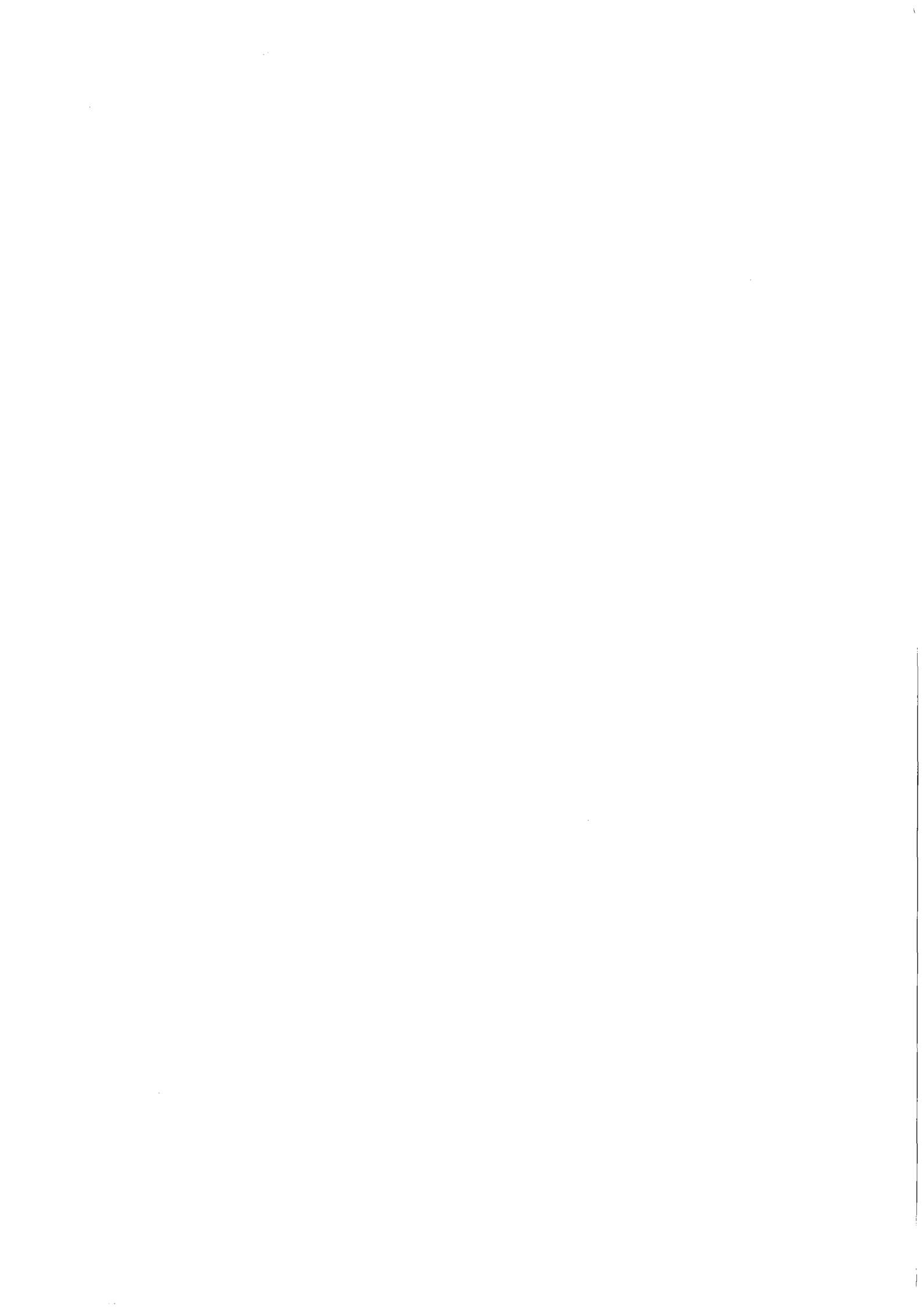


KfK 3272
März 1982

Jahresbericht 1981 der Hauptabteilung Sicherheit

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

Kernforschungszentrum Karlsruhe



KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Hauptabteilung Sicherheit

KfK 3272

Jahresbericht 1981

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 1981 wieder und berichtet über Untersuchungsergebnisse und Entwicklungen der verschiedenen Arbeitsgruppen der Hauptabteilung.

Safety Department, Annual Report 1981

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 1981 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 organisation of the Central Safety Department (pp. 5 - 11).

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Aufgabengebiete und Organisation der Hauptabteilung Sicherheit	1
2. Technisches Sicherheitsbüro	12
2.1 Strahlenschutz	13
2.1.1 Strahlenschutzsicherheit	13
2.1.2 Personendosiskartei	14
2.1.3 EDV-Einsatz zur Strahlenschutzüberwachung	17
2.1.4 Durchführung der Bestimmungen des § 20 a der Strahlenschutzverordnung	19
2.1.5 Durchführung der Röntgenverordnung	20
2.2 Arbeitsschutz	21
2.2.1 Betriebsüberwachung	21
2.2.2 Sicherheitsinformationen und Sicherheitsausbildung	21
2.2.3 Unfallgeschehen	22
2.2.4 Arbeitsplatzüberwachungen	24
2.2.5 Arbeitsschutzausschuß	27
2.3 Kernmaterialüberwachung	27
2.3.1 Gesetzliche Grundlagen und Struktur der Kernmaterialüberwachung der KfK	27
2.3.2 Inspektionen durch EURATOM und IAEA	28
2.3.3 Zentrale Buchhaltung der KfK zur Erfassung und Meldung von Kernmaterial	29
2.3.4 Erfassung und Meldung sonstiger radioaktiver Stoffe	33
2.4 Einsatzplanung für Stör- und Unfälle	35
2.4.1 Die Sicherheitsorganisation der KfK	35
2.4.2 Kommunikationsmittel	37
2.4.3 Bereitstellung von Einsatzunterlagen und Ausbildung	38
2.4.4 Planspiel der Einsatzdienste	39
2.5 Abfallwirtschaft	39
2.5.1 Abfallrecht	39
2.5.2 Verfahren der Entsorgung von Abfällen und Abfallwirtschaft	40
3. Sicherung	42
3.1 Objektsicherungsdienst	42
3.2 Ermittlungsdienst	44
3.3 Güterkontrolle	45
3.4 Ausweisbüro	46
3.5 Personenüberprüfung, Ausländerwesen	46
3.5.1 Personenüberprüfung	46
3.5.2 Ausländerwesen	46
3.6 Verkehrsdienst	47
3.7 Technischer Koordinator	52
3.8 Technische Objektsicherung	52
3.8.1 Objektsicherungsmaßnahmen	52
3.9 Ausbildung	53
4. Strahlenschutzüberwachung	54
4.1 Arbeitsplatzüberwachung im KfK	56
4.1.1 Personendosimetrie mit Taschenionisationskammern	57
4.1.2 Oberflächenkontaminationen	58
4.1.3 Raumluftaktivitäten	58
4.1.4 Personenkontaminationen	59
4.2 Arbeitsplatzüberwachung in der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe	59

	Seite	
4.3	Strahlenschutzmeßlabor	64
4.4	Korngrößenverteilung der Schwebstoffaktivität in der Raumluft	66
4.5	Automatisierung der Personendosiserfassung	68
4.6	Erfahrungen mit einem rechnergestützten Tritiummonitor	69
5.	Radioökologie	71
5.1	Abluftüberwachung	73
5.2	Abwasserüberwachung	94
5.3	Umgebungsüberwachung	98
5.3.1	Auflagenbedingte Routineüberwachung	98
5.3.2	Überwachung aufgrund besonderer Anlässe	133
5.4	Spektrometrie	138
5.5	Arbeiten der Gruppe "Radiochemie"	139
5.6	Radioökologische Untersuchungen	141
5.6.1	Untersuchungen zur Radioökologie des Tritiums	141
5.6.1.1	Die Tritiumkonzentration in Niederschlägen, Oberflächen-, Grund- und Trinkwasser	141
5.6.1.2	Kontamination des Grundwassers durch Ableitungen über den Luftpfad	145
5.6.1.3	Umgebungs-kontamination durch die Einleitung tritiumhaltiger Abwässer in den Altrhein	150
5.6.1.4	Tritiumkontamination von Boden- und Regenwasser infolge von Tritium-ableitungen in die Atmosphäre	153
5.6.1.5	Tritiumkonzentrationen in Pflanzen	159
5.6.1.6	Radioökologische Untersuchung über das Verhalten von Tritium in Bäumen	164
5.6.2	Kopplung der Ausbreitungspfade Luft und Wasser	170
5.6.3	Untersuchung von Bodenkontaminationen im Betriebsgelände des Kernforschungszentrums Karlsruhe und seiner Umgebung	175
6.	Dosimetrie	183
6.1	Dosismessung	183
6.1.1	Personendosimetrie	183
6.1.2	Ortsdosimetrie	185
6.2	Photonendosimetrie	186
6.2.1	Rechnerunterstützte Auswertung von TL-Dosimetern	186
6.2.2	Standardabweichung und untere Nachweisgrenze bei automatischer Auswertung von TLD 600/TLD 700 im Studsvik-Auswertegerät	188
6.2.3	Statistische Meßunsicherheit und Überwachungszeitraum für TLD-Systeme zur Umgebungsüberwachung	190
6.2.4	Individuelle Korrektur der TL-Detektorempfindlichkeit innerhalb der Routineüberwachung	191
6.2.5	Individuelle Korrektur der Nulldosisanzeige von TLD-Systemen	192
6.2.6	Untersuchung des Einflusses von Oberflächeneffekten auf die Nulldosisanzeige von TLD 700	194
6.2.7	Untersuchung des Fading von Elektronenhafteinstellen bei LiF/MTS/N-Dosimetern	195
6.3	Neutronendosimetrie	197
6.3.1	Untersuchung von Lithium-Halbleiterdetektoren zum Neutronennachweis	197
6.3.2	Entwicklung einer universellen Albedoneutronen-Dosimeterkapselung	200
6.3.3	Korrektur der Richtungsabhängigkeit des Einkugel-Albedodosimeter-systems	201
6.3.4	Einfluß der Phantomdicke auf die Anzeige von Albedodosimetern	203
6.3.5	Untersuchung der Richtungsabhängigkeit von Albedodosimetern	204

6.3.6	Einfluß des Dosimeter-Phantomabstandes auf die Albedodosimeteranzeige	205
6.4	Kernspurdetektoren	207
6.4.1	Ein Neutronenalbedodosimeter mit Kernspurdetektoren	207
6.4.2	Vergleich verschiedener Kernspurdetektoren zur Messung der Radonkonzentration	208
6.4.3	Relative Standardabweichung von Kernspurdetektoren	210
6.4.4	Automatische Auszählung von Kernspurdetektoren mit einem Zellkolonie-Auszählgerät	211
6.4.5	Kalibrierungen des passiven Radondosimeters	212
6.5	Inkorporationsmessung	213
6.5.1	Routine- und Sondermessungen	213
6.5.2	Cs-137-Erhebungsmessungen	216
6.5.3	Aufbau und erste Tests des neuen Ganzkörperzählers	217
6.5.4	Ausbau des Plutonium-Lungenzählers	219
6.5.5	Vervollständigung des neuen Datensystems	220
6.5.6	Analyse von K-40-Spektren	222
6.5.7	Nachweis von Sr-90 im Skelett	224
6.6	Spezielle Untersuchungen	225
6.6.1	Ausmessung des Neutronen-Streustrahlungsfeldes an Reaktoren und medizinischen Beschleunigern mit der Einkugel-Albedomeßtechnik	225
6.6.2	Messung des Photoneutronenanteiles im Strahlenkegel medizinischer Hochenergiebeschleuniger	228
6.6.3	Strahlenbelastung der Bevölkerung durch Radon in Wohnhäusern	230
6.6.4	Jahreszeitliche Schwankung der Radonkonzentration innerhalb und außerhalb eines Wohnhauses mit erhöhtem Radonpegel	230
6.7	Strahlenschutzmeßgeräte	233
6.7.1	Aufgaben	233
6.7.2	Wartung und Reparatur	234
6.7.3	Routinekalibrierung	235
6.7.4	Vergleichs- und Kalibrierprogramme	236
6.7.5	Amtliche Eichabfertigungsstelle	236
6.7.6	Trennung von α - und β -Strahlung nach dem Pulse-Shape-Verfahren in Proportionalzählrohren	237
6.7.7	Vollständige Erfassung fehlender Detektoren im automatischen Auswertegerät Studsvik 1313 B	238
6.7.8	Entwicklung eines Phosphatglas-Dosimetersystems mit automatischer Auswertung	239
7.	Umweltmeteorologie	240
7.1	Auswertung meteorologischer Messungen	240
7.1.1	Ausbreitungsstatistik	240
7.1.2	Weitergabe meteorologischer Daten	242
7.2	Meßwarterfassung und -verarbeitung	242
7.2.1	Laufender Betrieb im CALAS-System	242
7.2.2	Neues Meteorologisches Informations-System (MIS)	243
7.2.2.1	Rangierverteiler	243
7.2.2.2	Erfassungssystem	243
7.2.2.3	Zentralrechnersystem	244
7.2.2.4	Analogregistrierung und Windgeschwindigkeitserfassung	244
7.2.2.5	Meteorologische Notversorgung	245
7.2.3	Doppler-SODAR	245
7.3	Ausbreitungsexperimente	246

	Seite	
7.3.1	Durchführung	246
7.3.2	Überprüfung des Hamburger Ausbreitungskriteriums	246
7.4	Tetroonflüge	247
7.4.1	Abnahme der verbesserten Transponder am Witthoh	247
7.4.2	Auswertung der Transponderflüge am Witthoh	249
7.4.3	Teilnahme am PUKK	250
7.5	Ausbreitungsmodelle	251
7.5.1	Ausbreitung von Schadstoffpuffs	251
7.5.2	K-ε-Modell zur Berechnung des atmosphärischen Diffusionskoeffizienten	253
7.5.3	Kühlturmschwaden-Berechnung im Rahmen der KKP-I-Meßkampagne	253
7.5.4	Überlagerung von Kühlturm- und Abgasfahnen	254
7.6	Risikoermittlung	256
7.6.1	Unfallfolgenmodell der Deutschen Risikostudie Kernkraftwerke (DRS)	256
7.6.2	Vergleich von Unfallfolgenmodellen	256
7.6.3	Einsatz des Unfallfolgenmodells der DRS für weitere Arbeiten	257
7.7	Strahlenbelastung der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe	258
7.7.1	Strahlenbelastung im Jahre 1981 aufgrund der mit der Abluft abgeleiteten Aktivität	258
7.7.2	Vorausgeschätzte Strahlenbelastung aufgrund des Abluftplanes 1982	262
7.8	Strahlenbelastung aufgrund der mit der Abluft der WAK im Jahre 1980 abgeleiteten Aktivität	265
8.	Bibliographie, Beratertätigkeit	272
8.1	Veröffentlichungen 1981	272
8.2	Beratertätigkeit	278

Content	page
1. Duties and Organization of the Central Safety Department	1
2. Technical Safety Bureau	12
2.1 Radiation Protection	13
2.1.1 Radiation Protection Safety	13
2.1.2 Personnel Dose File	14
2.1.3 EDP in Radiation Protection Monitoring	17
2.1.4 Implementation of Sec. 20 a of the Radiation Protection Ordinance	19
2.1.5 Implementation of x-ray Ordinance	20
2.2 Industrial Safety	21
2.2.1 Monitoring of Facilities	21
2.2.2 Safety Information and Safety Instructions	21
2.2.3 Occupational Accidents	22
2.2.4 Working Place Monitoring	24
2.2.5 Industrial Safety Committee	27
2.3 Nuclear Material Safeguards	27
2.3.1 Legal Basis and Organization of Nuclear Material Safeguards at KfK	27
2.3.2 Inspections by EURATOM and IAEA	28
2.3.3 Central Accountancy for Nuclear Material Recording and Reporting	29
2.3.4 Recording and Reporting other Radioactive Substances	33
2.4 Emergency Planning	35
2.4.1 Safety Organization at KfK	35
2.4.2 Systems of Communication	37
2.4.3 Provision of Intervention Documents and Training	38
2.4.4 Strategic Game of Emergency Teams	39
2.5 Waste Economy	39
2.5.1 Waste Law	39
2.5.2 Procedure for Inactive Waste Disposal	40
3. Security	42
3.1 Plant Security Police	42
3.2 Investigation Office	44
3.3 Material Control Office	45
3.4 Identity Office	46
3.5 Personal Security Investigation/Foreign Bureau	46
3.5.1 Personal Security Investigation	46
3.5.2 Foreign Bureau	46
3.6 Traffic Service	47
3.7 Technical Coordinator	52
3.8 Technical Plant Security	52
3.8.1 Plant Security Measures	52
3.9 Instruction	53
4. Radiation Protection	54
4.1 Radiation Protection at the Working Place	56
4.1.1 Personnel Monitoring by Pocket Ionization Chambers	57
4.1.2 Surface Contamination	58
4.1.3 Room Air Contamination	58
4.1.4 Contamination of Persons	59
4.2 Radiation Protection at the Decontamination Plant	59

	page	
4.3	Measurements at the Radiation Protection Laboratory	64
4.4	Investigations about the Particle Size Distribution in the Room Air	66
4.5	Automatic Control of Personnel Dose by Pocket Ionization Chambers	68
4.6	Experience with a Computer Aided Tritium Monitor	69
5.	Radioecology	71
5.1	Gaseous Effluent Monitoring	73
5.2	Liquid Effluent Monitoring	94
5.3	Environmental Monitoring	98
5.3.1	Routine Monitoring under Legal Provisions	98
5.3.2	Monitoring for Special Reasons	133
5.4	Spectrometry	138
5.5.	Activities of the Radiochemistry Group	139
5.6	Radioecological Studies	141
5.6.1	Studies of the Radioecology of Tritium	141
5.6.1.1	Tritium Concentrations in Precipitations, Surface Water, Groundwater and Drinking Water	141
5.6.1.2	Groundwater Contamination by Airborne Releases	145
5.6.1.3	Environmental Contamination by Discharges of Tritium-bearing Liquid Effluents into the "Altrhein"	150
5.6.1.4	Tritium Contaminations of Soil Water and Rainwater due to Tritium Releases into the Atmosphere	153
5.6.1.5	Tritium Concentrations in Plants	159
5.6.1.6	Radioecological Study of the Behavior of Tritium in Trees	164
5.6.2	Coupling the Air and Water Paths	170
5.6.3	Studies of Soil Contamination on the Site of the Karlsruhe Nuclear Research Center and in its Environment	175
6.	Dosimetry	183
6.1	Dose Measurement	183
6.1.1	Personnel Dosimetry	183
6.1.2	Local Dosimetry	185
6.2	Photon Dosimetry	186
6.2.1	Computer Aided Evaluation of TL Dosimeters	186
6.2.2	Standard Deviation and Lower Limit of Detection in Automatic Evaluation of TLD 600/TLD 700 in the Studsvik Evaluation Unit	188
6.2.3	Statistical Measuring Uncertainty and Monitoring Period for TLD Systems in Environmental Monitoring	190
6.2.4	Individual Correction of TL Detector Sensitivity in Routine Monitoring	191
6.2.5	Individual Correction of Background Dose Indication in TLD Systems	192
6.2.6	Studies of the Influence of Surface Effects on Background Dose Indication in TLD 700	194
6.2.7	Studies of Fading of Electron Traps in LiF/MTS/N dosimeters	195
6.3	Neutron Dosimetry	197
6.3.1	Studies of Lithium Drifted Solid State Detectors for Neutron Detection	197
6.3.2	Development of a Universal Albedo Dosimeter Capsule	200
6.3.3	Correction of the Directionality of the Single-Sphere Albedo Dosimeter System	201
6.3.4	Influence of Phantom Thickness on Albedo Dosimeter Indication	203
6.3.5	Studies of Directionality in Albedo Dosimeters	204

	page	
6.3.6	Influence of the Dosimeter - Phantom Distance on Albedo Dosimeter Indication	205
6.4	Nuclear Track Detectors	207
6.4.1	Neutron Albedo Dosimeter with Nuclear Track Detectors	207
6.4.2	Comparisons of Various Nuclear Track Detectors for Measurements of Radon Concentrations	208
6.4.3	Relative Standard Deviation in Nuclear Track Detectors	210
6.4.4	Automatic Counting of Nuclear Track Detectors in a Cell Colony Counter	211
6.4.5	Calibrating the Passive Radon Dosimeter	212
6.5	Incorporation Measurement	213
6.5.1	Routine and Special Measurements	213
6.5.2	Cs-137 Sampling Measurements	216
6.5.3	Design and First Tests of the New Body Counter	217
6.5.4	Expansion of the Plutonium Lung Counter	219
6.5.5	Completion of the New Data System	220
6.5.6	Analysis of K-40 Spectra	222
6.5.7	Detection of Sr-90 in the Skeleton	224
6.6	Special Studies	225
6.6.1	Measurements of the Scattered Neutron Fields at Reactors and Medical Accelerators by Means of the Single-Sphere Albedo Technique	225
6.6.2	Measurements of the Photoneutron Fraction in the Radiation Cone of Medical High Energy Accelerators	228
6.6.3	Radiation Exposure of the Public from Radon in Residential Buildings	230
6.6.4	Seasonal Variations of Radon Concentrations Inside and Outside a Residential Building with an Elevated Radon Level	230
6.7	Radiation Protection Measuring Equipment	233
6.7.1	Duties	233
6.7.2	Maintenance and Repair	234
6.7.3	Routine Calibration	235
6.7.4	Intercomparison and Calibration Programs	236
6.7.5	Official Calibration Agency	236
6.7.6	Separation of α - and β -Radiation by the Pulse Shape Technique in Proportional Counting Tubes	237
6.7.7	Complete Assessment of Missing Detectors in the Studsvik 1313 B Automatik Evaluation Unit	238
6.7.8	Development of a Phosphate Glass Dosimeter System with Automatic Evaluation	239
7.	Environmental Meteorology	240
7.1	Evaluation of Measured Meteorological Data	240
7.1.1	Atmospheric Diffusion Statistics	240
7.1.2	Disposal of Meteorological Data	242
7.2	Data Processing and Recording	242
7.2.1	Maintenance	242
7.2.2	New Meteorological Information System (MIS)	243
7.2.2.1	Switchboard	243
7.2.2.2	Recording Computer	243
7.2.2.3	Central Process Computer	244
7.2.2.4	Analog Registration and Wind Velocity Recording	244
7.2.2.5	Emergency Supply	245
7.2.3	Doppler SODAR	245
7.3	Diffusion Experiments	246

	page	
7.3.1	Performance	246
7.3.2	Check of the Hamburg Diffusion Criterion	246
7.4	Tetron Flights	247
7.4.1	Test of Improved Transponders at Witthoh	247
7.4.2	Evaluation of the Transponder Flights at Witthoh	249
7.4.3	Participation in the PUKK-Campaign	250
7.5	Diffusion Modelling	251
7.5.1	Pollutant Puff Diffusion	251
7.5.2	K- ϵ -Model for the Calculation of the Atmospheric Diffusion Coefficient	253
7.5.3	Cooling Tower Plume Calculations for the KKP-I-Campaign	253
7.5.4	Superposition of Cooling Tower and Offgas Plumes	254
7.6	Risk Assessment	256
7.6.1	Accident Consequence Model of the German Nuclear Power Reactor Safety Study	256
7.6.2	Intercomparison of Accident Consequence Models	256
7.6.3	Application of UFOMOD for Further Investigations	257
7.7	Radiological Impact on the KfK Environment	258
7.7.1	Radiological Impact due to the Offgas Activity Released During 1981	258
7.7.2	Radiological Impact due to the Offgas Activity Scheduled for 1982	262
7.8	Radiological Impact due to the WAK Offgas Activity Released During 1980	265
8.	Bibliography, Advisory Board	272
8.1	Publications 1981	272
8.2	Advisory Board	278

Verzeichnis der Abkürzungen

ANS	American Nuclear Society
BE	Brennelemente
BFE	Bundesforschungsanstalt für Ernährung
BGA	Bundesgesundheitsamt
BKA	Bundeskriminalamt
BMFT	Bundesministerium für Forschung und Technologie
BMI	Bundesministerium des Innern
BWR	Boiling Water Reactor
CALAS	Computer Aided Laboratory Automation System
CAMAC	Computer Application Measurement And Control
CRAC	Calculations of Reactor Accident Consequences
CRAC2	Calculations of Reactor Accident Consequences, Version 2
CRACIT	CRAC Including Trajectories
DOE	Department of Energy
DRS	Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke
DWD	Deutscher Wetterdienst
EKM	Hauptabteilung Einkauf und Materialwirtschaft
EKM/MW	Hauptabteilung Einkauf und Materialwirtschaft/Materialwirtschaft
EKS	Entwicklungsgruppe Kernmaterialsicherung
ELMA	Einrichtung zur Lagerung mittelaktiver Abfälle
ENS	European Nuclear Society
ESARDA	European Safeguards Research and Development Association
EURATOM	Europäische Atomgemeinschaft
EvD	Einsatzleiter vom Dienst
FERAB	Anlage zur Einengung fester radioaktiver Abfälle
FR	Forschungsreaktor 2
FIZ	Fachinformationszentrum Energie, Physik, Mathematik GmbH
GAA	Gewerbeaufsichtsamt
GMBL	Gemeinsames Ministerialblatt
GKN	Gemeinschaftskernkraftwerk Neckar GmbH, Neckarwestheim
GRS	Gesellschaft für Reaktorsicherheit mbH, Köln
GSF	Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH, Neuherberg
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/TSB	Hauptabteilung Sicherheit/Technisches Sicherheitsbüro
HS/Ü	Hauptabteilung Sicherheit/Strahlenschutzüberwachung
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
JRC	Joint Research Center, Ispra, Italien.
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
LfU	Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe
LIT	Laboratorium für Isotopentechnik
LKA	Landeskriminalamt
MAW	Medium Activity Waste
MBVR-120	Mobiles Ballon-Verfolgungs-Radar-120
MBZ	Materialbilanzzone
Med	Medizinische Abteilung
MIS	Meteorologisches Informations System
MZFR	Mehrzweckforschungsreaktor
NV-Vertrag	Vertrag über die Nichtverbreitung von Kernwaffen
NWG	Nachweisgrenze
OGT	organisch gebundenes Tritium
OSD	Objektsicherungsdienst
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
PUKK	Projekt zur Untersuchung des Küsten-Klimas
PWR	Pressurized Water Reactor
RÖV	Röntgenverordnung
RPL	Radiophotolumineszenz
RSX-11M	auf Plattenspeicher zugreifendes Realzeit-Betriebssystem von PDP-11-Rechnern für mehrere Benutzer
RVO	Reichsversicherungsordnung
SKT	Schule für Kerntechnik
SM	Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung Baden-Württemberg, Stuttgart
SNEAK	Schnelle Null-Energie-Anordnung Karlsruhe

SODAR	Sonic Detection and Ranging
SPALT	Modell der Schadstoffpuff-Ausbreitung längs Trajektorien
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
TÜV	Technischer Überwachungs-Verein
UFOMOD	Unfallfolgenmodell
UVV	Unfallverhütungsvorschriften
VAK	Versuchsatomkraftwerk Kahl
VBG	Verband der Berufsgenossenschaften
VBW	Hauptabteilung Versorgungsbetriebe und Werkstätten
VDE	Verband Deutscher Elektrotechniker
WAK	Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe
WALKÜRE	Simulation der Wirbelstruktur der Abluftströmung aus Kühltürmen mit einem Rechenprogramm
Z/OSD	Zentraler Objektsicherungsdienst
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 Kernbrennstoff-Überwachungssystemen, Verbesserungen in der Strahlenschutzmeßtechnik.

Am 31.12.1981 waren in der Hauptabteilung Sicherheit 32 Akademiker, 31,5 Ingenieure, 274,5 sonstige Mitarbeiter, 3 ausländische Gastwissenschaftler, 1 Doktorand, 1 Diplomand und 6 Mitarbeiter zur Ausbildung als Strahlenschutzingenieur beschäftigt.

"Radioökologie"

Die Abteilung Radioökologie ist zuständig für die Messung bzw. Erfassung der radioaktiven Emissionen des KfK und für die Überwachung der Umgebungsbelastung und 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, Pb-210, Po-210 und Transuranen in der Umwelt untersucht. Außerdem war die Abteilung an einem Forschungsvorhaben zur Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre beteiligt.

Die Gruppe "Emissionsüberwachung" führt die Abwasserüberwachung durch. Sie arbeitet hierbei je nach Meßproblem mit den Gruppen "Radiochemie" und "Spektrometrie" zusammen. Die Abwasserüberwachung umfaßt die Kontrolle der Abwässer aus den Abwassersammelstationen zur Entscheidung, ob diese dekontaminiert werden müssen oder direkt der Kläranlage zugeführt werden dürfen, sowie die Kontrolle der aus der Kläranlage zum Vorfluter abgeleiteten Abwässer. Die Abluftüberwachung erfaßt die Ableitungen pro Woche, Monat und Jahr der verschiedenen Emittenten des Kernforschungszentrums.

Die Gruppe "Spektrometrie" führt praktisch alle bei HS/R anfallenden quantitativen spektrometrischen Messungen durch. Insbesondere mißt sie alle in die Zuständigkeit von HS/R fallenden Filter zur Abluftüberwachung, viele im Rahmen der Forschungsarbeiten anfallenden Proben und einen Teil der Abwasserproben.

Die Gruppe "Radiochemie" führt alle radiochemischen Arbeiten an Abwasser-, Aerosol- und Umgebungsproben durch. Ferner bearbeitet sie folgende Forschungsvorhaben: "Radioökologische Untersuchungen im Bereich des Stollens "Christa" bei Großschloppen", "Radioökologische Untersuchungen in Haldenbereichen von Wittichen" und "Untersuchungen des physikalischen und chemischen Verhaltens biologisch besonders wirksamer Radionuklide in der Umwelt". Bis Mitte 1981 war sie beteiligt an den Ausbreitungsexperimenten der HS/M.

Die Gruppe "Umgebungsüberwachung" ist federführend bei der Durchführung der Immissionsüberwachung in der Umgebung des KfK. Die Direktstrahlung wird mit Hilfe von Zählrohrstationen und Festkörperdosimetern auf dem Betriebsgelände und in der Umgebung überwacht. Zur Bestimmung des Radioaktivitätsgehaltes in Luft, Wasser, Boden, Schlamm und landwirtschaftlichen Produkten werden in der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe regelmäßig Proben genommen. Ferner ist die Gruppe an der Durchführung des BMI-geförderten Forschungsvorhabens "Radioökologische Studien über die Auswirkungen des langjährigen Betriebes der kerntechnischen Anlagen des KfK auf den Nahbereich ihrer Umgebung" beteiligt.

Die Gruppe "Biologie" bearbeitet innerhalb der Routineüberwachung aufgeworfene Fragen zum Radionuklidtransfer in Ökosystemen mit biologischem und mikrobiologischem Charakter. Zur Zeit ist sie maßgeblich an dem vom BMI geförderten Forschungsvorhaben "Radioökologische Studien der Auswirkungen von ^3H -Emissionen am Beispiel des KfK - befristete Einzeluntersuchungen in Erweiterung und Ergänzung eines seit Jahren laufenden Meßprogramms" beteiligt.

"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. Ein Forschungsvorhaben gilt der zivilisatorischen Strahlenbelastung des Menschen in Wohnhäusern durch Rn-Folgeprodukte.

Die Gruppe "Inkorporationsüberwachung" 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 zehn Meßböden mit zahlreichen Meßinstrumenten ausgerüstet ist. Vergleichsmessungen mit zwei SODAR-Geräten wurden 1981 begonnen. 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, sogenannte "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 auf allen Gebieten des Strahlenschutzes und des Arbeitsschutzes. Sie trifft Regelungen und überprüft angeordnete Maßnahmen zur Erfüllung gesetzlicher Pflichten, Auflagen und Vorschriften zur technischen Sicherheit im Kernforschungszentrum Karlsruhe. Zu ihren Aufgaben gehören Koordinierung und Dokumentation sicherheitsrelevanter Vorgänge und die durch sie ausgelöste Korrespondenz mit Aufsichtsbehörden.

Die Gruppe "Strahlenschutz" unterstützt die Tätigkeit der Strahlenschutzbeauftragten und den praktischen Strahlenschutz durch Beratung und Behördenkontakte. Sie formuliert atomrechtliche Genehmigungsanträge, sorgt für die Einhaltung behördlicher Auflagen, führt zentrale Dateien aller Strahlenexponierten und deren persönlicher Meßdaten und verfolgt Termine.

Die Gruppe "Arbeitsschutz" wird auf allen Gebieten der konventionellen Sicherheit am Arbeitsplatz kontrollierend, beratend und ausbildend tätig und fördert so das Sicherheitsbewußtsein. Sie erledigt Meldung, Registrierung und Berichterstattung von Arbeitsunfällen, ordnet vorsorgliche Maßnahmen an und bestellt sicherheitsbeauftragte Personen. Sie berät in allen Fragen der ordnungsgemäßen Beseitigung radioaktiver Abfälle.

Der Gruppe "Kernmaterialüberwachung" obliegt die zentrale Buchhaltung für die KfK GmbH zur Erfassung, Überwachung und Meldung von Kernmaterial und sonstigen radioaktiven Stoffen und die Vorbereitung und Betreuung der Inspektionen durch internationale Behörden.

Die Gruppe "Einsatzplanung" befaßt sich mit der Sicherheitsorganisation. Sie erstellt und überprüft Einsatzunterlagen, organisiert Übungen und Ausbildung und erstattet Einsatzberichte.

"Sicherung"

Der Abteilung Sicherung obliegt mit ihren Gruppen "Objektsicherungsdienst", "Technische Objektsicherung und Ermittlungsdienst", "Personelle und administrative Sicherungsfragen" sowie "Verschlussachen" 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 β -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.

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, improvement in radiation protection measurement.

On December 31, 1981, the Central Safety Department employed 32 graduate staff members, 31.5 engineers and 274.5 other staff members, 3 foreign guest scientists and 6 staff members undergoing training as radiation protection engineers.

"Radioecology"

The Radioecology Department is responsible for measuring and recording, respectively, the radioactive emissions from KfK and for monitoring environmental burdens and experimentally investigating the radiological impacts of such emissions. Measurements of this type are also carried out on behalf of other nuclear facilities. Radioecological research work is devoted to investigating the environmental behavior of tritium, radium, Pb-210, Po-210 and transuranium elements. Moreover, the Department was involved in a research project devoted to the atmospheric diffusion of pollutants.

The Emission Monitoring Group monitors liquid effluents. Depending on the measuring problem at hand, it cooperates with the Radiochemistry and Spectrometry Groups. Liquid effluent monitoring comprises control of the liquid effluent from the liquid effluent collecting stations, to decide whether they must be decontaminated or can directly be passed on to the treatment plant, and control of the liquid effluent discharged from that treatment plant into the main canal. Gaseous effluent monitoring is devoted to assessing the releases per week, month and year of various emission sources of the Nuclear Research Center.

The Spectrometry Group carries out practically all quantitative spectrometric measurements to be performed at HS/R. In particular, it measures all filters for gaseous effluent monitoring under the responsibility of HS/R, many of the samples collected within research projects, and some of the liquid effluent samples.

The Radiochemistry Group carries out all radiochemical work on samples of liquid effluent, aerosols and environmental samples. Moreover, it works on the following research projects: "Radioecological investigations in the region of the "Christa" gallery near Großschloppen," "Radioecological studies in the dump regions of Wittichen," and "Studies of the physical and chemical environmental behavior of radionuclides with particularly high biological effectivities." Up until mid-1981 it had also participated in the diffusion experiments of HS/M.

The Environmental Monitoring Group is responsible for performing pollution monitoring services in the environment of KfK. Direct radiation is monitored on the plant site and in its environment by means of counter tube stations and solid state dosimeters. Samples are taken regularly in the environment of the Karlsruhe Nuclear Research Center to determine the radioactivity contents of air, water, soil, sludge and agricultural products. The Group is also involved in carrying out the research project funded by the Federal Ministry of the Interior on "Radioecological studies of the short-range environmental impacts of many years of operation of the nuclear facilities of KfK.

The Biology Group handles biological and microbiological problems of radionuclide transfer in ecosystems arising in routine monitoring. At present, it devotes most of its attention to the research project funded by the German Federal Ministry of the Interior on "Radioecological studies of the impacts of ³H-emissions as determined by the example of KfK - limited individual studies adding to and amending a measuring program going on for many years already."

"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. Additional work is done to estimate the mean radiation hazard of the population in Germany due to radon daughters in dwellings.

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 Measurement 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 ten measuring platforms carry numerous measuring instruments. Two SODAR instruments have been installed and a measurement campaign has been started in 1981 for comparison purposes. 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 in all areas of radioation protection and industrial safety. It sets up rules and verifies measures prescribed in discharging legal obligations, meeting requirements and regulations within the framework of technical safety in the Karlsruhe Nuclear Research Center. The Technical Safety Bureau is also responsible for the coordination and documentation of safety relevant events and for the resulting correspondence with supervisory authorities.

The Radiation Protection Group supports the activities of the Radiation Protection Officers as well as practical radiation protection through consultancy work and maintaining contacts with public authorities. It formulates applications for permits under the Atomic Energy Act, ensures that any conditions imposed by the authorities are met, keeps central files of all persons exposed to radiation and their personnel readings recorded, and controls the necessary deadlines.

The Industrial Safety Group is active in all matters pertaining to conventional safety at work as a controlling, consulting and training group and thus promotes the safety consciousness. It is responsible for accepting reports, for registration and reporting about accidents at work, for ordering precautionary measures to be taken and for nominating persons responsible for safety. It gives advice in all matters related to the proper disposal of inactive wastes.

The Nuclear Material Safeguards Group is responsible for central accountancy for KfK GmbH, in order to record, monitor and report nuclear material and other radioactive substances, and for preparatory and administrative work in the context of inspections by international agencies.

The Emergency Planning Group is responsible for the organization of safety. It writes and revises intervention documents, organizes exercises and training and prepares reports about interventions.

"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.

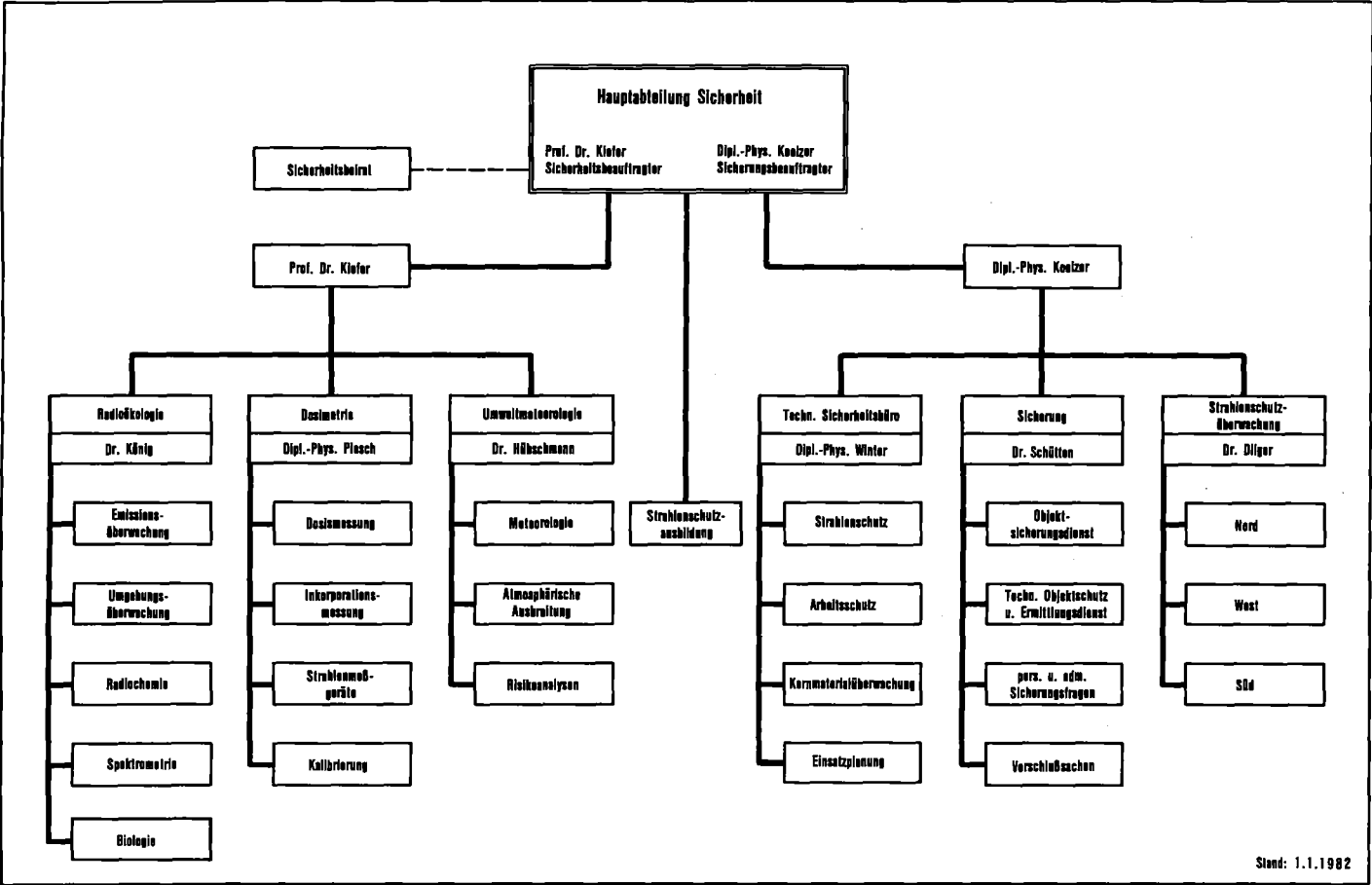
The Technical Security and Detection Services are also responsible for selecting, using and ensuring the functional reliability of technical security systems. Also the generation of uniform standards in this technology and the safe installation and connection to the Alarm Center of those systems are 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.

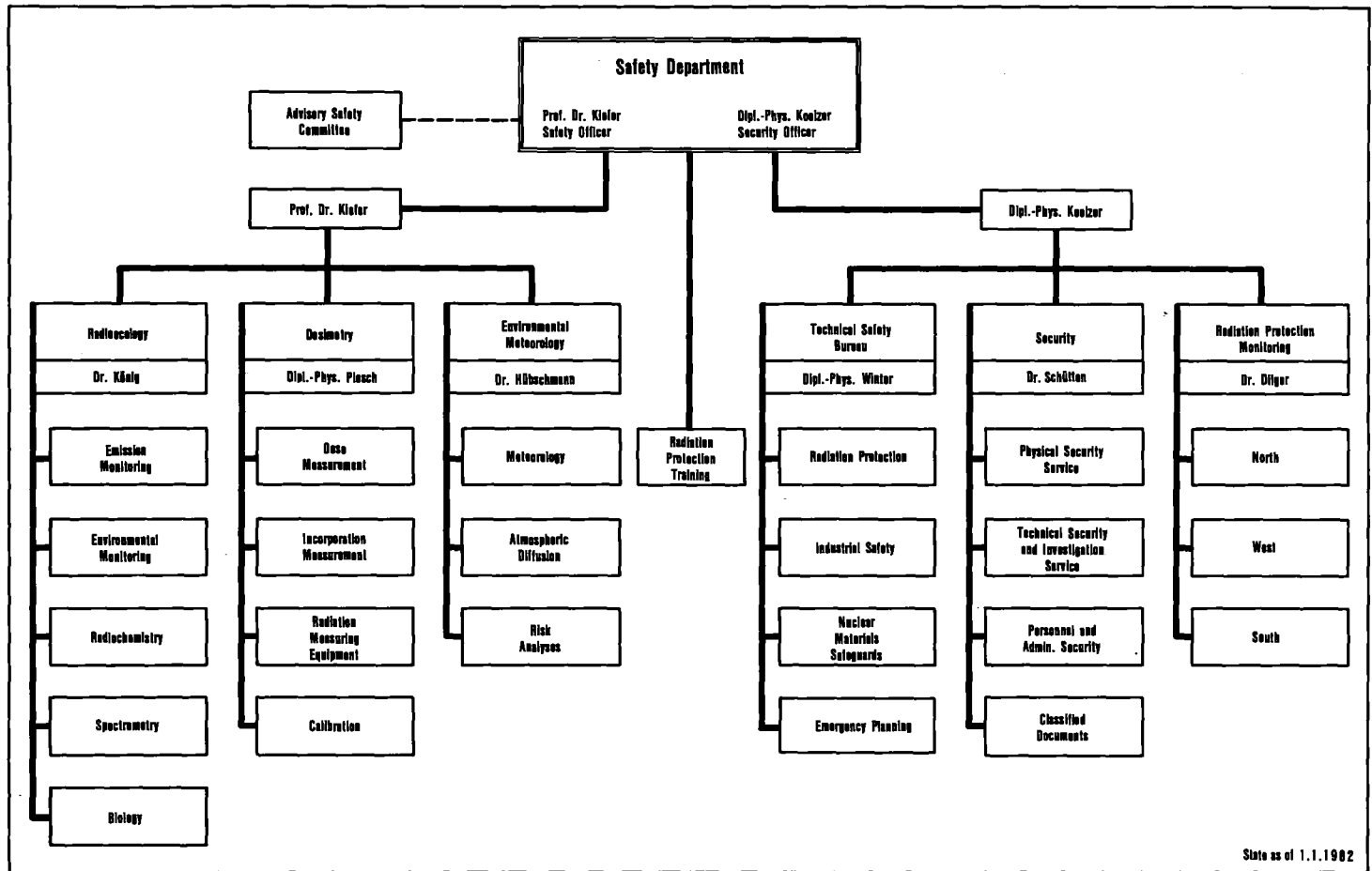
The Personnel and Administrative Security Problems Group is responsible for granting access permits in the light of conditions imposed by the supervisory authorities. It is also charged with clarifying all questions connected with potential hazards to the Nuclear Research Center arising from persons. 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 β -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. Materials transports from controlled areas into the plant monitoring area of the Nuclear Research Center and out of the Nuclear Research Center are monitored.





2. Technisches Sicherheitsbüro

M. Winter

Die Abteilung "Technisches Sicherheitsbüro" befaßt sich mit zentraler Planung und Administration auf allen Gebieten des Strahlenschutzes und des Arbeitsschutzes. Sie trifft Regelungen und überprüft angeordnete Maßnahmen zur Erfüllung gesetzlicher Pflichten, Auflagen und Vorschriften zur technischen Sicherheit im Kernforschungszentrum Karlsruhe. Zu ihren Aufgaben gehören Koordinierung und Dokumentation sicherheitsrelevanter Vorgänge und die durch sie ausgelöste Korrespondenz mit Aufsichtsbehörden.

Die Gruppe "Strahlenschutz" unterstützt die Tätigkeit der Strahlenschutzbeauftragten und den praktischen Strahlenschutz durch Beratung und Behördenkontakte. Sie formuliert atomrechtliche Genehmigungsanträge, sorgt für die Einhaltung behördlicher Auflagen, führt zentrale Dateien aller Strahlenexponierten und deren persönlicher Meßdaten und verfolgt Termine.

Die Gruppe "Arbeitsschutz" wird auf allen Gebieten der konventionellen Sicherheit am Arbeitsplatz kontrollierend, beratend und ausbildend tätig und fördert so das Sicherheitsbewußtsein. Sie erledigt Meldung, Registrierung und Berichterstattung von Arbeitsunfällen, ordnet vorsorgliche Maßnahmen an und bestellt sicherheitsbeauftragte Personen. Sie berät in allen Fragen der ordnungsgemäßen Beseitigung inaktiver Abfälle.

Der Gruppe "Kernmaterialüberwachung" obliegt die zentrale Buchhaltung für die KfK GmbH zur Erfassung, Überwachung und Meldung von Kernmaterial und sonstigen radioaktiven Stoffen und die Vorbereitung und Betreuung der Inspektionen durch internationale Behörden.

Die Gruppe "Einsatzplanung für Stör- und Unfälle" befaßt sich mit der Sicherheitsorganisation. Sie erstellt und überprüft Einsatzunterlagen, organisiert Übungen und Ausbildung und erstattet Einsatzberichte.

Technisches Sicherheitsbüro	<ul style="list-style-type: none">- Leitung und Koordinierung- Behördenkontakte- Dokumentation und Planung- Korrespondenz
Strahlenschutz	<ul style="list-style-type: none">- Genehmigungen, Auflagen, Bestellungen- Personendosiskartei und EDV- Sicherheitstechnische Unterlagen und Beratung- Durchführung der Röntgenverordnung
Arbeitsschutz	<ul style="list-style-type: none">- Betriebs- und Arbeitsplatzüberwachung- Sicherheitsinformationen, Beratung und Ausbildung- Sekretariat des Arbeitsschutzausschusses- Unfallanalysen
Kernmaterialüberwachung	<ul style="list-style-type: none">- Erfassung und Meldung von Kernmaterial- Begleitung der Inspektionen durch EURATOM und IAEA- Erfassung und Meldung sonstiger radioaktiver Stoffe- Transportüberwachung
Einsatzplanung für Stör- und Unfälle	<ul style="list-style-type: none">- Sicherheitsorganisation- Einsatzunterlagen und Einsatzpläne- Übungen, Planspiele, Ausbildung- Einsatzberichte
Abfallwirtschaft	<ul style="list-style-type: none">- Regelungen zur Beseitigung inaktiver Abfälle- Überwachung der Abfallwege und der Art der Beseitigung- Einwirkung auf Reduzierung und Verwertung- Informationen und Berichterstattung

2.1 Strahlenschutz

2.1.1 Strahlenschutzsicherheit

H. Roock

Sicherheitsüberwachung

Zur Überprüfung der getroffenen Strahlenschutzmaßnahmen, der Einhaltung von Verordnungen, Genehmigungsauflagen und Vorschriften sowie auch aufgrund von Zwischenfällen und bei behördlichen Aufsichtsbesuchen wurden im Berichtsjahr 47 Begehungen in den Instituten und Abteilungen des Kernforschungszentrums Karlsruhe durchgeführt, in denen mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird. Routinebegehungen, die nach Terminabsprache im Beisein eines Strahlenschutzbeauftragten und des örtlichen Strahlenschutzes erfolgten und zu denen der Betriebsrat und die Medizinische Abteilung eingeladen wurden sowie die Begehungen im Rahmen der behördlichen Aufsichtsbesuche führten im wesentlichen zu folgenden Beanstandungen:

Überschreiten von Prüfterminen für umschlossene radioaktive Stoffe, Schäden an dekontaminierbaren Fußbodenbelägen, Aufbewahrung von über den Tagesbedarf hinausgehenden Mengen an brennbaren Flüssigkeiten, Überschreitung von Prüfterminen für Handfeuerlöcher, verbesserungsbedürftige Abschirmungen von Einzelkomponenten in Handschuhkästen und verzögerte Beseitigung der in den Arbeitsräumen angefallenen und möglicherweise radioaktiven Abfälle. Es wurden jedoch keine bedenklichen sicherheitsrelevanten Mängel festgestellt.

Personen, die Tätigkeiten ausüben, die ihre Belehrung gemäß § 39 der StrlSchV erfordern, und bei denen erhebliche Überschreitungen der Belehrungstermine vorlagen, wurden bis zum Nachvollzug der Belehrung für Tätigkeiten in Kontrollbereichen und für den Umgang mit radioaktiven Stoffen oberhalb der Freigrenzen gesperrt.

Unterstützung der Strahlenschutzbeauftragten

Der in 239 Exemplaren an alle Strahlenschutzverantwortung tragende Personen ausgegebene Strahlenschutzordner mußte auch 1981 ergänzt und aktualisiert werden.

Durch das Merkblatt "Beschäftigung von Fremdfirmenangehörigen als nur gelegentlich tätige Personen gemäß § 20 a StrlSchV" wurden die Bedingungen für kurzzeitige Arbeitseinsätze von Fremdfirmenangehörigen einheitlich festgelegt.

Für die Hauptabteilung Einkauf und Materialwirtschaft wurde ein Strahlenschutzmerkblatt erarbeitet, das die Einkäufer auf die zu beachtenden Regelungen und Bestimmungen des Strahlenschutzes hinweist. Das Merkblatt betrifft insbesondere den Geräte- und Materialeinkauf, Ausfuhren und Voraussetzungen für den Leihpersonaleinsatz.

1981 wurden 19 Anträge bei den zuständigen Behörden auf Genehmigungsänderung oder auf Erteilung einer neuen Genehmigung nach § 9 AtG oder §§ 3, 15 und 16 der StrlSchV gestellt.

Aufgrund von Umorganisationen wurden 30 Neubestellungen und 7 Änderungen der Zuständigkeiten (ohne Entlastungen und ohne Änderungen von Raumzuständigkeiten in der gleichen Organisationseinheit) von Strahlenschutzbeauftragten bzw. deren Stellvertretern erforderlich. Ende 1981 gab es bei der KfK GmbH 54 Strahlenschutzbeauftragte und 169 Stellvertreterfunktionen.

In Erfüllung einer Auflage der Genehmigung zur Beförderung radioaktiver Stoffe wurden bisher 28 Mitarbeiter als "Fachkundige Person für die Beförderung radioaktiver Stoffe (FPB)" bestellt.

Hierzu waren, wie bei den SSB-Bestellungen, jeweils Strahlenschutzfachkunde und persönliche Zuverlässigkeit nachzuweisen.

Die Beantwortung telefonischer Anfragen über allgemeine Strahlenschutzfragen, Beratung bei der Neueinrichtung von Kontroll- und Sperrbereichen sowie bei der Erfüllung von Behördenaufgaben, die Durchsicht von Sicherheitsbetrachtungen und Sicherheitsberichten und die Teilnahme an den Sitzungen des Arbeitsschutzausschusses und des Sicherheitsausschusses der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe bildeten auch 1981 einen wesentlichen Teil der Routineaufgaben.

Zwischenfallerfassung

Tabelle 2/1 zeigt die 1981 dem Technischen Sicherheitsbüro gemeldeten personen-, raum- und sachbezogenen Zwischenfälle mit radioaktiven Stoffen, wobei nicht jede Einzelperson bei einem mehrere Personen betreffenden Zwischenfall gesondert aufgeführt wurde. Die Aufgliederung nach Ursachen der insgesamt 33 erfaßten Zwischenfälle erfolgte nach dem jeweils überwiegend vorherrschenden Merkmal.

Zwischenfallursache	Betroffenes Objekt	Bei Personen überwiegend betroffen
Technische Mängel 15 %	Personen 73 %	Kopf 50 %
Organisatorische Mängel 27 %	Gegenstände 18 %	Hände 29 %
Verhaltensmängel 58 %	Luft 9 %	Ganzkörper 21 %

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

2.1.2 Personendosiskartei

H. Roock

Routineaufgaben

In der Personendosiskartei werden sowohl die von der amtlichen Meßstelle als auch alle in Eigenüberwachung ermittelten Personendosen und Inkorporationsmeßergebnisse registriert und 30 Jahre lang aufbewahrt. Bei festgestellten Grenzwertüberschreitungen erfolgen Meldungen, damit die jeweils erforderlichen Maßnahmen eingeleitet werden können. Ferner werden Belehrungs- und Untersuchungstermine registriert und ihre Einhaltung überwacht.

Zu den Aufgaben der Personendosiskartei gehören auch Ausgabe und Rücknahme der amtlichen Personendosimeter sowie deren Versand an die amtliche Meßstelle (Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe). Als Begleitpapier für die amtlichen Dosimeter dient der "Überwachungsbogen zur Personendosis-Feststellung". Diese für den jeweiligen Überwachungszeitraum zusammen mit den amtlichen Dosimetern verteilten Formulare sind am Ende der Dosimetertragezeit ausgefüllt (Name, Vorname, Dosimeter-Nr., Befestigungsort, Strahlenart) an die Personendosiskartei zurückzugeben.

Die interne Dosimetrie (Eigenüberwachung) wird von HS/D und HS/Ü abgewickelt.

Der Personendosiskartei obliegt die Registrierungs- und Aufbewahrungspflicht der Meßwerte sowie deren Überprüfung auf Grenzwertüberschreitungen.

Für die Institute und Abteilungen, die eine Terminverfolgung wünschen, werden deren Mitarbeiter von HS/TSB in festgelegten regelmäßigen Abständen zur ärztlichen Untersuchung und gegebenenfalls zur Inkorporationsanalyse gemeldet. Ergeben sich bei der Untersuchung Einschränkungen für den Umgang mit radioaktiven Stoffen, so wird dies in der Kartei vermerkt. Der zuständige Strahlenschutzbeauftragte sowie der Betriebsrat werden hierüber umgehend unterrichtet. Die Ergebnisse von Inkorporationsmessungen gehen den Strahlenschutzbeauftragten direkt zu. Sie werden ebenfalls in der Personendosiskartei verbucht.

Aufgrund der Genehmigung nach § 20 a StrlSchV werden für KfK-Mitarbeiter, die in fremden kerntechnischen Anlagen tätig werden müssen, Strahlenpässe ausgestellt und die Eintragungen im Bedarfsfall auf den neuesten Stand gebracht. Zur Zeit sind 115 KfK-Angehörige im Besitz eines Strahlenpasses.

Personendosimetrie

Im Berichtsjahr wurden 3915 Personen (Stand: Dezember 1981) überwacht. Die bis Ende 1981 gültige Überwachungsart und die prozentuale Verteilung der Anzahl der überwachten Personen auf die verschiedenen Dosimetergruppen in den letzten 5 Jahren sind aus den Tabellen 2/2 und 2/3 ersichtlich. Am 1. Januar 1982 tritt eine Neuregelung der Personendosimetrie für beruflich strahlenexponierte Personen in Kraft, nachdem durch den Bescheid des Sozialministeriums Baden-Württemberg vom 20.11.1981 das Verfahren zur Ermittlung der Körperdosen nach den §§ 62 und 63 StrlSchV und zur Messung der Personendosen nach § 40 RÖV für die Mitarbeiter der KfK GmbH neu festgelegt wurde. An die Stelle der bisherigen Dosimetergruppen I bis IV treten die Kategorien A 1, A 2 und B. Die Neueinstufungen der beruflich strahlenexponierten Personen wurden, entsprechend der für sie jeweils zu erwartenden Jahres-Äquivalentdosis, in Zusammenarbeit zwischen der Hauptabteilung Sicherheit und den zuständigen Strahlenschutzbeauftragten noch im Dezember 1981 durchgeführt.

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

Tab. 2/2: Dosimetergruppen

Jahr	Anzahl der überwachten Personen in %				
	Ia	Ib	II	III	IV
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
1981	23,1	10,5	10,0	12,7	43,7

Tab. 2/3: Einstufung der überwachten Personen in Dosimetergruppen (Gesamtzahl der überwachten Personen $\hat{=}$ 100 %)

Die Tabellen 2/4 und 2/5 zeigen die Häufigkeitsverteilung von Strahlenexpositionen, bezogen auf die durch Film- bzw. Glasdosimeter ermittelte Personendosis. Zum Vergleich wurden die Durchschnittswerte für die Jahre 1979 und 1980 angegeben.

Überwachungszeitraum	Amtliche Filmdosimetrie Anzahl der Personendosiswerte in %			
	< 100 mrem (< 1 mSv)	100 - 499 mrem (1 - 4,99 mSv)	500 - 999 mrem (5 - 9,99 mSv)	> 1000 mrem (> 10 mSv)
1979	96,97	2,96	0,07	0,008
1980	98,05	1,91	0,03	0,008
Januar 1981	97,8	2,2	0	0
Februar 1981	97,5	2,5	0	0
März 1981	98,1	1,9	0	0
April 1981	98,5	1,5	0	0
Mai 1981	98,3	1,7	0	0
Juni 1981	98,7	1,3	0	0
Juli 1981	96,7	3,1	0,2	0
August 1981	98,1	1,7	0,2	0
September 1981	98,9	1,1	0	0
Oktober 1981	98,9	1,1	0	0
November 1981	98,9	1,1	0	0
Dezember 1981	99,2	0,7	0,1	0

Tab. 2/4: Ergebnisse der amtlichen Filmdosimetrie für die Personen in Dosimetergruppe I bei monatlicher Dosimeterauswertung (Gesamtzahl der Dosiswerte $\hat{=}$ 100 %)

Überwachungszeitraum	Amtliche Glasdosimetrie Anzahl der Personendosismeßwerte in %		
	< 100 mrem (< 1 mSv)	100 - 499 mrem (1 - 4,99 mSv)	> 500 mrem (> 5 mSv)
1979	89,6	10,4	0
1980	93,7	6,3	0
1. Quartal 1981	96,9	3,1	0
2. Quartal 1981	90,2	9,8	0
3. Quartal 1981	93,9	6,1	0
4. Quartal 1981	98,2	1,8	0

Tab. 2/5: Ergebnisse der amtlichen Glasdosimetrie für die Personen in Dosimetergruppe II bei vierteljährlicher Dosimeterauswertung (Gesamtzahl der Dosismeßwerte $\hat{=}$ 100 %)

2.1.3 EDV-Einsatz zur Strahlenschutzüberwachung

A. Antoni

Seit 1975 wird zur Durchführung von Teilaufgaben der Strahlenschutzüberwachung elektronische Datenverarbeitung eingesetzt. Der inzwischen veraltete elektronische Kleinrechner, für den die Herstellerfirma den Service eingestellt hat, wurde 1981 durch eine moderne Anlage ersetzt. Das neue System zeichnet sich gegenüber dem bisher benutzten durch hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit, leichtere Programmierbarkeit (erheblich erweiterte Version der Basic-Sprache in Basic-2) und die Möglichkeit aus, mehr periphere Einheiten anschließen zu können. Die Anlage erlaubt auch einen Ausbau auf ein Mehrplatzsystem unter Verwendung vorhandener Teileinheiten.

Zur Zeit werden folgende Hauptprogramme verfügbar gehalten und ständig aktualisiert:

ADRESS	Externes Anschriftenverzeichnis für HS/TSB
DATASCH	Externes Anschriftenverzeichnis der Hauptabteilung Sicherheit
DON	Dosisdatei Institute und Fremdfirmenangehörige
GEN	Atomrechtliche Genehmigungen der Institute und Abteilungen
HS	Personaldatei von Mitarbeitern der Hauptabteilung Sicherheit
MAUS	Meßwertaustausch mit HS/Ü - HDB
UEBO	Überwachungsbogen für die amtliche Personendosimetrie, Aufdrucken der Namen nach aktuellem Stand der Datei
UKW	Verzeichnis der Personenrufempfänger
VIP	Datei intern bestellter Personen und Kontaktpersonen für HS/TSB
ZAG	Auftragsfirmen mit Genehmigung nach § 20 a StrlSchV

Für alle Hauptprogramme gibt es Subroutinen, die Ergänzungen, Tilgungen und Korrekturen in den Dateien erlauben.

Zur Berichterstattung von Dosismeßwerten, zur Terminverfolgung für Untersuchungs- oder Be-
lehrungstermine, zur Bekanntmachung wichtiger Informationen oder administrativer Maßnahmen
und zur Abwicklung der internen und externen Korrespondenz müssen unterschiedliche Personen-
kreise und Institutionen angeschrieben werden. Zur Rationalisierung des umfangreichen
Schriftverkehrs können Formblätter, Listen und Verzeichnisse, die unterschiedlichen Ordnungs-
kriterien unterliegen, maschinell erstellt werden. Die hierzu verwendeten Ausgaberroutinen für
die Hauptprogramme wurden in Tab. 2/6 zusammengestellt.

Programm- Kurzbezeichnung	Leistung	Nutzungs- Frequenz
ADRESS	Adressenaufkleber	nach Bedarf
DATASCH	Alphabetisches Verzeichnis der Anschriften Adressenaufkleber	nach Bedarf "
DON	Auflistung der Strahlenschutzdaten für Mitarbeiter von HS/U, IHCh, IRCh, HDB und Fremdfirmenangehörige (alphabetisch geordnet) Fälligkeitsliste für Untersuchungstermine Fälligkeitsliste für Belehrungstermine Alphab. Namensliste für Fremdfirmenangehörige Nach Fremdfirmen sortierte Namensliste TIK-Werte, alphab. nach Fremdfirmenangehörigen geordnet Mitteilung der TIK-Werte an die Fremdfirmen mit § 20 a-Genehmigungen Strahlenschutzdaten, alphabetisch nach ausge- schiedenen Fremdfirmenangehörigen geordnet	monatlich " " " " " " jährlich
GEN	Genehmigungsliste - chronologisch nach Jahren Genehmigungsliste - geordnet nach Instituten und Abteilungen	nach Bedarf "
HS	Alphab. Gesamtliste der Personaldaten Alphab. Gesamtliste der Anschriften Alphab. Auflistung der Personaldaten nach Unterabteilungen Alphab. Auflistung der Anschriften nach Unterabteilungen	monatlich " " "
MAUS	Alphab. Namensliste der Fremdfirmenangehörigen	monatlich
UEBO	Überwachungsbogen, geordnet nach Instituten bzw. Abteilungen (innerhalb der Institute alphab.) für Filmdosimeter für amtliche Glasdosimeter für amtliche Glasdosimeter (Einsatztrupps)	monatlich vierteljährlich halbjährlich
UKW	Liste der Personenrufempfänger, geordnet nach steigenden Rufnummern	nach Bedarf
VIP	Alphab. Liste aller Kontaktpersonen für HS/TSB Alphab. Listen für verschiedene Auswahlmerk- male (z. B. alle SSB) Adressenaufkleber für verschiedene Auswahl- merkmale	nach Bedarf " "
ZAG	Anschriftenverzeichnis der Kontaktfirmen Adressenaufkleber	nach Bedarf "

Tab. 2/6: Ausgaberoutinen der Hauptprogramme

2.1.4 Durchführung der Bestimmungen des § 20 a der Strahlenschutzverordnung

M. Schindler, A. Antoni

Die Strahlenschutzverordnung verlangt von Firmen, die unter ihrer Aufsicht stehende Personen in nicht eigenen kerntechnischen Anlagen tätig werden läßt, eine eigene atomrechtliche Genehmigung und eine Reihe administrativer Leistungen zum Strahlenschutz. Im Rahmen des Dienstleistungsvertrages wird hierzu ein eigener Abgrenzungsvertrag zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer geschlossen. Seit September 1980 wird allen derzeit mit KfK im Auftragsverhältnis stehenden Firmen ein einheitlicher Vertragstext vorgelegt.

Die sich aus dem Abgrenzungsvertrag ergebenden Aufgaben und Zuständigkeiten für Auftraggeber (Betreiber) und Auftragnehmer (§ 20 a-Fa.) wurden in Tabelle 2/7 dargestellt.

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

Tab. 2/7: Zuständigkeiten nach § 20 a Strahlenschutzverordnung

Die Erfassung der Fremdfirmen und der Kenndaten des Vertragspartners sowie erforderliche Aktualisierungen erfolgen über ein DV-Programm (siehe Tab. 2/8).

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 ein weiteres DV-Programm wird ein postfertiger Auszug aus der Personendosisdatei monatlich für zur Zeit 50 Fremdfirmen und ca. 397 Personen erstellt und den Firmen übersandt.

Auch die Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH ist ihrerseits Inhaber einer Genehmigung nach § 20 a StrlSchV für Mitarbeiter, die im Auftrag der KfK auswärts möglicherweise strahlenexponiert arbeiten. Im Bedarfsfall wird solchen Mitarbeitern der vorgeschriebene Strahlenpaß ausgestellt und zur Dokumentation von Strahlenschutzdaten mitgegeben. Zur Zeit sind 115 Strahlenpässe ausgestellt.

Zahl der Kontaktfirmen	254
davon im Zuständigkeitsbereich des Gewerbeaufsichtsamtes Karlsruhe	111
Genehmigung nach § 20 a im Original vorgelegt	52
im Besitz eines Abgrenzungsvertrages mit KfK	101
von KfK personendosisüberwacht (Stabdosis über Personendosisdatei)	83
Gesamtzahl der personendosisüberwachten Fremdfirmenangehörigen	609

Tab. 2/8: Erfassung von Fremdfirmen für § 20 a StrlSchV (Stand: Dezember 1981)

2.1.5 Durchführung der Röntgenverordnung

W. Reuble

Für die Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH erfolgt die zentrale Erfassung aller Einrichtungen, die der Röntgenverordnung unterliegen, durch HS/TSB. Neuanmeldungen, Genehmigungsanträge, Veränderungsanzeigen sowie Mitteilungen über Außerbetriebsetzungen werden von hier der Aufsichtsbehörde zugeleitet.

Mit Hilfe eines von HS/TSB eingeführten Formulars "Anzeige einer Röntgeneinrichtung" wird eine einheitliche Registrierung erreicht und können durch die damit angeforderten Unterlagen alle notwendigen Daten belegt werden. Ein großer Teil der Röntgeneinrichtungen und Störstrahler kann genehmigungsfrei betrieben werden, da sie die Voraussetzungen gemäß § 4 der Röntgenverordnung erfüllen. Wo diese Voraussetzungen nicht erfüllt werden, wird von HS/TSB mit Hilfe des erwähnten Formulars bei der Aufsichtsbehörde eine Genehmigung nach § 3 der RÖV beantragt. Für die Einrichtungen der KfK ist das Gewerbeaufsichtsamt Karlsruhe die zuständige Behörde.

Für die Erteilung einer Genehmigung zum Betrieb einer nicht bauartgeprüften oder umgebauten Röntgeneinrichtung oder eines Gerätes, für das keine vollständigen Unterlagen vorhanden sind, ist die Abnahme durch einen ermächtigten "Sachverständigen" unerlässlich. Im Berichtsjahr 1981 wurden diese Abnahmeprüfungen erstmals durch die amtlich anerkannte "Prüfstelle Dr. Kolb" in Stuttgart sowie auch durch den TÜV-Baden in Mannheim durchgeführt, da die Landesanstalt für Umweltschutz in Karlsruhe für diese Aufgaben nicht mehr zur Verfügung steht. Im Gegensatz zu früheren Abnahmen ergaben sich bei den neueren Geräten nur noch geringfügige Beanstandungen, die meistens in der Empfehlung einer deutlicheren Kennzeichnung des Betriebszustandes oder der Bereitstellung der Unterlagen zu jederzeitiger Einsicht durch die Aufsichtsbehörde bestanden. Deshalb waren keine Wiederholungsprüfungen erforderlich.

Für die Röntgeneinrichtungen und Störstrahler i. S. der Röntgenverordnung wurden - unabhängig von Bestellungen nach der Strahlenschutzverordnung - bis Ende des Berichtsjahres in 19 Instituten insgesamt 57 Verantwortliche für den Strahlenschutz i. S. von § 11 Abs. 1 Nr. 2 der Röntgenverordnung bestellt und die jeweiligen Zuständigkeitsbereiche festgelegt. Umsetzungen oder aus anderen Gründen erforderlich gewordene Entlastungen von der Strahlenschutzverantwortung nach RÖV hatten Neubestellungen zur Folge, für die der Nachweis der Fachkunde im Strahlenschutz zu erbringen war.

2.2 Arbeitsschutz

2.2.1 Betriebsüberwachung

E. Windbühl, F. Merschroth

Im Rahmen der allgemeinen Betriebsüberwachung wurden im Berichtsjahr 217 protokollierte Begehungen und Kontrollgänge in den baulichen Objekten und den Außenanlagen durchgeführt. Hierbei mußten 256 Beanstandungen ausgesprochen und 114 Auflagen erteilt werden. Unabhängig hiervon konnten bei diesen Begehungen 185 sicherheitstechnische Empfehlungen und Hinweise gegeben werden.

Die Sicherheitsbeauftragten nach § 719 RVO haben an 48 Routinebegehungen teilgenommen. Der Betriebsrat entsandte zu 12 Begehungen Mitarbeiter des Sicherheitsausschusses.

Gemeinsame Begehungen von Betriebsarzt, Sicherheitsingenieur und Betriebsrat erfolgten zusätzlich zu allen vorgenannten Begehungen in 26 Fällen.

2.2.2 Sicherheitsinformationen und Sicherheitsausbildung

E. Windbühl.

Der Gefahrenabwehr durch Information und Ausbildung im Arbeitsschutz und in der Unfallverhütung wird ein hoher Stellenwert eingeräumt. Die Ausbildungsmaßnahmen werden teilweise unmittelbar vom Technischen Sicherheitsbüro, teilweise im Rahmen der innerbetrieblichen Fortbildung und in Zusammenarbeit mit externen Institutionen durchgeführt. Besondere Bedeutung und Beachtung wird den innerbetrieblichen Transportsystemen wie Flurförderzeugen und Hebezeugen beigemessen, da hier die Unfallgefahren besonders groß sind. Die Ausbildung an diesen Systemen ist sowohl theoretischer wie praktischer Art und schließt mit Qualifikationsprüfungen ab.

Im Jahre 1981 befanden sich 177 Mitarbeiter in der Kranführer- und Anschlägerausbildung. Weitere 30 Mitarbeiter unterzogen sich der Ausbildung für Flurförderzeugfahrer.

Die Vermittlung elektrotechnischer Grundlagen und die Unterweisung nach VDE 0105 wurde für zahlreiche Mitarbeiter erforderlich, die an Versuchsständen und Experimentieranlagen Tätigkeiten ausüben, die nach den VDE-Vorschriften zu Arbeiten an Starkstromanlagen gehören. Arbeiten dieser Art dürfen nur von Personen durchgeführt werden, die entweder Fachleute auf dem Sektor Elektrotechnik sind oder durch Unterweisung und Unterrichtung ausreichende Kenntnisse auf dem Gebiet der Elektrotechnik vermittelt bekommen haben.

Die Notwendigkeit von Ausbildungsmaßnahmen zeigte sich auf dem Sektor der Wartung und Instandhaltung von Betriebsanlagen der Infrastruktur. In diesen Bereichen werden Ingenieure, Techniker und Facharbeiter eingesetzt, die aufgrund ihrer Tätigkeit Umgang mit Säuren und Laugen haben, aber nur Kenntnisse in der Elektrotechnik oder der Maschinentechnik besitzen. Hier wurde es deshalb erforderlich, diesem Personenkreis grundlegende Kenntnisse, die zum sicheren Umgang mit Säuren und Laugen befähigen, zu vermitteln.

In Kursen, Vortragsveranstaltungen und Seminaren mit allgemeiner Zielsetzung wurden Sicherheitsmaßnahmen bei Brand- und Explosionsgefahren, der Umgang mit gefährlichen Arbeitsstoffen, die Verantwortung für Arbeitssicherheit, der Versicherungsschutz bei Arbeitsunfällen, Lichttechnik, Winden, Hub- und Zuggeräte, Hebe- und Hubarbeitsbühnen und die Prüfung elektrischer Anlagen und Betriebsmittel behandelt.

2.2.3 Unfallgeschehen im Jahre 1981

E. Windbühl

Im Jahre 1981 wurden an den zuständigen Unfallversicherungsträger - den Bad. Gemeinde-Unfallversicherungsverband - 139 Unfälle gemeldet. In diesen Unfallzahlen sind auch die nicht meldepflichtigen Unfälle, d. h. ohne Ausfallzeiten oder mit Ausfallzeiten unter 3 Tagen, enthalten. In Tab. 2/9 wird die Statistik der Unfallarten ab 1975 wiedergegeben. Zur weiteren Verdeutlichung des Unfallgeschehens dienen die Abbildungen 2/1 bis 2/3.

Unfallarten	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Betriebsunfälle	173	154	151	161	134	96	117
Wegeunfälle	23	27	21	23	21	22	16
Sportunfälle	2	11	10	11	12	6	4
Berufskrankheiten	-	2	4	6	4	1	2

Tab. 2/9: Statistik der Unfallarten

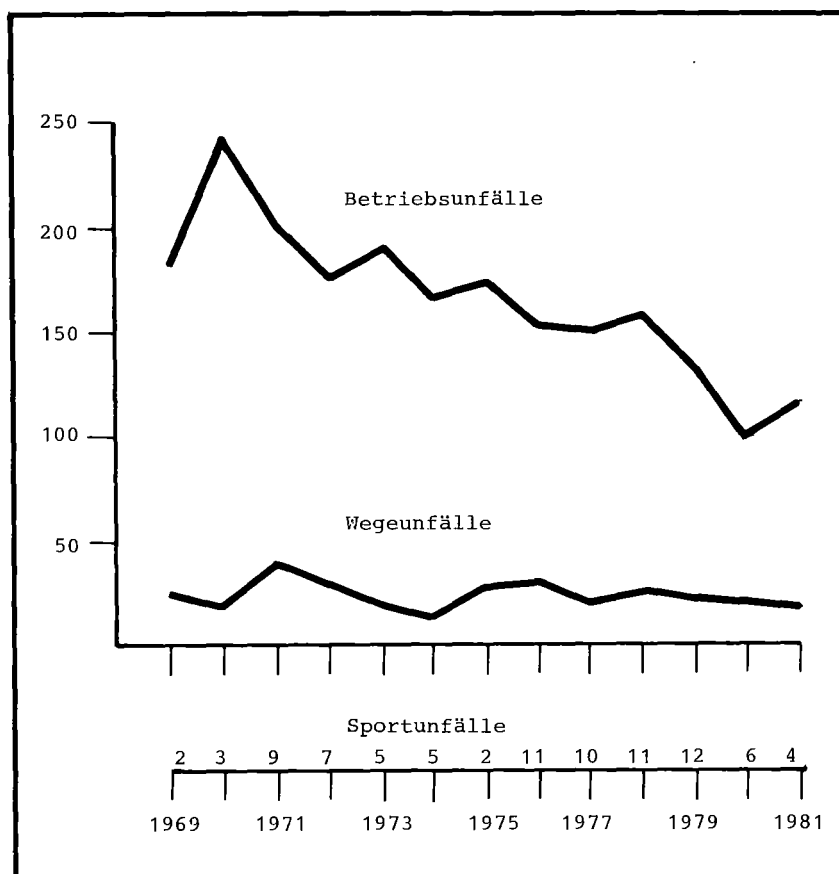


Abb. 2/1: Arbeitsunfälle 1969 bis 1981, aufgeteilt in Betriebs-, Wege- und Sportunfälle

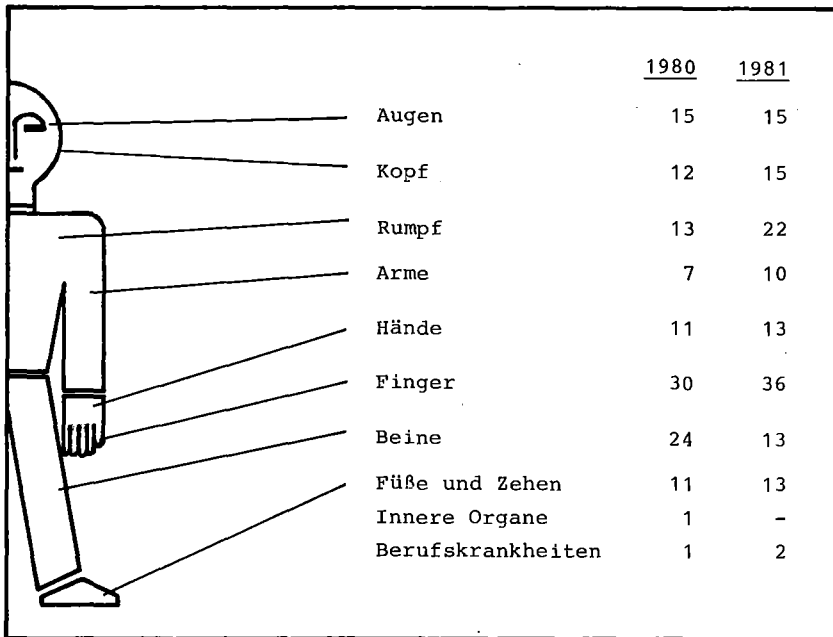


Abb. 2/2: Arbeitsunfälle 1980 und 1981, geordnet nach verletzten Körperteilen (einschließlich Wege- und Betriebs-sportunfällen)

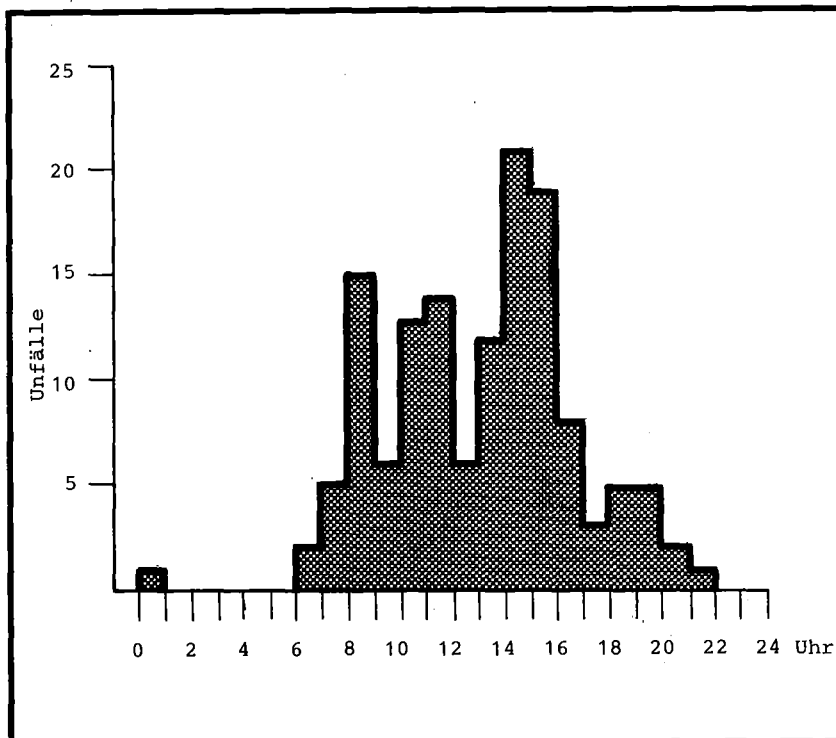


Abb. 2/3: Verteilung der Unfälle auf die tägliche Arbeitszeit 1981

2.2.4 Arbeitsplatzüberwachungen

F. Merschroth

Schwerpunkte der Arbeitsplatzüberwachung bildeten 1981 Lärmpegelmessungen und Konzentrationsbestimmungen gesundheitsgefährdender Gase und Dämpfe. Tab. 2/10 gibt Auskunft darüber, in welchen Instituten bzw. Organisationseinheiten des KfK Lärmpegel- oder Schadstoffmessungen vorgenommen wurden und welche Räume, Geräte oder Anlagen die Überwachungsmaßnahmen notwendig machten.

Organisations-einheit	Art der Überwachung	Überwachte Räume, Geräte und Anlagen
HDB	Lärmpegelmessung	Kompressor/Schlammwässerung, Geb. 514
HDB	Lärmpegelmessung	Geb. 536, OSD-Raum, Bedienungsgang
HS/M	Lärmpegelmessung	SODAR-Anlage
HS/S	Schadstoffmessung	Geb. 221, Dieselabgase
HS/S	Schadstoffnachmessung	Geb. 221, Dieselabgase
HS/Ü	Lärmpegelmessung	Vakuumpumpe Becker VT 1.5 c
HS/Ü	Lärmpegelmessung	Vakuumpumpe Becker VT 3 c
HS/Ü	Lärmpegelmessung	Vakuumpumpe Eberline
HS/Ü	Lärmpegelmessung	Vakuumpumpe Neuberger
IHCh	Lärmpegelmessung	HET-Test und Kommet II
IK/ITP	Lärmpegelmessung	Vakuumpumpe Pfeiffer
IMF	Schadstoffmessung	Geb. 681, Abluft, Raum 106, 108
IRCh	Schadstoffmessung	Geb. 321, Glasbläserei, Abluft
KTB/EA	Lärmpegelmessung	Stickstoffpumpe/Reduktionsanlage
SKT	Lärmpegelmessung	Hörsäle/Lüftungsanlage
SKT	Lärmpegelnachmessung	Hörsäle/Lüftungsanlage
VBW/VB	Lärmpegelmessung	Fremdbelüftung im Sandstrahlhelm
VBW/VB	Lärmpegelmessung	Fremdbelüftung im neuen Sandstrahlhelm
VBW/VB	Lärmpegelmessung	Wasserwerk Tiefgestade
VBW/VB	Lärmpegelnachmessung	Geb. 315, Schlafräume Feuerwehr
GWK	Lärmpegelmessung	Geb. 1518, Hauptwache

Tab. 2/10: Lärmpegel- und Schadstoffmessungen 1981

Die von HS/TSB durchgeführten Arbeitsplatzüberwachungen beschränkten sich nicht auf Messungen und deren Auswertung. Eine abschließende Beurteilung der überwachten Arbeitsplätze und die Erarbeitung von technischen Lösungsvorschlägen zur Minderung der Lärmimmission bzw. der Schadstoffkonzentration waren wesentliche Bestandteile der jeweils gestellten Überwachungsaufgabe.

Im folgenden sollen an einem Beispiel aus dem Bereich der Lärmemissionsüberwachung Arbeitsweise, Umfang der Messungen und der Weg zur technischen Problemlösung exemplarisch dargestellt werden.

Das gewählte Beispiel betrifft ein Kühlaggregat, das aus anlagentechnischen Gründen in der Technikumshalle des IHCH betrieben wird, in der durchschnittlich 12 Mitarbeiter tätig sind.

Bei einer Lärmpegelmessung nach Inbetriebnahme des Aggregats wurden Emissionswerte von 85 dB(A) in 1 m Abstand gemessen. Weitere Messungen haben gezeigt, daß nicht nur das Aggregat Luftschall abstrahlt, sondern daß auf die angebauten und unterbauten Stahlteile Körperschall übertragen wird, der von diesen wiederum als sekundärer Luftschall abgestrahlt wird. Aufgrund der Meßergebnisse wurde zur Vermeidung der direkten Luftschall-Abstrahlung eine Kapselung des Kühl-aggregats vorgeschlagen. Zur Vermeidung der Körperschallübertragung wurde der Unterbau von fre-quenzabgestimmten Schwingungsdämpfern empfohlen.

Aufgrund der Oktavanalyse, die den höchsten Geräuschanteil im 1000 Hz-Oktavband auswies, wurde dann im Auftrag von IHCH eine Sperrholzkapselung, die auf der Innenseite mit Schaumstoff aus-gekleidet wurde, angefertigt.

Durch beide Maßnahmen konnte kostengünstig die Lärmemission des Kühlaggregats und somit die Lärmimmission in der gesamten Halle um 16 dB(A) gemindert werden (siehe Abb. 2/4).

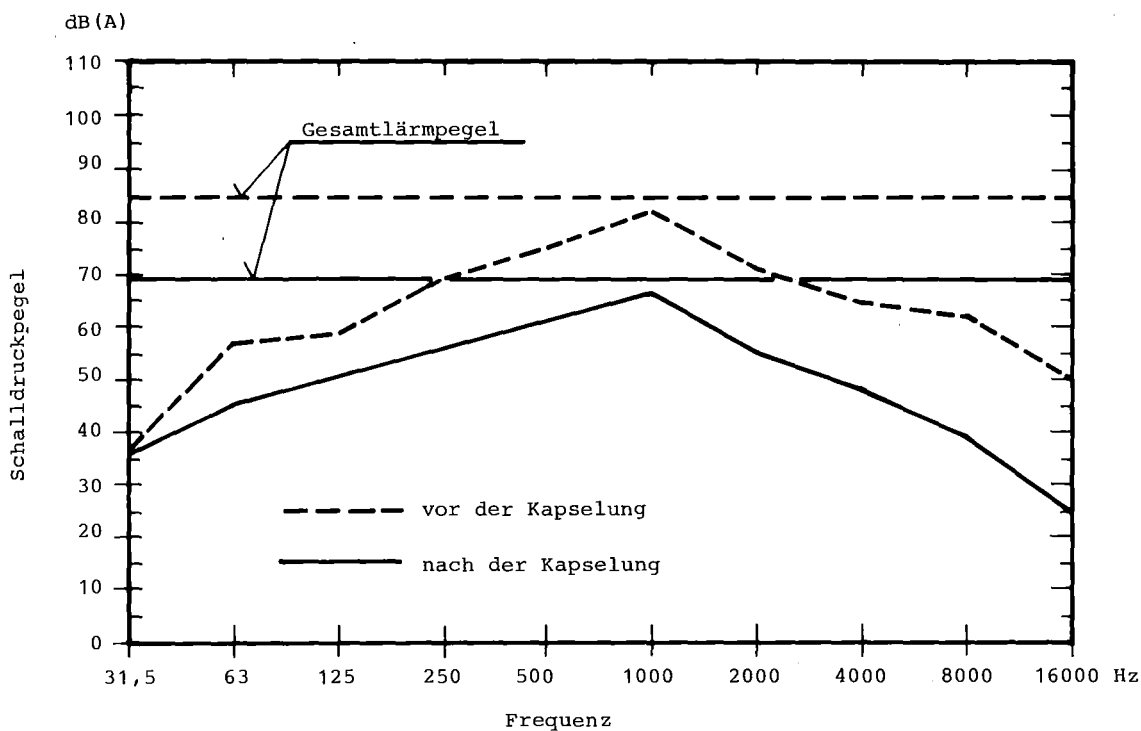


Abb. 2/4: Lärmpegel und Frequenzverlauf vor und nach der Kapselung

Nicht alle Probleme meßtechnisch erfaßter und änderungsbedürftiger Anlagen lassen sich in gleich unkomplizierter Weise lösen. Dies trifft insbesondere dort zu, wo Räume oder Laboratorien durch die Änderung des Arbeitsgebietes nicht mehr den ursprünglichen Zwecken entsprechend verwendet werden. In solchen Fällen müssen in Zusammenarbeit zwischen den betreffenden Instituten, der Hauptabteilung Bauwesen und HS/TSB oft umfangreiche und vor allem langwierige Änderungen durchgeführt werden.

Daß 1981 gerade auf die Lärmemissionsüberwachung besonderer Wert gelegt wurde, entsprach nicht nur der allgemeinen Tendenz einer verstärkten Lärmbekämpfung am Arbeitsplatz, sondern trug auch dem Erlaß des Ministeriums für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung des Landes Baden-Württemberg vom 03.12.1980 über "Lärm am Arbeitsplatz" Rechnung, der am 01.01.1981 in Kraft trat.

Darin wird unter anderem von Betrieben, die sowohl über Betriebsärzte als auch über Fachkräfte für Arbeitssicherheit verfügen, folgendes gefordert:

- Ermittlung der Lärmbereiche und der lärmexponierten Mitarbeiter
- Durchführung audiometrischer Siebtests
- Maßnahmen zur Lärminderung
- ärztliche Untersuchungen

Betriebe, die weder über einen Betriebsarzt noch über eine Fachkraft für Arbeitssicherheit verfügen, haben diese Aufgaben von der Landesanstalt für Umweltschutz durchführen zu lassen.

Aufgrund der Unfallverhütungsvorschrift "Lärm", der Arbeitsstättenverordnung und der Technischen Anleitung "Lärm" sind alle Betriebe verpflichtet, die in diesen drei Regelwerken festgelegten Grenzwerte für die Geräuschimmission einzuhalten. Dies gilt nicht nur für die Grenzwerte von 85 bzw. 90 dB(A) für den Lärmbereich, sondern auch für die in § 15 der Arbeitsstättenverordnung sowie in der VDI-Richtlinie 2058 vorgesehenen tätigkeitsbezogenen Grenzwerte von 55 dB(A) bei geistiger Tätigkeit und 70 dB(A) bei Bürotätigkeit und vergleichbaren Tätigkeiten.

Eine lückenlose Erfassung der Lärmbereiche im KfK ist äußerst schwierig, da die Messungen sehr zeitintensiv sind und sich durch die Inbetriebnahme neuer Maschinen, Geräte und Anlagen ständig Änderungen ergeben. Dies ist vielfach der Grund für die Entstehung von Lärmbereichen, die dann in der Regel durch unkontrollierte Überlagerung von Schallfeldern mehrerer Quellen erzeugt werden. Aufgrund dieser Tatsache schlug HS/TSB vor, daß schon bei der Ausschreibung für jede zu beschaffende Maschine, vom Schreibautomaten bis hin zum Preßlufthammer, vom Hersteller der Maschine - der nach DIN 45635 zur Lärmerfassung aller seiner Produkte verpflichtet ist - der Schalleistungspegel erfragt werden muß. Anhand dieser Angabe und der für den jeweiligen Arbeitsplatz schon bekannten Immissionswerte kann dann von HS/TSB beurteilt werden, ob durch das Zusammenwirken aller Maschinen ein Lärmpegel entstehen kann, der von vornherein lärmämpfende Maßnahmen erforderlich macht.

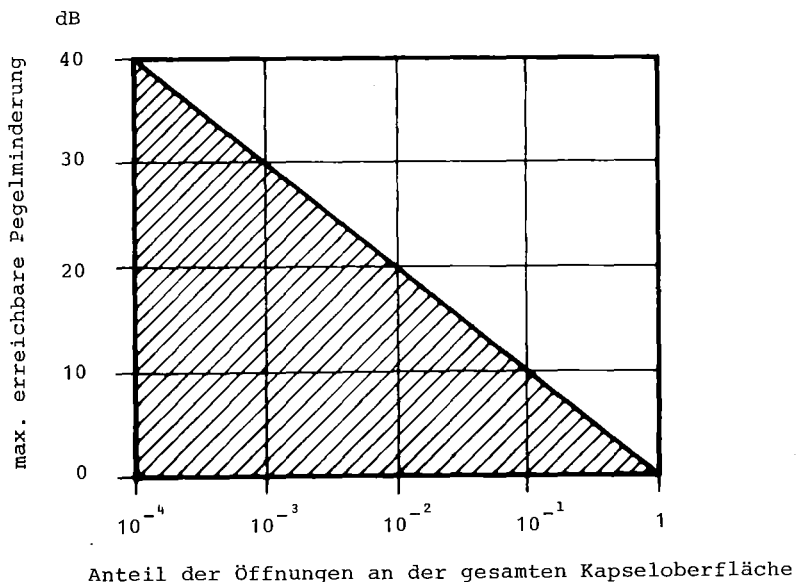


Abb. 2/5: Begrenzung der Kapselwirkung durch Öffnungen

Für bereits bestellte Maschinen und Anlagen, für die kein Schalleistungspegel erfragt wurde oder die aus dem Ausland kamen, hat HS/TSB in der Vergangenheit schon mehrfach Lärmspektren an vergleichbaren Maschinen oder Anlagen aufgenommen und anhand dieser Daten entsprechende Maßnahmen vorgeschlagen. In diesem Zusammenhang sollte beachtet werden, daß eine bereits vom Hersteller lärmgedämpfte Maschine immer kostengünstiger ist als eine nachträgliche Dämpfung am Einsatzort. Außerdem können viele Maschinen nicht voll gekapselt werden, da sie ständig - zumindest teilweise - zugänglich sein müssen.

In zunehmendem Maße mußte festgestellt werden, daß bei Eigenkapselung ohne vorherige Rücksprache mit HS/TSB gravierende Fehler gemacht werden. So befinden sich in der Kapseloberfläche oft mehr oder weniger große Öffnungen in Form nicht abgedichteter Rohrdurchführungen und Lüftungsöffnungen ohne Schalldämpfer. Die graphische Darstellung (Abb. 2/5) zeigt, wenn nur die Luftschallabstrahlung durch die Öffnungen betrachtet wird, daß schon kleine Öffnungen in der Kapselwand die erreichbare Pegelminderung stark begrenzen.

2.2.5 Arbeitsschutzausschuß

E. Windbühl

Der Arbeitsschutzausschuß wurde auch 1981 gemäß § 11 des Arbeitssicherheitsgesetzes einberufen.

Neben aktuellen Problemen des Arbeitsschutzes, wie z. B. Zwischenfälle, Arbeitsunfälle, gesundheitsschädliche Einwirkungen an Arbeitsplätzen, Bau- und Sanierungsmaßnahmen und Sicherheitseinrichtungen, wurden das Verfahren der ärztlichen Anzeige von Berufskrankheiten, insbesondere das Meldeverfahren bei Verdacht auf einen Strahlenunfall, die notwendige Verfahrensweise bei der Beschaffung und Aufstellung von lärmintensiven Maschinen und Geräten, die Aus- und Fortbildung von Mitarbeitern in der Arbeitssicherheit und die Entsorgung von inaktiven Abfällen behandelt und Empfehlungen verabschiedet.

2.3 Kernmaterialüberwachung

2.3.1 Gesetzliche Grundlagen und Struktur der Kernmaterialüberwachung der KfK

W. Stock

Grundlagen der Kernmaterialüberwachung sind die nachfolgend aufgeführten Gesetze, Verordnungen und Anordnungen deutscher sowie internationaler Behörden:

- Artikel 72 des NV-Vertrages
- Artikel 82 des EURATOM-Vertrages
- Verordnung (EURATOM) Nr. 3227/76 der EURATOM-Kommission
- Besondere Kontrollbestimmungen der Kommission der Europäischen Gemeinschaften für die einzelnen Materialbilanzonen der KfK.
- § 78 der Strahlenschutzverordnung
- Umgangs-, Lager-, Betriebs- und Beförderungsgenehmigungen

Die von EURATOM für die KfK festgelegten Materialbilanzonen wurden in Tab. 2/11 zusammengestellt.

Anlage	MBZ (EURATOM-Code)	Anlage	MBZ (EURATOM-Code)
KTB/FR-2	WF2K	INR	WKVS
KTB/SNEAK	WSNK	IRCh	WRCH
KTB/HZ	WHZK	IMF/III	WKKA
SUA	WSUA	IHCh	WKKB
SUR-100	WSUR	Laboratorien	WKKE
IKVT	WIKV		

Tab. 2/11: Materialbilanzzonen (MBZ) der KfK

In der Materialbilanzzone WKKE (Laboratorien) wurden 1981 die folgenden 10 Institute bzw. Teilinstitute zusammengefaßt:

IMF/I, IAK/II, SKT, INE, LF/I, HS, Zykl., IAK/II-RTM, IRB und IRE.

Wegen der Stilllegung des Forschungsreaktors FR-2 (Materialbilanzzone WF2K) zum Jahresende 1981 wurde entsprechend der Verordnung (EURATOM) Nr. 3227/76 Anhang I bei der EURATOM-Kommission beantragt, den Forschungsreaktor FR-2 von Gruppe A "Reaktoranlage" in Gruppe D "Lageranlage" zurückzustufen. Dies erfordert eine neue Meldung der "grundlegenden technischen Merkmale" dieser Anlage nach Artikel 2 der genannten Verordnung.

Die Hauptabteilung Ingenieurtechnik (IT), deren Kernmaterial bisher in der Anlage KTB/FR-2 mit-erfaßt war, soll entweder eine selbständige Materialbilanzzone werden oder der Materialbilanzzone WKKE (Laboratorien) angeschlossen werden. Die Entscheidung fällt durch EURATOM im Einvernehmen mit der IAE0.

2.3.2 Inspektionen durch EURATOM und IAE0

W. Stock

1981 haben die Internationale Atomenergie-Organisation, Wien, in Anwendung von Artikel 72 des NV-Vertrages, und die EURATOM-Kommission, Luxemburg, in Anwendung von Artikel 82 Abs. 2 des EURATOM-Vertrages, in der KfK zahlreiche Inspektionen durchgeführt.

Zur Durchführung der insgesamt 248 Inspektionen wurden von der IAE0 62 und von der EURATOM-Kommission 76 Inspektoren eingesetzt. Die Verteilung dieser Inspektionen, die ebenso viele Inspektionstage erforderten, auf die einzelnen Anlagen der KfK ergibt sich aus Tab. 2/12.

inspizierte Anlagen	Anzahl der Inspektionen	inspizierte Anlagen	Anzahl der Inspektionen
KTB/FR-2	5	INR	3
KTB/SNEAK	225	IRCh	2
KTB/HZ	3	IMF/III	1
SUA	1	IHCh	4
SUR-100	1	Laboratorien	2
IKVT	1		

Tab. 2/12: Anzahl der 1981 durchgeführten Inspektionen

Im Zusammenhang mit den in Tab. 2/12 aufgeführten Anlagen-Inspektionen kam es 1981 zu insgesamt 80 begleitenden Inspektionen beim Technischen Sicherheitsbüro der HS. Alle Anlagen-Inspektionen wurden von HS/TSB vorbereitet. Die Inspektoren der internationalen Behörden wurden - außer bei der Durchführung der Überwachungsmessungen in SNEAK - bei allen Inspektionen vom zuständigen Sachbearbeiter von HS/TSB durch die kontrollierten Anlagen begleitet. Über alle Inspektionen wurden interne Berichte verfaßt.

In 10 der 11 Materialbilanzzonen der KfK wurde 1981 die Aufnahme des realen Bestandes an Kernmaterial durchgeführt und durch IAEO und EURATOM überprüft.

Der Arbeitsaufwand, der sich aus diesen Inventuren für die einzelnen Anlagen und die zentrale Buchhaltung bei HS/TSB ergab, war beträchtlich. Von HS/TSB bzw. von den der Inventur unterzogenen Anlagen der KfK waren hierzu im einzelnen zu liefern:

- Bestandsverzeichnisse mit dem von HS/TSB an EURATOM gemeldeten Buchbestand am Prüfungstichtag der einzelnen Anlagen
- Aufstellung des realen Bestandes an Kernmaterial, gegliedert nach den einzelnen Schlüsselmeßpunkten
- Inventurliste der Schlüsselmeßpunkte mit Angabe der einzelnen Positionen
- Materialbilanzbericht von HS/TSB mit den Angaben sämtlicher Bestandsänderungen bis zum Prüfungstichtag
- Bestandsänderungsbericht von HS/TSB mit Angabe und Berichtigungen der Differenzen zwischen dem Buchbestand und dem realen Bestand an Kernmaterial

Anfängliche Schwierigkeiten bei der Durchführung der Inventuren wurden durch intensive Kontakte zwischen HS/TSB, der EURATOM-Kommission und den einzelnen Anlagen der KfK behoben.

Festgestellte Mengen-Differenzen beruhten in allen Fällen auf Neu-Messungen (NM) und Rundungen (RA), die in den einzelnen Anlagen vorgenommen wurden. Der Kernmaterialbestand der 10 kontrollierten Materialbilanzzonen wurde durch die IAEO und EURATOM 1981 verifiziert. Die Inventur der noch ausstehenden 11. Materialbilanzzone WHZK (KTB/HZ) für das Jahr 1981 wird im 1. Quartal 1982 erfolgen.

2.3.3 Zentrale Buchhaltung der KfK zur Erfassung und Meldung von Kernmaterial

W. Stock

Die an der Erfassung des Kernmaterials beteiligten internen und externen Meldeinstanzen und die zugehörigen Meldewege wurden als Fließschema in Abb. 2/6 dargestellt.

Zur Gewährleistung der Vollständigkeit der internen Meldungen hat HS/TSB allen Instituten/Abteilungen der KfK Richtlinien, Merkblätter und Muster der zu verwendenden Formblätter in Form eines Ordners "Kernmaterialerfassung" ausgehändigt.

Entsprechend der Verordnung (EURATOM) Nr. 3227/76 Artikel 14 werden von der zentralen Buchhaltung monatlich die Bestandsänderungen an Kernmaterial in computergerechter Form, getrennt nach Anlagen, Kategorie, Chargenbezeichnung und der jeweiligen Verpflichtung, erfaßt und den zuständigen Behörden gemeldet.

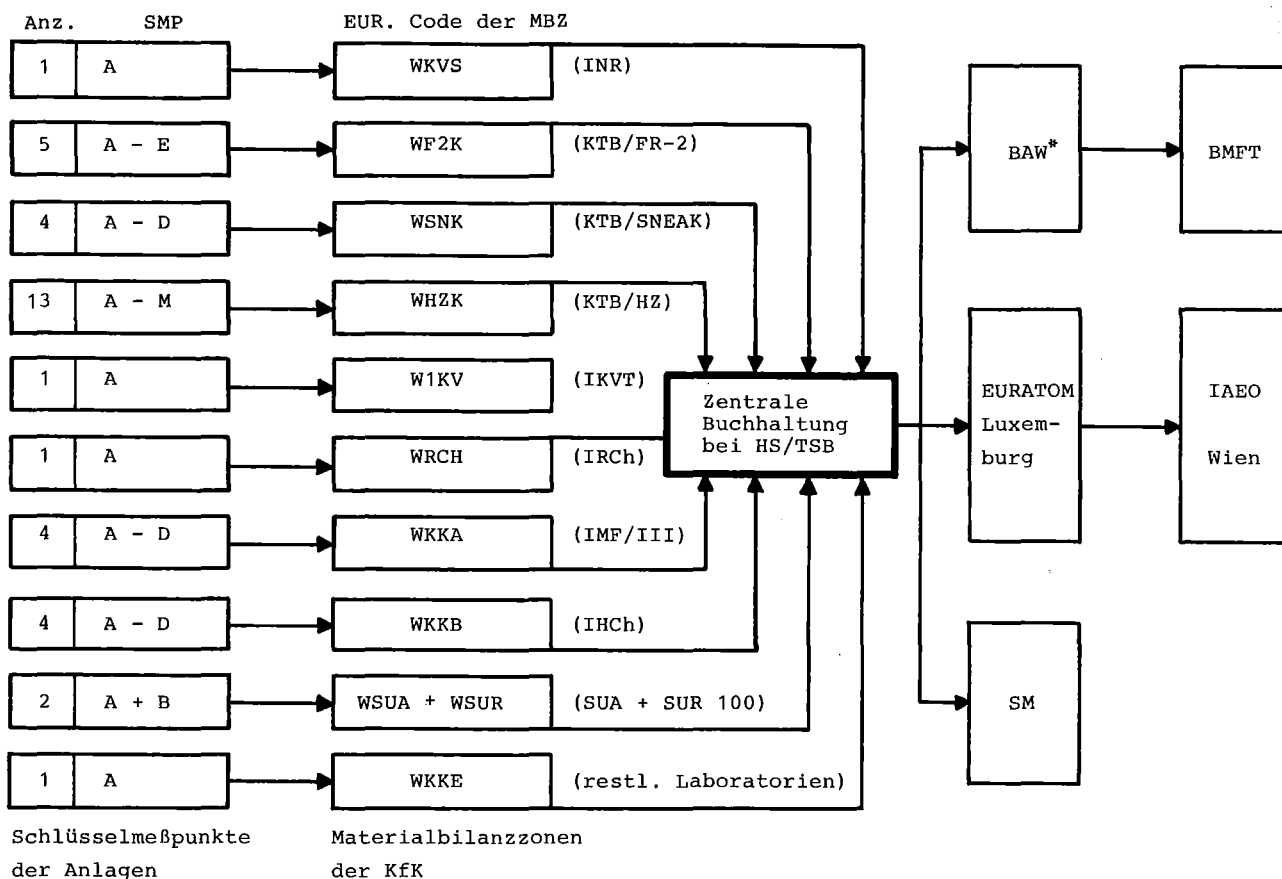


Abb. 2/6: Meldeinstanzen und Meldewege zur Kernmaterialerfassung
 *BAW = Bundesamt für gewerbliche Wirtschaft

Zur Erstellung der monatlichen Bestandsänderungsberichte waren folgende Arbeitsvorgänge erforderlich:

- Überprüfung und Buchung aller KfK-internen und externen Bestandsänderungen entsprechend der Lieferscheine (siehe Abb. 2/7),
- Übertragung der einzelnen Vorgänge vom Klartext in computergerechte Form unter Anwendung der Codierung nach der genannten EURATOM-Verordnung in das Bestandsänderungsbuch,
- Berichtigung der monatlichen Bestandsverzeichnisse der einzelnen Anlagen auf den jeweiligen neuesten Stand,
- Überprüfung und Abstimmung der KfK-internen Bestandsänderungsberichte der einzelnen Anlagen (siehe Abb. 2/8),
- Schriftverkehr mit KfK-internen Institutionen und mit EURATOM.

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH

TSB - Beleg Nr.: _____

Anlagen - Beleg Nr.: _____

LIEFERSCHEIN - VERSANDSCHEIN FOR KERNMATERIAL

Absender (Anlage): _____ Empfänger (Anlage): _____

(MBZ): _____ (MBZ): _____

Zur Abgabe berechtigte Person: _____ Ort: _____ Land: _____

Wir liefern Ihnen per: _____ am: _____ Behältnisse/Typ/Nr.: _____

Anzahl der Posten: _____ Mat. Beschreibung: _____

Art der Messung: _____ Verwendung: _____

Bruttogewicht: _____ Gesamtaktivität: _____

Element	Gewicht des reinen U/Pu bzw. Th (kg/g)	spaltbarer Anteil (nur bei anger. Uran)	U-235 %	Chargenbezeichnung	Verpflichtung

Beförderungsgenehmigung Nr.: _____ vom: _____ gültig bis: _____

Dosisleistung an der Außenwand der Verpackung: _____

Kontrolle durch den Strahlenschutz am: _____

(Name)

Bemerkungen: _____

Der Empfänger bestätigt durch seine Unterschrift seine Verantwortlichkeit und Meldepflicht.

Name: _____ (berecht. Absender) _____ (berecht. Transportleiter) _____ (berecht. Empfänger)

Unterschrift: _____

Datum/Uhrzeit: _____

(KfK/Firma)

Die Abgabe von Kernmaterial - auch leihweise - darf nur an Empfänger erfolgen, die für den Umgang mit den genannten Stoffen der anzugebenden Art und Menge eine Genehmigung besitzen. Für die Ausfüllung und Verteilung des Materialbegleitscheines ist der Absender verantwortlich.

- Verteiler: 1. HS/TSB
2. Empfänger
3. Absender
4. Transporteur

Abb. 2/7: Von der KfK verwendeter Lieferschein/Versandschein für Kernmaterial

MBZ (2)		BESTANDSÄNDERUNGSBERICHT																																						
1	2	3	4	5	Anlage, für die der Bericht erstattet wird (1)	Berichtszeitraum von bis	Meldung von Kernmaterial an HS/TSB																																	
T	M	J	SMP		Menge	Art der Bes. And.	Lieferant Empfänger	Korrespon- dierende MBZ	Chargen- bezeichnung					Anzahl der Porten	Form	Material- beschreibung	Element	Gewicht des Elements				Einheit	Isotop	Gewicht der spaltbaren Isotope				Einheit	Verpackung	Verwendung										
1	2	3	4	5	6	7	(Klartext)	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1																																								
2																																								
3																																								
4																																								
5																																								
6																																								
7																																								
8																																								
9																																								
10																																								
11																																								
12																																								
Bemerkungen (25)																																								
Absenddatum:										Name des Unterzeichners:										Unterschrift:																				

Abb. 2/8: KfK-internes Formblatt zur monatlichen Meldung von Kernmaterialbestandsänderungen

1981 wurden 888 Institutsmeldungen überprüft und 720 Belege (Lieferscheine) gebucht. Auf der Grundlage dieser Unterlagen wurden die externen Bestandsänderungsberichte an die Aufsichtsbehörden erstellt. 1981 waren dies:

- 1 444 Berichte an EURATOM, Luxemburg
- 1 373 Berichte an das Bundesamt für gewerbliche Wirtschaft (BAW), Eschborn, und an das Sozialministerium Baden-Württemberg (SM), Stuttgart.

Zu den Aufgaben der zentralen Buchhaltung gehörten auch die Überwachung und z. T. die Durchführung von Kernmaterialtransporten.

Alle KfK-externen Transporte wurden bei Eingang vom Objektsicherungsdienst und bei Ausgang vom jeweiligen Absender der zentralen Buchhaltung bei HS/TSB gemeldet. KfK-interne Plutoniumtransporte wurden unter direkter Aufsicht je eines Vertreters von HS/TSB und vom Objektsicherungsdienst durchgeführt und bei größeren Mengen zusätzlich von der Landespolizei begleitet. Die Anzahl der 1981 überwachten Kernmaterialtransporte und ihre Zuordnung zu den verschiedenen Kernmaterialkategorien zeigt Tab. 2/13.

Kategorie	KfK-intern	KfK-extern	Gesamt
Natururan	118	112	230
abger. Uran	150	45	195
Thorium	7	11	18
anger. Uran	92	88	180
Plutonium	193	154	347
Gesamt	560	410	970

Tab. 2/13: Anzahl der Kernmaterialtransporte 1981, geordnet nach Materialkategorien

2.3.4 Erfassung und Meldung sonstiger radioaktiver Stoffe

W. Stock

Aufgrund der sich aus § 78 der StrlSchV und aus speziellen behördlichen Auflagen ergebenden Buchführungs- und Anzeigeverpflichtungen wurden von HS/TSB 1981 über "Gewinnung, Erzeugung, Erwerb, Abgabe und den sonstigen Verbleib von radioaktiven Stoffen" insgesamt 218 Berichte bzw. Meldungen an die jeweils zuständigen Aufsichtsbehörden verfaßt. Der Umfang der erforderlichen Berichterstattung an deutsche Aufsichtsbehörden und über das Schwerwasser an die EURATOM wurde in Tab. 2/14, aufgeschlüsselt nach Berichtsempfänger, Anzahl und Art der Berichte, dargestellt.

Art der Berichte	Anzahl der Berichte und Berichtsempfänger				
	EURATOM	SM	GAA	LfU	Gesamt
Monatsberichte - KfK-externe Bewegungen			24		24
Quartalsberichte - Schwerwasser	60				60
Halbjahresberichte - Erzeugung radioaktiver Stoffe		4	4		8
- umschlossene radioaktive Stoffe				60	60
- Anfall von radioaktivem Abfall		2			2
Jahresberichte - Bestand an radioaktiven Stoffen		30	30		60
- Bestand an radioaktiven Abfällen		2	2		4
Gesamt	60	38	60	60	218

Tab. 2/14: Umfang der Berichterstattung 1981

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH.

Lfd. Nr. _____

TRANSPORTBEGLEITSCH E I N

für radioaktive Stoffe aus dem Bereich eines Strahlenschutzverantwortlichen in den Bereich eines anderen.

Absender: _____ Empfänger: _____

Nuklid	Aktivität	offen = 0 umschl. = U	Physikalisch/chemische Beschaffenheit

Art der Verpackung: _____

Dosisleistung an der Außenwand der Verpackung: _____ mR/h

Bemerkungen für den Absender: _____

Der Empfänger bestätigt durch seine Unterschrift seine Verantwortlichkeit und die Meldepflicht.

Name: _____
(berecht. Absender) (berecht. Transporteur) (berecht. Empfänger)

Unterschrift: _____

Inst./Abt. _____

Datum: _____

Die Abgabe von radioaktiven Stoffen - auch leihweise - darf nur an Empfänger erfolgen, die für den Umgang mit den genannten Stoffen eine Genehmigung besitzen.

Für die Ausfüllung und Verteilung des Transportbegleitscheines ist der Absender verantwortlich.

Bemerkungen für den Empfänger: _____

- Verteiler: 1. NS/TSB
2. Empfänger
3. Absender

Abb. 2/9: Transportbegleitschein für radioaktive Stoffe

Die sich aus der Strahlenschutzverordnung ergebenden Meldeverpflichtungen gegenüber den Aufsichtsbehörden werden für die KfK GmbH zentral von HS/TSB wahrgenommen. Zur Gewährleistung einer pünktlichen und vollständigen externen Meldung durch HS/TSB an die verschiedenen Aufsichtsbehörden sind von den Institutionen und Abteilungen der KfK an HS/TSB zu melden:

- monatlich der Erwerb, die Erzeugung, die Gewinnung und die Abgabe offener und umschlossener radioaktiver Stoffe,
- halbjährlich eine Zusammenstellung der erzeugten radioaktiven Stoffe und der Bestand an umschlossenen radioaktiven Stoffen, deren Radioaktivität über der Freigrenze liegt und deren Halbwertszeit mehr als 100 Tage beträgt,
- jährlich der Bestand an offenen und umschlossenen radioaktiven Stoffen mit Halbwertszeiten von mehr als 100 Tagen.

Verantwortlich für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Pünktlichkeit der KfK-internen Meldungen von radioaktiven Stoffen an HS/TSB ist der Strahlenschutzbeauftragte der jeweiligen Organisationseinheit der KfK GmbH. Die erforderlichen Formblätter zur Erstellung der einzelnen Meldungen werden jeweils termingerecht von HS/TSB allen Instituten/Abteilungen zugesandt. Als wesentliches Hilfsmittel für die ordnungsgemäße Abwicklung der internen Meldungen hat sich der von HS/TSB eingeführte Transportbegleitschein für radioaktive Stoffe erwiesen, der in Abb. 2/9 wiedergegeben wurde.

2.4 Einsatzplanung für Stör- und Unfälle

2.4.1 Die Sicherheitsorganisation der KfK

W. Reuble

Den Aufbau der Sicherheitsorganisation der KfK zeigt Abb. 2/10. Der Sicherheitsbeauftragte der KfK nimmt für den Vorstand alle den Arbeitsschutz und den Strahlenschutz betreffenden Aufgaben wahr. Er ist auch der Vorsitzende des Sicherheitsbeirates, der die Geschäftsführungen aller im Kernforschungszentrum tätigen Institutionen in aktuellen Sicherheitsfragen berät.

Einsatzleiter vom Dienst (EvD) war 1981 der jeweils diensthabende Schichtleiter des FR 2 (oder sein Stellvertreter), der speziell für den Einsatz im Alarmfall ausgebildet wurde. Er ist im Einsatzfall direkt dem Vorstand der KfK unterstellt. Der EvD bildet im Einsatzfall bei Bedarf einen Einsatzstab, der ihn fachlich über die zu treffenden Maßnahmen berät.

Die ständigen Sicherheitsdienste und die Einsatztrupps rekrutieren sich aus den in Abb. 2/10 angegebenen Hauptabteilungen und der Medizinischen Abteilung. Ihre Alarmierung wird vom EvD über die Alarmzentrale der KfK veranlaßt. Ständige Sicherheitsdienste und Trupps aus den Organisationseinheiten VBW, Med, HDB und P/AV sind nur im Einsatzfall dem Sicherheitsbeauftragten der KfK unterstellt.

Von einigen ständigen Sicherheitsdiensten werden Rufbereitschaften unterhalten, so daß es dem EvD auch außerhalb der regulären Arbeitszeit möglich ist, kurzfristig über die erforderlichen Fachkräfte zu verfügen:

- Rufbereitschaft "Objektsicherungsdienst" der HS/S,
- Rufbereitschaft "Umgebungs- und Abwasserüberwachung" der HS/R,
- Rufbereitschaft "Strahlenschutzüberwachung" der HS/U,

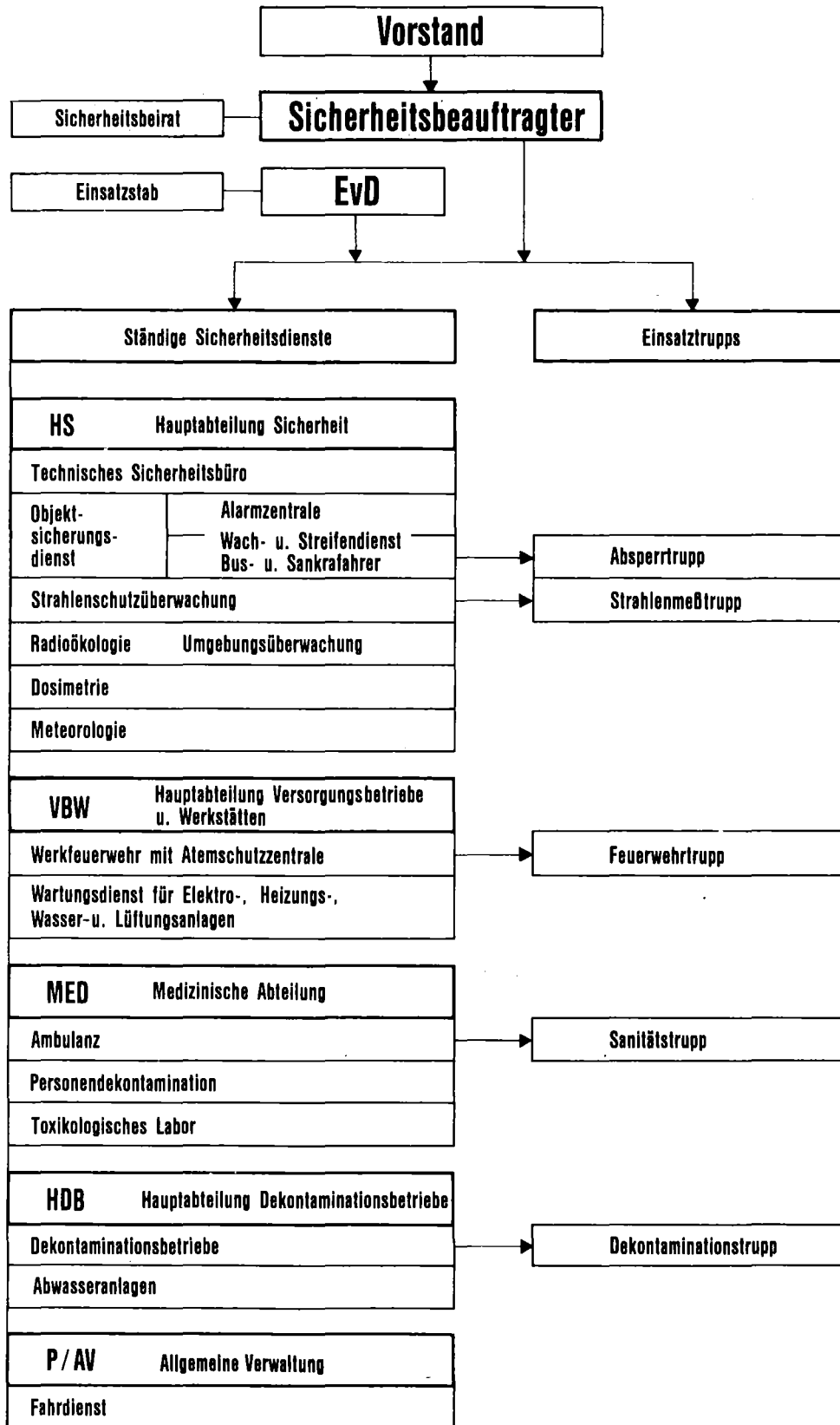


Abb. 2/10: Die Sicherheitsorganisation der KfK

- Rufbereitschaft "Dekontaminationstrupp" der HDB,
- Rufbereitschaft "Stromversorgungsanlagen" der VBW,
- Rufbereitschaft "Fernmeldeeinrichtungen" der VBW.

Weitere Rufdienste bestehen für ausgewählte Gebäude und Objekte.

2.4.2 Kommunikationsmittel

W. Reuble

Die Abteilung "Technisches Sicherheitsbüro" koordiniert Ausbau und Funktion der 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. Im Zusammenhang mit der Ausstattung der neuen Alarmzentrale wurden die nachgeordneten Anlagen dem Stand der Technik entsprechend ertüchtigt und erweitert:

- Lautsprecheranlage

Über die Lautsprecheranlage ist es möglich, von der Alarmzentrale aus alle Gebäude und Einrichtungen der KfK sowie die Zentralstellen aller Fremdeinrichtungen auf dem Betriebsgelände des KfK anzusprechen. Dies ist sowohl als Sammelruf als auch für einzelne und für zu bestimmten Gruppen zusammengefaßte Gebäude möglich. Zur Prüfung der Funktionen der Lautsprecheranlage wird jeden Freitag eine Probedurchsage gemacht. Aufgaben von HS/TSB waren hierzu die Entgegennahme und Prüfung von Meldungen über mangelhafte Wiedergabequalität von Durchsagen, das Veranlassen der Beseitigung von Störungen und der Anschluß weiterer Lautsprecher sowie der Installation der erforderlichen Verstärkereinrichtungen.

- Notrufvermittlung ("Rotes Telefon")

Dies ist eine vom normalen Telefonnetz unabhängige Einrichtung, mit der es jederzeit möglich ist, von der Alarmzentrale aus einen festgelegten Teilnehmerkreis direkt zu erreichen. Umgekehrt können die Teilnehmer (47 Hauptapparate und 16 Parallelapparate) durch einfaches Abheben des Handapparates, also ohne Nummernwahl, mit der AZ telefonieren und sich auch mit weiteren Teilnehmern dieser Einrichtung verbinden lassen. Die Notrufvermittlung erfordert Funktionsprüfungen, Streichung entfallender und Aufnahme neuer Anschlüsse mit Festlegung und Zuordnung der Gruppenschaltung sowie Erstellung und Verteilung des zugehörigen Verzeichnisses.

