/20 hervor.

Art der Proben	Zahl der Proben 1980
Aerosole auf feststehenden Einzelfiltern	348
Aerosole auf Schrittfilterband	1 460
Niederschlag	72
Grund- und Trinkwasser	362
Oberflächenwasser aus dem Hirschkanal	54
Schlamm aus dem Hirschkanal und Sedimente aus den 6 Sandfängen des Kanalisationsnetzes für Regen- und Kühlwasser	455
Proben von Schlamm, Seston, Fisch und Wasserpflanzen aus dem Altrhein unterhalb und oberhalb der Abwassereinleitung des KfK	16
Pflanzliche Nahrungsmittel, Bewuchs- und Bodenproben	32
Niederschlag, Trink- und Oberflächenwasser und pflanzliche Nahrungsmittel zur Bestimmung der Tritiumkontamination der Umwelt	1 118
sonstige Proben	253
S u m m e	4 170

Tab. 5/20: Art und Anzahl der Proben zur Bestimmung der Umweltradioaktivität

Für die Betreuung des ausgedehnten Meßstellennetzes der Umgebungsüberwachung (Kontrollen, Wartungsarbeiten, Kalibrierungen) und für die Probenahmen stand ein mit Funk ausgerüsteter VW-Transporter zur Verfügung. 1980 wurden insgesamt rund 9 000 km zurückgelegt.

### 5.3.2 Meßergebnisse des Routineprogrammes

Die Vermittlung einer Übersicht über die Fülle von Einzelmeßergebnissen des Überwachungsprogrammes ist, soweit dadurch interessante Details nicht verdeckt werden, nur durch Bildung von Mittelwerten oder Angabe von Schwankungsbereichen möglich. Die folgende zusammenfassende Darstellung der Meßergebnisse folgt der Gliederung des Überwachungsprogrammes und benutzt dabei die einzelnen Programmpunkte als Zwischenüberschriften.

#### I. Direktmessung der Strahlung

##### I.1 Zählrohraußenstationen

Tab. 5/21 zeigt die Jahresmittelwerte der  $(\beta+\gamma)$ -Impulsrate und die Schwankungsbereiche der telefonischen Abfrageergebnisse. Die telefonische Abfrage aller Zählrohrstationen erfolgte automatisch alle sechs Stunden. Die Zentralstation in der Umgebungsüberwachungszentrale steuert diese Abfrage der Zählrohrstationen und registriert alle einlaufenden Meßwerte. Darüber hinaus können von der Zentralstation aus im Bedarfsfall zu jeder Zeit Einzelabfragen der Zählrohrstationen vorgenommen werden.

Meßstellenstandorte	$(\beta+\gamma)$ -Strahlungspegel in Ipm		
	Jahresmittel	minimaler Abfragewert	maximaler Abfragewert
KfK	417	222	1 130
Leopoldshafen	430	301	1 791
Linkenheim	460	339	1 633
Meßhütte "Forsthaus"	385	392	908
Friedrichstal (10 Betriebsmonate)	460	331	1 961
Blankenloch	494	332	3 123
Karlsruhe	408	294	1 707
Eggenstein	437	340	1 655

Tab. 5/21: Meßergebnisse der Zählrohraußenstationen 1980

Die Monatsmittelwerte des Jahres 1980 der 7 Außenstationen streuen insgesamt zwischen rund 310 Ipm und 550 Ipm. Die Jahresmittelwerte liegen hingegen enger beieinander, so daß es gerechtfertigt erscheint, für diese Stationen einen Gesamtmittelwert für 1980 zu bilden. Er ergibt sich zu 436 Ipm.

Der Jahresmittelwert für die KfK-Station liegt mit 417 Ipm im Streubereich der Meßwerte von den Außenstationen. Die Bestrahlungen von Dosimetern, die mit unterschiedlicher Stärke und Dauer in der nur 140 m entfernten Eichhalle durchgeführt wurden, führten 1980 zu keiner signifikanten Erhöhung des Jahresmittelwertes der KfK-Station.

## I.2 Zählrohr-Monitor-Anlage zur Überwachung des Betriebsgeländes

### I.2.1 Überwachung der $\gamma$ -Ortsdosisleistung innerhalb des KfK (siehe Lageplan nach S. 102)

Der Nullpegel der  $\gamma$ -Ortsdosisleistung im KfK lag wie im Vorjahr an der unteren Meßbereichsgrenze von 10  $\mu\text{rem/h}$  (0,1  $\mu\text{Sv/h}$ ). Von den 14 Niederdosisleistungsmeßstellen mit einem Meßbereich von 10  $\mu\text{rem/h}$  (0,1  $\mu\text{Sv/h}$ ) bis 10  $\text{mrem/h}$  (0,1  $\text{mSv/h}$ ) befindet sich eine (Meßstelle Nr. 15) in der Eichhalle der HS/D. Die Registrierungen der  $\gamma$ -Dosisleistung dieser Meßstelle entsprechen zeitlich und dem Betrage nach den in der Eichhalle durchgeführten routinemäßigen Bestrahlungen.

1980 kam es lediglich an einer der übrigen 13 Meßstellen zu knappen Überschreitungen der eingestellten Warnschwelle von 1  $\text{mrem/h}$  (10  $\mu\text{Sv/h}$ ). Dabei handelte es sich um die Meßstelle Nr. 5 im Bereich des KNK. Die Warnschwellenüberschreitungen ereigneten sich aufgrund von Röntgenarbeiten im Betriebsgelände des KNK am 28.02. und am 06.03.1980 und dauerten insgesamt knapp sechs Stunden an. Die registrierten Höchstwerte lagen noch unter 1,1  $\text{mrem/h}$  (11  $\mu\text{Sv/h}$ ).

An den 11 Hochdosisleistungsmeßstellen der Zählrohr-Monitor-Anlage mit einem Meßbereich von 10  $\text{mrem/h}$  (0,1  $\text{mSv/h}$ ) bis 1000  $\text{rem/h}$  (10  $\text{Sv/h}$ ) wurde 1980 in keinem Fall - auch nicht kurzzeitig - eine  $\gamma$ -Ortsdosisleistung oberhalb der unteren Meßbereichsgrenze dieser Detektoren registriert.

Eine quantitative Auswertung der Registrierungen der Zählrohr-Monitor-Anlage erfolgt nicht. Die Registrierstreifen (rund 400 m pro Jahr) werden nach arbeitstäglicher Sichtkontrolle zur Dokumentation abgelegt.

### I.2.2 Überwachung an der Betriebsgeländegrenze der WAK (siehe Lageplan nach S. 102)

Zwei der insgesamt 6 Meßstellen sind Hochdosisleistungsmeßstellen. Im Meßbereich dieser Detektoren (siehe Programmpunkt I.2.1) wurden auch 1980 keine Meßwerte registriert. Der Streubereich des an den vier anderen Meßstellen kontinuierlich gemessenen ( $\beta+\gamma$ )-Strahlungspegels reichte 1980 von Meßwerten im Bereich des Nullpegels (ca.  $4 \cdot 10^2$  Ipm) bis zu einem Höchstwert von  $1,1 \cdot 10^4$  Ipm.

An drei dieser vier Meßstellen ereigneten sich 1980 Warnschwellenüberschreitungen. Die Ursachen waren entweder  $^{85}\text{Kr}$ -Freisetzungen im Zusammenhang mit Brennelementauflösungen oder Direktstrahlung aus Transportfahrzeugen mit abgebrannten Brennelementen.

Zählt man die Warnschwellenüberschreitungen an den einzelnen Meßstellen ohne Berücksichtigung der zum Teil identischen Ursachen, so ergibt sich eine Summe von 13 Ereignissen (1979: 72 Ereignisse).

## I.3 Festkörperdosimeter zur Überwachung der akkumulierten Strahlungsdosis

Das innere Meßstellennetz einschließlich der Dosimetermeßstellen entlang der Grenze des betrieblichen Überwachungsbereiches zeigt der Lageplan nach S. 102. Von den hier gezeigten Standorten gehören jedoch nur die fünf Meßstellen an der Betriebsgeländegrenze der WAK und die 129 Meßstellen entlang des betrieblichen Überwachungsbereiches (der Lageplan zeigt nur jede zweite Meßstelle!) zum auflagebedingten Überwachungsprogramm. Alle anderen in diesem Lageplan verzeichneten Meßstellen dienen besonderen Überwachungsmaßnahmen (siehe Kap. 5.3.3).

Aufgrund einer behördlichen Auflage wird seit Dezember 1979 die Ortsdosis in der unmittelbaren Umgebung des Ende 1979 fertiggestellten Pufferlagers I für LAW-Endabfälle mit Festkörperdosimetern überwacht. Das neue Pufferlagergebäude (Gebäude 519) ist im Lageplan nach S. 102 noch nicht enthalten. In einem Abstand von rund 10 m von den Gebäudeaußenwänden wurden sechs Meßstellen errichtet. Dosimeterwechsel und Messung erfolgen alle drei Monate. Die Überwachungsmaßnahme dient dem Nachweis der Einhaltung des Personendosisgrenzwertes im betrieblichen Überwachungsbereich gemäß § 61 der Strahlenschutzverordnung.

Die topographische Karte nach S. 100 zeigt das äußere Dosimetermeßstellennetz. Das Meßstellennetz besteht aus zwei konzentrischen Ringen um das KfK mit Durchmessern von 4 km (36 Meßstellen) und 6 km (54 Meßstellen). Ferner gehören dazu sieben der acht Dosimetermeßstellen an den Zählrohrstationen (siehe Programmpunkt I.1) in den nächstbenachbarten Ortschaften. Das Meßstellennetz ist insgesamt so dicht, daß von einer praktisch lückenlosen Überwachung der Dosisbelastung der Umgebung gesprochen werden kann.

Alle Meßstellen wurden einheitlich mit je einem Paar Thermolumineszenzdosimeter (LiF-Preßlinge, gekapselt mit 500 mg/cm<sup>2</sup> Plexiglas) ausgerüstet. Mit Ausnahme der 90 Meßstellen der beiden äußeren Meßstellenringe wurden alle Meßstellen zusätzlich mit je einem Paar kugelgekapselter Phosphatglasdosimeter bestückt. Die Möglichkeit von Mehrfachauswertungen der Glasdosimeter innerhalb längerer Expositionszeiträume erlaubt damit bei den Meßstellen des inneren Meßstellennetzes bei Bedarf auch rasch ausführbare Zwischenauswertungen.

Die routinemäßigen Expositionsintervalle betragen für alle Festkörperdosimeter jeweils rund sechs Monate. Alle Dosimeter, zum Schutz vor Witterungseinflüssen in Plastikbeutel eingeschweißt, werden jeweils im Mai und im November zur Ausmessung eingeholt. Zur Vermeidung einer zeitlichen Überwachungslücke werden gleichzeitig neue Dosimeter ausgehängt. Die Aufhängung erfolgt entweder an Bäumen oder an galgenförmig gebogenen Drähten, die an den oberen Enden von Aluminiumstandrohren 3 m über dem Boden befestigt sind.

Meßstellen		Jahresortsdosiswerte H											
		Glasdosimeter						TL-Dosimeter					
Gruppe	Zahl	H		H <sub>min</sub>		H <sub>max</sub>		H		H <sub>min</sub>		H <sub>max</sub>	
		mrem	µSv	mrem	µSv	mrem	µSv	mrem	µSv	mrem	µSv	mrem	µSv
Grenze des betrieblichen Überwachungsbereiches des KfK	129	67	670	42	420	78	780	62	620	55	550	72	720
Betriebsgeländegrenze der WAK	5	69	690	67	670	74	740	64	640	59	590	68	680
unmittelbare Umgebung des Zwischenlagers für LAW-Endabfälle (Geb. 519)	6	122	1220	103	1030	158	1580	128	1280	101	1010	179	1790
Meßstellenring um das KfK mit 4 km Durchmesser	36	-	-	-	-	-	-	58	580	52	520	62	620
Meßstellenring um das KfK mit 6 km Durchmesser	54	-	-	-	-	-	-	60	600	53	530	86	860
Zählrohrstationen (benachbarte Orte und KfK)	8	72	720	64	640	77	770	65	650	62	620	69	690

Tab. 5/22: Mittelwerte und Streubereich der mit Glas- und TL-Dosimetern gemessenen Jahresortsdosiswerte (Expositionszeit: November 1979 bis November 1980)

Für den Expositionszeitraum von November 1979 bis November 1980 ergaben sich für die auflagebedingten Meßstellen die in Tab. 5/22 zusammengestellten Jahresdosiswerte. Die mit Phosphatglas- und Thermolumineszenzdosimetern gemessenen Jahreswerte zeigen eine sehr gute Übereinstimmung. Die mit TL-Dosimetern ermittelte  $\gamma$ -Ortsdosis ergibt sich sowohl für die Grenze des betrieblichen Überwachungsbereiches als auch für den äußeren Überwachungsbereich zu rund 62 mrem (620  $\mu$ Sv). Das an der Grenze des betrieblichen Überwachungsbereiches des KfK gefundene und um rund 10 mrem/a (100  $\mu$ Sv/a) höhere Ortsdosismaximum liegt jedoch noch unter dem Ortsdosismaximum von 86 mrem/a (860  $\mu$ Sv/a) für den äußeren Meßstellenring, der die benachbarten Ortschaften schneidet.

## II. Radioaktivitätsmessungen

### II.1 Überwachung der Luft (Aerosole)

Mit Hilfe einer sogenannten Schrittfilteranlage in der Umgebungsüberwachungszentrale wird die Aerosolaktivität kontinuierlich überwacht. Die Luftansaugvorrichtung befindet sich auf dem Gebäudedach der HS (Gebäude Nr. 123). Der Filterbandtransport erfolgt schrittweise alle sechs Stunden. Die Messung der spezifischen  $\beta$ -Aktivität erfolgt während der 6-stündigen Bestäubung des Filterbandes und ein zweites Mal während des sich unmittelbar anschließenden 6-Stunden-Intervalles. Die mit zwei Endfensterzählrohren gemessenen  $\beta$ -Impulsraten werden kontinuierlich registriert, um eine rasche Beurteilung des Abklingverhaltens der  $\beta$ -Aktivität zu ermöglichen. Zur Bestimmung der langlebigen  $\alpha$ -Aktivität dient eine Verzögerungsstrecke, die einer Zeit von fünf Tagen entspricht. Zur Messung der spezifischen  $\alpha$ -Aktivität dient ein Methandurchflußzählrohr.

Eine Berichterstattung von Einzelmeßwerten erfolgt nur, wenn die folgenden Grenzwerte für die langlebige  $\alpha$ -Aktivität (nach fünf Tagen) und die  $\beta$ -Aktivität (am Ende des zweiten 6-Stunden-Intervalles) überschritten wurden:

$$a_{\alpha} = 0,4 \text{ pCi/m}^3 \text{ (14,8 mBq/m}^3\text{)} \text{ und } a_{\beta} = 100 \text{ pCi/m}^3 \text{ (3,7 Bq/m}^3\text{)}.$$

Überschreitungen der entsprechenden Impulsratenschwellwerte werden automatisch angezeigt. 1980 wurden diese Schwellwerte nie überschritten.

Zur Überwachung der Aerosolaktivität werden außerdem in den Meßhütten "West", "Nordost" und "Forsthaus" feststehende Einzelfilter eingesetzt. Die Meßhütten "West" und "Nordost" befinden sich innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches innerhalb der beiden Hauptausbreitungssektoren bezüglich der wichtigsten Emittenten des KfK (siehe Lageplan nach S. 102). Die Meßhütte "Forsthaus" ist identisch mit der Zählrohraußenstation gleicher Bezeichnung. Ihr Standort liegt nordöstlich der WAK (siehe Lageplan nach S. 100) und damit am Rande des Hauptausbreitungssektors, bezogen auf den Abluftkamin der WAK.

Die Luftstaubmessung erfolgt auf Filtern von 20 cm Durchmesser mit Hilfe von Aggregaten mit einer Saugleistung von ca. 25 m<sup>3</sup>/h. Der Filterwechsel erfolgt zweimal wöchentlich, jeweils montags und donnerstags. Die Bestimmung der langlebigen  $\alpha$ - und  $\beta$ -Aktivität erfolgt jeweils ca. sieben Tage nach der Filterentnahme. Darüber hinaus werden monatlich eine  $\gamma$ -spektrometrische Analyse der Aerosolaktivität und eine radiochemische Bestimmung von <sup>238</sup>Pu und <sup>239+240</sup>Pu durchgeführt. Dazu werden aus den Stapeln der übereinandergelegten Originalfilter eines Monats mehrere kleine Stapel von Filterscheiben mit 5 cm Durchmesser ausgestanzt. Die auf diese Weise entstehenden zylindrischen Filterpäckchen werden  $\gamma$ -spektrometrisch untersucht und anschließend zur Plutoniumbestimmung radiochemisch aufbereitet. Die durch  $\gamma$ -Spektrometrie dieser Proben ermittelten Aktivitätskonzentrationen von Einzelnucliden werden auf die Mitte des jeweiligen Sammelintervalles, also auf die Monatsmitte als fiktivem Probenahmezeitpunkt bezogen.

Die Ergebnisse der Überwachung der Aerosolaktivität wurden in den Tab. 5/23a bis 5/23c zusammengestellt.

Die Einzelmeßwerte der  $\alpha$ -Aktivitätskonzentration der Luft lagen 1980 zwischen  $<0,5$  fCi/m<sup>3</sup> ( $<20$   $\mu$ Bq/m<sup>3</sup>) und  $22,9$  fCi/m<sup>3</sup> ( $845$   $\mu$ Bq/m<sup>3</sup>). Die Jahresmittelwerte der langlebigen Gesamt- $\alpha$ -Aktivitätskonzentration liegen 1980 für alle drei Meßhütten unter  $1,5$  fCi/m<sup>3</sup> ( $55$   $\mu$ Bq/m<sup>3</sup>), was den Vorjahreswerten entspricht.

Als Folge der oberirdischen Zündung einer chinesischen Atombombe am 16. Oktober 1980 im Gebiet von Lop Nor stieg die Gesamt- $\beta$ -Aktivitätskonzentration der Luft im November und Dezember 1980 deutlich an. Die Monatsmittelwerte für November und Dezember 1980 lagen um den Faktor 2 über den Jahresdurchschnittswerten für die drei Meßhütten. Die Konzentrationsmaxima wurden an allen drei Meßhütten für das Aerosolsammelintervall vom 11. bis 15. Dezember 1980 ermittelt. Dabei ergab sich eine Gesamt- $\beta$ -Aktivitätskonzentration von rund  $145$  fCi/m<sup>3</sup> ( $5,4$  mBq/m<sup>3</sup>). Die Jahresmittelwerte der  $\beta$ -Aktivitätskonzentration der Luft lagen 1980 an den drei Meßhütten nur um  $4,3$  fCi/m<sup>3</sup> ( $160$   $\mu$ Bq/m<sup>3</sup>) auseinander. Der Gesamtmittelwert von  $29$  fCi/m<sup>3</sup> ( $1,1$  mBq/m<sup>3</sup>) liegt nur um  $9\%$  über dem Vorjahreswert.

Der Einfluß der chinesischen Atombombe spiegelt sich auch in den  $\gamma$ -spektroskopischen Untersuchungsergebnissen für die Monate November und Dezember 1980 wider (siehe hierzu auch Kap. 5.3.3).

Als Ergebnis der  $\gamma$ -spektroskopischen Untersuchung der monatlichen Filterpäckchen wurden in die Tab. 5/11 nur die Radionuklide aufgenommen, für die sich mindestens einmal bei der Ausmessung der Monatsfilterstapel von den drei Meßhütten ein Meßwert oberhalb der Nachweisgrenze ergeben hat. Lag umgekehrt auch nur einmal die Aktivitätskonzentration eines Nuklides unterhalb der erreichten Nachweisgrenze, so mußte deshalb der angegebene Mittelwert mit dem Zeichen "<" versehen werden. Im übrigen schwanken die bei den einzelnen Messungen für die Einzelnuclide erreichten Nachweisgrenzen allein aufgrund unterschiedlicher Luftdurchsätze, Halbleiterdetektoren und Meßzeiten erheblich.

Art der Aktivität bzw. Nuklid	Aktivitätskonzentration a					
	$\bar{a}$		$a_{\min}$		$a_{\max}$	
	fCi/m <sup>3</sup>	$\mu$ Bq/m <sup>3</sup>	fCi/m <sup>3</sup>	$\mu$ Bq/m <sup>3</sup>	fCi/m <sup>3</sup>	$\mu$ Bq/m <sup>3</sup>
langlebige $\alpha$ -Aktivität bezogen auf <sup>239</sup> Pu	<1,5	55	<0,5	<20	22,9	845
langlebige $\beta$ -Aktivität bezogen auf <sup>40</sup> K	28,7	1 060	7,0	260	149,0	5 515
<sup>60</sup> Co	<0,5	<20	<0,2	<10	<0,7	<25
<sup>95</sup> Zr	<1,5	<55	<0,5	<20	4,8	175
<sup>95</sup> Nb	<1,6	<60	<0,4	<15	6,5	240
<sup>103</sup> Ru	<1,6	<60	<0,3	<10	7,3	270
<sup>137</sup> Cs	<1,2	<45	<0,2	<10	3,8	140
<sup>140</sup> Ba, <sup>140</sup> La	<4,9	<180	<2,5	<90	7,8	290
<sup>141</sup> Ce	<1,7	<65	<0,4	<15	7,4	275
<sup>144</sup> Ce	<2,1	<80	<1,0	<40	4,6	170
<sup>7</sup> Be	71,1	2 630	41,8	1 545	121,9	4 510
<sup>239</sup> Pu und <sup>240</sup> Pu	0,028	1,0	0,007	0,26	0,109	4,0
<sup>238</sup> Pu	<0,033	<1,2	<0,002	<0,07	0,184	6,8

Tab. 5/23a: Mittelwerte und Schwankungsbereiche der Einzelmeßwerte der Aerosolaktivitätskonzentration 1980  
Sammelstelle: Meßhütte "Nordost"



Art der Aktivität bzw. Nuklid	Aktivitätskonzentration a					
	$\bar{a}$		$a_{min}$		$a_{max}$	
	fCi/m <sup>3</sup>	µBq/m <sup>3</sup>	fCi/m <sup>3</sup>	µBq/m <sup>3</sup>	fCi/m <sup>3</sup>	µBq/m <sup>3</sup>
langlebige α-Aktivität bezogen auf <sup>239</sup> Pu	<1,5	<55	<0,6	<20	5,7	210
langlebige β-Aktivität bezogen auf <sup>40</sup> K	31,3	1 150	8,0	295	147	5 440
<sup>60</sup> Co	<0,6	<20	<0,3	<10	<1,0	<40
<sup>95</sup> Zr	<2,0	<75	<0,7	<25	6,4	235
<sup>95</sup> Nb	<1,9	<70	<0,5	<20	7,6	280
<sup>103</sup> Ru	<1,9	<70	<0,4	<15	9,1	335
<sup>137</sup> Cs	<0,9	<35	<0,4	<15	3,1	115
<sup>140</sup> Ba <sup>140</sup> La	<5,0	<185	<2,9	<105	7,3	270
<sup>141</sup> Ce	<1,7	<65	<0,5	<20	9,6	355
<sup>144</sup> Ce	<2,1	<80	<1,3	<50	<3,5	<130
<sup>7</sup> Be	80,0	2 960	33,8	1 250	145,6	5 385
<sup>239</sup> Pu und <sup>240</sup> Pu	0,020	0,74	0,007	0,26	0,042	1,6
<sup>238</sup> Pu	<0,014	<0,52	0,004	0,15	0,038	1,4

Tab. 5/23b: Mittelwerte und Schwankungsbereiche der Einzelmeßwerte der Aerosolaktivitätskonzentration 1980  
Sammelstelle: Meßhütte "West"

Art der Aktivität bzw. Nuklid	Aktivitätskonzentration a					
	$\bar{a}$		$a_{min}$		$a_{max}$	
	fCi/m <sup>3</sup>	µBq/m <sup>3</sup>	fCi/m <sup>3</sup>	µBq/m <sup>3</sup>	fCi/m <sup>3</sup>	µBq/m <sup>3</sup>
langlebige α-Aktivität bezogen auf <sup>239</sup> Pu	<1,3	<50	<0,5	<20	4,5	165
langlebige β-Aktivität bezogen auf <sup>40</sup> K	27,0	1 000	8,0	295	140,0	5 180
<sup>60</sup> Co	<0,4	<15	<0,2	<10	<0,5	<20
<sup>95</sup> Zr	<1,3	<50	<0,5	<20	4,6	170
<sup>95</sup> Nb	<1,6	<60	<0,4	<15	7,4	275
<sup>103</sup> Ru	<1,3	<50	<0,3	<10	5,5	205
<sup>137</sup> Cs	<0,5	<20	<0,2	<10	1,3	50
<sup>140</sup> Ba <sup>140</sup> La	<4,1	<150	<2,4	<90	<7,3	270
<sup>141</sup> Ce	<1,4	<50	<0,4	<15	6,6	245
<sup>144</sup> Ce	<1,3	<50	<0,9	<35	<1,7	65
<sup>7</sup> Be	58,5	2 165	37,8	1 400	95,8	3 545
<sup>239</sup> Pu und <sup>240</sup> Pu	0,018	0,67	0,005	0,19	0,083	3,07
<sup>238</sup> Pu	<0,013	<0,48	0,003	0,11	0,052	1,92

Tab. 5/23c: Mittelwerte und Schwankungsbereiche der Einzelmeßwerte der Aerosolaktivitätskonzentration 1980  
Sammelstelle: Meßhütte "Forsthaus"

## II.2 Überwachung des Niederschlags

Auf den Meßhütten "Nordost" und "West" und nordöstlich der Wiederaufarbeitungsanlage (siehe Lageplan nach S. 102) werden Niederschläge gesammelt und zweimal monatlich ihre  $\alpha$ - und  $\beta$ -Aktivitätskonzentration und ihre Tritiumkonzentration gemessen. Eine radiochemische Strontiumbestimmung und eine  $\gamma$ -spektrometrische Untersuchung werden nur bei Überschreitung des vorgegebenen Grenzwertes von 200 pCi/l (7,4 Bq/l) für die  $\beta$ -Gesamtkonzentration vorgenommen.

Eine Übersicht über die 1980 mit dem Niederschlag der Flächeneinheit des Bodens zugeführte Radioaktivität gibt Tab. 5/24.

Sammelort	Niederschlagsmenge in mm	Jahres-Flächenbelastung 1980					
		$A_{\alpha}$		$A_{\beta}$		$A_{3H}$	
		nCi/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>	nCi/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>	nCi/m <sup>2</sup>	kBq/m <sup>2</sup>
Meßhütte "West"	759	<2,6	<97	<7,2	<266	<211	<7,8
Meßhütte "Nordost"	730	<2,5	<93	<6,0	<222	391	14,5
WAK	727	<2,5	<93	<5,8	<215	701	25,9

Tab. 5/24: Radioaktivität im Niederschlag 1980

Von 72 Einzelmeßwerten der  $\alpha$ -Aktivitätskonzentration im Jahre 1980 lagen 58 unter der Nachweisgrenze (deshalb auch das Zeichen "<" vor den Flächenbelastungen in Tab. 5/24). So kann nur ausgesagt werden, daß für alle drei Sammelstellen die Jahresmittelwerte der  $\alpha$ -Aktivitätskonzentration unter 3,5 pCi/l (130 mBq/l) und die  $\alpha$ -Flächenbelastungen unter 2,6 nCi/m<sup>2</sup> (97 Bq/m<sup>2</sup>) lagen.

Im Gegensatz zum Vorjahr lagen 1980 auch zahlreiche Einzelmeßwerte der Gesamt- $\beta$ -Aktivitätskonzentration der Niederschläge unter der Nachweisgrenze, weshalb in Tab. 5/24 die Jahressummen der  $\beta$ -Aktivitätsflächenbelastung mit dem Zeichen "<" versehen wurden. Die Jahressummen der nachgewiesenen  $\beta$ -Aktivitätsflächenbelastung (Werte kleiner Nachweisgrenze wurden bei der Addition gleich Null gesetzt), die in Tab. 5/25 aufgeführt wurden, liegen jedoch nur geringfügig unter den Jahressummen in Tab. 5/24.

Für einen Vergleich der  $\beta$ -Aktivität der Niederschläge 1980 mit dem Vorjahr und für einen Vergleich der entsprechenden Werte für verschiedene Sammelorte soll von den Werten der nachgewiesenen Aktivität ausgegangen werden (siehe Tab. 5/25). Für die drei Niederschlagssammelstellen innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches des KfK ergeben sich im Gegensatz zum Vorjahr deutliche Unterschiede. Die Jahresniederschlagsmengen waren 1979 und 1980 an den drei Sammelstellen praktisch gleich groß. Für die Meßhütte "West" ergibt sich ein Zuwachs der  $\beta$ -Aktivitätsflächenbelastung von rund 27 % gegenüber 1979. Für die Meßhütte "Nordost" ist die Flächenbelastung praktisch konstant geblieben und für die Sammelstelle "WAK" hat sie gegenüber 1979 um rund 11 % abgenommen.

Zum Vergleich mit den Meßwerten für das KfK wurden in die Tab. 5/25 die Meßwerte des Deutschen Wetterdienstes (DWD) für Stuttgart und Saarbrücken und die Mittelwerte für 19 Orte auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland aufgenommen. Für Stuttgart ergab sich das Minimum, für Saarbrücken das Maximum der  $\beta$ -Aktivitätsflächenbelastung 1980. Die Meßwerte für das KfK liegen innerhalb dieses Schwankungsbereiches und zugleich sehr nahe bei dem Mittelwert der 19 Orte in der Bundesrepublik. Bundesweit ergab sich für 1980 ein mittlerer Wert für die  $\beta$ -Aktivitätsbelastung, der bei ebenfalls im Mittel gleichgebliebener Jahresniederschlagsmenge um rund 17 % unter dem Wert für 1979 liegt.

Sammelort	Jahresmittelwert der β-Aktivitätskonzentration		Nachgewiesene β-Aktivitätsflächen- belastung		$\bar{a}_\beta$ (80)	$A_\beta$ (80)	Verhältnis der Niederschlags- mengen $\frac{M(80)}{M(79)}$ q
	$\bar{a}_\beta$ (80)		$A_\beta$ (80)		$\bar{a}_\beta$ (79)	$A_\beta$ (79)	
	pCi/l	mBq/l	nCi/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>	f**	p	
Meßhütte "West"	9,2	340	7,0	260	1,23	1,27	1,03
Meßhütte "Nordost"	7,7	285	5,6	210	1,04	1,04	1,00
WAK	6,9	255	5,0	185	0,91	0,89	0,98
Stuttgart*	4,5	165	2,4	90	0,68	0,62	0,91
Saarbrücken*	15,4	570	15,4	570	1,26	1,20	0,95
Mittelwerte für 19 Orte auf dem Gebiet der BRD*	7,1	260	6,8	250	0,84	0,83	0,99

\*Meßwerte des DWD; \*\*f =  $\frac{p}{q}$

Tab. 5/25: Vergleich der Gesamt-β-Aktivität des Niederschlages 1980/1979

Die β-Aktivitätsflächenbelastungen an den drei Sammelstellen innerhalb des KfK erreichten allein für die Monate November und Dezember 1980 zwischen 30 % und 36 % der Jahresflächenbelastung. Dies ist, wie durch γ-spektroskopische Untersuchungen der Niederschläge gezeigt werden konnte, auf den Einfluß der chinesischen Atombombe (oberirdische Zündung am 16. Oktober 1980) zurückzuführen. Für die ersten 10 Monate des Jahres 1980 betrug die mittlere β-Aktivitätsflächenbelastung für den betrieblichen Überwachungsbereich des KfK rund 4,3 mCi/km<sup>2</sup> (160 MBq/km<sup>2</sup>). Als Mittelwert für das Bundesgebiet ergibt sich für denselben Zeitraum eine Flächenbelastung von 4,6 mCi/km<sup>2</sup> (170 MBq/km<sup>2</sup>).

Im Falle der Tritiumflächenbelastung (siehe Tab. 5/24) wird der atmosphärische Tritiumanteil stark von Tritiumimmissionen überlagert, deren Ursache in den Tritiumableitungen mit der Abluft der beiden schwerwassermoderierten Reaktoren MZFR und FR2, der WAK und der FERAB-Anlage liegt (siehe Kap. 5.1).

Die Tritiumflächenbelastung innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches des KfK wurde 1981 an sechs verschiedenen Stellen überwacht. Die Tritiumimmissionen sind im Nahbereich der Emittenten starken zeitlichen und örtlichen Schwankungen unterworfen. Die hier gemessenen Tritiumflächenbelastungen erreichten 1981 Werte zwischen rund 200 nCi/m<sup>2</sup> (7,4 kBq/m<sup>2</sup>) und 2 000 nCi/m<sup>2</sup> (74 kBq/m<sup>2</sup>). Für die nähere Umgebung des KfK bis zu Entfernungen von rund 12 km betrug die mittlere Tritiumflächenbelastung 1981 nur rund 150 nCi/m<sup>2</sup> (5,6 kBq/m<sup>2</sup>). Nähere Angaben hierzu enthält Kap. 5.6.7.1. Für die Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration des Niederschlages ergibt sich bei Zugrundelegung einer mittleren Niederschlagsmenge von rund 740 mm ein Streubereich von 0,27 nCi/l (10 Bq/l) bis 2,7 nCi/l (100 Bq/l).

II.3 Überwachung des Wassers (siehe Lageplan nach S. 100)

II.3.1 Oberflächenwasser

Die  $\alpha$ - und  $\beta$ -Bruttoaktivität und die Tritiumaktivität des Hirschkanals werden durch kontinuierliche Probenahme von Oberflächenwasser nahe der NO-Ecke des Kernforschungszentrums überwacht. Die Probenahmestelle liegt unterhalb der Wasserausläufe der sechs Sandfänge des Kernforschungszentrums, über die alle Regen- und Kühlwasser des KfK (ca.  $3 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/a) in den Hirschkanal eingeleitet werden. Die Aktivität wird wöchentlich in kontinuierlich entnommenen Mischproben bestimmt. Die nach dem Überwachungsprogramm bei  $\beta$ -Aktivitätskonzentrationen der Wochenmischproben von  $>20$  pCi/l ( $>740$  mBq/l) vorgesehenen  $\gamma$ -spektrometrischen Untersuchungen mußten nur in zwei Fällen durchgeführt werden (siehe hierzu Kap. 5.3.3). Die Meßwerte aller anderen Wochenmischproben lagen deutlich unter diesem Grenzwert.

Die Meßergebnisse für 1980 wurden in Tab. 5/26 zusammengefaßt.

82 % der Wochenmittelwerte der  $\alpha$ -Aktivitätskonzentration und 33 % der Wochenmittelwerte der  $\beta$ -Aktivitätskonzentration lagen unter der jeweiligen Nachweisgrenze.

Langlebige Aktivität	Schwankungsbereich der 52 Wochenmittelwerte		Jahresmittelwert	
	$\alpha$	<1,4 bis 2,6 pCi/l	<52 bis 96 mBq/l	<1,7 pCi/l
Rest- $\beta$	<0,8 bis 400 pCi/l	<0,03 bis 15 Bq/l	<10,5 pCi/l	<0,4 Bq/l
<sup>3</sup> H	0,2 bis 1,3 nCi/l	7 bis 48 Bq/l	0,57 nCi/l	21 Bq/l

Tab. 5/26: Radioaktivität des Oberflächenwassers im Hirschkanal 1980

II.3.2 Grund- und Trinkwasser

Überwacht wurden die Wasserwerke "Süd" und "Tiefgestade" des Kernforschungszentrums, die Wasserwerke Leopoldshafen, Linkenheim-Hochstetten und Karlsruhe-Hardtwald, die beiden Schluckbrunnen der WAK sowie der Beobachtungsbrunnen P zwischen dem KfK und Linkenheim (siehe Lageplan nach S. 100). Einen Überblick über die Ergebnisse der Überwachung vermittelt Tab. 5/27. Auch hier erreichten die  $\beta$ -Aktivitätskonzentrationen nie den Grenzwert von 20 pCi/l (740 mBq/l), so daß eine  $\gamma$ -spektrometrische Analyse der Proben in keinem Fall erforderlich war.

93 %, 83 % bzw. 3 % der insgesamt 30 untersuchten Grundwasserstichproben lieferten Meßwerte unterhalb der jeweiligen Nachweisgrenze für die  $\alpha$ -,  $\beta$ - bzw. Tritiumaktivität. Alle gebildeten Jahresmittelwerte waren deshalb mit dem Zeichen "<" zu versehen.

Langlebige Aktivität	Schwankungsbereich der Einzelmeßwerte (Stichproben von acht Stellen)		Jahresmittelwert	
	$\alpha$	<1,4 bis 2,3 pCi/l	<52 bis 85 mBq/l	<1,9 pCi/l
Rest- $\beta$	<0,9 bis 2,6 pCi/l	<33 bis 96 mBq/l	<1,06 pCi/l	<39 mBq/l
<sup>3</sup> H	<0,15 bis 0,8 nCi/l	<6 bis 30 Bq/l	<0,42 nCi/l	<16 Bq/l

Tab. 5/27: Radioaktivität in Grund- und Trinkwasser 1980

II.4 Überwachung von biologischem Material (siehe Lageplan nach S. 100)

Dem Altrhein, einem früheren Seitenarm des Rheines, der für die Abwässer des Kernforschungszentrums als Vorfluter dient, werden in größeren zeitlichen Abständen Schlamm- und Sestonproben sowie Fische und Wasserpflanzen entnommen. Für die Kühl- und Regenwässer aus dem KfK dient der Hirschkanal als Vorfluter. Der Radioaktivitätsgehalt von Schlammproben aus dem Hirschkanal wird wöchentlich überwacht. Den Verlauf der beiden als Vorfluter dienenden Oberflächengewässer zeigt der Lageplan nach S. 100.

Die Überwachung von Bodenproben, Futterpflanzen und landwirtschaftlichen Produkten wie Weizen, Blatt- und Wurzelgemüse wird stichprobenartig durchgeführt. Die Probenahmen erfolgen in den beiden Hauptausbreitungsektoren.

Alle hier genannten Probematerialien werden auf ihren Gehalt an langlebiger  $\alpha$ - und  $\beta$ -Aktivität untersucht. Für die meisten Proben wird die spezifische Aktivität von Einzelnucliden durch  $\gamma$ -Spektrometrie ermittelt. An einer begrenzten Anzahl von Proben werden außerdem radiochemische Analysen zur Bestimmung ihres Strontium- und Plutoniumgehaltes durchgeführt.

II.4.1 Schlamm

Die Überwachung der Radioaktivität des Schlamms im Hirschkanal erfolgt anhand von wöchentlich geschöpften Stichproben. Die Probenahmestelle liegt in der Nähe der NO-Ecke des KfK und damit unterhalb der sechs Kühl- und Regenwassereinleitungsstellen hinter den sogenannten Sandfängen (siehe Lageplan nach S. 100). Darüber hinaus ist die spezifische Aktivität von Einzelnucliden durch  $\gamma$ -Spektrometrie zu ermitteln, wenn die spezifische  $\alpha$ -Gesamtaktivität der Proben 10 pCi/g TS (370 mBq/g TS) oder die spezifische  $\beta$ -Gesamtaktivität 30 pCi/g TS (1,11 Bq/g TS) übersteigt. Dies war 1980 mit Ausnahme von 12 Wochen stets der Fall.

Tab. 5/28 zeigt die aus den Ergebnissen der Wochenproben ermittelten Jahresmittelwerte  $\bar{a}$  und die Schwankungsbereiche  $a_{\min} \dots a_{\max}$  der Meßwerte der  $\alpha$ - und  $\beta$ -Gesamtaktivität und der nachgewiesenen Einzelnuclide.

Art der Aktivität bzw. Nuklid	$\bar{a}$		$a_{\min}$		$a_{\max}$	
	pCi/g TS	mBq/g TS	pCi/g TS	mBq/g TS	pCi/g TS	mBq/g TS
langlebige $\alpha$ -Aktivität (bezogen auf $^{239}\text{Pu}$ )	6,1	226	1,5	56	18,3	677
langlebige $\beta$ -Aktivität (bezogen auf $^{40}\text{K}$ )	42,7	1 580	22,3	825	208,0	7 700
$^{54}\text{Mn}$	<0,08	<3	<0,04	<1,5	<0,14	<5
$^{60}\text{Co}$	<0,25	<9	<0,04	<1,5	1,1	41
$^{106}\text{Ru}$	<1,77	<65	<0,43	<16	12	444
$^{125}\text{Sb}$	<0,33	<12	<0,14	<5	1,5	56
$^{134}\text{Cs}$	<0,74	<27	<0,05	<2	3,7	137
$^{137}\text{Cs}$	17,0	630	2,90	107	66,0	2 440
$^{141}\text{Ce}$	<0,09	<3	<0,04	<1,5	0,13	5
$^{144}\text{Ce}$	<11,2	<414	<0,30	<11	63,0	2 330
$^{154}\text{Eu}$	<0,16	<6	<0,10	<4	1,2	44
$^{155}\text{Eu}$	<0,28	<10	<0,20	<7	1,8	67
$^{241}\text{Am}$	<1,10	<41	<0,04	<1,5	11,4	422

Tab. 5/28: Spezifische Aktivität  $a$  der 1980 wöchentlich aus dem Hirschkanal geschöpften Schlammproben

Unter den 11 nachgewiesenen Einzelnucliden dominiert  $^{137}\text{Cs}$ , das auch als einziges Nuclid in allen Proben gefunden wurde. Für das Verhältnis  $a(^{137}\text{Cs})/a(^{134}\text{Cs})$  ergibt sich für 1980 ein Mittelwert von 23,1. Das gegenüber dem Vorjahr erweiterte Spektrum nachgewiesener Nuclide und die Maxima der spezifischen Aktivität der Schlammproben spiegeln die Auswirkungen des WAK-Zwischenfalles vom Juni 1980 wider (siehe hierzu Kap. 5.3.3).

Zur Überwachung des Altrheins, dem Vorfluter für die geklärten Chemie- und Fäkalabwässer des KfK, sind monatlich Schlammproben im Altrhein bei Leopoldshafen, ca. 80 m unterhalb der Abwassereinleitungsstelle, zu entnehmen (siehe Lageplan nach S. 100). Die Plutoniumüberwachung erfolgt an vierteljährlichen Stichproben. Jahresmittelwerte und Streubreite der Meßergebnisse wurden in Tab. 5/29 zusammengestellt.

Art der Aktivität	unterhalb						oberhalb			
	$\bar{a}_{80}$		$a_{\min}$		$a_{\max}$		a (13.03.80)		a (26.09.80)	
	pCi/gTS	mBq/gTS	pCi/gTS	mBq/gTS	pCi/gTS	mBq/gTS	pCi/gTS	mBq/gTS	pCi/gTS	mBq/gTS
langlebige $\alpha$ -Aktivität (bezogen auf $^{239}\text{Pu}$ )	8,1	300	2,9	107	13,3	492	3,4	126	2,6	96
langlebige $\beta$ -Aktivität (bezogen auf $^{40}\text{K}$ )	22,0	814	16,8	622	30,0	1 110	19,3	714	13,7	507
$^{239}\text{Pu}$ und $^{240}\text{Pu}$	0,2	7,4	0,02	0,7	0,42	15,5	-	-	-	-
$^{238}\text{Pu}$	0,18	6,7	0,02	0,7	0,34	12,6	-	-	-	-

Tab. 5/29: Spezifische Aktivität a der Schlammproben aus dem Altrhein bei Leopoldshafen 1980, unterhalb und oberhalb der Einleitungsstelle der KfK-Abwässer

Das Überwachungsprogramm fordert außerdem halbjährlich die Entnahme einer Schlammprobe oberhalb der Abwassereinleitungsstelle und die Bestimmung ihrer spezifischen  $\alpha$ - und  $\beta$ -Gesamtaktivität. Die geforderten Probenahmen erfolgten im März und September 1980 an der Altrheinbrücke in Leopoldshafen. Die Meßergebnisse wurden ebenfalls in Tab. 5/29 eingetragen.

Das Überwachungsprogramm sieht, wie für die Schlammproben aus dem Hirschkanal, eine  $\gamma$ -spektrometrische Untersuchung des Altrheinschlammes für den Fall vor, daß die spezifische  $\alpha$ -Aktivität 10 pCi/g TS (380 mBq/g TS) oder die spezifische  $\beta$ -Aktivität 30 pCi/g TS (1,11 Bq/g TS) übersteigt. Dies war 1980 nur dreimal der Fall. Bei der  $\gamma$ -spektrometrischen Untersuchung dieser drei Proben konnten außer  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  und  $^{144}\text{Ce}$  keine weiteren künstlichen Radionuclide nachgewiesen werden. Für  $^{137}\text{Cs}$  ergaben sich Werte zwischen 1,6 nCi/kg TS (60 Bq/kg TS) und 2,4 nCi/kg TS (89 Bq/kg TS). Für die Nuclide  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  und  $^{144}\text{Ce}$  wurden maximal 0,3 nCi/kg TS (11 Bq/kg TS), 0,16 nCi/kg TS (6 Bq/kg TS) und 0,54 nCi/kg TS (20 Bq/kg TS) nachgewiesen.

II.4.2 Seston

Die Sestonprobenahme im Altrhein unterhalb der Einleitungsstelle der Abwässer aus dem KfK (siehe Lageplan nach S. 100) wurden 1980 auflagegemäß vierteljährlich durchgeführt.

Eine Übersicht über die Seston-Meßergebnisse vermittelt Tab. 5/30.

Altrhein bei Leopoldshafen, unterhalb der Abwassereinleitung									
1 9 8 0	Probe- nahme- datum	spezifische Aktivität a nach ca. 7 Tagen				spezifische Plutoniumaktivität			
Quartal		$a_{\alpha}$		$a_{\beta}$		$^{239+240}\text{Pu}$		$^{238}\text{Pu}$	
		pCi/gTS	mBq/gTS	pCi/gTS	mBq/gTS	pCi/gTS	mBq/gTS	pCi/gTS	mBq/gTS
1.	15.02.	11,3	418	25,8	955	0,04	1,5	0,03	1,1
2.	22.05.	14,9	551	34,2	1 265	0,21	7,8	0,15	5,6
3.	27.08.	5,7	211	22,7	840	0,08	3,0	0,06	2,2
4.	21.11.	5,7	211	20,2	747	0,22	8,1	0,17	6,3
Mittelwerte		9,4	348	25,7	951	0,14	5,2	0,10	3,7

Tab. 5/30: Spezifische Aktivität der Sestonproben aus dem Altrhein bei Leopoldshafen 1980 unterhalb der Einleitungsstelle für die KfK-Abwässer

II.4.3 Fisch

Der Überwachung des Vorfluters dienen vor allem die halbjährlichen Probenahmen von Fisch. Nach dem Überwachungsprogramm sollen möglichst Fried- und Raubfische untersucht werden, wobei die Bestimmung der spezifischen  $\alpha$ - und Rest- $\beta$ -Aktivität durch nuklidspezifische Bestimmungen des  $^{40}\text{K}$ - und  $^{90}\text{Sr}$ -Gehaltes und durch  $\gamma$ -spektrometrische Messungen zu ergänzen sind. Die Meßergebnisse für 1980 wurden in Tab. 5/31 zusammengefaßt. Gemessen wurde der Aktivitätsgehalt des allein für die Ingestionsdosis relevanten Fischfleisches.

Fischart	Brachse		Hecht		Barsch	
Probenahmedatum	12.04.1980		12.04.1980		01.11.1980	
Nuklid bzw. Art der Aktivität	nCi/kg FS	Bq/kg FS	nCi/kg FS	Bq/kg FS	nCi/kg FS	Bq/kg FS
langlebige Rest- $\beta$ -Aktivität (bezogen auf $^{40}\text{K}$ )	<1,1	<42	<1,4	<52	<1,2	<44
$^{40}\text{K}$	2,6	94	3,8	141	2,9	107
$^{90}\text{Sr}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-4}$	-	-	$5 \cdot 10^{-3}$	<0,2
$^{137}\text{Cs}$	0,04	1,6	0,05	1,7	0,07	2,7

Tab. 5/31: Radioaktivitätsgehalt von Fisch aus dem Altrhein bei Leopoldshafen 1980

#### II.4.4 Wasserpflanzen

Die Ergebnisse der halbjährlich durchgeführten Überwachung des Aktivitätsgehaltes von Wasserpflanzen aus dem Altrhein wurden in Tab. 5/32 dargestellt. Bei der  $\gamma$ -spektrometrischen Untersuchung konnten nur die künstlichen Radionuklide  $^{137}\text{Cs}$  und  $^{134}\text{Cs}$  nachgewiesen werden.

Pflanzenart	Schilf		Iridazeen		Schilf		Sumpfschilf	
Probenahmedatum	1. Halbjahr 1980 19. Mai				2. Halbjahr 1980 04. November			
Nuklid bzw. Art der Aktivität	spezifische Aktivität							
	pCi/g TS	mBq/g TS	pCi/g TS	mBq/g TS	pCi/g TS	mBq/g TS	pCi/g TS	mBq/g TS
Rest- $\beta$ (nach ca. 7 Tagen)	<11	<407	<12,5	<463	<8	<300	<10	<370
$^{40}\text{K}$	25	925	36	1 330	20	740	20	740
$^{134}\text{Cs}$	<0,02	<0,7	<0,03	<1,1	<0,02	<0,7	0,12	4,4
$^{137}\text{Cs}$	<0,02	<0,7	<0,03	<1,1	0,07	2,6	0,30	11,0

Tab. 5/32: Ergebnisse der halbjährlichen Untersuchung des Radioaktivitätsgehaltes von Wasserpflanzen aus dem Altrhein bei Leopoldshafen unterhalb der Einleitungsstelle der KfK-Abwässer

#### II.4.5 Bewuchs

Die Probenahmebereiche für landwirtschaftliche Produkte wie Futterpflanzen und pflanzliche Nahrungsmittel (Programmpunkte II.4.5 und II.4.6) entsprechen den beiden Hauptwindrichtungssektoren. Diese Bereiche (siehe Lageplan nach S. 100) wurden auf folgende Weise ermittelt:

Die am meteorologischen Meßmast des KfK über einen Zeitraum von 10 Jahren ermittelte Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen weist zwei Hauptsektoren aus: 1. Wind aus  $205^\circ - 245^\circ$  und 2. Wind aus  $45^\circ - 75^\circ$ . Diesen beiden Hauptwindrichtungssektoren entsprechen die beiden Hauptausbreitungssektoren  $\Delta\phi_1 = 25^\circ - 65^\circ$  nordöstlich des KfK und  $\Delta\phi_2 = 225^\circ - 255^\circ$  westsüdwestlich des KfK. Die Winkel  $\Delta\phi_1$  und  $\Delta\phi_2$  wurden an den Standorten der Abluftkamine der sieben wichtigsten Emittenten des KfK mit Emissionshöhen zwischen 60 m und 100 m angebracht.

Als innere radiale Begrenzung der verschiedenen Hauptausbreitungssektoren wurde der Grenzzaun des betrieblichen Überwachungsbereiches gewählt, als äußere radiale Begrenzung ein Radius von jeweils 5 km, was bei Zugrundelegung einer mittleren Diffusionskategorie etwa jener Entfernung vom Emittenten entspricht, in der noch ca. 10 % der maximalen Immissionskonzentration zu erwarten sind. Als Probenahmebereiche wurden nun jene beiden quasi einhüllenden Sektorstücke festgelegt, die sich aus den jeweils äußersten Winkelstrahlen und den am weitesten entfernten Bogenstücken ergaben. Die tatsächlichen Probenahmebereiche für Futterpflanzen und zum Verzehr bestimmte landwirtschaftliche Produkte werden jedoch durch bewaldete und bebaute Gebiete innerhalb der schmetterlingsähnlichen Figur der beiden Hauptsektoren weiter eingengt.



Das Überwachungsprogramm für Bewuchs sieht eine halbjährliche Probenahme von Gras oder anderen Futterpflanzen in den beiden Hauptausbreitungssektoren (Raum Eggenstein-Leopoldshafen und Raum Friedrichstal) und bei Durlach (Landwirtschaftliche Versuchsanstalt Grötzingen, als Referenzstelle) vor. Zu bestimmen sind jeweils die spezifische  $\beta$ -Gesamt- und  $^{40}\text{K}$ -Aktivität. Eine  $\gamma$ -spektrometrische Untersuchung wird nur dann vorgenommen, wenn die spezifische  $\beta$ -Aktivität 50 pCi/g TS (1,85 Bq/g TS) übersteigt, was 1980 nie der Fall war. Die spezifische  $\beta$ -Gesamtaktivität lag 1980 an diesen drei Stellen im Mittel noch unter 28 pCi/g TS (1 Bq/g TS). Der Schwankungsbereich der Meßwerte war gering.

#### II.4.6 Pflanzliche Nahrungsmittel

Dieser Programmpunkt sieht Probenahmen von Weizen, Blattgemüse und Spargel jeweils jährlich zur Erntezeit in den beiden Hauptausbreitungssektoren (siehe Beschreibung unter Programmpunkt II.4.5) vor. Zu messen sind jeweils die spezifische  $\beta$ -Gesamt- und  $^{40}\text{K}$ -Aktivität. Ferner sind  $\gamma$ -spektrometrische Analysen durchzuführen. Über das auflagebedingte Programm hinausgehend wurden Proben verschiedener Kohl- und Wurzelgemüse ausgemessen. Insgesamt wurden 15 verschiedene landwirtschaftliche Produkte untersucht. Die Meßergebnisse der insgesamt 21 Proben wurden in Tab. 5/33 zusammengestellt. Außer Spuren von  $^{137}\text{Cs}$  konnten in keiner der 21 Proben andere künstliche Radionuklide nachgewiesen werden.

Pflanzliche Nahrungsmittel	1. Hauptausbreitungssektor (Raum Friedrichstal)						
	Datum der Probenahme 1980	langlebige Rest- $\beta$		$^{40}\text{K}$		$^{137}\text{Cs}$	
		spezifische Aktivität					
		nCi/kg FS	Bq/kg FS	nCi/kg FS	Bq/kg FS	pCi/kg FS	mBq/kg FS
<b>GETREIDE:</b>							
- Weizen	01.08.	<1,1	<41	2,8	104	<2,8	<104
- Roggen	01.08.	<1,2	<44	2,9	107	<2,2	<81
<b>BLATTGEMÜSE:</b>							
- Kopfsalat	-	-	-	-	-	-	-
- Feldsalat	-	-	-	-	-	-	-
- Endiviensalat	26.09.	<1,0	<37	2,3	85	<1,8	<67
<b>KOHLGEMÜSE:</b>							
- Weißkohl	26.09.	<0,7	<26	1,7	63	<1,5	<56
- Rotkohl	20.08.	<1,0	<37	2,4	89	<1,9	<70
- Wirsingkohl	-	-	-	-	-	-	-
- Rosenkohl	-	-	-	-	-	-	-
- Blumenkohl	-	-	-	-	-	-	-
<b>WURZEL- UND KNOLLENGEMÜSE:</b>							
- Kartoffeln	25.09.	<1,2	<44	3,0	111	<2,0	<74
- Möhren	28.08.	<1,1	<41	2,5	93	<1,0	<37
- Rote Rüben	-	-	-	-	-	-	-
- Rettich	-	-	-	-	-	-	-
<b>AUSDAUERENDE GEMÜSE:</b>							
- Spargel	23.05.	<0,5	<19	1,1	41	<1,6	<59

Tab. 5/33a: Radioaktivitätsgehalt typischer pflanzlicher Nahrungsmittel aus den beiden Hauptausbreitungssektoren in der Umgebung des KfK

Pflanzliche Nahrungsmittel	2. Hauptausbreitungssektor (Raum Eggenstein-Leopoldshafen)						
	Datum der Probenahme 1980	langlebige Rest- $\beta$		$^{40}\text{K}$		$^{137}\text{Cs}$	
		spezifische Aktivität					
		nCi/kg FS	Bq/kg FS	nCi/kg FS	Bq/kg FS	pCi/kg FS	mBq/kg FS
<b>GETREIDE:</b>							
- Weizen	01.08.	<1,3	<48	3,1	115	7,6 $\pm$ 4,1	280 $\pm$ 150
- Roggen	-	-	-	-	-	-	-
<b>BLATTGEMÖSE:</b>							
- Kopfsalat	23.05.	<1,0	<37	2,8	104	<0,8	<30
- Feldsalat	11.11.	<1,0	<37	2,5	93	4,7 $\pm$ 2,5	175 $\pm$ 90
- Endiviensalat	-	-	-	-	-	-	-
<b>KOHLGEMÖSE:</b>							
- Weißkohl	26.08.	<0,5	<19	1,3	48	<0,8	<30
- Rotkohl	26.08.	<0,7	<26	1,8	66	<1,7	<63
- Wirsingkohl	01.07.	<1,0	<37	2,4	89	<1,5	<56
- Rosenkohl	11.11.	<1,9	<70	4,8	178	<2,9	<107
- Blumenkohl	01.07.	<0,7	<26	1,8	67	<2,0	<74
<b>WURZEL- UND KNOLLENGEMÖSE:</b>							
- Kartoffeln	25.09.	<1,1	<41	2,8	102	<1,0	<37
- Möhren	14.07.	<0,6	<22	2,0	74	<2,0	<74
- Rote Rüben	14.07.	<0,8	<30	1,9	70	<1,7	<63
- Rettich	01.07.	<0,5	<19	1,2	44	<1,5	<56
<b>AUSDAUERENDE GEMÖSE:</b>							
- Spargel	23.05.	<0,6	<22	1,3	48	<1,7	<63

Tab. 5/33b: Radioaktivitätsgehalt typischer pflanzlicher Nahrungsmittel aus den beiden Hauptausbreitungssektoren in der Umgebung des KfK.

#### II.4.7 Boden

Eine Überwachung des Radioaktivitätsgehaltes von Bodenproben (ca. 5 cm der obersten Bodenschicht) ist einmal jährlich Ende September an insgesamt fünf Orten durchzuführen. Zwei Probenahmegebiete liegen noch innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches des KfK. Das eine erstreckt sich über die drei Planquadrate nördlich und nordöstlich des Europäischen Institutes für Transurane, das andere liegt etwa im Bereich zwischen dem Flugkanal des Zyklotrons und dem nördlichen Bahngleisbogen am westlichen Grenzzaun des betrieblichen Überwachungsbereiches (siehe Lageplan nach S. 100).

Von den jährlichen Proben aus diesen beiden Gebieten werden die spezifische  $\alpha$ - und  $\beta$ -Gesamtaktivität bestimmt. Eine  $\gamma$ -spektrometrische Untersuchung erfolgt nur, wenn die spezifische  $\beta$ -Aktivität den Wert von 50 pCi/g TS (1,85 Bq/g TS) übersteigt. Für die beiden Proben vom 24. September 1980 ergaben sich für die spezifische  $\alpha$ -Aktivität rund 4 pCi/g TS (150 mBq/g TS) und für die spezifische  $\beta$ -Aktivität rund 20 pCi/g TS (740 mBq/g TS).

Zwei weitere Bodenproben sind in den beiden Hauptausbreitungssektoren in je 300 m bis 800 m Entfernung vom Abluftkamin der WAK zu nehmen. Eine Referenzprobe wird jeweils im Raum Durlach (siehe Lageplan nach S. 100) genommen. Die Meßergebnisse dieser drei Proben zeigt Tab. 5/34.

Probenahme- datum	Probenahmegebiet	spezifische Aktivität									
		α		β		<sup>239+240</sup> Pu		<sup>238</sup> Pu		<sup>90</sup> Sr	
		pCi/gTS	mBq/gTS	pCi/g TS	mBq/gTS	fCi/gTS	µBq/gTS	fCi/gTS	µBq/gTS	fCi/gTS	µBq/gTS
24.09.1980	1. Hauptausbreitungs- sektor (nordöst- lich der WAK)	5	185	19	700	9	330	3	110	3	110
24.09.1980	2. Hauptausbreitungs- sektor (südwest- lich der WAK)	5	185	22	814	22	815	4	150	33	1 220
25.09.1980	Referenzstelle Durlach	13	480	34	1 260	3	110	1	37	60	2 220

Tab. 5/34: Radioaktivitätsgehalt von Bodenproben 1980

### 5.3.3 Besondere Überwachungsmaßnahmen

Für eine wirksame Umgebungsüberwachung, die insbesondere den betrieblichen Überwachungsbereich selbst miteinschließt, reicht das Routineprogramm allein nicht immer aus. Vielmehr muß es je nach Anlaß und oft schon bei Hinweisen auf geringste Unregelmäßigkeiten in den Betriebszuständen der kerntechnischen Anlagen durch gezielte Überwachungsmaßnahmen ergänzt werden. Tab. 5/36 vermittelt eine Übersicht über die wichtigsten Überwachungsmaßnahmen, die 1980 aufgrund verschiedener Anlässe notwendig erschienen.

Die im Rahmen der zulässigen Aktivitätsemissionen mit der Abluft erfolgenden Ableitungen von Aerosolen führen auf Dächern und Straßen innerhalb des KfK zu nachweisbaren Aktivitätsablagerungen. Die dort abgelagerten Aerosolpartikel werden vom Regen in das Kanalisationsnetz für die Kühl- und Regenwässer gespült und gelangen auf diese Weise in die sogenannten Sandfänge, die den Einleitungsbauwerken in den Hirschkanal vorgelegt sind. Da alle Kühl- und Regenwässer aus dem KfK kontinuierlich in den Hirschkanal abgeleitet werden, wurden auch 1980 - zusätzlich zu der vom Routineprogramm geforderten Überwachung von Schlamm und Wasser im Hirschkanal - die in den sechs Sandfängen (siehe Lageplan nach S. 102) abgeschiedenen Feststoffe wöchentlich überwacht. Der bei den regelmäßigen Reinigungen der Sandfänge anfallende Schlamm wird auf die Schlammbeete der Kläranlage gebracht. Eine Übersicht über die β-Aktivitätsmeßergebnisse wird in Tab. 5/35 gegeben. Die spezifische α-Aktivität der Schlammproben aus den sechs Sandfängen variiert 1980 zwischen 15 pCi/g TS (0,6 Bq/g TS) und 96 pCi/g TS (3,6 Bq/g TS).

Die in Tab. 5/35a und 5/35b wiedergegebenen Meßwerte für die in den Sandfängen abgeschiedenen Feststoffe machen es verständlich, daß auch die aus dem Hirschkanal unterhalb der sechs Einleitungsbauwerke für die Kühl- und Regenwässer wöchentlich geschöpften Schlammproben schwach kontaminiert sind (siehe Tab. 5/28 unter Programmpunkt II.4.1), da leichtere Feststoffe vom abfließenden Wasser über die Ablaufschwellen der Sandfänge mitgerissen werden.

Quartal 1980	Sandfang I						Sandfang II						Sandfang III					
	$\bar{a}_\beta$		$a_{\beta_{min}}$		$a_{\beta_{max}}$		$\bar{a}_\beta$		$a_{\beta_{min}}$		$a_{\beta_{max}}$		$\bar{a}_\beta$		$a_{\beta_{min}}$		$a_{\beta_{max}}$	
Einheit	$\frac{pCi}{gTS}$	$\frac{Bq}{gTS}$	$\frac{pCi}{gTS}$	$\frac{Bq}{gTS}$	$\frac{pCi}{gTS}$	$\frac{Bq}{gTS}$	$\frac{pCi}{gTS}$	$\frac{Bq}{gTS}$	$\frac{pCi}{gTS}$	$\frac{Bq}{gTS}$	$\frac{pCi}{gTS}$	$\frac{Bq}{gTS}$	$\frac{pCi}{gTS}$	$\frac{Bq}{gTS}$	$\frac{pCi}{gTS}$	$\frac{Bq}{gTS}$	$\frac{pCi}{gTS}$	$\frac{Bq}{gTS}$
I	29	1,1	14	0,5	55	2,0	17	0,6	12	0,4	21	0,8	19	0,7	12	0,4	26	1,0
II	28	1,0	16	0,6	49	1,8	20	0,7	12	0,4	53	2,0	21	0,8	12	0,4	34	1,3
III	20	0,7	11	0,4	25	0,9	16	0,6	12	0,4	24	0,9	30	1,1	16	0,6	85	3,1
IV	19	0,7	11	0,4	23	0,9	16	0,6	10	0,4	20	0,7	19	0,7	15	0,6	24	0,9

Tab. 5/35a: Spezifische  $\beta$ -Aktivität des Schlammes aus den Sandfängen I bis III (Einzugsbereich der Kühl- und Regenwässer: südliche Hälfte des KfK-Betriebsgeländes);  
 Quartalsmittelwerte  $\bar{a}_\beta$ , Minima  $a_{\beta_{min}}$  und Maxima  $a_{\beta_{max}}$  1980

Quartal 1980	Sandfang IV						Sandfang V						Sandfang VI					
	$\bar{a}_\beta$		$a_{\beta_{min}}$		$a_{\beta_{max}}$		$\bar{a}_\beta$		$a_{\beta_{min}}$		$a_{\beta_{max}}$		$\bar{a}_\beta$		$a_{\beta_{min}}$		$a_{\beta_{max}}$	
Einheit	$\frac{pCi}{gTS}$	$\frac{Bq}{gTS}$	$\frac{pCi}{gTS}$	$\frac{Bq}{gTS}$	$\frac{pCi}{gTS}$	$\frac{Bq}{gTS}$	$\frac{pCi}{gTS}$	$\frac{Bq}{gTS}$	$\frac{pCi}{gTS}$	$\frac{Bq}{gTS}$	$\frac{pCi}{gTS}$	$\frac{Bq}{gTS}$	$\frac{pCi}{gTS}$	$\frac{Bq}{gTS}$	$\frac{pCi}{gTS}$	$\frac{Bq}{gTS}$	$\frac{pCi}{gTS}$	$\frac{Bq}{gTS}$
I	164	6,1	17	0,6	330	12	217	8,0	19	0,7	295	11	18	0,7	11	0,4	42	1,6
II	152	5,6	111	4,1	275	10	145	5,3	87	3,2	222	8,2	39	1,4	14	0,5	94	3,5
III	128	4,7	46	1,7	200	7,4	203	7,5	88	3,3	329	12	85	3,1	27	1,0	336	12
IV	157	5,8	52	1,9	234	8,7	123	4,6	80	3,0	168	0,2	64	2,4	30	1,1	262	9,7

Tab. 5/35b: Spezifische  $\beta$ -Aktivität des Schlammes aus den Sandfängen IV bis VI (Einzugsbereich der Kühl- und Regenwässer: nördliche Hälfte des KfK-Betriebsgeländes);  
 Quartalsmittelwerte  $\bar{a}_\beta$ , Minima  $a_{\beta_{min}}$  und Maxima  $a_{\beta_{max}}$  1980

Oberwachungszeitraum	Anlaß	Überwachungsmaßnahmen	Art und Zahl der untersuchten Proben bzw. Zahl der Meßstellen	Meßergebnisse																														
ganzjährig	Kontinuierliche Ableitung der Kühl- und Regenwässer in den Hirschkanal	wöchentliche Probenahme aus den sechs Sandfängen der Regenwasserkanalisation (siehe Lageplan nach Seite 102)	312 Schlammproben	spezifische $\alpha$ - u. $\beta$ -Bruttoaktivität siehe Tab. 5/35a u. 5/35b nachgewiesene Nuklide: $^7\text{Be}$ , $^{144}\text{Ce}$ , $^{137}\text{Cs}$ , $^{134}\text{Cs}$ , $^{106}\text{Ru}$ , $^{95}\text{Nb}$ , $^{95}\text{Zr}$ , $^{60}\text{Co}$ , $^{125}\text{Sb}$ , $^{154}\text{Eu}$ , $^{155}\text{Eu}$																														
ganzjährig	Undichtigkeiten im Rohrleitungssystem der Kläranlage u. Leckagen im Chemieabwasserleitungsnetz	Tritiumüberwachung des Grundwassers aus 21 Beobachtungsbrunnen (siehe Lageplan nach S. 102). Probenahmefrequenz zwischen 2 x wöchentlich und 1/4jährlich	338 Grundwasserproben	Streubereich der Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration des Grundwassers von 20 Brunnen innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches im Bereich der Kläranlage: 0,5 nCi/l (18,5 Bq/l) bis 79 nCi/l (2,9 kBq/l) Referenzstelle südöstlich des KfK: 0,2 nCi/l (7,4 mBq/l)																														
ganzjährig	Erhöhte Ortsdosiswerte innerhalb des Betriebsgeländes des KfK	Festkörper-Dosimetermeßstellen  Raster alter Westzaun HDB-Zaun	40 Meßstellen 13 Meßstellen 20 Meßstellen	Ortsdosis H (Nov. 1979 bis Nov. 1980)  <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">H</th> <th colspan="2"><math>H_{\min}</math></th> <th colspan="2"><math>H_{\max}</math></th> </tr> <tr> <th>rem</th> <th>mSv</th> <th>rem</th> <th>mSv</th> <th>rem</th> <th>mSv</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,10</td> <td>1,0</td> <td>0,06</td> <td>0,6</td> <td>0,23</td> <td>2,3</td> </tr> <tr> <td>0,12</td> <td>1,2</td> <td>0,08</td> <td>0,8</td> <td>0,25</td> <td>2,5</td> </tr> <tr> <td>0,28</td> <td>2,8</td> <td>0,11</td> <td>1,1</td> <td>1,28</td> <td>12,8</td> </tr> </tbody> </table>	H		$H_{\min}$		$H_{\max}$		rem	mSv	rem	mSv	rem	mSv	0,10	1,0	0,06	0,6	0,23	2,3	0,12	1,2	0,08	0,8	0,25	2,5	0,28	2,8	0,11	1,1	1,28	12,8
H		$H_{\min}$		$H_{\max}$																														
rem	mSv	rem	mSv	rem	mSv																													
0,10	1,0	0,06	0,6	0,23	2,3																													
0,12	1,2	0,08	0,8	0,25	2,5																													
0,28	2,8	0,11	1,1	1,28	12,8																													
17. März	Austritt von ca. 0,5 m <sup>3</sup> Chemieabwasser aus einem Wartungsschacht nahe Geb. 351 in das ihn umgebende Erdreich	Entnahme von Bodenproben	8 Bodenproben	Spezifische Aktivität a  <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2"><math>\bar{a}</math></th> <th colspan="2"><math>a_{\min}</math></th> <th colspan="2"><math>a_{\max}</math></th> </tr> <tr> <th><math>\frac{\text{pCi}}{\text{gTS}}</math></th> <th><math>\frac{\text{mBq}}{\text{gTS}}</math></th> <th><math>\frac{\text{pCi}}{\text{gTS}}</math></th> <th><math>\frac{\text{mBq}}{\text{gTS}}</math></th> <th><math>\frac{\text{pCi}}{\text{gTS}}</math></th> <th><math>\frac{\text{mBq}}{\text{gTS}}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gesamt-<math>\alpha</math></td> <td>4,8</td> <td>180</td> <td>2,7</td> <td>100</td> <td>9,3</td> <td>340</td> </tr> <tr> <td>Gesamt-<math>\beta</math></td> <td>18,4</td> <td>680</td> <td>12,3</td> <td>450</td> <td>27,6</td> <td>1020</td> </tr> </tbody> </table> <p>Außer Spuren von <math>^{137}\text{Cs}</math> und <math>^{134}\text{Cs}</math> konnten <math>\gamma</math>-spektroskopisch keine weiteren künstlichen Radionuklide nachgewiesen werden</p>		$\bar{a}$		$a_{\min}$		$a_{\max}$		$\frac{\text{pCi}}{\text{gTS}}$	$\frac{\text{mBq}}{\text{gTS}}$	$\frac{\text{pCi}}{\text{gTS}}$	$\frac{\text{mBq}}{\text{gTS}}$	$\frac{\text{pCi}}{\text{gTS}}$	$\frac{\text{mBq}}{\text{gTS}}$	Gesamt- $\alpha$	4,8	180	2,7	100	9,3	340	Gesamt- $\beta$	18,4	680	12,3	450	27,6	1020			
	$\bar{a}$		$a_{\min}$			$a_{\max}$																												
	$\frac{\text{pCi}}{\text{gTS}}$	$\frac{\text{mBq}}{\text{gTS}}$	$\frac{\text{pCi}}{\text{gTS}}$	$\frac{\text{mBq}}{\text{gTS}}$	$\frac{\text{pCi}}{\text{gTS}}$	$\frac{\text{mBq}}{\text{gTS}}$																												
Gesamt- $\alpha$	4,8	180	2,7	100	9,3	340																												
Gesamt- $\beta$	18,4	680	12,3	450	27,6	1020																												
09. April	Auslaufen von ca. 30 l Zyklor-Naßschlamm aus der oberirdisch verlegten Zyklor-schlammleitung im Bereich der Kläranlage aufgrund einer Beschädigung durch ein Betonmischfahrzeug	Bodenprobenahmen von der beaufschlagten Fläche vor und nach der Abtragung des Naßschlammes	6 Bodenproben	Mittlere spezifische Aktivität $\bar{a}$ der obersten Bodenschicht  <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2"><math>\bar{a}_{\alpha}</math></th> <th colspan="2"><math>\bar{a}_{\beta}</math></th> </tr> <tr> <th><math>\frac{\text{pCi}}{\text{gTS}}</math></th> <th><math>\frac{\text{mBq}}{\text{gTS}}</math></th> <th><math>\frac{\text{pCi}}{\text{gTS}}</math></th> <th><math>\frac{\text{mBq}}{\text{gTS}}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>vor Abtragung des Naßschlammes</td> <td>3,2</td> <td>120</td> <td>18,6</td> <td>690</td> </tr> <tr> <td>nach Abtragung</td> <td>1,6</td> <td>60</td> <td>12,3</td> <td>460</td> </tr> </tbody> </table>		$\bar{a}_{\alpha}$		$\bar{a}_{\beta}$		$\frac{\text{pCi}}{\text{gTS}}$	$\frac{\text{mBq}}{\text{gTS}}$	$\frac{\text{pCi}}{\text{gTS}}$	$\frac{\text{mBq}}{\text{gTS}}$	vor Abtragung des Naßschlammes	3,2	120	18,6	690	nach Abtragung	1,6	60	12,3	460											
	$\bar{a}_{\alpha}$		$\bar{a}_{\beta}$																															
	$\frac{\text{pCi}}{\text{gTS}}$	$\frac{\text{mBq}}{\text{gTS}}$	$\frac{\text{pCi}}{\text{gTS}}$	$\frac{\text{mBq}}{\text{gTS}}$																														
vor Abtragung des Naßschlammes	3,2	120	18,6	690																														
nach Abtragung	1,6	60	12,3	460																														

Tab. 5/36: Übersicht über besondere Überwachungsmaßnahmen 1980

Überwachungszeitraum	Anlaß	Überwachungsmaßnahmen	Art und Zahl der untersuchten Proben bzw. Zahl der Meßstellen	Meßergebnisse	
02. Mai	Bruch der Chemieabwasserleitung südlich von Geb. 322, verursacht durch eine Grundwasserabsenkung für Baumaßnahmen bei Geb. 406	Abschöpfung einer Probe des auf den Rasen austretenden Wassers, Entnahme einer mit Chemieabwasser durchtränkten Bodenprobe (1) und einer Referenzbodenprobe (2)	1 Wasserprobe	$a_{\alpha} < 30 \text{ pCi/l } (<1,1 \text{ Bq/l})$ $\gamma$ -spektroskopisch konnten keine künstlichen Radionuklide nachgewiesen werden $a_{\beta} < 50 \text{ pCi/l } (<1,9 \text{ Bq/l})$ $a_{^3\text{H}} = 9 \text{ nCi/l } (330 \text{ Bq/l})$	
			Bodenprobe 1	$a_{\alpha} = 2,2 \text{ pCi/g TS } (81 \text{ mBq/g TS});$ $a_{\beta} = 12 \text{ pCi/g TS } (440 \text{ mBq/g TS});$	
			Bodenprobe 2	$a_{\alpha} = 3,5 \text{ pCi/g TS } (130 \text{ mBq/g TS});$ $a_{\beta} = 16 \text{ pCi/g TS } (590 \text{ mBq/g TS});$ Die Meßwerte der beiden Bodenproben entsprechen dem allgemeinen Radioaktivitätsnullpegel für Böden.	
Juni bis August	Feststellung einer Kontamination des Prozeßgebäudedaches der WAK am 11. Juni im Zusammenhang mit einer vorangegangenen Kontamination des Heizdampfsystems durch eine Undichtigkeit des Auflösers	Probenahmen innerhalb des Betriebsgeländes der WAK	Gras-, Heu-, Boden- und Niederschlagsproben	Grasproben aus der unmittelbaren Umgebung des WAK-Prozeßgebäudes (Entfernung <30 m) waren kontaminiert. Die spezifische $\beta$ -Gesamtaktivität betrug hier maximal rund 1 nCi/g FS (37 Bq/g FS). Außerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches wurden maximal 8 pCi/g FS (0,3 Bq/g FS) gemessen. Die routinemäßig untersuchten Niederschläge von der Sammelstelle WAK (siehe Lageplan nach S. 102) zeigten keine auffälligen Meßwerte.	
			Probenahmen aus der Regenwasserkanalisation zwischen WAK und Sandfang VI	Sedimentproben	Schwankungsbereich der spezifischen Aktivität von 22 Sedimentproben aus der Regenwasserkanalisation innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches: $a_{\alpha} = 1 \text{ bis } 120 \text{ pCi/g TS } (0,04 \text{ bis } 4,3 \text{ Bq/g TS})$ $a_{\beta} = 0,04 \text{ bis } 18 \text{ nCi/g TS } (1,5 \text{ bis } 670 \text{ Bq/g TS})$ Die maximale spezifische $\beta$ -Gesamtaktivität der Sedimente im Sandfang VI (siehe Lageplan nach S. 102) betrug im Überwachungszeitraum rund 0,3 nCi/g TS (11 Bq/g TS).
			Proben aus dem Hirschkanal	Schlamm- und Oberflächenwasserproben	Schwankungsbereich der spezifischen Aktivität der routinemäßigen, wöchentlichen Schlammproben aus dem Hirschkanal unterhalb Sandfang VI: $a_{\alpha} = 1,5 \text{ bis } 18 \text{ pCi/g TS } (0,06 \text{ bis } 0,67 \text{ Bq/g TS})$ $a_{\beta} = 32 \text{ bis } 208 \text{ pCi/g TS } (1,2 \text{ bis } 7,7 \text{ Bq/g TS})$ Das Maximum der $\beta$ -Aktivitätskonzentration des Oberflächenwassers ergab sich für die Mischprobe der 24. Woche: 0,4 nCi/l (150 Bq/l)
				insgesamt 87 Proben	In fast allen Proben konnten $\gamma$ -spektroskopisch dominant $^{144}\text{Ce}$ sowie $^{106}\text{Ru/Rh}$ , $^{137}\text{Cs}$ , $^{134}\text{Cs}$ , $^{154}\text{Eu}$ und $^{155}\text{Eu}$ nachgewiesen werden.

