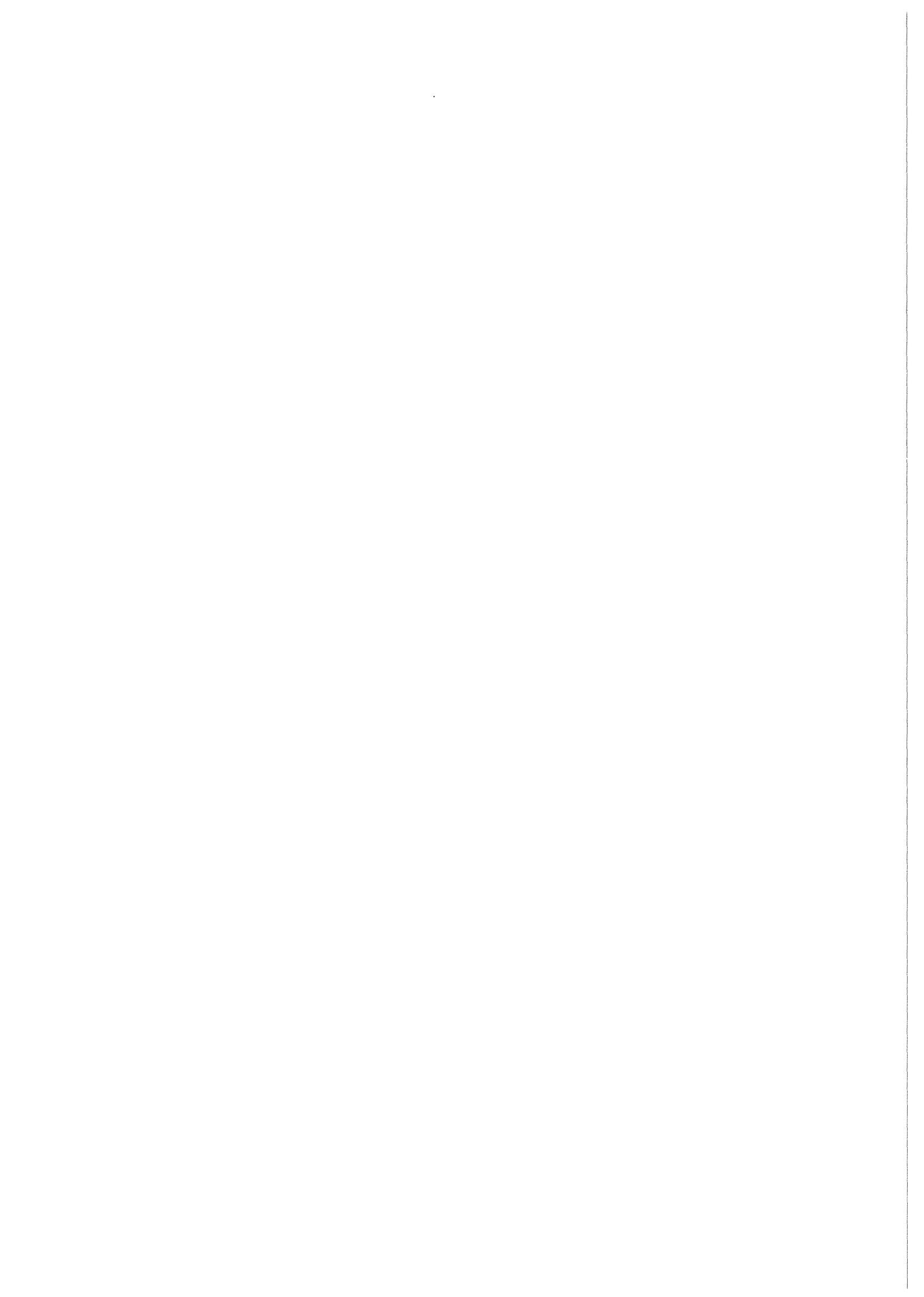


**KfK 4400**  
**Februar 1988**

# **Jahresbericht 1987 der Hauptabteilung Sicherheit**

**Redaktion:**  
**H. Kiefer, L. A. König**  
**Hauptabteilung Sicherheit**

**Kernforschungszentrum Karlsruhe**



**KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE**  
**Hauptabteilung Sicherheit**

**KfK 4400**

**Jahresbericht 1987**  
**der Hauptabteilung Sicherheit**

**Redaktion: H. Kiefer, 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  
Postfach 3640, 7500 Karlsruhe 1

ISSN 0303-4003

## Zusammenfassung

Der Sicherheitsbeauftragte und 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 Sicherheit umfaßt sowohl die Strahlenschutz-, Sicherheits- und Sicherungsaufgaben für die Institute und Abteilungen des KfK sowie die Abwasser- und Umgebungsüberwachung für das gesamte Kernforschungszentrum Karlsruhe als auch Forschungs- und Entwicklungsarbeiten. Schwerpunkte der F+E-Arbeiten waren: Untersuchungen des physikalischen und chemischen Verhaltens biologisch besonders wirksamer Radionuklide in der Umwelt, Verhalten von IIT im System Luft/Boden/Pflanze, die Biophysik multizellulärer Systeme sowie Verbesserungen in der Strahlenschutzmeßtechnik.

Der vorliegende Bericht informiert über die einzelnen Aufgabengebiete, gibt die Ergebnisse der Routineaufgaben im Jahr 1987 wieder und berichtet über Untersuchungsergebnisse und Entwicklungen der verschiedenen Arbeitsgruppen der Hauptabteilung.

Central Safety Department, Annual Report 1987

## Summary

The Safety Officer and the Security Officer 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 Central Safety Department.

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 waste water activity measurements and environmental monitoring of the whole area of the Center, and for research and development work mainly focusing on nuclear safety and radiation protection measures. The r+d work concentrates on the following aspects: physical and chemical behavior of biologically particularly active radionuclides, behavior of IIT in the air/plant/soil system, biophysics of multicellular systems, improvement in radiation protection measurement and personnel dosimetry.

This report gives details of the different duties, indicates the results of 1987 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 and of Chapter 1 describing the duties and organization of the Central Safety Department.

## Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabengebiet und Organisation der Hauptabteilung Sicherheit .....	1
2	Technisches Sicherheitsbüro .....	11
2.1	Strahlenschutz .....	11
2.1.1	Die Strahlenschutzverantwortlichkeiten in der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH und die Aufgaben der Gruppe Strahlenschutz im Technischen Sicherheitsbüro .....	11
2.1.2	Betriebsüberwachung .....	16
2.1.3	Erfassung des zu überwachenden Personenkreises .....	17
2.1.4	Personenregister .....	19
2.1.5	Ergebnisse der Personendosisüberwachung .....	20
2.1.6	Zur Durchführung des § 20a der Strahlenschutzverordnung .....	23
2.1.7	Zur Durchführung der Röntgenverordnung .....	25
2.2	Arbeitsschutz .....	26
2.2.1	Betriebsüberwachung .....	26
2.2.2	Arbeitsplatzüberwachung .....	29
2.2.3	Umsetzung der Gefahrstoffverordnung .....	30
2.2.4	Unfallgeschehen .....	32
2.2.5	Sicherheitsausbildung und Kommunikationsmittel .....	35
2.2.6	Arbeitsschutzausschuß .....	39
2.3	Kernmaterialüberwachung .....	40
2.3.1	Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung von Kernmaterial .....	40
2.3.2	Inspektionen durch EURATOM und IAEO .....	42
2.3.3	Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung sonstiger radioaktiver Stoffe .....	44
2.3.4	Erfassung und Überwachung von Kernmaterialtransporten .....	45
2.4	Einsatzplanung für Störfälle und Unfälle und Einsatzleitung .....	46
2.4.1	Statistik der EvD-Einsätze .....	46
2.4.2	Analyse der Einsatzursachen .....	48
2.4.3	Übungen der Einsatzdienste .....	52
2.4.4	Anschlußpläne zum Räumungsplan .....	54
2.4.5	Absperrschieber für die Sandfänge der Kühl- und Regenwasserkanalisation .....	55
2.4.6	Meldepflichtige Ereignisse .....	56
2.5	Abfallwirtschaft .....	58
2.5.1	Entsorgung von inaktiven Abfällen .....	58
2.5.2	Zwischenlager für inaktive Abfallstoffe .....	58

2.6	EDV-Einsatz für administrative Aufgaben des Technischen Sicherheitsbüros	60
2.6.1	Einführung und Nutzung des TSB-Netzwerkes	60
2.6.2	Regelmäßige EDV-Serviceleistungen	63
2.6.3	Wiederkehrende Prüfungen	67
3	Sicherung	70
3.1	Objektsicherung	70
3.1.1	Objektsicherungsdienst	70
3.1.2	Alarmzentrale	71
3.1.3	Objektsicherungszentralen	72
3.1.4	Güterkontrolle	72
3.1.5	Diensthundestaffel	73
3.1.6	Ausbildung	73
3.2	Technische Sicherungssysteme	74
3.3	Ermittlungsdienste	75
3.4	Schließwesen	75
3.5	Verkehrsdienste	76
3.6	Buskontrollen	77
3.7	Personelle und administrative Sicherungsfragen	78
3.7.1	Personensicherheitsüberprüfung	78
3.7.2	Ausweisbüro	78
3.7.3	Empfangsdienst	78
3.7.4	Ausländerbetreuung	79
4	Strahlenschutzüberwachung	80
4.1	Arbeitsplatzüberwachung im KfK	84
4.1.1	Personendosimetrie mit Taschenionisationskammern	84
4.1.2	Oberflächenkontaminationen	84
4.1.3	Raumluftaktivitäten	84
4.1.4	Personenkontaminationen	85
4.2	Summendosen	85
4.3	Arbeitsplatzüberwachung im Zyklotron	87
4.4	Strahlenschutzmeßlabor	88
4.5	Transporte radioaktiver Stoffe	91
4.6	Neues Programm für die Aerosolfilterauswertung	92
4.7	Programm zur Bilanzierung der Fortluft-Aktivitätsfrachten	93
4.7.1	Ziel der Arbeit	93
4.7.2	Gewählte Hilfsmittel	94

4.7.3	Gestaltung des Arbeitsblattes .....	94
4.7.4	Graphik .....	94
4.7.5	Makros .....	95
4.7.6	Möglichkeiten der Ausgabe .....	95
4.7.7	Nachwort .....	96
4.8	Monatliche Anzeige von nicht künstlich strahlenexponierten Taschenionisationskammern .....	98
4.9	Dichtheitsprüfungen .....	98
5	Radioökologie .....	100
5.1	Emissions- und Immissionsüberwachung sowie Modelle .....	101
5.1.1	Fortluftüberwachung .....	101
5.1.1.1	Grundsätze und Berechnungsgrundlagen .....	101
5.1.1.2	Emissionsdaten für 1987 .....	105
5.1.1.3	Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung des KfK für 1987 .....	110
5.1.1.4	Vorausgeschätzte Strahlenexposition auf der Grundlage des Abluftplans 1988, Stand Oktober 1987 .....	113
5.1.2	Abwasser .....	115
5.1.2.1	Abwasserüberwachung .....	115
5.1.2.2	Erfassung und Verarbeitung der Meßdaten von Flüssigszintillationspektrometern .....	119
5.1.3	Umgebungsüberwachung .....	121
5.1.4	Modelle .....	129
5.1.4.1	Modell zur Berechnung der Bodenkontamination durch Tritiumemission in die Atmosphäre während Schneefalls .....	129
5.1.4.2	Berechnungen der C-14- und Kr-85-Konzentrationen in der bodennahen Luft während der Auflösungen der abgebrannten Brennelemente in der WAK .....	130
5.2	Radionuklidbestimmung .....	131
5.2.1	Radiochemie .....	131
5.2.1.1	Die Aktinidenemissionen mit der Abluft der WAK .....	132
5.2.1.2	Die Aktiniden- und Sr-Emissionen mit dem Chemieabwasser des KfK .....	132
5.2.1.3	Ra-226-, Ra-228-, I-129- und Pb-210-Konzentrationen im Chemieabwasser des KfK .....	133
5.2.2	Spektrometrische Untersuchungen .....	136
5.3	Ökologische Forschung .....	137
5.3.1	Der Boden-Pflanzen-Transfer von Schwermetallen aus einer Flugasche einer Müllverbrennungsanlage .....	138
5.3.2	Schwermetallanalytik .....	139

5.3.3	Ergebnisse der HT-Freisetzungsexperimente in Frankreich und Kanada .....	141
5.3.4	Vorbereitung der HT-Exposition von Pflanzen in einer Klimakammer .....	143
5.3.5	HT-Gehalt der Atmosphäre in der Umgebung und Aufnahme in Pflanzen .....	148
5.3.6	Der Boden-Pflanzen-Transfer von Iod auf Dauergrünland .....	150
6	Dosimetrie .....	151
6.1	Dosismessung zur Orts- und Personenüberwachung .....	151
6.1.1	Amtliche Personendosimetrie .....	151
6.1.1.1	Photolumineszenzdosimetrie .....	153
6.1.1.2	Teilkörperdosimetrie mit Thermolumineszenzdosimetern .....	154
6.1.1.3	Personendosimetrie mit Albedoneutronendosimetern .....	155
6.1.2	Sonstige Personen- und Ortsdosimeter .....	155
6.1.3	Ergebnisse der Personenüberwachung .....	156
6.1.4	Vergleichsbestrahlungen .....	158
6.1.5	Datenverarbeitung in HS/D .....	159
6.2	Photonendosimetrie .....	163
6.2.1	Entwicklung eines automatischen Auswertegerätes für Flachglasdosimeter .....	163
6.2.2	Energie- und Richtungsabhängigkeit des neuen Flachglasdosimeters für verschiedene Meßgrößen .....	164
6.2.3	Asymmetrie des Nutzstrahlenkegels an einer Röntgenanlage .....	166
6.3	Neutronendosimetrie .....	167
6.3.1	Anwendung von Albedodosimetern in der Routineüberwachung .....	167
6.3.2	Kalibrierverfahren für Albedodosimeter .....	171
6.3.3	Einsatz des Einkugelalbedomeßsystems zur Kalibrierung von Albedodosimetern in Neutronenstrahlungsfeldern am LWR .....	174
6.3.4	Energieabhängigkeit von CR 39 Kernspurätzdetektoren .....	176
6.3.5	Herabsetzung der Richtungsabhängigkeit durch zylindrisch geformte CR 39-Detektoren .....	178
6.3.6	Untersuchung der dosimetrischen Eigenschaften von CR 39 bei langzeitiger Lagerung in Stickstoff und Luft .....	181
6.3.7	Neutronenvergleichsbestrahlung im CERN-Hadronen-Streustrahlungsfeld .....	182
6.4	Strahlenexposition durch Radonzerfallsprodukte .....	183
6.4.1	Untersuchungen zur Auswirkung der Radonemission einer Uranunter- suchungsgrube auf die Umwelt .....	183
6.4.2	EG-Vergleichsmessung von Radondosimetern .....	187
6.5	Inkorporationsmessung .....	190
6.5.1	Routine- und Sondermessungen .....	190
6.5.2	Cs-137-Referenzmessungen .....	193

6.5.3	Zur Abhängigkeit des Cs-137-Kernwaffen-Fallouts von der geographischen Breite .....	195
6.5.4	Kalibrierung des Phoswich-Teilkörperzählers für Am-241 im Skelett .....	198
6.5.5	Zur Auswertung der Phoswich-Spektren von Am-241 nach Tschernobyl .....	200
6.5.6	Untersuchung von Am-241-Inkorporationen mit dem Phoswich-Teilkörperzähler .....	202
6.5.7	Zur Wirkung von DTPA bei Am-241-Inkorporationen .....	205
6.5.8	Entwicklung eines neuen Teilkörperzählers mit Germanium-Teleskopdetektoren .....	207
6.6	Strahlenschutzmeßtechnik .....	208
6.6.1	Aufgaben .....	208
6.6.2	Wartung und Reparatur .....	209
6.6.3	Routinekalibrierung .....	211
6.6.4	Amtliche Eichabfertigungsstelle .....	212
7	Biophysik .....	213
7.1	Einführung .....	213
7.2	Untersuchungen zum intrazellulären Signalweg der Zell-Kommunikation .....	213
7.2.1	Einleitung .....	213
7.2.2	Gibt es einen kommunikationsabhängigen zellulären Botenstoff? Die Arbeitshypothese .....	213
7.2.3	Auswahl der Zelllinien .....	214
7.2.4	Kulturbedingungen und Wachstums-Charakteristik der 3T3- und L-Zellen .....	214
7.2.5	cAMP-Bestimmungen .....	215
7.2.6	Diskussion der Ergebnisse und weiteres Vorgehen .....	216
7.3	Histochemische Charakterisierung von Sphäroiden aus Ratten-Hepatozyten .....	216
7.3.1	Einleitung .....	216
7.3.2	Faktoren, die für die Ausprägung differenzierter Leberfunktionen in Kultur von Bedeutung sind .....	217
7.3.3	Verbesserungen bei der Sphäroid-Herstellung .....	217
7.3.4	Gefrierschnitttechnik an Sphäroiden .....	219
7.3.5	Erste Ergebnisse .....	219
7.3.5.1	Glucose-6-phosphatase (G6Pase) .....	219
7.3.5.2	Mg-abhängige ATPase .....	222
7.3.6	Weiteres Vorgehen .....	222

8	Untersuchungen im Zusammenhang mit dem Reaktorunfall von Tschernobyl	223
8.1	Die regionale Verteilung der Cs-137-Körperaktivität in der Bevölkerung von Baden-Württemberg	223
8.2	Zusammenhänge zwischen den Cs-137-Aktivitäten in der Nahrung und im Menschen	225
8.3	Aktivität in pflanzlichen Nahrungsmitteln	229
8.4	Radioaktivität im Wald und in Einzelbäumen als Folge des Reaktorunfalls von Tschernobyl	232
9	Bibliographie, Beratertätigkeit	233
9.1	Veröffentlichungen 1987	233
9.2	Beratertätigkeit	237

## Contents

1	Duties and Organization of the Central Safety Department .....	6
2	Technical Safety Bureau .....	11
2.1	Radiation Protection .....	11
2.1.1	Responsibilities for Radiation Protection at KfK and Functions of the Radiation Protection Group of the Technical Safety Bureau .....	11
2.1.2	Inspection of Facilities and Operations .....	16
2.1.3	Persons to be Monitored .....	17
2.1.4	Filing Service for Persons Monitored .....	19
2.1.5	Results of Personnel Dose Monitoring .....	20
2.1.6	On the Implementation of Sec. 20a of the Radiation Protection Ordinance .....	23
2.1.7	On the Implementation of the X-Ray Ordinance .....	25
2.2	Industrial Safety .....	26
2.2.1	Inspection of Facilities and Operations .....	26
2.2.2	Work Place Monitoring .....	29
2.2.3	Application of the Hazardous Substances Ordinance (Gefahrstoffverordnung) .....	30
2.2.4	Occupational Accidents .....	32
2.2.5	Safety-related Training and Means of Communication .....	35
2.2.6	Industrial Safety Committee .....	39
2.3	Nuclear Material Safeguards .....	40
2.3.1	Central Accountancy for Nuclear Material Recording and Reporting .....	40
2.3.2	Inspections by EURATOM and IAEA .....	42
2.3.3	Central Accountancy for Recording and Reporting of Other Radioactive Materials .....	44
2.3.4	Accountancy and Control of Nuclear Materials Transports .....	45
2.4	Emergency Planning for Incidents and Accidents and Emergency Management .....	46
2.4.1	Statistics of Interventions by Squad Leader in Charge .....	46
2.4.2	Analysis of Causes of Interventions .....	48
2.4.3	Squad Drills .....	52
2.4.4	Supplementary Plans to Existing Evacuation Plan .....	54
2.4.5	Isolating Valves for the Grit Chambers of the Coolant Water and Rainwater Drainage System .....	55
2.4.6	Notifiable Events .....	56
2.5	Waste Management .....	58
2.5.1	Disposal of Non-radioactive Waste .....	58

## VIII

2.5.2	Interim Storage Facility for Non-radioactive Wastes .....	58
2.6	EDP in Administrative Work of the Technical Safety Bureau .....	60
2.6.1	Introduction and Use of the Local Network .....	60
2.6.2	Regular EDP-Services .....	63
2.6.3	In-service Inspection .....	67
3	Security .....	70
3.1	Plant Security .....	70
3.1.1	Plant Security Police .....	70
3.1.2	Alarm Center .....	71
3.1.3	Plant Security Center .....	72
3.1.4	Goods Inspection .....	72
3.1.5	Watch Dogs .....	73
3.1.6	Instruction .....	73
3.2	Technical Security Systems .....	74
3.3	Investigation Office .....	75
3.4	Key Service .....	75
3.5	Traffic Service .....	76
3.6	Bus Control Service .....	77
3.7	Personal and administration Security .....	78
3.7.1	Personal Security Investigation .....	78
3.7.2	Identy Office .....	78
3.7.3	Reception Office .....	78
3.7.4	Foreign Bureau .....	79
4	Radiation Protection .....	80
4.1	Radiation Protection of Working Places in the KfK .....	84
4.1.1	Personal Monitoring by Pocket Ionization Chambers .....	84
4.1.2	Surface Contamination .....	84
4.1.3	Room Air Contamination .....	84
4.1.4	Contamination of Persons .....	85
4.2	Collective Dose .....	85
4.3	Radiation Protection at the Cyclotron Laboratory .....	87
4.4	Radiation Protection Laboratory .....	88
4.5	Transport of Radioactive Materials .....	91
4.6	New Computer Programme for the Evaluation of Aerosolfilters .....	92
4.7	Computer Programme for the Balance of the Effluent Activities .....	93
4.7.1	Objective .....	93
4.7.2	Equipments .....	94

4.7.3	Layout of Work Sheet .....	94
4.7.4	Graphics .....	94
4.7.5	Makros .....	95
4.7.6	Output .....	95
4.7.7	Comment .....	96
4.8	Monthly Indication of Not Artificial Exposed Pocket Ionization Chambers .....	98
4.9	Leakage Tests .....	98
5	Radioecology .....	100
5.1	Emission- and Immission-Control, Modelling .....	101
5.1.1	Exhaust Air Monitoring .....	101
5.1.1.1	General Principles and Bases of Calculation .....	101
5.1.1.2	Emission Data of 1987 .....	105
5.1.1.3	Calculation of Radiation Exposure in the Vicinity of KfK for 1987 .....	110
5.1.1.4	Radiation Exposure Forecast on the Basis of the Exhaust Air Plan for 1987 .....	113
5.1.2	Liquid Effluent Monitoring .....	115
5.1.2.1	General .....	115
5.1.2.2	Data Acquisition and Data Processing of Liquid Scintillation Counter .....	119
5.1.3	Environmental Monitoring .....	121
5.1.4	Modelling .....	129
5.1.4.1	Calculation Model for the Impact on Soil due to Tritium Emission into the Atmosphere During Snowfall .....	129
5.1.4.2	Calculation of C-14 and Kr-85 Concentrations in the Air near the Ground during the Dissolution of Spent Fuel Elements in the WAK .....	130
5.2	Determination of Radionuclides .....	131
5.2.1	Radiochemistry .....	131
5.2.1.1	Actinide Emission with the Gaseous Effluents of WAK .....	132
5.2.1.2	Actinide and Sr Emission with Chemical Liquid Effluents of KfK .....	132
5.2.1.3	Concentrations of Ra-226, Ra-228, I-129 and Pb-210 in the Chemical Liquid Effluents of KfK .....	133
5.2.2	Spectrometric Investigations .....	136
5.3	Ecological Research .....	137
5.3.1	The Soil-to-Plant Transfer of Heavy Metals Contained in the Fly-ash of Incineration for Municipal Waste .....	138
5.3.2	Heavy Metal Analytics .....	139
5.3.3	Results of the HT-Dispersion Experiments in France and Canada .....	141
5.3.4	Preparation of HT-Exposition of Plants in a Climate Chamber .....	143
5.3.5	HT Content in the Ground Level Air of the Environment and the Uptake into Plants .....	148

5.3.6	The Soil-to-Plant Transfer of Iodine from Pasture .....	150
6	Dosimetry .....	151
6.1	Dose Measurements for Area and Personnel Monitoring .....	151
6.1.1	Official Personnel Monitoring .....	151
6.1.1.1	Photoluminescent Dosimetry .....	153
6.1.1.2	Partial Body Dosimetry Using Thermoluminescent Dosimeters .....	154
6.1.1.3	Personnel Dosimetry Using Albedo Neutron Dosimeters .....	155
6.1.2	Other Personnel and Ambient Dosimeters .....	155
6.1.3	Results of Personnel Monitoring .....	156
6.1.4	Intercomparison Experiments .....	158
6.1.5	Data Transfer at IIS/D .....	159
6.2	Photon Dosimetry .....	163
6.2.1	Development of an Automatic Reader for Flat Glass Dosimeters .....	163
6.2.2	Energy and Angular Dependence of the New Flat Glass Dosimeter for Different Dose Quantities .....	164
6.2.3	Asymmetry of the Beam Cone of a X-ray Tube .....	166
6.3	Neutron Dosimetry .....	167
6.3.1	Application of Albedo Dosimeters in Routine Monitoring .....	167
6.3.2	Calibration Method for Albedo Dosimeters .....	171
6.3.3	Use of the Single Sphere Albedo Technique for the Calibration of Albedo Dosimeters in Neutron Radiation Fields at LWR .....	174
6.3.4	Energy Dependence of CR 39 Nuclear Track Etch Detectors .....	176
6.3.5	Reduction of Angular Dependence Using Cylindrical Shaped CR 39 Detectors .....	178
6.3.6	Investigation of the Dosimetric Properties of CR 39 during Long-term Storage in Nitrogen and Air .....	181
6.3.7	Neutron Intercomparison Irradiation in the CERN Hadron Stray Radiation Field ...	182
6.4	Radiation Exposure due to Radon Decay Products .....	183
6.4.1	Investigation of the Environmental Effect of Radon Emission from a Uranium Exploration Mine .....	183
6.4.2	EG Intercomparison Measurement of Radon Dosimeters .....	187
6.5	Incorporation Measurements .....	190
6.5.1	Routine and Special Measurement .....	190
6.5.2	Cs-137 Reference Measurements .....	193
6.5.3	Dependence of the Cs-137 Fallout from Nuclear Weapons on the Degree of Latitude .	195
6.5.4	Calibration of the Phoswich Partial Body Counter for Am-241 in the Skeleton .....	198
6.5.5	Evaluation of Phoswich Spectra of Am-241 after Tschernobyl .....	200
6.5.6	Investigation of Am-241 Incorporations Using the Phoswich Partial Body Counter ...	202

6.5.7	Effect of DTPA on Am-241 Incorporations .....	205
6.5.8	Development of a New Partial Body Counter Using Germanium Telescope Detectors	207
6.6	Radiation Protection Measurement Technique .....	208
6.6.1	Tasks .....	208
6.6.2	Maintenance and Repair .....	209
6.6.3	Routine Calibration .....	211
6.6.4	Official Calibration Service .....	212
7	Biophysics .....	213
7.1	Introduction .....	213
7.2	Investigations related to the Intracellular Signal Path of Cell Communication .....	213
7.2.1	Introduction .....	213
7.2.2	Is there a Communication-dependent Intracellular Messenger? The Working Hypothesis .....	213
7.2.3	Selection of Cell Lines .....	214
7.2.4	Culture Conditions and Growth Characteristics of 3T3- and L-Cells .....	214
7.2.5	cAMP-Measurements .....	215
7.2.6	Discussion of the Results and Further Investigations .....	216
7.3	Histochemical Characterization of Spheroids of Rat Hepatocytes .....	216
7.3.1	Introduction .....	216
7.3.2	Factors Determining the Expression of Differentiated Liver Functions in Culture ...	217
7.3.3	Optimizing the Formation of Spheroids .....	217
7.3.4	Cryo-Sectioning of Spheroids .....	219
7.3.5	First Results .....	219
7.3.5.1	Glucose-6-phosphatase (G6Pase) .....	219
7.3.5.2	Mg-dependent ATPase .....	222
7.3.6	Discussion of the Results and Further Investigations .....	222
8	Investigations Connected with the Chernobyl Reactor Accident .....	223
8.1	Regional Distribution of Cs-137 Body Burden in the Population of Baden-Württemberg .....	223
8.2	Correlation of Cs-137 Activities in Food and in Man .....	225
8.3	Radioactivity in Agricultural Products .....	229
8.4	Radioactivity in Forest and Single Trees Caused by the Chernobyl Reactor Accident .	232
9	Bibliography, Consulting Activity .....	233
9.1	Publications in 1987 .....	233
9.2	Consulting Activity .....	237

## Verzeichnis der Abkürzungen

AbfG	Abfallbeseitigungsgesetz
AbfNachwV	Abfallnachweisverordnung
AKD	Arbeitskreis „Dosismessung externer Strahlung“ des Fachverbands für Strahlenschutz e. V.
ANS	American Nuclear Society
ASiG	Arbeitssicherheitsgesetz
AtG	Atomgesetz
AVT	Alarmverstärkungstrupp
AZ	Alarmzentrale
BA	British Airways
BAT	Biologischer Arbeitsstofftoleranzwert
BAU	Hauptabteilung Bauwesen
BAW	Bundesanstalt für gewerbliche Wirtschaft
BB	Betriebsbeauftragter
BETA	Betontiegelschmelzanlage
BFE	Bundesforschungsanstalt für Ernährung
BG	Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften
BGA	Bundesgesundheitsamt
BGBI	Bundesgesetzblatt
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BKA	Bundeskriminalamt
BMFT	Bundesministerium für Forschung und Technologie, Bonn
BMI	Bundesministerium des Innern, Bonn
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn
CAD/CAM	Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing
CAMAC	Computer Application Measurement and Control
CEA	Commissariat de l'Énergie Atomique
CRAC	Calculation of Reactor Accident Consequences
DIN	Deutsches Institut für Normung
DRS	Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke
DWD	Deutscher Wetterdienst
DV	Datenverarbeitung
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EG	Europäische Gemeinschaft
EKM	Hauptabteilung Einkauf und Materialwirtschaft
EKM/FK	Hauptabteilung Einkauf und Materialwirtschaft/Fertigungskontrolle

EKM/MW	Hauptabteilung Einkauf und Materialwirtschaft/Materialwirtschaft
EKM/TAB	Hauptabteilung Einkauf und Materialwirtschaft/Auftragsabwicklung und Bewirtschaftung
EKS	Entwicklungsgruppe Kernmaterialsicherung
EM	Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg, Stuttgart
ENEA	European Nuclear Energy Agency
ENS	European Nuclear Society
EURATOM	Europäische Atomgemeinschaft
EvD	Einsatzleiter vom Dienst
FID	Filmdosimeter
FIZ	Fachinformationszentrum Energie, Physik, Mathematik GmbH
FR 2	Forschungsreaktor 2
GAA	Gewerbeaufsichtsamt, Karlsruhe
GefahrgutV Sec	Gefahrgutverordnung See
GefStoffV	Gefahrstoffverordnung
GFS	Gemeinsame Forschungsstelle
GGVS	Gefahrgutverordnung Straße
GMBI	Gemeinsames Ministerialblatt
GKN	Gemeinschaftskernkraftwerk Neckar GmbH, Neckarwestheim
GRS	Gesellschaft für Reaktorsicherheit mbH, Köln
GSI*	Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH, Neuherberg
GSI	Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH, Darmstadt
GZ	Ganzkörperzähler
HDB	Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe
HDI	Hauptabteilung Datenverarbeitung und Instrumentierung
HEZA	Heiße Chemie Zellenanlage
HFk	Hand-Fuß-Kleider-Monitor
HPRR	Health Physics Research Reactor
HS	Hauptabteilung Sicherheit
HS/B	Hauptabteilung Sicherheit/Biophysik
HS/D	Hauptabteilung Sicherheit/Dosimetrie
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

IAEO	Internationale Atom-Energie-Organisation (amtliche deutsche Übersetzung für IAEA)
IAK	Institut für angewandte Kernphysik
IATA	International Air Transport Association
ICRP	International Commission on Radiological Protection
IDT	Institut für Datenverarbeitung in der Technik
IEC	International Electrotechnical Commission
IGT	Institut für Genetik und Toxikologie von Spaltstoffen
IHCh	Institut für Heiße Chemie
IHK	Industrie- und Handelskammer
IK	Institut für Kernphysik
IK-III/RTM	Institut für Kernphysik III/Radionuklidtechnik im Maschinenbau
IK-III/Zykl	Institut für Kernphysik III/Zyklotron
IKVT	Institut für Kernverfahrenstechnik
IMF	Institut für Material- und Festkörperforschung
IMK	Institut für Meteorologie und Klimaforschung
INE	Institut für Nukleare Entsorgungstechnik
INFP	Institut für Nukleare Festkörperphysik
INR	Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik
IRB	Institut für Reaktorbauelemente
IRCh	Institut für Radiochemie
IRE	Institut für Reaktorentwicklung
IT	Hauptabteilung Ingenieurtechnik
ITO	Interne Transportordnung der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
ITP	Institut für Technische Physik
KAZ	Karlsruher Kompaktzyklotron
KBG	Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft mbH, Leopoldshafen
KFA	Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Jülich
KfK	Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe
KGV	Koordinationsstelle Genehmigungsverfahren
KHG	Kerntechnische Hilfsdienst GmbH, Leopoldshafen
KIZ	Karlsruher Isochronzyklotron
KKP	Kernkraftwerk Philippsburg, Philippsburg
KKW	Kernkraftwerk
KNK	Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage
KTB	Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe
KTB/BI	Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe/Betriebsinstandhaltung
KTB/EA	Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe/Experimentieranlage

KTB/FR 2	Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe/Forschungsreaktor 2
KTB/IIZ	Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe/Heiße Zellen
KTB/SNEAK	Kerntechnische Betriebe/Schnelle-Null-Energie-Anordnung Karlsruhe
KWO	Kernkraftwerk Obrigheim GmbH, Obrigheim
KWU	Kraftwerk Union AG, Erlangen
LA	Literaturabteilung
LAF	Laboratorium für Aerosolphysik und Filtertechnik
LAN	Local Area Network
LAVA	Lager- und Verdampfungsanlage für hochaktive Flüssigkeiten
LAW	Low Activity Waste
LfU	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe
LIT	Laboratorium für Isotopentechnik
LKA	Landeskriminalamt
LLL	Lawrence Livermore Laboratory
LWR	Leichtwasserreaktor
LZ	Lungenzähler
MAK	Maximale Arbeitsplatzkonzentration
MARIA	Methods for Assessing the Radiological Impact of Accidents
MAW	Medium Activity Waste
MBZ	Materialbilanzzone
Med	Medizinische Abteilung
Med/Tox	Medizinische Abteilung/Toxikologisches Labor
MPBB	Maximum Permissible Body Burden
MPI	Max-Planck-Institut
MZFR	Mehrzweckforschungsreaktor
NE	Naßentschwefelung
NRPB	National Radiological Protection Board
NSA	Notstromaggregat
NV-Vertrag	Nichtverbreitungsvertrag
NWG	Nachweisgrenze
OBT	Organisch gebundenes Tritium
OKD	Stabsabteilung Organisation und Kaufmännische Datenverarbeitung
OMW	Oberrheinische Mineralölwerke
ORNL	Oak Ridge National Laboratory
OSD	Objektsicherungsdienst
PANAM	Pan American World Airways, Inc.
P/AV	Hauptabteilung Personalwesen und Allgemeine Verwaltung
P/AV/FD	Hauptabteilung Personalwesen und Allgemeine Verwaltung/Fahrdienst

PFT	Projektträgerschaft Fertigungstechnik
PHDR	Projekt Heißdampfreaktor-Sicherheitsprogramm
PL	Photolumineszenz
PLD	Photolumineszenzdosimeter
PNS	Projekt Nukleare Sicherheit
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig
PWR	Pressurized Water Reactor
RöV	Röntgenverordnung
RP	Regierungspräsidium, Karlsruhe
RVO	Reichsversicherungsordnung
SKT	Schule für Kerntechnik
SM	Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung Baden-Württemberg, Stuttgart
SNEAK	Schnelle-Null-Energie-Anordnung Karlsruhe
SSB	Strahlenschutzbeauftragter
SSV	Strahlenschutzverantwortlicher
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
StVfS/RöV	Stellvertretender Verantwortlicher für den Strahlenschutz nach Röntgenverordnung
SUA	Siemens-Unterrichts-Anordnung
SUR	Siemens-Unterrichts-Reaktor
TAMARA	Testanlage zur Müllverbrennung, Abgasreinigung, Rückstandsverwertung und Abwasserbehandlung
TEKO	Technikumshalle zur Komponentenerprobung
TIK	Taschenionisationskammer
TL	Thermolumineszenz
TLD	Thermolumineszenzdosimeter
TOSKA	Toroidale Spulentestanlage Karlsruhe
TRIGA	Training, Research and Isotope Production Reactor der General Atomic
TRGS	Technische Regeln für Gefahrstoffe
TRK	Technische Richtkonzentration
TU	Europäisches Institut für Transurane
TÜV	Technischer Überwachungs-Verein e. V.
UFOMOD	Unfallfolgenmodell
UM	Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg, Stuttgart
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
UVV	Unfallverhütungsvorschriften
US-DOE	US-Department of Energy

VAK	Versuchsatomkraftwerk Kahl
VBG	Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften
VBW	Hauptabteilung Versorgungsbetriebe und Werkstätten
VBW/BW	Hauptabteilung Versorgungsbetriebe und Werkstätten/Betriebswerkstätten und Montage
VBW/E	Hauptabteilung Versorgungsbetriebe und Werkstätten/Stromversorgung, Elektro- und Fernmeldeanlagen
VBW/HW	Hauptabteilung Versorgungsbetriebe und Werkstätten/Hauptwerkstatt
VBW/VB	Hauptabteilung Versorgungsbetriebe und Werkstätten/Versorgungs- und Hilfsbetriebe
VBW/VB-Bh	Hauptabteilung Versorgungsbetriebe und Werkstätten/Versorgungs- und Hilfsbetriebe - Bauhof
VBW/VB-Fw	Hauptabteilung Versorgungsbetriebe und Werkstätten/Versorgungs- und Hilfsbetriebe - Feuerwehr
VBW/VB-Wä	Hauptabteilung Versorgungsbetriebe und Werkstätten/Versorgungs- und Hilfsbetriebe - Wäscherei
VDE	Verband Deutscher Elektrotechniker
VDSI	Verein Deutscher Sicherheitsingenieure e. V.
VfS/RöV	Verantwortlicher für den Strahlenschutz nach Röntgenverordnung
VGB	Technische Vereinigung der Großkraftwerksbetreiber e. V., Essen
WAK	Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Betriebsgesellschaft mbH, Eggenstein-Leopoldshafen
WL	Working Level
WWA	Wasserwirtschaftsamt, Karlsruhe
ZGK	Zentrale Güterkontrolle

## 1 Aufgabengebiet und Organisation der Hauptabteilung Sicherheit

H. Kiefer, M. Urban

Die Hauptabteilung Sicherheit (Leitung Prof. Dr. H. Kiefer) ist für die Gewährleistung des Strahlenschutzes und der technischen Sicherheit auf konventionellem und nuklearem Gebiet sowie für den Objektschutz und die Sicherung der Kernmaterialien und radioaktiven Stoffe zuständig. Prof. Dr. H. Kiefer ist gleichzeitig als Sicherheitsbeauftragter und als Sicherungsbeauftragter der KfK GmbH bestellt.