- UHF-Personenrufanlage

Diese Einrichtung ist ein Ersatz für die bisherige UKW-Rufanlage. Die neuen Rufempfänger besitzen eine bessere Empfangsleistung, eine 5-stellige Display-Anzeige und 2 Nachrichtenspeicher. Bei der neuen Anlage ist es möglich, von jedem internen Telefonanschluß aus das Empfangsgerät anzuwählen, dessen Besitzer gesucht wird. Die AZ wird als Vermittler nicht benötigt, es sei denn, die "Ruf-Nummer" ist dem Rufenden nicht bekannt. Insgesamt wurden 106 neue Empfangsgeräte ausgegeben und in einem Teilnehmerverzeichnis mit den zugehörigen Ruf-Nummern erfaßt.

- Sprechfunkanlage

Als ortsunabhängiges Kommunikationsmittel für Angehörige der Sicherheitsorganisation der KfK werden für unterschiedliche Personenkreise Funksysteme mit den Bezeichnungen "TESI", "KEFO" und "ALDI" unterhalten. Insgesamt wurden 97 Handfunkgeräte ausgegeben. 33 weitere Funkgeräte sind in Einsatzfahrzeugen eingebaut.

- Richtfunk

Die Einkanal-Richtfunkverbindung vom KfK zum Regierungspräsidium Karlsruhe wird seit November 1974 störungsfrei betrieben.

2.4.3 Bereitstellung von Einsatzunterlagen und Ausbildung

W. Reuble

Alarmplan der KfK: Er regelt alle Maßnahmen, die bei drohender Gefahr, Personenschäden, Brandfällen, Strahlenunfällen oder sonstigen Schadensfällen zur Hilfeleistung und zur Wiederherstellung der Sicherheit ergriffen werden müssen. Er regelt auch die Zusammenarbeit mit Behörden und externen Hilfsorganisationen im Alarmfall.

Eine Überarbeitung des Alarmplans konnte im Berichtsjahr noch zum Abschluß gebracht werden und soll nach Drucklegung 1982 in Kraft treten.

Räumungsplan: Er teilt das Betriebsgelände in Räumungsgebiete ein, denen bestimmte Räumungswege und Räumungstore in der Zaunanlage zugeordnet sind. Er beschreibt zweckmäßige Verhaltensweisen und regelt die Aufgaben der Einsatztruppe und technischer Notdienste im Räumungsfall. Der Räumungsplan ist Bestandteil der "Allgemeinen Sicherheitsregelung" (4. Auflage), die allen KfK-Mitarbeitern ausgehändigt wurde. Zusätzlich gibt es von den einzelnen Organisationseinheiten der KfK und den selbständigen Einrichtungen auf dem Kernforschungszentrum "Anschlußpläne", die die Besonderheiten der jeweiligen Einrichtung berücksichtigen. Auch sie sind den Erfordernissen entsprechend zu aktualisieren und HS/TSB mitzuteilen.

Allgemeine Sicherheitsregelung: Sie ist eine Informationsbroschüre, die jedem KfK-Mitarbeiter ausgehändigt wurde. Die Broschüre enthält eine Darstellung der Sicherheitsorganisationen, allgemeine Verhaltensregeln für den Arbeitsschutz, für den Strahlenschutz und bei Gefahr. Sie stellt Verbots-, Warn- und Hinweisschilder vor und erläutert deren Bedeutung für die Sicherheit.

Brandbekämpfungspläne: Sie beziehen sich auf einzelne Gebäude und enthalten Informationen über die betreffende Örtlichkeit und ihre Versorgungseinrichtungen - Wasser, Heizung, elektrische Einrichtungen und Notschalter, Gase und Druckluft etc. - sowie über Gefahrenquellen und Rettungsmöglichkeiten. Die Pläne gliedern sich in Zeichnungen (schematische Grundrisse) und textliche Angaben zur Brandbekämpfung.

Im Zusammenhang mit der Stilllegung des Forschungsreaktors FR 2 am 21.12.1981 wird die EvD-Funktion, die bisher vom Schichtleiter KTB/FR 2 wahrgenommen wurde, ab 01.01.1982 von HS/TSB übernommen werden. Neben der EvD-Tätigkeit, die mit Wechselschichtdienst verbunden ist, werden die hierzu benötigten 6 Ingenieure nach entsprechender Ausbildung auch Aufgaben als Sicherheitsingenieure zu erfüllen haben.

Im Rahmen der Vorbereitung auf ihre zukünftige Tätigkeit als EvD und Sicherheitsingenieur wurde mit den hierfür am 01.10.1981 eingestellten Mitarbeitern ein gezieltes Ausbildungsprogramm begonnen. Wesentliche Bestandteile der Ausbildung waren:

- Kurs über Strahlenschutz an der SKT,
- Lehrgang Katastrophenschutz an der Technischen Akademie Esslingen,
- Lehrgang Brandschutz an der Technischen Akademie Esslingen,
- Ausbildungsgespräche mit Mitarbeitern der HS über EvD-Tätigkeit, Organisation der Einsatzdienste, Alarmzentrale, Unfallverhütung und Strahlenschutz,
- zahlreiche Ortseinweisungen im Zusammenhang mit Betriebsbegehungen der Sicherheitsingenieure von HS/TSB zur Erfüllung von Aufgaben des Strahlenschutzes, des Arbeitsschutzes und der Kernmaterialüberwachung,
- Mitwirkung bei der Vorbereitung und Auswertung der Übung der Einsatzdienste am 12.11.1981.

2.4.4 Planspiel der Einsatzdienste

E. Windbühl

Das Kernforschungszentrum Karlsruhe unterhält eine Sicherheitsorganisation, die zweifach gegliedert ist. Während "Ständige Sicherheitsdienste" mit der Durchführung von Sicherheitsaufgaben im Normalbetrieb betraut sind, können in Alarmfällen zusätzliche "Einsatzkräfte" aufgeboden und unter Leitung eines Einsatzleiters vom Dienst zur Hilfeleistung und Wiederherstellung der Sicherheit eingesetzt werden.

Da insbesondere bei notwendigen Hilfeleistungen für Personen aber auch bei der Beseitigung auftretender Zwischenfälle im allgemeinen durch schnelles und sachgerechtes Eingreifen größerer Schaden vermieden werden kann, sind gemeinsame Übungen der Einsatzdienste mit vielschichtigen Anforderungen und Aufgabenstellungen in regelmäßigen Abständen durchzuführen.

Im Berichtsjahr wurde eine Alarmübung mit einer Teilräumung durchgeführt. Für die Zwischenfallsübung wurden folgende Annahmen getroffen: Zusammenstoß eines Tanklastzuges mit einem Lastkraftwagen, Fahrer des Tankwagens liegt verletzt und eingeklemmt im Führerhaus, Benzin läuft auf die Straße und in das Oberflächenentwässerungssystem, es besteht Unfallgefahr am Unfallort und im betroffenen Kanalnetz.

Folgende Maßnahmen wurden durchgeführt:

Absperrung des gesamten gefährdeten Bereiches und Umleitung des Verkehrs,
Soforträumung der umliegenden Gebäude,
Rettung und Versorgung der Verletzten,
Legen eines Schaumteppichs und Abdecken des Tankfahrzeugs mit Schaum,
Beseitigung von Zündquellen,
Spülen des Kanalnetzes und Aufnahme des Benzins auf der Straße und in einem Sandfang.

Bei der Übung war als Vertreter der unteren Verwaltungsbehörde der zuständige Kreisbrandmeister anwesend.

2.5 Abfallwirtschaft

2.5.1 Abfallrecht

E. Windbühl

Das Abfallbeseitigungsgesetz ist im Vergleich zu anderen Umweltschutzgesetzen ein relativ neues Gesetz. Der Bund erhielt erst aufgrund einer Änderung des Grundgesetzes am 12.04.1972 die konkurrierende Gesetzgebungskompetenz. Das Abfallbeseitigungsgesetz selbst trat dann am 11. Juni 1972 in Kraft. Davor gab es keine bundeseinheitlich geregelte Rechtsmaterie "Abfallrecht". Geregelt wurde in diesem Gesetz das Einsammeln, Befördern, Behandeln, Lagern und Ablagern von Abfällen. Ergänzt wird das Gesetz durch fünf Rechtsverordnungen, die Vorschriften enthalten über:

- die Bestimmung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen (Abfallbestimmungsverordnung vom 24. Mai 1977),
- die Führung von Nachweisbüchern bei Besitzern von Abfällen, im besonderen für Abfälle nach § 2 Abs. 2 AbfG (Abfallnachweis-Verordnung vom 10. Juni 1978),

- die Einführung eines Betriebsbeauftragten für Abfall
(Abfallbeauftragten-Verordnung vom 26. Oktober 1977),
- das Sammeln und Transportieren von Abfällen sowie das Verfahren zur
Genehmigung von Abfalltransporten
(Abfallbeförderungs-Verordnung vom 29. Juli 1974),
- die Einfuhr von Abfällen aus dem Ausland
(Abfalleinfuhr-Verordnung vom 29. Juli 1974).

Weitere wichtige Regelungen der Abfallbeseitigung sind im Wasserrecht, Bundesimmissionsschutzgesetz, Altölgesetz, Tierkörperbeseitigungsrecht, Atomrecht, in der Gefahrgutverordnung Straße und in der Verordnung über gefährliche Arbeitsstoffe enthalten.

Um die Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen im KfK sicherzustellen, wurde auf Anordnung des Landratsamtes Karlsruhe ein Betriebsbeauftragter für Abfall, entsprechend § 11 a AbfG., bestellt. Der Betriebsbeauftragte dient in erster Linie der betrieblichen Selbstüberwachung auf dem Gebiet der Gefahrenabwehr und Gefahrenvorsorge zum Schutze des Allgemeinwohls. Dies bedeutet eine Überwachung der Abfallwege von der Entstehung der Abfälle bis hin zu ihrer Entsorgung.

2.5.2 Verfahren der Entsorgung von Abfällen und Abfallwirtschaft

E. Windbühl

Für die Erarbeitung eines Entsorgungskonzepts für inaktive Abfälle wurde im Berichtsjahr eine Bestandsaufnahme in den Organisationseinheiten hinsichtlich Abfallarten und Abfallmengen durchgeführt. Aufgrund der hierbei gewonnenen Erkenntnisse erfolgte die Erstellung von "Richtlinien zur Behandlung inaktiver Abfälle". Diese Richtlinien haben für die KfK GmbH verbindlichen Charakter mit Wirkung vom 15. Januar 1982. Sie informieren die Leiter der Organisationseinheiten und betroffene Mitarbeiter über die Behandlung solcher Abfälle sowie interne und externe Abgabemöglichkeiten. Die zu berücksichtigenden Verfahrensschritte bei externer Entsorgung werden anhand eines Beispiels erläutert. Eine Checkliste mit den Pflichten des Absenders bei externer Entsorgung erleichtert hierbei die Durchführung notwendiger Abgabeformalitäten und gewährleistet Vollständigkeit.

Ein Fließschema zur Abfallbehandlung zeigt in einer übersichtlichen Darstellung mögliche Abfallwege und Abgabemöglichkeiten auf (siehe Abb. 2/11).

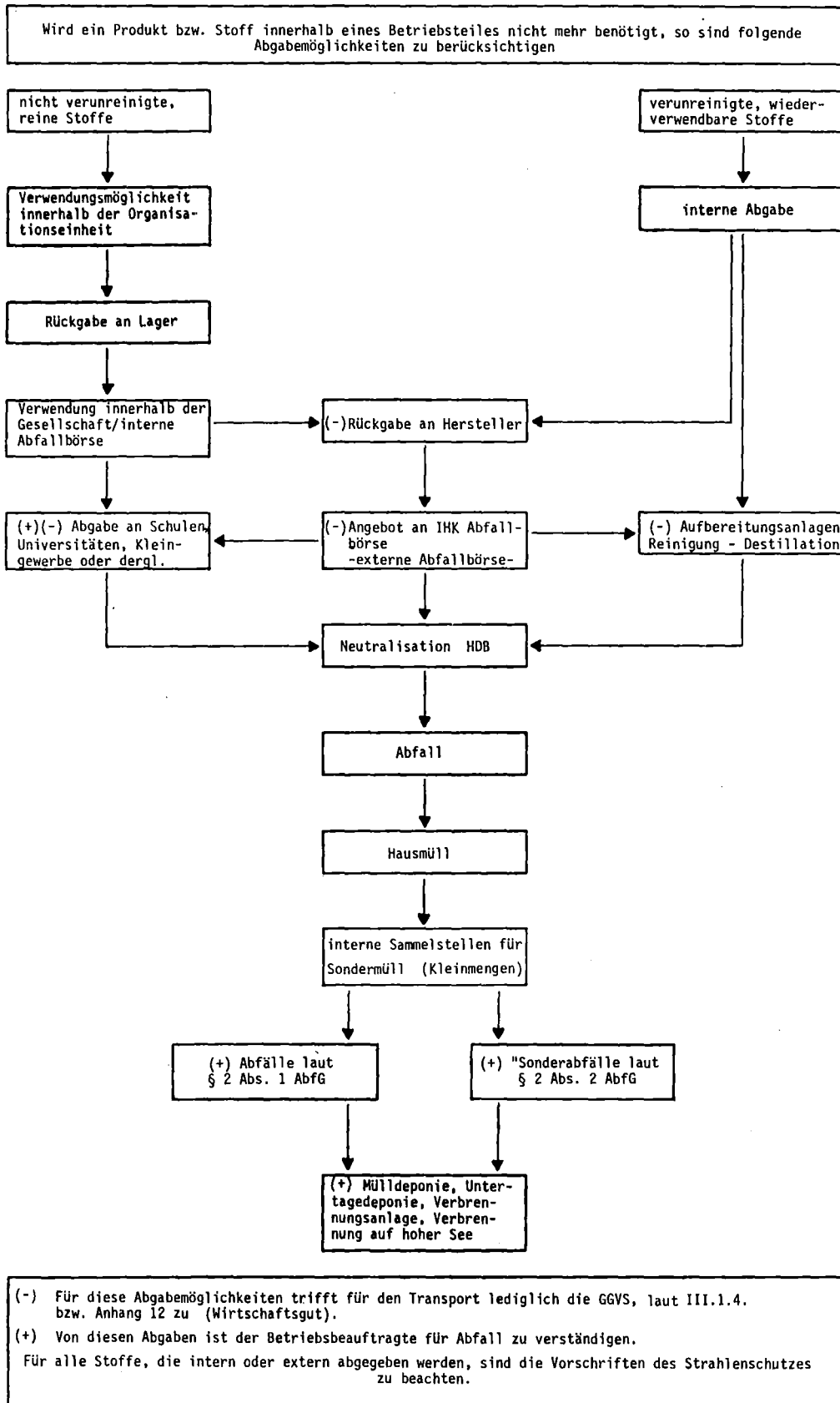


Abb. 2/11: Fließschema zur Behandlung inaktiver Abfälle

3. Sicherung

R. Schütten

Die allgemeine Sicherungslage und der hieraus von den Behörden für das Kernforschungszentrum Karlsruhe abgeleitete Gefährdungsgrad führte zu einer Aufrechterhaltung der personell-administrativen Sicherungsmaßnahmen und zu einer Weiterführung der Backfitting-Sicherungsmaßnahmen an den sensitiven Einrichtungen der KfK GmbH. Mit den NATO-Zaunanlagen und den Durchfahrtschutzeinrichtungen wurden die wichtigsten und augenfälligsten Objektsicherungsmaßnahmen an den sensitiven Anlagen der höchsten Sicherungskategorie fertiggestellt. Die weiteren baulichen Maßnahmen werden jedoch aufgrund finanzieller Engpässe zeitlich gestreckt.

Für die neue KfK-Alarmzentrale, die im Sicherheits- und Sicherungsalarmfall wesentliche Leitfunktionen übernimmt, wurden die Hauptkomponenten aufgestellt.

Die neue KfK-Güterkontrolle wurde im Berichtszeitraum fertiggestellt, so daß mit der Inbetriebnahme das Nord- und Südtor vom Güterverkehr befreit werden kann.

Anlässlich des 25-jährigen KfK-Jubiläums veranstaltete die Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH am 05.09.1981 für KfK-Mitarbeiter sowie deren Angehörige und Bekannte einen "Tag der offenen Tür". Dabei konnten die meisten KfK-Einrichtungen von den Besuchern besichtigt werden. Insgesamt wurden über 20 000 Besucher gezählt. Die präventive Grundsicherung wurde durch die KfK-Objektsicherungsmannschaft erbracht, die durch die OSD-Personalreserve verstärkt war; daneben sorgte eine Einheit der Polizei für den Schutz der Einrichtungen und Personen. Trotz des großen Besucherstromes kam es zu keinerlei Zwischenfällen, die die Sicherheit in irgendeiner Weise hätten beeinträchtigen können. Die Resonanz in der Presse und der breiten Öffentlichkeit zu dieser KfK-Veranstaltung war überaus positiv.

3.1 Objektsicherungsdienst

F. Paltian, E. Ringel

Die Personalstärke des Objektsicherungsdienstes in der Abteilung Sicherung hat sich im Berichtszeitraum auf das Niveau, das für die Durchführung von Objektsicherungsaufgaben im Kernforschungszentrum nötig war und dem Nachholbedarf in der Aus- und Weiterbildung des Sicherungspersonals entsprach, eingependelt. Es wurden im Berichtszeitraum 17 Mitarbeiter für den Objektsicherungsdienst neu eingestellt, 5 Mitarbeiter sind ausgeschieden. Der Fremdfirmenanteil an der OSD-Mannschaft lag im Berichtszeitraum bei 27 %. Durch den günstigen Personalstand des Objektsicherungspersonals konnte die Ausbildung kontinuierlich weitergeführt werden. Neben der waffen-spezifischen Grundausbildung und den Basislehrgängen des Objektsicherungspersonals wurde die weitere Ausbildung geprägt durch die theoretische Unterweisung in den Rechtskundefragen, die speziell Waffenträger betreffen. Für diesen Unterricht konnte eine geeignete Persönlichkeit der Polizei gewonnen werden. Im Jahre 1981 wurden alle Mitarbeiter des Objektsicherungsdienstes mit Ausnahme der Personen, die am Nord- und Südtor und der Güterkontrolle ihren Dienst versehen, bewaffnet. Die Anzahl der Waffenscheininhaber des Z/OSD der KfK GmbH liegt inzwischen bei 97 %.

Der Objektsicherungsdienst verfügt weiterhin über 20 Diensthunde. An den Ausbildungslehrgängen der Landespolizei-Hundeschule in Karlsruhe-Durlach haben 5 Mitarbeiter mit den ihnen persönlich zugeteilten Diensthunden teilgenommen. Die planmäßige Fortbildung wird innerhalb der eigenen Zwingeranlage (Freigehege) sowie im KfK-Gelände und bei den örtlichen Hundesportvereinen der näheren Umgebung durchgeführt.

Bei den örtlichen Hundesportvereinen haben sich die Diensthundeführer an 25 Schutzhundeprüfungen erfolgreich beteiligt. Im April 1981 wurde die 3. Schutzhundeprüfung in KfK-eigener Regie durchgeführt. An dieser Prüfung haben 14 KfK-Diensthundeführer sowie Gäste von Hundesportvereinen und der Polizei teilgenommen.

An den Haupttoren (Tor 1 und Tor 7) des Kernforschungszentrums wurden aufgrund behördlicher Vorschriften Sicherheitskontrollen an Fahrzeugen durchgeführt, davon waren KfK-Mitarbeiter, Fremdfirmenangehörige und Besucher in gleicher Weise betroffen. Wenn auch diese Kontrollen mit einem kleinen Aufenthalt verbunden waren, so haben sich die überprüften Personen doch in der Regel einsichtig gezeigt und die Notwendigkeit dieser Kontrollen eingesehen.

Die aufgrund behördlicher Auflagen durchgeführte Streifenfentätigkeit stellte sich - bezogen auf eine Woche - wie folgt dar:

- 473 Streifen in Gebäuden und im Freigelände
- 44 motorisierte Sonderstreifen im Gelände
- 48 Sonderstreifen mit Schutzhunden vorwiegend in bewaldeten Bereichen
- 274 Streifen in Pu-Lagerbereichen
- 291 Streifen in Versuchsbereichen.

Daneben wurden im Rahmen dieser Streifenfentätigkeit ca. 190 Versuchsanordnungen kontrolliert.

Im Jahre 1981 sind in der Alarmzentrale folgende Alarm- und Störungsmeldungen eingegangen und bearbeitet worden.

Gruppe	Anzahl
Objektsicherung	114
Feuer	128
Störung (Aufzüge, Stromausfall usw.)	516
allgem. Störmeldungen	1736

Tab. 3/1: Alarm- und Störmeldungen 1981

Abgesehen von den Objektsicherungsalarman und den Feueralarmen, die auf dem Niveau des Vorjahres lagen, sind in der Gruppe Stromausfälle und bei den allgemeinen Störungen Steigerungsraten von ca. 17 % gegenüber dem Vorjahr zu verzeichnen, die jedoch linear korreliert sind mit der Zunahme der Versuchsanordnungen und der Bautätigkeit im Zentrum. Insgesamt wurde 1981 mit 1483 Einsätzen (Tab. 3/2) eine um ca. 11 % höhere Einsatzfrequenz gegenüber dem Vorjahr dokumentiert.

Einsatzleiter vom Dienst	191 Einsätze
Feuerwehr	137 Einsätze
Wartung	757 Einsätze
Versuchsleiter	107 Einsätze
Rufbereitschaft	291 Einsätze

Tab. 3/2: Registrierte Einsätze 1981

Wenn man von den 20 000 Besuchern am "Tag der offenen Tür" absieht, wurden im Berichtszeitraum 39 750 Besucher vom KfK-Empfangsdienst registriert. Diese Besucherzahl ging zwar gegenüber dem Vorjahr um 16 % zurück, übersteigt jedoch die Besucherzahl des Jahres 1979 um 2550.

Die Zahl der ausländischen Besucher war mit 3850 wesentlich niedriger als in den Vorjahren. Von den insgesamt ausgegebenen Besucherscheinen und den befristeten Ausweisen wurden lediglich 242 bei Verlassen des Zentrums nicht zurückgegeben.

3.2 Ermittlungsdienst

A. Baumgärtner

Im Jahre 1981 wurden 186 Verstöße gegen die im KfK gültigen Ordnungs- und Kontrollbestimmungen registriert und bearbeitet (Abb. 3/1). Dabei kam es zu 31 Sicherstellungen von Material, weil die Ausführenden zum Zeitpunkt der Ausfuhr keinen Eigentumsnachweis erbringen konnten. Die Materialien wurden, nachdem der Eigentumsnachweis erbracht war, den Eigentümern zurückgegeben.

Die dem Ermittlungsdienst gemeldeten und bekannt gewordenen Sachbeschädigungen lagen mit 72 auf dem Niveau des Vorjahres (Abb. 3/2). Lediglich in einem Schadensfall konnte der Verursacher nicht ermittelt werden. In allen anderen Fällen konnte der Verursacher festgestellt und dem KfK-Ver sicherungsreferat mitgeteilt werden. Der bei den Sachbeschädigungen geschätzte Gesamtschaden be läuft sich auf 297 450 DM (Tab. 3/3).

Im Berichtszeitraum wurden insgesamt 41 Diebstähle gemeldet, von denen 21 aufgeklärt werden konn ten. Die Anzahl der Diebstähle liegt auf dem Niveau der Vorjahre, wobei die Aufklärungsquote dieses Jahres relativ niedrig ist, da ein großer Teil der Diebstähle erst sehr spät (bis zu 8 Monaten) dem Ermittlungsdienst gemeldet wurden und somit zwangsläufig nicht aufgeklärt werden konnten. Darüber hinaus stellte der Ermittlungsdienst 3 Warenlieferungen innerhalb des KfK-Gel ändes sicher, die vom Hauptlager bereits als verloren gegangen gemeldet worden waren.

Gemeinsam mit anderen Abteilungen wurden im Berichtszeitraum 257 Betriebsunfälle und sonstige Unfälle, darunter ein Betriebsunfall mit tödlichem Ausgang, untersucht. Die Anzahl der Betriebs unfälle ist trotz der gestiegenen Bautätigkeit im KfK-Gelände gegenüber den Vorjahren weiterhin stark rückläufig. Diese Zahlen beziehen z. T. auch auf dem KfK-Gelände tätige Fremd- und Bau firmen mit ein.

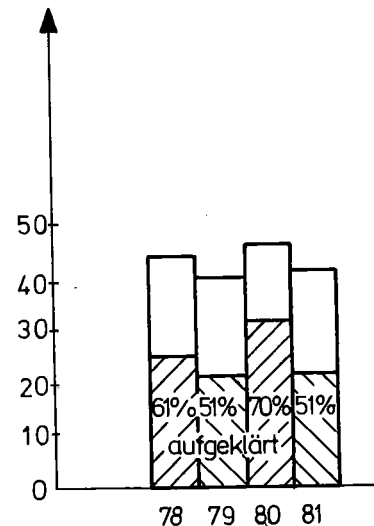
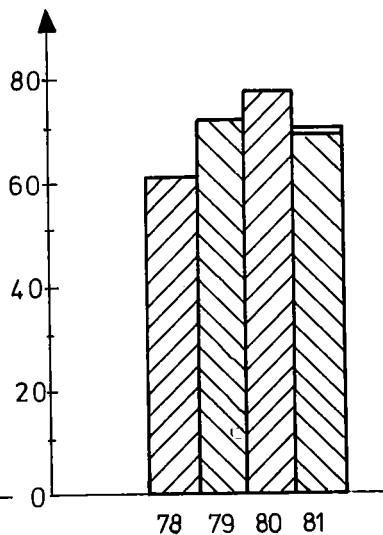
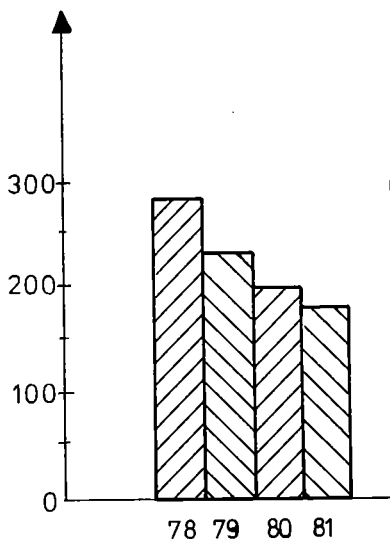


Abb. 3/1: Verstöße gegen die Ordnungs- und Kontrollbestimmungen

Abb. 3/2: Sachbeschädigungen

Abb. 3/3: Diebstähle

beschädigte Gegenstände	Jahr	bekannt gewordene Fälle	aufgeklärte Fälle	geschätzter Schaden in DM
Kabelschäden	1979	3	3	3 000
	1980	6	6	17 300
	1981	9	9	15 000
Lichtmasten	1979	2	2	2 000
	1980	5	5	6 000
	1981	6	6	6 000
Tor, Einzäunungen	1979	15	15	6 000
	1980	6	6	2 400
	1981	6	5	18 000
Brände, Explosionen, Gebäudeschäden	1979	14	14	142 000
	1980	21	21	140 000
	1981	14	14	72 000
Dienst-Kfz.	1979	8	8	7 500
	1980	16	16	34 810
	1981	25	25	56 450
Verschiedenes (Fenster, Türen, Bedachungen, Transportschäden)	1979	29	29	18 000
	1980	21	21	125 000
	1981	12	12	130 000
S u m m e	1979	71	71	178 500
	1980	75	75	325 510
	1981	72	71	297 450

Tab. 3/3: Sachbeschädigungen; Einsatz des Ermittlungsdienstes

3.3 Güterkontrolle

A. Baumgärtner, G. Hanuschka

Die Güterkontrolle stellte im Berichtszeitraum für Fremdfirmen und Anlieferer insgesamt 36 115 Warendurchlaßscheine aus. Für Anlieferer bzw. Abholer von radioaktiven Materialien oder Kernbrennstoffen wurden im gleichen Zeitraum 1165 Durchlaßpassierscheine ausgestellt. Insgesamt 109 Fremdfirmen wurden neu registriert und 1238 Arbeitsgeräte gekennzeichnet.

Bei den Ein- und Ausfuhrkontrollen hielten sich die im Zentrum eingesetzten Fremdfirmen - von wenigen Ausnahmen abgesehen - an die Ordnungs- und Kontrollbestimmungen, wodurch größere Abwicklungsschwierigkeiten und Zeitverzögerungen vermieden werden konnten. Damit hat sich das seit Jahren praktizierte Verfahren der Belehrung von Fremdfirmen bestens bewährt.

Nach den bestehenden Sicherungsaufgaben sind Warensendungen, die für sensitive Bereiche bestimmt sind, einer besonderen Kontrolle zu unterziehen und in diese Bereiche zu begleiten. 9927 solcher Warensendungen wurden 1981 kontrolliert und rund 680 Transporte begleitet.

Die neue KfK-Güterkontrolle, an der Südostecke des KfK gelegen, wurde von der Abteilung Sicherung hinsichtlich der bautechnischen und apparativen Auslegung abgenommen. Die in der neuen Güterkontrolle einzusetzenden Mitarbeiter wurden in der Handhabung der Zu- und Ausfahrtschleusentechnik und in der Bedienung der elektronischen Waagen sowie der Auswertegeräte unterwiesen. Für die Güterabwicklung außerhalb der regulären Dienstzeit wurden einige Mitarbeiter der Dienstschichten in der Betriebsweise und der Bedienung der technischen Einrichtungen unterrichtet, um auch in Ausnahmefällen eine geordnete Güterkontrolle zu gewährleisten.

3.4 Ausweisbüro

G. Körner, E. Schleicher

Das Ausweisbüro verwaltete zum Ende des Berichtszeitraumes ca. 100 000 Ausweiskarteikarten. Es stellte im Jahre 1981 für 407 neue KfK-Mitarbeiter entsprechende Lichtbildausweise aus, für Fremdfirmenmitarbeiter, einschließlich der Mitarbeiter von Universitäten und Hochschulen, die im Kernforschungszentrum tätig wurden, 5067 neue Lichtbildausweise. Die zu bearbeitenden Personenabgänge umfaßten im Berichtszeitraum 424 KfK-Mitarbeiter und 6523 Fremdfirmen- und Universitätsmitarbeiter. Während in den ersten 9 Monaten des Jahres 1981 die Hauptaktivitäten des Ausweisbüros in der Bearbeitung von Ausweisanträgen von KfK- bzw. Fremdfirmenmitarbeitern lagen, wurde das Aufgabenschwergewicht im letzten Viertel des Jahres 1981 auf die Ausgabe neuer KfK-Ausweise verlagert, die die neuen Anforderungen des Sozialministeriums hinsichtlich der Fälschungssicherheit erfüllen. Die im KfK tätigen Personen, die im sogenannten überwachten Bereich arbeiten, erhalten einen Ausweis mit nicht-personenbezogener Infrarotcodierung, während der Lichtbildausweis für sämtliche Personen, die in sensitiven Bereichen längerfristig tätig werden, als besonderes Kennzeichen einen schwarz aufgedruckten Pfeil und eine personenbezogene Infrarotcodierung erhält. Im letzten Quartal 1981 wurden insgesamt 600 Ausweise nach dem beschriebenen neuen Verfahren fertiggestellt. Die Ausgabe der neuen Ausweise wird ab Anfang Januar 1982 institutsweise vorgenommen.

Insgesamt 755 Ausweise mußten bei den Fremdfirmen angemahnt werden, davon wurden 469 zurückgegeben. Der Rest konnte trotz großer Mühen nicht mehr beschafft werden. Für die nicht zurückgegebenen Ausweise wurde den Firmen jeweils der Unkostenbeitrag für die Herstellung des Ausweises in Rechnung gestellt. Auf diese Weise konnten über die Finanzabteilung 2860 DM eingezogen werden.

3.5 Personenüberprüfung, Ausländerwesen

3.5.1 Personenüberprüfung

G. Körner

Im Berichtszeitraum wurden insgesamt 1616 Personen, die in sensitiven Bereichen eingesetzt werden sollten, gemäß den Anforderungen der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde vom Landesamt für Verfassungsschutz überprüft. In einigen Fällen wurden dabei Bedenken gegen den Einsatz dieser Personen geäußert. In diesen Fällen, die sich auf Fremdfirmenmitarbeiter beschränkten, wurde seitens der betroffenen Firmen von einem Einsatz dieser Personen in sensitiven Bereichen abgesehen.

3.5.2 Ausländerwesen

F. Gergele

Im Berichtszeitraum wurden insgesamt 373 ausländische Gäste, die als Mitarbeiter im KfK tätig wurden oder als Besucher im Zentrum anwesend waren, betreut. Die Betreuung bestand im wesentlichen in der Abwicklung administrativer Tätigkeiten (z. B. Vorsprachen bei Ämtern und Behörden im Stadt- und Landkreis Karlsruhe wegen der Aufenthaltsgenehmigungen). Im Rahmen des IAEO-Kurses, der vom 07.09.1981 bis zum 23.10.1981 in der Schule für Kerntechnik stattfand und an dem 27 ausländische Gäste teilnahmen, umfaßte die Betreuung auch die Reiseorganisation und die Reisebegleitung zu in- und ausländischen Reaktorstationen.

3.6 Verkehrsdienst

W. Hauth

Mit 79 Verkehrsunfällen - davon 63 im Kernforschungszentrum Karlsruhe - lag die Zahl der vom Verkehrsdienst im Berichtszeitraum aufgenommenen Unfälle unterhalb der der Jahre 1979 und 1980. Es waren 51 Unfälle mit leichten Sachschäden, 19 mit Schäden jeweils über 1000 DM sowie 9 Unfälle mit Personenschaden zu bearbeiten (Tab. 3/4). Die häufigsten Unfallursachen waren:

- Nichtbeachten der Vorfahrt,
- zu geringer Sicherheitsabstand,
- Unachtsamkeit beim Rückwärtsfahren sowie
- das nicht witterungsgerechte Fahrverhalten in der Winterzeit.

1981 wurden innerhalb des Kernforschungszentrums insgesamt 365 Personen im Sinne der Straßenverkehrsordnung belehrt (1980: 423; 1979: 502).

Bei den Verkehrszählungen am 18.09.1981 und 08.12.1981 wurden die in den Tab. 3/5 bis 3/8 wiedergegebenen Daten ermittelt.

Monat	Anzahl der Verkehrs- unfälle (einschl. Wegeunfälle)			davon			Beteiligte				
	1979	1980	1981	leichter Sach- schaden	Sach- schaden > 1 TDM	Personen- schaden	Personen Mit- arbeiter	sonst. Pers.	PKW	LKW	sonst. Fahrz.
Januar	12	15	12	8	3	1	6	14	18	2	-
Februar	9	9	7	6	1	-	5	7	7	1	3
März	4	8	4	2	-	2	3	3	4	-	4
April	8	6	4	3	-	1	1	3	3	2	1
Mai	2	7	8	3	4	1	11	6	12	3	1
Juni	7	6	6	3	3	-	5	5	7	1	3
Juli	6	8	5	3	-	2	6	3	5	-	4
August	4	5	3	2	1	-	2	3	4	1	1
Sept.	6	6	7	5	2	-	9	3	7	1	5
Okt.	13	8	4	3	-	1	4	2	3	-	3
Nov.	11	7	6	5	-	1	7	-	7	-	3
Dez.	4	7	13	8	5	-	12	8	16	1	4
Summe	86	92	79	51	19	9	71	57	93	12	32

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	3	5	8	5	-	-	-	-
5.00 - 6.00	53	5	6	5	2	-	5	-
6.00 - 7.00	127	53	17	7	3	-	9	3
7.00 - 8.00	671	25	55	21	17	-	136	3
8.00 - 9.00	803	68	53	39	15	13	221	21
9.00 - 10.00	174	87	26	35	6	4	25	8
10.00 - 11.00	133	95	26	21	4	3	19	13
11.00 - 12.00	101	304	25	30	4	5	21	80
12.00 - 13.00	214	303	18	26	4	10	80	82
13.00 - 14.00	327	124	22	16	2	4	55	8
14.00 - 15.00	104	171	14	27	11	5	6	26
15.00 - 16.00	62	237	20	23	6	12	16	27
16.00 - 17.00	30	947	22	62	5	20	9	249
17.00 - 18.00	32	219	7	6	-	5	1	10
18.00 - 19.00	15	89	1	5	-	1	2	26
19.00 - 20.00	21	35	-	2	-	-	-	6
20.00 - 21.00	11	21	1	2	-	-	2	-
21.00 - 24.00	58	59	7	6	-	2	1	-
Insgesamt	2939	2847	328	338	79	84	608	562

Tab. 3/5: Verkehrszählung am 18.09.1981 von 0.00 bis 24.00 Uhr, Ein- und Ausfahrt 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	4	-	-	-	-	-	-
5.00 - 6.00	38	11	3	2	3	-	3	-
6.00 - 7.00	95	35	3	2	2	-	15	3
7.00 - 8.00	312	7	17	3	6	-	63	1
8.00 - 9.00	287	10	9	5	5	-	21	-
9.00 - 10.00	29	11	6	3	-	-	-	1
10.00 - 11.00	13	16	5	10	1	-	1	-
11.00 - 12.00	9	72	4	11	-	5	-	4
12.00 - 13.00	37	29	3	4	1	-	6	8
13.00 - 14.00	115	28	11	6	5	-	13	1
14.00 - 15.00	18	80	3	7	-	4	-	4
15.00 - 16.00	16	74	7	5	-	-	-	16
16.00 - 17.00	7	422	7	21	-	12	-	67
17.00 - 18.00	6	88	-	2	-	-	-	9
18.00 - 19.00	7	23	3	6	-	-	-	1
19.00 - 20.00	5	9	1	1	-	-	-	3
20.00 - 21.00	2	9	-	1	-	-	-	-
21.00 - 24.00	45	46	1	2	-	4	1	2
Insgesamt	1044	974	83	91	23	25	123	120

Tab. 3/6: Verkehrszählung am 18.09.1981 von 0.00 bis 24.00 Uhr, Ein- und Ausfahrt 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	10	8	2	2	-	-	6	6
5.00 - 6.00	52	8	3	3	-	-	2	-
6.00 - 7.00	131	44	11	3	-	-	1	-
7.00 - 8.00	646	22	53	17	3	-	34	-
8.00 - 9.00	947	92	60	50	5	-	64	17
9.00 - 10.00	248	91	41	25	-	-	18	5
10.00 - 11.00	132	103	26	33	-	-	9	3
11.00 - 12.00	142	408	44	35	-	-	5	8
12.00 - 13.00	365	434	23	32	-	-	9	25
13.00 - 14.00	447	130	34	23	-	-	11	7
14.00 - 15.00	94	163	23	25	2	3	3	10
15.00 - 16.00	60	257	19	26	-	-	3	7
16.00 - 17.00	35	1156	25	58	-	-	2	35
17.00 - 18.00	11	292	6	9	-	-	2	23
18.00 - 19.00	14	150	3	11	-	-	-	12
19.00 - 20.00	6	60	2	6	-	-	-	2
20.00 - 21.00	9	14	2	2	-	-	-	-
21.00 - 24.00	62	77	8	8	-	-	1	-
Insgesamt	3411	3509	385	368	10	3	170	160

Tab. 3/7: Verkehrszählung am 08.12.1981 von 0.00 bis 24.00 Uhr, Ein- und Ausfahrt 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	1	1	-	-	-	-	-	-
5.00 - 6.00	46	6	8	-	-	-	2	-
6.00 - 7.00	59	20	-	5	-	-	-	-
7.00 - 8.00	406	11	19	4	5	-	4	-
8.00 - 9.00	337	7	12	5	1	-	6	-
9.00 - 10.00	42	22	5	7	-	-	1	-
10.00 - 11.00	34	22	7	9	-	-	1	-
11.00 - 12.00	23	76	4	7	-	-	1	1
12.00 - 13.00	65	97	5	4	-	-	1	2
13.00 - 14.00	120	24	8	3	-	-	1	-
14.00 - 15.00	30	67	4	9	-	-	-	1
15.00 - 16.00	14	103	4	6	-	3	-	5
16.00 - 17.00	13	502	9	28	-	2	-	17
17.00 - 18.00	3	101	1	1	-	-	-	1
18.00 - 19.00	9	38	-	5	-	-	-	1
19.00 - 20.00	1	14	3	3	-	-	-	-
20.00 - 21.00	1	4	-	1	-	-	-	-
21.00 - 24.00	35	36	2	-	-	-	2	1
Insgesamt	1239	1151	91	97	6	5	19	29

Tab. 3/8: Verkehrszählung am 08.12.1981 von 0.00 bis 24.00 Uhr, Ein- und Ausfahrt Tor 7

3.7 Technischer Koordinator

R. Günther

Aufgrund atomrechtlicher Bestimmungen wurden im Rahmen der neuen Regelung der Personenüberprüfung und Zugangskontrolle an Zu- und Ausgängen von sicherungsrelevanten kerntechnischen Einrichtungen der KfK GmbH neue Ausweise hergestellt und Ausweisherstellungs- und Ausweislesegeräte gekauft.

Um eine ordnungsgemäße Überprüfung der Zutrittsberechtigung und entsprechende Dokumentation zu gewährleisten, würde in den einzelnen Sicherungsbereichen zusätzliches Personal notwendig. Der von den Behörden geforderte personal-intensive Ausweistausch kann jedoch entfallen, wenn technische Einrichtungen vorhanden sind, die die Identifikation sowie die Überprüfung der Zugangsberechtigung des Ausweisinhabers ermöglichen.

Durch Marktanalysen und Informationsgespräche mit Fachleuten bei BKA, LKA und GRS wurde ein Ausweiskontrollsystem favorisiert, dessen Ausweis mit KfK-spezifischem Ausdruck versehen werden kann und je nach Sicherungskategorie der KfK-Anlage Merkmale enthält, die einzeln oder kombiniert nicht sichtbar und mit hoher Fälschungssicherheit im Ausweis enthalten sind. Ein derart gestalteter Ausweis hat den Vorteil, daß nicht für jeden Sicherungsbereich - entsprechend der Kategorie - ein separater Ausweis hergestellt werden muß, sondern pro Person nur ein Ausweis existiert, der über einen Rechner seine Zugangsberechtigung erhält.

Mit diesem Ausweiskontrollsystem besteht zukünftig die Möglichkeit einer echten Personenidentifikation, damit der Benutzer des Ausweises auch tatsächlich der Berechtigte ist. In Verbindung mit einer Vereinzelnungsanlage kann die Zutrittskontrolle automatisiert werden. Die Personenidentifikation wird durch ein Fingerabdruckvergleichsverfahren realisiert. Ein Prototyp dieses noch sehr neuen Ausweislesers mit Fingerabdruckvergleichseinrichtung wurde im Zugangsbereich von HS/S mit gutem Ergebnis getestet, so daß die Beschaffung eines KfK-einheitlichen Ausweiskontrollsystems durchgeführt werden konnte, das auch je nach Sicherungskategorie oder Anlage Varianten in Form von "nur" Ausweisleser oder Ausweisleser mit Zahlentastatur für "geistigen Code" oder Ausweisleser mit Fingerabdruckvergleichseinrichtung gezielt einzusetzen ermöglicht.

Zunächst sollen Ausweisleser in den Sicherungsbereichen von HDB und IHCH installiert werden. Es wird jeweils ein separater Rechner zur Verfügung stehen, so daß jeder "Inselbereich" autark mit den zugehörigen Ausweislesern arbeitet.

In der äußeren Gestaltung und dem inneren Aufbau werden zwei Ausweistypen unterschieden: für den allgemeinen überwachten KfK-Bereich und für Sicherungsbereiche. Beide Ausweistypen können zukünftig im KfK-Ausweisbüro selbst hergestellt werden.

3.8 Technische Objektsicherung

W. Hagert, R. Günther

3.8.1 Objektsicherungsmaßnahmen

Im Kontext mit der Nachbetriebsphase des FR 2-Reaktors ist geplant, die Brennelemente im FR 2-Lagerbecken zwischenzulagern. Eine Alternative hierzu bietet eine Unterbringung der Brennelemente in Behältern für Trockenlagerung. Für den ersten Fall sind für die Lagerbeckenhalle sicherungsmäßige Nachrüstmaßnahmen erforderlich. Hierzu wurde ein Sicherheitskonzept erarbeitet, das mit den zuständigen atomrechtlichen Behörden und mit dem Gutachter der GRS bereits abgestimmt wurde.

Im Zusammenhang mit der Nachuntersuchung von Brüterbrennelementen in der Betriebsstätte Heiße Zellen ist eine Erweiterung der jetzigen Betriebsanlagen geplant. Die hierzu notwendigen Objektsicherungsmaßnahmen, die sich auf den inneren und äußeren Sicherungsbereich beziehen, sind bereits in die Bauplanung für die Erweiterung der Heißen Zellen eingeflossen und mit dem Gutachter abgestimmt. Die baulichen Maßnahmen beinhalten Containmentmaßnahmen im inneren Sicherungsbereich, die Errichtung einer entsprechenden Alarmierungslinie sowie im äußeren Sicherungsbereich die übliche Zaunanlage und eine Sicherungspfortnerei. Bei der detaillierten Untersuchung konnte eine Kostenersparnis gegenüber dem ursprünglichen Konzept von 1,3 Mio. DM erzielt werden.

Für die neue Güterkontrolle wurden die Alarmierungs- und Überwachungssysteme zur KfK-Alarmzentrale durchgeschaltet, so daß mit einer Inbetriebnahme der neuen Güterkontrolle Anfang 1982 gerechnet werden kann.

Für die elektronisch nachzurüstenden Zaunanlagen im KfK wurden umfangreiche Recherchen und eine Feasibility-Studie durchgeführt. Ein ganz besonderes Augenmerk wurde dabei den auch im Freien einsetzbaren Detektierungseinrichtungen für Zaun, S-Drahtrollen, Rohrbrücken und Dächer mit den sogenannten Meldestäben gewidmet. Da es sich bei den Meldestäben um eine von Gleichstrom durchflossene passive mechanische Schalteranordnung handelt, die nur bei einer relativ großen Durchbiegung oder bei Zerstörung Alarm auslöst, wird eine geringe Fehlalarmquote erwartet. Bei zwei auf dem KfK-Gelände in verschiedenen Anordnungen installierten Meldestabsystemen werden in Abständen Funktionskontrollen durchgeführt und das Auslösen unerwünschter Alarme sowie die äußeren Randbedingungen wie Witterungsverhältnisse protokolliert. Die Erkenntnisse werden mit dem Hersteller diskutiert und bei der Planung neuer Anlagen berücksichtigt.

3.9 Ausbildung

B. Gadowski

Die interne Ausbildung der OSD-Mitarbeiter geschieht weiterhin in zwei großen Blöcken:

- der Waffen- und Schießausbildung in Theorie und Praxis und
- den Werkschutzlehrgängen, die entsprechend dem Ausbildungsniveau der Mitarbeiter in Grund- und Aufbaulehrgänge gegliedert sind.

Im Berichtszeitraum hat sich die Ausbildung mehr von der waffentechnischen Seite zu den Werkschutzlehrgängen hin verschoben, die in den Grundlehrgängen zum großen Teil Rechtskunde mit der Behandlung von Fallbeispielen aus dem Notstands- und Notwehrrecht umfaßt.

Im Jahre 1981 haben insgesamt 22 Mitarbeiter der Abteilung Sicherung die Sachkundeprüfung vor einem Gremium des Regierungspräsidiums Karlsruhe abgelegt. Damit hat sich die Zahl der Waffenscheininhaber in der HS/S auf insgesamt 97 % erhöht. Die praktische Waffenausbildung umfaßt weiterhin sogenannte Trockenübungen, wobei jeder Mitarbeiter unter Anleitung der Waffenwarte pro Monat ein einstündiges Übungsprogramm zu absolvieren hat. Die Handhabungssicherheit der Mitarbeiter ist soweit fortgeschritten, daß diese Übungen von ursprünglich fünf Stunden auf nunmehr eine Stunde pro Monat reduziert werden konnten. Daneben werden an drei Tagen im Monat durch ausgebildete Waffenwarte, die die Aufsicht auf dem Schießplatz führen, Schießübungen auf dem von der KfK angemieteten Schießplatz durchgeführt. Die Schießübungen erfolgen in Anlehnung an die Polizeidienstvorschrift PDV 211. Die an die Schützen gestellten Anforderungen beim Übungsschießen wurden von nahezu allen Mitarbeitern erfüllt.

4. Strahlenschutzüberwachung

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

1 Gruppe	2 Bereich	3 Anzahl der Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung	4 Anzahl der überwachten Personen (Dezember 1981)	5 Fläche des überwachten Bereichs, in dem Aktivität > Freigrenze gehandhabt wird
Nord	1. IHCh, INE, VBW/VB-Wä	9°	206	12 300 m ²
	2. KTB/HZ, IMF, VBW/E, IRCh (Geb. 562)	8 + 1* 1 [Ⓢ]	286	10 150 m ²
	3. KTB/FR 2, IT, IRE, LAF-II (Geb. 605), VBW/BW	11 [†]	342	14 800 m ²
West	4. HDB, INE (Geb. 547)	14 [#] + 4*	402	18 700 m ²
	5. IRCh, LAF-I, IGT (Geb. 321)	5 + 1* 1 [Ⓢ]	91	2 230 m ²
Süd	6. KTB/SNEAK, EKS, HDI-I, INR, IAK, LIT, IRB, LAF-II, KTB/EA, IK, ITP	6	399	8 350 m ²
	7. HS, P/AV, VBW/VB, VBW/HW, IKVT, MPI, MED, LA, IGT, BAU, SKT, HDI-II, IAK/Zykl., EKM/FK, LIT (Geb. 318)	5 1 [Ⓢ]	849	4 070 m ²
	Strahlenschutzmeßlabor	1,5	-	-
Abteilungsleitung/Sekretariat		1,5	-	-

Tab. 4/1: Personalstand, überwachte Personen und Bereichsgröße (*Leihpersonal, †Wechselschichtdienst, #Schichtdienst, °zeitweise Schichtdienst, ⓈGruppenleiter)

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 selbstablesbaren Taschenionisationskammern ausgerüstet wurden (Stichmonat Dezember 1981), einschließlich Fremdfirmenangehörigen, ist in Spalte 4 von Tab. 4/1 aufgeführt. Über

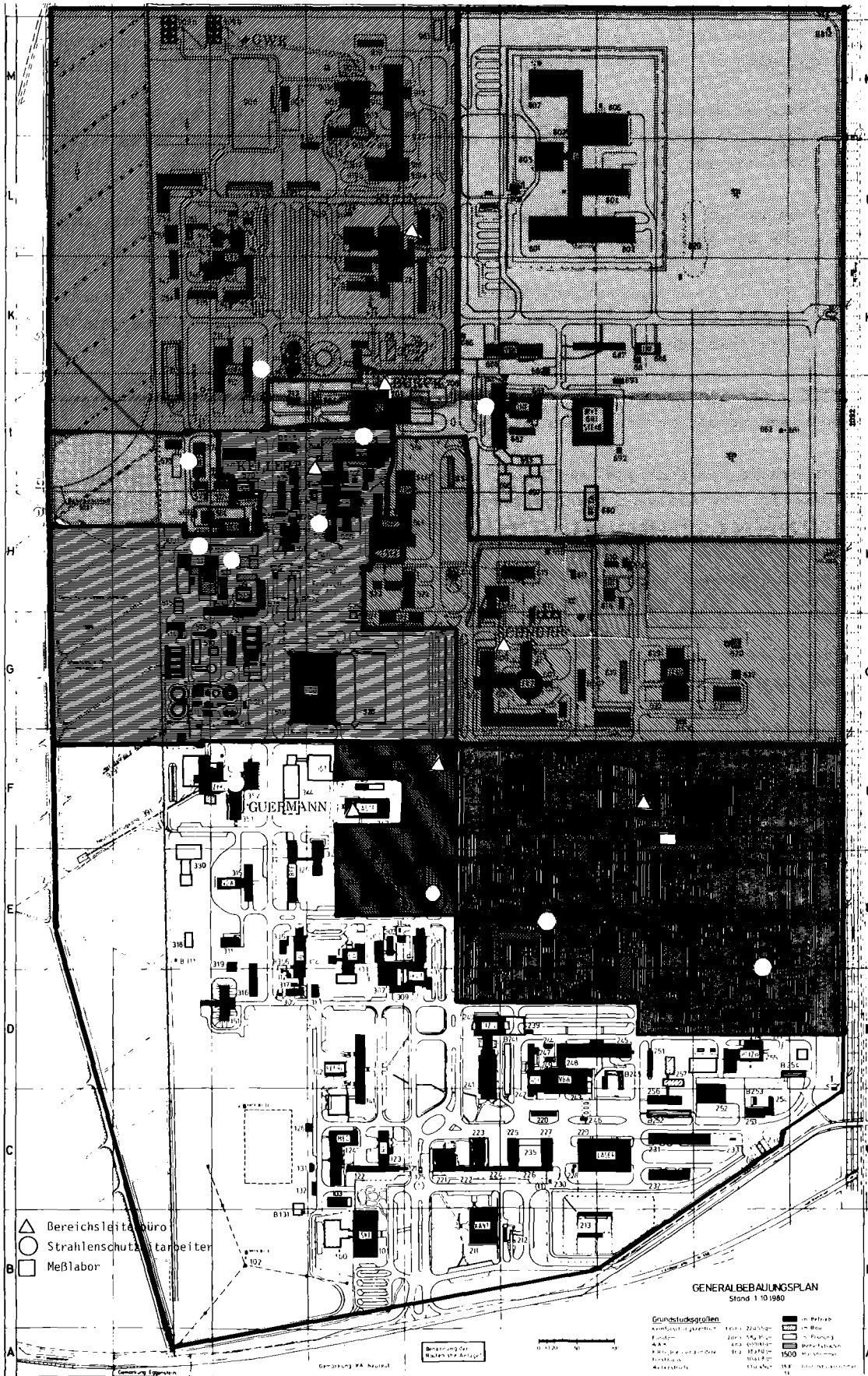


Abb. 4/1: Strahlenschutzbereichseinteilung im Kernforschungszentrum Karlsruhe

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 überwachen auf Anforderung des zuständigen Strahlenschutzbeauftragten 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. Von Mitarbeitern des Meßlabors werden alle Geräte der Abteilung verwaltet und die Neubestellungen vorgenommen (s. Kap. 4.3).

Das 1978 in Angriff genommene Arbeitsprogramm zur Bestimmung der Korngrößenverteilung radioaktiver Aerosole wurde 1981 vorläufig abgeschlossen. Über die Ergebnisse wird in Kap. 4.4 berichtet.

Im Laufe des Jahres wurde im Bereich der HDB die automatische Dosiserfassung und ein rechnergestützter Tritiummonitor in Betrieb genommen (s. Kap. 4.5 und 4.6).

Die Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter wurde auch im vergangenen Jahr fortgeführt. Da zwei Mitarbeiter in den Ruhestand getreten sind, mußten zwei Personen eingestellt und angelernt 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 Mitarbeitern der Abteilung 10 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.

4.1 Arbeitsplatzüberwachung im KfK

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. 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 in den Einrichtungen des KfK im Jahr 1981 nur 3 Personen eine Jahresdosis von mehr als 1,5 rem (cSv) erhalten haben, d. h. nur 0,1 % der überwachten Personen wären als strahlenexponierte Personen der Kategorie A zu betrachten. Die Anzahl der Personen mit einer Jahresdosis zwischen 0,5 und 1,5 rem (cSv) im Jahr 1981 betrug 80, wobei diese Anzahl sowohl absolut als auch im Verhältnis zu den überwachten Personen in der Einrichtung "Dekontamination und Abfallbehandlung" am größten war. Insgesamt wären nur 3 % der überwachten Personen des KfK als strahlenexponierte Personen der Kategorie B anzusehen.

	1	2	3	4	5	6	7
Gruppe	Reaktoren (KTB/FR 2 KTB/SNEAK)	Beschleuniger (IAK, INR)	Institutionen mit höherer Aktivität (IHCh, IRCh, KTB/HZ, IMF III)	Institutionen mit niedriger Aktivität (IMF I und II, IT, LAF II, LIT, INE)	Dekontamination Abfallbehandlung (HDB)	sonstige Institutionen	KfK
Personendosis ermittelt mit Taschenionisationskammer in rem (cSv)	Anzahl der Personen						
0 - 0,500	124	289	410	399	323	1080	2625
0,501 - 1,500	5	13	14	0	48	0	80
1,501 - 5,000	0	0	2	0	1	0	3
Oberflächenkontamination in Vielfachen der KfK-internen Grenzwerte	Anzahl der Fälle						
$10^0 < K_\alpha \leq 10^1$	6	6	63	1	77	0	153
$10^1 < K_\alpha \leq 10^2$	3	0	20	0	25	2	50
$10^2 < K_\alpha \leq 10^3$	0	1	7	0	0	0	8
$10^3 < K_\alpha$	0	0	1	0	1	0	2
$10^0 < K_\beta \leq 10^1$	18	13	143	8	120	11	313
$10^1 < K_\beta \leq 10^2$	21	4	79	5	53	0	162
$10^2 < K_\beta \leq 10^3$	5	2	18	1	0	0	26
$10^3 < K_\beta$	0	0	3	0	3	0	6
$10^0 < K_{H3} \leq 10^1$	0	5	0	0	0	0	5
$10^1 < K_{H3} \leq 10^2$	0	17	1	0	0	1	19
$10^2 < K_{H3} \leq 10^3$	0	9	0	0	0	3	12
$10^3 < K_{H3}$	0	4	0	0	0	0	4

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

	1	2	3	4	5	6	7
Raumluftaktivitäten in Vielfachen von abgeleiteten Grenzwerten	Anzahl der Fälle						
$0,05 < R_{\alpha} \leq 1$	0	0	5	0	22	0	27
$1 < R_{\alpha} \leq 200$	0	0	0	1	36	0	37
$200 < R_{\alpha}$	0	0	0	0	0	0	0
$0,05 < R_{\beta} \leq 1$	0	0	1	0	7	0	8
$1 < R_{\beta} \leq 200$	0	0	0	3	9	0	12
$200 < R_{\beta}$	0	0	0	0	0	0	0
$0,05 < R_{H3} \leq 1$	0	0	0	0	0	0	0
$1 < R_{H3} \leq 200$	3	0	0	0	0	0	3
$200 < R_{H3}$	10	0	0	0	0	0	10
Personenkontaminationen	10	4	2	4	14	0	34

Tab. 4/2: Fortsetzung

4.1.2 Oberflächenkontaminationen

In Tab. 4/2 sind weiterhin die gemessenen Oberflächenkontaminationen, aufgeschlüsselt nach α -, β - und H-3-Kontaminationen, aufgeführt. Es werden hierbei sowohl Kontaminationen von Gebäudeoberflächen und Arbeitsplätzen als auch von Arbeitsgegenständen und Material angegeben. Die Kontaminationen werden dabei in Vielfache der durch die Strahlenschutzverordnung oder durch die interne Kleider- und Zonenordnung vorgegebenen Grenzwerte eingeteilt. Die interne Kleider- und Zonenordnung des KfK stellt meist eine Verschärfung der Strahlenschutzverordnung nach den örtlichen Gegebenheiten dar; z. B. werden in Kontrollbereichen teilweise nur α -Kontaminationen von $1 \cdot 10^{-6} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ ($37 \text{ mBq}/\text{cm}^2$) und im gesamten betrieblichen Überwachungsbereich nur β -Kontaminationen von $1 \cdot 10^{-5} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ ($0,37 \text{ Bq}/\text{cm}^2$) zugelassen. α - und β -Kontaminationen traten vor allem in den "Institutionen mit höherer Aktivität" und bei der "Dekontamination und Abfallbehandlung" auf, während speziell Tritiumkontaminationen beim Beschleunigerbetrieb entdeckt wurden. Kontaminationen oberhalb dem 100-fachen der Grenzwerte kamen insgesamt zwölfmal vor.

4.1.3 Raumluftaktivitäten

In der Fortsetzung von Tab. 4/2 sind die Raumluftmessungen, wiederum aufgeschlüsselt nach α -, β - und H-3-Aktivitäten, aufgeführt. Die Aktivitäten werden dabei in Vielfache von abgeleiteten Grenzwerten eingeteilt. Diese abgeleiteten Grenzwerte werden aus der maximal zulässigen Jahresaktivitätszufuhr gemäß Strahlenschutzverordnung für strahlenexponierte Personen der Kategorie A und einem Jahresinhalationsvolumen von 2500 m^3 berechnet. So ergibt sich z. B. in den Anlagen der KfK für nichtidentifizierte α -Aktivitätsgemische $1 \cdot 10^{-12} \text{ Ci}/\text{m}^3$ ($37 \text{ mBq}/\text{m}^3$), für nichtidentifizierte β -Aktivitätsgemische $4 \cdot 10^{-10} \text{ Ci}/\text{m}^3$ ($15 \text{ Bq}/\text{m}^3$) und für H-3-Aktivitäten $5 \cdot 10^{-6} \text{ Ci}/\text{m}^3$ ($0,19 \text{ MBq}/\text{m}^3$). Bei Raumluftaktivitäten oberhalb dieser abgeleiteten Grenzwerte wird in den Anlagen der KfK routine-

mäßig ein Atemschutz-Filtergerät getragen. Die Raumlufaktivitaten werden ab dem 0,05-fachen der abgeleiteten Grenzwerte erfaßt, weil unterhalb dieser Werte das Erfordernis einer regelmäßigen Inkorporationskontrolle gemäß der "Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle" auch ohne Berücksichtigung der Aufenthaltsdauer entfällt. Eine weitere Einteilungsschranke stellt das 200-fache der abgeleiteten Grenzwerte dar, weil oberhalb dieser Werte bei α - oder β -Aktivitäten mit Atemschutz-Isoliergeraten gearbeitet werden muß. Bei Tritiumaktivitäten wird schon oberhalb dem abgeleiteten Grenzwert das Tragen von Atemschutz-Isoliergerät und Folienschutzanzug vorgeschrieben. Die überwiegende Zahl der α - und β -Aktivitäten traten in der HDB auf, vereinzelt auch in den Institutionen mit hoher und niedriger Aktivität. Aktivitäten oberhalb dem 200-fachen der abgeleiteten Grenzwerte wurden nicht gemessen. Erhöhte Tritiumaktivitäten wurden nur in der Gruppe "Reaktoren" und hier beim FR 2 gefunden. Sie traten beim Umgang mit D₂O auf.

4.1.4 Personenkontaminationen

Hier werden alle Kontaminationen erfaßt, die nicht vor Ort durch einfaches Waschen beseitigt werden konnten, und bei denen eine Überweisung in die medizinische Abteilung erfolgen mußte. Die meisten Personenkontaminationen ereigneten sich in der HDB und in der Gruppe "Reaktoren".

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 Landesammelstelle Baden-Würtemberg dienen.

Bedingt durch die laufenden Um- und Neubauarbeiten, die ohne Beeinträchtigung der Entsorgung durchgeführt werden mußten, war 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 strahlenschutzmaigen Probleme besprochen und koordiniert.

Ein wesentlicher Bestandteil der Strahlenschutzmaßnahmen war 1981 die Bearbeitung von ca. 2000 Interventionserlaubnisscheinen. Auf diesen wurden 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 1981 fortgesetzt.

Einen besonderen Platz nahm die Personenüberwachung ein. Hierzu gehörte die tägliche Auswertung der Taschenionisationskammern (TIK), deren Werte die individuelle Dosisbelastung des Betriebs- und Einsatzpersonals darstellen.

Mit Beginn des Berichtszeitraumes 1981 wurde die Personenüberwachung im Bereich HDB mit Hilfe eines Kleincomputers (32 KB Speicherkapazität, integriertes Doppellaufwerk für zwei Minidisketten mit je 89 KB), der mit einem halbautomatischen Stabdosismeterauswertegerat gekoppelt ist, durchgeführt (siehe Kap. 4.5).

Dieses System liefert zu jeder gewünschten Zeit Ausdrücke der aufgelaufenen Dosiswerte und diese werden den zuständigen Abteilungsleitern - je nach Wunsch wöchentlich oder monatlich - überreicht. Diese Ausdrücke gestatten eine laufende Kontrolle und geben eine Hilfe bei der Einsatzplanung.

In Anpassung an die Praxis der LfU wurden am Monatsende Stabdosiswerte < 40 mrem ($< 0,4$ mSv) vom Rechner gleich null gesetzt.

In Tab. 4/3 sind neben den mittleren Einzeldosen die Gruppensdosen der Abteilungen der HDB sowie die des gesamten eingesetzten Personals dargestellt. Die Zahl der Fremdfirmenmitarbeiter beinhaltet alle Personen die - ohne Berücksichtigung ihrer Beschäftigungsdauer - zur Gruppensdosis beigetragen haben.

Gruppensdosen stellen, im Gegensatz zu den mittleren Einzeldosen, die von der Zahl der eingesetzten Personen unabhängige Gesamtdosisbelastung durch eine Anlage dar. Aus ihnen lassen sich direkt die Erfolge von Abschirmmaßnahmen und sonstigen Verbesserungen ablesen.

Der Rückgang der TIK-Dosis des gesamten in der HDB eingesetzten Personals gegenüber dem Vorjahr um ca. 55 % auf ca. 90 rem (cSv) ist zu einem nicht unwesentlichen Teil auf viele kleine Einzelverbesserungen und Abschirmmaßnahmen zurückzuführen, die sich summierten. Der Stillstand der WAK hat in einzelnen Betrieben der HDB den Durchsatz reduziert, in anderen dagegen durch die Anlieferung von schwer zu behandelndem Material zu Schwierigkeiten geführt.

In den vergangenen Jahren erfolgte die Aufschlüsselung der Gruppensdosis der HDB nach Abteilungen nur für das Stammpersonal. Da mit Hilfe der rechnergestützten Personendosisüberwachung eine ständige Zuordnung des eingesetzten Fremdpersonals zu ihrem Tätigkeitsfeld möglich war, wurde dieses in Tab. 4/3 1981 erstmals den entsprechenden Abteilungen zugeordnet.

Die Gruppensdosis der Abteilung 1 verzeichnet einen Rückgang um ca. 25 % auf ca. 17 rem (cSv). Die konsequente Fortführung der Ertüchtigung der Anlagen auf den Stand der Technik führte zu einer Verringerung der Interventionsarbeiten an den stärker strahlenden Komponenten. Regelmäßiges Spülen zum Entfernen von strahlenden Ablagerungen und - wo dieses nicht zum Erfolg führte - Anbringen von Abschirmungen, Verbesserungen an der MAW-Übernahme und des Probenahmesystems zeigen hier ihre Wirkung.

Die Gruppensdosis der Abteilung 2 sank um ca. 40 % auf rund 29 rem (cSv). Dazu trug bei, daß die Kerosinreinigung wegen des z. Z. verringerten Durchsatzes nur in den ersten zwei Monaten des Berichtszeitraumes betrieben werden mußte. In der Gerätekontamination ist der Rückgang der Gruppensdosis in erster Linie darauf zurückzuführen, daß im letzten Quartal ausschließlich schwach kontaminierte Gegenstände verarbeitet und dekontaminiert wurden. Dazu hat auch die verbesserte Abschirmung bei der Zwischenlagerung der zu verarbeitenden Fässer durch Stahlabschirmungen, bzw. die, von größeren Teilen in einer Betonabschirmung, beigetragen.

Durch die Umorganisation der HDB ist die personelle Zusammensetzung der Abteilung 3 geändert worden. Aufgrund der neuen Aufgabenstellung ergab sich für diesen Personenkreis eine wesentliche Reduzierung des Aufenthalts in den Anlagen. Daraus resultiert der starke Rückgang der Gruppensdosis um ca. 83 % auf ca. 1,3 rem (cSv).

Auf der Abb. 4/2 sind oben links die Kollektivdosen der Mitarbeiter der HDB seit 1975 dargestellt. Nach einem leichten Wiederanstieg 1980, der zu einem guten Teil durch Arbeiten verursacht wurde, die der Verminderung des Kontaminationsinventars und vermeidbarer Strahlungsquellen dienten, konnte 1981 ein Rückgang um ca. 55 % verzeichnet werden. Die restlichen Abbildungen zeigen die Dosisverteilung für die gesamte HDB, des Stammpersonals und der in der HDB tätig gewesenen Fremdfirmenmitarbeiter. Hieraus läßt sich ablesen, daß mehr als 55 % des Personals eine Jahresdosis von weniger als 51 mrem (0,51 mSv) erhalten haben.

Abb. 4/3 zeigt die Dosisverteilung der Mitarbeiter der einzelnen Abteilungen sowie der Mitarbeiter, die aufgrund ihrer Tätigkeit keiner Abteilung klar zugeordnet werden konnten.

Die Auswertung der Computerausdrucke zeigt, daß 6,6 % des Personals fast 35 % der Gruppendosis erhalten haben. Hier werden für 1982 die Schwerpunkte der Strahlenschutzarbeit liegen, um durch Verbesserung der Arbeitsbedingungen und Belehrung des Personals eine weitere 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, deren Darstellung den interessierten Stellen jederzeit zur Verfügung standen. Auch 1981 wurde der Bereich der HDB außerhalb der Gebäude durch Dosisleistungsmessungen einer wöchentlichen Kontrolle unterzogen, um die Einhaltung der zulässigen Dosiswerte sicherzustellen.

ABTEILUNG	PERSONALART	ANZAHL DER UEBERWACHTEN PERSONEN	GRUPPENDOSEN		MITTLERE EINZELDISEN	
			FILM rem (cSv)	TIK rem (cSv)	FILM rem (cSv)	TIK rem (cSv)
1.1 + 1.2 MAW+LAW-VERDAMPFER	STAMMPERSONAL	34	17.4	16.4	.51	.48
	FREMDPERSONAL	138	(*)	23.1	(*)	.16
1.3 KLAERWERK	STAMMPERSONAL	28	.1	.4	.00	.01
	FREMDPERSONAL	28	(*)	1.2	(*)	.04
ZUSAMMENFASSUNG ABTEILUNG 1	STAMMPERSONAL	62	17.5	16.8	.28	.27
	FREMDPERSONAL	166	(*)	24.3	(*)	.14
	GESAMT	228	17.5	41.1	.10	.18
2.1 VERBRENNUNG UND KEROSINREINIGUNG	STAMMPERSONAL	20	4.3	5.6	.21	.28
	FREMDPERSONAL	40	(*)	3.9	(*)	.09
2.2 GERÄTE-DEKONT. UND LAW-VERSCHROTTUNG	STAMMPERSONAL	27	11.7	15.0	.43	.55
	FREMDPERSONAL	57	(*)	2.4	(*)	.04
2.3 MAW-VERSCHROTTUNG ZEMENTIERUNG,LAGER	STAMMPERSONAL	19	9.9	8.8	.52	.46
	FREMDPERSONAL	65	(*)	6.8	(*)	.10
ZUSAMMENFASSUNG ABTEILUNG 2	STAMMPERSONAL	66	25.9	29.4	.39	.44
	FREMDPERSONAL	162	(*)	13.1	(*)	.08
	GESAMT	228	25.9	42.5	.15	.18
3.1 PLANUNG	STAMMPERSONAL	6	.1	.3	.01	.05
	FREMDPERSONAL	1	(*)	.0	(*)	.00
3.2 QUALITÄTSSICHERUNG	STAMMPERSONAL	7	.8	1.0	.11	.14
	FREMDPERSONAL		(*)	.0	(*)	.00
3.3 BETRIEBSBUERO	STAMMPERSONAL	7	.0	.0	.00	.00
	FREMDPERSONAL	2	(*)	.0	(*)	.02
ZUSAMMENFASSUNG ABTEILUNG 3	STAMMPERSONAL	20	.9	1.3	.04	.06
	FREMDPERSONAL	3	(*)	.0	(*)	.01
	GESAMT	23	.9	1.3	.29	.05
ZUSAMMENFASSUNG PERSONAL OHNE KLARE ABTEILUNGSZUORDNUNG	STAMMPERSONAL	6	.2	.1	.03	.01
	FREMDPERSONAL	96	(*)	4.2	(*)	.04
	GESAMT	102	.2	4.3	.00	.04
HDB GESAMT	STAMMPERSONAL	154	44.5	47.6	.28	.30
	FREMDPERSONAL	427	(*)	41.6	(*)	.09
	GESAMT	581	44.5	89.2	.07	.15

(*) DATEN WERDEN INFOLGE DER ANWENDUNG VON PARAGR.20a StrISchV NICHT ERFASTT, ZUGEHÖRIGE PERSONENZAHLE OHNE BERUECKSICHTIGUNG DER BESCHAFTIGUNGSZEIT.

Tab. 4/3: Gruppendosen und mittlere Einzeldosen in der HDB (Anzahl des Fremdpersonals ohne Berücksichtigung der Beschäftigungsdauer)

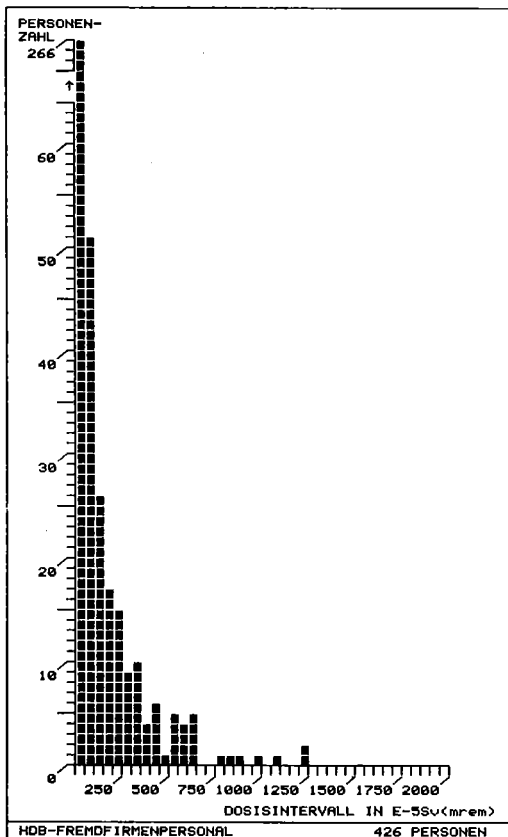
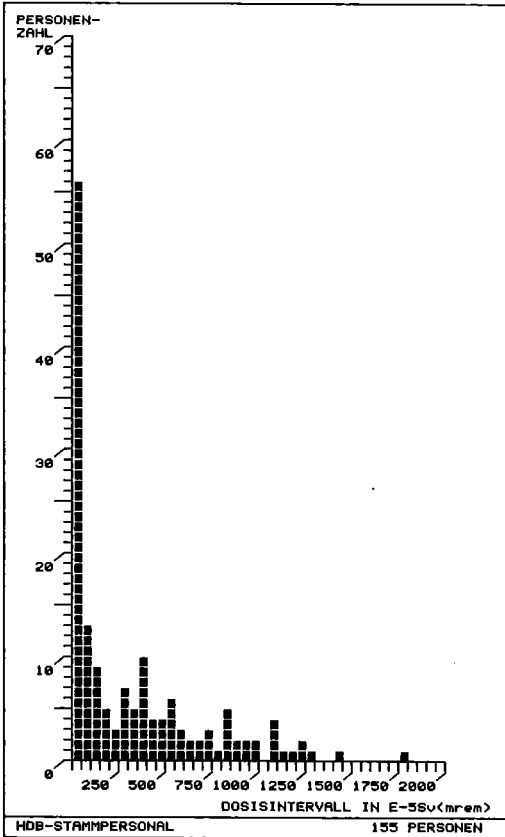
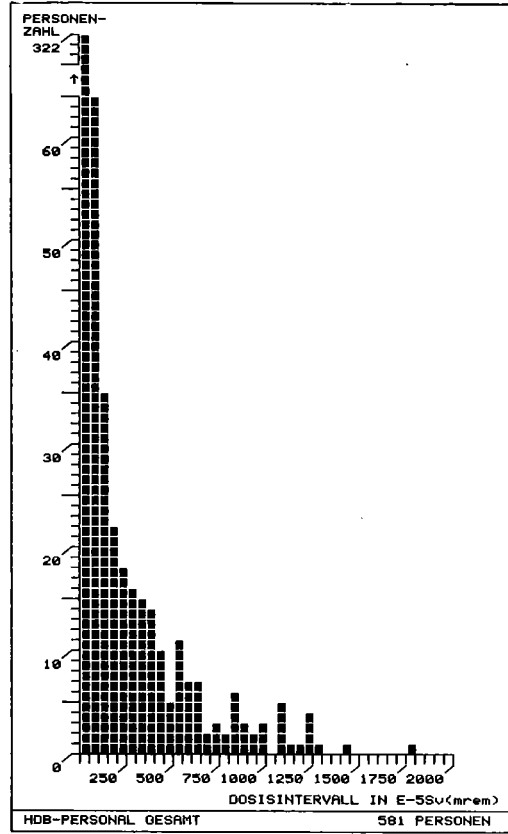
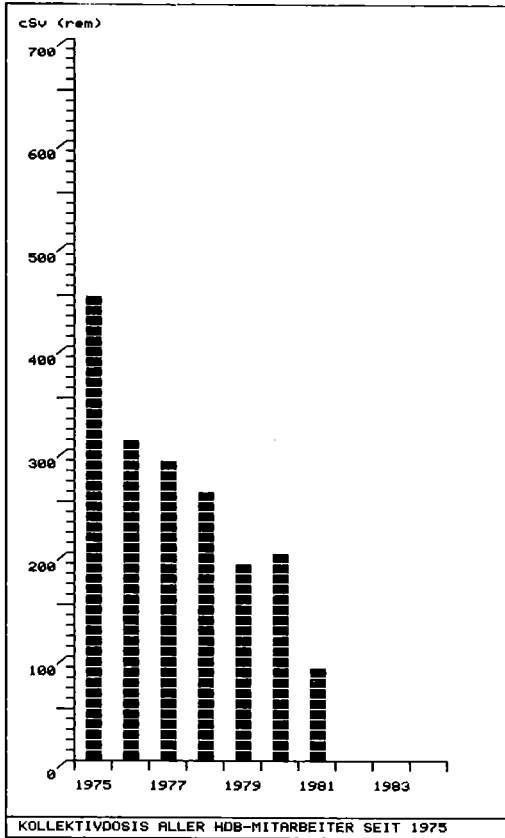


Abb. 4/2: Kollektivdosis seit 1975 sowie die Häufigkeitsverteilung der Personen-dosis aller 1981 in der HDB beschäftigten Personen (Die Zahl der Fremd-firmenmitarbeiter beinhaltet ohne Berücksichtigung der Beschäftigungs-dauer alle, die zur Kollektivdosis beigetragen haben).

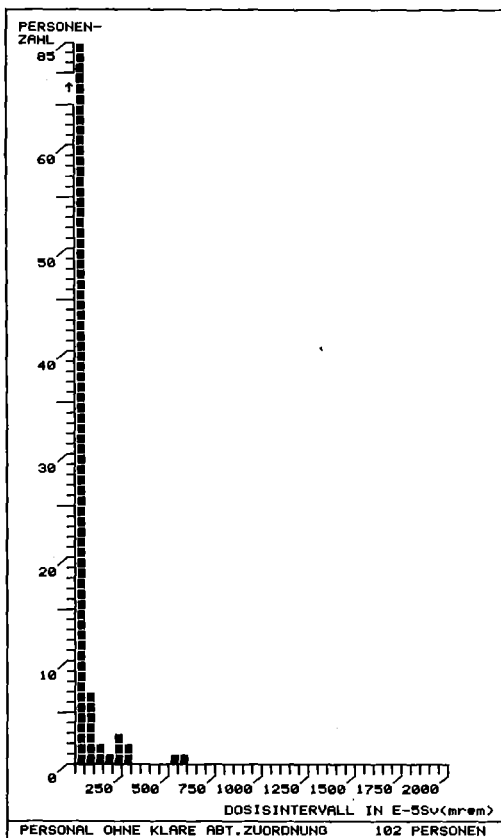
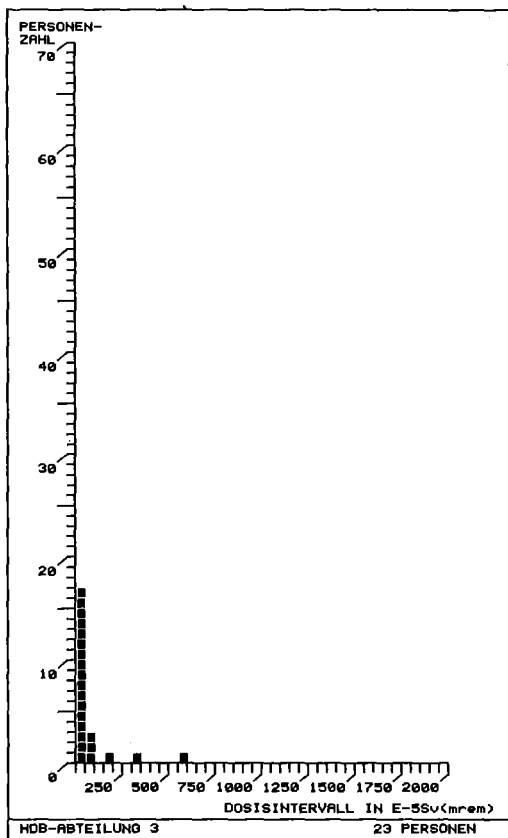
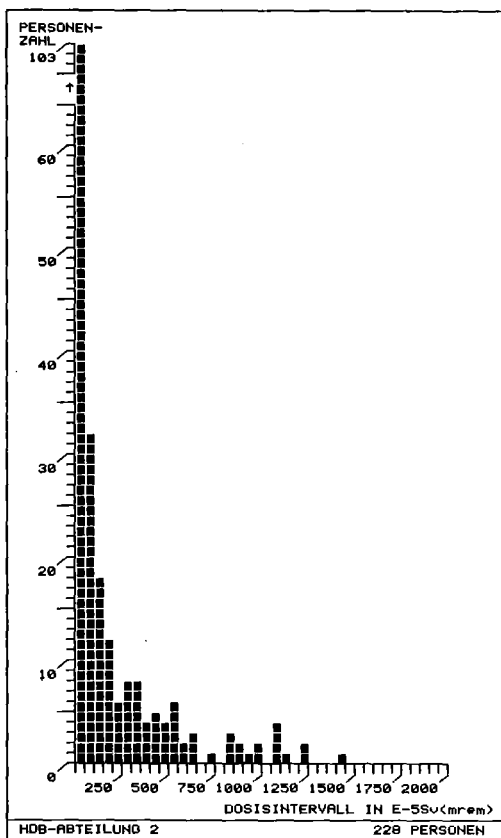
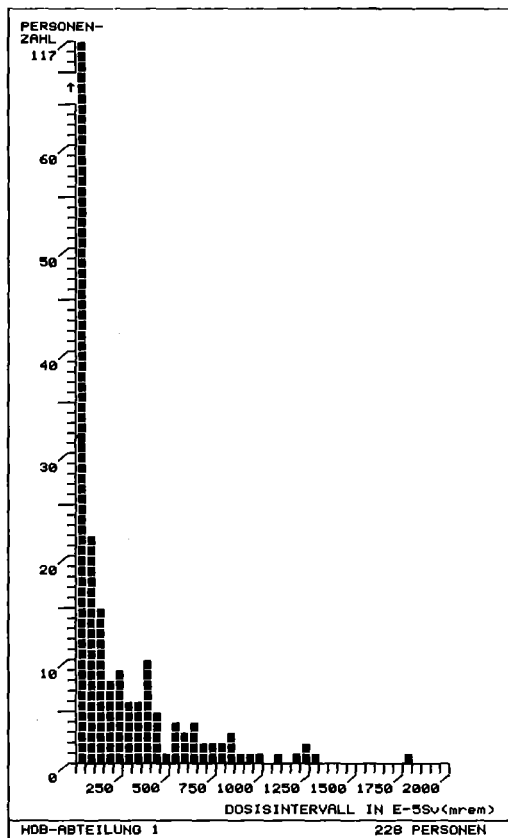


Abb. 4/3: Häufigkeitsverteilung der Personendosis für die einzelnen Abteilungen der HDB (Die Zahl der Fremdfirmenmitarbeiter beinhaltet ohne Berücksichtigung der Beschäftigungsdauer alle, die zur Kollektivdosis beigetragen haben).

4.3 Strahlenschutzmeßlabor

D. Beier

Im Berichtszeitraum wurden im Strahlenschutzmeßlabor 30850 Raumluftfilter auf künstliche α - und β -Aktivität untersucht, davon waren 275 Impaktorscheiben (s. Kap. 4.4). Die Anzahl der Messungen waren 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/m³ (37 mBq/m³) für α -Strahler und von $4 \cdot 10^{-10}$ Ci/m³ (15 Bq/m³) für β -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/m³ (1,9 mBq/m³) für α -Strahler und auf $2 \cdot 10^{-11}$ Ci/m³ (740 mBq/m³) für β -Strahler zu drücken.

Die gefundenen Luftstaubaktivitäten sind in Tab. 4/4 nach Raumluftkonzentrationen aufgegliedert.

α in pCi/m ³ (mBq/m ³)			β in pCi/m ³ (mBq/m ³)		
$A \geq 1$ ($A \geq 37$)	$0,05 \leq A < 1$ ($1,9 \leq A < 37$)	$A < 0,05$ ($A < 1,9$)	$A \geq 400$ ($A \geq 15000$)	$20 \leq A < 400$ ($740 \leq A < 15000$)	$A < 20$ ($A < 740$)
23	114	50	13	134	1145

Tab. 4/4: Häufigkeitsverteilung der Aerosolaktivitätskonzentration in der Raumlucht

Die Werte $1 \cdot 10^{-12}$ Ci/m³ (37 mBq/m³) für α -Strahler bzw. $4 \cdot 10^{-10}$ Ci/m³ (15 Bq/m³) für β -Strahler werden von den Grenzwerten der Jahresaktivitätszufuhr über Luft abgeleitet (vgl. Kap. 4.1.3). Die Grenzwerte $5 \cdot 10^{-14}$ Ci/m³ (1,9 mBq/m³) für α -Strahler bzw. $2 \cdot 10^{-11}$ Ci/m³ (740 mBq/m³) für β -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.

Mittels α -Spektroskopie wurden 7 Proben untersucht. Davon entfielen 2 Proben auf Wischtests und 5 Proben auf Luftfilter. Die indentifizierten Nuklide sind in Tab. 4/5 aufgeführt.

Nuklid	Reaktoren	Beschleuniger	Einrichtungen mit hoher Aktivität	Einrichtungen mit niedriger Aktivität	HDB	S u m m e
Am-241 und/oder Pu-238	-	-	2	-	4	6
Pu-239	-	-	2	-	3	5
Cm-242 und/oder Cf-252	-	-	2	-	1	3
Cm-243 und/oder Cm-244	-	-	2	-	1	3

Tab. 4/5: Häufigkeitsverteilung der α -spektroskopisch identifizierten Radionuklide

Mittels γ -Spektroskopie wurden im Strahlenschutzmeßlabor 837 Proben untersucht. Davon entfielen auf Kohlefilter 579, auf Informationsmessungen über Betonstaub und Bodenproben 163, auf Luftfilter 66, auf Wischtests 15 und auf kontaminierte bzw. aktivierte Gegenstände 14 Proben. Die identifizierten Nuklide sind in Tab. 4/6 aufgeführt.

Nuklid	Reaktoren	Beschleuniger	Einrichtungen mit hoher Aktivität	Einrichtungen mit niedriger Aktivität	HDB	S u m m e
J-131	-	-	161	-	-	161
Te-125m	-	-	-	2	32	34
Ru-106/Rh-106	2	-	9	2	20	33
Cs-137/Ba-137m	-	-	7	3	20	30
Cs-134	-	-	7	3	13	23
Sb-125/Te-125m	2	-	3	-	16	21
Ce-144/Pr-144	-	-	6	4	9	19
Co-60	-	-	5	4	8	17
Zr-95/Nb-95	-	-	4	3	2	9
Mn-54	-	-	-	3	2	5
Ru-103	-	-	2	2	-	4
Cr-51	1	-	-	1	1	3
Zn-65	-	1	-	2	-	3
Ce-141	-	-	1	2	-	3
U/Th-Folgepr.	-	-	1	1	1	3
Co-57	-	1	-	1	-	2
Y-88	-	-	-	2	-	2
Mo-99/Tc-99m	-	-	2	-	-	2
Ag-110m	1	-	-	1	-	2
Hf-181	-	-	-	2	-	2
Be-7	-	-	-	1	-	1
Na-22	-	-	1	-	-	1
Na-24	-	-	-	1	-	1
Mn-56	-	-	-	1	-	1
Co-56	-	-	-	1	-	1
Co-58	-	1	-	-	-	1
Rb-83	-	-	-	1	-	1
Rb-84	-	-	-	1	-	1
Xe-133	-	1	-	-	-	1
Xe-135	-	1	-	-	-	1
Hf-175	-	1	-	-	-	1
Ta-182	-	1	-	-	-	1
Au-198	-	-	1	-	-	1
Pb-212	-	-	1	-	-	1

Tab. 4/6: Häufigkeitsverteilung der γ -spektroskopisch identifizierten Radionuklide

Im Strahlenschutzmeßlabor werden außer den bereits aufgeführten Messungen noch Luftstaubsammler und Jodsammelanlagen 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.

4.4 Korngrößenverteilung der Schwebstoffaktivität in der Raumluft

H.-U. Berger

Die Kenntnis der Verteilung der Schwebstoffaktivität auf die Korngrößenfraktionen des aktivitäts-tragenden Aerosols ist unter anderem für die Ermittlung der Körperdosis bei innerer Strahlenex-
position nach Inhalation erforderlich. Sie wird im allgemeinen durch die Angabe des Aktivitäts-
Medianwertes des aerodynamisch äquivalenten Partikeldurchmessers und der Streuung der Durchmesser-
verteilung beschrieben. Für den Medianwert hat sich inzwischen das Akronym AMAD eingebürgert.

In Räumen der Gebäude 545 und 548 wurden insgesamt 64 Untersuchungen der Korngrößenverteilung
durchgeführt. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 4/7 und 4/8 dargestellt. In 5 Fällen läßt sich
weder für die α - noch für die β -Aktivität die Korngrößenverteilung ermitteln, weil die zählstati-
stisch bedingten Fehler zu groß sind. In weiteren 5 Fällen ist aus dem gleichen Grund sowohl für
die α - als auch für die β -Aktivität allenfalls eine Schätzung des AMAD möglich.

Im Vergleich zum Vorjahr fällt bei den Raumluftverhältnissen in Geb. 548 besonders auf, daß 1980
die Luftkontamination überwiegend durch künstliche α -Strahler verursacht wurde, wogegen 1981 Luft-
kontaminationen durch künstliche β -Strahler überwiegen. Dieser Wechsel ist aber offensichtlich
ohne wesentliche Wirkung auf die AMAD-Werte geblieben, die wie im Vorjahr für α - wie auch für
 β -Aktivität um 4 μm schwanken. Im Gegensatz dazu stehen die Resultate für Geb. 545. Im Jahre 1980
schwankten hier die AMAD-Werte für α -Strahler um 4 μm und für β -Strahler um 10 μm . Im Jahre 1981
schwankten sie um 7 μm für α -Strahler und um 4 μm für β -Strahler. Zugleich verlagerte sich auch
hier das Schwergewicht der Luftkontamination deutlich in Richtung auf die β -Strahler.

Probenahme in Geb. 548		Sammel- zeit h	α -Aktivität				β -Aktivität			
von	bis		A_{ges}		AMAD	σ	A_{ges}		AMAD	σ
		nCi	Bq	μm		nCi	kBq	μm		
30.12.80	- 07.01.81	192	0,02	0,8	-	-	< 0,06	< 0,002	-	-
12.01.81	- 20.01.81	192	< 0,007	< 0,3	-	-	2,25	0,083	1,8	0,72
27.01.81	- 03.02.81	168	< 0,01	< 0,4	-	-	0,23	0,008	1,7	0,82
09.02.81	- 13.02.81	96	< 0,007	< 0,3	-	-	0,34	0,013	0,9+	0,7+
23.03.81	- 30.03.81	168	0,158	5,9	$3 \cdot 10^{4+}$	3+	0,39	0,014	1,1	0,89
01.04.81	- 08.04.81	168	< 0,007	< 0,3	-	-	0,27	0,010	1,3	0,78
14.04.81	- 22.04.81	192	< 0,007	< 0,3	-	-	0,30	0,011	1 +	0,6+
30.04.81	- 07.05.81	168	0,01	0,4	7*	0,8*	0,59	0,022	9 +	1 +
14.05.81	- 21.05.81	168	< 0,005	< 0,2	-	-	< 0,04	< 0,001	-	-
21.05.81	- 04.06.81	336	< 0,002	< 0,7	-	-	0,3	0,009	2 *	0,5*
09.06.81	- 15.06.81	144	< 0,01	< 0,5	-	-	0,3	0,012	0,9+	0,9+
24.06.81	- 01.07.81	168	< 0,006	< 0,2	-	-	< 0,05	< 0,002	-	-
06.07.81	- 14.07.81	192	< 0,004	< 0,1	-	-	0,14	0,005	17 +	2 +
21.07.81	- 28.07.81	168	< 0,005	< 0,2	-	-	0,19	0,007	3,5	0,57
28.07.81	- 14.08.81	408	0,01	0,4	1**	0,5**	0,59	0,022	2,3	0,44
18.08.81	- 25.08.81	168	< 0,005	< 0,2	-	-	0,29	0,011	4,7	0,62
04.09.81	- 11.09.81	168	< 0,007	< 0,3	-	-	0,12	0,0044	1,6	0,55
17.09.81	- 25.09.81	192	< 0,01	< 0,4	-	-	0,10	0,004	3 *	0,5*
02.10.81	- 09.10.81	168	0,018	0,7	-	-	0,62	0,023	4,4	0,41
27.10.81	- 04.11.81	192	0,019	0,7	2,6	0,6	0,27	0,010	5,0	0,52
12.11.81	- 20.11.81	192	0,016	0,6	4*	0,04*	0,26	0,010	3,5	0,39

Tab. 4/7: AMAD UND STREUUNG σ der Durchmesser-
verteilung in der Raumluft von Geb. 548
(+ extrapolierter Wert; * Schätzwert, weil Aktivitätswerte zählstatistisch bedingt un-
sicher sind)

Probenahme in Geb. 545		Sammel- zeit h	α-Aktivität				β-Aktivität			
von	bis		A _{ges}		AMAD µm	σ	A _{ges}		AMAD µm	σ
			nCi	Bq			nCi	kBq		
19.12.80 - 02.01.81		336	0,06	2,0	1,5	0,43	0,15	0,005	4 *	0,8*
02.01.81 - 09.01.81		167	0,013	0,5	-	-	20,6	0,762	0,5+	0,8+
10.01.81 - 16.01.81		144	1,87	69,2	2,81	0,46	70,8	2,62	0,7+	0,7+
16.01.81 - 23.01.81		168	0,02	0,6	4 *	0,04*	0,95	0,035	2,5	0,54
23.01.81 - 30.01.81		168	0,02	0,6	3 *	0,3 *	0,51	0,019	2,7	0,55
30.01.81 - 06.02.81		168	0,02	0,7	5 *	0,04*	0,46	0,017	3,4	0,60
06.02.81 - 13.02.81		168	0,01	0,5	-	-	0,49	0,018	6,1	0,78
13.02.81 - 20.02.81		168	0,04	1,4	11 **	0,7**	0,75	0,028	15 +	1 +
20.02.81 - 27.02.81		168	0,02	0,7	1 **	0,2**	0,47	0,017	2,0	0,27
27.02.81 - 06.03.81		168	< 0,007	< 0,3	-	-	0,34	0,012	3,6	0,70
06.03.81 - 13.03.81		168	0,032	1,2	9 +	0,8+	0,71	0,026	10 +	1 +
13.03.81 - 20.03.81		168	0,01	0,3	-	-	0,55	0,020	3,0	0,67
20.03.81 - 27.03.81		168	0,02	0,6	20 **	0,7**	0,5	0,017	2,9	0,63
27.03.81 - 03.04.81		168	0,02	0,7	3,2	1,50	0,41	0,015	2,0	0,98
10.04.81 - 24.04.81		336	< 0,01	< 0,4	-	-	0,36	0,013	1,4	0,97
24.04.81 - 08.05.81		336	0,056	2	13 +	1 +	3,09	0,114	16 +	0,8+
08.05.81 - 15.05.81		168	0,035	1,3	3,8	0,04	0,63	0,023	8 +	0,6+
15.05.81 - 22.05.81		168,5	0,02	0,7	40 **	1 **	0,36	0,013	3,8	1,06
22.05.81 - 29.05.81		168	< 0,01	< 0,3	-	-	0,23	0,008	2,2	0,62
29.05.81 - 05.06.81		168	< 0,01	< 0,5	-	-	0,1	0,005	2 *	0,5*
05.06.81 - 11.06.81		144	< 0,02	< 0,7	-	-	0,2	0,008	2 *	0,9*
11.06.81 - 19.06.81		192	< 0,02	< 0,7	-	-	0,2	0,006	0,3**	1 **
19.06.81 - 03.07.81		336	< 0,01	< 0,4	5 *	0,5 *	1,00	0,037	3,7	0,60
03.07.81 - 10.07.81		168	< 0,01	< 0,3	-	-	0,24	0,009	2,6	0,78
10.07.81 - 17.07.81		168	0,01	0,37	-	-	< 0,04	< 0,001	-	-
17.07.81 - 24.07.81		168	< 0,04	< 1,00	-	-	< 0,2	< 0,007	-	-
24.07.81 - 31.07.81		168	0,039	1,4	4,1	0,45	0,22	0,008	4,3	0,55
31.07.81 - 07.08.81		168	0,017	0,6	7 *	0,9 *	0,46	0,017	2,6	0,51
07.08.81 - 14.08.81		168	0,015	0,6	2,9	0,43	0,37	0,014	2,6	0,50
14.08.81 - 21.08.81		168	0,014	0,5	1 **	0,2**	8,17	0,300	0,2+	0,8+
21.08.81 - 28.08.81		168	0,020	0,7	5 *	0,5 *	0,45	0,017	3,6	0,64
29.08.81 - 04.09.81		144	0,01	0,4	5 *	0,5 *	0,37	0,014	1,7	0,68
04.09.81 - 11.09.81		168	0,05	2,0	10 +	0,88+	0,93	0,034	0,8+	1,1+
11.09.81 - 18.09.81		168	0,016	0,6	2,4	0,58	0,67	0,025	4,3	0,59
18.09.81 - 25.09.81		168	< 0,005	< 0,2	-	-	0,32	0,012	4,3	0,70
25.09.81 - 02.10.81		168	0,041	1,5	12 **	0,6**	1,01	0,037	2,4	1,05
02.10.81 - 09.10.81		168	0,032	1,2	2,3	0,69	0,43	0,016	3,1	0,43
09.10.81 - 16.10.81		168	0,186	6,9	5,3	0,79	0,77	0,028	4,8	0,66
16.10.81 - 23.10.81		168	0,050	1,9	2,7	1,06	0,65	0,024	5,2	0,64
23.10.81 - 30.10.81		168	0,045	1,7	1,9	0,64	0,30	0,011	3,3	0,64
30.10.81 - 06.11.81		168	0,019	0,7	3 *	0,3 *	0,29	0,011	4,3	0,57
06.11.81 - 13.11.81		168	0,018	0,7	1,8	0,51	0,32	0,012	2,0	0,37
13.11.81 - 20.11.81		168	0,072	2,7	4,7	0,55	0,38	0,014	4,1	0,52

Tab. 4/8: AMAD und Streuung σ der Durchmesserverteilung in der Raumluft von Geb. 545, Bedienungs-
gang (+ extrapoliertes Wert; * Schätzwert, weil Aktivitätswerte zählstatistisch bedingt
unsicher sind)

4.5 Automatisierung der Personendosiserfassung

H. Schüler

Im Bereich der HDB werden täglich bis zu 400 Stabdosisimeter überprüft. Wenn die akkumulierte Dosis 20 mR (0,2 mSv) übersteigt, wird der abgelesene Wert in eine Liste übertragen und das Dosimeter auf Null gestellt. Dieses war in der Vergangenheit eine sehr zeitaufwendige Arbeit, die vor Dienstbeginn der Normalschicht beendet werden mußte, um den Zugriff zu den Dosimetern zu gewährleisten. Anschließend mußten täglich die Werte der Dosimeterliste von Hand in einen Kleincomputer eingegeben werden.

Um diese Arbeit zu beschleunigen und um Übertragungsfehler zu vermeiden, wurde ein halbautomatisches Stabdosisimeterauswertegerät angeschafft, das mit einem Kleincomputer für die Zeit der Dosimeterauswertung mit Hilfe eines speziellen Programms on line gekoppelt wird. Die Stabdosisimeter haben einen Codierungsring, der u. a. die Dosimeternummer als Strichcodierung enthält. Wird ein Dosimeter in das Auswertegerät eingelegt, so liest es die Dosimeternummer und die aufgelaufene Dosis, stellt das Dosimeter auf Null und übergibt die Werte an den Rechner. Mit Hilfe der im Rechner gespeicherten Listen sucht sich das Programm die zur Dosimeternummer gehörende Person und liest ihre Daten von der Diskette. Danach werden über einen Nadelprinter die relevanten Daten ausgedruckt (s. Abb. 4/9) und die neuen Daten auf die Diskette zurückgeschrieben.

AM 21.12 MIT AUTORAD AUSGEWERTETE DOSIMETER

NICHT UEBERNOMMENE WERTE				UEBERNOMMENE WERTE				
DOSIS > 100 mR	NICHT ABLESBAR	NICHT GEFUNDEN		FACH-NR.	DOS.-NR.	VORH.DOS.	AUTOR.DOS.	SUMME
	40368 NAB 000							
	<i>defekt</i>			35	46254	28	24	52
39947 DOS 161								
				112	41498	0	16	16
<i>Stoßentladung</i>				121	39745	1	5	6
<i>(Handeingabe 40mR)</i>				122	45661	0	18	18
				249	43626	0	55	55
				256	40351	70	28	98
				288	39825	25	31	56
				325	45985	53	24	77
				356	39677	32	31	63
				372	45474	0	30	30
	36586 NAB 000							
	<i>defekt</i>			387	39753	0	36	36
				418	44116	0	14	14

FACH-NR.-NICHT ZURUECKGESTELLTER DOSIMETER <20mR

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

MIT AUTORAD AUSGEWERTET	15
IN DATEI UEBERNOMMEN (>20mR)	12
NICHT ZURUECKGESTELLT (<20mR)	349
NICHT ABLESBAR	2
NICHT GEFUNDEN	0
DOSISWERTE > 100mR	1

Tab. 4/9: Tägliche Dokumentation der halbautomatischen Stabdosisimeterauswertung

Am Monatsende wird die Arbeitsdiskette dupliziert und das Duplikat der Abteilung HS/TSB überstellt. Diese übernimmt die neuesten TIK-Dosen, überspielt die bis dahin vorliegenden Filmdosen und sendet die Diskette zurück. Nach Aktualisierung der Arbeitsdiskette werden die Duplikate ein Jahr aufbewahrt. Für die Information des Strahlenschutzes, der HDB-Leitung sowie der einzelnen Abteilungen der HDB stehen zahlreiche Programme zur Verfügung. Sie gestatten jederzeit die Darstellung der aktuellen Werte der Mitarbeiter auf dem Bildschirm sowie die Ausgabe eines Dokumentes in Form von Listen über den Drucker. Diese werden den entsprechenden Stellen mindestens einmal monatlich überstellt.

Die Anlage läuft seit einem Jahr ohne Störungen und stellt bei der Ermittlung und vor allem bei der Überwachung und Dokumentation von Personendosen eine wesentliche Hilfe dar.

4.6 Erfahrungen mit einem rechnergestützten Tritiummonitor

H. Schüler

Die Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB) betreibt eine Versuchsanlage für die Verbrennung fester und flüssiger Abfälle (FERAB). Da auch tritiumhaltige Abfälle verbrannt werden, muß entsprechend den behördlichen Auflagen die Abluft der FERAB auf Tritium überwacht werden.

Die Bilanzierung der abgeleiteten Tritiumfracht erfolgt durch Auskondensieren einer Teilmenge der Abluftfeuchte, Bestimmung der Tritiumkonzentration und Hochrechnen mit der gesamt abgeleiteten Luftfeuchtemenge. Dieses Verfahren bringt es mit sich, daß zwischen einer möglichen Ableitung von Tritium und Vorliegen eines Ergebnisses bei der FERAB im ungünstigsten Fall 1 1/2 Tage liegen können. Die Dosierung bei der Verbrennung tritiumhaltiger Abfälle erfolgte bisher mit Hilfe der in den Abfallscheinen deklarierten Tritiumaktivitätswerte. Da diese Deklaration nicht immer vollständig war, kam es zu Überschreitungen der Grenzwerte für die Tritiumableitung. Deshalb wurde der örtliche Strahlenschutz der HDB ersucht, die Möglichkeiten einer direkten Messung mit Sofortanzeige als Parallelverfahren zur bisherigen Bilanzierungsmethode zu prüfen. Die Wahl fiel auf einen Tritium-in-Luft-Monitor, dessen Meßkammer wegen der relativ hohen Aggressivität der zu überwachenden Abluft innen vergoldet ist und der zur Vermeidung von Memory-Effekten beheizt wird. Da es sich hier um ein reines Betriebsüberwachungsgerät handelt, wurde es on line mit einem Rechner mit angeschlossenen Nadeldrucker gekoppelt. Das Programm übernimmt nach Ablauf der Meßzeit die Tritiumimpulsrate und errechnet die mittlere Momentantritiumkonzentration der Meßluft. Aus ihr und der bekannten Abluftmenge wird die Tritiumfracht errechnet und zu Stunden-, Tages-, Wochen- und Monatsfrachten addiert. Während der Meßzeit erscheinen auf dem Bildschirm des Rechners für je ca. 30 s in rollierender Folge drei Darstellungen:

1. Im Klartext die Uhrzeit, die Meßzeit, die Momentankonzentration, die Tages-, Wochen- und Monatsfracht.
2. Eine Grafik, in der für die 24 h des lfd. Tages stündliche Ableitungswerte in Balkenform dargestellt sind (Einheit in Ci).
3. Eine Grafik, in der die Tagesfracht, die Fracht der lfd. Woche und die des lfd. Monats in Balkenform dargestellt sind. Hierbei wurde die Skaleneinteilung der Y-Achse in Ci so gewählt, daß das Skalende gleichzeitig den Grenzwert der zulässigen Aktivitätsableitung für Tritium darstellt.

Eine Ausgabe auf dem Drucker erfolgt in jedem Fall stündlich. Zwischenwerte werden nur ausgedruckt, wenn der Absolutwert der Differenz zum letzten ausgedruckten Ableitungswert 10^{-6} Ci (37 kBq) übersteigt. Der Rechner erkennt über seine Uhr das Tagesende und schließt das lfd. Protokoll ab, indem er die Darstellung 2 und 3 ausdruckt (Abb. 4/4). Über einen programmierten Kalender wird das gültige Datum ermittelt und der Kopf des neuen Protokolls gedruckt.

Für die Betriebsmannschaft ist in der Schaltwarte der FERAB ein Parallelmonitor installiert, auf dessen Bildschirm die laufenden Informationen dargestellt werden. Dadurch kann, wenn es sich als notwendig erweisen sollte, die Verbrennung eingestellt oder auf tritiumfreie Abfälle umgestellt werden. Ebenfalls in die Schaltwarte geführt sind die Betriebszustands-, Warn- und Alarmanzeigen.

Die Ansprechzeit des Tritiummonitors ist < 15 min. Die Nachweisgrenze des Meßsystems ist für Tritium $< 10^{-7}$ Ci/m³ (3,7 kBq/m³). Der vom Hersteller angegebene Aktivitätsfaktor von $2 \cdot 10^{-9}$ Ci/(m³·Ipm) (1,2 Bq/(m³·Ips)) mußte auf $3,5 \cdot 10^{-9}$ Ci/(m³·Ipm) (2,2 Bq/(m³·Ips)) den örtlichen Bedingungen angepaßt werden.

Das Gerät arbeitet seither zu unserer vollen Zufriedenheit und gestattet wegen der kurzen Ansprechzeit auch den Zugriff auf die Anlieferer mangelhaft deklarerter Abfälle, die in der Vergangenheit fast regelmäßig die Ursache für Abluftüberschreitungen waren.

3H-ABLEITUNG GEB. 536 IN CURIE

VOM 1. 12. 81 MESSZEIT : 10 MINUTEN UNTERGRUND : 10 IPM

ACHTUNG! AUSSER IM STUNDENABSTAND ERFOLGT AUSDRUCK NUR WENN DELTA RM >300 IPM

ZEIT	* IPM	* ABL./MESSZEIT*	TAG..ABL.	* WOCH.ABL.	* MON.ABL.	*
01.00	.0	.00	.00	.00	.00	
02.00	.0	.00	.00	.00	.00	
03.00	.0	.00	.00	.00	.00	
04.00	.0	.00	.00	.00	.00	
05.00	.0	.00	.00	.00	.00	
06.00	.0	.00	.00	.00	.00	
07.00	.0	.00	.00	.00	.00	
08.00	.0	.00	.00	.00	.00	
09.00	1947.0	.06	.07	.07	.07	
09.10	563.0	.02	.09	.09	.09	
10.00	206.0	6.73 E-03	.14	.14	.14	
10.50	1424.0	.05	.26	.26	.26	
11.00	5093.0	.17	.43	.43	.43	
11.10	3568.0	.12	.54	.54	.54	
11.20	1563.0	.05	.59	.59	.59	
11.40	1029.0	.26	.70	.70	.70	
11.50	2280.0	.07	.78	.78	.78	
12.00	3204.0	.11	.88	.88	.88	
12.10	4333.0	.14	1.03	1.03	1.03	
12.20	3935.0	.13	1.15	1.15	1.15	
12.30	4454.0	.15	1.30	1.30	1.30	
13.00	4673.0	.15	1.75	1.75	1.75	
14.00	4469.0	.15	2.67	2.67	2.67	
15.00	3453.0	.11	3.44	3.44	3.44	
16.00	2510.0	.08	4.00	4.00	4.00	
17.00	1899.0	.06	4.42	4.42	4.42	
18.00	1396.0	.05	4.73	4.73	4.73	
19.00	1077.0	.04	4.96	4.96	4.96	
20.00	872.0	.03	5.14	5.14	5.14	
21.00	724.0	.02	5.30	5.30	5.30	
22.00	619.0	.02	5.42	5.42	5.42	
23.00	543.0	.02	5.54	5.54	5.54	
00.00	500.0	.02	5.62	5.62	5.62	

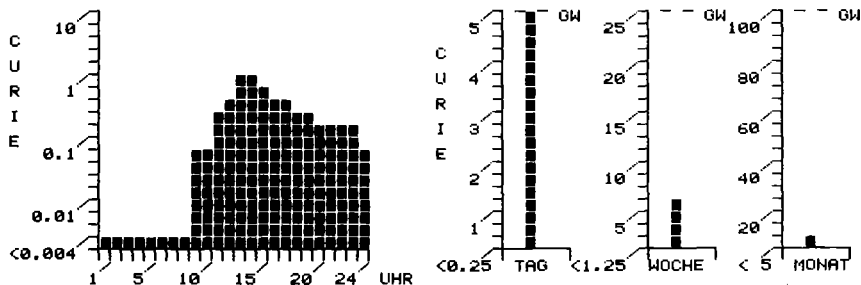


Abb. 4/4: Tagesprotokoll der Tritium-Ableitungsüberwachung der FERAB

5. Radioökologie

L.A. König

Die Aufgabengebiete der Abteilung "Radioökologie" (HS/R) 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. Abb. 5/1 enthält den Organisationsplan der Abteilung.

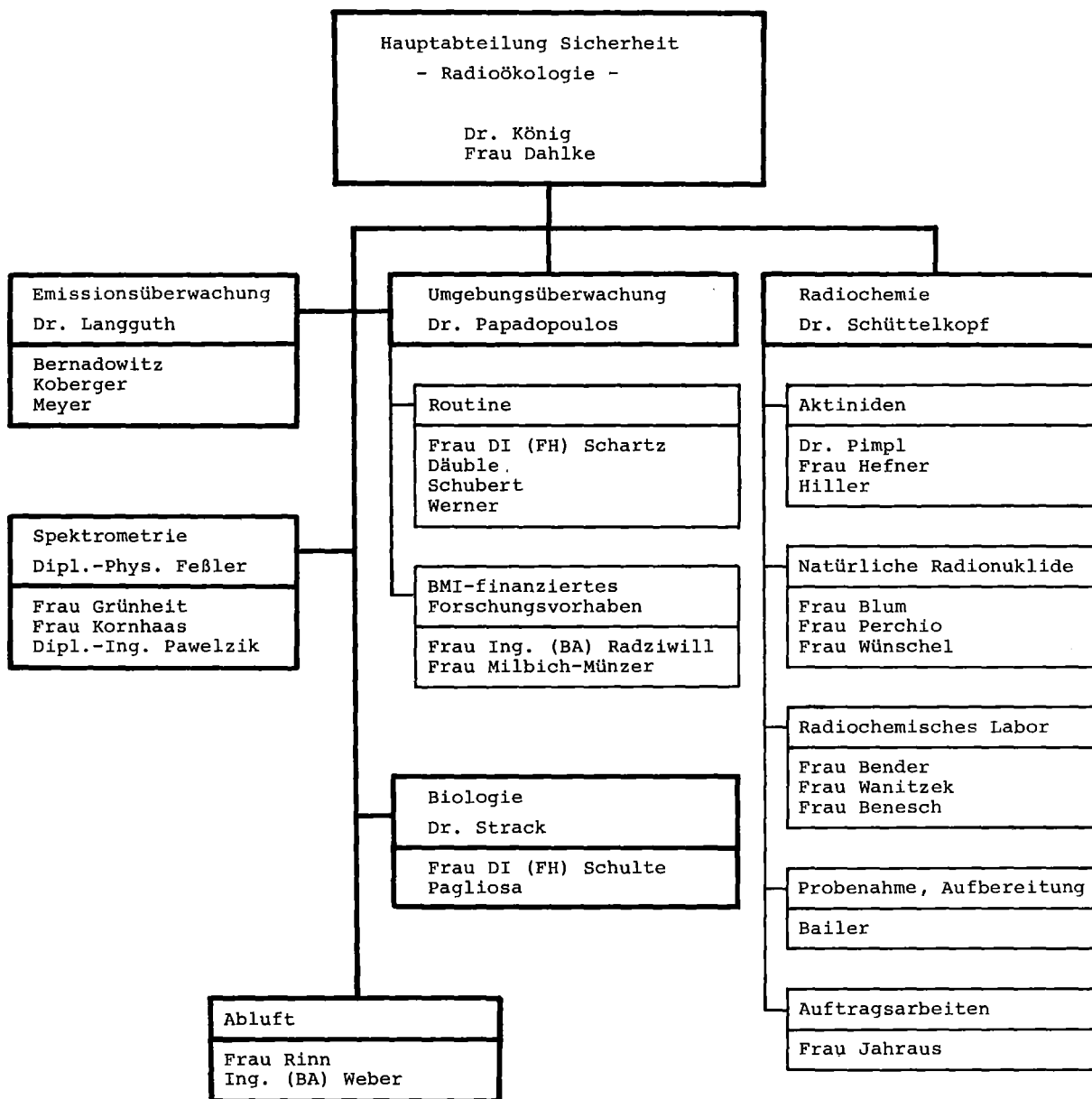


Abb. 5/1: Organigramm der Abteilung "Radioökologie" (Stand: 31.12.1981)

Die im folgenden berichteten Ergebnisse sind das Resultat der Zusammenarbeit der verschiedenen Arbeitsgruppen von HS/R: Alle quantitativen γ - und α -spektroskopischen Messungen wurden von der Gruppe "Spektrometrie" und im Abwasserlabor der Gruppe "Emissionsüberwachung" 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. Die Tritiumbestimmungen im Rahmen von Überwachungsaufgaben sowie ein Teil jener im Zusammenhang mit radioökologischen Untersuchungen wurden von der Gruppe "Emissionsüberwachung" durchgeführt. Weitere Tritiumbestimmungen erfolgten durch die Gruppe "Biologie". Alle Dosimeterauswertungen, deren Ergebnisse im Kap. 5 berichtet werden, lagen in der Hand der Abteilung "Dosimetrie" (Leitung: Dipl.-Phys. E. Piesch) der Hauptabteilung Sicherheit (HS). Die Berichterstattung über die Ergebnisse der Überwachungsprogramme erfolgt durch die federführenden Gruppen.

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) der Hauptabteilung Sicherheit (HS)

- Untersuchung zum Ausbreitungsverhalten nuklearer Schadstoffe im Nah- und Fernbereich

sind im Projekt "PNS" angesiedelt. Die Untersuchung der Freisetzung von natürlichen Radionukliden, vornehmlich Ra-226, Pb-210 und Po-210 aus den alten Bergbauhalden von Wittichen, im Auftrag und in Zusammenarbeit mit der Uranerzbergbau GmbH und mit finanzieller Unterstützung des Wirtschaftsministeriums Baden-Württemberg, wurde abgeschlossen. Begonnen wurden radioökologische Untersuchungen in Großschloppen im Bereich des Stollen "Christa" in Zusammenarbeit mit der ESSO ERZ auf Anforderung des Bayerischen Umweltschutzamtes.

Die Arbeiten an den vom BMI geförderten Vorhaben

- 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

wurden fortgesetzt.

Die Qualität der Messungen wird durch Teilnahme an Ringversuchen überwacht. 1981 nahm HS/R an folgenden Ringversuchen teil:

- Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken (Abluft)
- Bestimmung des Radionuklidgehaltes im Abwasser aus Kernkraftwerken
- Radionuklide im Sediment

Wie auch in den vergangenen Jahren wurden Messungen für externe Auftraggeber gegen Verrechnung nach einer aufwandsbezogenen Gebührentabelle durchgeführt.

Im Jahr 1981 wurden von den Mitarbeitern der Abteilung "Radioökologie" 14 Berichte veröffentlicht bzw. Beiträge zu Veröffentlichungen geleistet.

5.1 Abluftüberwachung

Berichterstattung: L.A. König, S. Rinn

Die Ableitung radioaktiver Stoffe aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe in die Atmosphäre wird seit 1969 gemäß Grundsätzen, die mit den Aufsichtsbehörden vereinbart sind, in einem für ein Jahr gültigen "Abluftplan" vorgeplant. Dieser Abluftplan enthält für die einzelnen Emittenten des Kernforschungszentrums die höchstzulässigen Jahres-, Monats- und Wochenabgaben, aufgeschlüsselt nach Radionukliden bzw. Radionuklidgruppen. Die höchstzulässigen Wochenableitungen betragen bis auf wenige Ausnahmen 2,5 % der zulässigen Jahresableitungen. Ab 1982 werden keine Monatswerte mehr vorgeschrieben, was zu einer Änderung der Form der Berichterstattung führen wird.

Die Ableitungen werden in den von der KfK (Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH) betriebenen Anlagen in Zusammenarbeit mit Mitarbeitern der Abteilung "Strahlenschutzüberwachung" (Leitung: Dr. H. Dilger) der Hauptabteilung Sicherheit (HS) 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 1981 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 notwendig, da bei diesen die Nuklidzusammensetzungen in den Ableitungen nicht vorhergesagt werden können, andererseits aber doch direkt meßbare höchstzulässige Ableitungen vorgegeben werden müssen. In allen Fällen, in denen aufgrund der kontinuierlichen Aerosolüberwachung oder der Bilanzierungsmessungen Zweifel entstanden, daß zulässige Wochenwerte erreicht worden sein könnten, wurden nuklidspezifische Untersuchungen vorgenommen. Bei FR2 und FERAB wurden die Aerosolprobenahmefilter routinemäßig nuklidspezifisch von HS/R überwacht. Änderungen der Definition der Nuklidgruppen sind beabsichtigt.

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

a) Für WAK, FERAB, IHCh und TU werden die Ableitungen an Pu-241 auf maximal 10 % des in Nuklidgruppe B zugelassenen Aktivitätswertes beschränkt.

b) Die Radiojodisotope werden gesondert behandelt.

c) Nach der Fußnote 2 zu den Tabn. IV 2 und VI 3 der Anlage IV der Strahlenschutzverordnung vom 13. Oktober 1976 (BGBl. I, S. 2905) kann ein Nuklid unberücksichtigt bleiben, wenn sein Anteil an der Jahresaktivitätszufuhr nur einen vernachlässigbaren Bruchteil des Grenzwertes nach Tab. IV 1 beträgt. Für Sr-90 ist ein maximaler Anteil von 10 % zugelassen.

d) Die C-14-Ableitungen in Gruppe C werden auf jeweils 10 % der in dieser Gruppe zulässigen Ableitung, aber nicht mehr als auf 10 Ci/a bzw. 1 Ci/Monat beschränkt, sofern keine andere Regelung erfolgt ist.

Tab. 5/1: Definition der Nuklidgruppen (Stand: 31. Dezember 1981)

In Tab. 5/2 wird eine Übersicht über die im Jahr 1981 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 J-131-Äquivalentwerte. Die Faktoren f_i , mit deren Hilfe die Ableitungen von Radiojodisotopen auf J-131-Äquivalent umgerechnet werden, sind aus Tab. 5/3 ersichtlich. f_i ist durch die Beziehung

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

definiert. Hierin ist A_i^{zul} die für Jodisotop i zulässige Ableitung, A_{131}^{zul} jene für J-131. Die für das Jodisotop i gemessene Ableitung ist also durch f_i zu dividieren, um das J-131-Äquivalent zu erhalten.

Jodisotop	f_i
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 J-131-Äquivalent (Stand: Ende 1981)

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 im allgemeinen 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.

Überschreitungen zulässiger Werte sind durch Einrahmen der Zahlenwerte kenntlich gemacht. Zum Vergleich werden Jahressummen für das Vorjahr wiederholt. Die Ar-41-Ableitungen des FR2 stellten die vorherrschenden Ableitungen dar, wenn man nur Aktivitätswerte betrachtet.

Die in Tab. 5/2 für Geb. 545/555 berichteten Überschreitungen sind durch Ableitungen von Te-125m, einem Radionuklid mit geringer Radiotoxizität, bedingt. Der Beitrag anderer Radionuklide zu den angegebenen Summenwerten ist vernachlässigbar klein.