Tab. 5/36: Übersicht über besondere Überwachungsmaßnahmen 1980 (Fortsetzung)

Oberwachungszeitraum	Anlaß	Oberwachungsmaßnahmen	Art und Zahl der untersuchten Proben bzw. Zahl der Meßstellen	Meßergebnisse																																																															
30. Juli	Unplanmäßige Abgabe von rund 20 mCi <sup>131</sup> J über den Abluftkamin der FERAB	Grasprobenahmen in den beiden Hauptimmissionsgebieten, Sediment- und Oberflächenwasserentnahme aus dem Hirschkanal	2 Grasproben 1 Sedimentprobe 1 Oberflächenwasserprobe	<sup>131</sup> J-Flächenbelastung: <10 pCi/m <sup>2</sup> (<0,37 Bq/m <sup>2</sup> ) spezifische <sup>131</sup> J-Aktivität: <0,02 pCi/g Naßg. (<0,8 mBq/g Naßg.) <sup>131</sup> J-Konzentration: <0,5 pCi/l (<18,5 mBq/l)																																																															
17. Sept.	Platzen eines Krypton-Gastargets (dient zur Herstellung von <sup>81</sup> Rb für die nuklearmedizinische Diagnostik) in der Experimentierhalle des Zyklotrons	Probenahmen im Hauptausbreitungssektor	2 Grasproben 1 Aerosolprobe	In keiner der Proben konnte eine Kontamination mit Rubidiumisotopen ( <sup>80</sup> Rb bis <sup>84</sup> Rb) nachgewiesen werden																																																															
30. Sept.	Auslaufen von ca. 1 m <sup>3</sup> Natronlauge aus dem Entsorgungstank eines Containerlabors westlich von Geb. 562	Entnahme einer Flüssigkeits- und einer Bodenmischprobe aus der unmittelbaren Umgebung des übergelaufenen Entsorgungstanks	1 Flüssigkeitsprobe 1 Bodenprobe	Spuren von <sup>137</sup> Cs γ-spektroskopisch nachgewiesene künstliche Radionuklide: <sup>137</sup> Cs: 2,1 pCi/g TS (78 mBq/g TS) <sup>134</sup> Cs: 0,1 pCi/g TS ( 3,7 mBq/g TS) <sup>106</sup> Ru: 1,0 pCi/g TS (37 mBq/g TS) <sup>60</sup> Co: 0,2 pCi/g TS ( 7,4 mBq/g TS)																																																															
November und Dezember	Oberirdische Zündung einer chinesischen H-Bombe im Gebiet von Lop-Nor am 16. Oktober	Untersuchung von Aerosolfiltermischproben	6 Aerosolfiltermischproben	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Monat</th> <th colspan="2">Oktober</th> <th colspan="2">November</th> <th colspan="2">Dezember</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Nuklid</th> <th>fCi</th> <th>µBq</th> <th>fCi</th> <th>µBq</th> <th>fCi</th> <th>µBq</th> </tr> <tr> <th>m<sup>3</sup></th> <th>m<sup>3</sup></th> <th>m<sup>3</sup></th> <th>m<sup>3</sup></th> <th>m<sup>3</sup></th> <th>m<sup>3</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><sup>95</sup>Zr</td> <td>&lt;0,9</td> <td>&lt;33</td> <td>5,2</td> <td>190</td> <td>3,6</td> <td>130</td> </tr> <tr> <td><sup>95</sup>Nb</td> <td>&lt;0,7</td> <td>&lt;26</td> <td>6,3</td> <td>230</td> <td>7,1</td> <td>260</td> </tr> <tr> <td><sup>103</sup>Ru</td> <td>&lt;0,7</td> <td>&lt;26</td> <td>7,0</td> <td>260</td> <td>6,0</td> <td>220</td> </tr> <tr> <td><sup>140</sup>Ba</td> <td rowspan="2">&lt;4,6</td> <td rowspan="2">&lt;170</td> <td rowspan="2">7,2</td> <td rowspan="2">270</td> <td rowspan="2">&lt;5,2</td> <td rowspan="2">&lt;190</td> </tr> <tr> <td><sup>140</sup>La</td> </tr> <tr> <td><sup>141</sup>Ce</td> <td>&lt;0,7</td> <td>&lt;26</td> <td>7,8</td> <td>290</td> <td>&lt;2,6</td> <td>&lt;96</td> </tr> <tr> <td>β-Ges.-Aktivität</td> <td>23</td> <td>850</td> <td>63</td> <td>2330</td> <td>59</td> <td>2180</td> </tr> </tbody> </table>	Monat	Oktober		November		Dezember		Nuklid	fCi	µBq	fCi	µBq	fCi	µBq	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	<sup>95</sup> Zr	<0,9	<33	5,2	190	3,6	130	<sup>95</sup> Nb	<0,7	<26	6,3	230	7,1	260	<sup>103</sup> Ru	<0,7	<26	7,0	260	6,0	220	<sup>140</sup> Ba	<4,6	<170	7,2	270	<5,2	<190	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<0,7	<26	7,8	290	<2,6	<96	β-Ges.-Aktivität	23	850	63	2330	59	2180
				Monat	Oktober		November		Dezember																																																										
				Nuklid	fCi	µBq	fCi	µBq	fCi	µBq																																																									
m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>																																																													
<sup>95</sup> Zr	<0,9	<33	5,2	190	3,6	130																																																													
<sup>95</sup> Nb	<0,7	<26	6,3	230	7,1	260																																																													
<sup>103</sup> Ru	<0,7	<26	7,0	260	6,0	220																																																													
<sup>140</sup> Ba	<4,6	<170	7,2	270	<5,2	<190																																																													
<sup>140</sup> La																																																																			
<sup>141</sup> Ce	<0,7	<26	7,8	290	<2,6	<96																																																													
β-Ges.-Aktivität	23	850	63	2330	59	2180																																																													
<p>Mittelwerte der für die 3 Meßhütten aus Monatsmischproben ermittelten Aerosolaktivitätskonzentration (jeweils auf die Monatsmitte bezogen).</p> <p>Für das Sammelintervall 20. - 27. November 1980 wurden für <sup>95</sup>Zr, <sup>95</sup>Nb und <sup>103</sup>Ru je rund 11 fCi/m<sup>3</sup> (0,4 mBq/m<sup>3</sup>) und für <sup>140</sup>Ba/La und <sup>141</sup>Ce je rund 9 fCi/m<sup>3</sup> (0,33 mBq/m<sup>3</sup>) gemessen. Für die erste Novemberhälfte waren die Meßwerte deutlich niedriger.</p>																																																																			

Tab. 5/36: Übersicht über besondere Überwachungsmaßnahmen 1980 (Fortsetzung)

Überwachungszeitraum	Anlaß	Überwachungsmaßnahmen	Art und Zahl der untersuchten Proben bzw. Zahl der Meßstellen	Meßergebnisse		
				Nuklid	Aktivitätskonzentration pCi/l	mBq/l
November und Dezember	Oberirdische Zündung einer chinesischen H-Bombe im Gebiet von Lop-Nor am 16. Oktober	Untersuchung von Niederschlagsproben	6 Niederschlagsproben	<sup>95</sup> Zr	1,3	48
				<sup>95</sup> Nb	1,3	48
				<sup>103</sup> Ru	2,8	104
				<sup>140</sup> Ba } <sup>140</sup> La }	0,6	22
				<sup>141</sup> Ce	0,8	30
				β-Gesamtaktivität	19	700
				Mittelwerte der Aktivitätskonzentrationen im Monat Dezember für die drei Niederschlagssammelstellen Hütte W, Hütte NO und WAK.		
19. Dez.	pH-Grenzwertüberschreitung im Sandfang II	Entnahme einer Wasserprobe	1 Wasserprobe	α-Gesamtaktivitätskonzentration: <0,9 pCi/l (<34 mBq/l)  Rest-β-Aktivitätskonzentration: <2,0 pCi/l (<74 mBq/l)  Bei der γ-spektrometrischen Analyse der Wasserprobe ergaben sich ausschließlich Werte unterhalb der Nachweisgrenzen für die einzelnen Radionuklide.		

Tab. 5/36: Übersicht über besondere Überwachungsmaßnahmen 1980 (Fortsetzung)

Die Überwachung der Tritiumkonzentration des Grundwassers im Bereich der HDB wurde 1980 fortgesetzt und ab August 1980 aufgrund neuer Auflagen im Zusammenhang mit der geforderten Sanierung der Kläranlage sogar erheblich verstärkt. Seit August 1980 werden die gemessenen Tritiumkonzentrationen des Grundwassers von 9 ausgewählten und z. T. neu errichteten Beobachtungsbrunnen den Aufsichtsbehörden wöchentlich über Fernkopierer mitgeteilt. Die provisorischen Sanierungsmaßnahmen der HDB wurden Ende 1980 abgeschlossen. Seitdem gibt es keine im Erdreich verlegten Rohrleitungen mehr, die tritiumhaltiges Abwasser führen.

Fortgesetzt wurde 1980 ferner die intensive Überwachung der γ-Ortsdosis innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches gemäß § 61 der Strahlenschutzverordnung mit Hilfe von Festkörperdosimetern. An acht ausgewählten Meßstellen im Bereich der HDB erfolgt seit Februar 1980 die Auswertung der TL-Dosimeter vierteljährlich.

1980 kam es zu mehreren kleinen Zwischenfällen, die besondere Überwachungsmaßnahmen im Rahmen der Umgebungsüberwachung auslösten. Anlässe waren der Austritt von ca. 0,5 m<sup>3</sup> Chemieabwasser aus einem Wartungsschacht in der Nähe von Geb. 351 am 17.03.1980, das Auslaufen von ca. 20 l Zyklator-Naßschlamm am 09.04.1980, der Bruch der Chemieabwasserleitung südlich von Geb. 322 am 02.05.1980, eine Kontamination des Prozeßgebäudedaches der WAK am 11.06.1980, erhöhte <sup>131</sup>I-Emissionen der FERAB Ende Juli 1980, das Platzen eines Krypton-Gastargets in der Experimentierhalle des Zyklotrons am 17.09.1980, das Auslaufen von ca. 1 m<sup>3</sup> Natronlauge aus dem Entsorgungstank eines Laborcontainers am 30.09.1980 und eine Überschreitung des pH-Grenzwertes im Sandfang II am 19.12.1980.

In den Monaten November und Dezember 1980 wurde in Aerosol- und Niederschlagsproben ein erhöhter Radioaktivitätsgehalt festgestellt, der sich aufgrund γ-spektrometrischer Untersuchungen eindeutig auf den chinesischen Kernwaffenversuch im Gebiet von Lop-Nor am 16. Oktober 1980 zurückführen ließ.



## 5.4 Spektrometrie

### 5.4.1 Meßsystem und durchgeführte Messungen

H. Feßler

Zum Jahreswechsel 1980/1981 wurde die Vielkanalanalysatoranlage ND 6620 weiter ausgebaut. Nach Zukauf von Steckkarten und eines Vielkanalanalysators ND 66 sowie nach Ausbau der Einzelmagnetplattenspeicher zu Doppelmagnetplattenspeichern kann der ND 66-Vielkanalanalysator, wie in Abb. 5/11 dargestellt, sowohl als drittes Bildschirmterminal benutzt als auch von jedem anderen der bisher vorhandenen Terminals unter Aufruf eines Kommunikationsprogrammes bedient werden. Die Speicherkapazität des ND 66 (16-K-Kanäle zu je 24 Bit) bringt eine spürbare Entlastung des Zentralrechners, da z. B. vier Ge(Li)-Spektren zu je 4 096 Kanälen aufgenommen werden können, ohne daß die ND 6620-Anlage mehr als die Überwachung der zeitlichen Steuerung (Start, Stop usw.) zu übernehmen hat.

Die im Jahresbericht 1979 beschriebene Anlage wurde im Laufe des Jahres 1980 für Messungen einer Vielzahl unterschiedlicher Proben eingesetzt. Darüber hinaus wurden bei Low-level-Messungen für die Kernkraftwerke Obrigheim, Gundremmingen und Niederaichbach  $\alpha$ - und  $\beta$ -Bruttoaktivitätsmessungen an Wasserproben sowie Tritiumbestimmungen durchgeführt, die in der Tab. 5/37 mit aufgeführt werden.

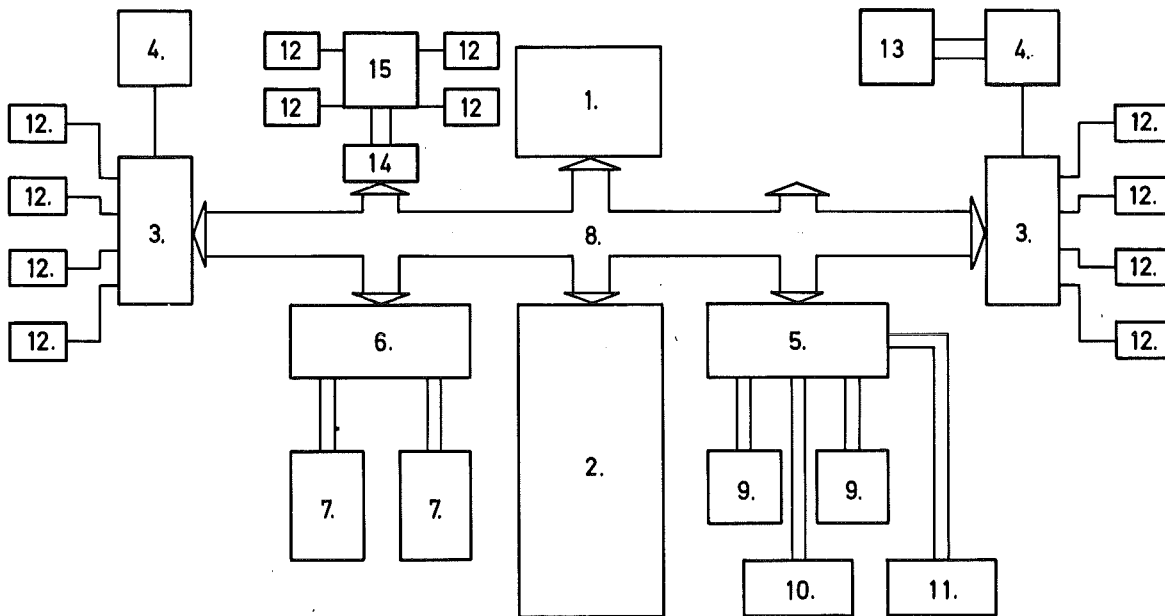


Abb. 5/11: Blockschaltbild der derzeitigen Vielkanalanalysatoranlage

- 1 - Zentrale Speicherverwaltung
- 2 - Speichereinheit
- 3 - Teilsystem zur Steuerung der Aufnahme und Darstellung von Spektren
- 4 - Bildschirm-Terminal
- 5 - Vielzweckschnittstelleneinheit
- 6 - Steuer- und Formatwandlereinheit
- 7 - Doppelmagnetplattenspeicher
- 8 - Interne Leiterplatte mit 100 parallelen Leitungen und 32/100poligen Steckverbindungen
- 9 - Terminal-Drucker
- 10 - Magnetbandeinheit
- 11 - Schnelldrucker
- 12 - Analog-Digital-Wandler
- 13 - Einfarbenpunktendrucker
- 14 - Anschluß- und Schnittstelleneinheit für den Anschluß von bis zu vier externen Terminals über serielle Kommunikationskanäle
- 15 - ND 66 Vielkanalanalysator, gleichzeitig externes Terminal

Meßgut	Meßmethode	Anzahl der Proben	eingesetzte Detektoren	Bemerkungen
Wasserproben	$\alpha$ + $\beta$ -Bruttomessung Flüssigszintillation	228 42	Großflächendurchflußzähler Flüssigszint. Spektrometer	Im Auftrag von Kernkraftwerken
Biologische und Bodenproben	$\beta$ -Bruttomessung $\gamma$ -Spektroskopie	2 58	Großflächendurchflußzähler Koaxiale Ge(Li)-Detektoren	
Aerosol- bzw. Jodfilter	$\alpha$ + $\beta$ -Bruttomessung $\gamma$ -Spektroskopie	132 20	Großflächendurchflußzähler Koaxiale Ge(Li)-Detektoren	
Abluftfilter aufgearbeitet	$\gamma$ -Spektroskopie $\alpha$ -Spektroskopie auf Pu	12 14	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren	Messungen für Emissionsüberwachung
Endbecken-Mischproben	$\gamma$ -Spektroskopie $\alpha$ -Spektroskopie	64 12	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren	
Aktivkohleproben (Abluftüberwachung)	$\gamma$ -Spektroskopie $\gamma$ - und Röntgenspektroskopie	1 005 215	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Planare Ge-Detektoren	
Abluftfilter direkt gemessen	$\gamma$ -Spektroskopie $\alpha$ - $\beta$ -Brutto	122 1 226	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Pseudokoinzidenzanlage	
Aerosolfilter aus Meßhütten	$\gamma$ -Spektroskopie $\alpha$ -Spektroskopie	72 30	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren	
Biologische Boden- und Schlammproben	$\gamma$ -Spektroskopie $\alpha$ -Spektroskopie	84 9	Koaxiale (Ge/Li)-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren	Messungen für Umgebungsüberwachung
Sonderproben	$\gamma$ -Spektroskopie $\alpha$ -Spektroskopie	17 3	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren	
Proben für Pu-Ökologieprogramm	$\alpha$ -Spektroskopie	297	Si-Sperrschichtdetektoren	Messungen für Forschungsprogramme, Vergleichsmessungen usw.
Sonderproben	$\alpha$ -Spektroskopie $\gamma$ -Spektroskopie	226 305	Si-Sperrschichtdetektoren Koaxiale Ge(Li)-Detektoren	

Tab. 5/37: Spektrometrische Messungen 1980

#### 5.4.2 Neuentwicklung einer Vakuumkammer für die $\alpha$ -Spektrometrie mit Halbleiterdetektoren bis 2 000 mm<sup>2</sup> wirksamer Zählfläche

J. Pawelzik

Die Anwendung von Großflächen-Silizium-Sperrschicht-Detektoren zur  $\alpha$ -spektroskopischen Anwendung verlangt geeignete Gehäuse. Die von der Industrie angebotenen Gehäuse sind entweder nicht genügend vakuumdicht oder mit anderen Mängeln behaftet. Deshalb wurden solche Gehäuse in Eigenkonstruktion mit möglichst geringem Aufwand hergestellt. Diese haben sich bewährt durch Vakuumdichte, in bezug auf Störstrahlungsabgabe und durch die Abmessungen.

Bei der Neukonstruktion wurde eine Vorrichtung eingebaut, die es gestattet, bei Bedarf die Entfernung der Probenablage von der Detektoroberfläche entsprechend der Aktivität anzupassen. Der Variationsbereich gestattet, Abstände in 2-mm-Stufen von 0 bis 50 mm zu wählen. Die Probenablage ist herausnehmbar und als runde Scheibe mit zwei zentralen und gegenüberliegenden kreisförmigen Vertiefungen von 25 bzw. 50 mm  $\phi$  und 0,5 mm Tiefe zur definierten Positionierung von Präparaten mit den entsprechenden Durchmessern ausgeführt.

Das Gehäuse selbst ist in seiner Größe so dimensioniert, daß es Halbleiterdetektoren mit einer wirksamen Zählfläche bis zu 2 000 mm<sup>2</sup> aufnehmen kann. Das Schließen und Öffnen dieser Kammer ist besonders einfach und entlastet die Bedienung. Bei eingeschaltetem Evakuierungsvorgang braucht nur das Unterteil der Kammer angehoben werden, um sich dann durch den Unterdruck im Innern von selbst am Oberteil festzuhalten, solange die Kammer evakuiert ist.

Um die Kammer zu öffnen, wird das Absperrventil geöffnet. Die Außenluft dringt in die Kammer ein, beendet den Haltevorgang und das Unterteil fällt selbsttätig ab. Danach ist wieder eine ungehinderte Entnahme der gemessenen Probe bzw. eine weitere Beladung möglich.

Praktische Messungen zur Nullpegelfeststellung sowie Messungen mit Eichpräparaten und Routinemessungen sind bereits mit gutem Erfolg durchgeführt worden. Die Dichtigkeitsprüfung einer Kammer dieser Entwicklung ergab den Wert der Leckrate von  $10^{-9}$  mbl/s ( $10^{-3}$  Pa oder Nm/s). Dies bedeutet, daß dieser Wert weit besser ist, als es die Praxis verlangt (bei 1 000 min Meßzeit Druckanstieg von ca.  $10^{-3}$  mb).

Aus der folgenden Abbildung ist der grundsätzliche Auf- und Zusammenbau der  $\alpha$ -Vakuumkammer zu erkennen und wird durch die Auflistung einzelner Teile ergänzt.

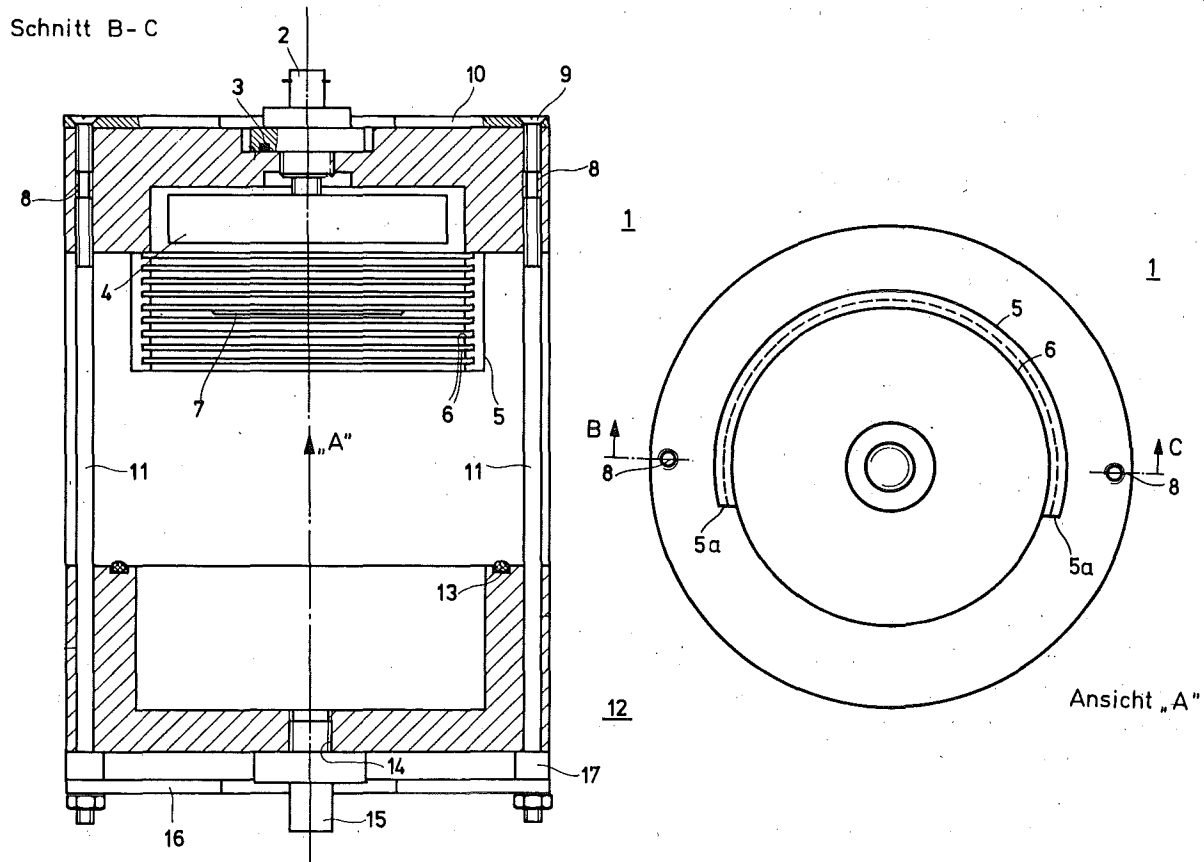


Abb. 5/12: Halbleiterdetektorkammer für  $\alpha$ -Spektrometrie, Eigenkonstruktion - HS/R 1979 -

- 1 - Oberteil der Vakuumkammer
- 2 - Hochspannungsdurchführung
- 3 - O-Ring-Dichtung
- 4 - Halbleiterdetektor
- 5 - abgesetzter Bereich
- 5a - Ausschnitt in 12
- 6 - Ringnut
- 7 - Probenträger
- 8 - Gewindebohrungen in 1
- 9 - Schrauben in 15
- 10 - Befestigungswinkel
- 11 - Führungsstangen
- 12 - Unterteil der Vakuumkammer
- 13 - Ringnut
- 14 - Gewindebohrung
- 15 - Evakuierungsanschluß
- 16 - Steg
- 17 - Puffer

## 5.5 Arbeiten der Gruppe "Radiochemie"

H. Schüttelkopf, M. Pimpl

Die radiochemischen Arbeiten der HS/R umfassen die folgenden Bereiche:

- die Bestimmung von Radionukliden im Low-level-Bereich für die Umgebungsüberwachung,
- die Bestimmung von Radionukliden in Abluft und Abwasser und anderen höher kontaminierten Probematerialien und die für die Durchführung dieser Messungen notwendigen Entwicklungsarbeiten.

Die Forschungsarbeiten, die in der Gruppe "Radiochemie" durchgeführt werden, befassen sich mit dem Verhalten und den Konzentrationen von Pu, Am, Cm, Ra, Po und  $^{210}\text{Pb}$  in der Umwelt. Außerdem ist die Gruppe "Radiochemie" an den Forschungsprogrammen zur "Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre" beteiligt. Für die einzelnen Forschungsprogramme werden hochempfindliche Analysentechniken zur Erfassung geringster Konzentrationen in Umweltproben entwickelt.

Die Messung von Radionukliden im Low-level-Bereich erfolgt im Rahmen der Umgebungsüberwachung des KfK, der WAK und der Kernkraftwerke Gundremmingen und Obrigheim. Die wichtigsten gemessenen Radionuklide sind  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{89}\text{Sr}$ ,  $^{131}\text{I}$  und  $^4\text{K}$ . Die angegebenen Radionuklide werden bestimmt in Pflanzen-, Boden-, Luftstaub-, Oberflächenwasser-, Milch-, Sediment-, Seston- und Fischproben.

In den monatlich gesammelten Fischproben aus dem Endpufferbecken der Abwasserbehandlungsanlage des KfK werden die Radiostrontium- und Plutoniumgehalte bestimmt. Für die Kernkraftwerke GKN und KWO wird  $^{90}\text{Sr}$  und  $^{89}\text{Sr}$  in monatlich gelieferten Abwasserproben gemessen. Eine große Zahl von Radiostrontiumbestimmungen wurde in Abwasserproben des Kernkraftwerkes Biblis durchgeführt. In der Abluft der FERAB wird monatlich  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{238}\text{Pu}$  und  $^{239+240}\text{Pu}$  und in der Abluft der WAK monatlich  $^{238}\text{Pu}$  und  $^{239+240}\text{Pu}$  gemessen. Vergleichsmessungen, Kalibrierung und Präparationen mit verschiedenen wichtigen Radionukliden wurden durchgeführt.

Im Forschungsprogramm zur "Radioökologie der Aktiniden" wurde die Untersuchung zur Verteilung der Plutoniumaktivität in den Sedimenten des Altrheins abgeschlossen. Eine Reihe von Sedimenten wurde in Korngrößenfraktionen aufgetrennt und die einzelnen Fraktionen auf Plutonium untersucht. Umfangreiche Messungen von Plutonium in Wasser-, Schwebstoff-, Pflanzen-, Fisch- und anderen Proben des Altrheins wurden 1980 ausgeführt und beendet. Die Verteilung von Plutonium, Americium und Curium zwischen verschiedenen Arten von Erde und wäßrigen Lösungen wichtiger Komplexbildungsmittel wurde untersucht. Eine große Zahl von Boden- und Pflanzenproben aus der zweiten Hauptwindrichtung von der WAK aus gesehen wurden auf Plutonium untersucht. Bei den Untersuchungen am Hochdruckflüssigchromatographen zur Trennung von Plutonium, Americium und Curium wurde eine reproduzierbare und schnelle Trennung der drei Elemente erreicht. Eine naßchemische Analysenmethode für große Probenmengen und die Bestimmung von Americium und Curium wurde auf Umweltproben angewandt.

1980 wurde ein Forschungsprogramm zur "Radioökologie von  $^{226}\text{Ra}$  in der Umgebung von Baden-Baden" abgeschlossen und ein neues in der Umgebung von Wittichen aufgenommen. Die  $^{226}\text{Ra}$ -,  $^{210}\text{Pb}$ - und  $^{210}\text{Po}$ -Konzentrationen in der Umgebung einer uranhaltigen Abraumhalde in Wittichen wurden in verschiedenen Umweltproben gemessen. Untersucht wurden Bach-, Quell- und Trinkwasser, Milch, Pflanzen, Fisch und andere Nahrungsmittel und Boden- und Sedimentproben. Ein nahezu vollständiger Satz von Transferfaktoren für  $^{226}\text{Ra}$  wurde erstellt. Die Po-Analytik für Milch wurde verbessert. Eine Methode zur Bestimmung von Uran in Umweltproben wurde praktisch erprobt.

1980 wurden sieben Ausbreitungsexperimente mit je 130 bis 150 Probenahmegeräten durchgeführt. Zusatzexperimente wurden durchgeführt, um verschiedene Abweichungen, welche während der Experimente beobachtet wurden, zu erklären. Ein Experiment wurde gemeinsam mit einer Forschergruppe aus Ispra in Karlsruhe und ein weiteres in Ispra durchgeführt.

Die große Zahl von  $^{90}\text{Sr}$ -Analysen, die in den letzten Jahren durchgeführt werden mußte, machte es notwendig, eine Automation der  $^{90}\text{Sr}$ -Analytik anzustrengen. Die Arbeiten, die 1979 begonnen wurden, wurden fortgesetzt. Eine  $^{222}\text{Rn}$ -Meßanlage wurde kalibriert und konnte erfolgreich zur Messung von  $^{226}\text{Ra}$  eingesetzt werden. Eine Zusammenfassung der Arbeiten der Arbeitsgruppe "Radiochemie" der HS/R erfolgt in den Tab. 5/38 und 5/39.

Arbeiten durchgeführt für die Überwachung	Art der Arbeit / Probematerial	Zahl der Arbeiten
der Umgebung	Probenvorbereitung: - Probenahme - Eindampfen $\geq 10$ l - Trocknen und Wiegen - Veraschen und Wiegen - Mahlen, Sieben, Wiegen  $^{238}\text{Pu}$ , $^{239+240}\text{Pu}$ in Filterpoben in Schlamm in Seston in Boden  $^{89}\text{Sr}$ , $^{90}\text{Sr}$ in Boden in Milch in Fisch  $^{40}\text{K}$ in Wasser in Fisch in Pflanzen  $^{131}\text{I}$ in Milch	12 2 88 119 14  42 7 4 3  4 2 1  181 3 31  41
des Abwassers	$^{238}\text{Pu}$ , $^{239+240}\text{Pu}$ $^{89}\text{Sr}$ , $^{90}\text{Sr}$	13 144
der Abluft	$^{238}\text{Pu}$ , $^{239+240}\text{Pu}$ $^{89}\text{Sr}$ , $^{90}\text{Sr}$	30 16
der Kalibrierung	$^{89}\text{Sr}$ , $^{90}\text{Sr}$ , $^{236}\text{Pu}$ , $^{238}\text{Pu}$ , $^{239+240}\text{Pu}$ , $^{226}\text{Ra}$ , $^{210}\text{Pb}$ , $^{208}\text{Po}$ , $^{222}\text{Rn}$ , $^{228}\text{Th}$ , $^{40}\text{K}$ , $\text{CFCl}_3$ , $\text{CF}_2\text{Br}_2$	84

Tab. 5/38: 1980 von der Gruppe "Radiochemie" der HS/R durchgeführte Arbeiten (ohne Forschung und Entwicklung)

Forschung und Entwicklung	Art der Arbeit/Probematerial	Zahl der Arbeiten
Probenvorbereitung	Probenahme Eindampfen $\geq 10$ l Trocknen und Wiegen Veraschen und Wiegen Mahlen, Sieben, Wiegen Geräte zur automatischen Wasserprobenahme	282 383 401 699 147 11
Radioökologie von Plutonium, Americium und Curium	$^{238}\text{Pu}$ , $^{239+240}\text{Pu}$ in Sedimenten-, Oberflächenwasser-, Pflanzen-, Fisch- und Bodenproben  Adsorption von Pu, Am und Cm an Bodenproben - Experimente - Messungen  Am- und Cm-Analytik - Experimente - $\alpha$ -Aktivitätsmessungen  Experimente zur Hochdruckflüssigchromatographie von Pu, Am und Cm	325   1 032 2 064   12 162  58
Radioökologie von Radium, Polonium und Blei	$^{226}\text{Ra}$ in Wasser-, Boden-, Sediment-, Nahrungsmittel-, Pflanzen- und Luftstaubproben $^{210}\text{Po}$ in Umweltproben und Nahrungsmitteln $^{210}\text{Pb}$ in Umweltproben und Nahrungsmitteln	216 162 156
Ausbreitungsexperimente	Ausbreitungsexperimente Sonderexperimente Neue Probenahmegeräte kalibriert Ausfälle repariert Gaschromatographische Analysen von $\text{CFC}_1_3$ und $\text{CF}_2\text{Br}_2$ in Umgebungsluft	7 3 20 100 800
$^{90}\text{Sr}$ -Analytik	Messungen zur $^{90}\text{Sr}$ -Analytik - Experimente - $\gamma$ -, $\beta$ - und Flüssigszintillationsmessungen	21 728

Tab. 5/39: 1980 in der Gruppe "Radiochemie" der HS/R durchgeführte Arbeiten für Forschung und Entwicklung

## 5.6 Radioökologische Forschungsarbeiten

### 5.6.1 Die Messung der Abwasserverdünnung im Altrhein mit der Tritiumemission des KfK

M. Pimpl, H. Schüttelkopf

Im Rahmen des Forschungsprogrammes PNS 4812 - Das physikalische und chemische Verhalten der biologisch besonders wirksamen Radionuklide Pu, Am, Cm - wird zur Zeit die Änderung der Plutoniumkonzentration im Abwasser des Kernforschungszentrums Karlsruhe nach der Einleitung in den Altrhein untersucht. Entlang des Altrheins flußabwärts der Einleitungsstelle erfolgt eine Abnahme der Plutoniumkonzentration im Wasser: durch Verdünnung der Abwässer durch das Altrheinwasser, durch Sedimentation und durch Aufnahme des Plutoniums in Lebewesen.

Die Verdünnung der Abwässer unmittelbar nach der Einleitung in den Altrhein und die Weiterverdünnung durch Grundwasser und Nebenflüsse flußabwärts der Einleitungsstelle wurden untersucht. Dazu wurde der  $^3\text{H}\text{H}\text{O}$ -Ausstoß mit den Abwässern des Kernforschungszentrums Karlsruhe benutzt, wobei die Verdünnung der  $^3\text{H}\text{H}\text{O}$ -haltigen Abwässer entlang dem Altrhein durch das praktisch  $^3\text{H}\text{H}\text{O}$ -freie Oberflächenwasser gemessen wurde.

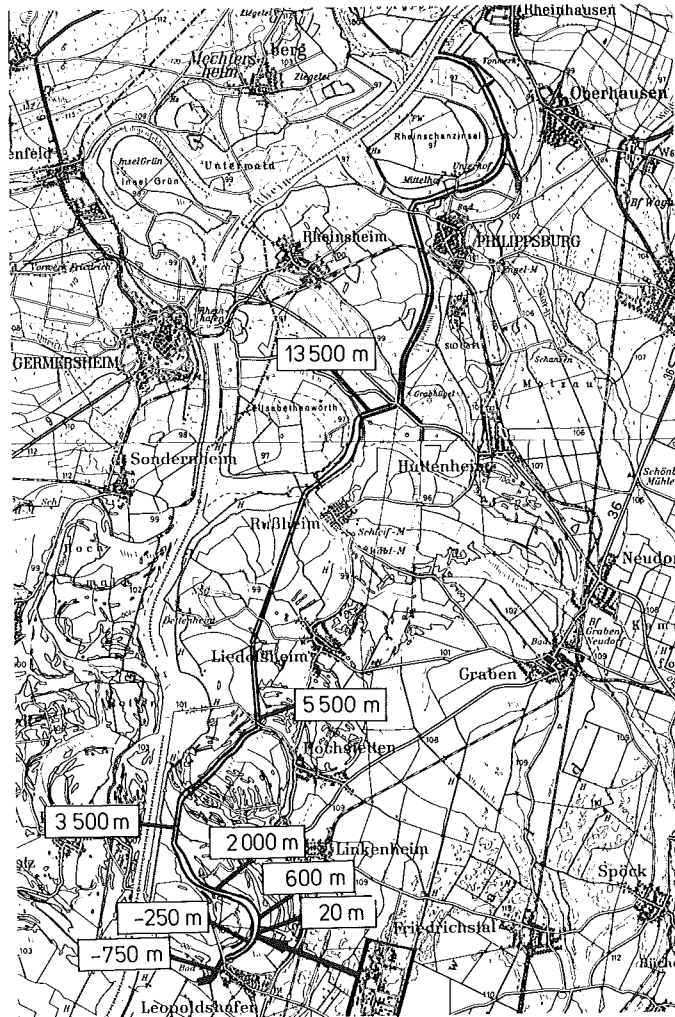


Abb. 5/13: Entnahmestellen der Wasserproben am Altrhein



Von Juni 1979 bis Juni 1980 wurden an maximal acht Stellen aus dem Altrhein quasikontinuierlich Wasserproben entnommen (siehe Abb. 5/13), flußabwärts der Einleitungsstelle bis zur Einmündung in den Rhein bei Philippsburg an sechs Entnahmestellen. Zur Messung der Untergrundkonzentration an Tritium und Plutonium wurden flußaufwärts an zwei Stellen Proben entnommen. Zur quasikontinuierlichen Probenahme wurden auf der Uferböschung bei den angegebenen Entnahmestellen batteriebetriebene Probenahmeautomaten aufgestellt (ISCO-1580-Sampler der Fa. Colora Meßtechnik GmbH, 7073 Lorch). Die Tritiumbestimmungen wurden bei der Gruppe "Emissionsüberwachung" vorgenommen (Leitung: Dr. Langguth).

Die gemessenen Monatsmittelwerte der Tritiumkonzentration im Altrheinwasser an den verschiedenen Entnahmestellen flußabwärts der Abwassereinleitungsstelle wurden in Beziehung gesetzt zu der Tritiummenge, die im gleichen Zeitraum aus den Endbecken der Kläranlage des Kernforschungszentrums Karlsruhe mit den Chemieabwässern in den Altrhein abgeleitet wurde. Daraus wurde der Wasserdurchsatz im Altrhein berechnet.

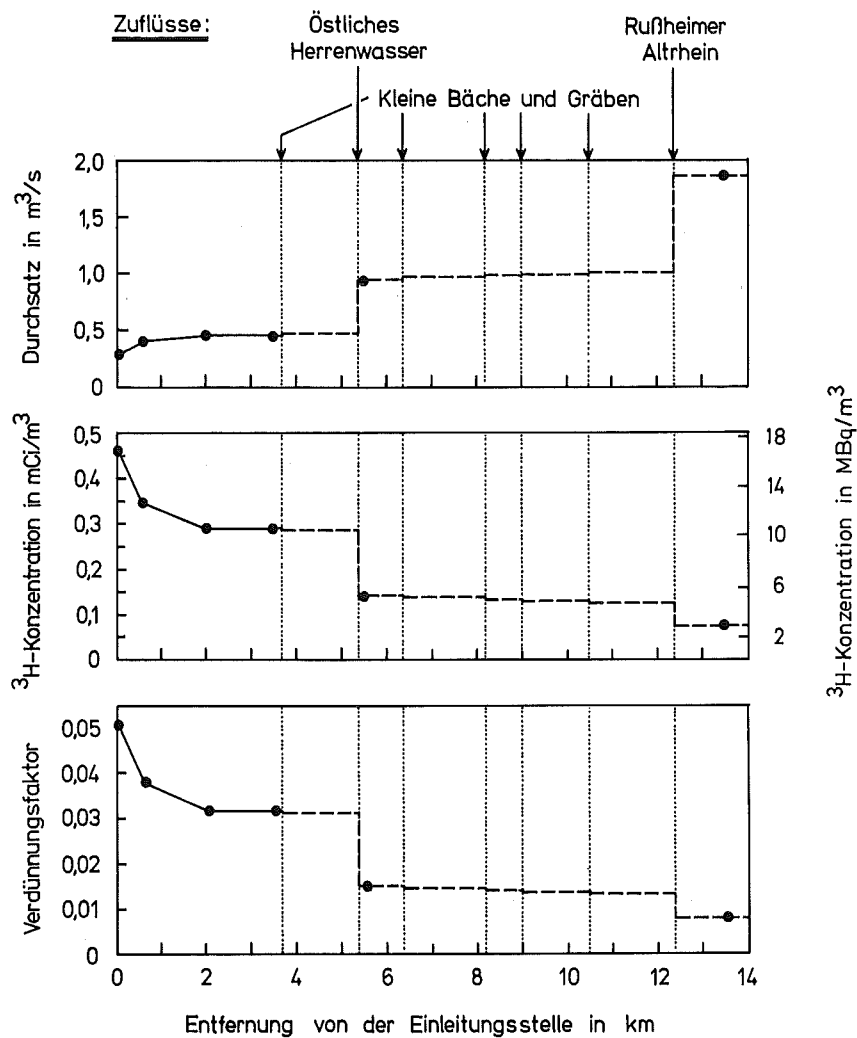


Abb. 5/14: Mittlerer Wasserdurchsatz, mittlere Tritiumkonzentration und mittlerer Verdünnungsfaktor an den verschiedenen Entnahmestellen des Altrheins von Juni 1979 bis Juni 1980

Die Ergebnisse sind in Abb. 5/14 dargestellt. An der Einleitungsstelle der Abwässer hat der Altrhein im Jahresmittel einen mittleren Durchfluß von 0,28 m<sup>3</sup>/s. Nach einem raschen Anstieg innerhalb der nächsten 600 m auf 0,38 m<sup>3</sup>/s bleibt der Durchfluß ziemlich konstant bei 0,45 m<sup>3</sup>/s bis km 5,5. Nach der Einmündung des östlichen Herrenwassers in den Vorfluter steigt der Durchfluß auf ca. 1 m<sup>3</sup>/s an und wird im weiteren Verlauf bis km 12,3 durch kleinere Zuflüsse nur unwesentlich erhöht. Erst beim Zusammenfluß mit dem Rußheimer Altrhein nimmt der Wasserdurchsatz noch einmal stark zu und beträgt bis km 13,5 im Kanalsystem Richtung Philippsburg 1,9 m<sup>3</sup>/s.

Die Verdünnungsfaktoren an den verschiedenen Entnahmestellen des Altrheins in den Probenahmezeiten wurden für jede Entnahmestelle bestimmt. Direkt nach der Einleitung in den Vorfluter werden die Abwässer auf das 20fache verdünnt. Durch die Zunahme des Wasserdurchsatzes erfolgt bis km 13,5 eine Verdünnung um das 125fache, bezogen auf die Einleitungskonzentration. Die Ergebnisse werden in KfK 3073 beschrieben.

### 5.6.2 Die Plutoniumkontamination des Altrheins: Einfluß der Korngrößenverteilung in den Sedimenten

M. Pimpl, H. Schüttelekopf

Die Sedimentation von Plutonium im Altrhein erfolgt entweder durch Ablagerung der plutoniumhaltigen Teilchen im Abwasser mit eigener Häufigkeitsverteilung und eigenem Sedimentationsverhalten, oder diese Teilchen lagern sich an der Oberfläche der normalen Schwebstoffe des Wassers an und werden mit diesen abgelagert. Wenn letzteres der Fall ist, werden andere Radionuklide, wie die Lanthaniden, Aktivierungsprodukte und andere zur Adsorption an Schwebstoffen neigende radioaktive Elemente, sich ähnlich verhalten wie Plutonium. Unter diesen Umständen ist es legitim, das Sedimentationsverhalten von Plutonium stellvertretend für das Verhalten vieler anderer Radioelemente bzw. Radionuklide zu untersuchen.

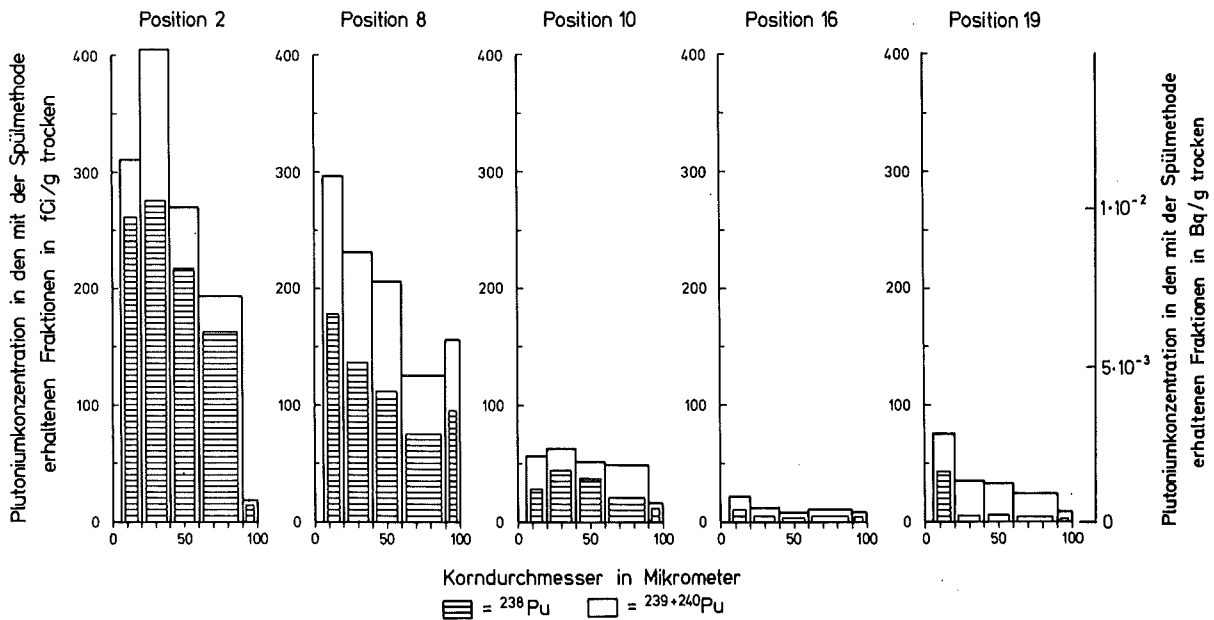


Abb. 5/15: Die Plutoniumkonzentration in den mit der Spülmethode erhaltenen Sedimentfraktionen in Abhängigkeit von der Korngrößenverteilung

An fünf Positionen im Altrhein wurden Sedimente entnommen. Durch Sieben wurde der Anteil mit einem Durchmesser  $\leq 0,1$  mm abgetrennt. Diese Sedimentproben wurden durch fraktionierte Sedimentation in fünf Fraktionen unterschiedlicher mittlerer Korngröße aufgetrennt. Mit einem Sedimentographen, einem Gerät zur Messung der Korngrößenverteilung, wurden die Ausgangsproben und die je fünf nach Korngrößen aufgetrennten Fraktionen untersucht. Die Sedimentproben von den einzelnen Positionen und die aufgetrennten Fraktionen wurden auf Plutonium analysiert. Die Plutoniumkonzentrationen werden in Abb. 5/15 wiedergegeben, die Korngrößenverteilungen in Abb. 5/16.

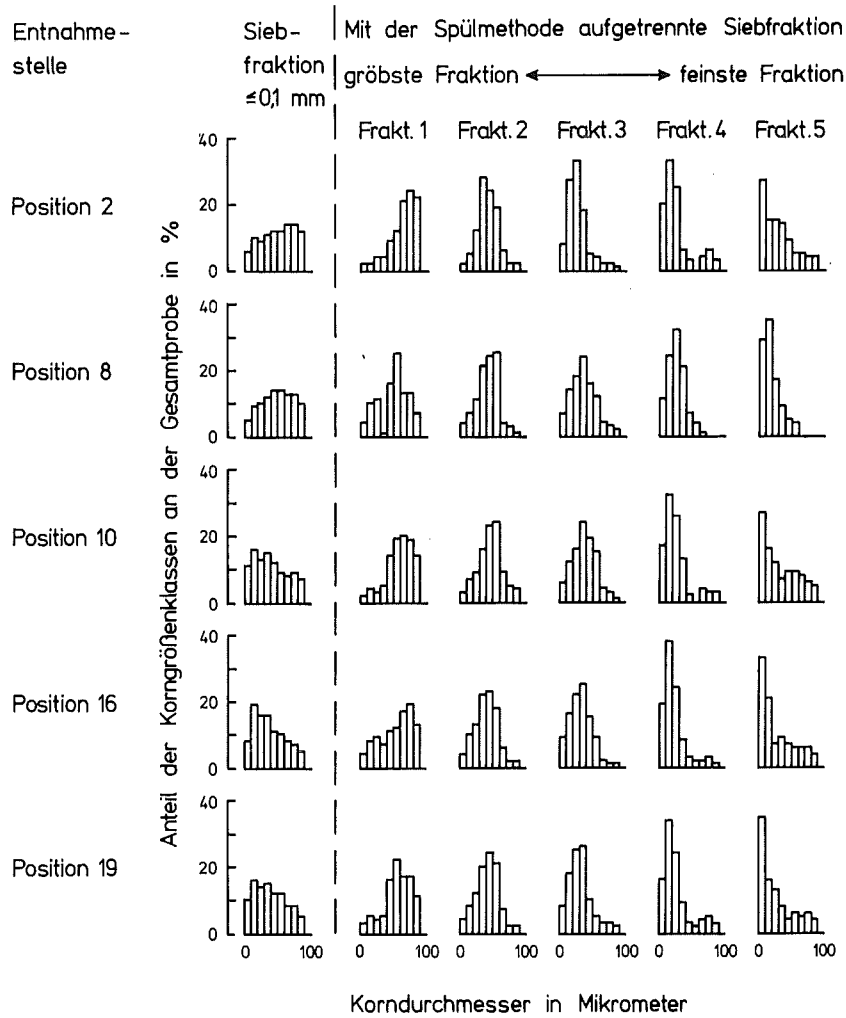


Abb. 5/16: Korngrößenverteilung in Sedimenten des Altrheins an verschiedenen Stellen:  
Verteilung in den Siebfractionen  $\leq 0,1$  mm und in den mit der Spülmethode nach Korngrößen aufgetrennten Fraktionen 1 bis 5 dieser Siebfractionen

Aus den Plutoniumkonzentrationen einerseits und den Korngrößenverteilungen in den einzelnen bei der fraktionierten Sedimentation erhaltenen Proben andererseits konnte mit vereinfachenden Annahmen die Plutoniumkontamination pro  $m^2$  Sediment und die Plutoniumkontamination pro Teilchen berechnet werden. In Abb. 5/17 werden die Ergebnisse in relativen Konzentrationseinheiten und in Abhängigkeit vom Korngrößenbereich dargestellt.

Aus Abb. 5/17 ist zu entnehmen, daß Proben mit kleiner mittlerer Korngröße einen höheren Plutoniumgehalt ausweisen. Aus Abb. 5/17 geht hervor, daß der Plutoniumgehalt pro Teilchen mit dessen Korngröße zunimmt. Die Plutoniumkonzentration pro m<sup>2</sup> Oberfläche ist aber unabhängig von der mittleren Korngröße der einzelnen Fraktion.

Daraus wird geschlossen, daß die Plutoniumkontamination der Sedimente eine Oberflächenkontamination der Einzelteilchen darstellt. Da die Sedimente abgelagerte Schwebstoffe sind, waren sehr wahrscheinlich bereits die Schwebstoffe in der gleichen Form mit Plutonium kontaminiert. Daher verhält sich Plutonium in bezug auf das Sedimentationsverhalten wie die Schwebstoffe des Altrheins und ebenso die anderen Elemente, die zur Adsorption an Schwebstoffe neigen. Das Sedimentationsverhalten von Plutonium entspricht daher dem Sedimentationsverhalten anderer Radionuklide und Plutonium stellt ein für eine allgemeine Sedimentationsstudie vorzüglich geeignetes Leitelement dar.

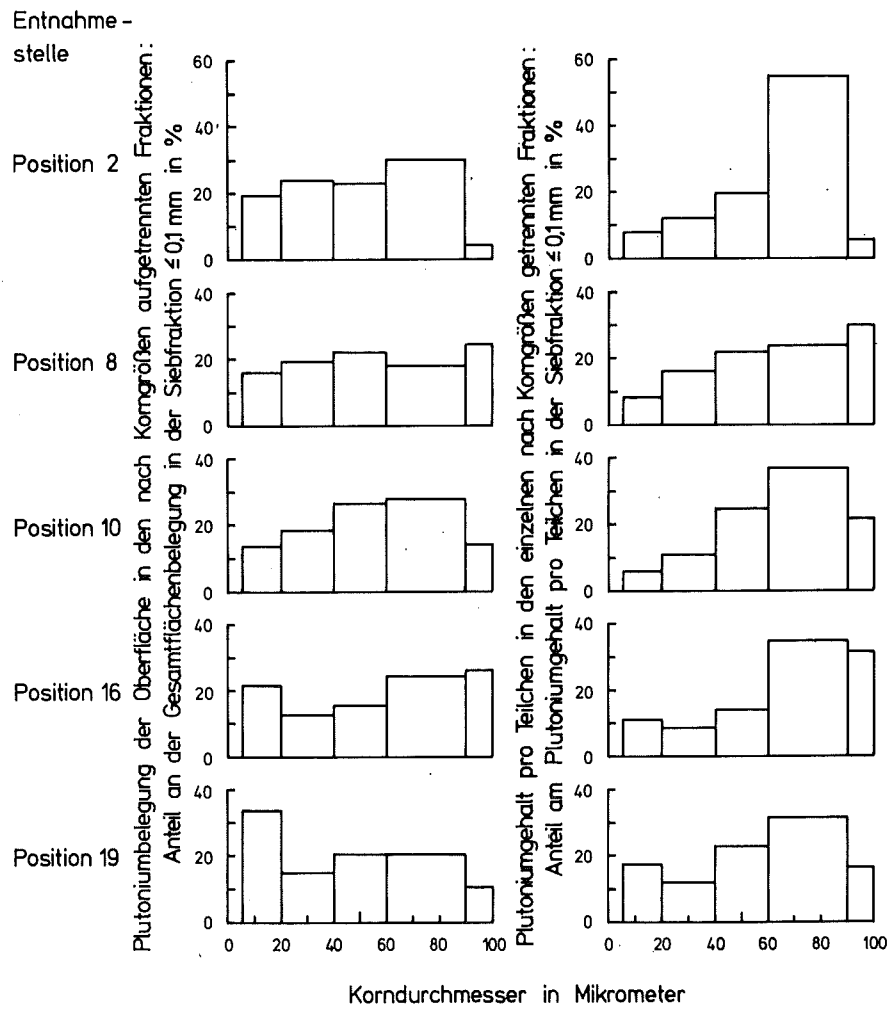


Abb. 5/17: Vergleich zwischen Plutoniumbelegung der Oberfläche und Plutoniumgehalt pro Teilchen in den nach Korngrößen aufgetrennten Fraktionen, die mit der Spülmethode aus den Siebfractionen  $\leq 0,1$  mm erhalten wurden

### 5.6.3 Trennung von Plutonium, Americium und Curium auf einer Kationenaustauschersäule mit Hochdruckflüssigkeitschromatographie

M. Pimpl, J. Hiller, H. Schüttelekopf

Für die Untersuchung des physikalischen und chemischen Verhaltens der biologisch besonders wirksamen Radionuklide Plutonium, Americium und Curium - Forschungsvorhaben PNS 4812 - muß der Gehalt dieser Nuklide in einer großen Zahl von Boden-, Wasser-, Luft- und Pflanzenproben festgestellt werden. Da die simultane Bestimmung dieser Nuklide in Umweltproben mit naßchemischen Methoden nur mit hohem Zeitaufwand durchführbar ist, bieten sich zur Verringerung des Zeitaufwandes chromatographische Methoden an, insbesondere die automatisierbare Hochdruckflüssigkeitschromatographie (HPLC).

Ergebnis einer umfangreichen Literaturrecherche war, daß die Hochdruckflüssigkeitschromatographie mit Ionenaustauschersäulen geeignet ist zur Trennung von Lanthaniden, zur Gruppentrennung Lanthaniden-Aktiniden und zur Trennung der Aktinidenelemente voneinander. Als Säulenmaterial stehen speziell für HPLC entwickelte druckstabile Ionenaustauscher zur Verfügung. Als Elutionsmittel empfiehlt sich  $\alpha$ -Hydroxy-isobuttersäure, da dieser Komplexbildner nicht nur einen sehr hohen Trennfaktor für Am/Cm aufweist, sondern auch wegen der hohen Konzentration, mit der er eingesetzt wird, die Trennbedingungen leichter eingehalten werden können als mit stark verdünnten Komplexonlösungen.

Die Arbeiten wurden mit einem Flüssigchromatographen Serie 3 und Säulenofen LC 100 der Fa. Perkin Elmer durchgeführt. Als Injektionssystem diente ein 6-Wege-Drehventil der Fa. Rheodyne, Modell 70-10 mit 20  $\mu$ l Probenschleife und Probenschleifeneingang Modell 70-11 zur drucklosen Probenaufgabe. Als Detektor wurde der Radioaktivitätsmonitor LB 5026 mit Elektronikeinheit, bestehend aus LSC Module BF 2240, Ratemeter-Integrator BF 2305 und Stromversorgung BF 1015-2 der Fa. Berthold verwendet. Die Quarzdurchflußzelle - freies Volumen 0,1 ml - war gefüllt mit Glasszintillator der Fa. Nuclear Enterprises, dessen Eignung zum Nachweis von  $\alpha$ -Strahlern im Eluat von Chromatographiesäulen in umfangreichen Versuchsreihen überprüft wurde. Die Abb. 5/18 zeigt schematisch die apparative Anordnung. Die Trennung von Pu, Am und Cm in einem einzigen Schritt

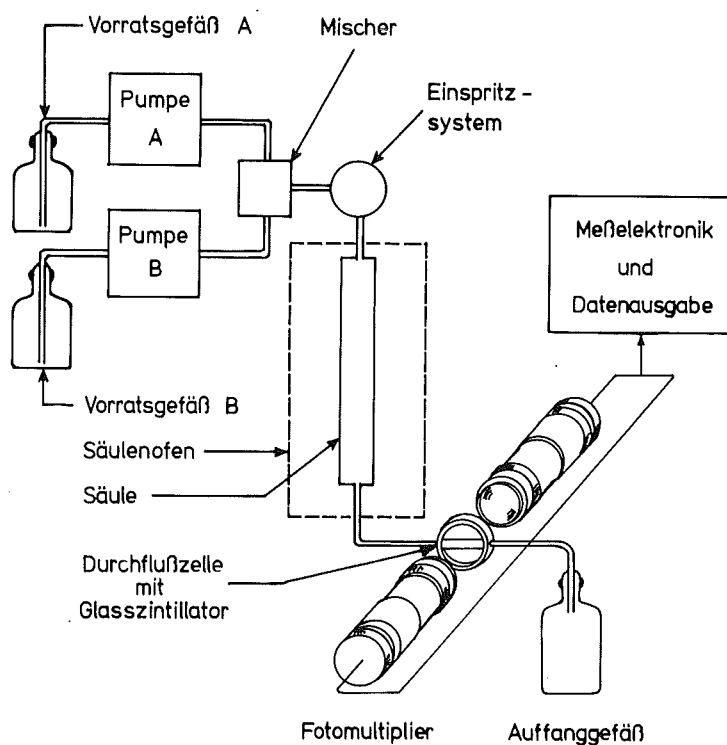


Abb. 5/18: Schemazeichnung der verwendeten Apparatur

erreichten wir auf einer Säule, die mit dem Kationenaustauscher Aminex A9 gefüllt war, wobei wir  $\alpha$ -Hydroxyisobuttersäure als Elutionsmittel benutzten. Zur Optimierung der schnellen Auftrennung von Pu, Am und Cm wurde der Einfluß der Säulentemperatur und der Konzentration an komplexbildenden Anionen untersucht. Bei unveränderter Selektivität der Säule und damit gleichem Trennfaktor wird mit zunehmender Säulentemperatur die Auflösung besser. Die Elution mit wäßrigen Lösungen unterschiedlichen Gehaltes an  $\alpha$ -Hydroxyisobuttersäure bei gleichem pH-Wert zeigte eine stark $\ddot{u}$  Verkürzung der Retentionszeiten und eine Abnahme der Peakauflösung. Der gleiche Effekt zeigte sich auch, wenn bei gleicher Konzentration an  $\alpha$ -Hydroxyisobuttersäure der pH-Wert des Eluenten erhöht wurde (siehe Abb. 5/19).

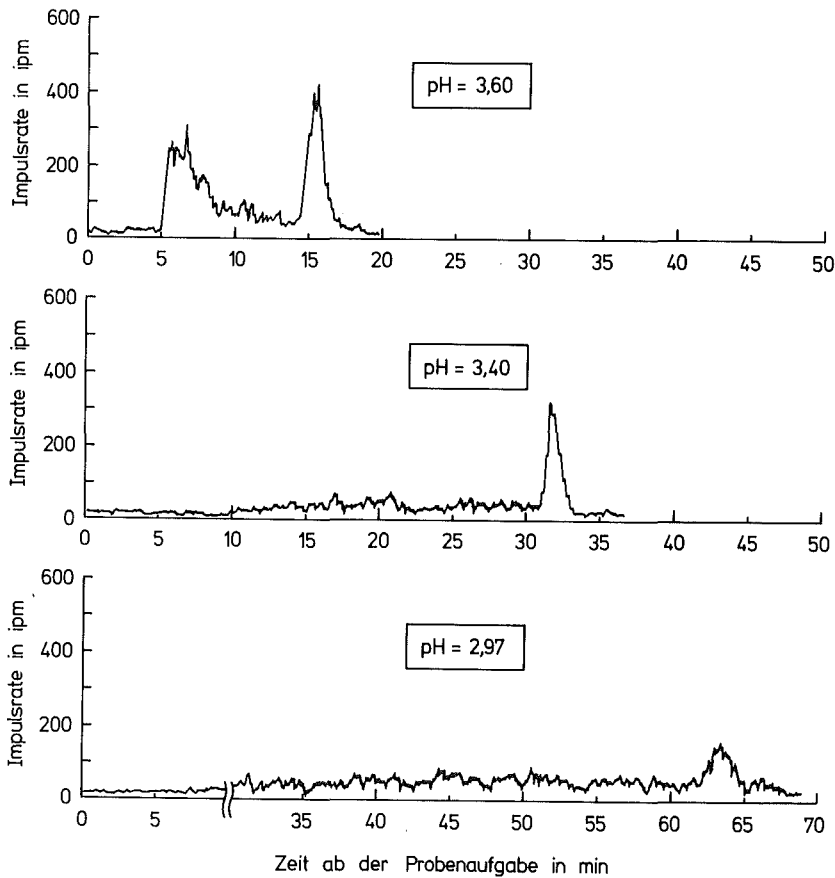


Abb. 5/19: Einfluß der pH-Variation einer 0,6 M  $\alpha$ -Hydroxyisobuttersäure auf die Retention von  $^{239}\text{Pu}^{4+}$  am Kationenaustauscher Aminex A9

In Abb. 5/19 fällt auf, daß beim Chromatographieren von Pu zwei Peaks angezeigt werden, wobei der erste sehr breit ist und ein ausgeprägtes Tailing aufweist. Der Peak mit höherer Retentionszeit ist der Flanke des ersten Peaks aufgesetzt. Es handelt sich hierbei offensichtlich um ein Gemisch von Pu in den Oxidationsstufen (IV) bis (VI), da nach Behandeln der Probe mit Natriumnitrit nur noch der Peak mit höherer Retentionszeit aufgefunden wird, der deshalb Pu (IV) zuzuordnen ist.

Durch die Parametervariation erhielten wir die optimalen Trennbedingungen für das Pu/Am/Cm-Gemisch: pH = 3,85, Konzentration an  $\alpha$ -Hydroxyisobuttersäure 0,6 M, Säulentemperatur 40 °C, Fließgeschwindigkeit 0,3 ml/min. Die Retentionszeiten betragen dann 8,6 min für Plutonium, 19,9 min für Curium und 26,2 min für Americium. Abb. 5/20 zeigt ein unter diesen Bedingungen aufgenommenes Chromatogramm. Die Ergebnisse wurden in KfK 3096 B beschrieben.

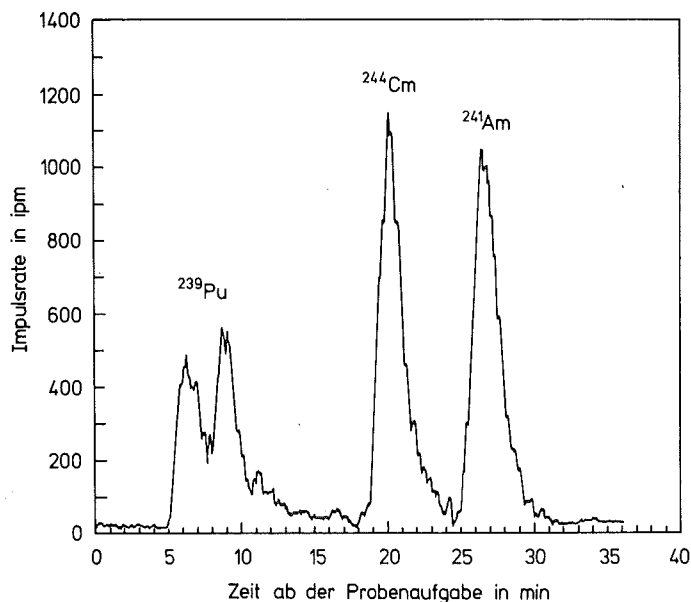


Abb. 5/20: Chromatographische Trennung eines Pu/Am/Cm-Gemisches mit 0,6 M  $\alpha$ -Hydroxy-isobuttersäure (pH = 3,85; Durchfluß: 0,3 ml/min; Säulentemperatur: 40 °C)

#### 5.6.4 Die Bestimmung von Americium und Curium in Umweltproben

H. Schüttelkopf, M. Afsar, K. Bender

Im Fallout der Kernwaffenexperimente ist Americium und Curium kaum enthalten. Im Kernbrennstoff sind die Isotope  $^{241}\text{Am}$  und  $^{244}\text{Cm}$  in geringerer Konzentration vorhanden als die wichtigsten Pu-Isotope. Bei Freisetzungen aus kerntechnischen Anlagen ist daher ebenfalls weniger Americium und Curium vorhanden als Plutonium. Eine Ausnahme stellt  $^{242}\text{Cm}$  dar, das aber mit einer Halbwertszeit von 165 d zerfällt und daher bereits nach kurzer Zeit ohne Bedeutung ist. Will man trotzdem Americium und Curium in der Umwelt messen, müssen daher große Probenmengen verarbeitet werden. Eine Analysenmethode für Americium und Curium für große Probenmengen wurde 1980 in der HS/R erarbeitet.

100 g Probe werden mit  $\text{HNO}_3$  oder, wenn hochgeglühte Oxide enthalten sind, mit  $\text{HNO}_3/\text{HF}$  und  $\text{HNO}_3/\text{Al}(\text{NO}_3)_3$  ausgekocht. Diese Lösung wird verdünnt und über eine Säule, gefüllt mit TOPO-imprägniertem Kieselgur, geleitet (TOPO = Trioctylphosphinoxid). Mit 0,1 M  $\text{HNO}_3$  wird gewaschen und mit 8 M  $\text{HNO}_3$  Americium und Curium eluiert. Durch diesen Prozeß gelingt die Abtrennung von den wichtigsten Matrixelementen Na, K, Mg, Ca, Al und Fe. Die so erhaltene Lösung wird eingedampft und in  $\text{HCl}$  aufgenommen. Sie wird über eine Säule mit Anionen- und Kationenaustauscher geleitet und ein wesentlicher Teil der verbliebenen ionischen Substanzen beseitigt. Durch diese zwei radiochemischen Prozesse wurde Americium und Curium von praktisch allen Verunreinigungen bis auf die Lanthaniden befreit. Die Abtrennung der Lanthaniden ist notwendig, da sie die Elektroplattierung und die nachfolgende  $\alpha$ -Spektrometrie wesentlich stören.

Zur Abtrennung der Lanthaniden wird aus  $\text{HNO}_3/\text{CH}_3\text{OH}$  Americium und Curium auf einem Anionenaustauscher adsorbiert. Mit  $\text{NH}_4\text{SCN}/\text{HCl}/\text{CH}_3\text{OH}$  werden die Lanthaniden eluiert. Mit einer konzentrierteren Lösung von  $\text{HCl}/\text{CH}_3\text{OH}$  wird Americium und Curium eluiert, die Lösung eingedampft und eine Elektroplattierung mit Oxalat/ $\text{HCl}$  durchgeführt. Die Messung von Americium und Curium erfolgt durch  $\alpha$ -Spektrometrie.

Die chemischen Ausbeuten für Americium liegen zwischen 50 % und 90 %. Die erreichbare Nachweisgrenze liegt bei 0,2 fCi/g (7,4 µBq/g) Probe und die Analyse dauert ein bis zwei Arbeitstage. Die chemische Ausbeute wird mit  $^{241}\text{Am}$  gemessen, und es wird angenommen, daß Americium und Curium sich weitgehend identisch verhalten.

Ein wesentlicher Vorteil der von uns entwickelten Analysenmethodik besteht darin, daß in der Auskochlösung alle Aktiniden in Lösung gehen. Durch eine Extraktion mit TOPO/Cyclohexan können Pu, Th, U und Pa aus der konzentrierten Säure extrahiert werden. Nach Verdünnen ist die hier beschriebene Americium- und Curiumabtrennung und -reinigung möglich. Aus der ersten TOPO-Extraktion können die anderen Aktiniden zurückgewonnen werden und bis zur  $\alpha$ -Spektrometrie gereinigt werden.

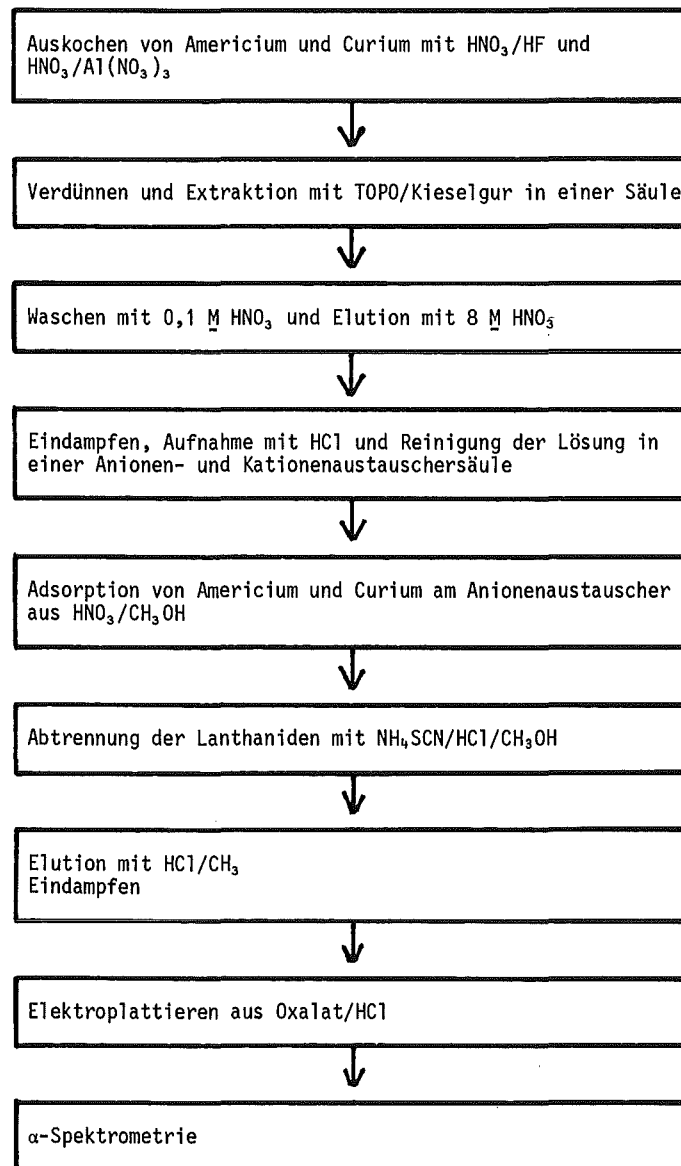


Abb. 5/21: Schematische Darstellung der Analysenmethode für Americium und Curium in Umweltproben



### 5.6.5 Radioökologische Untersuchungen zum $^{226}\text{Ra}$ im Raum Baden-Baden

H. Schüttelekopf, H. Kiefer

Zur Messung der natürlichen  $^{226}\text{Ra}$ -Kontamination der Umgebung von Baden-Baden wurden Trinkwasser-, Oberflächenwasser-, Sediment- und Bodenproben auf  $^{226}\text{Ra}$  analysiert. Außerdem wurden Forellen, Milch und andere Nahrungsmittel untersucht. Verwendet man zu Vergleichszwecken die Strahlenschutzverordnung, so kann unter vereinfachten Bedingungen  $0,7 \text{ pCi (26 mBq/l)}$   $^{226}\text{Ra/l}$  als maximal zulässige Konzentration angesehen werden. Im Bereich dieser Konzentration lagen Meßwerte eines Quellwassers, einer Trinkwasserversorgung und die Quellen im Kurhaus Baden-Baden. Oberflächenwasser erreichten nur dann diesen Wert, wenn sie im Raum des Uranvorkommens genommen wurden und vereinzelt wurden solche Werte im Oosbach unterhalb der Einleitung der Abwässer des Kurhauses gemessen (siehe Abb. 5/22). Die  $^{226}\text{Ra}$ -Konzentrationen in Sedimenten und Forellen sind leicht erhöht. Das gleiche gilt für die Bodenproben, die mit  $1,4 \text{ pCi/g (52 mBq/g)}$  Trockensubstanz als Mittelwert der nicht direkt am Uranvorkommen genommenen Bodenproben etwa um den Faktor 2 - 3 höher als "normal" sind (siehe Abb. 5/23). Bei Grasproben wurde  $0,1 \text{ pCi/g (3,7 mBq/g)}$  Trockensubstanz gemessen; dieser Wert ist erhöht und dementsprechend sind die Milchwerte, die lokal gewonnen wurden, mit  $^{226}\text{Ra}$ -Konzentrationen zwischen  $0,2$  und  $9,8 \text{ pCi/l (7,4 mBq/g und } 0,36 \text{ Bq/g)}$  ebenfalls zum Teil höher als normal. Eine geringere Zahl anderer Nahrungsmittel wurde im Raum Baden-Baden zusätzlich untersucht. Im allgemeinen sind die  $^{226}\text{Ra}$ -Konzentrationen niedrig.