Die Aufgabenstellung der Hauptabteilung Sicherheit umfaßt sowohl die Strahlenschutz-, Sicherheits- und Sicherungsaufgaben für die Institute und Abteilungen des KfK sowie die Abwasser- und Umgebungsüberwachung für das gesamte Kernforschungszentrum Karlsruhe als auch Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, die u. a. im Rahmen des Projekts Kernfusion oder als von Stellen außerhalb der KfK GmbH geförderte Forschungsvorhaben durchgeführt werden. Schwerpunkte der F + E-Arbeiten sind: Untersuchungen des physikalischen und chemischen Verhaltens biologisch besonders wirksamer Radionuklide und inaktiver Schwermetalle in der Umwelt, der mikrobiologischen Einflüsse auf die Mobilität und Bioverfügbarkeit von Radionukliden in Böden und Sedimenten, der Biophysik multi-zellulärer Systeme sowie Verbesserungen in der Strahlenschutzmeßtechnik.

Am 31.12.1987 waren in der Hauptabteilung Sicherheit 30 Akademiker, 38 Ingenieure, 237 sonstige Mitarbeiter, 3 Gastwissenschaftler, 4 Doktoranden, 17 Mitarbeiter zur Ausbildung als Strahlenschutzingenieure sowie 3 Praktikanten beschäftigt.

### „Radioökologie“

Die Abteilung Radioökologie ist zuständig für die Emissions- und Immissionsüberwachung des Kernforschungszentrums Karlsruhe (Messung bzw. Erfassung der radioaktiven Emissionen mit der Fortluft und dem Abwasser, Überwachung der Umgebungsexposition) und die experimentelle Untersuchung radioökologischer Auswirkungen dieser Emissionen. Im Auftrag werden solche Messungen auch für andere kerntechnische Anlagen durchgeführt. Die Umgebung des Kernforschungszentrums wird durch  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlungsmessungen überwacht. Die  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlung wird mit Hilfe von Zählrohrstationen und Festkörperdosimetern auf dem Betriebsgelände und in der Umgebung gemessen. Zur Bestimmung des Radioaktivitätsgehaltes in Luft, Wasser, Boden, Schlamm, Fisch und landwirtschaftlichen Produkten werden regelmäßige Proben aus der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe gemessen. Radionuklid- und Elementbestimmungen werden mit physikalischen und chemischen Meßmethoden durchgeführt. Aus den ermittelten Meßwerten wird die Strahlenexposition der Bevölkerung in der Umgebung des Kernforschungszentrums im abgelaufenen Jahr berechnet. Ebenfalls berechnet wird die sich aus den im Abluftplan für das anschließende Jahr zugelassenen Emissionswerten ergebende Strahlenexposition.

Parallel zu den Routineaufgaben laufen verschiedene Forschungsprogramme, die sich insbesondere mit dem Boden-Pflanzen-Transfer sowie mit dem Verhalten von Tritium in der Umwelt befassen. Diese Programme sind teilweise in innerhalb des Kernforschungszentrums laufende Projekte eingebunden oder werden als Auftragsarbeiten ausgeführt.

## „Dosimetrie“

Die Abteilung Dosimetrie ist zuständig für die Auswahl und Anwendung dosimetrischer Meßverfahren und für die Durchführung von Inkorporationsdirektmessungen. Weitere Aufgaben sind die Betreuung und routinemäßige Wartung aller bei der KfK GmbH eingesetzten Strahlenschutzmeßgeräte sowie deren Kalibrierung. Ein Schwerpunkt der Abteilung Dosimetrie ist die Bereitstellung, Erprobung und Anwendung neuer Strahlenschutzmeßverfahren mit dem besonderen Gewicht auf der Neutronendosimetrie, die Messung geringer Dosen sowie die Messung geringer Nukliddepositionen im Körper.

Der Aufgabenbereich „Routineüberwachung“ umfaßt die Auswertung von Thermolumineszenz- und Phosphatglasdosimetern zur Ermittlung der Personendosis von Mitarbeitern im Kernforschungszentrum. Eingeschlossen sind Dosismessungen mit Festkörperdosimetern in der Umgebung kerntechnischer Anlagen. Für die Personenüberwachung externer Stellen in Baden-Württemberg wird eine amtliche Meßstelle für Festkörperdosimeter zur Messung der Personendosis nach § 63 StrlSchV und § 40 RöV betrieben. Als amtliche Personendosimeter ausgegeben und ausgewertet werden Phosphatglasdosimeter, Thermolumineszenz-Fingerringdosimeter und Albedoneutronendosimeter. Außerdem werden ein Ganzkörperzähler sowie zwei spezielle Teilkörperzähler zur routinemäßigen Inkorporationskontrolle aller Mitarbeiter des Kernforschungszentrums, die mit offenen radioaktiven Stoffen umgehen, eingesetzt. Darüber hinaus werden auch für externe Stellen spezielle Inkorporationsmessungen auf Uran, Plutonium und andere Transurane durchgeführt.

Der Aufgabenbereich „Strahlenmeßgeräte“ betreut alle bei der KfK eingesetzten Strahlenschutzmeßgeräte durch regelmäßige elektronische Wartung, Reparatur und Kalibrierung der tragbaren Dosisleistungsmessgeräte, aller Hand- und Fußkontaminationsmonitoren sowie der ortsfesten Meßstellen zur Pegel- und Abluftüberwachung. Weitere Aufgaben sind die Eingangskontrolle neu angeschaffter Geräte, der Test von neu auf dem Markt angebotenen Meßgeräten sowie der Betrieb von Bestrahlungsanlagen zur routinemäßigen Kalibrierung von Festkörperdosimetriesystemen 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 und internationalen Kontrollbestrahlungen gewährleistet.

Im Aufgabenbereich „Dosimetrische Untersuchungen“ werden neuere Meßverfahren weiterentwickelt und für eine Routineanwendung bereitgestellt. Schwerpunkt der Entwicklungsarbeiten sind Meßverfahren für Neutronenstreustrahlungsfelder, die Weiterentwicklung und Anwendung von Kernspurätzdetektoren, u. a. auch in Zusammenarbeit mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) sowie die Messung kleiner Dosen im Bereich des natürlichen Strahlenpegels. Zusammen mit Toshiba Glass wird für ein im KfK entwickeltes Flachglasdosimeter ein automatisches Auswertesystem mit UV-Laseranregung entwickelt. Weitere vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) geförderte Forschungsvorhaben betreffen die Ausmessung des Photonen-Neutronenstreustrahlungsfeldes in einem Leichtwasserreaktor und die Entwicklung eines Neutronen-Äquivalentdosisleistungsmessers nach dem Pinkugelmeßverfahren, das auch zur Kalibrierung von Albedoneutronendosimetern eingesetzt werden kann.

Im Bereich der Inkorporationsmessung werden neue Meßgeräte und Methoden zum Nachweis von Radionukliden, die mit herkömmlichen Ganz- oder Teilkörperzählern nur schwer nachweisbar sind, bereitgestellt. Im Vordergrund steht dabei der Nachweis von Nukliden mit hoher Radiotoxizität wie z. B. Radium, Uran, Plutonium, Americium und Curium. Außerdem sollen neue Methoden zur Direktmessung der Äquivalentdosisleistung bei innerer Strahlenexposition entwickelt werden. Eine weitere Aufgabe besteht in der Bereitstellung von hochempfindlichen spektroskopischen Meßverfahren für sonstige Anwendungen.

## „Biophysik“

Zu den Aufgaben der Abteilung HS/Biophysik (HS/B) gehört die experimentelle Bearbeitung von Fragestellungen des Strahlenschutzes, der medizinischen Strahlenanwendung und angrenzender Gebiete. Hier besteht eine Erkenntnislücke zwischen der praktisch nur schwer umsetzbaren Grundlagenforschung einerseits und den aus tierexperimentellen und epidemiologischen Untersuchungen resultierenden Erfahrungen andererseits. Durch den Einsatz fortgeschrittener Gewebekulturverfahren und die Anwendung moderner zellbiophysikalischer Methoden soll ein Beitrag zur Schließung dieser Lücke geliefert werden. Entsprechend dieser Zielsetzung besitzt die Abteilung drei Arbeitsschwerpunkte:

### - Radiologie

Wie die strahlengenetische Forschung in den letzten Jahrzehnten gezeigt hat, steht am Anfang einer Strahlenschädigung eine Veränderung (Mutation) an der DNA. Zwischen dem genetischen Defekt und der Manifestation des Schadens läuft jedoch eine Vielzahl weitgehend unerforschter Prozesse ab, welche die Ausprägung des Schadens (z. B. eines Tumors) ganz entscheidend beeinflussen und verändern. Einer dieser Prozesse ist die direkte interzelluläre Kommunikation über die sogenannten "Gap Junctions". Es mehren sich die Hinweise, daß dieses Phänomen nicht nur bei der embryonalen Entwicklung und Differenzierung eine fundamentale Rolle spielt, sondern auch bei der Cancerogenese und Teratogenese. Im Rahmen des Arbeitsbereiches „Radiologie“ sollen diese epigenetischen Faktoren der Strahlenwirkung, wie interzelluläre Kommunikation, gewebe-spezifische Zell-Organisation und -Physiologie und ihre Implikationen für den Strahlenschutz und die medizinische Strahlenanwendung (Tumorthherapie) untersucht werden. Ein besonderes Augenmerk wird dabei auch auf die wechselseitige Beeinflussung von strahlenbedingter und chemischer Wirkung gerichtet.

### - Gewebetechnologie

Zur Bearbeitung dieser Fragestellungen eignen sich in besonderem Maße fortgeschrittene Gewebekultursysteme wie das der multizellulären Sphäroide. Hierbei nehmen die Zellen ihre natürliche räumliche Organisation an und entfalten ihr volles Differenzierungspotential. In diesem System, das in seinem Komplexitätsgrad zwischen dem lebenden Organismus und konventionellen Suspension- bzw. Einschichtkulturen liegt, vereinigen sich außerdem die Vorzüge eines In-vitro-Systems mit der Spezifität des Ursprungsgewebes. Im Rahmen dieses Arbeitsgebietes sollen die Methoden zur Gewinnung, Kultur und Analytik der Sphäroide weiterentwickelt werden. Auch Fragestellungen im Zusammenhang mit dem Einsatz von Aggregations- und Sphäroid-Kulturen zur Einsparung von Tierversuchen werden hier bearbeitet.

### - Physikalische Biochemie

Innerhalb dieses Arbeitsschwerpunktes werden biochemische und biophysikalische Mechanismen untersucht, die für die spezifischen zellulären Eigenschaften des Sphäroidsystems verantwortlich sind. Dabei werden, neben den üblichen biochemischen Methoden, zell-biophysikalische Meßtechniken eingesetzt wie Mikroelektrode-technik (zur Messung der elektrischen Membraneigenschaften von Zellen), Flußzytometrie (zur Quantifizierung von Zellinhaltsstoffen, intrazellulären biochemischen Umsetzungen und Oberflächenmarkern) und Bildanalyse-Verfahren (zur automatischen Erfassung von morphologischen Veränderungen).

### „Technisches Sicherheitsbüro“

Die Abteilung Technisches Sicherheitsbüro hat beratende, kontrollierende und administrativ steuernde Funktionen auf allen Gebieten des Strahlenschutzes und des Arbeitsschutzes. Sie überprüft die Einhaltung angeordneter Maßnahmen zur Erfüllung gesetzlicher Pflichten, behördlicher Auflagen und sonstiger Vorschriften zur technischen Sicherheit im Kernforschungszentrum Karlsruhe. Zu ihren Aufgaben gehören die zentrale Erfassung und Dokumentation sicherheitsrelevanter Daten, Fakten und Vorgänge.

Die Gruppe „Strahlenschutz“ unterstützt die Strahlenschutzbeauftragten und den praktischen Strahlenschutz durch Information, Beratung und Behördenkontakte. Sie überprüft die Einhaltung der Strahlenschutz- und der Röntgenverordnung sowie behördlicher Auflagen, führt EDV-gestützte Dateien mit den Meßdaten der beruflich strahlenexponierten Personen und verfolgt Termine.

Die Gruppe „Arbeitsschutz“ wird auf allen Gebieten der konventionellen Sicherheit am Arbeitsplatz kontrollierend, beratend und aufklärend tätig und fördert so das Sicherheitsbewußtsein. Sie erledigt Meldung, Berichterstattung und Registrierung 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 und Einsatzleitung“ stellt den Einsatzleiter vom Dienst (EvD) für die Sicherheitsorganisation der KfK GmbH, sie aktualisiert und erarbeitet Einsatzunterlagen, organisiert Alarmübungen der Einsatztrupps, erstattet Einsatzberichte bei Störfällen und Unfällen und meldet sicherheitstechnisch bedeutsame Ereignisse den Aufsichtsbehörden.

### „Sicherung“

Der Abteilung Sicherung obliegt mit ihren Gruppen „Objektsicherungsdienst“, „Sicherungstechnik und Ermittlungsdienst“ sowie „Personelle und administrative Sicherungsfragen“ 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 und kontrolliert das Schließwesen und ist für den ordnungsgemäßen Ablauf des Straßenverkehrs im Bereich des Kernforschungszentrums Karlsruhe zuständig.

Die Gruppe „Sicherungstechnik 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. 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 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 Filmdosimeter, die internen Thermolumineszenzdosimeter sowie nach Bedarf Teilkörper- oder Neutronendosisimeter ausgegeben. In den Gebäuden und Anlagen werden nach vorgegebenem Plan routinemäßig Kontaminations- und Dosisleistungsmessungen durchgeführt und die Aktivitätskonzentration in der Raumluft der Arbeitsräume überwacht. Bei erhöhten Raumluftaktivitäten werden zu ergreifende Schutzmaßnahmen empfohlen. Die Strahlenschutzmitarbeiter veranlassen bei Personenkontaminationen die Durchführung der Dekontamination.

Die Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung überwachen den Materialtransport aus den Kontrollbereichen in den betrieblichen Überwachungsbereich des Kernforschungszentrums und aus dem Gelände des Kernforschungszentrums hinaus. Sie ermitteln, ob die von den Verordnungen vorgegebenen Grenzwerte für die Oberflächenkontamination oder Aktivität von Gegenständen eingehalten sind. Sie erteilen gegebenenfalls die Freigabe zur Wiederverwendung oder zur Beseitigung von Materialien.

## 1 Duties and Organization of the Central Safety Department

### II. Kiefer, M. Urban

The Central Safety Department headed by Prof. Dr. Hans Kiefer 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 Safety Officer and Security Officer of the Karlsruhe Nuclear Research Center (Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH (KfK)).

The Central Safety Department is responsible for handling all problems of radiation protection, safety and security of the institutes and departments of the KfK GmbH, for waste water activity measurements and environmental monitoring of the whole area of the Center, and for research and development work mainly focusing on nuclear safety and radiation protection measures. The R&D work concentrates on the following aspects: physical and chemical behavior of biologically particularly active radionuclides, behavior of H<sup>3</sup>T in the air/plant/soil system, biophysics of multicellular systems, improvement in radiation protection measurement and personnel dosimetry.

On December 31, 1987, the Central Safety Department employed 30 graduate staff members, 38 engineers and 237 other staff members, 3 foreign guest scientists, 4 candidates for doctor's degree, 17 staff members undergoing training as radiation protection engineers and 3 probationers.

### "Radioecology"

The Radioecology Department is responsible for measuring and recording, respectively, the radioactive emissions from the Karlsruhe Nuclear Research Center 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. The environment of the Center is monitored by  $\beta$ - and  $\gamma$ -radiation measurements and by activity measurements of various samples.  $\beta$ - and  $\gamma$ -radiation is measured 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, fish and agricultural products. Physical and chemical methods are applied in the determination of radionuclides and other elements.

Monitoring of gaseous and liquid effluents, environmental surveillance as well as research programs in work are supported by staff trained in analytical chemistry and radiochemistry and spectrometry. In connection with the routine tasks the Radioecology Department carries out several research programs mainly focusing on soil-to-plant transfer effects and the environmental behavior of tritium. These research programs are part of the R&D projects of the Karlsruhe Nuclear Research Center or funded by the Federal Ministry of the Interior.

## "Dosimetry"

The Dosimetry Department is responsible for selecting and applying dosimetry techniques for measurement and also for carrying out direct incorporation measurements. Other activities relate to the operation and routine maintenance of all radiation protection measuring equipment used at KfK and the calibration of these systems. A major activity of the Dosimetry Department is to provide, to test and to apply new radiation protection techniques, special attention being paid to neutron dosimetry, low dose measurements, and measurements of minor nuclide deposits in the body.

The field of activity "Routine Monitoring" concerns the evaluation of thermoluminescent and phosphate glass dosimeters 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 environment of nuclear facilities. For the purpose of external personnel monitoring in Baden-Württemberg an official Monitoring Service for Solid State Dosimeters was established for the measurement of personnel doses according to § 63 StrlSchV and § 40 RöV. The service distributes and evaluates official phosphate glass dosimeters, thermoluminescent finger ring dosimeters and albedo neutron dosimeters. Besides, a whole body counter and two special partial body counters are operated for routine and special incorporation monitoring of all staff members handling unsealed radioactive substances. In addition also for external users special incorporation measurements are performed with respect to uranium, plutonium and other transuranium nuclides.

The group "Radiation Protection Measurement Devices" manages all radiation protection instruments in the market, and the operation of irradiation facilities for routine calibration of solid state dosimeter systems and any kind of dosimeters and dose rate meters used for radiation protection. The facilities are also used by the Office of Weights and Measures of Baden-Württemberg for the official calibration of personal and area dosimeters. The overall measuring accuracy is guaranteed by regular participation in the different national and international control irradiations.

In the field of activity "Dosimetric Investigations" new measuring methods are improved and provided for routine application. Special attention is devoted to development activities in neutron dosimetry, especially the application of albedo measuring techniques in stray 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, also in cooperation with the Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB). In cooperation with Toshiba Glass an automatic readout system with laser excitation have been developed using the flat glass dosimeter developed by KfK. Additional research programs funded by the BMU are concerned with the measurement of scattered photon/neutron fields in a light water reactor and the development of a neutron dose equivalent rate meter based on the single sphere technique which can be used also for the calibration of albedo neutron dosimeters.

With respect to incorporation monitoring new measurement equipments and methods are provided for the measurement of radioactive materials which are difficult or impossible to detect using conventional whole or partial body counters. This work focuses on high radiotoxic nuclides such as radium, uranium, plutonium, americium and curium. In addition new methods should be developed for the direct measurement of the dose equivalent in the case of internal radiation exposure. Another task is to provide high sensitive spectroscopic techniques for other applications.

## "Biophysics"

The Biophysics Department is engaged in experimental work related to problems of biological radio-protection, medical applications of radiation, and adjacent fields. Using advanced tissue culture technology and modern cell-biophysical methods, contributions are being made to fill the gap of knowledge between fundamental radiobiological research (whose results are poorly applicable to most practical situations), and experiences resulting from epidemiological studies or animal experiments. According to this aim, interest is focused on three main fields of research:

### - Radiology

Research in Radiation Genetics during the past decades has shown that biological radiation damage is initiated by alterations in DNA (mutations). Between this genetic defect and the manifestation of damage, however, a large number of intermediate and largely unknown processes take place which may significantly influence and even modify the final expression of damage (e. g. a tumor). One of these processes is the direct cell-to-cell communication via the so-called "Gap Junctions." There is increasing evidence that this phenomenon plays a fundamental role not only in embryonic development and differentiation but also in cancerogenesis and teratogenesis. Within the research field "Radiology," emphasis is put on the study of epigenetic factors such as intercellular communication, tissue-specific cell organization and-physiology, as well as on their implications for radioprotection and medical radiation application (tumor therapy). Particular attention will be paid to potential synergistic effects between radiation and chemical substances.

### - Tissue technology

For these studies, advanced tissue culture systems like the multicellular spheroids are particularly well suited. In spheroids, the cells retain their natural arrangement and preserve their full potential of differentiation. With respect to biological complexity, the spheroid system provides a link between conventional suspension- of monolayer cultures and the living organism. In addition, it combines the advantages of an in vitro system with the specificity of the original tissue. It is attempted to improve the methods for the formation, culture, and analysis of spheroids. Furthermore, problems referring to the potential substitution of experiments on animals by the use of spheroids and re-aggregation cultures will be investigated.

### - Physical biochemistry

Work in this field aims at elucidating the biochemical and biophysical mechanisms responsible for the specific cellular properties of spheroids. In addition to the usual biochemical methods; cell-biophysical techniques will be applied such as micro-electrode techniques to measure electrical membrane properties of cells), flow-cytometry (quantitation of intracellular substances, biochemical reactions, and surface marks), and image processing (for automated detection of morphological alterations).

## "Technical Safety Bureau"

The Technical Safety Bureau Department has consulting, monitoring and administrative control functions in all fields of radiation protection and industrial safety. It verifies the observance of measures prescribed in legal obligations, of requirements imposed by the authorities, and of other rules and regulations pertaining to technical safety at the Karlsruhe Nuclear Research Center. Its duties include the centralized collection and documentation of safety related data, facts and events.

The Radiation Protection Group supports the activities of the Radiation Protection Officers and practical radiation protection efforts by offering information and consultancy and through contacts with public authorities. It makes sure that the Radiation Protection Ordinance and X-ray Ordinance and all conditions imposed by the authorities are observed, keeps computerized data files with the personal readings of persons occupationally exposed to radiation, and is also responsible for controlling time schedules.

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 reporting and registration 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 and Management Group provides the squad leader in charge for the organization of safety at the Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH. The group prepares and updates intervention documents, organizes alarm exercises for the task forces, writes reports about interventions in incidents and accidents, and reports events which are relevant in terms of safety to the supervisory authorities.

## "Security"

The Security Department with its groups responsible for Physical Security Service, Technical Security and Investigation Service and Personnel and Administrative Security ensures basic security throughout the Nuclear Research Center.

The Physical 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 Investigation Service is 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 Investigation 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 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"

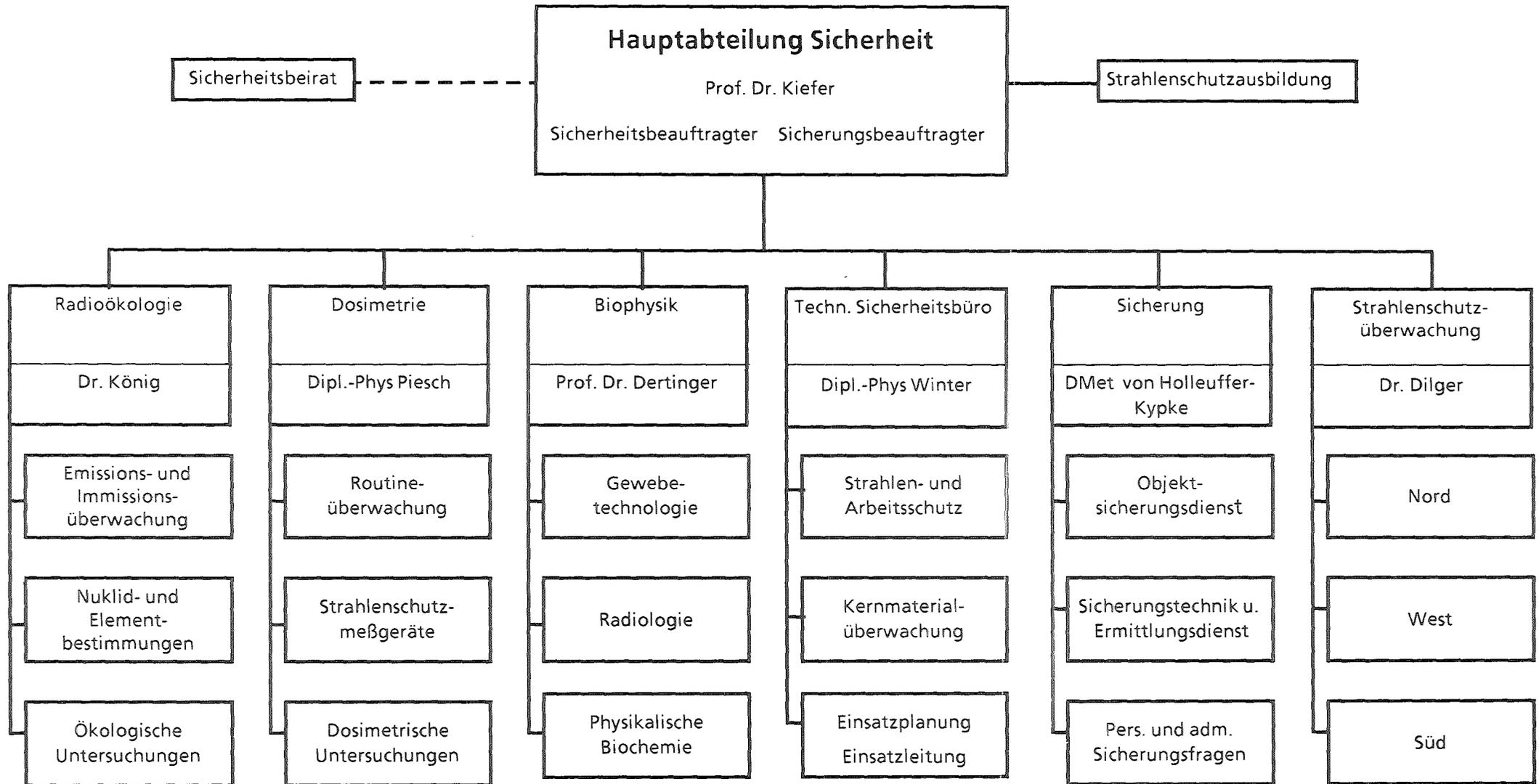
The Radiation Protection Monitoring Department is mainly responsible for protection of the personnel of the Karlsruhe Nuclear Research Center handling radioactive substances or exposed to ionizing radiation. As a result of these duties, the members of this Department work in a decentralized system in 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 contracted 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 thermoluminescence dosimeters are issued monthly just as partial body dosimeters or neutron dosimeters if required. 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.

Material transports from controlled areas into the supervised area of the Nuclear Research Center and out of the Nuclear Research Center are monitored. Staff members evaluate if limits of the ordinances for surface contamination or radioactivity of subjects are not exceeded. They give the allowance for reuse or for final disposal of materials.

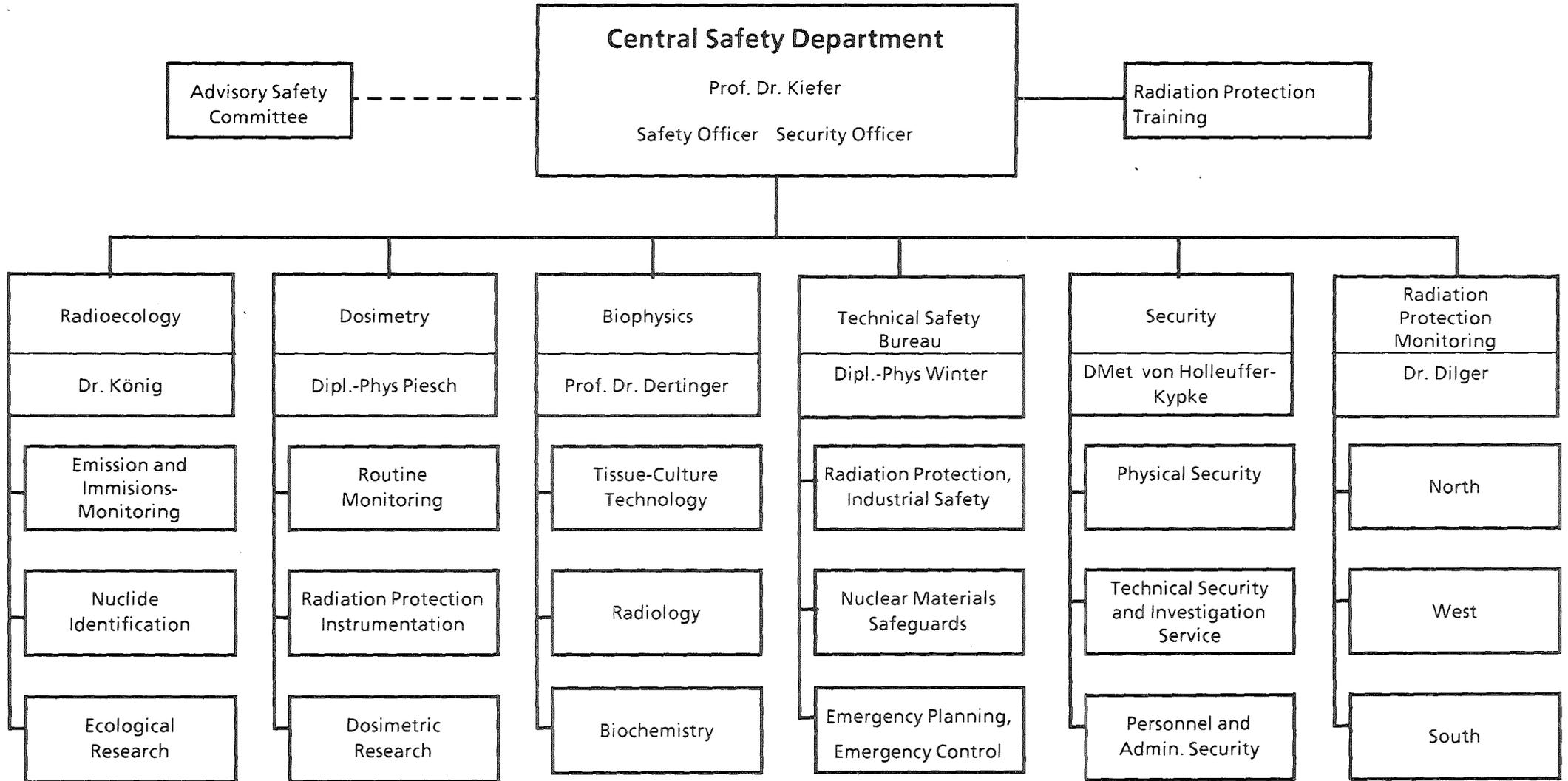
# Organisationsplan HS

Stand: 31.12.1987



# Organisationsplan HS

Stand: 31.12.1987



## 2 Technisches Sicherheitsbüro

M. Winter

Die Abteilung „Technisches Sicherheitsbüro“ hat beratende, kontrollierende und administrativ steuernde Funktionen auf allen Gebieten des Strahlenschutzes und des Arbeitsschutzes. Sie überprüft die Einhaltung angeordneter Maßnahmen zur Erfüllung gesetzlicher Pflichten, behördlicher Auflagen und sonstiger Vorschriften zur technischen Sicherheit im Kernforschungszentrum Karlsruhe. Zu ihren Aufgaben gehören die zentrale Erfassung und Dokumentation sicherheitsrelevanter Daten, Fakten und Vorgänge.

Die Gruppe „Strahlenschutz“ unterstützt die Tätigkeit der Strahlenschutzbeauftragten und den praktischen Strahlenschutz durch Information, Beratung und Behördenkontakte. Sie überprüft die Einhaltung der Strahlenschutz- und der Röntgenverordnung sowie behördlicher Auflagen, führt EDV-gestützte Dateien mit den persönlichen Meßdaten der beruflich strahlenexponierten Personen und verfolgt Termine.

Die Gruppe „Arbeitsschutz“ wird auf allen Gebieten der konventionellen Sicherheit am Arbeitsplatz kontrollierend und beratend tätig und führt Lärm- und Schadstoffmessungen durch. Sie erledigt Registrierung und Meldung von Arbeitsunfällen, ordnet vorsorgliche Maßnahmen an und bestellt sicherheitsbeauftragte Personen. Sie berät bei Fragen im Zusammenhang mit der Gefahrstoffverordnung und 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 „Einsatzleitung und Einsatzplanung“ stellt den Einsatzleiter vom Dienst (EVD) für die Sicherheitsorganisation der KfK GmbH, sie aktualisiert und erarbeitet Einsatzunterlagen, organisiert Alarmübungen der Einsatztrupps, erstattet Einsatzberichte bei Störfällen und Unfällen und meldet sicherheitstechnisch bedeutsame Ereignisse den Aufsichtsbehörden.

### 2.1 Strahlenschutz

#### 2.1.1 Die Strahlenschutzverantwortlichkeiten in der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH und die Aufgaben der Gruppe Strahlenschutz im Technischen Sicherheitsbüro

W. Tachlinski

Genehmigungsinhaber aller Genehmigungen ist die Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, und somit ist gemäß § 29 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) der Vorstand als juristische Person Strahlenschutzverantwortlicher (SSV).

Aus der Begründung der Bundesregierung und des Bundesrates zu den §§ 29, 30 StrlSchV ergibt sich, daß der SSV einen Bevollmächtigten bestellen kann, der nicht selbst Strahlenschutzbeauftragter (SSB) zu sein braucht, aber die Funktion des SSV ausübt, ohne allerdings dessen Verantwortlichkeit übernehmen zu können. Der Vorstand der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH hat mit dem Sicherheitsbeauftragten, Herrn Prof. Dr. Kiefer, einen solchen Bevollmächtigten bestellt. Dieser bedient sich zur Erfüllung der SSV-Pflichten der Hauptabteilung Sicherheit, deren Leiter er ist. Die Gruppe Strahlenschutz im Technischen Sicherheitsbüro (TSB) führt einen Teil seiner in § 31 StrlSchV genannten Pflichten aus. In Tab. 2/1 wird aufgelistet, welche Aufgaben dieser Gruppe übertragen wurden.

Aus den §§ 29 bis 31 der StrlSchV ergibt sich mit nur wenigen Ausnahmen eine Doppelverantwortlichkeit von Strahlenschutzverantwortlichem (SSV) und den für die Leitung, Beaufsichtigung und sichere Ausführung der genehmigungs- oder anzeigebedürftigen Tätigkeit schriftlich bestellten Strahlenschutzbeauftragten.

Neben dem Sicherheitsbeauftragten sind noch 207 Strahlenschutzbeauftragte oder stellvertretende Strahlenschutzbeauftragte bestellt. Generell beziehen sich die innerbetrieblichen Entscheidungsbereiche der Strahlenschutzbeauftragten auf eine bestimmte Organisationseinheit, da die meisten der 106 bei IIS/TSB dokumentierten Genehmigungen, Anzeigen, Bescheide etc. in der Regel ebenfalls auf Organisationseinheiten der KfK lauten.

§ StrlSchV	Titel der Schutzvorschrift	Art der Tätigkeit/Aufgabe
§ 28	Strahlenschutzgrundsätze	Überprüfung bei Betriebsbegehungen
§ 35	Kennzeichnungspflicht	Überprüfungen bei Betriebsbegehungen und innerbetriebliche Umsetzung in Zusammenarbeit mit IIS/Ü
§ 36	Maßnahmen bei sicherheitstechnisch bedeutsamen Ereignissen	Mitwirkung an der Bearbeitung der Folgen des Ereignisses, z. B. Auswirkungen auf das innerbetriebliche Regelwerk oder Abwicklung der Behördenkontakte
§ 37	Vorbereitung der Brandbekämpfung	Überprüfung bei Betriebsbegehungen
§ 39	Belehrung	Terminverfolgung für alle belehrungspflichtigen Mitarbeiter und ggf. Verhängen von Tätigkeitsverboten; zentrale Durchführung der Pflicht zur Aufbewahrung der Aufzeichnungen und der Vorlage auf Verlangen der Aufsichtsbehörden
§ 40	Auslegung oder Aushang der Verordnung	Ausgabe der StrlSchV an die Betriebsstätten und Überprüfung bei Betriebsbegehungen

Tab. 2/1: Aufgaben und Tätigkeiten der Gruppe Strahlenschutz des Technischen Sicherheitsbüros der IIS für den SSV gem. § 31 StrlSchV

§ StrlSchV	Titel der Schutzvorschrift	Art der Tätigkeit/Aufgabe
§ 46	Schutz von Luft, Wasser und Boden	Überprüfung der Maßnahmen und Einrichtungen zur Rückhaltung von Aktivität im Rahmen von Betriebsbegehungen; Information der SSB über den Abluftplan des KfK; Behördenkontakte
§ 47	Ablieferungspflicht für radioaktive Stoffe	Überprüfung der Einhaltung des innerbetrieblichen Regelwerkes zur Abfallentsorgung bei Betriebsbegehungen
§ 49	Dosisgrenzwerte für beruflich strahlenexponierte Personen	Summieren der einzelnen gemessenen Körperdosen und monatliche Prüfung auf Überschreiten der Grenzwerte
§ 50	Außergewöhnliche Strahlenexposition	Prüfung der Voraussetzungen und Überwachung der Dosisgrenzwerte
§ 52	Inkorporation radioaktiver Stoffe	Koordination der Personenüberwachung und Prüfung der Meßwerte auf Einhaltung der Grenzwerte
§ 53	Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen	Überprüfung bei Betriebsbegehungen
§ 54	Dauereinrichtungen	Überprüfung bei Betriebsbegehungen
§ 55	Berücksichtigung anderweitiger Strahlenexposition	Erledigung durch Führen der zentralen Dosiskartei (-datei)
§ 56	Tätigkeitsverbote und Tätigkeitsbeschränkungen	Überprüfung bei Betriebsbegehungen, administrative Maßnahmen zur Einhaltung der Schutzbestimmungen und Kontrolle von behördlichen Auflagen
§ 57	Sperrbereiche	Überprüfung bei Betriebsbegehungen; Anträge auf Zulassung temporärer Sperrbereiche
§ 58	Kontrollbereiche	Überprüfung bei Betriebsbegehungen
§ 61	Ortsdosismessung in Strahlenschutzbereichen	Überprüfung bei Betriebsbegehungen; erforderliche Anzeigen an die zuständigen Behörden
§ 62	Zu überwachende Personen	Ausstellung und Registrierung von Strahlenpässen; Erlaß der Strahlenschutzanweisung für Tätigkeiten in KfK-fremden Anlagen
§ 63	Ermittlung der Körperdosen	Erforderliche Behördenkontakte zur Festlegung möglichst einheitlicher Verfahrensweisen

Tab. 2/1: Fortsetzung

§ StrlSchV	Titel der Schutzvorschrift	Art der Tätigkeit/Aufgabe
§ 64	Kontamination und Dekontamination	Überprüfung der Einhaltung der Schutzvorschriften im Rahmen von Betriebsbegehungen; Anzeigen an die zuständige Behörde bei Änderungen der Zweckbestimmungen von Laboratorien oder Arbeitsplätzen
§ 66	Aufzeichnungs- und Anzeigepflicht	Führen der Personendosiskartei und Aufbewahrung der Endergebnisse für 30 Jahre; Weitergabe von Ermittlungsergebnissen an andere Arbeitgeber beruflich strahlenexponierter Personen; Durchführung der Anzeige bei außergewöhnlichen Strahlenexpositionen und bei Überschreitung der Grenzwerte
§ 67	Erfordernis der ärztlichen Überwachung	Eingruppierung von Personen in die Kategorie der beruflichen Strahlenexposition; Veranlassung der ärztlichen Untersuchung; Terminverfolgung wiederkehrender Untersuchungen
§ 68	Ärztliche Bescheinigung	Erledigung von angeforderten Mitteilungen an den ermächtigten Arzt und die überwachte Person; Archivierung der Bescheinigungen und deren Vorlage auf Verlangen der zuständigen Behörde und auf Verlangen Übergabe an die überwachte Person nach Ende des Beschäftigungsverhältnisses
§ 69	Behördliche Anordnung	Durchführung von Anträgen auf Weiterbeschäftigung
§ 70	Besondere ärztliche Überwachung	Überwachung evtl. angeordneter Tätigkeitsbeschränkungen
§ 73	Warnsignale	Überprüfung bei Betriebsbegehungen
§ 74	Lagerung und Sicherung radioaktiver Stoffe	Überprüfung bei Betriebsbegehungen
§ 76	Wartung von Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlen und von Bestrahlungseinrichtungen mit radioaktiven Quellen	Terminverfolgung der geforderten Wartungen und Prüfungen
§ 79	Abhandenkommen radioaktiver Stoffe	Durchführung von Anzeigen

Tab. 2/1: Fortsetzung

Die Ebene der SSB, die jeweils nur für einen überschaubaren Bereich wie Institut, Abteilung oder Gruppe bestellt werden, ist im Kernforschungszentrum stark zergliedert. Auf Grund der unterschiedlichen genehmigungspflichtigen Anlagen oder Tätigkeiten, für die die einzelnen SSB bestellt wurden, unterscheiden sich auch deren Wünsche zur Verfahrensweise bei der Anwendung innerbetrieblicher Regeln. Die zentral angesiedelte Gruppe Strahlenschutz wirkt hier, in enger Zusammenarbeit mit der Abteilung Strahlenschutzüberwachung, auf Vereinheitlichung hin. Sie führt Bestellungen sowie Entlastungen von Strahlenschutzbeauftragten, Änderungen innerbetrieblicher Entscheidungsbereiche der SSB und die damit verbundenen Anzeigen bei den atomrechtlichen Aufsichtsbehörden durch.