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. Nuklid- gruppe	Ableitungen pro Jahr			
	1 9 8 0		1 9 8 1	
	Ci	Bq	Ci	Bq
Ar	$6,7 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^{15}$	$6,9 \cdot 10^4$	$2,6 \cdot 10^{15}$
Kr	$3,2 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^{15}$	-	-
H-3	$1,6 \cdot 10^3$	$6,0 \cdot 10^{13}$	$2,3 \cdot 10^3$	$8,5 \cdot 10^{13}$
J	$3,7 \cdot 10^{-2}$	$1,4 \cdot 10^9$	$<8,0 \cdot 10^{-3}$	$<3,0 \cdot 10^8$
A	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$4,4 \cdot 10^7$	$9,9 \cdot 10^{-4}$	$3,7 \cdot 10^7$
B	$7,6 \cdot 10^{-2}$	$2,8 \cdot 10^9$	$8,4 \cdot 10^{-2}$	$3,1 \cdot 10^9$
C	$8,5 \cdot 10^2$	$3,1 \cdot 10^{13}$	$9,3 \cdot 10^2$	$3,4 \cdot 10^{13}$

Tab. 5/4: Gesamtableitungen aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe in die Atmosphäre in den Jahren 1980 und 1981

(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	
	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	3,0 E+01	1,1 E+12
Januar	<6,8 E-09	<2,5 E+02	<2,3 E-08	<8,5 E+02	1,5 E+00	5,6 E+10
Februar	<4,3 E-09	<1,6 E+02	6,5 E-08	2,4 E+03	1,2 E+00	4,4 E+10
März	<8,1 E-08	<3,0 E+03	<5,9 E-07	<2,2 E+04	1,7 E+00	6,3 E+10
April	<1,7 E-07	<6,3 E+03	4,3 E-06	1,6 E+05	1,2 E+01	4,4 E+11
Mai	<1,8 E-07	<6,7 E+03	7,9 E-04	2,9 E+07	2,1 E+01	7,8 E+11
Juni	<1,1 E-07	<4,1 E+03	<8,0 E-07	3,0 E+04	6,3 E+00	2,3 E+11
Juli	<9,9 E-08	<3,7 E+03	<7,4 E-07	<2,7 E+04	8,9 E+00	3,3 E+11
August	<8,5 E-08	<3,1 E+03	2,0 E-06	7,4 E+04	2,9 E+00	1,1 E+11
September	<8,8 E-08	<3,3 E+03	<6,8 E-07	<2,5 E+04	1,5 E+00	5,6 E+10
Oktober	<9,9 E-08	<3,7 E+03	<7,7 E-07	<2,8 E+04	1,9 E+00	7,0 E+10
November	<8,2 E-08	<3,0 E+03	<6,1 E-07	<2,3 E+04	3,9 E+00	1,4 E+11
Dezember	<3,8 E-07	<1,4 E+04	<2,9 E-06	<1,1 E+05	6,3 E+00	2,3 E+11
Summe 1981	<1,4 E-06	<5,1 E+04	8,0 E-04	3,0 E+07	6,9 E+01	2,6 E+12
nach Abluftplan zul. Jahreswert	1,0 E-05	3,7 E+05	1,0 E-02	3,7 E+08	1,8 E+02	6,7 E+12
Vorjahreswert	<5,3 E-08	<2,0 E+03	<1,2 E-06	<4,4 E+04	2,05 E+01	7,6 E+11

Anlage	I R C h					
	J-131		J-132		J	
	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	-	-	-	-	4,0 E-04	1,5 E+07
Januar	1,8 E-05	6,7 E+05	-	-	1,8 E-05	6,7 E+05
Februar	7,3 E-06	2,7 E+05	-	-	7,3 E-06	2,7 E-05
März	<2,9 E-07	<1,1 E+04	-	-	<2,9 E-07	<1,1 E+04
April	1,5 E-05	5,6 E+05	-	-	1,5 E-05	5,6 E+05
Mai	2,8 E-05	1,0 E+06	-	-	2,8 E-05	1,0 E+06
Juni	2,3 E-05	8,5 E+05	-	-	2,3 E-05	8,5 E+05
Juli	3,3 E-05	1,2 E+06	-	-	3,3 E-05	1,2 E+06
August	1,7 E-05	6,3 E+05	-	-	1,7 E-05	6,3 E+05
September	6,1 E-06	2,3 E+05	-	-	6,1 E-06	2,3 E+05
Oktober	4,8 E-07	1,8 E+04	-	-	4,8 E-07	1,8 E+04
November	3,1 E-06	1,1 E+05	-	-	3,1 E-06	1,1 E+05
Dezember	7,7 E-06	2,8 E+05	-	-	7,7 E-06	2,8 E+05
Summe 1981	1,6 E-04	5,9 E+06	-	-	1,6 E-04	5,9 E+06
nach Abluftplan zul. Jahreswert	-	-	-	-	4,0 E-03	1,5 E+08
Vorjahreswert	2,3 E-03	8,5 E+07	1,1 E-03	4,1 E+07	2,3 E-03	8,5 E+07

Tab. 5/2: Ableitung radioaktiver Stoffe im Jahre 1981 aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe in die Atmosphäre (Aktivität in Ci, Bq, 1 E-06 = 1 · 10⁻⁶)

Anlage	B F E		Z Y K L O T R O N			
Nuklid	C-14		C		J-123	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	1,5 E-02	5,6 E+08	1,0 E+02	3,7 E+12	-	-
Januar	-	-	2,5 E+01	9,3 E+11	3,0 E-09	1,1 E+02
Februar	8,5 E-06	3,1 E+05	3,6 E+01	1,3 E+12	2,7 E-08	1,0 E+03
März	-	-	5,5 E+01	2,0 E+12	1,9 E-08	7,0 E+02
April	-	-	4,1 E+01	1,5 E+12	1,1 E-08	4,1 E+02
Mai	-	-	2,6 E+01	9,6 E+11	3,8 E-08	1,4 E+03
Juni	-	-	4,2 E+01	1,6 E+12	3,2 E-08	1,2 E+03
Juli	-	-	1,9 E+01	7,0 E+11	1,4 E-08	5,2 E+02
August	8,4 E-06	3,1 E+05	2,2 E+01	8,1 E+11	4,7 E-08	1,7 E+03
September	-	-	2,2 E+01	8,1 E+11	1,8 E-08	6,7 E+02
Oktober	-	-	4,4 E+01	1,6 E+12	1,7 E-07	6,3 E+03
November	-	-	3,3 E+01	1,2 E+12	8,3 E-10	3,1 E+01
Dezember	-	-	2,9 E+01	1,1 E+12	5,5 E-09	2,0 E+02
Summe 1981	1,7 E-05	6,3 E+05	3,9 E+02	1,5 E+13	3,9 E-07	1,4 E+04
nach Abluftplan zul. Jahreswert	3,0 E-02	1,1 E+09	5,0 E+02	1,9 E+13	-	-
Vorjahreswert	6,1 E-05	2,3 E+06	3,4 E+02	1,3 E+13	2,2 E-07	8,2 E+03

Anlage	Z Y K L O T R O N					
Nuklid	J-124		J-131		J	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	-	-	-	-	2,0 E-05	7,4 E+05
Januar	-	-	<2,2 E-09	<8,1 E+01	<2,2 E-09	<8,1 E+01
Februar	-	-	<3,1 E-09	<1,1 E+02	<3,1 E-09	<1,1 E+02
März	-	-	<2,7 E-09	<1,0 E+02	<2,7 E-09	<1,0 E+02
April	-	-	<3,3 E-09	<1,2 E+02	<3,3 E-09	<1,2 E+02
Mai	-	-	<2,0 E-09	<7,4 E+01	<2,0 E-09	<7,4 E+01
Juni	-	-	<2,9 E-09	<1,1 E+02	<2,9 E-09	<1,1 E+02
Juli	-	-	<3,2 E-09	<1,2 E+02	<3,2 E-09	<1,2 E+02
August	4,0 E-08	1,5 E+03	<4,2 E-09	<1,6 E+02	2,4 E-08	8,9 E+02
September	1,9 E-08	7,0 E+02	<3,0 E-09	<1,1 E+02	<1,3 E-08	<4,6 E+02
Oktober	1,4 E-08	5,2 E+02	<3,8 E-09	<1,4 E+02	<1,1 E-08	<4,0 E+02
November	7,5 E-09	2,8 E+02	<2,6 E-09	<9,6 E+01	<6,4 E-09	<2,4 E+02
Dezember	-	-	<1,9 E-09	<7,0 E+01	<1,9 E-09	<7,0 E+01
Summe 1981	8,1 E-08	3,0 E+03	<3,5 E-08	<1,3 E+03	<7,6 E-08	<2,8 E+03
nach Abluftplan zul. Jahreswert	-	-	-	-	2,0 E-04	7,4 E+06
Vorjahreswert	-	-	<2,5 E-08	<9,2 E+02	<2,5 E-08	<9,2 E+02

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	L I T					
	A		B			
Nuklid						
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	-	-	2,0 E-03	7,4 E+07		
Januar	<3,7 E-09	<1,4 E+02	<2,2 E-08	<8,1 E+02		
Februar	<3,8 E-09	<1,4 E+02	<1,9 E-08	<7,0 E+02		
März	<3,4 E-09	<1,3 E+02	<1,9 E-08	<7,0 E+02		
April	<5,1 E-09	<1,9 E+02	<2,5 E-08	<9,3 E+02		
Mai	<5,3 E-09	<2,0 E+02	<2,1 E-08	<7,8 E+02		
Juni	<4,0 E-09	<1,5 E+02	<1,8 E-08	<6,7 E+02		
Juli	<3,6 E-09	<1,3 E+02	<2,0 E-08	<7,4 E+02		
August	<2,6 E-09	<9,6 E+01	<1,7 E-08	<6,3 E+02		
September	<2,8 E-09	<1,0 E+02	<2,0 E-08	<7,4 E+02		
Oktober	<3,4 E-09	<1,3 E+02	<2,4 E-08	<8,9 E+02		
November	<2,6 E-09	<9,6 E+01	<2,3 E-08	<8,5 E+02		
Dezember	<4,2 E-09	<1,6 E+02	<3,8 E-08	<1,4 E+03		
Summe 1981	<4,5 E-08	<1,7 E+03	<2,7 E-07	<9,8 E+03		
nach Abluftplan zul. Jahreswert	-	-	1,5 E-02	5,6 E+08		
Vorjahreswert	<5,1 E-08	<1,9 E+03	<2,2 E-07	<8,2 E+03		

Anlage	LAF II		INR			
	J-131		H-3			
Nuklid						
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	8,0 E-05	3,0 E+06	5,0 E+00	1,9 E+11		
Januar	<9,8 E-06	<3,6 E+05	-	-		
Februar	<4,4 E-06	<1,6 E+05	-	-		
März	<3,9 E-06	<1,4 E+05	-	-		
April	<4,8 E-06	<1,8 E+05	-	-		
Mai	<5,0 E-06	<1,9 E+05	-	-		
Juni	<3,8 E-06	<1,4 E+05	-	-		
Juli	<4,7 E-06	<1,7 E+05	-	-		
August	<4,3 E-06	<1,6 E+05	-	-		
September	<4,5 E-06	<1,7 E+05	-	-		
Oktober	<4,5 E-06	<1,7 E+05	-	-		
November	<4,2 E-06	<1,6 E+05	-	-		
Dezember	<4,4 E-06	<1,6 E+05	-	-		
Summe 1981	<5,8 E-05	<2,2 E+06	-	-		
nach Abluftplan zul. Jahreswert	8,0 E-04	3,0 E+07	5,0 E+01	1,9 E+12		
Vorjahreswert	<4,6 E-05	<1,7 E+06	2,2 E+00	8,1 E+10		

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	K T B / S N E A K					
Nuklid	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	3,0 E+01	1,1 E+12
Januar	<4,5 E-08	<1,7 E+03	<2,6 E-07	<9,6 E+03	-	-
Februar	<4,6 E-08	<1,7 E+03	<2,2 E-07	<8,1 E+03	-	-
März	<3,7 E-08	<1,4 E+03	<2,4 E-07	<8,9 E+03	-	-
April	<5,5 E-08	<2,0 E+03	<2,9 E-07	<1,1 E+04	-	-
Mai	<1,0 E-07	<3,7 E+03	<4,1 E-07	<1,5 E+04	-	-
Juni	<4,6 E-08	<1,7 E+03	<2,2 E-07	<8,1 E+03	-	-
Juli	<4,4 E-08	<1,6 E+03	<2,2 E-07	<8,1 E+03	-	-
August	<3,3 E-08	<1,2 E+03	<2,1 E-07	<7,8 E+03	-	-
September	<3,2 E-08	<1,2 E+03	<2,4 E-07	<8,9 E+03	-	-
Oktober	<3,9 E-08	<1,4 E+03	<2,9 E-07	<1,1 E+04	-	-
November	<2,9 E-08	<1,1 E+03	<2,1 E-07	<7,8 E+03	-	-
Dezember	<5,0 E-08	<1,9 E+03	<4,3 E-07	<1,6 E+04	-	-
Summe 1981	<5,6 E-07	<2,1 E+04	<3,2 E-06	<1,2 E+05	-	-
nach Abluftplan zul. Jahreswert	2,0 E-04	7,4 E+06	1,0 E-01	3,7 E+09	2,0 E+02	7,4 E+12
Vorjahreswert	<5,3 E-07	<2,0 E+04	<2,7 E-06	9,8 E+04	5,0 E-04	1,8 E+07

Anlage	K T B / S N E A K					
Nuklid	J-131					
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	3,0 E-04	1,1 E+07				
Januar	<4,7 E-06	<1,7 E+05				
Februar	<3,2 E-06	<1,2 E+05				
März	<4,7 E-06	<1,7 E+05				
April	<4,3 E-06	<1,6 E+05				
Mai	<3,1 E-06	<1,1 E+05				
Juni	<3,0 E-06	<1,1 E+05				
Juli	<3,7 E-06	<1,4 E+05				
August	<3,1 E-06	<1,1 E+05				
September	<3,1 E-06	<1,1 E+05				
Oktober	<3,8 E-06	<1,4 E+05				
November	<3,2 E-06	<1,2 E+05				
Dezember	<3,9 E-06	<1,4 E+05				
Summe 1981	<4,4 E-05	<1,6 E+06				
nach Abluftplan zul. Jahreswert	3,0 E-03	1,1 E+08				
Vorjahreswert	<3,7 E-05	<1,4 E+06				

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	H D B, Geb. 534					
Nuklid	A		B		H-3	
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-01	3,7 E+09
Januar	<6,3 E-09	<2,3 E+02	1,3 E-07	4,8 E+03	2,0 E-04	7,4 E+06
Februar	<4,5 E-09	<1,7 E+02	<3,4 E-08	<1,3 E+03	<1,0 E-04	<3,7 E+06
März	<4,8 E-09	<1,8 E+02	<2,7 E-08	<1,0 E+03	1,9 E-03	7,0 E+07
April	<8,7 E-09	<3,2 E+02	<4,1 E-08	<1,5 E+03	2,7 E-03	1,0 E+08
Mai	<5,6 E-09	<2,1 E+02	<2,3 E-08	<8,5 E+02	3,2 E-03	1,2 E+08
Juni	<4,2 E-09	<1,6 E+02	<4,1 E-08	<1,5 E+03	7,9 E-03	2,9 E+08
Juli	<5,2 E-09	<1,9 E+02	<3,3 E-08	<1,2 E+03	1,6 E-03	5,9 E+07
August	<3,2 E-09	<1,2 E+02	<5,1 E-08	<1,9 E+03	2,5 E-03	9,3 E+07
September	<3,2 E-09	<1,2 E+02	<2,4 E-08	<8,9 E+02	2,9 E-03	1,1 E+08
Oktober	<3,9 E-09	<1,4 E+02	<2,9 E-08	<1,1 E+03	1,8 E-03	6,7 E+07
November	<3,1 E-09	<1,1 E+02	<2,6 E-08	<9,6 E+02	6,2 E-03	2,3 E+08
Dezember	<4,7 E-09	<1,7 E+02	<5,7 E-08	<2,1 E+03	1,0 E-04	3,7 E+06
Summe 1981	<5,7 E-08	<2,1 E+03	<5,2 E-07	<1,9 E+04	3,1 E-02	1,2 E+09
nach Abluftplan zul. Jahreswert	1,0 E-05	3,7 E+05	1,0 E-02	3,7 E+08	1,0 E+00	3,7 E+10
Vorjahreswert	<5,5 E-08	<2,0 E+03	<2,6 E-07	<9,6 E+03	7,0 E-02	2,6 E+09

Anlage	H D B, Geb. 536 (FERAB)					
Nuklid	A		B		H-3	
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	1,0 E+02	3,7 E+12
Januar	<1,3 E-06	<4,8 E+04	2,8 E-04	1,0 E+07	1,0 E+00	3,7 E+10
Februar	5,8 E-05	2,1 E+06	1,3 E-03	4,8 E+07	7,5 E+00	2,8 E+11
März	4,2 E-04	1,6 E+07	3,2 E-03	1,2 E+08	7,6 E-01	2,8 E+10
April	6,7 E-05	2,5 E+06	4,6 E-03	1,7 E+08	1,5 E+00	5,6 E+10
Mai	3,5 E-05	1,3 E+06	2,6 E-03	9,6 E+07	8,2 E+00	3,0 E+11
Juni	<1,6 E-05	5,9 E+05	3,8 E-03	1,4 E+08	5,1 E+00	1,9 E+11
Juli	3,3 E-05	1,2 E+06	1,9 E-03	7,0 E+07	4,5 E+00	1,7 E+11
August	<1,1 E-05	4,1 E+05	1,9 E-03	7,0 E+07	1,5 E+02	5,6 E+12
September	1,3 E-05	4,8 E+05	3,2 E-03	1,2 E+08	2,4 E+01	8,9 E+11
Oktober	2,1 E-05	7,8 E+05	7,0 E-03	2,6 E+08	8,4 E+00	3,1 E+11
November	1,3 E-05	4,8 E+05	1,1 E-02	4,1 E+08	3,6 E+01	1,3 E+12
Dezember	4,0 E-06	1,5 E+05	1,6 E-03	5,9 E+07	7,4 E+00	2,7 E+11
Summe 1981	6,9 E-04	2,6 E+07	4,2 E-02	1,6 E+09	2,5 E+02	9,4 E+12
nach Abluftplan zul. Jahreswert	2,0 E-03	7,4 E+07	4,0 E-01	1,5 E+10	1,0 E+03	3,7 E+13
Vorjahreswert	7,4 E-04	2,7 E+07	4,1 E-02	1,5 E+09	1,9 E+02	7,0 E+12

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	H D B, Geb. 536 (FERAB)					
	J-131		J-129		J-125	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	-	-	-	-	-	-
Januar	<2,8 E-06	<1,0 E+05	<7,5 E-06	<2,8 E+05	9,5 E-06	3,5 E+05
Februar	<2,3 E-06	<8,5 E+04	1,7 E-05	6,3 E+05	2,3 E-05	8,5 E+05
März	<2,8 E-06	<1,0 E+05	<1,0 E-05	<3,7 E+05	1,3 E-06	4,8 E+04
April	<3,1 E-06	<1,1 E+05	<4,0 E-06	<1,5 E+05	1,5 E-05	5,6 E+05
Mai	<1,7 E-06	<6,3 E+04	<1,1 E-06	<4,1 E+04	2,5 E-06	9,3 E+04
Juni	3,6 E-05	1,3 E+06	<1,4 E-06	<5,2 E+04	6,6 E-07	2,4 E+04
Juli	<2,0 E-06	<7,4 E+04	<2,4 E-06	<8,9 E+04	3,1 E-06	1,1 E+05
August	<1,9 E-06	<7,0 E+04	<1,8 E-06	<6,7 E+04	-	-
September	<1,7 E-06	<6,3 E+04	<2,4 E-06	<8,9 E+04	3,0 E-06	1,1 E+05
Oktober	<2,6 E-06	<9,6 E+04	<2,5 E-06	<9,3 E+04	4,2 E-06	1,6 E+05
November	<1,8 E-06	<6,7 E+04	<1,9 E-06	<7,0 E+04	2,4 E-06	8,9 E+04
Dezember	<2,1 E-06	<7,8 E+04	<1,4 E-06	<5,2 E+04	1,8 E-06	6,7 E+04
Summe 1981	<6,1 E-05	<2,2 E+06	<5,3 E-05	<2,0 E+06	6,6 E-05	2,5 E+06
nach Abluftplan zul. Jahreswert	-	-	-	-	-	-
Vorjahreswert	1,9 E-02	7,0 E+08	<6,0 E-04	<2,2 E+07	2,9 E-03	1,1 E+08

Anlage	HDB, Geb. 536 (FERAB)		H D B (MAW/LAW-Verdampfung), Geb. 545/555			
	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	<3,8 E-05	<1,4 E+06	<1,1 E-07	<4,1 E+03	5,6 E-03	2,1 E+08
Februar	8,3 E-05	3,1 E+06	<5,7 E-08	<2,1 E+03	1,1 E-04	4,1 E+06
März	<4,2 E-05	<1,6 E+06	<4,6 E-08	<1,7 E+03	1,0 E-04	3,7 E+06
April	<2,9 E-05	<1,1 E+06	<1,0 E-07	<3,7 E+03	6,0 E-05	2,2 E+06
Mai	<7,7 E-06	<2,8 E+05	<4,8 E-08	<1,8 E+03	<3,2 E-07	1,2 E+04
Juni	4,2 E-05	1,6 E+06	<5,0 E-08	<1,9 E+03	4,9 E-07	1,8 E+04
Juli	<1,3 E-05	<4,8 E+05	<5,1 E-08	<1,9 E+03	1,2 E-04	4,4 E+06
August	<8,7 E-06	<3,2 E+05	<1,2 E-07	<4,4 E+03	9,3 E-03	3,4 E+08
September	<1,3 E-05	<4,8 E+05	<3,1 E-07	<1,1 E+04	4,1 E-03	1,5 E+08
Oktober	<1,5 E-05	<5,6 E+05	<1,9 E-07	<7,0 E+03	1,9 E-03	7,0 E+07
November	<1,1 E-05	<4,1 E+05	<1,9 E-07	<7,0 E+03	2,2 E-04	8,1 E+06
Dezember	<8,7 E-06	<3,2 E+05	<1,0 E-07	<3,7 E+03	2,3 E-04	8,5 E+06
Summe 1981	<3,1 E-04	<1,2 E+07	<1,4 E-06	<5,1 E+04	2,2 E-02	8,0 E+08
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	2,3 E-02	8,5 E+08	<6,0 E-07	<2,2 E+04	<1,3 E-05	<4,7 E+05

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	H D B (MAW/LAW-Verdampfung), Geb. 545/555					
Nuklid	H-3		J-131		J-129	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	3,0 E+01	1,1 E+12	-	-	-	-
Januar	1,5 E-01	5,6 E+09	<8,0 E-06	<3,0 E+05	<3,0 E-05	<1,1 E+06
Februar	1,5 E-01	5,6 E+09	<3,0 E-06	<1,1 E+05	<6,2 E-06	<2,3 E+05
März	1,2 E-01	4,4 E+09	<3,3 E-06	<1,2 E+05	<4,4 E-06	<1,6 E+05
April	2,9 E-02	1,1 E+09	<3,4 E-06	<1,3 E+05	<1,1 E-05	<4,1 E+05
Mai	4,2 E-01	1,6 E+10	<2,9 E-06	<1,1 E+05	<1,8 E-05	<6,7 E+05
Juni	4,2 E-02	1,6 E+09	<2,7 E-06	<1,0 E+05	<3,5 E-06	<1,3 E+05
Juli	3,3 E-02	1,2 E+09	<3,4 E-06	<1,3 E+05	<9,8 E-06	<3,6 E+05
August	2,3 E-01	8,5 E+09	<5,4 E-06	<2,0 E+05	<7,3 E-05	<2,7 E+06
September	1,2 E-01	4,4 E+09	<1,3 E-05	<4,8 E+05	<9,1 E-05	<3,4 E+06
Oktober	7,0 E-02	2,6 E+09	<1,7 E-05	<6,3 E+05	<4,5 E-05	<1,7 E+06
November	1,8 E-02	6,7 E+08	<1,4 E-05	<5,2 E+05	<3,6 E-05	<1,3 E+06
Dezember	4,2 E-03	1,6 E+08	<8,1 E-06	<3,0 E+05	<3,3 E-05	<1,2 E+06
Summe 1981	1,4 E+00	5,2 E+10	<8,4 E-05	<3,1 E+06	<3,6 E-04	<1,3 E+07
nach Abluftplan zul. Jahreswert	1,0 E+02	3,7 E+12	-	-	-	-
Vorjahreswert	1,7 E+00	6,3 E+10	<3,0 E-05	<1,1 E+06	<2,4 E-04	<8,8 E+06

Anlage	H D B (MAW/LAW-Verdampfung), Geb. 545/555					
Nuklid	J-125		J			
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	-	-	4,0 E-04	1,5 E+07		
Januar	1,6 E-03	5,9 E+07	1,3 E-03	4,8 E+07		
Februar	8,6 E-05	3,2 E+06	<8,8 E-05	<3,3 E+06		
März	<3,9 E-05	<1,4 E+06	<4,8 E-05	<1,8 E+06		
April	3,6 E-05	1,3 E+06	<7,1 E-05	<2,6 E+06		
Mai	1,7 E-05	6,3 E+05	<8,3 E-05	<3,1 E+06		
Juni	3,2 E-05	1,2 E+06	<3,9 E-05	<1,4 E+06		
Juli	3,5 E-06	1,3 E+05	<4,3 E-05	<1,6 E+06		
August	-	-	<2,8 E-04	<1,0 E+07		
September	1,0 E-05	3,7 E+05	<3,6 E-04	<1,3 E+07		
Oktober	8,1 E-05	3,0 E+06	<2,5 E-04	<9,1 E+06		
November	1,7 E-06	6,3 E+04	<1,5 E-04	<5,6 E+06		
Dezember	-	-	<1,3 E-04	<4,8 E+06		
Summe 1981	1,9 E-03	7,0 E+07	<2,8 E-03	<1,0 E+08		
nach Abluftplan zul. Jahreswert	-	-	4,0 E-03	1,5 E+08		
Vorjahreswert	2,7 E-04	9,9 E+06	<1,1 E-03	<4,2 E+07		

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	H D B (Gerätedekontamination/LAW-Verschrottung), Geb. 548 Ost/West					
Nuklid	A		B		H-3	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	8,0 E-06	3,0 E+05	2,0 E-03	7,4 E+07	1,5 E+01	5,6 E+11
Januar	<5,4 E-08	<2,0 E+03	<3,3 E-07	<1,2 E+04	2,0 E-03	7,4 E+07
Februar	<6,0 E-08	<2,2 E+03	1,0 E-04	3,7 E+06	<9,0 E-04	<3,3 E+07
März	<8,1 E-08	<3,0 E+03	2,2 E-05	8,1 E+05	2,9 E-01	1,1 E+10
April	<1,2 E-07	<4,4 E+03	1,7 E-06	6,3 E+04	1,3 E-01	4,8 E+09
Mai	<4,1 E-08	<1,5 E+03	4,0 E-06	1,5 E+05	2,5 E-02	9,3 E+08
Juni	<4,1 E-08	<1,5 E+03	<2,3 E-07	<8,5 E+03	4,0 E-03	1,5 E+08
Juli	<4,5 E-08	<1,7 E+03	3,9 E-06	1,4 E+05	<4,5 E-03	<1,7 E+08
August	<5,5 E-07	<2,0 E+04	6,6 E-04	2,4 E+07	<4,5 E-03	<1,7 E+08
September	<2,9 E-08	<1,1 E+03	<2,1 E-07	<7,8 E+03	<4,3 E-03	<1,6 E+08
Oktober	<4,1 E-08	<1,5 E+03	<2,7 E-07	<1,0 E+04	8,4 E-02	3,1 E+09
November	2,9 E-07	1,1 E+04	<2,1 E-07	<7,8 E+03	1,6 E-02	5,9 E+08
Dezember	<4,2 E-08	<1,6 E+03	5,7 E-06	2,1 E+05	<5,0 E-04	<1,9 E+07
Summe 1981	<1,4 E-06	5,2 E+04	8,0 E-04	3,0 E+07	5,7 E-01	2,1 E+10
nach Abluftplan zul. Jahreswert	2,5 E-05	9,3 E+05	7,0 E-03	2,6 E+08	3,0 E+01	1,1 E+12
Vorjahreswert	3,6 E-06	1,3 E+05	<1,7 E-05	<6,3 E+05	2,4 E-01	8,7 E+09

Anlage	H D B, s. o.		I N E			
Nuklid	J-131		A		B	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	2,0 E-05	7,4 E+05	1,3 E-06	4,8 E+04	2,0 E-06	7,4 E+04
Januar	<1,2 E-05	<4,4 E+05	<2,4 E-08	<8,9 E+02	<1,2 E-07	<4,4 E+03
Februar	<7,9 E-06	<2,9 E+05	<2,7 E-08	<1,0 E+03	<9,8 E-08	<3,6 E+03
März	<6,0 E-06	<2,2 E+05	<1,7 E-08	<6,3 E+02	<9,6 E-08	<3,6 E+03
April	<7,6 E-06	<2,8 E+05	<2,6 E-08	<9,6 E+02	<1,4 E-07	<5,2 E+03
Mai	<8,1 E-06	<3,0 E+05	<2,8 E-08	<1,0 E+03	<9,9 E-08	<3,7 E+03
Juni	<1,5 E-05	<5,6 E+05	<1,4 E-08	<5,2 E+02	<8,0 E-08	<3,0 E+03
Juli	<7,6 E-06	<2,8 E+05	<1,8 E-08	<6,7 E+02	<9,3 E-08	<3,4 E+03
August	<8,2 E-06	<3,0 E+05	<1,9 E-08	<7,0 E+02	<9,4 E-08	<3,5 E+03
September	<5,6 E-06	<2,1 E+05	<1,3 E-08	<4,8 E+02	<1,0 E-07	<3,7 E+03
Oktober	<6,2 E-06	<2,3 E+05	<1,6 E-08	<5,9 E+02	<1,2 E-07	<4,4 E+03
November	<6,5 E-06	<2,4 E+05	<1,3 E-08	<4,8 E+02	<9,2 E-08	<3,4 E+03
Dezember	<7,6 E-06	<2,8 E+05	<2,2 E-08	<8,1 E+02	<1,7 E-07	<6,3 E+03
Summe 1981	<9,8 E-05	<3,6 E+06	<2,4 E-07	<8,8 E+03	<1,3 E-06	<4,8 E+04
nach Abluftplan zul. Jahreswert	2,0 E-04	7,4 E+06	1,5 E-05	5,6 E+05	2,5 E-05	9,3 E+05
Vorjahreswert	<6,7 E-05	<2,5 E+06	<2,4 E-07	<8,9 E+03	<1,1 E-06	<4,0 E+04

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	I M F I					
Nuklid	A			B		
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	2,0 E-06	7,4 E+04	-	-		
Januar	<4,1 E-08	<1,5 E+03	<2,2 E-07	<8,1 E+03		
Februar	<4,2 E-08	<1,6 E+03	<1,9 E-07	<7,0 E+03		
März	<4,1 E-08	<1,5 E+03	<1,8 E-07	<6,7 E+03		
April	<4,7 E-08	<1,7 E+03	<2,0 E-07	<7,4 E+03		
Mai	<5,2 E-08	<1,9 E+03	<1,9 E-07	<7,0 E+03		
Juni	<3,6 E-08	<1,3 E+03	<1,8 E-07	<6,7 E+03		
Juli	<3,5 E-08	<1,3 E+03	<1,8 E-07	<6,7 E+03		
August	<2,9 E-08	<1,1 E+03	<1,7 E-07	<6,3 E+03		
September	<3,2 E-08	<1,2 E+03	<2,1 E-07	<7,8 E+03		
Oktober	<3,2 E-08	<1,2 E+03	<2,4 E-07	<8,9 E+03		
November	<2,7 E-08	<1,0 E+03	<2,3 E-07	<8,5 E+03		
Dezember	<4,2 E-08	<1,6 E+03	<3,3 E-07	<1,2 E+04		
Summe 1981	<4,6 E-07	<1,7 E+04	<2,5 E-06	<9,3 E+04		
nach Abluftplan zul. Jahreswert	1,6 E-05	5,9 E+05	-	-		
Vorjahreswert	<5,5 E-07	<2,0 E+04	<2,3 E-06	<8,4 E+04		

Anlage	I M F III					
Nuklid	A			B		
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	4,0 E-06	1,5 E+05	-	-		
Januar	<3,4 E-08	<1,3 E+03	<1,8 E-07	<6,7 E+03		
Februar	<3,1 E-08	<1,1 E+03	<1,5 E-07	<5,6 E+03		
März	<2,8 E-08	<1,0 E+03	<1,5 E-07	<5,6 E+03		
April	<4,0 E-08	<1,5 E+03	<2,1 E-07	<7,8 E+03		
Mai	<4,7 E-08	<1,7 E+03	<1,7 E-07	<6,3 E+03		
Juni	<2,7 E-08	<1,0 E+03	<1,6 E-07	<5,9 E+03		
Juli	<4,7 E-08	<1,7 E+03	<1,6 E-07	<5,9 E+03		
August	<2,2 E-08	<8,1 E+02	<1,5 E-07	<5,6 E+03		
September	<2,1 E-08	<7,8 E+02	<1,7 E-07	<6,3 E+03		
Oktober	<2,5 E-08	<9,3 E+02	<2,0 E-07	<7,4 E+03		
November	<2,2 E-08	<8,1 E+02	<1,5 E-07	<5,6 E+03		
Dezember	<3,7 E-08	<1,4 E+03	<2,9 E-07	<1,1 E+04		
Summe 1981	<3,8 E-07	<1,4 E+04	<2,1 E-06	<7,9 E+04		
nach Abluftplan zul. Jahreswert	3,0 E-05	1,1 E+06	-	-		
Vorjahreswert	<3,6 E-07	<1,3 E+04	<1,8 E-06	<6,5 E+04		

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	K T B / F R 2					
Nuklid	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	2,0 E+02	7,4 E+12
Januar	<5,9 E-08	<2,2 E+03	3,5 E-05	1,3 E+06	1,5 E-01	5,6 E+09
Februar	<5,0 E-08	<1,9 E+03	2,7 E-05	1,0 E+06	1,3 E-01	4,8 E+09
März	<4,7 E-08	<1,7 E+03	2,0 E-05	7,4 E+05	9,3 E-02	3,4 E+09
April	<4,5 E-08	<1,7 E+03	2,4 E-05	8,9 E+05	1,7 E-01	6,3 E+09
Mai	<5,4 E-08	<2,0 E+03	3,6 E-05	1,3 E+06	2,0 E-01	7,4 E+09
Juni	<3,5 E-08	<1,3 E+03	2,4 E-05	8,9 E+05	2,3 E-02	8,5 E+08
Juli	<6,1 E-08	<2,3 E+03	1,4 E-05	5,2 E+05	6,8 E-02	2,5 E+09
August	<4,0 E-08	<1,5 E+03	1,0 E-05	3,7 E+05	2,2 E-02	8,1 E+08
September	<4,9 E-08	<1,8 E+03	6,7 E-05	2,5 E+06	2,5 E-01	9,3 E+09
Oktober	<5,4 E-08	<2,0 E+03	5,0 E-06	1,9 E+05	1,3 E-01	4,8 E+09
November	<2,2 E-08	<8,1 E+02	1,9 E-05	7,0 E+05	2,3 E-01	8,5 E+09
Dezember	<6,0 E-08	<2,2 E+03	1,8 E-05	6,7 E+05	2,0 E-01	7,4 E+09
Summe 1981	<5,8 E-07	<2,1 E+04	3,0 E-04	1,1 E+07	1,7 E+00	6,2 E+10
nach Abluftplan zul. Jahreswert	3,0 E-04	1,1 E+07	1,5 E-01	5,6 E+09	2,0 E+03	7,4 E+13
Vorjahreswert	<6,5 E-07	<2,4 E+04	3,5 E-04	1,3 E+07	1,8 E+00	6,7 E+10

Anlage	K T B / F R 2					
Nuklid	Ar-41		H-3		J-131	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	1,2 E+04	4,4 E+14	1,2 E+02	4,4 E+12	-	-
Januar	5,6 E+03	2,1 E+14	2,4 E+01	8,9 E+11	1,5 E-05	5,6 E+05
Februar	4,9 E+03	1,8 E+14	5,8 E+00	2,1 E+11	1,3 E-05	4,8 E+05
März	3,4 E+03	1,3 E+14	2,9 E+01	1,1 E+12	<5,8 E-06	<2,1 E+05
April	6,2 E+03	2,3 E+14	1,9 E+01	7,0 E+11	<5,4 E-06	<2,0 E+05
Mai	7,3 E+03	2,7 E+14	7,7 E+00	2,8 E+11	<3,9 E-06	<1,4 E+05
Juni	8,3 E+03	3,1 E+14	1,3 E+01	4,8 E+11	<2,1 E-06	<7,8 E+04
Juli	2,5 E+03	9,3 E+13	4,2 E+00	1,6 E+11	<1,5 E-05	<5,6 E+05
August	8,1 E+02	3,0 E+13	1,7 E+01	6,3 E+11	<1,4 E-05	<5,2 E+05
September	9,2 E+03	3,4 E+14	7,3 E+00	2,7 E+11	2,5 E-06	9,3 E+04
Oktober	4,9 E+03	1,8 E+14	5,2 E+00	1,9 E+11	4,4 E-06	1,6 E+05
November	8,4 E+03	3,1 E+14	1,5 E+01	5,6 E+11	<4,0 E-06	<1,5 E+05
Dezember	7,4 E+03	2,7 E+14	6,0 E+00	2,2 E+11	4,8 E-06	1,8 E+05
Summe 1981	6,9 E+04	2,6 E+15	1,5 E+02	5,7 E+12	<9,0 E-05	<3,3 E+06
nach Abluftplan zul. Jahreswert	7,5 E+04	2,8 E+15	1,0 E+03	3,7 E+13	-	-
Vorjahreswert	6,7 E+04	2,5 E+15	1,7 E+02	6,2 E+12	2,7 E-04	1,0 E+07

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	K T B / F R 2					
Nuklid	J-132		J-133		J-134	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	-	-	-	-	-	-
Januar	1,2 E-04	4,4 E+06	9,6 E-05	3,6 E+06	-	-
Februar	-	-	5,2 E-05	1,9 E+06	-	-
März	-	-	1,0 E-05	3,7 E+05	-	-
April	-	-	-	-	-	-
Mai	-	-	-	-	-	-
Juni	8,1 E-05	3,0 E+06	6,0 E-06	2,2 E+05	-	-
Juli	3,8 E-05	1,4 E+06	8,7 E-06	3,2 E+05	-	-
August	-	-	-	-	-	-
September	8,4 E-05	3,1 E+06	2,0 E-05	7,4 E+05	1,3 E-04	4,8 E+06
Oktober	1,9 E-05	7,0 E+05	7,7 E-06	2,8 E+05	3,3 E-05	1,2 E+06
November	4,3 E-05	1,6 E+06	1,6 E-05	5,9 E+05	-	-
Dezember	3,9 E-05	1,4 E+06	1,5 E-05	5,6 E+05	1,2 E-04	4,4 E+06
Summe 1981	4,2 E-04	1,6 E+07	2,3 E-04	8,6 E+06	2,8 E-04	1,0 E+07
nach Abluftplan zul. Jahreswert	-	-	-	-	-	-
Vorjahreswert	3,5 E-03	1,3 E+08	1,7 E-03	6,3 E+07	3,4 E-03	1,2 E+08

Anlage	K T B / F R 2					
Nuklid	J-135		J			
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	-	-	5,0 E-03	1,9 E+08		
Januar	-	-	1,7 E-05	6,3 E+05		
Februar	-	-	1,4 E-05	5,2 E+05		
März	-	-	<6,0 E-06	<2,2 E+05		
April	-	-	<5,4 E-06	<2,0 E+05		
Mai	-	-	<3,9 E-06	<1,4 E+05		
Juni	2,2 E-05	8,1 E+05	<2,3 E-06	<8,5 E+04		
Juli	-	-	<1,5 E-05	<5,6 E+05		
August	-	-	<1,4 E-05	<5,2 E+05		
September	4,1 E-05	1,5 E+05	2,9 E-06	1,1 E+05		
Oktober	-	-	4,5 E-06	1,7 E+05		
November	-	-	<4,3 E-06	<1,6 E+05		
Dezember	-	-	5,1 E-06	1,9 E+05		
Summe 1981	6,3 E-05	2,3 E+06	<9,4 E-05	<3,5 E+06		
nach Abluftplan zul. Jahreswert	-	-	5,0 E-02	1,9 E+09		
Vorjahreswert	1,3 E-03	4,8 E+07	3,1 E-04	1,1 E+07		

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	5,0 E+02	1,9 E+13
Januar	<2,5 E-08	<9,3 E+02	<2,0 E-07	<7,4 E+03	-	-
Februar	<3,4 E-08	<1,3 E+03	<1,5 E-07	<5,6 E+03	3,7 E+00	1,4 E+11
März	<5,4 E-08	<2,0 E+03	8,6 E-07	3,2 E+04	3,1 E-01	1,1 E+10
April	<3,8 E-08	<1,4 E+03	9,9 E-07	3,7 E+04	1,2 E-02	4,4 E+08
Mai	<3,3 E-08	<1,2 E+03	1,1 E-06	4,1 E+04	-	-
Juni	<3,3 E-08	<1,2 E+03	7,7 E-07	2,8 E+04	2,6 E-02	9,6 E+08
Juli	<3,4 E-08	<1,3 E+03	4,1 E-07	1,5 E+04	-	-
August	<2,7 E-08	<1,0 E+03	<6,4 E-07	<2,4 E+04	<1,5 E+00	<5,6 E+10
September	<3,1 E-08	<1,1 E+03	<1,8 E-07	<6,7 E+03	-	-
Oktober	<2,9 E-08	<1,1 E+03	<2,1 E-07	<7,8 E+03	1,2 E+00	4,4 E+10
November	<2,3 E-08	<8,5 E+02	<2,0 E-07	<7,4 E+03	1,7 E+00	6,3 E+10
Dezember	<5,5 E-08	<2,0 E+03	1,8 E-06	6,7 E+04	<4,2 E-03	<1,6 E+08
Summe 1981	<4,2 E-07	<1,5 E+04	<7,5 E-06	2,8 E+05	8,5 E+00	3,1 E+11
nach Abluftplan zul. Jahreswert	8,0 E-04	3,0 E+07	4,0 E-01	1,5 E+10	1,0 E+03	3,7 E+13
Vorjahreswert	<4,1 E-07	<1,5 E+04	3,5 E-05	1,3 E+06	8,4 E-01	3,1 E+10

Anlage	K T B / H Z					
Nuklid	J-131		J-129		J-125	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	-	-	-	-	-	-
Januar	<3,9 E-06	<1,4 E+05	<8,0 E-06	<3,0 E+05	-	-
Februar	<4,8 E-06	<1,8 E+05	<1,0 E-05	<3,7 E+05	-	-
März	<5,7 E-06	<2,1 E+05	<1,1 E-05	<4,1 E+05	-	-
April	<5,6 E-06	<2,1 E+05	<1,2 E-05	<4,4 E+05	-	-
Mai	<5,9 E-06	<2,2 E+05	<3,2 E-06	<1,2 E+05	1,9 E-06	7,0 E+04
Juni	<6,9 E-06	<2,6 E+05	<2,7 E-06	<1,0 E+05	6,9 E-07	2,6 E+04
Juli	2,1 E-05	7,8 E+05	<4,4 E-06	<1,6 E+05	4,0 E-06	1,5 E+05
August	<4,8 E-06	<1,8 E+05	<6,4 E-06	<2,4 E+05	-	-
September	<4,6 E-06	<1,7 E+05	<8,4 E-06	<3,1 E+05	-	-
Oktober	<4,0 E-06	<1,5 E+05	<8,5 E-06	<3,1 E+05	-	-
November	<7,0 E-06	<2,6 E+05	<1,1 E-05	<4,1 E+05	-	-
Dezember	<6,9 E-06	<2,6 E+05	<4,8 E-06	<1,8 E+05	-	-
Summe 1981	<8,1 E-05	<3,0 E+06	<9,0 E-05	<3,3 E+06	6,6 E-06	2,4 E+05
nach Abluftplan zul. Jahreswert	-	-	-	-	-	-
Vorjahreswert	<3,3 E-05	<1,2 E+06	<1,1 E-05	<4,1 E+05	-	-

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	KTB/HZ		I T			
Nuklid	J		A		B	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	1,0 E-03	3,7 E+07	1,1 E-05	4,1 E+05	2,1 E-05	7,8 E+05
Januar	<3,4 E-05	<1,3 E+06	<1,5 E-08	<5,6 E+02	<8,0 E-08	<3,0 E+03
Februar	<4,3 E-05	<1,6 E+06	<1,6 E-08	<5,9 E+02	<1,0 E-07	<3,7 E+03
März	<4,7 E-05	<1,7 E+06	<1,7 E-08	<6,3 E+02	<2,5 E-07	<9,3 E+03
April	<5,1 E-05	<1,9 E+06	<2,5 E-08	<9,3 E+02	4,8 E-07	1,8 E+04
Mai	<1,9 E-05	<7,0 E+05	<1,9 E-08	<7,0 E+02	5,1 E-07	1,9 E+04
Juni	<1,8 E-05	<6,7 E+05	<1,3 E-08	<4,8 E+02	5,3 E-07	2,0 E+04
Juli	<4,1 E-05	<1,5 E+06	<1,5 E-08	<5,6 E+02	5,5 E-07	2,0 E+04
August	<2,9 E-05	<1,1 E+06	<1,3 E-08	<4,8 E+02	<1,2 E-07	<4,4 E+03
September	<3,6 E-05	<1,3 E+06	<1,3 E-08	<4,8 E+02	<8,1 E-08	<3,0 E+03
Oktober	<3,6 E-05	<1,3 E+06	<1,4 E-08	<5,2 E+02	<9,6 E-08	<3,6 E+03
November	<4,9 E-05	<1,8 E+06	<1,1 E-08	<4,1 E+02	<7,4 E-08	<2,7 E+03
Dezember	<2,5 E-05	<9,3 E+05	<1,7 E-08	<6,3 E+02	<1,7 E-07	<6,3 E+03
Summe 1981	<4,3 E-04	<1,6 E+07	<1,9 E-07	<7,0 E+03	<3,0 E-06	<1,1 E+05
nach Abluftplan zul. Jahreswert	1,0 E-02	3,7 E+08	9,0 E-05	3,3 E+06	2,1 E-04	7,8 E+06
Vorjahreswert	<7,5 E-05	<2,8 E+06	<2,1 E-07	<7,7 E+03	<1,0 E-06	<3,9 E+04

Anlage	I T					
Nuklid	C		H-3		J-131	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	1,0 E+00	3,7 E+10	3,0 E-01	1,1 E+10	1,5 E-05	5,6 E+05
Januar	4,1 E-06	1,5 E+05	5,4 E-02	2,0 E+09	<2,1 E-06	<7,8 E+04
Februar	3,7 E-06	1,4 E+05	4,8 E-02	1,8 E+09	2,7 E-06	1,0 E+05
März	4,1 E-06	1,5 E+05	5,4 E-02	2,0 E+09	3,7 E-06	1,4 E+05
April	4,1 E-06	1,5 E+05	5,4 E-02	2,0 E+09	<2,9 E-06	<1,1 E+05
Mai	3,7 E-06	1,4 E+05	4,8 E-02	1,8 E+09	<2,1 E-06	<7,8 E+04
Juni	4,1 E-06	1,5 E+05	5,4 E-02	2,0 E+09	<1,7 E-06	<6,3 E+04
Juli	4,1 E-06	1,5 E+05	5,4 E-02	2,0 E+09	<5,6 E-06	<2,1 E+05
August	3,7 E-06	1,4 E+05	4,8 E-02	1,8 E+09	<3,2 E-06	<1,2 E+05
September	4,6 E-06	1,7 E+05	5,7 E-02	2,1 E+09	<3,0 E-06	<1,1 E+05
Oktober	3,7 E-06	1,4 E+05	4,8 E-02	1,8 E+09	<3,6 E-06	<1,3 E+05
November	3,7 E-06	1,4 E+05	4,8 E-02	1,8 E+09	<4,6 E-06	<1,7 E+05
Dezember	2,8 E-06	1,0 E+05	3,6 E-02	1,3 E+09	<3,7 E-06	<1,4 E+05
Summe 1981	4,6 E-05	1,7 E+06	6,0 E-01	2,2 E+10	<3,9 E-05	<1,4 E+06
nach Abluftplan zul. Jahreswert	1,2 E+01	4,4 E+11	3,0 E+00	1,1 E+11	1,5 E-04	5,6 E+06
Vorjahreswert	4,3 E-05	1,6 E+06	5,6 E-01	2,1 E+10	<1,9 E-05	<6,9 E+05

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	I H C h, Geb. 725					
Nuklid	A		B		J-131	
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	<3,0 E-09	<1,1 E+02	<1,6 E-08	<5,9 E+02	<2,6 E-06	<9,6 E+04
Februar	<2,3 E-09	<8,5 E+01	<1,1 E-08	<4,1 E+02	<2,4 E-06	<8,9 E+04
März	<4,2 E-09	<1,6 E+02	<1,7 E-08	<6,3 E+02	<2,3 E-06	<8,5 E+04
April	<2,2 E-09	<8,1 E+01	<1,1 E-08	<4,1 E+02	<2,6 E-06	<9,6 E+04
Mai	<2,5 E-09	<9,3 E+01	<1,1 E-08	<4,1 E+02	<2,0 E-06	<7,4 E+04
Juni	<2,0 E-09	<7,4 E+01	<1,1 E-08	<4,1 E+02	<2,5 E-06	<9,3 E+04
Juli	<2,2 E-09	<8,1 E+01	<1,1 E-08	<4,1 E+02	<2,9 E-06	<1,1 E+05
August	<2,1 E-09	<7,8 E+01	<1,4 E-08	<5,2 E+02	<2,1 E-06	<7,8 E+04
September	<1,8 E-09	<6,7 E+01	<1,4 E-08	<5,2 E+02	<2,6 E-06	<9,6 E+04
Oktober	<2,0 E-09	<7,4 E+01	<1,4 E-08	<5,2 E+02	<2,0 E-06	<7,4 E+04
November	<2,0 E-09	<7,4 E+01	<1,3 E-08	<4,8 E+02	<2,0 E-06	<7,4 E+04
Dezember	<1,8 E-09	<6,7 E+01	<5,0 E-08	<1,9 E+03	<3,1 E-06	<1,1 E+05
Summe 1981	<2,8 E-08	<1,0 E+03	<1,9 E-07	<7,1 E+03	<2,9 E-05	<1,1 E+06
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	<3,3 E-08	<1,2 E+03	<1,8 E-07	<6,5 E+03	<2,6 E-05	<9,6 E+05

Anlage	I H C h, 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	5,0 E+02	1,9 E+13
Januar	<1,3 E-08	<4,8 E+02	<7,9 E-08	<2,9 E+03	-	-
Februar	<2,0 E-08	<7,4 E+02	<1,4 E-07	<5,2 E+03	6,8 E-01	2,5 E+10
März	<3,6 E-08	<1,3 E+03	<3,7 E-07	<1,4 E+04	3,9 E-01	1,4 E+10
April	<2,3 E-08	<8,5 E+02	<4,1 E-07	<1,5 E+04	3,4 E+00	1,3 E+11
Mai	<2,5 E-08	<9,3 E+02	<2,7 E-07	<1,0 E+04	-	-
Juni	<1,6 E-08	<5,9 E+02	<1,9 E-07	<7,0 E+03	-	-
Juli	<2,2 E-08	<8,1 E+02	<1,7 E-07	<6,3 E+03	-	-
August	<1,9 E-08	<7,0 E+02	<1,2 E-07	<4,4 E+03	-	-
September	<1,7 E-08	<6,3 E+02	<1,1 E-07	<4,1 E+03	-	-
Oktober	<1,6 E-08	<5,9 E+02	<1,1 E-07	<4,1 E+03	-	-
November	<1,7 E-08	<6,3 E+02	<1,1 E-07	<4,1 E+03	1,6 E+01	5,9 E+11
Dezember	<1,6 E-08	<5,9 E+02	2,5 E-07	9,3 E+03	-	-
Summe 1981	<2,4 E-07	<8,9 E+03	<2,3 E-06	<8,6 E+04	2,0 E+01	7,6 E+11
nach Abluftplan zul. Jahreswert	8,0 E-04	3,0 E+07	1,0 E-01	3,7 E+09	1,0 E+03	3,7 E+13
Vorjahreswert	<4,6 E-07	<1,7 E+04	6,8 E-06	2,5 E+05	2,5 E+01	9,1 E+11

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	I H C h, Geb. 721/724/726					
Nuklid	J-131		J-129		J	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	-	-	-	-	1,0 E-03	3,7 E+07
Januar	<1,5 E-05	<5,6 E+05	1,1 E-05	4,1 E+05	<5,7 E-05	<2,1 E+06
Februar	<1,9 E-05	<7,0 E+05	<3,0 E-06	<1,1 E+05	<3,0 E-05	<1,1 E+06
März	<1,6 E-05	<5,9 E+05	<3,0 E-06	<1,1 E+05	<2,7 E-05	<1,0 E+06
April	<1,9 E-05	<7,0 E+05	2,2 E-05	8,1 E+05	1,0 E-04	3,7 E+06
Mai	<1,5 E-05	<5,6 E+05	2,1 E-05	7,8 E+05	9,5 E-05	3,5 E+06
Juni	<1,1 E-05	<4,1 E+05	1,3 E-05	4,8 E+05	6,0 E-05	2,2 E+06
Juli	<1,8 E-05	<6,7 E+05	6,8 E-06	2,5 E+05	<4,4 E-05	<1,6 E+06
August	<1,2 E-05	<4,4 E+05	3,5 E-06	1,3 E+05	<2,5 E-05	<9,3 E+05
September	<1,5 E-05	<5,6 E+05	2,8 E-06	1,0 E+05	<2,6 E-05	<9,6 E+05
Oktober	<1,5 E-05	<5,6 E+05	<2,0 E-06	<7,4 E+04	<2,3 E-05	<8,4 E+05
November	<2,1 E-05	<7,8 E+05	3,7 E-05	1,4 E+06	1,6 E-04	5,9 E+06
Dezember	<2,7 E-05	<1,0 E+06	7,2 E-06	2,7 E+05	<5,4 E-05	<2,0 E+06
Summe 1981	<2,0 E-04	<7,5 E+06	1,3 E-04	4,9 E+06	<7,0 E-04	<2,6 E+07
nach Abluftplan zul. Jahreswert	-	-	-	-	1,0 E-02	3,7 E+08
Vorjahreswert	<1,8 E-04	<6,5 E+06	1,4 E-04	5,1 E+06	<7,1 E-04	<2,6 E+07

Anlage	K N K					
Nuklid	B		C			
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	1,5 E-02	5,6 E+08	1,0 E+03	3,7 E+13		
Januar	4,0 E-04	1,5 E+07	3,6 E+00	1,3 E+11		
Februar	6,7 E-04	2,5 E+07	2,7 E+00	1,0 E+11		
März	4,4 E-04	1,6 E+07	4,8 E+00	1,8 E+11		
April	3,8 E-04	1,4 E+07	6,6 E+00	2,4 E+11		
Mai	3,8 E-04	1,4 E+07	4,6 E+00	1,7 E+11		
Juni	2,0 E-04	7,4 E+06	2,4 E+00	8,9 E+10		
Juli	3,2 E-04	1,2 E+07	4,5 E+00	1,7 E+11		
August	9,6 E-04	3,6 E+07	4,9 E+00	1,8 E+11		
September	2,0 E-03	7,4 E+07	2,6 E+00	9,6 E+10		
Oktober	6,2 E-04	2,3 E+07	4,1 E+00	1,5 E+11		
November	5,7 E-04	2,1 E+07	9,8 E+00	3,6 E+11		
Dezember	6,4 E-04	2,4 E+07	5,7 E+00	2,1 E+11		
Summe 1981	7,6 E-03	2,8 E+08	5,6 E+01	2,1 E+12		
nach Abluftplan zul. Jahreswert	1,5 E-01	5,6 E+09	4,0 E+03	1,5 E+14		
Vorjahreswert	6,4 E-03	2,4 E+08	9,1 E+01	3,4 E+12		

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	M Z F R					
Nuklid	B		C		C-14	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	1,5 E-02	5,6 E+08	3,0 E+02	1,1 E+13	1,0 E+00	3,7 E+10
Januar	8,4 E-06	3,1 E+05	7,9 E+01	2,9 E+12	} 1,1 E+01	4,1 E+11
Februar	9,0 E-06	3,3 E+05	2,1 E+01	7,8 E+11		
März	4,9 E-06	1,8 E+05	2,3 E+01	8,5 E+11	} 3,1 E+00	1,1 E+11
April	4,5 E-06	1,7 E+05	3,8 E+01	1,4 E+12		
Mai	3,3 E-06	1,2 E+05	4,7 E+01	1,7 E+12	} 3,3 E+00	1,2 E+11
Juni	4,3 E-06	1,6 E+05	3,9 E+01	1,4 E+12		
Juli	3,0 E-06	1,1 E+05	3,8 E+01	1,4 E+12	} 1,9 E+00	7,0 E+10
August	4,5 E-06	1,7 E+05	3,5 E+01	1,3 E+12		
September	4,4 E-06	1,6 E+05	2,3 E+00	8,5 E+10	} 1,9 E+00	7,0 E+10
Oktober	3,2 E-06	1,2 E+05	1,4 E+00	5,2 E+10		
November	2,8 E-06	1,0 E+05	2,0 E-01	7,4 E+09	} 1,9 E+00	7,0 E+10
Dezember	3,1 E-06	1,1 E+05	5,1 E+01	1,9 E+12		
Summe 1981	5,5 E-05	2,0 E+06	3,7 E+02	1,4 E+13	1,9 E+01	7,1 E+11
nach Abluftplan zul. Jahreswert	1,5 E-01	5,6 E+09	2,0 E+03	7,4 E+13	1,0 E+01	3,7 E+11
Vorjahreswert	2,9 E-04	1,1 E+07	3,6 E+02	1,3 E+13	-	-

Anlage	M Z F R					
Nuklid	H-3		J-131			
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	5,0 E+02	1,9 E+13	5,0 E-03	1,9 E+08		
Januar	2,1 E+01	7,8 E+11	<3,5 E-06	<1,3 E+05		
Februar	2,9 E+01	1,1 E+12	<3,5 E-06	<1,3 E+05		
März	5,8 E+01	2,1 E+12	<3,5 E-06	<1,3 E+05		
April	1,1 E+02	4,1 E+12	<3,5 E-06	<1,3 E+05		
Mai	1,7 E+02	6,3 E+12	<3,5 E-06	<1,3 E+05		
Juni	8,9 E+01	3,3 E+12	<3,5 E-06	<1,3 E+05		
Juli	1,1 E+02	4,1 E+12	<3,5 E-06	<1,3 E+05		
August	2,6 E+02	9,6 E+12	1,3 E-04	4,8 E+06		
September	2,9 E+02	1,1 E+13	<3,5 E-06	<1,3 E+05		
Oktober	4,6 E+02	1,7 E+13	<3,5 E-06	<1,3 E+05		
November	2,2 E+02	8,1 E+12	<3,5 E-06	<1,3 E+05		
Dezember	9,8 E+01	3,6 E+12	<3,5 E-06	<1,3 E+05		
Summe 1981	1,9 E+03	7,1 E+13	<1,7 E-04	<6,2 E+06		
nach Abluftplan zul. Jahreswert	3,0 E+03	1,1 E+14	5,0 E-02	1,9 E+09		
Vorjahreswert	1,2 E+03	4,4 E+13	4,7 E-04	1,8 E+07		

Tab. 5/2: Fortsetzung

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	5,0 E-09	1,9 E+02	2,0 E-07	7,4 E+03		
Februar	6,0 E-09	2,2 E+02	2,0 E-07	7,4 E+03		
März	-	-	2,0 E-07	7,4 E+03		
April	-	-	2,6 E-07	9,6 E+03		
Mai	-	-	3,4 E-07	1,3 E+04		
Juni	4,0 E-09	1,5 E+02	2,4 E-07	8,9 E+03		
Juli	-	-	2,3 E-07	8,5 E+03		
August	-	-	3,9 E-07	1,4 E+04		
September	1,6 E-08	5,9 E+02	2,3 E-06	8,5 E+04		
Oktober	3,0 E-08	1,1 E+03	4,0 E-07	1,5 E+04		
November	-	-	2,6 E-07	9,6 E+03		
Dezember	-	-	2,7 E-07	1,0 E+04		
Summe 1981	6,1 E-08	2,3 E+03	5,3 E-06	2,0 E+05		
nach Abluftplan zul. Jahreswert	3,0 E-05	1,1 E+06	1,0 E-02	3,7 E+08		
Vorjahreswert	3,8 E-08	1,4 E+03	7,1 E-06	2,6 E+05		

Anlage	W A K					
Nuklid	A		B		Sr-90	
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	5,0 E-02	1,9 E+09
Januar	2,2 E-05	8,0 E+05	6,5 E-04	2,4 E+07	1,1 E-05	4,2 E+05
Februar	2,8 E-05	1,0 E+06	1,4 E-03	5,1 E+07	4,7 E-05	1,7 E+06
März	3,2 E-05	1,2 E+06	2,4 E-03	8,8 E+07	1,1 E-04	4,2 E+06
April	2,8 E-05	1,0 E+06	1,5 E-03	5,7 E+07	8,6 E-05	3,2 E+06
Mai	2,2 E-05	8,1 E+05	5,1 E-04	1,9 E+07	1,1 E-06	4,1 E+04
Juni	2,3 E-05	8,5 E+05	5,1 E-04	1,9 E+07	1,5 E-06	5,4 E+04
Juli	2,7 E-05	1,0 E+06	5,9 E-04	2,2 E+07	1,5 E-06	5,5 E+04
August	2,1 E-05	7,9 E+05	4,4 E-04	1,6 E+07	1,6 E-06	6,0 E+04
September	1,9 E-05	7,1 E+05	4,5 E-04	1,7 E+07	1,6 E-06	6,0 E+04
Oktober	2,2 E-05	8,3 E+05	4,6 E-04	1,7 E+07	1,4 E-06	5,2 E+04
November	2,4 E-05	8,8 E+05	6,2 E-04	2,3 E+07	1,8 E-06	6,8 E+04
Dezember	1,9 E-05	7,2 E+05	9,5 E-04	3,5 E+07	7,6 E-06	2,8 E+05
Summe 1981	2,9 E-04	1,1 E+07	1,0 E-02	3,9 E+08	2,7 E-04	1,0 E+07
nach Abluftplan zul. Jahreswert	1,0 E-02	3,7 E+08	2,0 E+00	7,4 E+10	1,0 E-01	3,7 E+09
Vorjahreswert	4,4 E-04	1,6 E+07	2,5 E-02	9,1 E+08	2,9 E-03	1,1 E+08

Tab. 5/2: Fortsetzung

Anlage	W A K					
Nuklid	H-3		C-14		Kr-85	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	2,0 E+02	7,4 E+12	1,0 E+00	3,7 E+10	4,5 E+04	1,7 E+15
Januar	5,3 E-01	2,0 E+10	-	-	-	-
Februar	5,1 E-01	1,9 E+10	-	-	-	-
März	7,4 E-01	2,8 E+10	-	-	-	-
April	9,1 E-01	3,4 E+10	-	-	-	-
Mai	1,1 E+00	4,2 E+10	-	-	-	-
Juni	1,4 E+00	5,1 E+10	-	-	-	-
Juli	1,4 E+00	5,3 E+10	-	-	-	-
August	8,2 E-01	3,0 E+10	-	-	-	-
September	7,7 E-01	2,9 E+10	-	-	-	-
Oktober	7,3 E-01	2,7 E+10	-	-	-	-
November	3,4 E-01	1,3 E+10	-	-	-	-
Dezember	5,7 E-01	2,1 E+10	-	-	-	-
Summe 1981	9,9 E+00	3,7 E+11	-	-	-	-
nach Abluftplan zul. Jahreswert	1,0 E+03	3,7 E+13	1,0 E+01	3,7 E+11	2,5 E+05	9,3 E+15
Vorjahreswert	8,0 E+01	3,0 E+12	1,7 E+00	6,4 E+10	3,2 E+04	1,2 E+15

Anlage	W A K					
Nuklid	J-131		J-129		J	
Maßeinheit	Ci	Bq	Ci	Bq	Ci	Bq
nach Abluftplan zul. Monatswert	-	-	-	-	4,0 E-03	1,5 E+08
Januar	7,8 E-05	2,9 E+06	6,5 E-05	2,4 E+06	3,2 E-04	1,2 E+07
Februar	4,4 E-05	1,6 E+06	3,7 E-05	1,4 E+06	1,8 E-04	6,7 E+06
März	7,0 E-05	2,6 E+06	3,8 E-05	1,4 E+06	2,1 E-04	7,8 E+06
April	6,7 E-05	2,5 E+06	5,3 E-05	2,0 E+06	2,7 E-04	1,0 E+07
Mai	9,0 E-05	3,3 E+06	7,3 E-05	2,7 E+06	3,7 E-04	1,4 E+07
Juni	1,1 E-04	4,1 E+06	5,1 E-05	1,9 E+06	3,0 E-04	1,1 E+07
Juli	2,0 E-04	7,3 E+06	6,5 E-05	2,4 E+06	4,4 E-04	1,6 E+07
August	6,4 E-05	2,4 E+06	4,1 E-05	1,5 E+06	2,2 E-04	8,1 E+06
September	1,2 E-04	4,6 E+06	3,0 E-05	1,1 E+06	2,4 E-04	8,8 E+06
Oktober	8,4 E-05	3,1 E+06	3,5 E-05	1,3 E+06	2,2 E-04	8,0 E+06
November	4,1 E-05	1,5 E+06	2,7 E-05	1,0 E+06	1,4 E-04	5,3 E+06
Dezember	3,8 E-05	1,4 E+06	3,2 E-05	1,2 E+06	1,6 E-04	5,9 E+06
Summe 1981	1,0 E-03	3,7 E+07	5,5 E-04	2,0 E+07	3,1 E-03	1,1 E+08
nach Abluftplan zul. Jahreswert	-	-	-	-	3,7 E-02	1,4 E+09
Vorjahreswert	6,7 E-04	2,5 E+07	2,2 E-03	8,1 E+07	8,9 E-03	3,3 E+08

Tab. 5/2: Fortsetzung

5.2 Abwasserüberwachung

Berichterstatter: K.-G. Langguth

Die Überwachung der radioaktiven Abwässer wird von der Hauptabteilung Sicherheit im Rahmen der 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. 5/2 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 (s. Kap. 5.3).

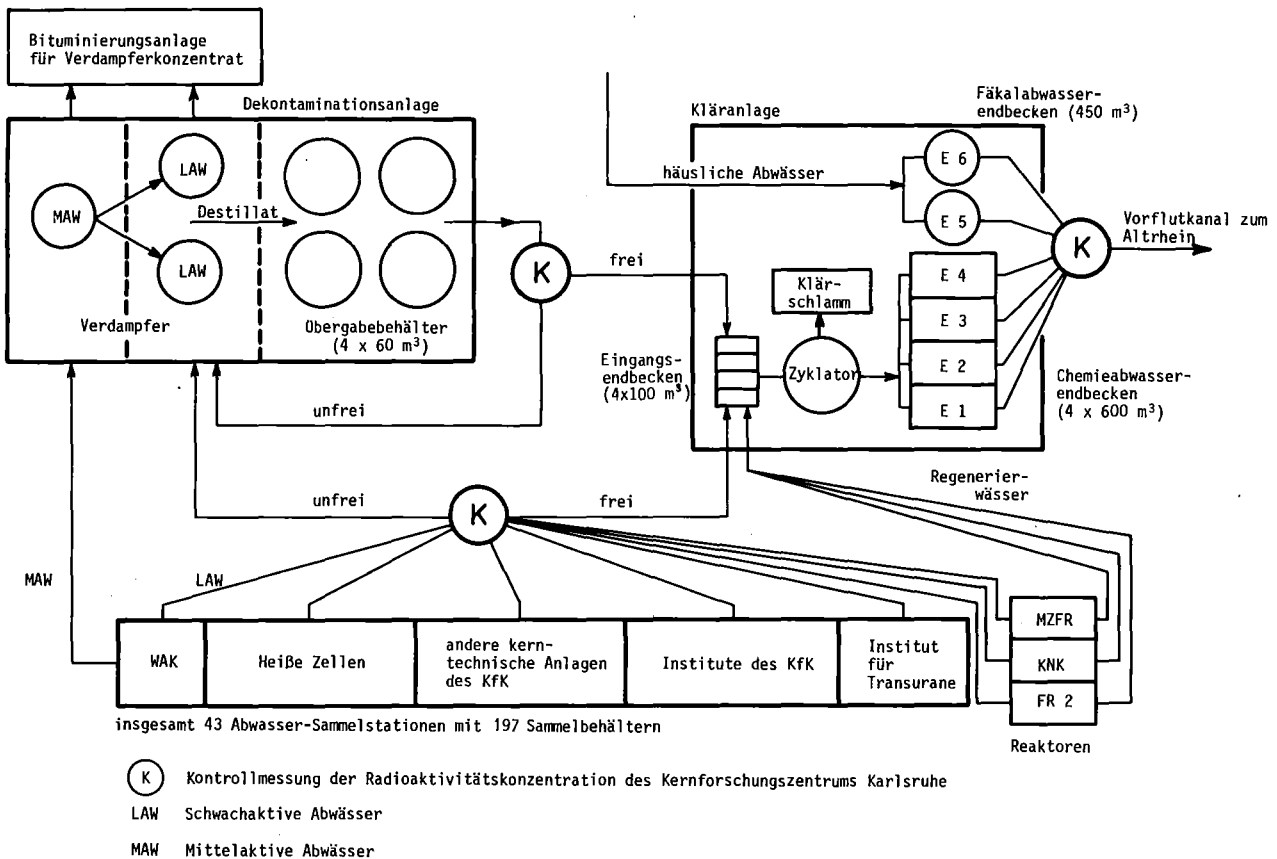


Abb. 5/2: Vereinfachtes Flußschema der Abwässer des Kernforschungszentrums Karlsruhe

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/m³ (3,7 GBq/m³) und "mittelaktive" Abwässer (MAW) mit Konzentrationen zwischen 10^{-1} Ci/m³ (3,7 GBq/m³) und 10^3 Ci/m³ (37 TBq/m³). Geringe Mengen "hochaktiver" Abwässer mit Konzentrationen $>10^3$ Ci/m³ (>37 TBq/m³) 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 schwachaktiven oder als schwachaktiv eingeschätzten Chemieabwässer werden zunächst in 43 Abwasserstationen mit 197 Abwassertanks gesammelt (s. Abb. 5/2). 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 Abwasser-radioaktivität enthalten, gelangen in die Bituminierungs- oder in die Zementierungsanlage, wo sie in eine endlagerungsfähige Form überführt werden.

Schwachaktive 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 (s. Abb. 5/2) der Kläranlage und schließlich in die vier Endpufferbecken für Chemiewabwässer mit je 600 m³ Fassungsvermögen. Die häuslichen Abwässer werden in die zwei Endpufferbecken für Fäkalabwässer mit je 450 m³ 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 (s. Kap. 5.3).

Zusätzlich zu den Entscheidungsmessungen, die vor Abgabe von Abwasser aus den Abwassersammelstationen und den Endpufferbecken durchgeführt werden, sind aufgrund einer Auflage des Ministeriums für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung Baden-Württemberg (SM) die vom Länderausschuß für Atomenergie am 08.10.1974 verabschiedeten "Regeln für Messung und Kontrolle von Ableitungen radioaktiver Wässer aus Kernkraftwerken" (s. Bundesgesundheitsblatt 16 (1973), S. 230) anzuwenden. Diese Regeln verlangen zur Bilanzierung nuklidspezifische Aktivitätsbestimmungen durch Analyse von Wochen- und Monatsmischproben, die mengenproportional aus Teilmengen der einzelnen abgeleiteten Abwasserchargen aus den Endpufferbecken herzustellen sind.

Die Eigenüberwachung der radioaktiven Emissionen mit dem Abwasser aus dem Kernforschungszentrum wird durch Messungen behördlich beauftragter Sachverständiger kontrolliert. Aufgrund einer Anordnung des SM wird seit 1. Januar 1980 auf das Kernforschungszentrum sinngemäß das Kontrollprogramm gemäß der Bekanntmachung des BMI vom 10. Mai 1978 über die "Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken" angewendet. Danach werden durch das Bundesgesundheitsamt, das als beauftragter Sachverständiger von der zuständigen Behörde (SM) beigezogen wurde, Kontrollmessungen an Wochen- und Monatsmischproben durchgeführt.

Neben den Messungen im Rahmen des Überwachungskonzepts, das durch die wasserrechtliche Erlaubnis und durch Auflagen vorgegeben ist, werden für die Institute und Abteilungen des KfK Auftragsmessungen an Wasser- und Feststoffproben verschiedenster Art und Herkunft von der Gruppe "Emissionsüberwachung" durchgeführt.

Tab. 5/5 gibt eine Übersicht über die Herkunft, Art und Zahl der Proben, die 1981 in der Gruppe "Emissionsüberwachung" bearbeitet wurden sowie über Art und Zahl der daran durchgeführten Einzelmessungen.

Art der Proben		Zahl der Proben	Zahl der durchgeführten Messungen						Summe der Einzelmessungen
			α	β	H-3	α -Spektroskopie	γ -Spektroskopie	β -Energiebestimmung	
Abwasser	aus Abwassersammelstationen	11 303	11 303	11 303	3 721	317	2 129	473	29 246
	aus Endpufferbecken	793	793	793	793	0	793	793	3 965
	aus Mischproben aus Endpufferbecken	64	64	64	64	0	0	0	192
Schlamm aus Zyklator und Abwassersammelstationen		397	397	397	-	-	-	-	794
Wasserproben FR2 (Kühlkreislauf und Absetzbecken)		490	490	490	490	-	490	-	1 960
Luftfeuchteproben zur Abluftüberwachung (FR2, Abwasser- und Gerätedekontaminationsanlage und FERAB)		1 769	255	255	1 772	-	207	-	2 489
Sonderproben und Auftragsmessungen		4 836	2 772	2 791	1 901	5	1 061	559	9 089
Proben im Rahmen von radioökologischen Forschungsarbeiten (s. Kap. 5.6.1.1 bis 5.6.1.6)		1 892	1	1	1 889	-	1	-	1 892
Summe 1981		21 544	16 075	16 094	10 630	322	4 681	1 825	49 627
Summe 1980		21 980	16 436	16 436	10 615	391	4 842	1 353	50 073

Tab. 5/5: Art und Zahl der Proben und der 1981 durchgeführten Einzelmessungen

In Tab. 5/6 ist die Verteilung der angefallenen Abwasseraktivität auf die verschiedenen Anlagen und Institute des KfK, geordnet nach abnehmender β -Aktivität, wiedergegeben. Es wurden nur solche Anlagen oder Institute einzeln aufgeführt, deren Beitrag zur Abwasseraktivität über 1 % lag.

Die insgesamt aus dem Kernforschungszentrum mit dem Abwasser abgeleitete Radioaktivität ist in Tab. 5/7 aufgeführt. Zum Vergleich sind wiederum die Vorjahreswerte angegeben. Zu den Tritiumableitungen mit dem Abwasser des Kernforschungszentrums trug 1981 der MZFR ca. 94 % bei.

Einen Überblick über die Entwicklung der mit dem Abwasser des KfK in den letzten 13 Jahren in den Vorfluter abgeleiteten Radioaktivität gibt Abb. 5/3.

Abwassersammelstationen des KfK	Nachgewiesene α-Aktivität			Nachgewiesene β-Aktivität (ohne H-3)			Abwassermenge	
	mCi	MBq	%	mCi	MBq	%	m³	%
Gerätedekontaminationsanlage	241,5	8 935,5	68,0	4 316,6	159 714,2	72,3	479	0,4
WAK	98,3	3 637,1	27,7	840,6	31 102,2	14,1	3 308	2,6
Heiße Zellen	4,3	159,1	1,2	339,2	12 550,4	5,7	1 320	1,0
MZFR	1,1	40,7	0,3	289,6	10 715,2	4,8	1 680	1,3
FR2	0,2	7,4	<0,1	79,9	2 956,3	1,3	1 794	1,4
restliche Abwassersammelstationen	10,0	370,0	2,8	108,3	4 007,1	1,8	118 640	93,3
Summe 1981	355,4	13 149,8	100,0	5 974,2	221 045,4	100,0	127 220	100,0
Summe 1980	1 789,6	66 215,2	-	12 709,7	470 258,9	-	147 101	-

Tab. 5/6: Herkunft und Aktivitätsanteil der 1981 im Kernforschungszentrum angefallenen "schwach-aktiven" Abwasser

Jahr		1980	1981		
Aus dem KfK abgeleitete Abwassermenge in m³		470 550	451 050		
Anzahl der abgeleiteten Endbeckenfüllungen		845	793		
Aus dem KfK abgeleitete Abwasseraktivität	Art der Aktivität	Nachgew. Aktivität		Nachgew. Aktivität	
		mCi	MBq	mCi	MBq
durch Integration der Einzelableitungen ermittelte Aktivität	α	1,8	66,6	1,2	44,4
	β	21,7	802,9	81,9	3 030,3
aus mengenproportionalen monatlichen Mischproben ermittelte nuklidspezifische Aktivität	H-3	1,8 · 10 ⁶	66,6 · 10 ⁶	1,2 · 10 ⁶	44,4 · 10 ⁶
	Co-60	0,1	3,7	0,3	11,1
	Sr-89	0,6	22,2	2,4	88,8
	Sr-90	1,5	55,5	4,4	162,8
	Ru-106	0	0	2,6	96,2
	Sb-125	0	0	4,0	148,0
	Cs-134	0	0	0,6	22,2
	Cs-137	1,7	62,9	7,3	270,1
	Ce-144	0	0	0,3	11,1
	Pu-238	0,26	9,62	0,16	5,92
	Pu-239+240	0,25	9,25	0,35	12,95

Tab. 5/7: 1980 und 1981 aus dem KfK in den Altrhein bei Leopoldshafen abgeleitete Abwassermenge und Abwasseraktivität

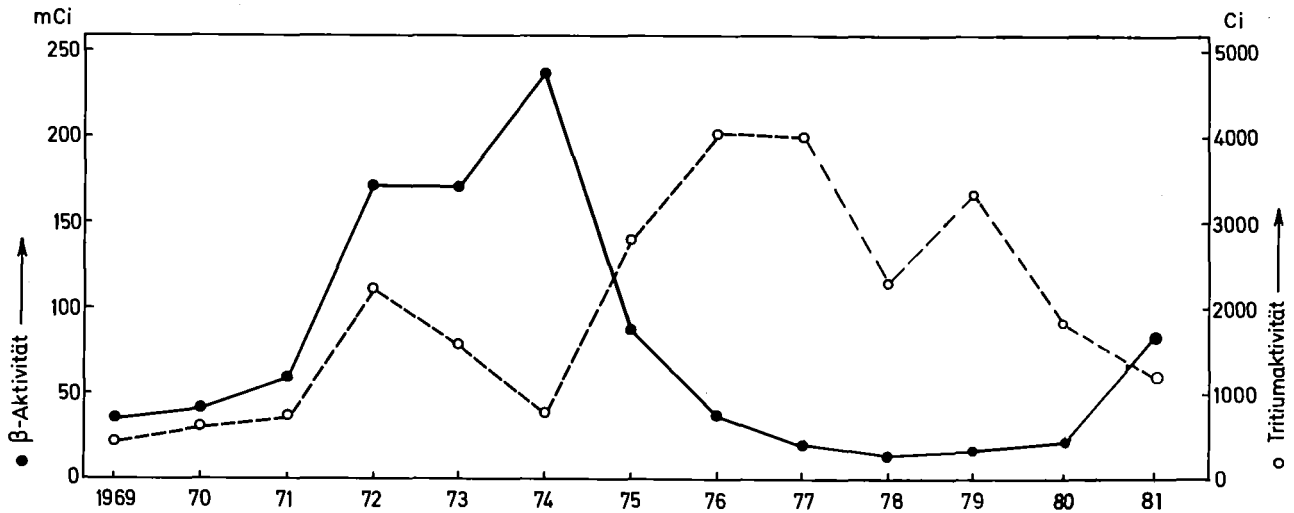


Abb. 5/3: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem KfK jährlich abgeleiteten β -Aktivität und der abgeleiteten Tritiumaktivität seit 1969

5.3 Umgebungsüberwachung

5.3.1 Auflagenbedingte Routineüberwachung

Berichterstatter: D. Papadopoulos, R. Schartz

Die Umgebungsüberwachung des Kernforschungszentrums Karlsruhe umfaßt ein von der Aufsichtsbehörde festgelegtes Gebiet mit einer Fläche von knapp 300 km², 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 1,6 km vom Mittelpunkt des Kernforschungszentrums (FR2-Kamin) entfernt. 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 (s. Lageplan).

Innerhalb des gesamten Überwachungsbereiches bildet der sogenannte betriebliche Überwachungsbereich des Kernforschungszentrums selbst - das ist die rund 2 km² 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 (s. Lageplan) wesentlich dichter als in der eigentlichen Umgebung.

Der Routineteil der Umgebungsüberwachung des Kernforschungszentrums Karlsruhe wurde im Jahr 1981 nach der vom Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung Baden-Württemberg (SM) gebilligten und am 1. Januar 1981 in Kraft getretenen Fassung des Umgebungsüberwachungsprogrammes durchgeführt. Dieses Programm wurde durch die Überwachung des Zwischenlagers von LAW-Endabfällen (HDB-Gebäude 519) ergänzt.

Neben der eingangs erwähnten räumlichen Aufteilung des Überwachungsprogrammes in betrieblichen Überwachungsbereich und äußeres Überwachungsgebiet gibt es eine meßtechnische Gliederung, der zufolge das Programm dreigeteilt ist: I. Direktmessung der Strahlung, II. Radioaktivitätsmessungen und III. Meßfahrten im Rahmen des Störfallmeßprogramms. 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 Probenmaterialien aus verschiedenen Umweltmedien bestimmt wird, die vom Menschen direkt oder indirekt aufgenommen werden können. Der III. Teil ist für das Training des Personals der Abteilung Radioökologie für die Situation in einem Störfall vorgesehen. Dementsprechend erhielt das auflagebedingte Routineüberwachungsprogramm des Kernforschungszentrums Karlsruhe folgende Struktur:

- I. Direktmessung der Strahlung
 - I.1 Zählrohrraußenstationen
 - I.2 Zählrohr-Monitor-Anlage zur Überwachung des Betriebsgeländes
 - I.3 Dosisleistungsmeßanlage
 - I.4 Festkörper-Dosimeter

- II. Radioaktivitätsmessungen
 - II.1 Luft (Aerosole und gasförmiges Jod)
 - 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 Landwirtschaftliche Produkte
 - II.4.7 Boden

- III. Meßfahrten
 - III.1 Luft
 - III.1.1 γ-Strahlung
 - III.1.2 Aerosole
 - III.1.3 Elementares Jod
 - III.2 Bodenoberfläche

Tab. 5/8 gibt eine Übersicht über das Programm zur Überwachung der Umweltradioaktivität am Kernforschungszentrum Karlsruhe. Die Darstellung der Meßergebnisse folgt der Gliederung dieses Programms.

Programm-punkt	Überwachungseinrichtung	Meßgrößen	Berichtsform		Meßstellen	Registrierung	Standort der Meßstellen (s. Lagepläne)
			Einheit	Bemerkungen			
I. I.1	<u>DIREKTMESSUNG DER STRAHLUNG</u> <u>Zählrohrraußenstationen</u> Zählrohre BZ 120 auf Kurbelnasten Impulsspeicher telefonisch abfragbar	(β+γ)-Strahlungspegel R	Ipm	Monatsmittel $\bar{R}_M = \frac{\Delta Z_M}{\Delta t_M}$ ΔZ_M = Summe der Zählerstands-differenzen innerhalb eines Monats Δt_M = Betriebszeit in Minuten und minimaler und maximaler Abfragewert im Berichtsmonat	8	automatische, telefonische Abfrage, arbeitstäglich viermal Kreisblatt-schreiber zur Dokumentation (1 Kreisblatt pro Monat)	KfK, Geb. 123 Leopoldshafen, Albert-Einstein-Straße 6 Linkenheim, Friedenstraße 10 Friedrichstaler Landstraße, Forsthaus (nördlich WAK) Friedrichstal, Rheinstraße 36 Blankenloch, Am Pfarrgarten 1 Karlsruhe, Erzbergerstraße 111 Eggenstein-Eichendorffstraße 17
I.2 I.2.1	<u>Zählrohr-Monitor-Anlage zur Überwachung des Betriebsgeländes</u> <u>KfK (ohne WAK)</u> Zählrohre BZ 120 mit Energiekompensationsfilter Zählrohre Typ 18529 Valvo mit Energiekompensationsfilter	γ-Äquivalentdosisleistung \dot{H} 14 Detektoren mit Warnschwelle bei 1 mrem/h Meßbereich: $10 \mu\text{rem/h} \leq \dot{H} \leq 10 \text{ mrem/h}$ 11 Detektoren mit Alarmschwelle bei 100 mrem/h Meßbereich: $10 \text{ mrem/h} < \dot{H} \leq 1\,000 \text{ rem/h}$	mrem/h	Berichterstattung nur bei nicht störungsbedingten Überschreitungen der Warn- und Alarmschwellen und Registrierung auf Mehrfachpunktedruckern	25	Meßwertanzeige auf 25 Einzelinstrumenten in der Überwachungszentrale in Geb. 123 kontinuierliche Registrierung auf Mehrfachpunktedruckern (Druckfrequenz $0,5 \text{ min}^{-1}$)	innerhalb des Betriebsgeländes

Tab. 5/8: Programm zur Überwachung der Umweltradioaktivität

Pro-gramm-punkt	Überwachungsein-richtung	Meßgrößen	Berichtsform		Meß-stel-len	Registrie-rung	Standort der Meß-stellen (s. Lagepläne)	
			Ein-heit	Bemerkungen				
I.2.2	WAK Zählrohre BZ 120 ohne Energiekompensationsfilter Zählrohre Typ 18529 Valvo mit Energiekompensationsfilter	($\beta+\gamma$)-Strahlungs- pegel R 4 Detektoren mit Warnschwelle bei 10fachem Null- pegel R_0 ($R_0 \sim 400$ Ipm) γ -Äquivalentdosis- leistung \dot{H} 2 Detektoren mit Alarmschwelle bei 100 mrem/h Meßbereich: $10 \text{ mrem/h} < \dot{H} \leq$ $1\ 000 \text{ rem/h}$	Ipm mrem/h	wie I.2.1	6	Meßwertan- zeige auf 6 Einzel- instrumen- ten, sonst wie unter I.2.1	an fünf Stand- orten entlang der Grenze des Betriebsgeländes der WAK	
I.3	Dosisleistungs- meßanlage	γ -Ortsdosis- leistung \dot{H}	$\mu\text{rem/h}$	Berichterstattung nur, wenn \dot{H} > 20 $\mu\text{rem/h}$	2	kontinuier- liche Re- gistrierung	Meßhütten "Nordost" und "West"	
I.4	Festkörper- Dosimeter Thermolumineszenz- Dosimeterpaare LiF-Preßlinge TLD-700 in Kunststoffkapsel (500 mg/cm ²)	γ -Äquivalent- dosis \dot{H}	mrem	arithmetische Mittel- werte der letzten Halbjahres- und Jahresdosiswerte, Maximalwert	129	Ausmessung erfolgt halbjähr- lich	entlang der Gren- ze des betrieb- lichen Überwa- chungsbereiches des KfK in Ab- ständen von ca. 50 m, Aufhängung 3 m über dem Boden an Aluminium- standrohren	
				Einzelwerte der letz- ten Halbjahres- und Jahresdosis	5		Standorte s. I.2.2, Aufhängung ca. 2 m über dem Boden an Alumi- niumstandrohren	
				Einzelwerte eines Quartals	6		Ausmessung erfolgt viertel- jährlich	Umgebung des Geb. 519
				Einzelwerte der letz- ten Halbjahres- und Jahresdosis	8		Ausmessung erfolgt halbjähr- lich	Umgebung, Aufhängung in Höhe der Zähl- rohre, Standorte s. I.1
				arithmetische Mittel- werte der letzten Halbjahres- und Jahresdosis	36		Ausmessung erfolgt halbjähr- lich	Umgebung, Meß- stellenkreis um das KfK mit 4 km Durchmesser
	54	Umgebung, Meß- stellenkreis um das KfK mit 6 km Durchmesser						

Tab. 5/8: Fortsetzung

Pro-gramm-punkt	Überwach-tes Medium	Meßgrößen	Berichtsform		Sam-mel-stel-len	Häufigkeit der Probe-nahme	Probenahmestelle bzw. Sammelstelle (s. Lagepläne)
			Ein-heit	Bemerkungen			
II.	<u>RADIOAKTI-VITÄTSMES-SUNGEN</u>						
II.1	<u>Luft</u> Aerosole und elementa-res Jod	Langlebige α - und β -Bruttoaktivitätskonzentration (ca. sieben Tage nach Probenahme)	pCi/m ³	Monatsmittel	3	zweimal wöchentlich	Festfilteranlagen in den Meßhütten "Nordost", "West" und "Forsthaus"
	Wenn $\bar{a}_\beta > 50$ fCi/m ³ (\bar{a}_β = rechnerisch aus den Einzelmeßwerten ermittelte Quartalsmittelwert): Sr-90-Aktivitätskonzentration	fCi/m ³	Quartalsmittelwert (gemeinsame Ausmessung einer vierteljährlichen Mischprobe, gebildet aus Teilen der Einzelfilter)				
	Durch γ -Spektrometrie ermittelte Aktivitätskonzentration von Einzelnucliden	fCi/m ³	Monatsmittel (gemeinsame Ausmessung der Filter eines Monats) Meßergebnisse bezogen auf die Monatsmitte				
	Plutoniumaktivitätskonzentration (Pu-238, Pu-239+240)	aCi/m ³	Monatsmittel (gemeinsame chemische Aufbereitung der Filter eines Monats)				
	J-131-Aktivitätskonzentration	fCi/m ³	Einzelwerte, bezogen auf die Mitte des Sammelzeitraumes		zweimal monatlich		
II.2	<u>Nieder-schlag</u>	Tritiumaktivitätskonzentration	nCi/l und nCi/m ²	Monatsmittel Monatswert	3	bei ausreichender Niederschlagsmenge zweimal monatlich, sonst monatlich	Meßhütten "Nordost", "West" und "Sammelstelle WAK" (ca. 250 m nordöstlich des WAK-Abluftkamins), Sammlung in je einem Hilbernia-trichter mit 500 cm ² und 0,5 m ² Auffangfläche
	Langlebige α - und β -Bruttoaktivitätskonzentration a	pCi/l und nCi/m ²	Monatsmittel Monatswert				
	Wenn im Monatsmittel $a_\beta > 200$ pCi/l: durch γ -Spektrometrie ermittelte Aktivitätskonzentration von Einzelnucliden und Bestimmung der Sr-90-Aktivitätskonzentration	pCi/l	Monatsmittel	3	monatlich, Probe wird verworfen, wenn a_β -Grenzwert nicht erreicht wurde		

Tab. 5/8: Fortsetzung

Pro-gramm-punkt	Überwach-tes Medium	Meßgrößen	Berichtsform		Sam-mel-stel-len	Häufigkeit der Probe-nahme	Probenahmestelle bzw. Sammelstelle (s. Lagepläne)
			Ein-heit	Bemerkungen			
II.3	<u>Wasser</u>						
II.3.1	<u>Oberflä-chenwasser</u>	Tritiumaktivitätskonzentration	nCi/l	Monatsmittel	1	kontinuierlich, Messung von Wochenmischproben	Hirschkanal (nahe Nordost-Ecke des KfK)
		Langlebige α - und Rest- β -Bruttoaktivitätskonzentration a (ca. sieben Tage nach Probenahme)	pCi/l	Monatsmittel			
		Wenn für Wochenmischprobe $a_{\beta} > 20$ pCi/l: durch γ -Spektrometrie ermittelte Aktivitätskonzentration von Einzelnucliden	fCi/l	Einzelwerte der Wochenmischprobe			
		Tritiumaktivitätskonzentration	nCi/l	Quartalsmittel	1	kontinuierlich, Messung von Quartalsmischproben	Altrhein, ca. 300 bis 500 m unterhalb Abwassereinleitung
		Langlebige Rest- β -Bruttoaktivitätskonzentration	pCi/l	Quartalsmittel			
		Durch γ -Spektrometrie ermittelte Aktivitätskonzentration von Einzelnucliden	fCi/l	Quartalsmittel, bezogen auf die Mitte des Sammelzeitraumes			
II.3.2	<u>Grund- und Trinkwasser</u>	Tritiumaktivitätskonzentration	nCi/l	Einzelwerte	7	viertel-jährlich	Wasserwerk Süd des KfK Wasserwerk Tiefgestade des KfK Wasserwerk Leopoldshafen Wasserwerk Linkenheim-Hochstetten zwei Schluckbrunnen (WAK-Grundwasserhaltung) Beobachtungsbrunnen P zwischen KfK und Wasserwerk Linkenheim-Hochstetten
		Langlebige α - und Rest- β -Bruttoaktivitätskonzentration a (ca. sieben Tage nach Probenahme)	pCi/l				
		Wenn $a_{\beta} > 10$ pCi/l: durch γ -Spektrometrie ermittelte Aktivitätskonzentration von Einzelnucliden				1	halbjährlich

Tab. 5/8: Fortsetzung

Programmpunkt	Überwachtes Medium	Meßgrößen	Berichtsform		Sammelstellen	Häufigkeit der Probenahme	Probenahmestelle bzw. Sammelstelle (s. Lagepläne)
			Einheit	Bemerkungen			
II.4	Biologisches Material						
II.4.1	<u>Schlamm</u>	Langlebige spezifische α - und β -Bruttoaktivität a (ca. sieben Tage nach Probenahme)	pCi/g TS	Einzelwerte	1	wöchentlich	Hirschkanal (nahe Nordost-Ecke des KFK)
		Wenn $a_{\alpha} > 10$ pCi/g TS oder $a_{\beta} > 30$ pCi/g TS: durch γ -Spektrometrie ermittelte spezifische Aktivität von Einzelnucliden			1	monatlich	Altrhein, Gemarkungsgrenze unterhalb Abwassereinleitung
		Spezifische Plutoniumaktivität (Pu-238, Pu-239+240)	pCi/g TS	Einzelwerte	1	halbjährlich	Altrhein oberhalb Abwassereinleitung als Referenzstelle
II.4.2	<u>Seston</u>	Langlebige spezifische α - und β -Bruttoaktivität a (ca. sieben Tage nach Probenahme)	pCi/g TS	Einzelwerte	1	vierteljährlich	Altrheingebiet unterhalb Abwassereinleitung
		Spezifische Plutoniumaktivität (Pu-238, Pu-239+240)					
II.4.3	<u>Fisch</u>	Langlebige spezifische Rest- β -Bruttoaktivität (ca. sieben Tage nach Probenahme)	pCi/kg FS	Fischart variabel (möglichst Fried- und Raubfisch)	1	halbjährlich	Altrheingebiet unterhalb Abwassereinleitung
		Spezifische K-40-Aktivität		zur Messung gelangt das Fischfleisch ohne Haut, Flossen und Gräten			
		Spezifische Sr-90-Aktivität		Einzelwerte			
		Durch γ -Spektrometrie ermittelte spezifische Aktivität von Einzelnucliden					
II.4.4	<u>Wasserpflanzen</u>	Langlebige spezifische Rest- β -Bruttoaktivität (ca. sieben Tage nach Probenahme)	pCi/g TS	Pflanzenart variabel	1	halbjährlich	Altrheingebiet unterhalb Abwassereinleitung
		Spezifische K-40-Aktivität		Einzelwerte			
		Durch γ -Spektrometrie ermittelte spezifische Aktivität von Einzelnucliden					

Tab. 5/8: Fortsetzung

Pro-gramm-punkt	Überwach-tes Medium	Meßgrößen	Berichtsform		Sam-mel-stel-len	Häufigkeit der Probe-nahme	Probenahmestelle bzw. Sammelstelle (s. Lagepläne)
			Ein-heit	Bemerkungen			
II.4.5	<u>Bewuchs</u>	Durch γ -Spektrometrie er-mittelte spezifische Ak-tivität von Einzelnucliden	pCi/g TS	Gras oder andere Futterpflanzen Einzelwerte	3	halbjähr-lich	in den beiden Hauptausbrei-tungssektoren Referenzstelle Raum Durlach
II.4.6	<u>Pflanzliche Nahrungsmittel</u>	Langlebige spezifische Rest- β -Bruttoaktivität (ca. sieben Tage nach Probenahme)	pCi/kg FS	Weizen, Blattgemüse, Spargel Einzelwerte	2	jeweils jährlich zur Ernte-zeit	in den beiden Hauptausbrei-tungssektoren
		Spezifische K-40-Aktivität					
		Durch γ -Spektrometrie er-mittelte spezifische Ak-tivität von Einzelnucliden					
II.4.7	<u>Boden</u>	Langlebige spezifische α - und β -Bruttoaktivität (ca. sieben Tage nach Probenahme)	nCi/kg TS	5 cm der obersten Bodenschicht Einzelwerte	2	jährlich Ende September	zwei Probenahme-gebiete in den beiden Hauptaus-breitungssektoren innerhalb des betrieblchen Über-wachungsbereiches
		Wenn $a_{\beta} > 50$ nCi/kg TS spezifische Sr-90-Aktivität Durch γ -Spektrometrie er-mittelte spezifische Ak-tivität von Einzelnucliden					
		Langlebige spezifische α - und β -Bruttoaktivität (ca. sieben Tage nach Probenahme)	nCi/kg TS	5 cm der obersten Bodenschicht Einzelwerte	3	jährlich Ende September	zwei Probenahme-zonen in den beiden Hauptaus-breitungssektoren in je 300 bis 800 m Abstand vom WAK-Abluft-kamin Referenzstelle Raum Durlach
		Durch γ -Spektrometrie er-mittelte spezifische Ak-tivität von Einzelnucliden					
		Spezifische Plutoniumakti- vität (Pu-238, Pu-239+240)					
Spezifische Sr-90-Aktivität							

Tab. 5/8: Fortsetzung

Pro- gramm- punkt	Überwach- tes Medium	Meßgrößen	Berichtsform		Meß- bzw. Probe- nahme- stellen	Häufigkeit der Probe- nahme bzw. Messung	Probenahmestelle bzw. Meßstelle
			Ein- heit	Bemerkungen			
III.	<u>MESS- FAHRTEN</u>						
III.1.	<u>Luft</u>						
III.1.1	<u>γ- Strahlung</u>	γ-Ortsdosisleistung	mrem/h	monatliche Kurz- zeitmessungen	16	monatliche Meßfahrten zu wechseln- den Probe- nahme- bzw. Meßorten	ausgewählte Orte in den Zonen und Sektoren in der Umgebung des KfK
III.1.2	<u>Aerosole</u>	Gesamt-β-Aktivitäts- konzentration	pCi/m ³	monatliche Stich- proben und Auswer- tung im Meßwagen			
III.1.3	<u>Elemen- tares Jod</u>	J-131-Aktivitätskon- zentration	pCi/m ³				
III.2	<u>Bodenober- fläche</u>	Gesamt-β-Aktivitäts- flächenbelegung	nCi/m ²				

Tab. 5/8: Fortsetzung

I. Direktmessung der Strahlung

I.1 Zählrohraußenstationen

Tab. 5/9 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	411	273	1 755
Leopoldshafen	421	292	1 955
Linkenheim	452	304	1 837
Meßhütte "Forsthaus"	420	277	1 857
Friedrichstal	441	287	1 662
Blankenloch	491	305	1 419
Karlsruhe	407	296	1 131
Eggenstein	440	306	1 445

Tab. 5/9: Meßergebnisse der Zählrohraußenstationen für das Jahr 1981

Die Monatsmittelwerte des Jahres 1981 der sieben Außenstationen streuen insgesamt zwischen rund 300 Ipm und 560 Ipm. Die Jahresmittelwerte liegen hingegen enger beieinander, so daß es gerechtfertigt erscheint, für diese Stationen einen Gesamtmittelwert für das Jahr 1981 zu bilden. Er ergibt sich zu 439 Ipm.

Der Jahresmittelwert für die KfK-Station liegt mit 411 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 1981 zu keiner signifikanten Erhöhung des Jahresmittelwertes der KfK-Station.

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

I.2.1 KfK (ohne WAK)

Der Nullpegel der γ -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 mrem/h (0,1 mSv/h) befindet sich die Meßstelle Nr. 15 in der Eichhalle der HS/D. Die Registrierungen der γ -Dosisleistung dieser Meßstelle entsprechen zeitlich und dem Betrage nach den in der Eichhalle durchgeführten routinemäßigen Bestrahlungen. Für die übrigen im Freien installierten 13 Meßstellen der Niederdosisleistung zeigt Tab. 5/10 die Überschreitungen der eingestellten Warnschwelle von 1 mrem/h (10 $\mu\text{Sv/h}$) und ihrer Ursachen.

Zeitpunkt der registrierten Überschreitungen		Nr. der Meßstelle	eingestellte Warnschwelle		Dauer der Überschreitung	registrierter Höchstwert		Ursache
Datum	Uhrzeit		mrem/h	µSv/h	min	mrem/h	µSv/h	
21.04.1981	10.45	16	1,0	10	< 60	1,2	12	} Röntgenarbeiten im Gebäude nahe der Heißen Zellen
22.04.1981	09.40	16	1,0	10	20	0,5	5	
28.04.1981	10.15	16	1,0	10	60	2,5	25	
22.07.1981	20,40	22	1,0	10	45	3,0	30	Brennelementauflösung im IRCh
26.08.1981	08.30	22	1,0	10	5	1,2	12	Molybdänverpackung im IRCh
26.08.1981	12.50	20	1,0	10	5	1,0	10	Prüfung von Meßkammern mit Kobaltpräparat im FR2-Bereich

Tab. 5/10: Überschreitungen der eingestellten Warnschwellen innerhalb des KfK im Jahr 1981

An den elf Hochdosisleistungsmeßstellen der Zählrohr-Monitor-Anlage mit einem Meßbereich von 10 mrem/h (0,1 mSv/h) bis 1 000 rem/h (10 Sv/h) wurde 1981 in keinem Fall - auch nicht kurzzeitig - eine γ -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 WAK

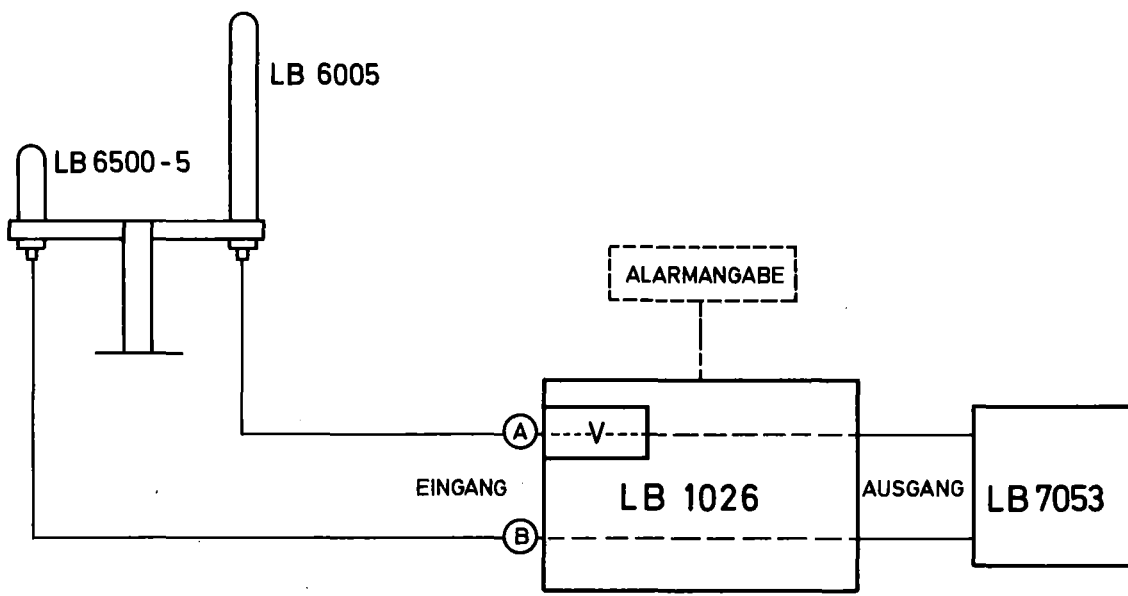
Zwei der insgesamt sechs Meßstellen sind Hochdosisleistungsmeßstellen. Im Meßbereich dieser Detektoren (s. Programmpunkt I.2.1) wurden auch 1981 keine Meßwerte registriert. Für die übrigen vier Meßstellen der ($\beta+\gamma$)-Niederdosisleistung zeigt Tab. 5/11 die Überschreitungen der eingestellten Warnschwellen von $4 \cdot 10^3$ Ipm und ihrer Ursache.

Zeitpunkt der registrierten Überschreitungen		Nr. der Meßstelle	eingestellte Warnschwelle	Dauer der Überschreitung	registrierter Höchstwert	Ursache
Datum	Uhrzeit		Ipm	min	Ipm	
15.07.1981	09.15	1	$4 \cdot 10^3$	21	$6 \cdot 10^4$	Röntgenarbeiten im Bereich der WAK
16.07.1981	09.30	1	$4 \cdot 10^3$	2	$4,5 \cdot 10^3$	
10.09.1981	08.45	1	$4 \cdot 10^3$	10	$1,6 \cdot 10^4$	
11.09.1981	08.20	1	$4 \cdot 10^3$	< 2	$4,8 \cdot 10^3$	
25.09.1981	09.00	1	$4 \cdot 10^3$	60	$1,2 \cdot 10^4$	

Tab. 5/11: Überschreitungen der eingestellten Warnschwellen an der Betriebsgeländegrenze der WAK im Jahr 1981

I.3 Dosisleistungsmeßanlage

Dieser neu eingeführte Programmpunkt konnte im Jahr 1981 wegen langen Lieferzeiten der notwendigen Instrumente (s. Abb. 5/4) erst ab 24. August 1981 erfüllt werden. Tab. 5/12 enthält die ab diesem Datum registrierten Überschreitungen der eingestellten 20 $\mu\text{rem/h}$ ($0,2 \mu\text{Sv/h}$) Schwelle und die Ursache.



- LB 6005: γ -Proportionalzählrohr mit Normimpulsausgang nach dem Vorverstärker V von ca. + 8 V
- LB 6500-5: GM-Dosisleistungs-sonde mit Verstärker mit Normimpulsausgang von ca. + 8 V
- LB 1026: Strahlenüberwachungssystem (Mikroprozessorgesteuerte, digitale 2-Kanal-Universalelektronik mit Meßdatenverrechnung)
- LB 7053: Streifendrucker
(Geräte der Fa. Laboratorium Prof. Dr. Berthold, Wildbad)

Abb. 5/4: Blockschaltbild der Dosisleistungsmeßanlage der Meßhütten "Nordost" und "West"

Zeit der Überschreitung		Dauer der Überschreitung in h	Meßhütte	H		Ursache
Datum	Uhrzeit			$\mu\text{rem/h}$	$\mu\text{Sv/h}$	
01.09.1981	19.41	< 1	"West"	25,5	0,255	Ar-41-Emission des FR2. Dafür spricht die Nordost-Windrichtung und die stabile Wetterlage in dieser Zeit.
06.09.1981	11.08	< 1	"West"	20,0	0,200	

Tab. 5/12: Überschreitung des eingestellten Schwellenwertes von 20 $\mu\text{rem/h}$ der γ -Ortsdosisleistung \dot{H} in den Meßhütten

I.4 Festkörperdosimeter

Das innere Meßstellennetz einschließlich der Dosimetermeßstellen entlang der Grenze des betrieblichen Überwachungsbereiches zeigt der Lageplan. 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.

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 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 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 (s. 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/cm² 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.

Für den Expositionszeitraum von November 1980 bis November 1981 ergaben sich für die auflagebedingten Meßstellen die in Tab. 5/13 zusammengestellten Jahresdosismerte. Die mit Phosphatglas- und Thermolumineszenzdosimetern gemessenen Jahreswerte zeigen eine gute Übereinstimmung.

Meßstellengruppe	Meßstellen-zahl	Jahresortsdosiswerte H					
		\bar{H}		H_{\min}		H_{\max}	
		mrem	μSv	mrem	μSv	mrem	μSv
Grenze des betrieblichen Überwachungsbereiches des KfK	129	60	600	53	530	72	720
Betriebsgeländegrenze der WAK	5	61	610	57	570	65	650
unmittelbare Umgebung des Zwischenlagers der LAW-Endbafälle (Geb. 519)	6	100	1 000	88	880	115	1 150
Zählrohrstationen (benachbarte Orte und KfK)	8	64	640	57	570	71	710
Meßstellenring um das KfK mit 4 km Durchmesser	36	57	570	53	530	68	680
Meßstellenring um das KfK mit 6 km Durchmesser	54	58	580	55	550	76	760

Tab. 5/13: Mittelwerte und Streubereich der mit Thermolumineszenzdosimetern gemessenen Jahresortsdosiswerte (Expositionszeit: November 1980 bis November 1981)

II. Radioaktivitätsmessungen

II.1 Luft (Aerosole und gasförmiges Jod)

Zur Überwachung der Aerosolaktivität werden 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 (s. Lageplan). Die Bezeichnung der Meßhütte "Forsthaus" ist identisch derjenigen der Zählrohr Außenstation mit Aerosolbezeichnung. Ihr Standort liegt nordöstlich der WAK (s. Lageplan) 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 m³/h. Der Filterwechsel erfolgt zweimal wöchentlich, jeweils montags und donnerstags. Die Bestimmung der langlebigen α - und β -Aktivität (s. Tab. 5/14) erfolgt jeweils ca. sieben Tage nach der Filterentnahme. Auflagebedingt, wenn der Mittelwert der β -Aktivität eines Quartals > 50 fCi/m³ (> 1,85 mBq/m³), wurde die Sr-90-Aktivität des Quartals bestimmt (s. Tab. 5/15). Die Bestimmung der J-131-Aktivitätskonzentration wurde in diesem Jahr als neuer Programmpunkt aufgenommen. Wegen langer Lieferzeiten der neu zu beschaffenden Apparatur (Stationäre Jodprobensammler, Typ JAP/S der Münchener Apparatebau Kimmel GmbH & Co. KG, Ottobrunn) konnte erst ab 16. November 1981 mit den Messungen begonnen werden. Die Messungen ab diesem Datum sind in Tab. 5/16 eingetragen. Darüber hinaus werden monatlich eine γ -spektrometrische Analyse der Aerosolaktivität und eine radiochemische Bestimmung von Pu-238 und Pu-239+240 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 γ -spektrometrisch untersucht und anschließend zur Plutoniumbestimmung radiochemisch aufbereitet. Die durch γ -Spektrometrie dieser Proben ermittelten Aktivitätskonzentrationen von Einzelnucliden werden auf die Mitte des jeweiligen Sammelintervalles, also auf die Monats-

mitte als fiktivem Probenahmezeitpunkt bezogen. Die Ergebnisse der γ -spektrometrischen Untersuchung der Aerosolaktivität wurden in die Tab. 5/17 eingetragen. Es wurden nur diejenigen Nuklide berücksichtigt, die mindestens für einen Monat eine Konzentration über der Nachweisgrenze haben. Tab. 5/18 bzw. Tab. 5/19 enthalten die Monatswerte für Pu-238 bzw. für Pu-239+240. Die erhöhten Aktivitätswerte ab Februar 1981 sind auf die oberirdische Atombombenzündung in China am 16. Oktober 1980 zurückzuführen (Frühlings-Tropopausenbruch).

Monatsmittel der Brutto-Aktivitätskonzentration a (ca. sieben Tage nach Probenahme)												
Monat	Meßhütte "West"				Meßhütte "Nordost"				Meßhütte "Forsthaus"			
	a_α		a_β		a_α		a_β		a_α		a_β	
	fCi/m ³	μ Bq/m ³	fCi/m ³	mBq/m ³	fCi/m ³	μ Bq/m ³	fCi/m ³	mBq/m ³	fCi/m ³	μ Bq/m ³	fCi/m ³	mBq/m ³
Januar	<1	<37	53	1,961	<1	<37	69	3,552	2	74	51	1,887
Februar	<1	<37	112	4,144	<1	<37	103	3,811	2	74	106	3,922
März	<1	<37	208	7,696	<1	<37	188	6,956	<1	<37	198	7,326
April	2	74	263	9,731	2	74	237	1,659	2	74	245	9,065
Mai	<2	<74	197	7,289	<1	<37	186	6,882	<2	<74	190	7,030
Juni	<1	<37	143	5,291	<1	<37	127	4,699	<1	<37	137	5,069
Juli	<1	<37	88	3,256	<1	<37	81	2,997	<1	<37	82	3,034
August	<2	<74	57	2,109	<1	<37	50	1,850	1	37	51	1,887
September	1	37	40	1,480	1	37	38	1,406	1	37	36	1,332
Oktober	<1	<37	17	0,629	<1	<37	19	0,703	1	37	21	7,77
November	<2	<74	25	0,925	<2	<74	42	1,554	2	74	25	0,925
Dezember	<2	<74	20	0,740	<2	<74	19	0,703	2	74	18	0,666

Tab. 5/14: Langlebige α - und β -Bruttoaktivitätskonzentration in der Luft (Aerosole),
Nachweisgrenze: a_α : < 2 fCi/m³ (< 74 μ Bq/m³), a_β : < 7 fCi/m³ (< 0,259 mBq/m³)

Jahr 1981	Quartalsmittel der Sr-90-Aktivitätskonzentration					
	Meßhütte "Nordost"		Meßhütte "West"		Meßhütte "Forsthaus"	
Quartal	fCi/m ³	µBq/m ³	fCi/m ³	µBq/m ³	fCi/m ³	µBq/m ³
1.	0,39 ± 0,14	14 ± 6	0,37 ± 0,18	14 ± 7	0,38 ± 0,12	14 ± 4
2.	1,10 ± 0,32	41 ± 12	1,38 ± 0,31	51 ± 11	0,92 ± 0,40	34 ± 15
3.	0,57 ± 0,20	21 ± 7	0,60 ± 0,31	22 ± 11	0,24 ± 0,18	9 ± 7
4.	Keine Messungen, weil die Bruttoaktivitätskonzentration a _B gemäß Tab. 5/14 kleiner als 50 fCi/m ³ (1,85 mBq/m ³) war.					

Tab. 5/15: Aktivitätskonzentration von Sr-90 in der Luft (Aerosole), Fehlerangabe: 3σ

Probe- nahme- enddatum	J-131-Aktivitätskonzentration					
	Meßhütte "Nordost"		Meßhütte "West"		Meßhütte "Forsthaus"	
	fCi/m ³	µBq/m ³	fCi/m ³	µBq/m ³	fCi/m ³	µBq/m ³
01.12.1981	< 27	< 999	< 15	< 555	< 35	< 1 295
15.12.1981	< 28	< 1 036	< 20	< 740	< 29	< 1 073
30.12.1981	< 51	< 1 887	< 33	< 1 221	< 72	< 2 664

Tab. 5/16: J-131-Aktivitätskonzentrationen in der Luft (Aerosole), Zahlen hinter "<" geben die Nachweisgrenze an

Nuklid	Probenahmestelle Meßhütte "Nordost"					
	maximale spezifische Aktivität				Monat des Maximums	
	fCi/m ³		µBq/m ³			
Be-7	76	± 7	2 810	± 260	August	
Mn-54	0,96	± 0,31	36	± 11	April	
Zr-95	36,0	± 1,6	1 330	± 60	April	
Nb-95	94,0	± 2,3	3 480	± 90	April	
Ru-103	18,0	± 1,1	670	± 40	April	
Ru/Rh-106	11,0	± 3,4	410	± 130	April	
Sb-125	3,6	± 1,4	130	± 50	Mai	
Cs-134	1,2	± 0,4	44	± 15	November	
Cs-137	11,0	± 0,7	410	± 30	November	
Ce-141	12,6	± 0,6	470	± 20	März	
Ce-144	33,0	± 2,5	1 220	± 90	April	

Tab. 5/17: Maximale spezifische Aktivität der nachgewiesenen Einzelnuklide in der Luft (Aerosole), Fehlerangabe: 3σ

Probenahmestelle Meßhütte "West"					
Nuklid	maximale spezifische Aktivität				Monat des Maximums
	fCi/m ³		µBq/m ³		
Be-7	69	± 6	2 550	± 260	April
Mn-54	0,96	± 0,46	36	± 17	April
Zr-95	36,0	± 1,7	1 330	± 60	April
Nb-95	96,0	± 1,8	3 550	± 70	April
Ru-103	18,4	± 1,0	680	± 40	März
Ru/Rh-106	12,0	± 3,3	440	± 120	April
Sb-125	2,7	± 1,2	100	± 44	März
Cs-137	2,2	± 0,4	81	± 14	April
Ce-141	12,3	± 0,8	460	± 30	März
Ce-144	29,0	± 1,8	1 070	± 70	April

Tab. 5/17: Fortsetzung

Probenahmestelle Meßhütte "Forsthaus"					
Nuklid	maximale spezifische Aktivität				Monat des Maximums
	fCi/m ³		µBq/m ³		
Be-7	73	± 5	2 690	± 190	August
Mn-54	0,59	± 0,30	22	± 11	April
Zr-95	32,0	± 1,5	1 180	± 60	April
Nb-95	85,0	± 1,9	3 150	± 70	April
Ru-103	15,0	± 1,0	560	± 40	April
Ru/Rh-106	10,5	± 2,7	390	± 100	April
Sb-125	2,6	± 0,5	96	± 17	Oktober
Cs-137	1,7	± 0,4	63	± 14	April und Mai
Ce-141	10,7	± 0,6	400	± 20	März
Ce-144	28,0	± 2,0	1 040	± 80	April

Tab. 5/17: Fortsetzung

Monatsmittel der Pu-238-Aktivitätskonzentration (gemeinsame chemische Aufbereitung aller Filter des Monats)						
Monat	Meßhütte "Nordost"		Meßhütte "West"		Meßhütte "Forsthaus"	
	aCi/m ³	nBq/m ³	aCi/m ³	nBq/m ³	aCi/m ³	nBq/m ³
Januar	6 ± 6	230±222	< 7,2	< 266	< 2,1	< 78
Februar	17,2±15,0	636±555	< 11,9	< 440	< 1,3	< 48
März	< 13,4	< 496	< 10,7	< 396	< 5,1	< 189
April	< 10,5	< 389	< 21,7	< 803	13,2±10,7	488±396
Mai	< 5,8	< 215	3,6±3,2	133±118	< 3,7	< 137
Juni	< 1,6	< 59	< 1,4	< 52	< 7,2	< 266
Juli	< 7,3	< 270	< 7,0	< 260	< 13,4	< 496
August	< 1,8	< 67	< 2,4	< 89	< 1,5	< 56
September	< 9,4	< 348	< 11,3	< 418	< 3,7	< 137
Oktober	< 20,8	< 770	< 17,5	< 648	< 12,4	< 459
November	< 18,0	< 666	< 67,0	< 2 480	< 3,0	< 111
Dezember	< 29,1	< 1 077	< 6,4	< 237	< 25,4	< 940

Tab. 5/18: Aktivitätskonzentration von Pu-238 in der Luft (Aerosole)
Zahlen hinter "<" geben die Nachweisgrenze an, Fehlerangabe: 3σ

Monatsmittel der Pu-239+240-Aktivitätskonzentration (gemeinsame chemische Aufarbeitung aller Filter des Monats)						
Monat	Meßhütte "Nordost"		Meßhütte "West"		Meßhütte "Forsthaus"	
	aCi/m ³	nBq/m ³	aCi/m ³	nBq/m ³	aCi/m ³	nBq/m ³
Januar	< 3,8	< 141	6,0± 4,0	222±148	6,8± 4,9	252±181
Februar	36,4±12,0	1 347±444	8,8± 7,9	326±292	5,4± 3,2	200±118
März	30,8±12,0	1 140±444	31,4±13,2	1 162±488	22,3±10,7	825±396
April	33,2±21,2	1 228±784	23,3±11,2	862±414	31,7±15,2	1 173±562
Mai	28,7± 7,7	1 062±285	32,4± 8,7	1 199±322	23,8± 7,1	881±263
Juni	20,9± 6,9	773±255	28,8± 9,5	1 066±352	16,7± 5,5	618±204
Juli	16,5±12,4	611±459	27,1±10,6	1 003±392	26,9±20,2	995±747
August	9,3± 6,4	344±237	10,6± 6,7	392±248	12,2± 5,1	451±189
September	5,5± 3,9	204±144	9,1± 5,7	337±211	7,6± 4,8	281±178
Oktober	< 11,4	< 422	< 12,4	< 459	< 10,0	< 370
November	< 16,0	< 592	< 50,0	< 1 850	5,0± 4,9	185±181
Dezember	< 32,9	< 1 217	< 33,5	< 1 240	< 26,4	< 977

Tab. 5/19: Aktivitätskonzentration von Pu-239+240 in der Luft (Aerosole)
Zahlen hinter "<" geben die Nachweisgrenze an, Fehlerangabe: 3σ

II.2 Niederschlag

Auf den Meßhütten "Nordost" und "West" und nordöstlich der Wiederaufarbeitungsanlage (s. Lageplan) werden Niederschläge gesammelt und zweimal monatlich ihre α - und β -Aktivitätskonzentration und ihre Tritiumkonzentration gemessen. Eine radiochemische Strontiumbestimmung und eine γ -spektrometrische Untersuchung werden auflagebedingt nur bei Überschreitung des vorgegebenen Grenzwertes von 200 pCi/l (7,4 Bq/l) für die β -Gesamtaktivitätskonzentration vorgenommen. Dies war für keinen der Monate des Jahres 1981 der Fall. Tabn. 5/20, 5/21 und 5/22 enthalten die Meßergebnisse der langlebigen α - und Rest- β -Bruttoaktivitätskonzentration sowie die Tritiumkonzentration für die Meßhütten "Nordost", "West" und "Sammelstelle WAK" entsprechend. Die erhöhten Aktivitätsmeßwerte ab Februar 1981 sind auf die oberirdische Atombombenzündung in China vom 16. Oktober 1980 zurückzuführen.