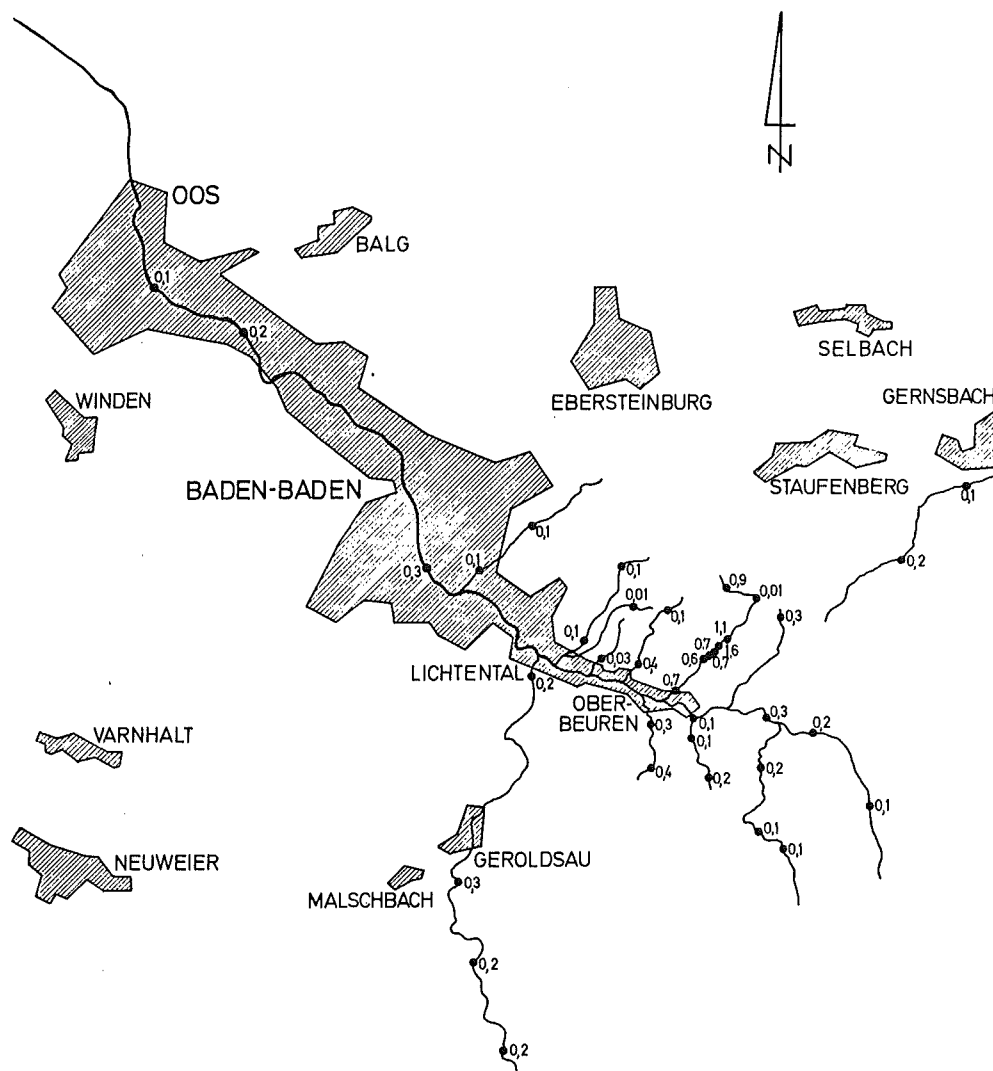


Abb. 5/22:  $^{226}\text{Ra}$ -Konzentration in Bächen und Flüssen der Umgebung von Baden-Baden in pCi/l

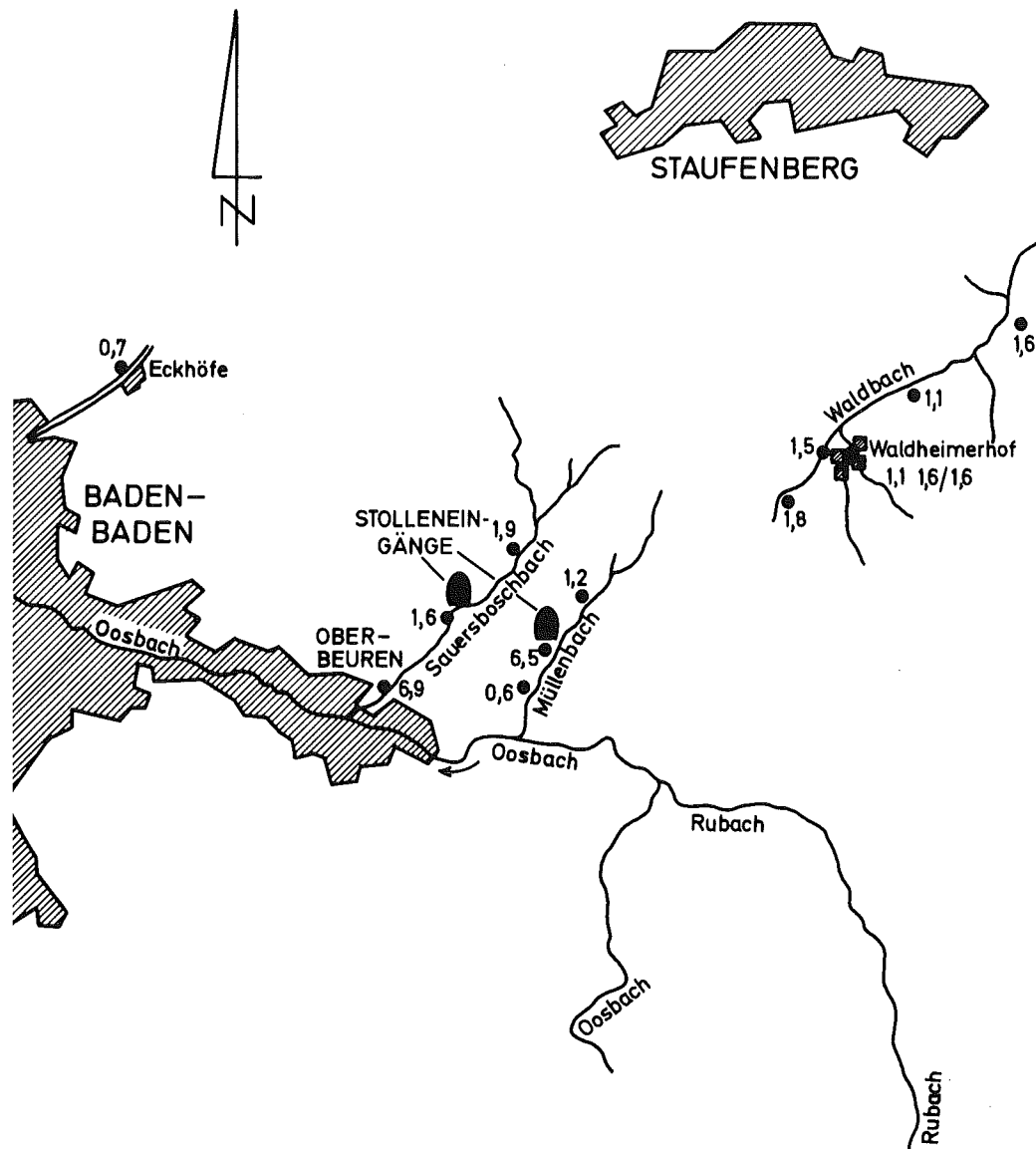


Abb. 5/23: Bodenproben aus dem Tal des Sauerboscbbaches, des Müllenbaches und des Waldbaches.  
Konzentration in pCi  $^{226}\text{Ra}$ /g Trockengewicht

Aus den erhaltenen Konzentrationen wurden Transferfaktoren errechnet. Die in Baden-Baden gemessenen Transferfaktoren wurden mit den Menzenschwand Ergebnissen verglichen. Die Transferfaktoren Fisch/Wasser liegen um den Faktor 4 - 7 unter den in Menzenschwand gemessenen Werten, die Transferfaktoren Gras/Boden um den Faktor 3; der Transferfaktor Gras/Milch ebenfalls um den Faktor 3, und, soweit vergleichbar, liegen die Transferfaktoren für Nahrungsmittel im allgemeinen um den Faktor 5 - 10 unter den in Menzenschwand bestimmten Daten.

Die Abschätzung der Aufnahme des natürlich vorkommenden  $^{226}\text{Ra}$  durch die Bevölkerung von Baden-Baden ist relativ schwierig, da nur ein geringer Anteil von Lebensmitteln untersucht werden konnte, weil der Großteil wichtiger Lebensmittel nicht lokal produziert wird. Ein Vergleich kann mit den Ergebnissen von Menzenschwand jedoch durchgeführt werden. Dort wurden 7,1 nCi (262,7 Bq) bei vollständiger Versorgung mit den lokal produzierten Lebensmitteln als Jahresaufnahme errechnet. Für die Kontamination der Lebensmittel ist vor allem die Konzentration im Boden und die Größe der Transferfaktoren ausschlaggebend. Da die Konzentration im Boden von Baden-Baden um den Faktor 2 kleiner ist als in Menzenschwand und die Transferfaktoren mindestens um den Faktor 3 kleiner sind, wird die Jahresaufnahme von  $^{226}\text{Ra}$  nicht 1,2 nCi (44,4 Bq) überschreiten. Da die verzehrten Lebensmittel nicht alle lokal produziert werden, dürfte die tatsächliche  $^{226}\text{Ra}$ -Aufnahme noch wesentlich unter diesem Ergebnis liegen.

Eine Kontamination der Umgebung durch menschliche Tätigkeit im uranreichen Raum von Baden-Baden erfolgt durch die Abgabe von  $^{226}\text{Ra}$ -haltigen Abwässern und durch die Lagerung von Erzmaterial auf umliegenden Halden. Alle durch diese Maßnahme berührten Bäche haben bereits von Natur aus eine relativ hohe  $^{226}\text{Ra}$ -Belastung. Diese wird durch die Halden bzw. die Abwasserabgabe noch etwa um den Faktor 2 erhöht (siehe Abb. 5/24). Da diese Bäche nicht zur Trinkwasserversorgung verwendet werden, mit dem Wasser dieser Bäche keine Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen erfolgt und die Bäche zu klein sind, um Fische zu enthalten, erfolgt durch die Abwasserabgabe keine zusätzliche Dosisbelastung der Bevölkerung von Baden-Baden.

Trotz der starken Abdeckung der Halden mit schwächer uranhaltigem Material und mit Erde, sind die an der Oberfläche gemessenen  $^{226}\text{Ra}$ -Konzentrationen des Bodens teilweise außergewöhnlich hoch. Dementsprechend enthalten die dort wachsenden Pflanzen auch bis zum Faktor 8 höhere  $^{226}\text{Ra}$ -Konzentrationen als Pflanzenproben von anderen Plätzen. Während die Halde am Kirchheimer Stollen landwirtschaftlich überhaupt nicht genutzt wird und daher die höheren  $^{226}\text{Ra}$ -Konzentrationen der Pflanze nicht zu einer Erhöhung der  $^{226}\text{Ra}$ -Aufnahme der Bevölkerung führen, wird der Pflanzenwuchs auf der Halde vor dem Sauerboschstollen zur Heuerzeugung genützt. Dieses Heu wird aber nicht als Futtermittel benutzt, sondern wird verbrannt.

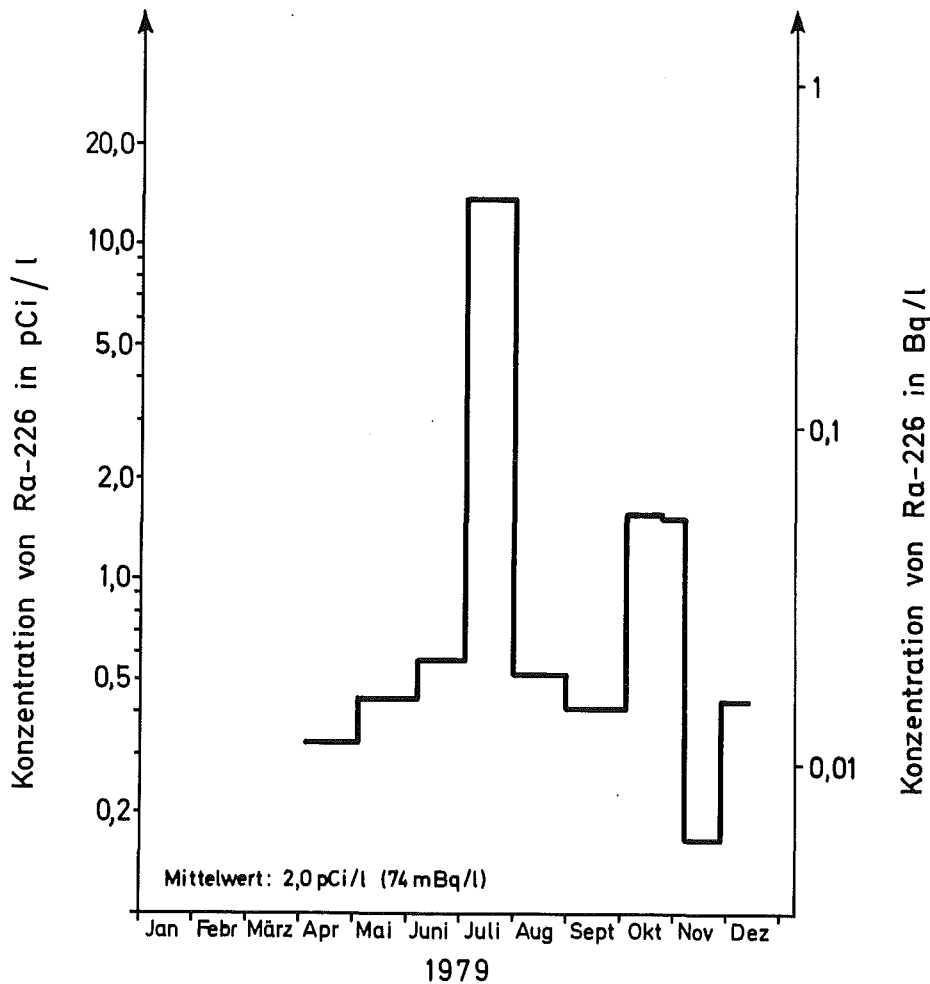


Abb. 5/24:  $^{226}\text{Ra}$ -Konzentration im Wasser des Sauerboschbaches unterhalb der Abwassereinleitung aus der Uranuntersuchungsgrube

5.6.6  $^{210}\text{Pb}$  und  $^{210}\text{Po}$  in Nahrungsmitteln und anderen Probematerialien des Südschwarzwaldes

H. Schüttelkopf, H. Kiefer

Ziel einer dreijährigen Untersuchung im Schwarzwald war die Messung der Luft-, Wasser-, Boden- und Nahrungsmittelkonzentrationen von  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  und  $^{210}\text{Po}$  und der für die Berechnung der Ingestionsdosis des Menschen wichtigsten Transferfaktoren. In Tab. 5/40 sind die  $^{210}\text{Pb}$ - und  $^{210}\text{Po}$ -Konzentrationen in Luft-, Oberflächenwasser- und Bodenproben angegeben. Die im Schwarzwald gemessenen  $^{210}\text{Pb}$ - und  $^{210}\text{Po}$ -Konzentrationen der Luft stimmen sehr gut mit den mittleren publizierten Werten von 14 fCi (0,518 mBq)  $^{210}\text{Pb}/\text{m}^3$  und 3,3 fCi (0,122 mBq)  $^{210}\text{Po}/\text{m}^3$  überein. Die  $^{210}\text{Pb}$ -Konzentrationen in Oberflächenwasser sind im allgemeinen kleiner als die  $^{226}\text{Ra}$ -Konzentrationen und liegen zwischen 0,1 und 0,3 pCi/l (3,7 und 11,1 mBq/l), ohne eine Proportionalität zur  $^{226}\text{Ra}$ -Konzentration aufzuzeigen. Die  $^{210}\text{Po}$ -Konzentrationen liegen im Bereich einiger 1/100 pCi/l (1/10 mBq/l). Ein großer Teil der Bodenproben enthält  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  und  $^{210}\text{Po}$  in gleicher spezifischer Aktivität. Abweichungen der  $^{210}\text{Pb}$ -Konzentrationen nach oben und unten verglichen mit der von  $^{226}\text{Ra}$ , wurden mehrfach beobachtet. Dasselbe gilt beim Vergleich von  $^{210}\text{Pb}$  und  $^{210}\text{Po}$ .

Probematerial	Konzentrationen von			
	$^{210}\text{Pb}$ in		$^{210}\text{Po}$ in	
	fCi/m <sup>3</sup>	mBq/m <sup>3</sup>	fCi/m <sup>3</sup>	mBq/m <sup>3</sup>
Luft	8 - 29	0,30 - 1,1	0,7 - 5,1	0,026 - 0,19
	pCi/l	mBq/l	pCi/l	mBq/l
Oberflächenwasser	0,17 - 0,27	6,3 - 10	0,01 - 0,07	0,37 - 2,6
	pCi/g	Bq/g	pCi/g	Bq/g
Boden	0,6 - 3,3	0,022 - 0,12	0,9 - 5,6	0,033 - 0,21

Tab. 5/40:  $^{210}\text{Pb}$  und  $^{210}\text{Po}$  in Luft-, Oberflächenwasser- und Bodenproben

In den Tab. 5/41 und 5/42 werden Konzentrationsbereiche von  $^{210}\text{Pb}$  und  $^{210}\text{Po}$  in wichtigen Nahrungsmitteln und in Gras bzw. Heu angegeben. Die Konzentrationen von  $^{210}\text{Pb}$  sind in Gemüse, Salat und vor allem in Gras und Heu wesentlich höher als die von  $^{226}\text{Ra}$ . Verglichen mit  $^{210}\text{Pb}$  ist die Konzentration von  $^{210}\text{Po}$  im Trinkwasser und Milch untergeordnet. Während in Grasproben hauptsächlich  $^{210}\text{Pb}$  und nur sehr wenig  $^{210}\text{Po}$  gemessen wurde, ist in Heu  $^{210}\text{Pb}$  und  $^{210}\text{Po}$  weitgehend im Gleichgewicht. Auch in Getreide ist die Konzentration von  $^{210}\text{Pb}$  und  $^{210}\text{Po}$  in etwa gleich hoch.

Probematerial	Konzentrationen in			
	pCi $^{210}\text{Pb}/\text{kg}$ frisch	mBq $^{210}\text{Pb}/\text{kg}$ frisch	pCi $^{210}\text{Pb}/\text{kg}$ trocken	Bq $^{210}\text{Pb}/\text{kg}$ trocken
Trinkwasser	≤0,08 - 2,7	≤3,0 - 100	-	-
Milch	≤0,6 - 4,5	≤22,0 - 170	-	-
Getreide	-	-	5 - 26	0,19 - 0,96
Gemüse, Salat	-	-	15 - 860	0,56 - 32
Gras, Heu	-	-	190 - 1 250	7,0 - 46

Tab. 5/41:  $^{210}\text{Pb}$ -Konzentrationen in Nahrungsmitteln und in Gras

Probematerial	Konzentrationen in			
	pCi <sup>210</sup> Po/kg frisch	mBq <sup>210</sup> Po/kg frisch	pCi <sup>210</sup> Po/kg trocken	Bq <sup>210</sup> Po/kg trocken
Trinkwasser	0,006 - 0,26	0,22 - 9,6	-	-
Milch	0,2 - 1,8	7,4 - 67	-	-
Getreide	-	-	4 - 31	0,15 - 1,2
Gemüse, Salat	-	-	9 - 44	0,33 - 1,6
Gras, Heu	-	-	30 - 800	1,1 - 30

Tab. 5/42: <sup>210</sup>Po-Konzentrationen in Nahrungsmitteln und in Gras

### 5.6.7 Untersuchungen zur Radioökologie des Tritiums

#### 5.6.7.1 Die Tritiumkonzentration von Niederschlägen, Oberflächen-, Grund- und Trinkwasser

L.A. König, K.-G. Langguth, M. Winter

Das seit 1971 laufende Meßprogramm zur langfristigen Beobachtung der Tritiumkonzentration von Niederschlägen, Oberflächen-, Grund- und Trinkwasser ist auch 1980 fortgeführt worden. Der Umfang des Probenahmeprogramms wurde allerdings auf 61 Probenahmestellen reduziert. Die Grund- und Trinkwasserproben stammen aus der näheren Umgebung des Kernforschungszentrums. Proben aus Brunnen und Bohrungen wurden als "Grundwasserproben" bezeichnet; "Trinkwasserproben" stammen aus Leitungswassernetzen. Das Tritiumprogramm für Oberflächenwasser beschränkte sich im wesentlichen auf die Ausmessung der uns vom Institut für Wasser- und Abfallwirtschaft der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 14tägig zur Verfügung gestellten Rhein- und Neckar-Wasserproben. Tritiumbestimmungen in Niederschlägen erfolgten an Proben aus dem betrieblichen Überwachungsbereich des KfK, an Proben aus der näheren Umgebung bis zu rund 11 km Entfernung vom KfK und zum Vergleich an Proben aus der Umgebung der Kernkraftwerke Gundremmingen und Neckarwestheim.

Die Struktur des Probenahmeprogramms wird in Tab. 5/43 wiedergegeben.

Probenart	Zahl der Probenahmestellen		Probenahmehäufigkeit	Zahl der untersuchten Proben
Grundwasser	9	2 6 1	1 x monatlich 1/4jährlich 1/2jährlich	47
Trinkwasser	7	7	1 x monatlich	66
Oberflächenwasser	29	6 23	1 x monatlich kontinuierlich	377
Niederschlag	16	4 7 5	arbeitstäglich nach Niederschlag 2 x monatlich 1 x monatlich	654
Summe	61			1 144

Tab. 5/43: Art und Zahl der 1980 untersuchten Proben, Zahl der Probenahmestellen und Häufigkeit der Probenahme

Tritium im Niederschlag

Niederschlagsproben sind von besonderem Interesse, da ihre Tritiumkonzentration in Verbindung mit der Niederschlagsmenge die dem Boden zugeführte Tritiumaktivität bestimmt und sich so auf alle anderen Medien auswirkt. In Tab. 5/44 wurden die Meßergebnisse der Jahre 1979 und 1980 einander gegenübergestellt.

Standorte der Niederschlags-sammler	1 9 7 9					1 9 8 0				
	M in mm	$\bar{a}$ in nCi/l	$\bar{a}$ in Bq/l	$A_F$ in nCi/m <sup>2</sup>	$A_F$ in kBq/m <sup>2</sup>	M in mm	$\bar{a}$ in nCi/l	$\bar{a}$ in Bq/l	$A_F$ in nCi/m <sup>2</sup>	$A_F$ in kBq/m <sup>2</sup>
<u>innerhalb KfK<sup>a)</sup></u>										
Meßhütte West	736	0,35	13,0	254	9,4	759	0,25	9,3	193	7,1
Meßhütte Nordost	733	0,61	22,6	449	16,6	731	0,54	20,0	391	14,5
WAK	742	0,94	34,8	685	25,3	727	0,96	35,5	700	25,9
Nordtor des KfK	719	1,59	58,8	1 141	42,2	671	2,89 <sup>d)</sup>	107,0 <sup>d)</sup>	1 931	71,4
am Sandfang V	753	0,53	19,6	397	14,7	701	0,45 <sup>d)</sup>	16,7 <sup>d)</sup>	318	11,8
nördl. Wasserwerk Nord	715	1,53	56,6	1 095	40,5	668	3,21 <sup>d)</sup>	118,8 <sup>d)</sup>	2 146	79,4
Mittelwert	733	0,93	34,4	670	24,8	710	1,38	51,1	947	35,0
<u>außerhalb KfK</u>										
Bruchsal	617	0,25 <sup>c)</sup>	9,3	151	5,6	680	0,22	8,1	152	5,6
Eggenstein	727	0,25	9,3	180	6,7	835	0,19	7,0	155	5,7
Leopoldshafen	756	0,25	9,3	192	7,1	734	0,21	7,8	153	5,7
Mittelwert	700	0,25	9,3	174	6,5	750	0,21	7,7	153	5,7
<u>Kernkraftwerk Gundremmingen</u>										
Niederstotzingen	562	0,21 <sup>c)</sup>	7,8	118	4,4	515 <sup>c)</sup>	0,24 <sup>c)</sup>	8,9 <sup>c)</sup>	112	4,1
Dischingen (Buchmühle)	532	0,20 <sup>c)</sup>	7,4	108	4,0	551 <sup>c)</sup>	0,24 <sup>c)</sup>	8,9 <sup>c)</sup>	116	4,3
Mittelwert	547	0,21	7,8	113	4,2	533	0,24	8,9	114	4,2
<u>Gemeinschaftskernkraftwerk Neckarwestheim</u>										
Meßhütte I, Neckarwestheim	587	0,20	7,4	115	4,3	470	0,16	5,9	75	2,8
Meßhütte II, Lauffen	587	0,22	8,1	127	4,7	483	0,14	5,2	66	2,4
Meßhütte III, Kirchheim	587	0,19	7,0	113	4,2	523	0,15	5,6	77	2,8
Mittelwert	587 <sup>b)</sup>	0,20	7,4	118	4,4	492	0,15	5,6	73	2,7

a) Lage der Sammelstellen siehe Plan nach S. 102

b) Messung der Niederschlagsmenge auf dem Betriebsgelände des GKN

c) Bei der Bildung der Jahresmittelwerte wurde ein fehlender Monatswert durch den Mittelwert des Restjahres ersetzt.

d) Bei der Bildung der Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration wurde eine Extrapolation für die Überwachungs-lücke vom 01.08. - 15.09.80 notwendig. Hierzu wurde der Mittelwert der Tritiumkonzentration des Restjahres, multipliziert mit dem Verhältnis der tatsächlichen Tritiumableitungen der Hauptemittenten zur mittleren Tritiumableitung, für die Zeiträume August und erste Septemberhälfte als Tritiumkonzentration angesetzt.

Tab. 5/44: Niederschlagsmenge M, mittlere Tritiumkonzentration  $\bar{a}$  und Tritiumflächenbelastung  $A_F$  für Sammelstellen innerhalb und außerhalb des KfK für die Jahre 1979 und 1980

Die innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches des KfK gesammelten Niederschläge (siehe Lageplan nach S. 102) haben 1980 im Mittel zu einer Tritiumflächenbelastung von rund  $0,9 \mu\text{Ci}/\text{m}^2$  ( $33,3 \text{ kBq}/\text{m}^2$ ) geführt. Diese Zunahme um 41 % gegenüber dem Vorjahreswert ist hauptsächlich auf eine entsprechende Zunahme der Tritiumemission der FERAB-Anlage und des MZFR und einen damit verbundenen größeren Washout von tritiiertem Wasserdampf aus den Abluftfahnen dieser Emittenten zurückzuführen. Die bebaute Fläche des KfK (Straßen und Gebäude) beträgt rund  $0,5 \text{ km}^2$ . Damit und mit der mittleren Tritiumflächenbelastung läßt sich abschätzen, daß mit den Niederschlägen über die Regenwasserkanalisation 1980 rund  $0,5 \text{ Ci}$  ( $18,5 \text{ GBq}$ ) Tritium in den Hirschkanal eingeleitet wurden.

Bei den drei Sammelstellen außerhalb des KfK hat die mittlere Tritiumflächenbelastung aufgrund der geringeren mittleren Tritiumkonzentration der Niederschläge um rund 12 % abgenommen. Die Sammelstellen sind rund 2,5 km bis 11 km vom KfK entfernt und können als von den Tritiumemissionen des KfK unbeeinflußt angesehen werden. Die Tritiumflächenbelastung  $A_F$  (außerhalb des KfK) betrug hier 1980 im Mittel  $153 \text{ nCi}/\text{m}^2$  ( $5,7 \text{ kBq}/\text{m}^2$ ). Zieht man diesen Betrag von den Einzelwerten der Gesamtflächenbelastung an den Sammelstellen innerhalb des KfK (siehe oberen Teil der Tab. 5/44) ab, so erhält man für diese Sammelstellen die Flächenimmissionen aufgrund der Tritiumableitungen der verschiedenen Emittenten des KfK. Tab. 5/45 zeigt die Ergebnisse.

Standorte der Niederschlagssammler innerhalb des KfK	Gesamt-Tritiumflächenbelastung $A_F$ (= 100 %)		Anteil der Tritiumflächenimmission $\Delta A_F$ an der Gesamtflächenbelastung $\Delta A_F = A_F(\text{innerh. KfK}) - A_F(\text{außerh. KfK})$		
	in $\text{nCi}/\text{m}^2$	in $\text{kBq}/\text{m}^2$	in $\text{nCi}/\text{m}^2$	in $\text{kBq}/\text{m}^2$	in %
Meßhütte West	193	7,1	40	1,5	21
Meßhütte Nordost	391	14,5	238	8,8	61
WAK	700	25,9	547	20,2	78
Nordtor	1 931	71,4	1 778	65,8	92
am Sandfang V	318	11,8	165	61,0	52
nördlich Wasserwerk Nord	2 146	79,4	1 993	73,7	93

Tab. 5/45: Anteil der durch die Tritiumableitungen mit der Abluft bedingten Flächenimmissionen an den Gesamt-Tritiumflächenbelastungen durch Niederschläge 1980

Die höchsten Tritiumflächenimmissionen wurden für die Sammelstellen am Nordtor und nördlich vom Wasserwerk Nord ermittelt. Sie erreichten dort 93 % der Gesamtflächenbelastung. Der kleinste Immissionswert ergab sich für die Sammelstellen der Meßhütte "West", entsprechend nur 21 % der Gesamtflächenbelastung. Das sich ergebende Verteilungsmuster der Tritiumflächenimmissionen innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches des KfK stimmt qualitativ mit der Erwartung überein, die sich aus der Berücksichtigung der Lage der Sammelstellen und der mit der Niederschlagshäufigkeit korrelierten Windrichtungshäufigkeitsverteilung ergibt.

#### Tritium in Oberflächengewässern

In den Tab. 5/46 und 5/47 wurden die Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration von Rhein und Neckar für die Jahre 1979 und 1980 einander gegenübergestellt. Das Probenahmeprogramm erfaßt mit 11 Probenahmestellen eine Rheinstrecke von knapp 400 km zwischen Öhringen-Stiegen (Fluß-km 29) und Mannheim (Fluß-km 426,2) und mit 13 Probenahmestellen den Neckarabschnitt zwischen Feudenheim (Fluß-km 8,1) und Deizisau (Fluß-km 199,7). Die Probenahmen erfolgten, wie bereits eingangs erwähnt, mit Ausnahme von drei Stellen kontinuierlich in Intervallen von rund 15 Tagen durch das Institut für Wasser- und Abfallwirtschaft. Die Ausnahmen betreffen

die Probenahmestellen bei Leopoldshafen, Rheinhausen und Speyer. An diesen drei Orten (in Tab. 5/46 durch "\*" gekennzeichnet) wurden monatlich Flußwasserstichproben genommen. In den Tab. 5/46 und 5/47 wurden außer den Jahresmittelwerten für die einzelnen Probenahmeorte Gesamtmittelwerte für die überwachten Rhein- und Neckarabschnitte angegeben. Sie zeigen, daß die mittleren Tritiumkonzentrationen des Rheins um ca. 10 % gegenüber dem Vorjahr abgenommen haben, während die Tritiumkonzentrationen des Neckars nahezu unverändert blieben.

R h e i n					
Fluß-km	O r t	<sup>3</sup> H-Konzentration			
		1 9 7 9		1 9 8 0	
		in nCi/l	in Bq/l	in nCi/l	in Bq/l
29	Öhringen-Stiegen	0,38	14,1	0,35	13,0
91	Reckingen	0,36	13,3	0,33	12,2
113	Albrück-Dogern	0,40	14,8	0,34	12,6
155	Wyhlen	0,37	13,7	0,32	11,8
224,7	Breisach (Restrhein)	0,39	14,4	0,34	12,6
248,9	Weisweil	0,39	14,4	0,36	13,3
362,2	Maxau	0,39	14,4	0,35	13,0
372	Leopoldshafen (Fähre)*	0,36	13,3	0,38	14,1
392,6	Rheinhausen*	0,78	28,9	0,69	25,5
400	Speyer*	0,36	13,3	0,34	12,6
426,2	Mannheim	0,47	17,4	0,40	14,8
Mittelwert		0,42	15,54	0,38	14,1
Mittelwert ohne km 392,6 (Einleitung der KfK-Abwässer)		0,39	14,43	0,35	13,0

Tab. 5/46: Tritiumkonzentrationswerte des Rheins für 1979 und 1980

N e c k a r					
Fluß-km	O r t	<sup>3</sup> H-Konzentration			
		1 9 7 9		1 9 8 0	
		in nCi/l	in Bq/l	in nCi/l	in Bq/l
8,1	Feudenheim	0,34	12,6	0,33	12,2
18,1	Schwabenheim	0,33	12,2	0,30	11,1
31,0	Neckargmünd	0,34	12,6	0,31	11,5
72,5	Guttenbach	0,33	12,2	0,33	12,2
93,9	Gundelsheim	0,34	12,6	0,29	10,7
104,1	Kochendorf	0,38	14,1	0,34	12,6
118,0	Horkheim	0,35	13,0	0,33	12,2
125,5	Lauffen	0,33	12,2	0,34	12,6
143,1	Hessigheim	0,31	11,5	0,31	11,5
165,2	Poppenweiler	0,31	11,5	0,31	11,5
172,3	Aldingen	0,33	12,2	0,27	10,0
187,0	Stuttgart-Untertürkheim	0,35	13,0	0,33	12,2
199,7	Deizisau	0,35	13,0	0,33	12,2
Mittelwert		0,34	12,6	0,32	11,8

Tab. 5/47: Tritiumkonzentrationswerte des Neckars für 1979 und 1980



Für den Rheinabschnitt zwischen Öhringen-Stiegen und Mannheim wurden die Längsprofile der mittleren Tritiumkonzentration für 1978, 1979 und 1980 in Abb. 5/25 graphisch dargestellt.

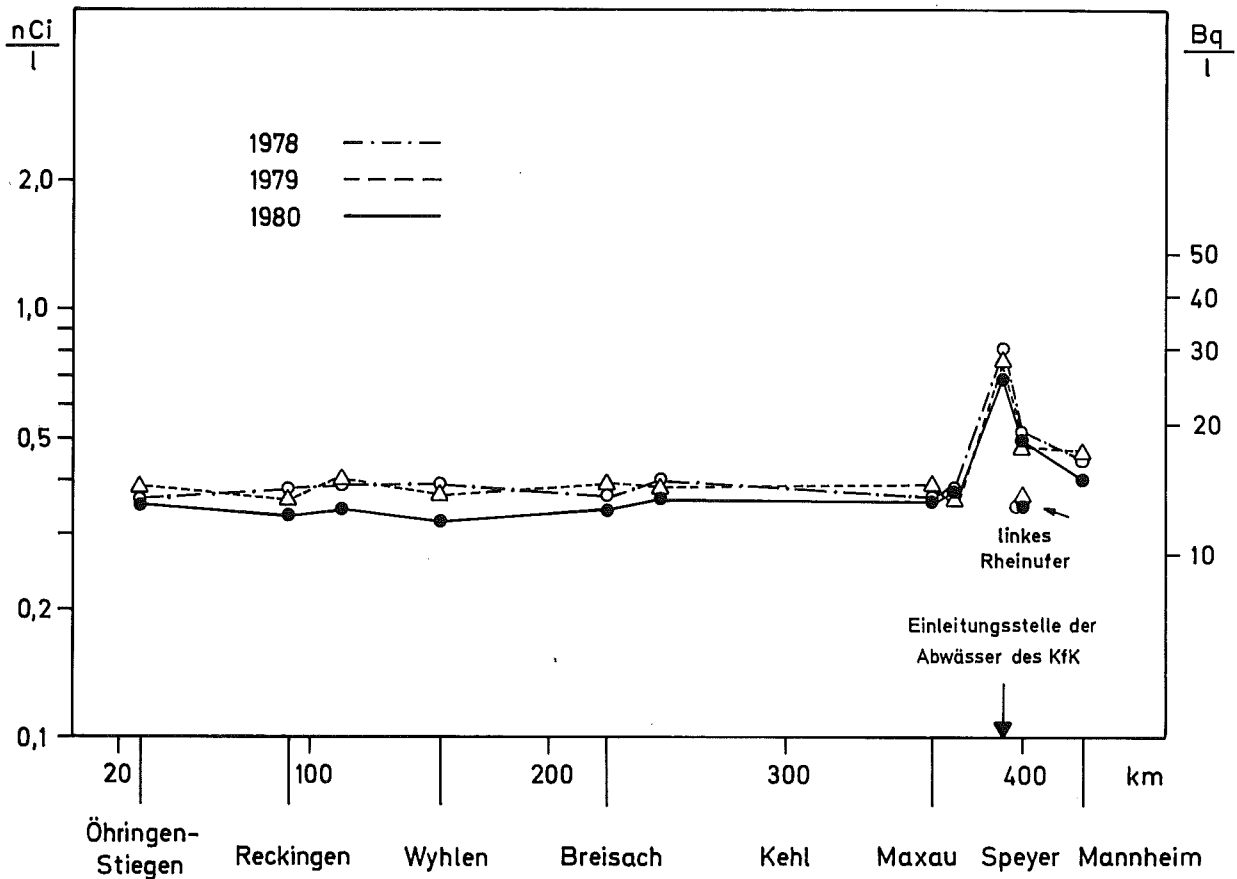


Abb. 5/25: Tritiumkonzentrationsprofile des Rheins

An der Probenahmestelle "Rheinhausen" bei Fluß-km 392,6, kurz unterhalb der Einmündungsstelle des 23,6 km langen Vorfluters für die Abwässer des KfK, wurden Spitzenwerte der Tritiumkonzentration gefunden, die auf die Tritiumableitungen aus den Endbecken der Abwasserkläranlage des KfK (siehe Kap. 5.2.1) zurückzuführen sind.

Die Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration lagen 1978, 1979 und 1980 bei Fluß-km 392,6 um den Faktor 2 über dem Profilmittelwert der rund 400 km langen Rheinstrecke zwischen Öhringen-Stiegen und Mannheim. In diesem Zusammenhang interessiert die Frage, wieviele Kilometer unterhalb der Einmündungsstelle der KfK-Abwässer eine Gleichverteilung der Tritiumkonzentration über die gesamte Breite des Rheins erreicht wird. Um hierzu eine erste Aussage zu gewinnen, wurden seit Januar 1978 bei Fluß-km 400 an der Rheinbrücke von Speyer monatlich Wasserproben an beiden Rheinufern genommen. Dabei zeigte sich, daß 7,4 km unterhalb der Abwassereinleitungsstelle noch keine Gleichverteilung quer zur Flußrichtung des Rheins erreicht ist. Die Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentrationen lagen am rechten Rheinufer 1978 um 44 %, 1979 um 31 % und 1980 um 44 % über denen des linken Rheinufer. Damit wird deutlich, daß die Querausbreitung der "Abwasserfahne" nur sehr langsam fortschreitet. Im Jahresmittel nimmt also die Tritiumkonzentration rechtsrheinisch auf 7 km Länge nur um rund 40 % ab. In Abb. 5/25 wurden zum Vergleich auch die Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration für das linke Rheinufer von Speyer eingetragen. Für eine systematische Untersuchung des Ausbreitungsverhaltens der tritiumhaltigen "Abwasserfahne" im Rhein wäre eine beträchtliche Erhöhung der Zahl der Probenahmestellen erforderlich.

Tritium in Grund- und Trinkwasser

In den Tab. 5/48 und 5/49 wurden die Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration von Grund- und Trinkwasser für 1979 und 1980 aus der Umgebung des KfK zusammengestellt. Bei der Berechnung der Mittelwerte wurde für Proben mit Tritiumkonzentrationen unterhalb der Nachweisgrenze die Hälfte der Nachweisgrenze eingesetzt.

Aus den Jahresmittelwerten der Tritiumkonzentration des Trinkwassers läßt sich für die überwachten Ortschaften die Strahlenbelastung der Bevölkerung durch Tritium abschätzen. Entsprechend der Streubreite der Konzentrationsmittelwerte ergibt sich bei Verwendung des Qualitätsfaktors für die  $\beta$ -Strahlung des Tritiums von  $QF = 1$  (entsprechend ICRP 30) für die Strahlenbelastung ein Bereich von 14  $\mu\text{rem/a}$  (0,14  $\mu\text{Sv/a}$ ) bis 33  $\mu\text{rem/a}$  (0,33  $\mu\text{Sv/a}$ ).

Probenahmeort	Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration			
	1 9 7 9		1 9 8 0	
	nCi/l	Bq/l	nCi/l	Bq/l
Wasserwerk Tiefgestade*	0,36	13,3	0,36	13,3
Wasserwerk Süd im KfK*	0,23	8,5	0,23	8,5
Wasserwerk Leopoldshafen*	0,30	11,1	0,31	11,5
Wasserwerk Linkenheim*	0,22	8,1	0,27	10,0
Wasserwerk Karlsruhe-Hardtwald*	0,26	9,6	0,26	9,6
Schluckbrunnen A (WAK)*	0,47	17,4	0,68	25,2
Schluckbrunnen B (WAK)	0,48	17,8	0,63	23,3
Beobachtungsbrunnen Nr. 16	0,32	11,8	0,43	15,9
Beobachtungsbrunnen Nr. 10	0,41	15,2	0,41	15,2

\*siehe Lageplan nach S. 100

Tab. 5/48: Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration des Grundwassers in der näheren Umgebung des KfK

Probenahmeort	Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration			
	1 9 7 9		1 9 8 0	
	nCi/l	Bq/l	nCi/l	Bq/l
Eggenstein	0,25	9,3	0,29	10,7
Förch-Niederbühl	0,33	12,2	-	-
Friedrichstal	0,26	9,6	0,28	10,4
Karlsruhe	0,22	8,1	0,24	8,9
Durlach	0,22	8,1	-	-
Leopoldshafen	0,34	12,6	0,33	12,2
Obergrombach	0,28	10,4	0,30	11,1
Speyer	0,13	4,8	0,14	5,2
KfK (Gebäude der HS)	0,21	7,8	0,27	10,0

Tab. 5/49: Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration des Trinkwassers

5.6.7.2 Untersuchung des Tritiumgehaltes von Pflanzen

L.A. König, K.-G. Langguth, S. Schulte, S. Strack, M. Winter

1980 wurden die Messungen des Tritiumgehaltes des freien Gewebewassers von pflanzlichen Nahrungsmitteln aus den beiden Hauptausbreitungssektoren in der Umgebung des Kernforschungszentrums fortgesetzt. Die Ergebnisse sind in Tab. 5/50 zusammengestellt. Nur in vier von insgesamt 23 Proben wurden Werte oberhalb von 1 pCi/ml (38 mBq/ml) gefunden. Der höchste gemessene Wert betrug  $5,43 \pm 0,37$  pCi/ml ( $0,201 \pm 0,014$  Bq/ml) und ist somit vom Standpunkt des Strahlenschutzes betrachtet unbedeutend.

Pflanzliche Nahrungsmittel	1. Hauptausbreitungssektor (Raum Friedrichstal)				2. Hauptausbreitungssektor (Raum Eggenstein-Leopoldshafen)			
	Datum der Probenahme 1980	Wassergehalt in %	Tritiumkonzentration		Datum der Probenahme 1980	Wassergehalt in %	Tritiumkonzentration	
			pCi/ml a ± Δa	in Bq/ml a ± Δa			pCi/ml a ± Δa	in Bq/ml a ± Δa
GETREIDE:								
- Weizen (Körner)	01.08.	12,6	0,57±0,18	0,021±0,008	01.08.	8,6	0,30±0,17	0,011±0,006
- Roggen (Körner)	01.08.	14,2	1,02±0,20	0,038±0,007	-	-	-	-
BLATTGEMÜSE:								
- Kopfsalat	-	-	-	-	23.05.	91,8	0,33±0,16	0,012±0,006
- Feldsalat	-	-	-	-	11.11.	87,7	4,66±0,34	0,172±0,013
- Endiviensalat	26.09.	91,6	0,36±0,17	0,013±0,006	-	-	-	-
KOHLGEMÜSE:								
- Weißkohl	26.08.	90,2	0,36±0,17	0,013±0,006	26.08.	91,3	0,36±0,17	0,013±0,006
- Rotkohl	26.08.	83,9	0,32±0,17	0,012±0,006	26.08.	86,4	0,27±0,17	0,010±0,006
- Wirsingkohl	-	-	-	-	01.07.	91,4	0,23±0,16	0,009±0,006
- Rosenkohl	09.12.	77,1	0,55±0,19	0,020±0,007	11.11.	80,0	5,43±0,37	0,201±0,014
- Blumenkohl	-	-	-	-	01.07.	90,5	2,09±0,24	0,077±0,009
WURZEL- UND KNOLLENGEMÜSE:								
- Kartoffeln	25.09.	80,2	0,40±0,17	0,015±0,006	25.09.	77,2	0,41±0,17	0,015±0,006
- Möhren	26.08.	73,6	0,48±0,18	0,018±0,007	14.07.	87,5	0,24±0,16	0,009±0,006
- Rote Rüben	-	-	-	-	14.07.	73,7	0,23±0,16	0,009±0,006
- Rettich	-	-	-	-	01.07.	92,7	0,25±0,16	0,009±0,006
AUSDAUERENDE GEMÜSE:								
- Spargel	23.05.	91,7	0,30±0,16	0,011±0,006	23.05.	87,6	0,25±0,16	0,009±0,006
OBST:								
- Äpfel	-	-	-	-	27.11.	80,9	0,41±0,17	0,015±0,006

Tab. 5/50: Tritiumgehalt des Gewebewassers pflanzlicher Nahrungsmittel aus den beiden Hauptausbreitungssektoren in der Umgebung des KfK.

Im Spätjahr 1980 wurde im Rahmen eines vom BMI geförderten Forschungsprogramms (St.Sch.800) mit der Bestimmung des organisch gebundenen Tritiums begonnen, indem die Tritiumaktivität im Verbrennungswasser der gefriergetrockneten Proben gemessen wurde. Die Ergebnisse sind in Tab. 5/51 wiedergegeben. Bei einem Teil der Proben wurde die Tritiumkonzentration im freien Wasser sowohl durch azeotrope Destillation als auch durch Gefriertrocknung bestimmt. Hierbei zeigte sich eine weitgehende Übereinstimmung der mit beiden Methoden erzielten Ergebnisse innerhalb der Fehlergrenzen. Abweichungen sind offenbar auf Kontaminationen der Proben während der Bearbeitung als Folge des Umgangs mit Tritium im Kernforschungszentrum zurückzuführen. Zusätzlich wurde das Verhältnis "R" der Tritiumkonzentration im Verbrennungswasser der Trockensubstanz zu jener im freien Wasser berechnet. Die hierbei gefundenen Werte liegen mit drei Ausnahmen oberhalb eins. Jedoch ist nur ein mit großer Unsicherheit behafteter Verhältniswert größer als vier. Die gleiche Tendenz zeigen die in der Ingenieurarbeit von Chr. Blickheuser angegebenen R-Werte. Da in Pflanzen erheblich mehr Wasserstoff wassergebunden als organisch gebunden ist und außerdem die pflanzliche Nahrung nur zu einem kleinen Teil zur Wasserbilanz des Menschen beiträgt, lassen die bisherigen Ergebnisse nur eine unbedeutende Erhöhung der Strahlenbelastung durch organisch gebundenes Tritium erwarten.

In Tab. 5/52 sind die Medianwerte von "R" für verschiedene Probengruppen angegeben.

Probenart	Medianwerte von R
Rosenkohl	
- Rosen	2,4
- Blätter	2,3
- Stämme	1,5
- Wurzeln	1,4
Äpfel	1,8
Kiefernnadeln	1,7
Buchenblätter	2,6
Hainbuchenblätter	1,6

Tab. 5/52: Medianwerte von R  
(Verhältnis der Tritiumkonzentration im Verbrennungswasser der bei der Gefriertrocknung anfallenden Rückstände zu jener im freien Wasser der Proben)

Im Falle des Rosenkohls stimmen die einzelnen R-Werte für die verschiedenen Pflanzenteile innerhalb der Fehlergrenzen überein, obwohl es sich um Proben von verschiedenen Orten handelt. Bei den Medianwerten für Rosen, Blätter, Stämme und Wurzeln könnten sich Unterschiede für die verschiedenen Pflanzenteile andeuten. Für die an der Referenzstelle genommenen Proben liegen die im Verbrennungswasser gefundenen Tritiumkonzentrationen über jenen im freien Wasser. Allerdings sind keine Unterschiede für die verschiedenen Pflanzenteile erkennbar. Es wird im weiteren Verlauf des Forschungsvorhabens zu klären sein, ob die jetzt beobachteten Unterschiede signifikant sind oder nur zufällig auftraten.

PROBENAHEME		PROBENART	TRITIUMKONZENTRATION						R-WERT
Datum 1980	Ort		freies Wasser				Verbrennungswasser aus Trockensubstanz		
			Gefriertrocknung		Azeotr. Destillation		aus Trockensubstanz		
		pCi/ml	mBq/ml	pCi/ml	mBq/ml	pCi/ml	mBq/ml		
19.09.	KfK-M3	Kiefernnadeln 1j.	1,33±0,22	49± 8	-	-	2,41±0,31	89±11	1,81±0,38
19.09.	KfK-M3	Kiefernnadeln 2j.	2,47±0,25	91± 9	-	-	3,25±0,42	120±16	1,32±0,22
19.09.	KfK-M3	Kiefernnadeln 3j.	2,15±0,24	80± 9	-	-	2,78±0,26	103±10	1,29±0,19
11.11.	Ippersbach	Kiefernnadeln	0,28±0,16	10± 6	0,35±0,17	13± 6	2,51±0,44	93±16	9 ±5
24.11.	KfK-N7	Kiefernnadeln 1j.	0,76±0,18	28± 6	0,77±0,18	28± 7	1,69±0,26	63±10	2,2 ±0,6
24.11.	KfK-N7	Kiefernnadeln 2j.	0,80±0,19	30± 7	0,83±0,26	31±10	1,88±0,26	70±10	2,4 ±0,7
24.11.	KfK-N7	Kiefernnadeln 3j.	0,96±0,19	36± 7	-	-	0,52±0,20	69± 7	0,5 ±0,23
03.12.	KfK-Tor 6	Kiefernnadeln 1j.	0,43±0,18	16± 7	0,46±0,17	17± 6	0,70±0,21	26± 8	1,6 ±0,8
03.12.	KfK-Tor 6	Kiefernnadeln 2j.	0,41±0,17	15± 6	0,24±0,17	9± 6	0,97±0,20	36± 7	2,4 ±1,1
03.12.	KfK-Tor 6	Kiefernnadeln 3j.	1,11±0,21	41± 8	-	-	1,08±0,20	40± 7	0,97±0,26
10.11.	KfK-N7	Buchenblätter	1,34±0,21	50± 8	1,09±0,20	40± 7	4,10±0,38	152±14	3,1 ±0,6
10.11.	KfK-S6	Buchenblätter	1,34±0,21	50± 8	4,99±0,41	185±15	3,46±0,36	128±13	2,58±0,49
10.11.	B. 26	Buchenblätter	9,00±0,21	333± 8	9,20±0,50	339±19	14,90±0,90	552±31	1,66±0,10
03.10.	KfK-M3	Hainbuchenblätter	0,86±0,19	32± 7	-	-	-	-	-
15.10.	KfK-M3	Hainbuchenblätter	4,49±0,34	166±13	-	-	3,54±0,29	131±11	0,79±0,09
29.10.	KfK-M3	Hainbuchenblätter	2,53±0,26	94±10	-	-	3,22±0,28	119±10	1,27±0,17
10.11.	KfK-M3	Hainbuchenblätter	1,62±0,22	60± 8	1,55±0,22	57± 8	4,23±0,38	157±14	2,61±0,43
11.11.	Ippersbach	Hainbuchenblätter	0,38±0,17	14± 6	0,18±0,17	7± 6	0,76±0,21	28± 8	2,0 ±1,1
04.09.	KfK-M3	Hainbuchenfrüchte	2,15±0,25	80± 9	-	-	2,26±0,42	84±16	1,05±0,23
27.11.	Leopoldsh.	Äpfel	0,37±0,17	14± 6	0,41±0,17	15± 6	0,78±0,27	29±10	2,1 ±1,2
12.12.	Augustenb.	Äpfel	0,37±0,16	14± 6	<NWG*	<NWG*	0,53±0,18	20± 7	1,4 ±0,8
24.11.	KfK-N7	Boden	-	-	0,77±0,18	18± 7	-	-	-
24.11.	KfK-N7	Boden	0,57±0,18	21± 7	0,51±0,17	19± 6	-	-	-
24.11.	KfK-N7	Boden	0,58±0,19	21± 7	0,71±0,18	26± 7	-	-	-
24.11.	KfK-N7	Boden	-	-	0,48±0,17	18± 6	-	-	-
24.11.	KfK-N7	Humus	0,72±0,19	27± 7	0,68±0,18	25± 7	2,20±0,90	80±31	3,1 ±1,4
09.12.	Friedrichs.	Rosenkohl-Rosen	0,47±0,18	17± 7	0,55±0,19	20± 7	1,11±0,19	41± 7	2,4 ±1,0
11.12.	Eggenstein	Rosenkohl-Rosen	0,66±0,18	24± 7	0,70±0,19	26± 7	2,10±0,27	78±10	3,2 ±1,0
12.12.	Thomashof	Rosenkohl-Rosen	0,23±0,16	9± 6	<NWG*	<NWG*	0,48±0,17	18± 6	2,1 ±1,6
09.12.	Friedrichs.	Rosenkohlblätter	0,49±0,18	18± 7	0,33±0,17	12± 6	1,12±0,26	41±10	2,3 ±1,0
11.12.	Eggenstein	Rosenkohlblätter	0,56±0,18	21± 7	0,35±0,17	13± 6	1,38±0,32	51±12	2,5 ±1,0
12.12.	Thomashof	Rosenkohlblätter	0,34±0,17	13± 6	0,22±0,17	8± 6	0,49±0,18	18± 7	1,4 ±0,9
09.12.	Friedrichs.	Rosenkohl-Stamm	0,54±0,19	20± 7	0,41±0,18	15± 7	0,63±0,43	23±16	1,2 ±0,9
11.12.	Eggenstein	Rosenkohl-Stamm	0,33±0,17	12± 6	0,42±0,17	16± 6	0,83±0,18	31± 7	2,5 ±1,4
12.12.	Thomashof	Rosenkohl-Stamm	0,31±0,17	11± 6	<NWG*	<NWG*	0,47±0,17	17± 6	1,5 ±1,0
09.12.	Friedrichs.	Rosenkohlwurzeln	0,41±0,18	15± 7	0,22±0,17	8± 6	0,53±0,20	20± 7	1,3 ±0,8
11.12.	Eggenstein	Rosenkohlwurzeln	0,40±0,18	15± 7	0,71±0,19	26± 7	0,59±0,21	22± 8	1,5 ±0,9
12.12.	Thomashof	Rosenkohlwurzeln	0,28±0,17	10± 6	<NWG*	<NWG*	-	-	-
09.12.	Friedrichs.	Rosenkohl Boden	0,23±0,17	9± 6	0,37±0,17	14± 6	-	-	-
11.12.	Eggenstein	Rosenkohl Boden	0,49±0,18	18± 7	0,52±0,18	19± 7	-	-	-
12.12.	Thomashof	Rosenkohl Boden	0,16±0,16	6± 6	<NWG*	<NWG*	-	-	-

\*<NWG: Wert unterhalb der Nachweisgrenze

Tab. 5/51: Tritiumkonzentration im freien Wasser (bestimmt durch Gefriertrocknung und durch azeotrope Destillation), im Verbrennungswasser aus den Rückständen der Gefriertrocknung sowie Verhältniswerte R der Tritiumkonzentration im Verbrennungswasser zu jener im freien Wasser. Die angegebenen Fehler der Konzentrationswerte sind 2σ-Fehler. Die Fehler der R-Werte wurden nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz berechnet.

### 5.6.7.3 Bestimmung von organisch gebundenem Tritium durch Anwendung der Plasmaoxidationstechnik

S. Strack, S. Schulte

Für die Bestimmung von organisch gebundenem Tritium in Umgebungsproben wurde eine Anlage zur Plasmaveraschung von organischem Material (Plasma-Prozessor-500-E der Fa. Technics GmbH Europa, 8000 München) mit einem geeigneten Kühlfallensystem zur kontaminationsfreien Rückgewinnung des Oxidationswassers installiert und erprobt. In Abb. 5/26 ist der Aufbau der Anlage schematisch dargestellt. Das Verfahren soll im folgenden kurz beschrieben werden.

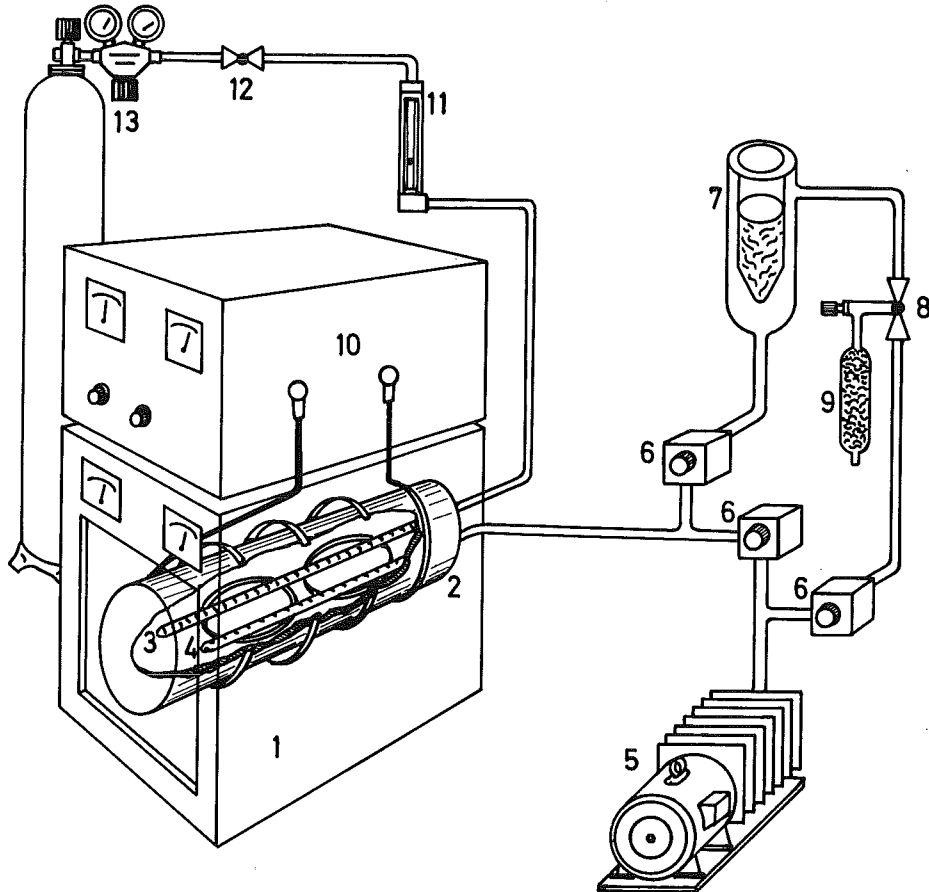


Abb. 5/26: Schematische Darstellung der Anlage zur Plasmaoxidation von organischem Material

- 1 - Prozeßkammer
- 2 - Petrischalen für Proben
- 3 - Gaseinlaßrohr
- 4 - Gasauslaßrohr
- 5 - Feinvakuumpumpe
- 6 - Federbalgventile
- 7 - Kühlfalle
- 8 - Gaseinlaßventil
- 9 - Molekularsieb
- 10 - Hochfrequenzgenerator
- 11 - Rotameter
- 12 - Nadelventil
- 13 - Sauerstoffversorgung

Die Proben werden zunächst gefriergetrocknet und die Tritiumkonzentration des so erhaltenen Gewebewassers bestimmt. Die verbleibende Trockensubstanz wird möglichst fein pulverisiert und in dünner Schicht auf Petrischalen in die Prozeßkammer eingebracht. Sämtliche Luftfeuchtigkeit und die Restfeuchtigkeit in den getrockneten Proben werden danach aus dem System entfernt, indem die Anlage bis zu einem Enddruck von  $10^{-2}$  mbar evakuiert wird. Anschließend wird ein konstanter Sauerstoffstrom im Bereich von 100 bis 200 ml/min eingestellt, der die Kammer unter einem Druck von etwa 1 mbar setzt. Danach wird das Plasma durch Anlegen eines Hochfrequenzfeldes gezündert und bei einer Frequenz von 27,12 Mhz aufrechterhalten. Die Oxidation verläuft dann bei Temperaturen von maximal 200 °C.

Das Wasser, das bei der Oxidation der Proben entsteht, wird in einer Kühlfalle aufgefangen, die mit einem Gemisch von Alkohol und Trockeneis gekühlt wird. Die Falle ist in einem Bypass zur Vakuumleitung zwischen Prozeßkammer und Vakuumpumpe untergebracht und kann bei Unterbrechung der Oxidation mit zwei Federbalgventilen gasdicht abgeschlossen werden. Für die Oxidation einer Probe wird jeweils soviel Trockensubstanz eingesetzt, daß ca. 10 ml Oxidationswasser aufgefangen werden können, die dann ohne vorherige Tritiumanreicherung zu einer Low-level-Messung im Liquid-Scintillation-Counter verwendet werden.

Abb. 5/27 zeigt den Verlauf der Oxidation von pulverisierter Stärke (Merck, Art. 1252) in Abhängigkeit von der Position der Petrischalen in der Prozeßkammer. Unter den gewählten Bedingungen wurden für Stärkepulver bei einem Gesamtprobengewicht von 40 g Trockensubstanz Oxidationsraten bis zu 8 g/h erzielt.

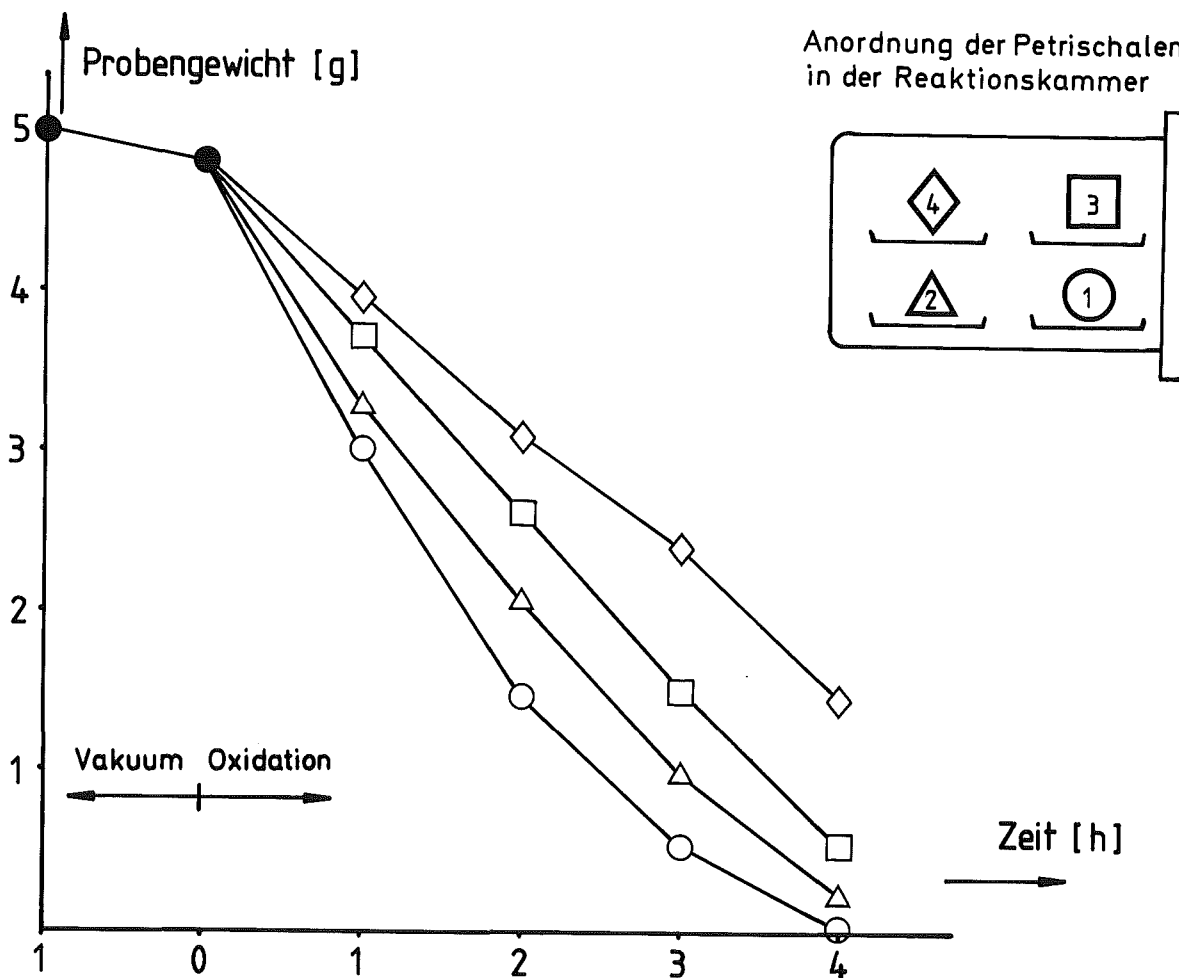


Abb. 5/27: Verlauf einer Plasmaoxidation von Stärkepulver (Merck, Art. 1252) in Abhängigkeit von der Position der Petrischalen in der Reaktionskammer (○ - Pos. 1; △ - Pos. 2; □ - Pos. 3; ◇ - Pos. 4)

Der Verlauf der Plasmaveraschung ist allerdings sehr stark von der Zusammensetzung und der Oberflächenstruktur der Proben abhängig. Ein hoher Anteil an nicht brennbaren Mineralstoffen führt bereits nach kurzer Oxidationsdauer zu einem starken "Abschirmeffekt". Die Oxidationsraten können exponentiell abnehmen, da die an der Oberfläche der Probe verbleibenden Aschebestandteile die Rekombination der hochaktiven Sauerstoffatome katalysieren und so die Oxidation der darunterliegenden Stoffpartikel behindern. Durch mehrmaliges "Umrühren" der Proben im Verlauf der Oxidation kann deshalb die Dauer der Veraschung mitunter erheblich verkürzt werden. Zur Zeit wird zur Optimierung der Methode das Oxidationsverhalten von unterschiedlichen Stoffen untersucht. Im Rahmen einer Ingenieurarbeit\* wurde jedoch bereits gezeigt, daß mit Hilfe der Plasmaoxidation reproduzierbare Ergebnisse von organisch gebundenen Tritiumaktivitäten in Hainbuchenblätter erzielt werden können. Über weitere Ergebnisse wird an anderer Stelle berichtet.

Im Vergleich zu früher beschriebenen Verfahren zur Totalveraschung von großen Probenmengen für die Bestimmung des organisch gebundenen Tritiums hat die Methode den Vorteil, daß hier ein kommerziell erhältliches Gerät direkt eingesetzt werden kann, wobei nur eine zusätzliche Apparatur zur Wasserrückgewinnung erforderlich ist. Das so gewonnene Oxidationswasser ist frei von quenchenden Rauchgasbestandteilen und kann nach einer einfachen Destillation, die sicherheitshalber vorgenommen wird, direkt zur Messung verwendet werden. Außerdem birgt der Prozeß nicht in dem Maße die Gefahr einer Explosion, wie dies bei den herkömmlichen Verfahren der Fall ist. Ein entscheidender Vorteil der Methode liegt darin, daß beim Arbeiten unter Vakuum Kontaminationseffekte durch atmosphärisches Tritium leicht auf ein Minimum beschränkt werden können.

---

\*Chr. Blickheuser, "Bestimmung der Tritiumkonzentration in Bewuchs- und Bodenproben",  
Ingenieurarbeit (1980)



## 6. Dosimetrie

### 6.1 Dosismessung

B. Burgkhardt, A. Letsch, M. Reddmann

Die Auswertestelle für Personendosimeter führt die Eigenüberwachung aller Mitarbeiter des Kernforschungszentrums Karlsruhe sowie weitere Überwachungen im Auftrag auswärtiger Stellen durch. Eingeschlossen sind Dosismessungen mit Festkörperdosimetern in der Umgebung kerntechnischer Anlagen und die Bereitstellung von Dosimetern, Geräten und Methoden zum Nachweis von Gammastrahlung und Neutronen in der Routine- bzw. Unfalldosimetrie.

#### 6.1.1 Personendosimetrie

Zur Personen- und Ortsdosimetrie werden vor allem Phosphatglasdosimeter und Thermolumineszenzdosimeter eingesetzt. Die Zahl der jährlichen Auswertungen von Glas- und TL-Dosimetern seit 1969 ist in Abb. 6/1 wiedergegeben. Im Berichtszeitraum wurden insgesamt 17 615 Gläser und 13 475 TLD routinemäßig ausgewertet. Die Phosphatgläser in der perforierten Zinnkugel weisen Photonenstrahlung im Bereich 45 keV bis > 1,2 MeV praktisch energieunabhängig nach. Die Personen- bzw. Arbeitsplatzüberwachung sämtlicher Mitarbeiter des Kernforschungszentrums mit Phosphatglasdosimetern dient neben der Dosisbestimmung nach einem eventuellen Unfall der Erfassung der Jahresdosis einschließlich der natürlichen Strahlenbelastung am Arbeitsplatz. Die Häufigkeitsverteilung der bei Mitarbeitern im Jahr 1980 gemessenen Jahresdosis ist in Abb. 6/2 wiedergegeben.

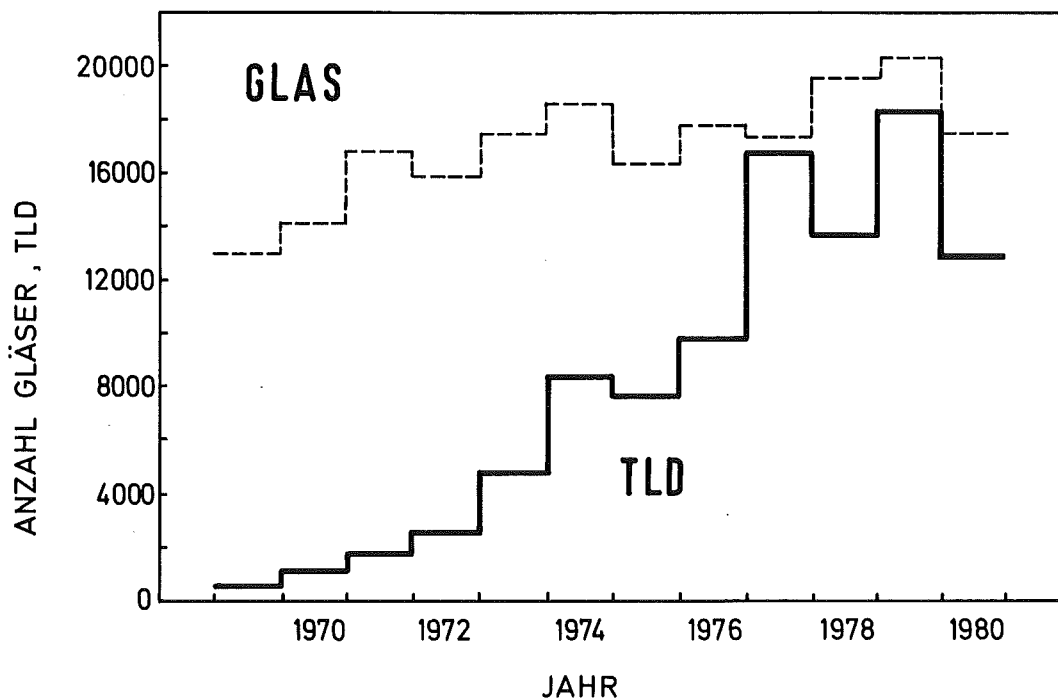


Abb. 6/1: Anzahl der jährlichen Routineauswertungen von TL- und Phosphatglasdosimetern

Im Kernforschungszentrum wurden im Jahr 1980 insgesamt 3319 Personen mit Phosphatglasdosimetern überwacht. Die Auswertung dieses Dosimeters erfolgt bei Bedarf sofort, bei einem Personenkreis von ca. 800 Personen monatlich, sonst jährlich. Die gemessene mittlere Jahresdosis pro Person lag in den einzelnen Instituten des KfK zwischen 88 mrem (0,88 mSv) u. 480 mrem (4,8 mSv). Die für die einzelnen Bereiche gefundenen mittleren Jahresdosiswerte pro Person einschließlich der natürlichen Strahlung sind in Tab. 6/1 wiedergegeben.

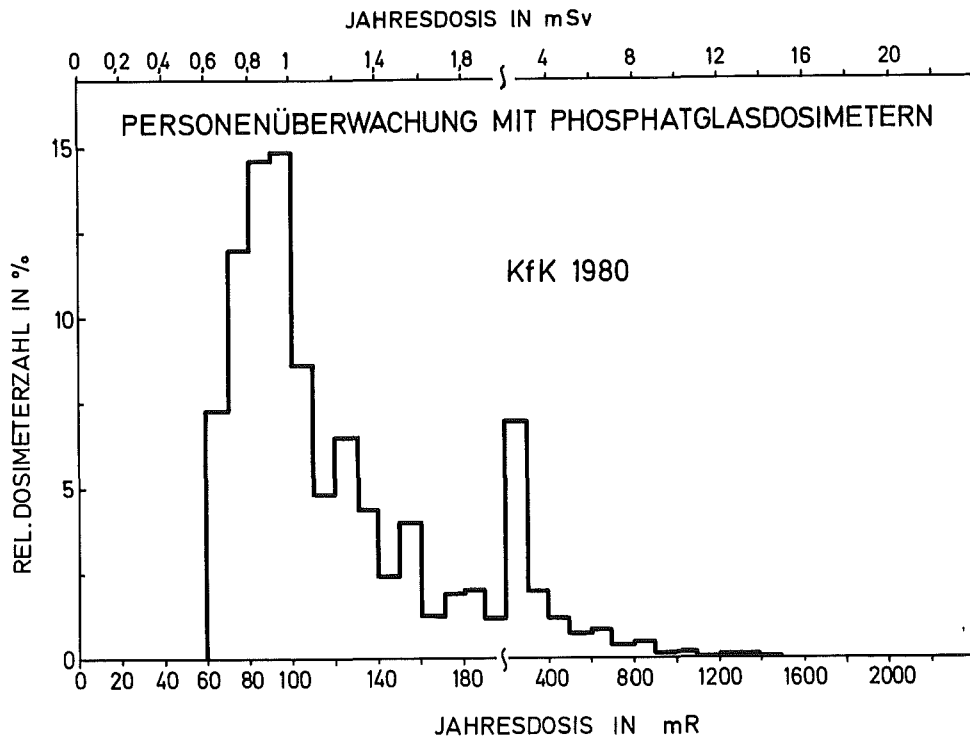


Abb. 6/2: Externe Strahlendosis der Mitarbeiter des KfK - einschließlich natürlicher Strahlung - im Jahr 1980

Anlage	mittlere Personenzahl 1980	mittlere Personendosis 1980	
		mR	mSv
Beschleuniger	40	480	4.80
biologische und medizin. Institute	76	94	0.94
chemische Institute	326	231	2.31
Dekontamination	210	307	3.07
physikalische Institute	477	106	1.06
Reaktorbetrieb	238	153	1.53
Strahlenschutz (Kontrollbereich)	55	210	2.10
Versorgungsbetriebe	717	121	1.21
sonstige	1 195	88	0.88

Tab. 6/1: Glasdosimetrie - mittlere Jahresdosis für verschiedene Bereiche

In Abb. 6/3 sind die Ergebnisse der Phosphatglasüberwachung im KfK für die Jahre 1968 bis 1980 wiedergegeben. In dieser Darstellung erkennt man bei den verschiedenen Personengruppen schon geringe Unterschiede des Strahlenpegels am jeweiligen Arbeitsplatz sowie sprunghafte Erhöhungen, bedingt durch den Umgang mit höheren Aktivitätsmengen.

Thermolumineszenzdosimeter werden innerhalb der Personenüberwachung besonders zum Nachweis von Betastrahlen, zur Teilkörperdosimetrie sowie zur Bestimmung der Neutronendosis mit dem Albedodosimeter eingesetzt. Als Personendosimeter zur Überwachung in  $\beta/\gamma$ -Mischstrahlungsfeldern werden  $^7\text{LiF:Mg,Ti}$ -Detektoren (TLD 700) hinter 50 mg/cm<sup>2</sup> und 500 mg/cm<sup>2</sup> Abdeckung in einer für eine automatische Auswertung vorgesehenen Dosimeter-

halterung verwendet. Für Teilkörperdosimetrie stehen Edelstahlringfinger und Armbanddosimeter mit den gleichen Detektoren und einer Abdeckung von  $7 \text{ mg/cm}^2$  zur Verfügung. Im Berichtszeitraum wurden insgesamt 749 Ringfingerdosimeter ausgewertet. Ringfingerdosimeter werden auch im Auftrag von Krankenhäusern ausgewertet. Sie können ohne Verfälschung des Meßwertes gassterilisiert werden.

Zur Neutronenpersonenüberwachung wird das serienmäßig hergestellte Karlsruher Albedodosimeter eingesetzt, das an einem Dosimetergürtel getragen wird und die Neutronendosis an einer Anlage innerhalb  $\pm 30 \%$  richtungs- und energieunabhängig nachweisen kann.

Für die Neutronendosimetrie beim unmittelbaren Umgang mit Spaltneutronenquellen stehen Ringfinger und Personendosimeter nach der Kernspurätzmethode zur Verfügung.

Die regelmäßige Teilnahme an der jährlichen  $\beta/\gamma$ -Kontrollbestrahlung der amtlichen Meßstellen bei der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig dient zum Nachweis der Kalibrierungsgenauigkeit unserer Auswertestelle.

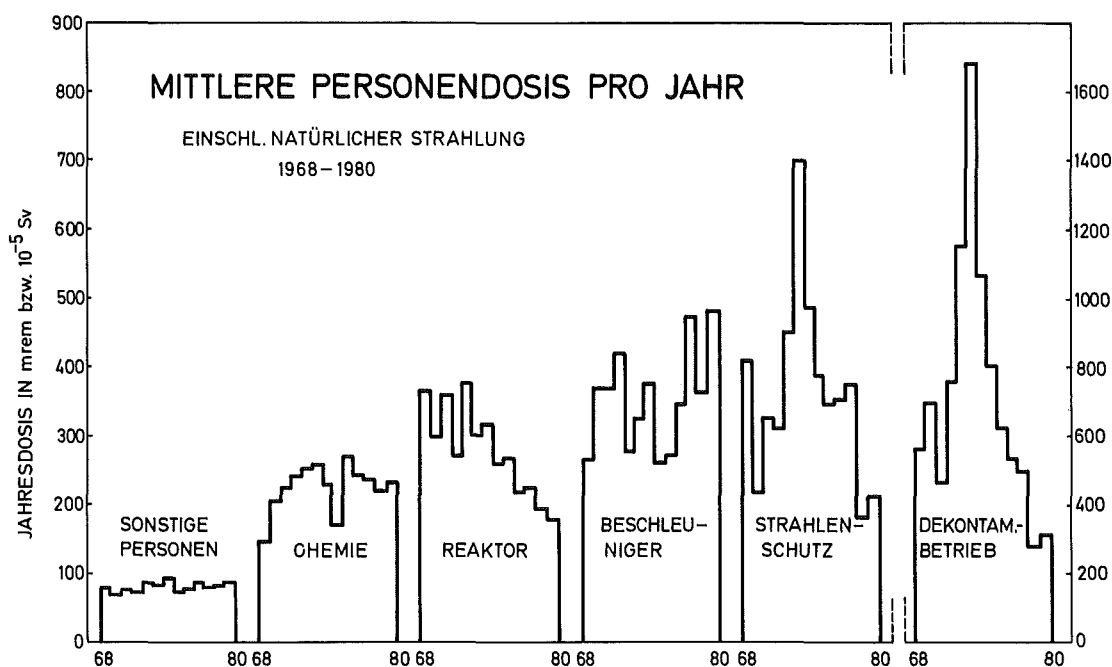


Abb. 6/3: Ergebnisse der langjährigen Glasdosimetrauswertung in den verschiedenen Arbeitsbereichen des KfK

### 6.1.2 Ortsdosimetrie

Im Kernforschungszentrum Karlsruhe werden seit 17 Jahren Glasdosimeter und seit 10 Jahren TL-Dosimeter im Freien zur Ermittlung der natürlichen Strahlenbelastung sowie eines zusätzlichen Einflusses der kerntechnischen Anlagen exponiert.

An 318 Meßstellen in der Umgebung werden je zwei Gläser in der Kugelkapsel bzw. zwei TLD-700-Dosimeter in einer Kunststoffkapselung von etwa  $500 \text{ mg/cm}^2$  Wandstärke aufgehängt und halbjährlich, an Sondermeßstellen auch vierteljährlich, ausgewertet. 1980 wurde damit begonnen, die Umgebungsdosimetrie nach dem entspre-

chenden Empfehlungsentwurf des Fachverbandes für Strahlenschutz, Arbeitskreis AKD, durchzuführen. Im Auftrag von Kernkraftwerken und kerntechnischen Anlagen wurden im Berichtsjahr ca. 640 TLD-Auswertungen zur Umgebungsüberwachung durchgeführt. Weitere Ortsdosimeterauswertungen dienten, insbesondere in  $\beta/\gamma$ -Strahlungsfeldern in den Heißen Zellen und in den Dekontaminationsbetrieben, der realistischen Abschätzung der zu erwartenden Personenbelastung im Rahmen der Arbeitsvorbereitung.

Seit drei Jahren werden TL-Dosimeter auch zur routinemäßigen Arbeitsplatzüberwachung in Krankenhäusern eingesetzt, um die Strahlenbelastung des medizinischen Personals an Röntgen- und Therapiebestrahlungsgeräten abzuschätzen.

Zur Ausmessung des Streustrahlungsfeldes an Reaktoren und Neutronengeneratoren sowie der Neutronenstörstrahlung an medizinischen Bestrahlungsanlagen wurde das Karlsruher Einkugel-Albedodosimeter (siehe Kapitel 6.3) weiterhin erfolgreich eingesetzt.