Zum Jahresende 1987 sind 63 SSB und 144 Stellvertreter der SSB bestellt. Im zurückliegenden Kalenderjahr war für 18 neu zu bestellende SSB die Fachkunde und persönliche Zuverlässigkeit zu prüfen und die Bestellung durchzuführen. 22 Personen wurden von ihren SSB-Obliegenheiten entlastet und bei 23 SSB waren die innerbetrieblichen Entscheidungsbereiche formal zu ändern.

Die Gruppe Strahlenschutz im HS/TSB steht den Strahlenschutzbeauftragten, aber auch einzelnen Mitarbeitern, bei Fragen im Zusammenhang mit der Durchführung des Strahlenschutzes in der KfK zur Verfügung.

Für die SSB werden im wesentlichen dieselben Sachgebiete wie für den SSV bearbeitet (s. Tab. 2/1), soweit sie zu ihrem innerbetrieblichen Entscheidungsbereich gehören. Ausgenommen sind lediglich jene Pflichten, die sich aus den §§ 37, 40, 45, 50, 68, 70, 72, 73, 75 und 77 der StrlSchV ergeben, und die ausschließlich dem SSV auferlegt sind. Die Arbeit der SSB wird durch Beratung, Erledigung von Dokumentationspflichten, gemeinsame Begehungen ihrer Betriebsstätten und Begleitung bei Kontrollgängen der atomrechtlichen Aufsichtsbehörden durch einen Strahlenschutzingenieur unterstützt. Den Strahlenschutzbeauftragten und ihren Stellvertretern, aber auch den fachkundigen Personen zur Beförderung radioaktiver Stoffe und sonstigen Personen und Institutionen der KfK, die regelmäßig mit Fragen des Strahlenschutzes in Berührung kommen, wird der Strahlenschutzordner (SSO) als Arbeitsunterlage an die Hand gegeben. Er enthält alle wesentlichen Verordnungen und Richtlinien. Auch das interne Regelwerk wird darin in 24 Merkblättern und jeweils mehreren Berichten, Organigrammen und Listen dargestellt. Der Inhalt des SSO wird in Form einer Loseblattsammlung auf dem neuesten Stand gehalten.

Ein wesentlicher Bestandteil der Unterstützung der Strahlenschutzbeauftragten sind die regelmäßigen Informationen über die Dosisbelastungen der Mitarbeiter und die Terminverfolgung für die Strahlenschutzbelehrungen, für die ärztlichen Untersuchungen und für die Inkorporationsüberwachung. Der Umfang dieses EDV-Services ist in Kap. 2.6.2 dargestellt.

Durch das gleichzeitige Tätigwerden für SSV und SSB nimmt die Gruppe die Funktion einer Sammelstelle für Genehmigungen, Bescheide, Auflagen, Anordnungen, Vereinbarungen und sonstigen Schriftverkehr mit Aufsichtsbehörden wahr, soweit es sich um die Durchführung der Strahlenschutzverantwortung handelt. Die Gruppe befaßt sich jedoch nicht mit der Erlangung atomrechtlicher Genehmigungen. In laufende Genehmigungsverfahren ist HS/TSB nicht formal eingebunden. Gelegentlich kommt es jedoch zu Stellungnahmen zu Genehmigungsentwürfen.

Gemäß § 30 StrlSchV haben sowohl SSV als auch SSB bei der Erfüllung ihrer Aufgaben mit dem Betriebsrat zusammenzuarbeiten. Sowohl direkte Kontakte bei Betriebsbegehungen als auch die Mitgliedschaft eines Strahlenschutzingenieurs im Arbeitsschutzausschuß dienen u.a. der Erfüllung dieser Verpflichtung.

Da die elektronische Datenverarbeitung bei HS/TSB vor ca. 8 Jahren mit Anwendungen in der Strahlenschutzkartei begann, sind der Betrieb des TSB-Rechners und die Programmentwicklungen bisher immer Aufgabe der Gruppe Strahlenschutz gewesen. Durch die Inbetriebnahme eines PC-Netzwerkes und mit der starken Zunahme von Anwendungen außerhalb des Strahlenschutzes begann Ende 1987 die Dezentralisierung der EDV. Das bedeutet, daß strahlenschutzfremde Anwendungsprogramme samt den dazugehörigen Datenbeständen nun in die Verantwortung der sachlich zuständigen Gruppen oder Personen übergehen. Nur die Software für den Strahlenschutz, die zentrale Hard- und Software der Abteilung und „Erste Hilfe“ bei EDV-Problemen in anderen TSB-Gruppen verbleiben in der Zuständigkeit der Gruppe Strahlenschutz.

In der zur Erfüllung der oben beschriebenen Aufgaben zur Verfügung stehenden personellen Ausstattung hat es in den letzten drei Jahren, insbesondere jedoch im Berichtsjahr, besondere Einschnitte gegeben. In dieser Zeit mußten alle Know-how-Träger unter Streichung von zwei Planstellen ersetzt werden, was für eine Gruppe, in der einerseits langfristig gesetzliche Dokumentationspflichten erledigt werden und KfK-intern das Strahlenschutzregelwerk umgesetzt wird, andererseits aber durch die schnell wechselnden Anforderungen des Forschungsbetriebes eine Unzahl von Sonderregelungen nötig und zu berücksichtigen sind, eine besondere Belastung bedeutet. Zum Jahresende 1987 bestand die Gruppe aus einem Strahlenschutzingenieur, einer Sachbearbeiterin, einem Programmierer und einer Schreibkraft.

Durch Verbesserung der technischen Ausstattung, wie der Inbetriebnahme leistungsfähigerer EDV-Geräte, des neuen, mit Textverarbeitung ausgestatteten Schreibplatzes und durch Umsetzung von Arbeitsplätzen in den zur Verfügung stehenden Büros konnte die Effektivität der Gruppe gesteigert werden. Erfolgreich waren auch die Anstrengungen, die große Papiermenge der Strahlenschutzkartei durch weitere Mikroverfilmungen noch weiter zu reduzieren und eine Mikrofilmablage mit schnellem und sicherem Zugriff zu schaffen. 1987 konnte außerdem der Aufbau einer neuen Rechner- und Softwaregeneration (s. Kap. 2.6.1) bei nur geringen Einschränkungen der Routineaufgaben durchgeführt werden.

## 2.1.2 Betriebsüberwachung

W. Tachlinski

Unter Betriebsüberwachung sind Inspektionen der Orte, an denen mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird, oder Inspektionen der Anlagen, in denen ionisierende Strahlen erzeugt werden, zu verstehen. Diese Strahlenschutzbetriebsbegehungen sind Begehungen eines Institutes, einer Hauptabteilung oder eines betrieblichen Teilbereiches solcher Organisationseinheiten durch einen Sicherheitsingenieur. Ziel ist es dabei, die Einhaltung der Vorschriften der Strahlenschutzverordnung, der Röntgenverordnung, atomrechtlicher Genehmigungsaufgaben sowie innerbetrieblicher Anordnungen und Regelungen zu überprüfen. Die einzelne Überprüfung muß weder den Gesamtbereich einer Organisationseinheit umfassen noch auf alle Vorschriften gleichzeitig gerichtet sein. Das Ergebnis solcher Strahlenschutzbegehungen wird protokolliert, und die Beseitigung der festgestellten Mängel wird überwacht.

Wegen einer besonders schwierigen Personalsituation mußten im Berichtsjahr insbesondere bei der Anzahl der routinemäßigen Strahlenschutzbegehungen Abstriche hingenommen werden. Insgesamt fanden deshalb 1987 nur 31 Begehungen statt. Das sind ca. 60 % der Vorjahresanzahl. Davon erfolgten 17 Begehungen routinemäßig, d. h. ohne besonderen Anlaß, 8 im Zusammenhang mit Aufsichtsbesu-

chen der atomrechtlichen Behörden, 3 auf Wunsch des jeweiligen SSB, 2 auf Grund besonderer Vorkommnisse und 1 auf Veranlassung des Sicherheitsbeauftragten.

Bei der Betriebsüberwachung wurden die folgenden Mängel beanstandet oder näher untersucht, wobei zu beachten ist, daß keiner der Mängel schwerwiegend war:

- Fehlfunktionen von Überwachungsanlagen (häufige Fehlalarme),
- Nicht rechtzeitige ärztliche Untersuchung gemäß § 67 StrlSchV,
- drohende Verstöße gegen § 39 StrlSchV (Belehrung),
- Verstöße gegen die Regelung zur Anmeldung von Fremdfirmenmitarbeitern,
- Verzögerungen bei der Erledigung wiederkehrender Prüfungen und bei Prüfungen gemäß § 76 StrlSchV,
- Mängel im Bereich des konventionellen Arbeitsschutzes, wie fehlende mechanische Sicherungen, Lagerung von nicht laborüblichen Schadstoffmengen oder brennbarer Substanzen, nicht überprüfte Feuerlöscher und Mängel an Erste-Hilfe-Einrichtungen,
- Mängel bei der Kennzeichnung gemäß § 35 StrlSchV und § 15 RöV,
- Mängel bei der Sammlung radioaktiver Abfälle in Laboratorien,
- Mängel bei der Einhaltung von Genehmigungsaufgaben,
- Mängel bei der Einhaltung innerbetrieblicher, höchstzulässiger Umgangsmengen,
- Nichteinhaltung der Kleiderordnung,
- unsachgemäße Lagerung und Kennzeichnung radioaktiver Präparate,
- unkorrekte Aushänge über die verantwortlichen Personen gemäß Strahlenschutz- oder Röntgenverordnung,
- Unzulänglichkeiten an Atemschutzgeräten,
- Mängel bei der eindeutigen Abgrenzung von Kontrollbereichen gemäß § 58 StrlSchV.

### 2.1.3 Erfassung des zu überwachenden Personenkreises

W. Tachlinski

Personen, die der Strahlenschutzüberwachung unterliegen, werden von den jeweils zuständigen Strahlenschutzbeauftragten bestimmt und mittels eines formalisierten Verfahrens allen an der Überwachung beteiligten Abteilungen gemeldet. Im Melde- und Überwachungsverfahren wird unterschieden zwischen

- Besuchern,
- Mitarbeitern der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH und jenen Angehörigen der Uni Karlsruhe, die wegen ihres ständigen Arbeitsplatzes in der KfK den Mitarbeitern gleichgestellt sind und
- Mitarbeitern von Fremdfirmen.

Die Strahlenschutzbeauftragten der KfK GmbH dürfen Besuchern den Zutritt zu Kontrollbereichen von Anlagen, die nach § 7 AtG genehmigt sind und Einrichtungen, in denen Tätigkeiten nach § 9 AtG stattfinden, mit genereller Erlaubnis der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde gestatten. In einem, in Verantwortung des zuständigen SSB geführten Besucherkontrollbuch sind Name und Anschrift des Besuchers, Zeitpunkt des Betretens und Dauer seines Aufenthaltes im Kontrollbereich, der Name der ihn begleitenden Person sowie die am Besucher gemessene oder die ermittelte Strahlendosis zu dokumentieren. Nicht beruflich strahlenexponierte Mitarbeiter der KfK GmbH sind den externen Besuchern gleichgestellt. Die Personen, denen der Zutritt als Besucher erlaubt wurde, werden bei HS/TSB nicht erfaßt.

Kommt ein SSB zu dem Schluß, daß ein Mitarbeiter der KfK GmbH oder eine gleichgestellte Person aufgrund der Tätigkeit beruflich strahlenexponiert ist, so meldet er diesen Mitarbeiter mittels eines „Erhebungsbogen zur Einstufung beruflich strahlenexponierter Personen in Überwachungskategorien“ an. Mit diesem Erhebungsbogen werden die zur Durchführung der StrlSchV benötigten persönlichen Daten, Angaben zu Ort und Art des Arbeitsplatzes, Angaben zur möglichen äußeren Strahlenexposition und Angaben zur möglichen Inkorporation und der dagegen getroffenen Schutzmaßnahmen erhoben. Die Erhebung dieser Daten erfolgt aufgrund eines Bescheides der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde gemäß § 63 StrlSchV sowie § 40 RöV über die Art der Ermittlung von Körperdosen.

Der Erhebungsbogen durchläuft dann alle an der Überwachung beteiligten Stellen. Zuerst wird in Abstimmung zwischen SSB, HS/Ü und HS/TSB festgesetzt, ob es sich tatsächlich um eine beruflich strahlenexponierte Person handelt und wenn ja, ob sie in Kategorie A oder B einzustufen ist. Danach wird die medizinische Untersuchung des zu Überwachenden durch einen gemäß § 71 StrlSchV ermächtigten Arzt veranlaßt. Parallel dazu setzen HS/TSB und HS/Ü die Art der Personendosimetrie fest und HS/D-Body-Counter und Medizinische Abteilung/Toxikologie bestimmen Art und Häufigkeit der Inkorporationsüberwachung durch Ganzkörpermessung und/oder Ausscheidungsanalyse.

Nach Abschluß dieses Einstufungsverfahrens erhalten außer Arzt und Überwachtem alle Beteiligten von HS/TSB eine Kopie des nun vollständigen und von allen gegengezeichneten Erhebungsbogens. HS/TSB dokumentiert den Vorgang in der EDV und der Dosiskartei und HS/Ü beginnt die Überwachung mit der Ausgabe der Personendosimeter. Mit der Aufnahme des Überwachten in die EDV bei HS/TSB unterliegt er bis zur schriftlichen Abmeldung durch seinen SSB der routinemäßigen administrativen Strahlenschutzüberwachung.

Die Expositionsbedingungen der überwachten Personen sind gemäß des schon genannten Bescheides über die Art der Ermittlung von Körperdosen jährlich zu überprüfen. Im Zuge solcher Überprüfungen wurden im Berichtsjahr die Erhebungen für die Abteilungen KTB, HDB, IGT und INFP (Gruppe Van-de-Graaff-Beschleuniger) mit ihren ca. 440 strahlenexponierten Mitarbeitern vollständig neu durchgeführt. 1987 wurden für 60 Mitarbeiter in Kategorie A und für 227 Mitarbeiter in Kategorie B neue Erhebungsbogen erstellt. Für 51 Personen, die im Sinne der StrlSchV nicht beruflich strahlenexponiert sind, wegen des Umganges mit geringen Aktivitäten (meist reine  $\beta$ -Strahler) jedoch belehrt und ärztlich untersucht werden, wurden ebenfalls die Expositionsbedingungen erhoben und dokumentiert. Bei den obigen Zahlen sind die Fälle nicht mitgezählt, in denen bei der Überprüfung keine Änderungen der Arbeitsplatzverhältnisse festgestellt wurden.

Das Verfahren zur Erfassung von Mitarbeitern sogenannter Fremdfirmen, die zur Erfüllung von Aufträgen KfK-Strahlenschutzbereiche betreten müssen, ist in Kap. 2.1.6 beschrieben.

#### 2.1.4 Personenregister

W. Tachlinski

Im Personenregister Strahlenschutz werden mit Ausnahme von Besuchern alle Personen geführt, die in den letzten 30 Jahren der Strahlenschutzüberwachung unterlagen. Inhalt des Registers sind die Identifikationsmerkmale wie Name, Vorname, soweit bekannt ehemaliger Name, Geburtsdatum und Geschlecht, die Dosiswerte aus externer Bestrahlung und die Inkorporationsmeßwerte. Außerdem werden die Bescheinigungen über ärztliche Strahlenschutzuntersuchungen, die Unterlagen über die regelmäßigen Strahlenschutzbelehrungen, die Erhebungsbogen zur Arbeitsplatzbewertung, Dosismitteilungen von anderen Firmen über KfK-Mitarbeiter sowie Dosismitteilungen der KfK an Fremdfirmen und andere strahlenschutzrelevante Vorgänge dokumentiert.

Das Personenregister wurde ursprünglich nach Personengruppen geordnet geführt, d.h. es gab ein Register für gegenwärtige KfK-Mitarbeiter, eines für Mitarbeiter, die nicht mehr bei KfK beschäftigt sind, eines für Fremdfirmenangehörige, eines für Angehörige der Universität Karlsruhe usw.. Bei der Erstellung von Auszügen aus dem Personenregister ist nach Jahren oft die Zugehörigkeit zur Personengruppe nicht mehr bekannt und außerdem wechselten viele Personen im Laufe der Jahre mehrfach die Gruppenzugehörigkeit, so daß ein Zugriff auf die vollständigen Daten einer Person das Durchsuchen aller jemals definierten personengruppenspezifischen Register erforderte. Erleichternde Querverweise gab es in der Regel nicht.

In diesem Jahr konnte eine Mikrofilmkartei fertiggestellt werden, in welcher die Eintragungen aus allen früheren Untergruppen für eine Person in einer Mikrofilmkarte zusammengeführt wurden. Die Kartei ist jetzt nach Name, Vorname und Geburtsdatum geordnet und enthält für eine Person jeweils eine Mikrofilmkarte. Dieses Ordnungsprinzip entspricht gleichzeitig jenem, das in 1988 in der EDV eingeführt wird. Natürlich ist es unpraktikabel, die täglichen Ergänzungen und Änderungen des Bestandes in den Mikrofilmkarten ständig nachzuvollziehen. Um dieses Problem zu umgehen, gibt es als Ergänzung eine alphabetische Handkartei in Form von Hängetaschen und Ordnern, die jedoch immer einen Querverweis auf bereits mikroverfilmte Unterlagen enthält. Solche Papierunterlagen werden in größeren zeitlichen Abständen nachverfilmt und der Mikrofilmkarte hinzugefügt.

Seit 1982 wurden alle wesentlichen Strahlenschutzdaten mittels EDV erfaßt. Zur Personenkartei kommt seither die Personendatei. In ihr werden neben den Identifikationsmerkmalen alle Dosiswerte und die letzten 5 Datumsangaben zu den Strahlenschutzbelehrungen und der Strahlenschutzuntersuchungen gespeichert. Verstöße gegen § 67 (ärztliche Untersuchung) und § 39 (Belehrungen) der StrlSchV können aufgrund rechnergestützter Terminüberwachung durch frühzeitige automatische Information des zuständigen SSB und, wenn nötig, durch Untersagung weiterer Tätigkeit durch den Sicherheitsbeauftragten weitestgehend verhindert werden.

Dosiswerte von den messenden Stellen werden, z. T. mittels Datenträger, sofort in die EDV übernommen. Nach der Datenerfassung werden mittels Prüfroutinen drohende oder tatsächliche Überschreitungen der Grenzwerte des § 49 StrlSchV festgestellt, so daß dem Dosiswert entsprechend reagiert werden kann. Dieses Verfahren macht das manuelle Führen von Personendosiskarteikarten überflüssig, mit denen früher die Personendosis verfolgt und geprüft wurde.

Die Personendatei ermöglicht die maschinelle Erstellung der Jahresstatistiken (s. Kap. 2.1.5) und die vielfältigen EDV-Serviceleistungen, die in Kap. 2.6.2 u. a. genannt werden.

Eine maschinelle Bewertung der seit kurzem ebenfalls gespeicherten Inkorporationsmeßwerte ist bisher noch nicht programmiert. Grenzwertüberschreitungen müssen hier noch manuell erkannt werden.

#### 2.1.5 Ergebnisse der Personendosisüberwachung

A. Antoni, W. Tachlinski

Die vielfältigen Aufgaben bei der Dosiserfassung und Dosisauswertung werden mit Hilfe des EDV-Hauptprogrammes mit der Kurzbezeichnung "DON" durchgeführt.

Zur Auswertung der gespeicherten Daten stehen drei Programme zur Verfügung:

- Häufigkeitsverteilung der monatlichen Strahlenexposition,
- Häufigkeitsverteilung von Dosissummen,
- Jahres-Dosissummen und Mittelwerte der Jahresdosen unterschiedlicher Kollektive.

Es können Statistiken für einzelne Organisationseinheiten oder für alle Organisationseinheiten nach unterschiedlichen Überwachungskategorien und Dosimeterarten abgerufen werden.

Die Tabn. 2/2 und 2/3 zeigen die Häufigkeitsverteilungen der monatlichen Dosiswerte beruflich strahlenexponierter Personen der Kategorie A und B. Die Intervallschachtelung der Monatsdosen orientiert sich an der Vorschrift in den „Anforderungen an die nach Landesrecht zuständige Meßstelle...“. Durch Ausscheiden von Mitarbeitern oder durch Umstufungen von Mitarbeitern in eine andere Überwachungskategorie aufgrund geänderter Arbeitsbedingungen variiert die Zahl der überwachten Personen in den einzelnen Monaten.

Die überwachten Organisationseinheiten und Anlagen der KfK wurden zu folgenden Gruppen zusammengefaßt:

- Beschleuniger (IK III, INFP, INR),
- Institutionen mit hohem Aktivitätsinventar  
(IHCh, INE, IRCh, KTB/FR 2, KTB/HIZ),
- Institutionen mit niedrigem Aktivitätsinventar  
(IMF I, II und III, IT, LAF II, LIT),
- Dekontamination und Abfallbehandlung (IIDB),
- Sonstige Institutionen.

In Tab. 2/4 wurden für die hier definierten Gruppen verschiedener Organisationseinheiten und Anlagen der KfK die prozentualen Häufigkeitsverteilungen der Jahresdosiswerte dargestellt.

Dosisintervall in mSv	Häufigkeitsverteilungen der monatlichen Filmdosiswerte in %											
	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
$H < 0,1$	82,7	76,0	72,3	67,8	87,0	74,7	88,2	65,1	87,5	81,6	81,8	83,7
$0,1 \leq H < 0,3$	11,7	13,0	13,6	24,0	6,6	15,9	7,4	21,6	5,2	11,2	8,3	10,4
$0,3 \leq H < 0,5$	3,2	4,8	5,1	3,0	2,8	3,6	1,5	6,2	2,2	2,2	4,9	4,2
$0,5 \leq H < 0,7$	1,0	2,8	3,6	2,2	1,1	3,1	0,8	2,9	2,4	1,4	1,7	1,0
$0,7 \leq H < 0,9$	0,5	0,7	1,8	0,7	0,8	1,5	0,8	1,7	0,3	1,5	1,5	0,5
$0,9 \leq H < 1,1$	0,3	1,2	1,3	1,2	0,8	0,5	0,8	1,2	0,7	0,5	0,3	0,2
$1,1 \leq H < 1,3$	0,2	0,2	1,2	0,2	0,7	0,3	0,2	0,7	0,8	1,0	0,5	0,0
$1,3 \leq H < 1,5$	0,2	0,5	0,2	0,3	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0
$1,5 \leq H < 1,7$	0,3	0,2	0,2	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,2	0,3	0,0
$1,7 \leq H < 1,9$	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	0,2	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0
$1,9 \leq H < 2,1$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,3	0,0	0,0
$2,1 \leq H < 2,3$	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0
$2,3 \leq H < 2,5$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
$2,5 \leq H < 2,7$	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$2,7 \leq H < 2,9$	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$2,9 \leq H < 3,9$	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
$H > 3,9$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Personenanzahl	626	601	603	600	610	609	592	596	592	591	593	596

Tab. 2/2: Ergebnisse der amtlichen Filmdosimetrie des Jahres 1987 für beruflich strahlenexponierte Personen der KfK in der Kategorie A bei monatlicher Dosimetrauswertung

Dosisintervall in mSv	Häufigkeitsverteilungen der monatlichen Stabdosiswerte in %											
	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
$H < 0,1$	97,9	94,4	89,7	93,1	94,5	89,5	91,8	90,1	95,0	95,6	87,3	96,1
$0,1 \leq H < 0,3$	1,5	4,2	8,8	5,6	4,3	9,1	7,3	8,5	4,4	3,7	11,0	3,7
$0,3 \leq H < 0,5$	0,5	0,6	1,1	1,0	0,8	1,0	0,7	1,0	0,3	0,5	1,1	0,1
$0,5 \leq H < 0,7$	0,1	0,5	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	0,4	0,0
$0,7 \leq H < 0,9$	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,2	0,1
$0,9 \leq H < 1,1$	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
$1,1 \leq H < 1,3$	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$1,3 \leq H < 1,5$	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
$1,5 \leq H < 1,7$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$1,7 \leq H < 1,9$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$1,9 \leq H < 2,1$	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
$2,1 \leq H < 2,3$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$2,3 \leq H < 2,5$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$2,5 \leq H < 2,7$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$2,7 \leq H < 2,9$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$2,9 \leq H < 3,9$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$H > 3,9$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Personenanzahl	1403	1421	1428	1426	1445	1444	1434	1429	1446	1448	1422	1414

Tab. 2/3: Ergebnisse der internen Dosimetrie des Jahres 1987 für beruflich strahlenexponierte Personen der KfK in der Kategorie B bei monatlicher Dosimetrauswertung

Dosisintervall in mSv	Häufigkeitsverteilungen der Jahresdosiswerte 1987 in %					
	A	B	A	B	A	B
H = 0,0	34,7	61,6	31,5	46,2	63,6	38,5
H = 0,2	8,0	21,2	19,9	19,9	18,2	29,7
H = 0,4	9,3	5,5	10,3	13,6	4,5	10,9
0,4 < H ≤ 1,0	8,0	6,8	16,4	12,6	11,4	18,4
1,0 < H ≤ 2,0	12,0	4,1	9,6	5,2	0,0	1,7
2,0 < H ≤ 5,0	14,7	0,7	8,9	2,4	2,3	0,8
5,0 < H ≤ 10,0	10,7	0,0	2,7	0,0	0,0	0,0
10,0 < H ≤ 15,0	2,7	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0
15,0 < H ≤ 20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
H > 20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Anzahl erfaßter Jahresdosiswerte	72	146	138	286	44	239
Mittlere überwachte Personenzahl	70	128	132	249	41	211
Jahresmittelwert in mSv	2,0	0,2	1,0	0,4	0,2	0,3
höchster Jahres-einzelwert in mSv	13,6	3,2	10,4	4,6	2,2	2,6
Gruppe	Beschleuniger		Institutionen mit hohem Aktivitätsinventar		Institutionen mit niedrigem Aktivitätsinventar	

Dosisintervall in mSv	Häufigkeitsverteilungen der Jahresdosiswerte 1987 in %					
	A	B	A	B	A	B
H = 0,0	9,1	31,3	69,1	72,6	48,4	60,9
H = 0,2	9,1	21,9	15,4	16,6	14,8	19,7
H = 0,4	7,1	15,6	5,9	5,8	7,3	8,2
0,4 < H ≤ 1,0	8,1	18,8	6,2	3,8	9,2	8,2
1,0 < H ≤ 2,0	16,2	3,1	1,9	0,9	6,5	2,1
2,0 < H ≤ 5,0	34,3	9,4	1,2	0,2	9,2	0,9
5,0 < H ≤ 10,0	14,1	0,0	0,3	0,0	3,9	0,0
10,0 < H ≤ 15,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0
15,0 < H ≤ 20,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
H > 20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Anzahl erfaßter Jahresdosiswerte	93	32	297	891	644	1594
Mittlere überwachte Personenzahl	92	31	267	811	602	1430
Jahresmittelwert in mSv	3,0	0,6	0,2	0,11	1,0	0,2
höchster Jahres-einzelwert in mSv	19,2	4,2	6,2	2,4	19,2	4,6
Gruppe	Dekontamination und Abfallbehandlung		sonstige Institutionen		KfK insgesamt	

Tab. 2/4: Ergebnisse der amtlichen Dosimetrie (Filmdosimeter) für Personen der Kategorie A und der KfK-internen Dosimetrie (Stabdosimeter) für Personen der Kategorie B. Die Darstellung erfolgte getrennt für die verschiedenen Gruppen von Organisationseinheiten der KfK und für die KfK insgesamt.

Die Darstellung für die beruflich strahlenexponierten Personen beider Kategorien orientiert sich an der Dosisintervallschachtelung, die für die Häufigkeitsverteilung der Jahresdosen in den "Anforderungen an die nach Landesrecht zuständige Meßstelle..." vorgeschrieben ist. Bei der Summation wurden auch alle die Mitarbeiter mitgezählt, die nur während eines Teils des Jahres in der betrachteten Kategorie beruflich strahlenexponiert waren oder der betrachteten Gruppierung von Organisationseinheiten angehört haben. Dies bedeutet, daß z. B. die für diese Statistik benutzte Jahresdosis eines Mitarbeiters, der nur 4 Monate zu dem betrachteten Kollektiv gehörte, aus seinen 4 realen Monatsdosen und 8 Monatsdosen mit dem fiktiven Wert 0 mSv gebildet wurde. Gehörte der Mitarbeiter während der 8 Monate mit dem fiktiven Dosiswert von 0 mSv noch anderen betrachteten Kollektiven an, so kommt es zu Mehrfachzählungen. Aufgrund dieses Sachverhaltes weichen die in Tab. 2/4 genannten Zahlen für die erfaßten Jahresdosiswerte (= Gesamtzahl aller Personen, die jemals - wenn auch nur für einen Monat - in der Datei erfaßt waren) und die Zahlenwerte für die mittlere überwachte Personenzahl voneinander ab. Die mittlere überwachte Personenzahl ist immer kleiner als die Anzahl der erfaßten Jahresdosiswerte. Die mittlere Personenzahl des Jahres 1987 wurde durch arithmetische Mittelbildung aus den monatlichen Zahlen gebildet. Zur Angabe der Jahresdosismittelwerte wurde von diesen Mittelwerten ausgegangen. Außerdem wurde bei jeder Gruppe der höchste gemessene Jahres-einzelwert ausgewiesen.

Abgesehen von geringfügigen statistischen Schwankungen von ca. 2 % hat sich die Gesamtzahl der überwachten Personen seit 1983 auf einen nahezu konstanten Wert eingependelt. Im gleichen Zeitraum ist die Zahl der Überwachten in Kategorie A um 16 % gestiegen, die Zahl der Überwachten in Kategorie B jedoch um 9 % gesunken.

Der für die gesamte KfK ermittelte Durchschnittswert der Jahresdosis für Personen der Kategorie A ist mit rund 1 mSv seit 1984 nahezu konstant, der für Personen der Kategorie B stieg von 0,1 mSv auf 0,2 mSv. Diese Verdoppelung ist allerdings nicht auf verschlechterte Expositionsbedingungen zurückzuführen, sondern auf das im Jahre 1987 in dieser Statistik erstmals angewandte Rundungsverfahren gemäß den geänderten „Anforderungen an die nach Landesrecht zuständigen Meßstellen nach § 63 Abs. 3 Satz 1 StrlSchV und § 40 Abs. 2 Satz 4 RöV“. In den vorangegangenen Jahren wurden die Werte unterhalb der Nachweisgrenze, d. h.  $< 0,2$  mSv, in der Statistik gleich Null gesetzt. In der diesjährigen Statistik sind nur noch die Einzelmeßwerte unterhalb der Erkennungsgrenze von 0,1 mSv gleich Null gesetzt worden. Alle Einzelwerte größer als die Erkennungsgrenze von 0,1 mSv und kleiner als die Nachweisgrenze von 0,2 mSv wurden nach dem neuen Verfahren diesmal mitsummiert und verursachen somit einen Anstieg der mittleren Jahresdosis für Personen der Kategorie B.

Die mittlere Strahlenexposition der beruflich strahlenexponierten KfK-Mitarbeiter blieb 1987 auf dem unverändert niedrigen Niveau von rund 2 % des zulässigen Jahresgrenzwertes für Personen der Kategorie A und von rund 1,3 % des zulässigen Jahresgrenzwertes für Personen der Kategorie B. Insgesamt kam es auch bei Einzelpersonen zu keiner einzigen Grenzwertüberschreitung.

#### 2.1.6 Zur Durchführung des § 20a der Strahlenschutzverordnung

W. Tachlinski

Die Strahlenschutzverordnung unterscheidet in den Schutzvorschriften nicht zwischen eigenem und fremdem Personal. In § 20a StrlSchV wird aber bestimmt, daß jeder, der unter seiner Aufsicht stehende Personen in fremden Strahlenschutzbereichen tätig werden läßt, dazu einer Genehmigung bedarf. Solche Genehmigungen werden bundeseinheitlich nur mit der Auflage erteilt, daß zwischen dem Inhaber der Umgangs- bzw. Betriebsgenehmigung und dem Inhaber der Genehmigung nach § 20a

StrlSchV die Abgrenzung ihrer jeweiligen Rechte und Pflichten im Strahlenschutz vor Tätigkeitsbeginn vertraglich zu regeln ist.

Die Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH ist sowohl Inhaberin einer Genehmigung nach § 20a StrlSchV als auch Inhaberin von zahlreichen Umgangs- und Betriebsgenehmigungen. IIS/TSB führt für alle Genehmigungen der KfK die Akten der Abgrenzungsverträge mit anderen Firmen und erledigt einen Teil der Vertragsverpflichtungen. Im Berichtsjahr wurden mit 18 Firmen neue Verträge geschlossen, ein Vertrag entfiel wegen Geschäftsaufgabe, sodaß der Gesamtbestand nun 196 Verträge umfaßt.

#### 1. Betreuung von Fremdfirmenangehörigen

Vergibt die KfK Aufträge für Tätigkeiten in ihren Strahlenschutzbereichen an andere Firmen, so wird bereits bei Ausschreibung und Auftragsvergabe darauf hingewiesen, daß der Auftragnehmer evtl. eine Genehmigung nach § 20a StrlSchV benötigt. Obwohl nach dem Verordnungstext die Verantwortung für die Existenz einer gültigen Genehmigung ausschließlich bei dem Fremdunternehmen liegt, haben die SSB der KfK darauf zu achten, daß Fremdfirmenmitarbeiter in ihrem Entscheidungsbereich nur bei Vorliegen einer solchen Genehmigung und eines Abgrenzungsvertrages tätig werden. Abweichungen davon sind nur zulässig, soweit die Ausnahmeregelung in § 20a, Abs.1 Satz 2 StrlSchV erfüllt ist.

Die Regelungen des § 20a StrlSchV sind für kleinere und mittelständische Unternehmen, die üblicherweise nicht mit dem Strahlenschutzrecht konfrontiert werden, häufig schwer verständlich. IIS/TSB erledigt den hier entstehenden erheblichen Beratungsbedarf.

Mitarbeiter von Fremdfirmen, die in KfK-Strahlenschutzbereichen tätig werden sollen, werden vom jeweils zuständigen Strahlenschutzbeauftragten der KfK mit einem Formblatt bei HS/Ü zur anlagenbezogenen Strahlenschutzüberwachung und bei IIS/TSB zur Erfassung in der Personendatei angemeldet. Dem SSB ist bei der Anmeldung grundsätzlich der Strahlenpaß vorzulegen. In den Fällen, in denen die Ausnahmeregelung für nur gelegentlich tätige Personen in Anspruch genommen wird, ist dem SSB jeweils eine Bescheinigung der entsendenden Firma vorzulegen, aus der hervorgeht, daß der Mitarbeiter insgesamt weniger als 10 % der jährlichen Gesamtarbeitszeit im Sinne des § 20a StrlSchV tätig wird und daß die Dosisgrenzwerte für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie B nicht überschritten werden.

In beiden Fällen hat der SSB sicherzustellen, daß die sonstigen Zugangsvoraussetzungen für seinen Strahlenschutzbereich eingehalten werden. Bei IIS/TSB findet weder eine zentrale Prüfung statt, noch werden die fremden Strahlenpässe und Bescheinigungen hier vorgelegt.

IIS/TSB übermittelt dem Strahlenschutzverantwortlichen oder Strahlenschutzbeauftragten jener Fremdfirmen, die einen Abgrenzungsvertrag mit der KfK geschlossen haben, die nichtamtlichen Personendosen ihrer ordnungsgemäß angemeldeten Mitarbeiter. Nur die Dosen des bei Abmeldung angebrochenen Kalendermonats werden auf einem Einlegeblatt zum Strahlenpaß durch den SSB der KfK bescheinigt und dem Fremdfirmenmitarbeiter gegen Unterschrift ausgehändigt.