Jahr 1981	Bruttoaktivitätskonzentration a								Tritiumaktivitätskonzentration a _{H-3}			
	a _α				a _β				a _{H-3}		a _{H-3}	
Monat	pCi/l	mBq/l	nCi/m ²	Bq/m ²	pCi/l	mBq/l	nCi/m ²	Bq/m ²	nCi/l	Bq/l	nCi/m ²	Bq/m ²
Januar	< 4,08	< 151	< 0,26	< 10	22,50	833	1,46	54	0,42	16	27,2	1 006
Februar	< 10,37	< 384	< 0,30	< 11	53,68	1 986	1,55	57	0,55	20	15,9	588
März	< 5,32	< 197	< 0,29	< 11	56,33	2 084	3,09	114	0,54	20	29,6	1 095
April	< 3,07	< 114	< 0,17	< 6	42,24	1 563	2,31	85	0,46	17	25,1	929
Mai	< 3,14	< 116	< 0,23	< 9	51,28	1 897	3,72	138	1,10	41	79,9	2 956
Juni	< 3,12	< 115	< 0,28	< 10	32,94	1 219	2,99	111	0,30	11	27,3	1 010
Juli	< 4,01	< 148	< 0,24	< 9	30,45	1 127	1,84	68	0,47	17	28,5	1 055
August	< 7,00	< 259	< 0,22	< 8	26,27	972	0,81	30	1,18	44	36,6	1 354
September	< 4,39	< 162	< 0,22	< 8	11,15	413	0,55	20	0,88	33	43,9	1 624
Oktober	< 1,76	< 65	< 0,30	< 11	10,16	376	1,76	65	0,67	25	115,6	4 277
November	< 6,03	< 223	< 0,21	< 8	24,71	914	0,86	32	0,61	23	21,4	792
Dezember	< 2,24	< 83	< 0,25	< 9	8,41	311	0,92	34	< 0,87	< 32	< 95,6	< 3 538

Tab. 5/20: Langlebige α -, Rest- β -Brutto- und Tritiumaktivitätskonzentration in Niederschlag. Meßhütte "Nordost"

Nachweisgrenzen zu den Tabn. 5/20, 5/21 und 5/22:

- a_α: < 12 pCi/l (< 0,444 Bq/l) ab ca. 0,5 l gesammeltem Niederschlag
- a_β: < 12 pCi/l (< 0,444 Bq/l) ab ca. 0,5 l gesammeltem Niederschlag
- a_{H-3}: 0,17 nCi/l (6,29 Bq/l)

Jahr 1981	Bruttoaktivitätskonzentration a								Tritiumaktivitätskonzentration a _{H-3}			
	a _α				a _β				nCi/l	Bq/l	nCi/m ³	Bq/m ³
Monat	pCi/l	mBq/l	nCi/m ³	Bq/m ³	pCi/l	mBq/l	nCi/m ³	Bq/m ³				
Januar	< 3,55	< 131	< 0,24	< 9	24,79	917	1,66	61	< 0,21	< 8	< 14,03	< 519
Februar	< 10,16	< 376	< 0,30	< 11	58,39	2 160	1,72	64	< 0,22	< 8	< 6,49	< 240
März	< 5,43	< 201	< 0,31	< 11	63,01	2 331	3,55	131	< 0,19	< 7	< 10,72	< 397
April	< 3,01	< 111	< 0,17	< 6	51,00	1 887	2,81	104	< 0,15	< 6	< 8,25	< 305
Mai	< 2,92	< 108	< 0,22	< 8	52,36	1 937	4,01	148	0,23	9	17,88	662
Juni	< 2,91	< 108	< 0,29	< 11	30,91	1 144	3,03	112	0,67	25	65,91	2 439
Juli	< 3,49	< 129	< 0,21	< 8	26,38	976	1,62	60	0,20	7	12,46	461
August	< 6,64	< 246	< 0,23	< 9	27,88	1 032	0,96	36	0,28	10	9,69	359
September	< 4,26	< 158	< 0,22	< 8	9,53	353	0,50	19	0,33	12	17,11	633
Oktober	< 1,72	< 64	< 0,31	< 11	4,57	169	0,81	30	0,34	13	61,39	2 271
November	< 6,04	< 223	< 0,21	< 8	18,12	670	0,63	23	0,32	12	11,14	412
Dezember	< 2,28	< 84	< 0,26	< 10	5,48	203	0,62	23	0,76	28	85,82	3 175

Tab. 5/21: Langlebige α-, Rest-β-Brutto- und Tritiumaktivitätskonzentration in Niederschlag. Meßhütte "West"

Jahr 1981	Bruttoaktivitätskonzentration a								Tritiumaktivitätskonzentration a _{H-3}			
	a _α				a _β				nCi/l	Bq/l	nCi/m ³	Bq/m ³
Monat	pCi/l	mBq/l	nCi/m ³	Bq/m ³	pCi/l	mBq/l	nCi/m ³	Bq/m ³				
Januar	< 4,07	< 151	< 0,24	< 9	23,55	871	1,40	52	0,20	7	11,92	441
Februar	< 8,99	< 333	< 0,27	< 10	58,96	2 182	1,78	66	0,62	23	18,72	693
März	< 4,76	< 176	< 0,26	< 10	57,60	2 131	1,04	38	0,41	15	22,71	840
April	< 3,07	< 114	< 0,17	< 6	42,24	1 563	2,31	85	0,46	17	25,12	929
Mai	< 3,96	< 147	< 0,31	< 11	52,56	1 945	4,08	151	0,52	19	40,40	1 495
Juni	< 3,22	< 119	< 0,28	< 10	40,2	1 487	3,47	128	0,31	11	26,93	996
Juli	< 3,61	< 134	< 0,23	< 9	29,00	1 073	1,85	68	0,39	14	24,62	911
August	< 8,11	< 300	< 0,22	< 8	33,58	1 242	0,92	34	0,86	32	24,26	898
September	< 4,03	< 149	< 0,21	< 8	6,9	255	0,36	13	0,46	17	24,11	892
Oktober	< 1,69	< 63	< 0,30	< 11	4,07	151	0,71	26	0,57	21	99,69	3 689
November	< 6,51	< 241	< 0,24	< 9	25,55	945	0,92	34	0,23	9	8,23	305
Dezember	< 2,15	< 80	< 0,27	< 10	5,9	218	0,75	28	0,34	13	42,3	1 565

Tab. 5/22: Langlebige α-, Rest-β-Brutto- und Tritiumaktivitätskonzentration in Niederschlag. "Sammelstelle WAK"

II.3 Wasser

II.3.1 Oberflächenwasser

II.3.1.1 Sammelstelle Hirschkanal

Die α - und β -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 Kühlwässer des KfK (ca. $3 \cdot 10^6$ m³/a) in den Hirschkanal eingeleitet werden. Die Aktivität wird wöchentlich in kontinuierlich entnommenen Mischproben bestimmt. Die nach dem Überwachungsprogramm bei β -Aktivitätskonzentrationen der Wochenmischproben von > 20 pCi/l (> 740 mBq/l) vorgesehenen γ -spektrometrischen Untersuchungen mußten in keinem Fall durchgeführt werden. In Tab. 5/23 sind die langlebigen α -, Rest- β -Brutto- und Tritiumaktivitätskonzentrationen für die Sammelstelle Hirschkanal eingetragen.

Hirschkanal (nahe Nordost-Ecke des KfK)						
Jahr 1981	Monatsmittel der Bruttoaktivitätskonzentration a (ca. sieben Tage nach Probenahme)				Tritiumaktivitätskonzentration a _{H-3}	
	a _{α}		a (Rest- β)			
Monat	pCi/l	mBq/l	pCi/l	mBq/l	nCi/ml	Bq/l
Januar	< 2,1*	< 77,7	< 1,6	< 59,2	0,48	17,8
Februar	< 2,2	< 81,4	< 1,3	< 48,1	0,51	18,9
März	< 1,9	< 70,3	< 1,5	< 55,5	0,51	18,9
April	< 1,9	< 70,3	< 1,5	< 55,5	0,39	14,4
Mai	< 1,7	< 62,9	1,8	< 66,6	0,53	19,6
Juni	< 1,9	< 70,3	2,3	< 85,1	0,63	23,3
Juli	< 1,9	< 70,3	< 1,2	< 44,4	0,38	14,1
August	< 1,9	< 70,3	< 1,3	< 48,1	0,44	16,3
September	< 1,8	< 66,6	< 1,2	< 44,4	0,53	19,6
Oktober	< 1,7	< 62,9	< 1,1	< 40,7	0,58	21,5
November	< 1,8	< 66,6	< 1,4	< 51,8	0,50	18,5
Dezember	< 1,6	< 59,2	< 1,5	< 55,5	0,61	22,6

*Wenn mindestens ein Meßwert einer Wochenmischprobe kleiner als die Nachweisgrenze ist, wird für den Mittelwert des Monats die Bezeichnung "<" vorgeschrieben.

Tab. 5/23: Langlebige α -, Rest- β -Brutto- und Tritiumaktivitätskonzentration in Oberflächenwasser. Sammelstelle Hirschkanal. Probenahme kontinuierlich, Ausmessung von Wochenmischproben. Nachweisgrenze: a _{α} : 2,1 pCi/l (77,7 mBq/l), a _{β} : 1,3 pCi/l (48,1 mBq/l), a_{H-3}: 0,17 nCi/l (6,29 Bq/l)

II.3.1.2 Sammelstelle Altrhein

Die langlebige β -Bruttoaktivität und die Tritiumaktivität des Altrheins werden durch kontinuierliche Probenahme von Oberflächenwasser ca. 400 m unterhalb der Abwassereinleitung überwacht.

Tab. 5/24 enthält die Meßergebnisse der langlebigen Rest- β -Brutto und die Tritiumaktivitätskonzentration. Die nach dem Überwachungsprogramm vorgesehenen γ -spektrometrischen Untersuchungen sind in Tab. 5/25 eingetragen.

Altrhein, ca. 400 m unterhalb der Abwassereinleitung				
Jahr 1981	Quartalsmittel der langlebigen Rest-β-Bruttoaktivitätskonzentration a_{β} (ca. sieben Tage nach Probenahme)		Tritiumaktivitätskonzentration a_{H-3}	
	Quartal	pCi/l	mBq/l	nCi/l
1.	2,2	81,4	55,4	2,0
2.	3,4	125,8	90,0	3,3
3.	2,4	88,8	85,1	3,1
4.	3,5	129,5	26,7	0,99

Tab. 5/24: Langlebige Rest-β-Brutto- und Tritiumaktivitätskonzentration in Oberflächenwasser. Sammelstelle Altrhein. Probenahme kontinuierlich, Ausmessung von Quartalsmischproben. Nachweisgrenze: a_{β} : 1,0 pCi/l (37 mBq/l), a_{H-3} : 0,17 nCi/l (6,29 Bq/l)

Altrhein, ca. 400 m unterhalb der Abwassereinleitung								
Aktivitätskonzentration								
Jahr 1981	1. Quartal		2. Quartal		3. Quartal		4. Quartal	
Nuklid	fCi/l	mBq/l	fCi/l	mBq/l	fCi/l	mBq/l	fCi/l	mBq/l
Cr-51	< 720	< 26,6	< 620	< 22,9	< 650	< 24,1	< 1 200	< 44,4
Mn-54	< 92	< 3,4	< 100	< 3,7	< 89	< 3,3	< 300	< 11,1
Co-57	< 77	< 2,8	< 46	< 1,7	< 48	< 1,8	< 110	< 4,1
Co-58	< 91	< 3,4	< 100	< 3,7	< 84	< 3,1	< 160	< 5,9
Fe-59	< 170	< 6,3	< 210	< 7,8	< 100	< 3,7	< 300	< 11,1
Co-60	< 100	< 3,7	< 110	< 4,1	< 60	< 2,2	< 150	< 5,6
Zn-65	< 220	< 8,1	< 240	< 8,9	< 180	< 6,7	< 370	< 13,7
Zr-95	240±180	8,9±6,7	310±240	11,5±8,9	< 140	< 5,2	< 290	< 10,7
Nb-95	300±200	48,0±7,4	360±140	17,3±5,2	940± 90	34,8± 3,3	< 170	< 6,3
Ru-103	120± 80	44 ±3,0	< 84	< 3,1	< 81	< 3,0	< 150	< 5,6
Ru/Rh-106	< 900	< 33,3	< 810	< 30	< 760	< 28	< 1 400	< 51,8
Ag-110m	< 120	< 4,4	< 140	< 5,2	< 120	< 4,4	< 220	< 8,1
Sb-124	< 160	< 5,9	< 180	< 6,7	< 130	< 4,8	< 310	< 11,5
Sb-125	< 250	< 9,3	< 220	< 8,1	840±210	31,1± 7,8	< 440	< 16,3
J-131	< 86	< 3,2	< 76	< 2,8	< 59	< 2,2	< 150	< 5,6
Cs-134	< 90	< 3,3	< 110	< 4,1	140± 90	5,2± 3,3	< 160	< 5,9
Cs-137	350±110	13 ±4,1	210±130	7,8±4,8	380± 80	17,8± 3,0	< 130	< 4,8
Ba/La-140	< 250	< 9,3	< 180	< 6,7	< 220	< 8,1	< 540	< 20
Ce-141	< 130	< 4,8	< 86	< 3,2	< 88	< 3,3	< 200	< 7,4
Ce-144	< 590	< 21,8	< 370	< 13,7	1 000±300	37 ±11,1	< 890	< 32,9
Am-241	< 500	< 18,5	< 300	< 11,1	< 300	< 11,1	< 930	< 34,4
Be-7	-	-	< 700	< 25,9	< 690	< 25,5	< 1 300	< 48,1

Tab. 5/25: Durch γ-Spektrometrie ermittelte Aktivitätskonzentration von Einzelnucliden in Oberflächenwasser. Quartalsmittel, bezogen auf die Mitte des Sammelzeitraumes. Probenahme kontinuierlich, γ-spektrometrische Untersuchung der Quartalsmischproben, Zahlen hinter "<" geben die Nachweisgrenze an, Fehlerangabe: 3σ

II.3.2 Grund- und Trinkwasser

Überwacht wurden die Wasserwerke "Süd" und "Tiefgestade" des Kernforschungszentrums, die Wasserwerke Leopoldshafen, Linkenheim-Hochstetten und Karlsruhe-Hardtswald, die beiden Schluckbrunnen der WAK sowie der Beobachtungsbrunnen P zwischen dem KfK und Linkenheim (s. Lageplan). Einen Überblick über die Ergebnisse der Überwachung vermittelt Tab. 5/26. Auch hier erreichten die β -Aktivitätskonzentrationen nie den Grenzwert von 10 pCi/l (370 mBq/l), so daß eine γ -spektrometrische Analyse der Proben in keinem Fall erforderlich war.

Probenahme-stelle	Probenahme-datum	Langlebige Aktivitätskonzentration					
		a_{α}		$a_{\text{Rest-}\beta}$		Tritium	
		pCi/l	mBq/l	pCi/l	mBq/l	nCi/l	Bq/l
Wasserwerk "Süd" des KfK, Standort Betriebsgelände	12.02.1981	< 2,1	< 77,7	< 1,0	< 37,0	0,35±0,16	13 ±6,0
	05.05.1981	< 1,8	< 66,6	< 1,0	< 37,0	0,26±0,17	9,6±6,3
	07.08.1981	< 2,0	< 74,0	< 1,0	< 37,0	0,18±0,17	6,7±6,3
	05.11.1981	< 2,1	< 77,7	< 1,0	< 37,0	0,28±0,16	10,4±6,0
Wasserwerk "Tiefgestade" des KfK, Standort Leopoldshafen	12.02.1981	< 2,0	< 74,0	< 1,0	< 37,0	0,38±0,16	14,1±6,0
	05.05.1981	2,2±1,7	81,4±62,9	1,0±0,9	37±34	0,25±0,16	9,3±6,0
	07.08.1981	< 1,7	< 63,9	< 1,0	< 37,0	0,24±0,17	8,9±6,3
	05.11.1981	< 1,8	< 66,6	1,6±1,1	59±41	< 0,16	< 6,0
Wasserwerk Eggenstein-Leopoldshafen Ortsteil: Leopoldshafen	12.02.1981	< 2,2	< 81,4	< 1,0	< 37,0	0,38±0,16	14,1±6,0
	05.05.1981	2,0±1,9	74 ±70	< 1,0	< 37,0	0,23±0,16	8,5±6,0
	07.08.1981	< 2,0	< 74,0	< 1,0	< 37,0	0,22±0,17	8,1±6,3
	05.11.1981	2,2±1,8	81,4±67	< 1,1	< 40,7	0,19±0,16	7,0±6,0
Wasserwerk Linkenheim-Hochstetten Ortsteil: Hochstetten	12.02.1981	< 2,2	< 81,4	< 1,0	< 37,0	0,46±0,16	17,0±6,0
	05.05.1981	< 1,8	< 66,6	< 1,0	< 37,0	0,28±0,17	10,4±6,3
	07.08.1981	< 2,1	< 77,7	< 1,0	< 37,0	0,22±0,17	8,1±6,3
	05.11.1981	< 2,3	< 85,1	< 1,0	< 37,0	0,25±0,16	9,3±5,9
Schluckbrunnen 1 des KfK (Grundwasserhaltung der WAK) ca. 500 m westlich der WAK	13.02.1981	< 2,3	< 85,1	< 1,0	< 37,0	0,67±0,16	24,8±6,0
	04.05.1981	< 1,7	< 62,9	< 1,0	< 37,0	0,56±0,16	20,7±6,0
	06.08.1981	< 2,1	< 77,7	< 1,0	< 37,0	0,47±0,18	17,4±6,7
	05.11.1981	< 1,8	< 66,6	< 1,1	< 40,7	0,33±0,16	12,2±6,0
Schluckbrunnen 2 des KfK (Grundwasserhaltung der WAK) ca. 900 m nordwestlich der WAK	13.02.1981	< 2,1	< 77,7	< 1,0	< 37,0	0,71±0,16	26,3±6,0
	04.05.1981	< 1,6	< 59,2	< 1,0	< 37,0	0,68±0,18	25,2±6,7
	06.08.1981	< 2,1	< 77,7	< 1,0	< 37,0	0,62±0,19	22,9±7,0
	05.11.1981	< 1,7	< 62,9	< 1,1	< 40,7	0,57±0,17	21,1±6,3
Beobachtungsbrunnen P zwischen KfK und Wasserwerk Linkenheim	13.02.1981	< 2,2	< 81,4	< 1,0	< 37,0	0,62±0,18	22,9±6,7
	05.05.1981	< 1,9	< 70,3	< 1,0	< 37,0	0,60±0,18	22,2±6,7
	07.08.1981	< 2,1	< 77,7	< 1,0	< 37,0	0,53±0,18	19,6±6,7
	05.11.1981	< 2,3	< 85,1	< 1,0	< 37,0	0,36±0,17	13,3±6,3
Wasserwerk Karlsruhe-Hardtswald bei Eggenstein (Referenzstelle halbjährlich)	05.05.1981	< 1,9	< 70,3	< 1,0	< 37,0	0,25±0,17	9,3±6,3
	05.11.1981	< 2,3	< 85,1	< 1,0	< 37,0	0,23±0,16	8,5±6,0

Tab. 5/26: Langlebige α -, Rest- β -Brutto- und Tritiumaktivitätskonzentration in Grund- und Trinkwasser, Zahlen hinter "<" geben die Nachweisgrenze an, Fehlerangabe: 3σ

II.4 Biologisches Material

Dem Altrhein, einem früheren Seitenarm des Rheins, 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.

Die Überwachung von Bodenproben, Futterpflanzen und landwirtschaftlichen Produkten wie Weizen, Blatt- und Wurzelgemüse wird jeweils jährlich zur Erntezeit durchgeführt. Die Probenahmen erfolgen in den beiden Hauptausbreitungssektoren.

Alle hier genannten Probenmaterialien werden auf ihren Gehalt an langlebiger α - und β -Aktivität untersucht. Für die meisten Proben wird die spezifische Aktivität von Einzelnucliden durch γ -Spektrometrie ermittelt. An einer begrenzten Anzahl von Proben werden außerdem radiochemische Analysen zur Bestimmung ihres Strontium- und Plutoniumgehaltes durchgeführt.

II.4.1 Schlamm

II.4.1.1 Probenahmestelle Hirschkanal (nahe Nordost-Ecke des KfK)

Die Überwachung der Radioaktivität des Schlamms im Hirschkanal erfolgt anhand von wöchentlich geschöpften Stichproben s. Tab. 5/27. Die Probenahmestelle liegt in der Nähe der NO-Ecke des KfK und damit unterhalb der sechs Kühl- und Regenwassereinleitungsstellen hinter den sogenannten Sandfängen (s. Lageplan). Darüber hinaus ist die spezifische Aktivität von Einzelnucliden durch γ -Spektrometrie zu ermitteln, wenn die spezifische α -Gesamtaktivität der Proben 10 pCi/g TS (370 mBq/g TS) und/oder die spezifische β -Gesamtaktivität 30 pCi/g TS (1,11 Bq/g TS) übersteigt. Die Ergebnisse der γ -Spektrometrie für die Nuclide mit einer Konzentration oberhalb der Nachweisgrenze zeigt Tab. 5/28.

II.4.1.2 Probenahmestelle Altrhein, Gemarkungsgrenze unterhalb Abwassereinleitung

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 und die langlebige α - und β -Bruttoaktivität zu bestimmen (s. Tab. 5/29), und wenn die Bedingung " α -Aktivitätskonzentration > 10 pCi/g TS (370 mBq/g TS) und/oder β -Aktivitätskonzentration > 30 pCi/g TS (1,11 Bq/g TS)" erfüllt ist, muß die γ -Spektrometrie erfolgen (s. Tab. 5/30). Die programmbedingte Pu-238- und Pu-239+240-Ergebnisse sind in Tab. 5/29 eingetragen.

II.4.1.3 Probenahmestelle oberhalb der Abwassereinleitung als Referenzstelle

Das Überwachungsprogramm fordert außerdem halbjährlich die Entnahme einer Schlammprobe oberhalb der Abwassereinleitungsstelle und die Bestimmung ihrer spezifischen α - und β -Gesamtaktivität. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in Tab. 5/31 eingetragen. Die geforderten Probenahmen erfolgten im März und September 1981 an der Altrheinbrücke in Leopoldshafen. Wegen der niedrigen Aktivitätswerte ist programmbedingt eine γ -Spektrometrie an dieser Stelle nicht erforderlich.

Jahr 1981	spezifische Aktivität a (nach ca. sieben Tagen)				Jahr 1981	spezifische Aktivität a (nach ca. sieben Tagen)			
	a _α		a _β			a _α		a _β	
Datum	pCi/g TS	mBq/g TS	pCi/g TS	Bq/g TS	Datum	pCi/g TS	mBq/g TS	pCi/g TS	Bq/g TS
07.01.	< 1,5	< 55,5	27,7	1,02	07.07.	2,7	99,9	28,4	1,1
13.01.	< 1,8	< 66,6	41,0	1,5	14.07.	3,4	125,8	24,8	0,92
20.01.	4,4	162,8	29,0	1,1	21.07.	2,9	107,3	23,3	0,88
27.01.	2,4	88,8	32,3	1,2	28.07.	3,7	136,9	29,9	1,1
03.02.	3,0	111,0	26,4	0,98	04.08.	5,2	192,4	31,2	1,2
10.02.	6,9	255,3	34,3	1,3	11.08.	5,4	199,8	31,4	1,2
17.02.	3,2	118,4	25,1	0,93	18.08.	6,9	255,3	45,6	1,7
24.02.	6,2	229,4	45,9	1,7	25.08.	< 2,0	< 74,0	17,1	0,63
03.03.	3,9	144,3	30,8	1,1	01.09.	2,9	107,3	25,9	0,96
10.03.	14,9	551,3	123,6	4,6	08.09.	4,0	148,0	29,4	1,1
17.03.	3,6	133,2	28,4	1,1	15.09.	2,9	107,3	28,6	1,1
24.03.	3,0	111,0	41,1	1,5	22.09.	3,4	125,8	30,3	1,1
31.03.	3,0	111,0	24,7	0,91	29.09.	4,0	148,0	30,5	1,1
07.04.	2,8	103,6	25,4	0,94	06.10.	5,0	185,0	37,1	1,4
14.04.	3,6	133,2	41,4	1,5	13.10.	5,1	188,7	34,7	1,3
21.04.	2,7	99,9	30,1	1,1	20.10.	3,6	133,2	20,8	0,77
28.04.	4,9	181,3	38,7	1,4	27.10.	2,4	88,8	24,6	0,91
05.05.	5,4	199,8	37,8	1,4	03.11.	1,9	70,3	21,6	0,80
12.05.	6,0	222,0	35,6	1,3	10.11.	4,3	159,1	34,4	1,3
19.05.	4,9	181,3	35,4	1,3	17.11.	5,0	185,0	38,9	1,4
26.05.	4,2	155,4	33,9	1,3	24.11.	4,3	159,1	39,2	1,5
02.06.	5,5	203,5	48,1	1,8	01.12.	6,8	251,6	55,5	2,1
09.06.	3,7	136,1	35,5	1,3	08.12.	5,5	203,5	46,0	1,7
16.06.	4,7	173,9	35,7	1,3	15.12.	5,2	192,4	40,4	1,5
23.06.	3,6	133,2	37,1	1,4	22.12.	2,7	99,9	26,3	0,97
30.06.	5,9	218,3	38,3	1,4	29.12.	1,7	62,9	23,8	0,88

Tab. 5/27: Langlebige spezifische α- und β-Bruttoaktivität in Schlamm, Probenahmestelle Hirschkanal (nahe Nordost-Ecke des KfK), Nachweisgrenze: a_α: 2,0 pCi/g TS (74 mBq/g TS), a_β: 4,2 pCi/g TS (155,4 mBq/g TS)

Nuklid	maximale spezifische Aktivität				Probenahmedatum des Maximums
	pCi/g TS		mBq/g TS		
Co-60	0,25	± 0,04	9,3	± 1,5	24.02.1981
Zr-95	1,7	± 0,3	63	± 11	10.03.1981
Nb-95	3,0	± 0,2	110	± 7	10.03.1981
Ru-103	0,64	± 0,19	24	± 7	10.03.1981
Ru/Rh-106	8,2	± 7,0	360	± 260	15.12.1981
Sb-125	0,72	± 0,49	27	± 18	10.03.1981
Cs-134	1,0	± 0,2	37	± 7	10.03.1981
Cs-137	55,0	± 1,0	2 040	± 40	01.12.1981
Ce-141	0,8	± 0,2	30	± 7	10.03.1981
Ce-144	33,7	± 1,2	1 240	± 40	10.03.1981
Be-7	5,7	± 1,7	210	± 60	10.03.1981
K-40	16,0	± 2,1	590	± 80	21.04.1981 und 30.06.1981
Eu-154	3,5	± 0,1	130	± 5	23.06.1981
Eu-155	0,25	± 0,17	9	± 6	28.04.1981
Am-241	1,3	± 0,6	48	± 22	10.03.1981

Tab. 5/28: Maximale spezifische Aktivität von Einzelnucliden, die in den wöchentlichen Schlammproben durch γ-Spektrometrie nachgewiesen wurden. Probenahmestelle Hirschkanal (nahe Nordost-Ecke des KfK), Fehlerangabe: 3σ

Monat	Probenahme- datum	spezifische Aktivität a nach ca. sieben Tagen			
		a _α		a _β	
		nCi/kg TS	Bq/kg TS	nCi/kg TS	kBq/kg TS
Januar	16.01.1981	3,71	137,3	17,84	0,66
Februar	20.02.1981	4,39	162,4	17,37	0,64
März	23.03.1981	3,40	125,8	16,31	0,60
April	16.04.1981	3,46	128,0	17,54	0,65
Mai	15.05.1981	4,75	175,8	21,29	0,79
Juni	22.06.1981	4,28	158,4	18,69	0,69
Juli	16.07.1981	4,28	158,4	17,08	0,63
August	17.08.1981	5,41	200,2	23,65	0,88
September	22.09.1981	7,32	270,8	30,13	1,11
Oktober	26.10.1981	7,07	261,6	23,38	0,87
November	13.11.1981	5,71	211,3	28,58	1,06
Dezember	22.12.1981	11,63	430,3	46,57	1,72

Quartal	Probenahme- datum	spezifische Plutoniumaktivität			
		Pu-238		Pu-239+240	
		nCi/kg TS	Bq/kg TS	nCi/kg TS	Bq/kg TS
1.	23.03.1981	0,091±0,016	3,4±0,6	0,074±0,022	2,7±0,8
2.	15.05.1981	0,037±0,006	1,4±0,2	0,026±0,005	1,0±0,2
3.	17.08.1981	0,130±0,027	4,8±1,0	0,090±0,019	3,3±0,7
4.	13.11.1981	0,065±0,015	2,4±0,6	0,038±0,012	1,4±0,4

Tab. 5/29: Langlebige spezifische α-, β-Brutto- und Pu-Aktivität in Schlamm. Probenahmestelle Altrhein unterhalb der Abwassereinleitung. Nachweisgrenze: a_α: 1,6 nCi/kg TS (59,2 Bq/kg TS), a_β: 3,7 nCi/kg TS (136,9 Bq/kg TS), Fehlerangabe: ⁰3σ

Nuklid	spezifische Aktivität			
	Probenahmedatum			
	22.09.1981		22.12.1981	
	pCi/g TS	mBq/g TS	pCi/g TS	mBq/g TS
Cr-51	< 0,64	< 23,7	< 1,0	< 37,0
Mn-54	< 0,076	< 2,8	< 0,11	< 4,1
Co-57	< 0,069	< 2,6	< 0,11	< 4,1
Co-58	< 0,066	< 2,4	< 0,11	< 4,1
Fe-59	< 0,13	< 4,8	< 0,20	< 7,4
Co-60	0,22 ± 0,06	8,1 ± 2,2	< 0,092	< 3,4
Zn-65	< 0,18	< 6,7	< 0,29	< 10,7
Zr-95	0,39 ± 0,14	14,4 ± 5,2	0,26 ± 0,23	9,6 ± 8,5
Nb-95	0,72 ± 0,11	26,6 ± 4,1	1,0 ± 0,2	37,0 ± 7,4
Ru-103	< 0,078	< 2,9	< 0,14	< 5,2
Ru/Rh-106	2,3 ± 0,7	85,1 ± 25,9	3,2 ± 1,3	118,4 ± 48,1
Ag-110m	< 0,094	< 3,5	< 0,14	< 5,2
Sb-124	< 0,11	< 4,1	< 0,14	< 5,2
Sb-125	0,73 ± 0,22	27,0 ± 8,1	2,7 ± 0,4	99,9 ± 14,8
J-131	< 0,075	< 2,8	< 0,14	< 5,2
Cs-134	0,21 ± 0,08	7,8 ± 3,0	0,19 ± 0,13	7,0 ± 4,8
Cs-137	2,3 ± 0,2	85,1 ± 7,4	2,3 ± 0,3	65,1 ± 11,1
Ba/La-140	< 0,20	< 7,4	< 0,30	< 11,1
Ce-141	< 0,11	< 4,1	< 0,17	< 6,3
Ce-144	1,6 ± 0,6	59,2 ± 22,2	4,4 ± 1,1	162,8 ± 40,7
Be-7	1,4 ± 0,6	51,8 ± 22,2	1,7 ± 1,1	62,9 ± 40,7
K-40	9,3 ± 1,7	344,1 ± 62,9	5,5 ± 2,4	203,5 ± 88,8
Am-241	< 0,40	< 14,8	< 0,53	< 19,6

Tab. 5/30: Durch γ-Spektrometrie ermittelte spezifische Aktivität von Einzelnucliden in Schlamm. Probenahmestelle Altrhein unterhalb der Abwassereinleitung, Zahlen hinter "<" geben die Nachweisgrenze an, Fehlerangabe: 3σ

Probenahmedatum		spezifische Aktivität a (nach ca. sieben Tagen)			
		a_{α}		a_{β}	
		pCi/g TS	Bq/g TS	pCi/g TS	Bq/g TS
1. Halbjahr	24.03.1981	4,1	0,15	23,1	0,85
2. Halbjahr	22.09.1981	4,7	0,17	19,7	0,73

Tab. 5/31: Langlebige spezifische α - und β -Bruttoaktivität. Probenahmestelle Altrhein oberhalb der Abwassereinleitung als Referenzstelle. Nachweisgrenze: a_{α} : 1,7 pCi/g TS (62,9 mBq/g TS), a_{β} : 3,0 pCi/g TS (111 mBq/g TS)

II.4.2 Seston

Die Sestonprobenahme im Altrhein unterhalb der Einleitungsstelle der Abwässer aus dem KfK wurden 1981 auflagegemäß vierteljährlich durchgeführt.

Eine Übersicht über die Seston-Meßergebnisse vermittelt Tab. 5/32. Die im Seston um den Faktor 2 bis 4 höhere spezifische Aktivität als im Schlamm kann auf eine Anreicherung der Radionuklide im organischen Material zurückgeführt werden.

Probenahmedatum		spezifische Aktivität a (nach ca. sieben Tagen)				spezifische Plutoniumaktivität			
		a_{α}		a_{β}		Pu-239+240		Pu-238	
		pCi/g TS	Bq/g TS	pCi/g TS	Bq/g TS	pCi/g TS	mBq/g TS	pCi/g TS	mBq/g TS
1. Quartal	20.02.1981	11,3	0,42	26,5	0,98	0,051 ±0,017	1,9±0,6	< 0,027	< 1,0
2. Quartal	15.05.1981	15,4	0,57	50,5	1,9	0,803 ±0,120	29,7 ± 4,4	0,415 ±0,062	15,4 ± 2,3
3. Quartal	17.08.1981	16,3*	0,60*	105,2*	3,9*	0,991* ±0,149	36,7* ± 5,5	0,704* ±0,106	26,0* ± 3,9
4. Quartal	13.11.1981	15,6	0,58	52,8	1,9	0,636 ±0,105	23,5 ± 3,9	0,447 ±0,078	16,5 ± 2,9

*s. Text unter II.4.2

Tab. 5/32: Langlebige spezifische α -, β -Brutto- und Plutoniumaktivität in Seston. Sammelstelle Altrhein unterhalb der Abwassereinleitung. Nachweisgrenze: a_{α} : 1,5 pCi/g TS (5,6 mBq/g TS), a_{β} : 3,2 pCi/g TS (118,4 mBq/g TS). Pu: Zahlen hinter "<" geben die Nachweisgrenze an, Fehlerangabe: 3σ

II.4.3 Fisch

Der Überwachung des Vorfluters dienen auch die halbjährlichen Probenahmen von Fisch. Nach dem Überwachungsprogramm sollen möglichst Fried- und Raubfische untersucht werden, wobei die Bestimmung der spezifischen α - und Rest- β -Aktivität durch nuklidspezifische Bestimmungen des K-40- und Sr-90-Gehaltes und durch γ -spektrometrische Messungen zu ergänzen sind. Die Meßergebnisse für 1981 wurden in Tab. 5/33 zusammengefaßt. Gemessen wurde der Aktivitätsgehalt des allein für die Ingestionsdosis relevanten Fischfleisches.

Fischart	Brachse		Barsch		Brachse		Barsch	
Probenahme- datum	1. Halbjahr 1981 (6. April)				2. Halbjahr 1981 (28. September)			
Nuklid bzw. Art der Akti- vität	spezifische Aktivität							
	pCi/kg FS	Bq/kg FS	pCi/kg FS	Bq/kg FS	pCi/kg FS	Bq/kg FS	pCi/kg FS	Bq/kg FS
Rest-β (nach ca. sieben Tagen)	< 830	< 30,7	< 620	< 22,9	< 350	< 13,0	< 320	< 11,8
K-40	1850±293	68,5±11	1490±196	55±7	2510±33	93±1	2170±124	80±5
Sr-90	*	*	*	*	*	*	*	*
Cr-51	< 71	< 2,6	< 48	< 1,8	< 28	< 1,04	< 13	< 0,48
Mn-54	< 13	< 0,48	< 6	< 0,22	< 4	< 0,15	< 4	< 0,15
Co-57	< 5	< 0,19	< 4	< 0,19	< 3	< 0,11	< 2	< 0,074
Co-58	< 13	< 0,48	< 6	< 0,22	< 4	< 0,15	< 3	< 0,11
Fe-59	< 26	< 0,96	< 12	< 0,44	< 9	< 0,33	< 7	< 0,26
Co-60	< 16	< 0,59	< 7	< 0,26	< 5	< 0,19	< 4	< 0,15
Zn-65	< 29	< 1,07	< 2	< 0,074	< 11	< 0,41	< 9	< 0,33
Zr-95	< 19	< 0,70	< 1	< 0,037	< 5	< 0,19	< 6	< 0,22
Nb-95	< 12	< 0,44	< 6	< 0,22	< 4	< 0,15	< 3	< 0,11
Ru-103	< 10	< 0,37	< 6	< 0,22	< 4	< 0,15	< 3	< 0,11
Ru/Rh-106	< 95	< 3,5	< 54	< 2,0	< 33	< 1,22	< 36	< 1,33
Ag-110m	< 21	< 0,78	< 9	< 0,33	< 6	< 0,22	< 5	< 0,19
Sb-124	< 23	< 0,85	< 9	< 0,33	< 10	< 0,37	< 6	< 0,22
Sb-125	< 27	< 1,0	< 16	< 0,59	< 10	< 0,37	< 8	< 0,30
J-131	< 11	< 0,41	< 6	< 0,22	< 4	< 0,15	< 3	< 0,11
Cs-134	< 16	< 0,59	< 6	< 0,22	5,7±4,1	0,21±0,15	8,6±4,3	0,32±0,16
Cs-137	13±11	0,48±0,41	58±10	2,1±0,37	64,7±6,6	2,4 ±0,24	87,1±6,5	3,22±0,24
Ba/La-140	< 28	< 1,04	< 15	< 0,55	< 9	< 0,33	< 8	< 0,30
Ce-141	< 10	< 0,37	< 8	< 0,30	< 5	< 0,19	< 3	< 0,11
Ce-144	< 36	< 1,33	< 35	< 1,30	< 24	< 0,89	< 12	< 0,44
Be-7	< 84	< 3,11	< 48	< 1,8	< 33	< 1,22	< 26	< 0,96
Am-241	< 8	< 0,30	< 22	< 0,81	< 28	< 1,04	< 10	< 0,37

*Wegen zu geringen Probenmaterials keine Sr-90-Bestimmung möglich.

Tab. 5/33: Langlebige spezifische Rest-β-Brutto-, K-40- und Sr-90-Aktivität und durch γ-Spektrometrie ermittelte spezifische Aktivität von Einzelnucliden in Fisch. Probenahmestelle Altrhein unterhalb. Zahlen hinter "<" geben die Nachweisgrenze an, Fehlerangabe: 3σ

II.4.4 Wasserpflanzen

Die Ergebnisse der halbjährlich durchgeführten Überwachung des Aktivitätsgehaltes von Wasserpflanzen aus dem Altrhein wurden in Tab. 5/34 dargestellt.

Pflanzenart	Sumpfwies		Schilf		Sumpfwies		Schilf	
Probenahmedatum	1. Halbjahr 1981 (11. Mai)				2. Halbjahr 1981 (10. 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-β (nach ca. sieben Tagen)	< 3	< 111	< 10	< 370	< 8	< 296	< 3	< 111
K-40	4,5±0,5	166,5±18,5	23±0,6	851±22	6±1,1	222±41	13±0,6	481±22
Cr-51	< 0,2	< 7,4	< 0,08	< 2,96	< 0,3	< 11,1	< 0,1	< 3,7
Mn-54	< 0,02	< 0,74	< 0,01	< 0,37	< 0,04	< 1,48	< 0,02	< 0,74
Co-57	< 0,02	< 0,74	< 0,008	< 0,3	< 0,03	< 1,11	< 0,009	< 0,33
Co-58	< 0,02	< 0,74	< 0,01	< 0,37	< 0,04	< 1,48	< 0,02	< 0,74
Fe-59	< 0,04	< 1,48	< 0,03	< 1,11	< 0,07	< 2,59	< 0,04	< 1,48
Co-60	0,05±0,02	1,85±0,74	< 0,1	< 3,7	0,3±0,06	11,1±2,22	< 0,02	< 0,74
Zn-65	< 0,02	< 0,74	< 0,03	< 1,11	< 0,09	< 3,33	< 0,04	< 1,48
Zr-95	0,6 ±0,06	22,2±2,22	0,09±0,03	3,33±1,11	< 0,08	< 2,96	< 0,03	< 1,11
Nb-95	< 1,0	< 37	0,2 ±0,01	7,4 ±0,37	0,2±0,04	7,4±1,48	0,05±0,02	1,85±0,74
Ru-103	0,06±0,02	2,22±0,74	< 0,01	< 0,37	< 0,04	< 1,48	< 0,01	< 0,37
Ru/Rh-106	< 0,2	< 7,4	< 0,09	< 3,33	< 0,3	< 11,1	< 0,1	< 3,7
Ag-110m	< 0,02	< 0,74	< 0,03	< 1,11	< 0,05	< 1,85	< 0,04	< 1,48
Sb-124	< 0,03	< 1,11	< 0,01	< 0,37	< 0,05	< 1,85	< 0,03	< 1,11
Sb-125	0,07±0,06	2,59±2,22	< 0,03	< 1,11	0,4±0,1	14,8±3,7	< 0,04	< 1,48
J-131	< 0,02	< 0,74	< 0,01	< 0,37	< 0,03	< 1,11	< 0,01	< 0,37
Cs-134	0,04±0,02	1,48±0,74	< 0,01	< 0,37	0,2±0,06	7,4±2,22	< 0,02	< 0,74
Cs-137	0,3 ±0,04	11,1±1,48	0,03±0,01	1,11±0,37	0,3±0,06	11,1±2,22	0,09±0,02	3,33±0,74
Ba/La-140	< 0,05	< 1,85	< 0,03	< 1,11	< 0,09	< 3,33	< 0,04	< 1,48
Ce-141	0,1±0,03	0,37±1,11	0,01±0,01	0,37±0,37	< 0,05	< 1,85	< 0,02	< 0,74
Ce-144	0,5±0,1	18,5±3,7	0,1 ±0,08	3,7 ±2,96	0,4±0,2	14,8±7,4	0,2 ±0,09	7,4 ±3,33
Be-7	0,07±0,02	2,59±0,74	0,1 ±0,08	3,7 ±2,96	2,2±0,4	81,4±14,8	1,6 ±0,1	59,2±3,7
Eu-155	-	-	-	-	0,3±0,2	11,1±7,4	-	-
Am-241	< 0,1	< 3,7	< 0,05	< 1,85	< 0,2	< 7,4	< 0,07	< 2,59

Tab. 5/34: Langlebige spezifische Rest-β-Brutto- und K-40-Aktivität und durch γ-Spektrometrie ermittelte spezifische Aktivität von Radionukliden in Wasserpflanzen. Altrhein unterhalb der Abwassereinleitung, Zahlen hinter "<" geben die Nachweisgrenze an, Fehlerangabe: 3σ

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 (s. Lageplan) wurden auf folgende Weise ermittelt:

Die am meteorologischen Meßmast des KfK über einen Zeitraum von zehn Jahren ermittelte Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen weist zwei Hauptsektoren aus: 1. Wind aus 205° - 245° und 2. Wind aus 45° - 75°. 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 angetragen.

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 neutralen 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 Probenahmebereiche für Futterpflanzen und zum Verzehr bestimmte landwirtschaftliche Produkte werden jedoch durch bewaldete und bebaute Gebiete innerhalb der schmetterlingsähnlichen Figur der beiden Hauptsektoren weiter eingeeengt.

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 die Einzelnuclide durch eine γ -spektrometrische Untersuchung. Zusätzlich wurde jeweils die Rest- β - und K-40-Aktivität bestimmt, s. Tab. 5/35.

1. Halbjahr 1981						
Probenahme- stelle	1. Hauptausbreitungssektor		2. Hauptausbreitungssektor		Grötzingen (Referenzstelle)	
Probenahme- datum	30. April 1981		30. April 1981		30. April 1981	
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
Rest- β (nach ca. sieben Tagen)	< 9	< 333	< 10	< 370	< 9	< 333
K-40	20 \pm 0,6	740 \pm 22	25 \pm 0,9	925 \pm 33	20 \pm 0,3	740 \pm 11
Cr-51	< 0,09	< 3,3	< 0,2	< 7,4	< 0,06	< 2,2
Mn-54	0,04 \pm 0,01	1,5 \pm 0,4	0,06 \pm 0,02	2,2 \pm 0,7	0,03 \pm 0,008	1,1 \pm 0,3
Co-57	< 0,08	< 3,0	< 0,02	< 0,7	< 0,007	< 0,3
Co-58	< 0,01	< 0,4	< 0,02	< 0,7	< 0,008	< 0,3
Fe-59	< 0,03	< 1,1	< 0,05	< 1,9	< 0,025	< 0,9
Co-60	< 0,01	< 0,4	< 0,02	< 0,7	< 0,009	< 0,3
Zn-65	< 0,03	< 1,1	< 0,06	< 2,2	< 0,03	< 1,1
Zr-95	0,4 \pm 0,03	14,8 \pm 1,1	0,6 \pm 0,07	22,2 \pm 2,6	0,5 \pm 0,02	18,5 \pm 0,7
Nb-95	0,9 \pm 0,03	33,3 \pm 1,1	1,4 \pm 0,05	51,8 \pm 1,9	1,03 \pm 0,02	38,1 \pm 0,7
Ru-103	0,07 \pm 0,01	2,6 \pm 0,4	0,03 \pm 0,02	1,1 \pm 0,7	0,08 \pm 0,01	3,0 \pm 0,4
Ru/Rh-106	< 0,1	< 3,7	< 0,2	< 0,7	0,15 \pm 0,06	5,6 \pm 2,2
Ag-110m	< 0,02	< 0,7	< 0,03	< 1,1	< 0,014	< 0,5
Sb-124	< 0,02	< 0,7	< 0,02	< 0,7	< 0,01	< 0,4
Sb-125	0,05 \pm 0,03	1,9 \pm 1,1	< 0,06	< 2,2	0,05 \pm 0,02	1,9 \pm 0,7
J-131	< 0,01	< 0,4	< 0,02	< 0,7	< 0,008	< 0,3
Cs-134	< 0,01	< 0,4	< 0,02	< 0,7	< 0,008	< 0,3
Cs-137	0,1 \pm 0,02	3,7 \pm 0,7	0,1 \pm 0,02	3,7 \pm 0,7	0,07 \pm 0,009	2,6 \pm 0,3
Ba/La-140	< 0,03	< 1,1	< 0,06	< 2,2	< 0,02	< 0,7
Ce-141	0,1 \pm 0,01	3,7 \pm 0,4	0,1 \pm 0,03	3,7 \pm 1,1	0,1 \pm 0,01	3,7 \pm 0,4
Ce-144	1,2 \pm 0,07	44,4 \pm 2,6	1,8 \pm 0,2	66,6 \pm 0,7	1,2 \pm 0,07	44,4 \pm 2,6
Be-7	1,3 \pm 0,10	48,1 \pm 3,7	1,0 \pm 0,2	37,0 \pm 0,7	1,0 \pm 0,08	37,0 \pm 3,0
Am-241	< 0,05	< 1,9	< 0,1	< 3,7	< 0,04	< 1,5

Tab. 5/35: Langlebige spezifische Rest- β -Brutto- und K-40-Aktivität und durch γ -Spektrometrie ermittelte spezifische Aktivität von Einzelnucliden in Bewuchs, Zahlen hinter "<" geben die Nachweisgrenze an, Fehlerangabe: 3 σ

2. Halbjahr 1981						
Probenahme- stelle	1. Hauptausbreitungssektor	2. Hauptausbreitungssektor	Grötzingen (Referenzstelle)			
Probenahme- datum	21. Oktober 1981		21. Oktober 1981		21. Oktober 1981	
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
Rest- β (nach ca. sieben Tagen)	< 5	< 185	< 8	< 296	< 6	< 222
K-40	11 \pm 0,8	407 \pm 30	18 \pm 0,8	666 \pm 30	11 \pm 0,8	407 \pm 30
Cr-51	< 0,3	< 11,1	< 0,1	< 3,7	< 0,2	< 7,4
Mn-54	< 0,03	< 1,1	< 0,02	< 0,7	< 0,03	< 1,1
Co-57	< 0,02	< 0,7	< 0,02	< 0,7	< 0,01	< 0,4
Co-58	< 0,02	< 0,7	< 0,02	< 0,7	< 0,03	< 1,1
Fe-59	< 0,06	< 2,2	< 0,05	< 1,9	< 0,05	< 1,9
Co-60	< 0,04	< 1,5	< 0,02	< 0,7	< 0,03	< 1,1
Zn-65	< 0,07	< 2,6	< 0,06	< 2,2	< 0,07	< 2,6
Zr-95	0,08 \pm 0,06	3,7 \pm 2,2	< 0,04	< 1,5	< 0,05	< 1,9
Nb-95	0,026 \pm 0,003	1,1 \pm 0,1	0,08 \pm 0,03	3,0 \pm 1,1	0,05 \pm 0,03	1,9 \pm 1,1
Ru-103	< 0,04	< 1,5	< 0,02	< 0,7	< 0,02	< 0,7
Ru/Rh-106	< 0,5	< 18,5	< 0,2	< 7,4	< 0,2	< 7,4
Ag-110m	< 0,05	< 1,9	< 0,03	< 1,1	< 0,03	< 1,1
Sb-124	< 0,05	< 1,9	< 0,03	< 1,1	< 0,04	< 1,5
Sb-125	< 0,08	< 3,0	< 0,05	< 1,9	< 0,06	< 2,2
J-131	< 0,03	< 1,1	< 0,02	< 0,7	< 0,02	< 0,7
Cs-134	< 0,03	< 1,1	< 0,02	< 0,7	< 0,03	< 1,1
Cs-137	0,11 \pm 0,04	3,7 \pm 1,5	0,06 \pm 0,03	2,2 \pm 1,1	0,13 \pm 0,03	3,7 \pm 1,1
Ba/La-140	< 0,12	< 4,4	< 0,05	< 1,9	< 0,07	< 2,6
Ce-141	< 0,03	< 1,1	< 0,03	< 1,1	< 0,03	< 1,1
Ce-144	0,8 \pm 0,1	29,6 \pm 3,7	0,2 \pm 0,1	7,4 \pm 3,7	0,7 \pm 0,1	25,9 \pm 3,7
Be-7	10,0 \pm 0,5	370,0 \pm 18,5	4,5 \pm 0,3	166,5 \pm 11,1	8,0 \pm 0,04	296,0 \pm 1,5
Am-241	< 0,2	< 7,4	< 0,1	< 3,7	< 0,1	< 3,7

Tab. 5/35: Fortsetzung

II.4.6 Pflanzliche Nahrungsmittel

Dieser Programmpunkt sieht Probenahmen von Weizen, Blattgemüse (Salat) und Spargel jeweils jährlich zur Erntezeit in den beiden Hauptausbreitungssektoren (s. Beschreibung unter Programmpunkt II.4.5) vor. Zu messen sind jeweils die spezifische β -Gesamt- und K-40-Aktivität. Ferner sind zur Ermittlung der spezifischen Aktivität von Einzelnucliden γ -spektrometrische Analysen durchzuführen (s. Tab. 5/36).

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 (s. Lageplan).

Von den jährlichen Proben aus den beiden Hauptausbreitungssektoren innerhalb des KfK-Überwachungsbereiches werden die spezifische α - und β -Gesamtaktivität und durch γ -Spektroskopie die spezifische Aktivität von Einzelnucliden bestimmt. Eine Sr-90 spezifische Aktivitätsbestimmung erfolgt nur, wenn die spezifische β -Aktivität den Wert von 50 nCi/kg TS (1,85 kBq/kg TS) übersteigt.

Jahr 1981 (zur Erntezeit)						
Nahrungsmittel	Weizen		Blattgemüse (Salat)		Spargel	
Nuklid bzw. Art der Aktivität	spezifische Aktivität					
	pCi/kg FS	Bq/kg FS	pCi/kg FS	Bq/kg FS	pCi/kg FS	Bq/kg FS
Probenahme-stelle	1. Hauptausbreitungssektor					
Probenahme-datum	18. August 1981		9. Juli 1981		20. Mai 1981	
langl. Rest-ß (nach ca. sieben Tagen)	< 390	< 14	< 440	< 16	< 440	< 16
K-40	2760±67	102±2,5	3030±74	112±3	1060±123	39±5
Cr-51	< 9,4	< 0,35	< 9,9	< 0,37	< 3,4	< 0,13
Mn-54	< 1,3	< 0,05	2,3±2,1	0,09±0,08	< 0,5	< 0,02
Co-57	< 1,1	< 0,04	< 0,9	< 0,03	< 0,4	< 0,02
Co-58	< 1,5	< 0,06	< 3,6	< 0,13	< 0,5	< 0,02
Fe-59	< 2,7	< 0,10	< 1,8	< 0,07	< 1,3	< 0,05
Co-60	< 1,7	< 0,06	< 1,8	< 0,07	< 0,6	< 0,02
Zn-65	< 4,5	< 0,17	< 4,4	< 0,16	< 1,5	< 0,06
Zr-95	< 2,7	< 0,10	12,4±3,4	0,46±0,13	< 0,9	< 0,03
Nb-95	1,6 ± 1,5	0,059±0,056	27,3±2,5	1,0 ± 0,09	< 0,5	< 0,02
Ru-103	< 1,2	< 0,04	2,1±1,2	0,08±0,04	< 0,45	< 0,02
Ru/Rh-106	< 11,6	< 0,43	< 11,8	< 0,44	< 0,05	< 0,002
Ag-110m	< 2,0	< 0,07	< 1,6	< 0,06	< 0,8	< 0,03
Sb-124	< 1,6	< 0,06	< 1,8	< 0,07	< 0,6	< 0,02
Sb-125	< 3,4	< 0,13	< 3,6	< 0,13	< 1,2	< 0,04
J-131	< 1,4	< 0,05	< 1,2	< 0,04	< 0,4	< 0,02
Cs-134	< 1,5	< 0,06	2,0±1,7	0,07±0,06	< 0,6	< 0,02
Cs-137	13,95±2,2	0,52 ± 0,08	12,4±2,1	0,46±0,08	0,69±0,53	0,03±0,02
Ba/La-140	< 3,4	< 0,13	< 3,4	< 0,13	< 1,8	< 0,07
Ce-141	< 1,7	< 0,06	3,6±1,4	0,13±0,05	< 0,65	< 0,02
Ce-144	< 8,2	< 0,30	37,8±1,4	1,4 ± 0,05	< 3,0	< 0,11
Be-7	21,85±10,1	0,81 ± 0,37	115,5±16	4,3 ± 0,59	-	-
Am-241	< 5,4	< 0,20	< 10,3	< 0,38	< 3,3	< 0,12
Probenahme-stelle	2. Hauptausbreitungssektor					
Probenahme-datum	17. August 1981		17. August 1981		22. Mai 1981	
langl. Rest-ß (nach ca. sieben Tagen)	< 400	< 15	< 280	< 10	< 510	< 19
K-40	2780±60	103±2	2090±54	77±2	1300±23	48±1
Cr-51	< 7,6	< 0,28	< 8,8	< 0,33	< 2,8	< 0,10
Mn-54	< 1,3	< 0,05	< 1,4	< 0,05	< 0,5	< 0,02
Co-57	< 0,7	< 0,03	< 1,1	< 0,04	< 0,2	< 0,07
Co-58	< 1,3	< 0,05	< 1,4	< 0,05	< 0,5	< 0,02
Fe-59	< 3,0	< 0,11	< 3,2	< 0,12	< 1,0	< 0,04
Co-60	< 1,4	< 0,05	< 1,6	< 0,06	< 0,5	< 0,19
Zn-65	< 3,8	< 0,14	< 4,1	< 0,15	< 1,2	< 0,04
Zr-95	< 2,4	< 0,09	2,0±1,8	0,074±0,066	< 0,8	< 0,03
Nb-95	4,6±1,4	0,17±0,05	5,0±1,4	0,19 ± 0,05	< 0,5	< 0,02
Ru-103	< 1,2	< 0,04	< 1,1	< 0,04	< 0,04	< 0,02
Ru/Rh-106	< 9,4	< 0,35	< 10,4	< 0,38	< 3,7	< 0,14
Ag-110m	< 1,8	< 0,07	< 1,8	< 0,07	< 0,7	< 0,03
Sb-124	< 1,6	< 0,06	< 1,5	< 0,06	< 0,7	< 0,03
Sb-125	< 2,8	< 0,10	< 3,1	< 0,11	< 1,0	< 0,04
J-131	< 0,93	< 0,03	< 1,1	< 0,04	< 0,3	< 0,01
Cs-134	< 1,3	< 0,05	< 1,4	< 0,05	< 0,5	< 0,02
Cs-137	9,2±1,8	0,34±0,07	2,3±1,3	0,09±0,05	1,5±0,5	0,06±0,02
Ba/La-140	< 2,6	< 0,10	< 3,1	< 0,11	< 1,0	< 0,04
Ce-141	< 1,3	< 0,05	< 1,7	< 0,06	< 0,1	< 0,004
Ce-144	< 5,6	< 0,21	< 8,3	< 0,31	< 1,7	< 0,06
Be-7	22,0±10,0	0,81±0,37	39,6±9,0	1,5 ± 0,33	< 3,2	< 0,12
Am-241	< 5,0	< 0,19	< 6,8	< 0,25	< 1,4	< 0,05

Tab. 5/36: Langlebige spezifische Rest-ß-Brutto- und K-40-Aktivität und durch γ-Spektrometrie ermittelte Aktivität von Einzelnukliden in pflanzlichen Nahrungsmittel. Zahlen hinter "<" geben die Nachweisgrenze an, Fehlerangabe: 3σ

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 (s. Lageplan) genommen. Von den jährlichen Proben aus diesen Gebieten wird die spezifische α - und β -Bruttoaktivitätskonzentration, die spezifische Aktivität von Einzelnucliden durch γ -Spektrometrie und die spezifische Aktivität von Sr-90, Pu-238 und Pu-239+240 bestimmt. Die Meßergebnisse für die Bodenproben sind in Tab. 5/37 eingetragen.

Probenahmegebiet	Betrieblicher Überwachungsbereich			
	1. Hauptausbreitungsrichtung		2. Hauptausbreitungsrichtung	
Nuklid bzw. Art der Aktivität	spezifische Aktivität			
	nCi/kg TS	Bq/kg TS	nCi/kg TS	Bq/kg TS
langl. spez. α -Bruttoaktivität a_α	4,7±1,2	174± 44	4,8±1,2	178± 44
langl. spez. β -Bruttoaktivität a_β	23,3±2,7	862±100	25,1±2,7	929±100
Cr-51	< 0,49	< 18,1	< 0,31	< 11,5
Mn-54	< 0,051	< 1,9	< 0,048	< 1,8
Co-57	< 0,055	< 2,0	< 0,026	< 1,0
Co-58	< 0,051	< 1,9	< 0,048	< 1,8
Fe-59	< 0,11	< 4,1	< 0,093	< 3,4
Co-60	< 0,055	< 2,0	< 0,048	< 1,8
Zn-65	< 0,13	< 4,8	< 0,12	< 4,4
Zr-95	< 0,097	< 3,6	< 0,084	< 3,1
Nb-95	< 0,055	< 2,0	< 0,045	< 1,7
Ru-103	< 0,057	< 2,1	< 0,046	< 1,7
Ru/Rh-106	< 0,50	< 18,5	< 0,37	< 13,7
Ag-110m	< 0,071	< 2,6	< 0,064	< 2,4
Sb-124	< 0,085	< 3,4	< 0,08	< 3,0
Sb-125	< 0,17	< 6,3	< 0,11	< 4,1
J-131	< 0,059	< 2,2	< 0,037	< 1,4
Cs-134	< 0,059	< 2,2	< 0,045	< 1,7
Cs-137	2,2±0,2	81,4± 7,4	1,3±0,1	48,1± 3,7
Ba/La-140	< 0,15	< 5,6	< 0,11	< 4,1
Ce-141	< 0,089	< 3,3	< 0,047	< 1,7
Ce-144	< 0,41	< 15,2	< 0,21	< 7,8
Be-7	< 0,52	< 19,2	< 0,34	< 12,6
K-40	12,0±2,0	444 ±74	9,0±1,4	333 ±51,8
Am-241	< 0,36	< 13,32	< 0,18	< 6,7
Sr-90	Angabe, wenn $a_\beta > 50$ nCi/kg TS bzw. $> 1,85$ kBq/kg TS			

Tab. 5/37: Langlebige spezifische α - und β -Bruttoaktivität, durch γ -Spektrometrie ermittelte spezifische Aktivität von Einzelnucliden sowie spezifische Aktivität von Sr-90, Pu-238 und Pu-239+240 in Boden. Probenahmedatum: 23. September 1981. Probenahmegebiete: Hauptausbreitungssektoren und Durlach, Zahlen hinter "<" geben die Nachweisgrenze an, Fehlerangabe: 3 σ

Probenahme- gebiet	300 - 800 m vom WAK-Abluftkamin				Referenzstelle Raum Durlach	
	1. Hauptausbreitungsricht.		2. Hauptausbreitungsricht.			
Nuklid bzw. Art der Aktivität	spezifische Aktivität					
	nCi/kg TS	Bq/kg TS	nCi/kg TS	Bq/kg TS	nCi/kg TS	Bq/kg TS
langl. spez. d-Bruttoakti- vität a_d	3,0±1,2	111± 44	3,6±1,2	133± 44	2,9±1,2	107± 44
langl. spez. β-Bruttoakti- vität $a_β$	21,0±2,7	777±100	19,4±2,5	718±93	19,1±2,7	707±100
Cr-51	< 0,27	< 10,0	< 0,30	< 11,1	< 0,43	< 15,9
Mn-54	< 0,042	< 1,6	< 0,039	< 1,4	< 0,054	< 2,0
Co-57	< 0,023	< 0,9	< 0,033	< 1,2	< 0,048	< 1,8
Co-58	< 0,043	< 1,6	< 0,035	< 1,3	< 0,051	< 1,9
Fe-59	< 0,094	< 3,5	< 0,072	< 2,7	< 0,11	< 4,1
Co-60	< 0,19	< 7,0	< 0,038	< 1,4	< 0,051	< 1,9
Zn-65	< 0,076	< 2,8	0,19± 0,09	7,0± 3,3	< 0,14	< 5,2
Zr-95	< 0,075	< 2,8	< 0,066	< 2,4	< 0,091	< 3,4
Nb-95	< 0,043	< 1,6	< 0,036	< 1,3	< 0,055	< 2,0
Ru-103	< 0,036	< 1,3	< 0,035	< 1,3	< 0,049	< 1,8
Ru/Rh-106	< 0,41	< 15,2	< 0,31	< 11,5	< 0,43	< 15,9
Ag-110m	< 0,055	< 2,0	< 0,05	< 1,9	< 0,073	< 2,7
Sb-124	< 0,072	< 2,7	< 0,054	< 2,0	< 0,078	< 2,9
Sb-125	< 0,097	< 3,6	< 0,10	< 3,7	< 0,14	< 5,2
J-131	< 0,033	< 1,2	< 0,034	< 1,3	< 0,06	< 2,2
Cs-134	< 0,047	< 1,7	< 0,041	< 1,5	< 0,054	< 2,0
Cs-137	0,23±0,06	8,5± 2,3	0,056±0,034	2,1± 1,3	< 0,058	< 2,1
Ba/La-140	< 0,096	< 3,6	< 0,093	< 1,3	< 0,13	< 4,8
Ce-141	< 0,043	< 1,6	< 0,055	< 2,0	< 0,08	< 3,0
Ce-144	< 0,19	< 7,0	< 0,26	< 9,6	< 0,038	< 1,4
Be-7	< 0,30	< 11,1	< 0,30	< 11,1	< 0,43	< 15,9
K-40	10,0 ±1,7	370 ±60	11,0 ±1,5	400 ±60	17,2±1,6	636,4±59,2
Am-241	< 0,15	< 5,6	< 0,18	< 6,7	< 0,29	< 10,7
Sr-90	< 0,009	< 0,31	< 0,010	< 0,37	< 0,006	< 0,2
Pu-238	0,017±0,006	0,6 ±0,2	0,0005±0,0004	0,019±0,017	< 0,0002	< 0,007
Pu-239+240	0,058±0,010	2,15±0,37	0,0010±0,0006	0,04 ±0,02	0,0005±0,0004	0,02±0,015

Tab. 5/37: Fortsetzung

III. Meßfahrten im Rahmen des Störfallmeßprogramms

Dieser Programmpunkt wurde im Jahr 1981 neu in das Programm zur Überwachung der Umweltradioaktivität am Kernforschungszentrum Karlsruhe aufgenommen. Ziel ist das Training des Personals der HS/R mit Meßfahrten, die auch im Fall eines Stör- oder Unfalles durchzuführen sind. Auflagebedingt müssen monatlich Meßfahrten zu wechselnden Probenahme- bzw. Meßorten, die in den Zonen und Sektoren in der Umgebung des KfK liegen, durchgeführt werden. Die 16 Probenahme- bzw. Meßorte wurden in der Zentralzone gemäß dem "Besonderen Katastropheneinsatzplan für die Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe" festgelegt. Am 15. Februar 1981 haben neun am Störfallmeßprogramm Beteiligte die 16 Probenahme- bzw. Meßorte besichtigt. Fotos und Beschreibungen wurden für alle Meßpunkte angefertigt.

Mit Ausnahme des Programmpunktes III.1.3 (Jod-131-Aktivitätskonzentration) konnte das Programm termingerecht durchgeführt werden. Die Verzögerung des Programmpunktes II.1.3 wurde durch die langen Lieferzeiten neu zu beschaffenden Meßgeräte verursacht. Er wurde ab Juli 1981 erfüllt. Die Ergebnisse der Meßfahrten im Rahmen des Routineüberwachungsprogramms für den Störfall enthält Tab. 5/38.

Datum	Meß- bzw. Probenahme-stelle	Programmpunkt III.1: LUFT				III.2: BODENOBERFLÄCHE			
		γ-Dosisleistung		Gesamt-β-Aktivitätskonzentration		J-131-Aktivitätskonzentration		Gesamt-β-Aktivitätsflächenbelegung	
		µrem/h	nSv/h	pCi/m ³	Bq/m ³	pCi/m ³	Bq/m ³	nCi/m ²	kBq/m ²
23.01.1981	Z1	6	60	112	4,14	*	*	45	1,67
20.02.1981	Z3	7	70	16	0,59	*	*	90	3,33
20.03.1981	Z5	7	70	103	3,81	*	*	90	3,33
24.04.1981	Z6	6	60	20	0,74	*	*	90	3,33
22.05.1981	Z7	6	60	72	2,66	*	*	90	3,33
26.06.1981	Z9	6	60	57	2,11	*	*	90	3,33
24.07.1981	Z10	6	60	41	1,52	< 8	< 0,30	63	2,33
21.08.1981	Z11	7	70	68	2,52	< 21	< 0,78	90	3,33
25.09.1981	Z12a	7	70	116	4,29	< 21	< 0,78	45	1,67
29.10.1981	Z1	7	70	20	0,72	< 30	< 1,11	45	1,67
30.11.1981	Z15a	6	60	36	1,33	< 14	< 0,52	45	1,67
21.12.1981	Z15b	7	70	95	3,52	< 6	< 0,22	54	2,00

*Wegen langer Lieferzeiten neu zu beschaffender Meßgeräte nicht erfüllt.

Tab. 5/38: Meßfahrten im Rahmen des Routineüberwachungsprogramms für den Störfall. Nachweisgrenze: γ-Dosisleistung 2 µrem/h (20 nSv/h), Gesamt-β-Aktivitätskonzentration (im Bereich von 100 pCi/m³) 30 pCi/m³ (1,11 Bq/m³), Gesamt-β-Aktivitätsflächenbelegung (im Bereich von 100 nCi/m²) 30 nCi/m² (1,11 kBq/m²), Zahlen hinter "<" geben die Nachweisgrenze an

5.3.2 Überwachung aufgrund besonderer Anlässe

D. Papadopoulos, R. Schartz

Für eine wirksame Umgebungsüberwachung, die insbesondere den betrieblichen Überwachungsbereich selbst miteinschließt, reicht das Routineüberwachungsprogramm 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.

Eine Übersicht der besonderen Überwachungsmaßnahmen mit ihren Anlässen und Meßergebnissen für das Jahr 1981 wird im folgenden zusammengestellt.

Im folgenden wird eine tabellarische Übersicht über besondere Überwachungsmaßnahmen im Jahr 1981 gegeben. Mit A wird die spezifische Aktivität bzw. Aktivitätskonzentration bezeichnet.

Anlaß	Überwachungsmaßnahmen	Meßergebnisse								
		Sandfang	A _α				A _β			
Min			Max		Min		Max			
		nCi/kgTS	kBq/kgTS	nCi/kgTS	kBq/kgTS	nCi/kgTS	kBq/kgTS	nCi/kgTS	kBq/kgTS	
Kontinuierliche Ableitung der Kühl- und Regenwässer in den Hirschkanal	wöchentliche Schlammprobenahme und Aktivitätsbestimmung aus den sechs Sandfängen der Regenwasserkanalisation (s. Lageplan)	I	2	0,07	44	1,63	16	0,59	264	9,77
		II	1	0,04	66	2,44	12	0,44	235	8,70
		III	1	0,04	44	1,63	8	0,30	377	13,95
		IV	1	0,04	66	2,44	12	0,44	754	27,90
		V	1	0,04	107	3,96	21	0,78	398	14,73
		VI	1	0,04	54	2,00	19	0,70	233	8,62
Undichtigkeiten im Rohrleitungssystem der Kläranlage und Leckagen im Chemieabwasserleitungsnetz	Tritiumüberwachung des Grundwassers aus 24 Beobachtungsbrunnen (s. Lageplan) Probenahmefrequenz zwischen 1 x wöchentlich und vierteljährlich	Streubereich der Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration des Grundwassers von 24 Brunnen innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches im Bereich der Kläranlage: 0,3 nCi/l (11,1 Bq/l) bis 33 nCi/l (1,22 kBq/l) Referenzstelle südöstlich des KfK: <0,2 nCi/l (7,4 Bq/l)								
Erhöhte Ortsdosiswerte innerhalb des Betriebsgeländes des KfK	Ortsdosismessungen mittels Thermolumineszenzfestkörperdosimetern (s. Lageplan) 1. Raster im Betriebsgelände des KfK (40 Meßstellen) 2. Westlich der HDB (13 Meßstellen) 3. HDB-Zaun (20 Meßstellen)	Ortsdosis H (Nov. 1980 bis Nov. 1981)								
		Meßstellen	\bar{H}		H _{min}		H _{max}			
			rem	mSv	rem	mSv	rem	mSv		
		Raster	0,11	1,1	0,06	0,6	0,61	6,1		
westlich der HDB	0,09	0,9	0,07	0,7	0,18	1,8				
HDB-Zaun	0,28	2,8	0,10	1,0	1,5	15,0				
Erhöhte H-3-Aktivitätskonzentration im Grundwasser im Bereich des Rhein-niederungskanaals zwischen Einleitungsstelle der Abwässer aus dem KfK und Einmündung des Altrheins in den Rhein bei Speyer	Monatliche Probenahme und Tritiumaktivitätskonzentrationsmessungen aus den Stellen A, B, C und H (s. Abb. 5/10)	Probenahme-stelle	\bar{A}_{H-3}		A _{H-3 min}		A _{H-3 max}			
			nCi/l	Bq/l	nCi/l	Bq/l	nCi/l	Bq/l		
		A	6,5	241	5,9	218	7,0	259		
		B	8,2	303	7,7	285	8,9	329		
C	12,3	455	11,7	433	13,3	429				
H	2,9	107	2,0	74	3,6	133				

Anlaß	Überwachungsmaßnahmen	Meßergebnisse					
Bruch einer erdverlegten Rohrleitung für schwachaktives Chemieabwasser an der SO-Ecke des MZFR-Zaunes am 19. Februar	Entnahme einer Probe des ausgelaufenen Wassers und Aktivitätsbestimmungen	$A_{\alpha} = 6 \text{ pCi/l (222 mBq/l)}$ $A_{\beta} = 7 \text{ pCi/l (259 mBq/l)}$ $A_{H-3} = 25 \text{ nCi/l (925 Bq/l)}$					
		A_{α}			A_{β}		
	Entnahme von drei Bodenproben an der freigelegten Leckagestelle und Aktivitätsbestimmungen	Probe	pCi/g TS	mBq/g TS	pCi/g TS	mBq/g TS	
		1	1,8	67	13,4	456	
		2	1,3	48	14,3	529	
3	1,6	59	18,2	666			
Freilegung einer undichten Flanschverbindung an einer Leitung nahe dem Zyklator am 20. Februar	Entnahme einer Probe des an der Leckage ausgetretenen Wassers und Aktivitätsbestimmungen	$A_{\alpha} = 20 \text{ pCi/l (0,740 Bq/l)}$ $A_{\beta} = 90 \text{ pCi/l (3,33 Bq/l)}$					
		Aktivitätskonzentration der γ -spektrometrisch nachgewiesenen künstlichen Radionuklide					
		$A_{Co-60} = 4,5 \text{ pCi/l (167 mBq/l)}$					
		$A_{Sb-125} = 4,7 \text{ pCi/l (174 mBq/l)}$					
	$A_{Cs-137} = 12,9 \text{ pCi/l (477 mBq/l)}$						
	$A_{Sr-89 + Sr-90} = 6,1 \text{ pCi/l (226 mBq/l)}$						
	Entnahme von drei Bodenproben in 0,5 m und 1,5 m Tiefe an der freigelegten Leckagestelle und Aktivitätsbestimmungen	A_{α}			A_{β}		
		Probe	pCi/g TS	mBq/g TS	pCi/g TS	Bq/g TS	
		1	1,7	63	16,5	0,611	
		2	2,5	93	18,4	0,681	
3		9,0	333	31,9	1,180		
γ -spektrometrisch nachgewiesene künstliche Radionuklide:							
Probe		1		2		3	
Nuklid	$\frac{\text{pCi}}{\text{g FS}}$	$\frac{\text{mBq}}{\text{g FS}}$	$\frac{\text{pCi}}{\text{g FS}}$	$\frac{\text{mBq}}{\text{g FS}}$	$\frac{\text{pCi}}{\text{g FS}}$	$\frac{\text{mBq}}{\text{g FS}}$	
Cs-137	0,04	1,5	0,66	24,4	10,4	385,8	
Co-60	-	-	0,095	3,5	0,44	16,3	
Ru/Rh-106	-	-	-	-	0,41	15,2	
Sb-125	-	-	-	-	0,39	14,1	
Am-241	-	-	-	-	0,92	34,0	

Anlaß	Überwachungsmaßnahmen	Meßergebnisse																																														
<p>Fäkalschlammabla- gerung im Wald am 27. Februar</p>	<p>Entnahme einer Fäkal- schlammprobe sowie Ent- nahme von zwei Refer- enzproben und Aktivi- tätsbestimmungen</p>	<p><u>Fäkalschlammprobe</u> A_{α} = 13 pCi/g TS (481 mBq/g TS) A_{β} = 29 pCi/g TS (1,073 Bq/g TS)</p> <p>γ-spektrometrisch nachgewiesene künstliche Radio- nuklide:</p> <table border="1" data-bbox="671 421 1356 725"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">A_{γ}</th> </tr> <tr> <th>Nuklid</th> <th>pCi/g TS</th> <th>mBq/g TS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Co-60</td><td>1,03</td><td>38</td></tr> <tr><td>Zr-95</td><td>0,31</td><td>11</td></tr> <tr><td>Nb-95</td><td>0,80</td><td>20</td></tr> <tr><td>Ru-103</td><td>0,28</td><td>10</td></tr> <tr><td>Sb-125</td><td>0,36</td><td>13</td></tr> <tr><td>Cs-134</td><td>0,18</td><td>7</td></tr> <tr><td>Cs-137</td><td>1,03</td><td>38</td></tr> <tr><td>Ce-141</td><td>0,29</td><td>11</td></tr> </tbody> </table> <p><u>Referenzproben</u> γ-spektrometrisch nachgewiesene künstliche Radio- nuklide:</p> <table border="1" data-bbox="671 860 1356 1039"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">A_{γ}</th> </tr> <tr> <th>Probe</th> <th>Nuklid</th> <th>pCi/g TS</th> <th>mBq/g TS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Cs-137</td><td>0,83</td><td>31</td></tr> <tr><td>2</td><td>Cs-137</td><td>3,72</td><td>138</td></tr> </tbody> </table>	A_{γ}			Nuklid	pCi/g TS	mBq/g TS	Co-60	1,03	38	Zr-95	0,31	11	Nb-95	0,80	20	Ru-103	0,28	10	Sb-125	0,36	13	Cs-134	0,18	7	Cs-137	1,03	38	Ce-141	0,29	11	A_{γ}				Probe	Nuklid	pCi/g TS	mBq/g TS	1	Cs-137	0,83	31	2	Cs-137	3,72	138
A_{γ}																																																
Nuklid	pCi/g TS	mBq/g TS																																														
Co-60	1,03	38																																														
Zr-95	0,31	11																																														
Nb-95	0,80	20																																														
Ru-103	0,28	10																																														
Sb-125	0,36	13																																														
Cs-134	0,18	7																																														
Cs-137	1,03	38																																														
Ce-141	0,29	11																																														
A_{γ}																																																
Probe	Nuklid	pCi/g TS	mBq/g TS																																													
1	Cs-137	0,83	31																																													
2	Cs-137	3,72	138																																													
<p>Erhöhter Radioak- tivitätsgehalt der routinemäßigen Wochenproben von Sandfang III am 4. März</p>	<p>14 Schlammproben aus den Schächten des Einzugs- bereiches des Kühl- und Regenwassers zwischen Zyklotron und Sandfang III und sechs Schlamm- proben aus den Dachrin- nen der Gebäude 321a und 341 wurden genommen und ihre Aktivität bestimmt</p>	<p><u>Schlammprobe aus Sandfang III</u> A_{α} = 44,3 pCi/g TS (1,64 Bq/g TS) A_{β} = 376,6 pCi/g TS (13,9 Bq/g TS)</p> <p>γ-spektrometrisch nachgewiesene künstliche Radio- nuklide: Be-7, Nb-95, Ru-103, Ru/Rh-106, Sb-125, Cs-137, Ce-141, Ce-144</p> <p>14 Schlammproben aus den Schächten, Flüssigkeit und Feststoff wurden separat gemessen =====</p> <p><u>14 Flüssigkeitsproben</u> alle Meßwerte lagen unterhalb der Nachweisgrenze A_{α} < 50 pCi/l (< 1,85 Bq/l) A_{β} < 100 pCi/l (< 3,7 Bq/l)</p> <p><u>14 Feststoffproben</u> γ-spektrometrisch nachgewiesene Radionuklide ent- lang des Regen- und Kühlwasserkanals vom Zyklo- tron bis Sandfang III: Be-7, Zr-95, Nb-95, Ru-103, Ru/Rh-106, Sb-125, Cs-134, Cs-137, Ce-141, Ce-144</p> <p>6 Feststoffproben von Dächern =====</p> <p>γ-spektrometrisch konnten die Nuklide Zr-95, Nb-95, Ru-103, Rh/Rh-106, Sb-125, Cs-137, Ce-141, Ce-144 und Be-7 nachgewiesen werden.</p>																																														

Anlaß	Überwachungsmaßnahmen	Meßergebnisse
Datensammlung zur Klärung der Notwendigkeit der Schlammräumung des Hirschkanals	Am 6. März wurden an 19 Stellen (s. Abb. 5/16) Schlammproben aus dem Hirschkanal genommen und ihre Aktivität bestimmt. Außerdem wurden an den Probenahmestellen, die Flußbettbreiten, die Wasser- und Schlamm-tiefen gemessen und die Schlammmenge abgeschätzt.	γ -spektrometrisch konnten die künstlichen Radionuklide Co-60, Zr-95, Nb-95, Ru-103, Ru/Rh-106, Sb-125, Cs-134, Cs-137, Ce-144 und Am-241 nachgewiesen werden. Zwischen den Meßstellen 1 bis 19 beträgt das Schlammgesamtvolumen ca. 5 300 m ³ . Die Cs-137-Aktivität in diesem Volumen wurde mit ca. 0,05 Ci ($1,85 \cdot 10^9$ Bq) abgeschätzt.
pH-Grenzwertüberschreitung im Sandfang I am 12. März	Entnahme einer Wasserprobe aus Sandfang I und Aktivitätsbestimmung	$A_{\alpha} < 10$ pCi/l (< 370 mBq/l) $A_{\beta} = 99$ pCi/l (3,663 Bq/l)
		$A_{H-3} < 8$ nCi/l (< 296 Bq/l)
Erhöhte Tritiumaktivitätskonzentrationen im Bereich des Rhein-niederungskanaals	Am 24. April Entnahme von sechs Wasserproben aus Eigenwasserversorgungsanlagen. Zwei aus der Stelle D und je eine aus E, F, G und Schöpfwerk Philippsburg - zwischen Philippsburg und Oberhausen - (s. Abb. 5/10).	D: $A_{H-3} < 0,15$ nCi/l (< 5,6 Bq/l) $A_{H-3} < 0,20$ nCi/l (< 7,4 Bq/l) E: $A_{H-3} < 0,16$ nCi/l (< 5,9 Bq/l) F: $A_{H-3} < 0,15$ nCi/l (< 5,6 Bq/l) G: $A_{H-3} < 0,15$ nCi/l (< 5,6 Bq/l) Schöpfwerk Philippsburg: $A_{H-3} = 0,33$ nCi/l (12,2 Bq/l)
	Am 3. Juli H-3-Konzentrationsbestimmungen an Proben aus den Stellen 1 bis 14 (s. Abb. 5/10)	Der höchste Meßwert mit $A_{H-3} = 35$ nCi/l (1,3 kBq/l) wurde an der Stelle 8 (s. Abb. 5/10) ermittelt
	Am 31. Juli Entnahme von drei Wasserproben aus Eigenwasserversorgungsanlagen und A_{H-3} -Bestimmung. Probenahmestellen: Lohfeld - zwischen Liedolsheim und Rußheim - I und J (s. Abb. 5/10)	Lohfeld: $A_{H-3} < 0,17$ nCi/l (< 6,3 Bq/l) I: $A_{H-3} = 29,0$ nCi/l (1073 Bq/l) J: $A_{H-3} = 9,5$ nCi/l (352 Bq/l)
	Am 10. August Entnahme von fünf Wasserproben aus Eigenwasserversorgungsanlagen und A_{H-3} -Bestimmung. Probenahmestellen: E, F, G, I und J (s. Abb. 5/10)	E: $A_{H-3} < 0,16$ nCi/l (5,9 Bq/l) F: $A_{H-3} < 0,16$ nCi/l (5,9 Bq/l) G: $A_{H-3} < 0,17$ nCi/l (6,3 Bq/l) I: $A_{H-3} = 27,0$ nCi/l (999 Bq/l) J: $A_{H-3} = 11,7$ nCi/l (433 Bq/l)
Leckage eines Eisenbahnwaggons mit radioaktiver Flüssigkeit	Am 15. Oktober γ -Dosisleistungs- und Oberflächenkontaminationsmessungen an der betroffenen Stelle im Bahnhof West-Karlsruhe, an der der Waggon am Vortag längere Zeit stand.	maximaler γ -Dosisleistungswert ≈ 10 μ rd/h (100 nGy) α - und β -Bruttoaktivität: 10 - 20 ips

Anlaß	Überwachungsmaßnahmen	Meßergebnisse
pH-Grenzwertüberschreitung im Sandfang IV am 28. Oktober	Entnahme einer Wasserprobe und Aktivitätsbestimmung	$A_{\alpha} < 0,05 \text{ nCi/l (1,85 Bq/l)}$ $A_{\beta} < 0,1 \text{ nCi/l (3,7 Bq/l)}$
		$A_{\text{H-3}} < 8 \text{ nCi/l (296 Bq/l)}$
		γ -spektrometrisch konnten keine künstliche Radionuklide identifiziert werden.
pH-Grenzwertüberschreitung im Sandfang I am 3. November	Entnahme einer Wasserprobe und Aktivitätsbestimmung	$A_{\alpha} = 0,06 \text{ nCi/l (2,22 Bq/l)}$ $A_{\beta} < 0,1 \text{ nCi/l (3,7 Bq/l)}$
		$A_{\text{H-3}} < 8 \text{ nCi/l (296 Bq/l)}$
Überlaufendes Frischwasser aus der Wäscherkammer der Zuluft für Labor 721 im Erdgeschoß 723 am 7./8. November	Probenahme des auf die Straße ausgelaufenen Wassers und Aktivitätsbestimmung	$A_{\alpha} = 0,07 \text{ nCi/l (2,6 Bq/l)}$ $A_{\beta} < 0,02 \text{ nCi/l (0,74 Bq/l)}$
		γ -spektrometrisch konnten keine künstlichen Radionuklide nachgewiesen werden.
Rohrleitungsüberprüfung bei der HDB am 25. November	Entnahme einer Sedimentprobe aus Sandfang IV und Aktivitätsbestimmung	$A_{\text{H-3}} < 0,16 \text{ nCi/l (5,9 Bq/l)}$
		γ -spektrometrisch konnten keine künstlichen Radionuklide nachgewiesen werden.

5.4 Spektrometrie

H. Feßler

Die im Jahresbericht 1980 beschriebene Anlage wurde im Laufe des Jahres 1981 für Messungen einer Vielzahl unterschiedlicher Proben eingesetzt. Darüber hinaus wurden bei Low-level-Messungen für die Kernkraftwerke Obrigheim und Gundremmingen α - und β -Bruttoaktivitätsmessungen an Wasserproben sowie Tritiumbestimmungen durchgeführt, die in der Tab. 5/39 mit aufgeführt werden.

Meßgut	Meßmethode	Anzahl der Proben	eingesetzte Detektoren	Bemerkungen
Wasserproben	$\alpha + \beta$ -Bruttomessung	368	Großflächendurchflußzähler	Im Auftrag anderer kerntechnischer Anlagen
Sonderproben	γ -Spektroskopie α -Spektroskopie	11 25	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren	
Abluftfilter aufgearbeitet	γ -Spektroskopie α -Spektroskopie auf Pu	12 25	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren	Messungen für Emissionsüberwachung
Endbeckenmischproben	γ -Spektroskopie α -Spektroskopie	64 12	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren	
Aktivkohleproben (Abluftüberwachung)	γ -Spektroskopie	1 402	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren	
	γ - und Röntgenspektroskopie	626	Planare Ge-Detektoren	
Abluftfilter direkt gemessen	γ -Spektroskopie $\alpha + \beta$ -Brutto	91 1 383	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Pseudokoinzidenzanlage	
Aerosol- und Jodfilter aus Meßhütten	γ -Spektroskopie α -Spektroskopie	89 36	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren	Messungen für Umgebungsüberwachung
Biologische Boden- und Schlammproben	γ -Spektroskopie α -Spektroskopie	72 16	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren	
Sonderproben	γ -Spektroskopie	68	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren	
Proben für Pu-Ökologie-Programm	α -Spektroskopie	70	Si-Sperrschichtdetektoren	Messungen für Forschungsprogramme, Vergleichsmessungen usw.
Sonderproben	γ -Spektroskopie	224	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren	
	α -Spektroskopie γ - und Röntgenspektroskopie	375 150	Si-Sperrschichtdetektoren Planare Ge-Detektoren	

Tab. 5/39: Spektrometrische Messungen 1981

5.5 Arbeiten der Gruppe "Radiochemie"

H. Schüttelkopf, M. Pimpl

Die Arbeiten umfassen die radiochemischen Low-level-Bestimmungen für die Umgebungsüberwachung, die radiochemischen Bestimmungen in Abwasser und Abluft, Auftragsarbeiten für kerntechnische Anlagen und die Durchführung von radiochemischen Entwicklungsarbeiten für die genannten Aufgaben. Zusätzlich werden Forschungsprogramme in der Gruppe "Radiochemie" durchgeführt.

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

Pu-239+240, Pu-238, Sr-90, Sr-89, J-131, Cs-137 und K-40.

Die angegebenen Radionuklide wurden bestimmt in Pflanzen-, Boden-, Luftstaub-, Oberflächen-, Milch-, Sediment- und Fischproben. Zu den radiochemischen Bestimmungen in Abluft und Abwasser gehören die monatlich gesammelten Mischproben aus den Endpufferbecken der Abwasserbehandlungsanlage des KfK. In diesen Mischproben werden die Radiostrontium- und Plutoniumgehalte bestimmt. In der Abluft der FERAB wird monatlich Sr-90, Pu-238 und Pu-239+240 und in der Abluft der WAK monatlich Pu-238 und Pu-239+240 gemessen.

Zu den Auftragsarbeiten, die die Gruppe "Radiochemie" für Industrie- und Forschungsbetriebe durchführt, gehören die Bestimmungen von Sr-89 und Sr-90 in Abwasserproben der Kernkraftwerke GKN und KWO, die Bestimmungen von Sr-90, Pu-238, Pu-239+240, Am und Cm in Abluftproben des Forschungsreaktors MZFR und die K-40-Bestimmung in Umgebungswasserproben des Kernkraftwerkes Gundremmingen. Außerdem wird von der Gruppe ein Umgebungsüberwachungsprogramm für die Gesellschaft für Schwerionenschleunigung mbH, umfassend die Bestimmungen von K-40, Th, U, Pu, Am und Cm, in Wasser-, Boden- und Sedimentproben durchgeführt.

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten umfassen die Durchführung von radioökologischen Forschungsprogrammen zum Verhalten der Radionuklide der Elemente Pu, Am, Cm, Ra, Pb und Po einerseits und die Entwicklung radiochemischer Methoden für besonders empfindliche Messungen in der Umwelt andererseits.

Im Forschungsprogramm "das physikalische und chemische Verhalten der biologisch besonders wirksamen Radionuklide von Pu, Am und Cm", das von der Gruppe "Radiochemie" im Rahmen des Projekts Nukleare Sicherheit durchgeführt wird, wurden 1981 vor allem Untersuchungen zur Adsorption und Desorption von Pu, Am und Cm an verschiedenen landwirtschaftlich wichtigen Erden durchgeführt. Mit der Zielsetzung Pu, Am und Cm, das durch einen Unfall in die Umgebung gelangt ist, in tiefere Bodenschichten zu verdrängen wurden Experimente durchgeführt mit acht verschiedenen Erdproben und Lösungen von einer Reihe wichtiger Komplexbildner in verschiedenen Konzentrationen. Die Verteilungskoeffizienten zwischen Lösungen und Erdproben wurden gemessen. Der Anteil von Pu, Am und Cm, der bei geeigneten Konzentrationen von Komplexbildnern in den Lösungen noch an der Oberfläche der Erdproben verblieb, war teilweise sehr klein. Daher wurden die Experimente fortgesetzt, indem die Wandergeschwindigkeit von Pu, Am und Cm in zwei 30-cm-Durchmesser-Erdzylindern geprüft wurde. Bei Verwendung eines starken Komplexbildners wurden alle drei Elemente aus einem 40 cm langen Zylinder innerhalb von sechs Wochen praktisch quantitativ ausgewaschen. Die Experimente werden nun mit gestochenen Erdzylindern aus verschiedenen Bodenarten fortgesetzt. Neben der Untersuchung des Verhaltens von Plutonium in der Umgebung der WAK und des KfK wurde das Schwergewicht der Tätigkeit von 1981 auf die Vorbereitung der Transferfaktormessungen von Aktiniden und anderen radioökologisch wichtigen Elementen in dem zur Zeit im Bau befindlichen Glashauss konzentriert.

Untersuchungen zum Verhalten von Ra-226, Pb-210 und Po-210 in der Umwelt wurden in Wittichen im Schwarzwald und in Großschloppen im Fichtelgebirge durchgeführt. Bei der Gewinnung von Silber und Kobalt zwischen dem 16. Jahrhundert und dem 19. Jahrhundert im Raum Wittichen im Schwarzwald wur-

den uranhaltige Abfälle auf Halde gebracht. Die Bedeutung dieser Halden für eine eventuelle Dosisexposition der Umgebungsbevölkerung und die Auswaschbarkeit von Ra-226, Pb-210 und Po-210 aus den uranhaltigen Schichten wurden untersucht. Gleichzeitig wurden praktisch alle Umgebungsmaterialien wie Luft, Boden und Oberflächenwasser einerseits und alle lokalproduzierten Nahrungsmittel auf die genannten Radionuklide analysiert. Die Arbeiten wurden im Dezember 1981 abgeschlossen. Im Auftrag der ESSO-Erz wurde in Großschloppen im Fichtelgebirge ein ähnliches Untersuchungsprogramm durchgeführt. Außer der Messung der Radionuklide Ra-226 und Pb-210 wurden eine Reihe von Rn-222-Messungen in Abluft und Umgebungsluft einer Uranuntersuchungsgrube und die Messung von Thorium, Uran und Ra-228 in wichtigen Probenmaterialien durchgeführt. Die Arbeiten werden am Ende des 1. Quartals 1982 abgeschlossen werden.

Zur Entwicklung effektiver Analysenmethoden oder zur Verbesserung bereits benutzter Analysenmethoden wurde eine abschließende Untersuchung zur gemeinsamen Bestimmung von Am und Cm in Umweltproben durchgeführt. Dabei wurde vor allem die Dekontamination der Analysenmethode gegenüber anderen α -Strahlern geprüft. Die gemeinsame analytische Bestimmung in gekoppelten Analysenprozessen für Pu, Am, Cm, Th und U wurde untersucht. Abgesehen von der wesentlichen Reduktion des Arbeitsaufwandes ist der wichtigste Erfolg der Untersuchung die Möglichkeit der Präparation von Th-Präparaten für die α -Spektrometrie durch Mitfällung an Spuren von LaF₃. Im Rahmen einer Doktorarbeit wurde eine schnelle Analysentechnik zur gemeinsamen Bestimmung von Th, U, Ra, Pb und Po erarbeitet. Die Pb-210-Analytik basierte bisher auf der Messung von Bi-210 nach Abtrennung des BiOCl₃. Diese Methode wurde ersetzt durch die chemisch und bei der Auswertung einfachere Methode der Fällung von PbMoO₄. Die Messung von sehr geringen Konzentrationen von Ra-226 in einer großen Zahl von Zähen aus dem Schwarzwald machte eine Verbesserung der Emanationsmethode notwendig. Verbesserungen wurden außerdem an der Po-Analytik und bei der Trockenveraschung schwieriger Probenmaterialien durchgeführt. Die Zusammenfassung der Arbeiten der Arbeitsgruppe "Radiochemie" der HS/R erfolgt in den Tabn. 5/40 und 5/41.

Durchgeführte Arbeiten	Art der Arbeiten	Zahl der Arbeiten
Probenvorbereitung	Eindampfen ≥ 10 l	9
	Trocknen und Wiegen	1
	Veraschen und Wiegen	48
	Mahlen, Sieben, Wiegen	7
Umgebungsüberwachung	Pu-238- und Pu-239+240-Analysen	48
	Sr-89- und Sr-90-Analysen	23
	K-40-Analysen	173
	Cs-137-Analysen	2
	J-131-Analysen	7
Abwasserüberwachung	Pu-238- und Pu-239+240-Analysen	25
	Sr-89- und Sr-90-Analysen	62
	α + β -Messungen	8
Abluftüberwachung	Pu-238- und Pu-239+240-Analysen	21
	Sr-89- und Sr-90-Analysen	12
	Am- und Cm-Analysen	4
	Po-210-Analysen	1
Präparation und Vergleichsproben	Sr-90, Pu-236, Pu-239+240, Ra-226, Am-243, Cm-244, Po-210, J-131 und J-125	37

Tab. 5/40: 1981 von der Gruppe "Radiochemie" der HS/R durchgeführte Arbeiten (ohne Forschung und Entwicklung)

Durchgeführte Arbeiten für	Art der Arbeiten	Zahl der Arbeiten
Probenvorbereitung	Probenahme Eindampfen ≥ 10 l Trocknen und Wiegen Veraschen und Wiegen Mahlen, Wiegen und Sieben Geräte zur automatischen Wasserprobenahme	310 68 100 130 78 4
Radioökologie von Pu, Am und Cm	Pu-238, Pu-239+240 in Sedimenten-, Abwasser-, Oberflächenwasser-, Pflanzen-, Tier-, Boden- und Luftstaubproben Desorption von Pu, Am und Cm von Bodenproben - Experimente - Analysen von Am und Cm - α - und β -Messungen Experimente zur Hochdruckflüssigchromatographie von Pu, Am und Cm	113 9 10 93 48
Radioökologie von Ra, Po und Pb-210	Ra-226 in Wasser-, Boden-, Sediment-, Nahrungsmittel-, Pflanzen-, Zahn- und Luftstaubproben Po-210 in Umweltproben und Nahrungsmitteln Pb-210 in Umweltproben und Nahrungsmitteln α - und β -Messungen Rn-222-Messungen Ca-Bestimmungen	296 135 313 31 14 55
Radiochemische Entwicklungsarbeiten	Pu-, Am- und Cm-Analytik U-, Th- und Pu-Analytik Pu-, Am-, Cm-, U- und Th-Analytik Po-Analytik Veraschung	4 8 4 7 2

Tab. 5/41: 1981 in der Gruppe "Radiochemie" der HS/R durchgeführte Arbeiten für Forschung und Entwicklung

5.6 Radioökologische Untersuchungen

5.6.1 Untersuchungen zur Radioökologie des Tritiums

5.6.1.1 Die Tritiumkonzentration in Niederschlägen, Oberflächen-, Grund- und Trinkwasser

K.-G. Langguth, L.A. König, D. Papadopoulos, R. Schartz

Das seit 1971 laufende Meßprogramm zur langfristigen Beobachtung der Tritiumkonzentration von Niederschlägen, Oberflächen-, Grund- und Trinkwasser wurde 1981 fortgeführt. Der Umfang des Probenahmeprogramms wurde allerdings auf 51 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 zur Verfügung gestellten vierzehntägigen Rhein- und Neckarwasserproben. 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 des Kernkraftwerks Neckarwestheim.

Die Struktur des Probenahmeprogramms wird in Tab. 5/42 wiedergegeben.

Probenart	Zahl der Probenahmestellen		Probenahmehäufigkeit	Zahl der untersuchten Proben
Grundwasser	8	7 1	1/4jährlich 1/2jährlich	30
Trinkwasser	6	6	1 x monatlich	55
Oberflächenwasser	24	1 23	1 x monatlich kontinuierlich	320
Niederschlag	13	4 6 3	arbeitstäglich nach Niederschlag 2 x monatlich 1 x monatlich	554
Summe	51	51		959

Tab. 5/42: Art und Zahl der 1981 untersuchten Proben, Zahl der Probenahmestellen und Häufigkeit der Probenahme

Tritium im Niederschlag

Die Tritiumkonzentrationen in Niederschlagsproben sind, nach oben genannten Bereichen zusammengefaßt, in Tab. 5/43 aufgeführt.

Standorte der Niederschlags-sammler	1 9 8 0					1 9 8 1				
	M	\bar{a}	\bar{a}	A_F	A_F	M	\bar{a}	\bar{a}	A_F	A_F
	in mm	in nCi/l	in Bq/l	in nCi/m ²	in kBq/m ²	in mm	in nCi/l	in Bq/l	in nCi/m ²	in kBq/m ²
<u>innerhalb KfK (s. Lageplan)</u>										
Meßhütte West	759	0,25	9,3	193	7,1	857	0,36	13,32	308	11,4
Meßhütte Nordost	731	0,54	20,0	391	14,5	825	0,66	24,42	544	20,1
WAK	727	0,96 ^{b)}	35,5 ^{b)}	700	25,9	844	0,42	15,54	355	13,1
Nordtor des KfK	671	2,89 ^{b)}	107,0 ^{b)}	1931	71,4	812	2,33	86,21	1893	70,0
am Sandfang V	701	0,45 ^{b)}	16,7 ^{b)}	318	11,8	851	1,88	69,56	1602	59,3
nördlich Wasserwerk Nord	668	3,21 ^{b)}	118,8 ^{b)}	2146	79,4	825	0,82	30,34	678	25,1
Mittelwert	710	1,38	51,1	947	35,0	836	1,08	39,90	897	33,2
<u>außerhalb KfK</u>										
Wasserwerk Tiefgestade	-	-	-	-	-	758	0,17	6,29	132	4,9
Eggenstein	835	0,19	7,0	155	5,7	963	0,20	7,40	189	7,0
Augustenberg ^{a)}	-	-	-	-	-	957	0,15	5,55	146	5,4
Mittelwert	-	-	-	-	-	893	0,17	6,41	156	5,8
<u>Gemeinschaftskernkraftwerk Neckarwestheim</u>										
Meßhütte I, Neckarwestheim	470	0,16	5,9	75	2,8	505	0,13	4,81	65	2,4
Meßhütte II, Lauffen	483	0,14	5,2	66	2,4	532	0,11	4,07	60	2,2
Meßhütte III, Kirchheim	523	0,15	5,6	77	2,8	523	0,14	5,18	72	2,7
Mittelwert	492	0,15	5,6	73	2,7	520	0,13	4,69	66	2,4

a) Bei der Bildung des Jahresmittelwertes wurde ein fehlender 2-Wochenwert durch den Mittelwert des Restjahres ersetzt

b) Bei der Bildung der Jahresmittelwerte der H-3-Konzentration wurde eine Extrapolation für die Überwachungslücke vom 01.08. - 15.09.80 notwendig. Hierzu wurde der Mittelwert der H-3-Konzentration des Restjahres, multipliziert mit dem Verhältnis der tatsächlichen H-3-Ableitungen der Hauptemittenten zur mittleren H-3-Ableitung, für die Zeiträume August und erste Septemberhälfte als H-3-Konzentration angesetzt.

Tab. 5/43: Niederschlagsmenge M, mittlere H-3-Konzentration \bar{a} und H-3-Flächenbelastung A_F für die Jahre 1980 und 1981

Tritium in Oberflächengewässern

In den Tabn. 5/44 und 5/45 wurden die Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration von Rhein und Neckar für die Jahre 1980 und 1981 einander gegenübergestellt. Das Probenahmeprogramm erfaßt mit 8 Probenahmestellen eine Rheinstrecke von knapp 400 km zwischen Öhningen-Stiegen (Fluß-km 29) und Mannheim (Fluß-km 426,2) und mit 12 Probenahmestellen den Neckarabschnitt zwischen Feudenheim (Fluß-km 8,1) und Diezisaue (Fluß-km 199,7). Die Probenahmen erfolgten kontinuierlich in Intervallen von rund 15 Tagen durch das Institut für Wasser- und Abfallwirtschaft. Außer den Jahresmittelwerten für die einzelnen Probenahmeorte wurden Gesamtmittelwerte für die überwachten Rhein- und Neckarabschnitte angegeben.

R h e i n		Tritiumkonzentration			
Fluß-km	O r t	1 9 8 0		1 9 8 1	
		in nCi/l	in Bq/l	in nCi/l	in Bq/l
29	Öhningen-Stiegen	0,35	13,0	0,27	10,0
91	Reckingen	0,33	12,2	0,27	10,0
113	Albrück-Dogern	0,34	12,6	0,22	8,1
155	Wyhlen	0,32	11,8	0,28	10,4
224,7	Breisach (Restrhein)	0,34	12,6	0,25	9,3
248,7	Weisweil	0,36	13,3	0,32	11,8
362,2	Maxau	0,35	13,0	0,25	9,3
372	Leopoldshafen (Fähre)	0,38	14,1	-	-
392,6	Rheinhausen	0,69	25,5	-	-
400	Speyer	0,34	12,6	-	-
426,2	Mannheim	0,40	14,8	0,28	10,4
Mittelwert		0,38	14,1	0,27	10,0
Mittelwert ohne km 392,6 (Einleitung der KfK-Abwässer)		0,35	13,0	0,27	10,0

Tab. 5/44: H-3-Konzentrationswerte des Rheins für 1980 und 1981

N e c k a r		Tritiumkonzentration			
Fluß-km	O r t	1 9 8 0		1 9 8 1	
		in nCi/l	in Bq/l	in nCi/l	in Bq/l
8,1	Feudenheim	0,33	12,2	0,22	8,1
18,1	Schwabenheim	0,30	11,1	0,27	10,0
31,0	Neckargmünd	0,31	11,5	0,24	8,9
72,5	Guttenbach	0,33	12,2	0,25	9,3
93,9	Gundelsheim	0,29	10,7	0,25	9,3
104,1	Kochendorf	0,34	12,6	0,26	9,6
118,0	Horkheim	0,33	12,2	0,24	8,9
125,5	Lauffen	0,34	12,6	0,27	10,0
143,1	Hessigheim	0,31	11,5	0,23	8,5
165,2	Poppenweiler	0,31	11,5	-	-
172,3	Aldingen	0,27	10,0	0,29	10,7
187,0	Stuttgart-Untertürkheim	0,33	12,2	0,27	10,0
199,7	Diezisaue	0,33	12,2	0,27	10,0
Mittelwert		0,32	11,8	0,26	9,6

Tab. 5/45: H-3-Konzentrationswerte des Neckars für 1980 und 1981

Tritium in Grund- und Trinkwasser

In den Tabn. 5/46 und 5/47 wurden die Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration von Grund- und Trinkwasser für 1980 und 1981 aus der Umgebung des KfK zusammengestellt. Bei der Berechnung der Mittelwerte wurde für Proben mit Tritiumkonzentrationen unterhalb der Nachweisgrenze die Hälfte der Nachweisgrenze eingesetzt.

Probenahmeort	Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration			
	1 9 8 0		1 9 8 1	
	nCi/l	Bq/l	nCi/l	Bq/l
Wasserwerk Tiefgestade*	0,36	13,3	0,24	8,9
Wasserwerk Süd im KfK*	0,23	8,5	0,27	10,0
Wasserwerk Leopoldshafen*	0,31	11,5	0,26	9,6
Wasserwerk Linkenheim*	0,27	10,0	0,30	11,1
Wasserwerk Karlsruhe-Hardtswald*	0,26	9,6	0,24	8,9
Schluckbrunnen A (WAK)*	0,68	25,2	0,51	18,9
Schluckbrunnen B (WAK)*	0,63	23,3	0,65	24,1
Beobachtungsbrunnen P*	-	-	0,53	19,6

*s. Lageplan

Tab. 5/46: Jahresmittelwerte der H-3-Konzentration des Grundwassers in der näheren Umgebung des KfK

Probenahmeort	Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration			
	1 9 8 0		1 9 8 1	
	nCi/l	Bq/l	nCi/l	Bq/l
Eggenstein	0,29	10,7	0,22	8,1
Friedrichstal	0,28	10,4	0,17	6,3
Karlsruhe	0,24	8,9	0,25	9,3
Leopoldshafen	0,33	12,2	0,25	9,3
Obergrombach	0,30	11,1	0,31	11,3
KfK (Gebäude 123 der HS)	0,27	10,0	0,25	9,3

Tab. 5/47: Jahresmittelwerte der H-3-Konzentration des Trinkwassers

5.6.1.2 Kontamination des Grundwassers durch Ableitungen über den Luftpfad

L.A. König, K.-G. Langguth, D. Papadopoulos, A. Radziwill, F. Milbich-Münzer

Seit 1971 wird die Tritiumkonzentration im Regenwasser regelmäßig gemessen. Hierbei wurden meistens deutlich über der Nachweisgrenze liegende Meßwerte gefunden. Ein Teil des gefallenen Niederschlagswassers verdunstet bevor es im Boden versickern kann, ein Teil wird jedoch durch nachfolgende Niederschläge immer tiefer in den Boden gedrückt.

Zur Untersuchung der Möglichkeit einer Kontamination des Grundwassers durch Ableitungen über die Abluft wurden an fünf Stellen im Betriebsgelände des Kernforschungszentrums Tiefenbohrungen niedergebracht und Tiefenprofile der Tritiumkonzentration erstellt. Die Lage der Bohrstellen ist Abb. 5/5 zu entnehmen. Für die Bohrstellen B3 und B4 wurde eine maximale Bohrtiefe von 6 m, für die Bohrstellen B1, P38 und P39 eine Bohrtiefe von 10 m festgelegt. Die beiden Bohrstellen P38 und P39 wurden nach Beendigung der Bohrung zu Beobachtungspegeln ausgebaut. Aus bohrtechnischen Gründen mußte die Bohrung B1 bei 9 m Tiefe beendet werden. Die Probenahme an der Bohrstelle P38 wurde bereits bei 5 m Tiefe abgebrochen. Das Einsetzen starker Regenfälle hatte hier zur Vermischung der Erdfeuchte mit Regenwasser geführt, so daß eine eindeutige Zuordnung der H-3-Konzentration zur Erdfeuchte nicht mehr gegeben war. Die Bodenproben wurden mit Hilfe eines Bohrrohres - 70 cm lang, Durchmesser ca. 25 - 30 cm - entnommen, das mit Preßluft in das Erdreich getrieben wurde. Aus dem so gewonnenen Bohrkern wurde bis zu einer Tiefe von 2 m alle 25 cm, dann alle 50 cm Erdproben entnommen. Ab 6 m Tiefe wurde jeweils nur noch alle 100 cm eine Probe genommen.

Das Meßgut wurde mit Hilfe der azeotropen Destillation aus den Bodenproben gewonnen. Um eine möglichst gleichbleibende Qualität zu erhalten, wurden alle Wasserproben ein weiteres Mal destilliert. Die Abb. 5/6, 5/7 und 5/9 zeigen Beispiele für das Tiefenprofil der Tritiumkonzentration.

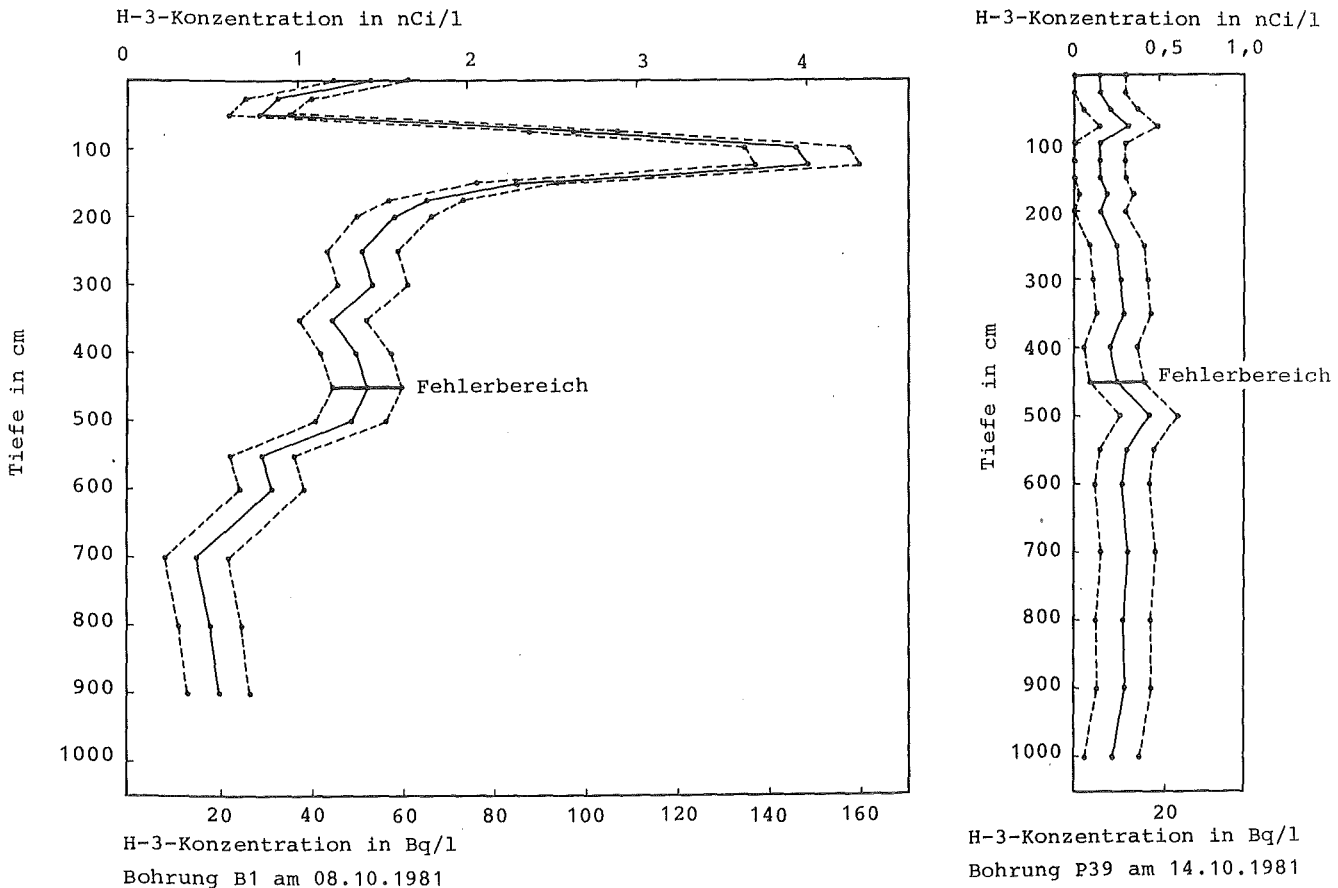


Abb. 5/6: Tiefenprofil der Tritiumkonzentration der Erdfeuchte für die Bohrungen B1 und P39

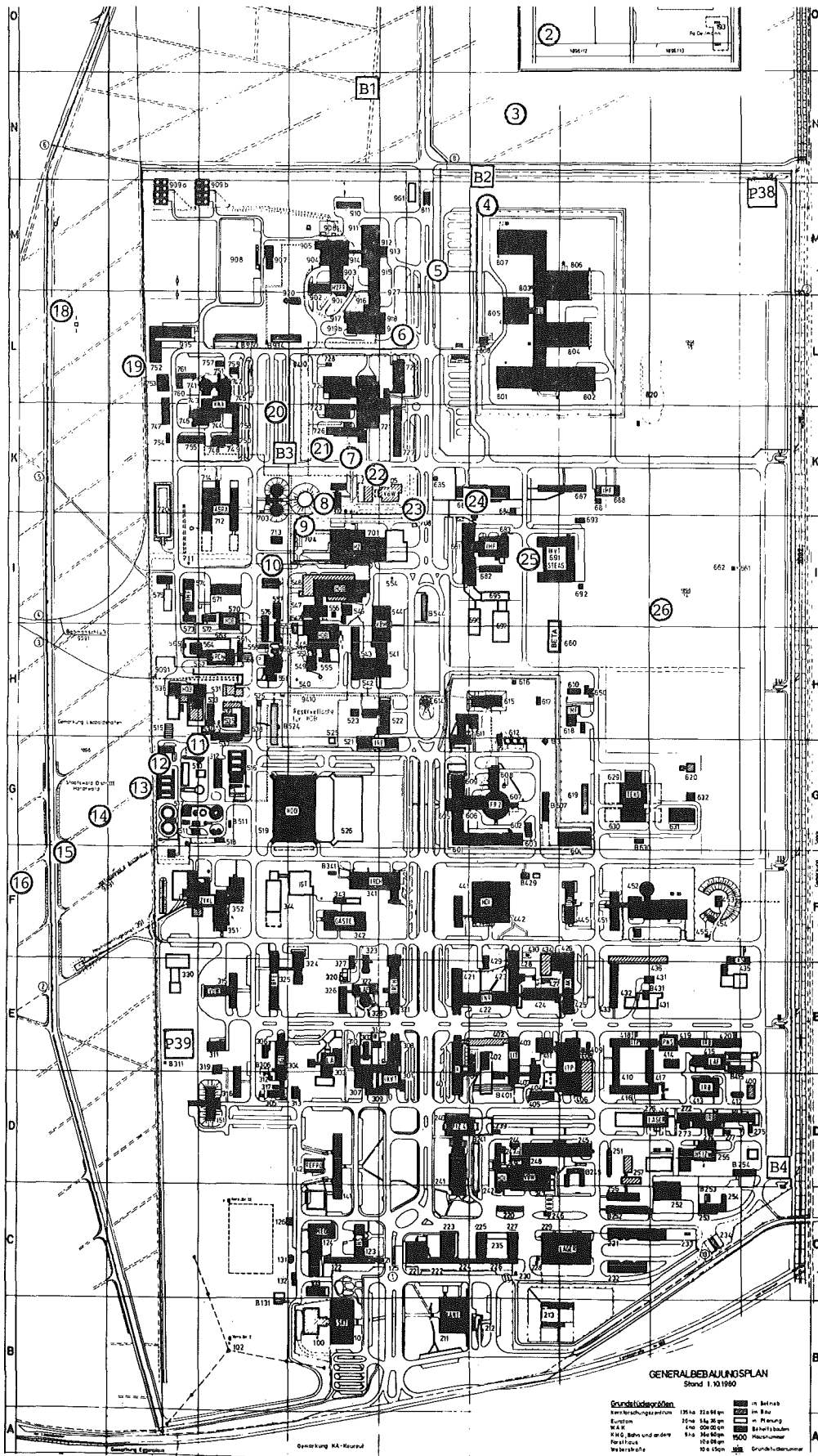


Abb. 5/5: Lageplan der Probenahme- und Bohrstellen

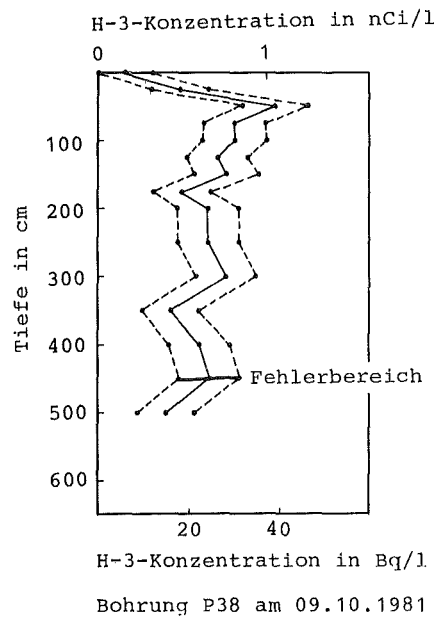
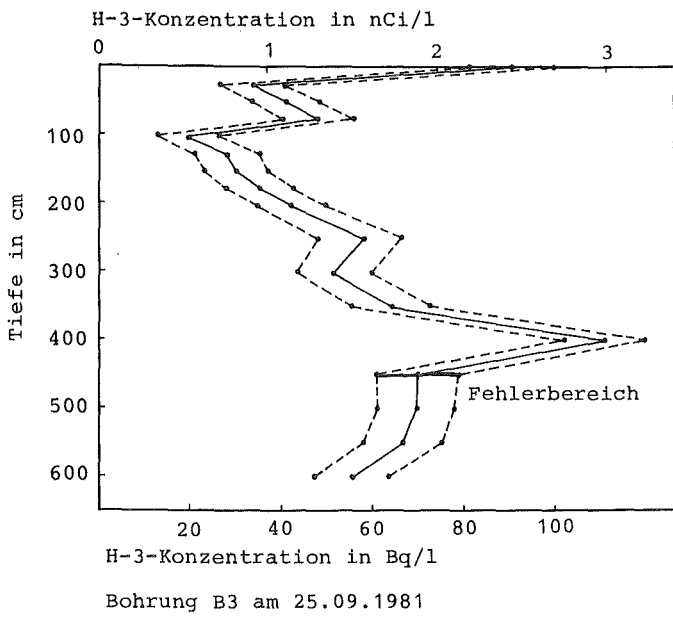


Abb. 5/7: Tiefenprofil der Tritiumkonzentration der Erdfeuchte für die Bohrungen B3 und P38

In der Abb. 5/8 ist das Tritiuminventar pro Quadratmeter zwischen der Erdoberfläche und der abzu-lesenden Tiefe graphisch dargestellt. Nimmt man pauschal an, daß 40 % des Niederschlags verdunsten, so findet man, daß dem Wasserinventar des Bodens bis zum Grundwasserspiegel in ca. 5 m Tiefe der Niederschlag von 1,24 Jahren entspricht. Dies bedeutet eine durchschnittliche vertikale Wandergeschwindigkeit von etwa 4,0 m/a. An zwei Stellen (Bohrungen Nr. 1b und 3b) wurden nach 68 Tagen erneut Tiefenprofile erstellt. Aus der Peakwanderung (s. Abb. 5/9) lassen sich vertikale Wandergeschwindigkeiten von 2,1 bzw. 2,7 m/a berechnen.

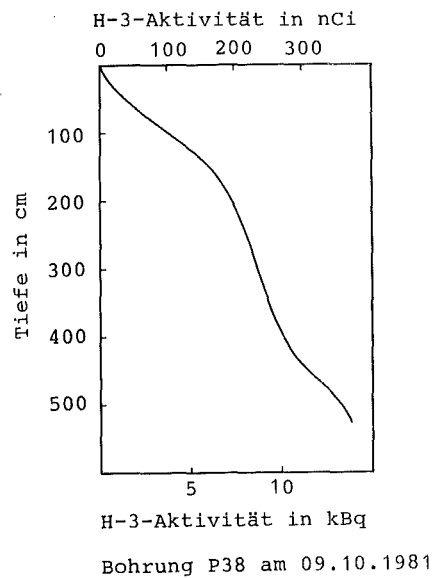
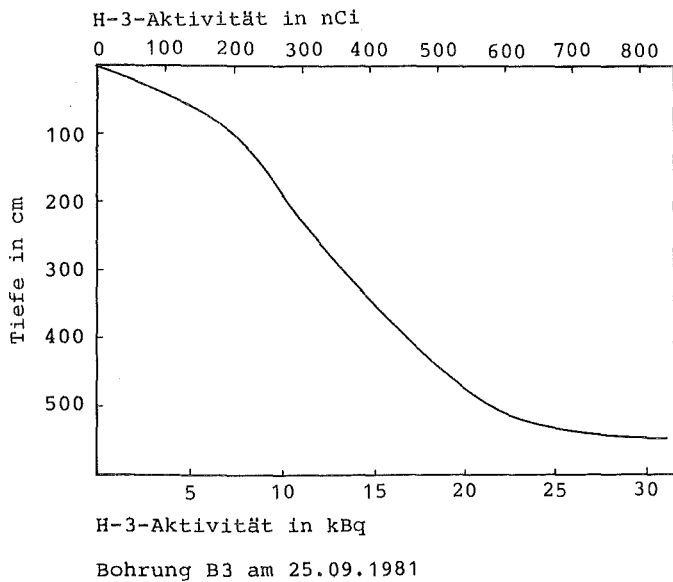


Abb. 5/8: Tritiuminventar pro Quadratmeter zwischen Oberfläche und angegebener Tiefe für die Bohrungen B3 und P38

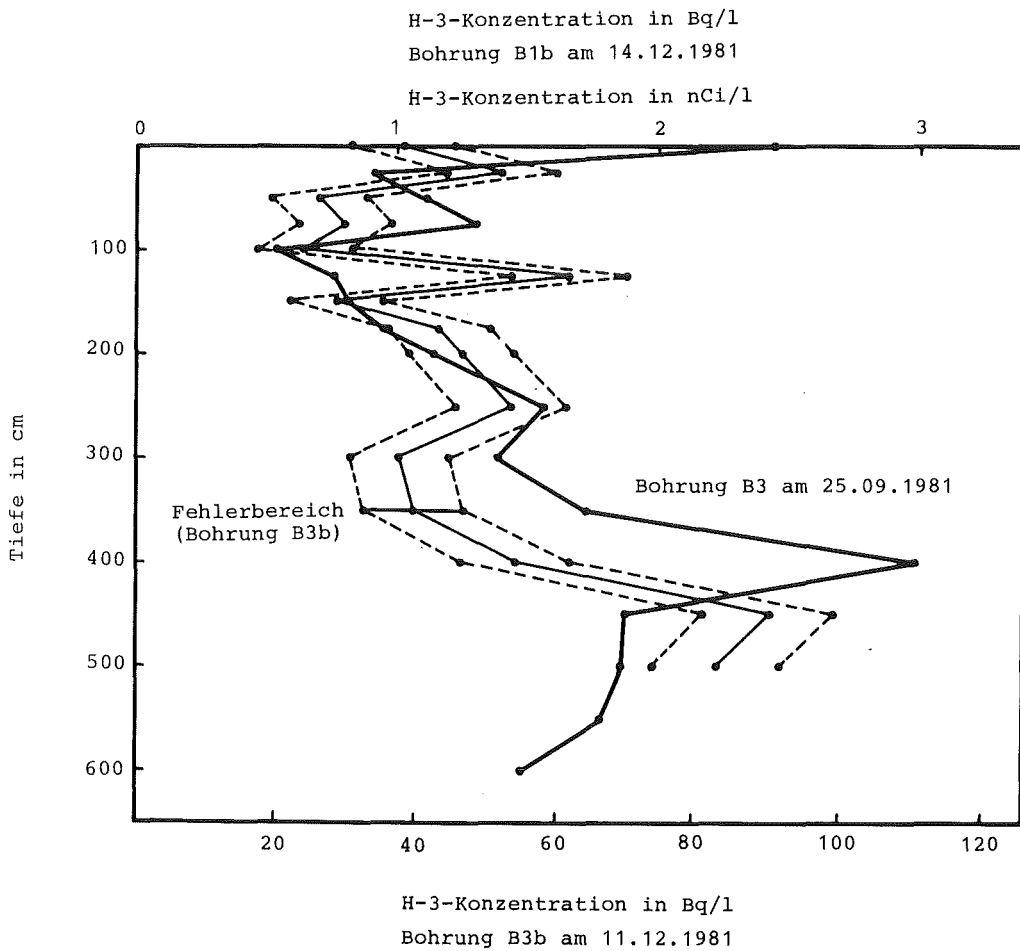
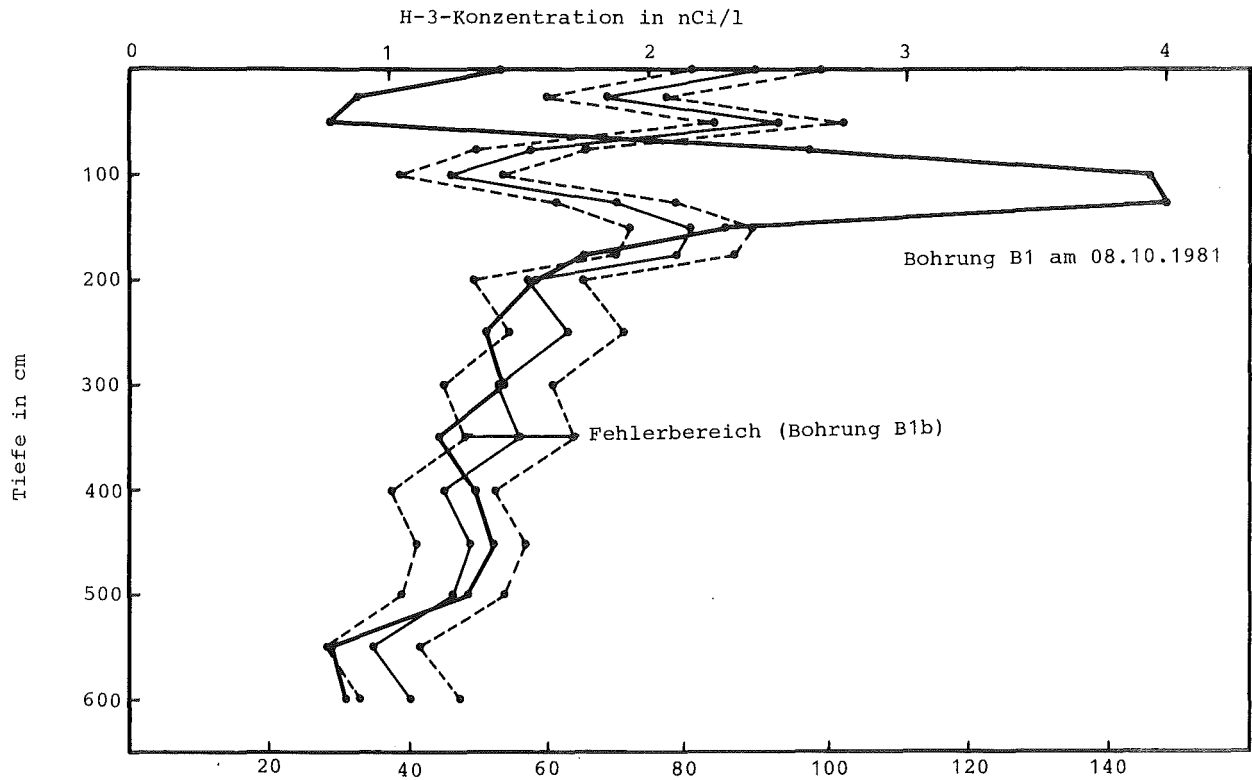
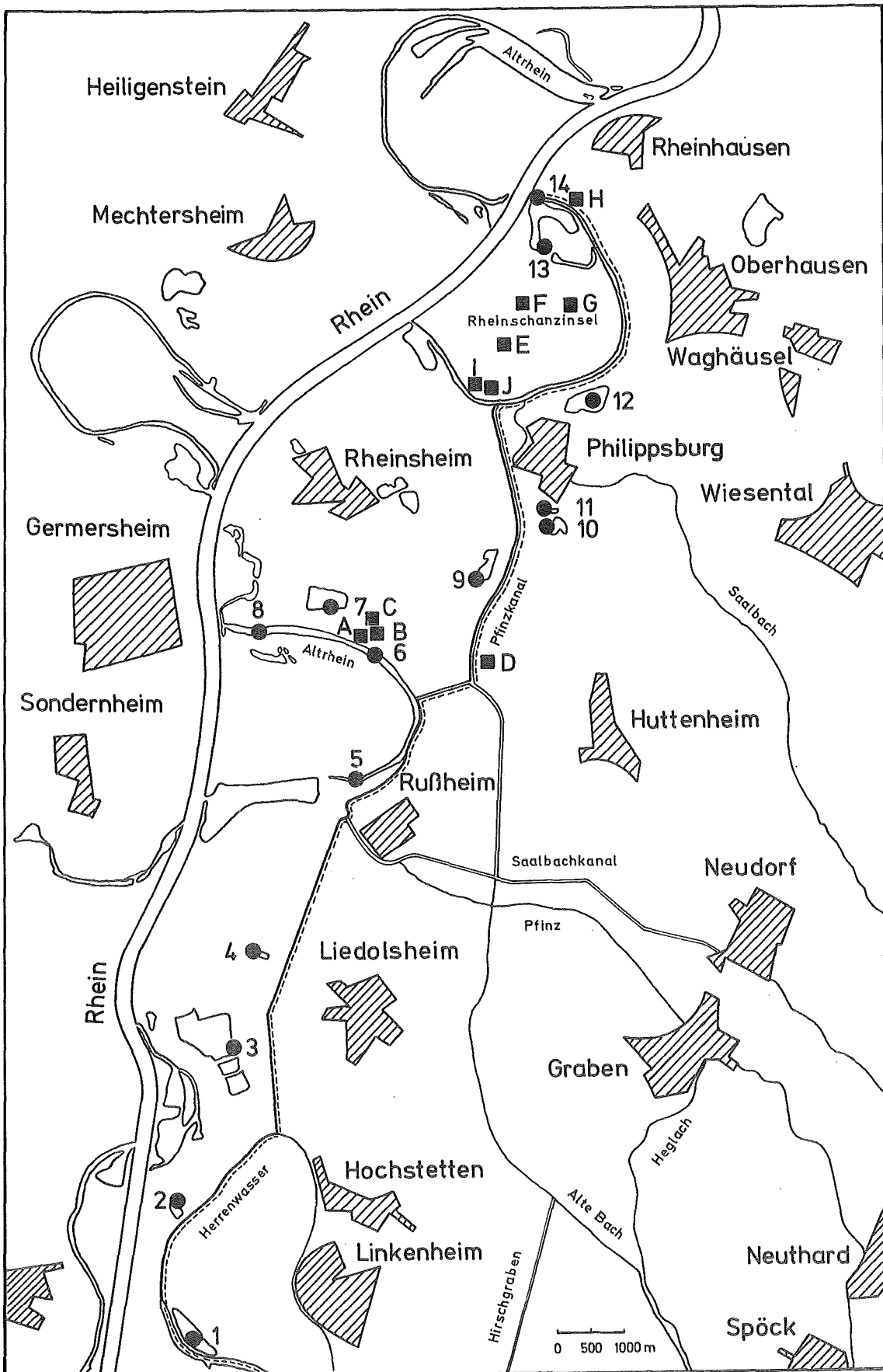


Abb. 5/9: Tiefenprofil der Tritiumkonzentration der Erdfeuchte für die Bohrungen B1b und B3b (Um die im Abstand von rund 70 Tagen an den gleichen Stellen durchgeführten Bohrungen unmittelbar miteinander vergleichen zu können, wurde jeweils das Tiefenprofil der ersten Bohrung nochmals miteingezeichnet (dicke ausgezogene Linie).)