Auch 1980 wurden im Auftrag auswärtiger Stellen Glas- und TL-Dosimeter im Hochdosisbereich bis 20 MR (0,2 MSv) ausgewertet (siehe auch Kap. 6.2.3). Die Ergebnisse wurden hauptsächlich benötigt im Zusammenhang mit Untersuchungen der Eigenschaften von Materialien, die langfristig und häufig auch bei erhöhten Temperaturen Neutronen- und Gammafeldern hoher Dosisleistungen ausgesetzt sind.

### 6.1.3 $\beta$ -Strahlenbelastung in gemischten $\beta/\gamma$ -Strahlungsfeldern

Bei Arbeiten mit  $\beta$ -Quellen oder mit Spaltproduktgemischen ist es auch Aufgabe der Strahlenschutzüberwachung, die Teilkörperdosen insbesondere an den Extremitäten zu ermitteln. Meßgröße ist hier die Hautdosis, d. h. die Äquivalentdosis hinter einer flächenbezogenen Masse von 7 mg/cm<sup>2</sup> Gewebe. Im Gegensatz zur Ganzkörperdosis durch  $\gamma$ -Strahlung ist bei  $\beta$ -Strahlung mit einer Teilkörperdosis zu rechnen, für welche unterschiedliche Grenzwerte und Überwachungsmethoden vorgesehen sind.

Bei Personen der Kategorie A beträgt der Jahresgrenzwert für die Hautdosis 30 rem (0,3 Sv), für die Extremitätendosis 60 rem (0,6 Sv) (siehe Anlage X, Spalte 2 StrlSchV). Bei nicht beruflich strahlenexponierten Personen darf in betrieblichen Überwachungsbereichen jährlich 1/10 dieser Grenzwerte nicht überschritten werden. Dies bedeutet bei  $\beta$ -Strahlung eine Hautdosis von 3 rem (30 mSv) und eine Extremitätendosis von 6 rem (60 mSv). Unterhalb dieser Werte ist die Messung der Ortsdosis bzw. Ortsdosisleistung zur Abschätzung der Körperdosis ausreichend. Eine Überwachung mit einem amtlichen Filmdosimeter ist erst bei Überschreiten von 3/10 des Jahresgrenzwertes erforderlich.

In gemischten  $\beta/\gamma$ -Strahlungsfeldern ist der zu erwartende Dosisbeitrag durch  $\beta$ -Strahlung im allgemeinen gering. Für die Personenüberwachung im KfK war es daher von Interesse, den  $\beta$ -Dosisbeitrag im Bereich der Dekontaminationsbetriebe zu ermitteln, wo die höchsten  $\beta$ -Strahlenbelastungen zu erwarten sind. Für die Arbeitsplatzanalyse wurden die im Jahr 1979 mit dem amtlichen Filmdosimeter ermittelten Meßergebnisse zugrundegelegt. Das Filmdosimeter ermöglicht eine getrennte Bestimmung der  $\beta$ -Dosis und der  $\gamma$ -Dosis. Zur Auswertung wurden lediglich Monatsmeßergebnisse herangezogen, die oberhalb der Nachweisgrenze von 40 mrem (0,4 mSv) lagen.

Die Häufigkeitsverteilung für das monatliche Dosisverhältnis  $\beta$ -Dosis/ $\gamma$ -Dosis ist in Abb. 6/4 wiedergegeben. Es zeigt sich, daß die  $\beta$ -Dosis in den meisten Fällen kleiner als die  $\gamma$ -Dosis ist und das Dosisverhältnis weniger als 2,5 beträgt, mit Ausnahme eines kleinen fehlerbehafteten Meßwertes von  $H_{\beta/\gamma} = 80$  mrem (0,8 mSv).

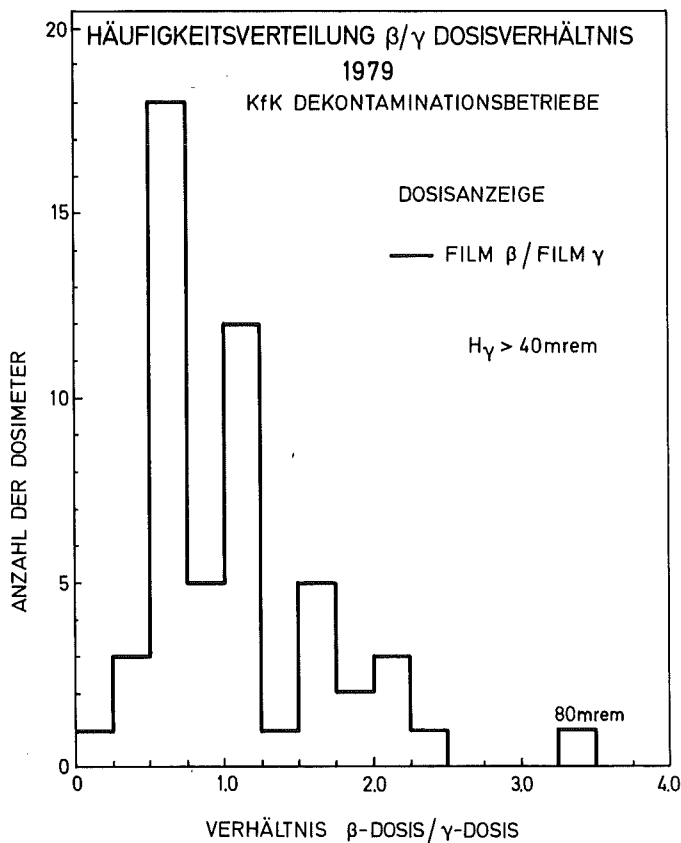


Abb. 6/4: Häufigkeitsverteilung der monatlichen Personendosismeßwerte in den Dekontaminationsbetrieben des KfK

Zum Vergleich mit den Jahresgrenzwerten für die Teilkörperdosis durch  $\beta$ -Strahlung wurden die Monatswerte für jede Person aufsummiert. Die Häufigkeitsverteilung der Jahresdosiswerte ist in Abb. 6/5 getrennt für  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlung wiedergegeben. Die Ergebnisse des Jahres 1979 zeigen ausschließlich  $\beta$ -Teilkörperdosen unter 1 rem (10 mSv), während vereinzelte  $\gamma$ -Dosiswerte bis zu 2 rem (20 mSv) ermittelt wurden. Die Teil-

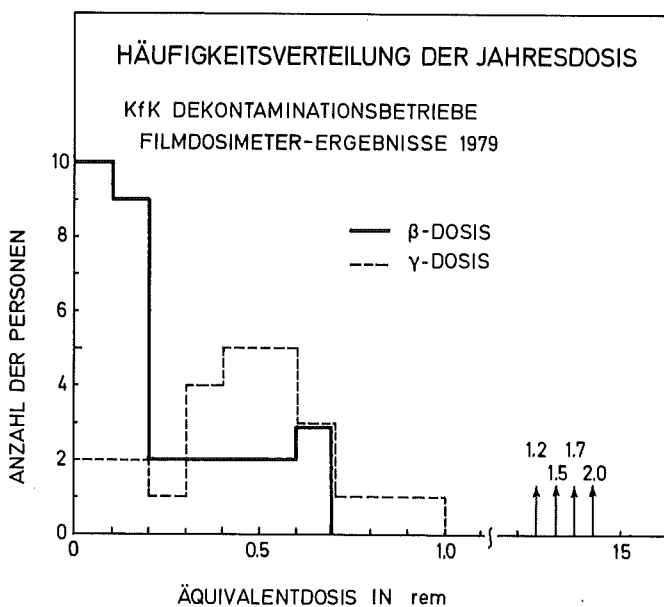


Abb. 6/5: Häufigkeitsverteilung der Jahresdosiswerte in den Dekontaminationsbetrieben des KfK, gemessen mit dem Filmdosimeter

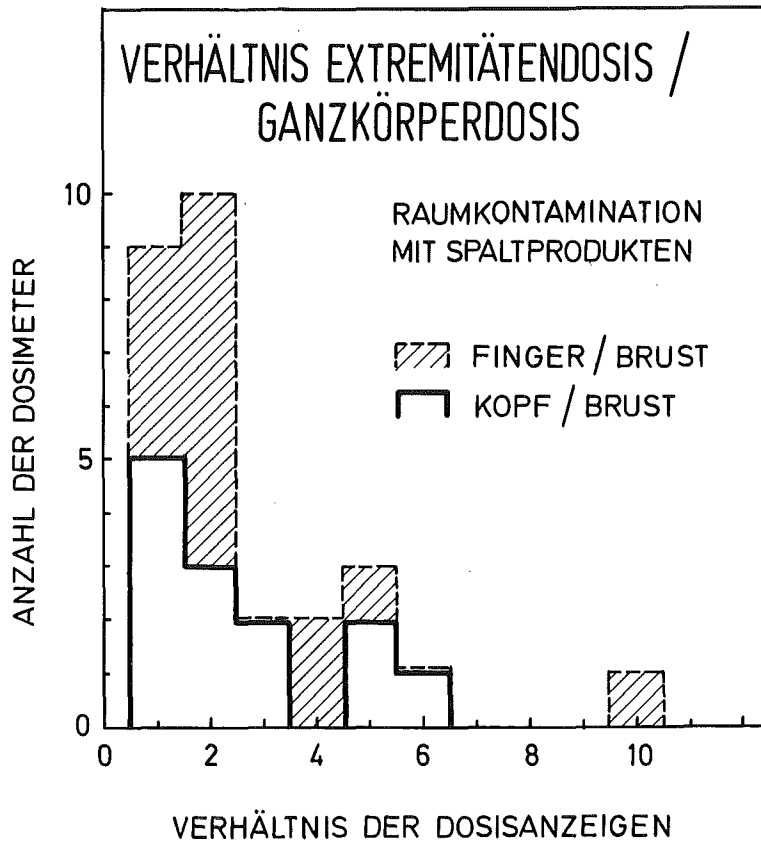


Abb. 6/6: Häufigkeitsverteilung für das Verhältnis Extremitätendosis/ Ganzkörperdosis

Körperbelastungen durch  $\beta$ -Strahlung liegen demnach für alle Personen der Dekontaminationsbetriebe unter 1/10 des Jahresgrenzwertes der Anlage X, Spalte 2 Str1SchV. Soweit es die Teilkörperdosisbestimmung der Haut betrifft, ist eine Personenüberwachung auf  $\beta$ -Strahlung nicht erforderlich. Eine Personenüberwachung auf  $\gamma$ -Strahlung wäre daher ausreichend.

Bei Dekontaminationsarbeiten muß andererseits die Dosis an den Extremitäten mit einem zusätzlichen Teilkörperdosimeter gemessen werden. Hierfür werden Thermolumineszenz-Fingerringdosimeter vorgesehen. Wegen der geringen Reichweite der  $\beta$ -Strahlung und dem inhomogenen  $\beta$ -Strahlungsfeld werden an den verschiedenen Körperteilen entsprechend dem Abstand zur Strahlenquelle unterschiedlich hohe Dosen erwartet.

Bei der Dekontamination von kontaminierten Laborräumen wurden Thermolumineszenzdosimeter an verschiedenen Körperstellen getragen. Die Auswertung der Überwachungsergebnisse in Abb. 6/6 zeigt, daß die Hautdosis an den Fingern bzw. am Kopf bis zu einem Faktor 10 bzw. 5 größer sein kann als die an der Körpervorderseite gemessene Hautdosis. Dieses Ergebnis verdeutlicht die Bedeutung einer Teilkörperdosismessung, insbesondere bei der Entfernung hochaktiver Flächenkontaminationen.

## 6.2 Photonendosimetrie

### 6.2.1 Ein Phosphatglasdosimeter mit automatischer Auswertung

H.-G. Röber, B. Burgkhardt, E. Piesch

Im Anschluß an die Entwicklung eines automatischen Auswertegerätes für Phosphatglasdosimeter wurden die dosimetrischen Eigenschaften des Flachglasdosimetersystems untersucht [53]. Das verwendete Flachglas DOS 8 der Größe  $14 \times 14 \times 1,5 \text{ mm}^3$  wird während der Bestrahlung in der Dosimeterkapselung beidseitig durch eine Filterkombination, bestehend aus jeweils 1 mm dickem Plastik, Zinn und Aluminium, abgedeckt (siehe Abb. 6/7). Im Auswertegerät sind unterhalb des Multipliers verschiebbare Blenden angeordnet, welche nur denjenigen Volumenanteil des Glases zur Fluoreszenzmessung freigeben, der durch jeweils ein Filter in der Dosimeterkapselung abgedeckt wird.

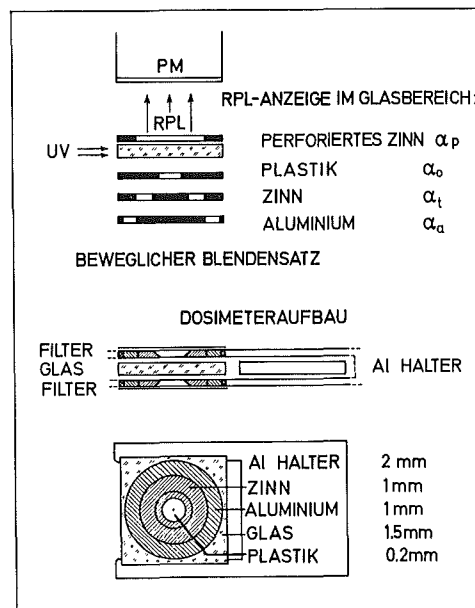


Abb. 6/7: Dosimeterkapselung für die automatische Auswertung eines Phosphatglases der Größe  $14 \times 14 \times 1,5 \text{ mm}^3$

Die Filterkombination dient dazu, die Energieabhängigkeit der Dosisanzeige des RPL-Glases zu reduzieren, die bei einem unabgedeckten Glas im Energiebereich von 40 keV eine Überempfindlichkeit bis zu einem Faktor 3,8 zeigt. Wie aus Abb. 6/8 ersichtlich, läßt die vorliegende Filterkombination folgende Lösungen zu:

- Die Dosisanzeige hinter dem perforierten Filter (Plastik- und Zinnfilter) zeigt oberhalb 25 keV eine Energieabhängigkeit innerhalb  $\pm 20 \%$ . Dieser Wert ist vergleichbar mit dem der bisherigen Auswertung des FD-1-Glases in der perforierten Kugeldosimeterkapselung (amtliches Phosphatglasdosimeter), welches oberhalb 45 keV innerhalb  $\pm 10 \%$  energieabhängig ist.
- Bei einer rechnergesteuerten Auswertung kann der Energiebereich bis zu Energien von 15 keV erweitert werden (Kurve c), bzw. die Energieabhängigkeit kann oberhalb 40 keV auf  $\pm 5 \%$  reduziert werden (Kurve b).
- Die automatische Auswertung ermöglicht die Anzeige der Dosisanteile für die Energiebereiche  $> 100 \text{ keV}$  (Kurve a),  $> 30 \text{ keV}$  (Kurve b) und  $> 15 \text{ keV}$  (Kurve c) und damit die getrennte Ermittlung von Dosisanteilen für die Energiebereiche 13 bis 30 keV, 30 bis 100 keV und  $> 100 \text{ keV}$ .

- Die Filterkombination läßt sich gezielt in der Weise verändern, daß andere gewünschte Meßgrößen, u. a. die effektive Äquivalentdosis sowie die Äquivalentdosis in verschiedenen kritischen Organen, wie z. B. Haut, Gonaden, Knochenmark, angezeigt werden.

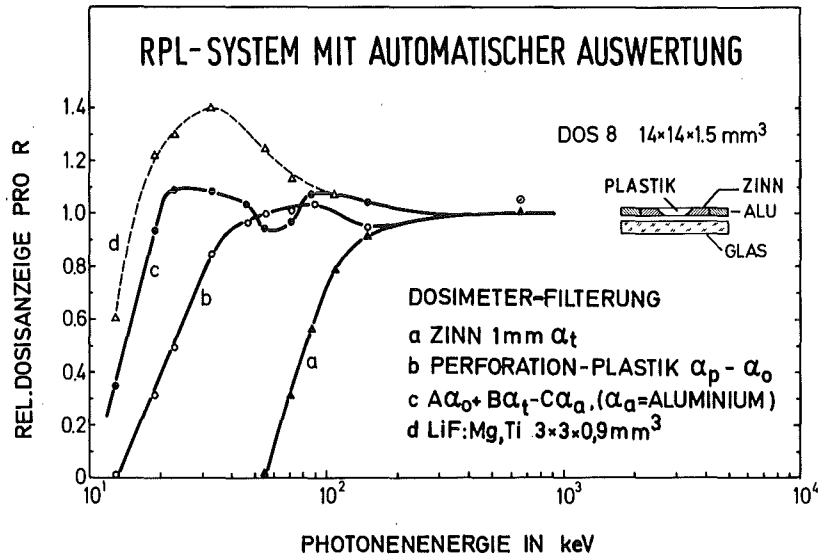


Abb. 6/8: Energieabhängigkeit des Phosphatglasdosimeters mit perforierter Filterung

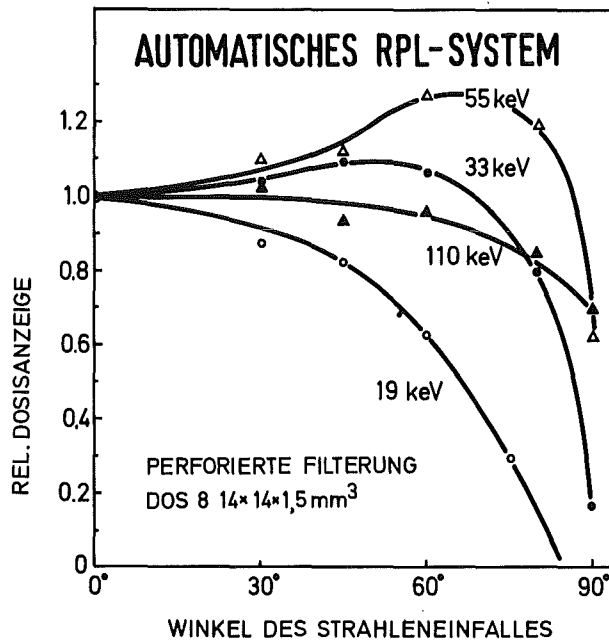


Abb. 6/9: Richtungsabhängigkeit der Dosisanzeige eines DOS 8-Phosphatglases ( $14 \times 14 \times 1,5 \text{ mm}^3$ ) in einer perforierten Dosimeterkapselung

Die Untersuchung der Richtungsabhängigkeit der Dosisanzeige für verschiedene Photonenenergien (Abb. 6/9) ergab im interessierenden Winkelbereich überraschenderweise nur geringe Abweichungen von weniger als  $\pm 25 \%$ , die mit der Richtungsabhängigkeit eines LiF-Detektors der Größe  $3 \times 3 \times 0,9 \text{ mm}^3$  in einer Plastikkapselung vergleichbar ist. Die bei der Prototypkapselung bereits ohne Optimierung gefundene Richtungsabhängigkeit kann bei der zur Zeit in Entwicklung befindlichen kommerziellen Kapselung noch verbessert werden.



Die Untersuchung der Reproduzierbarkeit der Fluoreszenzmessung ergab bei einer zehnfachen Messung desselben Glases eine Standardabweichung von  $\pm 0,5\%$ . Die Standardabweichung der Dosisanzeige bei einer Messung mit zehn verschiedenen Gläsern und Dosimeterkapselungen in Abhängigkeit von der Dosis zeigte, daß das automatische Phosphatglasdosimetersystem im Dosisbereich  $> 300$  mR mit den besten TLD-Systemen vergleichbar ist. Bei 30 mR ist wegen des Einflusses der Vordosisubtraktion und des zur Zeit routinemäßig noch erforderlichen Waschvorganges die Standardabweichung  $\pm 15\%$  für  $^{137}\text{Cs}$ -Gammastrahlung und  $\pm 30\%$  für 45 keV. Die kleinste nachweisbare Dosis beträgt etwa 10 mR bei einem Meßfehler von  $\pm 50\%$  (untere Nachweisgrenze). Die Untersuchung der Meßwertstabilität bei einer Umgebungstemperatur von  $100^\circ\text{C}$  führte beim DOS 8-Glas nach einer Einwirkungszeit von acht Tagen zu einem Fading von  $20\%$  (2,5 Stunden bei LiF).

Das neu entwickelte RPL-Dosimetersystem mit automatischer Auswertung stellt eine Alternativlösung zu bereits in der Personendosimetrie eingesetzten TLD-Systemen dar [39]. Im Vergleich zu Thermolumineszenzdosimetern bieten Phosphatglasdosimeter die Vorteile einer kleinen Chargenstreuung, eines geringeren Fadings, einer wiederholbaren Ausmessung und einer Dosisakkumulierung. Bei einer Anwendung in der Personenüberwachung ist eine Dosismessung in verschiedenen Energiebereichen sowie die zusätzliche Bestimmung einer effektiven Äquivalentdosis bzw. Organdosis hervorzuheben. Im Vergleich zu LiF-Dosimetern wird mit dem Flachglasdosimeter im Energiebereich der Röntgenstrahlung eine geringere Energieabhängigkeit erhalten. Durch die Erweiterung des Energiebereiches ist damit auch an Röntgenanlagen eine langzeitige Personenüberwachung und damit die direkte Ermittlung einer personen- bzw. arbeitsplatzbezogenen Jahresdosis möglich. Auf der Grundlage der gefundenen Lösungsvorschläge wird im Rahmen eines Technologietransferprojektes zur Zeit ein kommerzielles Phosphatglasdosimetersystem mit automatischer Auswertung gebaut.

#### 6.2.2 Automatische rechnergesteuerte Auswertung von Phosphatgläsern zur Bestimmung der Einfallrichtung, Strahlenqualität und Dosis von Photonenstrahlung

W. König, E. Piesch

In der Personendosimetrie ist es bei einer hohen Strahlenbelastung von Interesse, die Dosisverteilung in unterschiedlichen Gewebetiefen im Körper zu ermitteln und u. U. zusätzliche Hinweise über die Bestrahlungsverhältnisse zu erhalten. Im Gegensatz zur konventionellen Auswertetechnik in der Radiophotolumineszenzdosimetrie, bei der die RPL-Intensität im Gesamtglas gemessen wird, ist es bei einer UV-Lichtanregung über einen Lichtspalt und einer differentiellen Abtastmethode möglich, aus dem gemessenen RPL-Intensitätsprofil die Dosisverteilung im Glas zu ermitteln.

Die Entwicklung eines automatischen rechnergesteuerten Auswertegerätes für Radiophotolumineszenzdosimeter hatte zum Ziel, die dreidimensionale Verteilung der RPL-Intensität in einem würfelförmigen Phosphatglas (DOS 8-Glas der Größe  $8 \times 8 \times 8$  mm<sup>3</sup>) vollautomatisch zu messen und mit Hilfe eines Rechenprogrammes auch bei unbekannter Strahleneinfallrichtung Angaben über die Strahlenqualität, die Einfallrichtung und die Äquivalentdosis von Photonenstrahlung zu erhalten. Bei der hier vorliegenden Lösung dieser Aufgabe [34] erfolgt die Abtastung des RPL-Intensitätsprofils mit einem schmalen Lichtbündel von 0,2 mm Breite über ein elektrisch gesteuertes Spiegelsystem. Der Glaswürfel wird zeitlich nacheinander in drei zueinander senkrechten Koordinatenachsen abgetastet. Hierzu dienen ein drehbarer Lichtspalt sowie jeweils ein Spiegel, der um die horizontale bzw. vertikale Achse drehbar gelagert ist. Die RPL-Intensität wird senkrecht zur UV-Anregung mit einem Multiplier gemessen und über einen Analog-Digitalwandler zur Anzeige gebracht.

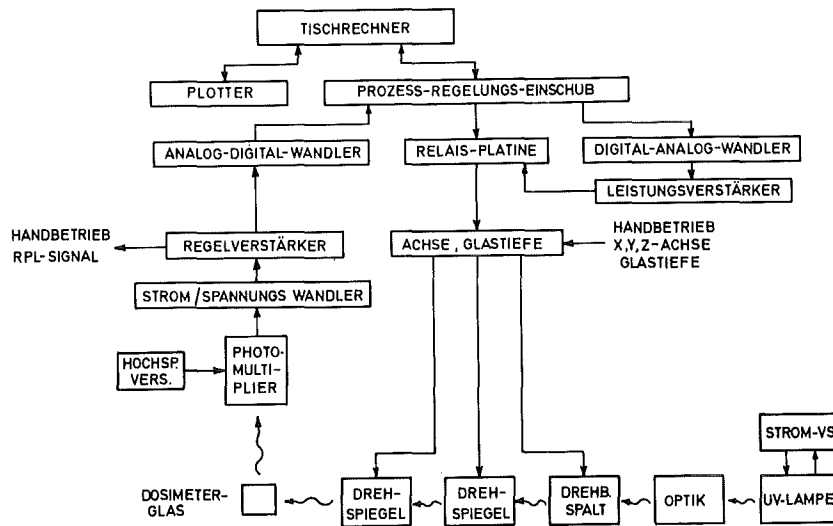


Abb. 6/10: Blockschaltbild des gesamten Auswertegerätes

Abb. 6/10 zeigt das Diagramm des automatischen rechnergesteuerten Auswertesystems zur vielfachen Abtastung des Phosphatglasdosimeters, welches als Prototypgerät fertiggestellt wurde. Der Gesamtablauf der RPL-Abtastung, der Messung und Signalaufbereitung einschließlich der Ausgabe von RPL-Intensitätsprofilen und der Angabe von Dosismeßwert, Strahlenqualität und Einfallrichtung erfolgt selbsttätig über den Rechner. Die wichtigsten Detailaufgaben des Rechners sind u. a.:

- Steuerung des gesamten Meßablaufes im Auswertegerät,
- Speicherung und Ausgabe der drei RPL-Intensitätsprofile in X-, Y- und Z-Richtung,
- Subtraktion des individuellen Vordosisprofils, welches vor der Bestrahlung im Rechner gespeichert wird,
- Bestimmung der Richtung des Strahleneinfalles durch Vergleich des RPL-Intensitätsabfalles in den drei Profilen,
- Bestimmung der Photonenergie durch Vergleich des RPL-Summenprofils (Summe der Intensitätsprofile in den drei Richtungen) mit gespeicherten Referenzprofilen,
- Berechnung eines Energiekorrektionsfaktors zur Bestimmung der Dosis,
- Bestimmung der totalen RPL-Intensität aus den Flächen unter den RPL-Profilkurven,
- Berechnung der Dosis unter Berücksichtigung der RPL-Intensität, des Kalibrierfaktors und des Energiekorrektionsfaktors,
- Berechnung der Meßunsicherheit für alle Ausgabedaten, u. a. Dosis, Photonenergie, Richtung des Strahleneinfalles.

Im Rahmen dieser Entwicklungsarbeit konnte gezeigt werden, daß die Summe der 3 RPL-Intensitätsprofile (Abb. 6/11) weitgehend unabhängig von der Richtung des Strahleneinfalles ist. Die Fläche unter dem Summenprofil ist hierbei proportional zur totalen RPL-Intensität. Die Bestimmung der Strahlenqualität bei beliebiger Strahleneinfallrichtung erfolgt aus dem Abfall des RPL-Summenprofils mit zunehmender Glastiefe, beispielsweise aus dem konstanten Meßwert in größeren Glastiefen oder aus dem Verhältnis der mittleren RPL-Intensität in 2 vorgegebenen Glasbereichen des Summenprofils (Abb. 6/12). Die Bestimmung der Strahlenqualität ist mit dem verwendeten DOS 8-Glas im Photonenergiebereich 13 keV bis 100 keV möglich. Bei Kenntnis der Strahlenqualität und der Energieabhängigkeit des DOS 8-Glases (maximale Überempfindlichkeit Faktor 3,6) kann zur Berechnung der Äquivalentdosis ein entsprechender Energiekorrektionsfaktor bestimmt werden. Zur Ermittlung der Strahleneinfallrichtung wird für jedes RPL-Profil das Flächenverhältnis  $F_2/F_1$  bestimmt und die Wahrscheinlichkeit für einen Strahleneinfall von vorn, links bzw. oben berechnet.

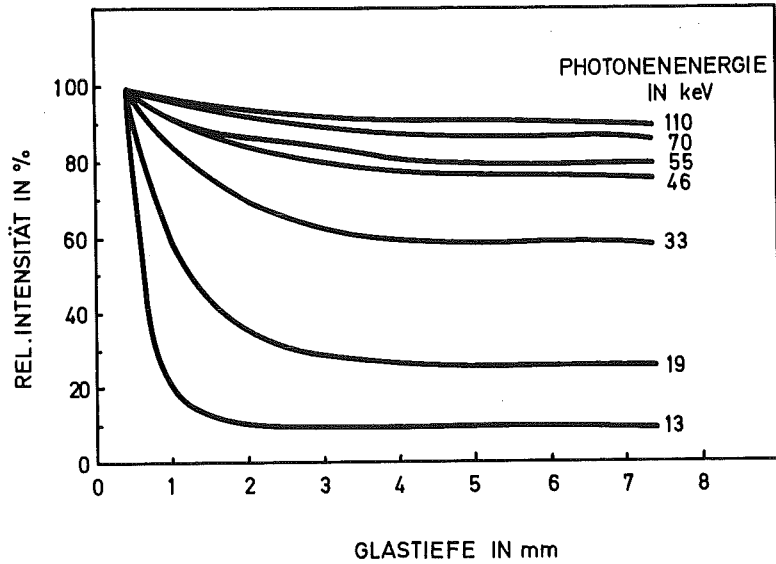


Abb. 6/11: Gemessene RPL-Summenprofile bei Bestrahlung mit verschiedenen Photonenenergien

Die dosimetrischen Eigenschaften des Dosimetersystems wurden im Energiebereich 13 keV bis 660 keV für zwei verschiedene Strahleneinfallrichtungen untersucht (Tab. 6/2). Der Vergleich von Bestrahlungsdaten mit den automatisch berechneten Meßergebnissen zeigt eine relativ gute Übereinstimmung in der angezeigten Strahlenqualität und der Strahleneinfallrichtung bis zu Photonenenergien von 100 keV bzw. 60 keV. Bei der Bestimmung der Dosis ergeben sich zusätzliche statistische und systematische Meßunsicherheiten vor allem durch die erforderliche Vielfachmessung der RPL-Intensitätsprofile sowie der Bestimmung von Strahlenqualität und Energiekorrektionsfaktor. Die Reproduzierbarkeit der Dosismessung, die mit dem automatischen Auswertegerät und der differentiellen Abtastmethode gefunden wurde, ist trotzdem mit den Meßergebnissen konventioneller Auswertegeräte vergleichbar.

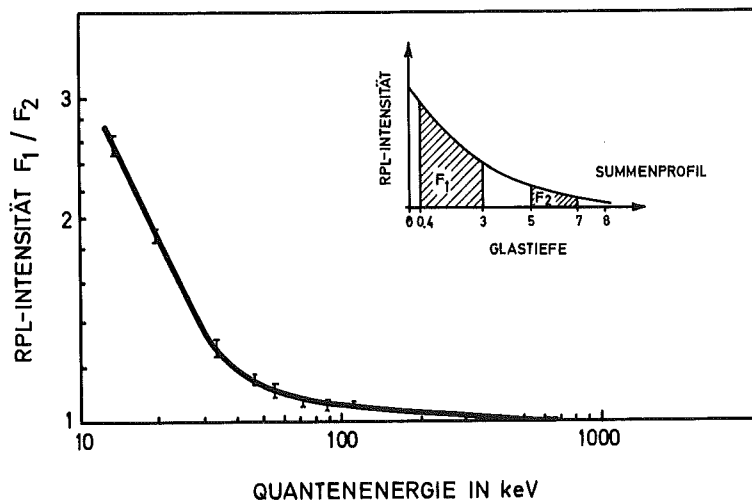


Abb. 6/12: Flächenverhältnis des RPL-Summenprofiles bei verschiedenen Energien und Strahleneinfallrichtungen

Photonenenergie $E_{\text{eff}}$ (keV)		Richtung des Strahleneinfalls <sup>1)</sup>						Rel. Dosisanzeige $D/D_0$
Bestrahlung	Messung	Bestrahlung			Messung			
		l	o	v	l	o	v	
13	12,9	100			100			1,02
13	13,7	33	33	33	23	24	53	0,61
19	17,6	100			89			1,29
19	17,8	33	33	33	28	29	43	1,20
46	46	100			46			0,99
46	43,9	33	33	33	33	32	35	1,03
55	48,6	100			39			0,78
55	50,4	33	33	33	33	33	34	0,85
110	92	100						0,79
110	102	33	33	33				0,89
662	253							1,01
662	232	homogen <sup>2)</sup>			keine Aussage möglich			1,01
662	163							0,99

<sup>1)</sup> Bestrahlung von links (l), oben (o), vorn (v)

<sup>2)</sup> homogen: jeweils 1/3 von links, oben, vorn

Tab. 6/2: Experimentell ermittelte Energie, Strahleneinfallsrichtung und Dosis bei der automatischen rechnergesteuerten Auswertung eines 8 x 8 x 8 mm<sup>3</sup> Phosphatglases DOS 8

Die relative Standardabweichung  $s(D)$ , welche in Abb. 6/13 für <sup>137</sup>Cs-Gammastrahlung als Funktion der Dosis ermittelt wurde, ergab bei 1 rem (10 mSv) einen  $s$ -Wert von 1 % für die wiederholte Ausmessung eines Glases. Wegen der schlechten Qualität der Glasoberfläche war die Reproduzierbarkeit für die Glascharge, welche aus einer kleinen Versuchsschmelze hergestellt wurde, etwa zehnmal schlechter. Die unterschiedlichen Ergebnisse bei kleinen Dosen sind im wesentlichen auf die Meßunsicherheit bei der Messung der individuellen Vordosisprofile und auf den Betrag der Vordosis von etwa 1,8 rem (18 mSv) zurückzuführen. Es ist zu erwarten, daß die zur Zeit mit dem Prototypgerät gefundene Gesamtmeßunsicherheit von 30 % wesentlich verbessert werden kann. Die erforderlichen Verbesserungen beziehen sich auf die Glasoberflächenqualität, eine Verringerung der Vordosis vor allem durch die Verbesserung der optischen Meßanordnung im Auswertegerät sowie auf eine Optimierung der Auswertetechnik zur Ermittlung der Strahlenqualität.

Im Hinblick auf eine praktische Anwendung in der Personenüberwachung empfiehlt sich eine Kombination beider Auswertemethoden:

- der konventionellen RPL-Intensitätsmessung im Gesamtvolumen des Glases bei langzeitiger Akkumulierung kleiner Bestrahlungsdosen im Bereich der natürlichen Strahlung,
- der differentiellen Messung des RPL-Intensitätsprofils im Glas vor allem nach einmaliger Bestrahlung bei Dosen oberhalb 1 rem (10 mSv), wobei insbesondere Aussagen über Strahlenqualität, Strahleneinfallsrichtung sowie Angaben über die Äquivalentdosis in verschiedenen Organen bzw. Gewebetiefen von besonderem Interesse sind.

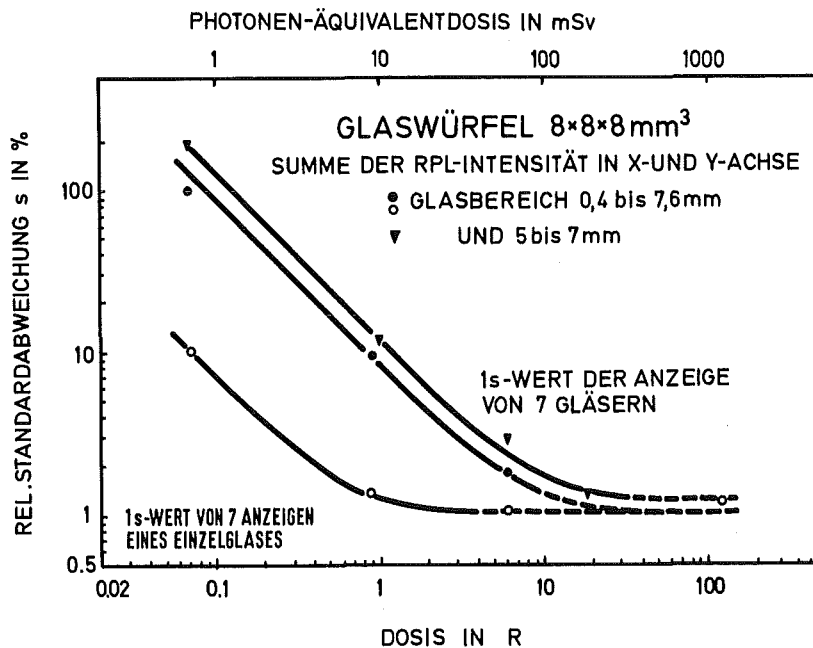


Abb. 6/13: Standardabweichung als Funktion der Dosis bei Auswertung des Einzelglases bzw. von 7 Gläsern

Gegenüber anderen Dosimetersystemen bietet das Phosphatglas in Verbindung mit einer automatischen rechnergesteuerten Auswertung die Möglichkeit, die Äquivalentdosis in jeder gewünschten Gewebetiefe zu ermitteln. Die Herabsetzung des Äquivalentdosisgrenzwertes für die Augenlinse von bisher 300 mSv auf 150 mSv (ICRP 1980) läßt es wünschenswert erscheinen, die Äquivalentdosis in verschiedenen Organen und Gewebetiefen von 7 mg/cm<sup>2</sup> (ungeschützte Haut), 300 mg/cm<sup>2</sup> (Augenlinse) und etwa 1 g/cm<sup>2</sup> (effektive Äquivalentdosis bei Ganzkörperbestrahlung) zu bestimmen.

### 6.2.3 Kalibrierung des Phosphatglasdosimeters im Hochdosisbereich

B. Burgkhardt

Phosphatgläser, die in der Personendosimetrie und in der Umgebungsüberwachung eingesetzt werden, können nach entsprechender Kalibrierung auch zur Messung von Dosen bis in den Megaröntgenbereich verwendet werden. Abb. 6/14 zeigt die Radiophotolumineszenz-(RPL)-Anzeige von FD-1-Gläsern der Abmessungen 8 x 8 x 4,7 mm<sup>3</sup> in Abhängigkeit von der Dosis. Die abnehmende Anzeigeempfindlichkeit der Gläser bei Dosen > 10<sup>3</sup> R (> 10 Sv) ist u. a. auch auf die zunehmende Glasverfärbung zurückzuführen, die mittels densitometrischer Messungen ebenfalls zur Dosismessung im Hochdosisbereich herangezogen werden kann. Die optische Dichte der 4,7 mm dicken Glasschicht in Abhängigkeit von der Dosis ist in der unteren Kurve der gleichen Abbildung wiedergegeben.

Wegen des geringen Temperaturfadings der Glasdosimeter ist ihr Einsatz auch für Hochdosismessungen besonders dann vorteilhaft, wenn akkumulierende Dosismessungen über längere Zeit bei erhöhten Temperaturen durchgeführt werden sollen.

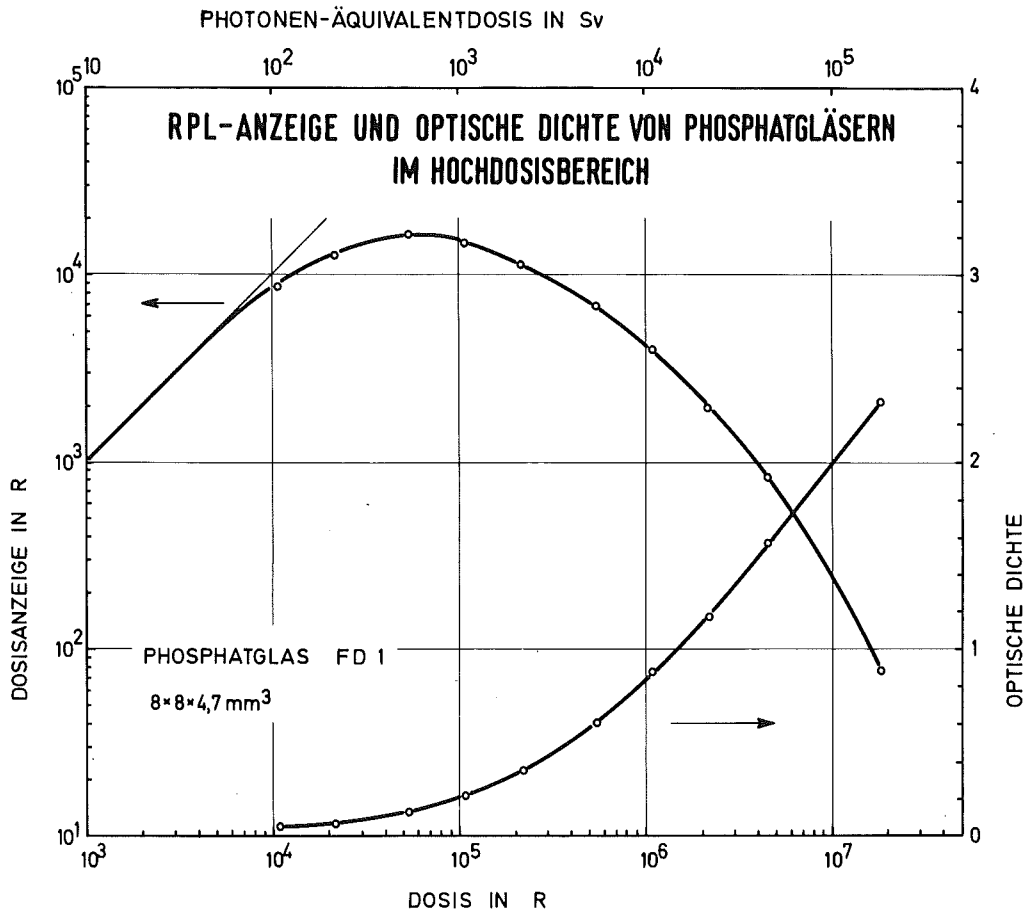


Abb. 6/14: RPL-Intensität und optische Dichte als Funktion der Dosis beim FD-1-Glas der Größe 8 x 8 x 4,7 mm<sup>3</sup>

#### 6.2.4 Reproduzierbarkeit der Dosisanzeige von TLD- und RPL-Systemen

B. Burgkhardt, E. Piesch

Für die Anwendung von Festkörperdosimetern zur Personen- und Umgebungsüberwachung ist eine umfangreiche Kalibrierung des Dosimetersystems erforderlich. Die experimentelle Bestimmung der Standardabweichung  $s(D)$  als Funktion der Dosis bietet hierbei die Möglichkeit, die dosimetrischen Eigenschaften eines Systems an der unteren Nachweisgrenze zu untersuchen und die wichtigsten Fehlereinflüsse des jeweiligen Dosimetersystems zu interpretieren [11]. Innerhalb eines Euratom-Testprogrammes für Festkörperdosimeter zur Umgebungsüberwachung [10, 12] wird u. a. auch die langzeitige Änderung der Standardabweichung untersucht.

Die relative Standardabweichung als Funktion der Dosis ergibt sich experimentell aus zwei Meßreihen, die mit einer Dosimetercharge von zehn Dosimetern durchgeführt wird, unter Berücksichtigung einer Nulldosis-subtraktion zu:

$$s(\alpha - \bar{\alpha}_U) = \sqrt{\left(1 + \frac{1}{m}\right) \cdot \frac{s_U^2 \cdot D_U^2}{D^2} + s_r^2}$$

Erläuterungen zur Formel:

- $s(\alpha - \bar{\alpha}_U)$  relative Standardabweichung für die Dosisanzeige  $\alpha$  eines Einzeldosimeters nach Subtraktion der Nulldosisanzeige  $\bar{\alpha}_U$ , die als Mittelwert von  $m$  Dosimetern gewonnen wurde,
- $s_U, s_r$  relative Standardabweichung der Nulldosisanzeige  $D_U$  bzw. der Referenzdosisanzeige von jeweils zehn Dosimetern,
- $D_U$  Mittelwert der Nulldosisanzeige von zehn unbestrahlten Dosimetern,
- $D$  Bestrahlungsdosis,
- $m$  Anzahl der Dosimeter, die zur Nulldosissubtraktion herangezogen werden. Für  $m = 1/10/\infty$  ist der Faktor  $1+1/m = 2/1,1/1$ .

Abb. 6/15 zeigt, daß die charakteristische  $s(D)$ -Kurve für TLD- und RPL-Dosimetersysteme im Bereich der unteren Nachweisgrenze durch die Nulldosisanzeige bestimmt wird, bei kleinen Dosen in Abhängigkeit von der Dosis mit  $D$  abfällt und bei höheren Dosen einen konstanten Wert erreicht. Der relativ hohe  $s$ -Wert für kleine Dosen wird durch die Eigenschaft des Auswertegerätes (Dunkelstrom des Multipliers und Lichtemission der Heizpfanne), den Betrag der Nulldosisanzeige unbestrahlter Dosimeter sowie durch die Standardabweichung  $s_U$  der Nulldosisanzeige bestimmt. Der Bereich mit konstantem  $s$ -Wert ergibt sich aus der Standardabweichung für die Referenzdosismessung und ist im wesentlichen auf Eigenschaften des Auswertegerätes und der Chargenstreuung zurückzuführen.

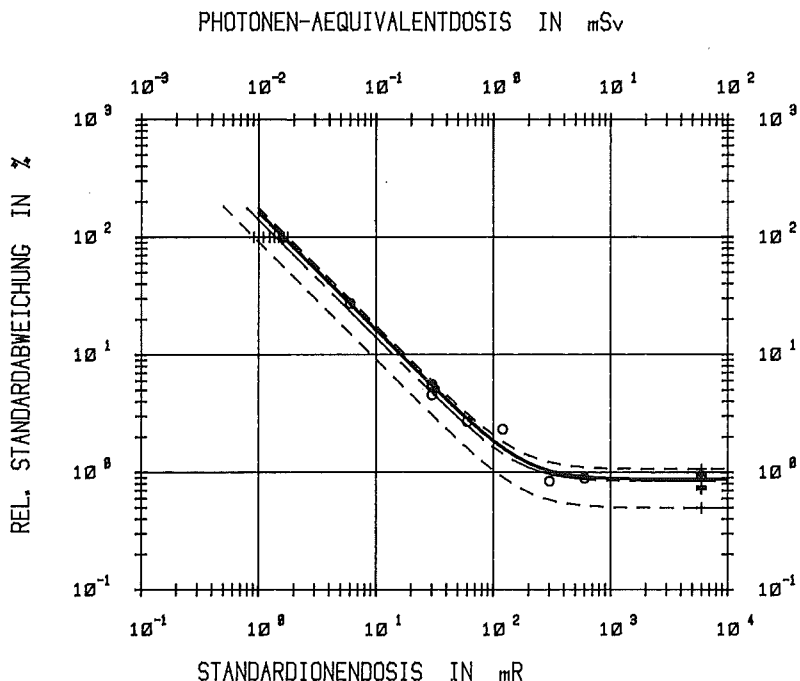


Abb. 6/15: Relative Standardabweichung eines TLD/RPL-Dosimetersystems als Funktion der Dosis, experimentell ermittelt durch Messungen an zehn verschiedenen Tagen (----)

Wird zur Nulldosissubtraktion der Mittelwert von zehn Dosimetern benutzt, dann ergibt sich die Standardabweichung unter Berücksichtigung des entsprechenden Studentfaktors zu  $\sigma = 1,06$ . Für die Dosis an der unteren Nachweisgrenze, die als  $2s$ - oder  $3s$ -Wert der Nulldosisanzeige definiert werden kann, erwartet man einen Meßfehler von  $s = 50\%$  bzw.  $35\%$ .

Zur Interpretation der verschiedenen Fehlereinflüsse, welche die Meßgenauigkeit entscheidend beeinflussen, wurden in Abb. 6/16 LiF-Dosimetersysteme ausgesucht, die sich in der Nulldosisanzeige, der Chargenkalibrierung sowie in der Auswertetechnik und der Wärmeverbehandlung unterscheiden. Der Einfluß der Nulldosisanzeige kann bei kleinen Dosen eine Vergrößerung der relativen Standardabweichung um einen Faktor 5 bewirken.

Die Auswertung von LiF-Dosimetern unter Verwendung des Meßsignals im Glowpeak Nr. 5 und Nr. 6 vergrößert die Standardabweichung im unteren Dosisbereich um einen Faktor 2, verglichen mit der Auswertung von Glowpeak Nr. 5 allein. Im oberen Dosisbereich wird die Standardabweichung durch eine individuelle Kalibrierung des Einzeldosimeters verringert, eine wiederholte Wärmebehandlung der TLD-Detektoren führt hingegen zu einer Vergrößerung der Standardabweichung.

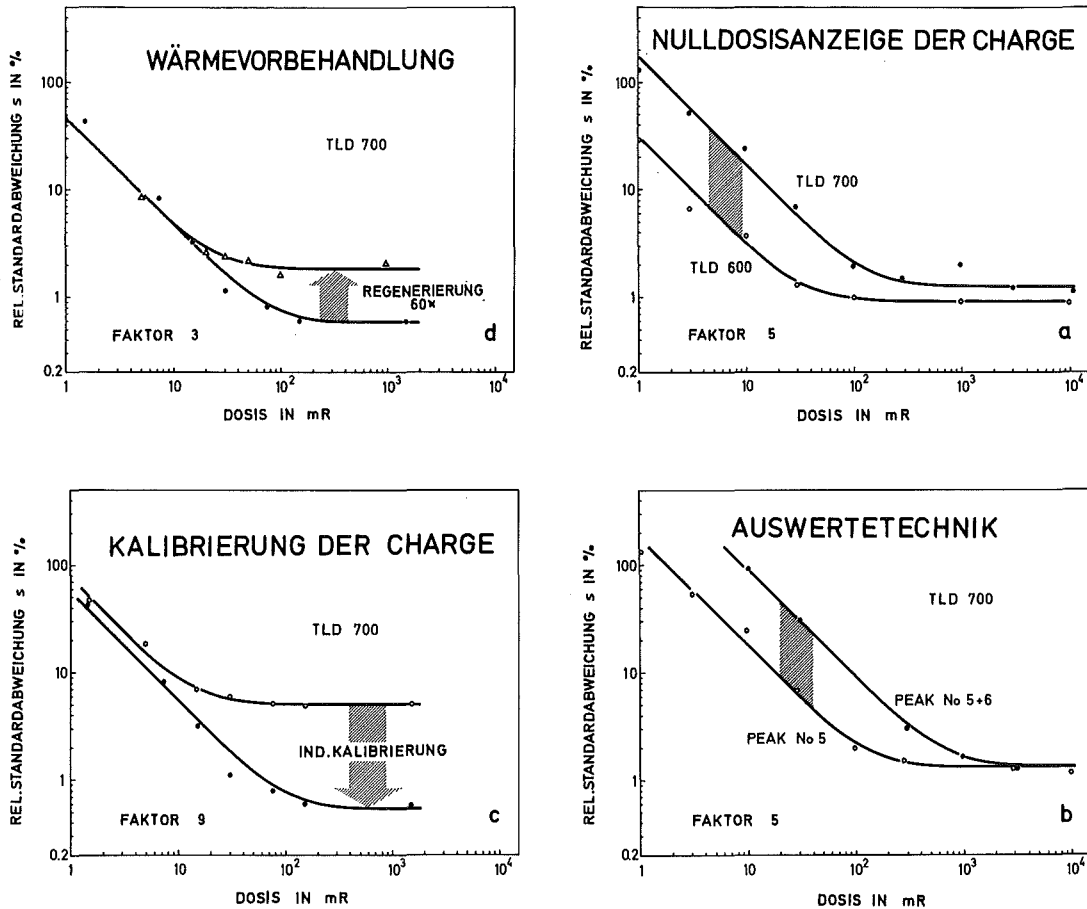


Abb. 6/16: Änderung der relativen Standardabweichung als Funktion der Dosis bedingt durch Einflüsse der Wärmebehandlung, der Kalibrierung, der Nulldosisanzeige und der Auswertetechnik [11]

Die untere Nachweisgrenze eines Dosimetersystems kann sich durch Instabilität des Meßgerätes und durch Änderungen der Wärmebehandlung bzw. der Chargenqualität ändern. Die langzeitige Änderung der s(D)-Kurve kann beispielsweise innerhalb eines 10-Tagestests untersucht werden, bei dem die Messung der Nulldosis und der Referenzdosis mit derselben Charge zehnmal wiederholt wird. Da die meisten Dosimetersysteme eine Langzeitstabilität zeigen, ist es bei einer genauen Dosismessung empfehlenswert, die jeweilige s(D)-Kurve für jede Chargenausmessung neu zu ermitteln.

#### 6.2.5 Test des digitalen Taschendosimeterwarners RAD 21L und RAD 22

M. Hauser, B. Burgkhardt, E. Piesch

Innerhalb des Gerätetestprogrammes wurden die dosimetrischen Eigenschaften des Taschendosimeter- Dosis- oder Dosisleistungswarners RAD 21L und RAD 22 der Firma Alnor untersucht. Diese Taschendosimeter sind direkt ablesbare Dosimeter mit Digitalanzeige der Dosis im Dosismeßbereich von 0,1 bis 999,9 (RAD 21L) bzw. 1 bis 9 999 mR (Rad 22) und einem akustischen Warner, der bei Erreichen verschiedener vorgegebbarer Dosissschwellen von 10, 40, 100, 400, 1 000 und 4 500 mR (RAD 22) oder Dosisleistungsschwellen von 1, 2, 5, 10, 25, 100 und



250 mR/h (RAD 21L) einen Warnton auslöst. Als Detektor wird ein Geiger-Müller-Zählrohr Type Philips ZP 1311 bzw. ZP 1300 verwendet, dessen Zählrate gespeichert und nach entsprechender Umrechnung bei Betätigung einer Drucktaste in Dosisseinheiten zur Anzeige gebracht wird.

Für den Gerätetest standen fünf Dosimeter (RAD 21L) bzw. zehn Dosimeter (RAD 22) zur Verfügung, die zur Überprüfung der dosimetrischen Eigenschaften in den meisten Testreihen unter gleichen Bedingungen gleichzeitig bestrahlt wurden. Die Chargenstreuung bzw. Fertigungstoleranz der Dosimeter betrug aufgrund einer Kalibrierbestrahlung und einer Dosisablesung  $\pm 4\%$  bzw.  $\pm 8\%$ . Untersucht wurde die Meßgenauigkeit im vorgegebenen Dosisbereich, die Energie- und Richtungsabhängigkeit der Dosisanzeige, die Dosisanzeigenauigkeit bei der Auslösung des akustischen Warntones an den Warnschwellen, die Übereinstimmung zwischen akustischer Schwelle und Dosisanzeige, die Dosisleistungs- und Temperaturabhängigkeit der Dosisanzeige sowie die Entladungscharakteristik des eingebauten Akkumulators.

Die Linearität der Dosisanzeige wurde bei konstanter Dosisleistung im vorgegebenen Dosisbereich untersucht und ist in Abb. 6/17 wiedergegeben. Die Impulsuntersetzung kann im Dosisbereich unterhalb 1 mR (10  $\mu$ Sv) u. U. zu einem Meßfehler von  $> 10\%$  führen. Im unteren Meßbereich ist der Anzeigefehler, welcher sich hier vor allem aus dem Digitalanzeigeschritt von 0,1 mR (1  $\mu$ Sv) ergibt, durch die schraffierte Fläche dargestellt.

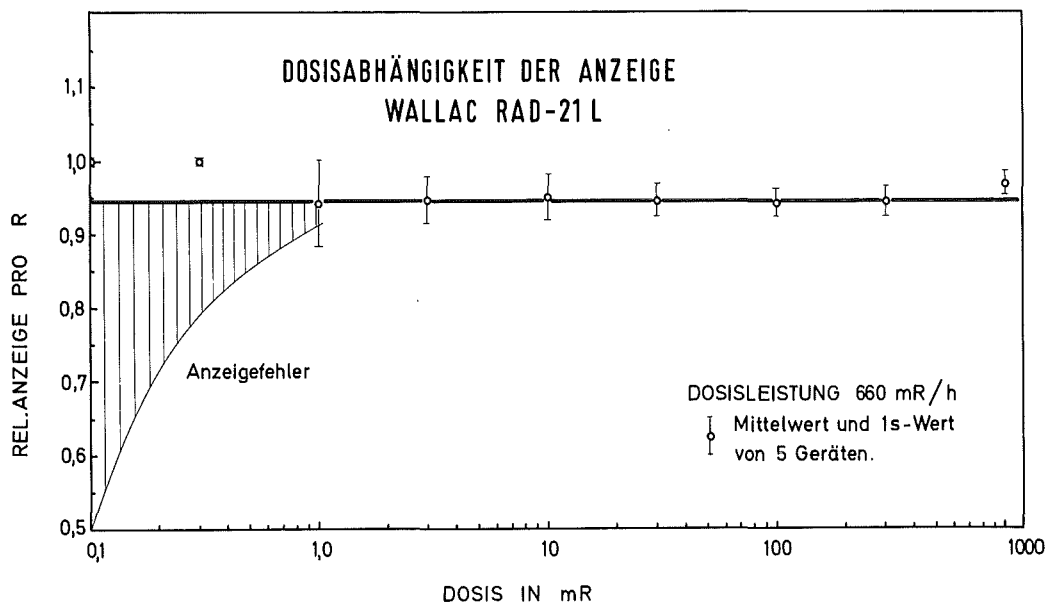


Abb. 6/17: Relative Dosisanzeige des Taschenwarngerätes RAD 21L, bezogen auf die Standardionendosis in Abhängigkeit von der Standardionendosis

Der Einfluß der Dosisleistung auf die Alarmauslösung ist in Abb. 6/18 wiedergegeben. Die Alarmauslösung erfolgt bei der vorgegebenen Dosisleistung innerhalb eines Zeitraumes von 10 s, bei höheren Dosisleistungen schon nach 6 s. Diese Zeit erhöht sich jedoch schon um den Faktor 2, wenn die Dosisleistung nur um 20 % unterhalb der Schwellendosis bleibt. Die Mindestzeit von ca. 4 s bis zur Alarmauslösung ist bauartbedingt.

Die Abhängigkeit der Dosisanzeige von der Dosisleistung ist in Abb. 6/19 wiedergegeben. Der Abfall der Dosisanzeige bei einer höheren Dosisleistung ist auf die Totzeit des GM-Zählrohres zurückzuführen. Ein Meßfehler von  $-15\%$  ergibt sich demnach bei einer Dosisleistung von etwa 7 R/h (70 mSv/h) beim Taschendosimeter RAD 22- und 3 R/h (30 mSv/h) beim RAD 21L-Gerät. Bei Bestrahlung des Taschenwarners RAD 21L mit einer Dosisleistung von 400 R/h wird ordnungsgemäß die Warnanzeige ausgelöst, jedoch bleibt die Dosisanzeige auch bei längerer Bestrahlungszeit bei Null stehen.

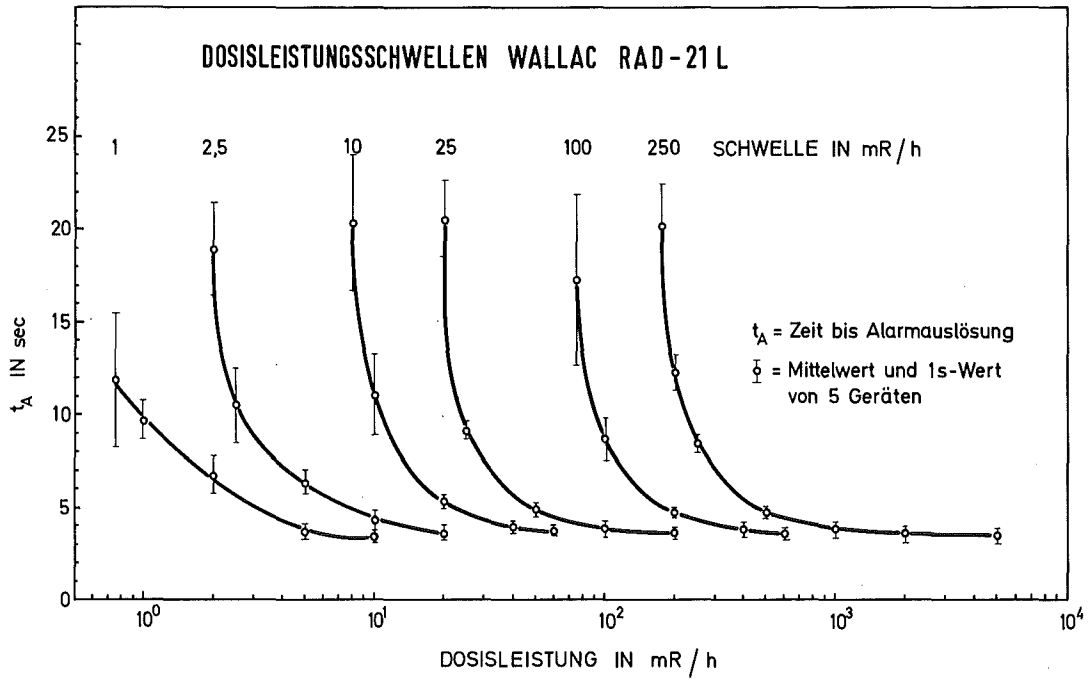


Abb. 6/18: Zeitpunkt der akustischen Alarmauslösung bei Vorgabe einer Dosisleistung und einer entsprechenden Dosisleistungsschwelle für das Taschendosimeter RAD 21L

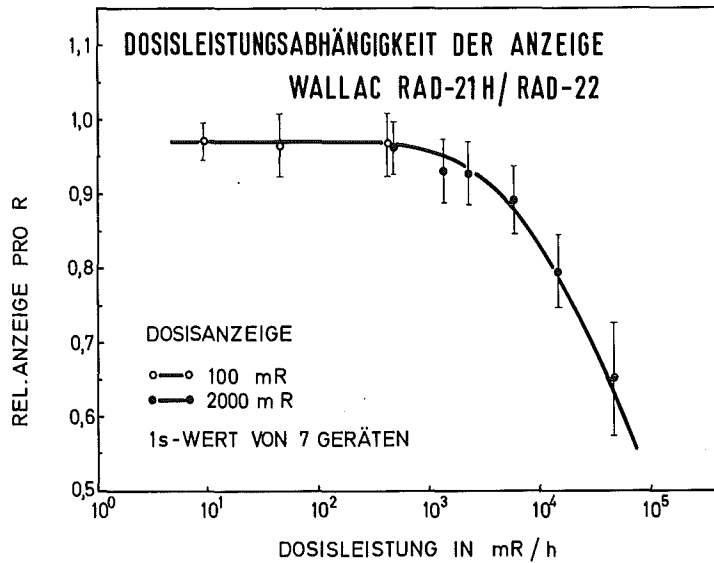


Abb. 6/19: Dosisanzeige des Taschendosimeters RAD 21H und RAD 22, bezogen auf die Standardionendosis in Abhängigkeit von der Standardionendosisleistung

Die Temperaturabhängigkeit der Dosisanzeige wurde im Temperaturbereich - 20 °C bis + 50 °C untersucht. Für beide Geräteausführungen wurde nur ein geringer Einfluß der Temperatur von etwa  $\pm 2\%$  bei der Bestrahlung und Auswertung der Dosimeter und kein Temperatureinfluß auf den gespeicherten Wert (Auswertung) festgestellt.

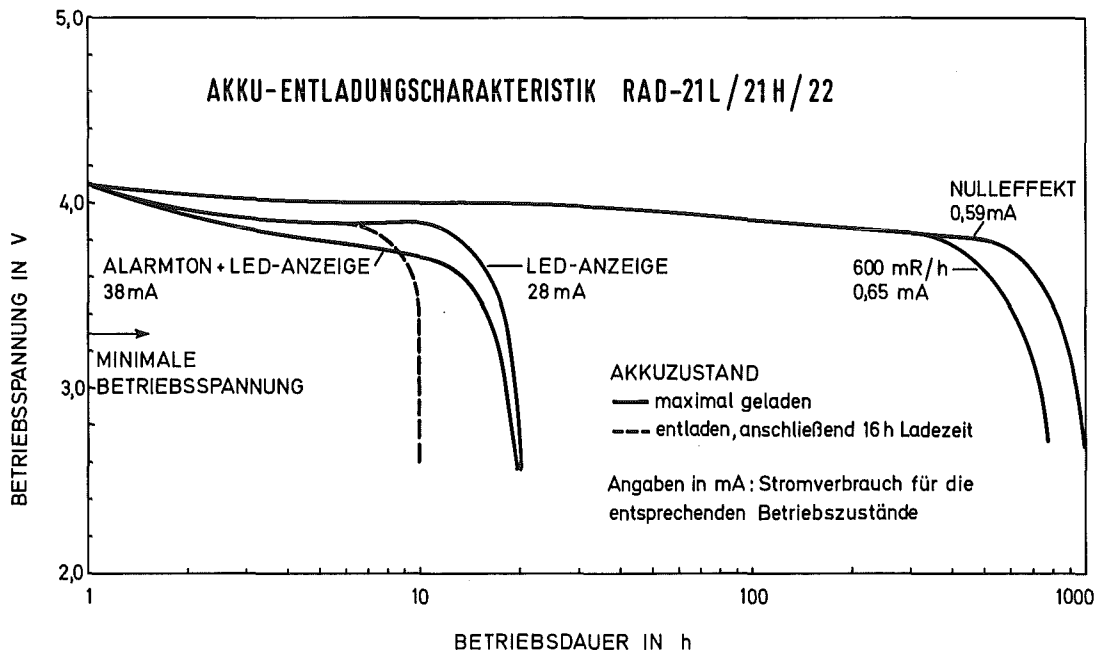


Abb. 6/20: Akku-Entladungscharakteristik für das Taschendosimeter RAD 21L/21H/22

In Abb. 6/20 wird für die Taschendosimeter die Änderung der Betriebsspannung in Abhängigkeit der Betriebsdauer wiedergegeben. Die Ergebnisse zeigen, daß bei normalem Betriebszustand ohne LED-Anzeige auch bei höheren Dosisleistungen die geforderte Betriebsspannung erst nach einer Betriebsdauer von 600 h unterschritten wird. Bei Dauerbetrieb der LED-Anzeige (Stromverbrauch 28 mA) und eines zusätzlichen Alarmtones (38 mA) entlädt sich die Batterie innerhalb eines Zeitraumes von 20 h. Der geringe Stromverbrauch des Taschendosimeters bei Normalbetrieb ist auf die digitale Direktanzeige und eine stromsparende Hochspannung zurückzuführen.

### 6.3 Neutronendosimetrie

#### 6.3.1 Kalibrierung des Einkugel-Albedosystems

E. Piesch, B. Burgkhardt

Für die Ausmessung von Neutronenstreustrahlungsfeldern an Reaktoren und Beschleunigern wurde in den letzten Jahren eine neuartige Einkugel-Albedomeßtechnik entwickelt und erfolgreich an 15 verschiedenen Anlagen eingesetzt [40, 47]. Wegen der Notwendigkeit, für Neutronenmessungen ein möglichst energieunabhängiges Referenzdosimeter einzusetzen, wurde dieses Meßverfahren zu einer Standardmeßtechnik weiterentwickelt mit dem Ziel, einen Ersatz für die aufwendige Multisphärentechnik zu erhalten, welche zwischen 8 und 15 Moderator-kugeln unterschiedlichen Durchmessers verwendet.

Das Einkugel-Albedosystem verwendet TLD 600/TLD 700-Detektoren im Zentrum einer 30-cm-Polyäthylenkugel sowie in den drei Meßpositionen im Karlsruher Albedodosimeter an der Oberfläche der Kugel. Werden die Empfindlichkeitsfunktionen der vier Detektoren vorgegeben, dann können mit Hilfe eines Rechenprogrammes die Äquivalentdosisanteile für den Energiebereich thermischer, epithermischer und schneller Neutronen getrennt ermittelt und Angaben über eine detektorspezifische effektive Energie des Spektranteiles von schnellen Neutronen gemacht werden. In Zusammenarbeit mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt wurde die Energieabhängigkeit des Einkugel-Albedosystems, vor allem der 30-cm-Polyäthylenkugel mit TLD 600/TLD 700-Detektoren, durch Kalibrierbestrahlungen mit thermischen Neutronen, 2 keV und 24 keV Neutronen sowie mit monoenergetischen Neutronen im Energiebereich 50 keV bis 2,5 MeV bestimmt.

Neutronenenergie keV	Konversionsfaktor $10^{-9} \text{ rem} \cdot \text{cm}^2$	Dosimeteranzeige/Äquivalentdosis	
		Albedo i	Kugel c
( $n_{th}$ )	1,11	3,24	0,521
2	0,98	25,9	3,67
24	1,85	8,6	3,0
47	3,19	6,26	1,43
110	6,17	3,0	1,23
250	11,8	1,64	0,966
570	21,8	0,497	0,839
1 000	32,68	0,334	0,957
2 500	40,1	0,174	1,51
( $^{252}\text{Cf}$ )	34	0,389	1,40

Tab. 6/3: Kalibrierung des Einkugel-Albedosystems bei der PTB Braunschweig 1979/1980

Die Ergebnisse der PTB-Bestrahlung für die verschiedenen Detektorpositionen sind in Tab. 6/3 wiedergegeben. Die jeweiligen Anzeigen der zwei Albedodosimeter an der Vorder- und Rückseite der Kugel wurden hierbei addiert. Die Dosimeteranzeige bezieht sich auf einen  $^{137}\text{Cs}$ -gammaäquivalenten Meßwert in der Einheit R (Sv). Die Meßwertanzeige wird auf die jeweilige Neutronenäquivalentdosis bezogen, die sich aus der Neutronenfluenz und dem Fluenz-Äquivalentdosiskonversionsfaktor rechnerisch ergibt. Wesentliche Unterschiede zu der bisherigen Kalibrierung ergeben sich in der geringeren Energieabhängigkeit vor allem im Energiebereich  $10^4$  bis  $10^6$  eV für den TLD 600-Detektor gegenüber dem LiJ-Szintillator in der 30-cm-Polyäthylenkugel. Beim Albedodosimeter wird der Kalibrierfaktor von der Art und Geometrie des Phantoms bestimmt. Die Lücke der bisher fehlenden Neutronenenergien, insbesondere für 2 keV und 24 keV, wurde geschlossen.

Besonders hervorzuheben ist der praktische Gesichtspunkt, daß das Einkugel-Albedosystem mit der nunmehr vorliegenden Kalibrierung auch von anderen Laboratorien ohne zusätzliche Neutronenkalibrierung als Standardmeßmethode übernommen werden kann. Erforderlich ist hierbei der Einsatz desselben Albedodosimeters, derselben Thermolumineszenzauswertemethode und zur Vereinfachung der Auswertung u. U. die Übernahme des vorliegenden On-line-Rechenprogrammes (siehe Kap. 6.3.3).

### 6.3.2 Ermittlung eines detektorspezifischen Energieparameters

Bei der Einkugel-Albedomeßtechnik wird zur rechnerischen Ermittlung des Äquivalentdosisanteiles schneller Neutronen zunächst der Äquivalentdosisanteil thermischer und epithermischer Neutronen ermittelt und vom jeweiligen Gesamtmeßwert subtrahiert. Die verbleibende Meßwertanzeige für schnelle Neutronen, insbesondere das Meßwertverhältnis Albedodetektoranzeige zu 30-cm-Kugelanzeige, wird zur Ermittlung eines Energiekorrektionsfaktors für die Albedoanzeige schneller Neutronen herangezogen. Damit erhält man einen detektorspezifischen Energieparameter  $E_{eff}$  für das entsprechende Streustrahlungsspektrum schneller Neutronen. Hinsichtlich des Neutronenstreustrahlungsfeldes kann der Energieparameter als diejenige effektive Neutronenenergie interpretiert werden, die anzunehmen ist, um den entsprechenden Kalibrierfaktor für das Albedodosimeter u. a. auch für andere Neutronendetektoren zu erhalten. Ohne Berücksichtigung dieser detektorspezifischen Aussage hat die Angabe des Energieparameters zur Interpretation bzw. Beschreibung des Neutronenspektrums nur untergeordnete Bedeutung.

Unter der Annahme, daß im Streustrahlungsfeld die Neutronenfluenzverteilung in erster Näherung einer Normalverteilung ähnlich dem unmoderierten Spaltneutronenspektrum entspricht, wurde das Verhältnis der Detektoranzeige in der 30-cm-Kugel zur Albedodetektoranzeige in Abhängigkeit von der Energie bestimmt (Abb. 6/21). Das Meßwertverhältnis  $R_S(c)/R_S(i)$  zeigt in Abhängigkeit des Energieparameters eine recht gute Übereinstimmung mit dem effektiven Fluenz-Äquivalentdosiskonversionsfaktor. Das Meßwertverhältnis kann in Streustrahlungsfeldern u. U. direkt zur Ermittlung eines Kalibrierfaktors für Albedodosimeter benutzt werden. Mit dem Einkugel-Albedosystem ist eine solche Kalibrierung bis zu einem Energieparameter von etwa 20 keV möglich.

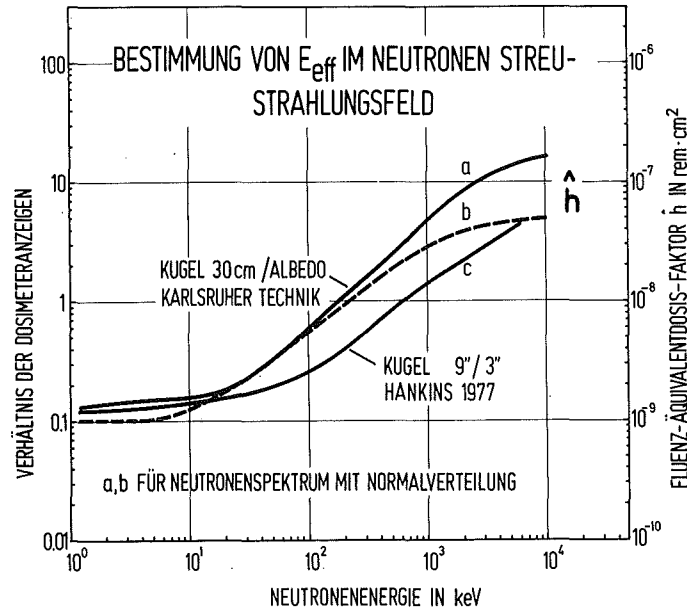


Abb. 6/21: Verhältnis der Dosimeteranzeigen als Funktion des detektorspezifischen Energieparameter  $E_{eff}$  des Karlsruher Albedodosimeters und Neutronenfluenz-Äquivalentdosis-Umrechnungsfaktor  $h$  (ICRP 21) als Funktion der Neutronenenergie

### 6.3.3 On-line-Rechenprogramm zur Auswertung des Einkugel-Albedodosimetersystems und zur Interpretation des Neutronenstreustrahlungsfeldes

Für die Anwendung des Einkugel-Albedosystems zur Ausmessung von Streustrahlungsfeldern und zur Kalibrierung des Albedodosimeters müssen für eine Ortsdosismessung 13 Thermolumineszenzdetektoren ausgemessen werden. Die aufwendige Meßwertverarbeitung und Dosisberechnung, insbesondere aber die Forderung, mit geringem Arbeitsaufwand auch bei kleinen Neutronendosen die höchste Meßgenauigkeit zu erzielen, konnte nur mit Hilfe eines On-line-Rechenprogrammes verwirklicht werden.

Im Berichtszeitraum wurden verschiedene Programmteile für die Ausmessung der TLD-Detektoren, für die erforderliche Datenspeicherung und Datenverarbeitung entwickelt und zu einem On-line-Programm mit Direktanschluß an das Thermolumineszenzdosimeter-Auswertegerät zusammengefaßt.

Die Auswertung der Thermolumineszenzdosimeter wurde in folgender Weise standardisiert:

- Nach Speicherung der Glowkurve in einem Vielkanalanalysator wird ein Rechenprogramm zur Trennung der Glowpeakfläche für Peak Nr. 5 und 6 eingesetzt.
- Der Meßwert wird mit Hilfe von gleichzeitig gemessenen Kalibrierdosimetern derselben Charge korrigiert hinsichtlich des Photomultiplierdunkelstromes, der Nulldosisanzeige unbestrahlter Dosimeter, der individuellen Detektorempfindlichkeit und des Chargenkalibrierfaktors.

- Die laufende Speicherung der Neutronenvorbestrahlung wird zur Korrektur des Nulldosisanstieges nach der Regenerierung eingesetzt, um den Einfluß von Tritium aus der Neutronennachweisreaktion  ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$  zu berücksichtigen.
- Der Neutronenmeßwertanteil ergibt sich aus der Differenz der korrigierten Meßwerte der TLD 600/TLD 700-Detektoren.

Die Datenspeicherung erfaßt die entsprechenden Empfindlichkeitsfunktionen  $R(E)$  für die Detektorpositionen a, m, i, c sowie bei Personendosismessungen zusätzliche anlagenbezogene Kalibrierfaktoren  $R(i) = f(i/a)$ , die aufgrund einer Feldkalibrierung gespeichert wurden.

Das Rechenprogramm und die Ausgabe der berechneten Daten sieht folgende Schritte vor:

- Ermittlung der Äquivalentdosisanteile in den Neutronenenergiebereichen für thermische, epithermische und schnelle Neutronen,
- Angabe der Äquivalentdosis von  $\gamma$ -Strahlung  $H_\gamma$  sowie des Verhältnisses  $H_n/H_\gamma$ ,
- Angabe des Energieparameters  $E_{\text{eff}}$  für das Neutronenspektrum schneller Neutronen und des Fluenz-Äquivalentdosisumwandlungsfaktors  $\hat{h}(E)$ ,
- Ermittlung des statistischen Meßfehlers für alle ausgedruckten Meßgrößen unter Berücksichtigung der experimentell gewonnenen Standardabweichung  $s(D)$  für das Dosimetersystem,
- Anzeige der Empfindlichkeit  $R_{\text{eff}}$  für das Albedodosimeter,
- Ermittlung der anlagenbezogenen Kalibrierkurve  $R_{\text{eff}}(i) = f(i/a)$  für eine bestimmte Anlage.

Das Ergebnis der Datenverarbeitung wird unmittelbar nach Ausmessung der TLD-Detektoren in Form einer Tabelle ausgeschrieben. Dies wird am Beispiel der Meßergebnisse vom Reaktor Silène/Valduc in Tab. 6/4 gezeigt (siehe Kap. 6.3.5).

#### 6.3.4 Korrektur der zeitabhängigen Nulldosisanzeige infolge von neutroneninduziertem Tritium im TLD 600

Eine Neutronenbestrahlung des TLD 600-Dosimeters führt über die Kernreaktion  ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$  u. a. auch zur Produktion von Tritium, das im Festkörperdetektor eingelagert bleibt. Der radioaktive Zerfall von Tritium führt bei einer langzeitigen Akkumulation zu einer Nulldosisanzeige, die bei Wiederverwendung des Detektors zu berücksichtigen ist. Bei der Messung kleiner Neutronendosen kann der zeitliche Anstieg der Nulldosisanzeige durch Tritium während der Lagerung und Bestrahlung des Dosimeters ermittelt werden, wenn der Tritiumzerfall zwischen Regenerierung und Auswertung in Rechnung gestellt wird.