Meßwerte der Inkorporationsüberwachung werden den Fremdfirmen von den messenden Stellen direkt zugeleitet und bei IIS/TSB dokumentiert.

Ende 1987 waren 271 Fremdfirmenmitarbeiter der Kategorie A und 445 Fremdfirmenmitarbeiter der Kategorie B in der Personendatei zur Überwachung gemeldet. Im Berichtsjahr wurden 824 Anmel-

dungen dokumentiert, wobei auch Neuanmeldungen von denselben Personen in jeweils anderen Strahlenschutzbereichen oder nach Tätigkeitsunterbrechungen mitgezählt sind. Von diesen 824 Anmeldevorgängen bezogen sich jedoch nur 654 auf beruflich strahlenexponierte Personen, und zwar 604 auf die Kategorie A und 50 auf die Kategorie B.

## 2. KfK-Mitarbeiter in fremden Einrichtungen

Ehe die KfK Mitarbeiter in fremden Einrichtungen tätig werden läßt, ist sie als Inhaberin einer Genehmigung nach § 20a StrlSchV verpflichtet, einen Vertrag über die Abgrenzung von Strahlenschutzaufgaben mit dem Anlagenbetreiber abzuschließen. Strahlenschutzbeauftragte der KfK, die Mitarbeiter in fremden Anlagen tätig werden lassen wollen, haben über HS/TSB den Abschluß eines solchen Vertrages zu veranlassen. Darüberhinaus ist HS/TSB für die Ausstellung von Strahlenpässen sowie deren Registrierung beim Gewerbeaufsichtsamt Karlsruhe zuständig. Dosiswerte oder Belehrungsbestätigungen werden entweder vom SSB oder von HS/TSB in den Pässen nachgetragen, Befunde von Strahlenschutzuntersuchungen trägt der ermächtigte Arzt ein.

Vor Beginn der Tätigkeit wird dem Mitarbeiter der Strahlenpaß mitsamt der gültigen "Strahlenschutzanweisung für Tätigkeiten in KfK-fremden kerntechnischen Anlagen" ausgehändigt.

Einmal ausgehändigte Strahlenpässe werden oft von den zuständigen SSB fortgeschrieben oder von Mitarbeitern einfach behalten, anstatt sie nach Beendigung der auswärtigen Arbeit an HS/TSB zurückzugeben. Auch wird nicht in allen Fällen mitgeteilt, wenn der Grund für den Besitz eines Strahlenpasses entfällt. Wegen dieser unübersichtlichen Lage wurde im Berichtsjahr der Bestand der Strahlenpässe überprüft. Dabei stellte sich heraus, daß 16 Pässe ausgesondert und dem Gewerbeaufsichtsamt zurückgegeben werden konnten. Insgesamt haben noch 183 Mitarbeiter einen gültigen Strahlenpaß, von denen jedoch 37 Personen z.Zt. keine überwachungspflichtige Tätigkeit ausüben.

Die Dosis- und Inkorporationswerte, die in KfK-fremden Einrichtungen an KfK-Mitarbeitern gemessen wurden, werden in der Personenkartei und Personendatei bei HS/TSB nur insoweit dokumentiert, als Angaben gemäß den Abgrenzungsverträgen automatisch eingehen. Kontrollmechanismen, die es erlauben würden, fehlende Werte anzumahnen, gibt es nicht, weil HS/TSB nicht immer erfährt, ob und wann ein Mitarbeiter außerhalb der KfK tätig wurde.

### 2.1.7 Zur Durchführung der Röntgenverordnung

G. Kohn

Die Röntgenverordnung (RöV) schreibt u.a. vor, welche Voraussetzungen für den Betrieb von Röntgeneinrichtungen und Störstrahlern erfüllt sein müssen und welche Vorschriften bei dem Betrieb solcher Einrichtungen einzuhalten sind.

Die KfK GmbH besitzt insgesamt 31 behördliche Genehmigungen zum Betreiben von Röntengeräten oder Störstrahlern, die von 35 Verantwortlichen für den Strahlenschutz (VfS/RöV) und 24 stellvertretenden VfS/RöV überwacht und betreut werden. Hinzu kommt eine große Anzahl von Geräten, deren Inbetriebnahme entweder nur einer Anzeige bei der Behörde bedurfte oder aber genehmigungs- und anzeigefrei war.

Folgende Aufgaben wurden durch das Technische Sicherheitsbüro der Hauptabteilung Sicherheit (HS/TSB) im Jahr 1987 durchgeführt :

- Erfassung von strahlenexponierten Personen mittels Erhebungsbogen,
- Erfassung und Dokumentation der Meßwerte der Personendosimetrie gemäß § 40 RöV,
- Terminüberwachung für ärztliche Untersuchungen gemäß § 42 RöV,
- Terminüberwachung für Belehrungen gemäß § 41 RöV,
- Bestellungen von V/S/RöV,
- Unterstützung und Beratung der V/S/RöV,
- Betriebsbegehungen zur Überprüfung der Einhaltung der Vorschriften der RöV,
- Beantwortung von Behördenanfragen,
- Begleitung von Behördenvertretern bei Aufsichtsbesuchen.

Aufgrund der Novellierung der Röntgenverordnung vom 8.1.1987, die am 1.1.1988 in Kraft trat, wurde eine Zusammenfassung der wesentlichen Änderungen gegenüber der bisherigen Röntgenverordnung erstellt. Diese Zusammenfassung wurde zusammen mit dem neuen Verordnungstext zum Einfügen in den Strahlenschutzordner (SSO) an alle Inhaber des SSO verschickt.

## 2.2 Arbeitsschutz

### 2.2.1 Betriebsüberwachung

W. Winkelmann, F. Merschroth, E. Windbühl

Nach § 6 Arbeitssicherheitsgesetz (ASiG) haben die Fachkräfte für Arbeitssicherheit die Aufgabe, den Arbeitgeber beim Arbeitsschutz und bei der Unfallverhütung in allen Fragen der Arbeitssicherheit zu unterstützen. Damit verbunden ist, die Arbeitsstätten in regelmäßigen Abständen zu beghehen und festgestellte Mängel dem Arbeitgeber und anderen für den Arbeitsschutz und die Unfallverhütung verantwortlichen Personen mitzuteilen, Maßnahmen zur Beseitigung dieser Mängel vorzuschlagen und auf deren Durchführung hinzuwirken. 1987 wurden aus dieser Verpflichtung heraus 124 protokollierte Begehungen zur Überprüfung der Arbeitssicherheit in Gebäuden, Versuchsanlagen sowie in Einrichtungen der Infrastruktur durchgeführt. Diese Zahl setzt sich aus 83 Betriebsbegehungen und 41 Begehungen von Baustelleneinrichtungen zusammen.

An 53 der 83 Betriebsbegehungen haben die Sicherheitsbeauftragten nach § 719 RVO der jeweiligen Organisationseinheiten teilgenommen. Gemäß den Verpflichtungen des ASiG wurden 5 gemeinsame Begehungen mit Betriebsarzt, Sicherheitsfachkraft und Betriebsrat durchgeführt. Mit Vertretern von Aufsichtsbehörden fanden 7 Revisionen statt.

Die Betriebsbegehungen erstreckten sich auf 29 Institute und Hauptabteilungen der KfK GmbH. Je nach Gebäudeanzahl dieser Institute und Hauptabteilungen erfolgten Mehrfachbegehungen. Mitunter wurden die verschiedenen, zu einem Institut oder einer Hauptabteilung gehörenden Gebäude bis zu achtmal überprüft. Das Hauptaugenmerk der Begehungen richtete sich dabei auf Bereiche, in denen

experimentell gearbeitet wird oder in denen Mitarbeiter erhöhten Gefährdungen ausgesetzt sind. Eine Übersicht der häufigsten Beanstandungen dieser Betriebsbegehungen gibt Abb. 2/1.

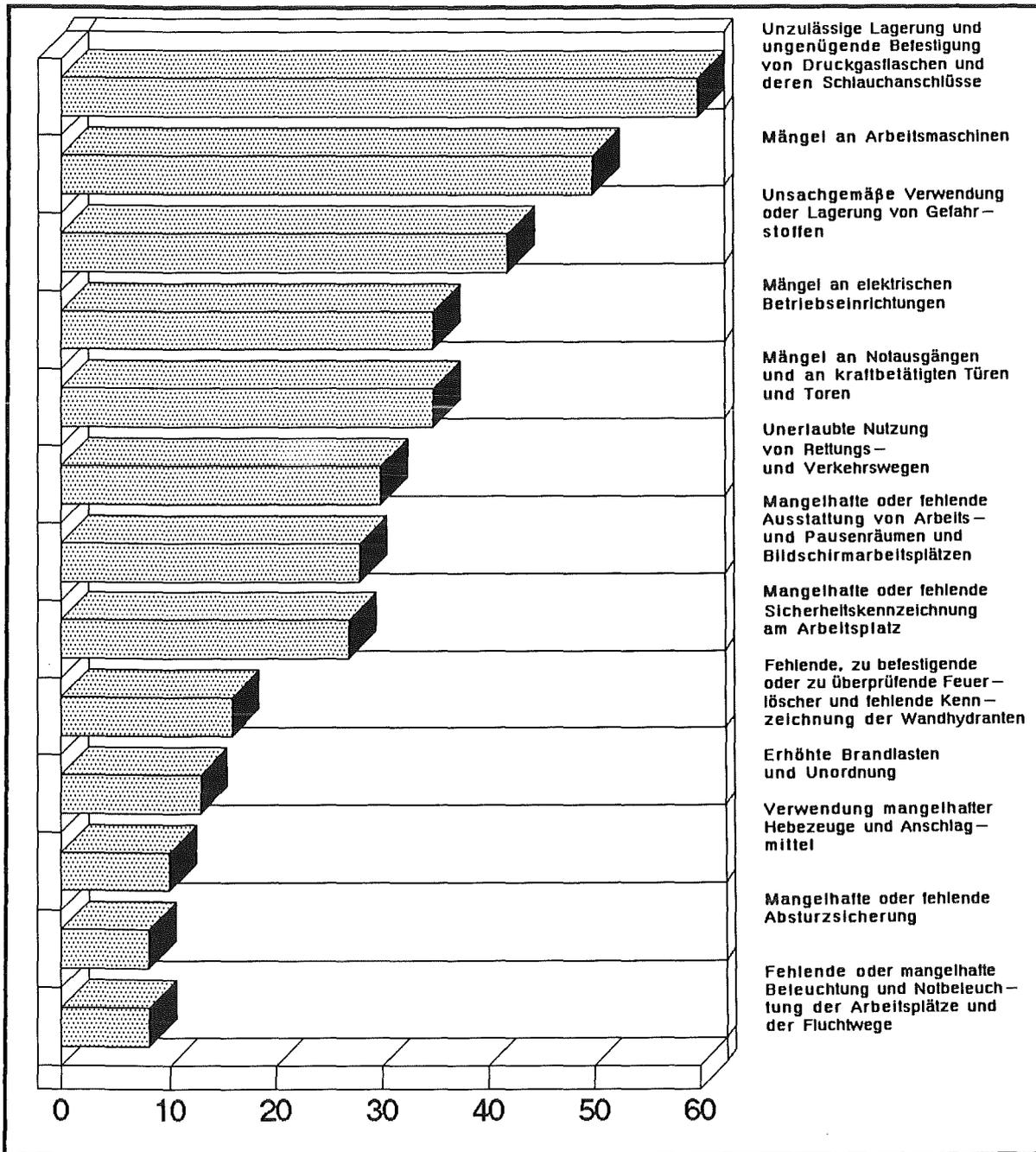


Abb. 2/1: Übersicht über Art und Anzahl der Beanstandungen bei den 83 protokollierten Betriebsbegehungen 1987

Schwerpunkte der Betriebsbegehungen bildeten in diesem Berichtszeitraum weiterhin die Lagerung, Verwendung und vor allem die Erfassung von Gefahrstoffen im Sinne der Gefahrstoffverordnung, aber auch ergonomische Aspekte bei der Gestaltung von Büro- und Bildschirmarbeitsplätzen sowie die Einhaltung der berufsgenossenschaftlichen Richtlinien für Laboratorien. Daraus resultiert auch die

große Häufigkeit von Beanstandungen, die den Umgang mit Druckgasflaschen und Gefahrstoffen betreffen.

Der Anteil der Begutachtungen bei geplanten Bau- und Umbaumaßnahmen von Gebäuden, Versuchsanlagen, Verkehrswegen, Beleuchtungs-, Belüftungs- und sanitären Einrichtungen lag 1987 bei 52 % der Betriebsbegehungen.

Eine weitere Aufgabe der Betriebsüberwachung erstreckt sich auf Baustelleneinrichtungen und deren Abnahme bei Neueinrichtung im KfK. Dabei wurden in 41 Baustellenbegehungen 67 Baustelleneinrichtungen auf 15 Baustellen sicherheitstechnisch überprüft. Die festgestellten Mängel aus der Überprüfung von Baubaracken, Bauwagen und Containern, die den im KfK tätigen Fremdfirmen als Büros, Lager und Dauerunterkünften dienen, sind in Abb. 2/2 wiedergegeben. 16 der 67 kontrollierten Baustelleneinrichtungen waren mängelfrei.

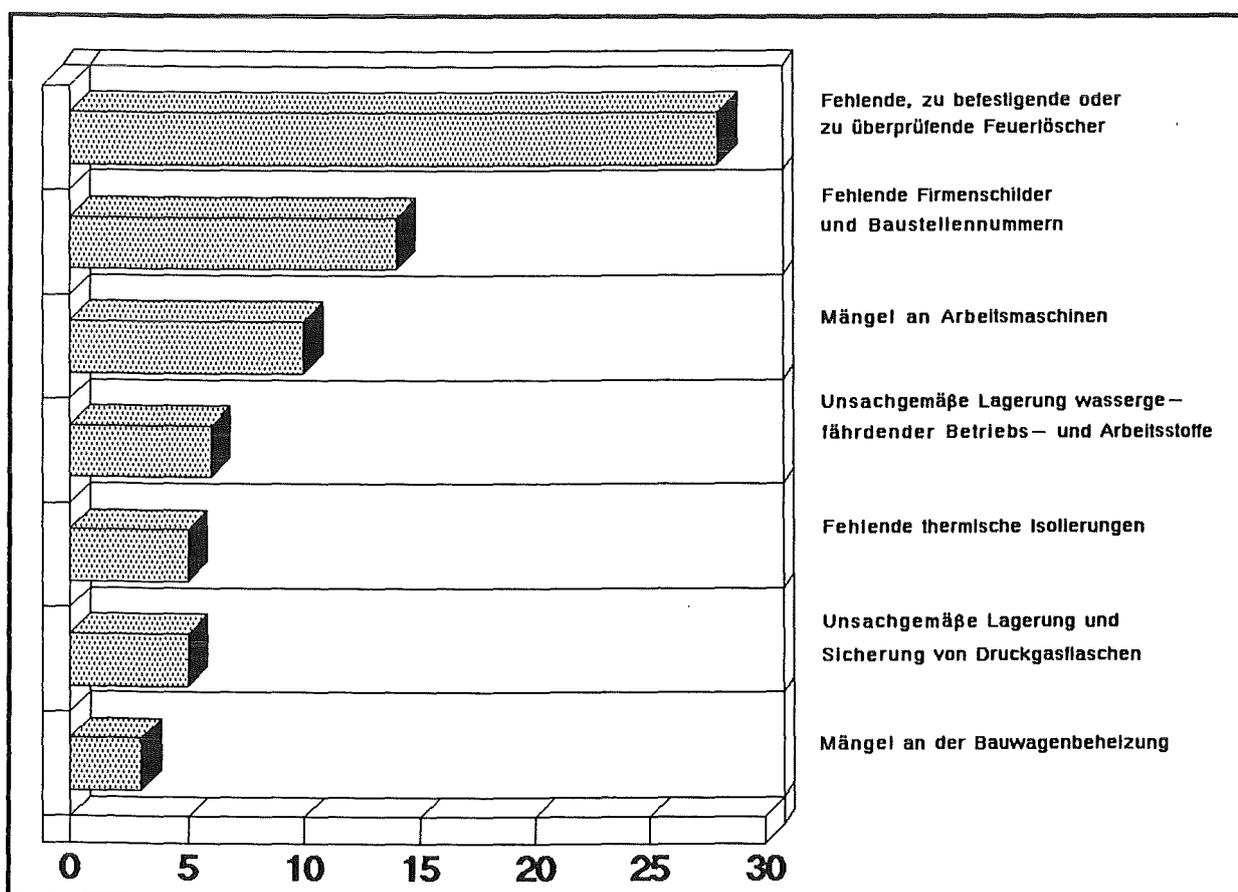


Abb. 2/2: Übersicht über Art und Anzahl der Beanstandungen bei der Überprüfung von 67 Baustelleneinrichtungen im Jahre 1987

Im Gegensatz zu den routinemäßig durchgeführten Betriebsbegehungen liefern Kontrollgänge eine eigene Mängelstatistik, weil sie aufgrund gezielter Hinweise durchgeführt werden und weil meistens nur ein einziges Mängelkriterium Gegenstand des Kontrollgangs ist. Diese Kontrollgänge werden auf Veranlassung des Objektsicherungsdienstes ausgeführt, der gehalten ist, offensichtliche Mängel an Anlagen und Verkehrswegen in und außerhalb der Gebäude, die bei Streifengängen auffallen, zu melden. Im Berichtszeitraum wurden 19 nicht protokollierte Kontrollgänge durchgeführt. Aufgrund dieser, gegenüber den Vorjahren relativ geringen Zahl wird auf eine statistische Auswertung verzichtet.

2.2.2 Arbeitsplatzüberwachung

F. Merschroth, W. Winkelmann

Schwerpunkte der Arbeitsplatzüberwachung bildeten 1987 Lärmpegelmessungen und Konzentrationsbestimmungen gesundheitsgefährdender Gase und Dämpfe. Tab. 2/5 gibt Auskunft darüber, in welchen Instituten bzw. Organisationseinheiten der KfK Lärmpegel- oder Schadstoffmessungen vorgenommen wurden und welche Räume, Geräte oder Anlagen die Überwachungsmaßnahmen notwendig machten.

Organisationseinheit	Gebäude Nr.	Art der Überwachung	Überwachte Räume, Geräte, Anlagen und Tätigkeiten
HDB	545	Beleuchtungsmessung	Schaltwarte Zementieranlage
HS/Ü	436	Lärmpegelmessung	Aerosolsammelgebläse
IDT	445	Lärmpegelmessung	Textverarbeitungssystem Xerox
IDT	445	Lärmpegelmessung	Textverarbeitungssystem IBM
IICh	725	Lärmpegelmessung	Elektronenspinresonanzspektrometer
IK	401	Schadstoffmessung	Verarbeitung von Epoxid-Harzen
IK	401	Schadstoffmessung	Umgang mit Propanol und Ethanol
IK	401	Schadstoffmessung	Reinigungs- und Klebearbeiten
IKVT	300/307	Lärmpegelmessung	Lüftungsanlage Reinstlabor
IKVT	691	Lärmpegelmessung	Trennstufe SR 33/2
INFP	434	Lärmpegelmessung	Turbo-Pumpen/Sputter-Anlage
INR	421	Lärmpegelmessung	Turbo-Pumpen
INR	421	Lärmpegelmessung	Hochfrequenz-Sinteranlage
IRE	521	Schadstoffmessung	Formaldehyd-Emission
ITP	411	Lärmpegelmessung	Rundhämmer-Maschinen
ITP	406	Lärmpegelmessung	Magnetestanlage
KTB	615	Schadstoffmessung	Behälterreinigung
LAF	415	Lärmpegelmessung	Tayfun-Gebläse
LIT und KTB/EA	404	Schadstoffmessung	Müllbunker der Müllverbrennungsanlage
LIT und KTB/EA	404	Schadstoffmessung	Müllverbrennungsanlage
LIT und KTB/EA	404	Lärmpegelmessung	Müllverbrennungsanlage
LIT	404/407	Lärmpegelmessung	Zu- und Abluftgebläse
OKD	141/144	Lärmpegelmessung	Rechneranlage
P/AV	141	Messung des Kraftaufwandes	Auf- und Abbewegen einer Durchlichtwand
PFT	445	Lärmpegelmessung	Rechneranlage
VBW/VB	249	Lärmpegelmessung	Sandstrahlanlage/Schutzhelm
VBW/VB	248	Lärmpegelmessung	Spritzkabine
VBW/IIW	243	Lärmpegelmessung	Rundhämmer-Maschinen
VBW/IIW	245	Lärmpegelmessung	Absauggebläse Schreinerei
VBW/VB	Freigelände	Lärmpegelmessung	Landwirtschaftliche Maschinen
Vorstandsbereich	141	Lärmpegelmessung	Lärmbelästigung in Büroräumen
Vorstandsbereich	141	Lärmpegelmessung	Klimaanlage
WAK	1518	Lärmpegelmessung	Objektschutzzentrale

Tab. 2/5: Protokollierte Lärmpegel-, Schadstoff- und Beleuchtungsmessungen 1987

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 oder der Schadstoffkonzentration waren wesentliche Bestandteile der jeweils gestellten Überwachungsaufgabe.

Die in Tab. 2/5 aufgelisteten Messungen wurden protokolliert, da in allen Fällen technische oder organisatorische Maßnahmen erforderlich wurden. Darüber hinaus führte HS/TSB in 19 Arbeitsbereichen meßtechnische Schadstoffüberwachungen durch, in denen sich keine Überschreitungen der Auslöseschwellen ergaben. In diesen Fällen wurde auf eine Protokollierung verzichtet.

### 2.2.3 Umsetzung der Gefahrstoffverordnung

G. Kohn, F. Merschroth, E. Windbühl

Die neue Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) enthält Vorschriften über die Feststellung der Gefährdungssituation am Arbeitsplatz. Dabei war die Überlegung maßgeblich, daß wirksame Schutzmaßnahmen erst dann getroffen werden können, wenn im Betrieb Kenntnisse über die Eigenschaften und die Art und Weise des Auftretens der eingesetzten Stoffe vorhanden sind und damit eine Beurteilung der Gefährdung der Arbeitnehmer an ihren Arbeitsplätzen möglich ist.

Der Arbeitgeber muß nach § 16, Absatz 1 der Gefahrstoffverordnung ermitteln, ob es sich bei den von ihm eingesetzten Stoffen, Zubereitungen oder Erzeugnissen um Gefahrstoffe im Sinne der Verordnung handelt. Falls eine Kennzeichnung durch den Hersteller nicht vorhanden ist, muß er sich auf andere Art und Weise das notwendige Wissen aneignen. Die in die Verordnung neu eingefügte Auskunftspflicht des Herstellers oder Einführers braucht sich nicht auf die Gesamtrezeptur zu erstrecken; es genügen Angaben über gefährliche Bestandteile oder Angaben über Gefahrenarten und notwendige Schutzmaßnahmen.

Die Ermittlung der Gefährdungssituation am Arbeitsplatz setzt neben der Kenntnis der Stoffeigenschaften Angaben über Art und Menge der in der Luft am Arbeitsplatz auftretenden Gefahrstoffe voraus. Die Daten müssen im Zweifelsfalle durch Messungen festgestellt werden und ermöglichen dann die Beurteilung, ob die bestehenden Grenzwerte (MAK, TRK) unterschritten oder die Auslöseschwelle überschritten ist (§ 18, Abs. 1 GefStoffV). Eine Messung ist nicht erforderlich, wenn mit dem Auftreten von Gefahrstoffen in der Luft am Arbeitsplatz nicht zu rechnen ist (z. B. bei Verfahren im geschlossenen System oder bei verpackten Gefahrstoffen).

Der gesetzliche Auftrag, Prävention mit allen geeigneten Mitteln zu betreiben, erfordert gegenüber Gefahrstoffen am Arbeitsplatz gezielte Maßnahmen. Hinsichtlich der im § 16, Abs. 1 GefStoffV festgelegten Ermittlungspflicht wurden von HS/TSB Erfassungslisten vorbereitet und an die Organisationseinheiten zur Auflistung aller vorhandener Chemikalien ausgegeben. Die Erfassung erfolgte gebäude-, raum- und personalbezogen und konnte im Berichtszeitraum zu ca. 95 % abgeschlossen werden.

Eine weitere Maßnahme war die Erstellung geeigneter EDV-Programme, die einen gezielten Umgang mit den aus der Erfassung erhaltenen Daten ermöglichen. Hierzu waren zwei Schritte erforderlich:

1. Erstellung einer Institutsdatenbank:

In diese Datenbank werden neben den mittels Erfassungslisten aufgenommenen Stoffen und Stoffgemischen auch alle von den einzelnen Organisationseinheiten über Beschaffungsauftrag (BA) und über Materialentnahme (ME) aus den Lagern angeforderten Chemikalien erfaßt. Neben der offiziellen Stoffbezeichnung und eventuellen Trivialnamen enthält jeder Datensatz Angaben über den Aggregatzustand, die Menge und den Umgangsort (Organisationseinheit, Gebäude Nr, Raum-Nr., Kostenstelle). In Zusammenarbeit mit den Organisationseinheiten EKM/MW und OKD wurde die Möglichkeit geschaffen, alle erforderlichen Daten der über BA und ME angeforderten Chemikalien durch den OKD-Rechner aus den gesamten KfK-Beschaffungen bzw. Lagerausgaben auszusortieren und diese Daten IIS/TSB auf Datenträgern zur Verfügung zu stellen. Aufgrund anfänglicher Probleme bei der Übernahme der OKD-Daten auf das IIS/TSB-interne Rechnernetz konnten bisher BA- und ME-Daten nur zu Testzwecken und noch nicht zur laufenden Überwachung übernommen werden. Die Instituts-Datenbank enthält zur Zeit ca. 14000 Stoffe und Stoffgemische und wird ständig fortgeschrieben.

2. Erstellung einer Gefahrstoff-Datenbank:

In dieser Datenbank werden alle für die KfK GmbH relevanten Stoffe und Stoffgemische, die im Anhang VI der GefStoffV sowie in sonstigen Vorschriften und Merkblättern (z. B. MAK-Werte-Liste, Kühn-Birett) als Gefahrstoffe ausgewiesen sind, zentral gespeichert. Neben den Gefährlichkeitsmerkmalen (sehr giftig, giftig, mindergiftig, ätzend, reizend, explosionsgefährlich, brandfördernd, hochentzündlich, leichtentzündlich, entzündlich, krebserzeugend, erbgutverändernd, fruchtschädigend) und der jeweiligen Nummer aus Anhang VI GefStoffV (GefStoffV.-Nr.) enthält jeder Datensatz Angaben über die Wassergefährdungsklasse (WGK), die entsprechende Nummer aus der „United Nations-Liste der gefährlichen Güter“ (U.N.-Nr.) und die entsprechende Abfallschlüssel-Nummer (AbfSchl.-Nr.). Die Datenbank enthält zur Zeit Gefährlichkeitsmerkmale und GefStoffV-Nummern von ca. 900 Stoffen und wird ständig ergänzt.

Durch Verknüpfung der beiden Datenbanken besteht jetzt die Möglichkeit, wesentliche Informationen für die weitere Umsetzung der Gefahrstoffverordnung zu erhalten. So können die in der KfK GmbH vorhandenen Gefahrstoffe u. a. instituts-, gebäude- und kostenstellenbezogen abgerufen werden. Für die gezielte Überwachung der Einhaltung bestimmter Vorschriften der Gefahrstoffverordnung (z.B. § 16 „Verpackung und Kennzeichnung bei der Verwendung“, § 24 „Aufbewahrung und Lagerung“, § 26 „Beschäftigungsbeschränkungen“ oder Anhang II „Besondere Vorschriften für den Umgang mit krebserzeugenden, fruchtschädigenden und erbgutverändernden Gefahrstoffen“) können die Gefahrstoffe, wiederum sortiert nach den bereits aufgeführten Gefährlichkeitsmerkmalen, abgerufen werden.

Die Möglichkeit, aus diesem Datenbanksystem Informationen nach mehreren Auswahlkriterien abrufen zu können, schafft die Voraussetzung für Arbeitsbereichsanalysen, die entsprechend der „Technischen Regeln für Gefahrstoffe“ (TRGS) - Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen - gefordert werden. Arbeitsbereichsanalysen machen deutlich, wo im Arbeitsablauf Schwachstellen vorhanden sind, so daß bereits im Vorfeld gezielt Verbesserungsmaßnahmen eingeleitet werden können. Bei entsprechender Dokumentation der Ermittlungsergebnisse lassen sich auch Belastungsschwerpunkte erkennen, an denen verstärkt Schutzmaßnahmen durchgeführt werden müssen. Auch die Weiterentwicklung des Standes der Sicherheitstechnik läßt sich durch einen Vergleich der an verschiedenen, aber gleichartigen Arbeitsplätzen gewonnenen Ergebnisse erkennen.

Zur Erstellung der Arbeitsbereichsanalysen sind nicht ausschließlich Messungen an Arbeitsplätzen gefordert. Es wird aber dennoch eine verstärkte Meßtätigkeit in den Laboratorien erforderlich werden, wobei das Meß- und Beurteilungsverfahren nach TRGS 402 für Forschungslaboratorien nicht praxisgerecht ist, da die Mitarbeiter in diesen Laboratorien keinen regelmäßigen achtstündigen Umgang mit

Gefahrstoffen haben und sich gleichzeitig eine Vielzahl von Gefahrstoffen im Einsatz befinden. Auch für wechselnde Arbeitsplätze, wie z.B. bei Montage- und Wartungsarbeiten, ist die Heranziehung der maximalen Arbeitsplatzkonzentration, der technischen Richtkonzentration oder der Auslöseschwelle zur Beurteilung der Ermittlungsergebnisse - wie dies in der TRGS 402 vorgeschrieben ist - nur eingeschränkt möglich. Aufgrund dieser Tatsache ist die Ermittlung hinsichtlich der Gefährdung beim Umgang mit Gefahrstoffen, wie dies von IIS/TSB eingeleitet wurde, eine wesentliche Komponente zur Umsetzung der Gefahrstoffverordnung. Die volle Umsetzung der Überwachungspflicht wird noch einige Jahre in Anspruch nehmen.

Weitere Aktivitäten erfolgten auf administrativem Gebiet und auf dem Weg der Information. So wurden durch Weisung des Vorstandes die bisherigen Unterschriftsberechtigungen für die Beschaffung von Gefahrstoffen auf die Leiter der Organisationseinheiten, deren Vertreter und die Betriebsbeauftragten beschränkt. In Rundschreiben wurden Hinweise über wesentliche Inhalte und Gebote der Gefahrstoffverordnung gegeben und deren Umsetzung in den Organisationseinheiten erläutert.

Um eine ordnungsgemäße und einheitliche Kennzeichnung entsprechend § 23 GefStoffV innerhalb der KfK zu gewährleisten, wurde mit der Erfassung aller ortsfesten Chemikalienbehälter größer 50 Liter begonnen. Bisher wurden im TSB 117 Behälter mit einem Gesamtvolumen von ca. 540000 Liter registriert. Nach Auswertung aller Behälterdaten wird eine zentrale Beschaffung der Sicherheitsschilder durch IIS/TSB veranlaßt werden.

#### 2.2.4 Unfallgeschehen

P. Meyer, E. Windbühl

1987 wurden dem Badischen Gemeindeunfallversicherungsverband Karlsruhe, dem für die KfK GmbH zuständigen Unfallversicherungsträger, 60 anzeigepflichtige Arbeitsunfälle gemeldet. Es waren keine Anzeigen auf Verdacht einer Berufskrankheit zu erstatten. Nach § 1552 RVO besteht die Verpflichtung, binnen drei Tagen jeden Arbeitsunfall anzuzeigen, bei dem ein Beschäftigter getötet oder so verletzt wurde, daß er stirbt oder für mehr als drei Tage völlig oder teilweise arbeitsunfähig wird. Nach § 5 der Berufskrankheitenverordnung besteht Anzeigepflicht, wenn der begründete Verdacht auf das Vorliegen einer Berufskrankheit besteht.

Abb. 2/3 zeigt in einem Kreisdiagramm die anzeigepflichtigen Arbeitsunfälle, unterteilt nach Unfallarten. Bemerkenswert ist hierbei, daß der Anteil der nicht oder kaum beeinflussbaren Unfälle, wie Wegeunfälle, Unfälle bei der Teilnahme am innerbetrieblichen Verkehr, Sportunfälle und sonstige Unfälle höher ist als der Anteil der Unfälle im Zusammenhang mit der betrieblichen Tätigkeit.

In Abb. 2/4 ist die Verteilung der anzeigepflichtigen Arbeitsunfälle auf die einzelnen Monate des Jahres 1987 dargestellt. Die Unfälle im Januar lassen sich fast ausnahmslos auf die extremen Wetterbedingungen in diesem Monat zurückführen.

In Abb. 2/5 wird die Anzahl der Betriebsunfälle, integriert über die Jahre 1981 bis 1987, der jeweiligen Tätigkeit zugeordnet, die durch das Unfallereignis unterbrochen wurde. Es zeigt sich deutlich, daß sich relativ viele Unfälle beim Gehen oder Laufen und beim Handhaben von Handwerkszeugen ereignen.

Abb. 2/6 zeigt für die Arbeitsunfälle insgesamt und für die Untergruppe der Betriebsunfälle (Arbeitsunfälle ohne Wegeunfälle und Sportunfälle) die Entwicklung des Unfallgeschehens der Jahre 1981 bis 1987.

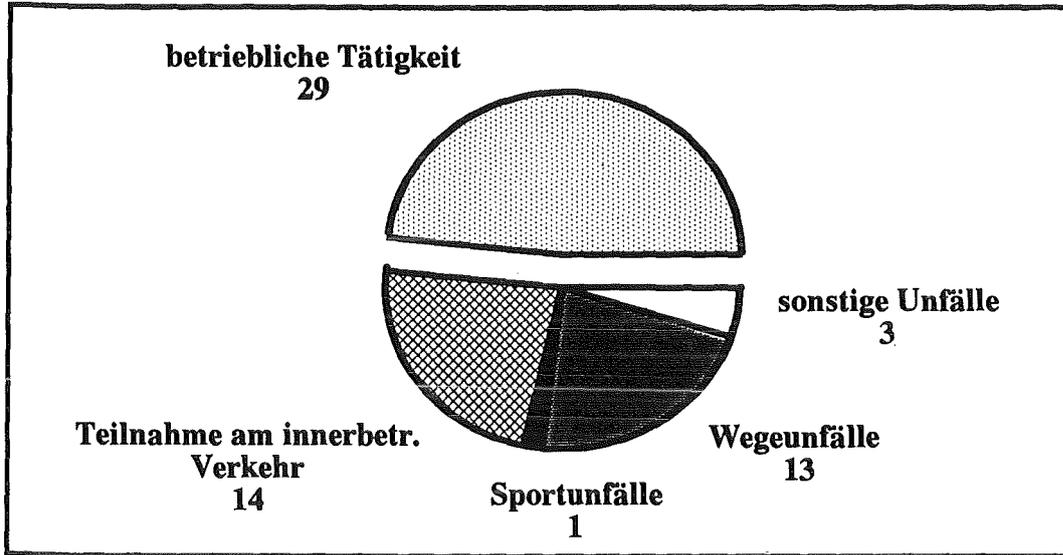


Abb. 2/3: Anzeigepflichtige Arbeitsunfälle 1987

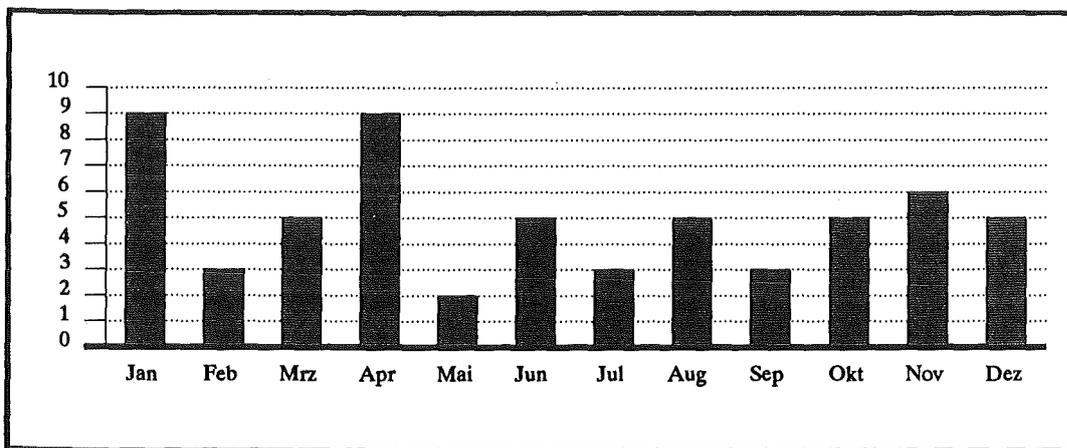


Abb. 2/4: Verteilung der anzeigepflichtigen Arbeitsunfälle auf die einzelnen Monate des Jahres 1987

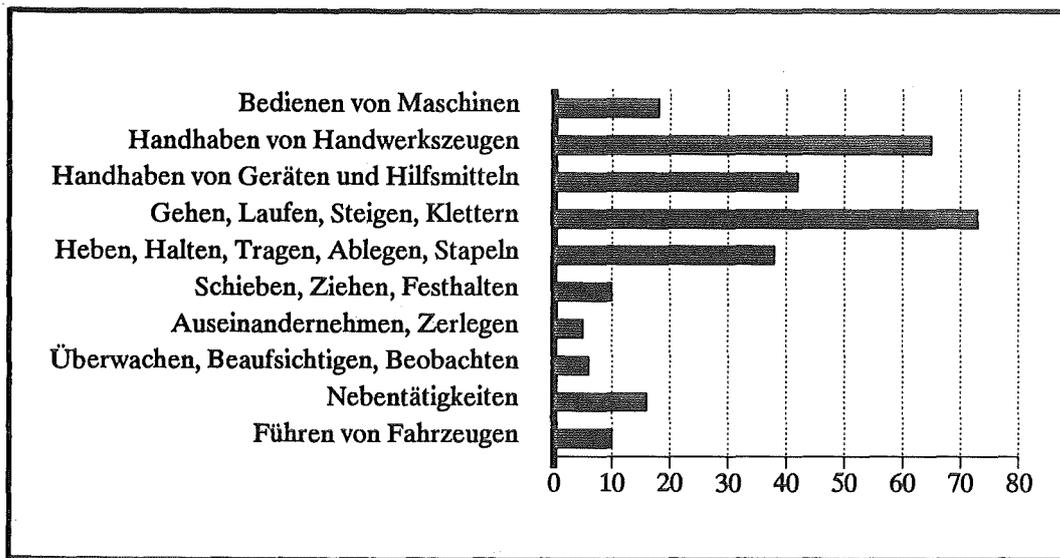


Abb. 2/5: Verteilung der Betriebsunfälle bei der KfK GmbH auf verschiedene Tätigkeiten, integriert über die Jahre 1981 bis 1987

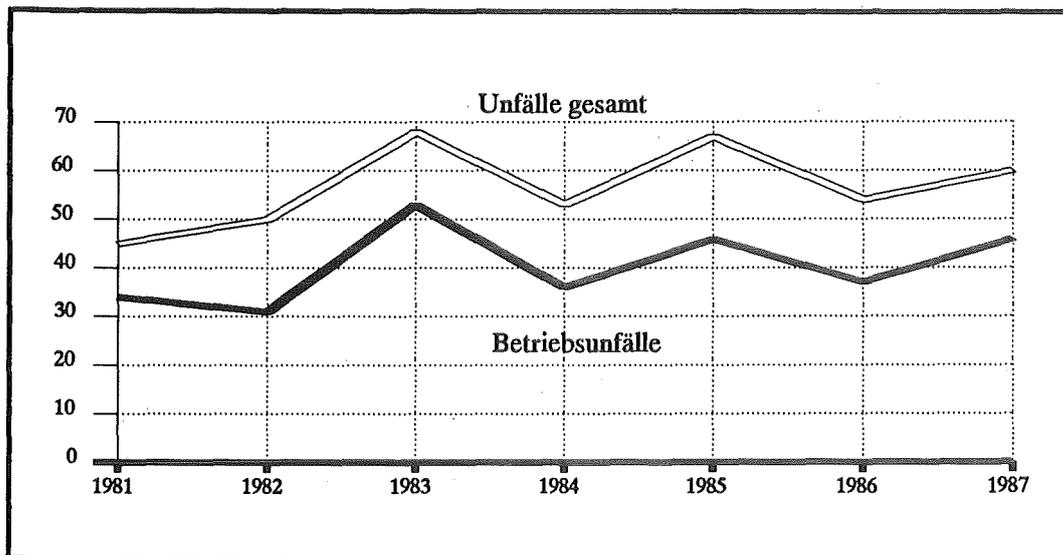


Abb. 2/6: Entwicklung des Unfallgeschehens bei der KfK GmbH von 1981 bis 1987

Absolute Unfallzahlen können aber noch keinen Hinweis auf die Höhe der Gefährdung und die Schwere der Unfälle geben. Entscheidend ist das Verhältnis zwischen der Zahl der Unfallereignisse und der Zahl der Beschäftigten oder der tatsächlich geleisteten Arbeitsstunden. Erst anhand dieser Verhältnis-zahlen kann man das Unfallgeschehen bewerten. Um dies darzustellen, aber auch um Vergleiche mit anderen Personengruppen ziehen zu können, sind mehrere Meßziffern entwickelt worden. Diese gestatten, Vergleiche mehrerer Tätigkeitsgruppen einer Organisationseinheit untereinander, Vergleiche mit Unternehmen derselben Branche oder Vergleiche mit anderen Wirtschaftszweigen durchzu-

führen. Tausend-Mann-Quote und Unfallhäufigkeit sind geeignete Maßstäbe zur Beurteilung der Wirksamkeit der Unfallverhütung in einem Betrieb. Diese allgemein gebräuchlichen Vergleichswerte werden nach den vom Internationalen Arbeitsamt empfohlenen Regeln ermittelt. Diese statistischen Meßziffern sind einschließlich ihrer Definition für das Unfallgeschehen der KfK GmbH des Jahres 1987 in Tab. 2/6 wiedergegeben. Dabei wurden für 1987 als durchschnittliche Anzahl der Mitarbeiter der KfK GmbH 4035 und als Anzahl der tatsächlich geleisteten Arbeitsstunden pro Mitarbeiter und Jahr 1700 zugrundegelegt. Zum Vergleich sind in dieser Tabelle auch die Unfallmeßziffern der KfK GmbH des Jahres 1986 wiedergegeben. Außerdem enthält die Tabelle die Unfallmeßziffern der gewerblichen Wirtschaft für 1986, die vom Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften veröffentlicht wurden.