● Oberflächenwasser ■ Grundwasser

Abb. 5/10: Lageplan der Probenahmestellen (--- Fließweg des Abwassers)

Es ist zu beachten, daß bei der zugrundeliegenden Modellvorstellung die Fortbewegung des Wassers nicht mit konstanter Geschwindigkeit, sondern schubweise entsprechend der Niederschlagstätigkeit erfolgt. Insofern ist nur die Angabe des Mittelwertes eine sinnvolle Größe, und bei der Messung muß über einen längeren Zeitraum gemittelt werden, um nicht rein zufällige Werte zu erhalten. Andererseits darf die Zeitspanne zwischen zwei Bohrungen nicht zu lang sein, um die beide Male gemessenen Tiefenverteilungen miteinander vergleichen zu können: Der vertikalen Bewegung der Bodenfeuchte ist eine Diffusion überlagert, die zu einer Verwischung des Tiefenprofils führt. Außerdem läßt sich die vertikale Wanderung nur bis zum Grundwasserspiegel verfolgen.

Vorliegende Meßwerte für die vertikale Wandergeschwindigkeit werden als vorläufig angesehen und daher nochmals überprüft. Sie stimmen jedoch gut mit Meßwerten aus dem Institut für Umweltphysik der Universität Heidelberg (vgl. U. Zimmermann, Umschau in Wissenschaft und Technik, 75 (1975) 249) überein.

Ein wesentliches Ergebnis der Messung der Bohrproben ist, daß die Tritiumkonzentration im Grundwasser jener des darüberliegenden Erdreichs entspricht. Messungen an anderen Radionukliden haben gezeigt, daß diese vorwiegend an der Oberfläche festgehalten werden. Eine Grundwasserkontamination durch diese Radionuklide kann daher ausgeschlossen werden, soweit sie nicht in Form besonderer löslicher Verbindungen vorliegen. Vorliegende Meßergebnisse können auch auf nicht radioaktive konventionelle Schadstoffe übertragen werden.

Vorstehend berichtete Untersuchungen wurden im Rahmen des vom BMI unter der Nummer St.Sch.802 geförderten Forschungsvorhabens ausgeführt.

5.6.1.3 Umgebungskontamination durch die Einleitung tritiumhaltiger Abwässer in den Altrhein

L.A. König, K.-G. Langguth, D. Papadopoulos, R. Scharz

Jährlich werden dem Altrhein mit dem Abwasser des Kernforschungszentrums Karlsruhe ca. 2 000 Ci (74 TBq) Tritium zugeführt. Die Abwässer fließen dann ca. 23,6 km parallel zum Rhein, bis sie schließlich nördlich der Rheinschanzinsel bei Philippsburg in den Rhein eingeleitet werden.

Tab. 5/48 gibt eine Übersicht über die Ableitungen seit 1969. Im Rahmen eines vom BMI unter der Nummer St.Sch.800 geförderten Vorhabens werden u. a. die radioökologischen Auswirkungen dieser Ableitungen untersucht. 1981 wurden in einer einmaligen Aktion in Oberflächengewässern, die teils mit dem tritiumführenden Kanalsystem in Verbindung stehen, teils keine Verbindung dazu haben, Oberflächenwasserproben genommen und die Tritiumkonzentration gemessen. Die an den 14 Probenahmestellen gefundenen Werte sind in Tab. 5/49 zusammengestellt. Die Lage der Probenahmestellen ist aus Abb. 5/10 zu ersehen.

Die leicht erhöhten Tritiumkonzentrationen in benachbarten Oberflächengewässern lassen vermuten, daß im Verlauf der Jahre die Tritiumkonzentration im Grundwasser angestiegen ist. Um dies nachzuweisen, wurden seit April 1981 monatlich Grundwasserproben aus Brunnen des Vorfluterbereiches genommen und die Tritiumkonzentration bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tab. 5/50 zusammengefaßt. Weiterhin sind hier Meßergebnisse einzelner Probenahmeaktionen bei anderen Brunnen des Vorfluterbereiches aufgeführt. Die Lage der Probenahmestellen ist ebenfalls aus Abb. 5/10 ersichtlich. Bemerkenswert ist, daß trotz der stoßweise erfolgenden Tritiumableitungen sowie der wechselnden hydrologischen Verhältnisse die Tritiumkonzentrationen in den beobachteten Brunnen konstant sind. Neben den Wasserproben wurden auch andere Proben auf Tritium untersucht. Die Ergebnisse werden in Kap. 5.6.1.5 berichtet.

Jahr	Abwassermenge in m ³	Tritiumableitung in	
		Ci	TBq
1969	372 000	441	16,3
1970	490 000	602	22,3
1971	468 000	734	27,2
1972	466 000	2 226	82,4
1973	380 000	1 580	58,5
1974	427 350	770	28,5
1975	424 500	2 800	104
1976	483 050	4 000	148
1977	451 950	4 000	148
1978	495 150	2 300	85,1
1979	502 650	3 300	122
1980	470 550	1 800	66,6

Tab. 5/48: Tritiumableitungen mit dem Abwasser aus dem KfK

Probenahme- datum	Kennziffer des Probe- nahmeortes	Probenahmeort	Tritiumkonzentration in	
			nCi/l	Bq/l
03.07.1981	1	Baggersee Linkenheim	0,73±0,19	27± 7
03.07.1981	2	Mittelgründloch	1,1 ±0,20	41± 7
03.07.1981	3	Baggersee groß bei Liedolsheim	0,37±0,17	13± 6
03.07.1981	4	Baggersee klein bei Liedolsheim	0,54±0,19	20± 7
03.07.1981	5	Altrhein Rußheim	4,20±0,33	155±12
03.07.1981	6	Altrhein bei Aussiedlerhöfen	31,8 ±1,3	1 177±48
03.07.1981	7	Kieswerk bei Aussiedlerhöfen	3,4 ±0,29	126±11
03.07.1981	8	Schleuse Germersheim	35,0 ±1,5	1 300±60
03.07.1981	9	Baggersee Rheinsheim	0,39±0,17	14± 6
03.07.1981	10	Baggersee groß bei Philippsburg Süd	0,30±0,17	11± 6
03.07.1981	11	Baggersee klein bei Philippsburg Süd	0,26±0,16	10± 6
03.07.1981	12	Baggersee Philippsburg Nord	<0,15	<6
03.07.1981	13	Altrheininsel "Korsika"	9,0 ±0,5	333±19
03.07.1981	14	Altrhein-Gasthaus "Rheineck" vor Einfluß des KfK-Abwassers in den Rhein	9,5 ±0,5	352±20

Tab. 5/49: Tritiumkonzentration in Oberflächenwasserproben (Probenahmeorte s. Abb. 5/10)

Probenahmeort	Bohrtiefe in m	Medianwert der Tritiumkonzentration		Minimum der Tritiumkonzentration		Maximum der Tritiumkonzentration	
		nCi/l	Bq/l	nCi/l	Bq/l	nCi/l	Bq/l
Monatliche Probenahme							
A	5	6,4±0,4	237±15	5,9±0,4	218±15	7,0±0,4	259±15
B	5 - 6	8,0±0,5	296±19	7,7±0,5	284±19	8,9±0,5	329±19
C	5 - 6	12,2±0,6	451±22	11,7±0,6	433±22	13,3±0,7	492±26
H	12	2,9±0,3	107±11	2,0±0,2	74± 7	3,6±0,3	133±11
Einzelne Messungen							
		nCi/l		Bq/l		Datum	
D	nicht bekannt	<0,15		<5,6		24.04.1981	
	nicht bekannt	0,20±0,16		7,4± 5,9		24.04.1981	
E	35	<0,16		<5,9		24.04.1981	
F	15,60	<0,15		<5,6		24.04.1981	
G	15,70	<0,15		<5,6		24.04.1981	
I	nicht bekannt	29,0 ±1,3		1 073 ±48		31.07.1981	
		27,0 ±1,2		999 ±44		10.08.1981	
J	nicht bekannt	9,5 ±0,5		352 ±19		31.07.1981	
		11,7 ±0,6		433 ±22		10.08.1981	

Tab. 5/50: Tritiumkonzentration in Grundwasserproben aus Brunnen des Vorfluterbereiches (Probenahmeorte s. Abb. 5/10)

Geht man von einem Gleichgewichtsmodell aus, d. h. nimmt man an, daß die Tritiumkonzentration im Körper gleich der Tritiumkonzentration in der Umgebung ist, und nimmt man weiter an, daß der in der Strahlenschutzverordnung angegebene Wert für die Jahresaktivitätszufuhr einer Strahlenbelastung von 30 mrem/a entspricht, so folgt für den Fall der höchsten gemessenen Tritiumkonzentration im Brunnenwasser eine Strahlenbelastung von 1,95 mrem/a (19,5 µSv/a). Legt man statt dessen die entsprechenden Werte aus der "Richtlinie des Rates vom 15. Juli 1980 zur Änderung der Richtlinien, mit denen die Grundnormen für den Gesundheitsschutz der Bevölkerung und der Arbeitskräfte gegen die Gefahr ionisierender Strahlen festgesetzt wurden" der Europäischen Gemeinschaft zugrunde, die dem neueren Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen, so erhält man eine Strahlenbelastung von 0,64 mrem/a (6,4 µSv/a).

Diese einfachen Abschätzungen führen zu konservativen Rechenergebnissen, da in der Nahrungskette ein Gefälle der Tritiumkonzentration vorhanden ist, d. h., daß nicht ausschließlich Wasser mit der maximalen Tritiumkonzentration aufgenommen wird.

Betrachtet man die Kollektiväquivalentdosis, so ergibt eine einfache Abschätzung, daß im Vorfluterbereich nur ein geringer Anteil der Gesamtkollektivdosis durch die Tritiumableitungen des Kernforschungszentrums Karlsruhe anfällt.

5.6.1.4 Tritiumkontamination von Boden- und Regenwasser infolge von Tritiumableitungen in die Atmosphäre

L.A. König, K.-G. Langguth, D. Papadopoulos, E. Maraziotis

Im Juni und Juli 1981 wurde ein befristetes Meßprogramm im Kernforschungszentrum Karlsruhe mit dem Ziel eines Vergleiches berechneter mit gemessenen Werten der Flächenbelastung mit Tritium durchgeführt, was eine Aussage über die Genauigkeit des angewandten Rechenmodells und der eingesetzten Parameter ermöglicht.

In den letzten 10 Jahren wurden mit der Abluft aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe ca. 15 200 Ci Tritium in die Atmosphäre abgegeben. In diesem Zeitraum trug der schwerwassermoderierte Reaktor MZFR 63 % zu den Tritiumableitungen bei. Der Beitrag des ebenfalls schwerwassermoderierten Forschungsreaktors FR2 belief sich auf nahezu 21 % und jener der FERAB, einer Verbrennungsanlage für radioaktive Abfälle, auf nahezu 12 %. Wegen seines hohen Anteils an den Tritiumemissionen wurde der MZFR als Emittent für das Meßprogramm ausgewählt.

Als Aufpunkte wurden in einer Entfernung von 500 m vom MZFR-Kamin 12 Orte ausgesucht, da um diese Entfernung laut Berechnung das Beaufschlagungsmaximum zu erwarten ist. In der Hauptausbreitungsrichtung wurden acht zusätzliche Aufpunkte, je vier vor und hinter dem Beaufschlagungsmaximum in ca. 250 und 1 000 m Entfernung vom MZFR-Kamin, ausgewählt. Abb. 5/11 zeigt die Lage der 20 Probenahmestellen von Erdproben. Zusätzlich wurden an den Stellen 1 bis 12 Regenwasserproben gesammelt.

Regenwasser wurde vom 16.06. bis 22.06., vom 22.06. bis 01.07. und vom 01.07. bis 06.07.1981 gesammelt. Bodenproben wurden am 16.06., 22.06., 06.07. und 14.07.1981 genommen. Die Auswertung der Meßergebnisse setzt die möglichst genauen Kenntnisse der Emissionen des MZFR sowie die Kenntnisse der meteorologischen Daten während des Meßprogramms voraus. Bei der Entnahme von Bodenproben wurde die oberste Schicht mit Gras und vermoderten Blättern entfernt, und es wurden dann mit einem Zylinder von 8,4 cm Durchmesser bis zu 10 cm Tiefe Proben (meist Sand) ausgestochen. Die Niederschlagsproben wurden in Plastikflaschen unter Verwendung eines Trichters von 15,7 cm Durchmesser an der Oberkante gesammelt. Die Ergebnisse für die Regenwasserproben sind in Tab. 5/51, jene für die Bodenproben in Tab. 5/52 zusammengestellt.

Sammelperiode			16.06. - 22.06.1981					22.06. - 01.07.1981				
Probenahmestelle			V ml	C _w		B _F ^M		V ml	C _w		B _F ^M	
Nr.	R m	φ Grad		pCi/ml	mBq/ml	pCi/ml	mBq/ml		pCi/ml	mBq/ml	pCi/ml	mBq/ml
1	515	30	-	-	-	-	-	256	0,57	21,09	7,54	278,98
2	500	60	77	0,51	18,87	2,03	75,11	255	0,63	23,31	8,31	307,47
3	500	90	82	0,62	22,94	2,63	97,31	250	0,37	13,69	4,78	176,86
4	505	120	64	0,57	21,09	1,89	69,93	240	0,36	13,32	4,47	165,39
5	480	150	65	1,07	39,59	3,60	133,20	251	0,36	13,32	4,67	172,79
6	560	180	-	0,54	19,98	-	-	249	0,36	13,32	4,63	171,31
7	500	210	65	0,65	24,05	2,18	80,60	254	0,36	13,32	4,73	175,01
8	495	240	59	0,27	9,99	0,82	30,34	252	0,34	12,58	4,23	156,51
9	485	270	-	-	-	-	-	266	0,33	12,21	4,54	167,98
10	500	300	-	-	-	-	-	266	0,33	12,21	4,54	167,98
11	450	330	-	-	-	-	-	257	0,25	9,25	3,32	122,84
12	540	360	77	0,15	5,55	0,60	22,20	257	0,27	9,99	3,55	131,35

Tab. 5/51: Tritiumkonzentration im Regenwasser (Nr.: Numerisierung wie in Abb. 5/11, (R,φ): Polarkoordinaten, V: gesammelte Wassermenge; C_w: gemessene H-3-Konzentration im gesammelten Wasser; B_F^M: Flächenbelastung)

Sammelperiode			01.07. - 06.07.1981				
Probenahmestelle			V ml	C _w		B _F ^M	
Nr.	R m	φ Grad		pCi/ml	mBq/ml	pCi/ml	mBq/ml
1	515	30	265	0,62	22,94	8,49	314,13
2	500	60	266	1,13	41,81	15,54	574,98
3	500	90	244	0,56	20,72	7,06	261,22
4	505	120	241	0,36	13,32	4,49	166,13
5	480	150	242	0,58	21,46	7,26	268,62
6	460	180	256	0,22	8,14	2,91	107,67
7	500	210	221	0,28	10,36	3,20	118,40
8	495	240	226	0,24	8,88	2,80	103,60
9	485	270	263	0,18	6,66	2,45	90,65
10	500	300	261	0,21	7,77	2,83	104,71
11	450	330	253	0,16	5,92	2,18	80,66
12	540	360	-	0,22	8,14	-	-

Tab. 5/51: Fortsetzung

Probenahmestelle			Probenahmedatum					
Nr.	Polarkoordinaten (R = 0, φ = 0: Emittent)		16.06.1981			22.06.1981		
	R (m)	φ (Grad)	f	C _B		f	C _B	
			ml/kg TS	pCi/ml	mBq/ml	ml/kg TS	pCi/ml	mBq/l
1	515	30	129	0,53	19,61	104	0,54	19,98
2	500	60	145	1,29	47,73	163	1,09	40,33
3	500	90	130	0,70	25,90	130	0,86	31,82
4	505	120	40	0,77	28,49	46	0,83	30,71
5	480	150	99	0,55	20,35	97	0,56	20,72
6	560	180	70	0,56	20,72	45	0,81	29,97
7	500	210	117	1,62	59,94	97	1,39	51,43
8	495	240	100	0,62	22,94	73	0,63	23,31
9	485	270	-	-	-	127	0,47	17,39
10	500	300	-	-	-	111	0,22	8,14
11	450	330	-	-	-	57	0,36	13,32
12	540	360	110	0,39	14,43	104	0,26	9,62
13	250	30	-	-	-	-	-	-
14	250	60	-	-	-	-	-	-
15	250	90	-	-	-	-	-	-
16	250	120	-	-	-	-	-	-
17	1000	30	-	-	-	-	-	-
18	1000	60	-	-	-	-	-	-
19	1000	90	-	-	-	-	-	-
20	1000	120	-	-	-	-	-	-

Tab. 5/52: Bodenfeuchte f und Tritiumkonzentration C_B in der Bodenfeuchte der oberen 10 cm (Nr.: Numerierung wie in Abb. 5/11)

Probenahmestelle			Probenahmedatum					
Nr.	Polarkoordinaten (R = 0, φ = 0: Emittent)		06.07.1981			14.07.1981		
	R (m)	φ (Grad)	f	C _B		f	C _B	
			ml/kg TS	pCi/ml	mBq/ml	ml/kg TS	pCi/ml	mBq/ml
1	515	30	113	0,68	25,16	108	0,73	27,01
2	500	60	134	0,88	32,56	136	1,07	39,59
3	500	90	129	0,70	25,90	73	0,67	24,79
4	505	120	48	0,51	18,87	27	0,62	22,94
5	480	150	113	0,51	18,87	-	-	-
6	560	180	58	0,36	13,32	-	-	-
7	500	210	63	0,75	27,75	-	-	-
8	495	240	77	0,69	25,53	-	-	-
9	485	270	133	0,41	15,17	-	-	-
10	500	300	157	0,24	8,88	-	-	-
11	450	330	72	0,30	11,10	-	-	-
12	540	360	200	0,34	12,58	-	-	-
13	250	30	-	-	-	55	0,92	34,04
14	250	60	-	-	-	62	2,26	83,62
15	250	90	-	-	-	42	0,50	18,50
16	250	120	-	-	-	50	0,42	15,44
17	1000	30	-	-	-	55	0,66	24,42
18	1000	60	-	-	-	98	1,00	37,00
19	1000	90	-	-	-	100	0,60	22,20
20	1000	120	-	-	-	70	0,56	20,72

Tab. 5/52: Fortsetzung

Für eine Sammlerfläche von 194 cm², eine gesammelte Wassermenge V in cm³ und eine in pCi/ml (mBq/ml) gemessene Tritiumkonzentration C_w im gesammelten Wasser gilt für die Flächenbelastung B_F^M in nCi/m² (Bq/m²)

$$B_F^M = 0,0517 \cdot V \cdot C_w$$

Die nach dieser Beziehung berechneten Werte der Flächenbelastung an den Probenahmestellen sind ebenfalls in Tab. 5/51 eingetragen.

Für die Referenzstelle Turmberg/Augustenberg (ca. 10 km südöstlich vom MZFR) wurden folgende Tritiumkonzentrationen im Niederschlag gefunden:

vom 15.06. bis 30.06.1981: 0,25 nCi/l (9,25 Bq/l)

vom 30.06. bis 15.07.1981: 0,17 nCi/l (6,29 Bq/l)

Diese Tritiumkonzentration ist nicht von Emissionen aus dem Kernforschungszentrum beeinflusst, sondern vielmehr durch die Kernwaffentests bedingt und daher unter Berücksichtigung der Niederschlagsmengen von den im Kernforschungszentrum gemessenen Werten abzuziehen. Als Untergrund wurden abgezogen:

0,90 nCi/m² (33,3 Bq/m²) für die Sammlerperiode vom 16.06. bis 22.06.1981

3,28 nCi/m² (121 Bq/m²) für die Sammlerperiode vom 22.06. bis 01.07.1981

2,19 nCi/m² (81 Bq/m²) für die Sammlerperiode vom 01.07. bis 06.07.1981.

Die nach dieser Untergrundkorrektur erhaltenen Werte sind in Tab. 5/53 wiedergegeben und mit den gerechneten Werten B_Fth nach der "Allgemeinen Berechnungsgrundlage für die Strahlenexposition bei radioaktiven Ableitungen mit der Abluft oder in Oberflächengewässer (Richtlinie zu § 45 StrlSchV)

(BMBL. Nr. 21, S. 369 - 436 (1979)) verglichen. Für die Berechnung der Bodenkontamination durch Washout wurde die Proportionalitätskonstante $S = 3 \cdot 10^{-9} \text{ a mm}^{-1} \text{ s}^{-1}$ eingesetzt. Dieser Wert wurde in den Berechnungsgrundlagen empfohlen. Vergleicht man für die Hauptausbreitungssektoren (Meßstellen 1, 2, 3, 4, 11 und 12) die gemessenen Werte B_F^M mit den berechneten Werten B_F^{th} , so liegen bei den meisten Meßorten in den Hauptausbreitungssektoren die berechneten Werte (Spalten (1) von Tab. 5/53) höher als die gemessenen. Durch eine Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate läßt sich ein korrigierter Wert für S bestimmen, um bessere Übereinstimmung mit den Meßwerten zu erreichen. Die nicht zu dieser Auswertung herangezogenen Ergebnisse aus den übrigen Sektoren (Meßorte 5 bis 10) sind entweder durch Ableitungen aus der Verbrennungsanlage FERAB stärker beeinflusst (Meßorte 5, 6 und 7) oder aber die gemessenen und die berechneten Werte sind dem Betrage nach klein, so daß die Meßwerte wegen des damit verbundenen großen Meßfehlers nur geringe Aussagekraft besitzen. Nach der Korrekturrechnung ergibt sich, daß für HTO der Wert

$$S = 7 \cdot 10^{-10} \text{ a mm}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

den Sachverhalt besser beschreiben würde. Mit diesem Wert für die Proportionalitätskonstante berechnete Werte für die Flächenbelastung B_F^{th} sind ebenfalls in Tab. 5/53 eingetragen (Spalten (2)).

Wegen der geringen Anzahl vorliegender Meßwerte kann dieses Ergebnis zunächst nur als vorläufig angesehen werden.

Die Interpretation der gemessenen Tritiumkonzentration in der Erdfeuchte ist ungleich schwieriger, da diese sowohl von den Niederschlägen während der Laufzeit des Meßprogramms als auch von der vor dem Beginn der Messungen vorhandenen Bodenkontamination beeinflusst sind. Ein nicht vernachlässigbarer Parameter ist auch die zeitlich veränderliche Verdunstungsrate.

Weitere Messungen zur Klärung der festgestellten Diskrepanzen zwischen theoretischen und gemessenen Werten sind beabsichtigt.

Probenahme- stelle Nr.	Periode 01.07. - 06.07.1981					
	B_F^M		B_F^{th}			
	nCi/m ²	Bq/m ²	(1)		(2)	
			nCi/m ²	Bq/m ²	nCi/m ²	Bq/m ²
1	-	-	2,31	85,47	0,54	19,98
2	1,13	41,81	3,64	134,68	0,84	31,08
3	1,73	64,01	7,47	276,39	1,73	64,01
4	0,99	36,63	3,25	120,25	0,75	27,75
5	2,70	99,90	7,38	273,06	1,71	63,27
6	-	-	1,12	41,44	0,26	9,62
7	1,28	47,36	0,08	2,96	0,02	0,74
8	0	0	0	0	0	0
9	-	-	0	0	0	0
10	-	-	0	0	0	0
11	-	-	0	0	0	0
12	0	0	0,17	6,29	0,04	1,48

(1) Mit $S = 3 \cdot 10^{-9} \text{ a mm}^{-1} \text{ s}^{-1}$ berechnet. (2) Mit $S = 7 \cdot 10^{-10} \text{ a mm}^{-1} \text{ s}^{-1}$ berechnet.

Tab. 5/53: Vergleich der gemessenen B_F^M und der berechneten Flächenbelastung B_F^{th} (Nr.: Numerierung wie in Abb 5/11)

Probenahme- stelle Nr.	Periode 22.06. - 01.07.1981					
	B_F^M		B_F^{th}			
	nCi/m ²	Bq/m ²	(1)		(2)	
			nCi/m ²	Bq/m ²	nCi/m ²	Bq/m ²
1	4,26	157,62	39,8	1472,60	9,22	341,14
2	5,03	186,11	11,76	435,12	2,72	100,64
3	1,50	55,50	16,77	620,49	3,89	143,93
4	1,19	44,03	1,30	48,10	0,30	11,10
5	1,39	51,43	1,20	44,04	0,28	10,36
6	1,35	49,95	9,78	361,86	2,27	83,99
7	1,45	53,65	12,69	469,53	2,94	108,78
8	0,95	35,15	1,15	42,55	0,27	9,99
9	1,26	46,62	1,81	66,97	0,42	15,54
10	1,26	46,62	0,24	8,88	0,06	2,22
11	0,04	1,48	0,97	35,89	0,22	8,14
12	0,27	9,99	9,02	333,74	2,09	77,33

Tab. 5/53: Fortsetzung

Probenahme- stelle Nr.	Periode 16.06. - 22.06.1981					
	B_F^M		B_F^{th}			
	nCi/m ²	Bq/m ²	(1)		(2)	
			nCi/m ²	Bq/m ²	nCi/m ²	Bq/m ²
1	6,30	233,10	22,03	815,11	5,10	188,70
2	13,35	493,95	35,63	1318,31	8,26	305,62
3	4,87	180,19	3,53	130,61	0,82	30,34
4	2,30	85,10	0,06	2,22	0,01	0,37
5	5,07	187,59	0,21	7,77	0,05	1,85
6	0,72	26,64	2,71	100,27	0,63	23,31
7	1,01	37,37	0,21	7,77	0,05	1,85
8	0,61	22,57	0	0	0	0
9	0,26	9,62	0,11	4,07	0,03	1,11
10	0,64	23,68	1,30	48,10	0,30	11,10
11	0	0	0,14	5,18	0,03	1,11
12	-	-	2,05	75,85	0,47	17,39

Tab. 5/53: Fortsetzung

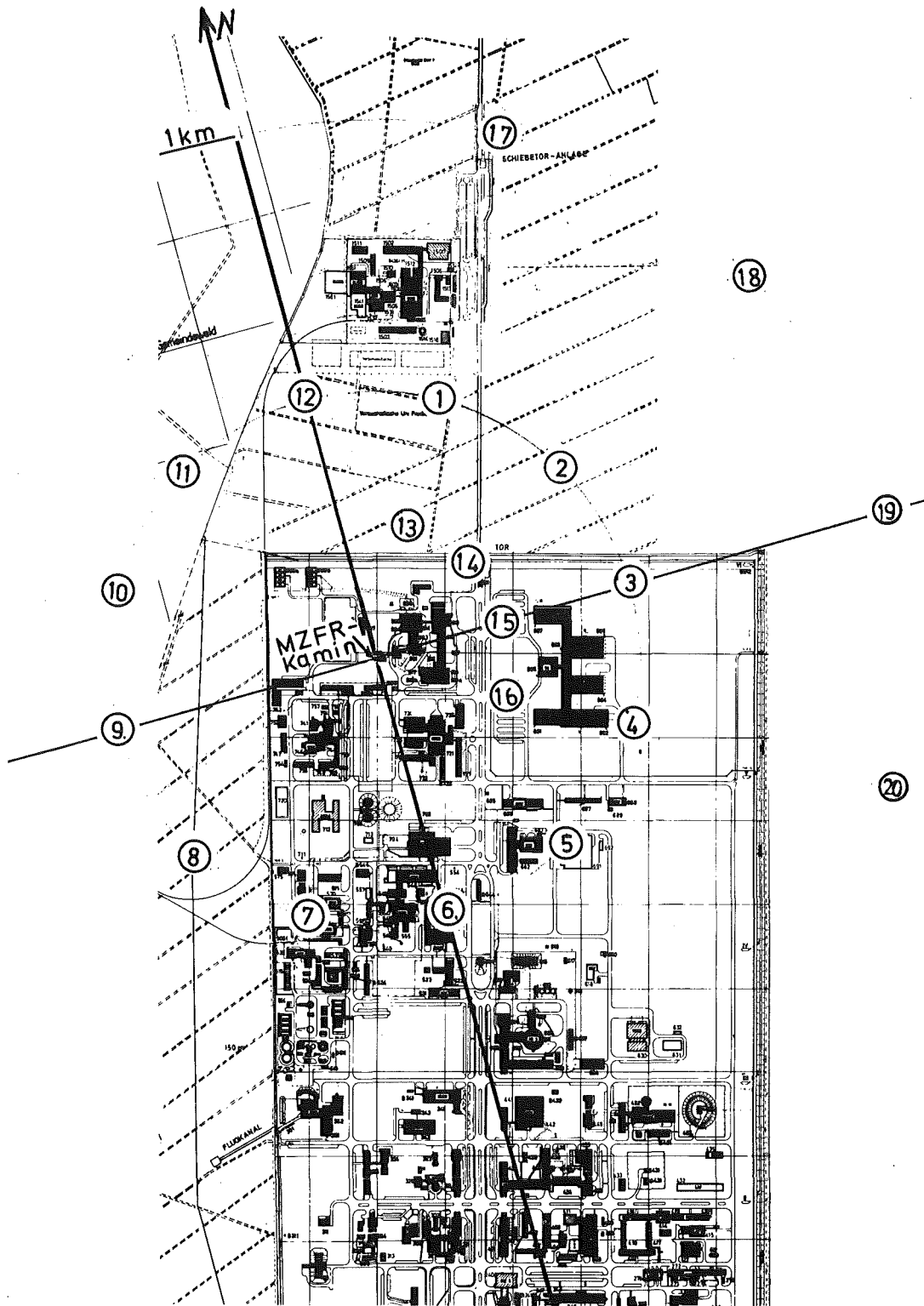


Abb. 5/11: Lageplan der Probenahmestellen

5.6.1.5 Tritiumkonzentrationen in Pflanzen

S. Strack

Pflanzliche Nahrungsmittel aus den Hauptausbreitungssektoren

1981 wurden die Messungen der Tritiumkonzentrationen im eßbaren Anteil von pflanzlichen Nahrungsmitteln aus den beiden Hauptausbreitungssektoren in der Umgebung des Kernforschungszentrums fortgesetzt. Gemessen wurde die Tritiumaktivität im freien Wasser der Proben, das durch Gefriertrocknung verfügbar ist (HTO), und in der organischen Trockensubstanz (OGT), in dem die Tritiumaktivität nach Plasmaveraschung der wasserfreien Proben im Oxidationswasser bestimmt wurde. Die Konzentrationen werden also in beiden Fällen in pCi/ml bzw. mBq/ml angegeben. Die Ergebnisse für den 1. Hauptausbreitungssektor (Raum Friedrichstal) sind in Tab. 5/54, für den 2. Hauptausbreitungssektor (Raum Eggenstein/Leopoldshafen) in Tab. 5/55 zusammengestellt. In beiden Tabellen sind außerdem noch die berechneten R-Werte (Verhältnis der Konzentrationen OGT zu HTO) aufgenommen, die von radioökologischem Interesse sind.

Die HTO-Werte liegen in beiden Sektoren sämtlich unterhalb einer Konzentration von 1 pCi/ml (37 mBq/ml) und sind somit unter dem Aspekt des Strahlenschutzes ohne Relevanz. Der Medianwert aller Proben aus dem Raum Friedrichstal liegt bei 0,51 pCi/ml (19 mBq/ml), aus dem Raum Eggenstein/Leopoldshafen bei 0,28 pCi/ml (10 mBq/ml).

Das organisch gebundene Tritium (OGT) liegt bis auf eine Ausnahme (Weizen aus dem Raum Friedrichstal) in allen Proben über der Konzentration für HTO. Die Medianwerte betragen im ersten und zweiten Ausbreitungssektor 1,01 (37) bzw. 0,85 pCi/ml (32 mBq/ml). Gegenüber dem wassergebundenen beträgt der organisch gebundene Wasserstoff in pflanzlichen Nahrungsmitteln in der Regel nur etwa 10 % des gesamten Wasserstoffs. Deshalb sind auch diese Werte für den Strahlenschutz nicht relevant, jedoch von radioökologischem Interesse.

Die Berechnung der Verhältnisse von OGT zu HTO ergab entsprechend in fast allen Fällen R-Werte, die größer als 1 sind (Ausnahme: $0,9 \pm 0,5$ für Weizen aus dem Raum Friedrichstal). Da diesen Werten meistens Tritiumkonzentrationen zugrunde liegen, die nur geringfügig oberhalb der Nachweisgrenze liegen, ergibt sich nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz in der Regel ein relativ großer Fehler. Der größte R-Wert wurde im Blumenkohl aus dem Raum Eggenstein-Leopoldshafen mit 11 ± 8 ermittelt.

Radioökologische Untersuchungen in der Umgebung des Rheinniederungskanals

Im Zusammenhang mit Tritiummessungen an verschiedenen Eigenwasserversorgungsbrunnen im Gebiet um den Rheinniederungskanal bei Hochstetten (Kap. 5.6.1.3) wurden in drei landwirtschaftlichen Betrieben verschiedene Proben entnommen und auf die Konzentrationen an HTO und OGT hin untersucht. Die Ergebnisse für verschiedene Gemüsesorten, wie sie in den Betrieben zur Eigenversorgung mehr gartenmäßig angebaut werden, sind in Tab. 5/56 zusammengestellt. Die Entnahme der Proben erfolgte am 12.08.1981 und 14.09.1981. Die HTO-Werte sind in der Regel kleiner als 1 pCi/ml (37 mBq/ml) und heben sich daher nicht signifikant von den HTO-Werten in pflanzlichen Nahrungsmitteln aus der Umgebung des KfK ab. Nur drei HTO-Konzentrationen in Proben vom Betrieb B setzen sich mit Werten von 1,27 bis 1,37 pCi/ml (47 bis 51 mBq/ml) deutlich ab. Dies könnte sich durch die besonders intensive Nutzung des zum Betrieb gehörigen Gartens mit häufiger Beregnung vom Eigenversorgungsbrunnen erklären. Der Medianwert aller Proben liegt bei 0,68 pCi/ml (25 mBq/ml). Die Werte für OGT streuen über einen weiten Bereich von 0,63 pCi/ml (23 mBq/ml) bis 3,63 pCi/ml (134 mBq/ml), ohne daß sich aus dieser Meßreihe eine besondere Tendenz hinsichtlich der verschiedenen Gemüsesorten erkennen läßt. Die OGT-Werte aller Proben von Betrieb B liegen allerdings signifikant über dem Medianwert für die gesamten OGT-Werte von 1,12 pCi/ml (41 mBq/ml), woraus ebenfalls auf die intensivste Tritiumexposition dieser Pflanzen von allen Betrieben geschlossen werden kann.

Pflanzliche Nahrungsmittel	1. Hauptausbreitungssektor (Raum Friedrichstal)						
	Datum der Probenentnahme 1981	Wassergehalt %	Tritiumkonzentration				R-Wert (OGT) / (HTO)
			freies Wasser (HTO)		Oxidationswasser aus Trockensubstanz (OGT)		
			pCi/ml	mBq/ml	pCi/ml	mBq/ml	
Getreide:							
- Weizen (Körner)	18.08.	5	0,45±0,17	17±6	0,40±0,16	15± 6	0,9±0,5
Blattgemüse:							
- Kopfsalat	02.07.	89	0,93±0,16	34±6	2,61±0,25	97± 9	2,8±0,6
- Feldsalat	12.10.	91	0,78±0,21	29±8	1,03±0,34	38±13	1,3±0,6
Kohlgemüse:							
- Weißkohl	17.09.	87	0,41±0,20	15±7	0,72±0,19	27± 7	1,8±1,0
- Rotkohl	17.09.	85	0,50±0,17	19±6	0,84±0,21	31± 8	1,7±0,7
- Wirsingkohl	10.09.	87	0,31±0,16	12±6	1,23±0,23	46± 9	4,0±2,2
- Rosenkohl (Rosen)	04.12.	83	0,96±0,21	36±8	2,65±0,28	98±10	2,8±0,7
- Blumenkohl	17.09.	90	0,39±0,19	14±7	1,00±0,33	37±12	2,6±1,5
Wurzel- und Knollengemüse:							
- Kartoffeln	10.09.	78	0,40±0,17	15±6	0,88±0,22	33± 8	2,2±1,1
- Möhren	02.07.	88	0,82±0,16	30±6	1,01±0,17	37± 6	1,2±0,3
Ausdauernde Gemüse:							
- Spargel	20.05.	84	0,59±0,19	22±7	-	-	-
Obst:							
- Erdbeeren	02.07.	90	0,57±0,15	21±6	3,56±0,32	132±12	6,3±1,7
- Äpfel	17.09.	78	0,51±0,20	19±7	0,83±0,21	31± 8	1,6±0,8

Tab. 5/54: Tritiumkonzentration in pflanzlichen Nahrungsmitteln aus dem 1. Hauptausbreitungssektor in der Umgebung des KfK (Raum Friedrichstal)

Gemessen wurde:

1. HTO (Tritiumkonzentration im freien Wasser, das durch Gefriertrocknung verfügbar ist)
2. OGT (organisch gebundenes Tritium, gemessen als Oxidationswasser nach Plasmaveraschung der wasserfreien Trockensubstanz)

Die angegebenen Fehler sind 2-σ-Fehler. Die Fehler der R-Werte wurden nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz berechnet.

Pflanzliche Nahrungsmittel	2. Hauptausbreitungssektor (Raum Eggenstein-Leopoldshafen)						
	Datum der Probenentnahme 1981	Wassergehalt %	Tritiumkonzentration				R-Wert (OGT) (HTO)
			freies Wasser (HTO)		Oxidationswasser aus Trockensubstanz OGT		
			pCi/ml	mBq/ml	pCi/ml	mBq/ml	
Getreide:							
- Weizen (Körner)	17.08.	7	0,21±0,18	8±7	0,30±0,16	11± 6	1,4±1,4
Blattgemüse:							
- Kopfsalat	23.06.	92	0,41±0,17	15±6	0,51±0,39	19±14	1,2±1,1
- Kopfsalat	10.07.	95	0,27±0,14	10±5	1,59±0,31	59±12	5,9±3,2
- Feldsalat	10.11.	90	0,40±0,19	15±7	0,73±0,21	27± 8	1,8±1,0
Kohlgemüse:							
- Weißkohl	23.06.	90	0,38±0,17	14±6	0,52±0,40	19±15	1,4±1,2
- Weißkohl	10.07.	93	0,32±0,14	12±5	2,35±0,27	87±10	7,3±3,4
- Rotkohl	10.07.	92	0,20±0,13	7±5	1,84±0,26	68±10	9 ±6
- Wirsingkohl	07.10.	92	0,48±0,20	18±7	1,70±0,27	63±10	3,5±1,6
- Rosenkohl (Rosen)	02.12.	85	0,20±0,19	7±7	0,98±0,22	36± 8	4,9±4,7
- Blumenkohl	10.07.	89	0,20±0,14	7±5	2,15±0,48	80±18	11 ±8
- Kohlrabi	07.10.	91	< NWG	< NWG	0,85±0,22	32± 8	-
Wurzel- und Knollengemüse:							
- Kartoffeln	24.09.	79	0,33±0,19	12±8	0,69±0,21	26± 8	2,1±1,4
- Möhren	23.06.	89	0,20±0,14	7±5	0,75±0,25	28± 9	3,8±2,9
- Rote Rüben	07.10.	86	< NWG	< NWG	-	-	-
- Rettich	07.10.	95	< NWG	< NWG	0,65±0,24	24± 9	-
Ausdauernde Gemüse:							
- Spargel	23.05.	80	0,31±0,17	12±6	2,40±0,23	89± 9	7,7±4,3
Obst:							
- Erdbeeren	23.06.	89	0,28±0,17	10±6	0,84±0,16	31± 6	3,0±1,9

Tab. 5/55: Tritiumkonzentration in pflanzlichen Nahrungsmitteln aus dem 2. Hauptausbreitungssektor in der Umgebung des KfK (Raum Eggenstein-Leopoldshafen)

Gemessen wurde:

1. HTO (Tritiumkonzentration im freien Wasser, das durch Gefriertrocknung verfügbar ist)
2. OGT (organisch gebundenes Tritium, gemessen als Oxidationswasser nach Plasmaveraschung der wasserfreien Trockensubstanz)

Die angegebenen Fehler sind 2-σ-Fehler. Die Fehler der R-Werte wurden nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz berechnet.

Probenentnahme Datum 1981	Ort	Pflanzliche Nahrungsmittel	Wasser- gehalt %	Tritiumkonzentration			
				freies Wasser (HTO)		Oxidationswasser aus Trockensubstanz (OGT)	
				pCi/ml	mBq/ml	pCi/ml	mBq/l
12.08.	A	Kartoffeln, Knollen	77	0,25±0,15	9±6	0,63±0,15	23± 6
12.08.	A	Kartoffeln, Kraut	90	0,22±0,14	8±5	3,06±0,32	113±12
12.08.	A	Möhren, Wurzeln	85	0,74±0,16	27±6	1,12±0,17	41± 6
12.08.	A	Möhren, Kraut	82	0,66±0,16	24±6	0,94±0,31	35±12
12.08.	A	Wirsingkohl	86	0,31±0,14	12±5	0,75±0,18	24± 6
14.09.	A	Wirsingkohl	86	0,46±0,19	17±7	1,11±0,22	41± 8
14.09.	A	Rotkohl	89	0,38±0,19	14±7	0,68±0,20	25± 7
12.08.	B	Tomaten	90	1,27±0,21	47±8	3,63±0,37	134±14
12.08.	B	Möhren, Wurzeln,	90	1,31±0,19	49±7	1,39±0,20	51± 7
12.08.	B	Möhren, Kraut	82	1,37±0,22	51±8	1,21±0,17	45± 6
12.08.	B	Bohnen, Früchte	87	0,70±0,19	26±7	1,88±0,31	70±12
12.08.	C	Gurken	92	0,68±0,19	25±7	0,75±0,16	28± 6

Tab. 5/56: Tritiumkonzentration pflanzlicher Nahrungsmittel von verschiedenen landwirtschaftlichen Betrieben in der Nähe des Rheinniederungskanaals

In Tab. 5/57 sind die Tritiumkonzentrationen in einer Reihe von sonstigen Proben, die auf den Betrieben in der zweiten Hälfte des Jahres 1981 stichprobenartig entnommen wurden. Dies sind zum einen eine Reihe von Milch-, Grünfütter- und Kuh-Urin-Proben, um eventuelle Auswirkungen auf den Weide-Kuh-Milch-Pfad zu erfassen, und zum anderen Urin von Schweinen (in einem Fall eine Probe aus der Senkgrube des Schweinestalls), zu deren Fütterung sowohl landwirtschaftliche Produkte und Küchenabfälle vom Betrieb als auch das Trinkwasser verwendet wird. Da die Herkunft des Wassers, das die Tiere erhalten, nicht quantitativ aufgeschlüsselt werden konnte, lassen die Werte nur eine vorsichtige Interpretation zu.

Die HTO-Werte für Milch und Kuh-Urin, die sich untereinander nicht signifikant voneinander unterscheiden, liegen etwa in der Mitte zwischen den HTO-Werten für Grünfütter und denen des Leitungswassers auf dem Betrieb. Darin könnte sich eine Herkunft des Wassers zu einem Anteil von je 50 % beider Komponenten an der Wasserbilanz widerspiegeln. Die Tritiumkonzentrationen im Urin der Schweine aus den beiden anderen Betrieben kommen deutlich näher an die Konzentration im Leitungswasser heran.

Tritium im Rosenkohl

Ein Meßprogramm über die Tritiumkonzentrationen in verschiedenen Pflanzenteilen von Rosenkohl, das bereits 1980 durchgeführt worden war, wurde im Spätherbst 1981 wiederholt. Die Pflanzen wurden in Rosen, Blättern, Stamm und Wurzeln unterteilt und getrennt aufgearbeitet. Zusätzlich wurde noch der HTO-Wert in einer Probe des Bodens bestimmt, in dem die Pflanzen gewachsen waren. Die Werte unterscheiden sich allgemein in Höhe und Streuung kaum von denen des Vorjahres (Jahresbericht 1980, S. 153). Im Detail sind jedoch Verschiebungen zu erkennen, die an anderer Stelle ausführlich analysiert werden sollen. Eine Gegenüberstellung der Medianwerte von R in den Pflanzenteilen aus 1980 und 1981 (Abb. 5/59) zeigt einen Anstieg der Verhältnisse (nicht der Konzentrationen!) im letzten Jahr in den Rosen, im Stamm und den Wurzeln. Allerdings ist die Aussagekraft dieser Medianwerte aufgrund der relativ geringen Anzahl von Einzelmessungen nicht allzu groß.

Probenentnahme		Probenart	Tritiumkonzentration			
Datum	Ort		freies Wasser (HTO)		Oxidationswasser aus Trockensubstanz (OGT)	
1981			pCi/ml	mBq/ml	pCi/ml	mBq/ml
12.08.	A	Grünfutter	0,48±0,16	18± 6	1,36±0,22	50± 8
12.08.	A	Milch	3,46±0,26	128±10	2,67±0,28	99±10
14.09.	A	Grünfutter	0,32±0,17	12± 6	0,51±0,18	19± 7
14.09.	A	Milch	4,26±0,32	158±12	3,09±0,27	114±10
14.09.	A	Urin von Kühen	3,95±0,27	146±10	-	-
09.10.	A	Grünfutter	0,65±0,20	24± 7	0,87±0,21	32± 8
09.10.	A	Milch	2,84±0,26	105±10	2,38±0,26	88±10
09.10.	A	Urin von Kühen	2,78±0,28	103±10	-	-
12.08.	B	Schweinegülle	6,92±0,39	256±14	-	-
14.09.	B	Urin von Schweinen	6,05±0,36	224±13	-	-
09.10.	B	Urin von Schweinen	8,51±0,50	315±19	-	-
14.09.	C	Urin von Schweinen	6,78±0,39	251±14	-	-
09.10.	C	Urin von Schweinen	4,18±0,33	155±12	-	-

Tab. 5/57: Tritiumkonzentrationen in sonstigen Proben von verschiedenen landwirtschaftlichen Betrieben in der Nähe des Rheinniederungskanaals

Probenentnahme		Probenart	Tritiumkonzentration				R-Wert (OGT) / (HTO)
Datum	Ort		freies Wasser (HTO)		Oxidationswasser aus Trockensubstanz (OGT)		
1981			pCi/ml	mBq/ml	pCi/ml	mBq/ml	
04.12.	Friedrichstal	Rosenkohl-Rosen	0,96±0,21	36 ±8	2,65±0,28	98±10	2,8±0,7
02.12.	Eggenstein	Rosenkohl-Rosen	0,20±0,19	7 ±7	0,98±0,22	36± 8	4,9±4,7
09.12.	Thomashof	Rosenkohl-Rosen	≤ NWG	≤ NWG	1,34±0,22	50± 8	-
04.12.	Friedrichstal	Rosenkohlblätter	0,70±0,20	26 ±7	1,62±0,24	60± 9	2,3±0,8
02.12.	Eggenstein	Rosenkohlblätter	0,36±0,19	13 ±7	1,62±0,33	60±12	4,5±2,6
09.12.	Thomashof	Rosenkohlblätter	0,27±0,19	10 ±7	0,63±0,21	23± 8	2,3±1,8
04.12.	Friedrichstal	Rosenkohl-Stamm	0,75±0,21	28 ±8	1,21±0,23	45± 9	1,6±0,5
02.12.	Eggenstein	Rosenkohl-Stamm	0,34±0,19	13 ±7	1,24±0,23	46± 9	3,7±2,1
09.12.	Thomashof	Rosenkohl-Stamm	0,20±0,19	7 ±7	0,88±0,21	33± 8	4,4±4,3
04.12.	Friedrichstal	Rosenkohlwurzeln	0,66±0,20	24 ±7	1,30±0,33	48±12	2,0±0,8
02.12.	Eggenstein	Rosenkohlwurzeln	≤ NWG	≤ NWG	1,15±0,24	43± 9	-
09.12.	Thomashof	Rosenkohlwurzeln	0,35±0,19	13 ±7	1,15±0,23	43± 9	3,3±2,0
04.12.	Friedrichstal	Rosenkohl-Boden	0,92±0,21	34 ±8	-	-	-
02.12.	Eggenstein	Rosenkohl-Boden	0,34±0,19	13 ±7	-	-	-
09.12.	Thomashof	Rosenkohl-Boden	0,26±0,19	10 ±7	-	-	-

Tab. 5/58: Tritiumkonzentrationen in Rosenkohlpflanzen aus der Umgebung des KfK und von einer Referenzstelle (Thomashof)

Probenart	Medianwerte von R	
	1 9 8 0	1 9 8 1
Rosenkohl		
- Rosen	2,4	4,9
- Blätter	2,3	2,3
- Stamm	1,5	3,7
- Wurzeln	1,4	3,3

Tab. 5/59: Vergleich der Medianwerte von R (= OGT/HTO) in verschiedenen Pflanzenteilen von Rosenkohl aus den Jahren 1980 und 1981

5.6.1.6 Radioökologische Untersuchung über das Verhalten von Tritium in Bäumen

S. Strack, S. Schulte, G. Pagliosa

Tritium in Kiefernadeln

Im Rahmen eines vom BMI geförderten Forschungsvorhabens wurde 1981 die radioökologische Untersuchung über Tritium in Bäumen fortgesetzt und zunächst eine Meßreihe über Tritium in Kiefernadeln auf dem Gelände des KfK abgeschlossen. An verschiedenen Stellen auf dem KfK-Gelände wurden Proben von Kiefernadeln genommen, wobei nach den Jahren 1978, 1979 und 1980, in denen die Nadeln gewachsen waren, unterschieden wurde. Nach Gefriertrocknung und Plasmaveraschung mit Rückgewinnung des Oxidationswassers wurde anschließend der Tritiumgehalt im freien Wasser (HTO) und im Oxidationswasser (organisch gebundenes Tritium: OGT) bestimmt. Zur Zeit der Entnahme der Proben wurde jeweils noch Luftfeuchtigkeit zur Bestimmung des Tritiumgehaltes gesammelt.

Die Ergebnisse sind in Abb. 5/12 dargestellt. Die höchsten Tritiumkonzentrationen wurden unmittelbar neben dem MZFR gemessen, dem Hauptemittenten von atmosphärischem Tritium im Kernforschungszentrum. Zur Zeit der Entnahme der Proben war die Tritiumkonzentration in der Luftfeuchtigkeit stark erhöht, woraus eine höhere spezifische Tritiumkonzentration in der Luftfeuchtigkeit als im freien Gewebewasser der Nadeln resultierte. In allen anderen Fällen wurde das Gegenteil beobachtet. Daraus läßt sich schließen, daß die Tritiumkonzentration in den Nadeln von verschiedenen Quellen beeinflusst wird, und ein Ausgleich mit der Luftfeuchtigkeit ist nur eine Ursache unter vielen, wie z. B. Niederschlag und Bodenfeuchtigkeit.

Das Verhältnis zwischen OGT und HTO ist in fast allen Fällen größer als 1. In zwei Fällen ist es gleich 1 und nur in einer Probe wurde ein Verhältnis $0,54 \pm 0,23$ gefunden. Jedoch kann nicht ausgeschlossen werden, daß es sich in diesem Falle um ein Artefakt handelt. Betrachtet man die OGT-Werte in den Nadeln in Abhängigkeit vom Alter, so scheint eine Tendenz erkennbar, daß der Tritiumgehalt mit dem Alter der Nadeln ansteigt. Dies kann von einer höheren Tritiumexposition der Bäume in früheren Jahren herrühren. Jedoch sind weitere Untersuchungen notwendig, um zu klären, ob für dieses Ergebnis mögliche Retentionsmechanismen in Stoffwechselprozessen dafür verantwortlich sind [47].

Tritium in Buchenblättern

Ein kritischer Punkt bei der Interpretation solcher Meßreihen ist, daß die Ergebnisse jeweils immer nur eine "Momentaufnahme" der Situation zeigen und nicht die Entwicklung in den Kompartimenten unter dynamischen Bedingungen, wie sie in natürlichen Ökosystemen vorkommen. Deshalb wurde mit Beginn der Vegetationsperiode 1981 eine systematische Langzeituntersuchung über das Verhalten von Tritium in einer Rotbuche auf dem Gelände des KfK begonnen. Für eine ganze Vegetationsperiode wurde die Entwicklung der HTO- und OGT-Konzentrationen in den Blättern verfolgt. Außerdem wurden sämtliche Tritiumkonzentrationen in der Umgebung bestimmt, wie in der Luftfeuchtigkeit, im Niederschlag, im Boden- und Grundwasser. Zur Bestimmung des Tritiumgehaltes in der Luftfeuchtigkeit, der von allen Tritiumexpositionen die größte Dynamik zeigt, wurde eine Einrichtung installiert, die es erlaubte, kontinuierlich im 1- bis 3-Stunden-Takt Proben zu sammeln.

Alle diese Meßwerte wurden zusammen mit zahlreichen meteorologischen Daten, wie Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Sonnenstrahlung usw., in einem Großrechner gespeichert. Von dort können sie sowohl geplottet als auch für Modellrechnungen verwendet werden.

Die erste Probe wurde zur Zeit des Knospenschwellens dem Baum am 9. Mai 1981 in Form von Knospen entnommen, die unmittelbar vor der Blattentfaltung standen. In der folgenden Wachstumsperiode, in der die Blätter sich bis zu ihrer vollen Größe entwickelten, wurde jeweils eine Probe pro Woche entnommen. Anschließend erfolgte die Probenentnahme zweimal pro Woche, bis Ende Oktober das Laubvergilben und anschließend der Laubfall eintraten. Die Proben wurden jeweils bei Sonnenaufgang genommen, zu einem Zeitpunkt also, zu dem hinsichtlich des freien Gewebewassers in den Blättern ein relativ ausgeglichener Zustand herrscht (geschlossene Stomata, keine Transpiration während der vorherigen Nacht, ca. 10 Stunden). Hinsichtlich des organisch gebundenen Tritiums ist zu diesem Zeitpunkt die Stärke, die am Vortage assimiliert wurde, aus dem Blatt abtransportiert, und das Blatt ist weitgehend frei von vorübergehend gespeicherten Kohlenhydraten, die nicht zum Strukturmaterial gehören. In der Zeit vom 8. bis 13. September wurden zusätzlich während des Tages Blattproben entnommen, um eine Information über den Tagesgang zu bekommen. In Abb. 5/13 ist ein Ausschnitt des Rechner-Plots für die Zeit vom 4. bis 23. September wiedergegeben, in dem die Tritiumaktivitäten in der Luftfeuchtigkeit und dem Niederschlag, die HTO- und OGT-Werte sowie die Lufttemperatur, die relative und die absolute Luftfeuchtigkeit als meteorologische Parameter dargestellt sind.

In vorläufiger Interpretation des Versuches lassen sich die Ergebnisse folgendermaßen zusammenfassen. Die HTO-Werte zeigen über die ganze Vegetationsperiode eine ausgeprägte Dynamik, indem sie einerseits von den stark schwankenden Tritiumkonzentrationen der Luftfeuchtigkeit beeinflusst werden. Insbesondere wird dies bei stark erhöhten Konzentrationen deutlich. In Zeiten geringer HTO-Konzentration in der Luftfeuchtigkeit folgen sie andererseits aber nicht den Luftfeuchtigkeitskonzentrationen, sondern bleiben deutlich darüber und repräsentieren somit offensichtlich die Tritiumkonzentration der Bodenfeuchtigkeit. Die OGT-Werte zeigen über die ganze Versuchsdauer ebenfalls eine Dynamik, d. h. die Konzentrationen steigen und fallen, allerdings in wesentlich geringerem Maße als die HTO-Werte. Der Anfangswert für OGT in den Knospen von $1,40 \pm 0,22$ pCi/ml ($51,8 \pm 8,14$ mBq/ml) Oxidationswasser wird während des ganzen Versuchs nicht mehr unterschritten. Vielmehr baut sich bis zum Ende der Vegetationsperiode eine Konzentration an organisch gebundenem Tritium von $4,60 \pm 0,35$ pCi/ml ($170,2 \pm 13,0$ mBq/ml) auf. Die signifikantesten Konzentrationserhöhungen zeigen sich hierbei nach den Perioden, in denen die Tritiumaktivität in der Luftfeuchtigkeit am stärksten erhöht ist.

$$C_H = 11,7 \text{ pCi/ml (63 mBq/ml)}$$

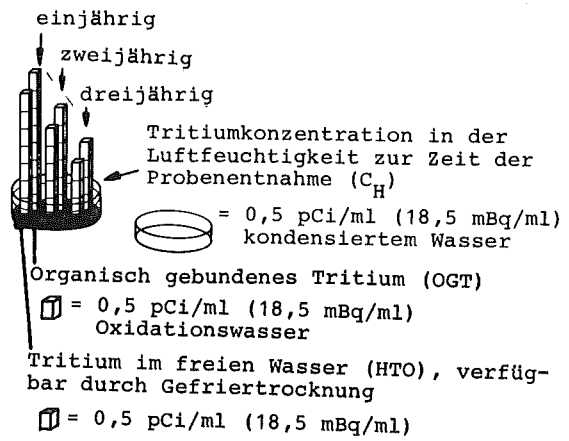
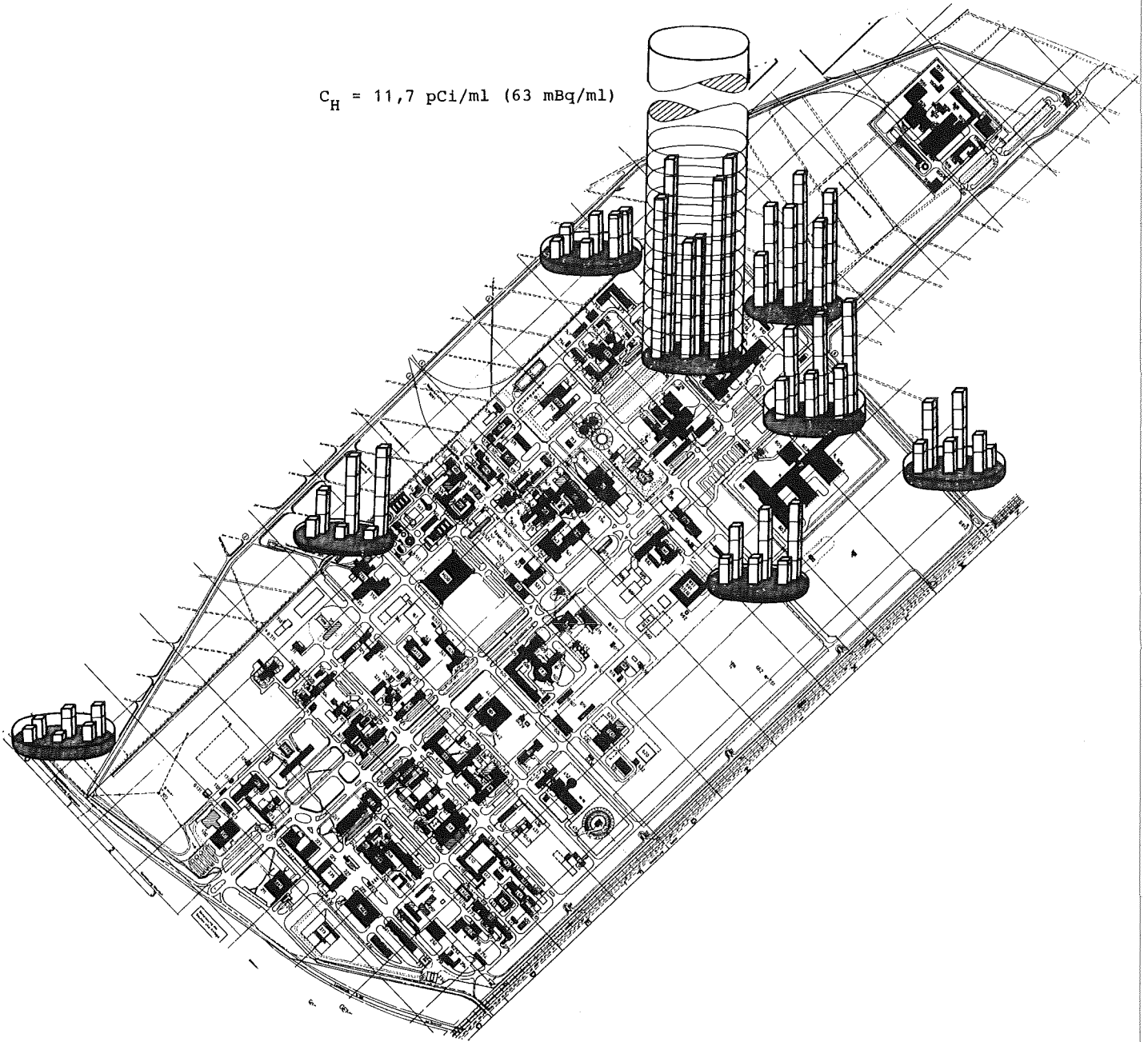


Abb. 5/12: Tritiumkonzentrationen in Kiefernadeln von verschiedenen Standorten auf dem Gelände des KfK (gewachsen in 1978 bis 1980)

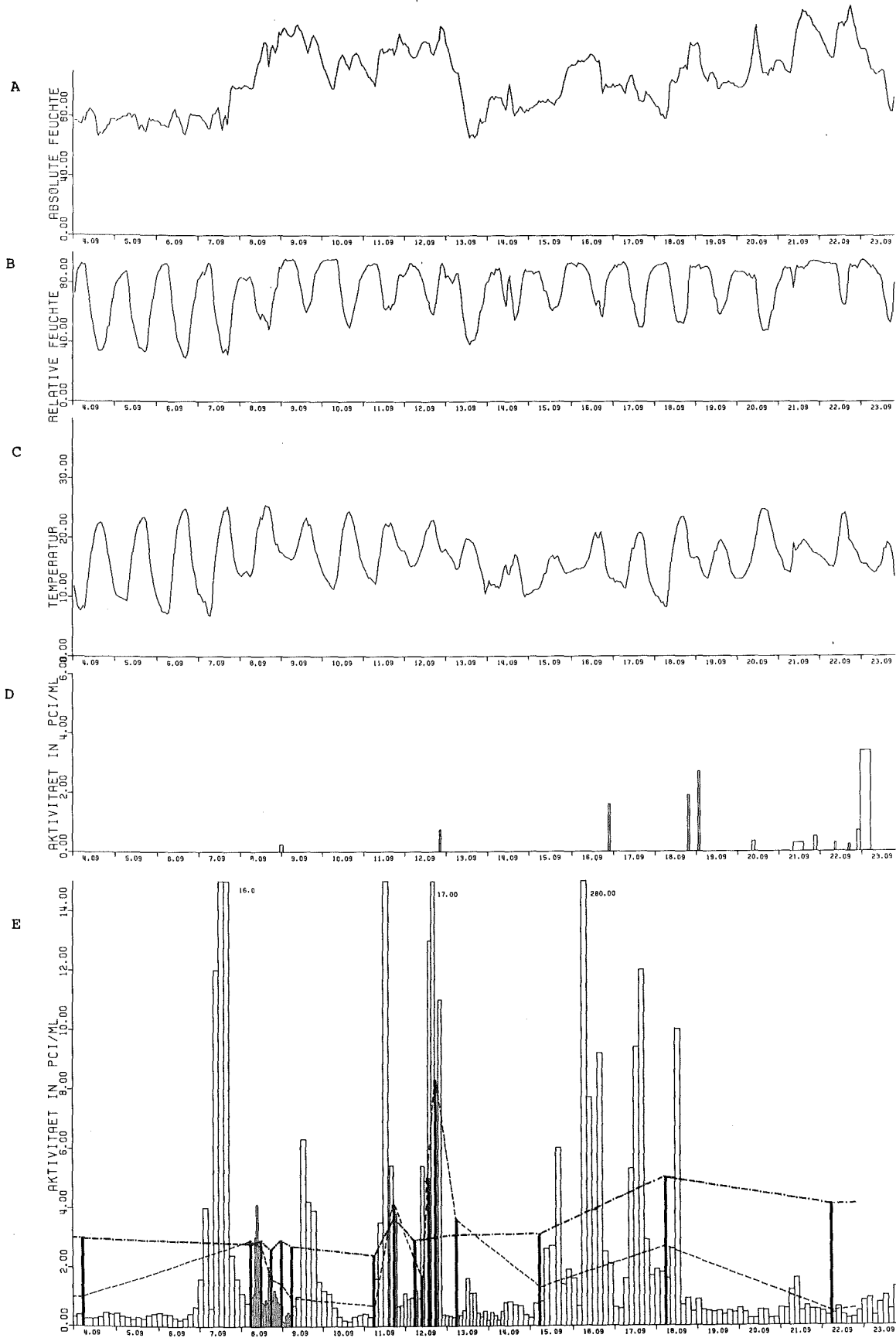


Abb. 5/13: Ausschnitt des Rechner-Plots der Tritiumaktivitäten und meteorologischen Daten des Langzeitversuches vom 4. bis 23. September 1981

Von oben: A) absolute Luftfeuchtigkeit in $1/10 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$, B) relative Luftfeuchtigkeit in %, C) Lufttemperatur in $^{\circ}\text{C}$, D) Tritiumkonzentration im Niederschlag in $\text{pCi} \cdot \text{ml}^{-1}$, E) Tritiumkonzentration in Luftfeuchtigkeit, in HTO (---) und OGT (---) der Blätter in $\text{pCi} \cdot \text{ml}^{-1}$.

Daraus ergibt sich, daß die Werte für OGT bis auf wenige Ausnahmen in allen Proben über denen vom HTO liegen. Berechnet man die R-Werte der Proben, d. h. die Verhältnisse der Konzentrationen von OGT zu HTO, so liegt der R-Wert für die Knospen zu Beginn des Jahres bei $R = 1,27$. Er liegt danach bei einigen Proben unter 1 und beträgt beim Laubfall am Ende des Versuches $R = 2,91$. Der größte R-Wert wurde am 22. September mit $R = 8,72$ ermittelt. Diese erhöhten Konzentrationen in dem organischen Wasserstoffkompartiment der Blätter kann nicht durch einen Anreicherungsmechanismus aufgrund von Isotopeneffekten erklärt werden. Es muß im Gegenteil eine Diskriminierung von Tritium gegenüber Protium beim photosynthetischen Einbau in die organische Substanz einkalkuliert werden, wie es aus Versuchen mit Grünalgen bekannt ist. Durch die Langzeituntersuchung mit der kontinuierlichen Erfassung möglichst aller Tritiumexpositionen des Baumes für die ganze Vegetationsperiode deutet sich auch bereits ohne ein vollständiges Modell an, daß sich hier unter dynamischen Verhältnissen im organischen Wasserstoffpool erhöhte Tritiumkonzentrationen aufbauen, in denen die starken Expositionen durch atmosphärisches Tritium gewissermaßen wie in einem Dosimeter "registriert" wurden.

Zur verfeinerten Modellierung des Verhaltens von Tritium im HTO- und OGT-Pool der Blätter wurden außerdem eine Reihe von pflanzenphysiologischen Parametern bestimmt, wie z. B. die Geschwindigkeit beim Blattwachstum und die Blattoberfläche aller am Baum befindlichen Blätter. In einem Zähl-Schätz-Verfahren wurde die Anzahl mit etwa 200 000 Blättern ermittelt. Somit steht dem Baum bei einer durchschnittlichen Fläche einer Blattspreite von 2 275 mm² eine Fläche von insgesamt 455 m² für die Photosynthese und Transpiration (für die kutikuläre Transpiration sogar Blattober- und -unterseite: 910 m²) zur Verfügung. In Abb. 5/14 ist die Verteilung der Blätter an den einzelnen Ästen dargestellt.

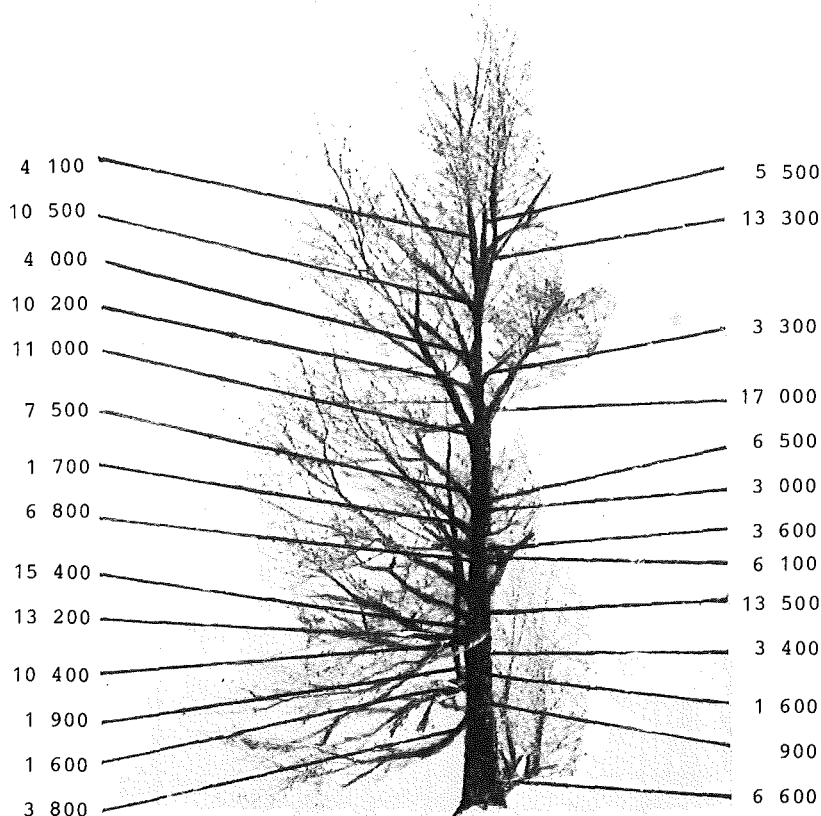


Abb. 5/14: Verteilung der Blätter an der Rotbuche

Tritium im Boden

Zur Ermittlung des Tritiuminventars im Boden am Standort der Rotbuche wurden im Frühjahr und im Herbst je eine Bohrung bis ins Grundwasser vorgenommen. Der Bohrkern wurde dabei in Abschnitten von 30 cm unterteilt und in wasserabgedichteten Kunststoffgefäßen zur Aufbewahrung ins Labor gebracht. Anschließend wurde von einem Aliquot der Bodenproben mittels azeotroper Destillation mit Xylol das Wasser extrahiert und zur Tritiumbestimmung vorbereitet. Außerdem wurde unter der Buche jeweils noch Material von der Streu- und den Humusschichten entnommen und nach Gefriertrocknung (HTO) und Plasmaveraschung (OGT) die Tritiumkonzentrationen bestimmt.

In Abb. 5/15 sind die HTO- und OGT-Werte der oberen Schichten und das Profil der HTO-Werte von den Bodenschichten bis zum Grundwasser dargestellt. Auffällig sind zunächst die relativ hohen OGT-Werte der Streu- und Humusschichten. Dieses organische Material hat seinen Ursprung in erster Linie in den Buchenblättern, die an dieser Stelle an den Bäumen in den letzten Jahren gewachsen sind. Nur in der H- und A_h -Schicht besteht ein Großteil der organischen Substanz aus lebenden und abgestorbenen Bodenorganismen. Das OGT dieser Schichten stellt ein relativ langfristiges Reservoir an Tritium innerhalb des Gesamtinventars dar.

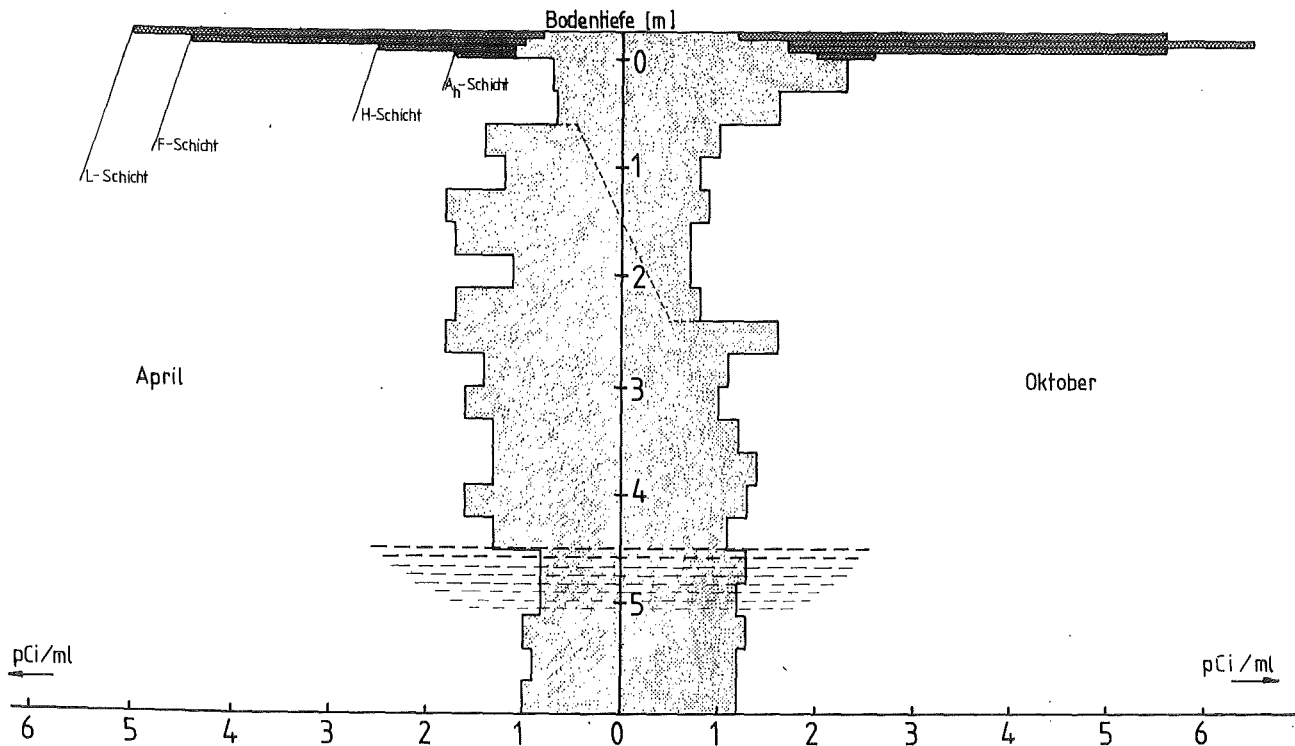


Abb. 5/15: Profil der Tritiumkonzentration in den Streu- und Humusschichten (HTO und OGT) sowie der HTO-Werte in 30 cm Bodenschichten von zwei Bohrungen am Standort der Buche (9. April und 20. Oktober 1981)

Das Profil der HTO-Werte in den Bodenschichten zeigt ansonsten einen signifikanten Sprung in der spezifischen Aktivität von der Schicht 0,30 - 0,60 bis zur Schicht 0,60 - 0,90 in der Bohrung vom 9. April 1981. Bis zur Bohrung am 20. Oktober 1981 scheint diese "Aktivitätsgrenze" bis in eine Tiefe von 2,40 m gewandert zu sein. Das entspräche einer Migrationsgeschwindigkeit von 1,80 m innerhalb von 194 Tagen (ca. 6,5 Monate).

5.6.2 Kopplung der Ausbreitungspfade Luft und Wasser

L.A. König, H. Feßler, F. Milbich-Münzer, D. Papadopoulos, A. Radziwill, R. Scharz

Im Rahmen des vom BMI unter der Nummer St.Sch.802 geförderten Forschungsvorhabens wird die Kopplung der Belastungspfade Luft und Wasser untersucht. Mit dem Niederschlagswasser, das aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe in den Hirschkanal entwässert wird, gelangen radioaktive Stoffe infolge Fallout und Washout in den Hirschkanal. Diese radioaktiven Stoffe stammen teils von Kernwaffenversuchen, teils auch von den genehmigten radioaktiven Ableitungen des Kernforschungszentrums in die Atmosphäre. Im Rahmen des Forschungsvorhabens werden diese Vorgänge näher untersucht.

Um die dem Hirschkanal zugeführte Aktivität abschätzen zu können, wurden die entwässerten Flächen des Kernforschungszentrums erfaßt. Niederschlags- und Kühlwasser aus dem Kernforschungszentrum werden in sechs getrennten Entwässerungssystemen dem Hirschkanal über Sandfänge zugeführt. Die Ergebnisse sind in Tab. 5/60 zusammengefaßt. Die Bestimmung der Flächen wird dadurch erschwert, daß die Entwässerung sowohl von Straßenflächen als auch von Dächern zum Teil nur unvollkommen ist. Sowohl auf den Flachdächern als auch auf den Straßen bilden sich bei Niederschlägen Pfützen. Das hierin enthaltene Wasser verdunstet wieder, wobei der verdunstete Anteil u. a. auch von der Niederschlagsmenge abhängt.

Sandfang Nr.	Entwässerte Gebäudefläche in ha	Entwässerte Gesamtfläche in ha	Durchschnittliche Niederschlagsmenge in m ³ /a
I	2,57	5,91	44 900
II	3,72	5,91	44 900
III	3,37	3,53	26 100
IV	1,12	1,42	10 800
V	4,32	4,32	32 900
VI	3,25	4,04	30 700
Summe	18,35	25,13	191 000

Tab. 5/60: Den einzelnen Sandfängen zugeordnete entwässerte Flächen sowie durchschnittliche Niederschlagsmengen

In Tab. 5/61 sind Meßergebnisse von Moos- und Schmutzproben, die auf Dächern genommen wurden, zusammengestellt. Die Meßwerte liegen deutlich über dem Nulleffekt. Eine Interpretation ist praktisch unmöglich, da aus den einzelnen Proben nicht auf die gesamte auf der Dachfläche abgelagerte Aktivität geschlossen werden kann, jedoch kann man davon ausgehen, daß eine Gesamtmasse der Größenordnung 10 kg auf dem einzelnen Dach nicht überschritten wird. Unter dieser Annahme gelangt man zwar zu einer erwarteten Flächenbelastung der Dächer unterhalb jener des Bodens durch Kernwaffentestfallout, wobei aber die Nuklidzusammensetzung keinen Zweifel an der Mitverursachung durch Emittenten des Kernforschungszentrums zuläßt. In Tab. 5/62 sind zum Vergleich die Meßwerte an einer Schmutzprobe vom Dach des Parkhauses Waldstraße in Karlsruhe zusammengestellt, soweit sie oberhalb der Nachweisgrenze lagen.

In einem ausgedehnten Meßprogramm wurden Bodenproben auf Radioaktivität untersucht. Die Ergebnisse werden in Kap. 5.6.3 berichtet. In einem weiteren Meßprogramm wurde die Bodenkontamination mit Tritium untersucht (s. Kap. 5.6.1.4).

N u k l i d	Probenahmeort/Gebäude-Nr.			
	IRCh, 321		IRCh, 321a	
	spezifische Aktivität			
	pCi/g TS	mBq/g TS	pCi/g TS	mBq/g TS
Be-7	19,1 ± 1,6	710 ± 60	24,0 ± 2,5	890 ± 90
K-40	28,0 ± 2,1	1040 ± 80	42,8 ± 3,3	1584 ± 120
Mn-54	0,28 ± 0,12	10,4 ± 4,4	0,36 ± 0,17	130 ± 60
Co-60	0,20 ± 0,15	7 ± 6	-	-
Zr-95	1,46 ± 0,23	54 ± 9	1,57 ± 0,40	58 ± 15
Nb-95	3,14 ± 0,23	116 ± 9	3,74 ± 0,35	138 ± 13
Ru-103	-	-	-	-
Ru/Rh-106	7,1 ± 1,3	263 ± 48	5,4 ± 1,5	200 ± 60
Sb-125	1,74 ± 0,39	64 ± 14	1,6 ± 0,6	59 ± 22
J-131	-	-	-	-
Cs-134	0,27 ± 0,12	10,0 ± 4,4	0,37 ± 0,14	14 ± 5
Cs-137	12,04 ± 0,39	446 ± 14	14,6 ± 0,6	540 ± 22
Ce-144	9,7 ± 0,8	360 ± 30	11,3 ± 1,2	418 ± 44
Eu-154	0,43 ± 0,19	16 ± 7	-	-
Eu-155	6,26 ± 0,49	232 ± 18	0,8 ± 0,6	30 ± 22
spezifische Bruttoaktivität				
α	83 ± 9	3080 ± 320	31 ± 6	1200 ± 200
β	143 ± 10	5270 ± 380	150 ± 10	5500 ± 370

N u k l i d	Probenahmeort/Gebäude-Nr.			
	Gästelabor, 342		Zyklotron, 351/352	
	spezifische Aktivität			
	pCi/g TS	mBq/g TS	pCi/g TS	mBq/g TS
Be-7	30,7 ± 2,4	1140 ± 90	44,5 ± 2,7	1650 ± 100
K-40	28,8 ± 2,4	1070 ± 90	37,3 ± 2,8	1380 ± 100
Mn-54	0,70 ± 0,17	30 ± 6	0,33 ± 0,17	12 ± 6
Co-60	0,26 ± 0,15	10 ± 6	0,29 ± 0,28	11 ± 10
Zr-95	6,09 ± 0,48	225 ± 18	2,20 ± 0,35	81 ± 13
Nb-95	14,9 ± 0,5	551 ± 19	5,09 ± 0,33	188 ± 12
Ru-103	0,55 ± 0,22	20 ± 8	-	-
Ru/Rh-106	32,5 ± 2,0	1200 ± 70	1,43 ± 0,23	53 ± 9
Sb-125	7,1 ± 0,7	263 ± 26	3,3 ± 0,6	122 ± 22
J-131	-	-	-	-
Cs-134	0,88 ± 0,17	33 ± 6	0,88 ± 0,20	33 ± 7
Cs-137	23,6 ± 0,6	873 ± 22	27,3 ± 0,7	1010 ± 26
Ce-144	41,2 ± 1,5	1520 ± 60	17,1 ± 1,2	633 ± 44
Eu-154	-	-	-	-
Eu-155	-	-	0,6 ± 0,5	22 ± 19
spezifische Bruttoaktivität				
α	19,4 ± 4,5	720 ± 170	32 ± 6	1200 ± 200
β	202 ± 11	7470 ± 390	180 ± 10	6500 ± 380

Tab. 5/61: Radioaktivität auf den Dächern verschiedener Anlagen des Kernforschungszentrums Karlsruhe (Probenmaterial: Moos und Schmutz)

N u k l i d	Probenahmeort/Gebäude-Nr.			
	FR2, 601/609		HDB, 536	
	spezifische Aktivität			
	pCi/g TS	mBq/g TS	pCi/g TS	mBq/g TS
Be-7	11,4 ± 2,6	422 ± 100	18 ± 5	666 ± 185
K-40	24,4 ± 3,2	900 ± 120	47,2 ± 4,3	1750 ± 160
Mn-54	-	-	-	-
Co-60	0,32 ± 0,26	12 ± 10	2,1 ± 0,5	78 ± 19
Zr-95	1,67 ± 0,46	62 ± 17	1,06 ± 0,47	39 ± 17
Nb-95	4,45 ± 0,43	165 ± 16	3,20 ± 0,39	118 ± 14
Ru-103	-	-	-	-
Ru/Rh-106	11,3 ± 3,4	420 ± 130	76,6 ± 3,9	2830 ± 140
Sb-125	2,3 ± 0,7	85 ± 26	44,9 ± 2,0	1660 ± 70
J-131	-	-	-	-
Cs-134	0,30 ± 0,19	11 ± 7	5,18 ± 0,47	192 ± 17
Cs-137	14,0 ± 0,6	518 ± 22	177,0 ± 2,2	6550 ± 80
Ce-144	14,1 ± 1,4	520 ± 50	9,5 ± 2,1	350 ± 80
Eu-154	-	-	-	-
Eu-155	-	-	-	-
spezifische Bruttoaktivität				
α	28 ± 5	1050 ± 190	54 ± 7	1990 ± 260
β	131 ± 9	4840 ± 320	321 ± 12	11870 ± 440

N u k l i d	Probenahmeort/Gebäude-Nr.			
	HDB, 545		INE, 712	
	spezifische Aktivität			
	pCi/g TS	mBq/g TS	pCi/g TS	mBq/g TS
Be-7	14,6 ± 3,8	540 ± 140	18,1 ± 4,7	670 ± 174
K-40	27,9 ± 3,3	1030 ± 120	89 ± 8	3293 ± 296
Mn-54	-	-	-	-
Co-60	0,41 ± 0,30	15 ± 11	-	-
Zr-95	2,6 ± 0,6	96 ± 22	-	-
Nb-95	7,2 ± 0,6	266 ± 22	1,4 ± 0,6	52 ± 22
Ru-103	-	-	-	-
Ru/Rh-106	29,2 ± 3,2	1080 ± 120	-	-
Sb-125	8,4 ± 1,1	311 ± 41	-	-
J-131	3,1 ± 1,0	115 ± 37	-	-
Cs-134	1,82 ± 0,36	67 ± 13	-	-
Cs-137	44,8 ± 1,1	1658 ± 41	3,2 ± 0,9	118 ± 33
Ce-144	24,1 ± 2,1	890 ± 80	8,1 ± 3,0	300 ± 111
Eu-154	-	-	-	-
Eu-155	-	-	-	-
spezifische Bruttoaktivität				
α	33 ± 6	1200 ± 200	12,8 ± 3,8	470 ± 140
β	240 ± 10	8880 ± 370	86 ± 9	3180 ± 320

Tab. 5/61: Fortsetzung

N u k l i d	Probenahmeort/Gebäude-Nr.			
	IHCh, 721		IHCh, 725	
	spezifische Aktivität			
	pCi/g TS	mBq/g TS	pCi/g TS	mBq/g TS
Be-7	12,3 ± 3,7	460 ± 140	20,2 ± 3,3	750 ± 120
K-40	38 ± 5	1400 ± 190	52,3 ± 4,6	1940 ± 170
Mn-54	-	-	-	-
Co-60	-	-	0,59 ± 0,29	22 ± 11
Zr-95	-	-	1,4 ± 0,5	52 ± 19
Nb-95	2,5 ± 0,6	93 ± 22	3,55 ± 0,43	131 ± 16
Ru-103	-	-	-	-
Ru/Rh-106	19,9 ± 3,8	740 ± 140	22,5 ± 3,3	830 ± 120
Sb-125	4,6 ± 1,3	170 ± 48	5,9 ± 1,0	218 ± 37
J-131	-	-	-	-
Cs-134	1,05 ± 0,35	39 ± 13	1,79 ± 0,31	66 ± 12
Cs-137	20,7 ± 0,9	766 ± 33	39,7 ± 1,0	1469 ± 37
Ce-144	6,3 ± 2,2	230 ± 80	10,7 ± 1,7	400 ± 60
Eu-154	-	-	-	-
Eu-155	-	-	-	-
spezifische Bruttoaktivität				
α	11,6 ± 3,5	430 ± 130	16,5 ± 4,1	610 ± 150
β	78 ± 7	2900 ± 260	130 ± 9	4800 ± 320

Tab. 5/61: Fortsetzung

N u k l i d	spezifische Aktivität	
	pCi/g TS	mBq/g TS
Be-7	3,3 ± 0,2	122 ± 8
Mn-54	0,04 ± 0,01	1,5 ± 4
Zr-95	1,45 ± 0,04	54 ± 1,5
Nb-95	2,74 ± 0,04	101 ± 1,5
Ru-103	0,44 ± 0,02	16 ± 0,8
Ru-106	0,46 ± 0,12	17 ± 5
Sb-125	0,07 ± 0,04	2,7 ± 1,6
Cs-134	0,02 ± 0,01	0,85 ± 0,37
Cs-137	1,47 ± 0,03	54 ± 1,1
Ce-141	0,49 ± 0,03	18 ± 1,1
Ce-144	2,1 ± 0,1	78 ± 4

Tab. 5/62: Radioaktivität in einer Schmutzprobe vom Dach des Parkhauses Waldstraße, Karlsruhe

Schließlich wurde das Aktivitätsinventar des Hirschkanals abgeschätzt. Hierbei zeigte sich, daß nur die Radionuklide Cs-137 und Cs-134 überall entlang dem Hirschkanal nachgewiesen werden können. Gleichzeitig wurden Sedimentproben entnommen sowie die Sedimenttiefe gemessen. Die Lage der Probenahmestellen ist aus Abb. 5/16 zu ersehen.

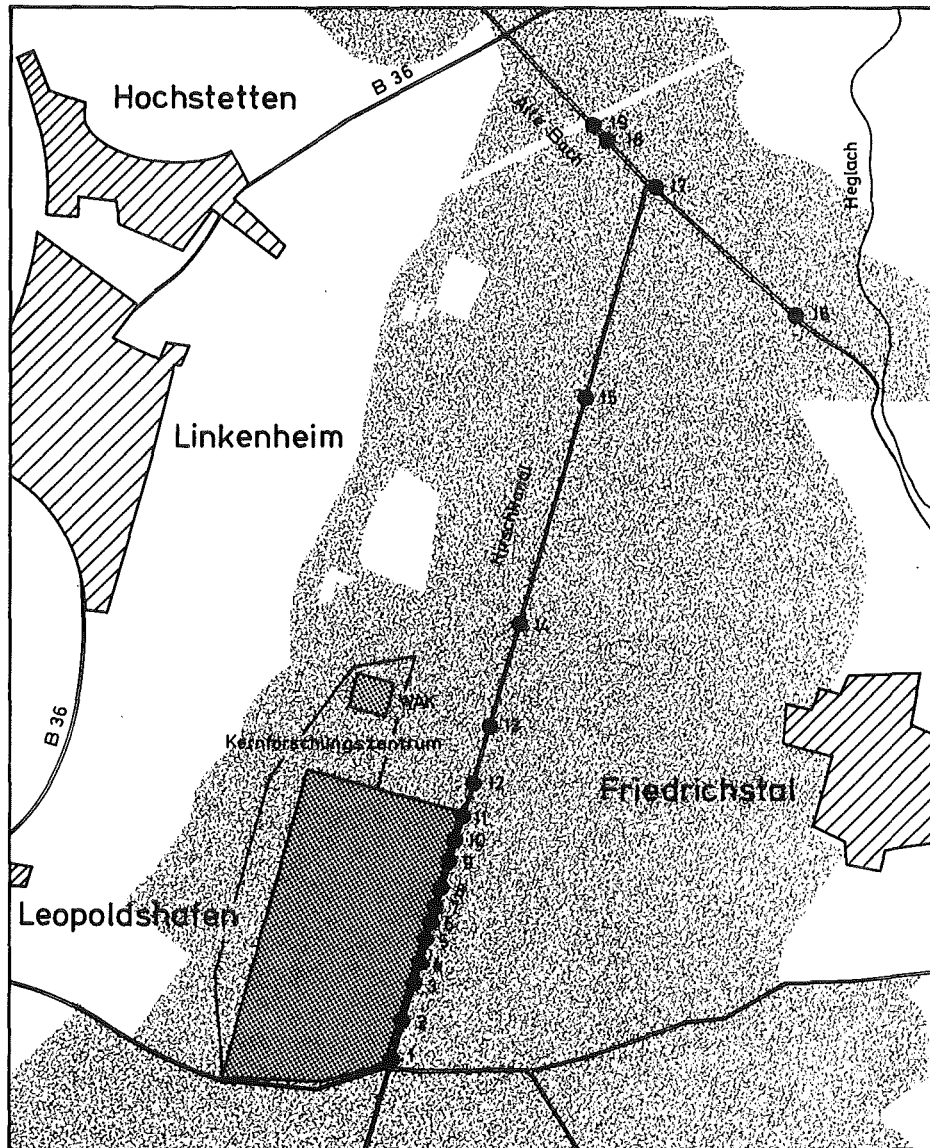


Abb. 5/16: Lageplan der Probenahmestellen

In Abbn. 5/17 und 5/18 sind die aus der geschätzten Sedimentmenge und der gemessenen spezifischen Aktivität von Cs-137 und Cs-134 in den genommenen Proben bestimmten Aktivitätsablagerungen im Hirschkanal pro Meter Länge angegeben. Die Abbildung zeigt deutlich, daß das Kernforschungszentrum - wie jede andere bebaute Fläche auch - infolge Fallout und Washout Aktivität sammelt und damit zur Erhöhung der Sedimentaktivitätskonzentration im Vorfluter beiträgt. Neben den beiden genannten Nukliden wurden in verschiedenen Proben folgende Radionuklide identifiziert:

Co-60, Zr-95, Nb-95, Ru-103, Ru/Rh-106, Sb-125, Ce-141, Ce-144 und Am-241.

Durch Wiederholung der aufwendigen Probenahme und -messungen soll die Aussagekraft der Ergebnisse verstärkt werden.

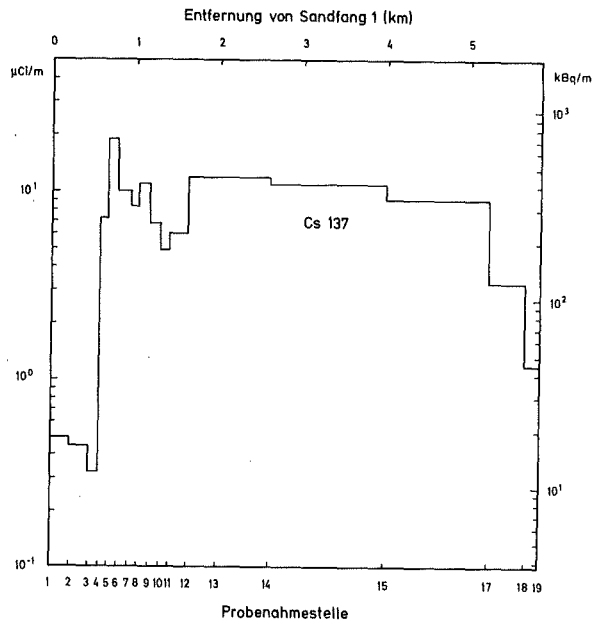
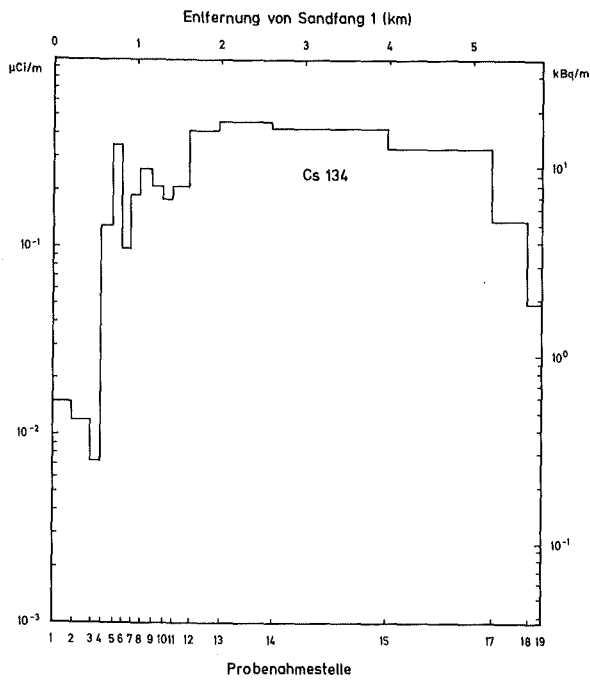


Abb. 5/17: Cs-134-Aktivität pro laufendem m im Schlamm im Hirschkanal in Abhängigkeit von der Entfernung von Sandfang I in km

Abb. 5/18: Cs-137-Aktivität pro laufendem m im Schlamm im Hirschkanal in Abhängigkeit von der Entfernung von Sandfang I in km

5.6.3 Untersuchung von Bodenkontaminationen im Betriebsgelände des Kernforschungszentrums Karlsruhe und seiner Umgebung

A. Radziwill

Im Rahmen einer Ingenieurarbeit sollte untersucht werden, ob und inwieweit Bodenkontaminationen aufgrund von Aktivitätsableitungen mit der Abluft aus Anlagen des Kernforschungszentrums nachzuweisen sind und ob sich gegebenenfalls die Ablagerungen infolge von Emissionen aus dem Kernforschungszentrum in die Atmosphäre von jenen infolge von Kernwaffentests unterscheiden lassen. Verteilt über das Betriebsgelände des Kernforschungszentrums (s. Lageplan Abb. 5/5) sowie an verschiedenen Referenzstellen, die als vom Kernforschungszentrum unbeeinflusst angesehen werden können, wurden eine Reihe von Boden- und Bewuchsproben genommen. Als Probenmaterial wurde von jeder Probenahmestelle jeweils der Bewuchs mit Wurzelwerk, Boden aus der 5 cm dicken Oberflächenschicht sowie Boden aus 5 bis 20 cm Tiefe verwendet und getrennt untersucht. Das Probenmaterial wurde getrocknet, homogenisiert und für die Messung in 100-ml-Plastikfläschchen abgefüllt. Die so aufbereiteten Proben wurden γ -spektroskopiert. Die γ -spektroskopische Untersuchung erfolgte mit Ge(Li)-Detektoren bei 1 000 min Meßzeit.

Bei der γ -Spektroskopie der Boden- und Bewuchsproben konnten eine Reihe künstlicher Radionuklide nachgewiesen werden. Die Meßergebnisse wurden in den Tabn. 5/63 bis 5/66 zusammengestellt. Der Vergleich der Meßergebnisse der Proben aus dem Betriebsgelände des Kernforschungszentrums mit den Meßergebnissen für die verschiedenen Referenzstellen zeigt, daß die nachgewiesenen Kontaminationen von Boden und Bewuchs im Bereich des Kernforschungszentrums in erster Linie auf den Kernwaffenfallout zurückzuführen sind.

Unter Verwendung der von der Umgebungsüberwachung monatlich ermittelten Radionuklidkonzentrationen in der Umgebungsluft der drei Meßhütten des Kernforschungszentrums wurde aus den für verschiedene Probenahmestellen gemessenen Zr-95- und Ce-144-Kontaminationen von Grasproben eine effektive Depo-

Probenbezeichnung	spezifische Aktivitätskonzentration						Bemerkung
	Zr-95		Nb-95		Ru-103		
	pCi/g TS	mBq/g TS	pCi/g TS	mBq/g TS	pCi/g TS	mBq/g TS	
Betriebsgelände							
1	0,41±0,35*	15±13*	1,0 ±0,3	37±11	-	-	L
2	-	-	1,6 ±0,5	59±19	-	-	L
3	-	-	2,4 ±0,5	89±19	-	-	L
4	0,79±0,31	29±12	1,7 ±0,3	63±11	0,26±0,21	10± 8	G
5	0,25±0,21	9± 8	0,84±0,19	31± 7	-	-	G
6	-	-	1,6 ±0,1	59± 4	-	-	G
7	1,0 ±0,5	37±19	3,3 ±0,6	122±22	0,31±0,30	12±11	G
8	0,69±0,33	26±12	1,7 ±0,3	63±11	-	-	G
9	-	-	2,4 ±1,0	89±37	-	-	G
10	0,73±0,28	27±10	1,5 ±0,3	56±11	0,39±0,21	14± 8	G
11	0,28±0,26	10±10	0,79±0,19	29± 7	-	-	G
12	-	-	1,0 ±0,4	37±15	-	-	G
13	0,92±0,41	34±15	2,1 ±0,4	78±15	0,35±0,24	13± 9	L + K
14	0,60±0,37	22±14	1,5 ±0,4	56±15	-	-	L + K
15	-	-	1,8 ±0,5	67±19	-	-	K
16	0,9 ±0,7	33±24	2,4 ±0,5	89±19	-	-	L
17	0,77±0,45	29±17	2,1 ±0,4	78±15	-	-	L
18	1,1 ±0,5	41±19	2,4 ±0,4	89±15	-	-	L + K
19	-	-	0,92±0,32	34±12	-	-	G
20	0,71±0,26	30±10	1,2 ±0,2	44± 7	-	-	G
21	0,54±0,24	20± 9	1,1 ±0,2	41± 7	-	-	G
22	-	-	1,4 ±0,4	52±15	-	-	G
23	0,61±0,42	23±16	1,1 ±0,3	41±11	-	-	G
24	-	-	1,0 ±0,3	37±11	-	-	G
25	-	-	2,4 ±0,6	89±22	-	-	G
26	1,4 ±0,4	52±15	3,4 ±0,5	126±19	0,51±0,24	19± 9	K
Referenzstellen							
Neuburgweiher	0,47±0,21	17± 8	0,89±0,18	33± 7	-	-	G
Blankenloch	-	-	1,2 ±0,3	44±11	-	-	G
Eggenstein	1,1 ±0,5	41±19	2,0 ±0,3	74±11	-	-	L

*3-σ-Fehler; - < Nachweisgrenze; L = Laub; K = Kiefernadeln; G = Gras + Wurzelwerk

Tab. 5/63: Radioaktivitätsgehalt von Bewuchsproben aus dem Betriebsgelände des KfK sowie von verschiedenen Referenzstellen

Probenbezeichnung	spezifische Aktivitätskonzentration						Bemerkung
	Ru-106		Sb-125		Cs-134		
	pCi/g TS	mBq/g TS	pCi/g TS	mBq/g TS	pCi/g TS	mBq/g TS	
Betriebsgelände							
1	-	-	-	-	-	-	L
2	-	-	1,00±0,5	37±19	-	-	L
3	2,0±1,1	74±41	0,74±0,29	27±11	-	-	L
4	2,0±1,5	70±60	-	-	-	-	G
5	-	-	-	-	-	-	G
6	-	-	-	-	-	-	G
7	2,2±1,9	80±70	0,57±0,49	21±18	-	-	G
8	2,4±1,3	89±48	-	-	0,16±0,14	6±5	G
9	2,9±1,4	110±50	0,64±0,38	24±14	0,17±0,15	6±6	G
10	2,9±1,8	110±70	0,41±0,35	15±13	-	-	G
11	1,4±1,0	52±37	0,61±0,32	23±12	-	-	G
12	2,8±2,4	100±90	0,7 ±0,5	26±19	-	-	G
13	5,7±2,2	210±80	1,8 ±0,7	67±26	-	-	L + K
14	8,1±2,3	300±90	1,4 ±0,6	52±22	-	-	L + K
15	-	-	-	-	-	-	K
16	-	-	-	-	-	-	L
17	-	-	-	-	-	-	L
18	-	-	-	-	-	-	L + K
19	-	-	-	-	-	-	G
20	1,2±1,1	44±41	-	-	-	-	G
21	2,3±1,2	85±44	0,49±0,37	18±14	-	-	G
22	-	-	-	-	-	-	G
23	-	-	-	-	-	-	G
24	-	-	-	-	-	-	G
25	-	-	-	-	-	-	G
26	1,6±1,4	60±50	0,6 ±0,6	24±23	-	-	K
Referenzstellen							
Neuburgweiher	-	-	-	-	-	-	G
Blankenloch	3,1±2,1	110±80	0,54±0,20	20± 7	-	-	G
Eggenstein	-	-	-	-	-	-	L

Tab. 5/63: Fortsetzung

Probenbezeichnung	spezifische Aktivitätskonzentration						Bemerkung
	Cs-137		Ce-144		Co-60		
	pCi/g TS	mBq/g TS	pCi/g TS	mBq/g TS	pCi/g TS	mBq/g TS	
Betriebsgelände							
1	3,4 ± 0,4	126 ± 15	-	-	-	-	L
2	3,3 ± 0,4	122 ± 15	1,5 ± 1,1	56 ± 41	-	-	L
3	2,9 ± 0,2	107 ± 7	1,1 ± 0,6	41 ± 22	-	-	L
4	2,0 ± 0,3	74 ± 11	1,0 ± 0,9	37 ± 33	-	-	G
5	1,1 ± 0,2	41 ± 7	0,7 ± 0,5	26 ± 19	-	-	G
6	0,60 ± 0,13	22,2 ± 4,8	-	-	-	-	G
7	3,6 ± 0,4	133 ± 15	1,1 ± 0,7	41 ± 26	-	-	G
8	1,5 ± 0,2	56 ± 7	1,1 ± 0,9	41 ± 33	-	-	G
9	4,7 ± 0,3	174 ± 11	-	-	-	-	G
10	4,0 ± 0,4	148 ± 15	1,2 ± 0,8	44 ± 30	-	-	G
11	4,2 ± 0,4	155 ± 15	0,63 ± 0,49	23 ± 18	-	-	G
12	4,2 ± 0,5	155 ± 19	1,5 ± 0,9	56 ± 33	0,29 ± 0,24	11 ± 9	G
13	7,6 ± 0,7	281 ± 26	2,3 ± 1,3	85 ± 48	-	-	L + K
14	7,8 ± 0,8	289 ± 30	-	-	-	-	L + K
15	4,7 ± 0,6	174 ± 22	2,0 ± 1,1	74 ± 41	-	-	K
16	1,4 ± 0,5	52 ± 19	2,9 ± 1,2	107 ± 44	-	-	L
17	1,9 ± 0,3	70 ± 11	3,9 ± 1,5	140 ± 60	-	-	L
18	0,68 ± 0,26	30 ± 10	4,5 ± 1,5	170 ± 60	-	-	L + K
19	0,44 ± 0,22	16 ± 8	-	-	-	-	G
20	0,80 ± 0,17	30 ± 6	1,5 ± 0,7	56 ± 26	-	-	G
21	4,0 ± 0,3	148 ± 11	1,8 ± 0,7	67 ± 26	-	-	G
22	1,6 ± 0,3	59 ± 11	-	-	-	-	G
23	1,9 ± 0,3	70 ± 11	1,2 ± 0,8	44 ± 30	-	-	G
24	0,98 ± 0,25	36 ± 9	1,2 ± 1,1	44 ± 41	-	-	G
25	0,67 ± 0,34	25 ± 13	2,5 ± 1,2	93 ± 44	-	-	G
26	1,7 ± 0,3	63 ± 11	4,0 ± 1,2	148 ± 44	-	-	K
Referenzstellen							
Neuburgweiher	0,44 ± 0,14	16 ± 5	0,6 ± 0,6	23 ± 22	-	-	G
Blankenloch	3,7 ± 0,4	137 ± 15	1,1 ± 1,0	41 ± 37	-	-	G
Eggenstein	1,1 ± 0,3	41 ± 11	3,2 ± 0,8	118 ± 30	-	-	L

Tab. 5/63: Fortsetzung

Proben- bezeich- nung	spezifische Aktivitätskonzentration						Bemer- kung
	Co-60		Nb-95		Ru/Rh-106		
	pCi/g TS	mBq/g TS	pCi/g TS	mBq/g TS	pCi/g TS	mBq/g TS	
Betriebsgelände							
1	-	-	-	-	-	-	W
2	-	-	-	-	-	-	W
3	-	-	-	-	-	-	W
4	-	-	-	-	-	-	W
5	-	-	-	-	-	-	S
6	-	-	-	-	-	-	S
7	-	-	-	-	-	-	S
8	-	-	-	-	-	-	S
9	-	-	-	-	-	-	S
10	-	-	1,9±1,2	70±44	-	-	S
11	0,09±0,08*	3,3±3,0*	0,10±0,05	3,7±1,9	-	-	S
12	-	-	-	-	0,37±0,35	14±13	S
13	-	-	-	-	-	-	W
14	-	-	-	-	-	-	W
15	-	-	0,69±0,24	26±9	-	-	W
16	-	-	-	-	-	-	W
17	-	-	0,15±0,06	5,6±2,2	-	-	W
18	-	-	-	-	-	-	W
19	-	-	-	-	-	-	S
20	-	-	-	-	-	-	S
21	-	-	-	-	-	-	S
22	-	-	-	-	-	-	S
23	-	-	-	-	-	-	S
24	-	-	-	-	-	-	S
25	-	-	-	-	-	-	S
26	-	-	-	-	-	-	W
Referenzstellen							
Neuburg- weiher	-	-	-	-	-	-	L
Blankenloch	-	-	0,08±0,05	3,0±1,9	-	-	S
Blankenloch	-	-	0,27±0,21	10±8	-	-	S
Blankenloch	-	-	-	-	-	-	W
Eggenstein	-	-	0,25±0,06	9,3±2,2	-	-	S
Linkenheim	-	-	-	-	-	-	S
Graben	-	-	0,08±0,05	3,0±1,9	-	-	S
Wiesental	-	-	-	-	-	-	S
Tauberbi- schofsheim	-	-	0,23±0,10	8,5±3,7	-	-	L

*3-σ-Fehler, - < Nachweisgrenze, W = Waldboden, S = Sandboden, L = Lehm Boden.

Tab. 5/64: Radioaktivitätsgehalt von Bodenproben aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe sowie von verschiedenen Referenzstellen (Probenmaterial aus der 5 cm dicken Oberflächenschicht unterhalb der Grasnarbe).

Proben- bezeich- nung	spezifische Aktivitätskonzentration						Bemer- kung
	Sb-125		Cs-137		Eu-155		
	pCi/g TS	mBq/g TS	pCi/g TS	mBq/g TS	pCi/g TS	mBq/g TS	
Betriebsgelände							
1	-	-	0,89±0,07	32,9±2,6	-	-	W
2	-	-	1,5 ±0,2	56 ±7	-	-	W
3	-	-	1,3 ±0,1	48,1±3,7	-	-	W
4	-	-	0,57±0,07	21,1±2,6	-	-	W
5	-	-	0,65±0,05	24,1±1,9	-	-	S
6	-	-	0,57±0,08	21,1±3,0	-	-	S
7	-	-	0,29±0,05	10,7±1,9	-	-	S
8	-	-	0,36±0,06	13,3±2,2	-	-	S
9	-	-	0,31±0,05	11,5±1,9	-	-	S
10	-	-	0,35±0,07	13,0±2,6	-	-	S
11	0,22±0,12*	8,1±4,4*	2,5 ±0,2	93 ±7	-	-	S
12	-	-	1,9 ±0,1	70,3±3,7	-	-	S
13	-	-	3,6 ±0,1	133,2±3,7	-	-	W
14	-	-	1,7 ±0,1	63 ±3,7	-	-	W
15	-	-	1,4 ±0,1	51,8±3,7	-	-	W
16	-	-	1,1 ±0,1	40,7±3,7	0,63±0,14	23±5	W
17	-	-	1,3 ±0,1	48,1±3,7	-	-	W
18	-	-	1,5 ±0,1	55,5±3,7	-	-	W
19	-	-	0,63±0,06	23,3±2,2	-	-	S
20	-	-	0,46±0,05	17 ±1,9	-	-	S
21	-	-	0,89±0,06	32,9±2,2	-	-	S
22	0,10±0,08	3,7±3,0	0,63±0,08	23,3±3,0	-	-	S
23	-	-	0,37±0,05	13,7±1,9	-	-	S
24	-	-	0,25±0,04	9,3±1,5	-	-	S
25	-	-	0,43±0,06	15,9±2,2	-	-	S
26	-	-	2,7 ±0,2	100 ±7	-	-	W
Referenzstellen							
Neuburg- weiher	-	-	0,49±0,07	18,1±2,6	-	-	L
Blankenloch	-	-	0,32±0,05	11,8±1,9	-	-	S
Blankenloch	-	-	0,37±0,06	13,7±2,2	-	-	S
Blankenloch	-	-	1,1 ±0,1	40,7±3,7	-	-	W
Eggenstein	-	-	0,19±0,04	7,0±1,5	-	-	S
Linkenheim	-	-	0,48±0,06	17,8±2,2	-	-	S
Graben	-	-	0,39±0,05	14,4±1,9	-	-	S
Wiesental	-	-	0,38±0,05	14,1±1,9	-	-	S
Tauberbi- schofsheim	-	-	0,65±0,07	24,1±2,6	-	-	L

Tab. 5/64: Fortsetzung

sitionsgeschwindigkeit von Aerosolen auf Gras für die Nuklide Zr-95 und Ce-144 berechnet. Als effektive Depositionsgeschwindigkeit ist dabei das Verhältnis der Bodenkontamination zum Zeitintegral der Luftkonzentration bezeichnet, d. h. es ist nicht zwischen trockenem Fallout und Washout bzw. Rainout unterschieden. Die Ergebnisse dieser Berechnung sind in Tab. 5/67 wiedergegeben.

Probenbezeichnung	Cs-137-Konzentration	
	pCi/g TS	mBq/g TS
Betriebsgelände		
1	0,12 ± 0,04*	4,4 ± 1,5*
2	0,16 ± 0,05	5,9 ± 1,9
3	0,10 ± 0,05	3,7 ± 1,9
4	0,44 ± 0,03	16,3 ± 1,1
5	0,29 ± 0,05	10,7 ± 1,9
6	0,16 ± 0,05	5,9 ± 1,9
7	0,35 ± 0,05	13,0 ± 1,9
8	0,24 ± 0,05	8,9 ± 1,9
9	0,23 ± 0,05	8,5 ± 1,9
10	0,25 ± 0,05	9,3 ± 1,9
Referenzstellen		
Neuburgweiher	0,33 ± 0,05	12,2 ± 1,9
Blankenloch	0,46 ± 0,06	17,0 ± 2,2
Linkenheim	0,20 ± 0,05	7,4 ± 1,9
Graben	0,45 ± 0,06	16,7 ± 2,2
Wiesental	0,35 ± 0,05	13,0 ± 1,9
Tauberbi-schofsheim	0,48 ± 0,07	17,8 ± 2,6

*3-σ-Fehler

Tab. 5/65: Cs-137-Konzentration in Bodenproben aus dem Betriebsgelände des Kernforschungszentrums Karlsruhe sowie von verschiedenen Referenzstellen (Probenmaterial aus 5 - 20 cm Bodentiefe)

Tiefe	Cs-137-Konzentration		Cs-137-Flächenbelegung	
	cm	pCi/g TS	mBq/g TS	nCi/m ²
0 - 3	0,60 ± 0,07*	22,2 ± 2,6*	8,6 ± 0,9*	318 ± 33*
3 - 7	0,25 ± 0,04	9,3 ± 1,5	10,5 ± 1,8	390 ± 70
7 - 10	0,10 ± 0,04	3,7 ± 1,5	5,1 ± 1,8	190 ± 70

*3-σ-Fehler

Tab. 5/66: Cs-137-Konzentration und -Flächenbelegung in einer Bodenprobe aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe

Probenbezeichnung	Depositionsgeschwindigkeit in cm/sec	
	Zr-95	Ce-144
Betriebsgelände		
4	1,9	-
8	1,2	1,3
10	2,6	2,6
11	1,3	1,7
12	-	3,4
21	3,1	5,4
23	5,5	5,4
24	-	2,5
Referenzstelle		
Neuburgweiher	2,3	3,3
Medianwert	2,6	2,6

Tab. 5/67: Depositionsgeschwindigkeit von Zr-95- und Ce-144-Aerosolen auf Gras

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-Dosimeter seit 1969 ist in Abb. 6/1 wiedergegeben. Im Berichtszeitraum wurden insgesamt 15 927 Gläser und 11 310 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 1981 gemessenen Jahresdosis ist in Abb. 6/2 wiedergegeben.

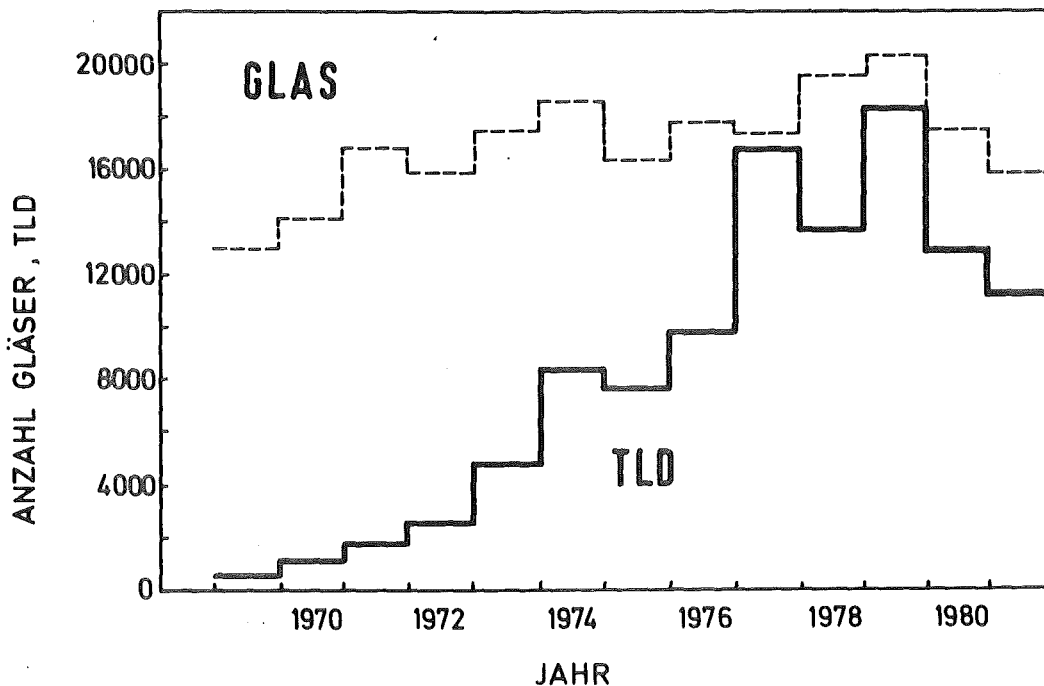


Abb. 6/1: Anzahl der jährlichen Routineauswertungen von TL- und Phosphatglasdosimetern

Im Kernforschungszentrum wurden im Jahr 1981 insgesamt 3 368 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 85 mR (0,85 mSv) und 420 mR (4,2 mSv). Die für die einzelnen Bereiche gefundenen mittleren Jahresdosiswerte pro Person einschließlich der natürlichen Strahlung sind in Tab. 6/1 wiedergegeben.