Das Rechenprogramm zur Korrektur der zeitabhängigen Nulldosisanzeige berechnet den jeweiligen Tritiumgehalt im Dosimeter durch Aufsummierung sämtlicher Neutronenvorbestrahlungen bzw. Neutronendosisanzeigen bei entsprechender Berücksichtigung des radioaktiven Zerfalls. Da die Absolutbestimmung des Tritium im Dosimeter nicht erforderlich ist, wird anstelle der Tritiumaktivität  $c_t$  die Dosimeteranzeige  $\alpha$  unmittelbar nach Neutronenbestrahlungen verwendet. Für den Zusammenhang zwischen Neutronenanzeige und Tritiumaktivität ergibt sich allgemein

$$\alpha = k_1 \cdot c_t$$

Bei wiederholter Neutronenbestrahlung und -auswertung berechnet sich die aufsummierte Tritiumaktivität  $C_n$  im Dosimeter nach der n-ten Bestrahlung zu

$$C_n = \sum_{i=1}^n C_{ti} \cdot e^{-C(t_{rn} - t_{ri})} = k_1 \cdot A_n$$

und die entsprechend auf den Tritiumzerfall korrigierte Dosimeteranzeige  $A_n$  zu

$$A_n = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot e^{-C(t_{rn} - t_{ri})}$$

$A_n$  = Akkumulierte Neutronendosisanzeige von n vorausgegangenen Neutronenbestrahlungen zum Zeitpunkt  $t_{rn}$  der n-ten Neutronendosisbestimmung,

$\alpha_i$  = Neutronendosisanzeige der i-ten vorausgegangenen Neutronendosisbestrahlung zum Zeitpunkt  $t_{ri}$  der Neutronendosisbestimmung,

$t_{ri}$  = Zeitpunkt der Auswertung, d. h. Neutronendosisbestimmung nach der i-ten Bestrahlung,

$C$  = Zerfallskonstante für Tritium.

Zur Reduzierung der Speicherplätze im Albedo-Rechenprogramm wird jeweils der letzte berechnete  $A_n$ -Wert gespeichert. Bei Kenntnis der Neutronenvorbestrahlung, d. h. der insgesamt akkumulierten Neutronenanzeige, die mit Hilfe des Rechenprogrammes auf den Tritiumzerfall korrigiert wurde, kann der jeweils zu erwartende Nulldosisanstieg berechnet werden. Abb. 6/22 zeigt am Beispiel mehrfach bestrahlter TLD 600-Dosimeter die durch Tritium erzeugte Nulldosis nach einer viermonatigen Lagerung der Dosimeter als Funktion der akkumulierten Neutronendosisanzeige, die unter Berücksichtigung des Tritiumzerfalls mit dem Rechenprogramm ermittelt wurde.

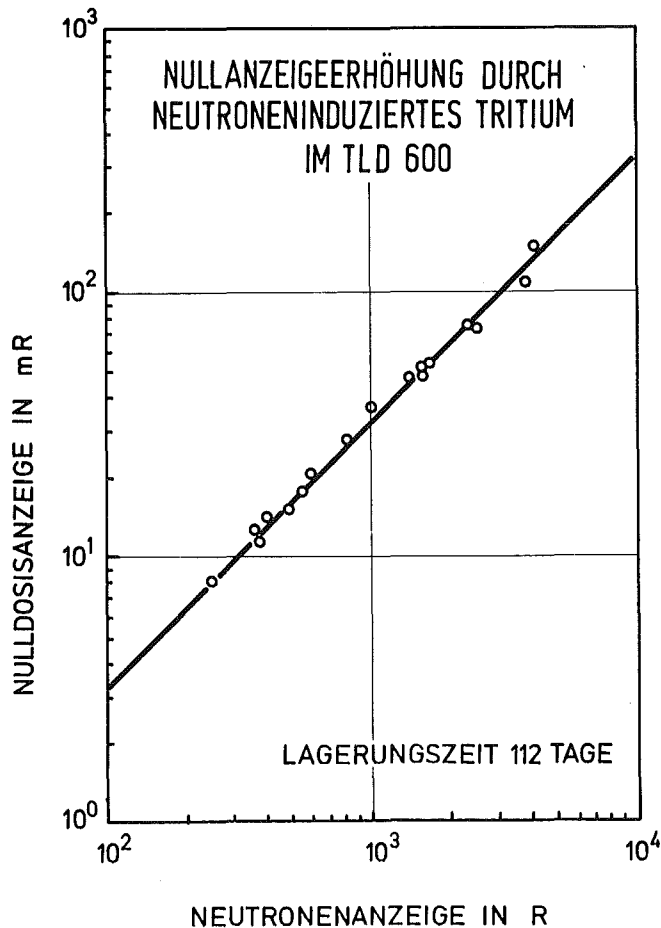


Abb. 6/22: Erhöhung der Nulldosisanzeige von LiF-Dosimetern nach einer Neutronenvorbestrahlung und erneuter Regenerierung in Abhängigkeit von der  $^{137}\text{Cs}$ -äquivalenten Neutronendosisanzeige

Bei einer erneuten Verwendung des Dosimeters ergibt sich unter Berücksichtigung des Zeitraumes  $t_1$  zwischen der n-ten Auswertung und der Regenerierung der zu erwartende Nulldosisanstieg  $\alpha_0$  durch den Tritiumzerfall im Zeitraum  $t_0$  zwischen den Zeitpunkten der Regenerierung und der (n+1)-ten Auswertung durch Integration zu:

$$\alpha_0 = \int_{t_1}^{t_1+t_0} A_n \cdot e^{-Ct} dt$$

$$\alpha_0 = \frac{K}{C} \cdot A_n \cdot e^{-Ct_1}(1-e^{-Ct_0})$$

Für kurze Akkumulierungszeiten gilt in guter Näherung:

$$\alpha_0 = K \cdot A_n \cdot t_0$$

Aus den Meßwerten in Abb. 6/22 ergibt sich für  $K = 2,7 \cdot 10^{-7} \text{ d}^{-1}$ .

### 6.3.5 Ausmessung des Neutronenstreustrahlungsfeldes am Forschungsreaktor in Valduc

In Zusammenarbeit mit dem CEA wurde im Frühjahr 1980 eine Vergleichsbestrahlung im französischen Forschungszentrum Valduc durchgeführt. Ziel der Neutronenbestrahlungen war der Vergleich des Einkugel-Albedodosimetersystems mit der in Frankreich verwendeten Multispheretechnik sowie mit Meßergebnissen von Spaltkammern. Neutronenquelle war die Reaktorordnung Silène mit einer Abschirmung von 20 cm Blei. Die Bestrahlungen erfolgten im Bestrahlungsraum sowie außerhalb der Abschirmung.

No	NEUTRONEN AEQUIVALENTDOSIS				ENERGIE $E_{eff}$ keV	REL. STAT. FEHLER					$H_n/H_g$	i/ $H_n$	i/a	RUECK/VORN	
	$H_n$ rem (cSv)	$H_{th}$ %	$H_e$ %	$H_f$ %		$H_n$ %	$H_{th}$ %	$H_e$ %	$H_f$ %	$E_{eff}$ %				$H_{th}(a)$	$H_n(i)$
4	60.131	1.1	.4	98.5	674	2	2	3	2	2	68.9	.70	.76	.23	.10
46	17.572	1.8	.5	97.7	653	2	1	3	2	2	44.4	.77	.56	.41	.19
1	9.373	2.6	.7	96.8	622	2	1	2	2	2	40.5	.86	.44	.62	.35
29	.047	6.5	.6	92.8	574	23	3	64	25	24	2.4	.99	.22	.33	.26
33	.053	10.4	.9	88.7	455	17	2	40	19	19	2.9	1.29	.18	.37	.29

Tab. 6/4: Meßergebnisse des Einkugel-Albedodosimetersystems am Reaktor Silène, Valduc/Frankreich

Die Auswertung der Meßergebnisse des Einkugel-Albedodosimetersystems (siehe auch Tab. 6/4) führten zu folgenden Ergebnissen:

- Der relative Äquivalentdosisanteil thermischer Neutronen,  $H_{th}$ , betrug 1 bis 3 % im Bestrahlungsraum und 3 bis 10 % außerhalb der Abschirmung.
- Der relative Äquivalentdosisanteil epithermischer Neutronen,  $H_e$ , betrug 0,4 bis 0,9 %.
- Der Energieparameter für das Karlsruher Albedodosimeter lag zwischen 455 und 674 keV, d. h. es konnte keine signifikante Änderung des Neutronenspektrums innerhalb bzw. außerhalb der Abschirmung gefunden werden.
- Der Kalibrierfaktor des Karlsruher Albedodosimeters zeigt daher nur relativ geringe örtliche Schwankungen mit Extremwerten von 0,7 bzw. 1,29 und einem Meßwertverhältnis i/a zwischen 0,76 und 0,18.

Das Neutronenfeld am Reaktor Silène zeigt im Gegensatz zu Leichtwassermoderierten Reaktoren ein relativ hartes Neutronenspektrum. Das Verhältnis Neutronendosis zu Gammadosis ( $H_n/H_\gamma$ ) ist in Abb. 6/23 in Abhängigkeit vom Abstand zum Reaktor wiedergegeben. Die Abschirmung der Bestrahlungshalle reduziert die Neutronenäquivalentdosis annähernd um den Faktor  $10^{-3}$  und das entsprechende Verhältnis  $H_n/H_\gamma$  ändert sich hierbei um den Faktor 20.



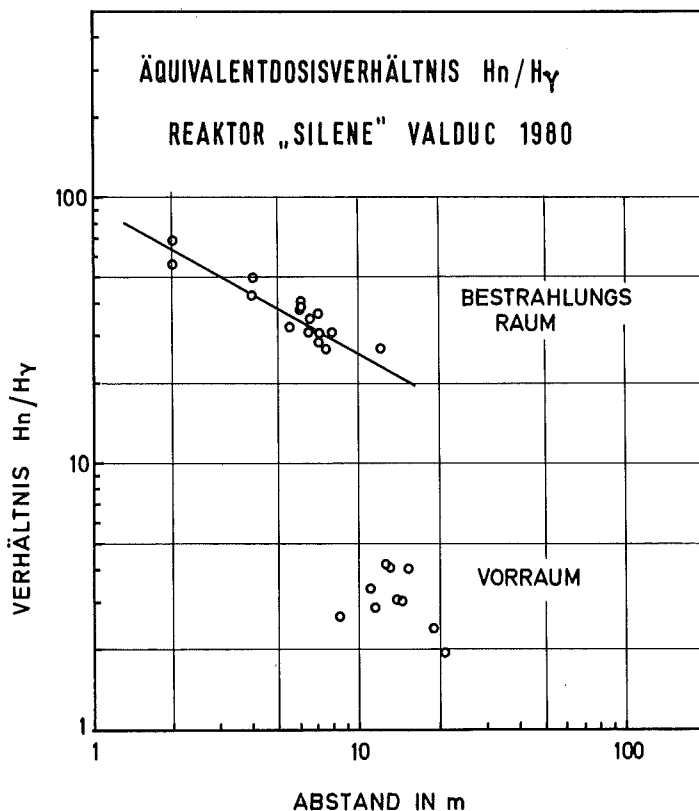


Abb. 6/23: Verhältnis Neutronenäquivalentdosis zur Photonenäquivalentdosis am Reaktor Silène, Valduc

#### 6.4 Kernspurdetektoren

##### 6.4.1 Verbesserung der Empfindlichkeit des passiven Radondosimeters

M. Urban, E. Piesch

Für die langzeitige Messung der Radonkonzentration in Wohnhäusern wurde eine Diffusionskammer entwickelt, die von einem Glasfaserfilter abgedeckt wird und im unteren bzw. oberen Teil einen Kernspurdetektor enthält (siehe Abb. 6/24). Die durch Radonzerfall entstehenden Radonfolgeprodukte werden hierbei nach kurzer Zeit an den Kammerwänden abgeschieden. Die Polykarbonat -Detektorfolie registriert  $\alpha$ -Teilchen von  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{218}\text{Po}$  und  $^{214}\text{Po}$ . Nach einer elektrochemischen Ätzung des Kernspurdetektors werden die Kernspuren mit einem Durchmesser von etwa 150  $\mu\text{m}$  auf einer Fläche von 2  $\text{cm}^2$  mit Hilfe eines Bildschirmsichtgerätes ausgezählt.

Im Berichtszeitraum wurde die neu entwickelte Prototypkammer [35] im Hinblick auf die dosimetrischen Eigenschaften optimiert und zur Kalibrierung in unterschiedlichen Radonkonzentrationen bis zu Akkumulierungszeiten von vier Monaten exponiert. Im Rahmen einer Pilotstudie, die vom Bundesminister des Innern gefördert wurde, sind außerdem 100 passive Radondosimeter zur Messung der Radonkonzentration in Wohnhäusern eingesetzt worden (siehe auch Kap. 6.6.4). Nach Abschluß dieser Arbeiten konnte die Herstellung der Diffusionskammer als Kunststoffspritzteil in Auftrag gegeben werden.

Wegen der unterschiedlichen Reichweiten der  $\alpha$ -Teilchen und dem Nachweis einer vom Detektor vorgegebenen  $\alpha$ -Energiegruppe ist die Radonempfindlichkeit einer Diffusionskammer u. a. von der Geometrie und Größe der Kammer sowie von der Position der Detektorfolie in der Kammer abhängig. Zum Nachweis kommen hierbei Radon- $\alpha$ -

Zerfälle aus einem bestimmten Volumenbereich der Kammer und  $\alpha$ -Zerfälle der überwiegend an den Kammerwänden abgeschiedenen Tochterprodukte von bestimmten Wandbereichen.

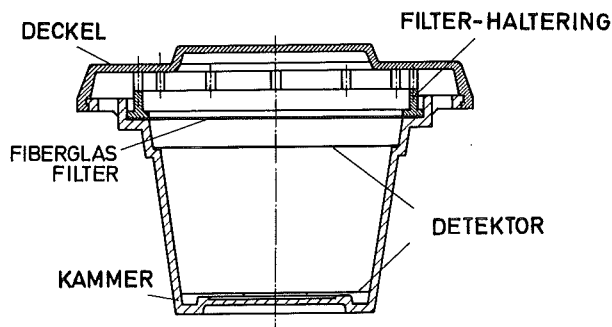
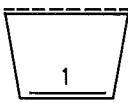
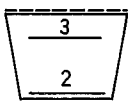


Abb. 6/24: Die Karlsruher Radon-Diffusionskammer

Der Einfluß der Kammergeometrie ist für verschiedene Kammervolumen und Detektorpositionen untersucht worden (Tab. 6/5) und soll am Beispiel der Kammer Nr. 2 erläutert werden. Die Detektorfolien in Position 1 und 2 unterscheiden sich durch das Luftvolumen, welches für Folie 2 durch die gegenüberliegende Folie 3 begrenzt wird. Die höhere Empfindlichkeit der Folie 2 ist daher auf eine zusätzliche Abscheidung von Folgeprodukten auf der Folie 3 zurückzuführen. Folie 2 und 3 unterscheiden sich nur durch den Winkel zur Kammerwand. Wegen der Winkelabhängigkeit des  $\alpha$ -Kernspurdetektors werden von der Folie 3 im Vergleich zu Folie 2 mehr  $\alpha$ -Zerfälle nachgewiesen.

	Detektorposition Nr.	Volumen cm <sup>3</sup>	Rel. Empfindlichkeit Spuren·cm <sup>-2</sup>	Abstand Folie 2/Folie 3 cm
	1	305	0,033	9,30
	2		0,036	
	3		0,044	
	1	144	0,025	4,15
	2		0,032	
	3		0,054	
	1	72	0,008	2,00
	2		0,012	
	3		0,022	

Tab. 6/5: Empfindlichkeit der Radon-Diffusionskammer für verschiedene Kammervolumen und Detektorpositionen

Im Hinblick auf den Nachweis von Thoron wurden die Diffusionskonstanten verschiedener Filtermaterialien gemessen und für die interessierende Filterdicke die Diffusionszeiten berechnet. Die Ergebnisse in Tab. 6/6 zeigen, daß eine Diffusionskammer mit einem Glasfaserfilter von 0,5 mm Dicke und einer Diffusionszeit von 1 min schon auf kurzzeitige Änderungen der Radonkonzentration im Wohnraum anspricht. In Anbetracht der langen Diffusionszeit können Membranfilter für die vorgegebene Meßaufgabe nicht eingesetzt werden.

	Diffusionskoeffizient $\cdot 10^{-10} \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}$	Folien- dicke mm	Konzentrationsverhältnis $C_{\text{in}} / C_{\text{a}}^*$		Diffusions- zeit
			$^{222}\text{Rn}$	$^{220}\text{Rn}$	
Polykarbonat	3	0,14	0,31	0	180 h
Polyäthylen	335	0,10	0,93	$2,2 \cdot 10^{-3}$	50 min
Glasfaserfilter	45 000	0,50	0,96	0,072	56 s

\*Konzentrationsverhältnis im Gleichgewichtszustand

Tab. 6/6: Diffusionskoeffizient und Diffusionszeit für verschiedene Filtermaterialien

Mit dem verwendeten Glasfaserfilter werden nur etwa 7 % der Thoronkonzentration innerhalb der Diffusionskammer erwartet. Nimmt man an, daß Radon und Thoron und deren Zerfallsprodukte vom  $\alpha$ -Detektor mit gleicher Empfindlichkeit nachgewiesen werden, dann wird eine Diffusionskammer im Vergleich zu einer offenen Kammer nur etwa 7 % der Thoronkonzentration als Radonmeßeffect nachweisen.

In einer weiteren Meßreihe wurde die langzeitige Reproduzierbarkeit der Radonmessung untersucht. Hierbei wurden offene Kammern und Diffusionskammern über einen Zeitraum von drei Monaten in einem Wohnraum mit höherer Radonkonzentration exponiert (Tab. 6/7). Im Vergleich zu den Ergebnissen der Diffusionskammer zeigen die Meßwerte der offenen Kammer eine Streuung bis zu einem Faktor 3. Dieser Effekt ist offenbar auf Staubteilchen zurückzuführen, die sich unkontrollierbar auf der Oberfläche des Detektors und der Kammer abscheiden und u. U. die elektrostatischen Eigenschaften des Detektorsystems verändern.

Folien-Nr.	Diffusionskammer Spuren/cm <sup>2</sup>	Folien-Nr.	offene Kammer Spuren/cm <sup>2</sup>
1	154	7	1 662
2	188	8	533
3	153	9	841
4	179	10	842
5	173	11	963
6	156	12	939
Mittelwert $\pm 1\sigma^*$	$167 \pm 15$	Mittelwert $\pm 1\sigma^*$	$963 \pm 375$

\* $1\sigma$ -Standardabweichung von 6 Folien

Tab. 6/7: Unterschied zwischen Diffusionskammer und offener Kammer bei gleichzeitiger Exposition im Wohnraum über drei Monate

Die Reproduzierbarkeit des Kernspurdetektors wird im wesentlichen durch die statistische Meßunsicherheit der Kernspurzählung bestimmt und ergibt sich aus der Anzahl der gezählten Kernspuren (Abb. 6/25). Innerhalb eines zusätzlichen Experimentes wurden jeweils zehn passive Radondosimeter gleichzeitig über einen Zeitraum von vier Monaten in Wohnräumen exponiert. Die in Abb. 6/25 aufgenommenen Meßergebnisse unterscheiden sich nur geringfügig von der statistischen Meßunsicherheit der Kernspurzählung.

Die Kalibrierung des passiven Radondosimeters führte zu einer Nachweiswahrscheinlichkeit von 0,025 Kernspuren pro  $\text{cm}^2$  für  $1 \text{ pCi} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{h}$  ( $0,037 \text{ Bq l}^{-1} \cdot \text{h}$ ). Die kleinste nachweisbare Radonbestrahlung bei einem  $\sigma$ -Wert von 50 % ergibt sich für eine Auszählung des  $2 \text{ cm}^2$  großen Gesichtsfeldes zu  $0,26 \text{ pCi} \cdot \text{l}^{-1}$  pro Monat ( $0,01 \text{ Bq l}^{-1}$ ). Vergleichbare Nachweispfindlichkeiten konnten bisher mit hochempfindlichen  $\alpha$ -Kernspurdetektoren, wie beispielsweise CR-39, nur bei mikroskopischer Auszählung von mehr als 100 Gesichtsfeldern erreicht werden.

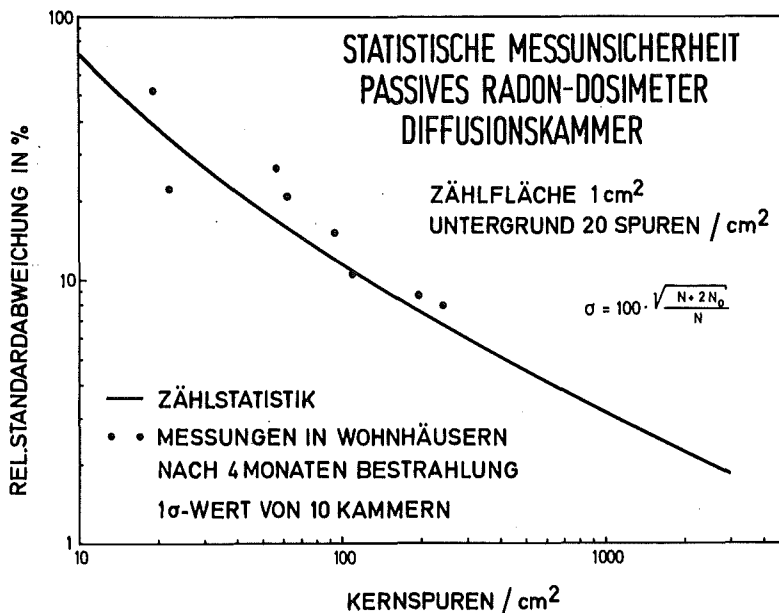


Abb. 6/25: Relative Standardabweichung in Abhängigkeit von der Anzahl der Kernspuren sowie Meßwerte von je zehn Dosimetern nach vier Monaten Expositionszeit in Wohnräumen

#### 6.4.2 Neutronennachweis mit CR-39

G. Hassib

CR-39 ist zur Zeit der empfindlichste nichtfotografische Kernspurdetektor, der aufgrund neuester Ergebnisse (Tommasino und Griffith, 1980) einen Nachweis von Rückstoßprotonen bis herab zu Neutronenenergien von 160 keV ermöglicht. Wegen der relativ großen Energieabhängigkeit der Dosisanzeige ist eine direkte Anwendung als Neutronendosimeter zur Zeit noch nicht möglich.

Für die Versuche stand eine CR-39-Folie von  $200 \mu\text{m}$  Dicke der Firma Porshore, England, zur Verfügung. Die Untersuchung der Ätzrate von CR-39 ergab für eine KOH-Lösung sowie für eine KOH-Lösung mit 20 %igem Alkoholanteil bei Zimmertemperatur Werte von  $0,16 \mu\text{m/h}$  bzw.  $4,6 \mu\text{m/h}$ , im Vergleich dazu werden für Makrofol Werte von  $< 0,01 \mu\text{m/h}$  bzw.  $0,7 \mu\text{m/h}$  erhalten. Im Gegensatz zu Makrofol ist die Ätzrate von CR-39 in der alkoholischen Lösung nicht konstant und steigt mit der Ätzdauer an. Aus diesem Grund wurde die alkoholische Lösung nur zur Vorätzung verwendet.

Zur Ermittlung der günstigsten Parameter für die elektrochemische Ätzung wurden CR-39-Folien mit Am-Be-Neutronen bestrahlt, bei verschiedener Hochspannung und Frequenz geätzt und zunächst der Anteil der Untergrundspuren ermittelt. Die entsprechende Vorätzung erfolgte 30 min in einer 20 %igen Alkohol-KOH-Lösung. Die Ergebnisse in Tab. 6/8 zeigen bei  $400 \text{ V/3 KHz}$  optimale Bedingungen für die elektrochemische Ätzung, insbesondere hinsichtlich eines geringen Untergrundspurenanteiles. Da hier die Neutronennachweiswahrscheinlichkeit für neutroneninduzierte Rückstoßkerne jedoch nur 50 % derjenigen von Makrofol beträgt, wurde für die nachfolgenden Untersuchungen eine elektrochemische Ätzung bei  $600 \text{ V/3 KHz}$  zugrundegelegt.

Hochspannung ( $V_{eff}$ )	Frequenz (kHz)	Ätzdauer (h)	Untergrundspuren (Spuren/cm <sup>2</sup> ) ohne Vorätzung*      mit Vorätzung*	
800	2	4	sehr hoch	
700	2	4	3 000	500
600	2	5	500	175
600	3	5	680	160
500	3	5	500	82
400	3	5	280	5

\*Vorätzung 30 min in 20 %iger alkoholischer KOH-Lösung

Tab. 6/8: Nulleffektanteil von elektrochemisch geätztem CR-39 ohne bzw. mit Anwendung einer Vorätzung

Zur Alterung und Verbesserung der Folien wurden die Folien vom Hersteller einer unterschiedlichen Wärmebehandlung unterzogen. Die Untersuchung der entsprechenden Nachweisempfindlichkeit und des Untergrundspurenanteiles führte zu den in Tab. 6/9 wiedergegebenen Ergebnissen. Die am längsten wärmebehandelte CR-39-Detektorfolie ergab die beste Nachweisempfindlichkeit und den kleinsten Untergrundanteil. Eine Wärmebehandlung verbessert offensichtlich die dosimetrischen Eigenschaften von CR-39. Im Vergleich zu Makrofol zeigt CR-39 eine relativ hohe Streuung des Meßergebnisses. Dies wird im wesentlichen durch eine örtliche Anhäufung von Kernspuren, d. h. durch eine offensichtlich ungleiche Materialqualität, verursacht. Die gefundene Reproduzierbarkeit der Dosismessung ist für eine dosimetrische Anwendung unbefriedigend.

Wärmebehandlungsdauer (h)	Neutronenempfindlichkeit* (Spuren/cm <sup>2</sup> )	Untergrund (Spuren/cm <sup>2</sup> )
8	234 ± 43 %	110 ± 70 %
16	183 ± 33 %	5 ± 106 %
36	335 ± 62 %	12 ± 77 %
96	457 ± 20 %	9 ± 42 %
Makrofol E**	250 ± 8 %	7 ± 49 %

\*Bestrahlung mit Am-Be-Neutronen, Vorätzung 30 min in 20 %iger alkoholischer KOH-Lösung, elektrochemische Ätzung 5 h in KOH bei 600 V/3 kHz, bezogen auf digitale Äquivalentdosis

\*\*Vorätzung und elektrochemische Ätzung in KOH 3 h bei 700 V/3 kHz

Tab. 6/9: Neutronenempfindlichkeit und Nulleffekt von unterschiedlich wärmebehandeltem CR-39

### 6.4.3 Untersuchung von Albedo-Kernspurdetektoren

G. Hassib

Die Untersuchungen zur Anwendung von Makrofolddetektoren mit  $(n,\alpha)$ -Konvertern in der Albedodosimetrie wurden fortgesetzt. Im Vergleich zu einem dünn-schichtigen Konverter aus Bor in natürlicher Zusammensetzung (100 %) ergab sich für  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ , LiF in Teflon und einem 40 %igen Anteil von Borkarbid in Plastik eine relative Neutronenempfindlichkeit von 30 %, 30 % und 13 %.

Zur Optimierung der Dicke und des Boranteiles einer borhaltigen Dosimeterkapselung wurde die Absorption von Neutronen in einem Borkarbidkunststoffgemisch untersucht. Die relative Empfindlichkeit des Makrofolddetektors mit dem  $(n,\alpha)$ -Konverter gegenüber Albedoneutronen ist in Abb. 6/26 und Abb. 6/27 in Abhängigkeit vom Borkarbidanteil in der Kunststoffabdeckung sowie in Abhängigkeit von der Absorberdicke wiedergegeben. Eine 2 mm dicke Borkarbidkunststoffschicht schwächt demnach die Neutronenanzeige des Kernspurdetektors auf etwa 10 % ab. Die Arbeiten werden fortgesetzt mit dem Ziel, mit einem zusätzlichen Kernspurdetektor den Dosisbereich eines LiF-Albedodosimeters nach kleineren Dosen hin zu erweitern.

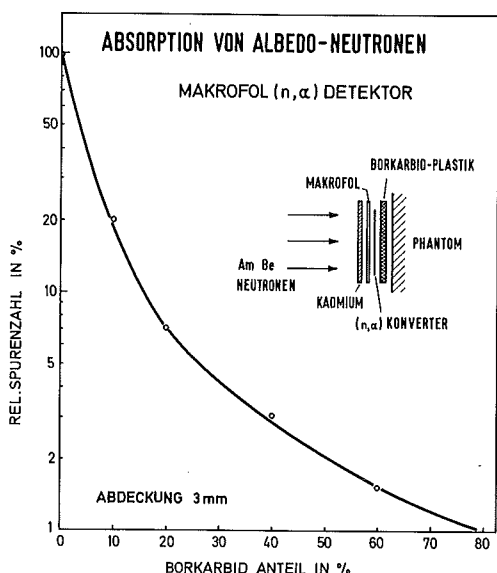


Abb. 6/26: Absorption von Albedoneutronen in Abhängigkeit vom Borkarbidgewichtsanteil in einer Abdeckung von 3 mm Dicke

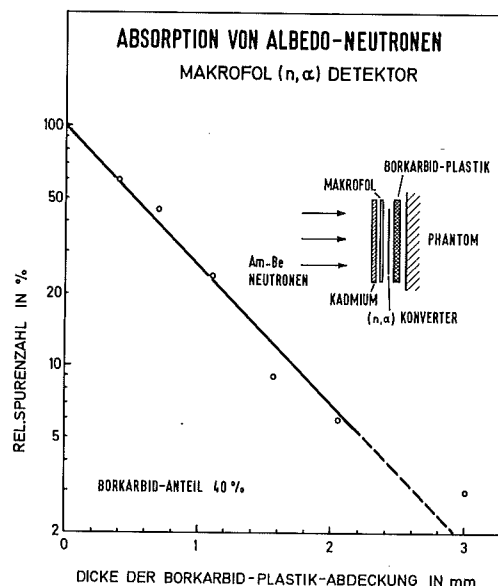


Abb. 6/27: Absorption von Albedoneutronen in Abhängigkeit von der Dicke einer 40 %igen Borkarbidplastikabdeckung

### 6.5 Inkorporationsmessungen

#### 6.5.1 Routine- und Sondermessungen

H. Doerfel, H. Junker

Alle Mitarbeiter von KfK, KBG, GWK und TU, die Zugang zu offenen radioaktiven Substanzen haben, werden routinemäßig auf inkorporierte Radionuklide untersucht. Die Überwachungsfrequenz variiert je nach Umgangsrisiko zwischen einer und vier Messungen pro Jahr. Beim Umgang mit sehr kurzlebigen Radionukliden (z. B.  $^{131}\text{I}$ ) wird die Routineüberwachung durch zusätzliche Messungen unmittelbar nach der Handhabung ergänzt. Außerdem werden unverzügliche Sondermessungen bei allen Kontaminationen von Personen, Arbeitsplätzen oder der Raumluft durch-

geführt, sofern die Möglichkeit einer Inkorporation nicht auf anderen Wegen ausgeschlossen werden kann. Je nach Art der radioaktiven Substanzen werden die Inkorporationsmessungen im Ganzkörperzähler (Nachweis von Spalt- und Aktivierungsprodukten) oder im Lungenzähler (Nachweis von Uran und Transuranen) durchgeführt.

Die Tabellen 6/10 und 6/11 vermitteln einen Überblick über die im Jahr 1980 durchgeführten Inkorporationsmessungen. Im Ganzkörperzähler wurden bei etwa 3,6 % der Routinemessungen und bei etwa 5 % der Sondermessungen Inkorporationen von einem oder mehreren Radionukliden festgestellt. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle handelte es sich um Inkorporationen von  $^{60}\text{Co}$  (siehe Tab. 6/12). Ferner wurden die Nuklide  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{75}\text{Se}$ ,  $^{86}\text{Rb}$ ,  $^{113}\text{Sn}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  und  $^{137}\text{Cs}$  nachgewiesen. Wie aus Tab. 6/12 weiterhin hervorgeht, waren die inkorporierten Aktivitäten in nahezu allen Fällen kleiner als 1 % der maximal zulässigen Werte bei Dauerbelastung (MPBB nach ICRP). Die Routinemessungen im Lungenzähler, die in erster Linie zur Aufnahme und Speicherung von Vergleichsspektren dienten, sowie die Sondermessungen im Lungenzähler ergaben in keinem Fall einen positiven Befund.

Arbeitsgebiet	Anzahl der gemessenen Personen		Anzahl der Personen mit Inkorporation	
	GZ	LZ	GZ	LZ
Dekontamination und Abfallbehandlung	749	77	28	-
Strahlenschutz (Kontrollbereich)	110	13	7	-
Zyklotron	91	-	3	-
Reaktorbetrieb	209	-	-	-
chemische Institute	574	-	2	-
physikalische Institute	370	-	13	-
MZFR, KNK, WAK	950	-	53	-
sonstige	43	48	5	-
gesamt	3 096	138	111	-

Tab. 6/10: Übersicht über die Routinemessungen im Ganzkörperzähler (GZ) und im Lungenzähler (LZ)

Parallel zu den Routine- und Sondermessungen wurden im Ganzkörperzähler Referenzmessungen zur Bestimmung der  $^{137}\text{Cs}$ -Körperaktivität aus dem radioaktiven Fallout durchgeführt. Im Jahresdurchschnitt ergaben diese Messungen eine spezifische Körperaktivität von etwa 20 pCi (0,74 Bq)  $^{137}\text{Cs}$  pro kg Körpergewicht (siehe hierzu Kap. 6.6.2).

Arbeitsgebiet	Anzahl der gemessenen Personen		Anzahl der Personen mit Inkorporation	
	GZ	LZ	GZ	LZ
Dekontamination und Abfallbehandlung	24	23	3	-
Strahlenschutz (Kontrollbereich)	1	1	-	-
Zyklotron	2	-	-	-
Reaktorbetrieb	3	-	-	-
chemische Institute	5	1	-	-
physikalische Institute	-	-	-	-
MZFR, KNK, WAK	18	2	-	-
sonstige	1	1	-	-
gesamt	54	28	3	-

Tab. 6/11: Übersicht über die Sondermessungen im Ganzkörperzähler (GZ) und im Lungenzähler (LZ)

Nuklid	Anzahl der Inkorporationen					
	gesamt	Prozent der maximal zulässigen Körperbelastung				
		< 0,1	0,1 - 0,99	1 - 9,9	10 - 100	> 100
<sup>60</sup> Co	102	91	11	-	-	-
<sup>137</sup> Cs	18	14	3	1	-	-
<sup>131</sup> I	5	-	4	-	1*	-
<sup>58</sup> Co	3	2	1	-	-	-
<sup>134</sup> Cs	3	2	1	-	-	-
<sup>86</sup> Rb	2	2	-	-	-	-
<sup>113</sup> Sn	2	2	-	-	-	-
<sup>75</sup> Se	1	-	1	-	-	-
gesamt	136	113	21	1	1*	-

\*nuklearmedizinischer Test

Tab. 6/12: Übersicht über die inkorporierten Radionuklide in Prozenten der maximal zulässigen Körperbelastung (MPBB nach ICRP)



## 6.5.2 Kalibrierung des Plutonium-Lungenzählers

H. Doerfel

Zur In-vivo-Messung von Plutonium in der Lunge stehen zur Zeit zwei mit Argon/Methan betriebene Großflächenproportionalzähler sowie ein großflächiger Phoswichdetektor zur Verfügung. Die Anschaffung eines zweiten baugleichen Phoswichdetektors ist in die Wege geleitet worden, so daß in Zukunft wahlweise mit zwei Phoswichdetektoren oder mit zwei Proportionalzählern gemessen werden kann. Zur Messung werden die Detektoren in größtmöglichem Körperkontakt symmetrisch über dem Thorax des Probanden angeordnet, wobei auf die drei folgenden Einstellkriterien geachtet wird:

- Die Verbindungslinie der Detektormittelpunkte sollte etwa über der Mitte des Brustbeines liegen.
- Die Detektorachsen sollten etwa durch die Mitte des jeweils näheren Lungenflügels verlaufen.
- Die Neigung der Detektoren sollte der Wölbung des Brustkorbes optimal angepaßt sein.

Bedingt durch diese Einstellkriterien ergeben sich individuell verschiedene Meßpositionen und folglich auch sehr unterschiedliche Wirkungsgrade. Zur Gewährleistung einer ausreichenden Reproduzierbarkeit der Meßergebnisse sowie zur Bestimmung der individuellen Kalibrierfaktoren ist es daher erforderlich, die Meßposition als Funktion der Körperproportionen genauer zu definieren.

Zu diesem Zweck wird der Thorax des Probanden durch einen Zylinder mit elliptischem Querschnitt approximiert. Messungen an verschiedenen Probanden haben gezeigt, daß das Verhältnis der beiden Halbachsen der Querschnittsellipse in dieser Näherung als konstant angesehen werden kann ( $a:b = 3:2$ ), so daß der elliptische Zylinder unmittelbar aus dem Brustumfang des Probanden berechnet werden kann. Mit Hilfe dieses Zylinders kann die optimale Meßposition wie folgt definiert werden:

- Die Mittelpunkte der Strahleneintrittsfenster liegen unter dem Azimutwinkel  $45^\circ$  symmetrisch zur Sagittalebene auf der durch den Brustumfang gegebenen Querschnittsellipse.
- Die Strahleneintrittsfenster liegen in der Tangentialebene am Berührungspunkt.

Entsprechende Messungen haben gezeigt, daß in dieser Meßposition bei gegebenen Körperproportionen eine maximale Empfindlichkeit der Detektoren erzielt wird. Außerdem ist bei der so definierten Meßposition die Variation der Empfindlichkeit bei unterschiedlichen Körperproportionen minimal. Diese Meßposition wird sowohl bei den Proportionalzählern als auch bei den Phoswichdetektoren zugrundegelegt. Dadurch wird erreicht, daß sich die Kalibrierfaktoren der beiden Detektorsysteme bei allen Körperproportionen stets nur um einen konstanten Faktor unterscheiden.

Für die Kalibrierung wird ein spezielles Plutonium-Lungenphantom benutzt, das 1975 in Zusammenarbeit mit der Medizinischen Abteilung des Kernforschungszentrums anhand eines medizinischen Demonstrationsmodells des menschlichen Körpers aufgebaut wurde. Bei dem Demonstrationsmodell handelte es sich um eine maßstabgerechte Verkleinerung eines männlichen Standardmenschen auf 80 % der Originalgröße, was beim Bau des Phantoms seinerzeit allerdings nicht berücksichtigt wurde. Das Phantom setzt sich aus einer Brustwand- und einer Lungennachbildung zusammen (siehe Abb. 6/28). Die Lungennachbildung besteht aus 11 Plexiglasplatten mit einer Dicke von jeweils 4 mm, die von zentralen Zwischenstücken in einem Abstand von 6 mm gehalten werden. Die effektive Dichte dieser Lungennachbildung ist mit  $0,47 \text{ g/cm}^3$  sehr viel größer als die von Lungengewebe ( $0,27 \text{ g/cm}^3$ ). Die linearen Schwächungskoeffizienten für die zum Plutoniumnachweis dienende L-Strahlung ( $E_{\text{eff}} = 16,3 \text{ keV}$ ) stimmen jedoch mit  $0,25 \text{ cm}^{-1}$  (Lungennachbildung) bzw.  $0,24 \text{ cm}^{-1}$  (Lungengewebe) recht gut überein, so daß das Lungenphantom hinsichtlich der L-Strahlungsabsorption eine gute Annäherung an die tatsächlichen Verhältnisse darstellt. Das Phantom ist mit 1 384 Plutoniumpunktpräparaten besetzt, die insgesamt  $1 435 \text{ nCi}$  ( $53,1 \text{ kBq}$ )  $^{239}\text{Pu}$ ,  $14 \text{ nCi}$  ( $518 \text{ Bq}$ )  $^{240}\text{Pu}$ ,  $6,3 \text{ nCi}$  ( $233 \text{ Bq}$ )  $^{241}\text{Am}$  sowie Spuren von  $^{241}\text{Pu}$  und  $^{242}\text{Pu}$  enthalten. Bei Zugrundelegung der unterschiedlichen L-Strahlungshäufigkeit emittiert dieses Gemisch ebenso viele L-Strahlungsquanten wie  $1 520 \text{ nCi}$  ( $56,24 \text{ kBq}$ ) reines  $^{239}\text{Pu}$ , d. h. durch das Lungenphantom wird ein homogenes Lungendepot von  $1,52 \mu\text{Ci}$  reinem  $^{239}\text{Pu}$  simuliert. Das Lungenphantom befindet sich in einem Aluminiumkorb, der sowohl in seiner Flächenbelegung

als auch in seinem L-Strahlungsabsorptionsverhalten repräsentativ für den menschlichen Brustkorb ist. Über diesem Aluminiumkorb liegt zur Simulation des Fett- und Muskelgewebes ein 2 cm starker Paraffinmantel. Dieser Paraffinmantel schwächt die L-Strahlung auf etwa 40 % und hat somit das gleiche Absorptionsverhalten wie eine Muskelgewebesicht von etwa 1,1 cm Dicke.

Das Phantom entspricht in seinen Dimensionen einem relativ schlanken Mann mit einem Brustumfang von etwa 92 cm. Bei Anwendung des oben entwickelten Konzeptes ergibt sich aus diesem Wert die in Abb. 6/28 dargestellte Meßposition. Nach Optimierung der Pulseschaping-Einstellung (elektronische Impulsausbeute 90 %) sowie der Spektrumsauswertung (günstigster Energiebereich 8 bis 31 keV) erhält man mit dem Phoswichdetektor in dieser Meßposition eine Nettoimpulsrate von  $419 \pm 5$  imp/min. Hieraus ergibt sich ein Phantomwirkungsgrad von  $\eta_0 = 2,76 \cdot 10^{-3}$  imp/L-Strahlungsquant.

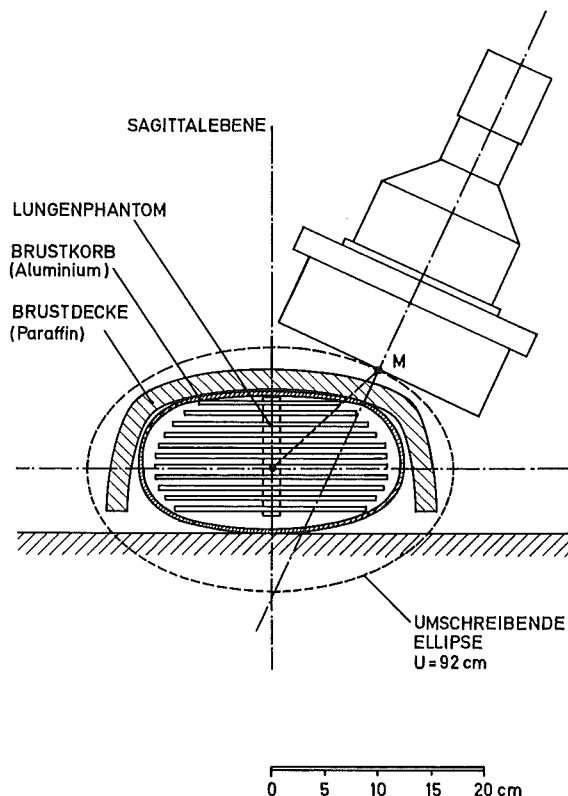


Abb. 6/28: Meßgeometrie zur Kalibrierung des Plutonium-Lungenzählers

Bei der Umrechnung dieses Phantomwirkungsgrades auf die individuellen Körperproportionen der Probanden müssen sowohl die Änderungen in der Meßgeometrie als auch die Änderungen der L-Strahlungsabsorption in der Brustwand berücksichtigt werden. Dank der Standardisierung der Meßgeometrie können die geometrischen Änderungen leicht erfaßt werden. Und zwar ergibt sich aus experimentell bestimmten Abstandsprofilen der folgende Zusammenhang zwischen Wirkungsgrad  $\eta$  und Brustumfang  $U$ :

$$\eta(U) = \eta_0 \cdot \exp(1-U/U_0) \quad (1)$$

Dabei ist  $\eta_0$  der für  $U_0 = 92$  cm bestimmte Phantomwirkungsgrad. Die Änderungen der L-Strahlungsabsorption in der Brustwand können in guter Näherung mit Hilfe von sogenannten "Steak-Kurven" berechnet werden. Diese Kurven geben die Absorption der L-Strahlung in planparallelen Steakplatten wieder. Sie können in guter Näherung durch einen exponentiellen Schwächungsterm mit einem linearen Schwächungskoeffizienten von  $\mu = 0,81 \text{ cm}^{-1}$  beschrieben werden. Die Dicke der Brustwand kann entweder mit Ultraschallgeräten gemessen oder mit Hilfe von empirischen

Formeln aus anderen biometrischen Daten, wie z. B. Körpergröße, Körpergewicht und Brustumfang, berechnet werden. Aus eigenen Ultraschallmessungen wurde die empirische Beziehung

$$d = 9,19 \cdot G/L - 1,66 \quad (2)$$

abgeleitet, wobei  $d$  die Brustwanddicke in cm,  $G$  das Körpergewicht in kg und  $L$  die Körpergröße in cm sind. Mit Hilfe dieser Beziehung können die Absorptionseinflüsse formal erfaßt werden, und es ergibt sich schließlich für den Wirkungsgrad als Funktion von  $G$ ,  $L$  und  $U$

$$\eta(G, L, U) = 7,2 \cdot 10^{-2} \cdot \exp(-U/U_0 - 7,42 \cdot G/L) \quad (3)$$

Eigene Messungen an etwa 50 Probanden haben gezeigt, daß in recht guter Näherung ein linearer Zusammenhang zwischen  $U$  und dem Verhältnis von  $G$  zu  $L$  besteht. Mit Hilfe dieses Zusammenhangs kann die Variable  $U$  in (3) eliminiert und der Wirkungsgrad als Funktion von  $G/L$  dargestellt werden (siehe Abb. 6/29). Wie aus dieser Abbildung hervorgeht, ist der Wirkungsgrad bei sehr korpulenten Personen nahezu eine Größenordnung kleiner als bei sehr schlanken Personen.

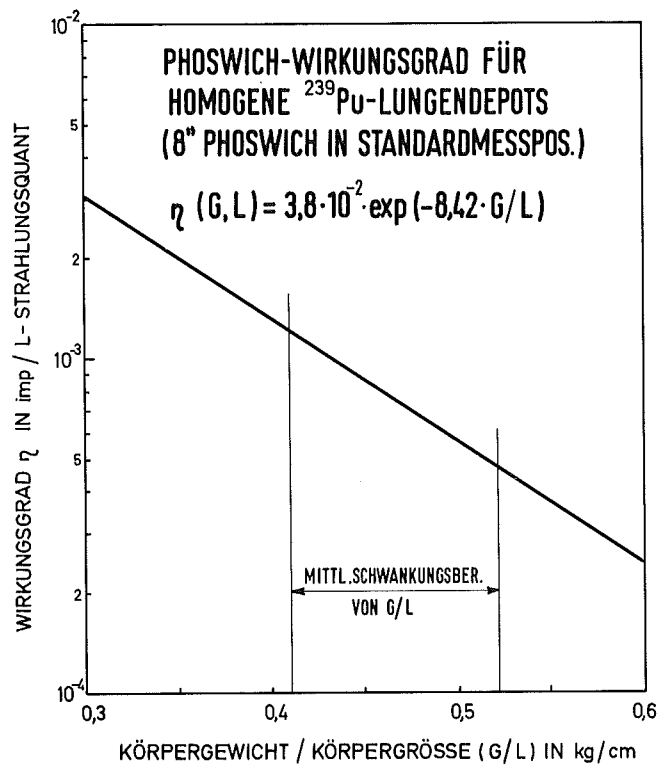


Abb. 6/29: Phoswichwirkungsgrad des Plutonium-Lungenzählers für homogene  $^{239}\text{Pu}$ -Lungendepots in Abhängigkeit von den Körperproportionen des Probanden

### 6.5.3 Verifizierung der Lungenzählerkalibrierung anhand von Literaturdaten

Im Jahr 1972 wurden im Rahmen eines internationalen Vergleiches von Plutonium-Lungenzählern drei Referenzpersonen, die eine bekannte Menge eines kurzlebigen Plutoniumsimulators ( $^{103}\text{Pd}$ ) inhaliert hatten, in insgesamt 13 europäischen und amerikanischen Laboratorien ausgemessen. Das Kernforschungszentrum war an diesem Vergleich nicht beteiligt. Die bei dem Vergleich gewonnenen Kalibrierdaten können jedoch ohne größere Schwierigkeiten auf den Karlsruher Lungenzähler umgerechnet werden, so daß die in Kap. 6.5.2 beschriebene Kalibrierung überprüft werden kann.

Bei den seinerzeit ausgemessenen Probanden handelte es sich um drei Männer mit extrem unterschiedlichen Körperproportionen (siehe Tab. 6/13). Die Brustwanddicke der Probanden wurde mit Ultraschallgeräten in sechs der beteiligten Laboratorien bestimmt und anschließend gemittelt. Die erhaltenen Werte variierten zwischen 1,7 cm bei der schlanken Person und 3,1 cm bei der korpulenten Person, womit der gesamte Variationsbereich dieser für die In-vivo-Messung von Plutonium besonders wichtigen Größe weitgehend abgedeckt wird.

Referenzperson		A (schlank)	B (normal)	C (korpulent)
Biometrische Daten	Gewicht (kg)	62	81	90
	Größe (cm)	170	178	174
	Brustumfang (cm)	92	100	117
	Brustwanddicke (cm)	1,7	2,5	3,1
Wirkungsgrad für $^{103}\text{Pd}$ -Lungendepots (Impulse pro Photon und $\text{m}^2$ Detektorfläche) nach In-vivo-Kalibrierung	Laboratorium 1	0,215	0,0954	0,0606
	Laboratorium 2	0,208	0,105	0,0940
	Laboratorium 3	0,170	0,109	0,0525
	Laboratorium 4	0,197	0,137	0,107
	Mittelwert Laboratorien 1 - 4	0,1975	0,1116	0,0785
	Mittlere Abweichung	0,0198	0,0177	0,0261
	Umrechnungsfaktor $\eta(^{239}\text{Pu})/\eta(^{103}\text{Pd})$	0,288	0,228	0,198
Wirkungsgrad für $^{239}\text{Pu}$ -Lungendepots (Impulse pro Photon und $\text{m}^2$ Detektorfläche)	nach $^{103}\text{Pd}$ -In-vivo-Kalibrierung	0,0569	0,0255	0,0155
	nach $^{239}\text{Pu}$ -Phantomkalibrierung (siehe Kap. 6.5.2)	0,0544	0,0255	0,0134

Tab. 6/13: Gegenüberstellung von In-vivo- und Phantomkalibrierdaten für zwei Phoswichdetektoren in symmetrischer Anordnung über dem Thorax

Vier der an dem Vergleich beteiligten Lungenzähler hatten eine mit der Karlsruher Anlage vergleichbare Meßgeometrie (zwei Detektoren in symmetrischer Anordnung über dem Thorax mit maximalem Körperkontakt in Höhe der Mitte des Brustbeins). Allerdings wurden die Probanden in diesen vier Lungenzählern in unterschiedlichen Körperhaltungen ausgemessen. In drei Fällen waren die Arme parallel zum Körper ausgerichtet und in einem Fall waren sie hinter dem Kopf verschränkt. Bedingt durch die unterschiedliche Rippenspreizung sind die Impulsraten in diesen beiden Körperhaltungen nicht ohne weiteres vergleichbar. Entsprechende Messungen in Harwell haben gezeigt, daß die Impulsrate um  $45 \pm 15\%$  höher ist, wenn die Arme hinter dem Kopf verschränkt sind. Bezieht man die Meßergebnisse - soweit erforderlich - auf diese Körperhaltung, so ergeben sich nach Normierung auf die gleiche Detektorfläche die im zweiten Block von Tab. 6/13 angegebenen Wirkungsgrade für homogene  $^{103}\text{Pd}$ -Lungendepots. Angesichts der vielen hier nicht berücksichtigten Fehlereinflußgrößen (Pulse-shaping-Ausbeute, Peakanalyse usw.) stimmen die in den verschiedenen Laboratorien ermittelten  $^{103}\text{Pd}$ -Wirkungsgrade überraschend gut überein.

Zur Umrechnung der  $^{103}\text{Pd}$ -Wirkungsgrade ( $E_{\text{eff}} = 20,6 \text{ keV}$ ) auf die  $^{239}\text{Pu}$ -Wirkungsgrade ( $E_{\text{eff}} = 16,3 \text{ keV}$ ) gibt es in der Literatur verschiedene mehr oder weniger komplexe Rechenmodelle. Aus dem wohl besten zur Zeit verfügbaren Modell läßt sich eine halbempirische Beziehung zwischen der Brustwanddicke und dem Verhältnis des  $^{239}\text{Pu}$ -Wirkungsgrades  $\eta(^{239}\text{Pu})$  zum  $^{103}\text{Pd}$ -Wirkungsgrad  $\eta(^{103}\text{Pd})$  ableiten. Mit Hilfe dieser Beziehung erhält man für die drei Probanden die im dritten Block von Tab. 6/13 angegebenen Umrechnungsfaktoren und damit die in der vorletzten Zeile aufgeführten Wirkungsgrade für  $^{239}\text{Pu}$ -Lungendepots.

Die letzte Zeile von Tab. 6/13 zeigt schließlich die nach Kap. 6.5.2 aus den biometrischen Daten der Referenzpersonen ermittelten Wirkungsgrade. Im Rahmen der Schwankungsbreite der In-vivo-Kalibrierdaten (10 ... 30 %) stimmen die Werte jeweils gut überein, wodurch die in Kap. 6.5.2 entwickelte Methode zur Berechnung der individuellen Wirkungsgrade für  $^{239}\text{Pu}$ -Lungendepots weitgehend bestätigt wird.

#### 6.5.4 Untere Nachweisgrenze des Plutonium-Lungenzählers

Bei einem früheren Vergleich verschiedener Detektorsysteme zur In-vivo-Messung von Plutonium in der Lunge wurde für den Phoswichdetektor eine untere Nachweisgrenze von 3,84 nCi (142 Bq)  $^{239}\text{Pu}$  bei einer Meßzeit von 50 min ermittelt. Dieser Wert bezog sich auf eine Kalibrierung mit dem Plutonium-Lungenphantom (siehe Kap. 6.5.2) ohne weitere Umrechnung des Wirkungsgrades auf realistische Körperproportionen. Außerdem wurde bei der Berechnung der unteren Nachweisgrenze lediglich die zählstatistische Schwankungsbreite der Impulsrate zugrundegelegt, was für einen qualitativen Vergleich der verschiedenen Detektorsysteme auch vollkommen ausreichte. Wie die Untersuchungen in Kap. 6.5.2 jedoch ergeben haben, ist der Wirkungsgrad bei Probanden mit durchschnittlichen Körperproportionen (Körpergewicht/Körpergröße = 0,47 kg/cm) erheblich kleiner als der unkorrigierte Phantomwirkungsgrad. Berücksichtigt man weiterhin, daß die tatsächliche Schwankungsbreite der Impulsraten etwa doppelt so groß wie die zählstatistische Streuung ist, so muß man bei normal proportionierten Probanden mit einer unteren Nachweisgrenze rechnen, die erheblich über dem Grenzwert der Jahresaktivitätszufuhr von 4,3 nCi (159 Bq)  $^{239}\text{Pu}$  liegt. Es wurden daher Untersuchungen angestellt, ob und inwieweit die Nachweisgrenze durch Verbesserung der Verfahren zur Spektrumsauswertung gesenkt werden kann.

Bedingt durch das relativ schlechte Energieauflösungsvermögen der Phoswichdetektoren ( $\sim 50 \%$  bei 16,3 keV) hebt sich der Photoabsorptionspeak der L-Strahlung im Phoswichspektrum erst bei Inkorporationen in Höhe der zehnfachen Lungburden deutlich vom Compton-Kontinuum der höherenergetischen Strahler ab. Die in der Spektroskopie üblichen Methoden der Spektrumsauswertung (Gaußfit für den Photopeak und Polynomentwicklung für das Compton-Kontinuum) sind daher im vorliegenden Fall nicht anwendbar. Bisher war es üblich, das Compton-Kontinuum der höherenergetischen Strahler mit Hilfe eines geeigneten Referenzspektrums vom Photopeak der L-Strahlung zu separieren. Als Referenzspektrum wurde dabei entweder das Spektrum einer passenden Vergleichsperson oder - soweit vorhanden - ein zu einem früheren Zeitpunkt aufgenommenes Spektrum der zu untersuchenden Person herangezogen. Hierbei zeigte sich allerdings sehr häufig, daß geringe elektronische Instabilitäten (insbesondere in der Impulsformdiskriminierung) oder geringfügige Veränderungen in der Meßgeometrie die Spektren derart deformieren können, daß im Differenzspektrum peakförmige Ausbuchtungen entstehen. Diese Ausbuchtungen können bei Anwendung der üblichen Auswerteverfahren unter Umständen erhebliche Plutonium-Lungendepots vortäuschen. Solange die Einflüsse der Meßgeometrie auf die Feinstruktur der Spektren nicht hinreichend geklärt sind, kann man das Referenzspektrum daher nur zu einem pauschalen Vergleich der Bruttoimpulsraten im Energiebereich der L-Strahlung heranziehen. Beim Phoswichdetektor erstreckt sich dieser Energiebereich von etwa 8 bis 31 keV. Die Auswertung der Spektren von 50 Referenzpersonen mit zum Teil sehr unterschiedlichen Körperproportionen ergab in diesem Energiebereich eine mittlere Zählrate von 385 imp/min bei einer mittleren Schwankungsbreite von 41 imp/min. Diese Werte beziehen sich auf einen 8"-Phoswichdetektor (Harshaw Type 32 MBSH 1 M/5 b-x) mit Impulsformdiskriminierung bei einer Gesamtpulsaussbeute von etwa 90 %. Bei Zugrundelegung der in Kap. 6.5.2 ermittelten Abhängigkeit des Wirkungsgrades von den Körperproportionen erhält man aus der mittleren Schwankungsbreite der Zählrate die in Abb. 6/30 als Kurve 1 dargestellte untere Nachweisgrenze für Plutonium in der Lunge. Der mittlere Schwankungsbereich des Verhältnisses von Körpergewicht zu Körpergröße erstreckt sich von etwa 0,41 kg/cm bis etwa 0,52 kg/cm. Demnach liegt die untere Nachweisgrenze bei pauschalem Impulsratenvergleich in 66 % der Fälle zwischen etwa 13 nCi (481 Bq) und 34 nCi (1 258 Bq)  $^{239}\text{Pu}$ .

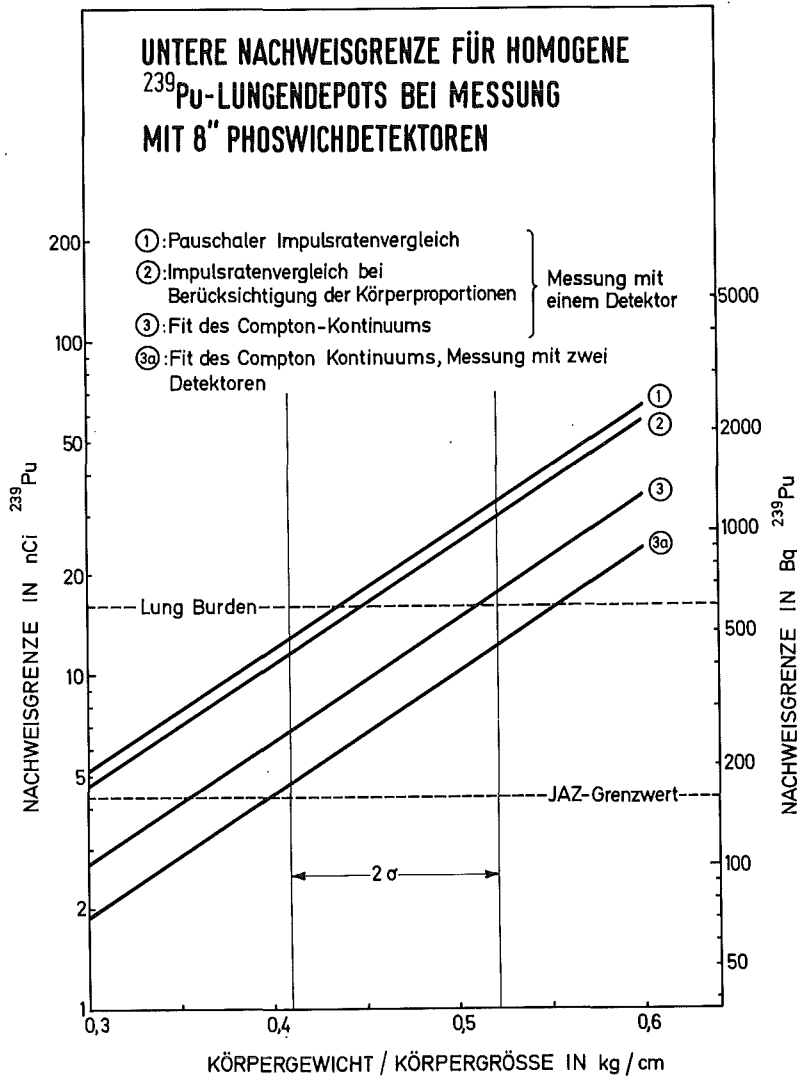


Abb. 6/30: Untere Nachweisgrenze für homogene <sup>239</sup>Pu-Lungendepots bei Messung mit 8"-Phoswichdetektoren und verschiedenen Verfahren der Spektrumsauswertung

Eine genauere Analyse des vorhandenen Datenmaterials zeigte, daß ein systematischer Zusammenhang zwischen der Bruttozählrate Z im Energiebereich der L-Strahlung und dem Verhältnis von Körpergewicht G zu Körpergröße L besteht. Dieser Zusammenhang läßt sich am besten durch die empirische Formel

$$Z = 281 \cdot G/L + 254$$

darstellen, wobei Z in imp/50 min, G in kg und L in cm einzusetzen sind. Bei Zugrundelegung dieser Formel streut die experimentell ermittelte Bruttoimpulsrate nur noch um 37 imp/50 min, wodurch sich die untere Nachweisgrenze um etwa 10 % reduziert (Kurve 2 in Abb. 6/30). Es ist zu vermuten, daß sich die Bruttozählrate mit Hilfe anderer empirischer Formeln unter Einbeziehung des Brustumfanges oder anderer biometrischer Daten noch genauer wiedergeben läßt. Zur Erstellung solcher Vielparameterformeln reicht jedoch das vorhandene Datenmaterial noch nicht aus.

Eine ganz andere Möglichkeit zur rechnerischen Ermittlung der Bruttozählrate im Energiebereich der L-Strahlung besteht in der Extrapolation des oberhalb von 30 keV gemessenen Compton-Kontinuums. Recht gute Ergebnisse wurden mit einem Ansatz erzielt, bei dem das Compton-Kontinuum zunächst zwischen 30 und 100 keV als Überlagerung einer <sup>40</sup>K-Komponente und einer <sup>214</sup>Pb/<sup>214</sup>Bi-Komponente gefittet und danach in den Energiebe-

reich der L-Strahlung hinein extrapoliert wurde. In Erweiterung dieses Ansatzes wurde ein Verfahren entwickelt, mit dessen Hilfe das gesamte Probandenspektrum zwischen 8 und 88 keV in die Einzelkomponenten von  $^{40}\text{K}$ ,  $^{214}\text{Pb}/^{214}\text{Bi}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$  und gegebenenfalls noch  $^{60}\text{Co}$  und  $^{137}\text{Cs}$  zerlegt werden kann. Die beiden letztgenannten Komponenten werden mit Hilfe der entsprechenden Photoabsorptionsspeaks in den Spektren der CsJ(Tl)-Anti-Compton-Kristalle separiert. Wendet man das Verfahren auf die 50 Referenzspektren an, so erhält man fiktive  $^{239}\text{Pu}$ -Zählraten, die mit einer mittleren Schwankungsbreite von 21,7 imp/50 min um Null streuen. Aus dieser Schwankungsbreite ergibt sich die in Abb. 6/30 als Kurve 3 dargestellte untere Nachweisgrenze für  $^{239}\text{Pu}$ -Lungendepots. Die Kurve 3 bezieht sich, wie auch die Kurven 1 und 2, auf die Messung mit einem  $8''$ -Phoswichdetektor in Standardmeßposition (vgl. Kap. 6.5.2). Bei Messung mit zwei baugleichen  $8''$ -Phoswichdetektoren reduziert sich die untere Nachweisgrenze rein rechnerisch auf das  $1/\sqrt{2}$ -fache des ursprünglichen Wertes (Kurve 3a). Demnach kann bei Messung mit zwei Detektoren die Lungburden von 16 nCi (592 Bq)  $^{239}\text{Pu}$  auch bei relativ korpulenten Personen noch gut nachgewiesen werden.

## 6.6 Spezielle Untersuchungen

### 6.6.1 Bedeutung der $\beta$ -Dosimetrie innerhalb der Personenüberwachung

#### E. Piesch

Die Bedeutung der  $\beta$ -Dosimetrie wird innerhalb der Personenüberwachung hinsichtlich des Überwachungsumfanges weitaus überschätzt, da in den meisten Fällen allein der Umgang mit  $\beta$ -Strahlung als ausreichendes Kriterium für das Tragen eines amtlichen Film dosimeters angesehen wird. ICRP 26 sowie die Strahlenschutzverordnung fordern hingegen nur in solchen Fällen eine routinemäßige Überwachung der Hautdosis, wenn  $3/10$  des Grenzwertes der Äquivalentdosis für die ungeschützte Haut zu erwarten sind (Personen der Kategorie A). In der Praxis wird dieser Wert nur bei besonderen Dekontaminationsarbeiten erreicht (siehe auch Kap. 6.1.3). Die Nachweisempfindlichkeit der zur Zeit eingesetzten amtlichen Personendosimeter bzw. der heute zur Verfügung stehenden eichfähigen  $\beta$ -Dosimeter ist demgegenüber für die nur wenigen wichtigen Überwachungsfälle vor allem in der Teilkörperdosimetrie unzureichend.

Zweifellos wird die höchste  $\beta$ -Dosisbelastung bei Hautkontaminationen erwartet. Innerhalb der Personenüberwachung kommt der Extremitätendosimetrie an Fingern und Händen die größte Bedeutung zu, da hier der Abstand zur  $\beta$ -Quelle zwischen 0,1 mm und 1 cm betragen kann und noch in 1 cm Entfernung von einer  $1\text{-}\mu\text{Ci}$ -Punktquelle Hautdosisleistungen von etwa 1 rem/h (10 mSv/h) auftreten können.

Bei der Bestimmung einer Ganzkörperbestrahlung ist das am Körperrumpf getragene Personendosimeter nur bedingt zur  $\beta$ -Dosimetrie einsetzbar. Dies liegt daran, daß Kleidung die Körperoberfläche abdeckt und daher energiearme  $\beta$ -Strahlung nicht zur Hautbelastung beiträgt. Zur Ermittlung der Hautbelastung müßte das  $\beta$ -Dosimeter in diesem Fall nicht die Hautdosis in 7 mg/cm<sup>2</sup> Gewebetiefe, sondern die Äquivalentdosis in einer Gewebetiefe von mindestens 50 mg/cm<sup>2</sup> anzeigen. Unter der Annahme, daß der Abstand zur  $\beta$ -Quelle mindestens 1 m beträgt und die Abdeckung der Haut durch die Kleidung 50 mg/cm<sup>2</sup> beträgt, kann nur energiereiche  $\beta$ -Strahlung oberhalb 0,6 MeV die Kleidung durchdringen und zur Hautdosis beitragen. Im Hinblick auf die besonderen Verhältnisse in der Personendosimetrie wurde ein Konzept zur Diskussion gestellt, welches bei Ganzkörperbestrahlung den Einsatz eines  $\beta$ -Dosimeters vorsieht, das die Äquivalentdosis in einer Gewebetiefe von etwa 50 mg/cm<sup>2</sup> mißt und damit erst  $\beta$ -Strahlung oberhalb 0,6 MeV nachweist [48].

Zur Ermittlung der Hautdosis durch  $\beta$ -Strahlung werden heute bevorzugt Thermolumineszenzdosimeter eingesetzt. Durch das Fehlen extrem dünner Detektorfolien werden zur Zeit in der Routineüberwachung, insbesondere in der Fingerdosimetrie, 0,2 mm dicke LiF-Teflondosimeter sowie LiF-Festkörperdosimeter von 0,9 mm Dicke eingesetzt, die mit zusätzlichen Folien zwischen 7 mg/cm<sup>2</sup> bis 150 mg/cm<sup>2</sup> abgedeckt sind. Die relative Äquivalentdosisanzeige in einer Gewebetiefe von 7 mg/cm<sup>2</sup> ist für diese Detektoren in Abb. 6/31 in Abhängigkeit von der maximalen  $\beta$ -Energie wiedergegeben. Im Hinblick auf die Messung der Hautdosis erfüllt ein 0,2 mm dicker Detektor die

Mindestanforderung für ein Fingerdosimeter, obwohl energiearme  $\beta$ -Strahlung unter 0,6 MeV unterbewertet wird. Bei Arbeiten mit  $\beta$ -Nukliden bzw. Aktivierungsproben wird das Tragen von Schutzhandschuhen andererseits als wesentliche Schutzmaßnahmen zur Vermeidung von Hautkontaminationen angesehen. Diese Einschränkung entfällt daher, wenn das Fingerdosimeter auf dem Handschuh getragen wird.

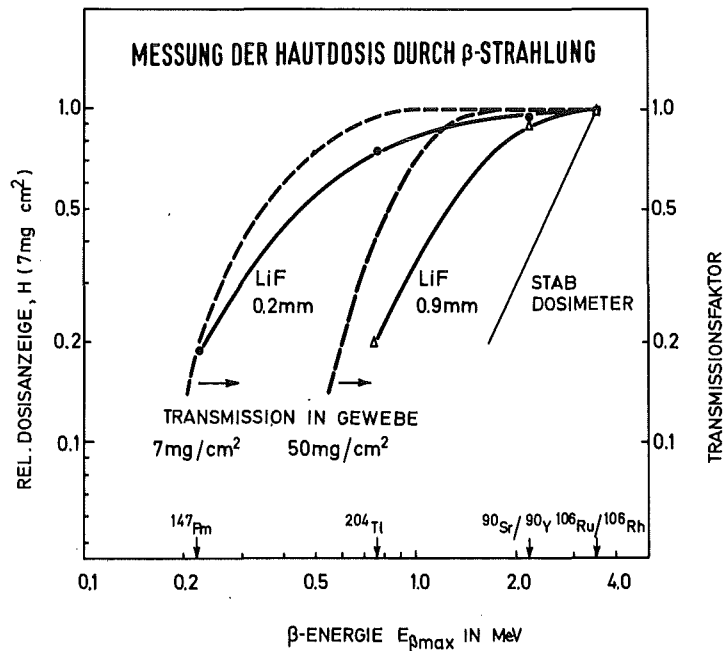


Abb. 6/31:  $\beta$ -Energieabhängigkeit der Dosimeteranzeige eines Stabdosimeters und von LiF-Dosimetern unterschiedlicher Dicke sowie Transmissionsfaktoren für eine flächenbezogene Masse von 7 bzw. 50 mg/cm<sup>2</sup> Gewebe

In der Personendosimetrie erfüllt ein 0,9 mm dickes LiF-Dosimeter die Mindestanforderungen für ein  $\beta$ -Dosimeter zur Messung der Äquivalentdosis in 50 mg/cm<sup>2</sup> Gewebetiefe bzw. der Hautbelastung unter der Kleidung. Ein Vergleich mit dem Transmissionsfaktor für 50 mg/cm<sup>2</sup> zeigt, daß der 0,9 mm-LiF-Detektor die interessierende Dosis im Energiebereich  $> 0,6$  MeV um einen Faktor 2 unterbewertet. Diese Unterbewertung, aber auch eine Überbewertung der Äquivalentdosis in 300 mg/cm<sup>2</sup> Gewebetiefe (Augenlinse), kann durch eine entsprechende Kalibrierung bzw. Meßwertbewertung berücksichtigt werden. Im Vergleich dazu unterbewerteten Stabdosimeter - die zur Zeit einzigen eichfähigen Dosimeter - sowie auch Filmdosimeter in vergleichbarer Weise die Hautdosis signifikant.

Im Vergleich zur Fingerdosimetrie sowie zum wesentlich höheren Beitrag der  $\gamma$ -Dosis in gemischten  $\beta/\gamma$ -Strahlungsfeldern kommt der Messung der  $\beta$ -Dosis an der Körperoberfläche bei Ganzkörperbestrahlung im allgemeinen nur eine untergeordnete Bedeutung zu. Die Einführung einer Meßgröße, die innerhalb der  $\beta$ -Dosimetrie die Messung der Äquivalentdosis in einer Gewebetiefe von 50 mg/cm<sup>2</sup> für die durch Kleidung bzw. Handschuhe geschützte Haut vorsieht, würde den Gegebenheiten der Praxis besser entsprechen und zu einer Verbesserung des derzeitigen Konzeptes einer  $\beta$ -Dosimetrie beitragen.



6.6.2 Zusammenhang zwischen  $^{137}\text{Cs}$  im menschlichen Körper und Kernwaffentests in der Atmosphäre

H. Doerfel

Seit 1961 wird an einer Referenzgruppe aus zehn Mitarbeitern der Hauptabteilung Sicherheit in monatlichen Messungen im Ganzkörperzähler der mittlere Gehalt von  $^{137}\text{Cs}$  aus dem radioaktiven Fallout bestimmt. Das zwanzigjährige Bestehen der Referenzgruppe wurde zum Anlaß genommen, die Meßergebnisse einer zusammenfassenden Analyse zu unterziehen.

Zur Reduzierung der Variationsbreite der Meßergebnisse innerhalb der Referenzgruppe wird die  $^{137}\text{Cs}$ -Körperaktivität allgemein auf das Körpergewicht der betreffenden Person bezogen. Einige wenige Laboratorien beziehen die  $^{137}\text{Cs}$ -Körperaktivität auf das Körperkalium in der Annahme, daß die Meßergebnisse in dieser Form die geringste Variationsbreite haben. Diese Annahme konnte jedoch in einer diesbezüglichen Analyse der Karlsruher Meßergebnisse nicht bestätigt werden. Es zeigte sich vielmehr, daß die Variationsbreite minimal wird, wenn die  $^{137}\text{Cs}$ -Körperaktivität auf das Körpergewicht bezogen wird.

Die Tab. 6/14 vermittelt zunächst einen Überblick über die in der Zeit zwischen 1961 und 1980 gewonnenen Quartalsmittelwerte der spezifischen  $^{137}\text{Cs}$ -Körperaktivität in pCi/kg bzw. in Bq/kg. In der Zeit zwischen dem 2. Quartal 1978 und dem 2. Quartal 1979 lag die mittlere spezifische  $^{137}\text{Cs}$ -Körperaktivität unter der Nachweisgrenze von etwa 5 pCi/kg (0,185 Bq/kg).