Statistischer Begriff	Definition	Statistische Meßziffer		
		KfK GmbH	gewerbliche Wirtschaft	1986
		1987	1986	1986
Tausend-Mann-Quote	Zahl der anzeigepflichtigen Arbeitsunfälle (ohne Berücksichtigung der Wege- und Sportunfälle) bezogen auf 1 000 Beschäftigte	11,4	9,1	52
Unfallhäufigkeit	Zahl der anzeigepflichtigen Arbeitsunfälle (ohne Berücksichtigung der Wege- und Sportunfälle) bezogen auf 1 000 000 geleistete Arbeitsstunden	6,7	5,4	32

Tab. 2/6: Statistische Meßziffern zum Unfallgeschehen der KfK GmbH 1987

## 2.2.5 Sicherheitsausbildung und Kommunikationsmittel

II.-A. Ammermann, W. Winkelmann

Entsprechend der Unfallverhütungsvorschrift VBG 9 „Kranen“ dürfen nur Personen mit dem selbständigen Führen eines Kranes beschäftigt werden, die darin unterwiesen wurden und ihre Befähigung hierzu dem Unternehmer nachgewiesen haben. Bei dieser Unterweisung wird im KfK zwischen einer theoretischen Ausbildung und einer praktischen Einweisung vor Ort, unter der Anleitung eines erfahrenen Kranführers, unterschieden.

Bei der KfK GmbH werden die Tätigkeiten von Kranführern und Anschlägern vorwiegend in Personalunion durchgeführt. Da eine große Anzahl der sogenannten Kranunfälle in Wirklichkeit auf schadhafte oder nicht geeignete Lastaufnahmeeinrichtungen, das sind Lastaufnahme-, Anschlag- und Transportmittel, zurückgeführt werden können, wird in der Kranführer- und Anschlägerausbildung die Unfallverhütungsvorschrift „Lastaufnahmeeinrichtungen im Hebezeugbetrieb“ (VBG 9a) besonders ausführlich behandelt. Die theoretische Ausbildung wird von IIS/TSB durchgeführt und schließt mit einer Qualifikationsprüfung ab.

Im Berichtsjahr wurden 25 Mitarbeiter als Kranführer und Anschläger ausgebildet. Abb. 2/7 gibt die Verteilung der im Jahre 1987 ausgebildeten Kranführer und Anschläger auf die Organisationseinheiten wieder.

Die Gefahrgutverordnung Straße (GGVS) fordert im Abschnitt 3, Allgemeine Betriebsvorschriften: „Die Führer von Tankfahrzeugen oder Beförderungseinheiten zur Beförderung von Tanks oder Tankcontainern mit einem Gesamtfassungsraum von mehr als 3000 Litern müssen im Besitz einer von der Industrie- und Handelskammer (IHK) ausgestellten Bescheinigung sein, durch die nachgewiesen wird, daß diese an einer Schulung über die besonderen Anforderungen, die bei der Beförderung gefährlicher Güter zu erfüllen sind, erfolgreich teilgenommen haben.“

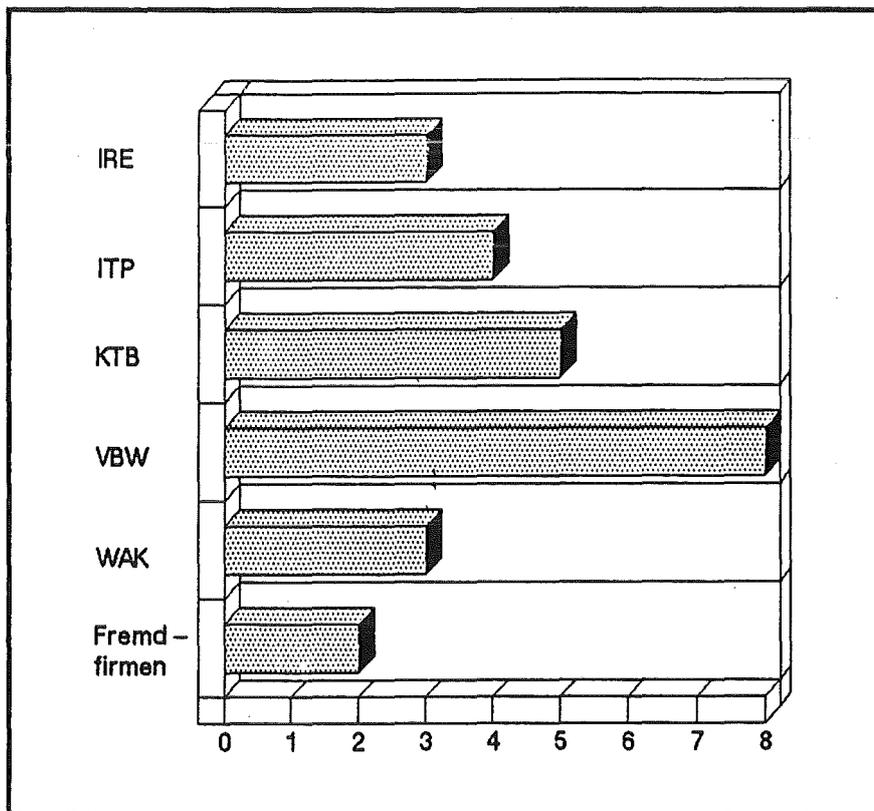


Abb. 2/7: Anzahl der 1987 ausgebildeten Kranführer und Anschläger in den Organisationseinheiten des KfK

1987 absolvierten 10 Mitarbeiter der Werkfeuerwehr und 2 Mitarbeiter der HDB eine viertägige Gefahrgutfahrerschulung gemäß Randnummer 10 315 der GGVS beim Deutschen Kraftfahrzeug-Überwachungs-Verein e.V. (DEKRA) in Karlsruhe. Damit stehen der KfK 16 LKW-Fahrer mit GGVS-Prüfung zur Verfügung. Der Lehrgang umfaßte folgende Schulungsthemen:

- G1 = Grundausbildung für Transporte nach den Gefahrenklassen 4.1, 4.2, 4.3, 5.2 und 7 (Gas, Chemie und brennbare Flüssigkeiten),
- G2 = Aufbaukurs für Transporte nach Gefahrenklasse 2 (verdichtete, verflüssigte und unter Druck gelöste Gase),

G3 = Aufbaukurs für Transporte nach Gefahrenklasse 3 (entzündbare, flüssige Stoffe),

G4 = Aufbaukurs für Transporte nach den Gefahrenklassen 5.1, 6.1 und 8 (entzündend wirkende, giftige und ätzende Stoffe).

Am 9. September 1987 wurde im Kernforschungszentrum Karlsruhe die "BOS-Funkanlage" in Betrieb genommen. Nach der Meterwellenfunk-Richtlinie sollen den Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) ausreichende Funkverbindungen im Rahmen ihrer Aufgabenstellung gesichert und gegenseitige Störungen verhindert werden. Diese Meterwellenfunk-Richtlinie regelt ferner Anmeldung, Errichtung, Betrieb und Zusammenarbeit von Sprechfunkanlagen der BOS im Meterwellenbereich (UKW, 4 m-Band).

Zu den BOS gehören laut dieser Richtlinie die Polizei der Länder, die Polizeibehörden, die dem Bundesminister des Innern unmittelbar unterstehen, die Einheiten und Einrichtungen des Katastrophenschutzes, die Bundeszollverwaltung, die Feuerwehren, das Technische Hilfswerk und sonstige Hilfsorganisationen.

Funkanlagen der Feuerwehren dürfen erst in Betrieb genommen werden, nachdem die Deutsche Bundespost die beantragte Genehmigung erteilt hat. Voraussetzung für die Annahme eines Antrages auf Genehmigung durch die Deutsche Bundespost ist die Zustimmung des Innenministeriums des Landes bzw. des Bundes. Diese Zustimmung muß vom Betreiber eingeholt werden. Bei Werkfeuerwehren ist die Werkleitung der Antragsteller. Mit der Aushändigung der Funkgenehmigungsurkunde ist die Erlaubnis zum Betrieb einer Sprechfunkanlage im Rahmen der ausgewiesenen Kennzeichnung und unter den Auflagen, die Bestandteil der Urkunde sind, erteilt.

Im Rahmen der Genehmigung wurden in der Alarmzentrale der KfK eine Feststation und in zwei Einsatzfahrzeugen der Werkfeuerwehr - einem Tanklöschfahrzeug und einem Gerätewagen zur Ölschadensbekämpfung - jeweils mobile Funkgeräte installiert. Damit wurde eine Lücke in den Kommunikationswegen der KfK-Sicherheitsorganisation geschlossen. Durch die Einbindung der Sicherheitsorganisation des KfK in den BOS-Funkverkehr ist die Integration der Werkfeuerwehr in die Überlandhilfe und der Anschluß an Rettungsdienste und Katastrophenschutz vollzogen. Die Ausbildung von 16 Mitarbeitern zum Erwerb des Sprechfunkzeugnisses ist erfolgt. Weitere 19 Mitarbeiter werden im Januar 1988 ausgebildet. Die Lehrgangsteilnehmer erhalten nach der Ausbildung ein Funkzeugnis. Die Ausbildungsrichtlinien für den Funksprechverkehr nach BOS beinhalten nach der Feuerwehrdienstvorschrift 810 folgende Themen:

- Physikalische Grundlagen für den Funkverkehr,
- Aufbau eines Funkgespräches,
- Funkverkehrsarten und -formen,
- Funk-Verhaltensweisen,
- Teilnahme am Funkverkehr,
- praktische Abwicklung eines Funkgespräches,
- Vorschriften für den Funkverkehr,
- Sprachschulung im Sprachlabor der Landesfeuerwehrschule Bruchsal,
- Besichtigung der Feuerwehr-Leitstelle Ettlingen.

Neben den vorgenannten, vom Technischen Sicherheitsbüro der HS durchgeführten oder initiierten Ausbildungen für KfK-Mitarbeiter, nahmen die Sicherheitsingenieure des Technischen Sicherheitsbüros selbst an verschiedenen Fortbildungs- und Informationsveranstaltungen teil, um die wachsenden Anforderungen im Bereich der Arbeitssicherheit und der Sicherheitstechnik auch künftig erfüllen zu können.

Die in Tab. 2/7 aufgeführten Veranstaltungen dienten einerseits dazu, Verordnungen, technische Regeln und Meßtechniken im Zusammenhang mit der Gefahrstoffverordnung zu vertiefen und andererseits, um Änderungen auf dem Gebiet der Abfallwirtschaft und des Gewässerschutzes kennenzulernen.

Besuchte Veranstaltungen/Themen	Veranstalter und Veranstaltungsort
Deutscher Kongreß für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin	Bundesarbeitsgemeinschaft für Arbeitssicherheit (BASI), Düsseldorf
Informationsveranstaltung über „Arbeitssicherheit als Führungsaufgabe“	Arbeitskreis für Arbeitssicherheit in Baden, Fachhochschule Karlsruhe
Abschlußseminar für Fachkräfte für Arbeitssicherheit im öffentlichen Dienst	Bundesarbeitsgemeinschaft der Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand, Hahn/NRW
Erfahrungsaustausch der Sicherheitsingenieure	Arbeitsgemeinschaft der Sicherheitsingenieure in den Großforschungseinrichtungen, Ispra
Brand- und Explosionsschutzseminar	MINIMAX, Bad Urach
Vortrag über „Elektrische Ausrüstung von Arbeitsmaschinen“	VDSI, Landesgewerbeamt Karlsruhe
Vortrag über „Transport gefährlicher Güter“	VDSI, Landesgewerbeamt Karlsruhe
Seminar über die Gefahrstoffverordnung	Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit, Bonn
Fortbildungsseminar über „Meßtechnische Überwachung der Atemluft am Arbeitsplatz und Schutzmaßnahmen“	Badischer Gemeindeunfallversicherungsverband, Offenburg
Vortrag über „Personen- und arbeitsbezogene Schadstoffanalysen“	VDSI, Landesgewerbeamt Karlsruhe
Seminar und Praktikum zum Thema „Überwachungspflicht nach § 18 der Gefahrstoffverordnung“	VDSI, Institut für Arbeits- und Sozialhygiene, Karlsruhe
Seminar für die fachlichen Berater für Strahlenschutz bei der Katastropheneinsatzleitung	Schule für Kerntechnik, KfK
Strahlenschutzkurs	Schule für Kerntechnik, KfK

Tab. 2/7: Von Sicherheitsingenieuren der KfK besuchte Fortbildungsveranstaltungen 1987

## 2.2.6 Arbeitsschutzausschuß

### E. Windbühl

Der Arbeitsschutzausschuß hat gemäß den Verpflichtungen, die sich aus dem Arbeitssicherheitsgesetz ergeben, auch im Jahre 1987 wieder zahlreiche Probleme des Arbeitsschutzes und der Verkehrssicherheit beraten. Der Ausschuß wurde hierbei informiert über Verfahrensweisen in der inaktiven Abfallwirtschaft und den Bau eines Pufferlagers für Abfallstoffe, einen Brandfall der bei Nachbesserungsarbeiten durch eine Fremdfirma an einem Schnellheizer entstand, die Modernisierung und Sanierung der Kantine, vorgesehene Maßnahmen hinsichtlich der Umsetzung der Gefahrstoffverordnung in der KfK, Verfahrensregelungen bei der Beschaffung von Korrekturschutzbrillen, Probleme auf Ausfallstraßen sowie Park- und Halteverbote im KfK, einen Zwischenfall mit einem Anschlußschlauch für eine Gasversorgung, die beabsichtigte Einführung neuer Arbeitsschutzkleidung und die Art der Unterrichtung von Personen in Außenanlagen und Behelfsbauten bei Gefahrensituationen.

Zu einigen dieser Themen wurden vom Arbeitsschutzausschuß Vorschläge und Forderungen unterbreitet:

1. Im Rahmen der Kantinenmodernisierung verlangte der Betriebsrat den Einbau eines Aufzuges für Behinderte, die Erhaltung oder Schaffung von Sozialräumen für Mitarbeiter, den Einbau von Lüftungsanlagen, eine natürliche Belichtung der Spülküche und des Personalaufenthaltsraumes, die Ausstattung der Spülküche gemäß den Arbeitsstättenrichtlinien und bei der Neuverlegung des Bodenbelages im Küchenbereich ein Gefälle zu den Bodenabläufen einzuplanen. Von medizinischer Seite wurde eine klare Trennung zwischen Schmutz- und Kochbereich in der Küche gefordert.
2. Über das Verfahren zur Beschaffung von Korrekturschutzbrillen ist für die Organisationseinheiten ein Merkblatt zu erstellen.
3. Die Straßenverkehrsbehörde soll gebeten werden, an der Einfahrt zur Schnellstraße im Nahbereich des KfK eine Geschwindigkeitsbeschränkung einzuführen.
4. Im Hinblick auf die häufige Mißachtung von Park- und Halteverboten im KfK wurde
  - die Feststellung des echten Fehlbedarfs an Parkplätzen,
  - die Herausgabe eines Rundschreibens an die Mitarbeiter, in dem eindringlich auf die Beachtung der einschlägigen Verkehrsregeln hingewiesen wird,
  - die Erstellung einer Betriebsordnung für den Verkehrssektor vorgeschlagen.
5. Bei zentralen Gasversorgungsanlagen sollen Druckminderventile angebracht werden, und zwar möglichst an Flaschenbündeln bzw. an den einzelnen Druckgasflaschen.
6. Vor der geplanten Einführung von neuen Wetterschutzjacken sollen dieselben in kleiner Stückzahl erprobt werden.

## 2.3 Kernmaterialüberwachung

### 2.3.1 Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung von Kernmaterial

W. Burck

Die Rechtsgrundlagen zur Erfassung, Überwachung und Meldung des Kernmaterials ergeben sich aus internationalen Abkommen, Gesetzen und Verordnungen. Von grundlegender Bedeutung sind im internationalen Bereich:

- Vertrag zur Gründung der Atomgemeinschaft (EURATOM) vom 25. März 1957 (BGBl. 1957, II, S. 1014),
- Atomwaffensperrvertrag (NV-Vertrag),
- Verifikationsabkommen zum NV-Vertrag mit ergänzenden Abmachungen (EURATOM und IAEA),
- Ausführungsgesetz zum Verifikationsabkommen vom 07.01.1980,
- Verordnung Nr. 3227/76 der EURATOM-Kommission vom 19. Oktober 1976,
- Besondere Kontrollbestimmungen der Kommission der Europäischen Gemeinschaften für die einzelnen Materialbilanzonen der KfK.

Die an der Erfassung und Überwachung des Kernmaterials beteiligten internen und externen Meldeinstanzen und die zugehörigen Meldewege wurden als Fließschema in Abb. 2/8 dargestellt.

Die von EURATOM für die KfK festgelegten 11 Materialbilanzonen (Stand 31.12.1987) sind aus Abb. 2/8 ersichtlich. Die überwachten Anlagen der KfK wurden in Klammern hinter den im Euratom-Code bezeichneten Materialbilanzonen angegeben.

In der Materialbilanzzone WKKE (Laboratorien) wurden 1987 die folgenden 12 Institute bzw. Teilinstitute zusammengefaßt: IMF I, IK III, SKT, INE, LAF I, INFP, IK III/RTM, IRB, IRE, IGT, EKM/TAB und IIS.

Entsprechend der Verordnung (EURATOM) Nr. 3227/6, Artikel 14, wurden von der zentralen Buchhaltung monatlich alle Bestands- und Chargenänderungen an Kernmaterial in computergerechter Form, getrennt nach Anlagen, Kategorie, Chargenbezeichnung und der jeweiligen Verpflichtung, erfaßt und mittels Datenträger und Hardcopy an die zuständigen Behörden gemeldet. Im Berichtsjahr wurden 311 Instituts- und Abteilungsmeldungen überprüft, 272 Belege (Lieferscheine) verbucht und rechnergestützt erfaßt. Auf der Grundlage dieser Unterlagen wurden die externen Bestandsänderungsberichte an die Aufsichtsbehörden erstellt.

1987 waren dies 707 Bestandsänderungen von Kernmaterial. Berichte dieser Art gingen an EURATOM, Luxemburg, Kopien dieser Berichte erhielten das Bundesamt für gewerbliche Wirtschaft (BAW), Eschborn, und das Umwelt-Ministerium (UM) in Stuttgart.

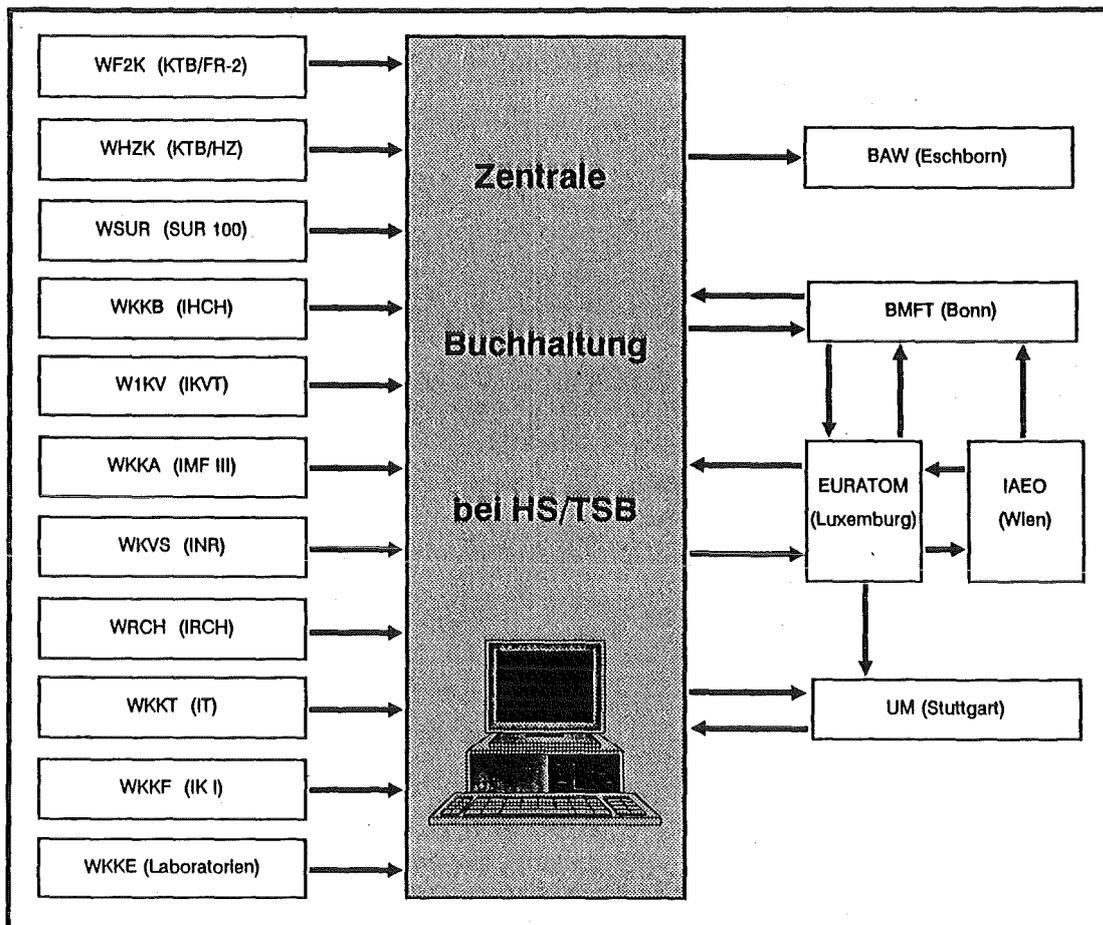


Abb. 2/8: Materialbilanzzonen der KfK, Meldeinstanzen und Meldewege zur Kernmaterialüberwachung

Zur Erstellung der monatlichen Bestandsänderungsberichte waren folgende Arbeitsvorgänge erforderlich:

- Überprüfung und Buchung aller KfK-internen und externen Bestandsänderungen entsprechend den Lieferscheinen,
- Buchung von Kernmaterial von Charge zu Charge und bei Veränderung der Kategorie,
- Berichtigung der monatlichen Bestandsverzeichnisse der einzelnen Anlagen auf den jeweiligen neuesten Stand,
- Überprüfung und Abstimmung der KfK-internen Bestandsänderungsberichte der einzelnen Anlagen,
- Schriftverkehr mit KfK-internen Institutionen und mit EURATOM.

Der Kernmaterialbestand der KfK GmbH, geordnet nach Materialkategorien, ist in Abb. 2/9 aufgeführt.

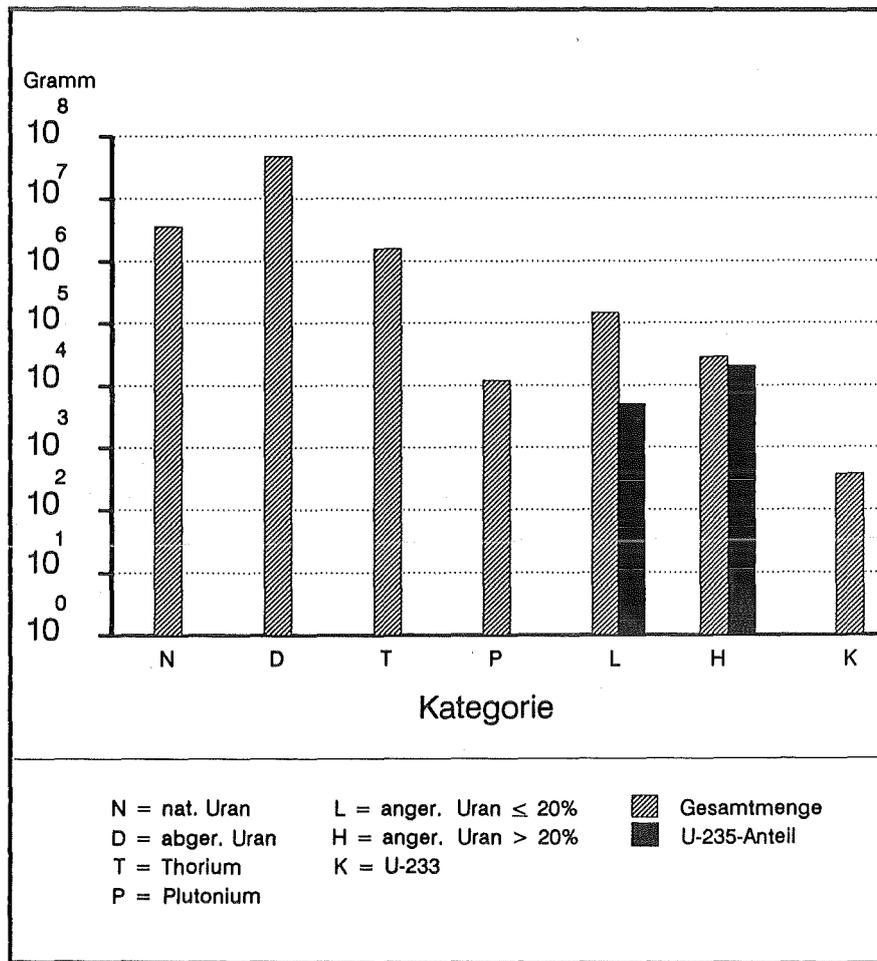


Abb. 2/9: Der Kernmaterialbestand der KfK GmbH am 31.12.1987

### 2.3.2 Inspektionen durch EURATOM und IAEA

W. Burck

1987 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 Routine-Inspektionen, Inventuren und Buchprüfungen bei HS/TSB durchgeführt.

Aus Tab. 2/8 ergibt sich die Zuordnung dieser Inspektionen zu den verschiedenen inspizierten Anlagen.

Inspizierte Anlagen	Anzahl der Inventuren	Anzahl der Routineinspektionen	Anzahl der Buchprüfungen bei IIS/TSB
KTB/FR 2	1	4	5
KTB/HZ	1	2	3
SUR 100	1	-	1
IICH	1	2	3
IKI	1	-	1
IKVT	1	-	1
IMF III	1	-	1
INR	1	-	1
IRCh	1	-	1
IT	1	-	1
Laboratorien	1	1	2

Tab. 2/8: Anzahl der 1987 durchgeführten Inspektionen

Zur Durchführung dieser Inspektionen wurden von der IAE0 im Berichtsjahr 14 und von der EURATOM-Kommission 15 verschiedene Inspektoren eingesetzt. Alle Anlagen-Inspektionen wurden von HS/TSB vorbereitet.

Die Inspektoren der internationalen Behörden wurden bei allen Inspektionen vom zuständigen Sachbearbeiter von IIS/TSB durch die zu kontrollierenden Anlagen begleitet. Über alle Inspektionen wurden interne Berichte verfaßt.

In den 11 Materialbilanzzonen der KfK wurde 1987 zu unterschiedlichen Zeitpunkten die Aufnahme der realen Bestände an Kernmaterial durch die jeweiligen Betreiber durchgeführt und durch IAE0 und EURATOM überprüft. Der Arbeitsaufwand, der sich aus diesen Inventuren und den genannten Routineinspektionen 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 der einzelnen Anlagen am Prüfungstichtag,
- Aufstellungen des realen Bestandes an Kernmaterial, gegliedert nach den einzelnen Schlüsselmeßpunkten und Chargen,
- Inventurlisten der Schlüsselmeßpunkte mit Angabe der einzelnen Positionen,
- Materialbilanzberichte von HS/TSB mit den Angaben sämtlicher Bestandsänderungen von der vorangegangenen Inventur bis zum Prüfungstichtag,

- Bestandsänderungsberichte von HS/TSB mit Angabe und Berichtigungen der Differenzen zwischen dem Buchbestand und dem realen Bestand an Kernmaterial.

Kleine Mengendifferenzen wurden bei Neu-Messungen (NM) in einzelnen Anlagen festgestellt oder ergaben sich aus nicht verordnungskonformen Rundungen (RA) bei der betrieblichen Buchführung in den Anlagen. Die jeweiligen Kernmaterialbestände in den 11 Materialbilanzzonen wurden auch 1987 von den Inspektoren der EURATOM und der IAEA regelmäßig überprüft und dabei verifiziert.

### 2.3.3 Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung sonstiger radioaktiver Stoffe

W. Burck

Aufgrund der sich aus § 78 der StrlSchV und aus speziellen behördlichen Auflagen ergebenden Buchführungs- und Anzeigepflichten müssen in bestimmten Zeitintervallen den zuständigen Behörden Gewinnung, Erzeugung, Erwerb und sonstiger Verbleib von radioaktiven Stoffen angezeigt werden.

Diese Meldeverpflichtung wird zentral für die KfK GmbH durch das Technische Sicherheitsbüro wahrgenommen. Der Umfang der erforderlichen Berichterstattung an deutsche Aufsichtsbehörden und über das Schwerwasser an EURATOM wurde in Tab. 2/9, aufgeschlüsselt nach Berichtsempfängern, Anzahl und Art der Berichte, dargestellt. Zur Durchführung dieser Aufgabe sind entsprechende Meldungen von den Strahlenschutzbeauftragten der einzelnen Organisationseinheiten an das Technische Sicherheitsbüro erforderlich.

Art der Berichte	Anzahl der Berichte und Berichtsempfänger			
	EURATOM	UM	GAA	Gesamt
Monatsberichte				
- Erwerb, Erzeugung und Abgabe			12	12
- Bestand an Schwerwasser	12			12
Halbjahresberichte				
- Erzeugung radioaktiver Stoffe		2	2	4
- Zugang an radioaktivem Abfall		2	2	4
Jahresberichte				
- Bestand an offenen radioaktiven Stoffen		1	1	2
- Bestand an umschlossenen radioaktiven Stoffen		1	1	2
- Bestand an radioaktivem Abfall		1	1	2
- Bestand an Schwerwasser		1	1	2
Gesamt	12	8	20	40

Tab. 2/9: Umfang der Berichterstattung 1987

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.

Im Berichtsjahr wurde die Bearbeitung, Prüfung und zum Teil rechnergestützte Erfassung von ca. 1750 internen und externen Bestandsänderungen an sonstigen radioaktiven Stoffen durchgeführt. Um die in Tab 2/9 aufgeführten Berichte erstellen zu können, sind oft Rückfragen innerbetrieblich sowie bei externen Absendern/Lieferanten erforderlich. Alle Meldungen sind termingebunden.

#### 2.3.4 Erfassung und Überwachung von Kernmaterialtransporten

W. Burck

Zu den Aufgaben der zentralen Buchhaltung gehört auch die Überwachung von Kernmaterialtransporten. Alle KfK-externen Transporte werden bei Eingang und Ausgang in Form eines Durchlaßscheines für radioaktive Stoffe von der Güterkontrolle der zentralen Buchhaltung bei HS/TSB gemeldet. Für die KfK-internen Transporte und ihre Abwicklung gilt seit Juli 1983 die „Transportordnung der KfK für den internen Transport radioaktiver Stoffe“.

Die Anzahl der 1987 erfaßten Kernmaterialbewegungen und ihre Zuordnung zu den verschiedenen Kernmaterialkategorien zeigt Tab. 2/10. Grundlage dieser Erfassung waren die Liefer- und Versandscheine. Die Anzahl der Kernmaterialbewegungen ist jedoch weder mit der Anzahl von Kernmaterialtransporten noch mit der Anzahl der ausgewerteten Liefer- und Versandscheine identisch.

Zwar gehört zu jedem einzelnen Versandstück ein Liefer- oder Versandschein, jedoch werden bei einem Transport oft mehrere Versandstücke gleichzeitig transportiert. Ferner kann ein sogenanntes Versandstück aus mehreren Positionen (z. B. Proben) bestehen und zudem kann das jeweilige Versandgut gleichzeitig Kernmaterial verschiedener Kategorien enthalten.

Materialkategorie	KfK-intern	KfK-extern	Gesamt
Natururan	19	74	93
abgereichertes Uran	47	27	74
Thorium	5	7	12
angereichertes Uran	33	35	68
Plutonium	60	119	179
Gesamt	164	262	426

Tab. 2/10: Anzahl der Kernmaterialbewegungen 1987, geordnet nach Materialkategorien

## 2.4 Einsatzplanung für Störfälle und Unfälle und Einsatzleitung

### 2.4.1 Statistik der EvD-Einsätze

P. Meyer

Die Funktion des Einsatzleiters vom Dienst (EvD) wird von sechs Sicherheitsingenieuren wahrgenommen, die bei HS/TSB im ständigen Wechselschichtdienst tätig sind. Der EvD übernimmt im Alarmfall die Einsatzleitung. Er kann einen Einsatzstab berufen, der ihn fachlich über die zu treffenden Einsatzmaßnahmen berät. Nach den Bestimmungen des KfK-Alarmplanes ist der EvD verantwortlich für die Durchführung aller Maßnahmen, die bei drohender Gefahr, Personenschäden, Brandunfällen, Strahlenunfällen oder sonstigen Schadensfällen zur Hilfeleistung und zur Wiederherstellung der technischen Sicherheit durch die Sicherheitsorganisation der KfK GmbH ergriffen werden müssen.

Im Berichtsjahr 1987 fielen in der Alarmzentrale ca. 3 600 Meldungen an, die registriert und bearbeitet wurden. Hiervon erforderten 310 Meldungen einen Einsatz des EvD, um die Wiederherstellung der technischen Sicherheit durchzuführen oder anzuordnen. Es kann festgestellt werden, daß die Einsatzkräfte der KfK zur Beseitigung eingetretener Störungen und zur Beherrschung von Zwischenfällen und Schadensfällen fähig und dafür ausreichend ausgerüstet waren.

Als EvD-Einsätze zählen alle Vorgänge, bei denen sich der EvD aufgrund einer Alarmierung ohne Ansehen des Alarmierungsgrundes zum Einsatzort begibt. Die Einsatzzeit ist die dabei am Einsatzort verbrachte Zeit zuzüglich Fahrzeit. Die Einsatzzeit enthält dagegen nicht den Zeitaufwand für Folge-tätigkeiten nach dem Einsatz, der insbesondere nach Stör- und Schadensfällen erheblich sein kann.

Abb. 2/10 zeigt die Tagesstatistik der EvD-Einsätze. Sie läßt eine erhöhte Anzahl von Einsätzen in der Zeit zwischen 9 und 12 und 13 und 17 Uhr erkennen.