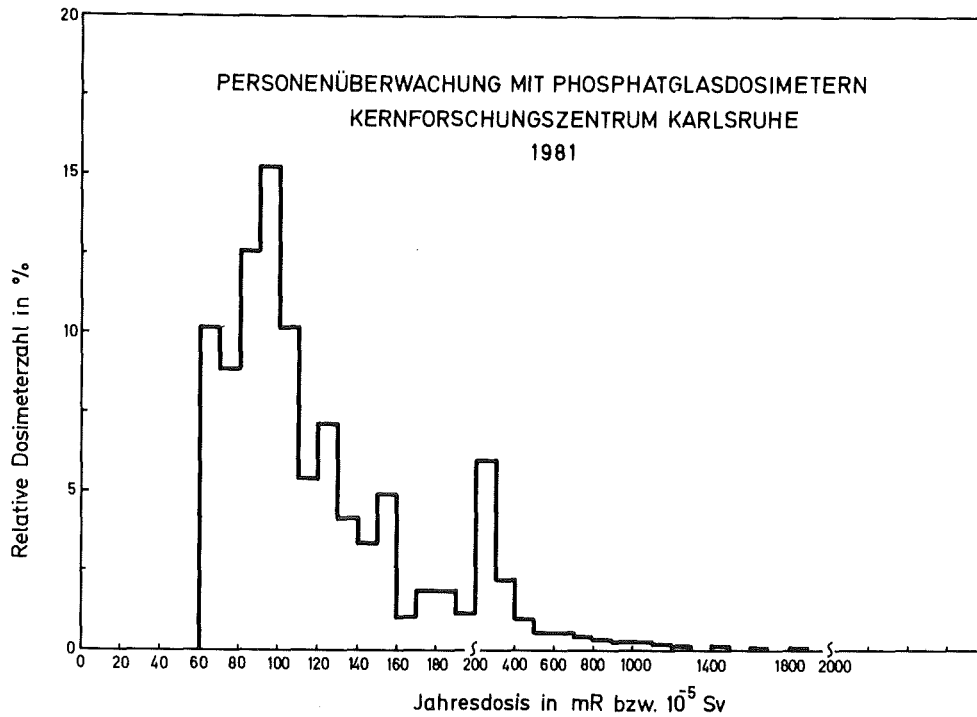


Abb. 6/2: Externe Strahlendosis der Mitarbeiter des KfK - einschließlich natürlicher Strahlung - im Jahr 1981

Anlage	mittlere Personenzahl 1981	mittlere Personendosis 1981	
		mR	mSv
Beschleuniger	58	300	3,00
biolog. und med. Institute	84	97	0,97
chemische Institute	344	200	2,00
Dekontamination	214	420	4,20
physikalische Institute	446	90	0,90
Reaktorbetrieb	246	160	1,60
Strahlenschutz (Kontrollbereich)	58	245	2,45
Versorgungsbetriebe	747	110	1,10
sonstige	1 171	85	0,85

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 1981 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 β/γ -Mischstrahlungsfeldern werden $^7\text{LiF:Mg,Ti}$ -Detektoren (TLD700) hinter 50 mg/cm^2 und 500 mg/cm^2 Abdeckung in einer für eine automatische Auswertung vorgesehenen Dosimeterhalterung verwendet. Für Teilkörperdosimetrie stehen

Edelstahlfingerringe und Armbanddosimeter mit den gleichen Detektoren und einer Abdeckung von 7 mg/cm² zur Verfügung. Im Berichtszeitraum wurden insgesamt 925 Fingerringdosimeter ausgewertet. Fingerringdosimeter werden auch im Auftrag von Krankenhäusern ausgewertet. Sie können ohne Verfälschung des Meßwertes gassterilisiert werden.

Zur Neutronenpersonenüberwachung wird auch im Auftrag auswärtiger Stellen das serienmäßig hergestellte Karlsruher Albedodosimeter eingesetzt, das die Neutronendosis an einer Anlage innerhalb $\pm 30\%$ richtungs- und energieunabhängig nachweisen kann. 1981 wurden hierfür 1 070 TLD-Auswertungen durchgeführt. Für die Neutronendosimetrie beim unmittelbaren Umgang mit Spaltneutronenquellen stehen Fingerringe und Personendosimeter nach der Kernspurätzmethode zur Verfügung.

Die regelmäßige Teilnahme an der jährlichen β/γ -Kontrollbestrahlung der amtlichen Meßstellen bei der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig dient zum Nachweis der Kalibriergenauigkeit unserer Auswertestelle.

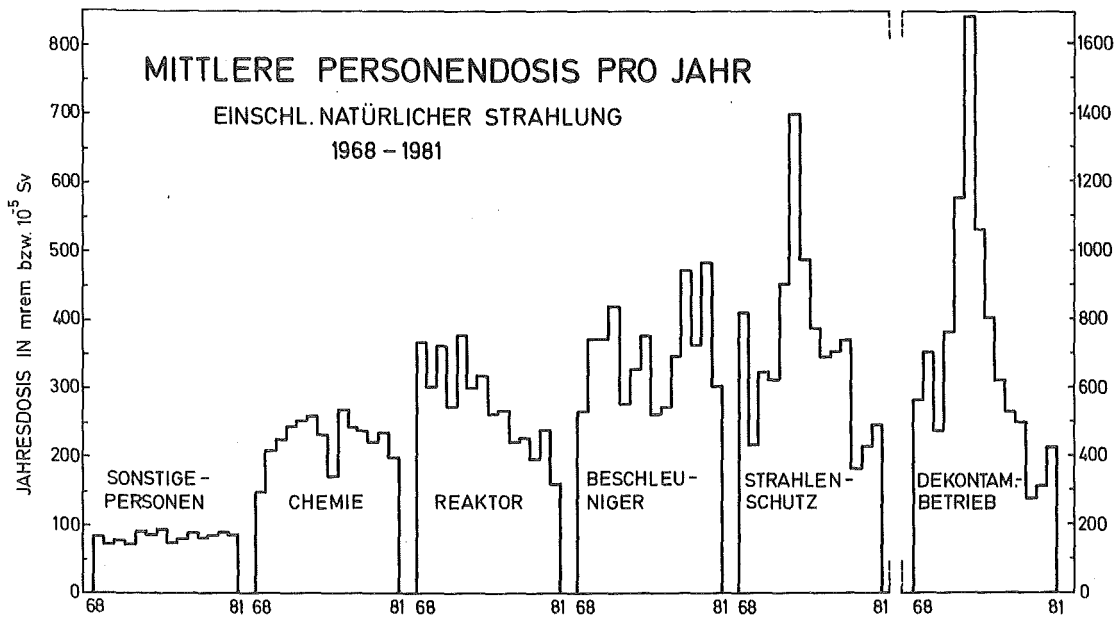


Abb. 6/3: Ergebnisse der langjährigen Glasdosimeterauswertung in den verschiedenen Arbeitsbereichen des KfK

6.1.2 Ortsdosimetrie

Im Kernforschungszentrum Karlsruhe werden seit 18 Jahren Glasdosimeter und seit 11 Jahren TL-Dosimeter im Freien zur Ermittlung der natürlichen Strahlenbelastung sowie eines zusätzlichen Einflusses der kerntechnischen Anlagen exponiert.

An 321 Meßstellen in der Umgebung werden je zwei Gläser in der Kugelkapsel bzw. zwei TLD700-Dosimeter in einer Kunststoffkapselung von etwa 500 mg/cm² Wandstärke aufgehängt und halbjährlich, an Sondermeßstellen auch vierteljährlich, ausgewertet. 1981 wurde zur Auswertung und Ergebnismitteilung der Umgebungsdosimeter erstmals ein Rechner im On-line-Betrieb mit den Auswertegeräten erfolgreich eingesetzt. Die im Auftrag von Kernkraftwerken und kerntechnischen Anlagen durchgeführten Dosismessungen zur Umgebungsüberwachung haben sich verdoppelt und belaufen sich auf 1 165 TLD-Auswertungen für 1981. Weitere Ortsdosimeterauswertungen dienten, insbesondere in β/γ -Strahlenfeldern in den Heißen Zellen und in den Dekontaminationsbetrieben, der realistischen Abschätzung der zu erwartenden Personenbelastung im Rahmen der Arbeitsvorbereitung.

Seit 4 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 weiterhin erfolgreich eingesetzt.

Auch 1981 wurden im Auftrag auswärtiger Stellen Glas- und TL-Dosimeter im Hochdosisbereich ausgewertet. 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. Bewährt hat sich der Einsatz von Festkörperdosimetern auch zur Ausmessung von Hochdosisstrahlungsfeldern mit starkem örtlichen Dosisgradienten z.B. in der Nähe von Strahlenquellen und in ausgeblendetem Strahlenbündeln.

6.2 Photonendosimetrie

6.2.1 Rechnerunterstützte Auswertung von TL-Dosimetern

B. Burgkhardt

Der On-line-Einsatz moderner programmierbarer Tischrechner bei der Auswertung von TL-Dosimetern bietet heute besonders in der Routineüberwachung eine Fülle von Vorteilen. Hervorzuheben ist hierbei neben einer einfachen und zuverlässigen Bedienung des Auswertegerätes und einer vollständigen und schnellen Meßwertprotokollierung vor allem die Möglichkeit einer aufwendigen Ka-

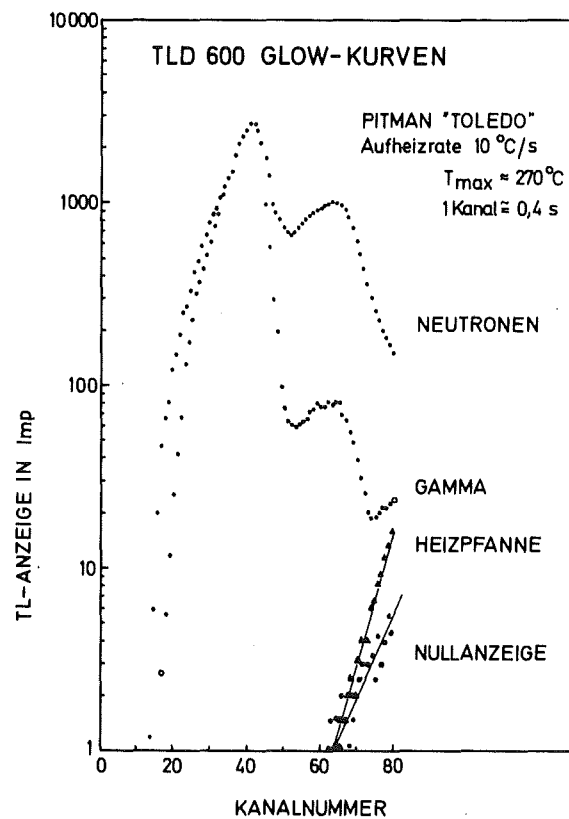


Abb. 6/4: TL-Glowkurve von TLD600 Dosimetern gemessen im Pitman-Toledogerät

PROGRAMMABSCHNITT	RECHENSCHRITTE	DATENSPEICHER
GERÄTEFUNKTION		
Automatische Messung (10x) mit interner und externer Referenzlichtquelle	-Mittelwert und Standardabweichung der Referenzlichtmessung	L Referenzwerte der Lichtquelle
Wiederholte Auswertung ohne Dosimeter	-relative Geräteempfindlichkeit E_i und E_e -integriertes TL-Signal in 80 Kanälen -Mittelwert für jeden Kanal nach wiederholter Messung	S Gemittelte Glowkurve (GG) der Heizpfanne in 80 Kanälen
KALIBRIERUNG		
Messung von 10 regenerierten und 10 bestrahlten TLD600/700 Dosimetern in festgelegter Reihenfolge	-Korrektur der Dosisanzeigen α_i mit der individuellen Empfindlichkeit a_i -Mittelwert Nulldosisanzeige α_0 (unbestrahlt) und Referenzdosisanzeige α_r (bestrahlt) -Standardabweichung s_0 und s_r -Kalibrierfaktor k_{s6} (TLD600), k_{s7} (TLD700)	L Referenzdosis D_r L Detektornummer i und a_i S $\alpha_0, s_0, s_r, k_{s6}, k_{s7}$
AUSWERTUNG		
Messung aller Detektoren eines Albedodosimeters in festgelegter Reihenfolge	-Darstellung der Glowkurve in 80 Kanälen nach Subtraktion von GG -Trennung Glowpeak 5 und 6 -Dosimeteranzeige α_i über Glowpeak 5 -Korrektur von α_i mit a_i -Abzug der mittleren Nulldosisanzeige α_0 und individueller Nulldosisanzeige α_{0i} -Umrechnung in Dosisseinheiten mit k_{s6} bzw. k_{s7} -Abzug der Nulldosisanzeige α_T wegen H-3 im Dosimeter nach Neutronenvorbestrahlung	L Dosimeternummer L Datum der letzten Regenerierung L Detektornummer i, α_i, α_{0i} L $\alpha_0, s_0, s_r, k_{s6}, k_{s7}, GG$ L Für alle Dosimeter die akkumulierte Dosisanzeige und Neutronendosisanzeige korrigiert für H-3 Zerfall L Datum der letzten Auswertung S Neue akkumulierte Dosisanzeige und Neutronendosisanzeige S Datum der Auswertung
Korrektur der Meßwerte		
ERGEBNISAUSGABE		
Ergebnistabelle	Ergebnistabelle enthält -Dosimeternummer und Neutronenfeldaten -Detektornummer in festgelegter Reihenfolge entsprechend der Position im Dosimeter -Dosismeßwerte, Neutronendosisanzeige, Gammadosis -statistische Unsicherheiten für alle Ergebnisse	S korrigierte Dosismeßwerte L L = Lesen S = Schreiben
Endergebnisse auf gesonderter Kassette		

Tab. 6/2: Rechnerunterstützte Auswertung von TL-Dosimetern

librierung des Dosimetersystems, die u.a. die individuelle Korrektur der Nullanzeige und Empfindlichkeit des Einzeldosimeters erlaubt und damit die Gesamtmeßunsicherheit der Dosismessung wesentlich verbessert.

Zur Auswertung von TLD600/TLD700-Dosimetern, insbesondere für eine Anwendung in der Neutronendosimetrie, wurde daher ein rechnerunterstütztes Auswerteverfahren erstellt, welches den gesamten Ablauf der TLD-Auswertung festlegt. Während des Ausheizzyklus wird die TL-Glowkurve on line in den Rechner gespeichert (siehe Abb. 6/4) und unmittelbar zur TL-Peakanalyse herangezogen, um über das Minimum zwischen TL-Peak 5 und TL-Peak 6 die Fläche unter dem TL-Peak 5 bzw. unter dem TL-Peak 5 und 6 zu bestimmen.

Die Anwendung des on-line Programmes ist in Tab. 6/2 wiedergegeben. Die wesentlichen Programmabschnitte sind die Überprüfung des Auswertegerätes, die Kalibrierung des TLD-Systems, die Auswer-

tung der Dosimetercharge und die Ausgabe und Speicherung der Meßdaten. Vor einer Routineanwendung der Dosimeter wird in einem getrennten Programmteil einmalig oder im Bedarfsfall die individuelle Nulldosisanzeige und der individuelle Kalibrierfaktor des Detektors ermittelt und mit der entsprechenden Detektornummer gespeichert. Die Bestimmung dieser Kalibrierfaktoren erfolgt bei den 6 Detektoren des Albedodosimeters in derselben Reihenfolge, welche für die spätere Routineauswertung der Dosimeter vorgesehen ist. Während der Auswertung der Dosimeter sind programminterne Plausibilitätsüberprüfungen vorgesehen.

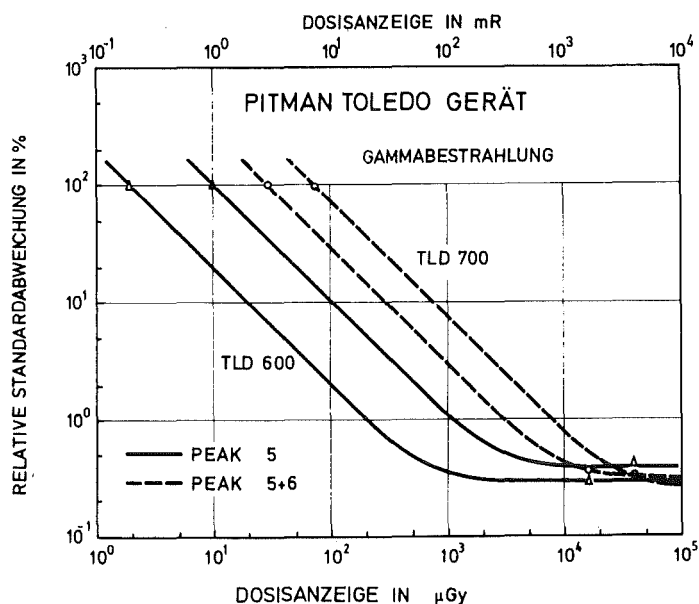


Abb. 6/5: Relative Standardabweichung als Funktion der Dosis bei Messung von TL-Peak 5 bzw. TL-Peak 5 und 6 für TLD600 und TLD700

Im Programmabschnitt zur Kalibrierung des Dosimetersystems wird aus den Meßergebnissen von Null-dosimetern und Kalibrierdosimetern die relative Standardabweichung als Funktion der Dosis für die jeweilige Chargenauswertung berechnet (siehe Abb. 6/5). Bei der Dosimeterauswertung wird zusätzlich zu jedem Meßwert die entsprechende statistische Meßunsicherheit angegeben.

Die Vorteile einer rechnerunterstützten Auswertung von TL-Dosimetern im Hinblick auf eine Ver-ringerung der Meßunsicherheit der Dosismessung sind vor allem

- eine Trennung von TL-Peak 5 und TL-Peak 6 und eine entsprechende Kalibrierung des Dosimeter-systems für jede Auswertung,
- eine genauere Trennung des Gammadosisanteiles von einem Neutronendosismeßwert, wenn ein in-dividueller Kalibrierfaktor für jeden Detektor berücksichtigt wird,
- eine genauere Messung kleinerer Dosen, wenn nur TL-Peak 5 ausgemessen wird (siehe auch Abb. 6/5) bzw. eine individuelle Nulldosisanzeige subtrahiert wird,
- die Ermittlung des statistischen Meßfehlers.

6.2.2 Standardabweichung und untere Nachweisgrenze bei automatischer Auswertung von TLD600/TLD700 im Studsvik-Auswertegerät

B. Burgkhardt, W. Zimprich

Die automatische Auswertung von TLD700 Dosimetern im Studsvik-Auswertegerät Typ 1313 B erfolgt innerhalb von 12 s im heißen Stickstoffstrom von 380 °C. Hierbei wird jedoch nur der für eine

Gammadosisbestimmung wesentliche TL-Peak 5 ausgewertet. Die Auswertung von TLD600 (TLD700)-Dosimetern für eine Anwendung in der Neutronendosimetrie macht eine vollständige Auswertung von TL-Peak 5 und 6 erforderlich, weil eine Trennung der beiden Peaks bei der schnellen Aufheizung mit heißem Stickstoff nicht möglich ist. Im Hinblick darauf wurden die Auswerteparameter Stickstofftemperatur und Auswertedauer optimiert.

Abb. 6/6 zeigt die TL-Ausbeute von TLD600 Detektoren als Funktion der Ausheizzeit bei einer Stickstofftemperatur von 400 °C nach entsprechender Gammabestrahlung und Neutronenbestrahlung. Die vollständige Auswertung von TL-Peak 5 und 6, insbesondere nach einer Neutronenbestrahlung, wird damit durch eine Erhöhung der Stickstofftemperatur von 380 °C auf 400 °C sowie durch eine Verlängerung der Aufheizung von 12 s auf 25 s erreicht.

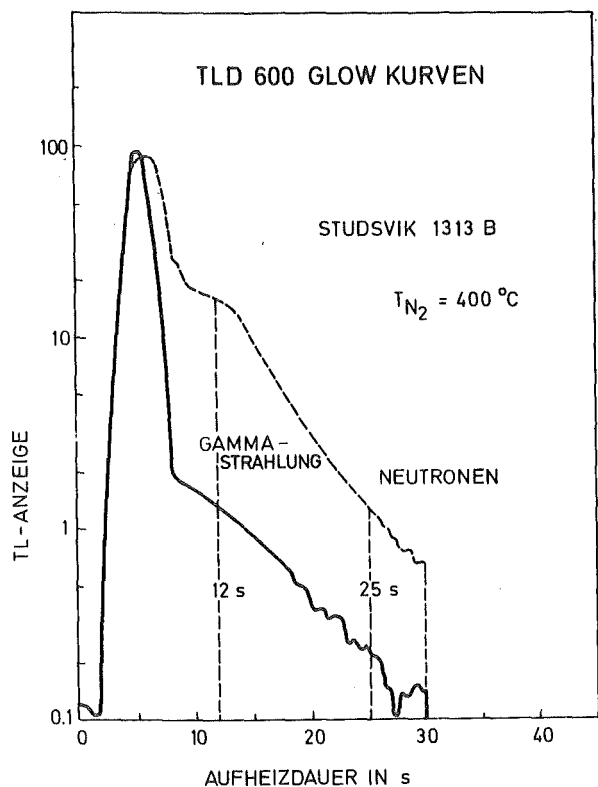


Abb. 6/6: TL-Glowkurve von TLD600 Dosimetern gemessen im Studsvikgerät nach Bestrahlung mit Gammastrahlung und Neutronen

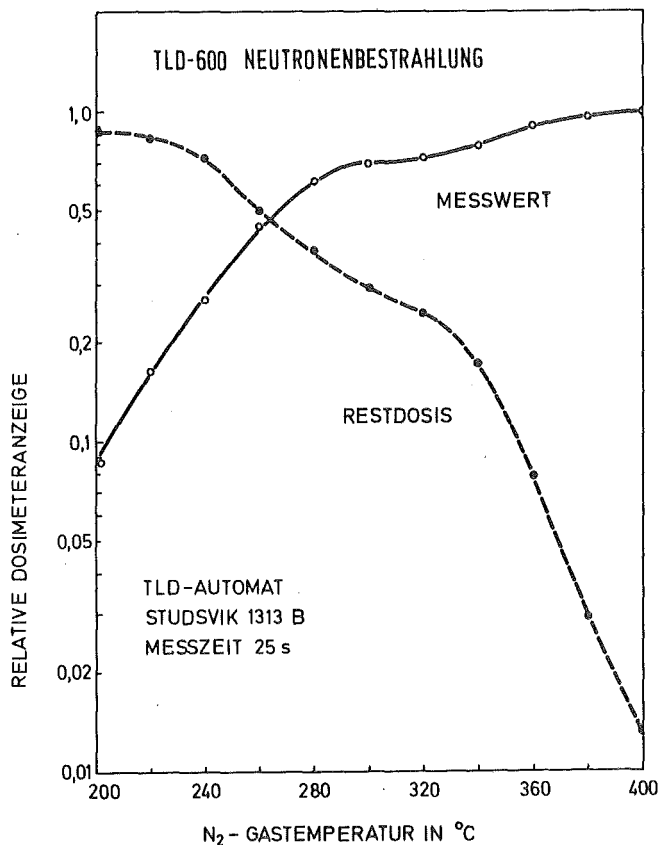


Abb. 6/7: Relative Dosisanzeige als Funktion der Stickstoffgastemperatur unmittelbar nach Bestrahlung bzw. nach einer Zweitmessung

In einem weiteren Experiment wurde untersucht, welche Restdosis bei einer Aufheizung bei kleineren Stickstofftemperaturen zurückbleibt. Hierbei wurden die TLD600 Detektoren unmittelbar nach Auswertung bei unterschiedlicher Stickstofftemperatur auf 400 °C erhitzt. Abb. 6/7 zeigt die TL-Lichtausbeute sowie die Restdosis als Funktion der Stickstofftemperatur bei einem Ausheizzyklus von 25 s. Durch Optimierung der Ausheizbedingungen ist damit sichergestellt, daß bei der Auswertung von TL-Peak 5 und 6 bis zu 99 % des maximal zu erwartenden Meßwertes angezeigt wird.

6.2.3 Statistische Meßunsicherheit und Überwachungszeitraum für TLD-Systeme zur Umgebungsüberwachung

B. Burgkhardt, E. Piesch

Bei einer Anwendung von TLD-Systemen in der Umgebungsüberwachung wird die Meßunsicherheit nicht allein von den dosimetrischen Eigenschaften des ausgewählten Dosimetersystemes sondern auch von der Wahl des Überwachungszeitraumes und u.U. von zusätzlichen Bestrahlungen während des Transportes der Dosimeter bestimmt. Die relative Gesamtmeßunsicherheit ergibt sich hierbei aus der relativen systematischen Meßunsicherheit U_S und der relativen statistischen Meßunsicherheit U_R zu

$$U = U_R^2 + U_S^2$$

Aus der Forderung, daß innerhalb der Umgebungsüberwachung eine Gesamtmeßunsicherheit von $U = 30\%$ nicht überschritten werden soll, ergibt sich die maximal zulässige relative statistische Meßunsicherheit eines TLD-Systemes zu

$$U_{Rmax} = (30^2 - U_S^2)^{1/2}$$

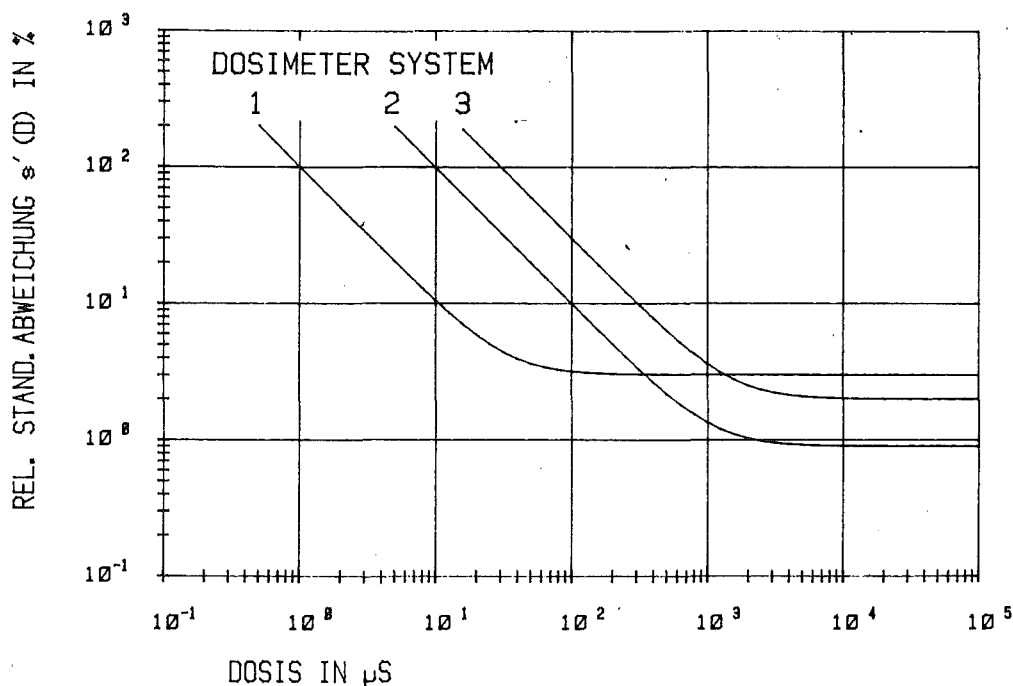


Abb. 6/8: Relative Standardabweichung von drei verschiedenen TLD-Systemen

U_{Rmax} eines Dosimetersystemes muß im allgemeinen wesentlich kleiner sein als 30% , weil der relative systematische Meßfehler 15% kaum unterschreiten wird. U_R wird im wesentlichen vom Betrag der Dosis bestimmt, wie dies am Beispiel von drei ausgewählten TLD Systemen in Abb. 6/8 wiedergegeben ist. Bei einem konstanten natürlichen Strahlungspegel von etwa 70 mR/a (700 μSv/a) ergibt sich U_R aus dem jeweiligen Überwachungszeitraum.

In Abb. 6/9 ist die relative statistische Meßunsicherheit der drei TLD Systeme in Abhängigkeit vom Überwachungszeitraum für konstante Transportdosis und 2 Umgebungsdosimeter pro Meßort wiedergegeben. Weiterhin ist in dieser Abbildung U_{Rmax} für eine relative systematische Meßunsicher-

heit von $U_S = 16\%$ bzw. 26% als unterbrochene Linie gezeigt. Für $U_S = 16\%$ und die ausgewählten Dosimetersysteme 1, 2 und 3 ergibt sich demnach ein Überwachungszeitraum von 1 Monat, 2 Monaten bzw. 5 Monaten, welcher zur Einhaltung der Gesamtmeßunsicherheit von 30% nicht unterschritten werden sollte.

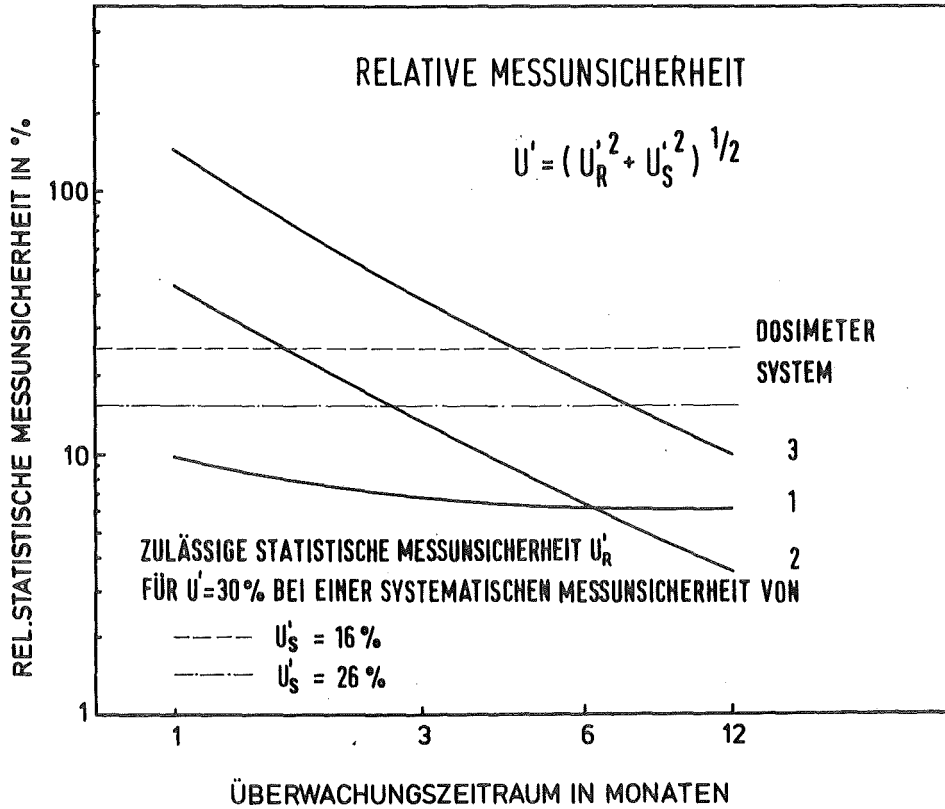


Abb. 6/9: Relative Standardabweichung von TLD-Systemen (siehe Abb. 6/8) in Abhängigkeit vom Überwachungszeitraum

6.2.4 Individuelle Korrektur der TL-Detektorempfindlichkeit innerhalb der Routineüberwachung

B. Burgkhardt

Innerhalb einer TLD-Charge kann sich das individuelle Ansprechvermögen der Einzeldetektoren um mehr als $\pm 10\%$ unterscheiden. Für genaue Dosismessungen empfiehlt sich daher eine individuelle Kalibrierung der Detektoranzeige mit einem relativen Kalibrierfaktor a_i . Das individuelle Ansprechvermögen der Detektoren kann sich jedoch innerhalb der Routineüberwachung u.U. langfristig verändern, was durch verschiedene Einflüsse einer höheren Vorbestrahlung sowie einer wiederholten Ausmessung und Wärmebehandlung verursacht werden kann.

In einer Meßreihe sollte untersucht werden, mit welcher Meßunsicherheit der individuelle Kalibrierfaktor bestimmt werden kann und mit welcher langzeitigen Änderung des Ansprechvermögens bei Wiederverwendung der Detektoren zu rechnen ist. Die Ergebnisse einer individuellen Kalibrierung in Abb. 6/10 zeigen, daß der relative Kalibrierfaktor a_i einer kommerziellen Charge zwischen 0,92 und 1,12 liegt. In zwei getrennten Meßreihen wurde die Kalibrierung sowohl nach mehreren Tagen als auch nach zwei Jahren Einsatz der Dosimeter in der Neutronendosimetrie wiederholt. Die Häufigkeitsverteilungen in Abb. 6/10, die für die entsprechenden Verhältnisse gefunden wurden, verdeutlichen, daß der Kalibrierfaktor mit einer relativen Standardabweichung

von $\pm 0,4 \%$ ermittelt werden kann. Auch nach wiederholter Bestrahlung bis zu Dosen von 100 rem (1 Sv) und nach 12maliger Regenerierung ist mit keiner wesentlichen Verschlechterung der statistischen Meßunsicherheit des Kalibrierfaktors a_i zu rechnen.

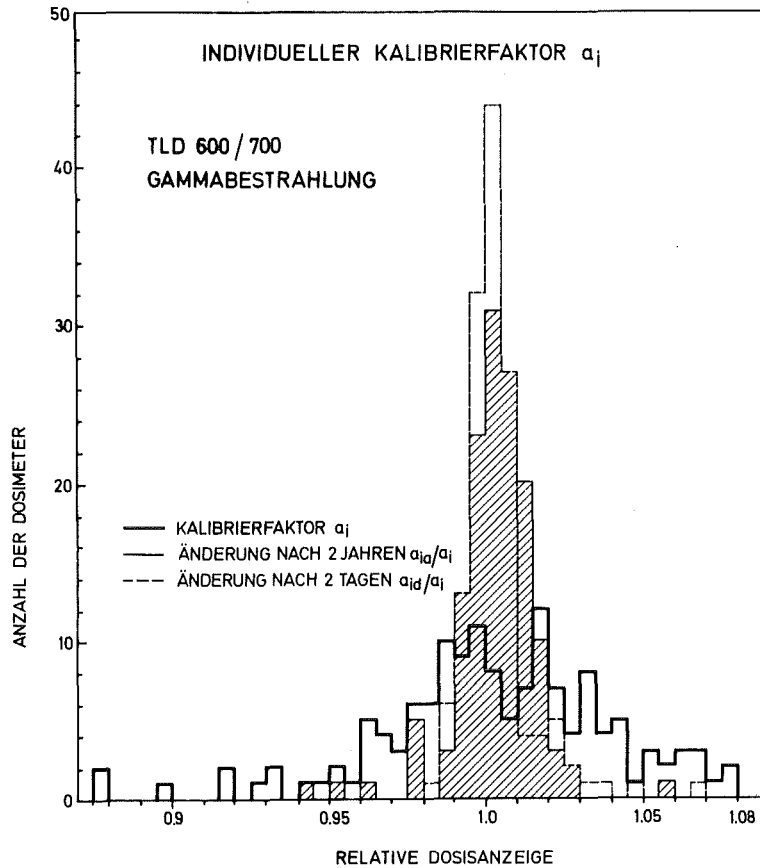


Abb. 6/10: Häufigkeitsverteilung des individuellen Kalibrierfaktors einer TLD600/TLD700 Charge unmittelbar nach Kalibrierung und dessen Änderung nach 2 Tagen bzw. 2 Jahren

6.2.5 Individuelle Korrektur der Nulldosisanzeige von TLD-Systemen

B. Burgkhardt

Die Nulldosisanzeige regenerierter unbestrahlter Dosimeter einer TLD-Charge wird im wesentlichen von den Eigenschaften des individuellen Detektors bestimmt. Sie ist aber auch von den Eigenschaften des Auswertesystems insbesondere von dem Dunkelstrom des Photomultipliers, der Oberflächenqualität der Ausheizpfanne, dem Aufheizzyklus sowie von zusätzlichen Wärmehandlungen abhängig. Kommerzielle LiF-Dosimeterchargen zeigen Nulldosismerte a_{ui} der Einzeldosimeter, die zwischen 0,1 mR und 20 mR (1 und 200 μ Sv) streuen. Die Nulldosisanzeige ist daher ein wichtiges Kriterium für die Beurteilung der Chargenqualität sowie für die Entscheidung, ob das jeweilige Dosimetersystem zur Messung kleiner Dosen in der Personen- und Umgebungsüberwachung eingesetzt werden kann.

Innerhalb der Personenüberwachung wird davon ausgegangen, daß die mittlere Nulldosisanzeige a_u einer Teilcharge als repräsentativ für die Gesamtcharge angesehen werden kann. Dies trifft zweifellos zu für kommerzielle Chargen guter Qualität, bei denen der Betrag und die Streuung der a_{ui} -Werte relativ klein sind. Zur Korrektur der Nulldosisanzeige bzw. zur Verbesserung der Meß-

unsicherheit bei der Ausmessung kleiner Dosen bestehen hierbei folgende Möglichkeiten

- die mittlere Nulldosisanzeige α_u einer Teilcharge wird von der jeweiligen Dosimeteranzeige α_i subtrahiert,
- die individuelle Nulldosisanzeige α_{ui} wird für alle Detektoren der Gesamtcharge ermittelt und vorhandene Ausreißer mit hoher Nulldosisanzeige eliminiert,
- anstelle der mittleren Nulldosisanzeige α_u wird die jeweilige individuelle Nulldosisanzeige α_{ui} vom Meßwert subtrahiert.

Bei einer individuellen Korrektur der Nulldosisanzeige ergibt sich hierbei generell die Frage, ob die individuelle Nulldosisanzeige α_{ui} bei wiederholter Ausmessung und Regenerierung konstant bleibt und mit welcher Meßunsicherheit sie bestimmt werden kann.

Unsere Untersuchungen über längere Zeiträume zeigen, daß die α_{ui} -Werte im allgemeinen bei wiederholter Messung repräsentativ für den jeweiligen Detektor sind, auch wenn die mittlere Nulldosisanzeige bei jeder Auswertung zusätzlich korrigiert werden muß. Abb. 6/11 zeigt die Häufigkeitsverteilung der α_{ui} -Werte einer neuen kommerziellen TLD700-Charge unmittelbar nach Regenerierung ohne bzw. nach Korrektur der individuellen Nulldosisanzeige. Entsprechende Ausreißer sind durch ihre Dosimeternummer gekennzeichnet. Die Messung erfolgte hierbei in einem Pitman-Toledo-Auswertegerät über den TL-Peak 5. Die Ergebnisse zeigen, daß durch Korrektur der individuellen Nulldosisanzeige die Meßunsicherheit an der unteren Nachweisgrenze signifikant herabgesetzt werden kann. Bei Chargen mit α_{ui} -Werten kleiner als 0,5 mrem (5 μ Sv) ist eine solche Korrektur jedoch nicht mehr empfehlenswert wegen der Meßunsicherheit bei der Bestimmung der α_{ui} -Werte.

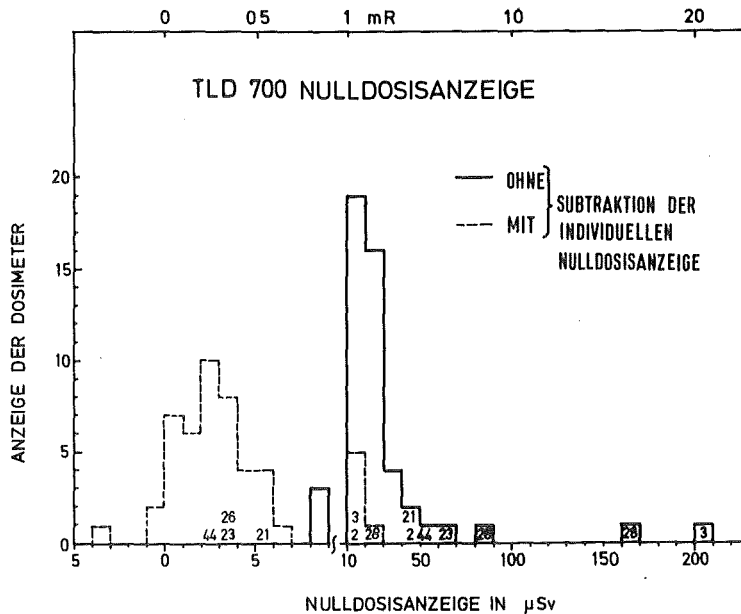


Abb. 6/11: Häufigkeitsverteilung der Nulldosisanzeige einer TLD700-Charge ohne bzw. mit Subtraktion der individuellen Nulldosisanzeige

6.2.6 Untersuchung des Einflusses von Oberflächeneffekten auf die Nulldosisanzeige von TLD700

B. Burgkhardt, J. Henschke, E. Piesch

Neue kommerzielle LiF-Dosimeter können eine relativ hohe Nulldosisanzeige α_u regenerierter unbestrahlter Dosimeter bis zu 20 mR (200 μ Sv) zeigen. Eine Regenerierung bei 400 °C/1 h und 100 °C/3 h führt hierbei zu keiner Reduzierung des α_u -Wertes.

Neuere Arbeiten konnten nachweisen, daß durch Anlagerung von OH und H₂O an der Detektoroberfläche ein Anstieg der Nulldosisanzeige vor allem im Bereich hoher Ausheiztemperaturen verursacht wird. Die chemische Behandlung der Dosimeter mit einer methanolhaltigen HCL-Lösung kann diesen Effekt wieder rückgängig machen.

In unserem Experiment wurden aus einer kommerziellen TLD700-Charge Detektoren mit hoher Null-dosis ausgewählt und vor der Nulldosismessung jeweils regeneriert. Die chemische Reinigung erfolgte nach der dritten Regenerierung und vor der Nulldosismessung. Die Meßergebnisse in Tab. 6/3 zeigen, daß die Nulldosisanzeige im Durchschnitt um 8 mR (80 μ Sv) reduziert wird. Das bedeutet für die Dosimeter mit relativ geringer Nulldosisanzeige eine Verringerung um etwa den Faktor 5.

AUSWERTUNG		NULLDOSISANZEIGE IN mR ¹⁾							
Nr	Datum	1	2	3	4	5	6	7	8
1	19.2.81	26,4	21	15,2	9,6	2,1	-	-	-
2	16.2.81	28,8	28	19,5	17,2	5,1	11	7,1	6,5
3 ²⁾	12.3.81	23,5	17,1	10,7	7,4	1,1	1,95	0,86	0,86
4	26.3.81	22,9	17,4	8,8	6,8	0,57	1,73	1,09	1,09
5 ²⁾	27.3.81	23,2	17,9	11,7	7,1	0,75	0,46	0,38	0,39
6	21.9.81	16,1	15,1	8,5	5,8	0,74	1,09	1,01	0,96
7	22.9.81	27,4	24,3	17,5	14,4				

¹⁾ nach Regenerierung bei 400 °C/1 Stunde und 100 °C/3 Stunden;
1 mR = 10 μ Sv

²⁾ regeneriert und chemisch behandelt unmittelbar vor der Messung bis zu Kanal Nr. 52

Tab. 6/3: Änderung der Nulldosisanzeige von TLD700 nach einer chemischen Behandlung

Abb. 6/12 vergleicht die gemittelte TL-Glowkurve mehrerer Dosimeter mit hoher Nullanzeige für eine Auswertung vor und nach einer einmaligen chemischen Behandlung, nach zweimaliger chemischer Behandlung und einer 6monatigen Lagerung sowie einer nachfolgenden Bestrahlung mit 10 mR (100 μ Sv). Die Meßwerte in Tabelle 6/3 entsprechen der Fläche unter der TL-Glowkurve bis zu Kanal Nr. 50. Die chemische Behandlung der Detektoroberfläche führt demnach zu einer signifikanten Verringerung der TL-Lichtemission besonders im Temperaturbereich > 240 °C Nach 6 Monaten Lagerung wird dieser Effekt teilweise wieder rückgängig gemacht. Bei der Messung nur über TL-Peak 5 wird hier jedoch keine Erhöhung der Nulldosisanzeige festgestellt.

Die Versuche zeigen auch, daß zusätzlich zu den Oberflächeneffekten im oberen Temperaturbereich andere detektorspezifische Einflüsse für die hohe Nulldosisanzeige von mehr als 10 mR (100 μ Sv) verantwortlich sind. In Abb. 6/12 wird dies verdeutlicht durch die TL-Anzeige zwischen Kanal Nr. 1 und 40, die für Dosimeter mit kleiner Nullanzeige praktisch Null ist. Die chemische Behandlung reduziert hier die Nullanzeige im Bereich zwischen Kanal 40 und 50.

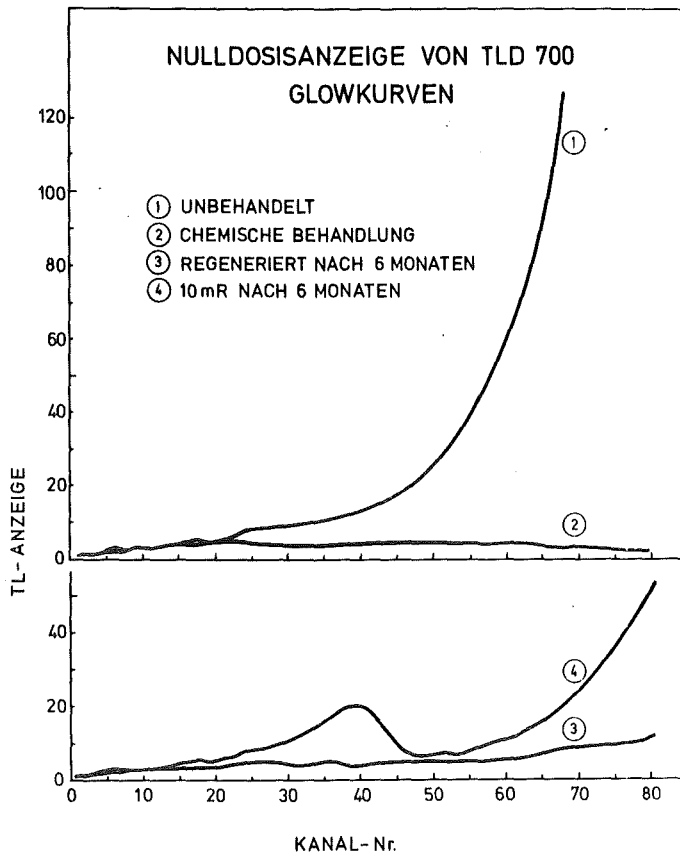


Abb. 6/12: TL-Glowkurven von unbestrahlten TLD700-Detektoren vor bzw. nach einer chemischen Behandlung

Die chemische Behandlung der Dosimeter kann die Nulldosisanzeige kurzzeitig herabsetzen. Es ist zweckmäßig, zur Verringerung der Nulldosisanzeige die Dosismessung auf die Auswertung von TL-Peak 5 zu beschränken.

6.2.7 Untersuchung des Fading von Elektronenhaftstellen bei LiF/MTS/N-Dosimetern

B. Burgkhardt, J. Henschke, E. Piesch

Das Temperatur-Fadingverhalten von Thermolumineszenzdosimetern wird einerseits auf die Entleerung von besetzten Elektronenhaftstellen während der Lagerung, andererseits aber auch auf die Instabilität der Elektronenhaftstellen im Lumineszenzmaterial zurückgeführt. Einflüsse der Umgebungstemperatur sowie zusätzliche Wärmebehandlungen können zu einer Umsetzung von Haftstellen in andere Energieniveaus und damit zu einer Verringerung der Haftstellenzahl führen. Von den TL-Materialien, die innerhalb der Personenüberwachung eingesetzt werden, ist vor allem das Fadingverhalten von LiF-Dosimetern von besonderem Interesse.

Entsprechend der Routineauswertung von LiF:Mg,Ti-Dosimetern wurden die Detektoren zur Meßwertlöschung einer Wärmebehandlung bei 400 °C/1 h und 100 °C/3 h unterzogen. Nach der Bestrahlung wurde eine zusätzliche Temperung bei 100 °C/ 20 min angewandt. Die Dosimeter wurden in einem Pitman-Toledo-Auswertegerät über den TL-Peak 5 ausgewertet.

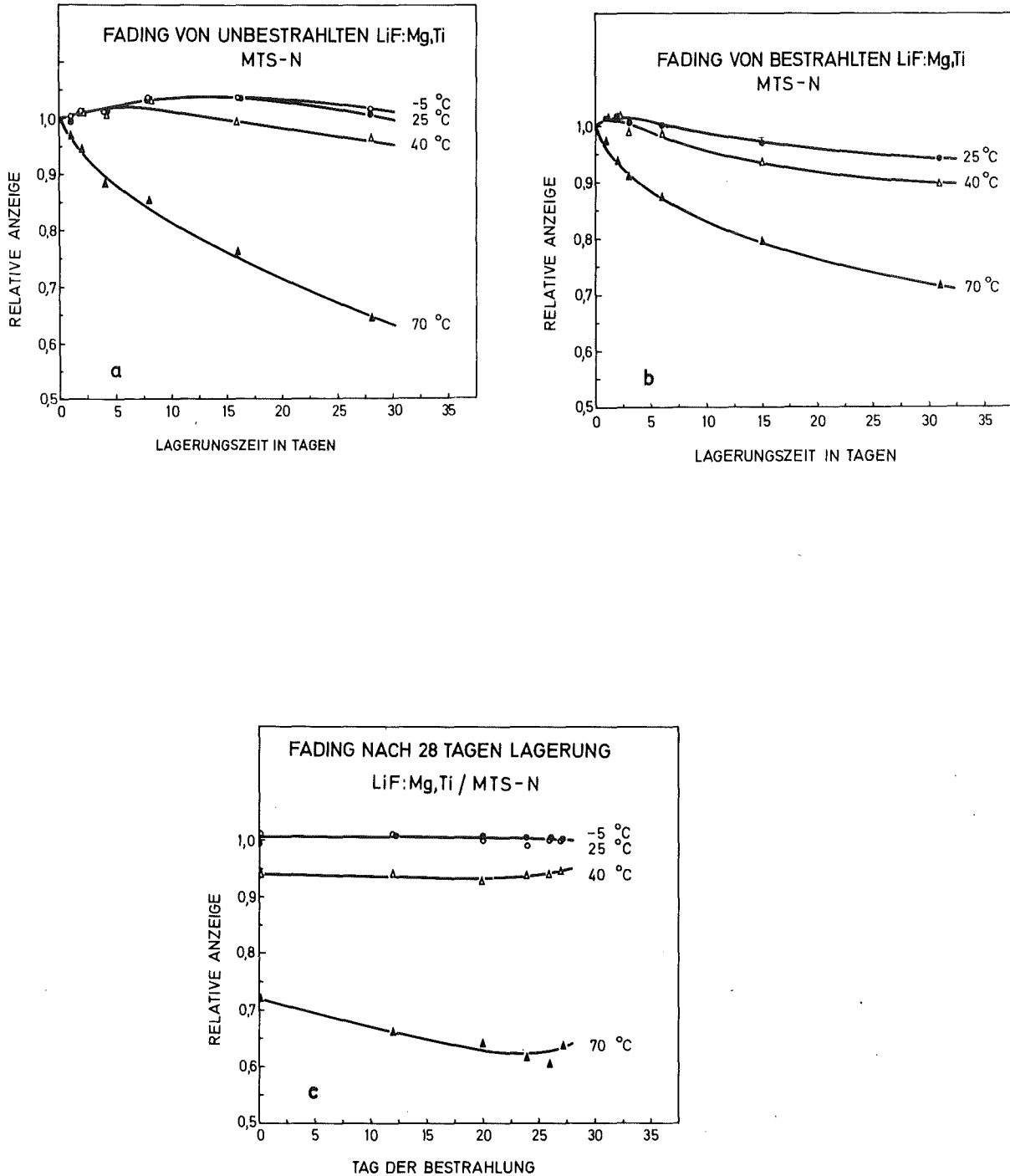


Abb. 6/13: Relatives Fading von LiF:Mg,Ti/MTS-N für
a) unbestrahlte Dosimeter,
b) vorbestrahlte Dosimeter,
c) zu unterschiedlichen Zeiten bestrahlte Dosimeter

Die Instabilität der Elektronenhaftstellen im LiF-Material wurde in drei verschiedenen Experimenten untersucht

- die Detektoren wurden erst am Ende der Lagerungszeit bestrahlt, um das Fading nicht besetzter Elektronenhaftstellen zu ermitteln,
- die Detektoren wurden am Anfang der Lagerungszeit bestrahlt, um das Fading besetzter Elektronenhaftstellen zu ermitteln,
- die Detektoren wurden zu verschiedenen Zeiten während der Lagerungszeiten bestrahlt, um das Fading unter praktischen Einsatzbedingungen zu testen.

Die Ergebnisse des Fadingexperiments sind für das LiF/MTS/N-Dosimeter polnischer Produktion in Abb. 6/13 wiedergegeben. Unbestrahlte Dosimeter zeigen bis zu Umgebungstemperaturen von 40 °C zunächst einen Anstieg der Haftstellenzahl um 3 %, so daß bei 40 °C das Fading nur 4 % nach 28 Tagen beträgt. Das Fading vorbestrahlter Dosimeter ist ohne diesen Anstieg dementsprechend höher und beträgt bei 40 °C 10 % nach 30 Tagen. Die Bestrahlung des Dosimeters innerhalb des Überwachungszeitraumes zeigt, daß das resultierende Fading praktisch unabhängig vom Bestrahlungszeitpunkt ist und das Fading von besetzten und unbesetzten Elektronenhaftstellen annähernd gleich groß ist. D.h., unter den angegebenen Wärmebehandlungsbedingungen ist das Fading der Dosimeteranzeige weniger auf die vorzeitige Entleerung der Elektronenhaftstellen als vielmehr auf eine Verringerung der Haftstellenzahl während der Lagerung zurückzuführen. Zur Korrektur des Fadingeinflusses innerhalb der Umgebungsüberwachung ist es daher ausreichend, die unbestrahlten Kalibrierdosimeter u.U. zusammen mit den Felddosimetern in der Umgebung auszulegen. Die Bestrahlung der Kalibrierdosimeter erfolgt dann unmittelbar vor der Auswertung der Dosimeter.

6.3 Neutronendosimetrie

6.3.1 Untersuchung von Lithium-Halbleiterdetektoren zum Neutronennachweis

G. Venkataraman, B. Burgkhardt, E. Piesch

Neutronenmeßgeräte verwenden als Detektoren vorwiegend BF₃-Zählrohre, ³He-Zählrohre und ⁶LiJ-Szintillationszähler. Silizium-Halbleiterdetektoren werden hingegen nur in der Neutronenspektroskopie zum Nachweis von Sekundärteilchen u.a. von Rückstoßprotonen und α-Teilchen eingesetzt. Die Anwendung dieses Detektortyps in einem Moderator-Dosimeter verspricht Vorteile insbesondere wegen seiner geringen Größe, der niederen Betriebsspannung und der kleinen Nullzählrate.

Für unsere Untersuchungen [53] wurden folgende Siliziumdioden eingesetzt

- der Harshaw DJC-400-50-100 B Si-Detektor mit diffundiertem PN-Übergang, Betriebsspannung 30 V
- der Ortec DIAD II lithiumgedriftete Oberflächensperrschicht-Detektor mit einer LiF-Schicht von 150 µg/cm², Betriebsspannung 12 V

Beide Detektoren wurden zum Nachweis thermischer Neutronen mit verschiedenen (n,α)-Konvertern und zum Nachweis von neutroneninduzierten Rückstoßkernen mit zusätzlichen Radiatoren abgedeckt (Tab. 6/4). Die Impulshöhen-Kalibrierung der Silizium-Detektoren erfolgte mit α-Teilchen im Energiebereich 1,2 bis 5,6 MeV. Hierzu wurde der Detektorabstand zu einer ²⁴¹Am-Quelle variiert. Die Neutronenempfindlichkeit der verschiedenen Detektorkombinationen wurde mit ²⁴¹Am-Be-, ²⁵²Cf- und thermischen Neutronen untersucht.

Das Ansprechvermögen gegenüber thermischen Neutronen ist auf (n,α)-Reaktionen in ⁶Li bzw. ¹⁰B insbesondere im Konverter zurückzuführen (Abb. 6/14). Bedingt durch das Rauschen des elektronischen Vorverstärkers werden α-Teilchen mit Energien > 1,2 MeV nachgewiesen. Die hohe Auflösung des Oberflächensperrschicht-Detektors zeigt sich im Impulshöhenspektrum an den beiden Peaks, die durch die Teilchenenergien E_α = 2,05 und E_T = 2,73 MeV der ⁶Li (n,α)³H-Reaktion in der LiF-Schicht

KONVERTER			RELATIVES ANSPRECHVERMÖGEN	
Material	Materialdicke	Trägerdicke	Detektor I	Detektor II ¹⁾
THERMISCHE NEUTRONEN				
1 ohne	-	Edelstahl 500 µm	-	250
2 Bor	6 µm	Zellulose- nitrat	5,9	-
3 Li ₂ B ₄ O ₇	50 µm			
4 ⁶ LiF	5,9 µm	Edelstahl	600	700
5 ⁶ LiF	22,6 µm	500 µm	970	1000 ²⁾
Am-Be-NEUTRONEN				
5 ⁶ LiF	226	"	0,44	0,45
6 Zellulose- nitrat	100 µm	-	1	1,1

1) Detektor I: Si-Detektor mit diffundiertem pn-Übergang, Firma Harshaw
 Detektor II: ⁶LiF beschichteter Oberflächensperrschichtdetektor,
 Firma Ortec

2) Die relative Anzeige 1000 entspricht 3000 Impulsen/µSv, Summe der
 Impulse von Kanal 20 bis 100

Tab. 6/4: Neutronenansprechvermögen von Siliziumdetektoren mit verschiedenen Konvertern

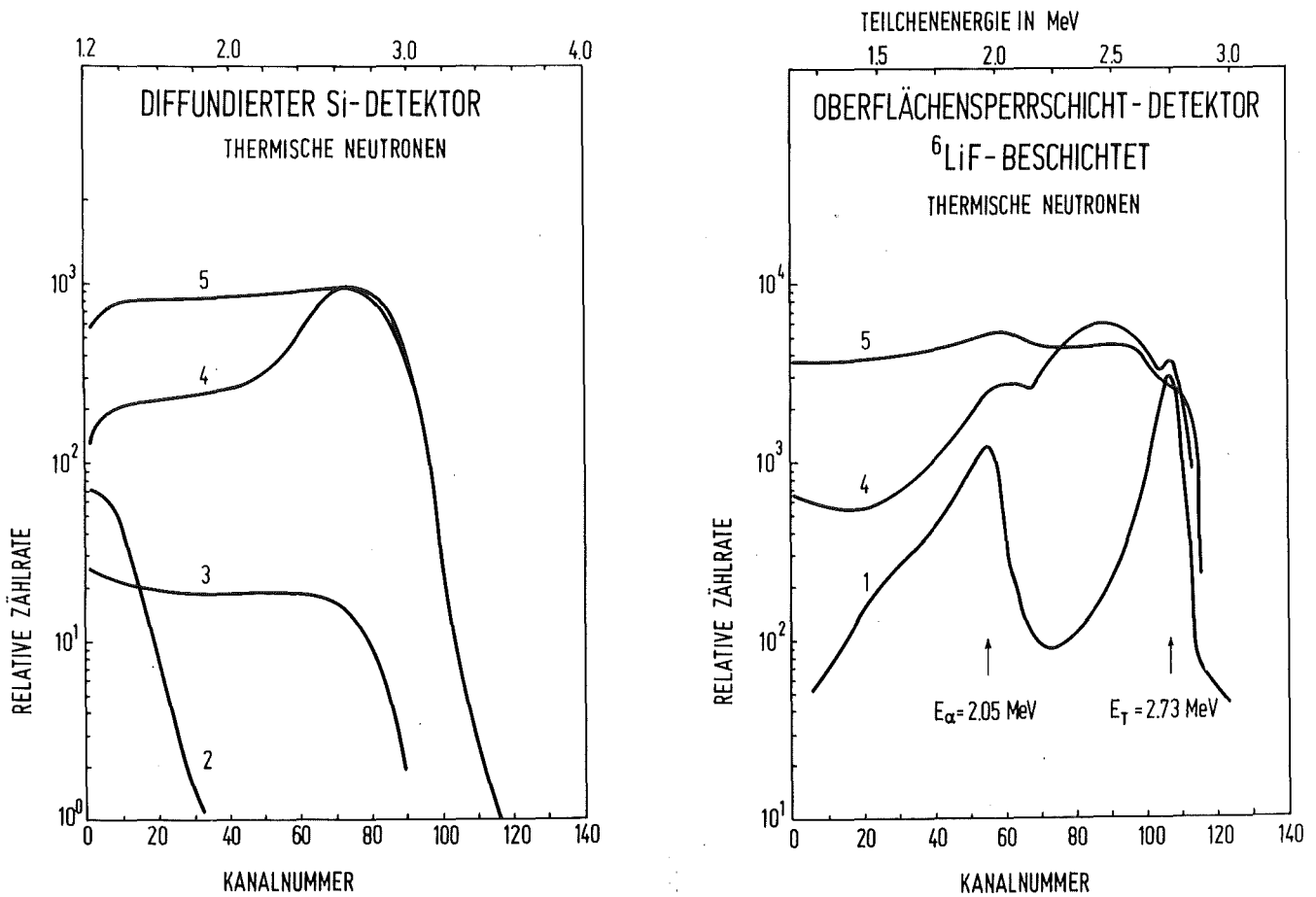


Abb. 6/14: Impulshöhenspektren von Siliziumdetektoren für thermische Neutronen (siehe Tab. 6/4)

des Siliziumdetektors verursacht werden. Zum Nachweis thermischer Neutronen ist ein Bor-Konverter hingegen ungeeignet.

Schnelle Neutronen werden im Detektor direkt über Silizium-Rückstoßkerne nachgewiesen. Entsprechend der Energie (E_n) der einfallenden Neutronen beträgt die mittlere Teilchenenergie für Siliziumrückstoßkerne $E_{Si} = 0,07 \cdot E_n$, für Rückstoßprotonen bei Verwendung eines Kunststoffradiators $E_p = 0,5 E_n$. In Abb. 6/15 sind die Impulshöhenspektren des "diffundierten Si-Detektors" für verschiedene Neutronenenergien wiedergegeben. Im Hinblick auf einen Einsatz in der Neutronendosimetrie wurde die Zählrate jeweils auf eine Äquivalentdosis von $1 \mu\text{Sv}$ bezogen. Das Impulshöhenspektrum für den thermischen Neutronenanteil erhält man durch Subtraktion der entsprechenden Spektren mit und ohne Konverter.

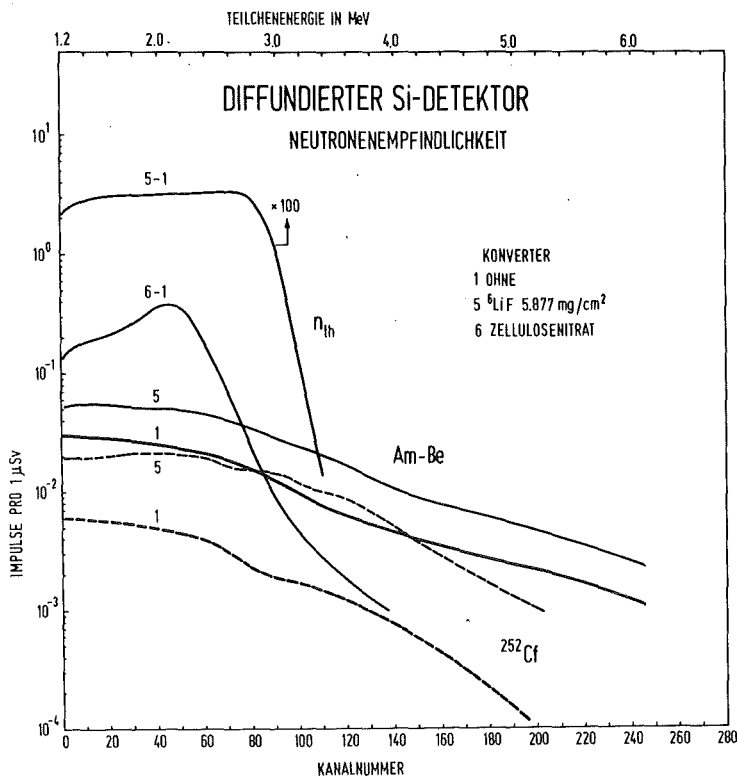


Abb. 6/15: Impulshöhenspektren des Harshaw-Siliziumdetektors mit diffundiertem pn-Übergang bei Bestrahlung mit Neutronen unterschiedlicher Energieverteilung

Die Meßergebnisse der Untersuchungen sind in Tab. 6/4 zusammengefasst. Beide Detektortypen zeigen mit ${}^6\text{Li}$ -Konvertern ein vergleichbares Ansprechvermögen für thermische Neutronen. Demgegenüber unterscheidet sich das Ansprechvermögen für schnelle Neutronen trotz Verwendung eines Protonenradiators um den Faktor 10^{-3} . Trotzdem bieten Siliziumsperrschicht-Detektoren die Möglichkeit mit Hilfe einer Impulshöhendiskriminierung zwischen thermischen und schnellen Neutronen zu unterscheiden.

6.3.2 Entwicklung einer universellen Albedoneutronendosimeterkapselung

E. Piesch, B. Burgkhardt, G.M. Hassib

Die Ausmessung von Neutronenstreustrahlungsfeldern an Reaktoren und Beschleunigern zeigte, daß dort insbesondere durch Rückstreuung und Moderierung der Neutronen an Abschirmungen mittlere Neutronenenergien unterhalb 500 keV zu erwarten sind (siehe Abschnitt 6.6.1). Zur Personenüberwachung eignen sich hier bevorzugt Albedodosimeter, die Neutronen im gesamten interessierenden Neutronenenergiebereich nachweisen, ein ausreichend hohes Ansprechvermögen auch gegenüber schnellen Neutronen haben und im Gegensatz zu Kernspurdetektoren keine Energieschwelle besitzen.

Die bisher zur Verfügung stehenden Albedodosimeterkapselungen sind jedoch wegen der ungünstigen Anordnung der Einzeldetektoren und der sich daraus ergebenden umständlichen Anwendung für einen größeren Einsatz in der Personenüberwachung weniger geeignet. Es erschien daher erforderlich, eine einfache Albedodosimeterkapselung insbesondere für TLD-Systeme mit automatischer Auswertung zu entwickeln. Diese Kapselung soll universell für die wichtigsten kommerziellen Dosimetersysteme der Firmen Harshaw, Panasonic, Pitman, Studsvik, Teledyne verwendbar sein. Diese Systeme benutzen eine flache Dosimeterkarte bzw. -kapselung mit zwei oder vier Detektoren, die nebeneinander bzw. hintereinander angeordnet sind.

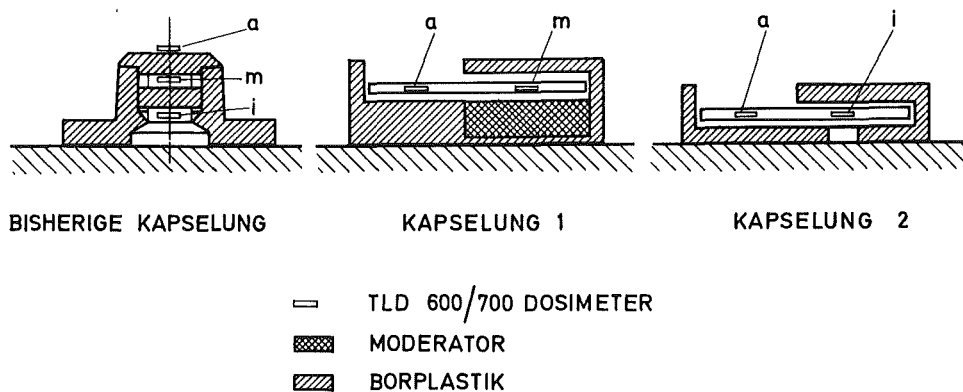


Abb. 6/16: Anordnung der Detektorpositionen a, m und i in den verschiedenen Albedodosimeterkapselungen

Bei der Entwicklung einer universellen Albedodosimeterkapselung sind in bezug auf die Optimierung der dosimetrischen Eigenschaften folgende Gesichtspunkte zu berücksichtigen

- die Dosimeterkapselung aus Borcarbid-Plastik soll zwei TLD600/TLD700 Detektorpaare aufnehmen, um in zwei Meßpositionen Albedoneutronen und Neutronen aus dem Strahlungsfeld getrennt nachzuweisen,
- ein Detektor hinter einem Fenster an der Vorderseite der Kapselung soll bevorzugt thermische Neutronen aus dem Streustrahlungsfeld registrieren,
- der Albedodetektor zum Nachweis der Albedoneutronen soll in der Weise in der Kapselung angeordnet sein, daß sich seine Anzeige nur geringfügig mit dem Abstand des Dosimeters von der Körperoberfläche ändert,
- der Albedodetektor sollte ein gleiches Ansprechvermögen für thermische Neutronen und für Neutronen im Energiebereich von 100 keV zeigen. Damit wäre das Albedodosimeter besonders geeignet für den Einsatz an Reaktoren.

Zur Lösung dieser Aufgabe wurden zwei verschiedene Typen von Kapselungen untersucht (siehe Abb. 6/16). Beide Kapselungen haben an der Vorderseite ein Fenster zum Nachweis thermischer Neutronen aus dem Strahlungsfeld. Der Albedodetektor in Kapselung 1 ist vollständig in Borplastik gekapselt und registriert bevorzugt epithermische Neutronen [9]. Zur Erhöhung des Ansprechver-

mögens für Albedoneutronen wurde in dieser Kapselung ein zusätzlicher Polyäthylenmoderator angeordnet. Kapselung 2 hat an der dem Körper zugewandten Seite in der Meßposition des Albedodetektors ein zusätzliches Fensterfeld zum Nachweis der thermischen Albedoneutronen.

Zur Untersuchung der dosimetrischen Eigenschaften beider Albedokapselungen wurden Kalibrierungen mit thermischen und monoenergetischen schnellen Neutronen bei der PTB in Braunschweig sowie Meßreihen in Streustrahlungsfeldern insbesondere einer ^{252}Cf -Neutronenquelle durchgeführt.

Das Ansprechvermögen von Kapselung 1 ist wegen des Nachweises nur epithermischer Albedoneutronen um den Faktor 3 geringer im Vergleich zum bisher verwendeten Karlsruher Albedodosimeter. Der innerhalb der Kapselung angeordnete Moderator vergrößert darüberhinaus die Kapselung nicht unwesentlich. Die Albedokapselung 1 wurde zunächst trotzdem der Kapselung 2 vorgezogen, weil Kapselung 1 einen geringeren Körperabstandeinfluß erwarten läßt. Dies zeigten vor allem die von D. Hankins mit offenen und geschlossenen Albedokapselungen durchgeführten Untersuchungen. Unsere Experimente zeigten jedoch, daß ein Albedodetektor in einer offenen Albedokapselung im Streustrahlungsfeld zu keiner wesentlich größeren Abstandsabhängigkeit führt, wenn die Fensteröffnung entsprechend ausgeblendet wird. Für diese Messungen wurden u.a. Sperrschichtdetektoren eingesetzt (siehe Abschnitt 6.3.1). Jüngste Messungen mit der Kapselung 2 an einem thermischen Strahl (siehe Kapitel 6.3.6) sowie mit schnellen monoenergetischen Neutronen bei der PTB in Braunschweig bestätigten diese Ergebnisse selbst für thermische Neutronen. Damit überwiegen die Vorteile der Albedodosimeterkapselung 2: flachere Bauweise, geringeres Gewicht und ein höheres Neutronenansprechvermögen, das für thermische und 50 keV-Neutronen etwa gleich ist.

Nach Herstellung einer kommerziellen Ausführung der Albedodosimeterkapselung 2 ist beabsichtigt, dieses Dosimeter im KfK anstelle des amtlichen Kernspurfilmes innerhalb der Personenüberwachung einzusetzen. Es besteht ferner die Möglichkeit, das Albedodosimeter mit einem Kernspurdetektor zum Nachweis schneller Neutronen zu kombinieren, um bei einer Neutronendosisanzeige des Albedodetektors auch schnelle Neutronen getrennt nachzuweisen. Die γ -empfindlichen TLD700-Detektoren im Albedodosimeter erübrigen das Tragen einer zusätzlichen Dosimeterkapselung, insbesondere wenn das Dosimeterpaar im vorderen Fenster nur mit 7 mg/cm² abgedeckt wird.

6.3.3 Korrektur der Richtungsabhängigkeit des Einkugel-Albedodosimetersystems

B. Burgkhardt, E. Plesch

Im Vergleich zur Anzeige des TLD600/TLD700-Detektorpaares im Zentrum der 30 cm Polyäthylenkugel ist die Anzeige des Albedodosimeters auch bei Aufsummierung der Anzeigen zweier gegenüberliegender Dosimeter an der Kugeloberfläche bis zu 20 % von der Richtung des Strahleneinfalles abhängig. Diese Richtungsabhängigkeit der Albedodosimeteranzeige wurde in verschiedenen Streustrahlungsfeldern in Abhängigkeit von der Neutronenenergie bestimmt.

Für die Auswertung des Einkugel-Albedodosimetersystems wurde ein Rechenprogramm erarbeitet, welches die Summenanzeigen in den Detektorpositionen a, m, i des Karlsruher Albedodosimetersystems entsprechend der experimentell ermittelten Richtungsabhängigkeit korrigiert. Zur Ermittlung der Strahleneinfallsrichtung wird für die jeweilige Detektorposition a, m, i das Meßwertverhältnis der gegenüberliegenden Dosimeter herangezogen. Die Korrektur der Richtungsabhängigkeit erfolgt getrennt für thermische, epithermische und schnelle Neutronen. Für den Energiebereich schneller Neutronen wird hierbei der ermittelte Energieparameter zugrundegelegt.

Die Richtungsabhängigkeit der Summenanzeige ist in Abb. 6/17 in Abhängigkeit von der Neutronenenergie in Streustrahlungsfeldern wiedergegeben. Für höhere Neutronenenergien oberhalb 1 MeV ist eine Korrektur der Richtungsabhängigkeit nicht mehr erforderlich.

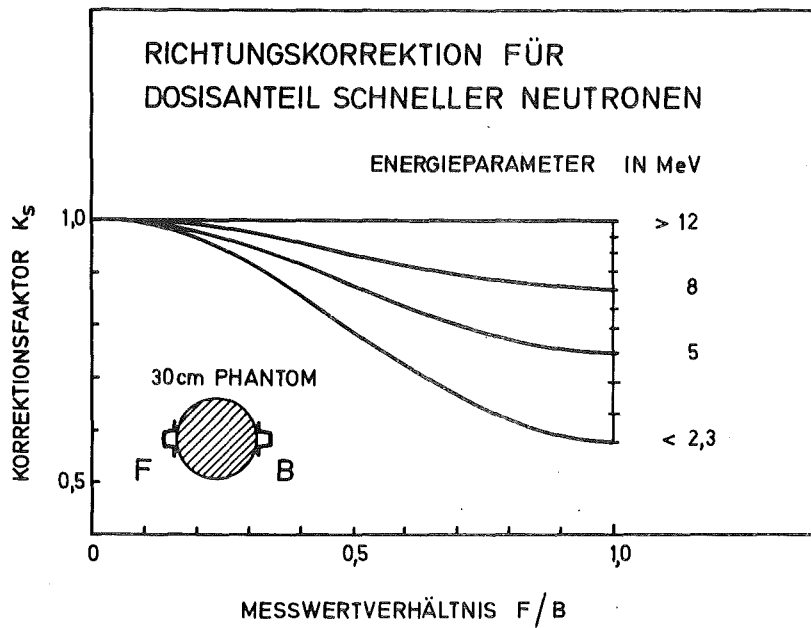


Abb. 6/17: Änderung der Dosimeteranzeige des Albedosimetersystems in Abhängigkeit von der Strahleneinfallrichtung im Energiebereich schneller Neutronen für Neutronenstreuungsfelder

HPRR ABSCHIRMUNG	NEUTRONEN- ENERGIE keV ¹⁾	RICHTUNGSABHÄNGIGKEIT				
		ANSPRECHVERMÖGEN R_{90°/R_{0°			ENERGIEPARAMETER E_{90°/E_{0° ¹⁾	
		monoenergetische Neutronen ²⁾	unkorrigiert	korrigiert ³⁾	unkorrigiert	korrigiert ³⁾
OHNE	850	0,34	0,78	1±0,10	1,84	1±0,08
Plexiglas 12 cm	750	0,30	0,86	1±0,08	1,36	1±0,08
Beton 20 cm	520	0,26	0,82	1±0,12	1,41	1±0,15
²⁵² Cf	1260	-	0,8	1±0,07	1,7	1±0,15

¹⁾ Detektorbezogener Energieparameter der Karlsruher Einkugel-Albedotechnik

²⁾ Richtungsabhängigkeit für monoenergetische Neutronen entsprechend der Energie in Spalte 2

³⁾ Maximalstreuung von 3 Vergleichsbestrahlungen in Oak Ridge einschließlich der Gesamtmeßunsicherheit des TLD-Systems

Tab. 6/5: Reproduzierbarkeit der Einkugel-Albedomeßtechnik nach Korrektur der Richtungsabhängigkeit für frontale (0°) und seitliche (90°) Bestrahlung am HPRR in Oak Ridge

Tab. 6/5 zeigt am Beispiel der Neutronenspektren am HPRR in Oak Ridge die Ergebnisse des Einkugel-Albedodosimetersystems bei Verwendung eines Einzeldetektors, bei Aufsummierung der Dosimeteranzeige der gegenüberliegenden Dosimeter sowie nach Korrektur der Richtungsabhängigkeit. Die wiedergegebene Meßunsicherheit ist die maximale Meßwertstreuung, die innerhalb von 3 Jahren bei 5 verschiedenen Vergleichsbestrahlungen erhalten wurde. Das Rechenprogramm zur Richtungskorrektur der Albedodosimeteranzeige liefert für alle Detektoren des Einkugel-Albedodosimetersystems eine ausreichend genaue Anzeige für einen Strahleneinfall aus einer der Kalibrierung zugrundegelegten Vorzugsrichtung. Dies führt in Neutronenstreuungsfeldern zu einer wesentlich genaueren Ermittlung des Kalibrierfaktors und damit zu einer weiteren Standardisierung der Kalibriertechnik.

6.3.4 Einfluß der Phantomdicke auf die Anzeige von Albedodosimetern

W. Zimprich, B. Burgkhardt

Bei der Kalibrierung von Albedodosimetern an der Oberfläche eines Phantoms wird das Ansprechvermögen des Albedodosimeters u.a. auch von der Dicke des Phantoms bzw. der zur Verfügung stehenden Moderatorschicht bestimmt. Dieser Einfluß wurde an Polyäthylenscheiben von 30 cm Durchmesser und unterschiedlicher Dicke untersucht. Die Bestrahlungen erfolgten in 1,25 m Entfernung von einer ^{252}Cf -Neutronenquelle.

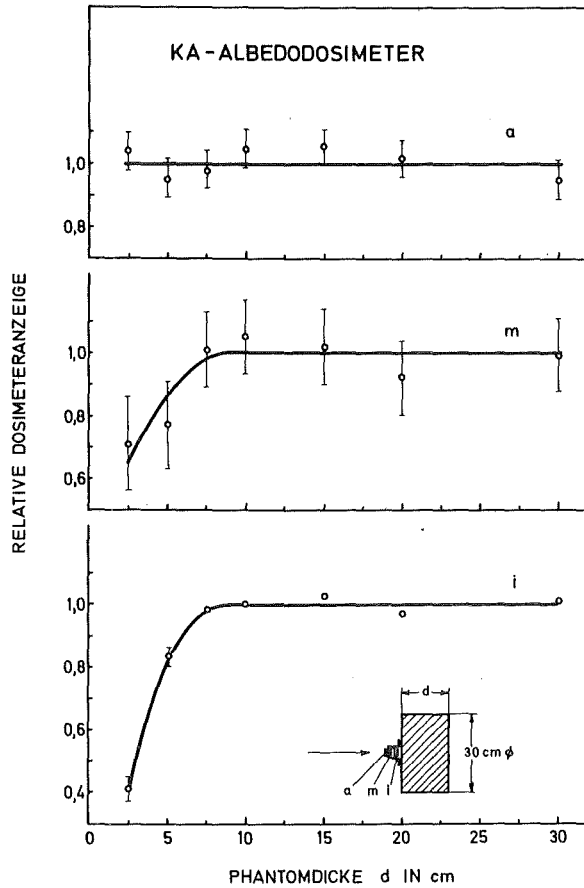


Abb. 6/18: Änderung der Albedodosimeteranzeige des Karlsruher Albedodosimeters mit der Phantomdicke für ^{252}Cf -Neutronen

Abb. 6/18 zeigt die Änderung der Detektoranzeige für die Positionen a, m, i des Karlsruher Albedoneutronendosimeters in Abhängigkeit von der Phantomdicke. Für den Nachweis von Albedoneutronen in den Positionen i und m ist demnach eine Phantomdicke von mindestens 7,5 cm erforderlich. Albedoneutronen werden nur aus dieser Moderatortiefe nachgewiesen. Dies entspricht etwa der Reichweite thermischer bzw. epithermischer Neutronen im Moderator. Bei der Kalibrierung von Albedodosimetern sind demnach Phantome mit einer Mindestdicke von 7,5 cm auszuwählen.

6.3.5 Untersuchung der Richtungsabhängigkeit von Albedodosimetern

W. Zimprich, B. Burgkhardt

Die Anzeige eines Albedodosimeters ist u.a. auch von der Richtung des Strahleneinfalles und der Phantomform abhängig. Zur Untersuchung dieser Einflüsse wurde das Karlsruher Albedodosimeter im Strahlungsfeld einer ^{252}Cf -Neutronenquelle in 1,25 m Entfernung von der Quelle jeweils an einem zylinderförmigen und kugelförmigen Polyäthylenphantom von 30 cm Durchmesser unter verschiedenen Einstrahlrichtungen bestrahlt.

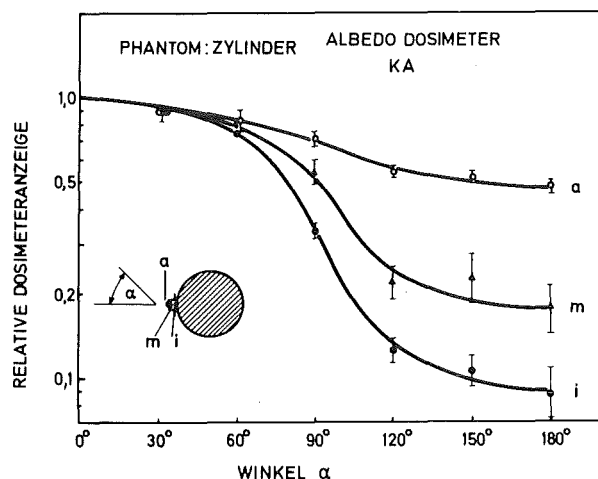


Abb. 6/19: Richtungsabhängigkeit des Karlsruher Albedodosimeters (KA) für ^{252}Cf -Neutronen

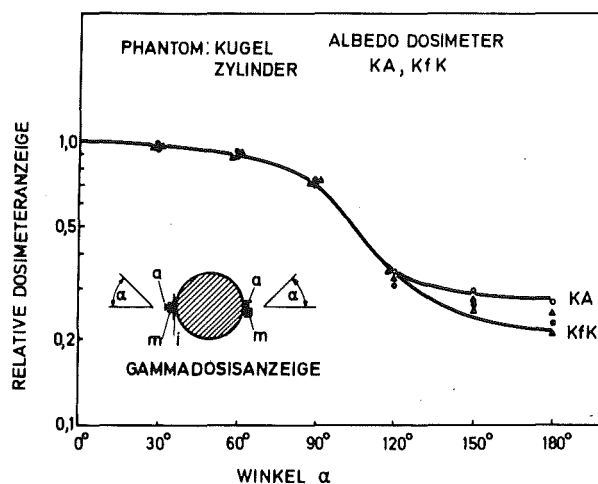


Abb. 6/20: Richtungsabhängigkeit des Albedodosimeters (KA) sowie der Kapselung 1 (KfK, siehe auch Abb. 6/16) für Gammastrahlung

In Abb. 6/19 ist die Änderung der Detektoranzeige für die Position a, m und i in Abhängigkeit vom Einstrahlwinkel wiedergegeben. Die Meßwerte wurden jeweils auf die Anzeige bei einer Frontalbestrahlung unter 0° bezogen. Bei einem Kugelphantom mit abgeflachter Dosimetraufgabe wird unter einem Einstrahlwinkel von 90° etwa 80 % (Position a), 50 % (Position m) und 45 % (Position i) der Anzeige bei Frontalbestrahlung erhalten. Wesentliche Unterschiede zwischen Kugel- und Zylinderphantom konnten nicht gefunden werden.

Die entsprechende Richtungsabhängigkeit des Albedodosimeters ist in Abb. 6/20 für die Gamma-dosisanzeige wiedergegeben. Im Vergleich zur Albedodosisanzeige ist die Anzeige der Gamma-dosis bei einem Einstrahlwinkel von 90° etwa um einen Faktor 2 höher.

6.3.6 Einfluß des Dosimeter-Phantomabstandes auf die Albedodosimeteranzeige

B. Burgkhardt, E. Piesch, G. Venkataraman, W. Zimprich

Die Anzeige von Albedodosimetern ist wegen der Messung der vom Körper des Dosimeterträgers rückgestreuten Neutronen vom Abstand des Dosimeters zur Körperoberfläche abhängig. Dieser Einfluß wird durch die Konstruktion der Albedodosimeterkapselung bestimmt. Bei der Neuentwicklung einer Albedokapselung für TLD-Systeme mit automatischer Auswertung war es daher von besonderem Interesse, die Eigenschaften eines mit Borplastik abgeschirmten Albedodetektors (m) mit denjenigen eines zum Körper offenen Albedodetektors (i) bzw. eines mit angepaßter Borplastik-Ausblendung versehenen Albedodetektors (i) zu vergleichen.

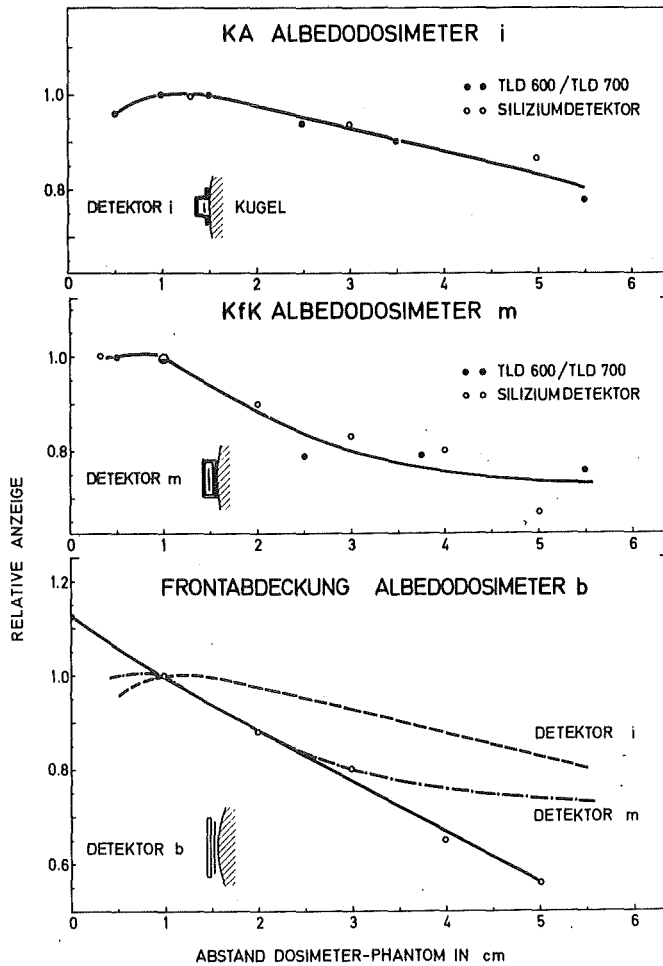


Abb. 6/21: Änderung der Albedodosimeteranzeige in Abhängigkeit vom Abstand Dosimeter - Phantom für verschiedene Dosimeterkapselungen und ^{252}Cf -Neutronen

In Abb. 6/21 ist die Albedodetektoranzeige in Abhängigkeit vom Abstand Dosimeter - Phantom bezogen auf einen Abstand von einem Zentimeter wiedergegeben. Die Albedokapselungen wurden an einem Polyäthylenkugelphantom von 30 cm ϕ in einer Höhe von 1,25 m über Boden in 1,25 m Abstand von einer ^{252}Cf -Quelle bestrahlt. Neben TLD-Detektoren wurde ein Silizium-Halbleiterdetektor mit (n, α)-Konvertern unter Verwendung entsprechender Borplastikkapselungen eingesetzt. Die Meßergebnisse des Silizium-Detektors stimmen gut überein mit Ergebnissen des Karlsruher Albedodosimeters mit TLD-Detektor (i) und des flachen Albedodosimeter mit TLD-Detektor (m) (siehe Abschnitt 6.3.2, Abb. 6/16). Entgegen den Ergebnissen bisheriger Untersuchungen von D. Hankins 1977 ist die Abstandsabhängigkeit des allseitig abgedeckten Albedodetektors (m) keineswegs geringer als diejenige des ausgeblendeten Detektors (i). Der offene Detektor (b) zeigt die größte Abstandsabhängigkeit. Bis zu einem Phantomabstand von 3 cm verringert sich die Albedodosimeteranzeige um 10 % bei Detektor (i), 20 % bei Detektor (m) und 37 % bei Detektor (b).

Dieses überraschende Ergebnis zeigt, daß der Albedodetektor (i) bei entsprechend optimierter Ausblendung der vom Phantom einfallenden Albedoneutronen den geringsten Abstandseffekt erwarten läßt. Der größte Einfluß wird jedoch bei thermischen Neutronen erwartet, für die andererseits der Detektor (m) unempfindlich ist.

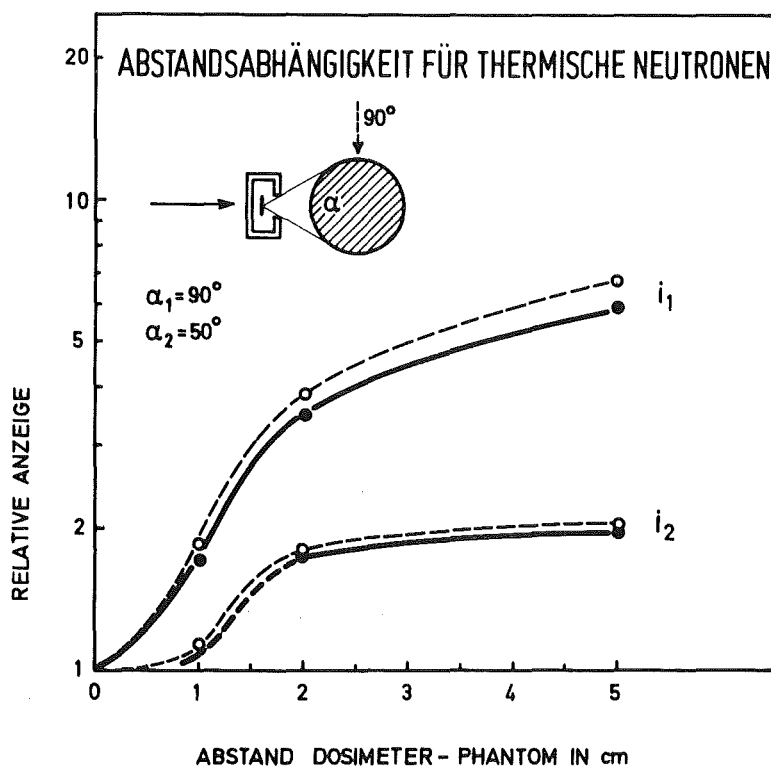


Abb. 6/22: Änderung der Albedodosimeteranzeige in Abhängigkeit vom Abstand Dosimeter - Phantom für thermische Neutronen

Für die weiteren Kalibrierbestrahlungen mit einem gerichteten thermischen Neutronenstrahl bei der PTB Braunschweig wurden daher nicht nur das Karlsruher Albedodosimeter mit dem ausgeblendeten Detektor i_1 , sondern darüberhinaus eine auf der Rückseite unmittelbar am TLD-Detektor i_2 wenig geöffnete Flachkapselung verwendet. Diese beiden Kapselungen weisen Albedoneutronen aus einem Raumwinkel von etwa 90° bzw. 50° nach. Abb. 6/22 zeigt die Änderung der Albedodosimeteranzeige für einen Strahleneinfall unter 0° und 90° . Die Meßergebnisse wurden hierbei auf die jeweilige Anzeige bei Phantomkontakt bezogen. Beim Albedodetektor i_2 bleibt der maximale Abstandseinfluß bis zu einem Phantomabstand von 5 cm unter $\pm 30\%$. Albedodetektor i_1 zeigt hingegen eine ausgeprägte Abstandsabhängigkeit für thermische Neutronen.

6.4 Kernspurdetektoren

6.4.1 Ein Neutronenalbedodosimeter mit Kernspurdetektoren

G.M. Hassib, E. Piesch

Das neu entwickelte Albedodosimeter bietet die Möglichkeit, anstelle des Thermolumineszenzdosimeters einen entsprechenden Kernspurdetektor zu benutzen, wenn beispielsweise bei einem hohen Gammauntergrund u.U. noch kleine Neutronendosen zu messen sind. Die dosimetrischen Eigenschaften eines Kernspur-Albedodosimeters wurden mit der Dosimeterkapselung 1 (siehe Abschnitt 6.3.2, Abb. 6/16) näher untersucht [14].

Innerhalb der Dosimeterkapselung sind hierzu in beiden Meßpositionen a und m unmittelbar gegenüber dem Kernspurdetektor jeweils ein (n,α)-Konverter angeordnet. Der Nachweis der α-Teilchen in den zwei Feldern des Kernspurdetektors ermöglicht eine getrennte Messung von Albedoneutronen und thermischen Neutronen aus dem Streustrahlungsfeld. Zwischen den Meßpositionen a und m kann die Detektorfläche r zur Messung schneller Neutronen über Rückstoßkerne herangezogen werden. Während der Albedodetektor in Position m Neutronen über den gesamten Neutronenenergiebereich anzeigt, können die Detektoranzeigen in Dosimeterposition a zur Ermittlung thermischer Neutronen und in Detektorposition r für schnelle Neutronen oberhalb 1,5 MeV herangezogen werden.

Die innerhalb der Versuchsreihe verwendete Polykarbonat-Detektorfolie wird nach Vorätzung (30 min) und elektrochemischer Ätzung (2 h) bei 700 kV und 3 kHz in einem Mikrofiche-Lesegerät ausgezählt

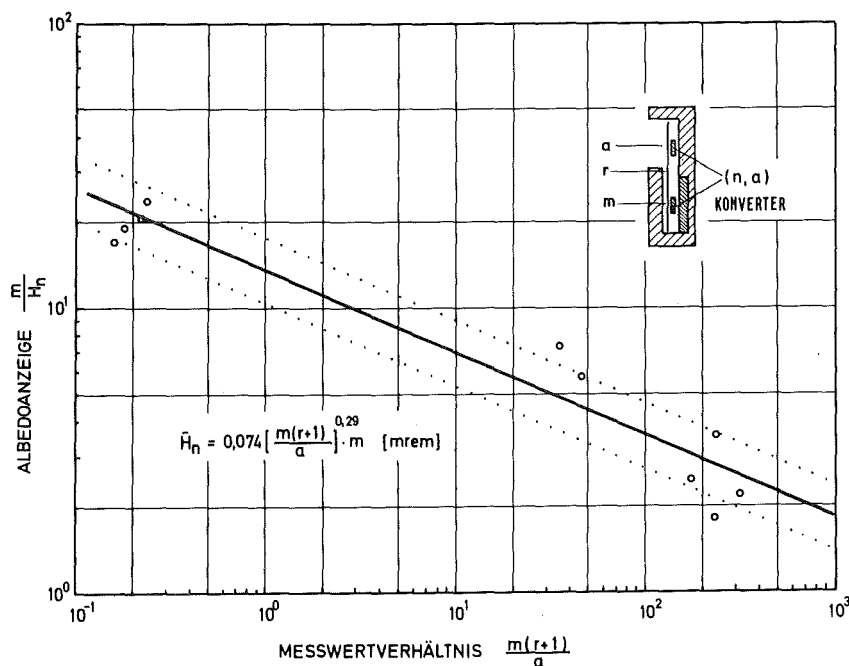


Abb. 6/23: Kalibrierkurve des Kernspur-Albedodosimeters im Neutronenstreustrahlungsfeld des Kompaktzyklotrons, DKFZ Heidelberg

Der Kernspurdetektor wurde im Neutronenstreustrahlungsfeld des Kompaktzyklotrons im DKFZ Heidelberg kalibriert. Hierbei wurde das Meßwertverhältnis $\frac{r+1}{a} \cdot m$ als Parameter für die Bestimmung des örtlichen Kalibrierfaktors zugrundegelegt. Abb. 6/23 zeigt das an verschiedenen Orten gemessene Ansprechvermögen des Albedodosimeters in Abhängigkeit von diesem Parameter. Die Messung der Neutronenäquivalentdosis erfolgte mit dem Einkugel-Albedodosimetersystem, dessen Anzeige als Referenzwert genommen wurde. Innerhalb der Personenüberwachung ist es damit möglich, mit Hilfe

des gemessenen Parameters und der zugrundegelegten Kalibrierkurve den jeweiligen Kalibrierfaktor zu ermitteln.

Die drei Meßwertanzeigen a, m, und r erlauben andererseits eine qualitative Aussage über das örtliche Neutronenspektrum. Dies verdeutlichen die in Tab. 6/6 wiedergegebenen Meßergebnisse. Mit größerem Abstand von der Strahlenquelle erhöht sich der relative Dosisanteil thermischer Neutronen. Die Rückstreuung der Neutronen an Abschirmungen sowie am Boden führt andererseits zu einer zunehmenden Moderierung des Neutronenspektrums und damit zu einer Reduzierung der mittleren Neutronenenergie mit größerem Abstand. Der Anteil schneller Neutronen oberhalb 1,5 MeV verringert sich mit zunehmendem Abstand von der Neutronenquelle.

ORT		REL. ÄQUIVALENTDOSISANTEIL IN %		
Nr.	Distanz ¹⁾ (m)	Thermisch ²⁾	Mittelschnell ³⁾	Schnell ⁴⁾
23	1,2	0,3	82,0	17,7
27	2,0	0,4	77,6	22,0
31	2,2	0,4	88,8	10,8
29	3,0	0,4	85,5	14,1
20	4,3	1,0	90,1	8,9
16	4,9	1,0	91,2	7,8
1	13,8	9,5	90,5	-
2	13,8	9,8	90,2	-
4	14,4	9,6	90,4	-
5	16,2	5,9	94,1	-

¹⁾ Abstand vom Phantom (Neutronenquelle)

$$^2) H_{th} = \frac{a}{1771} \text{ (mrem)}$$

$$^3) H_l = H_n - H_{th} - H_f \text{ (mrem)}$$

$$^4) H_f = \frac{r}{0,255} \text{ (mrem) mit } E > 1,5 \text{ MeV}$$

Tab. 6/6: Interpretation des Neutronenspektrums im Streustrahlungsfeld des Kompaktzyklotrons, DKFZ Heidelberg

6.4.2 Vergleich verschiedener Kernspurdetektoren zur Messung der Radonkonzentration

M. Urban, G.M. Hassib, E. Piesch

Zur langzeitigen Messung der mittleren Radonkonzentration wurde im vergangenen Jahr eine passive Radon-Diffusionskammer entwickelt [50,52] und für das BMI-Vorhaben "Radonmessung in Wohnhäusern" (siehe auch Abschnitt 6.6.3) als Spritzgußteil in größeren Serien hergestellt. Die mit einem Filter abgedeckte Kammer enthält einen Polykarbonat-Kernspurdetektor, welcher α -Teilchen von Radon und dessen Folgeprodukten registriert.

Innerhalb eines Meßvergleiches wurden die Eigenschaften verschiedener Kernspurdetektoren insbesondere von Makrofol, LR 115 und CR 39 untersucht [34]. Diese Detektoren werden nach Bestrahlung teils konventionell, teils elektrochemisch geätzt. Die hierbei angewandten Ätztechniken sowie die erzielten Kernspurdurchmesser sind in Tab 6/7 zusammengestellt. Die Untersuchung beschränkte sich auf die Bestimmung der Untergrund-Spurenzahl, des Radonansprechvermögens, der relativen α -Empfindlichkeit bezogen auf eine vorgegebene α -Energie von 3 MeV (LR 115) und 2 MeV (CR 39 und Makrofol), des mit der Ätzmethode und dem jeweiligen Detektor nachweisbaren α -Energiebereich sowie der kleinsten nachweisbaren Radonkonzentration (siehe Tab. 6/8).

Unterschiede in der Empfindlichkeit zwischen Makrofol und CR 39 werden durch die unterschiedlichen Kernspurdurchmesser wieder ausgeglichen, so daß sich für beide Detektoren eine vergleichbare untere Nachweisgrenze ergibt. Trotz der hohen Empfindlichkeit von CR 39 wird die untere Nachweis-

grenze durch die relativ hohe Schwankung der Untergrund-Spurenzahl bestimmt.

DETEKTOR-ART	ÄTZTECHNIK		SPUREN ϕ μm	GESICHTS- FELD cm^2	VER- GRÖßERUNG
	Konventional	Elektrochemisch			
LR 115	10 % NaOH 60 °C, 2 h	-	8	0,02	400x
CR 39	90 % 6N KOH 10 % C ₂ H ₅ OH 20 °C, 3 h	-	10	0,02	400x
CR 39	90 % 6N KOH + 20 °C, 30 min	10 % C ₂ H ₅ OH 20 °C, 3 h 600 V _{eff} , 5 kHz	50	0,5	40x
MAKROFOL	80 % 6N KOH + 20 °C, 1 h	20 % C ₂ H ₅ OH 20 °C, 3 h	120	1,0	20x

Tab. 6/7: Angewandte Ätztechnik

	DETEKTOR ART ¹⁾			
	LR 115 konv.	konv.	CR 39 EC	MAKROFOL EC
UNTERGRUND N ₀				
Spuren/cm ²	20	309	58,7	12,9
1 S ₀ -Wert	13,8	133	48,8	4,9
1 S ₀ -Wert (%)	69	43	83	38
RADONANSPRECHVERMÖGEN $\epsilon_{\text{Rn}}^3)$				
$\frac{\text{Spuren/cm}^2}{\text{pCi}\cdot\text{l}^{-1}\cdot\text{d}}$	1,4	7,4	1,66	0,6
1 S _r -Wert	0,15	1,8	1,66	0,6
1 S _r -Wert (%)	11	24	12,6	8
α -ANSPRECHVER- MÖGEN $\epsilon_{\text{max}}^2)$				
Spuren x 10 ⁻²	10,72	-	1,47	1,47
$\epsilon_{\text{Rn}}/\epsilon_{\text{max}}$	0,16	-	-	0,41
α -ENERGIEBEREICH E _{α} in MeV	1,5-3,8	0,1-10 ⁴)	0,5-3,4	0,5-2,8
UNTERE NACHWEISGRENZE ³⁾				
Spuren/Gesichtsfeld in cm ²	6/0,2	2/5·10 ⁻³	3/0,04	10 /1
pCi·l ⁻¹ ·d	20	50	47,1	17

- ¹⁾ Kernspurdetektoren, LR 115 und CR 39 konventionell geätzt, CR 39 und Makrofol vorgeätzt und elektrochemisch geätzt
- ²⁾ Relatives Ansprechvermögen für α -Energien von 3 MeV (LR 115) und 2 MeV (CR 39 und Makrofol)
- ³⁾ für Radon und Zerfallsprodukte in der Karlsruher Diffusionskammer und eine relative Standardabweichung von 50 %
- ⁴⁾ nach Benton et.al., Int. Conf. of Solid State Nuclear Track Detector, Lyon 1980

Tab. 6/8: Eigenschaften von Kernspurdetektoren für die Messung von Radon in der Karlsruher Diffusionskammer

Das relative Ansprechvermögen der Kernspurdetektoren wurde in Abhängigkeit von der α -Energie untersucht. Für diese Meßergebnisse wurden die Detektorfolien in unterschiedlichen Abständen von einer ^{241}Am -Quelle exponiert. Die Meßergebnisse zeigen für LR 115 einen relativ kleinen Energiebereich und eine untere Energieschwelle, die sich daraus ergibt, daß die dünn-schichtige rot gefärbte Zellulosenitratfolie durchgeätzt wird. Der nachweisbare α -Energiebereich beträgt bei Makrofol bis zu 2,8 MeV, bei CR 39 bis zu 3,5 MeV.

6.4.3 Relative Standardabweichung von Kernspurdetektoren

M. Urban, E. Piesch

Bei der Auszählung von Kernspurdetektoren wird allgemein der statistische Zählfehler als Meßunsicherheit angesehen. Unsere Untersuchungen [34] zeigten jedoch, daß bei der Bestimmung der relativen statistischen Meßunsicherheit vor allem Fehlereinflüsse zu berücksichtigen sind, die sich aus der Qualität der Detektorcharge, den Ätzbedingungen und der angewandten Ätzmethode ergeben. Dies sind im unteren Meßbereich die Streuung der Untergrund-Spurenzahl sowie bei hoher Kernspurendichte die Streuung des Ansprechvermögens bzw. der Meßwertanzeige innerhalb einer Charge.

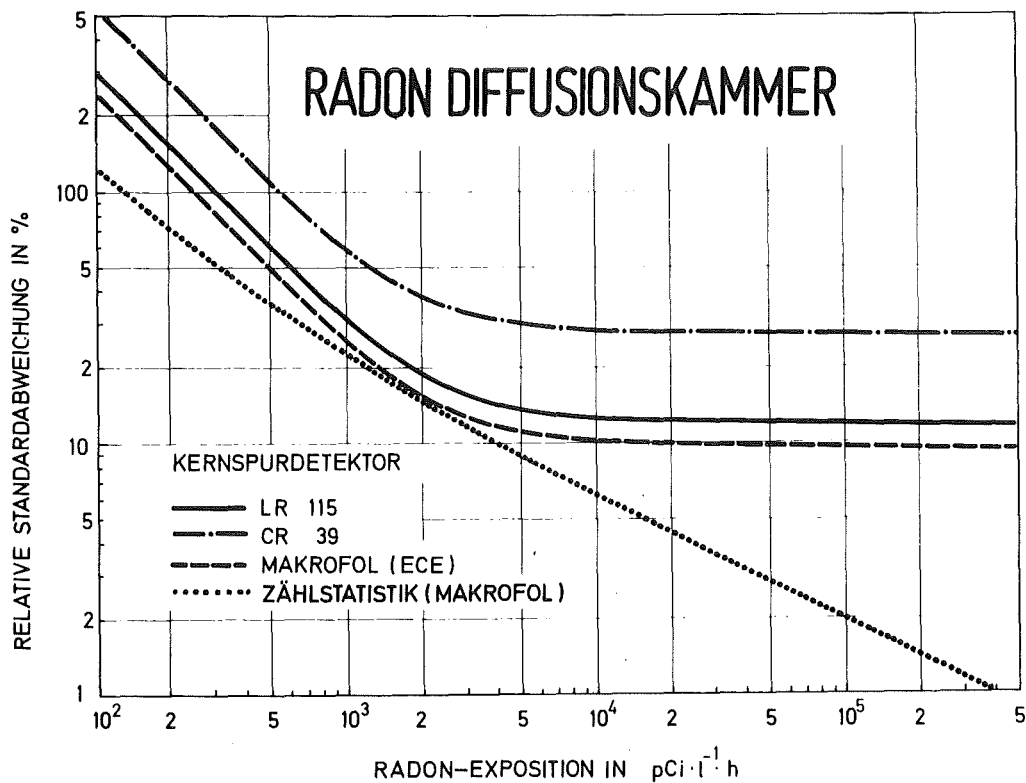


Abb. 6/24: Relative Standardabweichung verschiedener Kernspurdetektoren in Abhängigkeit von der Radonexposition im Vergleich zum statistischen Zählfehler

Die relative statistische Meßunsicherheit der Kernspurzählung ergibt sich danach zu

$$s(N) = \frac{100}{N} (N + N_0 + S_0^2 + s_i^2 \cdot N^2)^{1/2}$$

$N_0, N+N_0$

Anzahl der Kernspuren von unbestrahlten bzw. bestrahlten Kernspurdetektoren (statistischer Zählfehler)

s_0 Standardabweichung der Untergrund-Spurenzahl N_0 verursacht durch die Chargenqualität

s_1 Relative Standardabweichung verursacht durch die Streuung der Detektorempfindlichkeit sowie durch Einflüsse des Ätz- bzw. Auswerteverfahrens und der Kalibrierung

Die relative Standardabweichung läßt sich als Funktion der Kernspurenzahl bzw. bei Radon-Diffusionskammern als Funktion der Radonbestrahlung experimentell ermitteln, wenn von einer Detektorcharge beispielsweise jeweils 10 unbestrahlte und 10 ausreichend bestrahlte Kernspurdetektoren ausgezählt werden. Mit Hilfe der experimentell bestimmten relativen Standardabweichung und der obigen Gleichung kann die relative Standardabweichung als Funktion der Kernspurenzahl ermittelt werden. Hierzu wurde ein entsprechendes Rechenprogramm bereitgestellt.

Abb. 6/24 zeigt die relative Standardabweichung der Kernspurdetektoren, die innerhalb der Radon-Diffusionskammer in einer vorgegebenen Radonatmosphäre exponiert wurden. Die Ergebnisse verdeutlichen, daß der statistische Zählfehler \sqrt{N} durch andere Meßunsicherheiten überdeckt wird, die insbesondere von der Chargenqualität bestimmt werden. Die experimentell zu erwartende Meßunsicherheit einer Charge wird daher im allgemeinen größer sein als der statistische Zählfehler.

6.4.4 Automatische Auszählung von Kernspurdetektoren mit einem Zellkolonie-Auszählgerät

M. Urban

Innerhalb des Radonmeßprogrammes in Wohnhäusern wird z.Z. zur Auszählung von Kernspuren ein Mikrofiche-Lesegerät benutzt. Die Kernspuren von etwa 2 bis 6 mm Durchmesser können hierbei direkt am Bildschirm oder auf einer Fotokopie ausgezählt werden. Mit dieser einfachen Zähltechnik können pro Person und Tag etwa 100 Detektoren ausgezählt werden.

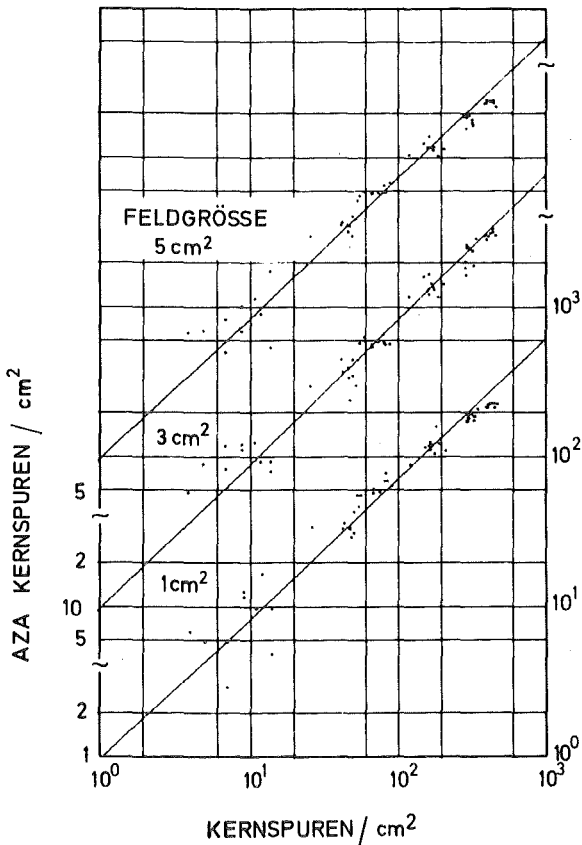


Abb. 6/25: Vergleich von gezählten und automatisch gemessenen Kernspuren in elektrochemisch geätzten Makrofolien (AZA, automatisches Zellkolonie-Auszählgerät)

Zur automatischen Auswertung von Kernspuren wurde probeweise ein Zellkolonien-Auszählgerät eingesetzt. Abb. 6/25 zeigt den Unterschied zwischen einer Kernspurauszählung mit dem Microfiche-Lesegerät und dem Zellkolonie-Auszählgerät. Die Auszählung der Kernspuren bezog sich beim automatischen Zellkolonie-Auszählgerät (AZA) jeweils auf eine Detektorfläche von 1 cm², 3 cm² und 5 cm². Bei geringen Spurendichten ist die Meßunsicherheit bei automatischer Auszählung relativ groß (Faktor 2). Erst oberhalb 100 Spuren/cm² können befriedigende Meßergebnisse erwartet werden. Bei der Auszählung im Zellkolonie-Auszählgerät fällt erschwerend ins Gewicht, daß die in der Transparenz unterschiedlichen Makrofoldetektoren einer Charge während der Auszählung im Wasser liegen müssen.

6.4.5 Kalibrierungen des passiven Radondosimeters

M. Urban

In den Jahren 1980/81 wurden zwei Kalibrierungen des passiven Radondosimeters außerhalb des Kernforschungszentrum beim Bundesgesundheitsamt (BGA) in Neuherberg und beim US Department of Energy, Environmental Measurements Laboratory (EML) in New York durchgeführt. Bei der Kalibrierung beim BGA wurden jeweils 2 Dosimeter, bei EML 10 Dosimeter gleichzeitig bestrahlt. Die Radonexpositionen wurden entsprechend der in Wohnhäusern nach 3 Monaten zu erwartenden mittleren Radonkonzentration von 0,4 pCi/l bis 40 pCi/l (15-1500 Bqm⁻³) ausgewählt. Die mit Hilfe des fehlergewichteten Least-Squares-Verfahrens ermittelten Ansprechwahrscheinlichkeiten von 0,0249 Spuren/cm² pro pCi/l⁻¹ h \pm 4,6 % (BGA) und 0,0251 pCi/l⁻¹ h \pm 5,8 % (6,73 · 10⁻³ bzw. 6,78 · 10⁻³ Spuren/cm² pro Bqm³ · h) stimmen recht gut überein (Abb. 6/26 und 6/27).

Da beide Detektorfolien aus Chargen mit unterschiedlicher Untergrundspurendichte stammten, unterscheiden sich die beiden ermittelten Nachweisgrenzen. Als Nachweisgrenze wird die 3- σ -Standardabweichung der Untergrundspurendichte angegeben. Weitere internationale Vergleichskalibrierungen sind für 1982 geplant.

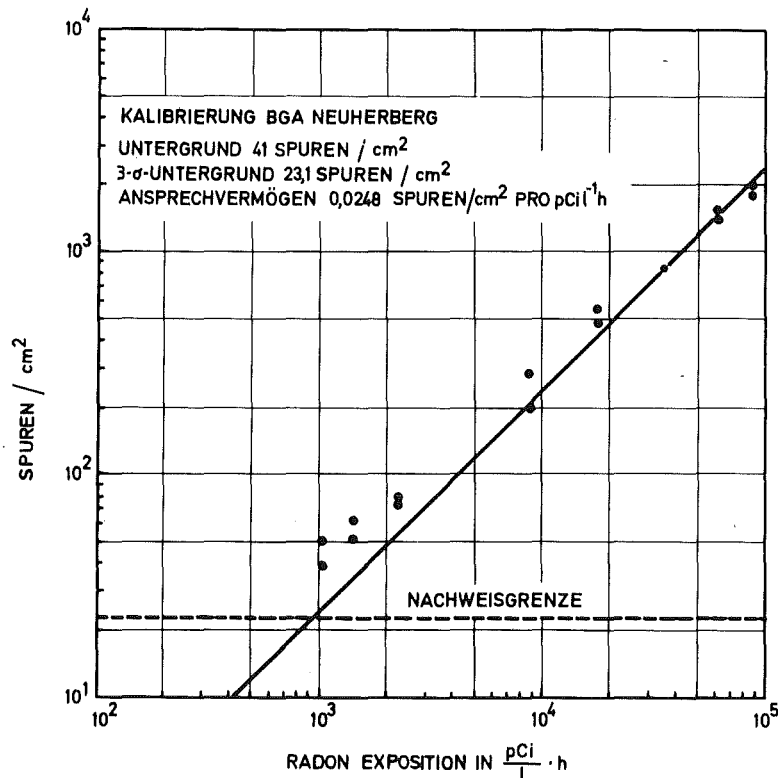


Abb. 6/26: Kalibrierung des passiven Karlsruher Radondosimeters mit Makrofol als α -Kernspurdetektor, Bestrahlung BGA Neuherberg

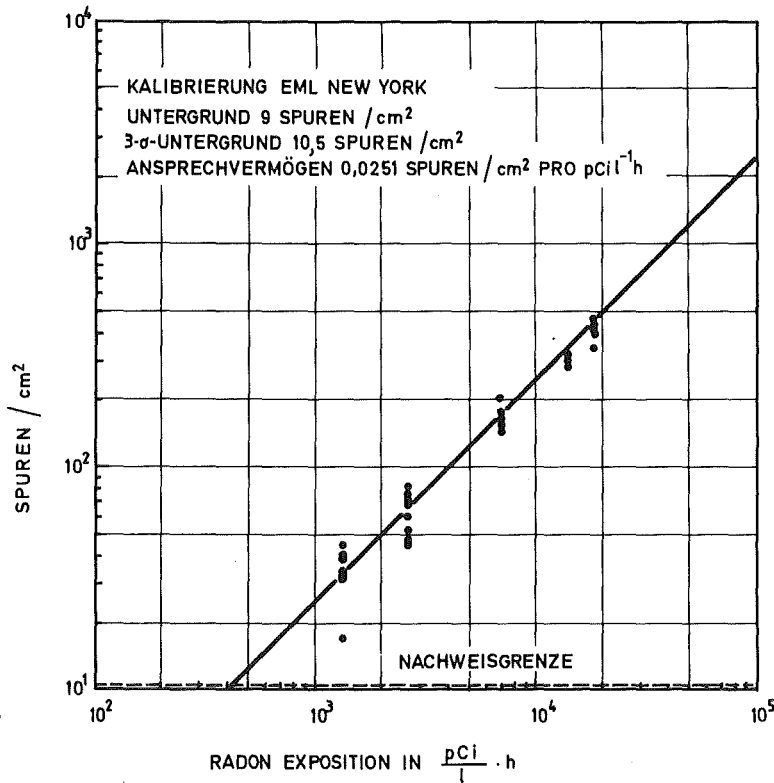


Abb. 6/27: Kalibrierung des passiven Karlsruher Radondosimeters mit Makrofol als α -Kernspurdetektor, Bestrahlung EML New York

6.5 Inkorporationsmessung

6.5.1 Routine- und Sondermessungen

T. Bitz, H. Doerfel

Alle Mitarbeiter von KfK, KBG, GWK und TU, die mit offenen radioaktiven Substanzen umgehen, werden routinemäßig auf inkorporierte Radionuklide untersucht. Die Überwachungsfrequenz variiert je nach Umgangsrisiko zwischen einer und vier Messungen pro Jahr. Beim Umgang mit sehr kurzlebigen Substanzen (wie z.B. ^{131}J) wird die Routineüberwachung durch zusätzliche Messungen unmittelbar nach der Handhabung ergänzt. Außerdem werden bei jeder Kontamination von Personen unverzüglich Sondermessungen zum Ausschluß einer Inkorporation durchgeführt. Auch bei Kontamination des Arbeitsplatzes oder der Raumluft werden Sondermessungen durchgeführt, sofern eine Inkorporation nicht auf anderen Wegen ausgeschlossen werden kann.

Die Inkorporationsmessungen werden je nach Art der nachzuweisenden Radionuklide im Ganzkörperzähler (Spalt- und Aktivierungsprodukte) oder im Lungenzähler (Aktinide) durchgeführt. Die Nachweisgrenze des Ganzkörperzählers (Meßzeit 5 min) liegt etwa drei bis vier Größenordnungen unter den Grenzwerten der Jahresaktivitätszufuhr bzw. den höchstzulässigen Körperaktivitäten. Beim Lungenzähler (Meßzeit 50 min) liegt die Nachweisgrenze je nach Nuklid zwischen etwa 1 % (Uranisotope) und etwa 50 % (Plutoniumisotope) der zulässigen Grenzwerte.

ARBEITSGEBIET	ANZAHL DER MESSUNGEN		ANZAHL DER MESSUNGEN MIT POSITIVEM BEFUND	
	GZ	LZ	GZ	LZ
Dekontamination und Abfallbehandlung	846	66	24	-
Strahlenschutz (Kontrollbereich)	63	4	-	-
Zyklotron	16	-	1	-
Reaktorbetrieb	242	-	2	-
Chemische Institute	385	-	3	-
Physikal. Institute	595	-	10	-
MZFR, KNK, WAK	1102	-	70	-
sonstige	98	47	3	-
Gesamt	3347	117	113	-

Tab. 6/9: Routinemessungen im Ganzkörperzähler (GZ) und im Lungenzähler (LZ)

ARBEITSGEBIET	ANZAHL DER MESSUNGEN		ANZAHL DER MESSUNGEN MIT POSITIVEM BEFUND	
	GZ	LZ	GZ	LZ
Dekontamination und Abfallbehandlung	23	12	3	-
Strahlenschutz (Kontrollbereich)	2	-	-	-
Zyklotron	-	-	-	-
Reaktorbetrieb	2	1	-	-
Chemische Institute	1	-	1	-
Physikal. Institute	6	-	2	-
MZFR, KNK, WAK	-	-	-	-
sonstige	5	4	-	-
Gesamt	39	17	6	-

Tab. 6/10: Sondermessungen im Ganzkörperzähler (GZ) und im Lungenzähler (LZ)

Die Tabellen 6/9 und 6/10 vermitteln einen Überblick über alle im Jahr 1981 durchgeführten Routine- und Sondermessungen. Im Ganzkörperzähler wurden bei etwa 3,4 % der Routinemessungen und bei etwa 15 % der Sondermessungen Inkorporationen von einem oder mehreren Radionukliden festgestellt. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle handelte es sich um Inkorporationen von ^{60}Co (siehe Tab. 6/11). Da der Inkorporationszeitpunkt im allgemeinen nicht bekannt ist, wird zur Abschätzung der Körperdosis eine zeitlich konstante Dauerbelastung angenommen. Durch diese Annahme kann die Körperdosis im Einzelfall - je nachdem, ob die Inkorporation unmittelbar nach oder unmittelbar vor einer Routinemessung stattfand - erheblich unter- bzw. überschätzt werden. Bei einer großen Personengruppe und einer hinreichend hohen Überwachungsfrequenz liefert diese Annahme im statistischen Mittel jedoch sehr realistische Ergebnisse. Die auf diese Weise ermittelten Körperbelastungen sind in Tab. 6/11 für die einzelnen Nuklide in Prozenten der maximal zulässigen Grenzwerte aufgelistet.

NUKLID	ANZAHL DER INKORPORATIONEN				
	PROZENT DER MAXIMAL ZULÄSSIGEN KÖRPERBELASTUNG				
	0 - 0,1	0,1 - 0,99	1 - 9,9	10 - 100	100 - 200
⁶⁰ Co	59	30	1	-	-
¹³⁷ Cs	13	3	-	-	-
¹³¹ I	3	4	-	-	1*)
⁵⁸ Co	3	-	-	-	-
⁹⁹ Tc	1	-	-	-	-
¹²⁴ I	-	-	-	-	1*)
Gesamt	79	37	1	-	2*)

*) Nuklearmedizinischer Test

Tab. 6/11: Übersicht über die bei Routine- und Sondermessungen im Ganzkörperzähler nachgewiesenen Radionuklide in Prozenten der maximal zulässigen Körperbelastung (MPBB nach ICRP)

Abgesehen von zwei durch nuklearmedizinische Tests bedingte Jod-Schilddrüsendepots in Höhe von 190 nCi (7,03 kBq) ¹³¹I bzw. 200 nCi (7,4 kBq) ¹²⁴I und einem ⁶⁰Co-Lungendepot in Höhe von 44 nCi (1,63 kBq) liegt die Körperbelastung in allen Fällen unter 1 % der zulässigen Grenzwerte.