Jahr	mittlere spezifische $^{137}\text{Cs}$ -Körperaktivität							
	pCi/kg		Bq/kg		pCi/kg		Bq/kg	
	Januar - März		April - Juni		Juli - September		Oktober - Dezember	
1961	-	-	43,5	1,61	44,8	1,66	40,5	1,50
1962	42,5	1,57	46,0	1,70	64,0	2,37	78,8	2,92
1963	88,3	3,27	110,3	4,08	187,7	6,94	223,7	8,28
1964	273,7	10,13	272,7	10,09	278,0	10,29	253,0	9,36
1965	227,3	8,41	198,3	7,34	178,3	6,60	168,0	6,22
1966	151,7	5,61	143,0	5,29	155,0	5,74	144,7	5,35
1967	123,0	4,55	97,3	3,60	75,0	2,78	81,7	3,02
1968	61,0	2,26	42,3	1,57	47,7	1,76	51,7	1,91
1969	25,8	0,96	29,3	1,08	31,7	1,17	33,3	1,23
1970	30,7	1,14	27,5	1,02	28,3	1,05	28,7	1,06
1971	24,7	0,91	23,7	0,88	28,2	1,04	30,3	1,12
1972	33,5	1,24	27,5	1,02	28,5	1,05	28,3	1,05
1973	24,7	0,91	21,3	0,79	19,1	0,71	18,6	0,69
1974	13,1	0,48	19,8	0,73	20,6	0,76	20,3	0,75
1975	28,0	1,04	26,3	0,97	24,2	0,89	20,3	0,75
1976	22,8	0,84	18,7	0,69	15,5	0,57	10,6	0,39
1977	7,5	0,28	9,3	0,34	7,2	0,27	10,6	0,39
1978	8,4	0,31	-	-	-	-	-	-
1979	-	-	-	-	7,6	0,28	9,6	0,36
1980	22,8	0,84	21,8	0,81	18,9	0,70	19,3	0,71

Tab. 6/14: Quartalsmittelwerte der spezifischen  $^{137}\text{Cs}$ -Körperaktivität in der Karlsruher Referenzgruppe

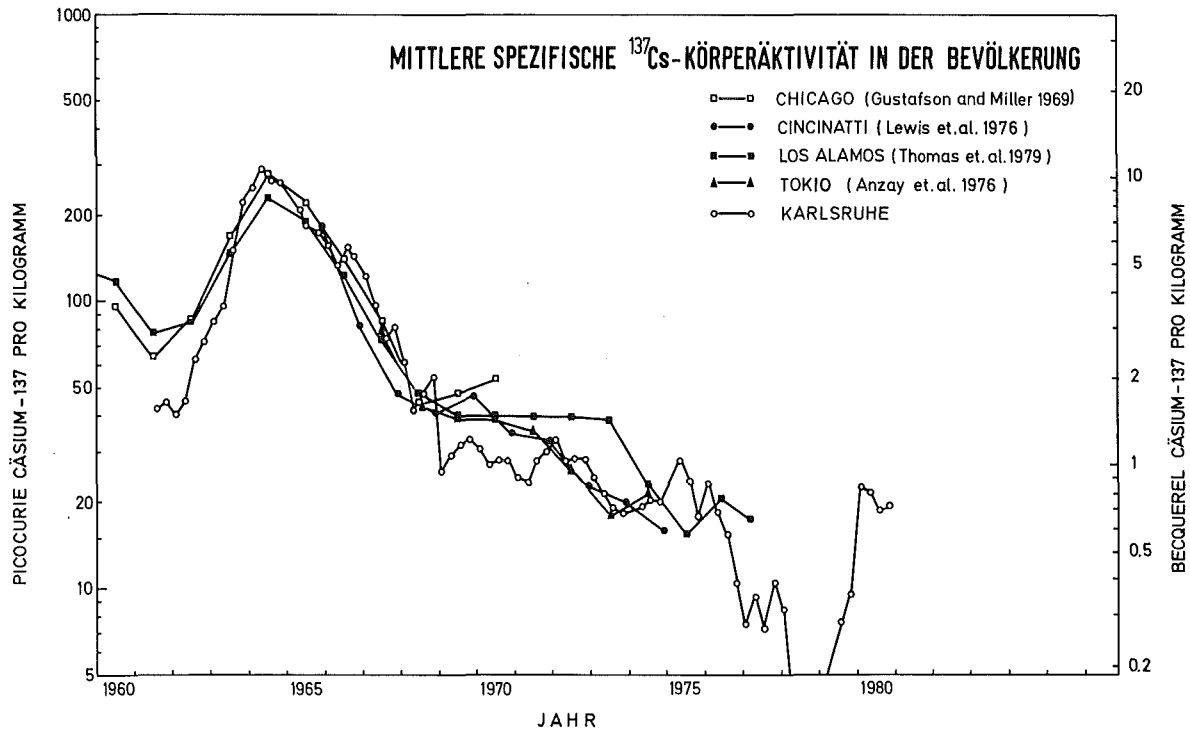


Abb. 6/32: Vergleich der an verschiedenen Orten gemessenen mittleren spezifischen  $^{137}\text{Cs}$ -Körperaktivität in der Bevölkerung

Die Abb. 6/32 zeigt die Karlsruher Meßergebnisse im Vergleich zu den Meßergebnissen anderer Laboratorien in Chicago, Cincinnati, Los Alamos und Tokio. Alle diese Laboratorien liegen zwischen dem 35. und 49. Breitengrad und sind somit von der geographischen Lage her gut miteinander vergleichbar. Wie aus dieser Abbildung hervorgeht, wurde in allen diesen Laboratorien tatsächlich auch nahezu der gleiche zeitliche Verlauf der spezifischen  $^{137}\text{Cs}$ -Körperaktivität in der Bevölkerung gemessen. Besonders gut ist die Übereinstimmung der Meßergebnisse im Maximum der  $^{137}\text{Cs}$ -Körperaktivität im Jahr 1964. Dieser "Hauptpeak" der  $^{137}\text{Cs}$ -Körperaktivität wird im folgenden einer näheren Betrachtung unterzogen. Aufgrund der publizierten Daten über die Kernwaffentests in der Atmosphäre kommen als Ursache für den Hauptpeak in erster Linie drei große H-Bombentests der UdSSR in der niederen Atmosphäre, ein H-Bombentest der USA in der Hochatmosphäre (400 km) sowie zwei  $^{235}\text{U}$ -Bombentests der Volksrepublik China in Betracht. Zur Separierung der durch diese Tests induzierten Komponenten der  $^{137}\text{Cs}$ -Körperaktivität wurde ein spezielles Iterationsverfahren entwickelt, dessen Ergebnis in Abb. 6/33 bzw. Tab. 6/15 dargestellt ist. Die Einzelbeiträge der drei zeitlich sehr dicht aufeinander folgenden Tests aus dem Jahr 1962 können mit dem Verfahren nicht voneinander getrennt werden. Sie sind daher zu einem Summenbeitrag zusammengefaßt worden. Das gleiche gilt auch für die beiden chinesischen Tests. Die separierbaren Beiträge, die in Abb. 6/33 als gestrichelte Kurven dargestellt sind, können durch die empirische Beziehung

$$A(t) = A_0 \cdot \exp[-\alpha(t-t_0)] \cdot \{1 - \exp[-\beta(t-t_0)] \cdot \exp(\gamma \cdot (t-t_0))\}$$

$$\alpha = 0,653/\text{Jahr},$$

$$\beta = 0,044/\text{Jahr},$$

$$\gamma = 1,728/\text{Jahr},$$

beschrieben werden. Die beiden Parameter  $t_0$  und  $A_0$ , die den hypothetischen Zeitpunkt der Tests sowie die Höhe des Beitrages zur  $^{137}\text{Cs}$ -Körperaktivität angeben, sind in Tab. 6/15 für die drei separierbaren Komponenten aufgeführt. Außerdem zeigt die Tab. 6/15 in der letzten Spalte noch das Verhältnis von  $A_0$  zur Sprengkraft  $y$  der jeweils zugeordneten Kernwaffentests. Aus diesem Verhältnis kann die insgesamt durch die Kernwaffentests induzierte  $^{137}\text{Cs}$ -Körperaktivität abgeschätzt werden. Dabei ergeben sich Werte von

0,03 mrem/Mt TNT (0,3  $\mu$ Sv/Mt TNT) für die H-Bombentests in der Niederatmosphäre, 2,5 mrem/Mt TNT (25  $\mu$ Sv/Mt TNT) für die H-Bombentests in der Hochatmosphäre und 40 mrem/Mt TNT (400  $\mu$ Sv/Mt TNT) für die ersten chinesischen  $^{235}\text{U}$ -Bombentests.

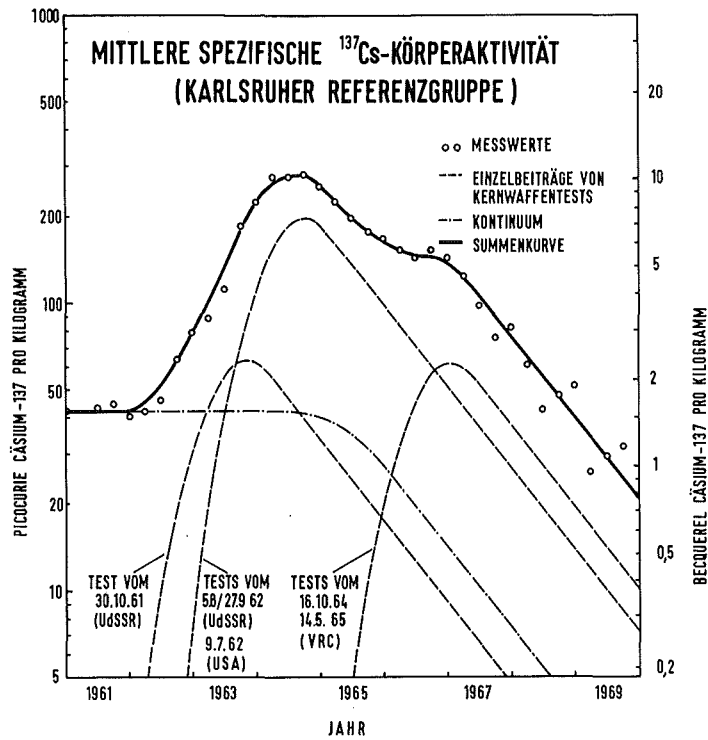


Abb. 6/33: Komponentenerlegung der durch die Kernwaffentests in der Atmosphäre induzierten  $^{137}\text{Cs}$ -Körperaktivität

Kernwaffentest			Resultierende Komponente der $^{137}\text{Cs}$ -Körperaktivität		Rel. Wirksamkeit pro 1 Mt TNT $A_0/y$		
Datum	Zündhöhe	Sprengkraft y in Mt TNT	$t_0$	$A_0$			
				pCi/kg	Bq/kg	pCi/kg	Bq/kg
30.10.1961	Atmosphäre	58 (H-Bombe)	30.10.61	247	9,14	4,3	0,16
09.07.1962	Hochatmosphäre	1,4 (H-Bombe)	15.08.62	770	28,49		
05.08.1962	Atmosphäre	30 (H-Bombe)					
27.09.1962	Atmosphäre	30 (H-Bombe)					
16.10.1964	Atmosphäre	0,02 ( $^{235}\text{U}$ -Bombe)	01.02.65	239	8,84	5975	221
14.05.1965	Atmosphäre	0,02 ( $^{235}\text{U}$ -Bombe)					

Tab. 6/15: Zuordnung der Kernwaffentests in der Atmosphäre zu den Komponenten der  $^{137}\text{Cs}$ -Körperaktivität

### 6.6.3 Strahlenbelastung durch ein Keramikteeservice mit uranhaltiger Glasur

C. Heiland, H. Kiefer, E. Piesch

Im Rahmen einer Ingenieurarbeit sollte die Strahlenbelastung bei der Verwendung von uranhaltigen glasierten keramischen Gegenständen ermittelt werden. Die leuchtend rote Uranglasur wurde früher u. a. auch zur Herstellung eines Teeservices verwendet. Die Herstellung solcher Keramikgegenstände ist wegen ihrer Radiotoxizität heute in der Bundesrepublik verboten.

Bei täglichem Gebrauch eines Teeservices mit uranhaltiger Glasur gibt es zwei verschiedene Expositionsmöglichkeiten, die Belastung durch Inkorporation von im Tee gelöstem Uran sowie die externe Dosisbelastung durch  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlung. Für den Versuch stand eine Keramikmusterplatte sowie ein Teegeschirr der Karlsruher Majolika des Landesmuseums Karlsruhe zur Verfügung.

Zur Ermittlung der Inkorporationsbelastung wurde die Urankonzentration im Tee mit drei verschiedenen Methoden bestimmt und zwar über eine

- Neutronenaktivierung des Teerückstandes mit einer nachfolgenden Zählung der Spaltfragmentspuren,
- fluorimetrische Messung der Urankonzentration mit Hilfe einer  $\text{NaLiF}$ -Tablette,
- Aktivitätsmessung in einem Großflächendurchflußzähler.

Alle Meßmethoden zeigten eine gute Übereinstimmung der Meßergebnisse, wenn die Abnahme des verfügbaren Urans bei den verschiedenen Teeaufgüssen berücksichtigt wurde (siehe Abb. 6/34). Die hohe Urankonzentration im Tee führte bei der Neutronenaktivierungsmethode jedoch zu einer relativ hohen Spurenzahl, so daß die mikroskopische Auszählung der Kernspuren recht umständlich war. Im Vergleich zum Normaltee wurde bei den Teeproben mit Zitrone eine etwa zehnfache Urankonzentration ermittelt. Im Gegensatz zu reinem Tee konnte jedoch beim Tee mit Zitrone zwischen 100 °C und 64 °C kein Temperatureffekt festgestellt werden. Beim bereits früher im Haushalt benutzten Teeservice des Landesmuseums Karlsruhe ergaben sich gleich hohe Urankonzentrationen (siehe Tab. 6/15), bei der Musterplatte jedoch im ungünstigsten Fall bis zu 250 ng/ml.

Zur Bewertung der Strahlenbelastung soll zum Vergleich die Strahlenschutzverordnung herangezogen werden. Der Grenzwert der Jahresaktivitätszufuhr für natürliches Uran liegt nach Tabelle 4, Spalte 6 StrlSchV bei  $2,8 \cdot 10^{-8}$  Ci/Jahr entsprechend 3/500 der Körperdosiswerte der Anlage X, Spalte 2 für das kritische Organ. Für den Magen-Darm-Trakt und die Nieren als kritisches Organ sind dies 3/500 von 15 rem, d. h. 90 mrem (0,9 mSv).

Für eine realistische Dosisabschätzung wurde angenommen, daß ein Teetrinker pro Tag 1 l Tee mit Zitrone trinkt und der Tee in der Kanne aufgebrüht wird. Dies führt bei einer maximalen Urankonzentration von 250 ng/ml im Tee zu einer Jahreszufuhr von 91,3 mg Uran bzw. einer Dosis von 99 mrem (0,99 mSv). Nimmt der Teetrinker den Tee ohne Zitrone zu sich, brüht ihn aber in der Kanne auf, so bleibt seine Strahlenbelastung mit 15,6 mrem (0,158 mSv) pro Jahr entsprechend einer Uranzufuhr von 14,6 mg/Jahr unter dem Grenzwert der Strahlenschutzverordnung.

Der wahrscheinlichste Fall, daß der Tee zunächst in der Kanne aufgebrüht und anschließend in eine Tasse umgossen wird, ergab für das Teeservice eine Lösung von 43,4 ng Uran pro ml. Obwohl bei diesem Versuch ebenfalls Zitrone zugesetzt war, blieb die Strahlenexposition mit 17,1 mrem (0,171 mSv) pro Jahr auch unter dem Grenzwert.

Zur Ermittlung der äußeren Strahlenexposition durch  $\beta$ - und niederenergetische  $\gamma$ -Strahlung der uranhaltigen Glasur wurden Thermolumineszenzdosimeter eingesetzt. Verwendet wurden 0,03 mm dicke  $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$ -Dosimeter, die zur Messung der Hautdosis geeignet sind. Die Dosimeter wurden in Kontakt zur Keramikoberfläche exponiert. Die Messungen ergaben eine Dosisleistung von 24 bis 39 mrem/h (0,24 bis 0,39 mSv/h) im Inneren der Teekanne und 12 bis 22 mrem/h (0,12 bis 0,22 mSv/h) an der Außenseite. Am Henkel der Teetasse wurden 13,2 mrem/h (0,132 mSv/h) und am oberen Tassenrand 16,8 mrem/h (0,168 mSv/h) gemessen.

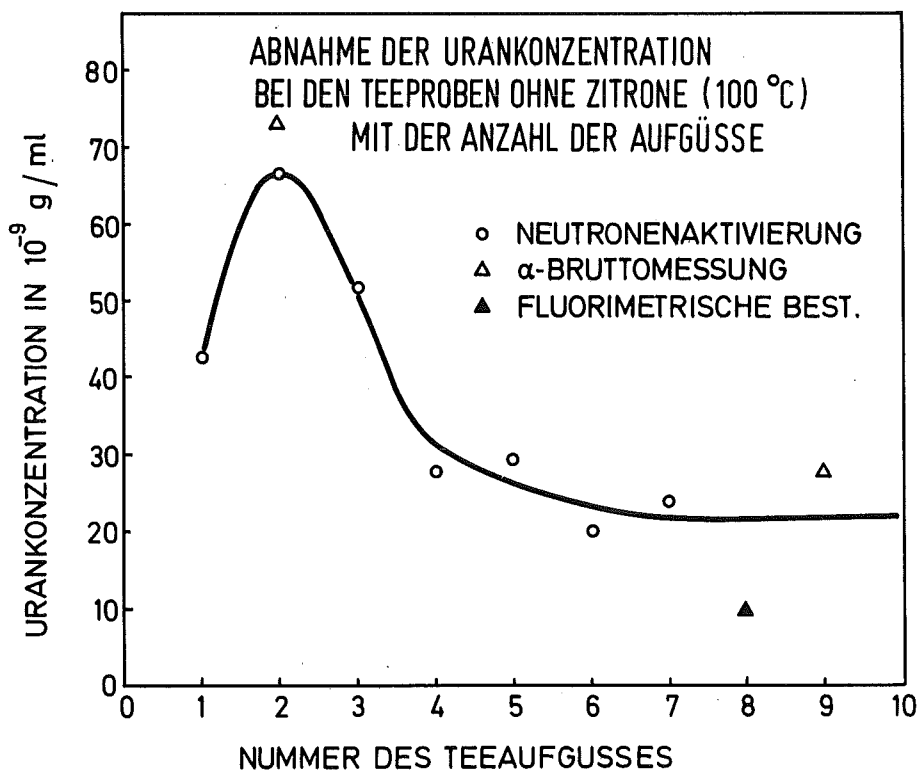


Abb. 6/34: Abnahme der Urankonzentration bei Teeproben mit der Anzahl der Aufgüsse

Probe	Temperatur °C	Urankonzentration 10 <sup>-9</sup> g/ml	gelöste Uranmenge 10 <sup>-9</sup> g	Uranmenge pro Fläche 10 <sup>-9</sup> g/cm <sup>2</sup>
Wasser	100	2,6	520	-
Tee ohne Zitrone, Nulleffekt	100	2,5	500	-
Tasse 2	100	10,2	1 377	14,6
Tee mit Zitrone, Kanne	100	26,0	26 000	71,2
Kanne + Tasse 1	100 64	43,4	5 196	42,9
Tasse 1	64	17,3	2 076	17,1

Tab. 6/16: Teeaufguß im Originalteeservice des Landesmuseums Karlsruhe

Zur Abschätzung der Hautdosisbelastung an den Lippen und Händen wird angenommen, daß von einer Tasse mit 130 ml Inhalt mindestens fünf Schluck genommen werden, wobei die Lippen jeweils drei Sekunden und die Hände 8 Sekunden direkten Kontakt mit dem Trinkgefäß haben. Dies entspricht einer jährlichen Bestrahlungsdauer von 11,4 Stunden für die Lippen und 13,4 Stunden für die Hände. Unter Berücksichtigung dieser Annahme beträgt die Belastung der Lippen 191,5 mrem/Jahr (1,915 mSv/Jahr) und der Haut 401 mrem/Jahr (4,01 mSv/Jahr). Zum Vergleich können aus Anlage X, Spalte 2 StrlSchV die Grenzwerte für die möglichen Teilkörperexpositionen herangezogen werden. Für die Hände sind dies 360 mrem (3/500 von 60 rem) und für die Haut der Lippen 180 mrem (3/500 von 30 rem).

#### 6.6.4 Strahlenbelastung der Bevölkerung durch Radon und dessen Zerfallsprodukte in Wohnhäusern

M. Urban, S. Vogel

Zur Abschätzung einer mittleren Inhalationsdosis der Bevölkerung durch Radon und dessen Zerfallsprodukte wurden die 1979 begonnenen Messungen weitergeführt. Hierbei wurde eine neu entwickelte Radondiffusionskammer (siehe 6.4.1) eingesetzt, die im Gegensatz zur Kurzzeitmessung der Radonfolgeprodukte eine langzeitige integrierende Messung und damit eine bessere Dosisabschätzung ermöglicht. Der gemessene Mittelwert erfaßt alle Schwankungen der Radonkonzentration über den Expositionszeitraum. Als Testserie wurde das passive Radondosimeter in ca. 80 Wohnräumen im Raum Karlsruhe und im nördlichen Schwarzwald exponiert. Die Auswahl der Wohnungen erfolgte zufällig. Die Expositionszeit variierte von 30 bis 130 Tagen. Es wurden mittlere Radonkonzentrationen im Bereich von 0,27 bis 4,6 pCi·l<sup>-1</sup> (0,01 bis 0,17 Bq/l) gefunden. Die häufigsten Werte lagen zwischen 0,8 und 1 pCi·l<sup>-1</sup> (0,030 und 0,037 Bq/l) (siehe Abb. 6/35).

Als Nachteil der Radonmessung gegenüber der Direktmessung von Zerfallsprodukten ist anzuführen, daß eine zusätzliche Annahme über den mittleren Gleichgewichtszustand zwischen Radon und seinen Zerfallsprodukten erforderlich ist. Dennoch überwiegen die Vorteile des passiven Meßverfahrens, welches einen zeitlich integrierten Mittelwert anzeigt und die Möglichkeit bietet, mit relativ kleinem Aufwand Erhebungsmessungen in einer großen Anzahl von Wohnhäusern durchzuführen.

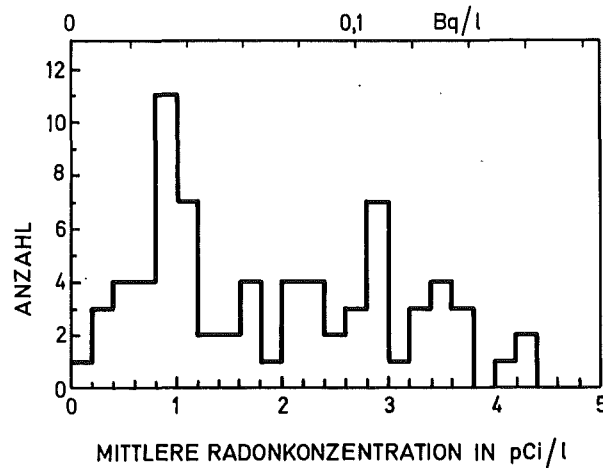


Abb. 6/35: Häufigkeitsverteilung der mittleren Radonkonzentration in Wohnhäusern

Zur Dosisabschätzung wurden beim passiven Radondosimeter ein mittlerer Gleichgewichtsfaktor von 0,5 angenommen und die von UNSCEAR 77 empfohlenen Dosiskonversionsfaktoren von 0,2 rad·WLM<sup>-1</sup> für Radonzerfallsprodukte und 0,01 rad·WLM<sup>-1</sup> für Thoronzerfallsprodukte sowie eine jährliche Aufenthaltsdauer in Wohnhäusern von 7 000 Stunden berücksichtigt. Die ermittelten Dosiswerte liegen im Bereich von 0,2 bis 3,8 rem pro Jahr (2 bis 38 mSv/a), die häufigsten Werte bei 0,6 bis 0,8 rem pro Jahr (6 bis 8 mSv/a).

Wie die Abb. 6/36 zeigt, liegen die Dosiswerte der Langzeitmessung im Vergleich zu den 1979 durchgeführten Kurzzeitmessungen von Radon- und Thoronzerfallsprodukten um den Faktor 2 höher. Hierbei wurden die Kurzzeitmessungen im Sommer, die Langzeitmessungen mit dem Radondosimeter im Winter durchgeführt. Offensichtlich führt die im Winter reduzierte Ventilationsrate in Wohnhäusern zu einer höheren mittleren Radonkonzentration gegenüber dem Sommerzeitraum. In Zusammenarbeit mit sieben weiteren Meßstellen wurden Ende 1980 bundesweite Erhebungsmessungen mit dem passiven Radondosimeter begonnen.

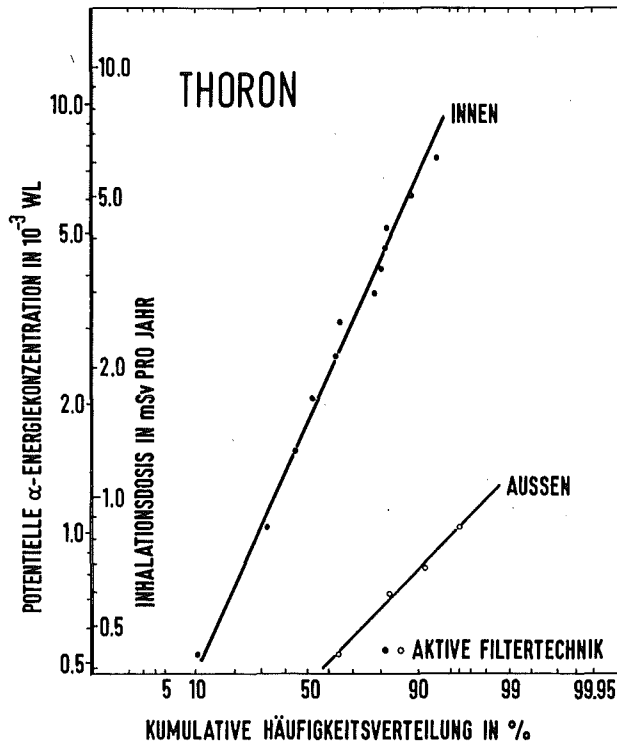
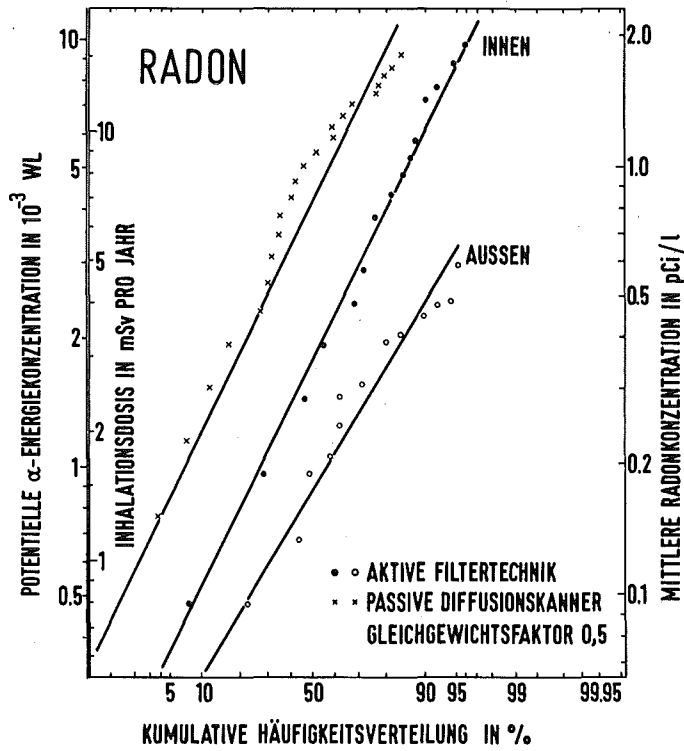


Abb. 6/36: Häufigkeitsverteilung der potentiellen  $\alpha$ -Energiekonzentration bzw. der Inhalationsdosis von Radon (a) und Thoron (b), gemessen mit einer aktiven Filtertechnik und einer passiven Diffusionskammer in Wohnhäusern und im Freien

## 6.7 Strahlenschutzmeßgeräte

### 6.7.1 Aufgaben

#### A. Schmitt

Der Bestand an elektronischen Geräten, der von der Hauptabteilung Sicherheit betreut wird, setzt sich aus einer großen Anzahl von tragbaren Dosisleistungs- und Kontaminationsmonitoren, aus Meßplätzen zur Aktivitätsbestimmung, den ortsfesten Luftüberwachungsanlagen und wenigen, aber teuren und komplizierten Anlagen zur Spektroskopie zusammen. Daraus ergibt sich zwangsläufig eine gewisse Unterteilung im Service, der so weit als möglich selbst durchgeführt wird. Die Arbeitsgruppe "Geräteelektronik" erfüllt hierbei folgende Aufgaben:

- regelmäßige elektronische Wartung und Kalibrierung der tragbaren Dosisleistungsmeßgeräte der KfK sowie von fünf Fremdfirmen,
- Mitarbeit bei der Eichung von Dosisleistungsmeßgeräten durch die amtliche Eichabfertigungsstelle,
- Reparatur und Kalibrierung aller HFK- und Kontaminationsmonitoren der KfK,
- Reparatur und Kalibrierung der Luftüberwachungsanlagen in den verschiedenen Instituten und Abteilungen des KfK,
- Reparatur aller sonstigen elektronischen Geräte aus dem Bereich der Hauptabteilung Sicherheit,
- Eingangskontrolle der von der Hauptabteilung Sicherheit beschafften Geräte, Untersuchung neuer Geräte und Bestimmung der elektrischen Eigenschaften von Detektoren,
- Entwicklung von kommerziell nicht erhältlichen Geräten für den Bedarf der Hauptabteilung Sicherheit,
- Beratung von Instituten und Abteilungen bei der Beschaffung von Strahlenmeßgeräten,
- routinemäßige Dichtigkeitsprüfung aller umschlossenen Strahler.

Die Betreuung von Strahlenschutzmeßgeräten und Anlagen durch die Hauptabteilung Sicherheit beginnt gewöhnlich schon vor der Beschaffung mit der Beratung über das jeweils zweckmäßigste Meßverfahren und die Geräteauswahl und geht über die Abwicklung der Bestellung, Lieferung und Installation bis zur Kalibrierung und Abnahme.

### 6.7.2 Wartung und Reparatur

Nach der Strahlenschutzverordnung wird an Strahlenschutzmeßgeräte generell die Forderung gestellt, daß sie dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen, den Anforderungen des Meßzweckes genügen, in ausreichender Anzahl vorhanden sind und regelmäßig auf Funktionstüchtigkeit geprüft und gewartet werden müssen. Von der Hauptabteilung Sicherheit werden sämtliche Dosisleistungsmeßgeräte, die im Kernforschungszentrum Karlsruhe eingesetzt sind, regelmäßig auf ihre Funktionstüchtigkeit überprüft. Sie werden nach einem Wartungsplan jährlich bzw. halbjährlich auf mechanische und elektrische Fehler und Alterserscheinungen untersucht und dann an den Bestrahlungsständen in der Eichhalle kalibriert. Auch neu beschaffte Geräte und instand gesetzte Dosisleistungsmesser werden vor dem Einsatz kalibriert.

Die Typen der gewarteten tragbaren Dosisleistungsmeßgeräte und Taschenwarngeräte wie auch die Art der Arbeiten sind aus der Tab. 6/17 ersichtlich. Insgesamt sind 442 Geräte kalibriert worden. Da im Jahre 1980 die meisten der bisher verwendeten Jordankammern aus dem Einsatz gezogen und durch amtlich geeichte Dosisleistungsmeßgeräte ersetzt wurden, ist in diesem Jahr die Gesamtzahl der routinemäßig kalibrierten Geräte niedriger als früher.



Gerätetyp	Routineüberprüfung und Kalibrierung	Kalibrierung nach Reparatur	neue Geräte: Eingangskontrolle und Kalibrierung
Jordankammer	25	-	-
Graetz X-10	-	-	-
Graetz X-50	72	2	-
Graetz X-500	13	-	-
Graetz X-1000	5	-	-
Total 6150	46	-	-
Total 6112	28	3	5
Weichstrahlkammer	17	3	1
Taschenwarngerät	149	-	-
Neutronenmeßgerät	16	1	2
sonstige	44	5	5

Tab. 6/17: Wartungsarbeiten an tragbaren Dosisleistungsmeßgeräten und Taschenwarngeräten

Die Tab. 6/18 zeigt den Umfang der Wartungs- und Reparaturarbeiten an tragbaren Strahlenschutzmeßgeräten, HFK-Monitoren und Aktivitätsmeßplätzen. 80 % der Reparaturen waren an Kontaminations- und HFK-Monitoren angefallen, deren Großflächendetektoren mechanisch empfindlich sind. Austausch der Fensterfolien und der Zähldrähte waren in rund 40 % der Reparaturfälle nötig. Defekte in der Elektronik, die meist eine zeitraubende Fehlersuche bedingten, waren in rund 40 % der Fälle die Fehlerursache (siehe Tab. 6/19).

Kontaminationsmonitoren	236
HFK-Monitoren	143
Fußbodenmonitoren	13
Wäschemonitoren	9
Aktivitätsmeßplätze	11
Probenwechsler etc.	26
Dosisleistungsmeßgeräte	51
Taschenwarngeräte	-
Neutronenmonitoren	2
sonstige Geräte	12

Tab. 6/18: Reparatur- und Wartungsarbeiten an Strahlenmeßgeräten; Art der Geräte

Von der Hauptabteilung Sicherheit werden zur Zeit 190 Meßstellen zur kontinuierlichen Pegel- und Luftüberwachung betreut, die in 26 verschiedenen Gebäuden des Zentrums installiert sind, sowie weitere 45 Meßstellen zur Umgebungsüberwachung. Die Instandhaltung dieser Meßstellen erforderte im Berichtsjahr 1980 rund 450 Reparatureinsätze, die von einfachen Justierungen bis zu komplizierten Umbauten reichten.

Für den Anschluß von drei verschiedenen TLD-Auswertegeräten an einen gemeinsamen Kleinrechner wurden drei spezielle Interface-Schaltungen entwickelt, mit deren Hilfe nun eine halbautomatische TLD-Auswertung über eine digitale Aufnahme der Glowkurve möglich wurde.

Folie	198
Zähl draht	15
Elektronik	210
Kabel	11
mechanische Reparatur	80
Batterie	30

Tab. 6/19: Reparatur- und Wartungsarbeiten an Strahlenmeßgeräten; Art der Reparatur

## 6.8 Kalibrierung

### 6.8.1 Routinekalibrierung

B. Burgkhardt, A. Schmitt

Die routinemäßige Kalibrierung von Dosis- und Dosisleistungsmeßgeräten dient der Gewährleistung der innerhalb der Strahlenschutzüberwachung erforderlichen Meßgenauigkeit der Geräteanzeige. Die für die Strahlenschutzmeßgeräte vorgeschriebene Meßgenauigkeit ergibt sich aus den Anforderungen der PTB an Strahlenschutzdosimeter für die Zulassung zur Eichung und den PTB-Prüfregeln für Strahlenschutzdosimeter.

Innerhalb der Dosimetrie stehen vor allem folgende Aufgaben im Vordergrund:

- Übertragung der Meßgröße vom Primärstandard der PTB und Gewährleistung der Meßgenauigkeit an allen Bestrahlungsanlagen durch den Einsatz von Normaldosimetern sowie durch Teilnahme an nationalen und internationalen Kontroll- und Vergleichsbestrahlungen,
- Kalibrierung von Dosisleistungsmeßgeräten, Dosimetern, Dosiswarngeräten innerhalb der Routinebetreuung, nach einer Reparatur sowie innerhalb der Eingangskontrolle bei neu angeschafften Geräten,
- Bestrahlung von Dosimeterchargen zur Kalibrierung von TLD- und RPL-Auswertegeräten,
- Kalibrierbestrahlungen von einfachen Strahlenschutzdosimetern, aber auch für die Auswerteautomaten innerhalb des Gerätetests.

Der Umfang der routinemäßigen Kalibrierungen ist in Tab. 6/20 wiedergegeben. Innerhalb des Wartungsplanes werden alle Arten von Dosisleistungsmeßgeräten und Taschenwarngeräten kalibriert.

Im Jahre 1980 wurde die Untersuchung der dosimetrischen Eigenschaften des Taschendosismeß- und -warngerätes Type Graetz TDW 10/20 abgeschlossen und die entsprechenden Gerätetypen RAD 21L, RAD 21H und RAD 22 der Firma Alnor (Vertrieb Firma Herfurth) in einem umfassenden Test mit 20 Geräten erprobt (siehe Kap. 6.2.5).

Die Kontrollmessungen an den  $^{137}\text{Cs}$ -Bestrahlungsanlagen wurden mit einem bei der PTB geeichten Normaldosimeter im Berichtsjahr durchschnittlich einmal im Monat durchgeführt und ergaben eine langzeitige Reproduzierbarkeit von 1,3 % (1 s-Wert).

Kalibrierungen	Gerätezahl
Rutinewartung	415
Reparatur	14
Eingangskontrolle	13
Dosimeterbestrahlungen	382
insgesamt	724

Tab. 6/20: Art und Anzahl der im Jahr 1980 durchgeführten Kalibrierbestrahlungen

### 6.8.2 Vergleichs- und Kalibrierprogramme

Zur Gewährleistung der Meßgenauigkeit sowie zur Verbesserung der Kalibriermethoden bei akkumulierenden Dosismeßverfahren ist die regelmäßige Teilnahme an nationalen und internationalen Vergleichsmessungen erforderlich.

Die Hauptabteilung Sicherheit beteiligte sich 1980 an folgenden Vergleichs- und Kalibrierprogrammen:

- jährliche Vergleichsbestrahlungen von Personendosimetern für amtliche Meßstellen bei der PTB Braunschweig:  
In Erweiterung des Programmes wurden die Dosimeter 1980 auch mit kleinen Photonenenergien (bis 17 keV) in unterschiedlichen Strahleneinfallrichtungen ( $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ) und mit Strahlengemischen verschiedener Energien bestrahlt. Trotzdem betrug die mittlere Abweichung vom Sollwert für das Karlsruher Routine-TLD-System ( $50 \text{ mg/cm}^2$  Dosimeterabdeckung) nur + 4 %. Für das zweite TL-Dosimeter in der gleichen Kapselung, aber mit einer Abdeckung von  $500 \text{ mg/cm}^2$ , wurde eine mittlere Abweichung von - 13 % gefunden, eine Folge der Energieabhängigkeit bei kleinen Energien durch die Abdeckung.
- 17. Unfalldosimeter-Vergleichsprogramm und 6. Personendosimeter-Vergleichsprogramm am HPRR-Reaktor in Oak Ridge, USA:  
An beiden Vergleichsprogrammen hat sich die Hauptabteilung Sicherheit mit dem Einkugel-Albedodosimetersystem beteiligt, für das nun Kalibrierwerte für die verschiedenen Neutronenfelder aus insgesamt drei Vergleichsprogrammen vorliegen. Die Übereinstimmung der Kalibrierfaktoren gleichwertiger Bestrahlungen in den verschiedenen Programmen blieb innerhalb  $\pm 10 \%$ .
- Weitere Bestrahlungen bei der PTB Braunschweig dienen der Kalibrierung der Einkugel-Albedomeßtechnik.

### 6.8.3 Amtliche Eichabfertigungsstelle

#### A. Schmitt

Aufgrund der 2. Verordnung über die Eichpflicht von Strahlenschutzmeßgeräten ist es Aufgabe des Landes Baden-Württemberg, Eichungen von Personen- und Ortsdosimetern vorzunehmen. Entsprechend einem Vertrag zwischen dem Land Baden-Württemberg und der KfK werden hierfür die im Kernforschungszentrum Karlsruhe vorhandenen technischen Einrichtungen zur Verfügung gestellt. Bei der amtlichen Eichabfertigungsstelle werden Beamte der Aufsichtsbehörde hoheitlich tätig. Der Beitrag der Hauptabteilung Sicherheit besteht in der Bereitstellung der Bestrahlungseinrichtungen und der Normaldosimeter wie auch in der Unterstützung bei der Durchführung der Eichungen.

Im Jahre 1980 arbeitete die amtliche Eichabfertigungsstelle an 105 Tagen. Dabei wurden u. a. allein für KfK 120 Dosisleistungsmeßgeräte und 998 Stabdosisimeter geeicht.

#### 6.8.4 Kalibrierung von $\beta$ -Dosisimetern

B. Burgkhardt

Im Rahmen des Europäischen Vergleichsprogrammes für  $\beta$ -Dosisimeter im Jahr 1980 wurde zur Eigenkalibrierung unserer  $\beta$ -Dosisimeter das bei der PTB kalibrierte  $\beta$ -Sekundärnormal der Hauptabteilung Sicherheit benutzt. Für Bestrahlungen mit dem  $\beta$ -Nuklid  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$  stehen zwei Quellen verschiedener Aktivität und vier kalibrierte Positionen zur Verfügung. Für jede Position sind Transmissionsfaktoren bis zu einer Gewebedicke von 1 mm angegeben. Damit läßt sich das Ansprechvermögen auch von abgedeckten Dosisimetern, bezogen auf die Energiedosisleistung an der Oberfläche des Dosisimeters bzw. hinter einer Abdeckung von  $7 \text{ mg/cm}^2$ , bestimmen.

In Tab. 6/21 wird das Ansprechvermögen für unbedeckte TLD 700-Dosisimeter ( $3 \times 3 \times 0,2 \text{ mm}^3$ ) angegeben. Die systematischen Fehler sowohl der  $\gamma$ - als auch der  $\beta$ -Kalibrierung liegen bei etwa 1,5 %. Überraschend ist deshalb die Abweichung des Ansprechvermögens von mehr als 10 % für die verschiedenen ( $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ )-Quellen.

Quellentyp	Nuklid	Kalibrierabstand (cm)	Transmissionsfaktor T*	Ansprechvermögen in R/rad** nach Korrektion	
3	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	30	1,024	1,011	0,987
		11	1,144	1,12	0,979
4	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	30	1,116	1,112	0,996
		50	1,093	1,094	1,001
2	$^{204}\text{Tl}$	30	0,739	0,486	0,656

\*Transmissionsfaktor, gemittelt über die Dicke des TL-Detektors von 0,2 mm ( $52 \text{ mg/cm}^2$ )

\*\* $\gamma$ -äquivalente Dosisimeteranzeige pro Energiedosis im Gewebe für eine flächenbezogene Masse von  $0 \text{ mg/cm}^2$  in Sv/Gy

Tab. 6/21: Bestrahlung des TLD 700 (Dicke 0,2 mm) am Sekundärnormal

Berücksichtigt man jedoch unter Verwendung des mittleren Transmissionsfaktors T den  $\beta$ -Tiefendosisverlauf im Dosisimeter, dann führt das innerhalb der Meßgenauigkeit zu einer sehr guten Übereinstimmung des korrigierten Ansprechvermögens für alle vier ( $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ )-Bestrahlungspositionen (letzte Spalte in Tab. 6/21). Außerdem ist das so ermittelte  $\beta$ -Ansprechvermögen allgemein gültig für ein  $\beta$ -Nuklid und ein Dosisimetermaterial und unabhängig von der speziellen Bestrahlungsgeometrie, der Quellenabdeckung und der Dosisimeterdicke. Vergleichbare Kalibrierbestrahlungen an  $\beta$ -Quellen sind daher nur möglich, wenn neben dem verwendeten Nuklid und der Energiedosisleistung in einem Quellabstand auch die Transmissionsfaktoren bis zu einer Gewebedicke entsprechend der Dicke des benutzten Dosisimeters bekannt sind.

## 7. Umweltmeteorologie

W. Hübschmann

In der Abteilung Umweltmeteorologie werden auf den nuklearen Umweltschutz bezogene Forschungs- und Dienstleistungsaufgaben durchgeführt. Die Arbeiten gliedern sich in die Bereiche:

- Meteorologische Messungen und Datenverarbeitung
- Atmosphärische Ausbreitung
- Störfall- und Risikoanalysen.

Meteorologische Parameter werden sowohl an dem 200-m-Mast im KfK als auch an einem 15-m-Mast im Raum Stutensee gemessen und auf Datenträger gespeichert. Zur direkten Beobachtung der Schadstoffausbreitung in der Atmosphäre werden Ausbreitungsversuche mit Tracern - in Zusammenarbeit mit der Abteilung Radioökologie - und radarverfolgte Tetraonflüge durchgeführt. Die Radarverfolgung mit Hilfe passiver Radarreflektoren am Tetraon gelang bis über 40 km Entfernung. Diese im Rahmen des Projekts Nukleare Sicherheit durchgeführten Forschungsarbeiten dienen dazu, die für Ausbreitungsrechnungen notwendigen Ausbreitungsstatistiken und -parameter bereitzustellen.

Mit den bereits früher entwickelten und z. T. weiterentwickelten Rechenprogrammen wurden sowohl die Belastung der Umgebung des KfK durch radioaktive Schadstoffe als auch die Umweltbelastung durch Kühltürme berechnet. Das Kühlturmfahnen-Simulationsprogramm WALKÖRE wurde zur Untersuchung der Überlagerung von Kühlturm- und kalten Abluftfahnen eingesetzt. Die Mitarbeit an der ersten Phase der Deutschen Risikostudie Kernkraftwerke wurde - in Zusammenarbeit mit einer Arbeitsgruppe des INR - mit der Veröffentlichung des Fachbandes (mit detaillierten Ergebnissen) und der Programmbeschreibung (Rechenprogramm des Unfallfolgenmodells) abgeschlossen. Eine internationale Vergleichsrechnung schließt sich an.

### 7.1 Auswertung meteorologischer Messungen

M. Becker, K. Nester, S. Vogt

#### 7.1.1 Ausbreitungsstatistik

Zur Berechnung von Langzeitausbreitungsfaktoren sowie von Schadstoffkonzentrationen wurde die Ausbreitungsstatistik des Jahres 1980 erstellt. Tab. 7/1 zeigt die dreiparametrische Häufigkeitsverteilung der Windrichtung, der Windgeschwindigkeit und der Ausbreitungskategorie. Der Windgeschwindigkeit und -richtung liegen die  $\frac{1}{2}$ -h-Mittelwerte der Höhe 60 m zugrunde. Die Windrose ist in 30°-Sektoren eingeteilt, wobei z. B. der Sektor 360° die Richtungen zwischen 345° und 15° enthält. Die Gesamthäufigkeit in den Windrichtungssektoren ist über jeder Einzeltabelle in Prozent angegeben. Die Ausbreitungskategorie wurde aus den  $\frac{1}{2}$ -h-Mittelwerten der Streuung der vertikalen Windrichtungsfluktuation einer in 100 m Höhe installierten Vektorfahne bestimmt. Bei Ausfall der Vektorfahne wird die Kategorienbestimmung nach der horizontalen Windrichtungsfluktuation einer in 100 m Höhe installierten Schwertwindfahne vorgenommen. Fällt auch dieses Meßgerät aus, so wird der Temperaturgradient zwischen 30 und 100 m sowie die Windgeschwindigkeit in 40 m Höhe zur Kategorienbestimmung herangezogen. Durch diese Redundanz ist die Ausbreitungsstatistik mit nur etwa 1,7 % Ausfall behaftet. Am Ende der Tab. 7/1 ist die Häufigkeitsstatistik auf die zwei Parameter Windgeschwindigkeit und Ausbreitungskategorie reduziert, indem über alle Windrichtungssektoren summiert wurde.

WINDGESCHWINDIGKEITSTUFE (MESSHÖHE 60 m) IN m/s	AUSBREITUNGSKATEGORIE							AUSBREITUNGSKATEGORIE						
	A	B	C	D	E	F	SUMME	A	B	C	D	E	F	SUMME
	WINDRICHTUNGSSEKTOR				WINDRICHTUNGSHÄUFIGKEIT			WINDRICHTUNGSSEKTOR				WINDRICHTUNGSHÄUFIGKEIT		
	30 GRAD				5.23 %			210 GRAD				22.72 %		
C.6- 1.0	0.55	C.55	0.33	0.55	0.44	1.10	3.52	0.08	C.0	0.05	0.25	0.05	0.18	0.61
1.1- 1.5	1.43	0.55	0.66	2.20	1.43	1.32	7.60	0.18	0.08	0.20	0.46	0.23	0.41	1.55
1.6- 2.0	0.77	1.21	1.32	4.52	2.86	2.31	13.00	0.20	C.20	0.25	0.66	0.51	C.71	2.54
2.1- 4.0	3.52	4.30	6.28	19.16	13.88	8.04	55.18	0.61	1.14	2.97	7.13	7.13	8.05	27.03
4.1- 8.0	0.11	C.44	4.19	10.35	3.85	1.65	20.59	0.0	0.46	7.66	33.88	10.53	7.65	60.23
8.1-15.0	0.0	0.0	0.11	0.0	0.0	0.0	0.11	0.0	0.0	1.17	6.88	C.0	C.0	8.05
15.1-30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SUMME	6.39	7.05	12.89	36.78	22.47	14.43	100.00	1.07	1.88	12.31	49.26	18.45	17.03	100.00
	60 GRAD				15.04 %			240 GRAD				22.89 %		
C.6- 1.0	0.23	C.19	0.15	0.58	C.31	0.38	1.84	0.05	C.0	0.03	0.20	0.05	0.13	0.45
1.1- 1.5	0.38	0.77	0.35	0.81	0.50	C.50	3.30	0.25	0.13	0.10	0.28	0.25	0.28	1.28
1.6- 2.0	1.04	C.38	0.58	1.04	1.73	0.92	5.67	0.48	C.13	0.18	0.63	C.50	C.63	2.54
2.1- 4.0	3.34	4.56	7.09	10.81	11.16	4.64	41.60	1.06	1.91	3.27	7.56	4.69	3.70	22.19
4.1- 8.0	0.23	6.40	16.60	17.25	4.75	1.27	46.51	0.0	0.65	9.65	43.35	4.51	1.51	59.67
8.1-15.0	0.0	C.0	C.15	0.92	0.0	C.0	1.07	0.0	C.0	2.62	11.23	C.0	C.0	13.85
15.1-30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SUMME	5.21	12.46	25.69	30.48	18.44	7.71	100.00	1.84	2.82	15.84	63.25	10.00	6.25	100.00
	90 GRAD				6.51 %			270 GRAD				6.26 %		
C.6- 1.0	0.18	C.44	0.27	1.15	1.24	0.80	4.07	0.55	C.28	0.18	0.55	C.28	C.65	2.49
1.1- 1.5	0.80	0.71	0.35	2.13	2.66	1.51	8.15	1.75	C.74	0.55	1.01	C.74	C.92	5.71
1.6- 2.0	0.57	C.80	1.15	1.77	3.01	1.24	8.95	2.12	C.65	0.83	1.38	1.84	1.54	8.76
2.1- 4.0	5.67	5.58	3.45	7.00	14.17	7.97	43.84	3.32	3.32	3.78	11.06	5.53	3.96	30.97
4.1- 8.0	0.09	9.65	8.06	7.88	7.35	1.95	34.99	0.0	C.65	11.89	25.07	3.78	1.11	42.49
8.1-15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.29	8.20	C.0	C.0	9.49
15.1-30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.09	C.0	C.0	0.09
SUMME	7.71	17.18	13.29	19.93	28.43	13.46	100.00	7.74	5.62	18.53	47.37	12.17	8.57	100.00
	120 GRAD				3.09 %			300 GRAD				2.50 %		
C.6- 1.0	0.75	C.56	0.93	0.75	0.19	C.75	3.92	0.23	0.0	0.23	0.92	1.15	1.38	3.92
1.1- 1.5	2.43	1.12	0.75	1.87	2.43	3.17	11.75	3.46	C.69	1.61	3.00	2.07	1.15	11.98
1.6- 2.0	1.31	C.0	C.56	4.10	2.43	7.84	16.23	4.38	1.61	2.30	7.37	2.07	1.84	19.59
2.1- 4.0	1.68	1.49	0.56	3.73	13.25	32.65	53.36	7.14	4.84	3.92	19.35	4.61	4.15	44.01
4.1- 8.0	0.0	0.12	0.75	0.93	3.54	8.40	14.74	C.0	C.69	5.76	13.59	C.23	0.23	20.51
8.1-15.0	0.0	C.0	C.0	0.0	C.0	C.0	0.0	0.0	C.0	0.0	0.0	C.0	C.0	0.0
15.1-30.0	0.0	C.0	C.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	C.0	0.0	0.0	C.0	C.0	0.0
SUMME	6.16	4.29	3.54	11.38	21.83	52.80	100.00	15.21	7.83	13.82	44.24	10.14	6.76	100.00
	150 GRAD				2.74 %			330 GRAD				2.99 %		
C.6- 1.0	0.63	C.21	0.21	0.84	0.42	2.53	4.84	0.77	C.39	0.58	1.74	1.35	0.58	5.41
1.1- 1.5	1.68	0.21	0.84	2.11	2.74	5.68	13.26	2.70	2.32	0.39	4.44	2.32	1.16	13.32
1.6- 2.0	0.21	C.21	0.63	3.16	3.37	7.79	15.37	3.28	2.32	2.70	4.25	2.70	1.93	17.18
2.1- 4.0	0.0	C.42	0.0	6.11	14.95	33.89	55.37	8.45	6.37	6.56	14.29	5.60	3.67	44.98
4.1- 8.0	0.0	C.0	C.0	0.63	2.55	7.37	10.95	0.0	C.97	6.56	10.42	C.77	C.19	18.92
8.1-15.0	0.0	C.0	0.21	0.0	C.0	C.0	C.21	0.0	C.0	C.0	0.19	C.0	C.0	C.19
15.1-30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	C.0	C.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SUMME	2.53	1.05	1.89	12.84	24.42	57.26	100.00	15.25	12.36	16.80	35.33	12.74	7.53	100.00
	180 GRAD				3.87 %			360 GRAD				5.43 %		
C.6- 1.0	0.30	C.45	0.75	0.89	1.34	2.83	6.56	0.11	0.21	0.42	1.27	0.74	0.11	2.87
1.1- 1.5	0.75	C.45	0.99	2.53	1.64	2.68	8.94	1.06	1.70	0.32	1.91	1.91	0.85	7.75
1.6- 2.0	0.60	C.60	0.89	3.13	3.58	4.77	13.56	1.51	1.27	1.06	2.23	1.49	C.96	8.92
2.1- 4.0	0.0	C.45	1.64	11.18	15.55	24.29	53.50	2.76	4.99	7.01	16.56	8.81	4.25	44.37
4.1- 8.0	0.0	C.15	0.60	6.11	3.58	7.00	17.44	0.11	1.91	6.16	21.44	4.56	1.59	35.77
8.1-15.0	0.0	C.0	C.0	0.0	C.0	C.0	C.0	0.0	C.0	C.0	0.32	C.0	C.0	0.32
15.1-30.0	0.0	C.0	C.0	0.0	0.0	C.0	C.0	0.0	C.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SUMME	1.64	2.09	4.77	23.84	26.08	41.58	100.00	5.94	10.08	14.97	43.74	17.52	7.75	100.00

Summiert über alle Windrichtungssektoren einschließlich Windstillen (WG ≤ 0,5 m/s)

WG (M/S)	AUSBREITUNGSKATEGORIE						
	A	B	C	D	E	F	SUMME
C.6- 1.0	0.0	C.02	0.07	0.27	0.16	0.24	C.74
1.1- 1.5	0.22	0.17	0.20	0.55	0.37	0.54	2.05
1.6- 2.0	0.77	C.52	0.36	1.13	C.92	C.92	4.62
2.1- 4.0	C.53	C.50	0.65	1.65	1.47	1.56	6.76
4.1- 8.0	2.28	2.84	4.04	9.65	8.56	7.88	35.24
8.1-15.0	0.05	2.10	8.65	24.94	5.66	3.40	44.80
15.1-30.0	0.0	0.02	1.10	4.43	0.0	0.0	5.79
SUMME	4.25	6.16	15.06	42.87	17.13	14.53	100.00

Tab. 7/1: Ausbreitungsstatistik 01.12.1979 - 30.11.1980, Häufigkeit in %  
WG = Windgeschwindigkeit

Will man das Auswaschen der Schadstoffe durch Niederschlag berücksichtigen, so benötigt man die Intensität des Niederschlags in Abhängigkeit von Windrichtung, -geschwindigkeit und Ausbreitungskategorie. Da der Niederschlag von Jahr zu Jahr großen Schwankungen unterliegt, sollte eine vierparametrische Ausbreitungsstatistik auf den Daten mehrerer Jahre basieren. In (64) ist eine 7-jährige vierparametrische Statistik veröffentlicht. Der Niederschlag ist dabei in die Stufe null bis drei, die Windrichtung sowohl in 10°- als auch in 30°-Sektoren eingeteilt. Aus Platzgründen muß hier auf eine vollständige Darstellung verzichtet werden. In Tab. 7/2 ist deshalb für jede Niederschlagsstufe eine zweiparametrische Häufigkeitsstatistik dargestellt. Sie wurde aus der vierparametrischen Statistik durch Summation über alle Windrichtungssektoren gewonnen.

SUMMIERT OBER ALLE WINDRICHTUNGSSEKTOREN, HÄUFIGKEIT IN PROZENT							
NIEDERSCHLAGSSTUFE 0:		KEIN NIEDERSCHLAG					(90,2 %)
WG (M/S)	AUSBREITUNGSKATEGORIE						SUMME
	A	B	C	D	E	F	
0.0- 0.5	0.01	0.02	0.04	0.27	0.25	0.31	0.91
0.6- 1.0	0.10	0.13	0.21	0.71	0.53	0.60	2.28
1.1- 1.5	0.34	0.40	0.50	1.40	1.04	1.09	4.97
1.6- 2.0	0.70	0.72	0.77	2.01	1.63	1.72	7.55
2.1- 4.0	2.05	3.90	4.96	10.32	9.47	8.96	39.65
4.1- 8.0	0.11	2.02	7.89	19.88	6.36	4.60	40.86
8.1-15.0	0.0	0.01	0.49	3.24	0.02	0.00	3.76
15.1-30.0	0.0	0.0	0.01	0.01	0.0	0.0	0.02
SUMME	3.31	7.21	14.86	38.05	19.30	17.27	100.00

NIEDERSCHLAGSSTUFE I:		0 ÷ 0,5 mm/h					(6,2 %)
WG (M/S)	AUSBREITUNGSKATEGORIE						SUMME
	A	B	C	D	E	F	
0.0- 0.5	0.0	0.0	0.06	0.31	0.29	0.10	0.76
0.6- 1.0	0.0	0.07	0.10	0.73	0.70	0.29	1.89
1.1- 1.5	0.15	0.10	0.41	2.10	1.18	0.60	4.53
1.6- 2.0	0.16	0.16	0.45	2.51	1.60	0.99	5.87
2.1- 4.0	0.57	0.90	1.73	13.35	9.78	4.91	31.24
4.1- 8.0	0.07	0.29	2.59	32.74	6.31	2.07	44.08
8.1-15.0	0.0	0.0	0.98	10.58	0.04	0.0	11.60
15.1-30.0	0.0	0.0	0.01	0.01	0.0	0.0	0.03
SUMME	0.95	1.53	6.34	62.32	19.90	8.96	100.00

NIEDERSCHLAGSSTUFE II:		0,51 ÷ 3,0 mm/h					(3,2 %)
WG (M/S)	AUSBREITUNGSKATEGORIE						SUMME
	A	B	C	D	E	F	
0.0- 0.5	0.0	0.0	0.03	0.22	0.14	0.03	0.42
0.6- 1.0	0.0	0.0	0.11	0.75	0.39	0.11	1.36
1.1- 1.5	0.0	0.0	0.22	1.25	0.86	0.25	2.59
1.6- 2.0	0.0	0.0	0.25	1.87	1.36	0.39	3.87
2.1- 4.0	0.0	0.03	1.06	14.84	7.69	2.23	25.84
4.1- 8.0	0.0	0.0	1.50	40.32	5.71	1.81	49.35
8.1-15.0	0.0	0.0	1.73	14.70	0.08	0.0	16.51
15.1-30.0	0.0	0.0	0.0	0.06	0.0	0.0	0.06
SUMME	0.0	0.03	4.90	74.02	16.24	4.82	100.00

NIEDERSCHLAGSSTUFE III:		> 3,0 mm/h					(0,4 %)
WG (M/S)	AUSBREITUNGSKATEGORIE						SUMME
	A	B	C	D	E	F	
0.0- 0.5	0.0	0.0	0.0	0.22	0.22	0.0	0.44
0.6- 1.0	0.0	0.0	0.0	0.44	0.44	0.0	0.88
1.1- 1.5	0.0	0.0	0.22	0.22	0.66	0.44	1.55
1.6- 2.0	0.0	0.0	0.22	1.32	1.10	0.44	3.09
2.1- 4.0	0.0	0.0	1.32	15.45	3.53	1.10	21.41
4.1- 8.0	0.0	0.0	3.09	50.99	6.40	0.88	61.37
8.1-15.0	0.0	0.0	0.88	10.38	0.0	0.0	11.26
15.1-30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SUMME	0.0	0.0	5.74	79.03	12.36	2.87	100.00

Tab. 7/2: Niederschlagsstatistik 01.12.1972 - 30.11.1978, Häufigkeit in %, WG = Windgeschwindigkeit

### 7.1.2 Statistisch äquivalente Systeme zur Bestimmung der Ausbreitungskategorien

Die Umgebungsbelastung aufgrund von Schadstoffemissionen hängt entscheidend von der Turbulenz in der bodennahen Atmosphäre ab. Die Turbulenzbedingungen werden üblicherweise durch Ausbreitungskategorien beschrieben. Zur Festlegung der Kategorien gibt es mehrere Schemata, die auf verschiedenen meteorologischen Parametern beruhen. Zweck einer Untersuchung (36) war es, statistisch äquivalente Schemata zur Bestimmung der Ausbreitungskategorien zu vergleichen. Statistische Äquivalenz bedeutet, daß für den gleichen Ort und

denselben Zeitraum die Häufigkeitsverteilungen der Kategorien nach den verschiedenen Schemata nur unwesentlich voneinander abweichen. Durch Korrelationsuntersuchungen läßt sich die Zuverlässigkeit der einzelnen Schemata vergleichen. Grundlage dieser Untersuchung waren die Messungen meteorologischer Parameter am 200 m hohen Mast des Kernforschungszentrums Karlsruhe in den Jahren 1973 bis 1977.

Zur Erreichung der statistischen Äquivalenz benötigt man ein Basisschema. Dieses sollte einen meteorologischen Parameter als Bestimmungsgröße enthalten, der den Turbulenzzustand der Atmosphäre möglichst direkt beschreibt. Von den gemessenen meteorologischen Parametern ist die Streuung der vertikalen Windrichtung  $\sigma_\phi$  in 100 m Höhe am besten geeignet. Obwohl sich diese Werte zur Charakterisierung der Ausbreitungsbedingungen am ehesten eignen, muß man meist auf weniger direkte Meßgrößen zurückgreifen, weil Messungen der Vertikalfluktuations selten zur Verfügung stehen. Es wurden deshalb fünf statistisch äquivalente Vergleichsschemata entwickelt, die auf folgenden meteorologischen Parametern beruhen:

- Streuung der horizontalen Windrichtung  $\sigma_\theta$
- Temperaturgradient und Windgeschwindigkeit  $TG/\bar{u}$
- Strahlungsbilanz und Windgeschwindigkeit  $SB/\bar{u}$
- Windprofilexponent p
- Synoptische Daten und Windgeschwindigkeit  $SY/\bar{u}$ .

Die Einteilung dieser Parameter nach Kategorien und die Korrelationsschemata zwischen diesen Kategorien und denen nach  $\sigma_\phi$  sind in (36) detailliert angegeben. Eine Zusammenstellung der wesentlichen Ergebnisse zeigt Tab. 7/3. Basis dieses Vergleichs ist das Bestimmungsschema nach  $\sigma_\phi$ . Die größte Übereinstimmung bei der Kategorienbestimmung erreicht man mit dem Schema nach  $\sigma_\theta$ , da  $\sigma_\theta$  ebenfalls direkt von den Turbulenzbedingungen abhängt. Die beste indirekte Methode ist diejenige nach  $TG/\bar{u}$ . Da in 96 % aller Fälle eine Abweichung von höchstens einer Kategorie auftritt, ist sie noch ausreichend zuverlässig, um Einzelsituationen zu beurteilen. Die Parameter  $SB/\bar{u}$  und p sowie die synoptischen Daten eignen sich dagegen weniger zur Beurteilung von Einzelsituationen, weil in 11 % bis 12 % der Fälle die Ausbreitungskategorie um 2 und mehr Stufen falsch bestimmt wird. Für statistische Untersuchungen sind sie jedoch verwendbar.

Schemata	Korrelationskoeffizient	Übereinstimmende Kategorien	Kategorienabweichung 1 Stufe	Kategorienabweichung $\geq 2$ Stufen
$\sigma_\theta$	0,88	72	27	1
$TG/\bar{u}$	0,82	59	37	4
$SB/\bar{u}$	0,68	47	41	12
p	0,68	48	40	12
$SY/\bar{u}$	0,70	47	42	11

Tab. 7/3: Korrelationskoeffizient und prozentuale Häufigkeit von übereinstimmenden bzw. abweichenden Kategorien verschiedener Schemata in bezug auf das  $\sigma_\phi$ -Schema



7.1.3 Auswertung der Feldmessungen in Stutensee

Die Messung der Vertikalfluktuation  $\sigma_\phi$  der Vektorfahne auf dem Wiesengelände in Stutensee (s. Kap. 7.2.2) ist, wie bereits für die Jahre 1977 und 1978, auch für 1979 ausgewertet und mit Messungen einer Vektorfahne am 200-m-Mast auf dem KfK-Gelände korreliert worden. Dabei sind 10-min-Mittelwerte dieser Messungen nach den im KfK bestimmten Ausbreitungskategorien eingeteilt worden (s. Tab. 7/4).

Meßort und -höhe	Ausbreitungskategorie						Ausfälle
	A	B	C	D	E	F	
KfK, 100 m Bereich der $\bar{\sigma}_\phi$ in Grad	> 14,5	10,6-14,5	7,1-10,5	3,4-7,0	1,9-3,3	0-1,8	
Stutensee 15 m Mittelwert $\bar{\sigma}_\phi$ in Grad							
1977	13,0 $\pm$ 4,3	7,8 $\pm$ 2,8	5,7 $\pm$ 1,6	4,1 $\pm$ 1,9	2,3 $\pm$ 2,1	1,4 $\pm$ 1,8 -1,4	60,3 %
1978	12,3 $\pm$ 5,0	6,5 $\pm$ 2,9	5,0 $\pm$ 1,9	3,7 $\pm$ 1,9	1,8 $\pm$ 1,6	1,1 $\pm$ 1,3 -1,1	44,2 %
1979	17,1 $\pm$ 2,7	13,8 $\pm$ 3,8	9,9 $\pm$ 3,6	6,3 $\pm$ 2,5	3,6 $\pm$ 1,9	2,2 $\pm$ 1,4	30,4 %

Tab. 7/4: Fluktuation der vertikalen Windrichtung,  $\sigma_\phi$  in Grad

Die in Stutensee ermittelten Werte  $\bar{\sigma}_\phi$  sind im Jahr 1979 deutlich höher als in den beiden Jahren davor. Zwar sind für 1979 bisher nur die Monate Januar bis August ausgewertet worden; doch machen die zu Tage tretenden Unterschiede weitere Untersuchungen notwendig.

Für das Jahr 1979 wurden erste Auswertungen des Windprofils vorgenommen, um die Rauigkeitslänge zu bestimmen. Diese Auswertung lieferte bisher noch keine plausiblen Werte. Zur Klärung der Ursache werden weitere Untersuchungen durchgeführt.

#### 7.1.4 Test verschiedener Feuchtemeßgeräte

Verschiedene Feuchtemeßgeräte sind im Freien bei unterschiedlichen meteorologischen Bedingungen getestet worden. Es sollte untersucht werden, ob die wartungsintensiven LiCl-Taupunktgeber am meteorologischen Mast durch andere Geräte ersetzt werden können. Es zeigte sich jedoch, daß ein Aspirations-Psychrometer mit Digitalanzeige weder für Kontroll- noch für Dauermessungen geeignet ist, da das Gerät offensichtlich unzureichend belüftet wird. Ein Kondensator-Hygrometer erscheint nur dann für kurzfristige Kontrollzwecke geeignet, wenn es belüftet wird. Das Haar-Hygrometer ist sehr träge und kann raschen Feuchtigkeitsänderungen nicht so gut folgen. Für den Dauerbetrieb am 200-m-Mast erscheint daher von den untersuchten Instrumenten das LiCl-Feuchtemeßgerät am geeignetsten (s. M. Becker, KFK 3072, Jan. 81).

#### 7.1.5 Weitergabe meteorologischer Daten

Am Geodätischen Institut der Universität Karlsruhe läuft ein Programm der elektronischen Entfernungsmessung im Rheingraben, etwa auf der Höhe von Karlsruhe. Zur Auswertung und Korrektur der optischen Messungen wird der physikalische Zustand der Atmosphäre auf den Meßstrecken benötigt. Für insgesamt acht mehrstündige Meßkampagnen wurden die Vertikalprofile der Windrichtung und Windgeschwindigkeit, Temperatur und Feuchte sowie des Luftdrucks, Niederschlags und der Strahlung auf Lochkarten bereitgestellt.

Das Institut für Nukleare Entsorgung plante, tritiumhaltige Abwässer in den geologischen Untergrund zu versenken. Für die wasserrechtliche Genehmigung wurden folgende Unterlagen über die meteorologischen Verhältnisse am Standort der Versenkanlage zur Verfügung gestellt: die Windverhältnisse, Niederschläge, Temperaturen, relative Feuchte, Bewölkung und Nebeltage.

Dem Projektbereich WAK wurden die Zeiten der Jahre 1978 und 1979 mitgeteilt, in denen die Temperatur am feuchten Thermometer eine vorgegebene Grenze überschritt. Diese Information wird für die Projektierung einer Wasserrückkühlanlage benötigt. Der GWK/HS wurden die prozentualen Zeiten angegeben, in denen die Lufttemperatur in einem vorgegebenen Intervall verbleibt. Es ging dabei um die Dauer der Unterschreitung einer vorgegebenen Frostgrenze.

Das Regierungspräsidium Karlsruhe erstellt Katastropheneinsatzpläne für Kernkraftwerke und das Kernforschungszentrum. Auf Anfrage dieser Behörde wurden umfangreiche Windstatistiken und Angaben über Niederschläge weitergegeben.

Der Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft in Ottobrunn wurde ein Kartensatz der 10-min-Werte der Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Vertikalfluktuation sowie der Temperatur zu Tests für Bildschirmverarbeitung überlassen.

Das Projekt Wiederaufarbeitung (PWA) benötigt für die Planung des Belüftungssystems in untertägigen Hohlräumen die Luftdruckschwankungen an einem Standort im norddeutschen Raum. Mit den synoptischen Wetterdaten der Station Hannover wurde eine Verteilung der zeitlichen Luftdruckänderungen erarbeitet und PWA zur Verfügung gestellt.

7.2 Meßwerterfassung und -verarbeitung

M. Becker, P. Thomas

7.2.1 Laufender Betrieb

In der Zeit vom 01.12.1979 bis zum 30.11.1980 gingen durch Pannen, Reparaturen und Wartung der Anlage zur Erfassung und Berechnung der meteorologischen Daten 499 10-min-Datenblöcke verloren. Das entspricht einer Ausfallrate von 0,95 %.

1980 fielen folgende größeren Reparaturen an: Die Stromversorgung der Übertragungseinheit zwischen PDP-8/I und TR 86 fiel häufig aus und wurde ersetzt. Die Steuerung des Lochstreifenstanzers mußte überholt werden. Der Pulsinputdetektor (Input der Windgeschwindigkeiten) fiel 13 Tage aus, bevor die Fa. DIGITAL verzögert und unter Mühen reparierte. Die parallel zum Rechner in 40 m, 60 m, 100 m und 200 m Höhe erfaßten Windgeschwindigkeiten wurden nachträglich in das Datenkollektiv eingefügt, um eine möglichst lückenlose meteorologische Statistik 1980 zu erhalten.

In Tab. 7/5 ist neben den Ausfallraten der Meßinstrumente auch diejenige der gesamten Anlage aufgeführt und mit den Zahlen der zurückliegenden Jahre verglichen.

Instrument	Ausfallrate in %							
	1980	1979	1978	1977	1976	1975	1974	1973
Anemometer	1,7	1,6	1,2	5,8	0,7	0,6	2,4	2,2
Schwertwindfahne	0,2	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	1,7	7,1
Taupunktfühler	5,8	16,7	9,3	5,2	9,0	12,6	12,1	21,7
Temperaturfühler	0,5	0,5	0,4	0,9	2,3	1,4	1,6	9,4
Vektorfahne ( $\sigma_\theta, \sigma_\phi$ )	6,3	13,2	11,8	8,3	10,5	16,2	16,5	28,0
Luftdruckgeber	0,5	0,7	1,0	5,4	3,4	5,3	0,9	11,5
Niederschlagsmesser	0,6	0,5	0,7	1,4	0,6	2,5	0,5	28,5
Strahlungsmesser	0,2	0,6	0,3	0,3	0,8	2,0	2,3	2,6
DV-Anlage	0,95	3,12	0,55	4,24	1,19	1,23	5,01	9,48

Tab. 7/5: Ausfallraten der meteorologischen Meßinstrumente und der Datenverarbeitungsanlage

7.2.2 Feldmessungen

In Stutensee in der Nähe der Ortschaft Spöck ist auf einem Wiesengelände ein 15-m-Kurbelmast aufgestellt. Dort werden die Horizontal- und die Vertikalfluktuation einer Vektorfahne in 15 m Höhe und die Windgeschwindigkeit in drei verschiedenen Höhen registriert. Bis zum Juni 1980 kam ein automatischer Datenlogger zum Einsatz. Seine mangelnde Reparaturfreundlichkeit zwang dazu, zumindest die Meßwerte der Vektorfahne parallel mit einem Analogschreiber zu erfassen. Ab Juni 1980 wurde dieser Datenlogger durch einen anderen ersetzt, der erfolgreich getestet war.

Bis zum September 1980 waren die Versorgungsgeräte der Meßinstrumente am 15-m-Mast in Kisten direkt am Fuß des Mastes untergebracht. Da dieser Aufbau die Meßergebnisse beeinflusste, wurden die Kisten ca. 20 m vom Mastfuß entfernt aufgestellt, so daß die Messungen ohne deren störenden Einfluß fortgesetzt werden konnten.

### 7.2.3 Aufbau eines eigenständigen meteorologischen Informationssystems

Seit ca. 10 Jahren ist die Anlage zur Erfassung und Berechnung der meteorologischen Daten an das zentrale Laborautomatisierungssystem CALAS der HDI gekoppelt. CALAS soll Ende 1981 stillgelegt werden. HDI-2 erstellte eine Studie über ein "Stand-alone"-Nachfolgesystem zur Meßwerterfassung, -sicherung und -darstellung und erhielt den Auftrag zur Realisierung dieses Systems bezüglich der Hard- und Software.

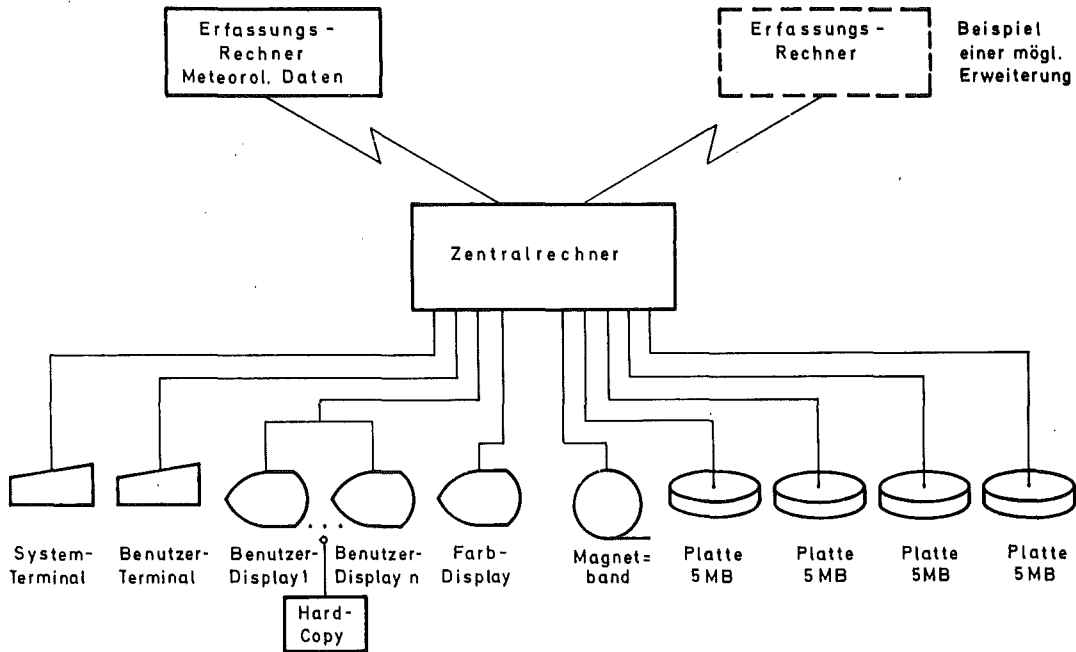


Abb. 7/1: Übersicht über das DV-System für das meteorologische Informationssystem in HS/M

Das neue System (s. Abb. 7/1) wird alle wesentlichen Eigenschaften des bisher benutzten Systems haben. Darüberhinaus sind folgende Erweiterungen vorgesehen: Das System besteht aus einem Erfassungsrechner (PDP-11/34) zur Meßwerterfassung und schritthaltender Datenreduktion und einem Zentralrechner (PDP-11/44) zur Archivierung und Auswertung. Die meteorologischen Instrumente werden über CAMAC (Computer Application Measurement And Control) an den Erfassungsrechner gekoppelt. Der Zentralrechner wird mit FORTRAN-IV-PLUS programmiert. Neben Schreibmaschinenterminals dienen mehrere an verschiedenen Orten aufgestellte Farbdisplays als Ein- und Ausgabegeräte.

Das Betriebssystem, die Programme zur Erfassung und Auswertung der meteorologischen Daten und die Daten selbst liegen auf Plattenspeichern. Das Sicherheitsprinzip der doppelten Datenhaltung wird über einen Zeitraum von jeweils zwei Monaten verfolgt. Zu den Großrechenanlagen der HDI werden die meteorologischen Daten off-line mittels Magnetbändern übertragen.

Zwischen den meteorologischen Instrumenten und dem Erfassungsrechner wird ein Rangierverteiler aufgebaut, dessen Schalttafel folgende Möglichkeiten bietet:

- An- und Abklemmen der meteorologischen Instrumente vom Erfassungsrechner mittels Kurzschlußbügel,

- Abgriffe der Signale für Meßgeräte, Schreiber und Drucker,
- Einspeisung von Signalen zu Prüfzwecken.

Die Standardabweichungen der vertikalen und horizontalen Windrichtung sollen vom Erfassungsrechner gleitend berechnet werden. Es sind zwei verschiedene Sammelzeiten von 3 min und 15 min und eine Mittelungszeit von 15 min vorgesehen. Die dazu nötigen Momentanwerte kommen von den drei Vektorfahnen im 1-s-Rhythmus.

### 7.3 Ausbreitungsexperimente

M. Becker, H. Schüttelkopf, P. Thomas, S. Vater, S. Vogt

1980 fanden die in Tab. 7/6 zusammengestellten Ausbreitungsversuche statt. Bei den Versuchen Nr. 68 bis 73 im KfK wurden die Tracer  $CF_2Br_2$  und  $CFC1_3$  simultan von der 160-m- und 195-m-Plattform des meteorologischen Mastes freigesetzt. Die Probenahme erfolgte jeweils zwischen 14.00 h und 15.00 h Ortszeit in zwei Sammelperioden à 30 min Dauer. Bei Versuch Nr. 74 in Turbigio/Oberitalien wurde  $CF_2Br_2$  über den 48 m hohen Schornstein eines ölgefeuerten Kraftwerkes emittiert. Der Tracer wurde den heißen Rauchgasen zugemischt und erreichte eine mit LIDAR gemessene Aufstiegshöhe von 200 m.

Die Versuche Nr. 72 und 74 wurden gemeinsam mit der EURATOM-Forschungsanstalt (JRC) Ispra durchgeführt. Der Tracer  $SF_6$  des JRC wurde in den gleichen Höhen freigesetzt und an den gleichen Probenahmestellen gesammelt wie das  $CF_2Br_2$ . Das JRC sammelte Luftproben in Plastiksäcken von ca. 8 l Inhalt ebenfalls 30 min lang mit Akku-getriebenen Pumpen. Die Pumpen wurden teils von einem elektronischen Akku-versorgten Timer, teils von Hand geschaltet. Das JRC analysiert die  $SF_6$ -Proben ebenfalls gaschromatographisch.

Bei den Versuchen Nr. 72 und 74 werden die Ausbreitungsfaktoren der Tracer  $SF_6$  und  $CF_2Br_2$  miteinander verglichen. Mit Versuch Nr. 74 wurde gezeigt, daß die am KfK entwickelten Probenahme- und Emissionsgeräte zu einem entfernten Versuchsort transportiert und dort erfolgreich eingesetzt werden können. Die Zahl der Probenahmestellen bzw. Sammelperioden ist allerdings durch die Zahl der verfügbaren Probenahmegefäße beschränkt, da diese pro Meßkampagne nur einmal benutzbar sind.