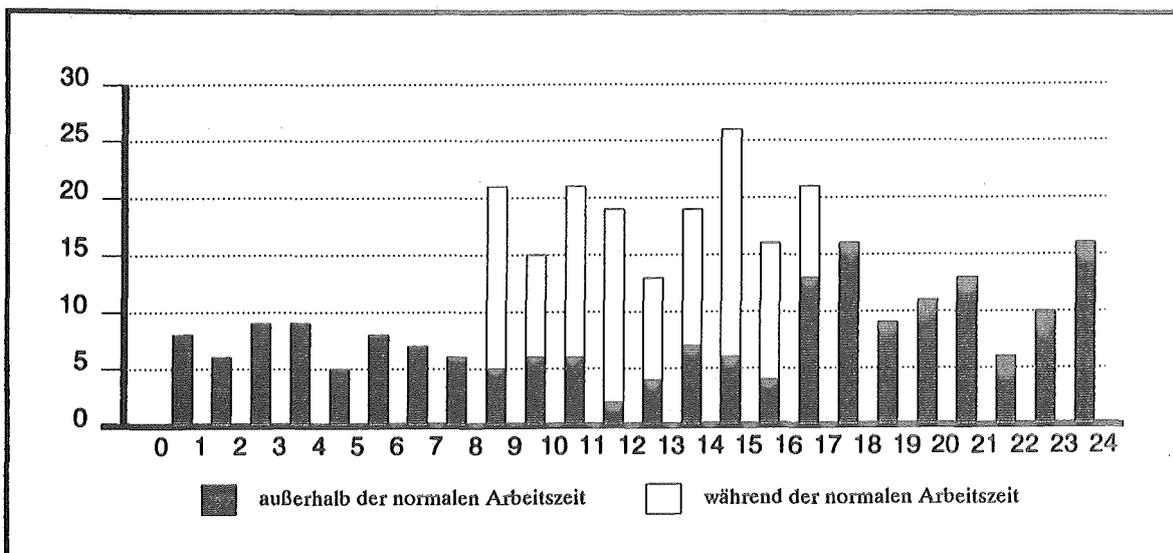


Abb. 2/10: EvD-Einsätze 1987, geordnet nach Tageszeiten

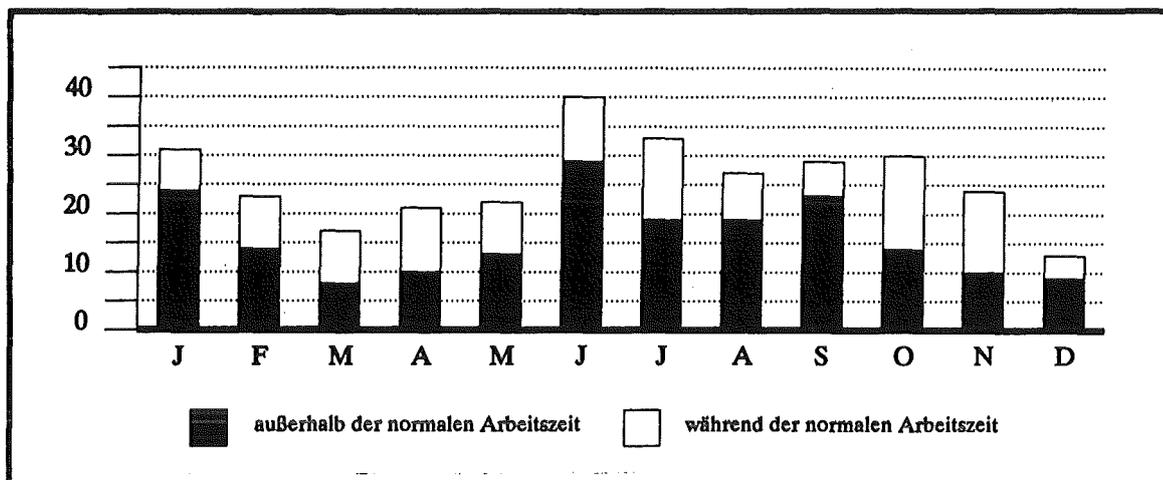


Abb. 2/11: Verteilung der EvD-Einsätze auf die Monate des Jahres 1987

EvD-Einsätze und ihre Ursachen	Kalendermonate 1987												Summe	
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1987	1986
Anzahl der EvD-Einsätze	31	23	17	21	22	40	33	27	29	30	24	13	310	338
Anzahl der Einsätze während der normalen Arbeitszeit	7	9	9	11	9	11	14	8	6	16	14	4	118	112
Anzahl der Einsätze außerhalb der normalen Arbeitszeit	24	14	8	10	13	29	19	19	23	14	10	9	192	226
Gesamteinsatzzeit in Stunden	20	13	9	9	11	26	16	13	15	26	13	6	177	194
Feueralarm	1	1	1	4	0	1	2	0	1	0	0	0	11	9
Feuerfehlalarm	5	5	6	3	6	10	9	10	11	8	13	7	93	82
Wasseraustritt	3	5	2	1	3	11	5	2	8	6	1	1	48	67
Aktivitätsalarm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Aktivitätsfehlalarm	2	1	0	2	0	6	0	4	1	0	0	0	16	8
Sandfangalarm	4	2	2	4	2	1	2	3	2	3	5	0	30	34
Sandfang-Fehlalarm	1	5	0	2	7	1	3	2	2	0	2	0	25	30
Technische Hilfe	15	4	6	5	4	10	12	6	4	13	3	5	87	102
Alarmübung	0	0	0	0	4	0	0	0	2	1	1	0	8	10

Tab. 2/11: Häufigkeit, Dauer und Ursachen der EvD-Einsätze für die Monate des Jahres 1987 und Vergleich der Jahressummen von 1986 und 1987

Eine detaillierte Darstellung der monatlichen EvD-Einsätze geben Abb. 2/11 und Tab. 2/11. Der obere Teil von Tab. 2/11 gibt die Verteilung der EvD-Einsätze insgesamt, während und außerhalb der normalen Arbeitszeit und die integrierten Einsatzzeiten für die Kalendermonate des Berichtsjahres wieder. In dieser Tabelle werden außerdem die Jahressummen von 1987 und 1986 miteinander verglichen. Im unteren Teil von Tab. 2/11 werden die EvD-Einsätze, aufgeschlüsselt nach ihren Alarmierungsursachen, angegeben.

In Tab. 2/12 werden die Daten der EvD-Einsätze der letzten 6 Jahre miteinander verglichen. Die Tabelle zeigt über diesen Zeitraum eine nahezu gleichbleibende Anzahl von Einsätzen, wobei die Anzahl der Einsätze außerhalb der normalen Arbeitszeit ungefähr doppelt so hoch ist wie die Anzahl der Einsätze während der normalen Arbeitszeit.

Jahr	1982	1983	1984	1985	1986	1987
Anzahl der Einsätze	281	288	265	288	338	310
Gesamteinsatzzeit in Stunden	210	204	167	177	194	177
Mittlere Einsatzdauer in Stunden	0,75	0,70	0,63	0,61	0,57	0,57
Anzahl der Einsätze während der normalen Arbeitszeit	71	90	112	103	112	118
Anzahl der Einsätze außerhalb der normalen Arbeitszeit	210	198	153	185	226	192
Alarmübungen	15	13	9	8	10	8

Tab. 2/12: EvD-Einsätze 1982 bis 1987

#### 2.4.2 Analyse der Einsatzursachen

D. Bukovansky, G. Kohn

Wie dem vorausgegangenen Kapitel „Statistik der EVD-Einsätze“ zu entnehmen ist, wurden im Jahr 1987 310 Alarmierungen der Einsatzleiter vom Dienst notwendig. Rund sechzig Prozent dieser Alarmierungen erforderten zur Wiederherstellung der technischen Sicherheit die Übernahme der Einsatzleitung durch den EvD. Die verbleibenden Alarmierungen stellten sich vor Ort als "Fehlalarme" heraus. Da jede eingehende Alarmierung jedoch zunächst als echter Alarm zu betrachten ist, wurde der Einsatz des EvD ebenfalls erforderlich. Auf die Ursachen dieser "Fehlalarme" wird in diesem Kapitel daher näher eingegangen.

Wie aus der Abb. 2/12 zu erkennen ist, lassen sich die Einsatzursachen in vier Schwerpunkte untergliedern und zwar in:

- A) „Technische Hilfeleistung“
- B) „Feueralarm“
- C) „Sandfangalarm“
- D) „Aktivitätsalarm“

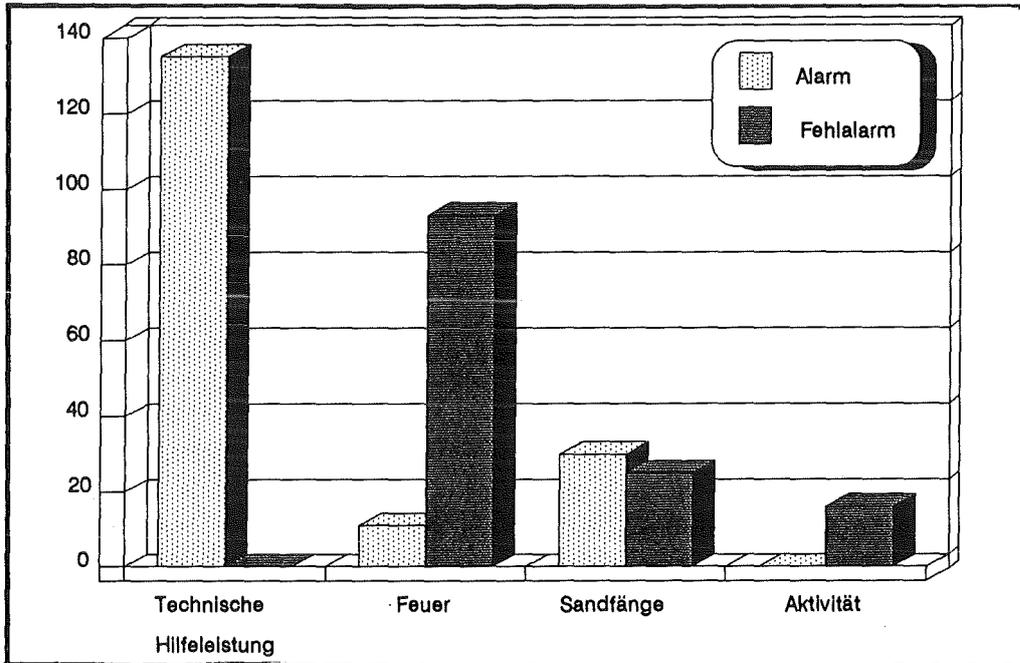


Abb. 2/12: Ursachen der EvD-Einsätze im Jahr 1987, aufgeschlüsselt nach Einsatzschwerpunkten

A) Einsatzschwerpunkt „Technische Hilfeleistung“:

Unter den Sammelbegriff „Technische Hilfeleistung“ fallen alle Maßnahmen, die im weitesten Sinn zur Wiederherstellung der technischen Sicherheit dienen. Hierzu gehören zum Beispiel Einsätze aufgrund von Störungen und Ausfällen der Medienversorgung (Gas, Wasser, Druckluft, Dampf), des Abwassersystems und von Experimentiereinrichtungen, Einsätze zur Beseitigung von Öl und Benzin oder verschütteter Chemikalien, soweit sie eine wenigstens indirekt sicherheitstechnische Bedeutung haben, oder aber sämtliche Einsätze, die aufgrund von Leckagen oder Störungen zu einem Wasseraustritt in dafür nicht vorgesehene Systeme führen und ein Eingreifen des EvD erforderlich machen.

Gut vierzig Prozent aller Einsätze im Berichtsjahr können der Einsatzart „Technische Hilfeleistung“ zugeordnet werden.

Achtzig Prozent dieser Einsätze erfolgten außerhalb der normalen Dienstzeit. Der Grund hierfür dürfte darin liegen, daß während der normalen Arbeitszeit Defekte schon vom Betriebspersonal erkannt und mit Hilfe der Wartungsdienste behoben werden. Außerhalb der normalen Dienstzeit können sich jedoch durch solche Defekte Störungen oder gar Ausfälle ergeben, die einen Einsatz des EvD erforderlich machen.

Der obere Teil der Tab. 2/13 zeigt eine Aufschlüsselung der Ursachen dieses Einsatzschwerpunktes.

B) Einsatzschwerpunkt „Feueralarm“:

Jeder dritte Einsatz des EvD im Berichtsjahr wurde hervorgerufen durch das Ansprechen automatischer Brandmeldeanlagen. Eine genaue Aufschlüsselung der Ursachen kann dem unteren Teil der Tab. 2/13 entnommen werden. 93 von 104 Brandmeldungen stellten sich als Feuerfahlarne heraus.

Bei den 11 tatsächlichen Bränden handelte es sich bis auf eine Ausnahme um Entstehungsbrände oder Kleinfener, die zum Teil schon vom Betreiber selbst oder von der Werkfeuerwehr mittels Feuerlöschern gelöscht werden konnten, und deren Sachschaden nur minimal war. Bei einem Isolationsbrand eines Wärmetauschers entstand erheblicher Sachschaden.

Die große Anzahl der Feuerfahlarne im Jahre 1987 ist überwiegend auf Montage-, Umbau- oder Sanierungsarbeiten zurückzuführen. Die bei diesen Tätigkeiten angefallenen Schleif-, Schweiß-, Trenn- oder Stemmarbeiten verursachten einen so hohen Staub- oder Rauchanfall, daß Ionisationsmelder ansprachen. Gleichzeitig wurde in der Mehrheit dieser Fälle versäumt, die Alarmzentrale von bevorstehenden Arbeiten der genannten Art zu unterrichten. Da die betreffenden Meldehnen der automatischen Brandmeldeanlagen, wie bei solchen Arbeiten normalerweise üblich, nicht abgeschaltet wurden, erfolgte somit eine Alarmierung der Einsatzkräfte.

Um in Zukunft die Anzahl der Feuerfahlarne deutlich zu senken, ist es erforderlich, die verantwortlichen Montageleiter der Fremdfirmen dahingehend zu belehren, daß die KfK-internen Sicherheitsregelungen eingehalten werden.

C) Einsatzschwerpunkt „Sandfangalarm“:

Aufgrund der ausgedehnten Einzugsgebiete für die von Dächern und Straßen des KfK-Betriebsgeländes abfließenden Niederschläge kam es immer wieder zu sichtbaren Verschmutzungen des über die Sandfänge abfließenden Kühl- und Regenwassers durch Öl und Benzin von Fahrzeugen und durch Schlämme oder Abfallstoffe von Bauarbeiten auf dem Betriebsgelände.

Ungefähr zwanzig Prozent der EvD-Einsätze im Berichtsjahr standen im Zusammenhang mit der Überwachung der über insgesamt 6 Sandfänge in den Hirschkanal abfließenden Regen- und Kühlwasser (s. auch Tab. 2/13). Hiervon stellte sich ca. jeder zweite als Fehleralarm heraus, d. h., die Kontrollgänge ergaben lediglich eine geringe Verschmutzung der Sandfangoberfläche, die keine weiteren Maßnahmen notwendig machten.

In 24 Fällen wurde vom EvD vorsorglich die Durchführung von Maßnahmen zur Reinhaltung des in den Hirschgraben abfließenden Regen- und Kühlwassers veranlaßt, sechsmal war eine Verständigung der wasserrechtlichen Aufsichtsbehörde erforderlich, da die Verunreinigungen des betroffenen Regenwasserstranges bereits zum Teil in den Hirschkanal abgeflossen waren.

In keiner der bei den Sandfangeinsätzen gezogenen Wasserproben konnte künstliche oder gar unzulässig hohe Radioaktivität nachgewiesen werden. Die meldepflichtigen Vorfälle beruhten fast immer auf Verunreinigungen der Sandfänge durch Betonschlämme, die bei Sanierungsarbeiten in die Regenwasserkanalisation gelangten und zu einer Überschreitung vorgeschriebener pH - Grenzwerte führten.

D) Einsatzschwerpunkt „Aktivitätsalarm“:

Unter diesen Schwerpunkt fallen alle Einsätze, die durch Alarm- oder Störungsmeldungen von Strahlenmeßgeräten ausgelöst wurden.

Bei keinem dieser Einsätze im Berichtsjahr konnte eine künstliche Radioaktivität oder eine überhöhte Dosisleistung festgestellt werden.

Wie aus der Abb. 2/12 abzulesen ist, stellten sich alle angezeigten Überschreitungen der eingestellten Grenzwerte an Aktivitäts- und Dosisleistungsmesseinrichtungen als Fehlalarme heraus. Zu EvD-Einsätzen kam es auch dann, wenn bereits bei Alarmierung des Einsatzleiters bekannt war, daß es sich lediglich um eine elektronische Störung der Meßstelle, also praktisch um einen „Fehlalarm“ handelte. Oft führte auch schon der bloße Verdacht, daß Radioaktivität im Spiel sein könnte, zu einem Einsatz des EvD.

Einsatzschwerpunkt	Ursache	Anzahl der Einsätze
Technische Hilfeleistung	Technische Störung an:	
	Lüftungs- und Klimaanlage	10
	Heizungsanlagen	5
	Kühlanlagen	5
	Medienversorgungsanlagen	20
	Abwasser- und Auffanganlagen	21
	Experimentiereinrichtungen	26
	Überwachungs- und Warnanlagen	7
	Steuer- und Regelanlagen	4
	Freisetzung von Chemikalien (Öl, Benzin, etc.)	18
Sandfangalarm	Sturm- und Wasserschäden	7
	Verkehrs- und Arbeitsunfälle	4
	Sonstige Fälle	8
	Öl- und Benzinspuren	10
Sandfangfehlalarm	Trübungen oder Schaumbildungen	12
	pH-Wert-Überschreitungen	3
	Sonstige Fälle	5
	Oberflächenverschmutzung (Blütenstaub, Laub, etc.)	25
Aktivitätsfehlalarm	Alarm- und Störungsmeldungen von:	
	Abluftüberwachungseinrichtungen	9
	Dosisleistungsüberwachungseinrichtungen	7
Feueralarm	Kleinf Feuer (Isoliermaterial)	7
	Motorbrände	2
	Verpuffung von Lösungsmittel	1
	Brand eines Wärmetauschers	1
Feuerfehlalarm	Montage-, Sanierungs- und Umbauarbeiten	46
	Abgase von Fahrzeugen und Aggregaten	11
	versuchsbedingte Rauchentwicklung	7
	Ursache nicht feststellbar	24
	Sonstige Fälle	5

Tab. 2/13: Ursachen der EvD-Einsätze im Jahre 1987

Zusammenfassend ist zu sagen, daß die Einsatzkräfte der KfK ohne Ausnahme zur Beseitigung der eingetretenen Störungen und zur Beherrschung der Zwischen- und Schadensfälle ausreichten. Eine Inanspruchnahme externer Hilfsdienste war im Berichtsjahr in keinem Fall erforderlich.

### 2.4.3 Übungen der Einsatzdienste

P. Meyer, W. Winkelmann

Aufgabe der Einsatzdienste ist es, die zur sofortigen Gefahrenabwehr notwendigen Maßnahmen durchzuführen, um den Schaden für Mensch und Umwelt so gering wie möglich zu halten. Zu diesem Zweck unterhält das Kernforschungszentrum Karlsruhe ständige Einsatzdienste, die im Bedarfsfall durch Einsatztrupps verstärkt werden können.

Insbesondere bei der Rettung von Personen, aber auch bei der Beseitigung auftretender Störungen, kann in der Regel durch schnelles, sachgerechtes Eingreifen größerer Schaden vermieden werden. Um diesen Aufgaben gerecht zu werden, sind gemeinsame Übungen der Einsatzdienste unerlässlich. Daneben erfüllen Übungen die Aufgabe, die Alarmierung der Einsatzkräfte, deren Verfügbarkeit, Ausrüstung und gemeinsames Operieren sowie die Kommunikationsmittel zu erproben. Anschließende Analysen geben Aufschluß über Schwachstellen.

Im Berichtsjahr wurden zwei vom EvD geplante Alarmübungen veranstaltet. Diese Übungen waren nicht angekündigt, und der Übungsablauf war nicht vorgegeben. Daneben wirkten der Einsatzleiter und die Einsatzkräfte der KfK GmbH an zahlreichen Alarmübungen mit, die von den verschiedenen Fremdinstitutionen auf dem Gelände der KfK durchgeführt wurden.

Die Abläufe der beiden vom EvD veranstalteten Alarmübungen wurden mit einer Videokamera aufgezeichnet. Solche Videoaufzeichnungen stellen eine sehr gute Diskussionsgrundlage für die im Anschluß an die Alarmübungen stattfindenden Übungsbesprechungen dar.

Alarmübung I/87 fand in der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe statt. Eine Besonderheit bei dieser Übung war die Tatsache, daß sie außerhalb der normalen Arbeitszeit am späten Nachmittag durchgeführt wurde. Als Unfallszenario wurde ein Zwischenfall beim Abladen von Fässern mit anschließendem Auslaufen radioaktiver Flüssigkeit angenommen.

Zielsetzung war, die Einsatzfähigkeit der technischen Ausrüstung der Werkfeuerwehr, des Strahlenschutzpersonals und des Dekotrupps zu demonstrieren und vor allem die Rüst- und Reaktionszeiten der Einsatztrupps und Rufbereitschaften außerhalb der normalen Dienstzeit zu testen.

Von den Einsatzkräften wurden folgende Maßnahmen durchgeführt:

- Menschenrettung unter Atemschutz durch die Werkfeuerwehr,
- Versorgung eines Verletzten durch Sanitätspersonal,
- Ausrüstung der Einsatztrupps und Einweisung vor Ort,
- Errichten einer Schleuse und Ausmessen der Einsatzkräfte durch IIS/Ü,
- Entnahme von Proben für Laboruntersuchungen auf Radioaktivität,
- Dekontamination des betroffenen Bereiches durch den Dekotrupp.

Es konnte gezeigt werden, daß das Ereignis durch die internen Einsatzkräfte aufgrund ihrer Verfügbarkeit, ihres sicheren Handelns und ihrer Einsatzbereitschaft bewältigt wurde. Die Zusammenarbeit der Einsatzkräfte untereinander entsprach den Erfordernissen.

Die Alarmübung II/87 fand im Zentralgebäude der KfK, einem 7 Stockwerke umfassenden Bürohochhaus statt, in dessen Kellergeschoß verschiedene Einrichtungen zur Durchführung von foto- und reprografischen Arbeiten untergebracht sind.

Mit der Fertigstellung des Anschlußplanes für das Zentralgebäude zum Räumungsplan des KfK (s. auch Kap. 2.4.4) sollte dieser Anschlußplan im Rahmen einer Alarmübung überprüft werden. Dazu wurde ein Szenario erarbeitet, das, ausgehend von der Lichtpauserei im Kellergeschoß, eine Räumung erforderlich machte. Es wurde angenommen, daß in der Lichtpauserei eingesetzte Druckgasflaschen mit Ammoniak beim Flaschenwechsel umstürzen und das Flaschenventil an einer Druckgasflasche abreißt. Die den Flaschenwechsel vornehmende Person verletzt sich dabei und kann den Raum nicht mehr verlassen. Das ausströmende Ammoniak breitet sich zunächst im Kellergeschoß aus und dringt im weiteren Verlauf auch in die darüber liegenden Stockwerke ein.

Ausgehend von dieser Übungsannahme kamen die Werkfeuerwehr mit dem Feuerwehrtrupp, der Sanitätsdienst der Medizinischen Abteilung, der Absperrtrupp und die für die Räumung in einem Bürohochhaus unerläßlichen Stockwerk- und Räumungshelfer zum Einsatz.

Zur Bewältigung des Einsatzes wurden folgende Maßnahmen durchgeführt:

- Rettung des Verletzten und medizinische Erstversorgung,
- Räumungsanordnung für das Kellergeschoß und die ersten beiden Stockwerke,
- Bergen der leckgeschlagenen Druckgasflasche und Verbringen ins Freie,
- Installation eines Be- und Entlüftungsgerätes,
- Absperrren der Einsatzstelle,
- Schadstoffmessung auf Ammoniak in den geräumten Stockwerken.

Diese Alarmübung zeigte, daß der Anschlußplan des Zentralgebäudes zum Räumungsplan des KfK bei den Mitarbeitern, Stockwerks- und Räumungshelfern im Zentralgebäude nicht in jeder Einzelheit bekannt war. Das Zusammenwirken der Einsatzkräfte und die getroffenen Maßnahmen zur Bewältigung der Gefahrensituation waren zufriedenstellend. Die Verfügbarkeit der benötigten Einsatzkräfte war, bis auf eine Ausnahme, gut.

Eine Zusammenstellung der 1987 im Kernforschungszentrum unter Mitwirkung der ständigen Einsatzdienste der KfK GmbH durchgeführten Übungen gibt Tab. 2/14.

Veranstalter	Übungsannahme	Datum
WAK	Brand in der Schreinerei	07.05.87
WAK	Bombendrohung	12.05.87
MZFR	Brand im Verwaltungsgebäude	19.05.87
WAK	Ausfall Kühlkreislauf 3	21.05.87
WAK	Räumung ohne Ankündigung	26.05.87
KNK II	Brand im Kabelkeller	27.05.87
HS/TSB	Zwischenfall beim Abladen von Fässern	27.05.87
HS/TSB	Einsatz des Dekotrups (Rufübung)	26.07.87
WAK	Verletzter auf dem HWL-Dach	10.09.87
WAK	Aktivitätsfreisetzung ins Regenwasser	15.09.87
WAK	Strahlenschutzübung in der LAVA	23.09.87
WAK	Brand im Rechnerraum	01.10.87
HS/TSB	Einsatz des Dekotrups (Rufübung)	17.10.87
HS/TSB	Räumungsübung im Zentralgebäude	05.11.87
HS/TSB	Einsatz des Sanitätstrups (Antreteübung)	01.12.87
HS/TSB	Einsatz des Dekotrups (Rufübung)	15.12.87

Tab. 2/14: Alarmübungen der ständigen Einsatzdienste in 1987

#### 2.4.4 Anschlußpläne zum Räumungsplan

W. Winkelmann

Zur Risikominderung für Beschäftigte in Betriebsanlagen und für sonstige Benutzer von Gebäuden ist es geboten, geeignete Maßnahmen zur Vorsorge bei Katastrophen, Bränden und sonstigen Schadensereignissen zu treffen. Für die Sicherheit von Menschen ist es deshalb von besonderer Bedeutung, Gefahrenbereiche rasch, selbständig und auf sicheren Wegen verlassen zu können. Neben Sicherheitseinrichtungen und baulichen Vorkehrungen sind auch organisatorische Maßnahmen erforderlich, um dieses Ziel zu erreichen. Einen wesentlichen Teil dieser organisatorischen Maßnahmen nimmt dabei die Erarbeitung einer Räumungsordnung ein. In ihr sollten die Verantwortlichen für Räumungsanordnungen, die Räumungshelfer, die Räumungssignale, der Räumungsablauf (Räumungsbereitschaft, Soforträumung), Besonderheiten bei Flucht- und Rettungswegen sowie organisatorische Hinweise und Verhaltensregeln z. B. für die Fahrstuhlbenutzung und die Hilfe für Behinderte berücksichtigt werden. In angemessenen Zeitabständen sollte an Hand der aufgestellten Räumungsordnung eine Räumungsübung durchgeführt werden. Mit dieser, in regelmäßigen Abständen durchzuführenden Übung kann Gefahren, wie sie z. B. durch eine unvorbereitete Räumung, durch panische Flucht oder durch falsches Verhalten entstehen können, wirksam begegnet werden.

Die gesetzlichen Grundlagen zur Erstellung von Räumungsplänen leiten sich u.a. von der Gewerbeordnung und der Arbeitsstättenverordnung ab. In § 55 der Arbeitsstättenverordnung wird präzisiert: „Der Arbeitgeber hat für die Arbeitsstätte einen Flucht- und Rettungsplan aufzustellen, wenn Lage, Ausdehnung und Art der Nutzung der Arbeitsstätte dies erfordern.“

In der KfK GmbH ist der Räumungsplan allgemeingültiger Bestandteil der Sicherheitsregelung. Gebäude- oder anlagenspezifische Besonderheiten waren deshalb institutsweise in Anschlußplänen zum Räumungsplan festzulegen. Vom Sicherheitsbeauftragten der KfK wurden Ende 1985 alle Leiter der Organisationseinheiten aufgefordert, Anschlußpläne zum Räumungsplan erstellen zu lassen bzw. die vorhandenen zu aktualisieren.

Die Anschlußpläne der Institute und Abteilungen zum Räumungsplan der KfK sollten organisatorische Regelungen für die Durchführung von sicherheitstechnischen Notmaßnahmen enthalten, den Personenkreis zur Durchführung von Notmaßnahmen benennen, einen Sammelplatz für die Mitarbeiter und Besucher angeben und den ungefähren Zeitaufwand für die Durchführung der Notmaßnahmen beinhalten. Die fertiggestellten Anschlußpläne werden bei IIS/TSB auf Richtigkeit geprüft und zentral erfaßt. Für Bürogebäude mit verschiedenen Organisationseinheiten, in denen die sogenannten Hausherrenpflichten nicht eindeutig abgrenzbar waren, wurde der Anschlußplan von HS/TSB erstellt.

Von den zu erwartenden ca. 70 Anschlußplänen zum Räumungsplan waren bis Ende des Berichtsjahres 57 Pläne fertiggestellt (81 %). Bei einem Teil der noch ausstehenden Pläne handelt es sich um im Umbau befindliche Gebäude.

#### 2.4.5 Absperrschieber für die Sandfänge der Kühl- und Regenwasserkanalisation

##### II.-A. Ammermann

Entsprechend der wasserrechtlichen Erlaubnis und Genehmigung des Innenministeriums von Baden-Württemberg darf die KfK GmbH Kühl- und Regenwasser in den Hirschgraben einleiten. Damit in Zukunft bei besonderen Ereignissen an den Wassereinzugssystemen innerhalb der KfK ausgeschlossen werden kann, daß verunreinigte Abwässer in den Hirschgraben gelangen, wurde auf Vorschlag des Technischen Sicherheitsbüros der IIS 1987 eine wichtige Baumaßnahme zur Verbesserung des Gewässerschutzes abgeschlossen.

An den 6 sogenannten Sandfängen des KfK, die den Abschluß der Kanalisation für das in den Hirschgraben abfließende Kühl- und Regenwasser bilden, wurden je zwei Absperrschieber eingebaut. Diese bieten den Vorteil, daß bei einem wassergefährdenden Ereignis im Betriebsgelände des KfK der Wasserzulauf in den Hirschgraben sofort unterbunden werden kann. Vor Ort kann manuell der Zulaufschieber zum Sandfang (s. Abb. 2/13) abgesperrt werden, während der Ablaufschieber fernbedient von der Schaltwarte des Klärwerks sofort geschlossen werden kann. Damit gehört die zeitraubende und umständliche Prozedur des Verschließens der Auslaufrohre mit einer Absperrblase der Vergangenheit an.



Abb. 2/13: Einbau eines Absperrschiebers am Sandfang VI

#### 2.4.6 Meldepflichtige Ereignisse

H.-A. Ammermann

Nach § 36 der StrlSchV ist der Eintritt eines Unfalles, eines Störfalles oder eines sonstigen sicherheitstechnisch bedeutsamen Ereignisses unverzüglich der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde anzuzeigen. Die Melderegelung dient in erster Linie zur Präzisierung und Konkretisierung dieser Vorschrift. Sie umfaßt außerdem besondere Vorkommnisse, die nach anderen Vorschriften der StrlSchV anzuzeigen sind, sowie solche, über die sich die Behörde zur Erfüllung ihrer Aufsichtspflicht gemäß § 19 AtG unterrichten lassen will.

Die Zuständigkeiten und Kommunikationswege bei meldepflichtigen Ereignissen im Bereich der KfK GmbH sind wie folgt festgelegt:

- Verantwortlich für den sachlichen Inhalt der Meldung ist grundsätzlich der für die jeweilige Organisationseinheit zuständige SSB.
- Die technische Durchführung der Meldung aufgrund der vom SSB formulierten meldepflichtigen Sachverhalte ist dem EvD übertragen worden. Er leitet Erstmeldungen sowie Ergänzungsmeldungen und ausführliche Berichte entsprechend dem Meldeverfahren an die Aufsichtsbehörden weiter und kontrolliert die Einhaltung der im Meldeverfahren festgesetzten Fristen.

Im Jahr 1987 waren den Aufsichtsbehörden 6 sicherheitstechnisch bedeutsame Ereignisse (Meldestufe II) zu melden. Darüberhinaus wurden die Behörden über 14 besondere Vorkommnisse (Info-Stufe) informiert, die sicherheitstechnisch nicht als bedeutsam einzustufen waren (s. Tab. 2/15). Von den insgesamt 20 meldepflichtigen Ereignissen entfielen 6 Vorkommnisse auf Ausfälle von Lüftungsanlagen und 4 Vorkommnisse auf Ausfälle von Abluftüberwachungseinrichtungen. Durch wiederkehrende Prüfungen und redundante Auslegung der betroffenen Systeme wird eine Reduzierung dieser Ausfälle angestrebt.

Lfd. Nr.	Datum	Meldestufe	Meldeanlaß
1	13.01.87	II	Ausfall einer Lüftung
2	15.01.87	Info	Tritiumkontamination des Schmutzwassers
3	31.01.87	Info	Ausfall einer Lüftungsanlage
4	06.02.87	II	Überschreitung eines Anlagen-Abluftrichtwertes
5	23.02.87	II	Ausfall einer Lüftungsanlagen
6	05.03.87	II	Verpuffung ohne Feuer in der Ascheaustragebox eines Verbrennungsofens
7	18.03.87	Info	Überschreitung einer genehmigten Umgangsmenge
8	31.03.87	II	Ausfall einer Lüftungsanlage
9	15.04.87	Info	Feuer in der Isolierung der Brauchwasserversorgung
10	08.05.87	Info	Ausfall eines Abluftgebläses; Freisetzung nitroser Gase
11	03.06.87	Info	Kontamination und Verdacht auf Inkorporation radioaktiver Stoffe
12	21.07.87	Info	Ausfall einer Abluftmeßeinrichtung
13	12.08.87	Info	Ausfall einer Lüftungsanlage
14	14.08.87	Info	Verdacht auf Inkorporation
15	20.08.87	II	Ausfall von Strahlenmeßgeräten durch ein defektes Ventil der Argon-Methan-Gasversorgung
16	30.08.87	Info	Ausfall einer Abluftüberwachungseinheit
17	07.09.87	Info	Tritiumkontamination im Kontrollbereich
18	12.10.87	Info	Überschreitung eines Anlagen-Abluftrichtwertes
19	17.10.87	Info	Ausfall einer Abluftmeßstelle
20	27.11.87	Info	Feuer auf dem Dach der Dekontaminationshalle

Tab. 2/15: Meldepflichtige Ereignisse 1987

## 2.5 Abfallwirtschaft

### 2.5.1 Entsorgung von inaktiven Abfällen

E. Linß (R. Buchen GmbH), E. Windbühl

Die Konzeption der Abfallwirtschaft und der damit verbundene Abnahmevertrag mit einer Entsorgungsfirma haben sich auch im vergangenen Berichtsjahr bewährt. So konnte 1987 mit 358 Entsorgungsaktionen der größte Teil der angefallenen inaktiven Sonderabfälle einer ordnungsgemäßen Beseitigung zugeführt werden. Die Einzelmengen dieser Abfallarten sind in Tab. 2/16 aufgelistet.

Im allgemeinen verliefen Transport und Beseitigung der Sonderabfälle 1987 reibungslos. Lediglich bei der Entsorgung bestimmter Abfallarten wie „Laborchemikalienreste“, „schwermetallhaltige Säuregemische“ und „chlorierte Kohlenwasserstoffe“ gab es, wie in den Vorjahren, Engpässe bei den Entsorgungsanlagen. Es war weiterhin nicht möglich, eine geeignete Beseitigungsanlage ausfindig zu machen, die kurzfristig alle die hier anfallenden Mengen der genannten Abfallarten annehmen und ordnungsgemäß beseitigen kann. Dies liegt einerseits an der begrenzten Aufnahmekapazität der Anlagen, andererseits am Fehlen einer solchen Anlage in Baden-Württemberg. Beseitiger in den angrenzenden Bundesländern sind gehalten, vorrangig Anlieferer aus dem eigenen Bundesland zu bedienen.

Wie bereits im Vorjahresbericht angekündigt, konnten nach anfänglichen Genehmigungsschwierigkeiten bei der Klärschlamm Entsorgung positive Ergebnisse erzielt werden. Diese Schlämme fallen bei der KfK GmbH im mechanisch-biologischen Klärwerk für häusliche Abwässer an. Nachdem die Entsorgungsfirma im Spätjahr 1986 die Genehmigung erhielt, diese Schlämme auf die Kreismülldeponie Bruchsal zu verbringen, konnten im ersten Halbjahr des Berichtsjahres 198 t Faulschlamm abgefahren werden. Hierbei handelte es sich um eine Altlast aus 1984 und den Folgejahren.

Den größten Anteil der nachweispflichtigen Abfallstoffe nahm mit 1 630 m<sup>3</sup> der Bauschutt ein. Bauschutt ist nach dem Abfallgesetz (AbfG) von der Nachweispflicht befreit. Für Bauschutt aus bestimmten Bereichen der KfK sind jedoch Auflagen aus speziellen atomrechtlichen Genehmigungsbescheiden zu beachten, die eine Dokumentation über Art, Menge, Zusammensetzung, Empfänger und Vollzug der Beseitigung verlangen.

### 2.5.2 Zwischenlager für inaktive Abfallstoffe

E. Linß (R. Buchen GmbH), E. Windbühl

Bedingt durch den Entsorgungsengpaß für die in Kap. 2.5.1 genannten Abfallarten, die nicht von den einzelnen Organisationseinheiten aus direkt zum Abfallbeseitiger transportiert werden können oder deren Einzelmengen zu gering für einen Transport sind, war es erforderlich, eine geeignete Lagerungsmöglichkeit auf dem Betriebsgelände zu finden.