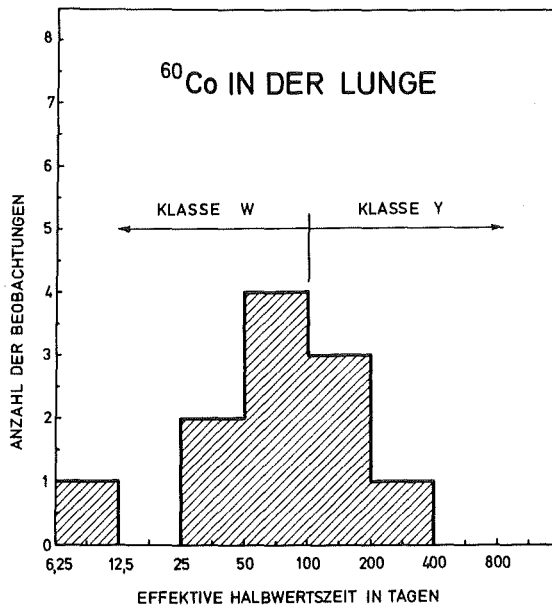


Abb. 6/28: Häufigkeitsverteilung der effektiven Halbwertszeit von ⁶⁰Co in der Lunge

Bei insgesamt 11 Probanden konnte der Abbau eines ⁶⁰Co-Lungendepots durch Verlaufsmessungen verfolgt werden. Die dabei ermittelten effektiven Halbwertszeiten sind in Abb. 6/28 als Häufigkeitsverteilung dargestellt. Nach dieser Verteilung sind die inkorporierten Kobaltverbindungen jeweils etwa zur Hälfte den von der ICRP definierten Löslichkeitsklassen W (effektive Halbwertszeit 10 - 100 Tage) und Y (effektive Halbwertszeit größer als 100 Tage) zuzurechnen. Dies entspricht recht gut der von der ICRP (Publikation 30) empfohlenen Klassifizierung, wonach die

Oxide, Hydroxide, Halogenide und Nitrate von Kobalt der Klasse Y und alle übrigen Verbindungen der Klasse W zuzuordnen sind.

6.5.2 ^{137}Cs -Erhebungsmessungen

H. Doerfel

Seit 1961 wird an einer Referenzgruppe aus etwa 10 Mitarbeitern der Hauptabteilung Sicherheit in monatlichen Ganzkörperzähler-Messungen die mittlere Körperaktivität von ^{137}Cs aus dem radioaktiven Fallout bestimmt. Bedingt durch den Umbau des Ganzkörperzählers (siehe Abschnitt 6.5.3) mußten diese Referenzmessungen von Juli bis September unterbrochen werden, so daß für das dritte Quartal keine Ergebnisse vorliegen. Für die übrigen Quartale ergaben sich im Mittel die folgenden spezifischen ^{137}Cs -Körperaktivitäten:

- 1. Quartal: 9,5 pCi (0,35 Bq) pro kg Körpergewicht
- 2. Quartal: 10,7 pCi (0,40 Bq) pro kg Körpergewicht
- 4. Quartal: 10,8 pCi (0,40 Bq) pro kg Körpergewicht

Nachdem im Vorjahr ein quantitativer Zusammenhang zwischen der ^{137}Cs -Körperaktivität in der Referenzgruppe und den Kernwaffentests in der Atmosphäre hergestellt werden konnte, wurde in diesem Jahr der Transfer von ^{137}Cs einer näheren Betrachtung unterzogen. Diese Betrachtung basierte auf Fallout-Daten des deutschen Wetterdienstes (Offenbach), die unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Niederschlagsmengen auf die Karlsruher Region umgerechnet wurden.

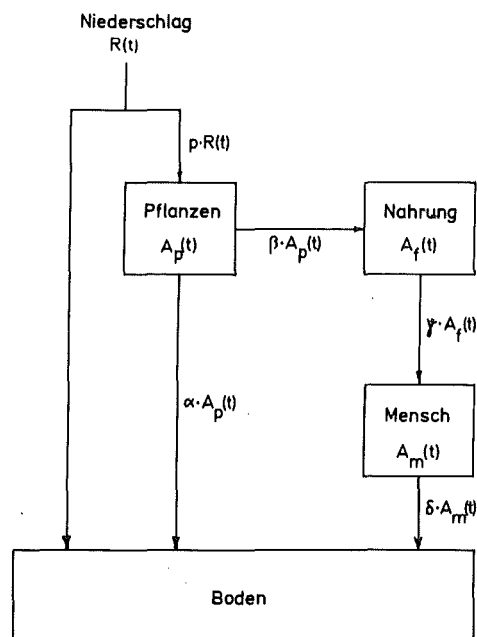


Abb. 6/29: Modell zur Beschreibung des ^{137}Cs -Transfer vom radioaktiven Fallout zum Menschen

Es wurde angenommen, daß sich der Fallout in der in Abb. 6/29 skizzierten Weise auf insgesamt 4 Kompartimente (Boden, Pflanzen, Nahrung, Mensch) verteilt. Nach Lösung des aus diesem Modell resultierenden Differential-Gleichungssystems konnte ein allgemeiner funktionaler Zusammenhang zwischen der Fallout-Aktivität $R(t)$ und der Körperaktivität $A_m(t)$ hergestellt werden. Auf der Basis dieses Zusammenhangs wurde ein iteratives Rechenverfahren zur Bestimmung der verschiedenen Modellparameter aus den Monatsmittelwerten von $R(t)$ und $A_m(t)$ entwickelt. Die Übergangswahrscheinlichkeit δ wurde dabei unmittelbar aus der effektiven Halbwertszeit von ^{137}Cs im

Körper (3,5 Monate) berechnet. Für die übrigen Modellparameter ergaben sich Werte von $\alpha = 1,76/\text{Jahr}$, $\gamma = 7,8/\text{Jahr}$ und $p \cdot \beta = 0,00674/\text{Jahr}$ (die Werte von p und β können in diesem Modell nicht unabhängig voneinander bestimmt werden). Die Werte können folgendermaßen interpretiert werden:

- Die auf den Pflanzen abgelagerte Fallout-Aktivität nimmt im Mittel mit einer effektiven Halbwertszeit von $\ln 2/\alpha = 4,7$ Monate ab. Dieser Wert bezieht sich auf eine einmalige Ablagerung und umfaßt die gesamte Aktivitätsabnahme durch Abwaschprozesse sowie durch Absterben bzw. Beseitigung der Pflanzen.
- Über die Pflanzen gelangt 0,38 % der gesamten Fallout-Aktivität direkt (Pflanzenprodukte) und indirekt (Tierprodukte) in die Nahrungskette ($p \cdot \beta/\alpha = 0,0038$).
- Die für den ^{137}Cs -Transfer zum Menschen relevanten Nahrungsmittel (Milch- und Fleischprodukte) werden mit einer "effektiven Halbwertszeit" von $\ln 2/\gamma = 1,1$ Monate verbraucht.

Demnach liefert das Modell trotz der pauschalen Betrachtungsweise insgesamt sehr realistische Ergebnisse. Die nach dem Modell aus den Fallout-Daten berechneten ^{137}Cs -Körperaktivitäten stimmen innerhalb einer mittleren Schwankungsbreite von etwa 15 % mit den gemessenen Werten überein. Im Rahmen dieser Genauigkeit ist folglich - zumindest für den Karlsruher Raum - eine Abschätzung der Körperaktivität aus den Fallout-Daten möglich. Außerdem gestattet das Modell im Rahmen dieser Genauigkeit auch die Bestimmung der durch den ^{137}Cs -Fallout insgesamt verursachten internen Körperdosis (0,537 mrem pro mCi/qkm bzw. 0,145 μSv pro MBq/qkm). So wird z.B. durch den ^{137}Cs -Fallout von 1980 eine interne Körperdosis von 0,08 mrem (0,8 μSv) hervorgerufen, für 1981 liegen noch keine Fallout-Daten vor, so daß eine Verifizierung des Modells anhand der in diesem Jahr ermittelten ^{137}Cs -Körperdosen noch nicht möglich ist.

6.5.3 Aufbau und erste Tests des neuen Ganzkörperzählers

H. Doerfel

Nach Auslaufen des Vertrages zwischen KfK und dem Land Baden-Württemberg (vertreten durch die LfU) über die gemeinsame Nutzung des bei KfK installierten Ganzkörperzählers bestand die LfU auf einer Übernahme sämtlicher dem Land Baden-Württemberg gehörenden Komponenten der Meßanlage. So mußten die Detektoren mit der gesamten Fahrmechanik demontiert und zusammen mit dem Vielkanalanalysator und einigen anderen Komponenten des Datensystems an die LfU übergeben werden. Aus diesem Grund mußte der Ganzkörperzähler von HS praktisch komplett neu eingerichtet werden.

So wurde Mitte 1980 eine Neuausstattung des Ganzkörperzählers ausgeschrieben, die sich in der Konzeption weitgehend an der alten bewährten Anlage orientierte (je zwei große NaJ(Tl)-Szintillationsdetektoren an einer Fahrmechanik oberhalb und unterhalb einer Untersuchungs-liege). Die Detektoren sollten bei einer Größe von 8" x 4" ein Energieauflösungsvermögen von 8 % bei 662 keV haben. Die Fahrmechanik sollte aus je zwei Boden- und Deckenschienen mit motorisch verstellbaren Längsschlitten bestehen, an denen die Detektoren mit manuell verstellbaren Teleskoparmen befestigt sind. Die Befestigung sollte so ausgelegt sein, daß die Detektoren um zwei zueinander senkrechte Achsen drehbar sind. Auf diese Weise sollten neben den normalen Ganzkörpermessungen in fester Geometrie auch sogenannte Scanning-Messungen ermöglicht werden, bei denen die Detektoren zur genaueren Nuklidlokalisierung längs des Körpers bewegt werden. Für diese Scanning-Messungen sollte eine Camac-Steuerung sowie die entsprechende Software bereitgestellt werden.

Die Mitte 1981 nach einigen Verzögerungen installierte Anlage entspricht diesen Spezifikationen in allen Punkten. Sie hat darüberhinaus für jeden Detektor eine motorische Höhenverstellung, so daß insgesamt 8 Schrittmotoren vorhanden sind. Die 4 Vertikalmotoren werden über eine Schalt-

box in der Meßzelle betätigt, die 4 Horizontalmotoren wahlweise über die Schaltbox oder über den Computer. Allerdings funktioniert die Steuerung der Motoren noch nicht ganz einwandfrei, so daß die Anlage bis zum Jahresende noch nicht abgenommen werden konnte. Vorerst kann mit dem neuen Ganzkörperzähler nur in fester Geometrie gemessen werden.

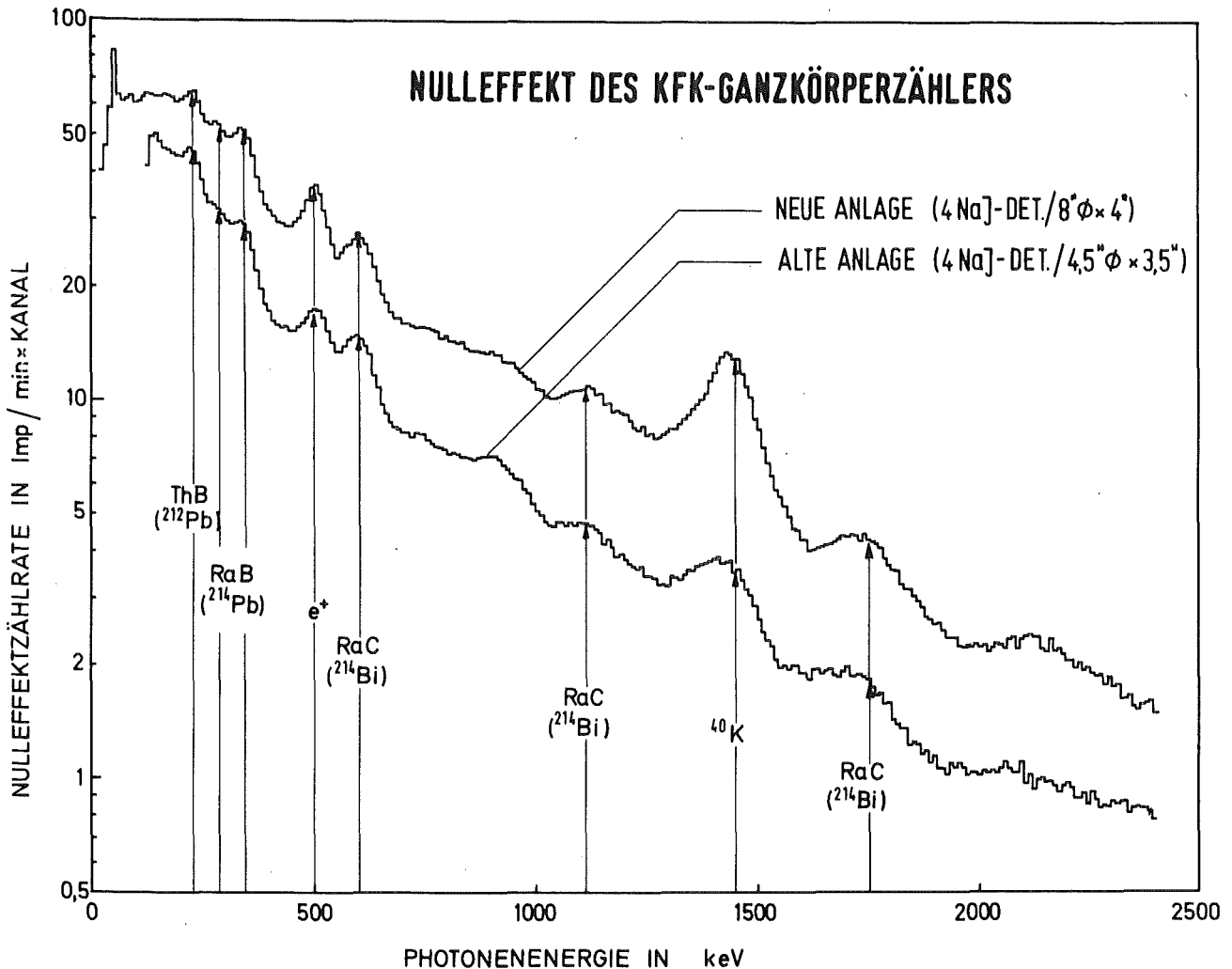


Abb. 6/30: Nulleffektspektren des alten und neuen Karlsruher Ganzkörperzählers (Meßzeit jeweils 5000 min)

In ersten Testmessungen wurde der Nulleffekt des neuen Ganzkörperzählers bestimmt und mit dem Nulleffekt der alten Anlage verglichen (siehe Abb. 6/30). Mit der alten Anlage konnte - bedingt durch die Stahlmantelung der Detektoren - nur der Energiebereich oberhalb von 100 keV erfaßt werden. Bei den Detektoren der neuen Anlage sind die Strahleneintrittsfenster aus Aluminium, so daß der erfassbare Energiebereich nach unten bis auf etwa 50 keV ausgedehnt wird (siehe Abb. 6/30). Im Energiebereich von 100 keV bis 2 MeV ist der integrale Nulleffekt der neuen Anlage mit 3850 Imp/min nur etwa um den Faktor 2,2 höher als der Nulleffekt der alten Anlage. Dies ist ein sehr überraschendes Ergebnis, da bei der neuen Anlage die Detektorfenster um den Faktor 3,2 und die Detektorvolumina sogar um den Faktor 3,6 größer sind. Vermutlich ist der relativ niedrige Nulleffekt der neuen Anlage auf die leichtere Bauweise und die günstigere Massenverteilung der Fahrmechanik zurückzuführen.

Das Verhältnis der K-40-Peaks in den Nulleffektspektren (Abb. 6/30) entspricht etwa dem Verhältnis der Detektorvolumina, d.h. die Detektoren der neuen Anlage sind hinsichtlich der Kaliumarmut mit denen der alten Anlage vergleichbar. Auch hinsichtlich der Aktivitätsarmut der Fahrmechanik erfüllt die neue Anlage alle Anforderungen. So finden sich im Nulleffektspektrum weder Hinweise auf ^{60}Co noch ist eine Erhöhung der natürlichen Radioaktivität feststellbar.

6.5.4 Ausbau des Plutonium-Lungenzählers

H. Doerfel

Nachdem umfangreiche Vergleichsmessungen gezeigt haben, daß Phoswichdetektoren zur In-vivo-Messung von Plutonium besser geeignet sind als Großflächenproportionalzähler, wurde für den Plutonium-Lungenzähler ein zweiter Phoswichdetektor angeschafft. Aus Symmetriegründen ist der neue Detektor baugleich mit dem im Jahr 1976 angeschafften alten Detektor (Harshaw, Type 32 MBSH, 1 mm NaJ(Tl) + 50 mm CsJ(Tl) mit je 8" Durchmesser). Aufgrund der Erfahrungen mit dem alten Detektor wurde großer Wert darauf gelegt, daß das Berylliumfenster des neuen Detektors keine Uranverunreinigungen enthält. Da Harshaw über kein hinreichend reines Beryllium verfügt, wurde gegen entsprechende Verrechnung eine hochreine Berylliumplatte aus den Beständen von HS eingebaut.

Die beiden Detektoren wurden mit einer neuen Spezialhalterung an der Fahrmechanik des Lungenzählers befestigt. Mit dieser Spezialhalterung können die Detektoren symmetrisch über dem Thorax des Probanden angeordnet werden, wobei die Detektorneigung mit Hilfe von zwei Stellschrauben der jeweiligen Wölbung des Thorax optimal angepaßt werden kann. Die Stellschrauben sowie die Drehgelenke am Teleskoparm der Fahrmechanik sind mit Skalen versehen, so daß eine Reproduzierung der Meßposition jederzeit möglich ist.

Die Detektoren werden mit je zwei Impulsformdiskriminierungsstufen betrieben. In der ersten Stufe werden die reinen Absorptionereignisse im NaJ(Tl)-Kristall ausgesondert und in der zweiten Stufe die reinen Absorptionereignisse im CsJ(Tl)-Kristall. Auf diese Weise erhält man von jedem Detektor zwei sich überlappende Spektren für die niederenergetische Strahlung (ca. 5 bis 250 keV) und die höherenergetische Strahlung (ca. 60 bis 2500 keV). Die Abb. 6/31 zeigt die auf diese Weise erhaltenen Nulleffektspektren, die im linken Teil der Abbildung dargestellten Spektren des NaJ(Tl)-Kristalls zeigen, daß der neue Detektor (II) in einigen wichtigen Punkten dem alten Detektor (I) überlegen ist:

- Höheres Energieauflösungsvermögen

So zeichnen sich im Spektrum des neuen Detektors (II) außer dem Photopeak der Pb-K-Strahlung (aus dem Blei der Abschirmung) recht deutlich zwei weitere Peaks ab, die der K-Strahlung von Jod, Cäsium und Barium (aus dem CsJ(Tl)-Kristall) sowie der Gammastrahlung von ^{210}Pb zugeschrieben werden können.

- Bessere Diskriminierung des Compton-Kontinuums

Das Compton-Kontinuum des neuen Detektors ist (bei nahezu gleichen Photopeakflächen) etwa 30 % niedriger als das Compton-Kontinuum des alten Detektors.

- Niedrigeres Multiplerrauschen

Das Rauschkontinuum des Photomultipliers (das den erfassbaren Energiebereich nach unten hin begrenzt) ist beim neuen Detektor etwa eine Größenordnung niedriger. Bedingt dadurch wird unter anderem auch der Pb-L-Strahlungspeak deutlich sichtbar.

Jeder dieser drei Punkte bewirkt eine geringfügige - vorerst allerdings noch nicht quantifizierbare - Reduzierung der Nachweisgrenze für Plutonium in der Lunge. Außerdem macht insbesondere der letzte Punkt deutlich, daß die Nachweisgrenze durch Abschirmung der charakteristischen Röntgenstrahlung aus der Bleiwand sicher noch weiter gesenkt werden könnte.

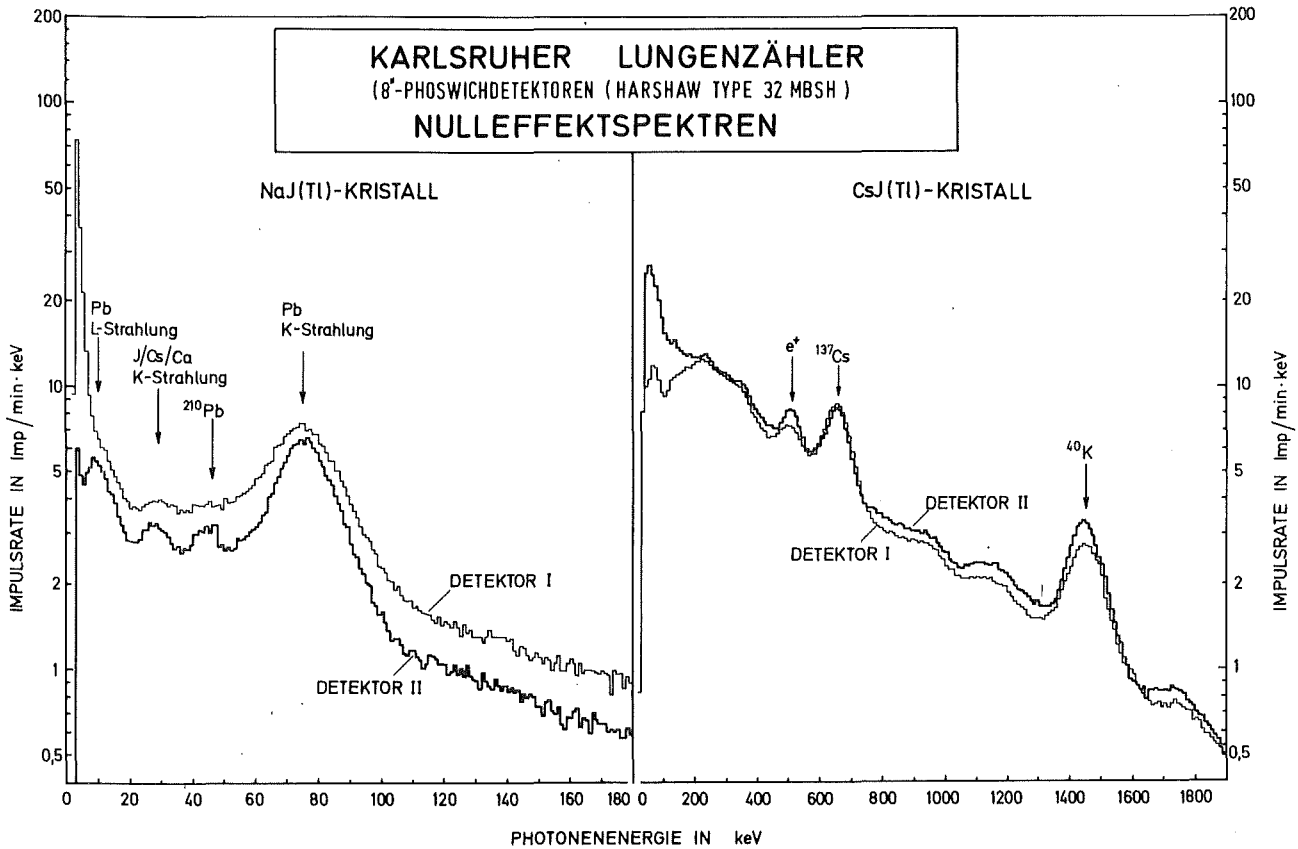


Abb. 6/31: Nulleffektspektren des Karlsruher Lungenzählers (zwei Phoswichdetektoren mit zwei-stufiger Impulsformdiskriminierung zur Separierung der Spektren des NaJ(Tl)- und des CsJ(Tl)-Kristalls)

Die im rechten Teil von Abb. 6/31 dargestellten Spektren des CsJ(Tl)-Kristalls sind oberhalb von 200 keV nahezu identisch. Die Diskrepanzen im unteren Energiebereich sind auf unterschiedliche Pulse-Shaping-Einflüsse zurückzuführen. Beide Spektren zeigen übereinstimmend einen deutlich ausgeprägten Peak bei 662 keV, der auf Spuren von ^{137}Cs in den CsJ(Tl)-Kristallen zurückzuführen ist. Nimmt man an, daß das ^{137}Cs homogen in den Kristallen verteilt ist, so erhält man nach entsprechender Abschätzung des Wirkungsgrades Aktivitäten von etwa 35 pCi im alten Detektor und etwa 26 pCi im neuen Detektor. Dies entspricht im Mittel einer Konzentration von etwa einem ^{137}Cs -Atom auf 10^{16} stabile ^{133}Cs -Atome. Die Werte sprechen dafür, daß das ^{137}Cs aus dem radioaktiven Fallout stammt. Der neue Detektor (Baujahr 1980) hat etwa 75 % der Aktivität des alten Detektors (Baujahr ca. 1975), was in recht guter Näherung der abnehmenden Tendenz des ^{137}Cs -Fallout in den Jahren zwischen 1974 und 1979 entspricht.

6.5.5 Vervollständigung des neuen Datensystems

H. Doerfel

Der Aufbau des neuen Datensystems für den Bereich Inkorporationsmessung konnte in diesem Jahr weitgehend abgeschlossen werden. Kernstück des neuen Systems ist ein Vielkanalanalysator (Cannberra Series 80) mit 4 Analog-Digital-Wandlern (ADC), von denen 3 als Mixer/Router (MR) mit jeweils 4 Eingängen betrieben werden (siehe Abb. 6/32). Mit dieser Zentraleinheit können die Spektren sämtlicher Detektoren des Ganzkörperzählers und der 3 Lungenzähler (jeweils 256 Kanäle) sowie des für Spezialmessungen vorgesehenen Ge(Li)-Detektors (2048 Kanäle) simultan aufgenommen werden. Zur Auswertung und Speicherung der Spektren steht ein Rechner mit 64 kByte-Memory (DEC PDP 11/04) sowie ein Plattenspeicher mit 2 Laufwerken zu je 5 MByte (DEC RL 01) zur Verfügung.

Als Ein- und Ausgabeeinheiten dienen ein Video-Terminal, (DEC VT 100), ein Fernschreiber (DEC LA 36) und ein Vierfarbenplotter (HP 7221 A).

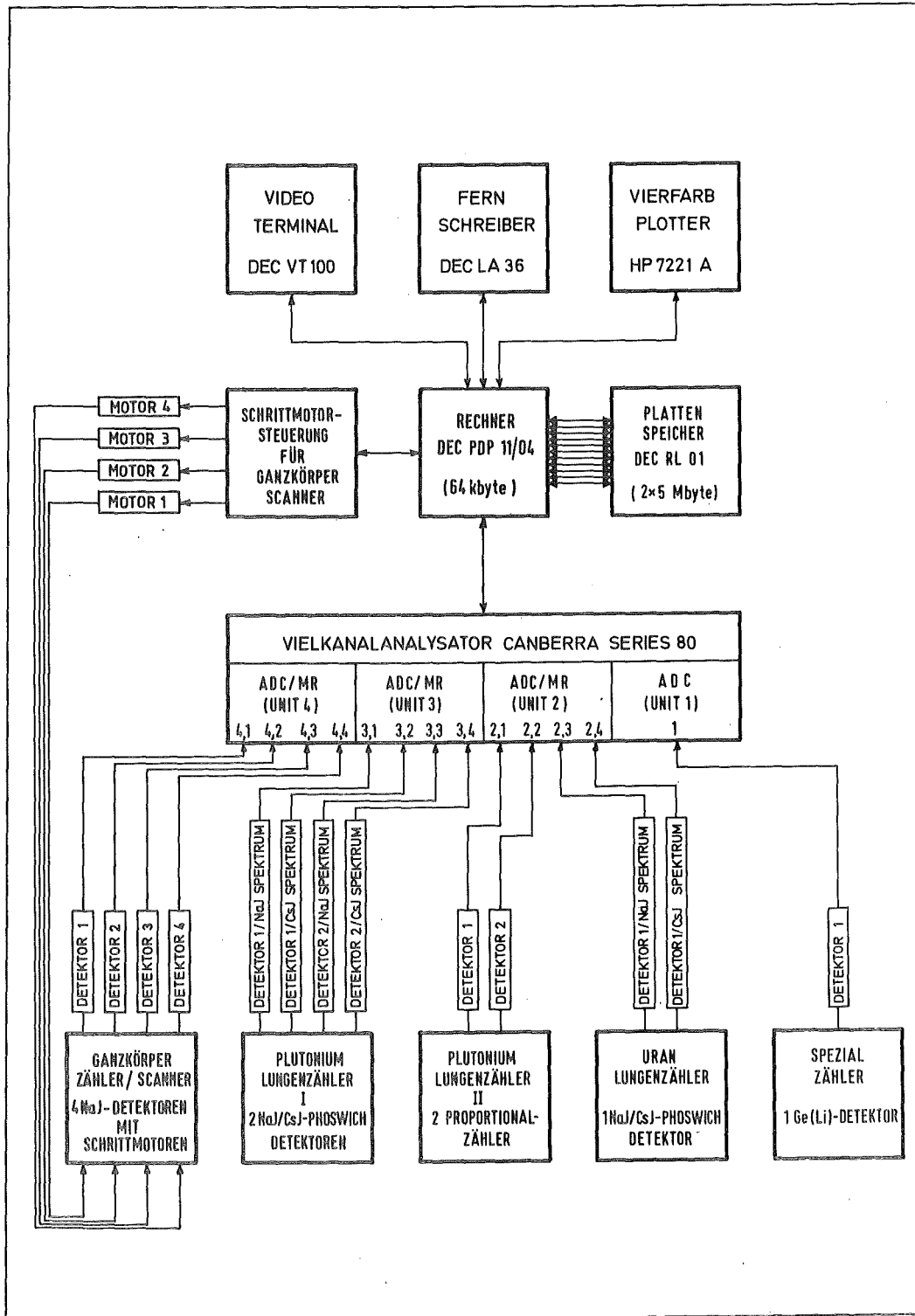


Abb. 6/32: Blockschaltbild des neuen Datensystems für den Bereich Inkorporationsmessung

Vom Rechner aus können sämtliche Funktionen des Vielkanalanalysators aufgerufen werden, so daß ein rechnergesteuerter Betrieb des Ganzkörperzählers und der verschiedenen Spezialzähler möglich ist. Außerdem können vom Rechner aus auch die Schrittmotoren an der Fahrmechanik des Ganzkörperzählers

gesteuert werden, so daß außer in fester Geometrie auch im Scan-Verfahren gemessen werden kann. Für den Scan-Meßbetrieb ist eine spezielle Software bereitgestellt worden, die bei frei wählbarer Schrittweite die Aufnahme von verschiedenen Zählratenprofilen längs der Körperachse ermöglicht. Es können dabei an jedem Meßpunkt entweder die gesamten Spektren oder die Impulsraten in bis zu 8 frei wählbaren Spektralbereichen (Multi-Isotope-Scaling) aufgenommen werden. Die beim Multi-Isotope-Scaling resultierenden Zählratenprofile können am Bildschirm des Vielkanalanalysators sichtbar gemacht werden. Die Rechenverfahren zur Transformierung der Impulsratenprofile in die entsprechenden Aktivitätsprofile befinden sich zur Zeit noch im Entwicklungsstadium.

Zur Registrierung der Inkorporationsmeßergebnisse wurde eine Datei auf Magnetplatte angelegt, in der außer den bisher auf Karteikarten registrierten Daten (Name, Geburtsdatum, Meßbefunde) auch andere für Inkorporationsmessungen relevante Daten (Körpergewicht, Körpergröße, Brustumfang, Brustwandstärke) festgehalten werden können. Außerdem wurde eine zweite Datei zur Dokumentation der Meßbefunde anhand der Spektren bzw. Aktivitätsprofile angelegt. Mit Hilfe von speziellen Suchroutinen können die Daten über das Geburtsdatum (Suchzeit weniger als 1 s) oder über den Namen der betreffenden Person (Suchzeit etwa 3 min) abgerufen werden. Außer den Suchroutinen wurden verschiedene Serviceprogramme entwickelt, mit deren Hilfe die in einem vorgegebenen Zeitraum durchgeführten Messungen nach verschiedenen Kriterien sortiert und ausgedruckt werden können. Dadurch konnte das Berichtswesen im Bereich Inkorporationsmessung erheblich vereinfacht werden.

6.5.6 Analyse von ^{40}K -Spektren:

H. Doerfel

Bei der In-vivo-Messung von Uran, Plutonium und anderen Transuranen wird die Nachweisgrenze u.a. auch von der Methodik der Spektrumsauswertung bestimmt. Herkömmliche spektroskopische Auswertverfahren, wie z.B. die Peakseparierung durch lineare Interpolation des Compton-Untergrundes

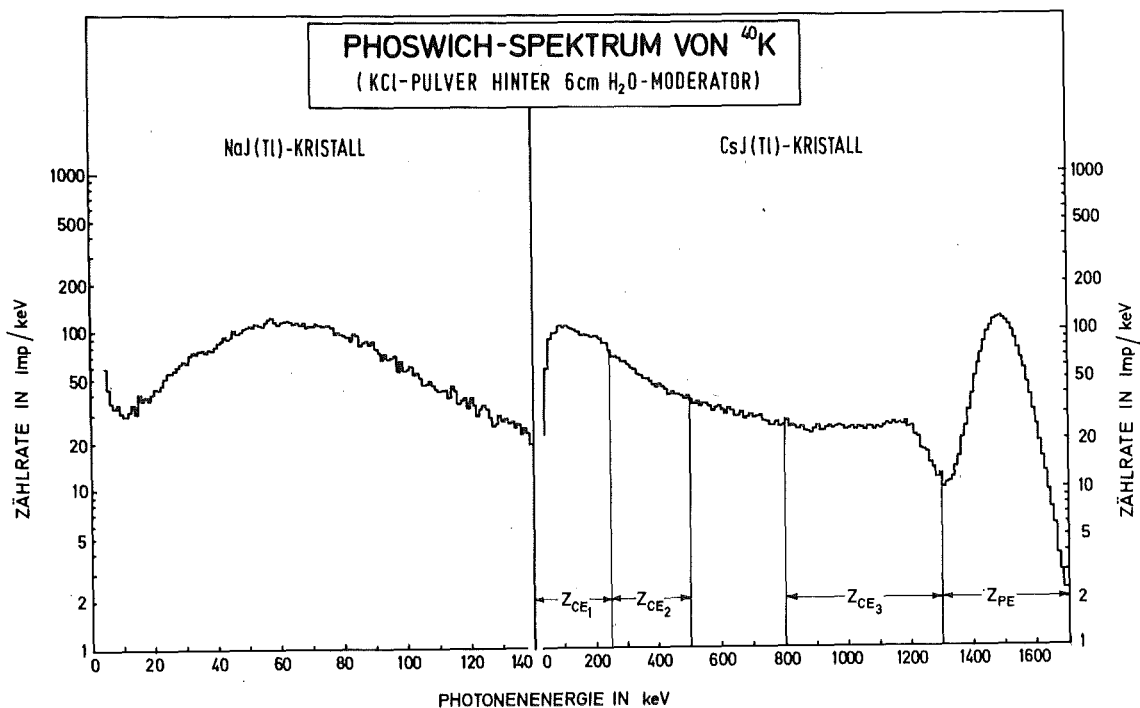


Abb. 6/33: Phoswich-Spektrum von ^{40}K hinter einem 6 cm starken Wassermoderator

sind hier nur bei Aktivitäten möglich, die weit jenseits der zulässigen Grenzwerte liegen. Auch sogenannte Strip-Verfahren, bei denen die Spektren mit Hilfe von Nuklidspezifischen Standardspektren in die einzelnen Komponenten zerlegt werden, versagen hier im allgemeinen, da die Feinstruktur der Spektren von Fall zu Fall recht verschieden sein kann. Aus diesem Grund benutzt man hier zur Analyse der Spektren im allgemeinen Vergleichsspektren von nichtexponierten Referenzpersonen. Aber auch bei dieser Vorgehensweise kann es leicht zu Fehlinterpretationen kommen, da die Spektren von Referenzpersonen mit gleichen Körperproportionen und mit gleichem Kaliumgehalt insbesondere im niederenergetischen Bereich durchaus sehr verschieden sein können. Zur Klärung dieser Unterschiede wurden die ^{40}K -Spektren einer genaueren Analyse unterzogen.

Zu diesem Zweck wurden mit dem Phoswichdetektor Spektren von ^{40}K (Kaliumchlorid-Pulver) hinter verschiedenen Moderatorsubstanzen (Wasser, Paraffin, Teflon, Zellulose, Aluminium, Kupfer) aufgenommen. Die Abb. 6/33 zeigt als Beispiel das Phoswich-Spektrum von ^{40}K hinter einem 6 cm starken Wassermoderator. Als Maß für den Moderationsgrad der Spektren wurde der Quotient aus der Impulsrate im Compton-Kontinuum zwischen 800 und 1300 keV (Z_{CE_3}) und der Impulsrate im Photopeak zwischen 1300 und 1700 keV (Z_{PE}) gewählt. Dieser Quotient variiert zwischen 0,46 bei unmoderierter Strahlung und 0,84 bei stark moderierter Strahlung. Bei den Referenzspektren liegt dieser Quotient, der im folgenden kurz als Moderationsgrad bezeichnet wird, etwa in der Mitte zwischen diesen beiden Werten. Zur weiteren Analyse wurden sogenannte Streukoeffizienten definiert, die das Verhältnis der Zählrate in einem bestimmten Bereich des Compton-Kontinuums zur Zählrate im Photopeak angeben. Die Abb. 6/34 zeigt als Beispiel den Streukoeffizienten für den Energiebereich zwischen 0 und 250 keV im Compton-Kontinuum des CsJ(Tl)-Kristalls (vgl. Abb. 6/33) in Abhängigkeit vom Moderationsgrad.

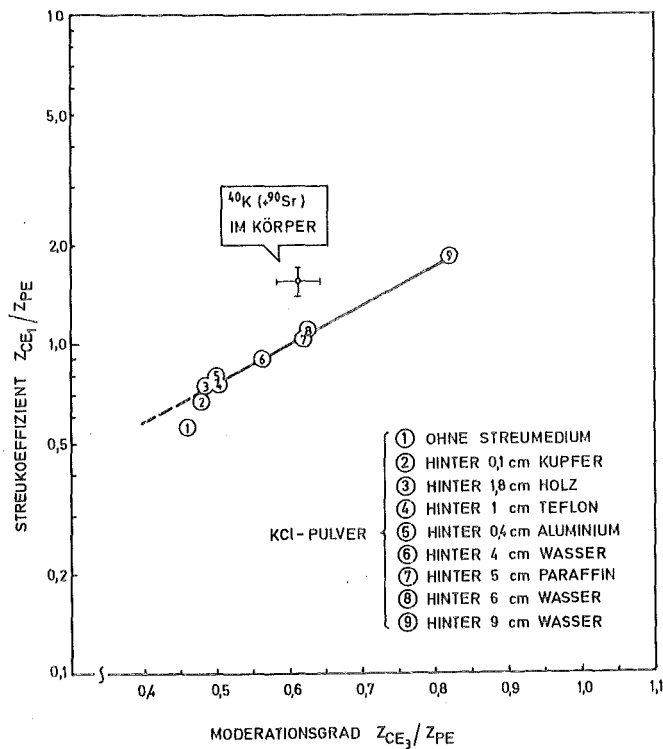


Abb. 6/34: Streukoeffizient für den Energiebereich zwischen 0 und 250 keV im Compton-Kontinuum des CsJ(Tl)-Kristalls in Abhängigkeit vom Moderationsgrad der Spektren

Wie aus der Abb. 6/34 hervorgeht, besteht zwischen dem dargestellten Streukoeffizienten und dem Moderationsgrad ein eindeutiger Zusammenhang. Ein ähnliches Bild ergibt sich auch für alle anderen Streukoeffizienten im Spektrum des CsJ(Tl)-Kristalls. Beim NaJ(Tl)-Kristall sind die Zusammenhänge allerdings etwas schwieriger. Hier zeigen die Streukoeffizienten - insbesondere im

Energiebereich unter 80 keV - eine deutliche Abhängigkeit vom Streumaterial. Aus diesem Grund wurde die weitere Analyse zunächst auf die Spektren des CsJ(Tl)-Kristalls beschränkt; Und zwar wurde untersucht, ob und inwieweit sich die Zusammenhänge zwischen den Streukoeffizienten und dem Moderationsgrad bei Überlagerung verschieden moderierter Spektren reproduzieren. Diese Untersuchungen ergaben in Extremfällen Abweichungen bis zu etwa 10 % von den experimentell bestimmten Kurven. Bei den Referenzspektren liegen die entsprechenden Streukoeffizienten nach Korrektur der ^{137}Cs -Komponenten jedoch bis zu 50 % über den theoretisch zu erwartenden Werten (siehe Abb. 6/34). Demnach kann es sich bei den Referenzspektren nicht um reine ^{40}K -Spektren handeln. Da in den Referenzspektren außer den bereits separierten ^{137}Cs -Komponenten keine weiteren Gammastrahlungsanteile vorhanden sind, kann die Ursache für die Diskrepanzen nur ein reiner Betastrahler sein.

6.5.7 Nachweis von ^{90}Sr im Skelett

H. Doerfel

Die In-vivo-Messung von ^{90}Sr wird unter anderem dadurch erschwert, daß die Betastrahlungskomponenten von ^{90}Sr ($E = 0,5 \text{ MeV}$) und dessen Tochternuklid ^{90}Y ($E = 2,3 \text{ MeV}$) im menschlichen Körper nahezu das gleiche Bremsstrahlungskontinuum erzeugen wie die Betastrahlung von ^{40}K ($E = 1,3 \text{ MeV}$). Eine Separierung der Bremsstrahlungskontinua ist daher nur möglich, wenn die Feinstruktur des ^{40}K -Spektrums sehr genau bekannt ist oder wenn die inkorporierte ^{90}Sr -Aktivität so groß ist, daß individuelle Unterschiede in der Feinstruktur der ^{40}K -Spektren keine nennenswerte Rolle mehr spielen. Bedingt dadurch ist die untere Nachweisgrenze für ^{90}Sr relativ hoch. Sie liegt je nach Meßgeometrie, Meßzeit und Auswertemethodik zwischen etwa 20 nCi (0,74 kBq) und 100 nCi (3,7 kBq) ^{90}Sr . Aufgrund von radiochemischen Untersuchungen der Skelette verstorbener Personen weiß man, daß die mittlere Körperaktivität von ^{90}Sr aus dem radioaktiven Fallout etwa 2 nCi (74 Bq) beträgt. Man ist daher bislang stets davon ausgegangen, daß Fallout- ^{90}Sr mit den Methoden der In-vivo-Meßtechnik nicht nachweisbar ist.

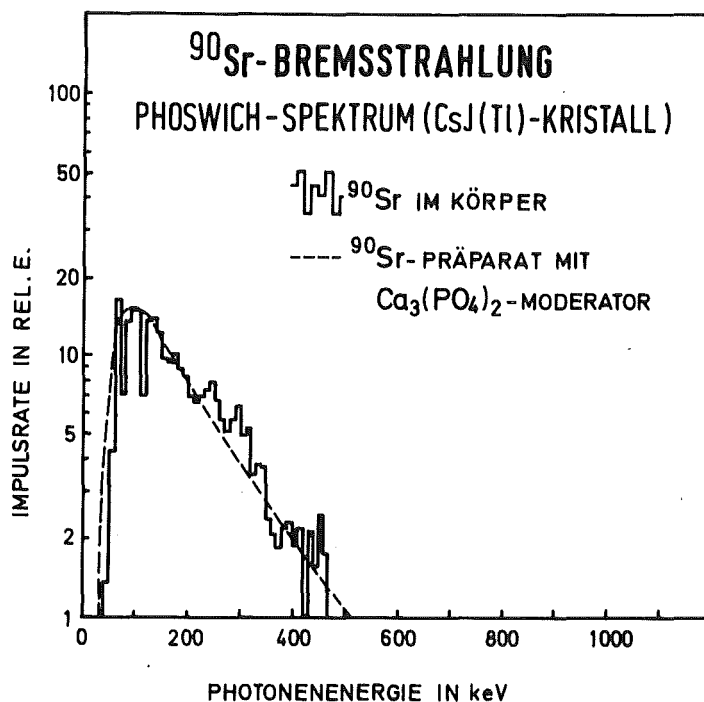


Abb. 6/35: Phoswich-Spektren für die Bremsstrahlung von ^{90}Sr aus dem menschlichen Körper bzw. aus einem Standardpräparat mit Calciumphosphatmoderator

Die Untersuchungen zu Abschnitt 6.5.6 haben allerdings gezeigt, daß in den Spektren nicht exponierter Referenzpersonen eine Bremsstrahlungskomponente vorhanden ist, die weder auf die Betastrahlung von ^{40}K noch auf die Betastrahlung von Fallout- ^{137}Cs zurückzuführen ist. Diese Komponente kann somit nur von inkorporiertem Fallout- ^{90}Sr herrühren. Zur Separierung der ^{90}Sr -Komponente wurden auf der Basis der vorangegangenen Untersuchungen je 10 Referenzspektren ausgesucht, bei denen der Streukoeffizient für den Energiebereich zwischen 0 und 250 keV extrem hoch bzw. extrem niedrig ist, d.h., die eine relativ starke bzw. eine relativ schwache ^{90}Sr -Komponente haben. Man kann davon ausgehen, daß die individuellen Unterschiede der ^{40}K -Komponenten in diesen beiden Gruppen etwa gleich verteilt sind und sich bei Mittelwertbildung herausheben. Normiert man also die über beide Gruppen gemittelten Spektren auf gleiche ^{40}K -Photopeakfläche und zieht sie dann voneinander ab, so erhält man eine ^{90}Sr -Komponente, die etwa der Differenz zwischen den mittleren ^{90}Sr -Aktivitäten und den beiden Personengruppen entspricht.

In Abb. 6/35 ist die auf diese Weise aus den Referenzspektren abgetrennte ^{90}Sr -Bremsstrahlungskomponente im Vergleich zum Spektrum eines ^{90}Sr -Standardpräparates hinter einem Calciumphosphatmoderator dargestellt. Die recht gute Übereinstimmung dieser beiden Spektren bestätigt die Vermutung, daß die Bremsstrahlungskomponente in den Referenzspektren auf ^{90}Sr im Skelett der Referenzpersonen zurückzuführen ist. Quantitative Aussagen über den ^{90}Sr -Gehalt können allerdings erst nach einer entsprechenden Phantomkalibrierung gemacht werden.

6.6. Spezielle Untersuchungen

6.6.1 Ausmessung des Neutronenstreustrahlungsfeldes an Reaktoren und medizinischen Beschleunigern mit der Einkugel-Albedomeßtechnik

E. Piesch, B. Burgkhardt

Kennzeichnend für Neutronenstreustrahlungsfelder an Reaktoren und Beschleunigern ist die ausgeprägte örtliche Änderung des Neutronenspektrums bedingt durch Rückstreuung und Moderierung der Neutronen am Boden bzw. an den Abschirmungen. Für die Anwendung energieabhängiger Albedoneutrendosimeter innerhalb der Personenüberwachung ist die Kenntnis des Neutronenstreustrahlungsfeldes sowie der örtlichen Änderung des effektiven Albedoansprechvermögens von besonderem Interesse. Die für diesen Zweck ermittelte Meßtechnik, die sogenannte Einkugel-Albedomeßtechnik, verwendet TLD600/TLD700-Neutronendetektoren im Zentrum einer 30 cm Polyäthylenkugel sowie in den drei Meßpositionen des Karlsruher Albedodosimeters, welches in zweifacher Ausführung diametral an der Kugeloberfläche angeordnet ist (siehe auch Abb. 6/16).

Nach Bereitstellung eines Rechenprogrammes für die Meßergebnisse des Einkugel-Albedodosimetersystems wurden die in den vergangenen Jahren durchgeführten Ortsdosismessungen an den verschiedenen Neutronenanlagen ausgewertet. Dieser erste Schritt zur Beschreibung des Neutronenstreustrahlungsfeldes betrifft die Bestimmung der Neutronenäquivalentdosis, getrennt für die Energiebereiche thermischer, epithermischer und schneller Neutronen, die Ermittlung eines Energieparameters zur Beschreibung des Neutronenspektrums im Bereich schneller Neutronen sowie die Bestimmung des effektiven Albedoansprechvermögens für das Albedodosimeter in den betreffenden Neutronenfeldern [31,33].

Abb. 6/36 und Abb. 6/37 gibt die Häufigkeitsverteilung für den Energieparameter E_0 wieder. Die Messung im Streustrahlungsfeld wurde hierbei an folgenden Anlagen durchgeführt

- an Forschungsreaktoren mit geringer Abschirmung in Core-Nähe u.a. Health Physics Research Reactor, Oak Ridge, USA, kritische Anordnung Silene mit 20 cm Bleiabschirmung, Valduc, Frankreich sowie an der schnellen Null-Energie-Anordnung SNEAK, Karlsruhe,

- an Reaktoren mit schwerer Abschirmung u.a. FR 2 in Karlsruhe, FRJ-1 Schwimmbadreaktor in Jülich, Versuchsatomkraftwerk VAK, Kahl, am Kernkraftwerk GKN, Neckarwestheim,
- am Linearbeschleuniger Mevatron der Vincentius-Krankenanstalten, Karlsruhe, am Linearbeschleuniger der PTB, Braunschweig, sowie am Kompaktzyklotron in Heidelberg.

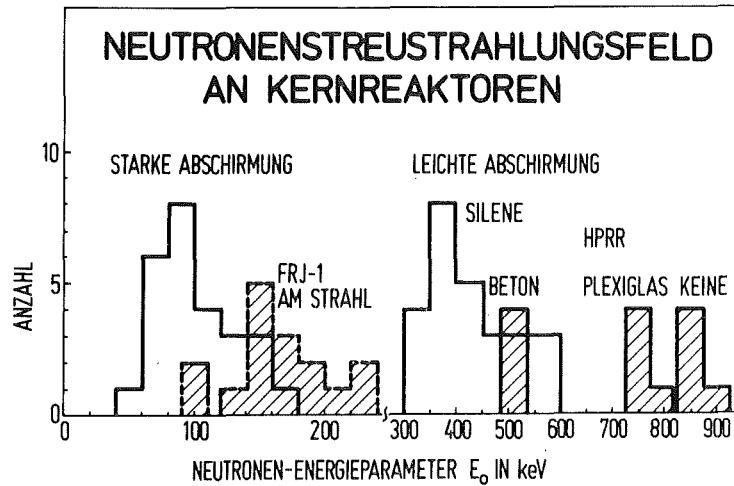


Abb. 6/36: Häufigkeitsverteilung des Energieparameters E_0 gemessen mit dem Einkugel-Albedodosimetersystem

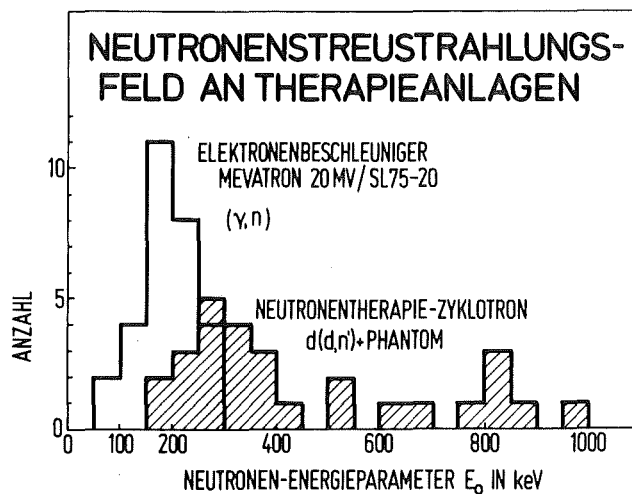


Abb. 6/37: Häufigkeitsverteilung des Energieparameters E_0 gemessen an verschiedenen Beschleunigern mit dem Einkugel-Albedodosimetersystem

Kennzeichnend für das Neutronenspektrum in den ausgemessenen Neutronenstreustrahlungsfeldern ist die ausgeprägte Streuung des Energieparameters E_0 an Reaktoren mit geringer Core-Abschirmung bzw. in unmittelbarer Nähe der Neutronenquelle mit Werten von $E_0 > 400$ keV. In unmittelbarer Nähe des nicht abgeschirmten Reaktorstrahlrohres findet man $E_0 \approx 200$ keV, im Streustrahlungsfeld hinter der Abschirmung sowie an Kernkraftwerken hingegen $50 \text{ keV} < E_0 < 170$ keV. Ähnliche Spektren zeigen medizinische Linearbeschleuniger.

Abb. 6/38 zeigt zum Vergleich die Häufigkeitsverteilung für die mittlere Neutronenenergie, die mit der Vielkugel-Meßtechnik im Containment eines BWR-Reaktors in den USA gefunden wurde und die Häufigkeitsverteilung des Energieparameters E_0 aus einer vorliegenden Studie. Trotz unterschiedlicher Definition der effektiven Energie und unterschiedlicher Reaktoranlagen wird eine überraschend gute Übereinstimmung beider Ergebnisse gefunden.

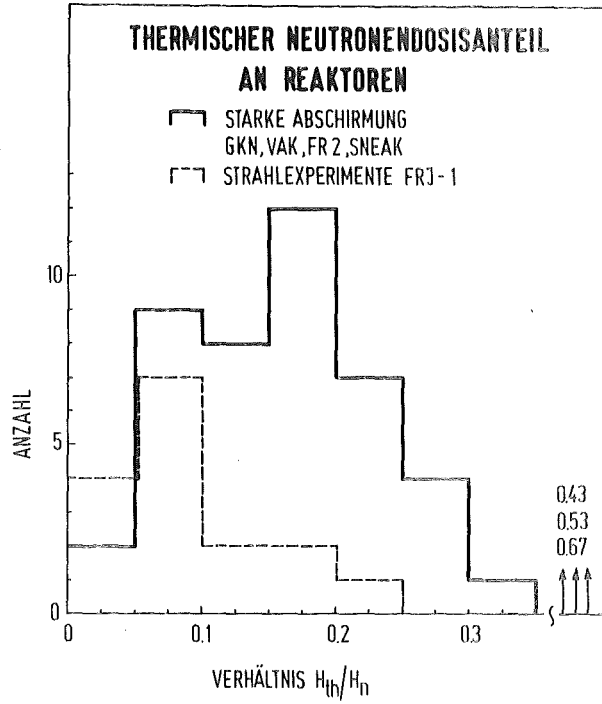
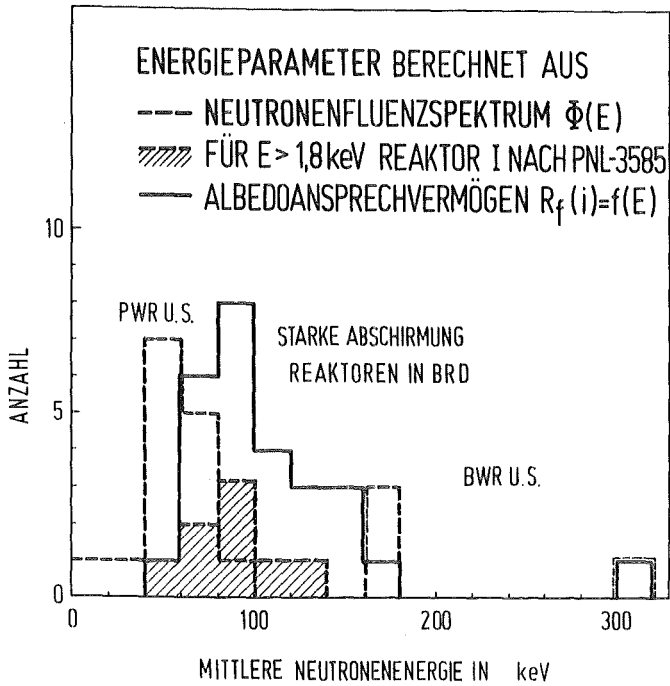


Abb. 6/38: Vergleich der Neutronenenergien gemessen mit der Vielkugel-Meßtechnik an US-Reaktoren und des Energieparameters E_0

Abb. 6/39: Häufigkeitsverteilung des relativen Äquivalentdosisanteiles thermischer Neutronen

Der Äquivalentdosisanteil thermischer Neutronen ist an Reaktoren mit geringer Abschirmung in Core-Nähe < 5 % der Neutronendosis, an abgeschirmten Reaktoren zwischen 5 % und 20 %, im Einzelfall auch > 50 %. Der Äquivalentdosisanteil epithermischer Neutronen beträgt 1 % bis 8 % an Kernkraftwerken und < 1 % an wenig abgeschirmten Neutronenquellen.

REAKTOREN BESCHLEUNIGER	ANSPRECHVERMÖGEN $R(i)$ ¹⁾			
	BEREICH	MITTELWERT	MAXIMALSTREUUNG	
			UNKORR.	KORR. ²⁾
1 Oak Ridge HPRR	0,51-1,02	0,77	±33 %	±12 %
2 Valduc SILENE	0,84-1,67	1,25	±33 %	±25 %
3 Jülich FRJ-1	1,86-4,63	3,25	±42 %	±25 %
4 Karlsruhe FR 2	3,10-5,42	4,25	±28 %	±15 %
5 Kahl VAK	3,13-5,94	4,5	±31 %	±23 %
6 Neckarwestheim GKN	3,39-5,92	4,65	±27 %	±20 %
7 Karlsruhe SNEAK ³⁾	2,98-7,56	5,2	±43 %	±15 %
8 LINAC 20 MeV	1,63-3,80	2,7	±40 %	±25 %
9 LINAC SR 75-20	1,36-6,14	-	Faktor 3,8 ±18 %	
10 NEUTRONEN-THERAPIE-ZYKLOTRON	0,66-3,5	-	Faktor 5,3 ±30 %	

¹⁾ von TLD600 bestimmt aus der Albedoanzeige $\alpha(i)$ mit $H_n = \alpha(i) \cdot R(i)$ bezogen auf das Photonenansprechvermögen

²⁾ korrigiert über eine Feldkalibrierkurve $R = R(i/a)$ unter Berücksichtigung des Meßwertverhältnisses i/a

³⁾ schneller Neutronenreaktor mit nichtabgeschirmtem Core

Tab. 6/12: Örtliche Änderung des Kalibrierfaktors des Karlsruher Albedodosimeters ermittelt aus Feldkalibrierungen an verschiedenen Reaktoren und Beschleunigern

Der Betrag der Neutronenäquivalentdosisleistung kann vor allem an Forschungsreaktoren und Beschleunigern erheblich groß sein und 10 mrem/h (100 μ Sv/h) überschreiten. Am unmittelbaren Zugang zu einem medizinischen Linearbeschleuniger betrug die Neutronenäquivalentdosisleistung beispielsweise 200 mrem/h (2 μ Sv/h). An einem Kernkraftwerk war die Neutronendosisleistung bei geöffnetem Riegel des inneren Containments in einem vergleichbaren Abstand von der Strahlenquelle hingegen nur 1 mrem/h (10 μ Sv/h).

Die örtliche Änderung des Albedoansprechvermögens ist in Tab. 6/12 für die ausgemessenen Neutronenstreustrahlungsfelder wiedergegeben. Die Ergebnisse verdeutlichen, daß für eine Anwendung von Albedoneutronendosismetern anlagenspezifische Kalibrierfaktoren anzuwenden sind. Für eine Personenüberwachung sind jedoch Albedodosimeter erforderlich, die einen zusätzlichen Detektor zur Messung thermischer Neutronen aus dem Streustrahlungsfeld enthalten. Mit Hilfe dieses Detektors kann die örtliche Änderung des Kalibrierfaktors innerhalb der Personenüberwachung auf weniger als $\pm 30\%$ verringert werden (siehe korrigierte Streuung in Tab. 6/12). Dies setzt jedoch voraus, daß das Neutronendosismeter nicht gleichzeitig an einer andersartigen Anlage benutzt wird, in der andere Kalibrierfaktoren anzuwenden sind.

6.6.2 Messung des Photoneutronenanteiles im Strahlenkegel medizinischer Hochenergiebeschleuniger

G.M. Hassib, B. Spyropoulos

Medizinische Hochenergiebeschleuniger erzeugen durch (γ, n) -Reaktionen im Target sowie im Kollimator und in der Abschirmung des Strahlenkopfes eine signifikante Neutronenstrahlung. Siliziumdioden und Spaltfragmentdetektoren können zum Nachweis wegen der hohen γ -Intensität bzw. der hohen Photonenenergie nur bedingt eingesetzt werden. Das hier zu erwartende Neutronenspektrum kann bei Linearbeschleunigern in erster Näherung als ein Spaltneutronenspektrum angenommen werden. Das Neutronenspektrum ändert sich jedoch mit der Art und Dicke des Targets sowie mit der Photonenenergie.

Zur Neutronenmessung an medizinischen Hochenergiebeschleunigern wurden Kernspurdetektoren eingesetzt. Zusätzlich zur Messung neutroneninduzierter Rückstoßkerne im Energiebereich schneller Neutronen oberhalb 1,5 MeV wurden mit einer (n, α) -Borkonverteranordnung in zwei verschiedenen Meßpositionen thermische Neutronen (a) und nach Abdeckung mit Kadmium auch mittelschnelle Neutronen (m) gemessen. Detektor m registriert an der Phantombenoberfläche vom Phantom rückgestreute Albedoneutronen und damit auch energiereiche Neutronen über den gesamten Energiebereich. Die Kalibrierung des Polykarbonatdetektors zum Nachweis von Rückstoßkernen erfolgte mit Cf-Spaltneutronen. Für die Neutronenbestrahlungen wurde ein Phantom der Größe 100 x 50 x 25 cm³ mit der Strahlenachse im Zentrum des Phantoms eingesetzt.

Das Neutronendosisprofil des Photonenstrahlenkegels wurde u.a. am 42 MeV Betatron bei Elektronen- und Photonenbetrieb bestimmt und mit dem Neutronendosisprofil eines 14-MeV-Neutronenbeschleunigers verglichen. Bei der vorliegenden Kollimierung der 14-MeV-Neutronenstrahlung fällt die Neutronendosis in 20 cm Abstand von der Zentralachse auf 1 % ab. Eine ähnliche Kollimierung zeigt das Neutronenstrahlungsfeld am Betatron, was vor allem auf die Vorwärtsstreuung der Photoneutronen zurückzuführen ist. Zur qualitativen Ermittlung der Neutronenenergie wird das Meßwertverhältnis $r/(m-a)$ herangezogen, welches in Abb. 6/40 für verschiedene Photonenenergien in Abhängigkeit vom Abstand zur Strahlenachse wiedergegeben ist. Hierbei ist r die Äquivalentdosis schneller Neutronen oberhalb 1,5 MeV und $(m - r)$ die Albedoneutronenanzeige mit einer ausgeprägten Energieabhängigkeit oberhalb 10 keV. Der Anstieg des Meßwertverhältnisses kann damit als Zunahme der effektiven Neutronenenergie interpretiert werden. Die Ergebnisse in Abb. 6/40 verdeutlichen, daß die effektive Energie der Photoneutronen zur Zentralachse des Photonenstrahlenkegels hin ansteigt und daß im Zentralstrahl die effektive Neutronenenergie deutlich mit der Photonenenergie zunimmt.

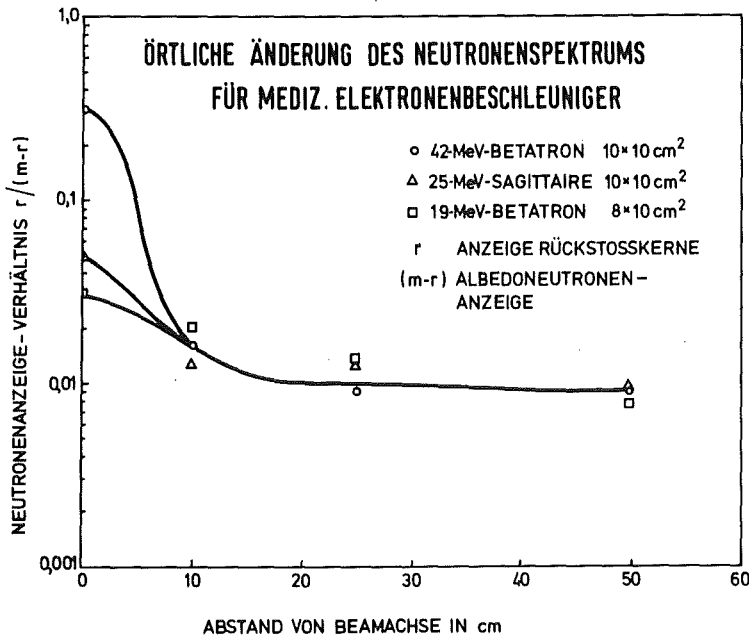


Abb. 6/40: Änderung des Meßwertverhältnisses $r/(m-r)$ mit dem Abstand zur Strahlenachse für verschiedene medizinische Hochenergiebeschleuniger

Abb. 6/41 zeigt die auf die Photonendosis bezogene Neutronenäquivalentdosis gemessen in der Zentralachse verschiedener medizinischer Beschleuniger in Abhängigkeit von der Photonenergie. Der relative Neutronendosisanteil zeigt einen Anstieg im Photonenergiebereich 15 bis 25 MeV. Die Meßergebnisse der vorliegenden Untersuchungen stimmen gut überein mit Messungen, die mit vergleichbaren Rückstoßkernspurdetektoren durchgeführt wurden (Sohrabi 1979) sowie mit Berechnungen, die von den Autoren als Überschätzungen angesehen werden (Axten und Bardell 1972). Demgegenüber zeigen die Ergebnisse der Spaltfragmentdetektoren eine Überbewertung durch (γ, n) -Reaktionen und diejenigen der Aktivierungsdetektoren eine relativ große Streuung.

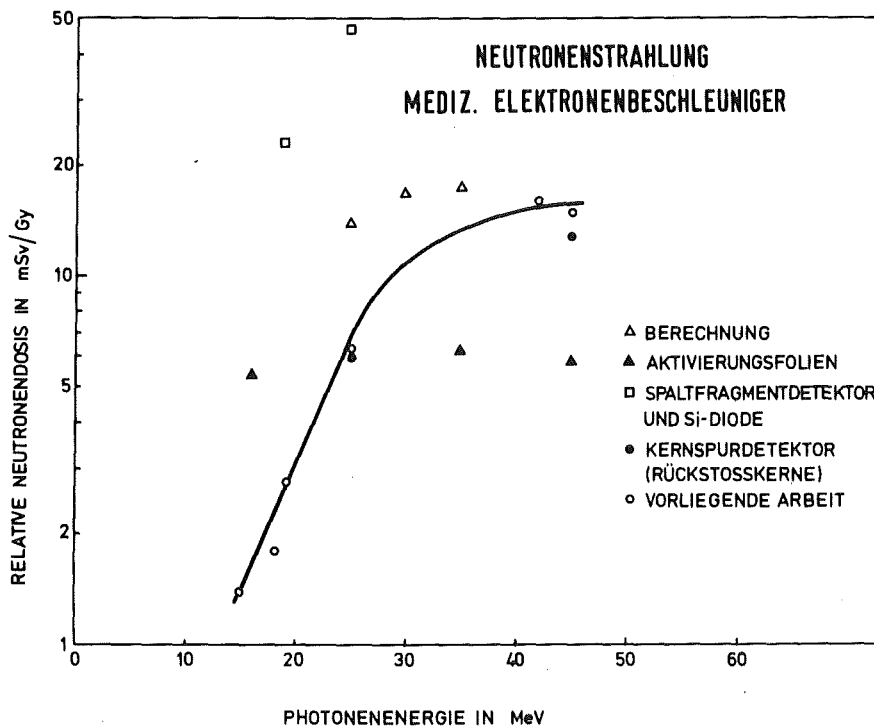


Abb. 6/41: Relativer Neutronen-Äquivalentdosisanteil bezogen auf die Photonendosis in Abhängigkeit von der Photonenergie für verschiedene medizinische Hochenergiebeschleuniger

6.6.3 Strahlenbelastung der Bevölkerung durch Radon in Wohnhäusern

M. Urban, S. Heitz

Zur Abschätzung der Strahlenbelastung der Bevölkerung durch Radon und dessen Zerfallsprodukten wurde 1981 im Rahmen des BMI-Forschungsvorhabens "Messung der Raumluftkonzentration von Radon-Folgeprodukten in Wohnhäusern, Abschätzung der Lungendosis der Bewohner" mit bundesweiten Erhebungsmessungen begonnen. Dazu wird das Karlsruher passive Radondosimeter für 3 Monate in Wohnhäusern exponiert. An den Messungen sind außer dem Kernforschungszentrum Karlsruhe noch 7 weitere Meßstellen im Bundesgebiet beteiligt. Die zentrale Auswertung aller Dosimeter wird in Karlsruhe durchgeführt. In der zweiten Jahreshälfte 1981 wurden ca. 5000 Detektorfolien ausgewertet.

Eine vorläufige noch unvollständige Auswertung der Meßwerte für einige Landkreise in Baden Württemberg ergab einen Medianwert der mittleren Radonkonzentration von 1 pCi/l (37 kBq m^{-3}) unter Annahme einer log-normalen Verteilungsfunktion. Als mittlere Inhalationsdosis erhält man 600 mrem/a (6 mSv/a). Als Dosisumwandlungsfaktor wurde 5 mSv/WLM verwendet, der Gleichgewichtsfaktor zwischen Radon und dessen kurzlebigen Zerfallsprodukten wurde mit 0,35 angenommen. 1 WL entspricht 100 pCi/l ($3,7 \text{ kBq m}^{-3}$) ^{222}Rn im Gleichgewicht mit Folgeprodukten, 1 WLM entspricht 1 WL·170 h.

Die bisherige detaillierte Auswertung der Meßergebnisse (Tab. 6/13) ergab u.a. nur geringe Unterschiede in der Radonkonzentration in verschiedenen Räumen einer Wohnung. Die Radonkonzentration zeigt Maximalwerte in Kellerräumen und nimmt in den oberen Stockwerken ab, mit Ausnahme von einigen Stahlbetonhochhäusern mit teilweise geringen Lüftungsraten. Eine Aussage über die Abhängigkeit der mittleren Radonkonzentration vom Baumaterial läßt sich derzeit noch nicht machen. Die Erhebungsmessungen werden 1982 bundesweit fortgeführt.

6.6.4 Jahreszeitliche Schwankung der Radonkonzentration innerhalb und außerhalb eines Wohnhauses mit erhöhtem Radonpegel

J. Schmitz, M. Urban

Im Verlauf des Forschungsvorhabens "Freisetzung radioaktiver Elemente aus den Halden des alten Bergbaus von Wittichen" wurden in der Umgebung der Halden, auf den Halden und in den alten Grubenbauen im Witticher Tal zahlreiche Momentanmessungen mit dem Instant-Working-Level-Meter (IWLM) durchgeführt. Besonders fielen dabei die unerwartet hohen Radonkonzentrationen in einem Wohnhaus an der alten Schmiedehalde auf. Exhalationsmessungen zwischen Haldenfuß und diesem Haus zeigten Radonausgasungsraten bis zu mehr als $100 \text{ pCi m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ($3,7 \text{ kBq m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).

Ab Mai 1980 wurden im Rahmen des BMI Forschungsvorhabens "Messung der Raumluftkonzentration von Radon-Folgeprodukten in Wohnräumen, Abschätzung der Lungendosis der Bewohner" passive Dosimeter im Witticher Bereich eingesetzt. Aus Abb. 6/42 ist eine starke monatliche Schwankung ersichtlich, die eine gleichmäßige Radonausgasung z.B. durch die Kellerwände und Boden bezweifeln läßt. Da bekanntermaßen die Radonexhalation sehr stark von der Bodenfeuchte abhängt, wurde versucht, die erhaltenen Radonkonzentrationen mit den klimatologischen Daten der nächsten Beobachtungsstation - Wolfach - zu korrelieren. Die monatliche Niederschlagsmenge ergab kein Ergebnis - erst die Gegenüberstellung der Regentage im jeweiligen Meßintervall (%) und der Radonkonzentration ergab einen hohen Korrelationskoeffizienten (siehe Abb. 6/43). Die Reduktion der Radonwerte durch Frost ist auch deutlich zu erkennen. Die Meßwerte außerhalb des Hauses in unterschiedlichen Höhen über dem Boden zeigen keine klare Abhängigkeit von den Tagen mit Niederschlag, hier ist der Einfluß noch anderer, nicht bekannter Faktoren anzunehmen.

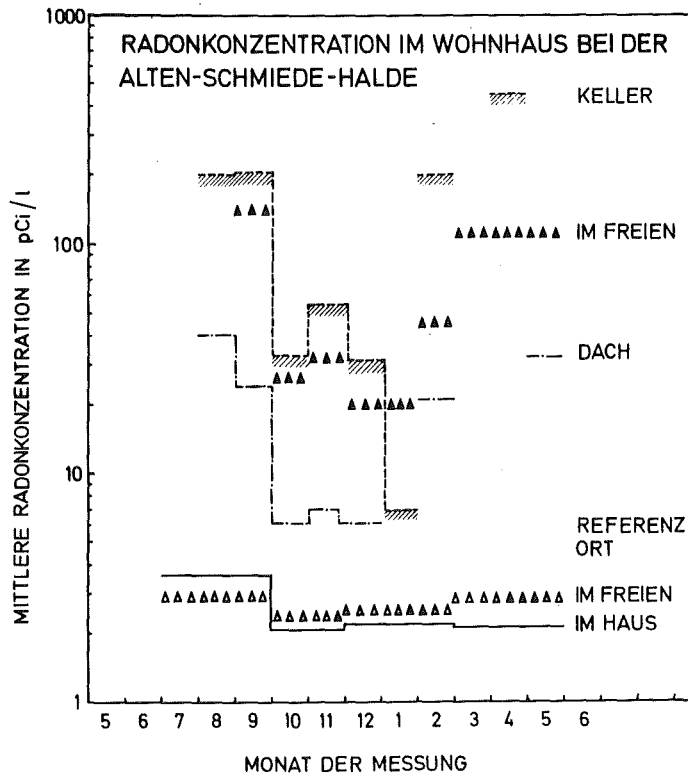


Abb. 6/42: Zeitliche Änderung der mittleren Radonkonzentration 1980/81 innerhalb bzw. außerhalb eines Hauses in Wittichen

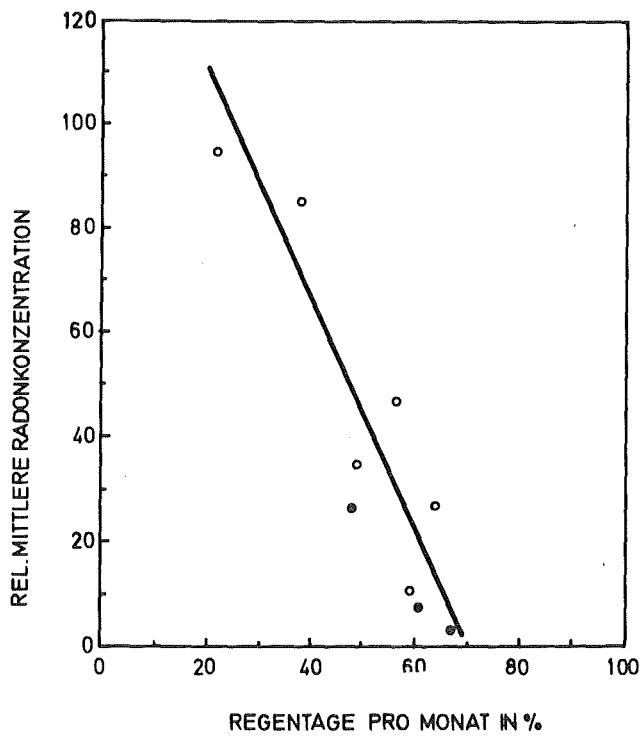


Abb. 6/43: Relative Änderung der Radonkonzentration mit der Niederschlagsmenge

BEZEICHNUNG	ANZAHL	50%-WERT LOG.-NORMALVERTEILUNG				STREUFAKTOR
		pCi/l	Bq/m ³	mrem/a	mSv/a	
ART DES HAUSES						
EINFAMILIENHAUS	133	1,2	44	721	7,2	2,3
ZWEIFAMILIENHAUS	74	1,5	54	878	8,8	2,5
MEHRFAMILIENHAUS	140	,7	27	439	4,4	3,3
HOCHHAUS	22	,9	32	521	5,2	2,0
BAUWEISE						
MASSIVHAUS	342	1,0	38	612	6,1	2,8
FACHWERKHAUS	14	1,5	54	873	8,7	3,5
FERTIGHAUS (leicht)	13	,5	18	300	3,0	2,4
BAUJAHR						
vor 1900	51	,9	32	527	5,3	2,6
1901 - 1948	62	1,3	47	759	7,6	2,6
nach 1948	252	1,0	37	598	6,0	2,9
ANGABEN ZUM KELLER						
voll unterkellert	330	1,0	36	588	5,9	2,8
teilw. unterkellert	32	1,1	41	662	6,6	2,6
ohne Keller	11	2,4	88	1423	14,2	1,5
NUTZUNG						
SCHLAFZIMMER	89	,9	33	535	5,3	2,7
HAUPTAUFENTHALTSRAUM	101	1,0	36	581	5,8	2,6
KUECHE	84	,9	34	559	5,6	2,6
KINDERZIMMER	14	,8	29	473	4,7	1,8
KELLER	65	1,5	55	892	8,9	3,2
ETAGE						
KELLER	71	1,4	53	864	8,6	3,1
ERDGESCHOSS	131	1,0	39	628	6,3	2,2
1. OG	96	,9	34	550	5,5	3,7
2. OG	31	,6	23	372	3,7	2,0
HOEHER ALS 2. OG	42	,9	32	521	5,2	1,9
HEIZUNG						
KONVEKTION	177	,9	32	519	5,2	2,8
EINZELOFEN	92	1,0	36	593	5,9	2,5
WARMLUFT	29	1,2	43	695	6,9	2,6
FENSTER						
FENSTER OHNE DICHTUNG	132	1,0	37	594	5,9	4,1
FENSTER MIT LIPPENDICHTUNG	12	2,0	73	1180	11,8	1,8
ISOLIERGLAS OHNE DICHTUNG	52	1,1	40	644	6,4	2,0
ISOLIERGLAS MIT LIPPENDICHTUNG	50	1,2	45	729	7,3	1,9
DOPPELFENSTER OHNE DICHTUNG	87	,9	34	547	5,5	2,0
DOPPELFENSTER MIT LIPPENDICHTUNG	25	,7	28	450	4,5	2,0
VORH.BAUMATERIAL: WAENDE						
ZIEGEL(AUCH BRENNZIEGEL)	145	1,0	37	599	6,0	2,2
ZEMENTGER. STEINE - BIMS	60	1,2	43	702	7,0	2,0
BETON	66	1,5	55	890	8,9	2,5
NATURSTEIN	17	,9	33	537	5,4	2,8
OBERFLAECHE: WAENDE						
BETON	13	1,6	59	964	9,6	2,4
KLINKER, KERAMIK, FLIESEN	13	1,0	38	625	6,2	2,2
HOLZ	10	1,4	51	833	8,3	1,7
VORH.BAUMATERIAL: DECKE						
ZEMENTGER. STEINE - BIMS	29	1,3	47	762	7,6	2,5
BETON	169	1,2	45	735	7,3	2,3
LEHM (AUCH MIT HOLZ)	10	,6	23	372	3,7	3,5
HOLZ	57	,9	34	559	5,6	2,3
GIPS (AUCH GIPSKARTON)	24	,9	34	560	5,6	2,2
OBERFLAECHE: DECKE						
BETON	24	1,5	57	923	9,2	2,3
HOLZ	44	1,1	40	656	6,6	1,8
VORH.BAUMATERIAL: BODEN						
ZEMENTGER. STEINE - BIMS	14	1,6	59	958	9,6	2,6
BETON	193	1,3	48	777	7,8	2,1
KLINKER, KERAMIK, FLIESEN	10	1,0	39	626	6,3	2,8
LEHM (AUCH MIT HOLZ)	10	,5	20	329	3,3	3,5
HOLZ	41	,9	32	514	5,1	2,0
OBERFLAECHE: BODEN						
BETON	31	1,6	58	940	9,4	2,6
KLINKER, KERAMIK, FLIESEN	41	1,1	40	653	6,5	2,1
HOLZ	43	1,1	42	689	6,9	2,1

MITTLERER GLEICHGEWICHTSFAKTOR: 0,35
 DOSISUMRECHNUNGSFAKTOR: 5mSv/WLM
 1 pCi/l Rn 222 IM GLEICHGEWICHT MIT KURZLEB. FOLGEPRODUKTEN ENTSPRICHT 1WL
 1 WLM = 1 WL * 170 h

Tab. 6/13: Radon Erhebungsmessungen Bereich Baden-Württemberg - Vorläufige Auswertung nach statistischen Daten

Unter Berücksichtigung der tatsächlichen Expositionszeiten, sie betragen nicht immer genau 4 Wochen, ergeben sich hierbei Mittelwerte von 46 pCi/l ($1,7 \text{ kBq m}^{-3}$) im Wohnbereich EG, 20 pCi/l ($0,7 \text{ kBq m}^{-3}$) im Schlafbereich OG, 9 pCi/l ($0,3 \text{ kBq m}^{-3}$) im Freien in der unmittelbaren Umgebung der Häuser sowie 2,5 pCi/l ($0,09 \text{ kBq m}^{-3}$) am unteren Talausgang und 1 pCi/l ($0,03 \text{ kBq m}^{-3}$) in Hinterwittichen. Unter der Annahme eines Gleichgewichtsfaktors von 0,35 im Wohnbereich verifiziert bei einigen Stichprobenmessungen mit dem IWLM und den oben gefundenen Radonkonzentrationen ergibt sich eine Lungenbelastung von etwa 22 rem (220 mSv/a) pro Jahr. Die Berechnungen wurden über die Dosiskonversionsfaktoren nach UNSCEAR 77 durchgeführt.

Die Gammadosisleistung betrug am Haldenkopf $500 \text{ } \mu\text{rem/h}$ ($5 \text{ } \mu\text{Sv/h}$), am Haldenfuß $100 \text{ } \mu\text{rem/h}$ ($1 \text{ } \mu\text{Sv/h}$), am Haus (bergseitig) $40 \text{ } \mu\text{rem/h}$ ($0,4 \text{ } \mu\text{Sv/h}$) und im Wohnbereich bis zu $30 \text{ } \mu\text{rem/h}$ ($0,3 \text{ } \mu\text{Sv/h}$). Im Witticher Tal beträgt die Gammadosisleistung 10 bis $25 \text{ } \mu\text{rem/h}$ ($0,1$ bis $0,25 \text{ } \mu\text{Sv/h}$).

6.7 Strahlenschutzmeßgeräte

6.7.1 Aufgaben

A. Schmitt

Nach der Strahlenschutzverordnung wird an Strahlenschutzmeßgeräte generell die Forderung gestellt, daß sie dem Stand der Wissenschaft und Technik entsprechen, den Anforderungen des Meßzweckes genügen, in ausreichender Anzahl vorhanden sind und regelmäßig auf Funktionstüchtigkeit geprüft und gewartet werden müssen.

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 Anlagen zur Pegel- und Luftüberwachung und wenigen, aber teureren und komplizierten Anlagen zur Spektroskopie zusammen. Da sich diese Geräte weiträumig verteilt in den verschiedenen Instituten und Abteilungen des Kernforschungszentrums befinden, ergibt sich zwangsläufig eine gewisse Unterteilung im Service, der soweit 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

Kontrollen auf Funktionstüchtigkeit werden vor Ort vom Personal der Arbeitsplatzüberwachung regelmäßig durchgeführt. Defekte Geräte werden soweit als möglich in einer Elektronikwerkstatt instandgesetzt. Die Tabelle 6/14 zeigt den Umfang an Wartungs- und Reparaturarbeiten dieser Werkstatt an tragbaren Strahlenschutzmeßgeräten, HFK-Monitoren und Aktivitätsmeßplätzen, die Tabelle 6/15 die Art der Reparatur.

In der Elektronikwerkstatt wurde auch eine Reihe von Umbauarbeiten und kleineren elektronischen Entwicklungen durchgeführt. Weiterhin wurden die Detektoreigenschaften des neuen HFK-Monitors Type FHT 65 M untersucht.

Kontaminationsmonitoren	148
HFK-Monitoren	112
Fußbodenmonitoren	14
Wäschemonitoren	8
Aktivitätsmeßplätze	19
Probenwechsler etc.	8
Dosisleistungsmeßgeräte	59
Taschenwarngeräte	16
Neutronenmonitoren	3
sonstige Geräte	2

Tab. 6/14: Reparatur- und Wartungsarbeiten an Strahlenmeßgeräten, Art der Geräte

Zur kontinuierlichen Registrierung von Strahlungspegel und Luftaktivität werden von der Hauptabteilung Sicherheit z.Z. rund 230 Meßstellen betreut, die in 30 Gebäuden des Kernforschungszentrums installiert sind, weiterhin 47 Meßstellen zur Umgebungsüberwachung. Zur Instandhaltung dieser Meßstellen waren im Berichtsjahr 515 Reparatureinsätze erforderlich.

Folie	71
Zähl draht	19
Elektronik	177
Kabel	15
mechanische Reparatur	47
Batterie	36

Tab. 6/15: Reparatur und Wartungsarbeiten an Strahlenmeßgeräten, Art der Reparatur

Zeitraubende Beratungen, Beschaffungen und Installationsarbeiten waren nötig für die Erweiterung der Strahlenschutzüberwachung am Zyklotron wie auch für die Sanierung der Luftüberwachung in den Gebäuden des Institutes für Radiochemie und am SNEAK, wo u.a. die Gasmeßstelle mit Ar-41 kalibriert wurde.

6.7.3 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. 6/16 wiedergegeben. Innerhalb des Wartungsplanes werden alle Arten von Dosisleistungsmeßgeräten und Taschenwarngeräten kalibriert.

Gerätetyp	Routineüberprüfung und Kalibrierung	Kalibrierung nach Reparatur	neue Geräte: Eingangskontrolle und Kalibrierung
Jordankammer	18	-	-
Graetz X-10	1	-	-
Graetz X-50	80	3	-
Graetz X-500	10	-	-
Graetz X-1000	4	-	-
Total 6150	26	-	-
Total 6112	23	4	2
Weichstrahlkammer	5	-	-
Taschenwarngerät	53	-	-
Neutronenmeßgerät	19	1	-
sonstige	31	5	3

Tab. 6/16: Wartungsarbeiten an tragbaren Dosisleistungsmeßgeräten und Taschenwarngeräten

Neben diesen routinemäßig durchgeführten Kalibrierungen wurden an den Eichständen der Eichhalle noch 460 Bestrahlungen für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten vorgenommen.

Die Kontrollmessungen an den Cs-137-Bestrahlungsanlagen wurden im gesamten interessierenden Dosisleistungsbereich regelmäßig durchgeführt und ergaben über das Berichtsjahr eine mittlere Reproduzierbarkeit von 1,5 % (relative Standardabweichung).

6.7.4 Vergleichs- und Kalibrierprogramme

B. Burgkhardt

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 1981 an folgenden Vergleichsprogrammen:

- jährliche Vergleichsbestrahlungen von Personendosimetern für amtliche Meßstellen bei der PTB Braunschweig: seit 1980 werden die Dosimeter auch mit kleinen Photonenenergien (bis 17 keV) in unterschiedlichen Strahleneinfallrichtungen (0° , 45° , 90°) und mit Strahlengemischen verschiedener Energien bestrahlt. Die mittlere Abweichung vom Sollwert betrug für das Karlsruher Routine-TLD-System (500 mg/cm² Dosimeterabdeckung) nur + 3 %. Für das zweite TL-Dosimeter in der gleichen Kapselung, aber mit einer Abdeckung von 50 mg/cm², wurde eine mittlere Abweichung von + 14 % gefunden, eine Folge der Energieabhängigkeit bei kleinen Energien.
- Europäisches Vergleichsprogramm für Personendosimeter 1981/82: die Hauptabteilung Sicherheit beteiligte sich mit Thermolumineszenz- und Phosphatglasdosimetern, die im Rahmen dieses Programmes in fünf Instituten innerhalb der EG bestrahlt wurden.
- 18. Unfalldosimeter-Vergleichsprogramm und 7. 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 fünf Vergleichsprogrammen vorliegen. Ein umfangreicher Vergleich all dieser Kalibrierbestrahlungen ist in Vorbereitung.
- Unfalldosimeter- und Personendosimeter-Vergleichsprogramm am Forschungsreaktor in Valduc: die Hauptabteilung Sicherheit beteiligte sich mit dem Einkugel-Albedodosimetersystem und dem KfK-Albedodosimeter. Die Bestrahlungen an der unabgeschirmten Spaltneutronenquelle wurden im Personen- und Unfall-Dosisbereich durchgeführt.
- Weitere Bestrahlungen bei der PTB Braunschweig dienten Kalibrierungen im Zusammenhang mit der Entwicklung des universellen KfK-Albedo-Dosimeters.

6.7.5 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 1981 arbeitete die amtliche Eichabfertigungsstelle an 137 Tagen, wobei insgesamt 1341 Bestrahlungen vorgenommen wurden. Für KfK wurden dabei 3479 Stäbdosimeter und 78 Geräte geeicht.

6.7.6 Trennung von α - und β -Strahlung nach dem Pulse-Shape-Verfahren in Proportionalzählrohren

H. Kiefer, B. Reinhardt, H.-G. Röber

Die in der Praxis für die Messung von α - und β -Teilchen eingesetzten Proportionalzähler liefern Impulse, deren Höhe proportional der von den Teilchen im Detektor abgegebenen Energie ist. Die Trennung erfolgt bisher über eine Energieanalyse z.B. dadurch, daß bei niedriger Arbeitsspannung nur α -Impulse die Zählschwelle überschreiten und bei höherer Arbeitsspannung α - und β -Impulse gemessen werden.

Voraussetzung, daß diese Art der Trennung von α - und β -Strahlung ohne Fehler erfolgt, ist, daß jedes α -Teilchen im Detektor mehr Energie abgibt als jedes β -Teilchen. Das gilt zum Beispiel für den Idealfall, daß α -Teilchen aus einer selbstabsorptionsfreien Probe senkrecht in den Detektor einfallen und der Energieverlust durch Absorption auf dem Weg in den Zählraum unter 3 MeV bleibt. In der Praxis finden wir aber insbesondere in Großflächenproportionalzählern durch diffusen Einfall der Teilchen und durch die Selbstabsorption in der Probe ein bei Null beginnendes kontinuierliches Spektrum der durch α -Teilchen abgegebenen Energie. Im Bereich der Energieabgabe bis ca. 200 keV sind deshalb über Impulshöhenanalyse α - von β -Teilchen nicht zu trennen, was u.U. zu erheblichen Meßfehlern führen kann.

Um Fehlmessungen dieser Art auszuschalten, wurde ein neuartiger Proportionalzähler entwickelt, bei dem zur Trennung von α - und β -Impulsen nicht die von den jeweiligen Teilchen im Detektor abgegebene Energie, sondern ihre Ionisierungsdichte im Zählgas ausgenutzt wird. Auch bei gleicher abgegebener Energie ist die Ionisierungsdichte von α - und β -Teilchen in jedem Fall unterschiedlich (siehe Abb. 6/44). Unterschiedliche Ionisierungsdichten liefern unterschiedliche Impulsformen, so daß über das Pulse-Shape-Verfahren eine wirkungsvolle Trennung von α - und β -Strahlung möglich wird.

Die zur Auswertung anstehenden α - und β -Impulse weisen innerhalb der ersten 25 Nano-Sekunden einen unterschiedlichen Kurvenverlauf auf. α -Impulse zeigen innerhalb dieser Zeitspanne, unabhängig von ihrer späteren Impulshöhe, bzw. ihrer abgegebenen Energie, einen nahezu einheitlichen Verlauf (Abb. 6/44). Aus der Abbildung 6/44 ist ersichtlich, daß der α -Impuls im Zeitbereich < 25 Nano-Sekunden eine erste Steigung aufweist, die ungefähr doppelt so groß ist wie die des β -Impulses. Diesen Steigungsunterschied gilt es auszuwerten. Zu einem späteren Zeitpunkt sind α - und β -Impulse nur noch bedingt unterscheidbar.

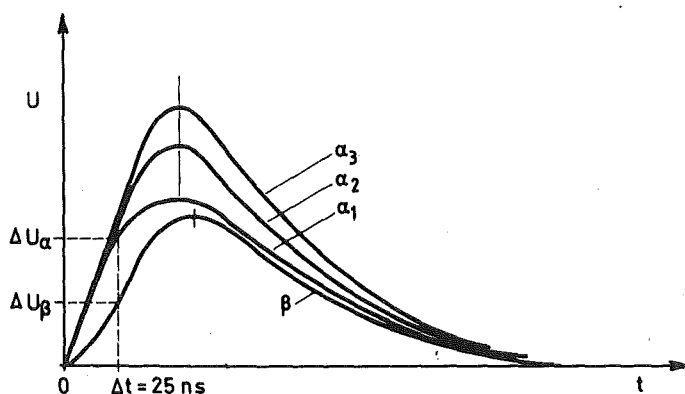


Abb. 6/44: Impulse von α - und β -Teilchen im Proportionalzähler

Der Grundgedanke zur Lösung der Aufgabe bestand darin, daß bei der Messung des Differenzenquotienten $S = V/t$ die Zeit t für alle Messungen konstant gehalten wird, unabhängig davon, ob ein α - oder β -Impuls vorliegt. Wird nun nach $t = 25$ Nano-Sekunden der jeweilige Spannungswert erfaßt, so ist aufgrund des α -spezifischen Kurvenverlaufs immer ein annähernd konstantes Ergebnis zu erwarten. Bei β -Impulsen, bedingt durch deren unterschiedliche Anfangssteigungen, werden die Spannungswerte zum Meßzeitpunkt voneinander abweichen, aber immer wird $U_\beta < U_\alpha$ sein.

Die Auslösung eines Meßvorganges erfolgt, wenn ein vom Detektor eintreffender α - oder β -Impuls die in der Steuereinheit (Abb. 6/45) vorgegebene Spannungsschwelle überschreitet. Die zeitliche Zuordnung des Steuerimpulses für den "elektronischen Schalter" wurde so gewählt, daß der elektronische Schalter den α - oder β -Impuls 25 ns nach Triggerung der Steuereinheit "abschneidet". In der nachfolgenden Auswerteeinheit erfolgt die Impulshöhenerfassung und somit die Unterscheidung in α - oder β -Impuls. Die Ausgänge der Auswerteeinheit sind TTL-kompatibel, so daß konventionelle digitale Zähler angeschlossen werden können.

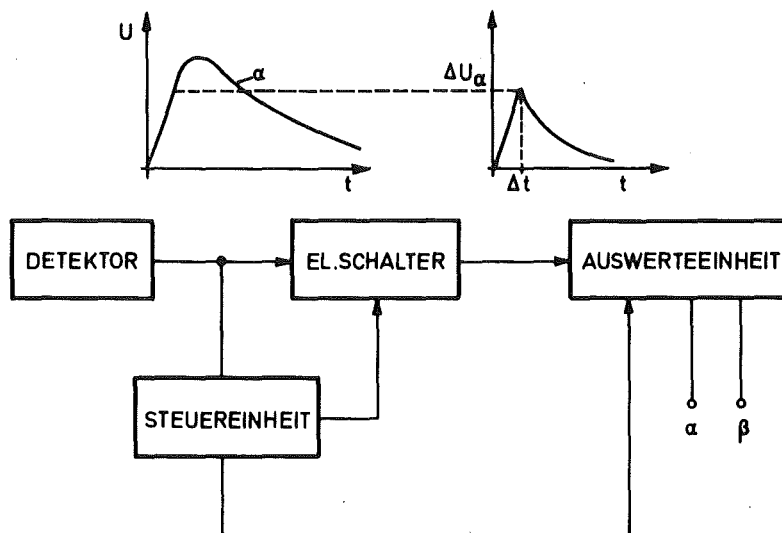


Abb. 6/45: Schaltbild zur α/β -Impulsformdiskriminierung im Proportionalzähler

Das dargestellte Meßverfahren und die dafür entwickelte Meßeinrichtung machen es zum ersten Male möglich, im Proportionalzähler gleichzeitig und mit nur einer einzigen Hochspannung α - und β -Impulse vollständig getrennt zu messen. Der grundsätzliche Fehler, der bei der Anwendung herkömmlicher Detektoreinrichtungen auftreten kann, daß nämlich α - als β -Strahlung registriert wird, schließt diese Methode der Zeitdiskriminierung aus. Durch die gleichzeitige Messung von α - und β -Impulsen mit nur einer Hochspannung reduziert sich die Meßzeit für die Auswertung einer Probe bei gleicher Nachweisgrenze, oder umgekehrt bei gleicher Meßzeit wie bisher wird die Nachweisgrenze verbessert. Patente für dieses Verfahren wurden 1980 und 1981 angemeldet.

6.7.7 Vollständige Erfassung fehlender Detektoren im automatischen Auswertegerät Studsvik 1313 B

H.-G. Röber

Das automatische TLD-Auswertegerät Studsvik 1313 B ist serienmäßig mit einer einfachen Überwachungseinrichtung ausgestattet, die nur eine Erfassung fehlender Detektoren bei komplett bestücktem Detektorträger (4 Detektoren) erlaubt. Die Registrierung fehlender Detektoren erfolgt nur beim Zurückschieben des Detektorträgers in die Kapselung. Wird das Fehlen eines oder mehrerer Detektoren festgestellt, so wird der Auswertetakt nach dem Ende des Auswertezyklus, d.h. nach

dem Einschleiben des Detektorträgers in die Kapselung, gestoppt. Eine Überwachung der Detektoranzahl nach diesem Prinzip setzt voraus, daß vor der Auswertung keine Detektoren verloren gegangen sind.

Für den Geräteanwender ist es aber von großem Nutzen, die Anzahl der Detektoren im Dosimeter frei wählen zu können, sowie Auskunft darüber zu bekommen, ob Detektoren während der Auswertung verloren gegangen sind. Ausgehend von dieser Tatsache wurde eine neue Schaltung für die Überwachung der Detektoranzahl entwickelt und in das automatische TLD-Auswertegerät Studsvik 1313 B eingebaut.

6.7.8 Entwicklung eines Phosphatglasdosimetersystems mit automatischer Auswertung

B. Burgkhardt, E. Plesch, H.-G. Röber

Ziel eines Technologie-Transfer-Vorhabens ist die Entwicklung und Fertigstellung eines Phosphatglasdosimetersystems mit automatischer Auswertung. Das Auftragsvorhaben soll innerhalb einer Laufzeit von zwei Jahren zu einem kommerziellen Prototypgerät führen. Von dem Auswertegerät wurde der Bauteil "Optische Anregung und Fluoreszenzmessung" zur Optimierung bereitgestellt. Der Versuchsaufbau der Optik wird hinsichtlich Ausblendung, Lichtintensität, Filterung des Anregungs- und Fluoreszenzlichtes sowie der Wahl des Photomultipliers optimiert. Kriterien sind hierbei der Dunkelstrom sowie das Signal-Rauschverhältnis des Photomultipliers, des Streulichtanteiles in der Meßkammer, die Eigenfluoreszenz unbestrahlter Gläser und das Ansprechvermögen des Dosimeters. Diese Untersuchungen sollen Anfang 1982 abgeschlossen werden.

Für eine Serienfertigung des im Jahre 1980 entwickelten Flachglasdosimeters wurde eine geeignete Glashalterung sowie eine Dosimeterkapselung konstruiert, welche das Phosphatglas aufnimmt und beiderseitig mit einer Filteranordnung abdeckt. Die Entwicklung dieses kommerziellen Dosimeters konnte bis 1981 abgeschlossen werden. Für die Dosimeterkapselung wurde hierbei ein neuartiges Verschlusssystem verwirklicht. Die Verriegelung erfolgt mit Hilfe einer Blattfeder, welche in einem Kapselteil integriert ist und welche bei verschlossener Kapsel den Deckelteil mittels Hinterfangungen festhält. Die selbsttätige Verriegelung wird durch Schließen der Kapselung aufgelöst. Ein Öffnen der Kapsel ist nur über eine Entriegelung der Blattfeder möglich. Eine Nullserie von Dosimeterkarte und Dosimeterkapselung soll 1982 fertiggestellt werden.

Diese Kapselkonstruktion ist allgemein auch für andere Dosimetersysteme anwendbar und soll u.a. auch für das neue Albedodosimeter verwendet werden. Die Kapselverriegelung bietet eine ausreichende Sicherheit, um das Öffnen der Kapselung durch Unbefugte zu verhindern. Innerhalb des Entwicklungsumfanges ist die Fertigung eines Handöffnungsgerätes sowie eines Öffnungsautomaten vorgesehen. Der Öffnungsautomat ermöglicht eine automatische Kapselöffnung im Dosimeterauswertegerät.

Vom Lizenznehmer wurde der weitere Aufbau des Auswertegerätes einschließlich der elektronischen Steuerung aller Arbeitsvorgänge erwartungsgemäß vorangetrieben. Dies betrifft im einzelnen eine Konstruktion zum Transport der geschlossenen Dosimeterkapselung und der Lösen Dosimeterkarten und die entsprechende Steuerelektronik für die Öffnung der Dosimeterkapselung, die Zuführung der Dosimeterkarte in die optische Meßkammer und die Rückführung der Dosimeterkarte in den Öffnungsautomaten oder wahlweise in ein Kartenmagazin. Nach automatischem Verschließen der Dosimeterkapselung wird das Dosimeter in das Kapselmagazin zurückgebracht. Der geplante Auswertegerät sieht die Auswertung einer Vielzahl von Dosimetern mit Magazinen vor. Als Option ist aber auch die Eingabe und Auswertung von Einzeldosimetern vorgesehen, was insbesondere mit einer Eingangs- bzw. Ausgangskontrolle in Überwachungsbereichen gekoppelt werden kann.

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 mit SODAR-Geräten gemessen und auf Datenträger gespeichert. Die SODAR-Geräte dienen der Fernmessung des Windvektors bis in über 400 m Höhe. Gegenwärtig sind zwei solcher Geräte für einjährige Vergleichsmessungen im KfK aufgestellt.

Zur direkten Beobachtung der Schadstoffausbreitung in der Atmosphäre wurden Ausbreitungsversuche mit Tracern - in Zusammenarbeit mit der Abteilung Radioökologie - und radarverfolgte Tetraonflüge durchgeführt. 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 WALKÜRE wird im Auftrag des Umweltbundesamtes zur Untersuchung der Überlagerung von Kühlturm- und SO₂-haltigen Abluftfahnen eingesetzt. Die Mitarbeit an der Deutschen Risikostudie Kernkraftwerke wurde - in Zusammenarbeit mit einer Arbeitsgruppe des INR - mit einer internationalen Vergleichsrechnung fortgesetzt.

7.1 Auswertung meteorologischer Messungen

S. Vogt

7.1.1 Ausbreitungsstatistik

Zur Berechnung von Langzeitausbreitungsfaktoren sowie von Schadstoffkonzentrationen wurde die Ausbreitungsstatistik des Jahres 1981 erstellt. Tab. 7/1 zeigt die dreiparametrische Häufigkeitsverteilung der Windrichtung, der Windgeschwindigkeit und der Ausbreitungskategorie. Der Windgeschwindigkeit und -richtung liegen $\frac{1}{2}$ -h-Mittelwerte der Höhe 60 m zugrunde. Die Windrose ist in 30°-Sektoren eingeteilt, der Sektor 360° enthält die Richtungen von 345° bis 15°. Die Gesamthäufigkeit in den Sektoren 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 m und 100 m sowie die Windgeschwindigkeit in 40 m Höhe zur Kategorienbestimmung herangezogen. Durch diese Redundanz ist die Ausbreitungsstatistik mit nur etwa 1,3 % 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.

Als Ergänzung zu früheren Statistiken sind in Tab. 7/2 die monatlichen Niederschlagsmengen des Jahres 1981, zusammen mit deren Maxima und Minima und dem langjährigen Mittel, aufgelistet. Das Jahr 1981 war, verglichen mit dem langjährigen Durchschnitt, relativ niederschlagsreich. Auffällig ist der nasse Oktober 1981, der mehr als die dreifache Niederschlagssumme, bezogen auf

die durchschnittliche Summe in diesem Monat, erbrachte.

	Niederschlag in mm				
	Jahr 1981	Maximum (Jahr)	Minimum (Jahr)	17-Jahresmittel	Streuung aus 17 Jahren
Januar	67,7	90,5 (1965)	11,7 (1973)	48,7	20,6
Februar	29,8	120,3 (1970)	7,3 (1972)	46,9	33,0
März	55,5	88,4 (1979)	18,4 (1973)	45,4	20,6
April	55,8	122,5 (1968)	19,3 (1974)	54,1	26,8
Mai	79,6	233,1 (1978)	23,3 (1977)	71,9	50,8
Juni	88,9	134,8 (1975)	23,7 (1976)	81,1	90,9
Juli	58,7	130,8 (1978)	24,8 (1971)	76,4	36,3
August	33,0	255,3 (1968)	40,7 (1976)	74,4	51,8
September	50,4	107,2 (1976)	11,7 (1969)	49,6	29,9
Oktober	177,5	177,5 (1981)	3,3 (1969)	54,5	43,7
November	34,4	102,0 (1972)	22,9 (1968)	58,9	25,5
Dezember	149,7	149,7 (1981)	16,3 (1971)	61,3	39,5
Jahr	734,2	989,5 (1968)	477,5 (1971)	723,2	131,2

Tab. 7/2: Niederschlag im KfK der Jahre 1965-1981

7.1.2 Weitergabe meteorologischer Daten

Die Bauabteilung des KfK forderte als Planungsunterlagen umfangreiche Temperatur- und Feuchte-statistiken der Jahre 1973 bis 1980 an. Insbesondere interessierten die absoluten Minimaltempe-raturen im Dezember und Januar (-18 °C und -16 °C), die Maximaltemperatur im Sommer (+36,9 °C) sowie die Temperaturen bzw. Feuchteverläufe während dieser Extremzeiten.

Der Abteilung Radioökologie wurden Listen der Regendauer und Regenmengen für vier ausgewählte Meßzeiträume zur Verfügung gestellt. Diese Daten dienten der Auswertung und Interpretation von H-3-Messungen um den MZFR.

Am Geodätischen Institut der Universität Karlsruhe läuft ein Programm zur Vermessung des Rhein-grabens. Wie in den vergangenen Jahren wurden zur Auswertung der Messungen im "Testnetz" Karls-ruhe die Vertikalprofile von Windrichtung und Windgeschwindigkeit, Temperatur und Feuchte sowie Luftdruck, Niederschlag und Strahlung für insgesamt 19 mehrstündige Meßkampagnen auf Lochkarten bereitgestellt.

7.2 Meßwerterfassung und -verarbeitung

R. von Holleuffer-Kypke, P. Thomas

7.2.1 Laufender Betrieb im CALAS-System

In der Zeit vom 01.12.1980 bis zum 30.11.1981 gingen durch Pannen, Reparaturen und Wartungen der Anlage zur Erfassung und Berechnung der meteorologischen Daten 181 10-min-Datenblöcke ver-loren. Das entspricht einer Ausfallrate von 0,35 %.

Zwischen dem 30.11.1980 und dem 14.01.1981 erfolgte die Übertragung von der PDP-8/I zum zentra-len Laborautomatisierungssystem CALAS zeitweise fehlerhaft. Betroffen waren insgesamt ca. 260 10-min-Datenblöcke. Dabei war der Blockanfang bis einschließlich zum Minimalwert der in 80 m

Höhe gemessenen Windgeschwindigkeit richtig, alle folgenden Daten dagegen falsch. Alle auf der Protokollschreibmaschine gedruckten Werte (Windgeschwindigkeit in 100 m und 200 m, Windrichtung in 40 m, 100 m und 200 m, Temperatur in 2 m, 100 m und 200 m, Temperaturdifferenz zwischen 30 m und 60 m, Taupunkt in 2 m, kurzweilige Strahlung abwärts) und die mit einer Vektorfahne in 100 m Höhe gemessene Standardabweichung σ_ϕ der vertikalen Windrichtung sowie der Niederschlag wurden nachträglich in diese Blöcke eingefügt.

7.2.2 Neues Meteorologisches Informations System (MIS)

Das CALAS-Nachfolgesystem (s. Jahresbericht 1980 der HS, KfK 3113, p. 216) wurde 1981 termingerecht aufgebaut und läuft im Probetrieb. Beide Rechner stehen in einem Anbau von Bau 103. Ihre Programmierung ist weitgehend abgeschlossen, die Kopplung der Rechner fand statt. Beide Rechner laufen unter dem Betriebssystem RSX-11M.

Die Rohre für die Kabel vom Mast zum Bau 103 sind verlegt. Die Kabel sollen in der zweiten Märzhälfte 1982 in diese Rohre umgelegt werden. Die alte Anlage wird noch bis Ende März 1982 unter CALAS weiterbetrieben. Bei der endgültigen Inbetriebnahme des neuen MIS wird Kabel für Kabel von der alten Anlage abgeklemmt, umgelegt und an die neue Anlage angeschlossen. Eine Zeitlang werden beide Anlagen parallel betrieben, so daß beim Kabelverlegen immer nur ein Teil der meteorologischen Information verlorenght.

7.2.2.1 Rangierverteiler

Abb. 7/1 zeigt ein Foto des Rangierverteilers. In den beiden nur teilweise abgebildeten äußeren Schränken befinden sich die Eingangsklemmen für die Signalkabel vom Mast, im mittleren Schrank die Ausgangsklemmen der Kabel zum Erfassungsrechner. Die Ausgangsklemmen befinden sich hinter der auf der Abb. 7/1 sichtbaren Rangiertafel. Auf der Rangiertafel kann jedes meteorologische Instrument mit jeweils zwei Kurzschlußbügeln an den Erfassungsrechner angeschlossen bzw. von ihm getrennt werden. Die jedem Instrument zugeordneten drei Buchsenpaare dienen wie im folgenden beschrieben zur Kontrolle und Fehlersuche:

- Linke Buchsen: Abgreifen des Signals mit einem Meßgerät bei gezogenem Kurzschlußbügel, Erfassungsrechner ist vom meteorologischen Instrument getrennt.
- Mittlere Buchsen: Einspeisen eines Prüf- oder Kalibriersignals bei gezogenem Kurzschlußbügel zum Rechner.
- Rechte Buchsen: Abgreifen des Signals bei geschlossenem Kurzschlußbügel mit einem Meßgerät, das Signal wird vom Meßgerät und dem Erfassungsrechner verarbeitet.

Auf die unter dem rechten Buchsenpaar befindliche Buchse ist die Abschirmung des jeweiligen Signalkabels aufgelegt.

7.2.2.2 Erfassungssystem

Abb. 7/2 zeigt das Erfassungssystem mit der PDP-11/34 links und dem CAMAC-System rechts. Die PDP-11/34 ist mit einem Memory von 256 kB und zwei Wechselplattenspeichern von je 10,4 MB ausgestattet. Links oben auf Abb. 7/2 ist die Funkuhr zu sehen, die das Erfassungsprogramm synchronisiert bzw. beim Start dem Rechner Datum und Uhrzeit automatisch mitteilt. Nach Netzausfall läuft der Rechner selbsttätig und mit Hilfe der mit Batterie gepufferten Funkuhr zeitrichtig wieder an. Rechts oben auf Abb. 7/2 sind die drei zusammengekoppelten Multiplexer des 4-s-Zyklus,

der Multiplexer des 1-s-Zyklus (Vektorfahnen) und die beiden gekoppelten Zählwerke für die Anemometerimpulse zu sehen. Darunter befinden sich die beiden mit Leuchtzifferanzeigen versehenen Digitalvoltmeter, je eines für den 4-s- und den 1-s-Zyklus. Ergänzt wird das System durch eine Protokoll-Teletype (DECWRITER II) und eine System-Teletype (DECWRITER III).

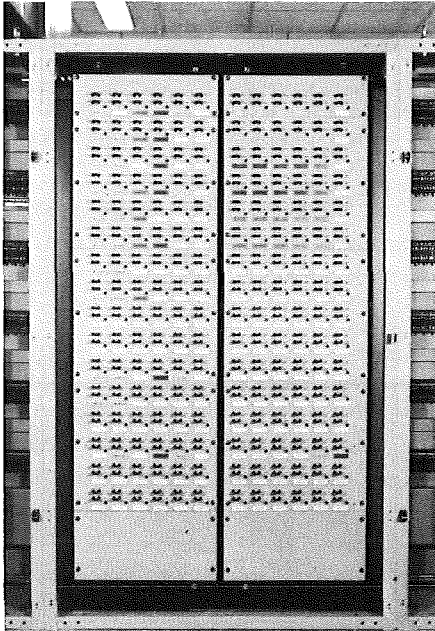


Abb. 7/1: Rangierverteiler

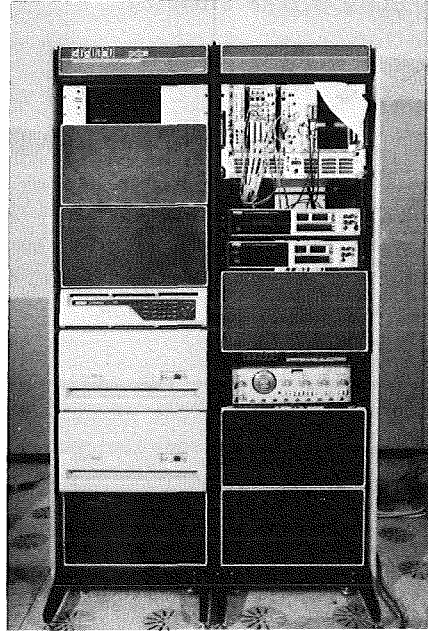


Abb. 7/2: Erfassungssystem

7.2.2.3 Zentralrechnersystem

Abb. 7/3 zeigt den Zentralrechner mit der Magnetbaineinheit links, den vier Wechsellattenspeichern von je 10,4 MB in der Mitte und der PDP-11/44 mit einem Memory von 256 kB rechts. Ergänzt wird das System durch zwei Teletypes (DECWRITER II und III) mit einem Farbdisplay mit Tastatur und einem zum Display gehörenden Drucker/Plotter (DECWRITER IV). Weitere Farbdisplays werden bei HS/R in der Überwachungszentrale, bei HS/S in der Alarmzentrale, in der ständigen Ausstellung des KfK in der SKT und bei HDI-2 aufgestellt. Der Zentralrechner wird mit einem Multi-User-System betrieben, d. h. alle Benutzer können gleichzeitig aktiv sein.

7.2.2.4 Analogregistrierung und Windgeschwindigkeitserfassung

Die im alten MIS existierenden Analogregistrierungen und die Windgeschwindigkeitserfassung wurden für das neue MIS komprimiert und neugegliedert. In einem Schrank sind das Windgeschwindigkeitserfassungsgerät (s. Jahresbericht 1980 der HS, KfK 2939, p. 179), die Registrierung der Schwertwindfahnen in 60 m, 100 m und 200 m Meßhöhe und die Transmuter der Vektorfahnen in 40 m und 160 m eingebaut. Ein weiterer Schrank enthält den Transmuter der Vektorfahne in 100 m Meßhöhe, fünf 3-Kanalschreiber und einen Notstromeinschub. Dieser Schrank bildet die meteorologische Notversorgung (s. Kap. 7.2.2.5).

Während die Registrierung der Anemometer und Schwertwindfahnen lediglich zusammengefaßt wurde, ist die Registrierung der Vektorfahnen neu aufgeteilt worden. Jedem Schreiber wurde ein Signal (ϕ , σ_ϕ , θ , σ_θ , v) und jedem Kanal eines Schreibers eine Meßhöhe (40 m, 100 m, 160 m) zugeordnet. Man kann so die Veränderung eines Signals mit der Meßhöhe unmittelbar sehen.

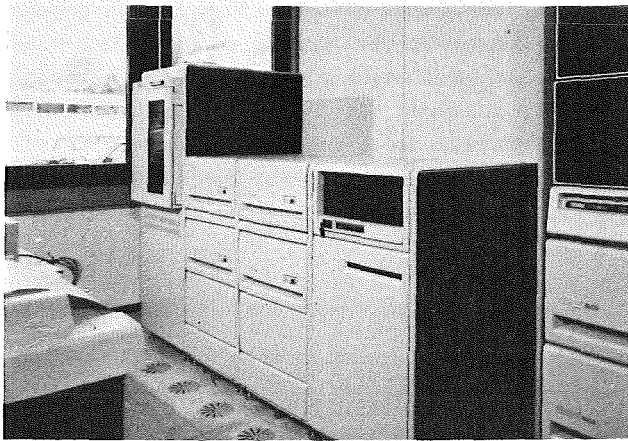


Abb. 7/3: Zentralrechner

7.2.2.5 Meteorologische Notversorgung

Aus bautechnischen Gründen kann das neue MIS nicht direkt an eine Notstromversorgung angeschlossen werden. Deshalb wurde zur Überbrückung eines Netzausfalles ein internes Notstromsystem zusammengestellt.

Für eine meteorologische Notversorgung ist die Bestimmung der Ausbreitungskategorie, der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit ausreichend. Die Vektorfahne in 100 m liefert diese notwendigen Parameter. Die Notversorgung besteht somit aus dem Transmuter der Vektorfahne in 100 m, den Analogregistrierungen der Vektorfahne und einem Notstromeinschub. Die im Notfall gewünschten Informationen der 100-m-Vektorfahne können mittels Klarsichtschablonen direkt an den Schreibern abgelesen werden.

Der Notstromeinschub hält Batterien in geladenem Zustand und versorgt den Transmuter. Bricht das Stromnetz zusammen, wird der Transmuter unterbrechungsfrei weiter über die Batterien betrieben. Die Analogregistrierung ist vom Stromnetz entkoppelt; sie besitzt batteriebetriebene Uhrwerke. Die Monozellen werden alle sechs Monate ausgetauscht.

7.2.3 Doppler-SODAR

Ein Doppler-SODAR (Sonic Detection and Ranging) arbeitet nach dem Prinzip des Echolotes. Kurze, hörbare Schallimpulse werden gebündelt in die Atmosphäre abgestrahlt. Aus jeder Höhe wird ein geringer Bruchteil der Schallenergie zurückgestreut und wieder empfangen. Die Frequenz des empfangenen Signals ist gegen die Sendefrequenz aufgrund der Luftbewegung im Streuvolumen verschoben (Dopplereffekt). Aus der Laufzeit und der Frequenzverschiebung werden die Höhenprofile von Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Standardabweichung der Windrichtung und Rückstreuamplitude bestimmt. Ein Doppler-SODAR liefert somit alle für Ausbreitungsrechnungen wichtigen Größen in Abhängigkeit der Höhe über Grund.

Im Auftrag der Vereinigung der Großkraftwerks-Betreiber testet HS/M seit November 1981 zwei Doppler-SODAR-Geräte der Herstellerfirmen Bertin (Abb. 7/4, links) und Rosenhagen (rechts). Es werden ihre Verfügbarkeit und die Vergleichbarkeit der Daten mit denjenigen vom Mast untersucht. Bei erfolgreichem Test sollen Doppler-SODAR-Geräte statt Masten zukünftig an Kernkraftwerken eingesetzt werden.

Das SODAR liefert zeitlich abwechselnd 10-min-Mittelwerte der oben angegebenen Größen aus Höhen von 40 m bis 420 m über Grund mit Höhenschritten von 20 m. Die SODAR-Daten werden auf Magnetbandkassetten geschrieben und off-line auf Magnetplatten im Zentralrechner des neuen MIS geladen. Dort werden die Daten zur Kontrolle zusammen mit den Mastdaten übersichtlich gelistet und auf einem Sichtgerät dargestellt. Im Zentralrechner werden die Daten schließlich auf IBM-kompatible Bänder übertragen, um sie einer späteren Auswertung auf den Großrechenanlagen des KfK zuzuführen.

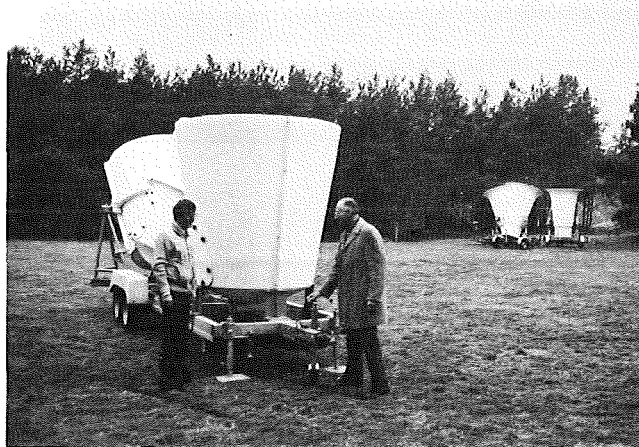


Abb. 7/4: Zwei SODAR-Geräte auf der meteorologischen Wiese

7.3 Ausbreitungsexperimente

K. Nester, P. Thomas

7.3.1 Durchführung

Am 24. Juni fand das einzige Experiment im Jahre 1981 statt. Es war das letzte, an dem HS/R beteiligt war. Die gemeinsame Experimentserie mußte wegen Personalmangels seitens HS/R abgebrochen werden. Bei dem letzten Experiment wurden bei Kategorie A wie bisher die Tracer CFCl_3 und CF_2Br_2 simultan von der 160-m- bzw. 195-m-Plattform des meteorologischen Mastes freigesetzt.

Am 8. September 1981 wurde am KfK gemeinsam mit der EURATOM-Forschungsanstalt (JRC) Ispra ein weiteres Experiment durchgeführt. Bei Kategorie D wurden die Tracer CFCl_3 und SF_6 simultan von der 160-m- und 195-m-Plattform freigesetzt. Die Proben wurden in vier aufeinanderfolgenden 30-min-Sammelperioden in Plastiksäcken und Stahlflaschen mit Geräten des JRC gesammelt. Das JRC analysierte auch die Proben gaschromatographisch.

Die mit HS/R gemeinsam durchgeführten Experimente sind ausgewertet und in Primärberichten beschrieben. Die mit Emissionshöhen von 60 m und 100 m durchgeführten Experimente sind als KfK-Berichte veröffentlicht (s. [48] und [49]). Die mit Emissionshöhen 160 m und 195 m durchgeführten Experimente werden 1982 veröffentlicht.

7.3.2 Überprüfung des Hamburger Ausbreitungskriteriums

Von Hamburger Meteorologen wurde das "Hamburger Ausbreitungskriterium" entwickelt (C. Wamser, J. Schröter, K. Hinrichsen (1980): Darstellung und Anwendung eines verbesserten, universell:

gültigen Ausbreitungskriteriums. Staub-Reinh. Luft 40, p. 253-257). Nach Angaben der Autoren ist dieses Kriterium wesentlich universeller als die bisherigen Verfahren zur Bestimmung der Ausbreitungsparameter σ_y und σ_z . Es erlaubt die Berechnung der Streuung der Vertikalgeschwindigkeit σ_w aus der Strahlungsbilanz. σ_w wird dann zur Bestimmung von σ_y und σ_z in der Form

$$\sigma_y = A_y \times \sigma_w^{b_y}; \quad \sigma_z = A_z \times \sigma_w^{b_z}.$$

verwendet. Die Exponenten b_y , b_z hängen nur von σ_w ab, während die Faktoren A_y , A_z Funktionen der Quellhöhe und der effektiven Rauigkeit sind. Das Ausbreitungskriterium wurde anhand der Karlsruher Ausbreitungsexperimente getestet. Die Autoren kamen zu einer so guten Übereinstimmung zwischen den berechneten und den experimentell bestimmten σ_y -Werten, daß es angebracht schien, sich mit dem Hamburger Ausbreitungskriterium näher zu befassen. Durch die Hinzunahme weiterer Experimente wurde der Vergleich auf eine breitere Basis gestellt. Dabei werden 18 Experimente mit 60 m und 100 m Emissionshöhe berücksichtigt. Die Auswahl erfolgte nach dem von den Hamburger Autoren angegebenen Kriterium für Stationarität. Obwohl die Übereinstimmung zwischen berechnetem und experimentell bestimmtem σ_y etwas schlechter war als von den Autoren angegeben, fiel sie mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,8 immer noch recht gut aus (s. Abb. 7/5). Für den Vergleich wurde von der Strahlungsbilanz ausgegangen. Da für einen Teil der Experimente auch das σ_w aus den Messungen der Vektorfahne in 40 m Höhe zur Verfügung steht, wurden die aus den Messungen bestimmten σ_w mit den nach Wamser aus der Strahlungsbilanz berechneten korreliert. Die Steigung der Regressionsgeraden weicht erheblich von 1 ab. Daraufhin wurde der Vergleich mit den am KfK im Jahre 1980 gemessenen Werten (mehr als 15 000 $\frac{1}{2}$ -h-Werte) durchgeführt (s. Abb. 7/6). Das Ergebnis bestätigt den mit dem geringen Datenkollektiv festgestellten Sachverhalt.