Laufende Nr.	Ort	Kategorie	Datum	Zahl der Probenahmestellen	Probenahmesektor		Quellentfernung	
					Mitte	Breite	min.	max.
68	KfK	C	10.01.	74	240°	80°	300 m	5000 m
69	KfK	D	07.02.	71	40°	80°	500 m	8000 m
70	KfK	D	11.03.	69	60°	80°	400 m	5200 m
71	KfK	D	29.05.	71	60°	100°	200 m	3200 m
72	KfK	D	02.07.	73	60°	80°	500 m	8000 m
73	KfK	C	04.09.	67	50°	100°	150 m	2500 m
74	Turbigo	B	02.10.	60	330°	160°	400 m	3000 m

Tab. 7/6: 1980 durchgeführte Ausbreitungsversuche

7.4 Ausbreitungsparameter

K. Nester, P. Thomas

7.4.1 Auswertung einzelner Ausbreitungsversuche

Bei Versuch 72 analysierte die JRC-Mannschaft auch den vom KfK freigesetzten Tracer  $\text{CFCl}_3$  zusammen mit  $\text{SF}_6$ . Es stehen daher vier Konzentrationsverteilungen dreier verschiedener Tracer zur Auswertung zur Verfügung. Die Konzentrationen der in gleicher Höhe emittierten und an der gleichen Stelle gesammelten Tracer unterscheiden sich teilweise erheblich. Die Konzentrationen und deren Verhältnisse an einer Stelle mit doppelter Probenahme zeigt Tab. 7/7. Auch die unmittelbar nebeneinander gesammelten und im gleichen Labor analysierten Tracer unterscheiden sich bis zu einem Faktor 1,42.

Aus Versuch Nr. 71 können keine und aus Versuch Nr. 74 wahrscheinlich keine Ausbreitungsparameter ermittelt werden. Bei Versuch Nr. 71 nahm die Turbulenz nach Festlegung des Probenahmesektors schnell ab. Während der Probenahme betrug die Standardabweichung  $\sigma_\phi$  der in 100 m Höhe gemessenen vertikalen Windrichtung nur zwischen  $3,1^\circ$  und  $4,9^\circ$ . Bei dieser geringen Turbulenz und den großen Emissionshöhen lagen die meisten gemessenen Konzentrationen in der Nähe des Untergrundes bzw. der Nachweisgrenze. Bei Versuch Nr. 74 drehte die Ausbreitungsrichtung vor Beginn der Probenahme zum Rand des Probenahmesektors.

Versuch/ Periode	$\text{CFCl}_3$ , H = 160 m				$\text{CF}_2\text{Br}_2$ , H = 195 m		$\text{SF}_6$ , H = 195 m	
	Auswertung KfK		Auswertung JRC		Auswertung KfK		Auswertung JRC	
	C	V	C	V	C	V	C	V
72/1	795	1,42	605	1,06	415	1,31	356	1,06
	558		571		317		336	
72/2	298	1,32	164	1,18	218	1,22		
	225		193		179			

C = auf die Quellstärke normierte Tracerkonzentration in  $10^{-9}$  s/m<sup>3</sup>  
 V = Verhältnis der Tracerkonzentrationen

Tab. 7/7: Normierte Tracerkonzentrationen an einer Stelle mit doppelter Probenahme (R = 2,14 km,  $\alpha = 67^\circ$ )

7.4.2 Ausbreitungsparameter für 100 m Emissionshöhe

Ein Vergleich der Ergebnisse der Jülicher und Karlsruher Ausbreitungsexperimente für 100 m Quellhöhe hat ergeben, daß eine Zusammenfassung beider Experimentreihen gerechtfertigt ist. Für diese Zusammenfassung wurden die Karlsruher Experimente mit der in Emissionshöhe gemessenen Windgeschwindigkeit neu ausgewertet. Die Klassifizierung der Experimente nach Ausbreitungskategorien wurde nach dem Temperaturgradienten und der Windgeschwindigkeit vorgenommen. Bei drei von 19 Experimenten ergab sich dadurch eine Verschiebung der Zuordnung um eine Kategorienstufe gegenüber dem früheren Verfahren nach  $\sigma_\phi$ . Die für die Zusammenfassung vom KfK eingebrachten Daten sind in Tab. 7/8 aufgelistet.

Das Verfahren zur Zusammenfassung der Jülicher und Karlsruher Ausbreitungsparameter ist so angelegt, daß eine Glättung der Parameter erfolgt. Die Methode ist im KfK 3095/JÜL 1707 (H. Geiß, K. Nester, P. Thomas, K. J. Vogt; In der Bundesrepublik Deutschland experimentell ermittelte Ausbreitungsparameter für 100 m Emissionshöhe (Veröffentlichung 1981)) detailliert beschrieben. Die Abbildungen 7/2 und 7/3 enthalten die zusammengefaßten Parameter  $\sigma_y$  und  $\sigma_z$ . KfK 3095/JÜL 1707 enthält außerdem einen Vergleich mit Ergebnissen von Ausbreitungsexperimenten in St. Louis und Brookhaven. Die anhand der dortigen Experimente aufgestellten Ausbreitungsparameter liefern nur zum Teil vergleichbare Ergebnisse und sind deshalb für die Bundesrepublik kaum anwendbar.

Kategorie	Versuch	y		z	
		$\sigma_{oy}$	$p_y$	$\sigma_{oz}$	$p_z$
A	9	0,219	1,04	0,0165	1,45
A	19	1,59	0,76	0,0659	1,47
A	47	0,245	1,56	7,77	0,453
B	10	0,0357	1,26	0,000887	1,81
B	18	0,0833	1,32	1,34	0,636
B	20	1,77	0,776	0,00377	1,64
C	11	6,54	0,412	0,0233	1,28
C	14	1,12	0,671	0,152	0,950
C	17	5,69	0,444	0,111	1,02
C	34	0,242	0,864	0,00727	1,43
D	15	2,98	0,541	0,0954	1,02
D	24	0,590	0,761	0,0461	1,14
D	25	0,227	0,946	0,137	0,920
D	44	3,70	0,557	0,630	0,684
D	45	0,319	0,860	0,0356	1,23
E	23	2,32	0,734	0,733	0,608
E	43	3,78	0,480	1,82	0,494
E	48	1,74	0,858	3,10	0,402
E	50	0,000945	1,82	0,771	0,524
E	51	0,0502	1,32	2,37	0,402

Tab. 7/8: Einzelergebnisse der Karlsruher Ausbreitungsexperimente für die Zusammenfassung mit denen der KFA Jülich

#### 7.4.3 Abhängigkeit der Ausbreitungsparameter von der Emissionshöhe

Die experimentell ermittelten Ausbreitungsparameter zeigen, in Abhängigkeit von Emissionshöhe und Ausbreitungskategorie aufgetragen, keinen leicht überschaubaren Verlauf. Ein solcher ist aber für Ausbreitungsrechnungen aus folgenden Gründen nötig:

- Die Ausbreitungsparameter sollen durch Inter- oder Extrapolation für Emissionshöhen berechnet werden, die experimentell nicht erfaßt wurden.
- Die Ausbreitungsparameter sollen einem Turbulenzparameter, z. B. der Standardabweichung  $\sigma_\phi$  der vertikalen Windrichtung, kontinuierlich zugeordnet werden.

Um die Ausbreitungsparameter in eine überschaubare Abhängigkeit von der Emissionshöhe zu bringen, wird folgendermaßen verfahren: Die in den Einzelexperimenten ermittelten  $\sigma_{y,j,H}$  und  $\sigma_{z,j,H}$ , die zu einer Kategorie j und einer Emissionshöhe H gehören, werden jeweils durch Bildung des geometrischen Mittels zusammengefaßt und ergeben  $\overline{\sigma_{y,j,H}}$  und  $\overline{\sigma_{z,j,H}}$  bzw. die Faktoren  $\overline{\sigma_{oy,j,H}}$ ,  $\overline{\sigma_{oz,j,H}}$  und die Exponenten  $\overline{p_{y,j,H}}$  und  $\overline{p_{z,j,H}}$  (s. dazu Gln. 7-4 u. 7-5). Ebenso werden die zugehörigen  $\sigma_{\phi,j,H}$ -Werte (Standardabweichung der vertikalen Windrichtung) zu einem arithmetischen Mittelwert  $\overline{\sigma_{\phi,j,H}}$  zusammengefaßt. Berücksichtigt werden die Experimente bis einschließlich Nr. 67. Die Zahl der verwerteten Experimente bzw. Sammelperioden sind in

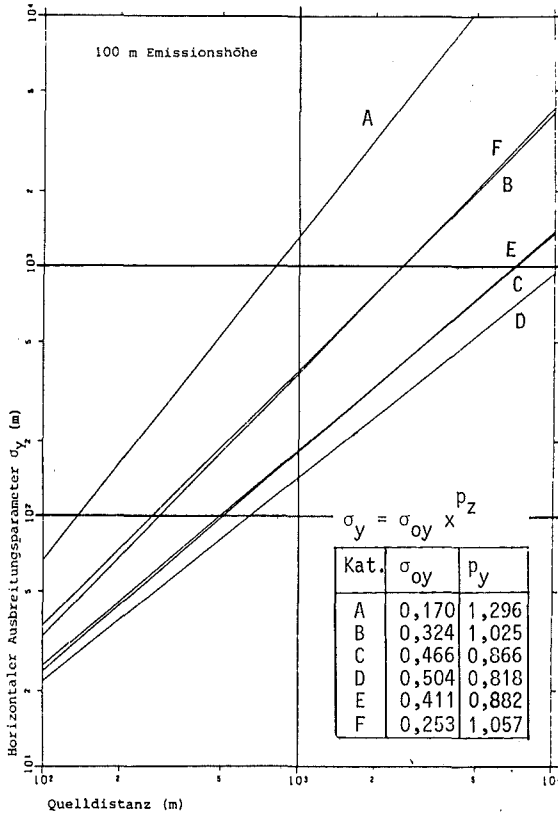


Abb. 7/2:  
Ausbreitungsparameter für die Emissionshöhe 100 m

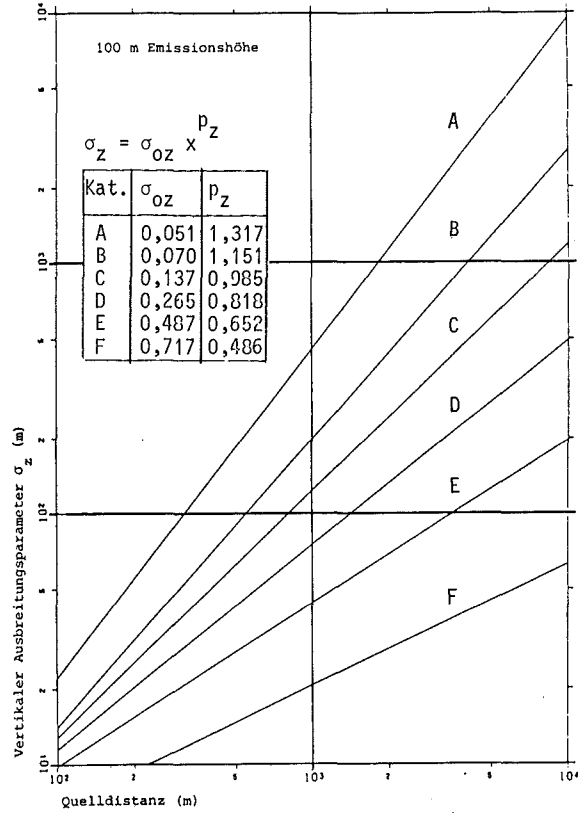


Abb. 7/3:

Tab. 7/9 angegeben. Anschließend wird ein Glättungsverfahren durchgeführt. Jedem Parameter  $\overline{\sigma_{y,j,H}}$  und  $\overline{\sigma_{z,j,H}}$  ist im allgemeinen ein verschiedenes  $\overline{\sigma_{\phi,j,H}}$  zugeordnet. Bei der Glättung werden die Parameter verschiedener Emissionshöhen auf ein mittleres  $\overline{\sigma_{\phi,j}}$  innerhalb der Kategorie j bezogen.  $\overline{\sigma_{\phi,j}}$  sei das arithmetische Mittel der  $\overline{\sigma_{\phi,j,H}}$  innerhalb einer Kategorie.

Bei der Glättung werden zunächst die Exponenten  $\overline{p_y}$  und  $\overline{p_{z,j}}$  nach folgenden Überlegungen gebildet: Die  $\sigma_{y,j,H}$ -Kurven der Einzelversuche sind mit zum Teil großen Unsicherheiten behaftet. Außerdem variieren die  $p_{y,j,H}$  innerhalb einer Kategorie beträchtlich. Schon bei der Ermittlung der  $\overline{p_{y,H}}$  war die Verwendung eines einheitlichen Exponenten für alle Kategorien am zweckmäßigsten. Auch eine Abhängigkeit von der Emissionshöhe ist nicht ersichtlich. Aus diesem Grunde wird aus den  $\overline{p_{y,j,H}}$  das arithmetische Mittel  $\overline{p_y}$  gebildet. Für die Exponenten  $\overline{p_{z,j,H}}$  läßt sich zwar keine Abhängigkeit von der Emissionshöhe, wohl aber von der Ausbreitungskategorie erkennen. Daher werden diese über den zugehörigen  $\overline{\sigma_{\phi,j,H}}$  aufgetragen und durch eine Gerade angenähert. Auf der Geraden werden nun für die einzelnen Kategorien bei  $\overline{\sigma_{\phi,j}}$  die für alle Höhen geltenden  $\overline{p_{z,j}}$  abgelesen.

Die Auswertung der Einzelversuche zeigt, daß in der Umgebung des Maximums der Tracerkonzentration die Fehlerbreiten der  $\sigma_{y,j,H}$  und  $\sigma_{z,j,H}$  am kleinsten sind. Es wird deshalb bei der Glättung angestrebt, die Quellentfernung  $x_{max}$  und den normierten Betrag  $S_{max}$  des Konzentrationsmaximums zu erhalten. Aus der Konzentrationsverteilung (doppelte Gaußfunktion) können die Werte  $x_{max}$  und  $S_{max}$  errechnet werden:

$$x_{max} = \left( \frac{H}{\sigma_{oz} \sqrt{r}} \right)^{1/p_z} \quad (7 - 1)$$



$$S_{\max} = \frac{1}{\pi \sigma_{oy} \sigma_{oz}} \left( \frac{\sigma_{oz} \sqrt{r}}{e} \right)^r \quad (7 - 2)$$

$$r = \frac{p_y + p_z}{p_z} \quad (7 - 3)$$

$$\sigma_y = \sigma_{oy} \times p_y \quad (7 - 4)$$

$$\sigma_z = \sigma_{oz} \times p_z \quad (7 - 5)$$

e = Basis des natürlichen Logarithmus  
 H = Emissionshöhe  
 x = Quellentfernung

Die Standardabweichungen  $\overline{\sigma_{\phi,j,H}}$  sind in den Abbn. 7/4 und 7/5 in Abhängigkeit von  $x_{\max}$  und  $S_{\max}$  aufgetragen und durch Polygonzüge verbunden. In Abhängigkeit der Emissionshöhe werden für die verschiedenen Kategorien nun die zu den  $\overline{\sigma_{\phi,j}}$  gehörenden  $x_{\max}$  und  $S_{\max}$  abgelesen und mit Hilfe der Gleichungen (7 - 1) und (7 - 2) die  $\overline{\sigma_{oz,j,H}}$  und  $\overline{\sigma_{oy,j,H}}$  bestimmt. Die vorher gewonnenen  $\overline{p_y}$  und  $\overline{p_z,j}$  werden dabei verwendet. Die Abhängigkeit der Ausbreitungsparameter von der Emissionshöhe steckt nun in den Faktoren  $\overline{\sigma_{oy,j,H}}$  und  $\overline{\sigma_{oz,j,H}}$ . Diese sind in den Abbn. 7/6 und 7/7 über der Emissionshöhe H aufgetragen.

Die Ergebnisse erlauben folgende Schlußfolgerungen:

- Das Konzentrationsmaximum  $S_{\max}$  (s. Abb. 7/5) steigt mit wachsender Turbulenzintensität nur bis zur Kategorie C an.
- Der horizontale Ausbreitungsparameter  $\sigma_y$  (s.  $\overline{\sigma_{oy}}$ , Abb. 7/6) nimmt mit wachsender Emissionshöhe bis 160 m ab. Bei größeren Emissionshöhen ist keine weitere Abnahme zu erkennen.
- Der vertikale Ausbreitungsparameter  $\sigma_z$  (s.  $\overline{\sigma_{oz}}$ , Abb. 7/7) nimmt nur bei Kategorie D mit wachsender Emissionshöhe geringfügig ab. Bei den Kategorien A bis C nimmt  $\sigma_z$  von 60 m bis 100 m Emissionshöhe ab und steigt zu größeren Emissionshöhen wieder an.

Kategorie	Emissionshöhe			
	60 m	100 m	160 m	195 m
A	2 (2)	3 (7)	1 (2)	1 (2)
B	1 (2)	3 (7)	4 (6)	4 (6)
C	4 (10)	3 (11)	4 (7)	4 (7)
D	6 (10)	8 (22)	4 (8)	1 (2)
E	3 (5)	3 (6)		
F	2 (4)			

Tab. 7/9: Zahl der verwerteten Experimente (Zahl der Sammelperioden) in Abhängigkeit von Ausbreitungskategorie und Emissionshöhe

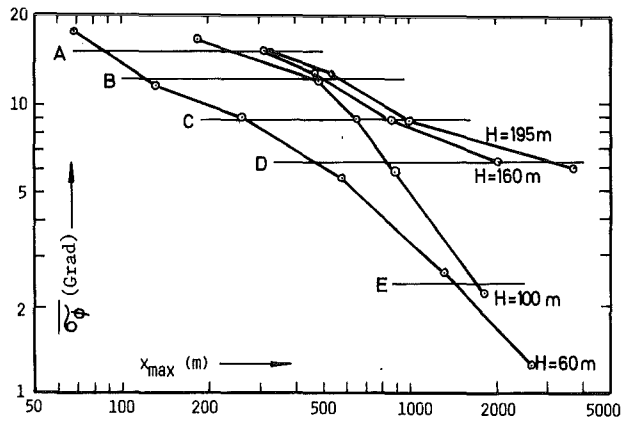


Abb. 7/4: Standardabweichung  $\sigma_\phi$  der vertikalen Windrichtung als Funktion des Quellabstandes  $x_{max}$  der Maximalkonzentration

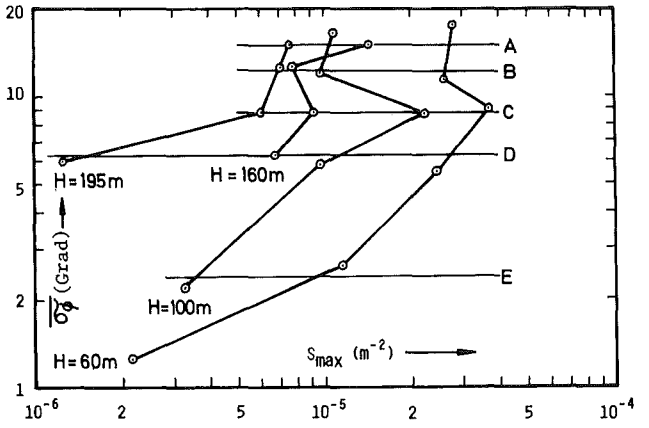


Abb. 7/5: Standardabweichung  $\sigma_\phi$  der vertikalen Windrichtung als Funktion des Maximums  $S_{max}$  der Konzentration

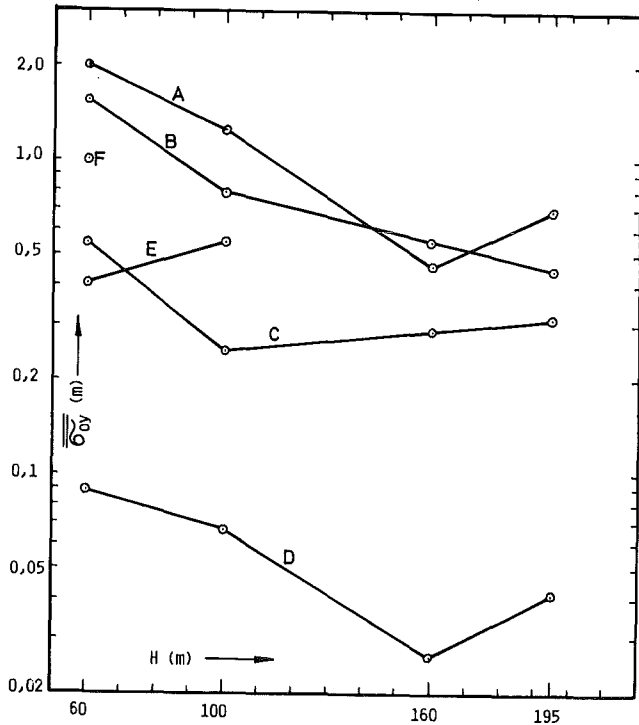


Abb. 7/6: Faktor  $\sigma_{oy}$  des horizontalen Ausbreitungsparameters in Abhängigkeit der Emissionshöhe  $H$

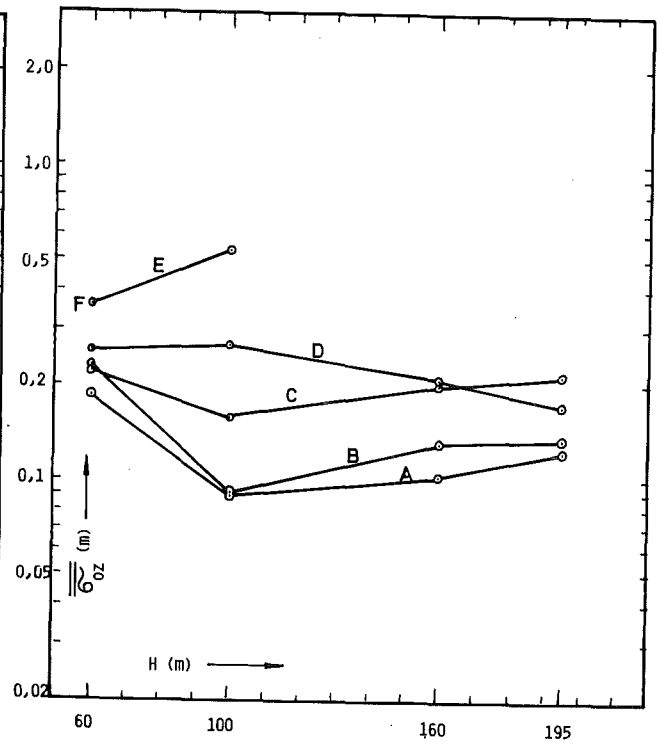


Abb. 7/7: Faktor  $\sigma_{oz}$  des vertikalen Ausbreitungsparameters in Abhängigkeit der Emissionshöhe  $H$

#### 7.4.4 Inter- und Extrapolation der Ausbreitungsparameter

##### 7.4.4.1 Interpolation

Für die Standardhöhen 50 m, 100 m und 180 m liegen experimentell untermauerte Ausbreitungsparameter in Form von Potenzfunktionen vor. Für Zwischenhöhen werden ebenfalls Ausbreitungsparameter benötigt. Es wurde vorgeschlagen, diese durch Interpolation zu ermitteln. Das Interpolationsverfahren ist nachfolgend angegeben. Es garantiert, daß zwei wichtige Parameter - der Betrag  $S_{\max}$  und der Abstand  $x_{\max}$  der normierten Maximalkonzentration - bei den Zwischenhöhen physikalisch sinnvolle Werte haben.

Es sei  $H_u$  die untere,  $H_o$  die obere Höhe, in der Ausbreitungsparameter vorliegen. Nach Gleichung (7 - 1) kann  $x_{\max,u}$  und  $x_{\max,o}$ , nach Gleichung (7 - 2)  $S_{\max,u}$  und  $S_{\max,o}$  jeweils für  $H_u$  und  $H_o$  berechnet werden.

Für die Berechnung der interpolierten Ausbreitungsparameter in der Zwischenhöhe  $H_i$  ist folgendermaßen zu verfahren:

$p_{y,i}$  und  $p_{z,i}$  werden linear interpoliert.

$$p_{y,i} = \frac{(H_i - H_u) p_{y,o} + (H_o - H_i) p_{y,u}}{H_o - H_u} \quad (7 - 6)$$

$$p_{z,i} = \frac{(H_i - H_u) p_{z,o} + (H_o - H_i) p_{z,u}}{H_o - H_u} \quad (7 - 7)$$

$$r_i = \frac{p_{z,i} + p_{y,i}}{p_{z,i}} \quad (7 - 8)$$

$\sigma_{oz,i}$  wird mit Hilfe des geometrisch interpolierten  $x_{\max,i}$  berechnet:

$$x_{\max,i} = (x_{\max,o})^{\frac{H_i - H_u}{H_o - H_u}} \cdot (x_{\max,u})^{\frac{H_o - H_i}{H_o - H_u}} \quad (7 - 9)$$

$$\sigma_{oz,i} = \frac{H_i}{(x_{\max,i})^{p_{z,i}} \cdot \sqrt{r_i}} \quad (7 - 10)$$

$\sigma_{oy,i}$  wird mit Hilfe des geometrisch interpolierten  $S_{\max,i}$  berechnet:

$$S_{\max,i} = (S_{\max,o})^{\frac{H_i - H_u}{H_o - H_u}} \cdot (S_{\max,u})^{\frac{H_o - H_i}{H_o - H_u}} \quad (7 - 11)$$

$$\sigma_{oy,i} = \frac{1}{\pi S_{\max,i} \sigma_{oz,i}} \left( \frac{\sigma_{oz,i}}{H_i} \sqrt{\frac{r_i}{e}} \right)^{r_i} \quad (7 - 12)$$

Die interpolierten Ausbreitungsparameter  $\sigma_y(H_i)$  und  $\sigma_z(H_i)$  können damit nach Gleichungen (7 - 4) und (7 - 5) ermittelt werden.

#### 7.4.4.2 Extrapolation

Große Schadstoffemittenten konventioneller Art besitzen heute Kaminhöhen von 200 m bis 300 m. Auf die Abgasfahne wirkt außerdem der thermische Auftrieb der heißen Rauchgase. Die Fahnenachse erreicht damit Höhen von einigen 100 Metern und stößt in Schichten vor, in denen bisher keine systematischen Ausbreitungsexperimente durchgeführt wurden. Für derartige Höhen werden aber Ausbreitungsparameter benötigt. Deshalb wurde versucht, die Ausbreitungsparameter der niedrigeren Emissionshöhen auf eine Höhe von 400 m zu extrapolieren.

Bei der Extrapolation wurde vorausgesetzt, daß die Exponenten  $p_y$  und  $p_z$  der Quellhöhe von 180 m auch für größere Quellhöhen gelten. Es waren nur noch die Vorfaktoren  $\sigma_{oy}$  und  $\sigma_{oz}$  zu extrapolieren. Dazu wurden ähnlich wie unter 7.4.4.1 beschrieben,  $x_{max}$  und  $S_{max}$  auf 400 m logarithmisch extrapoliert. Basis für die Extrapolation waren die  $x_{max}$ - und  $S_{max}$ -Werte der Standardhöhen 50 m (KFA-Satz), 100 m (kombinierter KFA/KfK-Parametersatz) und 180 m (KfK-Satz). Für die Kategorien C bis F wurden die Regressionsgeraden

$$\log x_{max} = a_x \log H + b_x$$

$$\log S_{max} = a_s \log H + b_s$$

berechnet. Diese erlauben die Bestimmung von  $x_{max}$  und  $S_{max}$  für die Quellhöhe von 400 m. Über die Gleichungen (7 - 10) und (7 - 12) lassen sich die Vorfaktoren  $\sigma_{oz}$  und  $\sigma_{oy}$  der Ausbreitungsparameter für  $H_i = 400$  m Höhe errechnen. Die Extrapolation für die Kategorien A und B konnte auf die zuvor genannte Weise nicht durchgeführt werden, da die Höhenabhängigkeit von  $x_{max}$  und  $S_{max}$  sich nur schlecht durch die oben angegebene Regressionsgerade annähern ließ. Aus Plausibilitätsgründen wurden die Parameter für die Höhe 180 m auch für 400 m Höhe verwendet. Für die Kategorie F lieferte die Extrapolation des  $S_{max}$  im Vergleich zu 180 m ein zu großes  $\sigma_y$ . Da außerdem die Experimente von 160 m und 195 m andeuten, daß allgemein bei den anderen Kategorien keine wesentliche Änderung der  $\sigma_y$ -Kurven mit zunehmender Höhe zu erwarten ist (s. Kap. 7.4.3), erscheint es zweckmäßig, die  $\sigma_y$ -Parameter für 180 m Quellhöhe auch für 400 m Quellhöhe zu verwenden. Damit beschränkt sich die Extrapolation auf das  $\sigma_z$  mit Hilfe des  $x_{max}$  für die Kategorien C bis F. Die sich damit ergebenden Ausbreitungsparameter  $\sigma_z$  für 400 m Quellhöhe sind in Abb. 7/8 im Vergleich zu denen von 180 m Höhe dargestellt.

### 7.5 Tetroonflüge

P. Thomas, S. Vogt

#### 7.5.1 Durchführung

Die Untersuchungen zur Ausbreitung von Schadstoffen im Mesoscale wurden Anfang Oktober mit einer Tetroonflugserie im Rheintal fortgesetzt. Die Tetroons wurden vom Radar des geophysikalischen Meßzugs Neuhausen o. E. verfolgt. Bei starken westlichen Winden erwies sich der Startplatz Minfeld (Pfalz) als gut geeignet. Es wurden an einem Tag fünf Flüge durchgeführt, davon zwei bei Dunkelheit (s. Tab. 7/10). Alle Tetroons waren mit passiven Reflektoren ausgestattet. Abb. 7/9 zeigt die auf den Erdboden projizierten Flugbahnen über einer topographischen Karte des überflogenen Geländes. Transponder kamen 1980 nicht zum Einsatz. Die Lieferfirma erhielt den Auftrag, auf der Grundlage der in der ersten Entwicklungsphase gewonnenen Erfahrungen weitere fünf Mustertransponder zu entwickeln und nach deren erfolgreichem Test eine Serie von 50 Stück herzustellen.

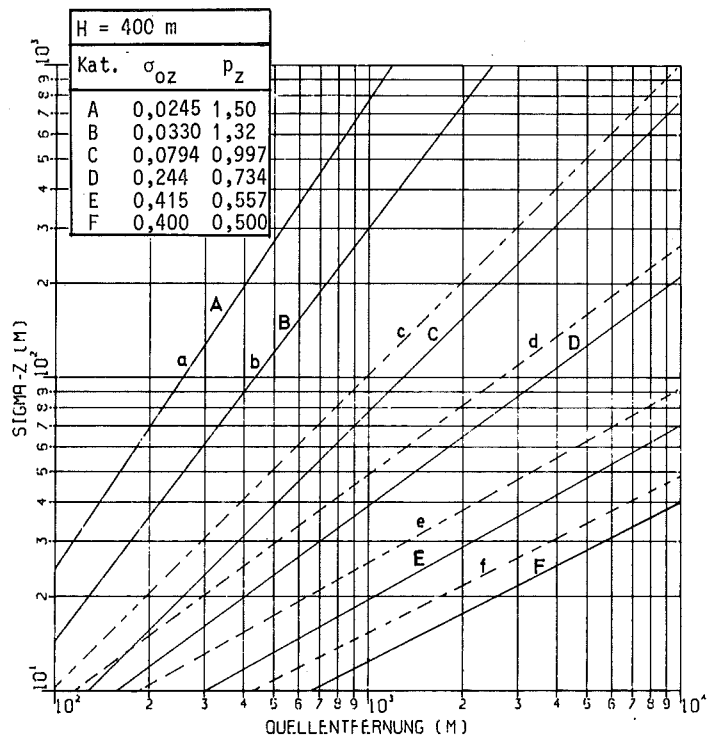


Abb. 7/8: Vertikale Ausbreitungsparameter  $\sigma_z$   
 ————— H = 400 m, Kategorien A...F  
 - - - - - H = 180 m, Kategorien a...f

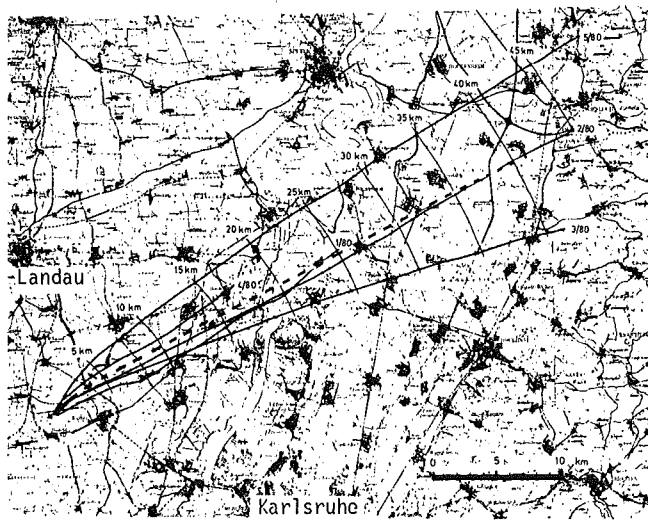


Abb. 7/9: Trajektorien der Tetraonflüge

Nr.	Startzeit	mittlere Geschwindigkeit in m/s	mittlere Flughöhe in m	Radarkontakt ging verloren bei		Fundort
				Schrägentfernung in km	Flugzeit in min	
1/80	08.10.80 14.30 h	8,7	250	26	50	Philippsburg
2/80	08.10.80 16.10 h	13,7	1000	46	55	-
3/80	08.10.80 17.30 h	15,8	1000	41	43	Amorbach
4/80	08.10.80 18.35 h	12,3	400	17	23	Rülzheim
5/80	08.10.80 19.30 h	12,8	850	49	64	-

Tab. 7/10: Daten der Tetroonflüge

### 7.5.2 Auswertung

Wie im Jahresbericht 1979 der HS, KfK 2939, S. 186 ausgeführt, wird aus den Trajektorien zeitlich nacheinander gestarteter Tetroons der horizontale Ausbreitungsparameter  $\sigma_y$  bestimmt. Während einer Flugserie kann der horizontale Ausbreitungsparameter gleich der Varianz

$$\sigma_y^2 = (N - 1)^{-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2$$

gesetzt werden. Die zur Ausbreitungsrichtung senkrechten Koordinaten  $y_i$  werden in jeweils radialen Entfernungen vom Startplatz ermittelt (s. Abb. 7/9). Die ermittelten  $\sigma_y$  beziehen sich dabei auf eine mittlere Trajektorie (in Abb. 7/9 gestrichelt),

Die ermittelten  $\sigma_y$ -Werte sind in Abb. 7/10 eingetragen. Die durchgezogene Kurvenschar wurde durch Tracerexperimente mit Emissionshöhen von 160 m und 195 m im KfK ermittelt (Jahresbericht 1978 der AS, KfK 2775). Der gestrichelte Bereich ist extrapoliert. Die Steigung dieser Kurvenschar beträgt 0,87. Aus den fünf Tetroonflügen ergibt sich ebenfalls eine Steigung zu 0,87. Die Ausbreitungskategorie lag infolge der hohen Windgeschwindigkeiten am 08.10.1980 während aller Flüge bei D. Für Tetroonflüge in den USA ist in D. H. Slade, TID-24190, Seite 181 (1968), ein Wert von 0,84 veröffentlicht.

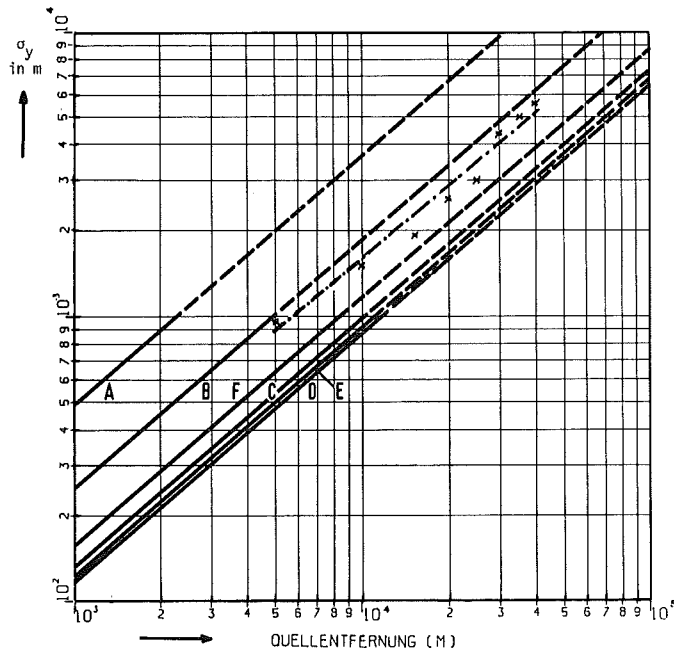


Abb. 7/10: Horizontaler Ausbreitungsparameter  $\sigma_y$   
 - · - · - · Tetraonflüge 1/80 bis 5/80  
 — Tracerexperimente  
 - - - Tracerexperimente extrapoliert

### 7.6 Überlagerung von Kühlturm- und Abgasfahnen

K. Nester

Das Modell zur Berechnung der dynamischen Überlagerung von Kühlturm- und Abgasfahnen ist in der ersten Version fertiggestellt. Diese erlaubt Überlagerungsrechnungen bei beliebiger Anordnung von Kühlturm- und Abgaskamin. Bei der dynamischen Überlagerung beeinflusst die Sekundärströmung der Kühlturmfahne die Ausbreitung der Abgasfahne. Ein Aufstieg der Abgasfahne aufgrund der Austrittsgeschwindigkeit und der Über-temperatur ist nicht berücksichtigt.

Die Sekundärströmung  $w_f$ ,  $v_f$  der Kühlturmfahne wird mit dem Modell WALKÖRE berechnet. Das eigentliche Überlagerungsmodell verwendet diese Ergebnisse als Eingabe und löst die Differentialgleichung (7 - 13) der Konzentration  $c$  numerisch.

$$u \frac{\partial c}{\partial x} + v_f \frac{\partial c}{\partial y} + w_f \frac{\partial c}{\partial z} = K_y(x) \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + K_z(x) \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \quad (7 - 13)$$

Dieser einfache Ansatz wurde gewählt, um einen Vergleich mit dem Gaußmodell zu ermöglichen. Die obige Gleichung liefert die Gaußverteilung, falls man  $v_f = w_f = 0$  setzt. Für die Diffusionskoeffizienten  $K_i$  gilt die Beziehung

$$K_i = u \frac{1}{2} \frac{d}{dx} \sigma_i^2(x), \quad i = y, z \quad (7 - 14)$$

Die Diffusionskoeffizienten hängen von der atmosphärischen Turbulenz ab; diese wird üblicherweise als Ausbreitungskategorie angegeben.

Die Problematik bei der Überlagerung besteht darin, daß die  $\sigma$ -Parameter aus Messungen am Boden abgeleitet wurden. Es ist keineswegs gewährleistet, daß diese Parameter auch für die Höhe gelten, in der die Überlagerung stattfindet. Außerdem spielen die langwelligen Anteile der turbulenten atmosphärischen Bewegungen bei der Überlagerung erst in größerer Entfernung von der Quelle eine Rolle. Die Abgasfahne führt in Quellnähe Mäanderbewegungen aus, die nicht zur Vermischung beitragen. Die Mäanderbewegung beeinflusst die mittlere, nicht dagegen die momentane Bodenkonzentration. Streng genommen, müßte deshalb der Einfluß langwelliger und kurzweiliger turbulenter Bewegungen getrennt behandelt werden.

Die bisher durchgeführten Rechnungen basieren auf experimentell bestimmten  $\sigma$ -Parametern. Um den oben erwähnten Effekt klein zu halten, wurden die Rechnungen für die Kategorie D durchgeführt. Es wurden fünf verschiedene Anordnungen von Kühlturm und Kamin durchgerechnet (s. Abb. 7/11).

Der 130 m hohe Naturzug-Naßkühlturm hat eine Abwärmeleistung von 1000 MW. Die Kaminhöhe beträgt 100 m. Die Quellstärke wurde mit 1 g/s angenommen. Die mittlere Windgeschwindigkeit  $u$  lag bei etwa 7 m/s. Abb. 7/12 enthält eine Gegenüberstellung der maximalen Schadstoffkonzentration am Boden für die fünf betrachteten Anordnungen mit der entsprechenden Kurve der Gaußverteilung ("ohne Kühlturm").

Bei den Anordnungen 4 und 5 wird die Abgasfahne in die Kühlturmfahne einbezogen und steigt in größere Höhen auf. Dadurch erniedrigt sich die Maximalkonzentration am Boden gegenüber dem unbeeinflussten Fall erheblich. Ist der Kamin bezüglich der Ausbreitungsrichtung um 200 m versetzt (Anordnung 1, 2 und 3), erhöht sich der Betrag der maximalen Konzentration; außerdem verlagert sich das Maximum in allen Fällen nur wenig. Bei diesen Abständen von Kamin und Kühlturm gerät die Abgasfahne in den Abwindbereich der Kühlturmfahne, wodurch die Abgasfahne leicht zum Boden gedrückt wird.

Die Ergebnisse zeigen, daß die Anordnung von Kühlturm und Kamin in bezug auf die Windrichtung eine wesentliche Rolle bei der Überlagerung von Kühlturm- und Abgasfahne spielt. Bei den betrachteten Fällen konnten eine Erhöhung der Maximalkonzentration um 40 %, aber auch eine Reduzierung um eine Größenordnung festgestellt werden.

## 7.7 Unfallfolgenmodell der Deutschen Risikostudie Kernkraftwerke

W. Hübschmann, S. Vogt, P. Wittek

### 7.7.1 Stand der Arbeiten

Im Jahr 1980 wurde die Phase A endgültig abgeschlossen. Die ausführlichen Fachbände mit der genauen Modellbeschreibung und allen Teilergebnissen sowie eine Programmbeschreibung werden Anfang 1981 erscheinen.

Die im Hauptband und im Fachband 8 dargestellten Ergebnisse weichen teilweise voneinander ab. Dies ist auf



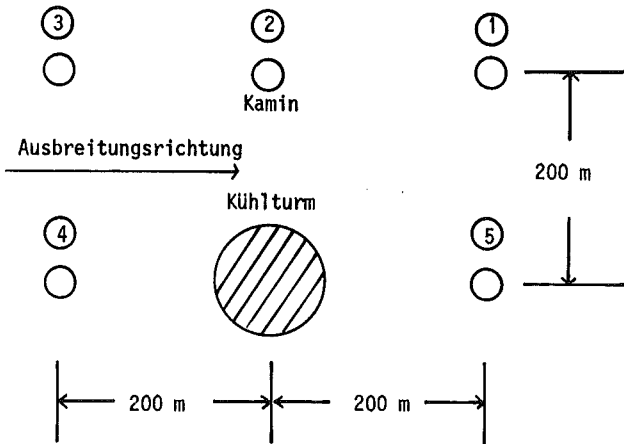


Abb. 7/11: Kühlturm/Kamin-Anordnung

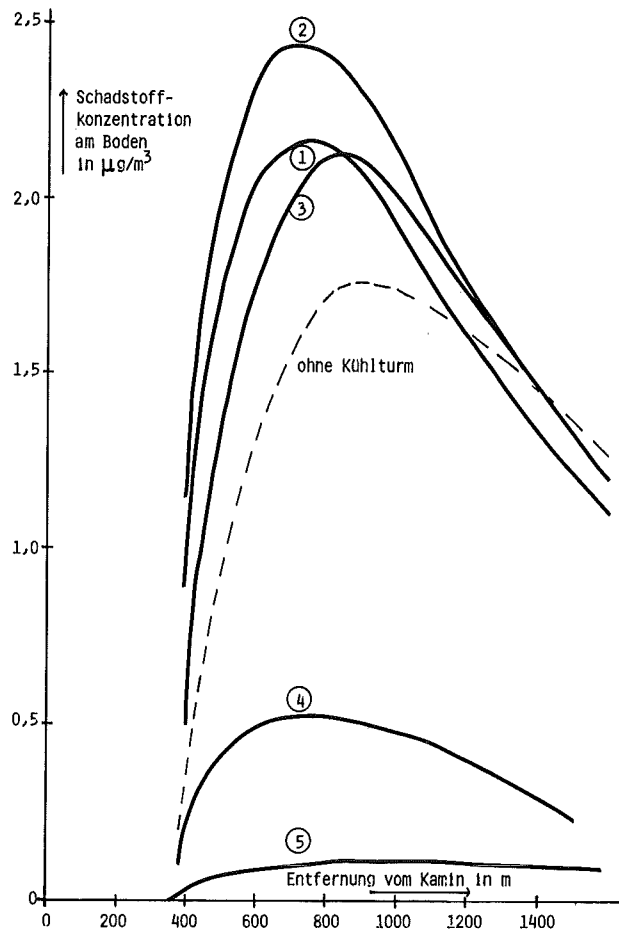


Abb. 7/12: Maximale Schadstoffkonzentration am Boden

einige Korrekturen im Unfallfolgenmodell sowie auf geänderte Eingabedaten zurückzuführen. Die wichtigsten Änderungen sind:

- genaue Berechnung der Aufstiegshöhe,
- Einführung einer Mindestwindgeschwindigkeit,
- Korrektur von Dosisfaktoren,
- korrigierte Bevölkerungsdaten bzw. Standortkoordinaten,
- Berücksichtigung von Meeresflächen bei Ermittlung der Bevölkerungsdichte.

In Tab. 7/11 sind die charakteristischen Größen der komplementären Häufigkeitsverteilungen der Frühschäden und Spätschäden aus Hauptband und Fachband gegenübergestellt.

### 7.7.2 Internationales Projekt "Vergleich von Unfallfolgenmodellen für Reaktor-Risiko-Studien"

Auf gemeinsame Initiative der Sandia Laboratories und des Kernforschungszentrums Karlsruhe wird ein internationales Projekt "Benchmark Problem on Consequence Models" durchgeführt. Die OECD/NEA hat die Schirmherrschaft über dieses Projekt übernommen. Es sind 25 Forschungsinstitutionen aus 16 Ländern beteiligt. Die wichtigsten Ziele sind:

- einen vollständigen Überblick über alle existierenden Rechenmodelle zu gewinnen,
- die modellbedingten Unsicherheiten bzw. Fehlerbandbreiten abzuschätzen und
- Prioritäten für zukünftige Forschungsarbeiten zu setzen.

Das Projekt ist in sieben Teilaufgaben untergliedert, wie u. a. Vergleich der atmosphärischen Ausbreitungsmodelle, der Dosismodelle, der Modelle zur Berechnung gesundheitlicher Schäden, Vergleich von Standort-spezifischen Ausbreitungsrechnungen auf der Basis der konkreten Topographie.

Diese Teilaufgaben werden von sieben Koordinatoren betreut, von denen zwei dem Kernforschungszentrum angehören. Die ersten Teilaufgaben sind bereits ausgewertet. Dabei zeigte sich, daß es möglich ist, das komplexe Zusammenspiel sehr unterschiedlicher Modelle und Modellannahmen transparent zu machen.

Als Beispiel wird ein Ergebnis der ersten Teilaufgabe dargestellt. Für vorgegebene Freisetzungsdaten und Wetterbedingungen ist das zeitliche Integral der bodennahen Luftkonzentration zu berechnen. Abb. 7/13 zeigt die von den 25 Teilnehmern errechnete Aktivitätskonzentration C in der Luft in Abhängigkeit von der Entfernung x. Der Streubereich von etwa einem Faktor 10 wird hauptsächlich durch die unterschiedlichen Ausbreitungsparameter verursacht.

		Freisetzungskategorie							
		FK1	FK2	FK3	FK4	FK5	FK6	FK7	FK8
<u>Kollektive Fröhschäden <math>KS_f</math></u>									
Maximum $KS_{f,max}$	HB	14 500	5 100	320	260	0	0	0	0
	FB	16 600	5 700	200	50	0	0	0	0
Mittel $\overline{KS_f}$	HB	9	32	2	0,4	0	0	0	0
	FB	8	8	0,1	0,06	0	0	0	0
Wahrscheinlichkeit, daß $KS_f > 1$	HB	7,1 %	33,1 %	8,2 %	2,8 %	0	0	0	0
	FB	4,7 %	24,5 %	1,1 %	0,9 %	0	0	0	0
Wahrscheinlichkeit, daß $KS_f > \overline{KS_f}$	HB	3,5 %	2,1 %	7,2 %	2,8 %	0	0	0	0
	FB	3,0 %	10,0 %	6,0 %	3,0 %	0	0	0	0
<u>Kollektive Spätschäden <math>KS_s</math></u>									
Maximum $KS_s$	HB	104 000	44 000	11 300	3 700	1 500	1 200	7 000	< 1
	FB	107 800	36 600	11 500	4 000	1 600	1 100	6 900	< 1
Mittel $\overline{KS_s}$	HB	49 000	22 000	5 000	1 600	660	420	2 400	0,02
	FB	43 100	19 100	4 400	1 200	600	400	2 200	-
Minimum $KS_{s,min}$	HB	3 200	1 000	160	30	160	80	130	0
	FB	160	180	50	11	18	8	15	0
Wahrscheinlichkeit, daß $KS_s > \overline{KS_s}$	HB	72,3 %	56,5 %	49,6 %	48,4 %	44,4 %	52,8 %	57,2 %	-
	FB	64,0 %	56,0 %	58,0 %	55,0 %	57,0 %	58,0 %	55,0 %	-

Tab. 7/11: Charakteristische Werte der Kollektivschäden im Haupt- (HB) und Fachband (FB)

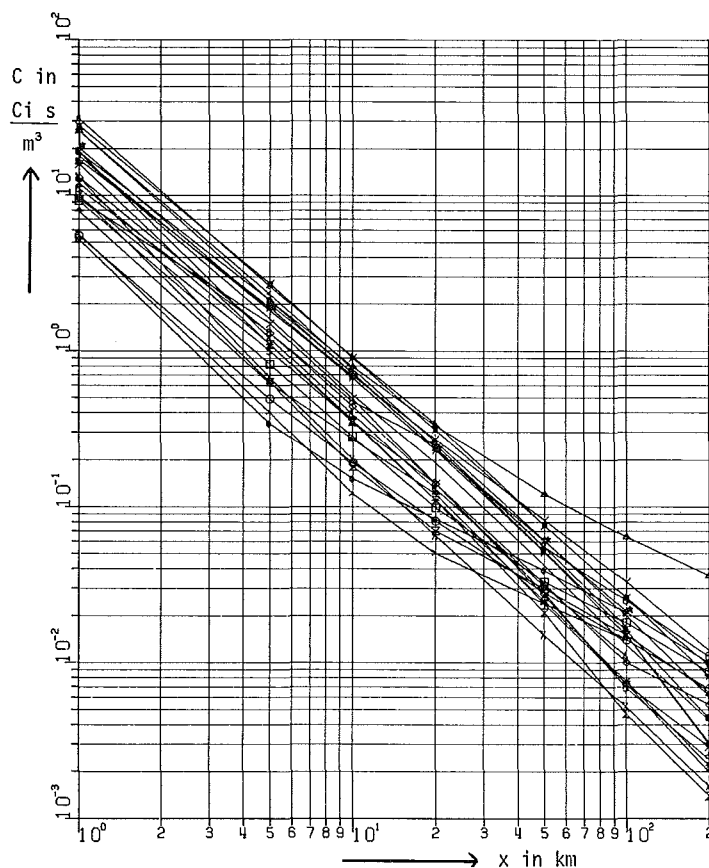


Abb. 7/13: Von 25 Teilnehmern errechnete Aktivitätskonzentration der Luft. Freisetzungskategorie BMR 1, Stabilitätskategorie D

### 7.8 Dosisfaktoren für Aktiniden-Gemische

D. Papadopoulos, W. Hübschmann

In Genehmigungsverfahren wird von seiten der Behörde eine Berechnung mit den vom Bundesminister des Innern empfohlenen Dosisfaktoren verlangt. Diese - im folgenden mit BMI bezeichnet - basieren zum Teil auf der ICRP-Publikation 2 (1959), die sich auf das "alte" Lungenmodell stützt (pauschale Rückhaltefaktoren für die einzelnen Organe). Im Jahr 1979 wurde der erste Teil der ICRP-Publikation 30 herausgegeben. Darin ist das "neue" Lungenmodell übernommen und beschrieben. Die Merkmale dieses Lungenmodells sind: Die Partikelgröße der Aerosole, die chemische Bindung und die Verweildauer entsprechend der Partikelgröße und chemischen Bindung in den Atemweg-Bereichen werden berücksichtigt, der Transport der inhalierten Partikel ins Blut und die kritischen Organe ist detailliert beschrieben. Es werden nicht die Knochen als Gesamtheit, sondern die Knochenoberfläche der Resorptions-Höhlungen und das rote Knochenmark als kritische Organe für  $\alpha$ -Strahler (z. B. Pu-Isotope) angegeben. Es ist zu betonen, daß zwischen den Dosisfaktoren nach BMI und nach ICRP-30 nicht nur quantitative Abweichungen bestehen, sondern auch die Modellvorstellungen sind verschieden. Um diese Dosisfaktoren quantitativ vergleichen zu können, wird angenommen, daß die mittlere Partikelgröße um  $1 \mu\text{m}$  liegt.

7.8.1 Dosisfaktoren für Nuklidgemische der PUTE und des MAW-Labors

Im Rahmen von Unfallanalysen für den Pu-Teststand (PUTE) und das MAW-Labor waren die Strahlendosen durch Inhalation eines infolge Brandes freigesetzten Nuklidgemisches zu ermitteln. Die resultierenden Dosisfaktoren für Gesamtkörper und Knochen werden hauptsächlich durch das Pu-Inventar bestimmt. Es ist anzunehmen, daß beim Brand das Pu als Oxid freigesetzt wird. In ICRP-30 Suppl. to Part 1 sind u. a. die "gewichteten" Inhalationsdosisfaktoren für Pu-Isotope der Klasse Y (Oxide) angegeben. Die Summe der gewichteten Dosisfaktoren aller relevanten Organe ergibt den "effektiven Gesamtdosisfaktor" jedes Nuklids. Dieser Faktor ist vergleichbar mit dem Ganzkörperdosisfaktor nach BMI.

Tab. 7/12 enthält die Dosisfaktoren nach BMI und die "effektiven Gesamtdosisfaktoren" nach ICRP-30 für die Pu-Gemische des DWR und SWR, die für die PUTE-Emission angenommen wurde. Die effektiven Gesamtdosisfaktoren sind um den Faktor 2,5 größer als die für den Ganzkörper nach BMI. Nach BMI ist allerdings nicht der Ganzkörper, sondern sind die Knochen das kritische Organ. Die Dosisfaktoren für Knochen dagegen sind konservativ, verglichen mit den Dosisfaktoren nach ICRP-30 für die Knochenoberfläche oder das rote Knochenmark.

Nuklid	Aktivitäts-Anteil in %	DWR-Gemisch				SWR-Gemisch				
		Dosisfaktor in $\frac{\text{rem m}^3}{\text{Ci s}}$ (in $\frac{\text{nSv m}^3}{\text{Bq s}}$ )				Dosisfaktor in $\frac{\text{rem m}^3}{\text{Ci s}}$ (in $\frac{\text{nSv m}^3}{\text{Bq s}}$ )				
		BMI Ganzkörper	BMI Knochen	BMI Lunge	ICRP-30 effektive Ges.-Dosis	BMI Ganzkörper	BMI Knochen	BMI Lunge	ICRP-30 effektive Ges.-Dosis	
Pu-238	2,086									1,819
Pu-239	0,277									0,299
Pu-240	0,465	1440 (0,39)	71300 (19,3)	1430 (0,386)	3340 (0,90)	1360 (0,367)	68100 (18,4)	1310 (0,354)	3320 (0,896)	0,473
Pu-241	97,17									97,408
Pu-242	0,002									0,001

Tab. 7/12: Inhalationsdosisfaktoren für Pu-Gemische (Atemrate 20 m³/d)

7.8.2 Dosisfaktoren der Nuklidgruppe A

Für die Berechnung der Umgebungsbelastung durch die Emission der Nuklidgruppe A ( $\alpha$ -Aktivität) wurde für HDB, IHCh und WAK ein Aktiniden-Gemisch aus abgebrannten Brennelementen (s. Tab. 7/13), für die übrigen Emittenten reines Pu-239 angenommen. Durch die ICRP-Empfehlungen 26 und 30 (speziell durch die Wichtungsfaktoren und die gewichteten Dosisfaktoren) ist die Voraussetzung gegeben, die Vorstellung der "kritischen Organe" und ihrer Dosisbegrenzung zu verlassen und statt dessen für jedes Nuklid den "effektiven Gesamtdosisfaktor" bei der Dosisberechnung zu verwenden. Dieses Verfahren wird durch die geänderten EG-Grundnormen unterstützt. In ICRP-30 sind u. a. die Dosisfaktoren der Aktiniden angegeben. Verbindungen der Klasse Y (z. B. Oxide, Aufenthaltsdauer in der Lunge im Bereich eines Jahres [year]) belasten hauptsächlich die Lunge, diejenigen der Klasse D (Aufenthaltsdauer im Bereich von Tagen [day]) oder W (z. B. Nitrate, Aufenthaltsdauer im Bereich von Wochen [week]) belasten vor allem die Knochenoberflächen. Für diese Klassen wurden die Dosisfaktoren in Tab. 7/13 nach der Nuklidzusammensetzung gewichtet. Um die Tendenz der ICRP-Empfehlungen deutlich zu machen, sind in Tab. 7/13 auch die Dosisfaktoren nach BMI eingetragen. Vergleichbar sind die Dosisfaktoren für Knochen mit denjenigen für Knochenoberflächen und die Dosisfaktoren für Ganzkörper mit den "effektiven Gesamtdosisfaktoren".

Nuklid	Aktivitäts-Anteil in %	Inhalations-Dosisfaktoren in $\frac{\text{rem m}^3}{\text{Ci s}}$ (in $\frac{\text{nSv m}^3}{\text{Bq s}}$ )						
		Lunge		Knochen- oberfläche	Knochen	effekt. Gesamtdosis		Ganzkörper BMI
		ICRP Klasse Y	BMI unlöslich	ICRP-30 Klasse D,W	BMI löslich	ICRP-30 Klasse D,W	ICRP-30 Klasse Y	
Pu-239	100	280000 (75,6)	49000 (13,2)	$2,2 \cdot 10^6$ (594)	$1,6 \cdot 10^6$ (430)	120000 (32,4)	77000 (20,8)	33000 (8,9)
U-234	0,011	110000 (29,7)	33000 (8,9)	$1,6 \cdot 10^6$ (430)	$0,92 \cdot 10^6$ (248)	89000 (24,0)	37000 (10,0)	27000 (7,3)
U-236	0,004							
U-238	0,004							
Np-237	0,006							
Pu-236	0,003							
Pu-238	41,665							
Pu-239	4,398							
Pu-240	6,618							
Pu-242	0,021							
Am-241	7,830							
Am-243	0,275							
Cm-242	4,793							
Cm-243	0,053							
Cm-244	34,313							
Cm-245	0,006							

Tab. 7/13: Inhalations-Dosisfaktoren der Nuklidgruppe A (Atemrate 20 m<sup>3</sup>/d)

### 7.9 Strahlenbelastung der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe

S. Honcu, W. Hübschmann, D. Papadopoulos

#### 7.9.1 Strahlenbelastung im Jahre 1980 aufgrund der mit der Abluft abgeleiteten Aktivität

Die Tab. 7/14 zeigt die im Jahre 1980 im Raum des KfK mit der Abluft abgegebene Aktivität entsprechend den Messungen im Rahmen der Abluftüberwachung (Kap. 5.1.1). Diese Emissionen haben eine geringe zusätzliche Strahlenbelastung - zusätzlich zur natürlichen - in der Umgebung des KfK bewirkt. Diese wurde berechnet. Dabei wurden nur diejenigen Emittenten berücksichtigt, die merklich zur Gesamtemission eines Nuklides bzw. einer Nuklidgruppe beigetragen haben. Die Nuklidgruppen A, B und C sind in Tab. 5/1 erläutert.

Zur Berechnung der Umgebungsbelastung liegen die monatlichen Emissionswerte vor. Da diese z. T. stark schwanken, mußte meist mit monatlich unterschiedlichen, allerdings über einen Monat konstanten Emissionsraten gerechnet werden. Zur Errechnung der Gammadosis diente das Rechenprogramm WOLGA (s. KfK 2189), welches auch in der Nähe des Emittenten die räumliche Verteilung der Aktivität in den einzelnen Windrichtungssektoren berücksichtigt. Zur Errechnung der äußeren  $\beta$ -Strahlung (Hautdosis) sowie der inneren Strahlung nach Inhalation und/oder Ingestion radioaktiver Stoffe diente das Programm ISOLA III (s. KfK 2698).

Emittent <sup>1)</sup> Gebäude-Nr.	Kamin- höhe m	Emission je Nuklidgruppe							
		Gruppe A		Gruppe B		Gruppe C		Kr-85	
		mCi	Bq	mCi	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
WAK/LAVA 1501	60	0,44	1,6E+07	25	9,1E+08	-	-	32420	1,2E+15
KTB/FR2 607/8	99	-	-	0,35	1,7E+07	-	-	-	-
KBG/KNK 741	99	-	-	6,4	2,4E+08	90,6	3,4E+12	-	-
KBG/MZFR 901	99,5	-	-	0,29	1,1E+07	361,4	1,3E+13	-	-
IHCh 721/24/26	60	-	-	-	-	24,6	9,1E+11	-	-
HDB/FERAB 536	70	0,74	2,7E+07	41	1,5E+09	-	-	-	-
HDB/D.FL. 545/555	19	-	-	-	-	-	-	-	-
ZYKLOTRON 351	36	-	-	-	-	343,4	1,3E+13	-	-
IRCh 321/1A/341	15	-	-	-	-	20,5	7,6E+11	-	-

<sup>1)</sup>Es wurden nur diejenigen Emittenten berücksichtigt, die zu mehr als 5 % zur Emission eines Nuklids bzw. einer Nuklidgruppe beigetragen haben.

Tab. 7/14: Mit der Abluft im Jahre 1980 emittierte Radioaktivität (Fortsetzung s. u.)  
(1,6E+07 = 1,6·10<sup>7</sup>)

Emittent <sup>1)</sup> Gebäude-Nr.	Kamin- höhe m	Emission je Nuklid bzw. Nuklidgruppe									
		Ar-41		H-3		Jod-Äquivalent		Sr-90 <sup>2)</sup>		C-14 <sup>2)</sup>	
		Ci	Bq	Ci	Bq	mCi	Bq	mCi	Bq	Ci	Bq
WAK/LAVA 1501	60	-	-	79,9	3,0E+12	8,9	3,3E+08	2,9	1,1E+08	1,73	6,4E+10
KTB/FR2 607/8	99	67128	2,5E+15	168,4	6,2E+12	0,31	1,1E+07	(0,035)	(1,3E+06)	-	-
KBG/KNK 741	99	-	-	-	-	-	-	(0,64)	(2,4E+07)	(9,06)	(3,4E+11)
KBG/MZFR 901	99,5	-	-	1176,4	4,3E+13	0,47	1,8E+07	(0,029)	(1,1E+06)	(10)	(3,7E+11)
IHCh 721/24/26	60	-	-	-	-	0,71	2,6E+07	-	-	(2,46)	(9,1E+10)
HDB/FERAB 536	70	-	-	191,2	7,0E+12	23	8,5E+08	(4,1)	(1,5E+08)	-	-
HDB/D.FL. 545/555	19	-	-	-	-	1,1	4,2E+07	-	-	-	-
ZYKLOTRON 351	36	-	-	-	-	-	-	-	-	(10)	(3,7E+11)
IRCh 321/1A/341	15	-	-	-	-	2,3	8,5E+07	-	-	(2,05)	(7,6E+10)

<sup>1)</sup>Es wurden nur diejenigen Emittenten berücksichtigt, die zu mehr als 5 % zur Emission eines Nuklids bzw. einer Nuklidgruppe beigetragen haben.

<sup>2)</sup>Die Zahlen in Klammern sind fiktive Emissionen entsprechend dem Abluftplan (1/10 der Emission der Gruppe B bzw. C, aber bei C-14 nicht mehr als 10 Ci/a).

Tab. 7/14 (Fortsetzung): Mit der Abluft im Jahre 1980 emittierte Radioaktivität  
(1,6E+07 = 1,6·10<sup>7</sup>)

Die berechneten Strahlendosen in den umliegenden Ortschaften, am Zaun des KfK sowie die jeweiligen Höchstwerte zeigt Tab. 7/15; zusätzlich wurde die Verteilung der externen Gammadosis gezeichnet (s. Abb. 7/14). Diese Dosen werden hauptsächlich durch die Emissionen des KfK verursacht. Der Beitrag zu diesen Dosen durch den Betrieb des Kernkraftwerks Philippsburg I ist wegen seiner großen Entfernung vom KfK vernachlässigbar klein. Es handelt sich bei den äußeren  $\gamma$ - und  $\beta$ -Strahlendosen um die Dosen, die am Aufpunkt mit einem das ganze Jahr 1980 exponierten Strahlenmeßgerät als zusätzliche Dosis - zusätzlich zur natürlichen Strahlung an diesem Ort - gemessen worden wären. Zur Ermittlung der Personendosis muß demgegenüber berücksichtigt werden, daß sich eine Person nicht die ganze Zeit am selben Ort aufhält und daß Gebäude und Kleidung die Strahlung abschirmen.

Belastungspfad Körperteil/Organ Aktivität	Submersion				Inhalation						Ingestion					
	Ganzkörper		Haut		Lunge		Ganzkörper		Knochen*		Ganzkörper		Knochen*		Schilddrüse	
	γ-Aktivität		β-Aktivität		Gruppe A+B		H-3, C-14 und Gruppe B		Gruppe A + B		C-14 und Sr-90		Sr-90		Jod	
	mrem	μSv	mrem	μSv	mrem	μSv	mrem	μSv	mrem	μSv	mrem	μSv	mrem	μSv	mrem	μSv
<b>O r t</b>																
Graben	0,55	5,5	0,39	3,9	0,006	0,06	0,008	0,08	0,086	0,86	0,038	0,38	0,14	1,4	0,16	1,6
Neudorf	0,38	3,8	0,29	2,9	0,005	0,05	0,006	0,06	0,062	0,62	0,028	0,28	0,11	1,1	0,12	1,2
Friedrichstal	0,93	9,3	0,36	3,6	0,005	0,05	0,006	0,06	0,060	0,60	0,032	0,32	0,11	1,1	0,14	1,4
Spöck	0,26	2,6	0,19	1,9	0,003	0,03	0,004	0,04	0,033	0,33	0,017	0,17	0,06	0,6	0,08	0,8
Neuthard	0,38	3,8	0,24	2,4	0,004	0,04	0,005	0,05	0,046	0,46	0,022	0,22	0,08	0,8	0,09	0,9
Karlsdorf	0,26	2,6	0,17	1,7	0,003	0,03	0,004	0,04	0,033	0,33	0,016	0,16	0,06	0,6	0,07	0,7
Staffort	0,20	2,0	0,10	1,0	0,002	0,02	0,002	0,02	0,020	0,20	0,010	0,10	0,04	0,4	0,05	0,5
Blankenloch	0,18	1,8	0,08	0,8	0,002	0,02	0,002	0,02	0,018	0,18	0,009	0,09	0,03	0,3	0,04	0,4
Hagsfeld	0,12	1,2	0,05	0,5	0,001	0,01	0,001	0,01	0,010	0,10	0,005	0,05	0,02	0,2	0,02	0,2
Karlsruhe-Markt	0,09	0,9	0,06	0,6	0,001	0,01	0,001	0,01	0,011	0,11	0,005	0,05	0,02	0,2	0,02	0,2
Neureut	0,18	1,8	0,21	2,1	0,003	0,03	0,004	0,04	0,041	0,41	0,021	0,21	0,07	0,7	0,09	0,9
Eggenstein	1,18	11,8	0,67	6,7	0,009	0,09	0,012	0,12	0,125	1,25	0,066	0,66	0,20	2,0	0,28	2,8
Leopoldshafen	0,95	9,5	0,62	6,2	0,013	0,13	0,015	0,15	0,171	1,71	0,079	0,79	0,29	2,9	0,32	3,2
Linkenheim	0,54	5,4	0,41	4,1	0,008	0,08	0,008	0,08	0,113	1,13	0,048	0,48	0,19	1,9	0,21	2,1
Hochstetten	0,34	3,4	0,29	2,9	0,006	0,06	0,006	0,06	0,076	0,76	0,035	0,35	0,13	1,3	0,15	1,5
Liedolsheim	0,21	2,1	0,19	1,9	0,004	0,04	0,004	0,04	0,045	0,45	0,021	0,21	0,08	0,8	0,09	0,9
Rußheim	0,13	1,3	0,14	1,4	0,003	0,03	0,003	0,03	0,032	0,32	0,014	0,14	0,06	0,6	0,06	0,6
Leimersheim	0,18	1,8	0,18	1,8	0,004	0,04	0,004	0,04	0,043	0,43	0,021	0,21	0,07	0,7	0,09	0,9
Nordtor	3,2	32	3,4	34	0,075	0,75	0,067	0,67	1,03	10,3	0,39	3,9	1,71	17,1	1,72	17,2
Südtor	3,8	38	1,5	15	0,010	0,10	0,016	0,16	0,14	1,4	0,15	1,5	0,22	2,2	0,70	7,0
Zaun NO vom FR2	10,5	105	2,9	29	0,034	0,34	0,035	0,35	0,47	4,7	0,28	2,8	0,71	7,1	1,61	16,1
Zaun SW vom FR2	5,6	56	3,2	32	0,028	0,28	0,036	0,36	0,39	3,9	0,48	4,8	0,60	6,0	1,71	17,1
maximale Dosis außerhalb des KfK	10,6	106	4,7	47	0,1	1,0	0,08	0,8	1,3	13	1,1	11	2,1	21	3,36	33,6
Koordinaten des Dosismaximums in m außerhalb des KfK**	x	680	-640	-170	-490	-170	-640	-170	-640	-170	-640	-170	-640	-170	-570	0
	y	390	-370	1080	280	1080	-370	1080	-370	1080	-370	1080	-370	1080	0	

\*Bei den Knochen Dosen handelt es sich um die über 50 Jahre integrierten Folgedosen.  
\*\*Koordinatenursprung ist der FR2-Kamin

Tab. 7/15: Ortsdosen durch die im Jahre 1980 emittierten radioaktiven Stoffe

Die äußere γ-Strahlung wird im wesentlichen durch das vom FR2 emittierte Ar-41 verursacht. Die monatliche Abgaberate schwankte nur wenig, so daß mit einer gleichmäßigen Emission gerechnet werden konnte. Die äußere β-Strahlung wird durch das Kr-85 der WAK sowie das Ar-41 des FR2 verursacht. Als Emission der Nuklidgruppe A der Emittenten WAK und HDB wird das α-aktive Aktiniden-Gemisch eines Brennstoffes mit einem Abbrand von 34 Mwd/kg angenommen ("altes Gemisch A", Kühlzeit 3 Jahre). In der Nuklidgruppe B überwiegen die alten Spaltproduktgemische aus der WAK und HDB. Der Sr-90-Anteil der Nuklidgruppe B wurde bei den Emittenten WAK und HDB 536 durch Filteranalysen bestimmt. Die Jodemissionen wurden gesondert erfaßt. Anstatt der Inhalationsdosis wird die Schilddrüseningestionsdosis eines Kleinkindes berechnet, um zu zeigen, wie groß der Abstand zu der geforderten Grenze von 90 mrem/a (900 μSv) ist. Die berechneten Schilddrüsendosen können nur dann entstehen, wenn an dem betreffenden Ort Weidewirtschaft mit Kühen betrieben wird und die Milch dieser Kühe unvermischt von Kleinkindern, z. B. in einer der benachbarten Ortschaften, kurz nach der Produktion konsumiert wird.

Die berechneten Dosismaxima liegen unter den nach der Strahlenschutzverordnung zulässigen Werten, z. B. 30 mrem (300 μSv) Ganzkörperdosis eines Erwachsenen, 90 mrem (900 μSv) Schilddrüsendosis eines Kleinkindes. Die zugehörigen Koordinaten x und y sind vom Fußpunkt des FR2-Kamins aus gerechnet (x: West-Ost-Richtung; y: Süd-Nord-Richtung). Die mittlere γ-Submersions-Ganzkörperdosis der Bevölkerung im Umkreis von 3 km bzw. 20 km um das Kernforschungszentrum Karlsruhe betrug im Jahre 1980 0,98 mrem (9,8 μSv) bzw. 0,12 mrem (1,2 μSv). Die verwendeten Dosisfaktoren und die γ-Dosisleistungskonstante sind in Tab. 7/16 eingetragen.



Abb. 7/14: Ganzkörperdosis durch  $\gamma$ -Strahlung in der Umgebung des KfK im Jahr 1980  
(1 mrem = 10  $\mu$ Sv)



Kritisches Organ bzw. Körperteil	Nuklid bzw. Nuklidgemisch	Belastungspfad	Kritische Bevölkerungsgruppe	Dosisfaktor		γ-Dosisleistungskonstante		Referenz
				$\frac{\text{rem m}^3}{\text{Ci s}}$	$\frac{\text{Sv m}^3}{\text{Bq s}}$	$\frac{\text{rem m}^2}{\text{Ci s}}$	$\frac{\text{Sv m}^2}{\text{Bq s}}$	
Ganzkörper	Ar-41	äußere γ- ) Strahlung )	Erwachsene	-	-	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$4,9 \cdot 10^{-17}$	1)
	Edelgase	äußere γ- ) Strahlung )	"	-	-	$0,42 \cdot 10^{-4}$	$1,14 \cdot 10^{-17}$	
	H-3	Inhalation und ) Hautatmung )	"	0,09	$2,43 \cdot 10^{-14}$	-	-	KFK 2348
	C-14	Inhalation	"	0,1	$2,70 \cdot 10^{-14}$	-	-	
	C-14	Ingestion	"	11,4	$3,1 \cdot 10^{-12}$	-	-	1)
	Sr-90	"	"	26500	$7,2 \cdot 10^{-9}$	-	-	1)
	"altes Gemisch B"	Inhalation	"	80	$2,16 \cdot 10^{-11}$	-	-	
Knochen	Sr-90	Ingestion	Erwachsene	282000	$7,6 \cdot 10^{-8}$	-	-	1)
	"altes Gemisch B"	Inhalation	"	3460	$9,35 \cdot 10^{-10}$	-	-	
	"frisches Gemisch A"	"	"	1600000	$4,3 \cdot 10^{-7}$	-	-	1)
	"altes Gemisch A"	"	"	920000	$2,49 \cdot 10^{-7}$	-	-	
Lunge	Gemisch A	Inhalation	Erwachsene	67000	$1,81 \cdot 10^{-8}$	-	-	KFK 2620
	"frisches Gemisch B"	"	"	37	$1,00 \cdot 10^{-11}$	-	-	KFK 2348
	"altes Gemisch B"	"	"	190	$5,14 \cdot 10^{-11}$	-	-	KFK 2348
Haut	Ar-41	äußere β-Strahlung	Erwachsene	0,1	$2,7 \cdot 10^{-14}$	-	-	1)
	Kr-85	"	"	0,043	$1,2 \cdot 10^{-14}$	-	-	1)
Schilddrüse	J-129 (elementar)	Ingestion	Kleinkinder	185000	$5,00 \cdot 10^{-8}$	-	-	KFK 2544
	J-131 "	"	"	48900	$1,32 \cdot 10^{-8}$	-	-	KFK 2544
	J-131 (org. geb.)	"	"	490	$1,32 \cdot 10^{-10}$	-	-	

1) Allgemeine Berechnungsgrundlage für die Strahlenexposition bei radioaktiven Ableitungen mit der Abluft oder in Oberflächengewässer. Der Bundesminister des Innern, GMBI. 30, 371-436 (1979)

Tab. 7/16: Dosisfaktoren und γ-Dosisleistungskonstanten

### 7.9.2 Vorausgeschätzte Strahlenbelastung aufgrund des Abluftplanes 1981

Tab. 7/17 zeigt die gemäß Abluftplan 1981 gemeldeten Emissionen. Gegenüber dem Abluftplan 1980 wurden kleine, nicht ins Gewicht fallende Änderungen der zulässigen Emissionen einiger Emittenten vorgenommen (s. Tab. 7/18). Der Sr-90-Anteil der Nuklidgruppe B ist - mit Ausnahme der WAK - auf 10 % beschränkt. Der WAK ist eine Sr-90-Emission von 0,1 Ci/a ( $3,7 \cdot 10^9$  Bq/a) genehmigt. Beschränkungen gelten auch für C-14 und Pu-241 (s. Tab. 5/1).

Für die Berechnungsverfahren der Dosisbelastung gilt das gleiche wie unter 7.9.1. Es wurde die meteorologische Statistik der Jahre 1973 bis 1977 zugrundegelegt. Die verwendeten Ausbreitungsparameter berücksichtigen die lokalen Verhältnisse (Bebauung, Bodenbedeckung) in der Umgebung des KfK.

Bezüglich der Nuklidauswahl wurde folgendermaßen verfahren:

**Nuklidgruppe A:** Bei den Reaktoren und Instituten wird konservativerweise die Emission von Pu-239 angenommen ("frisches Gemisch A"). Bei den Emittenten WAK, HDB, IHCh und TU wird das α-aktive Aktiniden-Gemisch eines Brennstoffes mit einem Abbrand von 34 MWd/kg angenommen ("altes Gemisch A", Kühlzeit 3 Jahre).

**Nuklidgruppe B:** Bei dieser Gruppe handelt es sich meist um ein Spaltproduktgemisch; dessen Alter bestimmt die Nuklidzusammensetzung. Für die Emission der WAK, HDB, IHCh und TU wird ein Gemisch mit einer Kühlzeit von drei Jahren, für die Reaktoren und Institute ein Gemisch mit sechs Stunden Kühlzeit angenommen. Der Sr-90- und Pu-241-Anteil ist entsprechend dem Abluftplan limitiert.