Abfallart	Abfallschlüssel	Menge
Inhalt von Fettabscheidern	12501	54,08 t
Kesselschlacke	31307	48,82 t
ölverunreinigtes Erdreich	31423	6,00 t
Kieselsäure und Quarzsand mit produktions-spezifischen Beimengungen	31443	0,55 t
pentachlorphenolhaltige Abfallstoffe	54107	0,40 t
Emulsionsgemische	54402	4,20 t
Öl- und Bezinabscheiderinhalte	54702	136,86 t
Lack- und Farbschlamm	55503	5,18 t
Laborchemikalienreste	59302	3,32 t
Gase in Stahldruckflaschen	59802	1,25 t
Hausmüll	91101	38,60 t
Faulschlamm	94702	197,50 t
	Summe:	496,76 t
Bauschutt	31409	1629,20 m <sup>3</sup>
Glas- und Keramikabfälle mit produktions-spezifischen Beimengungen	31433	32,50 m <sup>3</sup>
Bauschutt, chemisch verunreinigt	31441	3,00 m <sup>3</sup>
Quarzabfälle	31442	6,00 m <sup>3</sup>
Kunststoffemballagen mit Reststoffen	35106	19,00 m <sup>3</sup>
Trockenbatterien, Trockenzellen	35325	1,20 m <sup>3</sup>
Aluminiumoxid	51305	0,50 m <sup>3</sup>
Säuren, Säuregemische	52102	77,30 m <sup>3</sup>
Laugen, Laugengemische	52402	9,50 m <sup>3</sup>
Fixierbäder	52707	0,30 m <sup>3</sup>
Entwickler	52723	0,60 m <sup>3</sup>
Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel	53103	0,02 m <sup>3</sup>
Altöl, verunreinigt	54102	16,30 m <sup>3</sup>
feste, mineralische und ölhaltige Werkstattabfälle	54229	48,00 m <sup>3</sup>
Lösemittelgemische, halogenhaltig	55220	9,60 m <sup>3</sup>
Lösemittelgemische, halogenfrei	55370	0,80 m <sup>3</sup>
Rückstände aus Siel- und Kanalreinigung	94702	8,00 m <sup>3</sup>
	Summe:	1861,82 m <sup>3</sup>

Tab. 2/16: Nachweispflichtige Abfallstoffe 1987

Die Eternithalle, Geb. 604, bot sich nicht nur durch ihre zentrale Lage, sondern auch durch die hier bereits vorhandene technische Ausrüstung als geeignete Baulichkeit an. Nach Genehmigung des Bauvorhabens durch den Vorstand, konnte Ende 1986 der Antrag auf Baugenehmigung hinsichtlich der Nutzungsänderung eingereicht werden. Bereits im zweiten Quartal 1987 wurde mit den Baumaßnahmen begonnen. Diese sind nunmehr soweit fortgeschritten, daß voraussichtlich im Januar 1988 der Betrieb des Lagers aufgenommen werden kann.

Das Zwischenlager ist für flüssige und feste Abfallstoffe konzipiert, deren Lagerung, getrennt nach den Gefährdungsarten "brennbar" und "sauer bzw. alkalisch", in verschiedenen, abgeschlossenen Räumen erfolgt. Es werden nur solche Stoffe eingelagert, die entsprechend der "Gefahrgutverordnung Straße" verpackt sind. Die Lagerregale stehen in Auffangwannen, deren Volumen den Inhalt des größten Gebindes aufnehmen kann. Die noch zur Verfügung stehenden Freiflächen werden einerseits zum Be- und Entladen der Fahrzeuge, andererseits als Lagerfläche für Leergebinde und Container genutzt. Aus diesem Grund wurde der gesamte Bereich der Halle durch Aufkantung und geeigneten Bodenbelag als Wanne ausgebildet. Um die Wanne auch als Rückhaltebecken für Löschwasser bzw. Löschschaum der Feuerwehr bei eventuellen Bränden nutzen zu können, wurde ein Pumpensumpf eingebaut und mit einer stationären Standleitung versehen, die über einen Tankwagenanschluß außerhalb des Gebäudes abgesaugt werden kann.

Die gesamte technische Ausrüstung wurde gemäß der Verordnung über Anlagen zur Lagerung, Abfüllung und Beförderung brennbarer Flüssigkeiten zu Lande (VbF), der Verordnung über elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen (ElexV), den Richtlinien für Laboratorien (ZH1/119, Punkt 3.5 - 3.6) und dem Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (WHG, §19g) durchgeführt.

Mit der Inbetriebnahme dieser Einrichtung werden Gefahrenquellen durch unsachgemäße Zwischenlagerung chemischer Abfallstoffe unbekanntem Gefährdungspotentials auf dem Freigelände und innerhalb der Organisationseinheiten reduziert und eine geordnete und vorschriftsmäßige Lagerung von umwelt- und wassergefährdenden Sonderabfallstoffen bis zur Entsorgung gewährleistet.

## 2.6 EDV-Einsatz für administrative Aufgaben des Technischen Sicherheitsbüros

### 2.6.1 Einführung und Nutzung des TSB-Netzwerkes

D. Bosch, W. Tachlinski

Der EDV-Einsatz im Technischen Sicherheitsbüro stand 1987 im Zeichen der Neuanschaffung und Modernisierung. So wurde das im Vorjahr zu Testzwecken vorläufig aufgebaute lokale Netzwerk (inhouse network) in eine professionelle Lösung umgesetzt.

Dazu war die Anschaffung eines File-Servers notwendig, der zur zentralen Daten- und Programmablage dient und eine spürbare Steigerung des Datendurchsatzes bewirkt. Zum Einsatz kam dabei das im Vorjahr erfolgreich getestete System der 3Com Corporation mit dem 3Com-Server. Darüberhinaus wurden durch Fremdauftrag die Abteilungen IIS/TSB und HS/Ü auf Basis des Thin-Ethernet (Cheapernet) Standards verkabelt, wodurch nun in jedem Büro eine Anschlußmöglichkeit an das Netzwerk existiert.

Mittlerweile stehen in jeder Arbeitsgruppe Arbeitsstationen zur Verfügung, die aus verschiedenen IBM-Personal Computern (Modelle PC, XT, XT-286 und AT) oder dazu kompatiblen Rechnern, sowie mehreren, speziell für den Einsatz in einem Netzwerk konzipierten, preisgünstigen 3Com-Workstations bestehen. Zur Druckausgabe dient ein zentraler Laserdrucker, der von allen Netzwerkteilnehmern genutzt werden kann, sowie an einigen Arbeitsplätzen zusätzlich ein lokaler Drucker. Von den zur Zeit 17 im System eingespielten Benutzern arbeiten im Durchschnitt 6 gleichzeitig im Netzwerk.

Um für Anwender eine einfache Bedienung des Systems zu ermöglichen, wurde eine Menüoberfläche entwickelt. Beim Einstieg in das System erscheint nach Eingabe von Benutzeridentifikation und Paßwort ein dem betreffenden Benutzer zugeordnetes Eingangsmenü. Aus diesem kann die gewünschte Anwendung direkt oder über Aufruf weiterer Untermenüs ausgewählt werden.

Die zum Betrieb des Netzwerks notwendige 3Com-System-Software wurde bereits zweimal durch neuere Versionen erweitert bzw. ersetzt, um die Leistung des Netzes weiter zu steigern. Zu den Systemprogrammen zählt auch eine elektronische Post, die es dem Anwender gestattet, Nachrichten und Dateien an andere Netzwerk-Teilnehmer zu verschicken. Insbesondere die Kommunikation mit den im Schichtdienst tätigen Sicherheitsingenieuren wurde dadurch erleichtert.

Zur Datensicherung wird grundsätzlich jede Nacht ein automatischer Backup der zentralen Datenbestände auf Bandkassetten durchgeführt. Zur Restaurierung verlorengegangener Daten stehen immer Kopien der letzten 4 Arbeitstage zur Verfügung. Des Weiteren werden die letzten 3 Wochenkopien und darüber hinaus monatliche Kopien auf Bandkassetten archiviert. Für den Fall einer notwendigen Totalrestaurierung sämtlicher Daten und Programme nach Ausfall des Systems wurde eine Diskette erstellt, mit deren Hilfe der äußerst zeitaufwendige Restore-Vorgang - nach manueller Neuinstallation der Server-Software - automatisch, etwa über Nacht, durchführbar ist.

Das ebenfalls im Vorjahr getestete Datenbanksystem "KnowledgeMan" wurde nunmehr in der netzwerkfähigen Version "KnowledgeMan/2" installiert. Diese Version bietet Schutz vor Zugriffskollisionen, wie sie in einem Netzwerk bei gleichzeitigem Datenzugriff durch mehrere Benutzer häufig vorkommen können. Zusätzlich zur Datenbank und der dazugehörigen Programmiersprache sind in das System außerdem noch Zusatzmodule für einfache Textverarbeitung, Graphik und Tabellenkalkulation integriert.

Als Problem bei dem Einsatz von "KnowledgeMan" stellte sich im nachhincin die Ausgabe auf dem Netzwerkdrucker heraus. Ein zur Anpassung der Zeichensätze von Drucker und PC bestimmtes Programm arbeitete nicht im Netzwerk. Daher konnten Sonderzeichen wie deutsche Umlaute nicht gedruckt werden. Trotz intensiver Zusammenarbeit mit dem deutschen Importeur steht eine Lösung dieses Problems derzeit noch aus. Um dennoch eine vorläufige Möglichkeit des Druckens zu bieten, wird derzeit ein zweiter, jedoch direkt an einen PC angeschlossener Laserdrucker verwendet, da bei dieser Betriebsart das Anpassungsprogramm funktioniert.

Als Textverarbeitungssystem kam das ebenfalls netzwerkfähige Programmpaket MS-Word zum Einsatz. Das System beinhaltet ein Lernprogramm, welches dem ungeübten Anwender eine einfache Einarbeitung ermöglicht. Als Ausgabegerät kann ebenfalls der Netzwerkdrucker genutzt werden, wobei wegen Verwendung anderer Umsetzungsmechanismen die Darstellung der Sonderzeichen hier keine Schwierigkeiten bereitete. In den Sekretariaten der Gruppen Strahlenschutz, Arbeitsschutz und Kernmaterial-Buchhaltung sind an die dortigen Arbeitsstationen jeweils noch elektronische Typenrad-schreibmaschinen angeschlossen. Diese können von der Textverarbeitung als alternatives Ausgabegerät verwendet werden und bieten zusätzlich den Vorteil, daß bei Ausfall eines Rechners der weitere Schreibbetrieb gewährleistet bleibt. Außerdem kann trotz Einsatzes des Textverarbeitungssystems in

den Sekretariaten, etwa beim Beschriften von Formularen, nicht ganz auf eine Schreibmaschine verzichtet werden.

Ein wesentlicher Arbeitsschwerpunkt nach der Inbetriebnahme des Netzwerkes war die Übertragung von Teildatenbeständen der WANG-Anlage auf das Netzwerk. Dies erfolgte mittels 8-Zoll-Disketten, nachdem sich ein direkter Datentransfer über eine serielle Schnittstelle wegen häufiger Übertragungsfehler als nicht sinnvoll erwies. Die Daten der Dosiskartei lagen danach als Jahresblöcke der Jahre 1981 bis 1986 in einzelnen Datenbanken vor und entsprachen somit der Speicherung auf der Alt-Anlage.

Ein großer Teil des Datenbestands wurde in der Alt-Anlage jährlich erneut übernommen, was neben der speicherintensiven Mehrfachhaltung auch zu erheblichen Dateninkonsistenzen führte. Da jedoch auf dem neuen System eine redundanzfreie Datenhaltung gefordert wird, mußte aus den Jahresblöcken eine Zusammenfassung der Daten zu einer einheitlichen Datenbank erfolgen. Ein dazu erstelltes KnowledgeMan-Programm nahm die äußerst rechenzeitintensive Einspielung vor und druckte fragliche Fälle (durch Inkonsistenzen) zur nachträglichen Verifizierung aus. Diese Fälle konnten bis auf etwa ein Prozent des Bestands von 1981 eindeutig geklärt werden.

Um einen zukünftigen Datenaustausch mit den Abteilungen IIS/Ü, IIS/D, Med/Tox und Body-Counter zu vereinfachen, sollte den Datensätzen der Dosiskartei eine personenbezogene Identifikationsnummer zugeordnet werden. HS/TSB hat zu diesem Zweck die bestehende, laufende Numerierung der Datenbestände der Abteilung Med/Tox übernommen. Die bei IIS/TSB darüber hinausgehenden Datensätze wurden mit fortlaufenden Zahlen ergänzt. Die genannten Abteilungen planen, sich zukünftig an diese Numerierung zu halten.

Neben dem Datentransfer wurden bereits einzelne Anwendungen in das neue System implementiert. So beispielsweise die Terminverfolgung zur Inkorporationsüberwachung. Für die einzelnen Überwachungsgruppen werden monatlich von HS/TSB Einbestellungen verschickt, in denen die Mitglieder, nach Dringlichkeit der Untersuchung geordnet, aufgelistet sind. Die Gruppenleiter der überwachten Personen wählen daraus eine vorgegebene Anzahl von Mitarbeitern aus und melden diese bei Med/Tox und Body-Counter an. Nach der Rückmeldung bei erfolgter Untersuchung wird von IIS/TSB in den Datensätzen der betreffenden Personen das Datum der letzten Untersuchung aktualisiert.

Ferner sei ein Programm zur inaktiven Abfallwirtschaft genannt. Damit werden Bewegungen inaktiver Abfälle erfaßt und nach verschiedenen Kriterien Listen gedruckt. Ebenfalls 1987 programmiert wurde eine Anwendung zur Verwaltung der Strahlenschutzbeauftragten (SSB) und deren Bestellung. Nach manueller Einspielung der betreffenden Daten in eine Datenbank besteht nunmehr die Möglichkeit, über verschiedene Suchkriterien schnell den Zuständigkeitsbereich eines SSB herauszufinden.

Vordringliche Arbeiten für das Jahr 1988 sind die Neuprogrammierung von weiteren Anwendungen, insbesondere von Funktionen der Dosiskartei. Als notwendige Hardware-Erweiterung ist die Vergrößerung der Plattenkapazität des File-Servers zu nennen. Geplant ist außerdem die Beschaffung eines leistungsfähigeren Laserdruckers sowie eines Matrixdruckers für die zentrale Druckausgabe. Bei den Geräten sollte dabei auf Kompatibilität zum IBM-Zeichensatz geachtet werden. Ebenfalls Anfang 1988 soll die Anbindung des TSB-Netzwerkes an das zentrumsweite KfK-Netz (LAN) erfolgen.

## 2.6.2 Regelmäßige EDV-Serviceleistungen

P. Meyer, A. Ruppe

Das Technische Sicherheitsbüro der HS hat die Aufgabe, für den Gesamtbereich der KfK GmbH sicherheitsrelevante Daten zu erfassen und zu dokumentieren. Um dies zu realisieren und um die Daten, die sowohl im Bereich des Strahlenschutzes als auch im Bereich des Arbeitsschutzes und des Einsatzwesens anfallen, auszuwerten und weiterzuverarbeiten, wird seit Jahren elektronische Datenverarbeitung eingesetzt. Über die Struktur der erfaßten Datenbestände wurde der betriebliche Datenschutzbeauftragte informiert.

Laut Strahlenschutzverordnung müssen alle den Strahlenschutz betreffenden Unterlagen für die Dauer von bis zu 30 Jahren aufbewahrt werden. Zur Erfüllung dieser Pflicht werden bei IIS/TSB personenbezogene Meßwerte, Belehrungstermine und Untersuchungsergebnisse für alle beruflich strahlenexponierten Mitarbeiter der KfK GmbH erfaßt und gespeichert. Über atomrechtliche Genehmigungen und Genehmigungen nach Strahlenschutzverordnung werden Listen geführt.

Mitarbeiter, die Tätigkeiten ausüben, bei denen aufgrund von Arbeitsschutzvorschriften Vorsorgeuntersuchungen durchzuführen sind (z. B. Arbeiten mit gefährlichen Arbeitsstoffen, Arbeiten in Lärm-bereichen), müssen vor Aufnahme ihrer Tätigkeit arbeitsmedizinisch untersucht werden. Zur Überwachung ihres Gesundheitszustandes sind regelmäßig Nachuntersuchungen erforderlich. IIS/TSB hat die Aufgabe übernommen, Terminüberwachungen für Nachuntersuchungen vorzunehmen (Details s. Tab. 2/17).

Detaillierte Informationen über Arbeitsunfälle stellen ein wichtiges Instrument zur Erkennung von Unfallschwerpunkten dar. Die Kenndaten der Arbeitsunfälle werden erfaßt und ausgewertet, um Statistiken anfertigen zu können (s. Kap. 2.2.4).

Zur Überwachung der Durchführung von wiederkehrenden Prüfungen ist ein EDV-gestütztes Verfahren zur zentralen Erfassung und Terminüberwachung der wiederkehrenden Prüfungen eingeführt worden. Die Daten aller zu prüfenden Objekte sind gespeichert. Monatlich werden die fälligen Prüfungen mittels EDV aufgerufen (s. Kap. 2.6.3).

Die wichtigsten Kenndaten der EvD-Einsätze werden zur Unterstützung der Einsatzleiter vom Dienst gespeichert und ausgewertet (s. Kap. 2.4.1.). Über die Mitglieder von Einsatztrupps werden Listen geführt.

Zur Durchführung des bei der KfK GmbH eingeführten Verfahrens zur Aktualisierung der in der LA stationierten Normensammlung sind die Daten der Normen gespeichert. IIS/TSB führt die monatliche Aktualisierung dieser Normensammlung durch.

Zur Bekanntmachung wichtiger Informationen oder administrativer Maßnahmen und zur Abwicklung der internen und externen Korrespondenz müssen unterschiedliche Personenkreise und Institutionen angeschrieben werden. Zu diesem Zweck werden entsprechende Adreßdateien geführt.

Eine schematische Darstellung des umfangreichen Datenaustausches sowohl zwischen IIS/TSB und anderen Organisationseinheiten oder Funktionsträgern der KfK GmbH als auch zwischen IIS/TSB und externen Adressaten zeigt Abb. 2/14.

Untersuchungsgrundlage	Anzahl der im jeweiligen Untersuchungsintervall erforderlichen Einzeluntersuchungen	Untersuchungsintervalle in Monaten	Anzahl der 1987 durchgeführten Einzeluntersuchungen
Berufsgenossenschaftliche Grundsätze für Tätigkeiten oder Einwirkungen bei			
- Bildschirmarbeiten	1 090	60	403
- Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten	685	36	314
- Lärm	492	36	308
- Trägern von Atemschutzgeräten	449	36	272
- anderen Belastungen	222	24	170
- gefährlichen Arbeitsstoffen	350	12	265
Summe	3 288		1 732
Unfallverhütungsvorschrift VBG 100 „Arbeitsmedizinische Vorsorge“ und Technische Regeln für gefährliche Arbeitsstoffe beim Umgang mit			
- nachweislich krebserzeugenden Stoffen	83	12	64
- vermutlich krebserzeugenden Stoffen	88	12	55
Summe	171		119
Sonstige Gefährdung	485	12	361
Summe	485		361
Strahlenschutzverordnung (§ 67)			
- Kategorie A	596	12	613
- Kategorie B	363	12	337
Summe	959		950
Gesamtzahl	4 903		3 162

Tab. 2/17: Anzahl der erforderlichen gefährdungsspezifischen Einzeluntersuchungen und der 1987 durchgeführten Untersuchungen, geordnet nach Untersuchungsgrundlagen

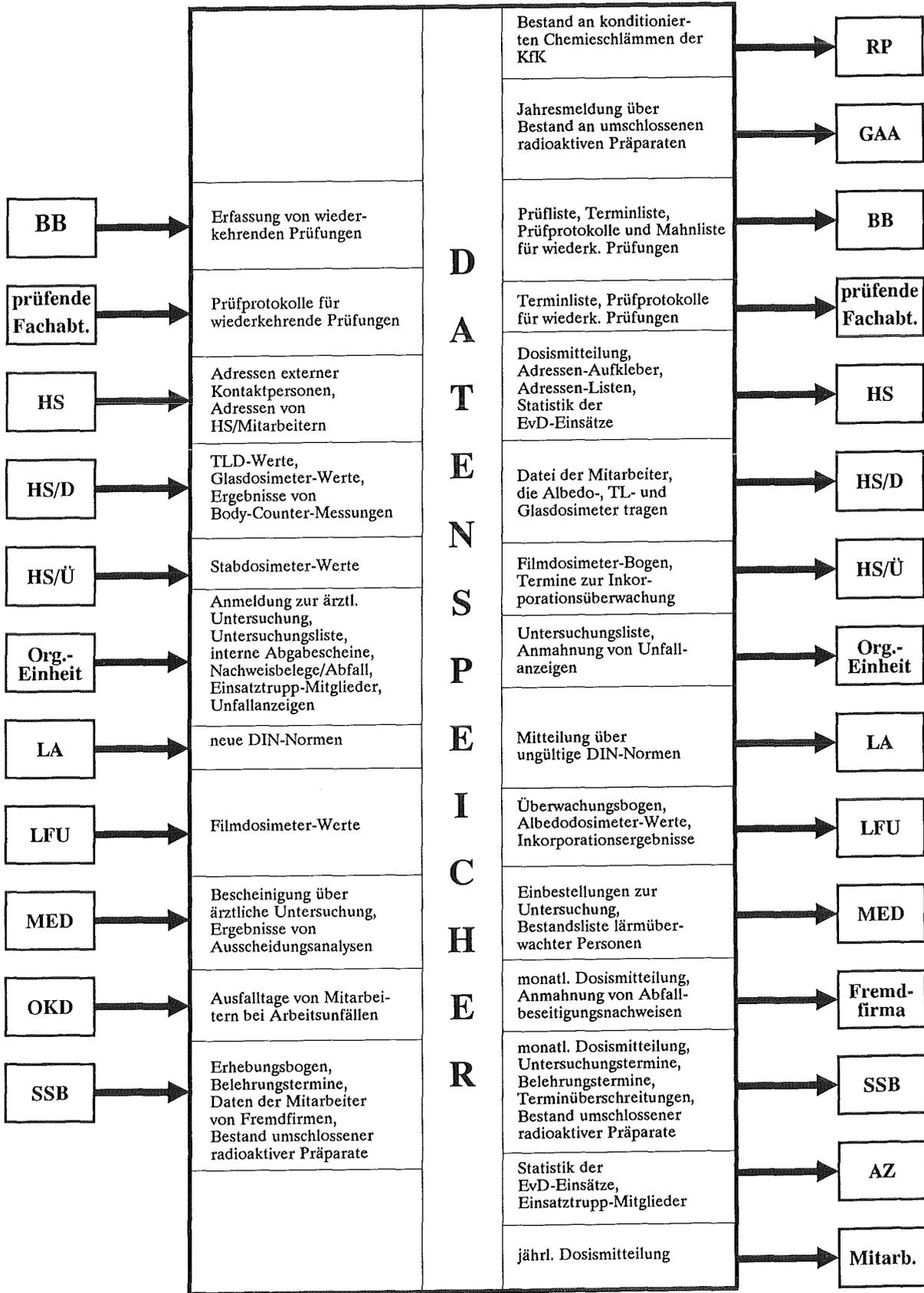


Abb. 2/14: Datenaustausch zwischen IIS/TSB und KfK-internen und externen Stellen

Zur Rationalisierung des umfangreichen Schriftverkehrs werden regelmäßig Formblätter, Listen und Verzeichnisse, die unterschiedlichen Ordnungskriterien unterliegen, maschinell erstellt und in unterschiedlichen Intervallen an verschiedene Empfänger verschickt. Die dazu erforderlichen EDV-Ausdrucke und deren Nutzungsfrequenz sind in Tab. 2/18 angegeben.

Eine Aufschlüsselung über den Umfang der regelmäßig durchzuführenden Arbeiten, die im Zusammenhang mit der Erfassung der Daten anfallen, bietet Tab. 2/19.

Art des EDV-Ausdruckes	Nutzungsfrequenz
Meldung der Mitarbeiter, deren Strahlenschutzbelehrung fällig ist	monatlich
Meldung der Mitarbeiter, deren Strahlenschutzuntersuchung fällig ist	monatlich
Meldung der Mitarbeiter, deren arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung fällig ist	monatlich
Meldung der Mitarbeiter, die die Voraussetzungen für den Zutritt zu Kontrollbereichen nicht erfüllen	monatlich
Mitteilung über die externen Ganzkörperdosiswerte der strahlenexponierten Mitarbeiter	monatlich
Meldung der zur Strahlenschutzuntersuchung fälligen Mitarbeiter	monatlich
Mitteilung der Dosiswerte der strahlenexponierten Fremdfirmenangehörigen	monatlich
Mitteilung über die Ergebnisse der Neutronendosimetrie	monatlich
Dosismitteilung an alle beruflich strahlenexponierten Mitarbeiter	jährlich
Ausdruck der Überwachungsbogen zur Personendosisfeststellung mit amtlichen Filmdosimetern	monatlich
Ausdruck der Prüfnachweise und Prüfprotokolle für wiederkehrende Prüfungen	monatlich
Ausdruck der Termin- und Mahnlisten zu wiederkehrenden Prüfungen	monatlich
Mitteilungen zur Aktualisierung der DIN-Normensammlung	monatlich
Statistik der EvD-Einsätze	vierteljährlich
Statistik der Arbeitsunfälle	vierteljährlich
Liste der Vorsorgeuntersuchungen an die Institute zur Aktualisierung des Datenbestandes	halbjährlich
Meldung der umschlossenen radioaktiven Stoffe	jährlich
institutsbezogene alphabetische Namenslisten strahlenexponierter Mitarbeiter	nach Bedarf
institutsbezogene Unterschriftenlisten zur Protokollierung von Strahlenschutzbelehrungen	nach Bedarf
Bescheinigungen über die Strahlenexposition einzelner Mitarbeiter	nach Bedarf
Statistische Auswertungen der Personendosis-Datei	nach Bedarf
Namenslisten aller KfK-interner Kontaktpersonen für IIS/TSB	nach Bedarf
Liste der die KfK betreffenden atomrechtlichen Genehmigungen	nach Bedarf
institutsbezogene Prüflisten für wiederkehrende Prüfungen	nach Bedarf
abteilungsbezogene Listen der IIS-Mitarbeiter	nach Bedarf

Tab. 2/18: Art und Nutzungsfrequenz der EDV-Ausdrucke des Technischen Sicherheitsbüros

Datenart	Erfassungs- verfahren	durchschnittliche Anzahl der 1987 pro Monat erfaßten Einzelnformationen
Stabdosisimeterwerte	mittels Diskette	2000
TLD- und Albedodosimeterwerte	mittels Diskette	650
Amtliche Filmdosisimeterwerte	manuell	1180
Inkorporationsmeßergebnisse	mittels Diskette	50
interne Glasdosisimeterwerte	mittels Diskette	1440 (jährlich)
Termine und Ergebnisse der Strahlenschutz- untersuchungen	manuell	80
Termine von Strahlenschutzbelehrungen	manuell	300
Termine der arbeitsmedizinischen Vorsorge- untersuchungen	manuell	185
Termine der wiederkehrenden Prüfungen	manuell	300
Neu erworbene DIN-Normen	mittels Diskette	100
Kenndaten der Arbeitsunfälle	manuell	150
Kenndaten der EvD-Einsätze	manuell	200
	manuell	175

Tab. 2/19: Umfang der regelmäßig durchzuführenden EDV-Erfassungstätigkeiten

### 2.6.3 Wiederkehrende Prüfungen

P. Meyer

Wiederkehrende Prüfungen werden für die KfK GmbH durch behördliche Auflagen in Genehmigungen nach Atomgesetz und Strahlenschutzverordnung festgelegt. Aber auch Arbeitsschutzvorschriften, Unfallverhütungsvorschriften, Richtlinien und Regelungen der Unfallversicherungsträger enthalten Bestimmungen zu wiederkehrenden Prüfungen an Anlagen und Betriebsmitteln, von denen alle Organisationseinheiten der KfK GmbH betroffen sind.

Zur Überwachung der Durchführung von wiederkehrenden Prüfungen wird bei der KfK GmbH seit 1984 elektronische Datenverarbeitung eingesetzt. Das dazu bei IIS/TSB implementierte System zur zentralen Erfassung und Terminüberwachung der wiederkehrenden Prüfungen soll dazu beitragen, die Organisationseinheiten durch fristgerechten Aufruf der Prüfungen und durch übersichtliche Dokumentation zu entlasten und die Nachweisführung gegenüber Behörden zu erleichtern.

Die Aufgabenverteilung und der Informationsfluß bei der Durchführung der wiederkehrenden Prüfungen in der KfK GmbH ist in Abb. 2/15 dargestellt.

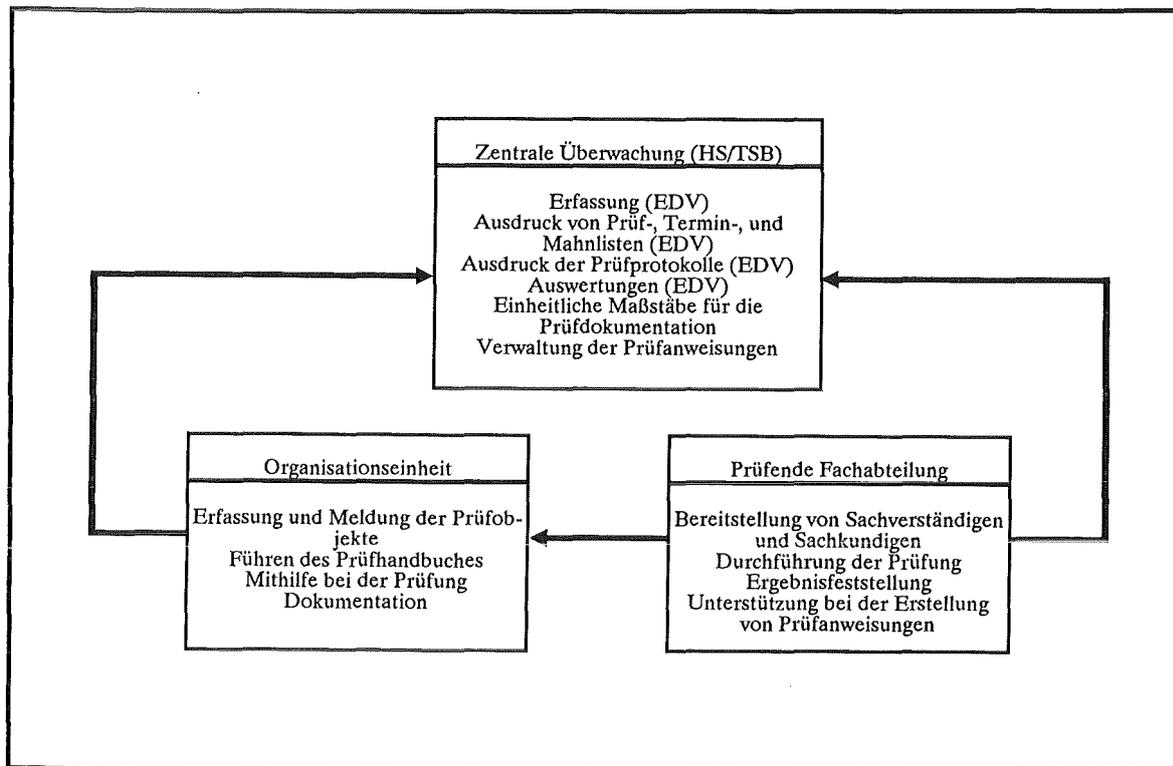


Abb. 2/15: Aufgabenverteilung und Informationsfluß bei der Durchführung von wiederkehrenden Prüfungen

Eine Aufschlüsselung der bisher erfaßten Prüfobjekte nach Sachgebieten und Prüfgrundlagen bietet Tab. 2/20. Bei den Prüfgrundlagen ist unterschieden worden zwischen Vorschriften aus dem Strahlenschutzrecht (StrlSchV, Auflagen in atomrechtlichen Genehmigungen) und konventionellen Vorschriften des Arbeitsschutzrechtes (Gewerbeordnung, Arbeitsstättenverordnung, Unfallverhütungsvorschriften).

Tab. 2/21 zeigt die Aufteilung der Prüfobjekte auf unterschiedliche Prüfintervalle und den erforderlichen Arbeitsaufwand bei der Prüfungsdurchführung, der sich in der Anzahl der erforderlichen anlagenspezifischen Einzelprüfungen pro Jahr ausdrückt. Zur Terminerfassung dieser Prüfungen sind bei IIS/TSB monatlich im Durchschnitt ca. 300 manuelle Eingaben an der EDV-Anlage und ca. 150 Überpielungen mittels Diskette erforderlich. Außerdem werden zur Vorbereitung und Dokumentation der Prüfungen monatlich ca. 300 Prüfprotokolle bedruckt und an die prüfenden Fachabteilungen verschickt. Die Betriebsbeauftragten erhalten monatlich eine Terminliste und eine Mahnliste und bei Bedarf eine neue Prüfliste ausgedruckt und zugeschickt.

Eine wichtige Voraussetzung für die korrekte Durchführung der Prüfungen ist, daß entsprechende Prüfanweisungen vorhanden sind. Zu diesem Zweck wurde bei IIS/TSB ein zentrales Archiv für Prüfanweisungen eingerichtet, in dem alle Prüfanweisungen, die im Bereich der KfK GmbH anzuwenden sind, gesammelt werden. IIS/TSB prüft dann, inwieweit der Bedarf anderer Organisationseinheiten aus diesem Fundus gedeckt werden kann, da zahlreiche Prüfobjekte in gleicher Ausführung in vielen Organisationseinheiten vorhanden sind. Anschließend werden den Organisationseinheiten die erforderlichen Prüfanweisungen zur Verfügung gestellt.

Sachgebiet	Anzahl der Prüfobjekte		
	davon aufgrund von Rechtsvorschriften aus dem Bereich		
	insgesamt	Strahlenschutz	Arbeitsschutz
Bauanlagen	24	15	9
Verfahrenstechnische Anlagen	1866	166	1700
Strahlenschutzmeßgeräte	310	310	0
Elektrotechnik	306	140	166
Lufttechnische Anlagen	232	184	48
Medienversorgung und -entsorgung	73	2	71
Kommunikationsanlagen	153	25	128
Brandschutzeinrichtungen	416	41	375
Notfalleinrichtungen	224	33	191
Objektsicherung	31	25	6
Hebe- und Fördermittel	571	4	567
Fahrzeuge	158	0	158
Betriebstechnische Einrichtungen	481	481	0
Summe absolut	4845	1426	3419
in %	100	29	71

Tab. 2/20: Verteilung der erfaßten Prüfobjekte auf Sachgebiete und Prüfgrundlagen (Stand: 31.12.1987)

Prüfintervall in Monaten	Anzahl der Prüfobjekte in %	Anzahl der erforderlichen Prüfungen pro Jahr
1	3	3248
3	9	3353
6	2	820
12	35	4098
24	12	397
36	2	36
48	5	64
60	18	175
>60	14	89
Summe	100	12280

Tab. 2/21: Prüfintervalle, Anteil der Prüfobjekte und Anzahl der Prüfungen (Stand: 31.12.1987)

### 3 Sicherung

R. von Holleuffer-Kypke

Im Berichtsjahr 1987 setzte sich der Trend zur Verschärfung der Sicherung für kerntechnische Betriebe weiter durch und zog gegen Ablauf des Jahres noch an. Als Ursache für diese Entwicklung ist der Druck der Öffentlichkeit auf die politischen Vertreter zu sehen, nachdem verschiedene Vorfälle bis hin zur Bestechlichkeit bei den kerntechnischen Betrieben NUKEM und TRANSNUKLEAR bekannt wurden. Am 18.04. und 12.07 kam es am Außenzaun des KfK wieder zu Demonstrationen mit mehr als 100 Teilnehmern und im Spätsommer und Herbst zu sogenannten Sonntagsspaziergängen rund ums Kernforschungszentrum mit Teilnehmerzahlen kleiner 30 Personen. Alle Aktionen vor den Toren und am Außenzaun entlang verliefen ohne besondere Vorkommnisse.

Der OSD-Personalbau konnte im Herbst bezogen werden. Dem Schichtpersonal steht damit nach langer Zeit genügend Raum für die Umkleidung zum Schichtwechsel zur Verfügung. Die geschlossenen Garagenplätze im Erdgeschoß gewährleisten, daß auch in der kalten Jahreszeit keine witterungsbedingten Schwierigkeiten beim Einsatz der Kraftfahrzeuge wie Streifenfahrten oder Kursfahrten entstehen.

#### 3.1 Objektsicherung

##### 3.1.1 Objektsicherungsdienst

F. Paltian

Der OSD führte pro Woche folgende Streifen durch:

- 295 Streifen in Gebäuden und Freigelände einschließlich der KIIG,
- 207 Streifen in sensitiven Lagerbereichen und Anlagen,
- 224 Streifen in Versuchsanlagenbereichen.

Zusätzlich wurden 4 Sicherungsbereiche kontinuierlich bestreift. OSD-Mitarbeiter überwachen permanent die General-Zaunanlage und ein Diensthundeführer die bewaldeten Gebiete des Kernforschungszentrums. Bei Bauarbeiten an sensitiven Objekten wurden für Sicherungsaufgaben während der normalen Arbeitszeit Mitarbeiter des OSD eingesetzt.

In regelmäßigen Abständen außerhalb der normalen Dienstzeit überprüft der OSD im Rahmen der Streifentätigkeiten 117 angemeldete wissenschaftlich-technische Experimente. Darüber hinaus wurden Sicherungsalarmübungen in verschiedenen Sicherungsbereichen und 23 Alarmübungen in Zusammenarbeit mit den Objektsicherungsdiensten der WAK, KBG und TU abgehalten.

Am Nord- und Südtor des Zentrums führten die OSD-Mitarbeiter 16 989 Sicherheitskontrollen durch, davon entfielen auf KfK-Mitarbeiter 9 378, auf Besucher 2 051 und auf Fremdfirmenangehörige 5 560 Kontrollen.

### 3.1.2 Alarmzentrale

G. Beck

Im Jahr 1987 sind in der Alarmzentrale die in der Tab. 3/1 aufgeführten Alarm- und Störmeldungen (unter Berücksichtigung der Fehlalarme) eingegangen und bearbeitet worden.

Gruppe	Anzahl
Objektsicherung	316
Feuersicherung	286
Strahlensicherung (Strahlenwarnung/Strahlenabluft-Gelände Kritikalität)	127
Wassersicherung (Sandfänge)	148
Alarmübungen (Technische Sicherheit, Objektschutz)	67
Überwachungsanlagen (Aufzüge/Stromstörungen/ Versuchüberwachung/Technische Einrichtungen)	573
Allgemeine Meldungen (Streifendienst)	2102

Tab. 3/1: Eingegangene Alarm- und Störmeldungen 1987

Im Vergleich zum Vorjahr haben sich die Objektsicherungsmeldungen erhöht, die anderen Gruppen sich auf dem Niveau von 1986 gehalten.