Werden die anhand der Messungen mit der Vektorfahne ermittelten σ_w -Werte in die Gleichung für σ_y eingesetzt, ergibt sich, wie erwartet, keine gute Übereinstimmung mit den experimentell ermittelten σ_y -Werten mehr (s. Abb. 7/7).

Eine entsprechende Untersuchung des vertikalen Ausbreitungsparameters σ_z , die von den Hamburger Autoren nicht durchgeführt wurde, erbrachte bereits bei Verwendung der Strahlungsbilanz eine wesentlich schlechtere Korrelation ($r = 0,6$).

Unsere bisher durchgeführten Vergleiche zeigen, daß das Hamburger Ausbreitungskriterium weiter geprüft und möglicherweise modifiziert werden muß, ehe es universell angewendet werden kann, wie von den Autoren gefordert.

7.4 Tetroonflüge

P. Thomas, S. Vogt

7.4.1 Abnahme der verbesserten Transponder am Witthoh

Die Herstellerfirma Elektro-Spezial lieferte fünf weiterentwickelte und verbesserte Transponder. Die Abnahme wurde mit einem MBVR-120 der Bundeswehr am Witthoh durchgeführt. Bei der ersten Kampagne vom 25. bis 27.05.1981 konnten wegen schlechten Wetters keine Tetroons aufgelassen werden. Das MBVR-120 ortete einen Tetroon jedoch "blind" über eine 20 km lange, hindernisfreie Strecke (Witthoh - Hohentwiel).

In einer zweiten Kampagne vom 24. bis 26.08.1981 wurden die Versuchsflüge bei gutem Wetter erfolgreich durchgeführt (s. Tab. 7/3). An den Versuchstagen bestimmte ein Hochdruckgebiet mit schwachen Windbewegungen das Wetter. Während der Flüge herrschte am Tage die leicht labile Ausbreitungskategorie C, bei längerer Sonneneinstrahlung erhöhte sich die Turbulenz bis zur Kategorie A. Die geringe Windgeschwindigkeit ließ höchstens zwei Tetroonflüge pro Tag zu.

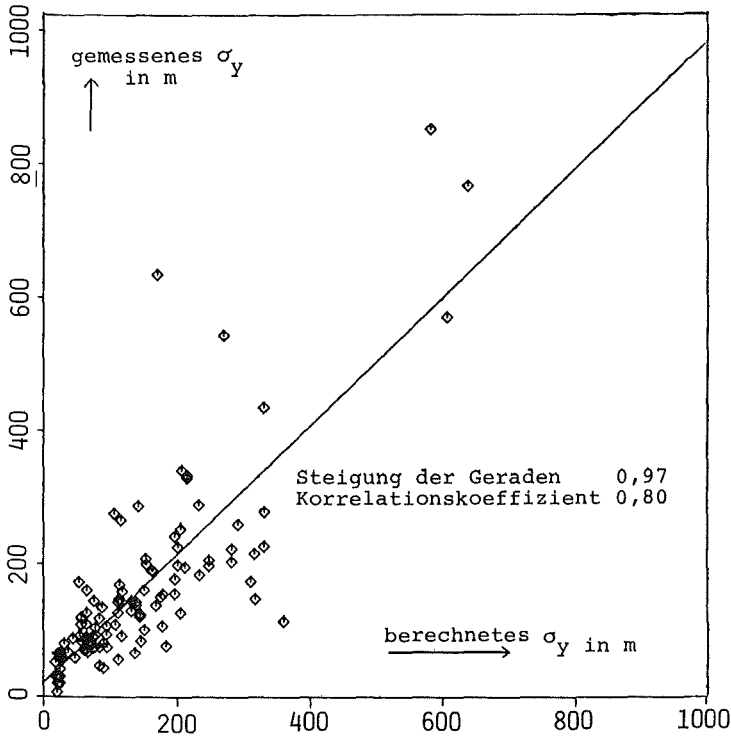


Abb. 7/5: Korrelation zwischen gemessenen und aus der Strahlungsbilanz berechneten σ_y

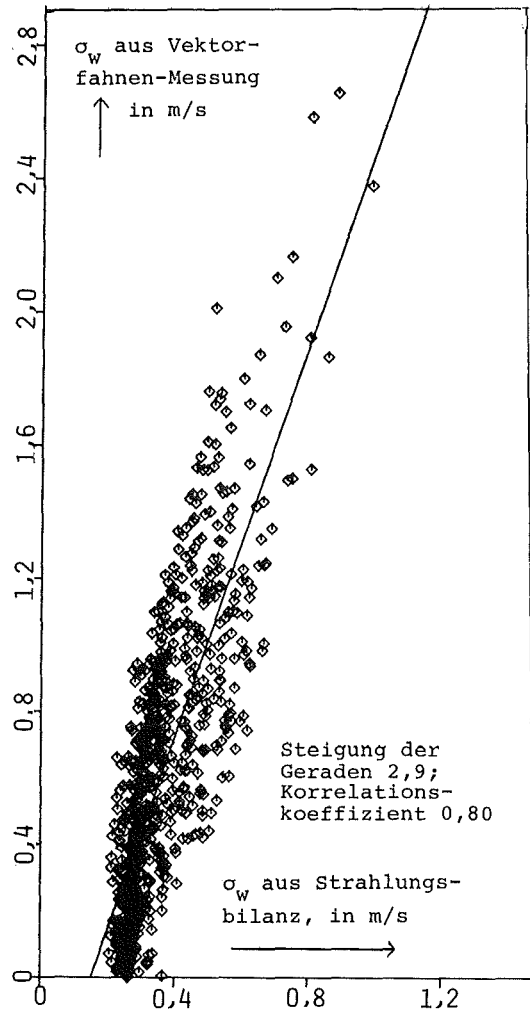


Abb. 7/6: σ_w -Korrelation

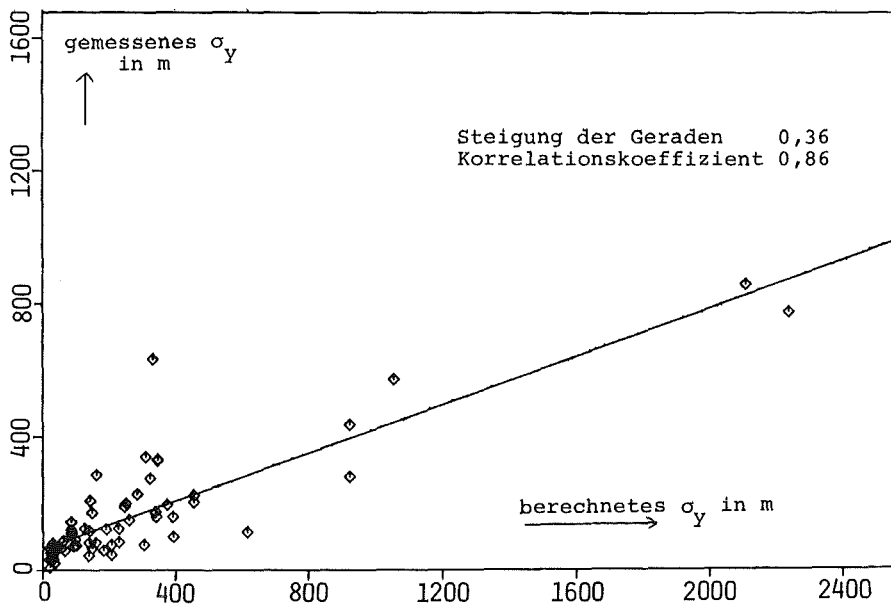


Abb. 7/7: Korrelation zwischen gemessenen und aus Vektorfahnen-Messungen berechneten σ_y

Tetroon	Startzeit MEZ	Transponder	mittlere Geschwindigkeit in m/s	mittlere Flughöhe in m	Radarkontakt ging verloren bei		Fundort des Tetroon
					Entfernung in km	Flugzeit in h. min	
1W81	24.08. 13.05	T001	2,8	650	71	6.52	-
2W81	25.08. 8.00	T002	4,1	450	45	3.05	CH-Zwingen (Jura)
3W81	25.08. 12.00	T003	2,9	500	47	4.25	D-Lenzkirch (Schluchsee)
4W81	26.08. 8.05	T004	3,1	1 000	94	8.20	A-Kehlegg (Dornbirn)

Tab. 7/3: Flugdaten der Mustertransponder

Nach einer Funktionsprüfung der fünf Transponder am 24.08. und der Feststellung, daß Transponder 5 Triggerprobleme hatte, wurde um 15.05 Uhr Transponder 1 mit südlicher Flugrichtung gestartet. Nach 5 h 18 min hatte der Transponder die geforderte Reichweite von 50 km erreicht. Um 22.00 Uhr, nach Erreichen von 71 km Entfernung, wurde die Verfolgung abgebrochen. Bedingt durch die lange Betriebszeit von 7 h mußte die Empfangsfrequenz an dem MBVR geringfügig korrigiert werden. Das Antwortsignal war noch stark genug, um 90 - 100 km Entfernung zu erreichen. Damit war die geforderte Reichweite und Betriebszeit (5 h) übertroffen.

Transponder 2 und 3 flogen in westlicher Richtung auf den Schwarzwald zu. Dort wurden sie durch einen Höhenzug bei Bonndorf abgeschattet. Die Radarantenne war zum Zeitpunkt der Abschattungen mit $-0,1^\circ$ Elevation unter den Horizont gerichtet.

Im Gegensatz zu früheren Flügen zeigte sich bei beiden Flugbahnen nach etwa 15 bis 20 km eine relativ scharf ausgeprägte Richtungsänderung um etwa 25° bzw. 45° . Die Querdistanz nimmt danach ab und im weiteren Flugverlauf nur langsam wieder zu. Die Ursache ist möglicherweise die Topographie, aufgrund derer die zunächst vorherrschenden Ostwinde am westlichen Rande der Baar nach Südwesten gelenkt wurden.

Am 26.08. wurde Transponder 4 gestartet. Nach 4 h 35 min war die Entfernung von 50 km erreicht, das Videosignal lag noch gut über dem Rauschen. Nach 8 h 20 min wurde in einer Entfernung von 94 km ein Stillstand des Transponders beobachtet. Nach weiteren 10 min erloschen abrupt die Antwortsignale. Offenbar war das Tetroon-Transponder-Gespann gelandet, aufgrund der langen Betriebszeit waren die Batterien wahrscheinlich erschöpft. Abb. 7/8 zeigt die auf den Erdboden projizierten Flugbahnen.

7.4.2 Auswertung der Transponderflüge am Witthoh

Wie im Jahresbericht 1978 der HS, KfK 2775, p. 198 ausgeführt, wird aus den Trajektorien zeitlich nacheinander gestarteter Tetroons der horizontale Ausbreitungsparameter σ_y bestimmt:

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{2} \Delta y^2$$

Die Querdistanz Δy ist der seitliche Abstand zweier Tetroons bei jeweils gleicher Entfernung vom Startplatz. Aus den beiden Flügen vom 25.08. wird entsprechend der horizontale Ausbreitungsparameter σ_y abgeleitet (s. Abb. 7/9). Die durchgezogene Kurvenschar wurde aus Tracerexperimenten mit

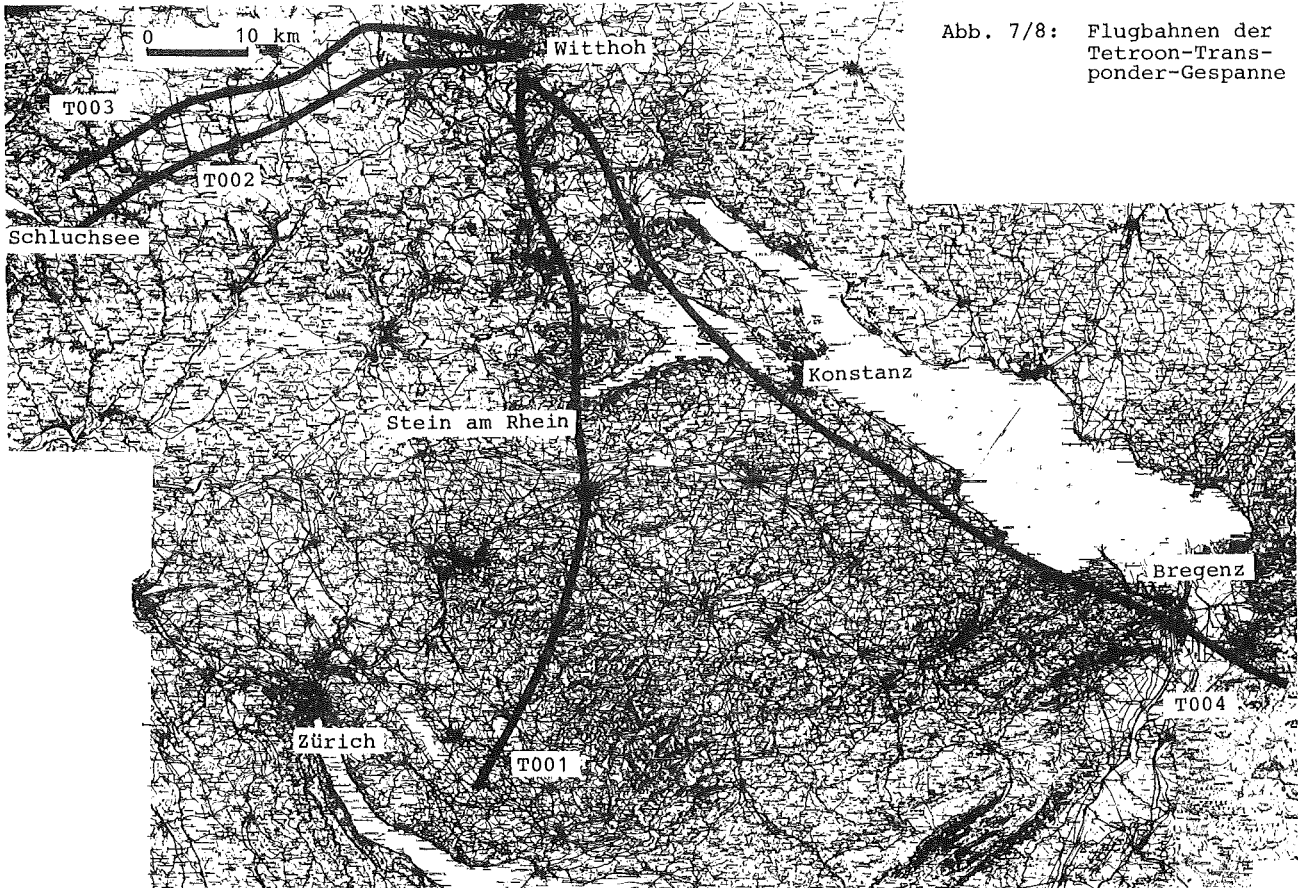


Abb. 7/8: Flugbahnen der Tetroon-Transponder-Gespanne

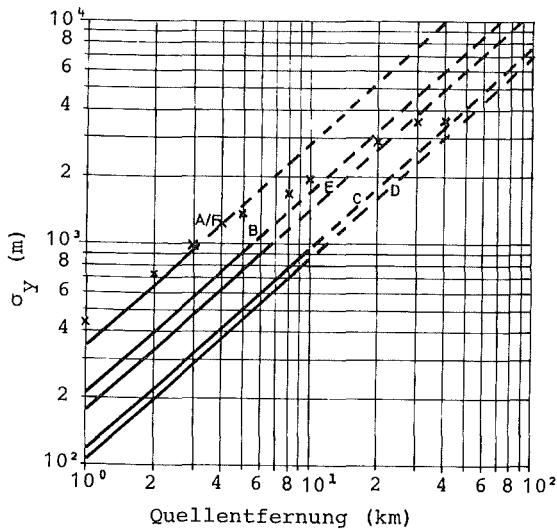


Abb. 7/9: σ_y aus Tracer-Experimenten und Tetroonflügen
 x Tetroonflüge
 — Tracerexperimente
 --- Tracerexperimente extrapoliert

Emissionshöhen von 160 m und 195 m ermittelt. Der gestrichelte Bereich ist extrapoliert.

7.4.3 Teilnahme am PUKK

HS/M nahm mit radarverfolgten Tetroonflügen am Projekt zur Untersuchung des Küsten-Klimas (PUKK) teil, das im Herbst 1981 an der deutschen Nordseeküste stattfand. Ziel des Projekts war die Erfassung der Unterschiede der Struktur der atmosphärischen Grenzschicht beiderseits der Küste im mesoskaligen Bereich. PUKK setzte sich aus Einzelexperimenten zusammen, die von mehr als 10 Forschungseinrichtungen (Hochschulinsti-tute, Deutscher Wetterdienst, Geophysikalischer Beratungsdienst der Bundeswehr, Landesanstalt für Umweltschutz und Großforschungseinrichtungen) durchgeführt wurden. Die Daten aller Experimente stellen eine umfangreiche Datenbasis für mesoskalige Ausbreitungsmodelle dar.

Insgesamt wurden an sechs Tagen 29 Tetroons gestartet (s. Tab. 7/4). 27 Tetroons wurden mit passiven Radarreflektoren versehen, zwei Tetroons mit Transpondern, die bereits im August 1981 am

Witthoh eingesetzt und wiedergefunden worden waren. Bei der Mehrzahl der Flüge (36 %) ging der Radarkontakt zwischen 20 und 30 km Entfernung verloren, ein Viertel der Flüge konnte bis zu Entfernungen zwischen 30 km und 40 km verfolgt werden. Ein Flug überschritt die 50-km-Marke. Die Auswertung der Flüge ist noch nicht abgeschlossen.

Nr. des Tetroons	Startzeit [MEZ]	mittlere Geschw. [m/s]	Radarkontakt ging verloren bei		Bemerkungen
			Schrägentfernung [km]	Flugzeit [min]	
1P81	29.09. 12.00	11,1	12	18	
2P81	14.00	11,0	41	62	
3P81	17.00	12,0	33	46	
4P81	30.09. 9.05	10,4	47	75	
5P81	10.45	11,6	30	43	
6P81	12.02	9,6	45	81	
7P81	16.30	-	-	-	Tetroon "wassert" bei Start
8P81	18.05	12,5	12	16	
9P81	01.10. 9.05	7,9	10	21	
10P81	10.32	10,9	23	35	
11P81	12.00	19,6	33	28	
12P81	13.33	10,5	27	43	
13P81	15.00	8,5	24	47	
14P81	16.30	10,9	40	61	
15P81	02.10. 9.00	13,5	38	47	
16P81	10.30	9,6	38	66	
17P81	12.00	7,2	26	60	
18P81	13.30	7,2	26	63	
19P81	15.00	6,7	24	50	
20P81	16.30	6,3	16	42	
21P81	05.10. 9.15	8,9	34	54	Transponder T002
22P81	12.05	11,3	51	75	
23P81	13.52	8,2	31	63	
24P81	15.37	11,4	26	38	Transponder T003
25P81	16.53	13,6	27	33	
26P81	17.58	8,6	17	33	
27P81	06.10. 9.07	8,8	47	89	
28P81	10.45	7,8	39	83	
29P81	12.17	5,6	48	142	

Tab. 7/4: Kenndaten der Tetroonflüge

7.5 Ausbreitungsmodelle

K. Nester, H. Verenkotte

7.5.1 Ausbreitung von Schadstoffpuffs

Zur Berechnung der Ausbreitung von Schadstoffpuffs um ihren Massenschwerpunkt längs einer Trajektorie wurde das Programm SPALT entwickelt. Die Verteilung der Konzentration S_p in einem Puff wird durch folgende Gleichung beschrieben:

$$S_p = \frac{Q}{(2\pi)^3 \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \cdot \exp \left[- \frac{(x-x')^2}{2\sigma_x^2} - \frac{(y-y')^2}{2\sigma_y^2} - \frac{(z-z')^2}{2\sigma_z^2} \right]$$

In dieser Gleichung gelten folgende Definitionen:

$$x' = \int_0^t \bar{u} dt'; \quad y' = \int_0^t \bar{v} dt' \quad \text{und} \quad z' = H + \int_0^t \bar{w} dt'$$

- Q = Quellstärke
- t = Zeit
- $\sigma_i(t)$ = Streuung in x-, y-, z-Richtung
- $\bar{u}(t), \bar{v}(t), \bar{w}(t)$ = Komponenten der Windgeschwindigkeit in x-, y-, z-Richtung (zur Festlegung der Trajektorie)
- H = Quellhöhe.

Bei dem obigen Ansatz wird angenommen, daß die atmosphärische Turbulenz annähernd homogen ist, und die Geschwindigkeit längs der Trajektorie durch einen von z unabhängigen Mittelwert angenähert werden kann. Bei Reflexion des Schadstoffes am Boden wird ein weiterer Term mit $(z+z')$ anstelle von $(z-z')$ addiert.

Die Ausbreitung einer kontinuierlich emittierenden Quelle läßt sich dadurch simulieren, daß die Fahne in einzelne Puffs zerlegt wird und die Konzentrationsbeiträge aller Puffs aufsummiert werden. Diese Lösung für die Ausbreitung einer Schadstofffahne erlaubt die Berücksichtigung einer zeitlichen Änderung der Ausbreitungsbedingungen, sowohl was die Turbulenz als auch was die Trajektorie angeht.

Da die Puffs beliebigen Trajektorien folgen können, ist das Modell auch dann verwendbar, wenn die Schadstoffausbreitung in hügeligem Gelände stattfindet. Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die Ausbreitung von Verunreinigungen über große Distanzen, die normalerweise nicht geradlinig erfolgt. In diesen Fällen ist allerdings die Grenzschichthöhe als weiterer Parameter einzuführen. Die Ausbreitung von Schadstoffen bei windschwachen Situationen läßt sich ebenfalls mit einem Puff-Modell behandeln. Alle diese Fälle stellen numerisch keine Probleme dar und können mit relativ geringem Computeraufwand gelöst werden.

Die Verwendung eines Puff-Modells setzt die Kenntnis des Strömungsfeldes voraus. Meist ist die Bestimmung dieses Feldes weitaus schwieriger als die eigentliche Ausbreitungsrechnung. Bei geradliniger Ausbreitung einer Schadstofffahne muß das Puff-Modell als Konzentrationsverteilung die allgemein bekannte doppelte Gaußverteilung liefern. Sie kann als Test für das Modell herangezogen werden. Abb. 7/10 zeigt einen derartigen Vergleich. Die Schadstofffahne wurde dabei von einer 100 m hohen Quelle emittiert. Die Übereinstimmung beider Ergebnisse ist sehr gut. Ein Beispiel für eine nicht geradlinige Ausbreitung ist die Bodenkonzentrationsverteilung in Abb. 7/11. Hier wurde die Ausbreitung einer Fahne in 100 m Höhe längs der gestrichelten Stromlinie mit dem Puff-Modell berechnet. Deutlich zu erkennen ist die Drehung des Konzentrationsfeldes längs der Stromlinie.

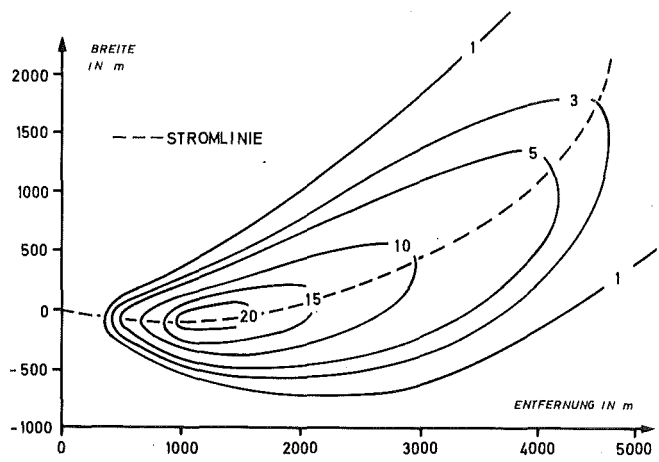
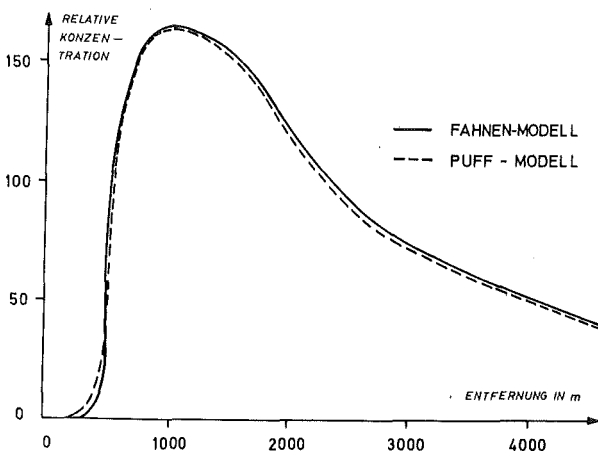


Abb. 7/10: Bodenkonzentration unter der Achse der Abluftfahne für neutrale atmosphärische Schichtung

Abb. 7/11: Relatives Konzentrationsfeld am Boden

7.5.2 k-ε-Modell zur Berechnung des atmosphärischen Diffusionskoeffizienten

Im Kühlturmfahnenmodell WALKÜRE wird zur Berechnung der Diffusionskoeffizienten in der Fahne ein k-ε-Modell verwendet. Dieses läßt sich prinzipiell auch zur Berechnung der Umgebungsdiffusionskoeffizienten einsetzen. Die entsprechenden Gleichungen lauten dann:

$$\frac{\partial}{\partial z} K_h \frac{\partial k}{\partial z} = a \frac{k^2}{\epsilon} P - \epsilon$$

$$\frac{\partial}{\partial z} K_m \frac{\partial \epsilon}{\partial z} = b a k P - c \frac{\epsilon^2}{k}$$

mit $P = \left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z}\right)^2 - \frac{g}{T} \frac{K_h}{K_m} \frac{\partial \theta}{\partial z}$

$$K_m = a \frac{k^2}{\epsilon}; K_h = 1,3 K_m.$$

Es bedeuten dabei:

- k = turbulente kinetische Energie
- ε = Dissipationsrate der turbulenten kinetischen Energie
- u, v = horizontale Windgeschwindigkeitskomponenten
- K_h, K_m = Diffusionskoeffizienten für Wärme und Impuls
- g = Erdbeschleunigung
- T = Temperatur
- θ = potentielle Temperatur
- z = vertikale Koordinate
- a, b, c = Konstanten mit den Werten 0,09; 1,5; 2,0.

Bei bekanntem Temperatur- und Windprofil läßt sich somit das k- und das ε-Profil und damit das K_h - und K_m -Profil bestimmen.

Als untere Randbedingungen werden die Ansätze der Prandtl-Schicht verwendet. An der Obergrenze der atmosphärischen Grenzschicht werden k und ε gleich null gesetzt.

Da das Modell für WALKÜRE verwendet werden soll, wurde versucht, Temperatur- und Wind-Profile aus den Sondierungen, die während Kühlturmfahnenmeßprogrammen durchgeführt wurden, als Eingangsparameter zu verwenden. Bereits erste Testrechnungen zeigten, daß sich derartige Profile für die Berechnung des Umgebungskoeffizienten nicht eignen. Zum einen ist die Auflösung in Bodennähe unzureichend, zum anderen sind die Profile auch in größeren Höhen zu unausgeglichen, um vertrauenswürdige Ergebnisse liefern zu können. Erst nach einer Glättung der Temperatur- und Wind-Profile zur Eliminierung der turbulenten Einflüsse zeigen die berechneten Profile des Diffusionskoeffizienten einen plausiblen Verlauf. Da die Glättung mit einer Unsicherheit verbunden ist, liefert das Verfahren zur Bestimmung der Diffusionskoeffizienten über die k-ε-Gleichungen keine wesentliche Verbesserung gegenüber den einfacheren Ansätzen, die direkt von den Temperatur- und Wind-Profilen ausgehen. Nur eine dichte Folge von Sondierungen und die damit verbundene Möglichkeit der Mittelung könnte die Ergebnisse verbessern.

7.5.3 Kühlturmschwaden-Berechnung im Rahmen der KKP-I-Meßkampagne

Die Meßkampagne am Kühlturm des Kernkraftwerks Philippsburg (KKP-I) diente u. a. dazu, die mit verschiedenen Schwaden-Simulationsprogrammen berechneten Schwadenkonturen mit der beobachteten zu vergleichen. Aus den Meßdaten wurden für diesen Vergleich 16 Fahnenbeobachtungen ausgewählt. Für die Zeiträume der Beobachtungen wurden die gemessenen Vertikalprofile der Temperatur, Feuchte, Windgeschwindigkeit und -richtung sowie die Emissionsdaten bereitgestellt. Mit dem dreidimensionalen Kühlturmschwaden-Simulationsmodell WALKÜRE wurden die Kühlturmschwaden für alle 16

Fälle berechnet. Da bei zwei Fällen der Verdacht besteht, daß die meteorologischen Messungen fehlerhaft sind, verbleiben noch 14 Vergleichsfälle. Davon wurde bei 10 Fällen eine zufriedenstellende Übereinstimmung (Abweichungen um weniger als einen Faktor 2) festgestellt. Abb. 7/12 enthält einen Fall mit sehr guter, Abb. 7/13 einen mit mäßiger Übereinstimmung. Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß das Modell WALKÜRE dazu neigt, die sichtbare Fahnenlänge zu unterschätzen. Dies liegt zum Teil daran, daß bei der Auswertung der Schwadenkontur Fetzen miteinbezogen wurden. Das Modell erlaubt dagegen nur die Simulation des kompakten Schwadens, d. h. des Schwadenteils, in dem an allen Punkten die Wahrscheinlichkeit, daß die Fahne sichtbar ist, mehr als 50 % beträgt.

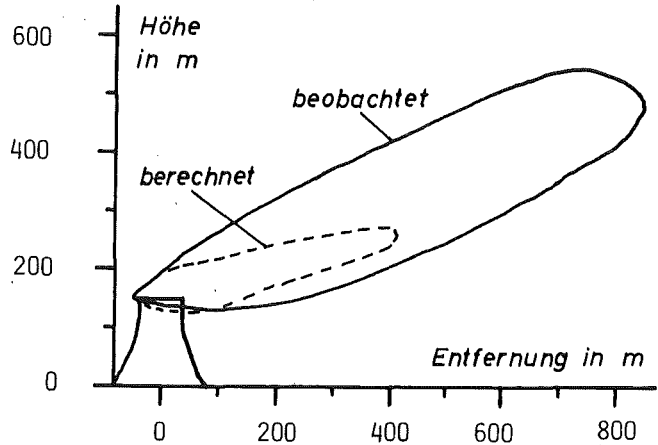
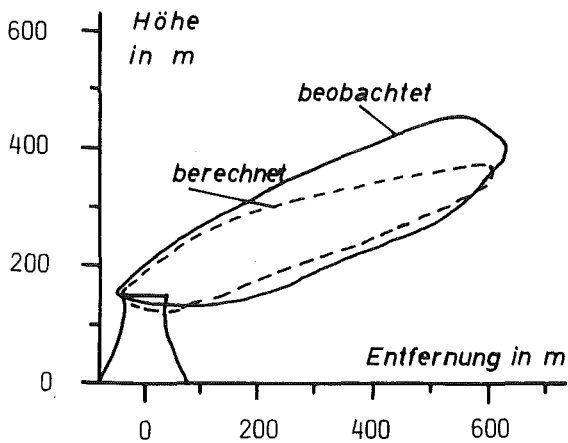


Abb. 7/12: Kühlturmschwaden am 30.03.1981, 10 h

Abb. 7/13: Kühlturmschwaden am 01.04.1981, 15.40 h

7.5.4 Überlagerung von Kühlturm- und Abgasfahnen

Die Theorie des Modells Überlagerung von Kühlturm- und Abgasfahnen ist im Jahresbericht 1980 der HS, KfK 3113, vorgestellt worden. Es behandelt die Ausbreitung "kalter" Abgase in einer turbulenten Grenzschicht, deren Geschwindigkeitskomponenten aus einer Grundströmung und einer Querzirkulation, hervorgerufen durch die Kühlturmfahne, bestehen.

Für die Berechnungen wurden folgende Daten konstant gehalten:

Kühlturmhöhe:	132,8 m	Kaminhöhe:	200 m
Radius der Kühlturmöffnung:	30,9 m	Quellstärke:	1 g/s
Anfangstemperatur der Fahne:	25,5 °C		
Austrittsgeschwindigkeit:	6,4 m/s		
Kühlleistung:	1016,0 MW		

Meteorologische Daten:	Temperatur am Boden:	-4 °C
	Windgeschwindigkeit (konstant):	6,24 m/s
	Ausbreitungsklasse:	D (III ₁)

Die Abb. 7/14 zeigt die transversale Zusatzgeschwindigkeit des Kühlturm-Doppelwirbels in vektorieller Darstellung. Man erkennt die Struktur des Doppelwirbels der Kühlturmfahne. Durch den Auftrieb steigen die Achsen des Wirbels mit wachsender Entfernung in größere Höhen.

Für einen seitlichen Abstand Kamin - Kühlturm gleich 200 m ist in Abb. 7/15 das berechnete Konzentrationsfeld mit und ohne Kühlturmeinfluß zum Vergleich gegenübergestellt. Die Konzentration am Boden wird gegenüber der ungestörten Ausbreitung erhöht. Dies erklärt sich durch die Advek-

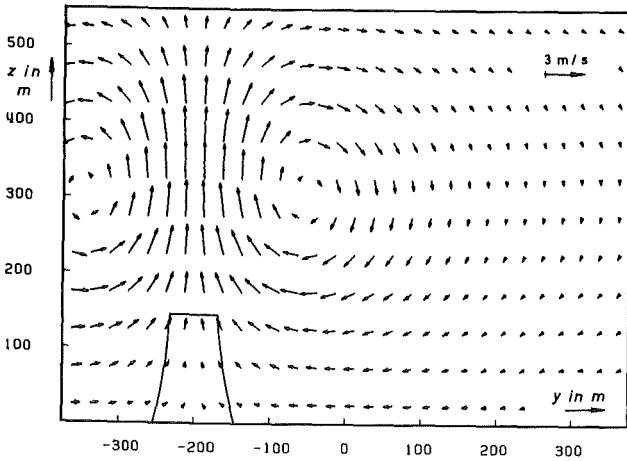


Abb. 7/14: Querschnitt durch das Geschwindigkeitsfeld. Entfernung von der Quelle 1 km

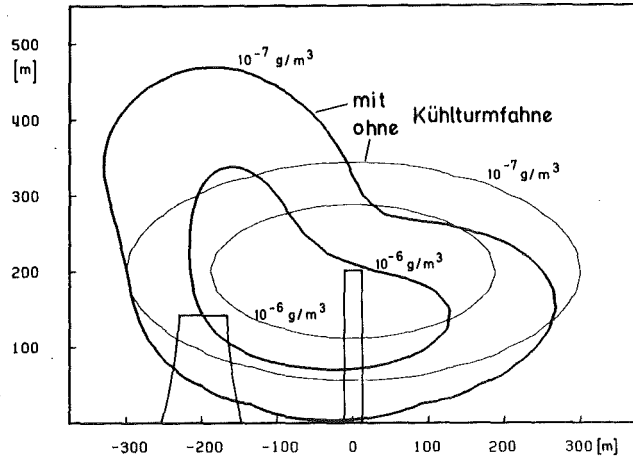


Abb. 7/15: Querschnitt durch das Konzentrationsfeld. Entfernung von der Quelle 1 km

tion der Abgase mit dem Strömungsfeld. Das Gebiet aufsteigender Strömung (von der Bildmitte 200 m nach links verschoben) verursacht einen in der Hauptsache vertikalen Transport des Schadstoffes und damit ein Anwachsen der Konzentration in der Höhe. Im rechten Teil des Feldes sinkt die Luft ab. Die so bedingte Advektion erhöht die Konzentration am Boden.

Für einen Abstand Kamin - Kühlturm von 200 m wurde untersucht, welchen Einfluß die Windrichtung auf die sich im Lee einstellende Konzentration am Boden besitzt. Steht die Windrichtung quer zur Anordnung Kamin - Kühlturm, tritt die höchste Konzentrationserhöhung auf. Bei diesem Abstand überschreitet aber das absolute Maximum das Maximum für ungestörte Ausbreitung nicht. Es wurde erwartet, daß bei größerem lateralen Abstand des Kühlturms zum Kamin die Bodenkonzentration weiter ansteigt. Deshalb wurden Fälle mit lateralem Abstand des Kühlturms bis über 200 m gerechnet.

Die maximale Konzentration am Boden (s. Abb. 7/16) hängt stark vom lateralen Abstand der Emittenten ab. Das Maximum ist bei seitlichem Abstand von 400 m am größten. Die Erhöhung gegenüber der ungestörten Ausbreitung beträgt ca. 60 %. Um eine bestimmte maximale Konzentration nicht zu überschreiten, darf der Abstand Emissionsquelle - Kühlturm daher nicht zu groß sein.

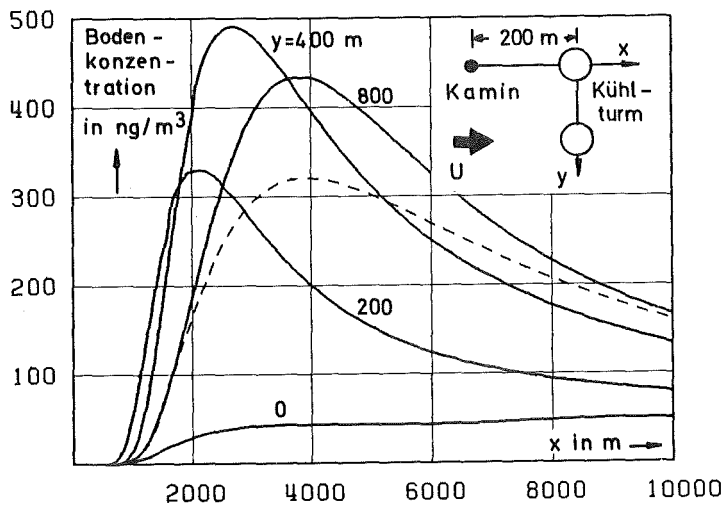


Abb. 7/16: Maximale Bodenkonzentration für unterschiedliche laterale Abstände Kamin - Kühlturm
 — mit Kühlturmeinfluß
 - - - ungestörte Ausbreitung

7.6 Risikoermittlung

W. Hübschmann, S. Vogt, P. Wittek

7.6.1 Unfallfolgenmodell der Deutschen Risikostudie Kernkraftwerke (DRS)

Anfang des Jahres 1981 erschienen alle Fachbände zur DRS sowie die Programmbeschreibung des Unfallfolgenmodells UFOMOD [37]. Danach setzte eine kritische, teils fachlich fundierte, teilweise aber auch unqualifizierte Kritik an Modellen und Eingabeparametern des Unfallfolgenmodells ein. Dabei wurde meist übersehen, daß viele Modellvorstellungen und Eingabeparameter auf Weisung des Auftraggebers aus der amerikanischen Reaktor-Risiko-Studie, WASH-1400, übernommen wurden. Für die Arbeiten der Phase B der DRS entfällt eine derartige Bedingung. Ausgewählte Parameter des atmosphärischen Ausbreitungsmodells wurden im Hinblick auf Verbesserungen in Phase B variiert. Eine Auswahl modifizierter Parameter sowie die hieraus resultierenden relativen Änderungen des kollektiven Risikos aus der Phase A sind in Tab. 7/5 dargestellt. Bei diesen Untersuchungen wurde jeweils nur ein Parameter geändert. Während sich das kollektive Risiko der Spätschäden nur wenig ändert, ist der Einfluß auf das Frühschadens-Risiko z. T. erheblich, insbesondere bei einer Änderung der Ablagerungsparameter.

Noch stärker ist der Einfluß auf Einzelergebnisse, u. a. auf die berechneten maximalen Frühschäden $KS_{f,max}$. Es muß betont werden, daß UFOMOD nicht zur realistischen Berechnung von Schäden in Einzelfällen, sondern zur Ermittlung des Risikos konzipiert worden ist. Tatsächlich enthält es einige pauschale und konservative Annahmen, die gerade die Maximalschäden als zu hoch erscheinen lassen. Um den Bereich des Konservativismus abzuschätzen, wurde eine Neuberechnung mit folgenden Varianten durchgeführt [17]:

- Die Freisetzungskategorie FK1 wird gestrichen, da eine Dampfexplosion in der Geometrie eines großen Reaktorkerns nicht realistischerweise angenommen werden kann.
- Die Jod-Freisetzung wird in Anbetracht neuerer Erkenntnisse u. a. über Jodidbildung um den Faktor 10 reduziert.
- Die Aerosol-Ablagerung wird in Übereinstimmung mit dem empfohlenen Parameter um den Faktor 10 reduziert.
- Zur Simulation des "Run-off" wird die ausgewaschene Aktivität bis zu einem Faktor 2 (bei starkem Regen) reduziert.

Die Ergebnisse sind in Tab. 7/6 zu denen der Phase A jeweils in Klammern hinzugefügt. Sie zeigen, daß bei realistischer Abschätzung vor allem die Zahl maximaler Frühschäden in den Bereich bekannter schwerer Verkehrsunfälle herabsinken kann. Da die Notfallplanung sich erfahrungsgemäß an den Maximalzahlen orientiert, wird hiermit gezeigt, daß realistischere Modelle notwendig sind, um die Basis für solche Planungen zu liefern.

7.6.2 Vergleich von Unfallfolgenmodellen

Im Rahmen eines internationalen Projekts werden die Ergebnisse der Rechnungen mit Unfallfolgenmodellen miteinander verglichen. An diesem Projekt nehmen 25 Forschungsinstitutionen aus 16 Ländern teil. Die Grundzüge sind im Jahresbericht 1980 der HS, KfK 3113, beschrieben. Die gestellten sieben Teilaufgaben wurden im Laufe des Jahres 1981 von den Teilnehmern gelöst. Derzeit werden die Ergebnisse ausgewertet.

Als Beispiel dient ein vorläufiges Ergebnis der letzten Teilaufgabe. Dabei soll für einen Druck-

Parameter-Art	trockene Ablagerungs- geschwindigkeit		Auswaschkoeffizient λ in $10^{-4}/s$			Ausbreitungs- parameter σ_y und σ_z	Windrichtungs- verteilung	
	für Aerosol	für Jod	Niederschlag	$<1 \frac{mm}{h}$	$1-3 \frac{mm}{h}$			$>3 \frac{mm}{h}$
Parameter in) Phase A)	0,01 m/s	0,01 m/s	Aerosol+Jod	1	5	10	konstant	gleichverteilt
verbessertes) Parameter)	0,001 m/s	0,02 m/s	für Aerosol für Jod	0,4 0,6	1,1 1,6	2,4 3,0	höhenab- hängig	reale Ver- teilung
relative Änderung des kollektiven Risikos								
der Frühschäden	0,96	1,45		0,25			0,86	1,19
der Spätschäden	0,83	0,97		1,06			0,98	1,04

Tab. 7/5: Verbesserte Parameterwahl und relativer Einfluß auf das kollektive Risiko

Freisetzungskategorie	Kollektivschaden			kollektives Risiko pro Jahr
	größter $KS_{f,max}$	mittlerer \overline{KS}_f	kleinster $KS_{f,min}$	
FK1	16600 (-)	7,9 (-)	0	$4,0 \cdot 10^{-4}$
FK2	5700 (176)	7,6 (0,11)	0	$1,0 \cdot 10^{-4}$
FK3	200 (6)	0,14 (0,007)	0	$0,03 \cdot 10^{-4}$
FK4	50 (4)	0,06 (0,008)	0	$0,06 \cdot 10^{-4}$
FK5 - FK8	0	0	0	0
Summe				$5,1 \cdot 10^{-4}$

Tab. 7/6: Charakteristische Größen der kollektiven Frühschäden KS_f für 25 Anlagen (in Klammern die Werte nach vier Modifikationen (s. Kap. 7.6.1))

wasser-Reaktor von 3200 MW_{th} und gegebene unfallbedingte Freisetzung das Kollektivrisiko für Tod durch akutes Strahlensyndrom bei einer gegebenen Bevölkerungsverteilung errechnet werden. Jeder Teilnehmer soll sein Unfallfolgenmodell so anwenden, wie es für Risikostudien im eigenen Lande konzipiert wurde.

Abb. 7/17 zeigt die von vier Teilnehmern aus der Bundesrepublik Deutschland (UFOMOD) und den USA (CRAC, CRAC2 und CRACIT) erstellten Verteilungsfunktionen für frühe Todesfälle. Die Unterschiede sind größtenteils durch die unterschiedlichen Notfallschutzmaßnahmen bedingt. Der niedrige Mittelwert und die geringe Wahrscheinlichkeit des Eintretens früher Todesfälle, errechnet mit CRACIT, rührt wahrscheinlich von folgender Eigenschaft des Ausbreitungsmodells her: Es berücksichtigt die Topographie und berechnet Trajektorien, denen die Aktivitätsfahne folgt. Dadurch werden größere Bevölkerungsteile von der Aktivitätsfahne seltener oder gar nicht berührt.

7.6.3 Einsatz des Unfallfolgenmodells der DRS für weitere Arbeiten

Im Berichtszeitraum wurden die Auswirkungen von Unfällen in bestimmten kerntechnischen Anlagen mit Hilfe des Unfallfolgenmodells der Deutschen Risikostudie abgeschätzt.

Die Eingabeparameter, z. B. die Freisetzungsdaten, sind dabei den speziellen Problemstellungen, soweit möglich, angepaßt worden. Die Anforderungen hinsichtlich der Wahl der meteorologischen Ausbreitungsbedingungen reichen von der Auswahl einzelner, für die jeweiligen Standorte geeigneter, charakteristischer oder auch besonders ungünstiger Wetterabläufe bis zur Anwendung des zy-

klischen Auswahlverfahrens für ein Ensemble von Wetterabläufen einer geeigneten Standortregion. Die Auftraggeber interessierten sich vor allem für Risiko und Schadensausmaß der Frühschäden und somatischen Spätschäden, für den Umfang bestimmter kontaminierter Gebiete und für die entfernungabhängige, potentielle Dosis und Dosisleistung.

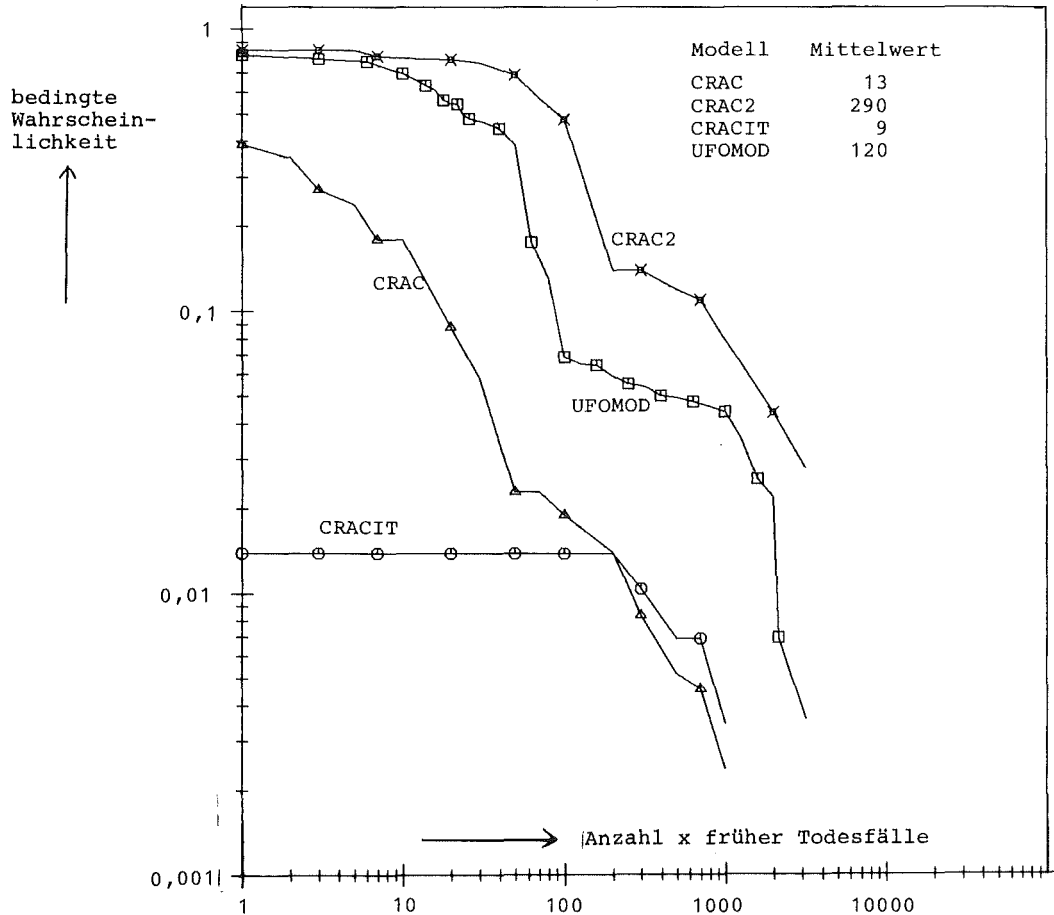


Abb. 7/17: Verteilungsfunktion früher Todesfälle (vorläufiges Ergebnis)

7.7 Strahlenbelastung der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe

M. Bär, S. Honcú, W. Hübschmann

7.7.1 Strahlenbelastung im Jahre 1981 aufgrund der mit der Abluft abgeleiteten Aktivität

Die Tab. 7/7 zeigt die im Jahre 1981 im Raum des KfK mit der Abluft abgegebene Aktivität entsprechend den Messungen im Rahmen der Abluftüberwachung. 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 Akti-

Emittent ¹⁾	Geb.-Nr.	Emiss.- Höhe	Emission je Nuklid bzw. Nuklidgruppe							
			Gruppe A		Gruppe B		Gruppe C		Ar-41	
			mCi	MBq	mCi	MBq	Ci	TBq	Ci	TBq
WAK/LAVA	1501/31/2	60	0,29	11	10	370	-	-	-	-
KTB/FR 2	607/608	99	-	-	-	-	-	69 000	2 600	-
KBG/KNK	741	99	-	-	7,6	280	56	2,1	-	-
KBG/MZFR	901	99,5	-	-	-	-	370	14	-	-
KBG/HZ	701	65	-	-	-	-	8,5	0,32	-	-
IHCH	721/24/26	60	-	-	-	-	20	0,74	-	-
HDB-FERAB	536	70	0,69	26	42	1600	-	-	-	-
HDB-D.FL.	545/555	19	-	-	22	810	-	-	-	-
HDB-D.FS.	548	15	-	-	0,8	30	-	-	-	-
ZYKLOTRON	351	36	-	-	-	-	390	15	-	-
IRCH	321/1A/341	15	-	-	0,8	30	69	2,6	-	-

¹⁾ Es wurden nur diejenigen Emittenten berücksichtigt, die zu mehr als 5 % zur Emission eines Nuklids bzw. einer Nuklidgruppe beigetragen haben.

Tab. 7/7: Mit der Abluft im Jahre 1981 emittierte Radioaktivität

Emittent ¹⁾	Geb.-Nr.	Emiss.- Höhe	Emission je Nuklid									
			H-3		C-14 ²⁾		Jod-Elem		Sr-90 ²⁾		Pu-241 ²⁾	
			Ci	TBq	Ci	TBq	mCi	MBq	mCi	MBq	mCi	MBq
WAK/LAVA	1501/31/2	60	-	-	-	-	3,1	120	0,27	10	(1	37)
KTB/FR 2	607/608	99	150	5,7	-	-	0,094	3,5	-	-	-	-
KBG/KNK	741	99	-	-	(5,6	0,21)	-	-	(0,76	28)	-	-
KBG/MZFR	901	99,5	1900	71	19	0,71	0,17	6,3	-	-	-	-
KBG/HZ	701	65	-	-	(0,85	0,032)	0,43	16	-	-	-	-
IHCH	721/24/26	60	-	-	(2	0,074)	0,7	26	-	-	-	-
HDB-FERAB	536	70	250	9,4	-	-	0,31	12	(4,2	160)	(4,2	160)
HDB-D.FL.	545/555	19	-	-	-	-	2,8	100	-	-	-	-
HDB-D.FS.	548	15	-	-	-	-	0,098	3,6	(0,08	3,0)	-	-
ZYKLOTRON	351	36	-	-	(10	0,37)	-	-	-	-	-	-
SNEAK	452	50	-	-	-	-	0,044	1,6	-	-	-	-
IRCH	321/1A/341	15	-	-	(6,9	0,26)	0,16	5,9	(0,08	3,0)	-	-
IT	601/2/5	22	-	-	-	-	0,039	1,5	-	-	-	-
LAF II	415A/415B	8	-	-	-	-	0,058	2,2	-	-	-	-

¹⁾ Es wurden nur diejenigen Emittenten berücksichtigt, die zu mehr als 5 % zur Emission eines Nuklids bzw. einer Nuklidgruppe beigetragen haben.

²⁾ Die Zahlen in Klammern sind fiktive Emissionen entsprechend dem Abluftplan (1/10 der Emission der Gruppe B bzw. Gruppe C, aber nicht mehr als 10 Ci bzw. $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq C-14/a).

Tab. 7/7: Fortsetzung

rität in den einzelnen Windrichtungssektoren berücksichtigt. Zur Errechnung der äußeren β -Strahlung nach Inhalation und/oder Ingestion radioaktiver Stoffe diente das Programm ISOLA III (s. KfK 2698).

Die berechneten Strahlendosen in den umliegenden Ortschaften, am Zaun des KfK sowie die jeweiligen Höchstwerte zeigt Tab. 7/8, zusätzlich wurde die Verteilung der externen Gammadosis gezeichnet (s. Abb. 7/18). 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 γ - und β -Strahlendosen um die Dosen, die am Aufpunkt mit einem das ganze Jahr 1981 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 teilweise abschirmen.



Abb. 7/18: Ganzkörperdosis durch γ -Strahlung in der Umgebung des KfK im Jahr 1981
(1 mrem = 10 μ Sv)

Belastungspfad Körperteil/Organ Aktivität	Submersion				Inhalation						Ingestion						
	Ganzkörper		Haut		Lunge		Ganzkörper		Knochen*		Ganzkörper		Knochen*		Schilddrüse		
	γ-Aktivität	β-Aktivität	Grüpe A+B, Pu-241	Grüpe A+B, Pu-241	Grüpe A+B, Pu-241	H-3,C-14, Pu-241, Grüpe B	Grüpe A+B, Pu-241	Grüpe A+B, Pu-241	C-14,Sr-90	C-14,Sr-90	Sr-90	Sr-90	Sr-90	Sr-90	Grüpe A+B, Pu-241	Grüpe A+B, Pu-241	
mrem	μSv	mrem	μSv	mrem	μSv	mrem	μSv	mrem	μSv	mrem	μSv	mrem	μSv	mrem	μSv	mrem	μSv
O r t																	
Graben	0,52	5,2	0,20	2,0	0,003	0,03	0,008	0,08	0,06	0,6	0,03	0,3	0,07	0,7	0,03	0,3	
Neudorf	0,36	3,6	0,15	1,5	0,002	0,02	0,005	0,05	0,04	0,4	0,03	0,3	0,05	0,5	0,02	0,2	
Friedrichstal	0,98	9,8	0,46	4,6	0,004	0,04	0,011	0,11	0,09	0,9	0,06	0,6	0,11	1,1	0,06	0,6	
Spöck	0,26	2,6	0,22	2,2	0,002	0,02	0,006	0,06	0,05	0,5	0,03	0,3	0,06	0,6	0,03	0,3	
Neuthard	0,40	4,0	0,23	2,3	0,003	0,03	0,008	0,08	0,06	0,6	0,04	0,4	0,07	0,7	0,03	0,3	
Karlsdorf	0,27	2,7	0,16	1,6	0,002	0,02	0,005	0,05	0,04	0,4	0,03	0,3	0,05	0,5	0,02	0,2	
Staffort	0,20	2,0	0,13	1,3	0,001	0,01	0,004	0,04	0,03	0,3	0,02	0,2	0,04	0,4	0,02	0,2	
Blankenloch	0,18	1,8	0,09	0,9	0,001	0,01	0,003	0,03	0,02	0,2	0,02	0,2	0,03	0,3	0,01	0,1	
Hagsfeld	0,13	1,3	0,05	0,5	0,001	0,01	0,002	0,02	0,02	0,2	0,01	0,1	0,02	0,2	0,01	0,1	
Karlsruhe-Markt	0,10	1,0	0,04	0,4	0,001	0,01	0,002	0,02	0,01	0,1	0,01	0,1	0,02	0,2	0,01	0,1	
Neureut	0,22	2,2	0,10	1,0	0,001	0,01	0,003	0,03	0,03	0,3	0,02	0,2	0,03	0,3	0,02	0,2	
Eggenstein	1,08	10,8	0,43	4,3	0,004	0,04	0,011	0,11	0,09	0,9	0,07	0,7	0,12	1,2	0,06	0,6	
Leopoldshafen	0,96	9,6	0,30	3,0	0,006	0,06	0,015	0,15	0,13	1,3	0,09	0,9	0,15	1,5	0,09	0,9	
Linkenheim	0,56	5,6	0,30	3,0	0,006	0,06	0,012	0,12	0,13	1,3	0,08	0,8	0,14	1,4	0,09	0,9	
Hochstetten	0,34	3,4	0,17	1,7	0,003	0,03	0,007	0,07	0,07	0,7	0,04	0,4	0,07	0,7	0,05	0,5	
Liedolsheim	0,21	2,1	0,08	0,8	0,002	0,02	0,003	0,03	0,03	0,3	0,02	0,2	0,03	0,3	0,02	0,2	
Rußheim	0,13	1,3	0,05	0,5	0,001	0,01	0,002	0,02	0,02	0,2	0,01	0,1	0,02	0,2	0,01	0,1	
Leimersheim	0,19	1,9	0,16	1,6	0,003	0,03	0,006	0,06	0,06	0,6	0,04	0,4	0,07	0,7	0,04	0,4	
Altes Nordtor	7,2	72	2,75	27,5	0,05	0,5	0,05	0,5	1,16	11,6	0,62	6,2	1,61	16,1	1,08	10,8	
Nordtor	3,2	32	1,37	13,7	0,06	0,6	0,11	1,1	1,15	11,5	0,38	3,8	0,82	8,2	0,60	6,0	
Südtor	4,4	44	1,20	12,0	0,01	0,1	0,03	0,3	0,25	2,5	0,35	3,5	0,38	3,8	0,23	2,3	
Zaun NO vom FR 2	11,1	111	4,38	43,8	0,04	0,4	0,10	1,0	0,85	8,5	0,58	5,8	1,20	12,0	0,74	7,4	
Zaun SW vom FR 2	5,7	57	1,89	18,9	0,02	0,2	0,04	0,4	0,34	3,4	0,64	6,4	0,57	5,7	0,31	3,1	
Maximale Dosis außerhalb des KfK	11,1	111	5,24	52,4	0,07	0,7	0,16	1,6	1,24	12,4	1,11	11,1	1,61	16,1	1,44	14,4	
Koordinaten des Dosismaximums in m außerhalb des KfK**	x y	650 750	650 375	520 1480	520 1080	520 1480	-640 -370	200 750	-490 285								

*Bei den Knochendosen handelt es sich um die über 50 Jahre integrierten Folgedosen.

**Koordinatenursprung ist der FR 2-Kamin

Tab. 7/8: Ortsdosen durch die im Jahre 1981 emittierten radioaktiven Stoffe

Die äußere γ-Strahlung wird im wesentlichen durch das vom FR 2 emittierte Ar-41 verursacht. Die monatliche Abgaberate schwankte nur wenig, so daß mit einer gleichmäßigen Emission gerechnet werden konnte. Die äußere β-Strahlung wird im wesentlichen durch das Ar-41 des FR 2 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 in zurückliegenden Zeiträumen durch Filteranalysen bestimmt. Die Aktivitätsemission der HDB/Deko flüssig (Gebäude 545/555) in der Gruppe B wurde entsprechend den Angaben in Kap. 5.1 als Te-125m angenommen. Die Schilddrüseningestionsdosis eines Kleinkindes wurde berechnet, um zu zeigen, wie groß der Abstand zu der geforderten Grenze von 90 mrem/a (900 μSv) ist. Die berechneten Schilddrüsendosen können jedoch 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.

Ein Erwachsener in Eggenstein erhielt eine Ganzkörperdosis von < 2,3 mrem (23 μSv) bei Verzehr von hypothetisch am KfK-Zaun erzeugten Lebensmitteln, ein Erwachsener am KfK-Zaun eine solche von < 12 mrem (120 μSv) bei Verzehr von in Leopoldshafen erzeugten Lebensmitteln. Diese Dosis-maxima 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 FR 2-Kamins aus gerechnet (x: West-Ost-Richtung; y: Süd-Nord-Richtung). Die mittlere γ-Submersion-Ganzkörperdosis der Bevölkerung im Umkreis von 3 km bzw. 20 km um das Kernforschungszentrum Karlsruhe betrug im Jahre 1981 0,98 mrem (9,8 μSv) bzw. 0,12 mrem (1,2 μSv). Die verwendeten Dosisfaktoren und die γ-Dosis-leistungskonstante sind in Tab. 7/9 eingetragen.

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	"	"	-	-	$0,42 \cdot 10^{-4}$	$1,14 \cdot 10^{-17}$	
	H-3	Inhalation und Hautatmung	"	0,09	$2,43 \cdot 10^{-14}$	-	-	KFK 2348
	C-14	Inhalation	"	0,1	$2,70 \cdot 10^{-14}$	-	-	1)
	Pu-241	"	"	534	$1,44 \cdot 10^{-10}$	-	-	
	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)
	Pu-241	Inhalation	"	30160	$8,15 \cdot 10^{-9}$	-	-	1)
	"frisches Gemisch A"	"	"	1600000	$4,3 \cdot 10^{-7}$	-	-	
	"altes Gemisch A"	"	"	920000	$2,49 \cdot 10^{-7}$	-	-	
	"altes Gemisch B"	"	"	3460	$9,35 \cdot 10^{-10}$	-	-	
Lunge	Pu-241	Inhalation	Erwachsene	49	$1,32 \cdot 10^{-11}$	-	-	1)
	Gemisch A	"	"	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	A-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-131	Ingestion	Kleinkinder	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, GMBL. 30, 371-436 (1979)

Tab. 7/9: Dosisfaktoren und γ-Dosisleistungskonstanten

7.7.2 Vorausgeschätzte Strahlenbelastung aufgrund des Abluftplanes 1982

Tab. 7/10 zeigt die gemäß Abluftplan 1982 gemeldeten Emissionen. Der Abluftplan 1982 (Stand 22.01.1982) unterscheidet sich von dem des Vorjahres, neben vielen kleineren Änderungen der zulässigen Emissionen, in der Bilanzierung von H-3 und C-14 getrennt von der Nuklidgruppe C (s. Tab. 5/1) und im Wegfall der Ar-41-Emission des FR 2, bedingt durch dessen endgültige Abschaltung im Dezember 1981. 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 Kap. 7.7.1. Es wurde die meteorologische Statistik der Jahre 1973 bis 1979 zugrundegelegt. Die verwendeten Ausbreitungsparameter berücksichtigen die lokalen Verhältnisse (Bebauung, Bodenbedeckung) in der Umgebung des KfK.

Bezüglich der Nuklidwahl 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 In-

Nr Emittent	Geb.-Nr.	Kamin-Koordinaten			Emission je Nuklid bzw. Nuklidgruppe					
		Höhe m	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	410	1.50E+13
2 KTB/FR 2	607/608	99	0	0	0.30	1.10E+07	150	5.60E+09	2000	7.40E+13
3 KBG/KNK	741	99	-155	527	0.30	1.10E+07	150	5.60E+09	4100	1.50E+14
4 KBG/MZFR	901	99,5	-35	605	0.30	1.10E+07	150	5.60E+09	2000	7.40E+13
5 KTB/HZ	701	65	-38	292	0.81	3.00E+07	410	1.50E+10	1000	3.70E+13
6 IHCH	721/24/26	60	-8	380	0.81	3.00E+07	100	3.70E+09	1000	3.70E+13
7 IHCH	725	10	105	480	0.010	3.70E+05	10	3.70E+08	41	1.50E+12
8 HDB-FERAB	536	70	-340	87	2	7.40E+07	410	1.50E+10	-	-
9 HDB-D. FL.	545/555	19	-130	135	0.030	1.10E+06	15	5.60E+08	-	-
10 HDB-D. FS.	548	15	-90	195	0.025	9.30E+05	7	2.60E+08	-	-
11 HDB-BET.	534	8	-318	45	0.010	3.70E+05	10	3.70E+08	-	-
12 HDB-REPAR	543	8	-70	90	-	9.30E+03	0.070	2.60E+06	-	-
13 ZYKLOTRON	351	36	-365	-150	0.30	1.10E+07	15	5.60E+08	510	1.90E+13
14 ZYKLOTRON	351	15	-410	-160	-	-	1.5	5.60E+07	200	7.40E+12
15 ZYKLOTRON	351	11	-370	-220	-	-	-	-	-	-
16 SNEAK	452	50	245	-395	0.20	7.40E+06	100	3.70E+09	200	7.40E+12
17 TU	806	50	365	555	0.030	1.10E+06	10	3.70E+08	30	1.10E+12
18 IRCH	321/1A/341	15	-145	-205	0.010	3.70E+05	10	3.70E+08	200	7.40E+12
19 IMF I	681	9	160	195	0.016	5.90E+05	-	-	-	-
20 IMF III	573/574	5	-280	215	0.030	1.10E+06	-	-	-	-
21 LIT	276	4	160	-665	-	-	-	-	0.14	5.00E+09
22 LIT	305	4	-389	-485	-	-	-	-	2.7	1.00E+11
23 LIT	403/404	10	-15	-505	-	-	27	1.00E+09	0.027	1.00E+09
24 LIT	603	4	-5	-180	-	-	-	-	0.014	5.00E+08
25 INR	420/3/53	5	18	-415	-	-	-	-	-	-
26 IT	601/2/5	22	30	-215	0.089	3.30E+06	0.21	7.80E+06	12	4.40E+11
27 BFE	324/325	12,5	-320	-325	-	-	0.01	3.70E+05	0.030	1.10E+09
28 LAF II	415A/415B	8	235	-595	-	-	-	-	20	7.40E+11
29 IAK	426	10	75	-470	-	-	-	-	150	5.60E+12
30 INE	547	19	-130	135	0.015	5.60E+05	0.025	9.30E+05	-	-
31 INE	712	60	-255	330	0.81	3.00E+07	10	3.70E+08	-	-
32 TEKO	630	22,6	245	-225	0.051	1.90E+06	-	-	-	-
33 IK	401	12	-100	-520	-	-	-	-	-	-
34 IKVT	691	15	240	150	-	1.90E+02	-	-	-	-
35 FR 2 BEH.	615	3	85	-25	-	-	-	-	-	-

Tab. 7/10: Emission im Bereich des KfK laut Abluftplan 1982

Nr Emittent	Geb.-Nr.	Kamin-Koordinaten			Emission je Nuklid bzw. Nuklidgruppe							
		Höhe m	x m	y m	Kr-85		C-14		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	250000	9.30E+15	10	3.70E+11	1000	3.70E+13	38	1.40E+09
2 KTB/FR 2	607/608	99	0	0	-	-	-	1000	3.70E+13	51	1.90E+09	
3 KBG/KNK	741	99	-155	527	-	-	-	-	-	10	3.70E+08	
4 KBG/MZFR	901	99,5	-35	605	-	-	25	9.30E+11	3000	1.10E+14	51	1.90E+09
5 KTB/HZ	701	65	-38	292	-	-	-	-	-	10	3.70E+08	
6 IHCH	721/24/26	60	-8	380	-	-	0.1	3.70E+09	0.1	3.70E+09	10	3.70E+08
7 IHCH	725	10	105	480	-	-	-	-	-	0.10	3.70E+06	
8 HDB-FERAB	536	70	-340	87	-	-	10	3.70E+11	1000	3.70E+13	10	3.70E+08
9 HDB-D. FL.	545/555	19	-130	135	-	-	-	-	100	3.70E+12	4.1	1.50E+08
10 HDB-D. FS.	548	15	-90	195	-	-	-	-	30	1.10E+12	0.2	7.40E+06
11 HDB-BET.	534	8	-318	45	-	-	-	-	1	3.70E+10	-	-
12 HDB-REPAR	543	8	-70	90	-	-	-	-	0.3	1.10E+10	0.002	7.40E+04
13 ZYKLOTRON	351	36	-365	-150	-	-	-	-	-	-	0.10	3.70E+06
14 ZYKLOTRON	351	15	-410	-160	-	-	-	-	-	-	0.20	7.40E+06
15 ZYKLOTRON	351	11	-370	-220	-	-	-	-	-	-	-	-
16 SNEAK	452	50	245	-395	-	-	-	-	-	-	3	1.10E+08
17 TU	806	50	365	555	-	-	-	-	-	-	2	7.40E+07
18 IRCH	321/1A/341	15	-145	-205	100	3.70E+12	-	-	200	7.40E+12	11	4.00E+08
19 IMF I	681	9	160	195	-	-	-	-	-	-	-	-
20 IMF III	573/574	5	-280	215	-	-	-	-	-	-	-	-
21 LIT	276	4	160	-665	-	-	-	-	-	-	-	-
22 LIT	305	4	-389	-485	-	-	-	-	-	-	-	-
23 LIT	403/404	10	-15	-505	-	-	1.00E+08	-	1.00E+09	-	-	-
24 LIT	603	4	-5	-180	-	-	-	-	-	-	-	-
25 INR	420/3/53	5	18	-415	-	-	-	-	51	1.90E+12	-	-
26 IT	601/2/5	22	30	-215	-	-	-	-	3	1.10E+11	0.15	5.60E+06
27 BFE	324/325	12,5	-320	-325	-	-	1.10E+08	-	-	-	-	-
28 LAF II	415A/415B	8	235	-595	-	-	-	-	-	-	0.81	3.00E+07
29 IAK	426	10	75	-470	-	-	-	-	150	5.60E+12	-	-
30 INE	547	19	-130	135	-	-	-	-	-	-	-	-
31 INE	712	60	-255	330	-	-	-	-	-	-	1	3.70E+07
32 TEKO	630	22,6	245	-225	-	-	-	-	-	-	-	-
33 IK	401	12	-100	-520	-	-	-	-	-	-	0.051	1.90E+06
34 IKVT	691	15	240	150	-	-	-	-	-	-	-	-
35 FR 2 BEH.	615	3	85	-25	-	-	-	-	1	3.70E+10	-	-

Tab. 7/10: Fortsetzung

stitute ein Gemisch mit sechs Stunden Kühlzeit angenommen. Der Sr-90- und Pu-241-Anteil ist entsprechend dem Abluftplan limitiert.

Nuklidgruppe C und Gase: Allen Emittenten, welche Ar-41 emittieren können, wird die Emission dieses Nuklids unterstellt.

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 \dot{A}^*_{J-131} anzugeben. Zur Berechnung der zulässigen Emission eines bestimmten Jodnuklids (s. Kap. 5.1.1).

Im Abluftplan 1982 ist zusätzlich zur Jahres- auch die zulässige Wochenemission 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 Wochenemission mehr als 1/50 der Jahresemission, 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 Jahresemission gerechnet. Diese ist gleich dem 50fachen der zulässigen Wochen-, aber nicht größer als die dreifache Jahresemission. Eine Ausnahme bildet WAK, diese muß etwa 200 Tage pro Jahr in Betrieb sein, um die zulässige Emission annähernd zu erreichen und wird deshalb als gleichmäßiger Emittent angesehen.

Die Abb. 7/19 bis 7/23 zeigen die Isodosenlinien der wichtigsten Strahlendosen in der Umgebung des KfK. Die γ -Submersionsdosis (Abb. 7/19), die β -Submersionsdosis (Abb. 7/20) und die Ganzkörperdosis (Abb. 7/21) sind jeweils unter der Annahme des ständigen Aufenthaltes eines gegenüber der Strahlung ungeschützten Menschen am jeweiligen Aufpunkt errechnet. Zur Berechnung der Schilddrüsen-Ingestionsdosis (Abb. 7/22) 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. 7/23) 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. 7/11 enthalten.

Die direkte Ganzkörperdosis (Summe der γ -Submersions- und der Inhalationsdosis) erreicht 7 mrem/a (70 μ Sv/a), die Schilddrüsendosis eines Kleinkindes durch Jod-Ingestion 17 mrem/a (170 μ Sv/a), jeweils am Zaun des KfK. Damit werden die beiden Grenzwerte von 30 mrem/a (300 μ Sv/a) Ganzkörperdosis sowie 90 mrem/a (900 μ Sv/a) Schilddrüsendosis durch Jod-Ingestion unterschritten. In beiden Fällen handelt es sich um fiktive Dosen, da sich an diesen Stellen nicht ständig eine Person aufhält bzw. keine Milchwirtschaft betrieben wird.

Auch unter Berücksichtigung der übrigen Ingestionspfade werden die genannten Dosisgrenzwerte nicht überschritten: Dazu wird zu der höchsten tatsächlich zu erwartenden direkten Ganzkörperdosis (in Leopoldshafen sind (0,45 + 0,41) mrem/a = 0,86 mrem/a bzw. 8,6 μ Sv/a zu erwarten) die höchste in der Umgebung zu erwartende Ganzkörper-Ingestionsdosis addiert. Konservativerweise wird dafür das fiktive Dosismaximum (17,4 mrem/a bzw. 174 μ Sv/a) gewählt. Die gesuchte Ganzkörperdosis unter Berücksichtigung der Ingestionspfade ist daher in Leopoldshafen (ungünstiger Ort) kleiner als 19 mrem/a (190 μ Sv/a).

Die mittlere γ -Submersionsdosis (Ganzkörperdosis) der Bevölkerung in der Umgebung des KfK beträgt

$$\bar{D} = \frac{\sum_i P_i D_i}{\sum_i P_i} = \begin{array}{l} 0,38 \text{ mrem (3,8 } \mu\text{Sv) im Umkreis von 3 km,} \\ 0,044 \text{ mrem (0,44 } \mu\text{Sv) im Umkreis von 20 km.} \end{array}$$

Hier ist P_i die Einwohnerzahl und D_i die errechnete γ -Ganzkörperdosis des Ortes i bis zu der entsprechenden Entfernung vom KfK.

Belastungspfad Körperteil/Organ Aktivität	Submersion				Inhalation						Ingestion					
	Ganzkörper		Haut		Lunge		Ganzkörper		Knochen*		Ganzkörper		Knochen*		Schilddrüse	
	γ -Aktivität		β -Aktivität		Gruppe A+B, Pu-241		H-3,C-14, Pu-241, Gruppe B		Gruppe A+B, Pu-241		C-14,Sr-90		Sr-90		Jod	
	mrem	μ Sv	mrem	μ Sv	mrem	μ Sv	mrem	μ Sv	mrem	μ Sv	mrem	μ Sv	mrem	μ Sv	mrem	μ Sv
O r t																
Graben	0,20	2,0	1,0	10	0,14	1,4	0,22	2,2	3,0	30	0,9	9	6,3	63	1,0	10
Neudorf	0,15	1,5	0,7	7	0,11	1,1	0,17	1,7	2,2	22	0,7	7	4,6	46	0,7	7
Friedrichstal	0,35	3,5	0,7	7	0,13	1,3	0,22	2,2	2,5	25	0,9	9	6,1	61	1,0	10
Spöck	0,10	1,0	0,4	4	0,07	0,7	0,12	1,2	1,4	14	0,5	5	3,3	33	0,6	6
Neuthard	0,15	1,5	0,6	6	0,09	0,9	0,15	1,5	1,8	18	0,6	6	4,0	40	0,6	6
Karlsdorf	0,10	1,0	0,4	4	0,07	0,7	0,11	1,1	1,3	13	0,4	4	2,9	29	0,5	5
Staffort	0,08	0,8	0,3	3	0,05	0,5	0,08	0,8	0,9	9	0,3	3	2,0	20	0,4	4
Blankenloch	0,08	0,8	0,3	3	0,05	0,5	0,07	0,7	0,9	9	0,3	3	2,0	20	0,3	3
Hagsfeld	0,06	0,6	0,2	2	0,04	0,4	0,06	0,6	0,7	7	0,3	3	1,5	15	0,3	3
Karlsruhe-Markt	0,05	0,5	0,2	2	0,03	0,3	0,06	0,6	0,6	6	0,2	2	1,5	15	0,3	3
Neureut	0,10	1,0	0,4	4	0,07	0,7	0,11	1,1	1,3	13	0,5	5	3,0	30	0,5	5
Eggenstein	0,50	5,0	0,9	9	0,16	1,6	0,30	3,0	3,3	33	1,2	12	8,0	80	1,3	13
Leopoldshafen	0,45	4,5	1,7	17	0,27	2,7	0,41	4,1	5,4	54	1,7	17	11,5	115	1,8	18
Linkenheim	0,25	2,5	1,4	14	0,20	2,0	0,26	2,6	4,1	41	1,2	12	8,3	83	1,2	12
Hochstetten	0,15	1,5	0,9	9	0,13	1,3	0,18	1,8	2,7	27	0,8	8	5,5	55	0,8	8
Liedolsheim	0,10	1,0	0,5	5	0,07	0,7	0,11	1,1	1,5	15	0,5	5	3,0	30	0,5	5
Rußheim	0,06	0,6	0,3	3	0,05	0,5	0,07	0,7	1,0	10	0,3	3	2,0	20	0,3	3
Leimersheim	0,10	1,0	0,5	5	0,07	0,7	0,11	1,1	1,5	15	0,5	5	3,1	31	0,5	5
Altes Nordtor	4,0	40	9,1	91	1,9	19	3,0	30	38	380	17,4	174	96	960	15	150
Nordtor	1,2	12	18,0	180	2,2	22	2,2	22	44	440	9,9	99	76	760	9	90
Südtor	2,0	20	3,1	31	0,7	7	1,9	19	13	130	8,7	87	46	460	9	90
Zaun NO vom FR 2	4,0	40	4,0	40	1,1	11	2,1	21	21	210	9,9	99	60	600	11	110
Zaun SW vom FR 2	3,0	30	3,3	33	0,8	8	1,9	19	15	150	8,2	82	42	420	11	110
Maximale Dosis außerhalb des KfK	4,0	40	18	180	2,2	22	3,0	30	44	440	17,4	174	96	960	17	170
Koordinaten des Dosismaximums in m außerhalb des KfK	x y	390 680	520 1480	520 1480	390 680	520 1480	200 750	200 750	-560 0							

*über 50 Jahre integrierte Folgedosen

Tab. 7/11: Abschätzung der Ortsdosen in der Umgebung des KfK auf der Basis des Abluftplanes 1982 (Stand 22.01.1982)

7.8 Strahlenbelastung aufgrund der mit der Abluft der WAK im Jahre 1980 abgeleiteten Aktivität

D. Papadopoulos

Es wurde die Strahlenbelastung der Umgebung des KfK durch die mit der Abluft der WAK abgeleitete Aktivität im Jahre 1980 berechnet. Diese gesonderte Berechnung wird von der Genehmigungsbehörde gefordert. Aufgrund der monatlichen Emissionen und der monatlichen meteorologischen Statistik des Jahres 1980 wurden die Monats- und die Jahresbelastungen bestimmt. Die Emissionen sind in KfK 3113, Tab. 5/2, zusammengestellt. Bei der Ganzkörperdosis durch Inhalation von H-3 wurde die Hautatmung mitberücksichtigt. Tab. 7/12 enthält die so errechneten maximalen Ortsdosen. Koordinatenursprung ist der FR 2-Kamin, x ist die West-Ost-, y die Süd-Nord-Richtung.

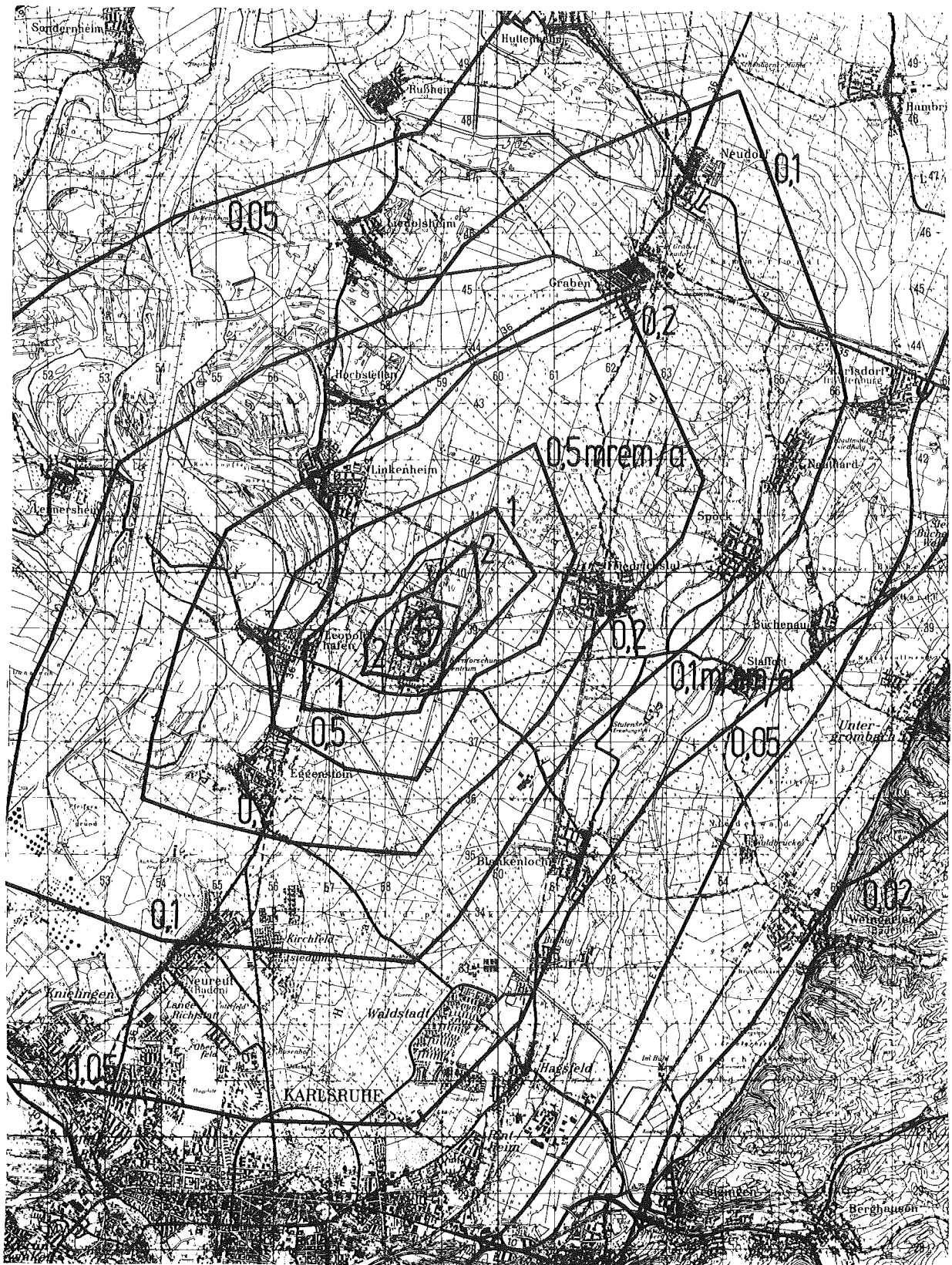


Abb. 7/19: Ganzkörperdosis durch externe Gammastrahlung, Prognose 1982
(1 mrem = 10 μ Sv)



Abb. 7/20: Hautdosis durch externe Betastrahlung, Prognose 1982
(1 mrem = 10 μ Sv)

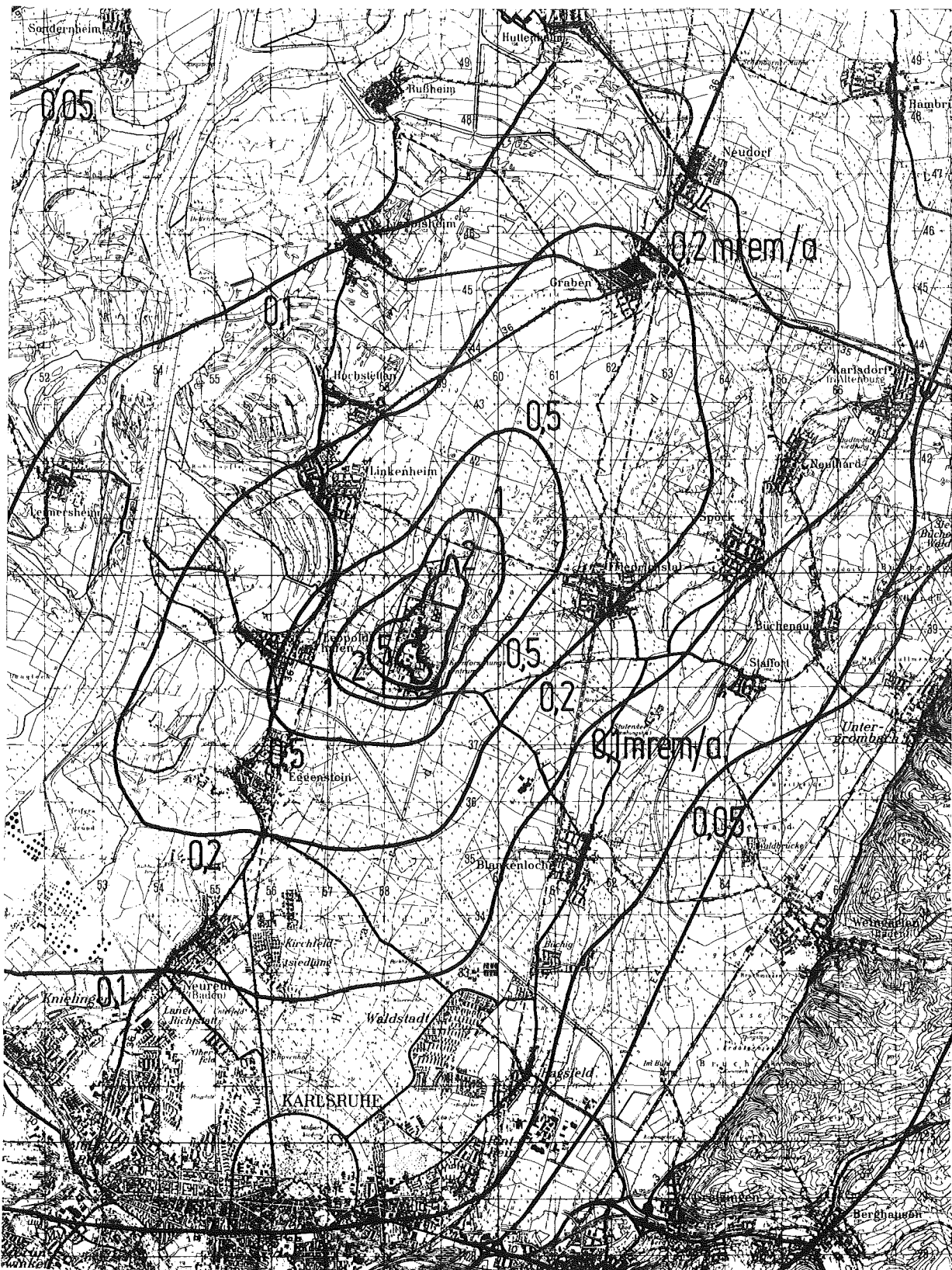


Abb. 7/21: Ganzkörperdosis durch Inhalation von H-3, C-14, Pu-241 und Nuklidgruppe B, Prognose 1982 (1 mrem = 10 μ Sv)

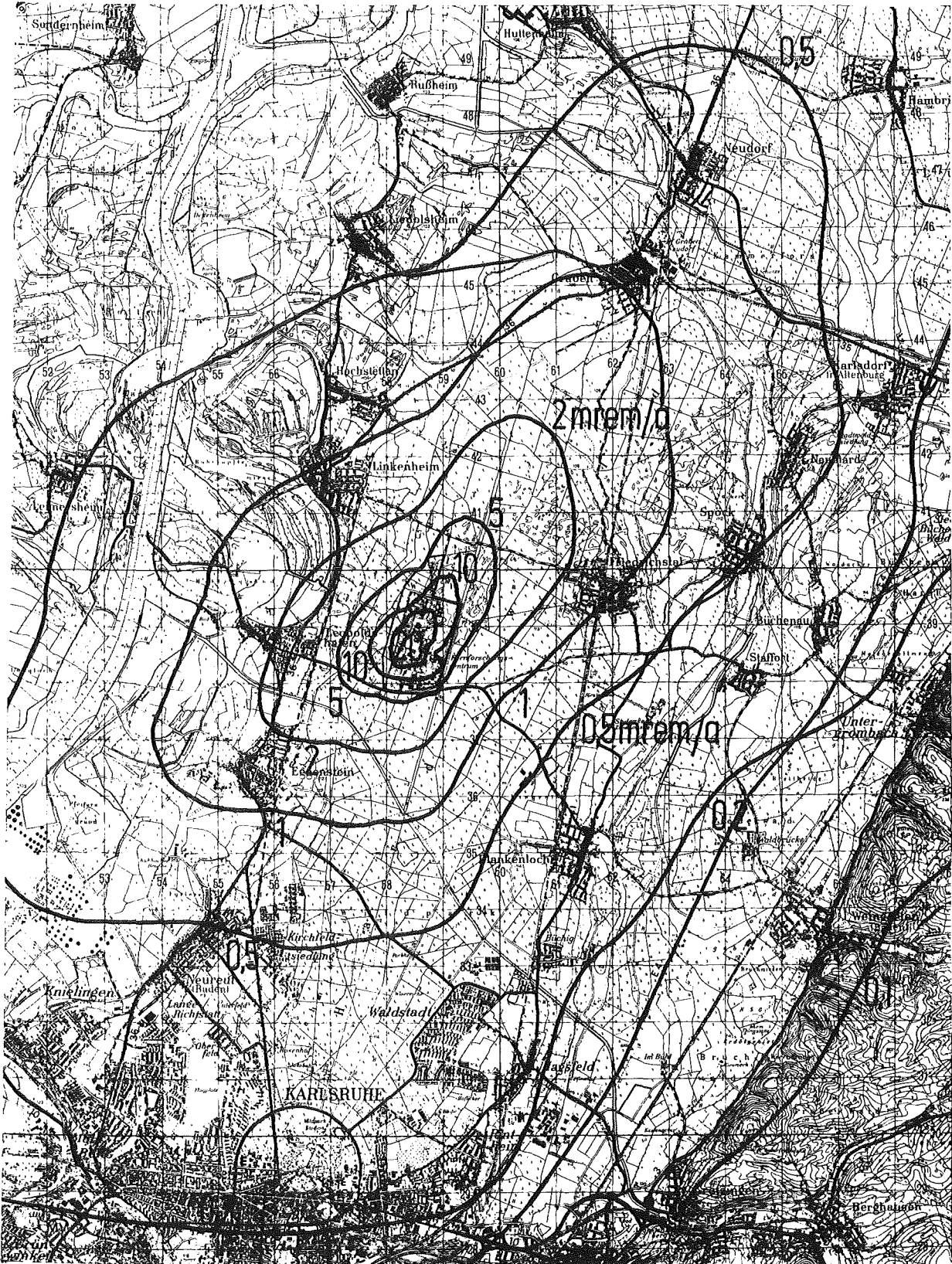


Abb. 7/22: Schilddrüsensdosis durch Jod-Ingestion (Kleinkind), Prognose 1982
(1 mrem = 10 μ Sv)

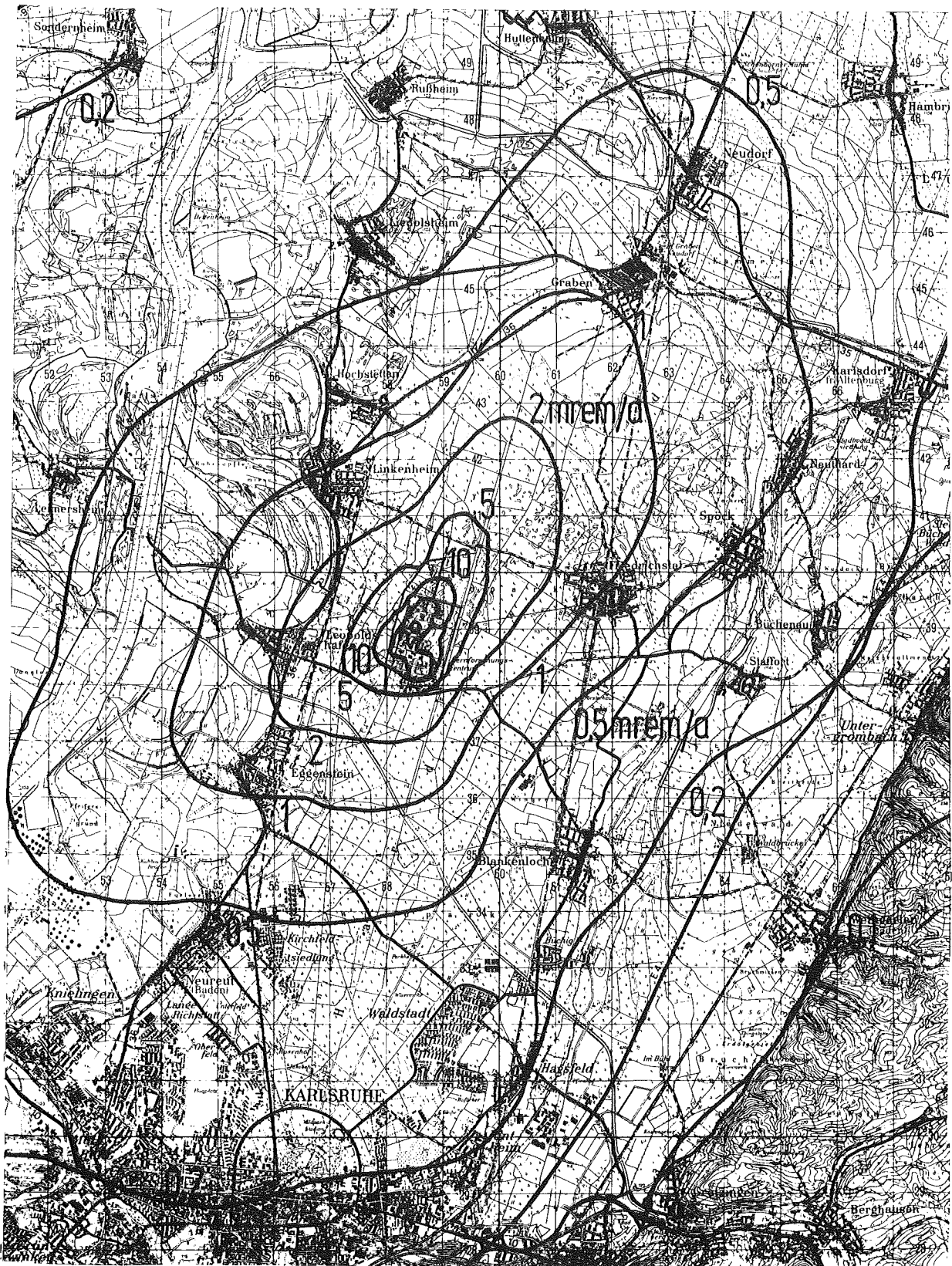


Abb. 7/23: Ganzkörperdosis durch C-14- und Sr-90-Ingestion, Prognose 1982
(1 mrem = 10 μ Sv)

Belastungspfad Körperteil/Organ Aktivität	Submersion		Inhalation				Ingestion							
	Haut		Lunge		Ganzkörper	Knochen*	Ganzkörper	Knochen*	Schilddrüse					
	β-Aktivität		Gruppe A+B		H-3, C-14, Gruppe B	Gruppe A+B	C-14, Sr-90	Sr-90	Jod					
	mrem	μSv	mrem	μSv	mrem	μSv	mrem	μSv	mrem	μSv				
maximale Dosis außerhalb des KfK	2,9	29	0,072	0,72	0,017	0,17	1,0	10	0,20	2,0	1,7	17	0,90	9,0
Koordinaten des Dosismaximums in m außerhalb des KfK	x	-170	-170	-170	-170	-170	-170	-170	-170	-170	-170	-170	-170	-170
	y	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080

*Bei den Knochendosen handelt es sich um die über 50 Jahre integrierten Folgedosen

Tab. 7/12: Maximale Ortsdosen durch die mit der Abluft der WAK im Jahre 1980 abgeleitete Radioaktivität

8. Bibliographie, Beratertätigkeit

8.1 Veröffentlichungen 1981

- [1] Bayer, A., Burkart, K., Ehrhardt, J., Horsch, F., Hübschmann, W., Schückler, M., Vogt, S., Jacobi, W., Paretzke, H., Trott, K.R., Schnadt, H., Storch, J., Hofer, E., Krzykacz, B.
Unfallfolgenrechnung und Risikoergebnisse.
Gesellschaft für Reaktorsicherheit, Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Forschung und Technologie. Fachband 8. Köln: TÜV Rheinland 1981. 537, 37 S.
- [2] Bayer, A., Burkart, K., Ehrhardt, J., Hübschmann, W., Vogt, S., Horsch, F.
Untersuchung der radiologischen Folgen von Reaktorunfällen unter probabilistischen Gesichtspunkten.
In: Projekt Nukleare Sicherheit. Jahresbericht 1980. KfK-2950 (August 1981) S. 4800/37-4800/42
- [3] Becker, M.
Vergleich verschiedener Feuchtemeßgeräte.
KfK-3072 (Januar 1981)
- [4] Becker, M., Hübschmann, W., Nester, K., Schüttelkopf, H., Thomas, P., Vater, S., Vogt, S.
Untersuchung der atmosphärischen Ausbreitung nuklearer Schadstoffe im Nah- und Fernbereich.
In: Projekt Nukleare Sicherheit. Jahresbericht 1980. KfK-2950 (August 1981) S. 4800/16-4800/36
- [5] Brückner, Chr., Schaar, J., Pfeffer, K.H., Weidner, D.
Einrichtung zum Überwachen von Objekten.
DE-PS 28 51 126 (13.05.1981) (PLA 78/49)
- [6] Brückner, Chr., Crutzen, S., Heger, H., Pachl, L.
Zum Stand des Brennelementsiegel-Demonstrationsexperiments im Versuchsatomkraftwerk Kahl.
3rd Annual Symp. on Safeguards and Nuclear Material Management, Proc., Karlsruhe, May 6-8, 1981. ESARDA-13 (1981) S. 345-48
- [7] Brückner, Chr., Daiss, H., Pfeffer, K.H.
Advanced KfK film camera system.
3rd Annual Symp. on Safeguards and Nuclear Material Management, Proc., Karlsruhe, May 6-8, 1981. ESARDA-13 (1981) S. 431-33
- [8] Burgkhardt, B., Piesch, E.
Systematical and statistical errors in using reference light sources to calibrate TLD readers.
Health Physics, 40 (1981) S. 549-57
- [9] Burgkhardt, B., Hassib, G.M., Piesch, E.
Development of a new high sensitive albedo dosimeter for routine monitoring.
4th Symp. on Neutron Dosimetry, Neuherberg, June 1-5, 1981. EUR-7448 (1981) Vol. 1. S. 641
- [10] Burgkhardt, B., Piesch, E., Röber, H.G.
Automatisches oder von Hand betriebenes Auswertegerät.
DE-OS 29 30 137 (12.02.1981) (PLA 79/34)

- [11] Fessler, H., Pawelzik, J.
Einrichtung zur α -spektroskopischen Bestimmung von Transuranen.
DE-OS 30 07 968 (01.10.1981) (PLA 80/06)
- [12] Geiss, H., Nester, K., Thomas, P., Vogt, K.J.
In der Bundesrepublik Deutschland experimentell ermittelte Ausbreitungsparameter für 100 m Emissionshöhe.
Jül-1707 (Februar 1981), KfK-3095 (Februar 1981)
- [13] Hassib, G.M., Piesch, E.
Passives Dosimeter.
DE-OS 29 26 491 (08.01.1981), EPA 80102962.0 (07.01.1981) (PLA 79/26)
- [14] Hassib, G.M., Piesch, E.
A new personnel albedo neutron dosimeter using track etch detectors - design and performance.
11th Internat. Conf. on Solid State Nuclear Track Detectors, Bristol, GB, Sept. 7-12, 1981
- [15] Hauser, M., Burgkhardt, B., Piesch, E.
Dosimetrische Eigenschaften der Taschen-Dosimeter- und Warngeräte Typenreihe Alnor RAD 21L, RAD 21H, RAD 22.
KfK-3108 (Februar 1981)
- [16] Hübschmann, W., Vogt, S.
Atmosphärische Ausbreitung und Ablagerung der freigesetzten Radioaktivität im Rahmen des Unfallfolgenmodells.
Ergebnisse der Deutschen Risikostudie. 3. GRS-Fachkonferenz, München, 18.-19. Sept. 1980.
GRS-34 (Sept. 1981) S. 133-38
- [17] Hübschmann, W.
Unfallbedingte Emission radioaktiver Schadstoffe aus kerntechnischen Anlagen und deren Auswirkungen auf die Umwelt.
Gemeinsame Strahlenschutztagung über radiologische Auswirkungen von Kernkraftwerken und anderen kerntechnischen Anlagen auf den Menschen und seine Umwelt, Lausanne, CH, 30. Sept. - 2. Okt. 1981
- [18] Kiefer, H., Koelzer, W., König, L.A. (Hrsg.)
Jahresbericht 1980 der Hauptabteilung Sicherheit.
KfK-3113 (April 1981)
- [19] Kiefer, H., Koelzer, W.
Aus 25 Jahren angewandter Forschung und Entwicklung im Strahlenschutz.
KfK-Nachrichten, 13 (1981) No. 1-2, S. 95-98
- [20] Kiefer, H., Röber, H.G.
Detektoreinrichtung.
DE-OS 30 03 909 (06.08.1981), EPA 80107849.4 (12.08.1981) (PLA 80/04)
- [21] Koelzer, W.
Maximum permissible and actual radiation exposure in the environment of nuclear power plants in the Federal Republic of Germany.
1st German-Yugoslave Seminar on Nuclear Reactor Safety and Radiation Protection, Institute Boris Kidrič, Vinča, YU, May 27-28, 1981

- [22] Koelzer, W.
Handling of emergency situations in nuclear facilities in the Federal Republic of Germany
- organization and plans -.
1st German-Yugoslave Seminar on Nuclear Reactor Safety and Radiation Protection, Institute
Boris Kidrič, Vinča, YU, May 27-28, 1981
- [23] Koelzer, W.
Environmental monitoring of nuclear facilities.
1st German Yugoslave Seminar on Nuclear Reactor Safety and Radiation Protection, Institute
Boris Kidrič, Vinča, YU, May 27-28, 1981
- [24] Koelzer, W.
Grundlagen der Kerntechnik.
Seminar Kerntechnik und Strahlenschutz, Technischer Überwachungsverein Bayern e. V.,
München, 30. Nov. - 4. Dez. 1981
- [25] Koelzer, W.
Die Sicherheit von Kernkraftwerken.
Sicherheit 81. 3. Fachkongreß, Stuttgart, 22.-25. September 1981
- [26] Koelzer, W.
Qualitätssicherung amtlich angeordneter Überwachungsmaßnahmen im Kernforschungszentrum
Karlsruhe.
Umweltradioaktivität und Strahlenschutz, Kolloquium, Berlin, 25.-27. November 1981
- [27] König, L.A.
Produktion und Freisetzung von Tritium und Kohlenstoff-14 im Kernforschungszentrum
Karlsruhe.
In: Stieve, F.E., Kistner, G. (Hrsg.), Strahlenschutzprobleme im Zusammenhang mit der
Verwendung von Tritium und Kohlenstoff-14 und ihren Verbindungen. Wissenschaftliches
Symp., Berlin, 14.-16. November 1979. STH-Berichte 12/1980, S. 27-34
- [28] König, L.A.
Strahlenexposition durch radioaktive Einleitungen in Oberflächengewässer bei Störfällen.
Gemeinsame Strahlenschutztagung über radiologische Auswirkungen von Kernkraftwerken und
anderen kerntechnischen Anlagen auf den Menschen und seine Umwelt, Lausanne, CH,
30. Sept. - 2. Okt. 1981
- [29] König, W.
A new automatic computerised phosphate glass reader using a scanning technique for
estimating dose, radiation quality and direction of radiation.
Radiation Protection Dosimetry, 1 (1981) No. 1, S. 43-49
- [30] Nester, K.
Zur Berechnung der atmosphärischen Ausbreitung von Schadstoffen bei Störfällen.
Vortrag: Störfallseminar des Arbeitskreises Meteorologische Fragen des Umweltschutzes
(AKUMET), Neustadt, 18.-19. Sept. 1980. Mitteilungen. Deutsche Meteorologische Gesell-
schaft. 1981. S. 36-37
- [31] Piesch, E., Burgkhardt, B.
Measurement of stray neutron fields in the containment of nuclear reactors.
4th Symp. on Neutron Dosimetry, Neuherberg, June 1-5, 1981. EUR-7448 (1981) Vol. 1,
S. 549

- [32] Piesch, E., Burgkhardt, B., Hassib, G.M.
Progress in albedo neutron dosimetry using TLD and track etch detectors.
8th DOE Workshop on Personnel Neutron Dosimetry, Louisville, Ky., June 18-19, 1981
- [33] Piesch, E., Burgkhardt, B.
Application of a single sphere albedo technique in stray neutron fields.
8th DOE Workshop on Personnel Neutron Dosimetry, Louisville, Ky., June 18-19, 1981
- [34] Piesch, E., Urban, M., Hassib, G.M.
Passive radon dosimetry using track etch detectors - a comparative study.
Internat. Conf. on Radiation Hazards in Mining: Control, Measurements and Medical Aspects,
Golden, Colo., October 4-9, 1981
- [35] Pimpl, M., Schüttelkopf, H.
Untersuchung des physikalischen und chemischen Verhaltens von Pu, Am und Cm in der Umwelt.
In. Projekt Nukleare Sicherheit. Jahresbericht 1980. KfK-2950 (August 1981) S. 4800/1-
4800/15
- [36] Pimpl, M., Schüttelkopf, H.
Transport of plutonium, americium and curium from soils into plants by root uptake.
Nuclear Safety, 22 (1981) S. 214-25
- [37] Schückler, M., Vogt, S.
UFOMOD - Programm zur Berechnung der radiologischen Folgen von Reaktorunfällen im Rahmen
von Risikostudien.
KfK-3092 (Januar 1982)
- [38] Schüttelkopf, H., Pimpl, M.
Radioecological studies on plutonium and iodine-129 in the surroundings of the Karlsruhe
reprocessing plant.
Internat. Symp. on Migration in the Terrestrial Environment of Long-Lived Radionuclides
from the Nuclear Fuel Cycle, Knoxville, Tenn., July 27-31, 1981. IAEA-SM-257/100
- [39] Schüttelkopf, H., Kiefer, H.
The Ra-226 contamination of the Black Forest and the radioecological behavior of radium.
Internat. Symp. on Migration in the Terrestrial Environment of Long-Lived Radionuclides
from the Nuclear Fuel Cycle, Knoxville, Tenn., July 27-31, 1981. IAEA-SM-257/38P
- [40] Schüttelkopf, H.
Entwicklung einer Analysenmethode für Plutonium im Femtogramm/Gramm-Bereich und ihre An-
wendung auf Umweltproben.
KfK-3035 (September 1981), Dissertation, Universität München, 1981
- [41] Schüttelkopf, H., Kiefer, H.
The Ra-226, Pb-210 and Po-210 contamination of the Black Forest.
2nd Special Symp. on Natural Radiation Environment, Bombay, IND, January 19-23, 1981
- [42] Schüttelkopf, H., Kiefer, H.
Ra-226, Pb-210 und Po-210 im Schwarzwald.
4. Fachgespräch "Überwachung der Umweltradioaktivität", Gesellschaft für Strahlen- und Um-
weltforschung mbH, Neuherberg, 10.-12. März 1981

- [43] Schüttelkopf, H., Pimpl, M., Herrmann, G.
Plutoniumfreisetzungen in die Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe.
Gemeinsame Strahlenschutztagung über radiologische Auswirkungen von Kernkraftwerken und
anderen kerntechnischen Anlagen auf den Menschen und seine Umwelt, Lausanne, CH,
30. Sept. - 2. Okt. 1981
- [44] Schüttelkopf, H.
Die Anwendung der Berechnungsgrundlagen auf natürliche Radionuklide.
48. Seminar Radioökologie und Strahlenschutz des Fortbildungszentrums Gesundheits- und
Umweltschutz Berlin e. V., Berlin, 20.-22. Mai 1981
- [45] Schütten, R.
Verzahnung von technischen und personell-administrativen Objektsicherungsmaßnahmen.
Sicherheit 81. 3. Fachkongreß, Stuttgart, 22.-25. September 1981
- [46] Strack, S., Bonotto, S., Kirchmann, R.
Radioactive contamination of the marine environment: uptake and distribution of H-3 in
Dunaliella bioculata.
Helgoländer Meeresuntersuchungen, 33 (1980) S. 153-63
- [47] Strack, S., König, L.A.
Determination of organically bound tritium in environmental samples by application of the
oxidizing plasma technique.
Annual Meeting of the European Society of Nuclear Methods in Agriculture (ESNA), Aberdeen,
GB, Sept. 9 - Oct. 1, 1981. KfK-3249 (December 1981)
- [48] Thomas, P., Nester, K.
Experimental determination of the atmospheric dispersion parameters at the Karlsruhe
Nuclear Research Center for 60 m and 100 m emission heights. Part 2: Evaluation of
measurements.
KfK-3091 (July 1981)
- [49] Thomas, P., Dilger, H., Hübschmann, W., Schüttelkopf, H., Vogt, S.
Experimental determination of the atmospheric dispersion parameters at the Karlsruhe
Nuclear Research Center for 60 m and 100 m emission heights. Part 1: Measured data.
KfK-3090 (September 1981)
- [50] Urban, M., Piesch, E.
Low level environmental radon dosimetry with a passive track etch detector device.
Radiation Protection Dosimetry, 1 (1981) No. 2, S. 97-109
- [51] Urban, M., Kiefer, H., Piesch, E.
A pilot study of indoor radon level using a short time filter technique and a time inte-
grating passive radon monitor.
2nd Special Symp. on Natural Radiation Environment, Bombay, IND, January 19-23, 1981
- [52] Urban, M., Piesch, E.
A passive radon dosimeter for survey programs in dwellings.
11th Internat. Conf. on Solid Nuclear Track Detectors, Bristol, GB, Sept. 7-12, 1981
- [53] Venkataraman, G., Burgkhardt, B., Schmitt, A., Piesch, E.
Study of design parameters for a neutron detector using silicon detectors.
4th Symp. on Neutron Dosimetry, Neuherberg, June 1-5, 1981. EUR-7448 (1981) Vol. 1, S. 633

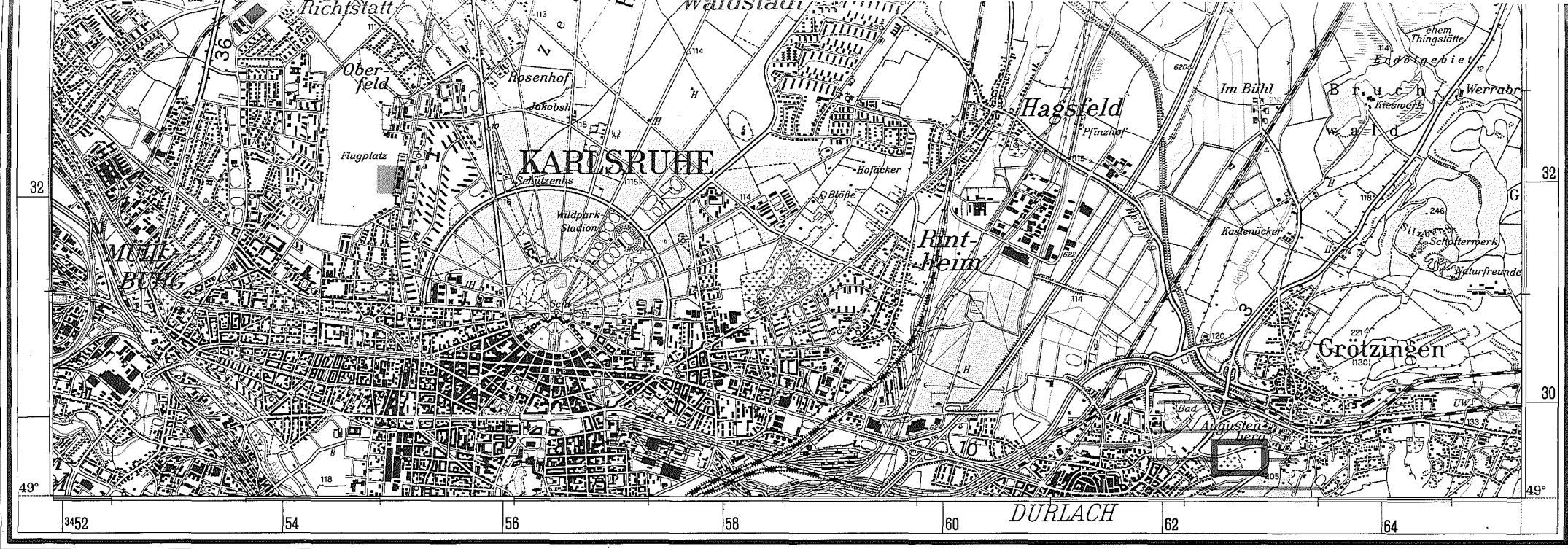
- [54] Vogt, S.
Sensitivity analysis of the meteorological model applied in the German risk study (DRS).
Internat. ANS/ENS Topical Meeting on Probabilistic Risk Assessment, Port Chester, N.Y.,
September 20-24, 1981
- [55] Schüttelkopf, H.
Isotopen-Analysen nach nuklearen Unfällen - Radiojod.
Vortrag, Wissenschaftliche Veranstaltungen der medizinischen Fakultäten der Universität
Tübingen zusammen mit dem Physikalischen Institut, Wintersemester 1981, 14. Dez. 1981
- [56] Schüttelkopf, H.
Das Verhalten von Plutonium in der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe.
KfK-3034 (August 1981)
- [57] Nester, K.
Die Ausbreitung von Tröpfchen aus Naturzugkühltürmen bei besonderen meteorologischen Be-
dingungen.
Seminar der Vereinigung der Technischen Überwachungs-Vereine. Tropfenemissionen, Köln,
24./25. November 1981. Essen: VdTÜV 1981. S. 48-58

8.2 Beratertätigkeit

- "Radioökologie", Ausschuß bei der Strahlenschutzkommission, BMI (Nester, Winter)
- "Beförderung radioaktiver Stoffe", Arbeitsgruppe des Ausschusses Strahlenschutzmeßtechnik bei der SSK, BMI (Kiefer)
- "Atmosphärische Ausbreitung", Arbeitsgruppe des Ausschusses Radioökologie, BMI (Nester)
- "Sedimentforschung", ad hoc-Arbeitsgruppe des Ausschusses Radioökologie, BMI (Winter)
- "Radioaktive Mineralien", ad hoc-Arbeitsgruppe des Ausschusses Strahlenschutztechnik bei der SSK, BMI (Kiefer, Schmitz)
- "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)
- "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" (von Holleuffer-Kypke)
- "Ausbreitung von Kühlturmmissionen", Arbeitsgruppe des VDI (Nester)
- "Grundlagen des Transportes und der turbulenten Diffusion", VDI-Ausschuß (Nester)
- "Gaußsche Ausbreitungsmodelle", VDI-Ausschuß (Nester)















- "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 gewerblichen Berufsgenossenschaften (Windbühl)
- "Informationskreis Kernenergie", Deutsches Atomforum (Koelzer)
- "Öffentlichkeitsarbeit und Presse", Deutsches Atomforum (Koelzer)
- "Arbeitsgruppe Schriften", Deutsches Atomforum (Koelzer)
- "Geheimchutz in der Wirtschaft - Personeller Geheimchutz", Landesstelle für Betriebsschutz, Stuttgart (Wolf)
- "Strahlenschutz bei der Erzaufbereitung", Arbeitsausschuß des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr Baden-Württemberg (Schmitz)
- "OECD/IAEA Working Group on Long Term Aspects of Uranium Mill Tailings" (Schmitz)
- "Durchflußmessung mit radioaktiven Indikatoren", ISO (Schmitz)
- "Containment Surveillance", ESARDA Working Group (Brückner)
- "Durchfluß und Menge", Gemeinschaftsausschuß der Gesellschaft für Meß- und Regeltechnik (Schmitz)
- "Fachliche Berater der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen", Regierungspräsidium Karlsruhe (König, Stäblein, Thomas, Winter)
- "KTA-Arbeitsgremium zur Regelerstellung KTA-1507 "Messung gasförmiger, aerosolgebundener und flüssiger radioaktiver Stoffe zur Überwachung der Ableitungen bei Forschungsreaktoren" (König)

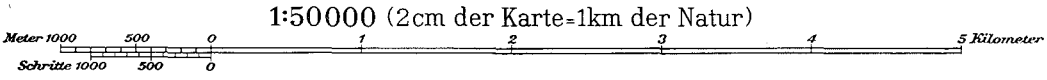




Legende

Bearbeitungsstand November 1981

- | | | | | |
|---|---|---|--|--|
|  Zählrohraußenstation |  Trinkwasser (Wasserwerke) |  Seston und kontinuierliche Probenahme von Oberflächenwasser |  Vorflutkanal der Abwässer des KfK zum Altrhein |  Boden |
|  Festkörperdosimeter |  Grundwasser (Brunnen) |  Schlamm |  Verlauf der als Vorfluter dienenden Oberflächengewässer |  Landwirtschaftliche Produkte |
|  Aerosole |  Oberflächenwasser |  Fisch und Wasserpflanzen | |  Hauptwindrichtungs-sektoren |









Ausschnitt aus der topographischen Karte L 6916, Karlsruhe-Nord; mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Baden-Württemberg

Lageplan der Meß- und Probenahmestellen zur Umgebungsüberwachung des Kernforschungszentrums Karlsruhe






LEGENDE

Bearbeitungsstand: November 1981








ZÄHLROHR-MONITOR-ANLAGE

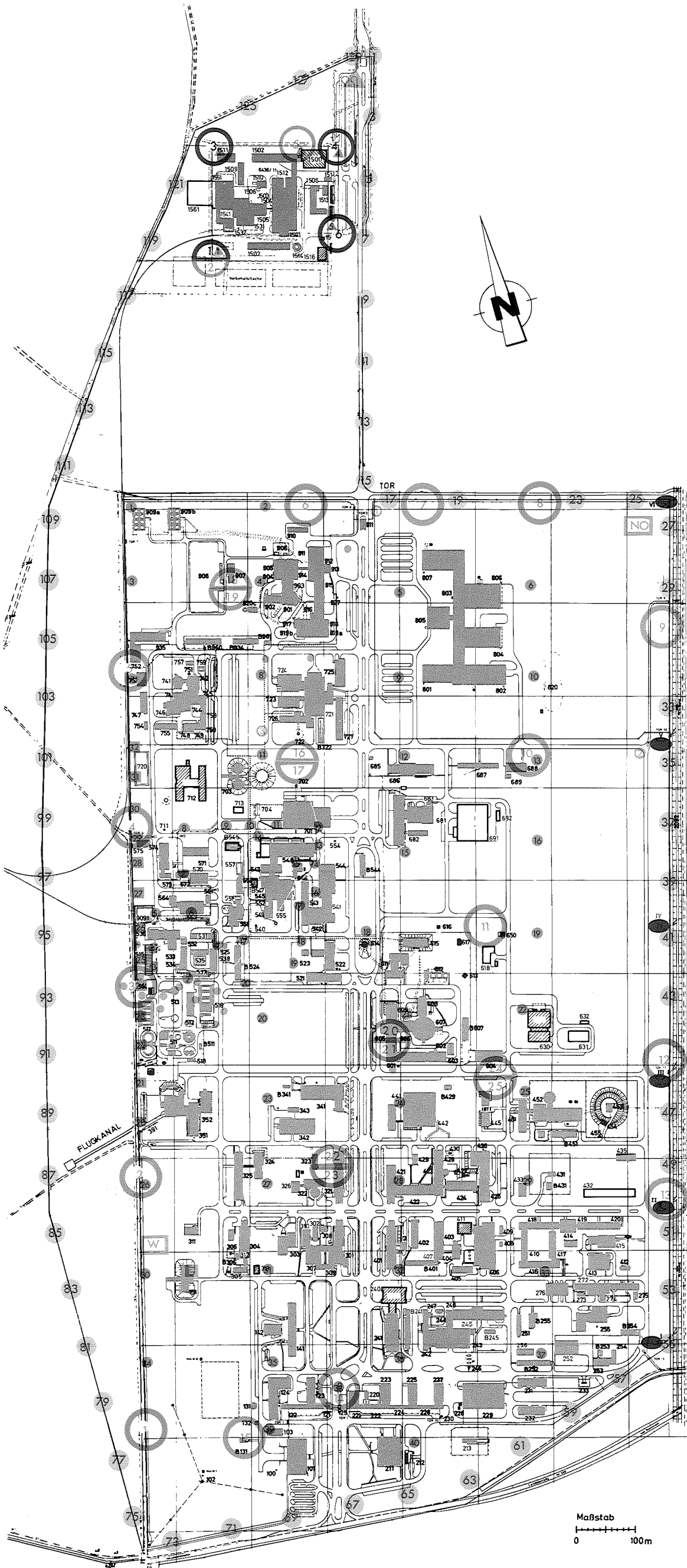
-  Niederdosisleistungsmeßstelle
-  GM-Zählrohr, Meßbereich: 10^{-2} - 10 mrem/h
-  Hochdosisleistungsmeßstelle
-  GM-Zählrohr, Meßbereich: 10^{-2} - 10^3 rem/h
-  ($\beta + \gamma$)-Strahlungspegelmeßstelle
-  GM-Zählrohr, Meßbereich: $2 \cdot 10^2$ - $2 \cdot 10^5$ Impulse pro Minute

FESTKÖRPERDOSIMETER

-  Dosimeter zur Überwachung der Grenze des betrieblichen Überwachungsbereiches (129 Standorte)
-  Dosimeter zur Überwachung der westlichen Betriebsgeländegrenze im Bereich der ADB (13 Standorte)
-  Dosimeter zur Überwachung des Betriebsgeländezaunes der ADB (20 Standorte)
-  Dosimeter zur Überwachung der Betriebsgelände im KfK, ohne WAK (40 Standorte)
-  Dosimeter zur Überwachung der WAK (5 Standorte)

PROBENAHMEEINRICHTUNGEN

-  Meßhütte West
mit γ -Dosisleistungsmeßanlage und mit Sammel-einrichtungen für Niederschläge, Aerosole (auf Faserfiltern) und elementares Jod (auf Aktivkohle)
-  Meßhütte Nordost
wie Meßhütte West, jedoch außerdem mit Sammeleinrichtung für Oberflächenwasser aus dem Hirschkanal
-  Niederschlagssammelstelle WAK
-  Niederschlagssammelstelle zur Überwachung der Tritiumkonzentration (3 Standorte)
-  6 Sandfänge der Regen- und Kühlwasserkanalisation des KfK
-  Grundwasserkontrollbrunnen
-  Wasserwerk



Lageplan der Meßstellen und Probenahmeeinrichtungen innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches des Kernforschungszentrums Karlsruhe