Nr.	Emittent*	Gebäude-Nr.	Kamin-höhe m	Kamin-Koordin.		Emission je Nuklidgruppe**					
				x m	y m	Gruppe A		Gruppe B		Gruppe C	
						mCi/a	Bq/a	mCi/a	Bq/a	Ci/a	Bq/a
1	WAK/LAVA	1501/31/2	60	173	1283	10	3.70E+08	2000	7.40E+10	400	1.48E+13
2	KTB/FR 2	607/608	99	0	0	0,3	1.11E+07	150	5.55E+09	2000	7.40E+13
3	KBG/KNK	741	99	-155	527	0,3	1.11E+07	150	5.55E+09	4000	1.48E+14
4	KBG/MZFR	901	99,5	-35	605	0,3	1.11E+07	150	5.55E+09	2000	7.40E+13
5	KTB/HZ	701	65	-38	292	0,8	2.96E+07	400	1.48E+10	1000	3.70E+13
6	IHCH	721/24/26	60	-8	380	0,8	2.96E+07	100	3.70E+09	1000	3.70E+13
7	HDB-FERAB	536	70	-340	87	2,0	7.40E+07	400	1.48E+10	1000	3.70E+13
8	HDB-D. FL.	545/555	19	-130	135	0,03	1.11E+06	15	5.55E+08	100	3.70E+12
9	HDB-D. FS.	548	15	-90	195	0,025	9.25E+05	7	2.59E+08	30	1.11E+12
10	HDB-BET.	534	8	-318	45	0,01	3.70E+05	10	3.70E+08	-	-
11	HDB-REPAR	543	8	-70	90	0,00025	9.25E+03	0,07	2.59E+06	0,3	1.11E+10
12	ZYKLOTIRON	351	36	-365	-150	0,3	1.11E+07	15	5.55E+08	500	1.85E+13
13	ZYKLOTIRON	351	11	-370	-220	-	-	-	-	-	-
14	SNEAK	452	50	245	-395	0,2	7.40E+06	100	3.70E+09	200	7.40E+12
15	TU	806	50	365	555	0,03	1.11E+06	10	3.70E+08	30	1.11E+12
16	IRCH	321/1A/341	15	-145	-205	0,01	3.70E+05	10	3.70E+08	180	6.66E+12
17	IMF I	681	9	160	195	0,016	5.92E+05	-	-	-	-
18	IMF III	573/674	5	-280	215	0,03	1.11E+06	-	-	-	-
19	LIT	403/404	10/3	-15	-505	-	-	15	5.55E+08	-	-
20	INR	420/3/53	5	18	-415	-	-	-	-	-	-
21	IT	601/2/5	22	30	-215	0,09	3.33E+06	0,21	7.77E+06	12	4.44E+11
22	IHCH	725	10	105	480	0,01	3.70E+05	10	3.70E+08	40	1.48E+12
23	BFE	324/325	12,5	-320	-325	-	-	0,01	3.70E+05	0,03	1.11E+09
24	LAF II	415A/415B	8	235	-595	-	-	-	-	20	7.40E+11
25	LIT	602/3/5	18/4/15	-5	-180	-	-	-	-	-	-
26	IAK	426	10	75	-470	-	-	-	-	150	5.55E+12
27	INE	547	19	-130	135	0,015	5.55E+05	0,025	9.25E+05	-	-
28	INE	712	60	-255	330	0,8	2.96E+07	10	3.70E+08	-	-
29	TEKO	630	22,6	245	-225	0,05	1.85E+06	-	-	-	-
30	FR 2 BEH.	615	3	85	-25	-	-	-	-	-	-

\* Bei den Emittenten Nr. 3 bis 30 wird mit fiktiven (erhöhten) Emissionsraten gerechnet.

\*\* 7.40E+10 = 7,40·10<sup>10</sup>

Tab. 7/17: Emissionen im Bereich des KfK laut Abluftplan 1981 (Fortsetzung s. u.)

Nr.	Emittent*	Gebäude-Nr.	Kamin-höhe m	Kamin-Koordin.		Emission je Nuklid**							
				x m	y m	Kr-85		Ar-41		H-3		Jod elementar	
						Ci/a	Bq/a	Ci/a	Bq/a	Ci/a	Bq/a	mCi/a	Bq/a
1	WAK/LAVA	1501/31/2	60	173	1283	350000	1.30E+16	-	-	1000	3.70E+13	40	1.48E+09
2	KTB/FR 2	607/608	99	0	0	-	-	75000	2.78E+15	1000	3.70E+13	50	1.85E+09
3	KBG/KNK	741	99	-155	527	-	-	-	-	-	-	10	3.70E+08
4	KBG/MZFR	901	99,5	-35	605	-	-	-	-	3000	1.11E+14	50	1.85E+09
5	KTB/HZ	701	65	-38	292	-	-	-	-	-	-	10	3.70E+08
6	IHCH	721/24/26	60	-8	380	-	-	-	-	-	-	10	3.70E+08
7	HDB-FERAB	536	70	-340	87	-	-	-	-	-	-	10	3.70E+08
8	HDB-D. FL.	545/555	19	-130	135	-	-	-	-	-	-	4	1.48E+08
9	HDB-D. FS.	548	15	-90	195	-	-	-	-	-	-	0,2	7.40E+06
10	HDB-BET.	534	8	-318	45	-	-	-	-	1	3.70E+10	-	-
11	HDB-REPAR	543	8	-70	90	-	-	-	-	-	-	0,002	7.40E+04
12	ZYKLOTIRON	351	36	-365	-150	-	-	-	-	-	-	-	-
13	ZYKLOTIRON	351	11	-370	-220	-	-	-	-	-	-	0,2	7.40E+06
14	SNEAK	452	50	245	-395	-	-	-	-	-	-	3	1.11E+08
15	TU	806	50	365	555	-	-	-	-	-	-	2	7.40E+07
16	IRCH	321/1A/341	15	-145	-205	-	-	-	-	-	-	4	1.48E+08
17	IMF I	681	9	160	195	-	-	-	-	-	-	-	-
18	IMF III	573/674	5	-280	215	-	-	-	-	-	-	-	-
19	LIT	403/404	10/3	-15	-505	-	-	0,511	1.89E+10	-	-	-	-
20	INR	420/3/53	5	18	-415	-	-	-	-	50	1.85E+12	-	-
21	IT	601/2/5	22	30	-215	-	-	-	-	-	-	0,15	5.55E+06
22	IHCH	725	10	105	480	-	-	-	-	-	-	0,1	3.70E+06
23	BFE	324/325	12,5	-320	-325	-	-	-	-	-	-	-	-
24	LAF II	415A/415B	8	235	-595	-	-	-	-	-	-	0,8	2.96E+07
25	LIT	602/3/5	18/4/15	-5	-180	-	-	10	3.70E+11	3	1.11E+11	-	-
26	IAK	426	10	75	-470	-	-	-	-	-	-	-	-
27	INE	547	19	-130	135	-	-	-	-	-	-	-	-
28	INE	712	60	-255	330	-	-	-	-	-	-	-	-
29	TEKO	630	22,6	245	-225	-	-	-	-	-	-	1	3.70E+07
30	FR 2 BEH.	615	3	85	-25	-	-	-	-	1	3.70E+10	-	-

\* Bei den Emittenten Nr. 3 bis 30 wird mit fiktiven (erhöhten) Emissionsraten gerechnet.

\*\* 1.30E+16 = 1,30·10<sup>16</sup>

Tab. 7/17 (Fortsetzung): Emissionen im Bereich des KfK laut Abluftplan 1981

**Nuklidgruppe C und Gase:** Denjenigen Emittenten, welche Ar-41 emittieren können, wird die Emission dieses Nuklids unterstellt. Denjenigen, welche Tritium emittieren können, wird (ggf. zusätzlich) eine Tritium-Emission unterstellt. Außerdem wird angenommen, daß die zulässige C-14 Emission ausgeschöpft wird.

**Jodnuklide:** Das Alter der Spaltprodukte bestimmt das überwiegend "aktive" Nuklid. Neben dem Spaltjod wird in den Instituten auch speziell hergestelltes radioaktives Jod verarbeitet. Da nicht die Aktivität, sondern die Dosis in der Umgebung begrenzt werden soll, genügt es, die Jod-Emission als Jod-131-Äquivalent  $\text{A}^*_{\text{J-131}}$  anzugeben. Zur Berechnung der zulässigen Emission eines bestimmten Jodnuklids (s. Kap. 5.1.1).

Im Abluftplan 1981 ist zusätzlich zur Jahres- und Monatsmission auch die zulässige Wochenmission begrenzt. Eine kontinuierliche Emission über das ganze Jahr, wie für die Rechnung angenommen, entspricht meist nicht dem tatsächlichen Emissionsverlauf. Um einer diskontinuierlichen Emission Rechnung zu tragen, wurde folgendermaßen verfahren: Beträgt die zulässige Wochenmission mehr als 1/50 der Jahresmission, dann müßte ein erhöhter Ausbreitungsfaktor für nichtkontinuierliche Emission angewendet werden. Um jedoch die Berechnungsverfahren nicht unangemessen aufwendig werden zu lassen, wird statt dessen mit einer erhöhten fiktiven Jahresmission gerechnet. Diese ist gleich dem 50fachen der zulässigen Wochen-, aber nicht größer als die dreifache Jahresmission. Eine Ausnahme bilden die beiden Emittenten FR2 und WAK; diese müssen etwa 200 Tage pro Jahr in Betrieb sein, um die zulässige Emission annähernd zu erreichen und werden deshalb als gleichmäßige Emittenten angesehen.

Emittent	Gebäude-Nr.	Kaminhöhe m	Nuklid	zulässige Emission			
				1980		1981	
				Ci/a	Bq/a	Ci/a	Bq/a
LIT	403/404	10	H-3	0,25	$9,25 \cdot 10^9$	-	-
FR2	615	3	H-3	-	-	1	$37 \cdot 10^9$
WAK/LAVA	1501/31/32	60	Jod-elem	0,037	$1,37 \cdot 10^9$	0,04	$1,48 \cdot 10^9$

Tab. 7/18: Änderungen im Abluftplan 1981 gegenüber dem des Jahres 1980

Die Abb. 7/15 bis 7/19 zeigen die Isodosenlinien der wichtigsten Strahlendosen in der Umgebung des KfK. Die  $\gamma$ -Submersionsdosis (Abb. 7/15), die  $\beta$ -Submersionsdosis (Abb. 7/16) und die Ganzkörper-Inhalationsdosis (Abb. 7/17) sind jeweils errechnet unter der Annahme des ständigen Aufenthaltes eines gegenüber der Strahlung ungeschützten Menschen am jeweiligen Aufpunkt. Zur Errechnung der Schilddrüsen-Ingestionsdosis (Abb. 7/18) muß - entsprechend einer Empfehlung des BMI - angenommen werden, daß am jeweiligen Aufpunkt Milchwirtschaft mit Kühen betrieben und die erzeugte Milch unvermischt kurze Zeit nach der Produktion zur Ernährung eines Kleinkindes verwendet wird, auch wenn sich an diesem Ort keine Weide, sondern z. B. Wald befindet. In ähnlicher Weise wird zur Errechnung der Sr-90- und C-14-Ingestionsdosis (Abb. 7/19) angenommen, daß am betreffenden Aufpunkt Gemüse angebaut und von einer Person in einer der umliegenden Ortschaften verzehrt wird. Die Strahlendosen in den umliegenden Ortschaften sowie die jeweiligen Maxima der einzelnen Strahlenbelastungen sind in Tab. 7/19 enthalten.

Die direkte Ganzkörperdosis (Summe der  $\gamma$ -Submersions- und der Inhalationsdosis) erreicht 15,7 mrem/a ( $157 \mu\text{Sv/a}$ ), die Schilddrüsendosis eines Kleinkindes durch Jod-Ingestion 7,6 mrem/a ( $76 \mu\text{Sv/a}$ ), jeweils am Zaun des KfK. Damit werden die beiden Grenzwerte von 30 mrem/a ( $300 \mu\text{Sv/a}$ ) Ganzkörperdosis sowie 90 mrem/a ( $900 \mu\text{Sv/a}$ ) Schilddrüsendosis durch Jod-Ingestion unterschritten. In beiden Fällen handelt es sich um fiktive Dosen, da an diesen Stellen sich keine Person dauernd aufhält bzw. keine Milchwirtschaft betrieben wird.



Abb. 7/15: Ganzkörperdosis durch äußere Gammastrahlung, Prognose 1981  
(1 mrem = 10  $\mu$ Sv)



Abb. 7/16: Hautdosis durch externe Betastrahlung, Prognose 1981  
(1 mrem = 10  $\mu$ Sv)

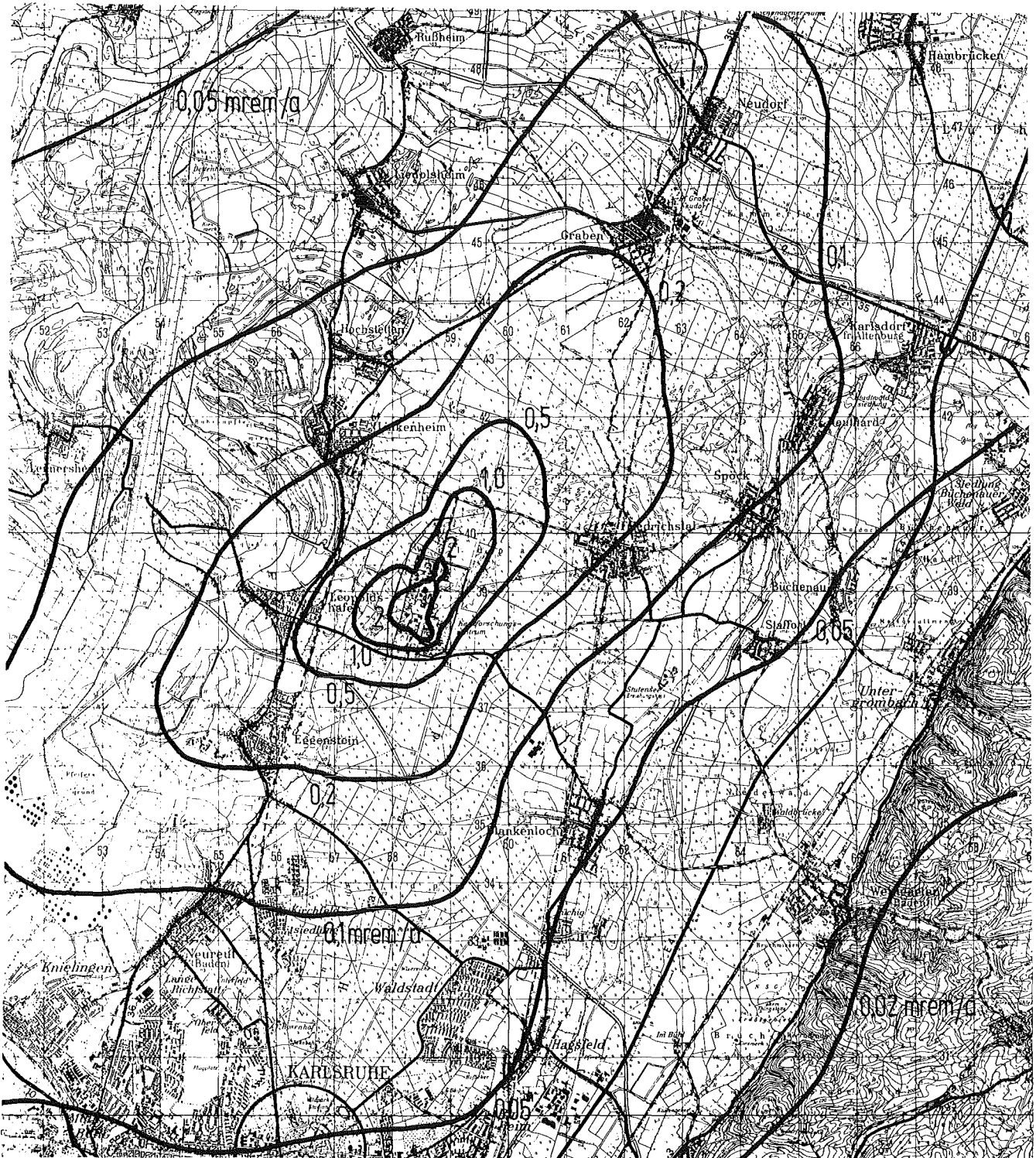


Abb. 7/17: Ganzkörperdosis durch Inhalation von H-3, C-14 und Nuklidgruppe B, Prognose 1981 (1 mrem = 10  $\mu$ Sv)



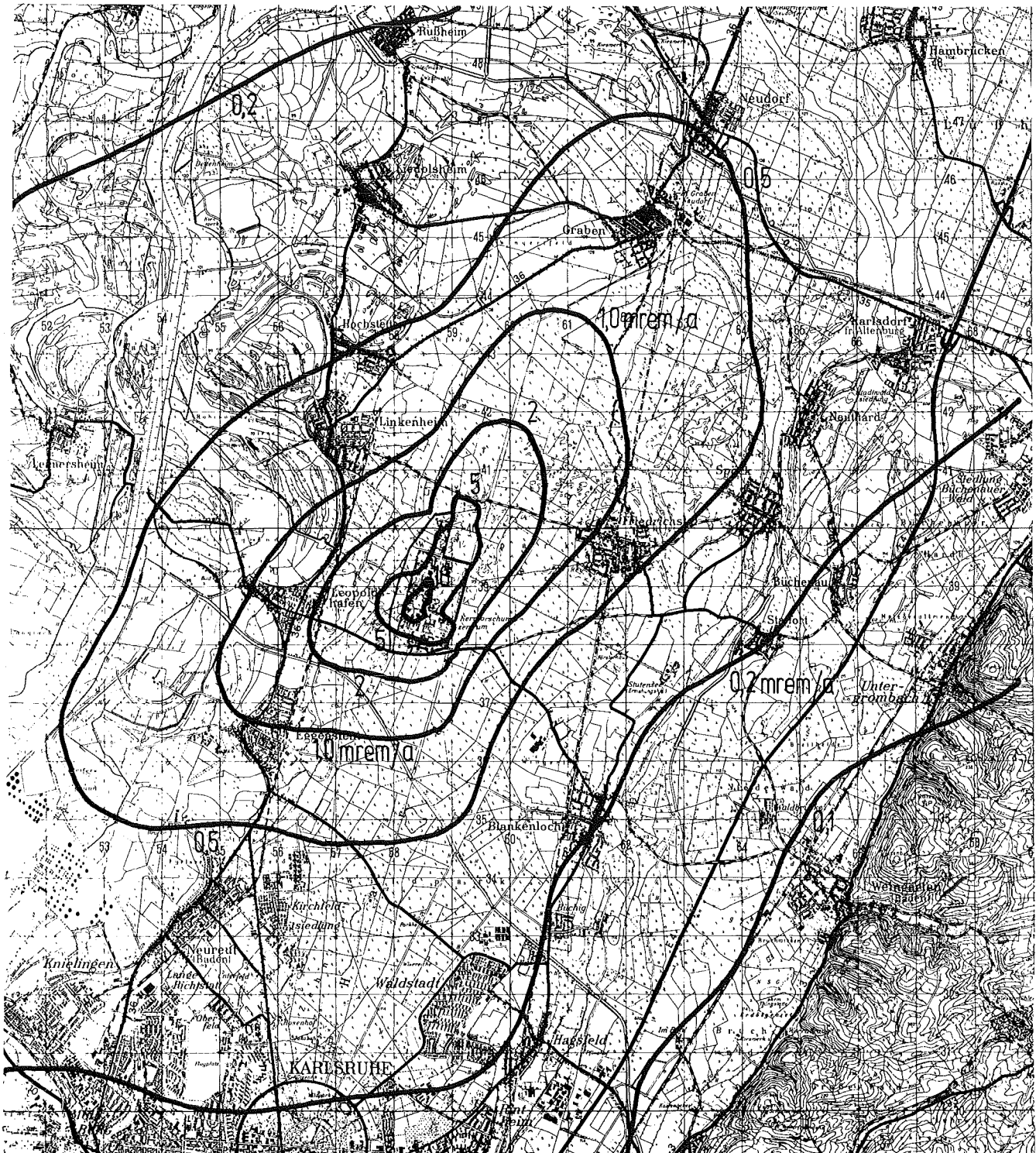


Abb. 7/18: Schilddrüsendosis durch Jod-Ingestion (Kleinkind), Prognose 1981  
(1 mrem = 10  $\mu$ Sv)

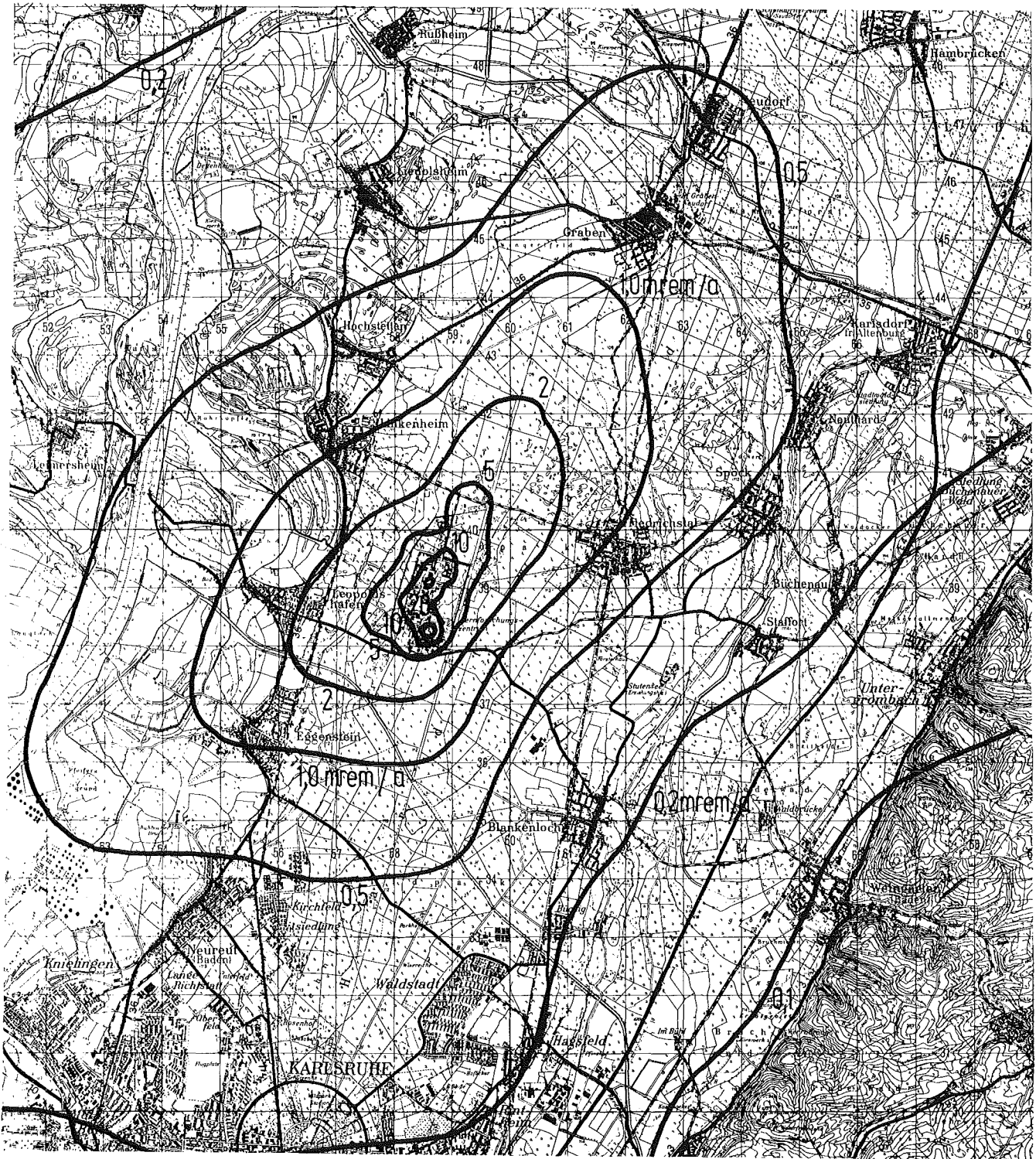


Abb. 7/19: Ganzkörperdosis durch C-14- und Sr-90-Ingestion, Prognose 1981  
(1 mrem = 10  $\mu$ Sv)



Belastungspfad Körperteil/Organ Aktivität	Submersion				Inhalation						Ingestion					
	Ganzkörper		Haut		Lunge		Ganzkörper		Knochen*		Ganzkörper		Knochen*		Schilddrüse	
	γ-Aktivität		β-Aktivität		Gruppe A+B		H-3, C-14 und Gruppe B		Gruppe A+B		C-14 und Sr-90		Sr-90		Jod	
	mrem	μSv	mrem	μSv	mrem	μSv	mrem	μSv	mrem	μSv	mrem	μSv	mrem	μSv	mrem	μSv
<b>O r t</b>																
Graben	0,7	7	1,7	17	0,14	1,4	0,18	1,8	2,2	22	0,8	8	6,3	63	0,65	6,5
Neudorf	0,5	5	1,2	12	0,10	1,0	0,13	1,3	1,6	16	0,6	6	4,6	46	0,48	4,8
Friedrichstal	1,2	12	1,3	13	0,11	1,1	0,16	1,6	1,7	17	0,8	8	5,7	57	0,62	6,2
Spöck	0,4	4	0,7	7	0,06	0,6	0,09	0,9	1,0	10	0,4	4	3,1	31	0,34	3,4
Neuthard	0,5	5	1,0	10	0,08	0,8	0,12	1,2	1,3	13	0,5	5	3,9	39	0,42	4,2
Karlsdorf	0,4	4	0,7	7	0,06	0,6	0,09	0,9	0,9	9	0,4	4	2,8	28	0,31	3,1
Staffort	0,3	3	0,5	5	0,04	0,4	0,06	0,6	0,6	6	0,3	3	1,9	19	0,21	2,1
Blankenloch	0,3	3	0,5	5	0,04	0,4	0,06	0,6	0,7	7	0,3	3	2,0	20	0,21	2,1
Hagsfeld	0,3	3	0,4	4	0,04	0,4	0,05	0,5	0,6	6	0,2	2	1,6	16	0,18	1,8
Karlsruhe-Markt	0,2	2	0,4	4	0,03	0,3	0,05	0,5	0,5	5	0,2	2	1,6	16	0,17	1,7
Neureut	0,4	4	0,7	7	0,06	0,6	0,09	0,9	1,0	10	0,4	4	3,1	31	0,34	3,4
Eggenstein	1,8	18	1,7	17	0,15	1,5	0,24	2,4	2,4	24	1,1	11	8,1	81	0,88	8,8
Leopoldshafen	1,6	16	2,8	28	0,25	2,5	0,32	3,2	4,0	40	1,5	15	11,5	115	1,17	11,7
Linkenheim	0,9	9	2,1	21	0,18	1,8	0,19	1,9	2,9	29	1,0	10	7,7	77	0,73	7,3
Hochstetten	0,5	5	1,4	14	0,12	1,2	0,14	1,4	1,9	19	0,7	7	5,3	53	0,51	5,1
Liedolsheim	0,3	3	0,8	8	0,07	0,7	0,08	0,8	1,1	11	0,4	4	3,0	30	0,30	3,0
Ruheim	0,2	2	0,6	6	0,05	0,5	0,06	0,6	0,7	7	0,3	3	2,0	20	0,21	2,1
Leimersheim	0,3	3	0,8	8	0,07	0,7	0,09	0,9	1,1	11	0,4	4	3,1	31	0,32	3,2
Nordtor	4,9	49	25,1	251	2,0	20	1,6	16	31	310	8,4	84	72	720	6,4	64
Südtor	6,0	60	5,1	51	0,7	7	1,1	11	9,2	92	6,6	66	42	420	4,16	41,6
Zaun NO vom FR2	13,0	130	7,6	76	1,0	10	1,6	16	13,7	137	7,7	77	54	540	5,92	59,2
Zaun SW vom FR2	8,0	80	5,8	58	0,7	7	1,3	13	10,4	104	5,6	56	38	380	4,56	45,6
maximale Dosis außerhalb des KfK	13,5	135	25,1	251	2,0	20	2,2	22	31	310	12,8	128	82	820	7,6	76
Koordinaten des Dosismaximums in m außerhalb des KfK	x	390	520	520	520	390	520	200	200	200	200	390	390	390	390	390
	y	680	1480	1480	1480	680	1480	750	750	750	750	680	680	680	680	680

\*über 50 Jahre integrierte Folgedosen

Tab. 7/19: Abschätzung der Ortsdosen in der Umgebung des KfK auf der Basis des Abluftplanes 1981

Auch unter Berücksichtigung der übrigen Ingestionspfade werden die genannten Dosisgrenzwerte nicht überschritten: Dazu wird zu der höchsten tatsächlich zu erwartenden direkten Ganzkörperdosis (in Eggenstein sind  $(1,80 + 0,24)$  mrem/a = 2,04 mrem/a bzw. 20,4 μSv/a zu erwarten) die höchste in der Umgebung zu erwartende Ganzkörper-Ingestionsdosis addiert. Konservativerweise wird dafür das fiktive Dosismaximum (12,8 mrem/a bzw. 128 μSv/a) gewählt. Die gesuchte Ganzkörperdosis unter Berücksichtigung der Ingestionspfade ist daher in Eggenstein (ungünstigster Ort) kleiner als 15 mrem/a (150 μSv/a).

Die mittlere γ-Submersionsdosis (Ganzkörperdosis) der Bevölkerung in der Umgebung des KfK beträgt

$$\bar{D} = \frac{\sum_i P_i D_i}{\sum_i P_i} = 1,2 \text{ mrem (12 } \mu\text{Sv) im Umkreis von 3 km,}$$

$$0,18 \text{ mrem (1,8 } \mu\text{Sv) im Umkreis von 20 km.}$$

Hier ist  $P_i$  die Einwohnerzahl und  $D_i$  die errechnete γ-Ganzkörperdosis des Ortes  $i$  bis zu der entsprechenden Entfernung vom KfK.

### 7.9.3 Strahlenbelastung aufgrund der mit der Abluft der WAK im Jahre 1979 abgeleiteten Aktivität

Es wurde die Strahlenbelastung der Umgebung des KfK durch die mit der Abluft der WAK abgeleitete Aktivität im Jahre 1979 berechnet. Diese gesonderte Berechnung wird von der Genehmigungsbehörde gefordert. Aufgrund der monatlichen Emissionen und der monatlichen meteorologischen Statistik des Jahres 1979 wurden die monat-

lichen und die Jahresbelastungen bestimmt. Die Emissionen sind in KfK 2939, Tab. 5/2, zusammengestellt. Bei der Ganzkörperdosis durch Inhalation von H-3 wurde die Hautatmung mitberücksichtigt. Tab. 7/20 enthält die errechneten maximalen Ortsdosen. Koordinatenursprung ist der FR2-Kamin, x ist die West-Ost-, y die Süd-Nord-Richtung.

Belastungspfad Körperteil/Organ Aktivität	Submersion		Inhalation						Ingestion					
	Haut		Lunge		Ganzkörper		Knochen*		Ganzkörper		Knochen*		Schilddrüse	
	β-Aktivität		Gruppe A+B		H-3		Gruppe A		Sr-90		Sr-90		Jod	
	mrem	μSv	mrem	μSv	mrem	μSv	mrem	μSv	mrem	μSv	mrem	μSv	mrem	μSv
maximale Dosis außerhalb des KfK	5,5	55	0,18	1,8	0,046	0,46	2,21	22,1	0,42	4,2	3,1	31	0,96	9,6
Koordinaten des Dosismaximums in m außerhalb des KfK	-170 1080		-170 1080		-170 1080		-170 1080		-170 1080		-170 1080		-170 1080	

\*Bei den Knochendosen handelt es sich um die über 50 Jahre integrierten Folgedosen

Tab. 7/20: Maximale Ortsdosen in mrem durch die mit der Abluft der WAK im Jahre 1979 abgeleitete Radioaktivität

#### 7.9.4 Strahlenbelastung nach einem angenommenen Störfall im MAW-Labor des INE

Für den Sicherheitsbericht des MAW-Labors (mittelaktiver Waste) des Instituts für Nukleare Entsorgung (INE) im Gebäude 712 wird die Umgebungsbelastung bei einem Unfall abgeschätzt. Es wird ein Flugzeugabsturz (Typ Phantom) auf das Gebäude angenommen. Dabei würde das Gebäude zerstört, und der Treibstoff des Flugzeuges - 10 t Kerosin - könnte in den Trümmern des Gebäudes verbrennen. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, einen Teil der im Labor vorhandenen Aktivität als Aerosol in die Atmosphäre abzugeben. Es können maximal entweder 320 Ci (11,9 TBq) Feed-Klärschlamm (FKS) oder 150 Ci (5,6 TBq) mittelaktiver Waste (MAW) zur Bearbeitung in Laborboxen vorhanden sein. Der Rest der im Labor befindlichen Aktivität ist in Beton oder Keramik inkorporiert oder in brandsicheren Stahlbehältern eingeschlossen und nimmt an der Ausbreitung nicht teil. Es bestehen also zwei Szenarien vor dem Unfall: Bearbeitung von FKS oder MAW in den Laborboxen.

Für die Berechnung wird angenommen, daß 100 % des verfügbaren Aktivitätsinventars beim Brand als Aerosol in die Atmosphäre abgegeben werden, obwohl diese Annahme bei weitem zu hoch ist. Realistische Werte liegen um 1 % bei schwachem Wind und um 11 % bei starkem Wind.

Trotz dieser konservativen Annahme sind die errechneten Maximaldosen am Zaun des KfK - errechnet unter der Annahme, daß sich ein Erwachsener während der gesamten Durchzugszeit der radioaktiven Wolke ungeschützt am Aufpunkt aufhält - deutlich kleiner als die nach StrlSchV § 28 Abs. 3 zugelassenen Grenzwerte.

#### 7.9.5 Strahlenbelastung nach einem angenommenen Störfall im Plutoniumteststand des Instituts für Heiße Chemie

Für den Sicherheitsbericht des Plutoniumteststandes (PUTE) im Gebäude 724 des Instituts für Heiße Chemie (IHCh) wird die Umgebungsbelastung nach einem Unfall abgeschätzt. Es wird ein Brand von TBP/Dodekan im PUTE angenommen. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, einen Teil der im Labor vorhandenen Aktivität als Aerosol in die Atmosphäre abzugeben. Die Randbedingungen des Unfalls wurden von seiten des IHCh für zwei Fälle mit-

geteilt (s. Tab. 7/21). Die Aktivität kann aus Brennelementen eines Druck- oder Siedewasserreaktors stammen. Für den kritischen Belastungspfad "Inhalation" wurde die Ganzkörper-, Lungen- und Knochenosis einer fiktiven Person in der Umgebung abgeschätzt.

	Fall 1	Fall 2
emittierte Aktivität	0,34 Ci (12,6 GBq)	3,4 Ci (126 GBq)
TBP/Dodekan (30 % / 70 %)	10 l	100 l
emittierte thermische Energie	0,0785 MWh	0,785 MWh
Dauer der Emission	5 min	1 h
thermische Leistung	0,942 MW	0,785 MW

Tab. 7/21: Ausgangsdaten des angenommenen Störfalls des Plutoniumteststandes (PUTE)

Zur Berechnung der Dosisfaktoren des Nuklidgemisches s. Kap. 7.8.1. Die errechneten Maximaldosen am Zaun des KfK liegen jeweils deutlich unter den nach StrlSchV zulässigen Werten. Die effektive Gesamtdosis beträgt für das DWR-Gemisch 0,85 rem (8,5 mSv); für das SWR-Gemisch ist sie um einige Prozent kleiner.

#### 7.9.6 Strahlenbelastung nach einem angenommenen Störfall in der MAW-Eindampfanlage der HDB

Für die Eindampfanlage des mittelaktiven Waste (MAW) der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB, Bau 555) wurde die Freisetzung radioaktiver Stoffe beim denkbar folgeschwersten Störfall analysiert. Die Randbedingungen zeigt Tab. 7/22. Die freisetzbare Aktivitätsmenge ist gering. Der wesentliche Belastungspfad ist die Inhalation. Ingestionsdosen brauchen nicht berücksichtigt zu werden; denn nach einem Unfall wird die Behandlung der auf den benachbarten Feldern erzeugten landwirtschaftlichen Produkte, falls notwendig, administrativ geregelt. Um die  $\gamma$ -Dosis abzuschätzen, wurde aus der Nuklidzusammensetzung des Spaltproduktgemisches dessen mittlere  $\gamma$ -Energie und daraus der Dosisfaktor für  $\gamma$ -Submersion berechnet. Dieser Dosisfaktor in Höhe von  $0,1 \frac{\text{rem m}^3}{\text{Ci s}}$  ( $2,7 \cdot 10^{-14} \frac{\text{Sv m}^3}{\text{Bq s}}$ ) ist jedoch um den Faktor 280 kleiner als derjenige für Inhalation.

Emittierte Aktivität	} Spaltproduktgemisch Pu-Gemisch	10 mCi (0,37 GBq)
		8,64 mCi (0,32 GBq)
Dauer der Emission		1 h
emittierte thermische Energie		0 MWh
Breite	} des Nachlaufwirbels	11,5 m
Höhe		

Tab. 22: Ausgangsdaten des angenommenen Störfalls der MAW-Eindampfanlage

Die maximal zu erwartenden Äquivalentdosen durch Inhalation der Spaltprodukte und des Pu-Gemisches am KfK-Zaun liegen bei diesem Störfall noch unterhalb der nach StrlSchV § 45 für Dauerbetrieb zulässigen Werte.

#### 7.10 Strahlenbelastung in der Umgebung des IPP, Garching, durch den Betrieb des ZEPHYR

W. Hübschmann, D. Papadopoulos

Im Rahmen der Zusammenarbeit KfK - IPP (Institut für Plasmaphysik) wurden für den Standort der Anlage ZEPHYR (Zünd-Experiment für die Physik des Reaktors) die Ganzkörperdosen (Ortsdosen) infolge der Abgabe von H-3, Ar-41 und N-13 über einen Kamin von 40 m bzw. 100 m berechnet. Es sind bis zu 500 "Schüsse" (Zündungen) pro Jahr geplant. Dabei entstehen durch Aktivierung der Hallenatmosphäre u. a. N-13, N-16 und Ar-41. Das Betriebsmittel Tritium in Form von HT würde nur bei Störfällen in größeren Mengen freigesetzt werden.

Es ist vorgesehen, bei einem Schuß die Hallenbelüftung kurzzeitig zu unterbrechen, so daß das kurzlebige N-16 zerfällt. Anschließendes kräftiges Belüften bewirkt, daß die N-13- und Ar-41-Aktivität nach außen abgegeben wird und die Versuchshalle nach wenigen Minuten betreten werden kann. Die externe  $\gamma$ -Dosis durch N-13 und Ar-41 beträgt am Kaminfuß weniger als 1 mrem/a (10  $\mu$ Sv/a) und nimmt mit wachsender Entfernung schnell ab. Die Ganzkörperdosis durch HT-Inhalation liegt bei einem Störfall im Bereich von einigen  $\mu$ rem (einige 10 nSv), beim Normalbetrieb wesentlich darunter. Dabei ist allerdings berücksichtigt, daß das Tritium gasförmig freigesetzt wird. Werden die vom BMI empfohlenen Dosisfaktoren für H-3 - in der Form von HTO - angewendet, ergeben sich um vier Größenordnungen höhere Inhalationsdosen, die jedoch immer noch um mehr als zwei Größenordnungen unter den zulässigen liegen.

#### 7.11 Kosten-Nutzen-Analyse der Kr-85-Rückhaltung in einer Kernbrennstoff-Wiederaufarbeitungsanlage

W. Hübschmann, H. Kiefer

Das bei der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente anfallende Kr-85 kann entweder in die Atmosphäre freigesetzt oder aus dem Abgas des Auflösers abgetrennt und langfristig gespeichert werden. Es wurde eine Kosten-Nutzen-Analyse der Abtrennung und Lagerung für eine Wiederaufarbeitungsanlage einer Kapazität von 1 400 t Kernbrennstoff pro Jahr durchgeführt. Wird die anfallende Kryptonmenge von 18 mCi/a (180  $\mu$ Sv/a) während der Betriebszeit der Wiederaufarbeitungsanlage von 30 Jahren in die Atmosphäre freigesetzt, so beträgt die effektive Ganzkörper-Folgedosis einer Weltbevölkerung von 6,4 Mrd. Personen (abgeschätzt für das Ende des 20. Jahrhunderts) durch die Strahlung des Kr-85 243 000 man-rem (2 430 man-Sv); das sind 0,001 % der natürlichen Strahlenbelastung von 23 Mrd. man-rem (230 Mio. man-Sv) in 30 Jahren. Da diese Dosis aus Einzelbeträgen im Bereich von  $\mu$ rem (von 10 nSv) zusammengesetzt ist, ist eine gesundheitliche Schädigung durch diese Art der Belastung statistisch nicht nachweisbar.

Wird das Kr-85 mit einem Wirkungsgrad von 95 % abgetrennt und etwa 100 Jahre gelagert, so zerfallen 99,85 % der Aktivität. Allerdings werden durch Störfälle in der Abtrennanlage schätzungsweise 4,3 % des Kryptons wieder freigesetzt. Außerdem empfängt das Betriebspersonal im Routinebetrieb, bei der Wartung und bei Störungen der Anlagen insgesamt ca. 700 man-rem (7 man-Sv). Letztere Zahl setzt sich, im Unterschied zur Bevölkerungsdosis, aus Dosen im rem-Bereich (10 mSv-Bereich) zusammen. Eine gewisse, wenn auch tolerierbare und statistisch ebenfalls nicht nachweisbare Erhöhung der Krebssterblichkeit ist dabei in Kauf zu nehmen.

Bewertet man dennoch die Bevölkerungsdosis und die Dosis der in der Anlage Beschäftigten gleich, so zeigt sich, daß die gesamte kollektive Folgedosis der Weltbevölkerung durch die Abtrennung und Lagerung des Kr-85 auf 10 % reduziert wird. Diese Reduzierung wird durch die Errichtung und den Betrieb der Abtrennanlage und des Kryptonlagers erkauft. Errichtung und Betrieb erfordern, wenn man von aufwendigen Objektschutzmaßnahmen, Flugzeugabsturzsicherheit usw. absehen kann, ca. 106 Mio. DM. Das Risiko eines tödlichen Unfalles (incl. Wegeunfälle) während Bau und Betrieb wird auf 10 % während der Gesamtzeit veranschlagt. Es ist, im Unterschied zu den obigen Risiken durch die Krypton-Strahlung, ein aufgrund von Statistiken real zu erwartendes

Risiko. Dieses kommt bei großzügiger versicherungsmathematischer Bewertung des Menschenlebens einem Wert von 0,6 Mio. DM gleich. Daraus ergibt sich ein Aufwand von DM 485,-- oder \$ 275,-- je eingespartes man-rem (DM 48.500,-- oder \$ 27.500,--/man-Sv). Dieser Aufwand und die Belastung des Personals durch Strahlung und technische Unfallgefahren bleiben dann in den angegebenen Grenzen, wenn vor allem die folgenden Bedingungen eingehalten werden:

- mit begrenztem technischen Aufwand erreichbarer Abtrennfaktor von 95 %,
- Schutz des Personals durch wirksame Abschirmung und - wo möglich - durch Fernbedienung,
- einfaches Krypton-Lager mit Naturkonvektion,
- keine aufwendigen Objektschutz-Maßnahmen.

Es wird betont, daß die Kr-85-Abtrennung, wenn überhaupt, nur langfristig und erst dann sinnvoll ist, wenn die überwiegende Zahl der Kernenergie-Anwender incl. der Ostblockstaaten diese Maßnahme bei der Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoff einführt.

8. Bibliographie, Beratertätigkeit

8.1 Veröffentlichungen 1980

- (1) Andl, A.; Appel, H.; Büche, G.; Haffner, H.; Wittek, P.  
Demonstration of a hydrogen bond in tobacco mosaic virus using  $^{129}\text{I}$ .  
5th International Conference on Hyperfine Interactions, Berlin, 21.-25. Juli 1980
- (2) Avenhaus, R.; Bahm, W.; Bicking, U.; De Braga Melo, E.; Brückner, Chr.; Frick, H.; Golly, W.; Jäschke, A.; Jarsch, V.; Kerpe, R.; Marzo, M.; Mönnich, E.; Onnen, S.; Polster, F.J.; Rust, W.; Scheuerpflug, W.; Sellinschegg, D.; Tretter, G.; Voss, F.; Weppner, J.; Wiese, H.W.; Voit, J.  
Entwicklung von Konzepten und Systemen zur Kernmaterialüberwachung.  
In: Projekt Spaltstoffflußkontrolle. Jahresbericht 1978. KfK-2971 (Mai 1980) S. 1/1-1/18
- (3) Bayer, A.; Burkart, K.; Horsch, F.; Hübschmann, W.; Schückler, M.; Vogt, S.; Jacobi, W.; Paretzke, H.; Trott, K.R.  
Das Unfallfolgenmodell der deutschen Risikostudie Kernkraftwerke.  
Jahrestagung Kerntechnik 80. Reaktortagung 1980. Berlin, 25.-27. März 1980. Kerntechnische Gesellschaft e.V., Deutsches Atomforum e.V.; Eggenstein-Leopoldshafen: Fachinformationszentrum Energie, Physik, Mathematik 1980. S. 323-26
- (4) Bayer, A.; Burkart, K.; Horsch, F.; Hübschmann, W.; Schückler, M.; Vogt, S.  
Accidental risk assessment in the German Reactor Safety Study.  
Annual Nat. Meeting of the American Nuclear Society, Las Vegas, Nev., June 8-13, 1980. Transactions of the American Nuclear Society, 34 (1980) S. 442-44
- (5) Bayer, A.; Burkart, K.; Horsch, F.; Hübschmann, W.; Schückler, M.; Vogt, S.; Jacobi, W.; Paretzke, H.; Trott, K.R.; Hofer, E.; Birkhofer, A.  
Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke - Unfallfolgenmodell und Ergebnisse.  
Radioaktive Abfälle, 7. IRPA-Regionalkongress, 13. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e.V., Köln, 15.-19. Oktober 1979, FS-79-20-T (Mai 1980) S. 468-526
- (6) Bork, G.; Braun, R.; Brückner, Chr.; Buttler, R.; Eberle, H.; Eyrich, W.; Flach, S.; Küchle, M.; Lauppe, W.D.; Matussek, P.; Neuber, J.; Nicolai, St.; Ottmar, H.; Pfeffer, K.H.; Shafiee, M.  
Implementierung von Überwachungssystemen.  
In: Projekt Spaltstoffflußkontrolle. Jahresbericht 1978. KfK 2971 (Mai 1980) S. 2/1-2/22
- (7) Brückner, Chr.; Schaar, J.; Pfeffer, K.H.; Weidner, D.  
Einrichtung zur Überwachung von Objekten.  
De-OS 28 51 126 (29.5.1980)
- (8) Brückner, Chr.; Jourdan, G.  
Kernmaterialüberwachung an der Schnellen Kritischen Anordnung SNEAK.  
KfK-2979 (Juli 1980)
- (9) Brückner, Chr.  
On the application of optical surveillance in safeguards.  
Seminar of the ESARDA Working Group on Containment Surveillance, IRC Ispra, September 17-19, 1980
- (10) Burgkhardt, B.; Piesch, E.; Seguin, H.  
European interlaboratory test programme for luminescence dosimeter systems used in environmental monitoring. Radiation Protection. A Systematic Approach to Safety. Proc. of the 5th Congress of the International Radiation Protection Society, Jerusalem, March 9-14, 1980.  
Oxford: Pergamon Press 1980. Vol. 1, S. 355-58; Jerusalem: Israel Health Physics Society 1980, Vol. II, S. 141-44

- (11) Burgkardt, B.; Piesch, E.  
Reproducibility of TLD systems - a comprehensive analysis of experimental results.  
6th International Conference on Solid State Dosimetry, Toulouse, April 1-4, 1980
- (12) Burgkhardt, B.; Piesch, E.; Seguin, H.  
Some results of an European interlaboratory test programme of integrating dosimeter systems for environmental monitoring.  
6th International Conference on Solid State Dosimetry, Toulouse, April 1-4, 1980
- (13) Dilger, H.; Schüler, H.  
Die Strahlenbelastung in einer Anlage zur Behandlung radioaktiver Abfälle.  
Radioaktive Abfälle, 7. IRPA-Regionalkongress, 13. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e.V., Köln, 15.-19. Oktober 1979, FS-79-20-T (Mai 1980) S. 226-48
- (14) Dilger, H.; Schieferdecker, H.  
Inkorporationsüberwachung mittels Ausscheidungsanalyse in einer Entsorgungsanlage.  
14. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e.V., KFA Jülich, 29.-31. Mai 1980
- (15) Doerfel, H.  
Die Direktmessung von Uran in der Lunge.  
14. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e.V., KFA Jülich, 29.-31. Mai 1980
- (16) Godoy, J.M.; Schüttelekopf, H.  
Eine radiochemische Methode zur Bestimmung von Po-210 in Umweltmaterialien.  
KfK-2987 (Juli 1980)
- (17) Grupe, H.; Koelzer, W.  
Fragen und Antworten zur Kernenergie, 4. Auflage.  
Bonn: Informationszentrale der Elektrizitätswirtschaft e.V. (1980)
- (18) Hassib, G.M.; Kasim, A.; Piesch, E.  
Neutron energy dependence of different track etch detectors.  
Radiation Effects, 45 (1979) S. 57-60
- (19) Hauser, M.; Burgkhardt, B.; Piesch, E.  
Dosimetrische Eigenschaften des Taschen-Dosismess- und Warngerätes Type Graetz TDW 10/20.  
KfK-2898 (August 1980)
- (20) Hübschmann, W.; Bayer, A.; Burkart, K.; Vogt, S.  
On the extent of emergency actions for the protection of the public after accidental activity releases from nuclear power plants.  
Radiation Protection. A Systematic Approach to Safety. Proc. of the 5th Congress of the International Radiation Protection Society, Jerusalem, March 9-14, 1980.  
Oxford: Pergamon Press 1980. Vol. 2, S. 781-84; Jerusalem: Israel Health Physics Society 1980. Vol. II, S. 337-40
- (21) Hübschmann, W.; Kiefer, H.; Leichsenring, C.H.  
Kosten-Nutzen-Analyse der Kr-85-Rückhaltung in einer Kernbrennstoff-Wiederaufarbeitungsanlage.  
KfK-3044 (Oktober 1980)
- (22) Hübschmann, W.; Jacobi, W.  
Verbesserung der Modelle für die atmosphärische Ausbreitung radioaktiver Stoffe und deren Wirkung auf den Menschen.  
1. GRS-Fachtagung über Reaktorsicherheitsforschung, Ergebnisse und Tendenzen, Köln, 29.-30. Mai 1980

- (23) Hübschmann, W.; Vogt, S.  
The model of atmospheric diffusion and deposition adopted for the German Reactor Risk Study (phase A).  
Europäisches Seminar über radioaktive Ableitungen bei einem hypothetischen Reaktorunfall und ihre atmosphärische Ausbreitung, Risö/Dänemark, 22.-25. April 1980
- (24) Hübschmann, W.  
Umweltprobleme bei der Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen.  
Vortrag: "Entsorgung von Kernkraftwerken", Haus der Technik, Essen, 11.-12. November 1980
- (25) Hübschmann, W.; Vogt, S.  
Atmosphärische Ausbreitung und Ablagerung der freigesetzten Radioaktivität im Rahmen des Unfallfolgenmodells.  
3. GRS-Fachkonferenz "Ergebnisse der Deutschen Risikostudie Kernkraftwerke", München, 18.-19. Sept. 1980
- (26) Kiefer, H.; Koelzer, W.; König, L.A. (Hrsg.)  
Jahresbericht 1979 der Hauptabteilung Sicherheit.  
KfK-2939 (April 1980)
- (27) Kiefer, H.  
Meßtechnik und Maßnahmen bei der Personendekontamination.  
Vortrag: Fortbildungsveranstaltung für ermächtigte Ärzte, Neuherberg, 29. November 1980
- (28) Koelzer, W.; Kiefer, H.  
Mean and individual radiation exposures of the staff of the Karlsruhe Nuclear Research Center, 1969-1978.  
Radiation Protection. A Systematic Approach to Safety. Proc. of the 5th Congress of the International Radiation Protection Society, Jerusalem, March 9-14, 1980.  
Oxford: Pergamon Press 1980. Vol. 1, S. 80-83; Jerusalem: Israel Health Physics Society 1980. Vol. I, S. 189-92
- (29) Koelzer, W.  
Lexikon zur Kernenergie.  
Karlsruhe: KfK 1980. 192 S.
- (30) König, L.A.; Schüttelkopf, H.; Fessler, H.  
Experience gathered in monitoring the emissions from an incineration facility for radioactive wastes.  
International Symposium on Management of Gaseous Wastes from Nuclear Facilities, Vienna, February 18-22, 1980.  
IAEA-SM-245/4
- (31) König, L.A.; Winter, M.; Schmitt, A.  
The importance of on-line monitoring systems within the environmental monitoring program of the Karlsruhe Nuclear Research Center.  
International Workshop on Environmental Monitoring around Nuclear Installations, Dobogókő/Hungary, September 9-11, 1980  
KfK-3056 (Oktober 1980)
- (32) König, L.A.  
Zur Tritiumaufnahme durch Pflanzen.  
Statusbericht über den Transfer von Radionukliden (Januar 1980).  
Bonn: Bundesminister des Innern 1980. S. 1-5



- (33) König, L.A.  
Transfer von Tritium in Pflanzen.  
Vortrag: Status-Seminar "Transfer von Radionukliden", Neuherberg, 15.-16. Oktober 1980
- (34) König, W.  
Entwicklung eines automatischen rechnergesteuerten Auswertegerätes für Radiophotolumineszenz-Dosimeter zur Bestimmung der Einfallrichtung, Strahlenqualität und Dosis von Photonenstrahlung.  
KfK-2963 (Mai 1980)
- (35) Massera, G.E., Hassib, G.M.; Piesch, E.  
A passive monitor for radon using electrochemical track etch detector.  
Radiation Protection. A Systematic Approach to Safety. Proc. of the 5th Congress of the International Radiation Protection Society, Jerusalem, March 9-14, 1980.  
Oxford: Pergamon Press 1980. Vol. 2, S. 915-18; Jerusalem: Israel Health Physics Society 1980. Vol. III, S. 109-12
- (36) Nester, K.  
Statistisch äquivalente Verfahren zur Bestimmung von Ausbreitungskategorien.  
Europäisches Seminar über radioaktive Ableitungen bei einem hypothetischen Reaktorunfall und ihre atmosphärische Ausbreitung, Risö/Dänemark, 22.-25. April 1980
- (37) Nester, K.  
Zur Berechnung der Ausbreitung von Schadstoffen bei Unfällen.  
Vortrag: Störfallseminar des Arbeitskreises Meteorologische Fragen des Umweltschutzes (AKUMET), Neustadt/Weinstraße, 18.-19. September 1980
- (38) Nester, K.  
Numerische Simulation der Oberlagerung von Kühlturmflüssen.  
Numerische Modellrechnungen zur Ausbreitung von Luftbeimengungen. 13. WEH-Seminar, Bad Honnef, 12.-13. Dezember 1979; Kolloquium der Meteorologischen Gesellschaft, Hamburg, 18. Dezember 1979
- (39) Piesch, E.; Regulla, D.F.  
Phosphate glass dosimetry: a potential alternative in personnel monitoring.  
Radiation Protection. A Systematic Approach to Safety. Proc. of the 5th Congress of the International Radiation Protection Society, Jerusalem, March 9-14, 1980.  
Oxford: Pergamon Press 1980. Vol. 1, S. 343-46; Jerusalem: Israel Health Physics Society 1980. Vol. I, S. 249-52
- (40) Piesch, E.; Burgkhardt, B.  
A new technique for neutron monitoring in stray radiation fields.  
Radiation Protection. A Systematic Approach to Safety. Proc. of the 5th Congress of the International Radiation Protection Society, Jerusalem, March 9-14, 1980.  
Oxford: Pergamon Press 1980. Vol. 2, S. 939-42; Jerusalem: Israel Health Physics Society 1980. Vol. III, S. 121-24
- (41) Piesch, E.  
Dosimetrische Verfahren zur integralen Messung niedriger und hoher Strahlendosen.  
Chemiker-Zeitung, 104 (1980) S. 115-33
- (42) Piesch, E.; Schneider, W.  
Neutronendosimetrie mit Aktivierungsdetektoren.  
In. PTB-ND-18 (September 1979) S. 57-90

- (43) Piesch, E.  
Neutronendosimetrie mit Kernspurfilmern.  
In: PTB-ND-18 (September 1979) S. 91-106
- (44) Piesch, E.  
Neutronendosimetrie mit nichtphotographischen Kernspurdetektoren.  
In: PTB-ND-18 (September 1979) S. 107-20
- (45) Piesch, E.  
Anwendung von Festkörperdosimetern in der Neutronendosimetrie.  
In: PTB-ND-18 (September 1979) S. 121-50
- (46) Piesch, E.; Burgkhardt, B.; König, W.; Röber, H.G.  
Auswertegerät für Phosphatglasdosimeter.  
DE-OS 29 22 644 (11.12.1980) (PLA 79/20)
- (47) Piesch, E.; Burgkhardt, B.  
Application of the TLD albedo technique for monitoring and interpretation of neutron stray radiation fields.  
6th International Conference on Solid State Dosimetry, Toulouse, April 1-4, 1980
- (48) Piesch, E.  
The role of  $\beta$ -dosimetry in radiation protection.  
Euratom-Seminar on  $\beta$ -Dosimetry, Grenoble, October 6-8, 1980
- (49) Pimpl, M.; Schüttelkopf, H.  
Transport von Plutonium, Americium und Curium aus Böden in Pflanzen durch Wurzel Aufnahme.  
Statusbericht über den Transfer von Radionukliden (Januar 1980).  
Bonn: Bundesminister des Innern 1980. S. 96-102
- (50) Pimpl, M.; Schüttelkopf, H.  
Die Messung der Abwasserverdünnung im Altrhein mit der Tritiumemission des Kernforschungszentrums Karlsruhe.  
KfK-3073 (November 1980)
- (51) Pimpl, M.; Hiller, J.; Schüttelkopf, H.  
Trennung von Plutonium, Americium und Curium auf einer Kationenaustauschersäule mit Hochdruckflüssigkeitschromatographie.  
KfK-3076 B (Dezember 1980)
- (52) Pimpl, M.; Schüttelkopf, H.  
Plutonium as a tracer for studies of settling processes in a slow body of running water.  
4th International Conference on Nuclear Methods in Environmental and Energy Research, Columbia, Miss./USA, April 14-17, 1980
- (53) Röber, H.G.; Burgkhardt, B.; Piesch, E.  
A new phosphate glass dosimeter system for automatic evaluation.  
6th International Conference on Solid State Dosimetry, Toulouse, April 1-4, 1980
- (54) Schmitz, J.; Merz, A.; Kaspers, H.  
Verfahrenstechnische Untersuchungen an einem Rhenania-Phosphat-Drehofen mit radioaktiven Indikatoren.  
Chemie-Technik, 9 (1980) S. 229-36

- (55) Schüttelkopf, H.  
Die Auswirkungen der Jod-129-, Krypton-85- und Tritium-Emissionen aus einer großen Wiederaufarbeitungsanlage auf die Umgebungsbevölkerung.  
2. Seminar über Chemie der Nuklearen Entsorgung der Gesellschaft Deutscher Chemiker und des Vereins Österreichischer Chemiker, Kaprun, 19.-23. März 1979.  
Baumgärtner, F. (Hrsg.), Chemie der nuklearen Entsorgung. Teil 3. München: Thiemig 1980. S. 365-70 (Thiemig-Taschenbücher. Bd. 91)
- (56) Schüttelkopf, H.  
Die Boden/Pflanzen-Transferfaktoren von Ra-226, Po-210 und Pb-210.  
Statusbericht über den Transfer von Radionukliden (Januar 1980).  
Bonn: Bundesminister des Innern 1980. S. 115-17
- (57) Schüttelkopf, H.  
Der Jodtransfer Boden - Pflanze.  
Statusbericht über den Transfer von Radionukliden (Januar 1980).  
Bonn: Bundesminister des Innern 1980. S. 73-81
- (58) Schüttelkopf, H.; Kiefer, H.  
The radium contamination in the southern Black Forest.  
Radiation Protection. A Systematic Approach to Safety. Proc. of the 5th Congress of the International Radiation Protection Society, Jerusalem, March 9-14, 1980.  
Oxford: Pergamon Press 1980. Vol. II. S. 1131-34; Jerusalem: Israel Health Physics Society 1980. Vol. III, S. 339-42
- (59) Stäblein, G.  
Health physics documentation.  
Radiation Protection. A Systematic Approach to Safety. Proc. of the 5th Congress of the International Radiation Protection Society, Jerusalem, March 9-14, 1980.  
Oxford: Pergamon Press 1980. Vol. 1, S. 92-94; Jerusalem: Israel Health Physics Society 1980. Vol. I, S. 201-03
- (60) Thomas, P.  
Ausbreitung nuklearer Schadstoffe in der Atmosphäre.  
2. Seminar über Chemie der Nuklearen Entsorgung der Gesellschaft Deutscher Chemiker und des Vereins Österreichischer Chemiker, Kaprun, 19.-23. März 1979  
Baumgärtner, F. (Hrsg.), Chemie der nuklearen Entsorgung. Teil 3. München: Thiemig 1980. S. 333-46 (Thiemig-Taschenbücher. Bd. 91)
- (61) Thomas, P.  
An on-line meteorological information system for response to accidental releases of radioactivity into the atmosphere.  
Nuclear Technology, 46 (1979) S. 241-47
- (62) Thomas, P.  
Atmosphärische Ausbreitungsversuche am Kernforschungszentrum Karlsruhe.  
Europäisches Seminar über radioaktive Ableitungen bei einem hypothetischen Reaktorunfall und ihre atmosphärische Ausbreitung, Risö/Dänemark, 22.-25. April 1980
- (63) Thomas, P.; Nester, K.  
Experimental determination of the atmospheric dispersion parameters for different emission heights.  
5th International Clean Air Congress and Exhibition, Buenos Aires, October 20-26, 1980

- (64) Vogt, S.  
Vierparametrische Ausbreitungsstatistik als Berechnungsgrundlage der langzeitigen Schadstoffbelastung in der Umgebung eines Emittenten.  
KfK-2990 (August 1980)
- (65) Vogt, S.; Hübschmann, W.  
The influence of meteorological parameters on the consequences of accidental activity releases from nuclear power plants.  
Nuclear Technology, 46 (1979) S. 300-05
- (66) Vogt, S.  
Sensitivitätsanalyse des meteorologischen Modells der DRS.  
Europäisches Seminar über radioaktive Ableitungen bei einem hypothetischen Reaktorunfall und ihre atmosphärische Ausbreitung, Risö/Dänemark, 22.-25. April 1980
- (67) Winter, M.; Tachlinski, W.  
Überwachung der Umweltradioaktivität am Kernforschungszentrum Karlsruhe im Jahre 1979.  
KfK-2951 B (Oktober 1980)
- (68) Winter, M.  
Die Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen.  
Bonn: Deutsches Atomforum e.V. 1980, 11 S. (Kern-Themen)
- (69) Strack, S.; Bonotto, S.; Kirchmann, R.  
Radioactive contamination of the marine environment: Uptake and distribution of  $^3\text{H}$  in *Dunaliella bioculata*.  
Helgoländer Meeresuntersuchungen 33 (1980) 153-63
- (70) Koelzer, W.  
Erfahrungen im Umgang mit der Öffentlichkeit bei der Behandlung kerntechnischer Probleme.  
Vortrag: Seminar Kerntechnik und Strahlenschutz, TÜV München, 15. Dezember 1980
- (71) Schüttelkopf, H.; Kiefer, H.  
Die Dosisbelastung der Umgebungsbevölkerung durch natürliches und aus einer Uranuntersuchungsgrube emittiertes Ra-226 - Radioökologische Untersuchungen im Raum Baden-Baden.  
KfK-2994 (August 1980)

8.2 HS-Berichte 1979 und 1980, unveröffentlicht

P. Thomas, H. Dilger, J. Hiller, H. Schüttelkopf, S. Vogt

Experimentelle Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitungsparameter, Versuch Nr. 51 vom 16.8.1977

P. Thomas, H. Dilger, J. Hiller, H. Schüttelkopf, S. Vogt

Experimentelle Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitungsparameter, Versuch Nr. 53 vom 26.10.1977

P. Thomas, J. Hiller, H. Schüttelkopf, S. Vogt

Experimentelle Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitungsparameter, Versuch Nr. 54 vom 13.12.1977

K. Nester

Vergleich der Häufigkeitsverteilungen der nach verschiedenen Verfahren bestimmten Ausbreitungskategorien

H.-U. Berger

Unerwartete Strahlenexposition eines Experimentators am R 1-Kanal des FR 2 am 7.11.1978

S. Vogt

Bestandsaufnahme der bei HS/M vorhandenen meteorologischen Daten anderer Stationen

K. Nester

Bericht über die Weltklimakonferenz, 12.-23.2.1979, Genf

W. Hübschmann, D. Papadopoulos

Die maximal zu erwartende Strahlenbelastung in der Umgebung der Johannes-Gutenberg-Universität, Mainz, durch den Betrieb des TRIGA-MARK II-Reaktors

S. Vogt

Andauer von Ausbreitungskategorien

S. Vogt

Vierparametrische Ausbreitungsstatistik

P. Thomas

Experimentelle Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitungsparameter bei 100 m Emissionshöhe

D. Papadopoulos, K. Nester

Geradenapproximation einer Verteilung im Wahrscheinlichkeitsnetz

W. Hübschmann, S. Vogt

ENC 79 - European Nuclear Conference, 6.-11.5.1979 in Hamburg

G. Stäblein

Vergleichende Untersuchung der strahlenschutztechnischen Überwachung des in den Kernkraftwerken der Europäischen Gemeinschaft beschäftigten Personals, Fachgespräch bei Kraftanlagen AG, Heidelberg, 30.5.1979

L.A. König

Symposium of Radioecology, 19.-22.6.1979 in Cadarache. Erstes internationales Treffen der Radioökologen-Union

H. Knüppel, S. Vogt

Programmbeschreibung: DØWIPL zum Berechnen von Dosiswerten aus Konzentrationen sowie zur Aufbereitung der Daten zum Plotten zwei- und dreidimensionaler Dosisverläufe

H. Knüppel

Programmbeschreibung der Datei GRAFIK

M. Winter

Bericht über eine einmonatige Beratertätigkeit auf dem Gebiet der Emissions- und Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen auf Einladung der brasilianischen Kernenergiekommission (CNEN) in Rio de Janeiro

H. Dilger

Inkorporationsüberwachung in der HDB durch Ausscheidungsanalyse

P. Thomas

Ermittlung der Luftverunreinigung, eine von der EG organisierte Meßkampagne in Turbigo/Oberitalien

W. Koelzer

Bericht über die Fachtagung "Radioökologie" des Deutschen Atomforums, 2.-3.10.1979, Bonn

D. Papadopoulos

Bericht von der 4. Internationalen Sommerschule für Strahlenschutz vom 21.8.-1.9.1979 in Dubrovnik/Jugoslawien

P. Thomas

Auswertung eines von Euratom/Ispra durchgeführten Ausbreitungsexperimentes

H. Kiefer, H. Roock, H. Schüler

Bericht über die 7. IRPA-Regionalkongreß- und die 13. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e.V. vom 16.-19.10.1979 in Köln. Thema der Tagung "Radioaktive Abfälle"

W. Hübschmann

Tagungsbericht über NATO/CCMS AIR POLL PILOT STUDY. 10th Intern. Techn. Meeting, Rom, 23.-26.10.1979

S. Bouharrou, P. Thomas

Erfassen und Ausdrucken der Windgeschwindigkeit parallel zur meteorologischen Datenerfassungsanlage

P. Thomas, S. Vogt

Untersuchung der atmosphärischen Ausbreitung mit radarverfolgten Tetroons

P. Thomas, M. Becker

Einsatz eines Heißluft-Fesselballons bei Ausbreitungsversuchen

P. Thomas, M. Becker, J. Hiller, H. Schüttelkopf, S. Vogt

Experimentelle Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitungsparameter, Versuch Nr. 55 vom 5.4.1978

P. Thomas, M. Becker, J. Hiller, H. Schüttelkopf, S. Vogt

Experimentelle Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitungsparameter, Versuch Nr. 57 vom 27.4.1978

P. Thomas, M. Becker, J. Hiller, H. Schüttelkopf, S. Vogt

Experimentelle Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitungsparameter, Versuch Nr. 58 vom 8.6.1978

L.A. König

Bericht über das Symposium "Strahlenschutzprobleme im Zusammenhang mit der Verwendung von Tritium und Kohlenstoff-14 und ihren Verbindungen", Berlin, 14.-16.11.1979

K. Nester

Entwicklung einer mächtigen Cumuluswolke bei Kühlturmmissionen

B. Burgkhardt, E. Piesch, U. Seyffer

Messung des Neutronen-Streustrahlungsfeldes im GKN Neckarwestheim

H. Doerfel

Die in-vivo-Messung von Uran in der Lunge

W. Hübschmann, D. Papadopoulos

Abschätzung der im Jahre 1980 maximal zu erwartenden Strahlenexposition in der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe durch die mit der Abluft emittierten radioaktiven Stoffe

W. Hübschmann, D. Papadopoulos

Umgebungsbelastung des Instituts für Plasmaphysik durch Tritium-Abgabe über den Kamin der Anlage ZEPHYR

W. Hübschmann, K. Nester

Interpolation von Ausbreitungsparametern

S. Vogt

Meteorologische Verhältnisse am Standort der geplanten Anlage zur Versenkung tritiumhaltigen Abwassers

L.A. König

Bericht über das "International Symposium on Management of Gaseous Wastes from Nuclear Facilities", 18.-22.2.1980, Wien

H. Doerfel

Vergleich von Großflächen-Proportionalzählern und Phoswich-Detektoren zur in-vivo-Messung von Plutonium in der Lunge

D. Papadopoulos

Strahlenbelastung der Umgebung der WAK aufgrund ihrer im Jahr 1979 mit der Abluft abgeleiteten Aktivität

W. Tachlinski

Tritium- und Bruttoaktivitätskonzentrationsmessungen an Wässern aus Grundwasserkontrollbohrungen im und nahe dem Kernforschungszentrum Karlsruhe, Bericht II für 1978 und 1979

W. Hübschmann, W. Koelzer, E. Piesch, H. Schieferdecker, H. Schüttelkopf, G. Stäblein

Bericht über den 5. IRPA-Kongreß vom 9.-14.3.1980, Jerusalem/Israel

D. Papadopoulos

Bericht über die "Jahrestagung Kerntechnik 80" des Deutschen Atomforums e.V. und der Kerntechnischen Gesellschaft e.V. vom 25.-27.3.1980, Berlin

M. Pimpl

Bericht über die 4. Internationale Konferenz über "Nuclear Methods in Environmental and Energy Research" vom 14.-17.4.1980 in Columbia, Missouri

W. Hübschmann, K. Nester, P. Thomas, S. Vogt

"Radioaktive Freisetzungen und deren Ausbreitung in der Atmosphäre nach einem hypothetischen Reaktorunfall", Seminar der Europäischen Kommission in Risö/Dänemark, 22.-25.4.1980

W. Hübschmann, D. Papadopoulos

Umgebungsbelastung des Instituts für Plasmaphysik, Garching, durch die Abgabe  $\gamma$ -aktiver Gase über den Kamin der Anlage ZEPHYR

L.A. König

Bericht über das Symposium vom 8.-10.5.1980 im Institut für Biophysik der Universität des Saarlandes (Boris-Rajewski-Institut)

W. Hübschmann, D. Papadopoulos

Aktivitätsfreisetzung und die dadurch verursachte Dosisbelastung in der Umgebung des KfK nach einem angenommenen Störfall im MAW-Labor des Instituts für Nukleare Entsorgung

P. Thomas, M. Becker, H. Schüttelkopf, S. Vater, S. Vogt  
Experimentelle Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitungsparameter, Versuch Nr. 59 vom 27.7.1978

P. Thomas, M. Becker, H. Schüttelkopf, S. Vater, S. Vogt  
Experimentelle Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitungsparameter, Versuch Nr. 60 vom 5.9.1978

P. Thomas, M. Becker, H. Schüttelkopf, S. Vater, S. Vogt  
Experimentelle Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitungsparameter, Versuch Nr. 63 vom 14.12.1978

W. Hübschmann, D. Nicolli, D. Papadopoulos  
Strahlenbelastung in der Umgebung des Instituts für Plasmaphysik (IPP), Garching, durch die radioaktive Abluft des Experiments ZEPHYR

D. Papadopoulos, W. Hübschmann  
Aktivitätsfreisetzung und die dadurch verursachte Dosisbelastung in der Umgebung des KfK nach einem angenommenen Störfall im Plutoniumteststand (PUTE) des Instituts für Heiße Chemie

D. Papadopoulos, W. Hübschmann  
Aktivitätsfreisetzung und die dadurch verursachte Dosisbelastung in der Umgebung nach einem angenommenen Störfall in der MAW-Eindampfanlage der HDB (Bau 555)

P. Thomas, M. Becker, H. Schüttelkopf, S. Vater, S. Vogt  
Experimentelle Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitungsparameter, Versuch Nr. 62 vom 27.10.1978

P. Thomas, M. Becker, H. Schüttelkopf, S. Vater, S. Vogt  
Experimentelle Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitungsparameter, Versuch Nr. 61 vom 27.9.1978

P. Thomas, M. Becker, H. Schüttelkopf, S. Vater, S. Vogt  
Experimentelle Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitungsparameter, Versuch Nr. 64 vom 15.5.1978

L.A. König  
International Workshop on Environmental Monitoring around Nuclear Installations, 9.-11.9.1980, Dobogókő/  
Ungarn

P. Thomas, M. Becker, H. Schüttelkopf, S. Vater, S. Vogt  
Experimentelle Bestimmung der atmosphärischen Ausbreitungsparameter, Versuch Nr. 65 vom 7.6.1978

S. Vogt, P. Wittek  
Der Beitrag des KfK zum Vergleich der in Reaktor-Risiko-Untersuchungen verwendeten Modelle der Unfall-  
folgenberechnung

S. Honcu, W. Hübschmann  
Vergleich der Langzeit-Ausbreitungsfaktoren verschiedener Einzeljahre

W. Koelzer, P. Thomas  
Bericht über den 5. International Clean Air Congress vom 20.-26.10.1980 in Buenos Aires

H. Dilger  
Bericht vom GRS-Fachgespräch 1980, "Sicherer Betrieb von Kernkraftwerken", Köln, 30.-31.10.1980

D. Papadopoulos  
ABLUF: Ein PL/1-Rechenprogramm zur Speicherung des Abluftplanes und zur Berechnung und Tabellierung der  
zulässigen und fiktiven Emissionen



### 8.3 Beratertätigkeit

- "Radioökologie", Ausschuß bei der Strahlenschutzkommission, BMI (Winter)
- "Strahlenschutztechnik", Ausschuß bei der Strahlenschutzkommission, BMI (Kiefer)
- "Radioaktive Mineralien", ad hoc-Arbeitsgruppe des Ausschusses Strahlenschutztechnik bei der SSK, BMI (Kiefer)
- "Radon in Wohnräumen", ad hoc-Arbeitsgruppe des Ausschusses Strahlenschutztechnik bei der SSK, BMI (Kiefer, Urban)
- "Beratergruppe der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Unfällen", BMI (Hübschmann, Kiefer, Koelzer)
- "Strahlenschutz im Uranerz- und anderem Bergbau", Arbeitskreis des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr Baden-Württemberg (Kiefer, Schmitz)
- "Beirat des Normenausschusses Kerntechnik", Deutsches Institut für Normung, DIN (Kiefer)
- "Brennelementidentifizierung", Normenausschuß Kerntechnik des DIN (Brückner)
- "Kritikalitätssicherheit", Normenausschuß Kerntechnik des DIN (Brückner)
- "Kommunikative Grundlagen", Normenausschuß Kerntechnik des DIN (Brückner)
- "Oberflächendekontaminationsverfahren", Normenausschuß Kerntechnik des DIN (Berger)
- "Radioaktivitätsüberwachung der Luft", Normenausschuß Kerntechnik des DIN (Berger)
- "Sicherheitsanforderungen an die Aufbewahrung radioaktiver Stoffe", Normenausschuß Kerntechnik des DIN (Roock)
- "Umschlossene Strahler", Normenausschuß Kerntechnik des DIN (Doerfel)
- "Dosimetrie/Neutronendosimetrie", Normenausschuß Radiologie des DIN (Piesch)
- "Sicherheitsmaßnahmen an Maschinen", Fachnormenausschuß Maschinenbau (Windbühl)
- "Meteorologische Instrumentierung von Kernkraftwerken", KTA 1508 (Thomas)
- "Kühlturbetrieb", Ausschuß der VDI-Kommission "Reinhaltung der Luft" (Hübschmann)
- "Messen meteorologischer Daten", Ausschuß der VDI-Kommission "Reinhaltung der Luft" (Becker)
- "Ausbreitung von Kühlturmmissionen", Arbeitsgruppe des VDI (Nester)
- "Grundlagen des Transportes und der turbulenten Diffusion", VDI-Ausschuß (Nester)
- "Gauß'sche Ausbreitungsmodelle", VDI-Ausschuß (Nester)
- "Ausbreitungsparameter", ad hoc-Arbeitsgruppe des VDI (Nester, Thomas)
- "Arbeitsplatzüberwachung", Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz (Berger)
- "Ausbildung", Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz (Stäblein)

- "Dosismessung externer Strahlung", Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz (Burgkhardt, Piesch)
- "Inkorporationsüberwachung", Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz (Doerfel)
- "Strahlenschutz an Leistungs- und Forschungsreaktoren", Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz (Berger)
- "Umweltüberwachung", Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz (Winter)
- "Spaltstoffflußkontrolle", Beratender Programmausschuß des CCR Ispra (Brückner)
- "Personendosimetrie", Sachverständigenausschuß der Direktion Gesundheitsschutz, Euratom (Piesch)
- "Messung von Pu und U in der Lunge", Arbeitsgruppe der Direktion Gesundheitsschutz, Euratom (Doerfel)
- "Aktivitätsmeßgeräte für den Strahlenschutz", Komitee 941.2 der Deutschen Elektrotechnischen Kommission (Stäblein)
- "Strahlenschutzmedizin", Hauptverband der Berufsgenossenschaften (Kiefer)
- "Arbeitssicherheit", Arbeitskreis des Landesverbandes Südwestdeutschland der gewerbl. Berufsgenossenschaften (Windbühl)
- "Informationskreis Kernenergie (IK)", Deutsches Atomforum (Koelzer)
- "Öffentlichkeitsarbeit und Presse", Deutsches Atomforum (Koelzer)
- "Arbeitsgruppe Schriften", Deutsches Atomforum (Koelzer)
- "Geheimchutz in der Wirtschaft - Personeller Geheimchutz", Landesstelle für Betriebsschutz, Stuttgart (Wölf)
- "Strahlenschutz bei der Erzaufbereitung", Arbeitsausschuß des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr Baden-Württemberg (Schmitz)
- "NEA/IAEA Working Group on Long Term Aspects of Uranium Mill Tailings", OECD (Schmitz)
- "Durchflußmessung mit radioaktiven Indikatoren", ISO (Schmitz)
- "Containment Surveillance", ESARDA Working Group (Brückner)
- "Beförderung radioaktiver Stoffe", BMI (Kiefer)
- "Durchfluß und Menge", Gemeinschaftsausschuß der Gesellschaft für Meß- und Regeltechnik (Schmitz)