Im Berichtszeitraum wurden in der Alarmzentrale, wie in der Tab. 3/2 ausgewiesen, folgende Einsätze dokumentiert:

Einsatzleiter vom Dienst	346
Feuerwehr	235
Rufbereitschaften	646
Strahlenschutz	289
Versuchsleiter	86
VBW-Wartungsdienst	1106
HDB-Klärwerkspersonal	50
Betriebsverantwortliche	127
Sankra-Deko	165

Tab. 3/2: Registrierte Einsätze 1987

Alle in der Alarmzentrale tätigen Mitarbeiter wurden im Berichtszeitraum weiterhin praxisbezogen fortgebildet. Das Ausbildungsprogramm bezog auch die Vertreter der Alarmtelefonisten mit ein, um sie stets auf dem aktuellen technischen und administrativen Stand zu halten.

Die in der Alarmzentrale installierten rechnergestützten Systeme wurden softwaremäßig den Erfordernissen angepaßt. Um auch bei technischem Ausfall eine zügige Abwicklung in Alarm- oder Störfällen zu gewährleisten, wird als Redundanz zu den vorhandenen Softwareprogrammen weiterhin eine Handdatei geführt.

### 3.1.3 Objektsicherungszentralen

Zur Durchführung der vielfältigen Aufgaben bei der Alarmbearbeitung und zum direkten, schnellen Zugriff auf Alarmierungshinweise sind in den Objektsicherungszentralen Rechner installiert. Die erforderlichen Bezugsdaten für die rechnergestützten Gefahrenmeldeanlagen wurden überarbeitet bzw. eingegeben. Ebenfalls wird redundant eine Handdatei geführt.

### 3.1.4 Güterkontrolle

An der zentralen Güterkontrolle wurden im Berichtszeitraum für Fremdfirmen und Anlieferer 3 308 Besuchsanmeldungen und 29 790 Warendurchlaßpassierscheine ausgestellt. Für Anlieferer und Abholer sonstiger radioaktiver Stoffe und Kernbrennstoffe wurden 2 058 Durchlaßpassierscheine ausgestellt.

42 neue Fremdfirmen wurden erstmals registriert und 1929 fremdfirmeneigene Geräte gekennzeichnet.

Außerdem erfolgten 336 Schrottverwiegungen und -begleitungen, 48 Papiertransportbegleitungen nach Karlsruhe und 1965 Paketkontrollen im Hauptlager. Insgesamt betrug die Zahl aller kontrollierten ein- und ausfahrenden Fahrzeuge 96 184.

Wegen fehlender oder abgelaufener Personalpapiere mußten 564 Fremdfirmenangehörige abgewiesen bzw. von den Geschäftspartnern im KfK an der zentralen Güterkontrolle abgeholt und wieder zurückbegleitet werden.

Die im Kernforschungszentrum tätigen Fremdfirmen hielten sich weitgehend an die Ordnungs- und Kontrollbestimmungen. 9 vorläufige Sicherstellungen wurden, bis auf drei Fälle, nach Klärung der Eigentumsverhältnisse wieder aufgehoben.

### 3.1.5 Diensthundestaffel

B. Ritz

Im Berichtszeitraum haben 27 Hundeführer ein Programm von 8 Schutzhunde-Lehrgängen mit Erfolg abgeschlossen. Bei der 9. KfK-Schutzhundeprüfung erzielten die 9 Teilnehmer mit ihren Diensthunden wiederum hervorragende Noten. 7 Hundeführer nahmen zusätzlich an Prüfungen der umliegenden Ortsvereine teil.

Die Einsatzzeit der Diensthundeführer und ihrer Schutzhunde belief sich im Jahr 1987 auf insgesamt 22 374 Stunden, die sich nach Einsatzart und -dauer wie folgt aufgliedern:

- AVT-Trupp, Nordtor	72,2 %
- Gelände- und Steifendienst	21,1 %
- Schutzhundelehrgänge	4,8 %
- Ausbildung während der Dienstzeit	1,9 %

### 3.1.6 Ausbildung

G. Beck

Die Aus- und Weiterbildung der OSD-Mitarbeiter wurde im vergangenen Jahr hauptsächlich anhand von Fallbeispielen aus der Praxis durchgeführt. Unterrichtsschwerpunkt war die Ausbildung der in den Objektsicherungszentralen tätigen Mitarbeiter, da deren Einsatz gründliche Kenntnisse der in diesen Bereichen vielfältigen technischen Systeme voraussetzt.

Neben diesen Objektschutzlehrgängen besuchten die Mitarbeiter ex- und interne Werkschutzseminare zu den Themen:

- Fortbildung Wachdienstleiter,
- Empfangs- und Pfortendienst,
- Kriminalität im Betrieb,
- Verkehrsunfallaufnahme,
- Schießleiter;
- Waffenwart.

Alle Objektschutzdienstmitarbeiter, die an der IIIK-Prüfung zur Werkschutzfachkraft teilgenommen haben, haben mit Erfolg abgeschlossen. Einige Mitarbeiter nahmen an einem Erste-Hilfe-Lehrgang teil.

Die Waffenausbildung der Mitarbeiter im OSD wurde theoretisch und praktisch weitergeführt. Ein Mitarbeiter hat mit Erfolg die Sachkundeprüfung gemäß § 31 Waffengesetz beim Regierungspräsidium Karlsruhe abgelegt.

### 3.2 Technische Sicherungssysteme

R. Günther

Für verschiedene kerntechnische Einrichtungen im Kernforschungszentrum Karlsruhe wurden die technischen Sicherungssysteme in Zusammenarbeit mit den Hauptabteilungen Bau und VBW weiterhin vervollständigt.

Das bei der HDB installierte rechnergestützte Zugangskontrollsystem mußte infolge eines Einigungs-spruches, der zwischen dem KfK-Vorstand und dem KfK-Betriebsrat erzielt und am 15.02.1986 in Kraft trat, modifiziert werden. Der Spruch enthält eine detaillierte Regelung wie der Zugang zu den Sicherungsbereichen der HDB aufgrund atomrechtlicher Bestimmungen und darauf beruhender Anordnungen der zuständigen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden im Einverständnis mit dem Betriebsverfassungsgesetz überwacht wird. Für die im Einigungsspruch geforderten Maßnahmen wurde ein Softwarepaket erstellt, das speziell auf die vorhandene Anlage konzipiert ist und als Einzelprogramm angewandt wird. Am 15. Juni 1987 wurde die neue Software mit ergänzender Hardware in Betrieb genommen. Der wesentliche Inhalt der neuen Systemsoftware ist folgender:

- Für die Speicherung der Stammdaten und Buchungen der Zugangskontrolle sowie der erforderlichen Programme wird jetzt ein Festplattenspeicher verwendet, um damit einen bestmöglichen Zugriffsschutz zu den Daten zu erreichen; die bisher vorhandenen Wechselplattenlaufwerke werden für eine andere Nutzung eingesetzt.
- Bei den Stammsatz- und Bewegungsdaten wird unterschieden zwischen KfK-Mitarbeitern und Fremdfirmenmitarbeitern. Die auf der Festplatte gespeicherten Zugangskontrollbuchungen der KfK-Mitarbeiter werden nach maximal 48 Stunden gelöscht.

- Über einen Drucker werden die Bewegungsdaten protokolliert, und zwar immer erst dann, wenn eine Raumzone wieder verlassen wird, so daß Zugangs- und Abgangsbuchung nebeneinander in einer Zeile gedruckt werden.
- Wurde keine Abgangsbuchung getätigt, so wird automatisch nach 10 Stunden die Zugangsbuchung protokolliert, und optisch und akustisch auf diesen Sachverhalt aufmerksam gemacht.
- Die zu erhebenden und zu speichernden Daten sind genau festgelegt; sie werden nach Ablauf bestimmter Fristen gelöscht bzw. vernichtet.

### 3.3 Ermittlungsdienste

M. Schwall

Im Jahre 1987 wurden 126 Verstöße gegen die im KfK geltenden Ordnungs- und Kontrollbestimmungen registriert und bearbeitet. Die Zahl liegt geringfügig unter dem Vorjahresniveau. Es kam zu 31 Sicherstellungen von Werkzeugen, Geräten und Materialien, weil die Ausführenden zum Zeitpunkt der Ausfuhr nicht die erforderlichen Ausfuhrpapiere vorweisen konnten. Nach Prüfung der Eigentumsverhältnisse wurde das sichergestellte Gut an die Eigentümer zurückgegeben.

Die Zahl der bekannt gewordenen und dem Ermittlungsdienst gemeldeten Sachbeschädigungen belief sich im Berichtszeitraum auf 63 Fälle. Während sich die Schadensfälle gegenüber dem Vorjahr verringerte erhöhte sich die geschätzte Schadenssumme um mehr als das 5fache. Allein bei einem Brandschaden im IHCH wurde der geschätzte Schaden mit DM 500 000 beziffert. Die Schadensverursacher konnten ermittelt und das KfK-Versicherungsreferat informiert werden. Lediglich 4 Fälle blieben ungelöst. Der aus den Sachbeschädigungen entstandene Gesamtschaden beläuft sich auf ca. 599 150 DM.

Von den gemeldeten 38 Diebstählen konnten 19 Delikte aufgeklärt werden, da die Anzeigen meist viel zu spät beim Ermittlungsdienst eingingen, so daß die Ermittlungen von Anfang an zum Scheitern verurteilt waren. In Zusammenarbeit mit den zuständigen Fachabteilungen wurden im Berichtsjahr 152 Betriebsunfälle bzw. sonstige Unfälle innerhalb des Zentrums untersucht.

### 3.4 Schließwesen

M. Schwall

Mit ihrer Vielzahl von Gebäuden ist die KfK GmbH hinsichtlich der Schließebenen in General-, Haupt-, Obergruppen-, Gruppen- und Einzelschließungen unterteilt. Der jeweils übergeordnete Schlüssel beschließt sämtliche Schließzylinder der betreffenden Ebene. Aus allen Schließsystemen ergibt sich ein Bestand von ca. 23 500 Schließzylindern und etwa 80 000 Einzelschlüsseln. Nach der Neukonzeption von Schließanlagen, die sich wegen der Errichtung von Neubauten oder durch Änderungen in Arbeitsabläufen ergaben, mußten im Jahr 1987, wie auch schon in den vorangegangenen Jahren ca. 1 500 Schließzylinder und entsprechende Schlüssel neu beschafft werden. Eine große Anzahl von Schließzylindern und Schlüsseln waren defekt oder abgenutzt und mußten daher ebenfalls erneuert oder ausgetauscht werden.

Beschädigte Gegenstände	Jahr	bekannt ge- wordene Fälle	aufgeklärte Fälle	geschätzter Schaden in DM
Kabelschäden	1985	10	10	7 500
	1986	6	6	8 300
	1987	7	7	10 200
Lichtmasten	1985	8	8	15 000
	1986	3	3	6 000
	1987	5	4	10 000
Tore, Einzäunungen	1985	3	3	3 500
	1986	8	7	7 500
	1987	7	6	6 500
Gebäude	1985	14	12	49 000
	1986	7	7	11 000
	1987	11	11	526 000
Dienst-Kfz	1985	29	28	61 730
	1986	12	12	18 074
	1987	13	13	19 450
Verschiedenes (Fenster, Türen, Bedachungen, Transport-, Sturmschäden)	1985	21	20	45 000
	1986	39	37	51 000
	1987	21	19	2 700
Summe:	1985	85	81	181 730
	1986	75	72	101 874
	1987	63	59	599 150

Tab. 3/3: Sachbeschädigungen: Einsatz des Ermittlungsdienstes

### 3.5 Verkehrsdienste

M. Schwall

Mit 68 Verkehrsunfällen, davon 57 auf dem Gelände des Kernforschungszentrums, lag die Zahl der vom Verkehrsdienst aufgenommenen und bearbeiteten Verkehrsunfälle um 9,6 % unter der des Vorjahres (s. Tab. 3/4). Bei 34 Unfällen entstand nur leichter Sachschaden, während bei 31 Unfällen der geschätzte Schaden über DM 1 000 lag. Darüber hinaus waren 3 Unfälle mit Verletzungen von Personen zu bearbeiten. Die häufigsten Unfallursachen waren wie auch in den vergangenen Jahren:

- Nichtbeachten der Vorfahrt,
- zu geringer Sicherheitsabstand,
- Unachtsamkeit beim Rückwärtsfahren,
- nichtwitterungsgerechtes Fahrverhalten bei Regen in der Winterzeit.

Bei 3 Verkehrsunfällen haben sich die Unfallverursacher durch unerlaubtes Entfernen von der Unfallstelle der Aufnahme des Verkehrsdienstes entzogen und somit Unfallflucht begangen. Die Verursacher konnten nicht ausfindig gemacht werden, so daß der Schaden von den Geschädigten selbst getragen werden mußte.

Monat	Anzahl der Verkehrs- unfälle			Sachschaden < 1 000 DM	Sachschaden > 1 000 DM	Personen- schaden
	1985	1986	1987	1987	1987	1987
Januar	12	7	8	3	4	1
Februar	10	7	6	4	2	-
März	6	4	3	-	3	-
April	10	5	4	2	2	-
Mai	8	5	7	4	2	1
Juni	6	7	2	-	2	-
Juli	7	11	4	1	3	-
August	1	8	6	3	3	-
September	1	8	5	3	2	-
Oktober	7	7	5	2	3	-
November	11	2	8	5	2	1
Dezember	7	4	10	7	3	-
Gesamt	86	75	68	34	31	3

Tab. 3/4: Verkehrsunfälle

### 3.6 Buskontrollen

#### F. Gergele

Im Berichtsjahr sind in den KfK-Zubringerbussen bei 10 796 Fahrgästen Fahrausweiskontrollen durchgeführt worden (s. Tab. 3/5).

Kontrollzeiten	Anzahl der kontrollierten Busse	Anzahl der kontrollierten Fahrgäste	davon wurden ohne Fahrausweis angetroffen	Anzahl der nach-entwerteten Fahrausweise
Januar	29	725	61	41
Februar	69	1840	66	34
März	9	274	16	4
April	32	964	35	13
Mai	48	1428	53	17
Juni	34	1026	33	14
Juli	30	712	22	29
August	55	1127	41	25
September	27	621	17	-
Oktober	8	93	6	2
November	27	504	4	-
Dezember	39	1482	28	7
Gesamt	407	10796	382	186

Tab. 3/5: Anzahl der Buskontrollen

Bei 18 Personen wurde der Pauschalbetrag in Höhe von DM 10,- erhoben, da bei der Kontrolle kein Fahrausweis vorgezeigt werden konnte und die gemäß Betriebsvereinbarung mögliche nachgelöste Fahrkarte nicht in der vorgegebenen Frist vorgelegt wurde.

### 3.7 Personelle und administrative Sicherungsfragen

#### 3.7.1 Personensicherheitsüberprüfung

G. Körner

Im vergangenen Jahr hat die Gruppe Personensicherheitsüberprüfung gemäß den entsprechenden atomrechtlichen Auflagen 1 100 Anträge zu Personensicherheitsüberprüfungen bei den Behörden eingereicht, die hauptsächlich Zutrittsersuchen zu inneren Sicherheitsbereichen betrafen. In 105 Fällen handelte es sich um Zutrittsersuchen zu äußeren Sicherheitsbereichen. Für 58 Personen, sogenanntes Führungs- und Schlüsselpersonal, waren Sicherheitsüberprüfungen einzuleiten. Die Behörden haben lediglich 6 Mitarbeiter von Fremdunternehmen den Zutritt zu sensitiven Bereichen untersagt.

Die Betroffenen und deren Arbeitgeber sind über den Sachverhalt informiert worden. Für 2 893 Personen wurden Anträge auf Zutritt zum KfK-Gelände außerhalb der normalen Arbeitszeit bearbeitet.

#### 3.7.2 Ausweisbüro

E. Karbstein

Im Berichtszeitraum wurden 4 556 Ausweise gefertigt, davon 2 446 Neuausstellungen und 2 210 wegen Ablauf der Gültigkeitsfrist.

Für 70 Kursteilnehmer wurden vorläufige Ausweise gefertigt, 240 defekte Ausweise mußten neu erstellt werden, in 35 Fällen waren Ausweise wegen Namensänderungen neu zu fertigen. Wegen Instituts- und Abteilungswechsel mußten 82 neue Ausweise gefertigt werden, 86 Mitarbeiter gingen in den Ruhestand und erhielten Rentnerausweise. 243 Ausweise wurden als verloren gemeldet, davon sind 103 Stück bezahlt worden, 140 blieben unbezahlt. 31 Ausweise sind zurückgegeben worden. Die Anzahl der Mitarbeiter und der 5 Gastinstitutionen betrug am 31.12.87 insgesamt 5 508. Die Gesamtzahl der im Umlauf befindlichen Ausweise belief sich im Jahr 1987 auf 10 707 Stück.

#### 3.7.3 Empfangsdienst

W. Salomon

Die Anzahl der Besucher lag im Berichtszeitraum auf dem gleichen Niveau wie im Jahr zuvor. So wurden insgesamt 37 000 Besucher, davon 3 900 Ausländer registriert.

Für kurzfristig im KfK eingesetzte Fremdfirmenangehörige wurde 4 350 befristete Passierscheine ausgestellt.

Beim Empfangsdienst wurden im Berichtsjahr 79 Fundgegenstände abgegeben. 21 Fundgegenstände konnten den rechtmäßigen Besitzern ausgehändigt werden, 58 Fundsachen sind z. Z. noch archiviert.

### 3.7.4 Ausländerbetreuung

F. Gergele

Die Anzahl der zu betreuenden Ausländer nahm gegenüber dem Vorjahr um 41 Personen ab, so daß im Berichtszeitraum 449 Ausländer betreut worden sind.

Im Rahmen der Ausländerbetreuung bei der SKT wurden wiederum 8 SKT-Kurse mit insgesamt 1 061 ausländischen Gästen aus verschiedenen Ländern betreut. Die in der SKT durchgeführten Kurse waren wie nachfolgend vermerkt belegt:

1. 05.05. - 08.05.1987  
Fusionstagung mit 37 Personen aus 9 Ländern
2. 25.05. - 27.05.1987  
Charakterisierung und Qualitätskontrolle von Kernbrennstoffen mit 104 Personen aus 23 Ländern
3. 02.06. - 04.06.1987  
Jahrestagung Kerntechnik mit 92 Personen aus 5 Ländern
4. 03.10. - 08.10.1987  
International Conference on Fusion Reactor Materials mit 297 Personen aus 17 Ländern
5. 17.08. - 30.09.87  
Kerntechnisches Seminar Indonesien mit 9 Personen
6. 03.10. - 10.10.1987  
Deutsch-Sowjetisches Symposium mit 13 Personen
7. I. IAEA-Kurs vom 07.09. - 02.10.1987  
mit 31 Personen aus 28 Ländern
8. II. IAEA-Kurs vom 12.10. - 17.11.1987  
mit 29 Personen aus 16 Ländern.

Bei 6 Tagungen oder Kursen wurden in der Schule für Kerntechnik sowie in der Stadthalle Karlsruhe 552 Personen betreut; sie kamen aus 56 Ländern .

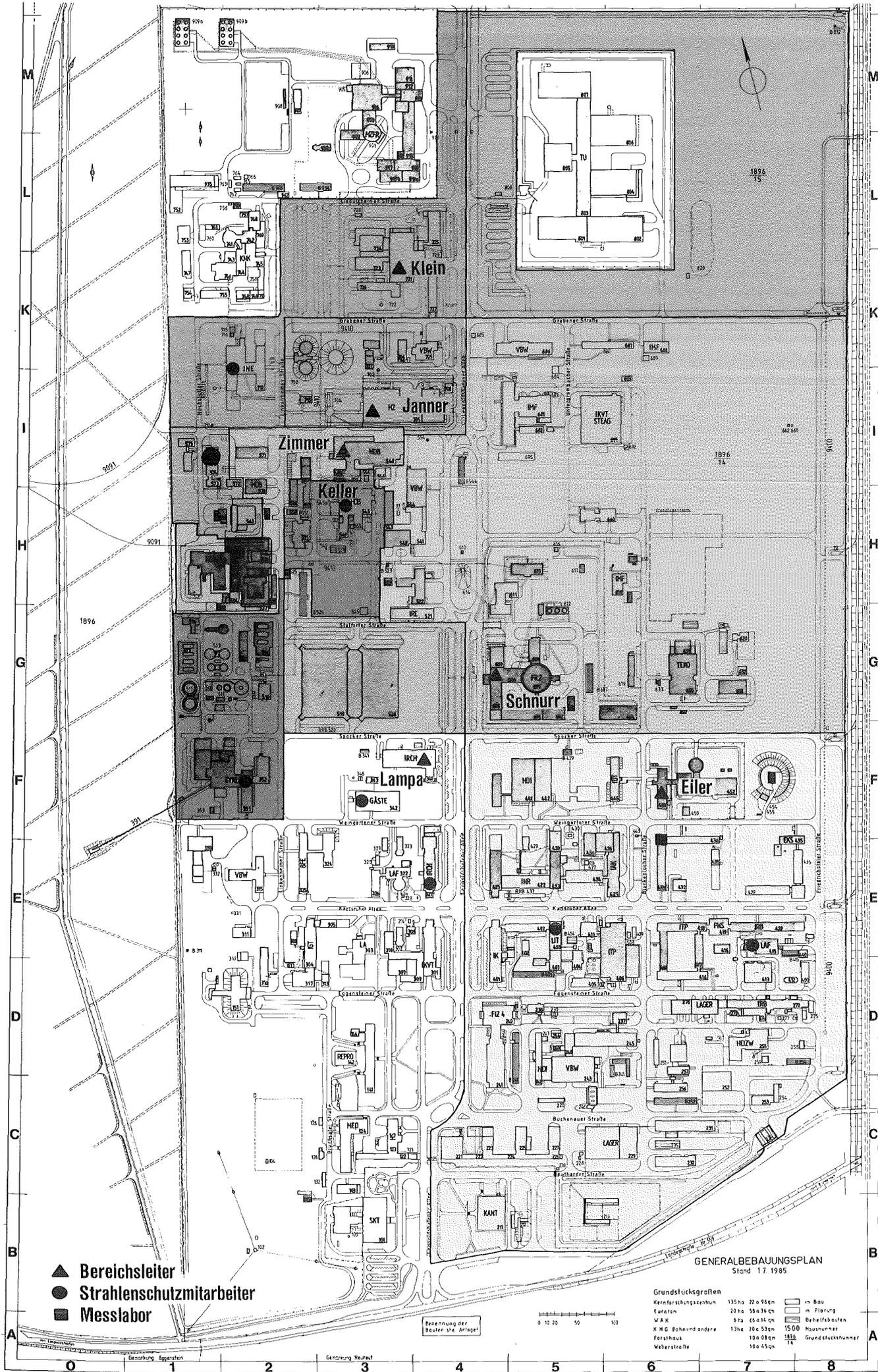
4 Strahlenschutzüberwachung

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 (s. KfK-Plan und Tab. 4/1).

1 Gruppe	2 Bereich	3 Anzahl der Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung	4 Anzahl der überwachten Personen (Dezember 1987)	5 Fläche des überwachten Bereichs in m <sup>2</sup>
Nord	1. IICCh, INE	8,5°	334	16 300
	2. KTB/IIZ, IMF III (Bau 573/74), VBW/VB-Wä	8	149	11 500
	3. KTB/BI/EA, IT, IRE, IMF I, II, III (Bau 681), VBW/E, VBW/BW, IIS/R (Bau 620), IKVT/STEAG	3+7# 1*	455	13 500
West	4. HDB I (Bau 510-516, 543, 545, 553, 555), INE (Bau. 547) IK III/Zykl.	6,5+4 <sup>+</sup>	285	7 000
	5. HDB II (Bau 519, 526, 531-536, 548, 570)	6,5	245	25 600
Süd	6. IRCh, LAF I, IGT, BAU, SKT, HS (Bau 123), Med, IKVT, P/AV, VBW/VB-Fw	7	388	5 400
	7. INFP, HDI, INR, LIT, IRB, LAF II, IK, ITP, PHDR, HS (Bau 436), IIS/S, VBW/VB-Bh, EKM/FK, VBW/HW Meßlabor	6,5	684	6 900
Abteilungsleitung/Sekretariat		1,5	-	-

Tab. 4/1: Personalstand, überwachte Personen und Bereichsgröße (#Wechselschichtdienst, <sup>+</sup>Schichtdienst, <sup>°</sup>zeitweise Schichtdienst, \* Gruppenleiter)



**GENERALBEBAUUNGSPLAN**  
Stand 17. 1985

- ▲ Bereichsleiter
- Strahlenschutzmitarbeiter
- Messlabor

Benennung der Bauteile der Anlage



Grundstücksgrößen		in Bau
Kernforschungszentrum	135 ha 22 a 96 qm	□
Euratlon	20 ha 55 a 36 qm	▨
W.A.K.	8 ha 65 a 14 qm	▩
K.M.G. Bohland andere	13 ha 20 a 53 qm	▧
Forschhaus	10 a 08 qm	▦
Weberstraße	10 a 45 qm	▤

1500  
14  
Maßstab  
Grundstücknummer

Eine wichtige Aufgabe ist die Durchführung der Personendosimetrie. Jede strahlenexponierte Person erhält neben anderen Dosimetern eine Taschenionisationskammer. Die Anzahl der Personen, die mit selbstablesbaren Taschenionisationskammern ausgerüstet wurden (Stichmonat Dezember 1987), einschließlich Fremdfirmenangehörigen, ist in Spalte 4 von Tab. 4/1 aufgeführt. Diese Anzahl hat sich gegenüber dem Vorjahr um ca. 60 erniedrigt, da die Anlage SNEAK einer anderen Nutzung zugeführt wurde und im IGT eine größere Anzahl von Personen, die nur mit geringen Mengen von  $\beta$ -Strahlern umgehen, aus der Überwachung genommen wurden. Über die Meßergebnisse der Taschenionisationskammern wird in Kap. 4.1.1 und Kap. 4.2 berichtet. Darüber hinaus werden, je nach den vorkommenden Strahlenarten und -expositionen, weitere Dosimetertypen verwendet, wie Thermolumineszenzdosimeter oder Albedodosimeter. Über die Ergebnisse dieser Messungen wird in Kap. 6 berichtet.

Die Gebäude und Anlagen werden routinemäßig durch direkte Kontaminations-, Wischproben-, Dosisleistungs- und Raumluftmessungen überwacht. Die Fläche der betrieblichen Überwachungs-, Kontroll- und Sperrbereiche ist in Spalte 5 von Tab. 4/1 angegeben. Beim betrieblichen Überwachungsbereich werden nur die Bereiche aufgeführt, in denen eine Aktivität oberhalb der Freigrenze gehandhabt wird. Die Kontaminationskontrolle von Personen am Ausgang von Bereichen, in denen genehmigungspflichtig mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird, geschieht in der Regel in Eigenüberwachung unter Zuhilfenahme von Hand-Fuß-Kleidermonitoren mit automatisiertem Meßablauf.

Die Mitarbeiter überwachen auf Anforderung des zuständigen Strahlenschutzbeauftragten die Durchführung von Arbeiten mit erhöhtem Kontaminations- oder Strahlenrisiko. Autorisierte Mitarbeiter legen bei der Ausstellung von Interventionserlaubnissen die Strahlenschutzauflagen fest. Insgesamt wurden ca. 2400 Vorgänge bearbeitet. Weiterhin führen Mitarbeiter die Strahlenschutzkontrolle bei der Ausfuhr von Material aus den Kontrollbereichen in den das ganze Gelände des KfK umfassenden betrieblichen Überwachungsbereich und aus dem KfK in das allgemeine Staatsgebiet durch. Bei dem Material handelt es sich um weiterverwendbare Gegenstände, wiederverwertbare Reststoffe oder Abfälle.

Größere Umbauarbeiten wurden bei IIICh (Anlage Milli), HDB (LAW-Eindampfung, Rohrbrücken), IT, SKT, KTB (D<sub>2</sub>O-Kreislauf, Behältergebäude) überwacht und die Materialflüsse kontrolliert.

Neue Aufgaben entstanden im Berichtsjahr durch die Inbetriebnahme der neuen Zementierung in Geb. 545 und der Analysenbox in Bau 543. Im Bau 701 und Bau 341 wurden hoch tritiumhaltige Proben gehandhabt bzw. eine Tritiumreinigungsanlage in Betrieb genommen. In Bau 452 erfolgt die Reinigung und Portionierung der Iod-Aktivität für medizinische Anwendung seit Mitte des Jahres in einer neuen Box.

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 Neubestellung vorgenommen (s. Kap. 4.4).

Von den Mitarbeitern in den Bereichen werden die wiederkehrenden Prüfungen von Strahlenschutzmeßgeräten nach festgelegten Prüfplänen durchgeführt. Leitende Mitarbeiter der Abteilung haben als Strahlenschutzbeauftragte oder stellvertretende Strahlenschutzbeauftragte die ordnungsgemäße Durchführung von Transporten radioaktiver Stoffe im Rahmen der Transportgenehmigungen der KfK GmbH zu überwachen. Hierüber wird in Kap. 4.5 berichtet. Außerdem sind Mitarbeiter der Abteilung als Strahlenschutzbeauftragte oder stellvertretende Strahlenschutzbeauftragte für den Fahrdienst, den Reinigungsdienst und die Abteilung Sicherheit bestellt.

	1	2	3	4	5	6
Gruppe	Beschleuniger  (IK, INR, INFP)	Institutionen mit höherer Aktivität (IHCh, IRCh, KTB/HZ, KTB/FR 2, INE)	Institutionen mit niedriger Aktivität (IMF, IT, LAF II, LIT)	Dekontamination und Abfallbehandlung  (HDB)	sonstige Institutionen	KfK
Personendosis in mSv	Anzahl der Personen					
$0 < H \leq 5$	261	570	263	422	969	2 485
$0 < H \leq 15$	14	9	0	34	0	57
$0 < H \leq 50$	0	0	0	0	0	0
Oberflächenkontamination in Vielfachen der KfK-internen Grenzwerte	Anzahl der Fälle					
$10^0 < K_\alpha \leq 10^1$	0	68	1	96	7	172
$10^1 < K_\alpha \leq 10^2$	1	37	2	25	0	65
$10^2 < K_\alpha \leq 10^3$	0	4	0	3	2	9
$10^3 < K_\alpha$	0	1	0	0	0	1
$10^0 < K_\beta \leq 10^1$	8	119	5	68	24	224
$10^1 < K_\beta \leq 10^2$	1	44	0	9	5	59
$10^2 < K_\beta \leq 10^3$	0	4	0	4	0	8
$10^3 < K_\beta$	0	1	0	1	0	2
$10^0 < K_{H3} \leq 10^1$	14	0	0	0	0	14
$10^1 < K_{H3} \leq 10^2$	19	0	0	0	0	19
$10^2 < K_{H3} \leq 10^3$	3	0	0	0	0	3
$10^3 < K_{H3}$	1	0	0	0	0	1

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

	1	2	3	4	5	6
Gruppe	Beschleuniger  (IK, INR, INFP)	Institutionen mit höherer Aktivität (IHCh, IRCh, KTB/HZ, KTB/FR 2, INE)	Institutionen mit niedriger Aktivität (IMF, IT, LAF II, LIT)	Dekontamination und Abfallbehandlung  (HDB)	sonstige Institutionen	KfK
Raumluftaktivitäten in Vielfachen von abgeleiteten Grenzwerten	Anzahl der Fälle					
$0,015 < R_a \leq 1$	0	247	0	1 600	0	1 847
$1 < R_a \leq 20$	0	58	0	105	0	163
$20 < R_a$	0	16	0	10	0	26
$0,015 < R_\beta \leq 1$	0	1	0	49	0	50
$1 < R_\beta \leq 20$	0	0	0	2	0	2
$20 < R_\beta$	0	0	0	0	0	0
$0,015 < R_{H3} \leq 1$	1	3	0	0	0	4
$1 < R_{H3} \leq 20$	6	12	0	0	0	18
$20 < R_{H3}$	0	0	0	0	0	0
Personenkontaminationen	0	11	1	0	0	12

Tab. 4/2: Fortsetzung

Die Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter wurde auch im vergangenen Jahr fortgeführt. Neben der praktischen Ausbildung unter Anleitung der Bereichsleiter und der meßtechnischen Einweisung im Strahlenschutzmeßlabor wurden theoretische Kurse in der Schule für Kerntechnik besucht. Insgesamt wurden von Mitarbeitern der Abteilung 12 Kurse über Strahlenschutz, Mathematik und Datenverarbeitung wahrgenommen. Ein Mitarbeiter legte die Prüfung zur Strahlenschutzfachkraft bei der Industrie- und Handelskammer Aachen mit Erfolg ab.

Für die Mitarbeiter im Wechselschichtdienst und der Rufbereitschaft wurden monatlich Begehungen von Gebäuden mit Fort-, Raumluft- und sonstigen dauernd betriebenen Strahlenschutzmeßgeräten 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 der KfK in fünf Gruppen zusammengefaßt, die sich nicht mit den in Tab. 4/1 aufgeführten Bereichen decken. Über die Gruppe 1 „Beschleuniger“ wird in Kap. 4.3 auch gesondert berichtet.

##### 4.1.1 Personendosimetrie mit Taschenionisationskammern

Die Tab. 4/2 zeigt, daß in den Einrichtungen des KfK im Jahre 1987 keine Personen eine Jahresdosis von mehr als 15 mSv erhalten hat, d. h. niemand der überwachten Personen wäre als strahlenexponierte Person der Kategorie A zu betrachten gewesen. Die Anzahl der Personen mit einer Jahresdosis zwischen 5 und 15 mSv im Jahr 1987 betrug 57. Insgesamt wären nur 2,2 % der überwachten Personen im KfK als strahlenexponierte Personen anzusehen.

##### 4.1.2 Oberflächenkontaminationen

In Tab. 4/2 sind weiterhin die gemessenen Oberflächenkontaminationen, aufgeschlüsselt nach  $\alpha$ -,  $\beta$ - und H-3-Kontaminationen, aufgeführt. Es werden Kontaminationen von Gebäudeoberflächen, Arbeitsplätzen, Arbeitsgegenständen und Material angegeben. Hierbei sind auch solche Kontaminationen erfaßt, die durch bestimmungsgemäßen Betrieb auftraten. Die Kontaminationen werden dabei in Vielfachen der durch die Strahlenschutzverordnung oder durch die interne Kleider- und Zonenordnung vorgegebenen Grenz- bzw. Interventionswerte eingeteilt. Die interne Kleider- und Zonenordnung der KfK stellt eine Verschärfung der Strahlenschutzverordnung nach den örtlichen Gegebenheiten dar; z. B. werden in Kontrollbereichen mit umschlossenen Strahlern und im betrieblichen Überwachungsbereich nur  $\alpha$ -Kontaminationen von  $0,037 \text{ Bq/cm}^2$  und  $\beta$ -Kontaminationen von  $0,37 \text{ Bq/cm}^2$  zugelassen.

$\alpha$ - und  $\beta$ -Kontaminationen traten vor allem in den „Institutionen mit höherer Aktivität“ und bei der „Dekontamination und Abfallbehandlung“ auf, während Tritiumkontaminationen überwiegend bei der Gruppe „Beschleuniger“ entdeckt wurden. Die Anzahl der Oberflächenkontaminationen insgesamt blieb gegenüber dem Vorjahr bei der  $\alpha$ -Aktivität etwa konstant, bei der  $\beta$ -Aktivität nahm sie um etwa 10 % zu.

##### 4.1.3 Raumlufaktivitäten

Weiter sind in Tab. 4/2 die Raumlufmessungen, wiederum aufgeschlüsselt nach  $\alpha$ -,  $\beta$ - und H-3-Aktivitäten, aufgeführt. Die Aktivitäten werden dabei in Vielfachen von abgeleiteten Grenzwerten eingeteilt. Diese abgeleiteten Grenzwerte werden aus der maximal zulässigen Jahresaktivitätszufuhr gemäß Strahlenschutzverordnung für strahlenexponierte Personen der Kategorie A und dem Jahresinhalationsvolumen von  $2500 \text{ m}^3$  berechnet. So wird in den Anlagen der KfK für  $\alpha$ -Aktivitätsgemische

0,063 Bq/m<sup>3</sup> (Leitnuklid Pu-239), für  $\beta$ -Aktivitätsgemische 43 Bq/m<sup>3</sup> (Leitnuklid Sr-90) und für H-3-Aktivitäten  $1,8 \cdot 10^5$  Bq/m<sup>3</sup> festgelegt. Bei Raumluftaktivitätskonzentrationen oberhalb dieser Grenzwerte dürfen Arbeiten in den Anlagen der KfK nur mit Atemschutz-Filtergeräten bzw. fremdbelüfteten, gasdichten Schutzanzügen bei Tritium durchgeführt werden. Die Raumluftaktivitätskonzentrationen werden nur oberhalb des 0,015fachen der abgeleiteten Werte erfaßt, weil bei kleineren Konzentrationen eine regelmäßige Inkorporationskontrolle gemäß der „Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle“ auch ohne Berücksichtigung der Aufenthaltsdauer für Personen der Kategorie B nicht notwendig ist. Eine weitere Einteilungsschranke stellt das 20fache der Grenzwerte dar, weil oberhalb dieser Werte im Falle von aerosolförmigen Raumluftaktivitäten mit Atemschutz-Isoliergeräten gearbeitet werden muß.

Falls bei vorher unerkannt gebliebenen Freisetzung die Messungen ergeben, daß die obengenannten abgeleiteten Grenzwerte im Tagesmittel überschritten wurden, werden bei den betroffenen Mitarbeitern Inkorporationsmessungen aus besonderem Anlaß durchgeführt und wird eine spezielle Abschätzung der Aktivitätszufuhr vorgenommen. Aus den Meßdaten zwischen dem 0,015fachen und dem einfachen der abgeleiteten Grenzwerte werden für die betroffenen Arbeitsgruppen die maximal möglichen Inkorporationen abgeschätzt.

Die überwiegende Zahl der  $\alpha$ - und  $\beta$ -Aktivitäten oberhalb der angegebenen Schranken traten bei der „Dekontamination und Abfallbehandlung“ auf, dabei kam es vor allem zu  $\alpha$ -Kontaminationen. Die Anzahlen stiegen gegenüber den Vorjahren stark an, da seit Mitte des Jahres alle Filter einer Nachmessung unterzogen werden, im Gegensatz zu früher, als nur ca. 1/5 aller Filter nachgemessen wurden, um die Nachweisgrenze von  $9,5 \cdot 10^4$  Bq/m<sup>3</sup> zu erreichen. Die in Tab. 4/2 aufgeführten Anzahlen sind etwas kleiner als diejenigen, die aus Tab. 4/5 zu entnehmen sind, da die Meßwerte eng benachbarter Meßstellen z. T. in Tab. 4/2 nur als ein Kontaminationsvorgang dokumentiert wurden.

#### 4.1.4 Personenkontaminationen

Hier werden alle Kontaminationen erfaßt, die nicht vor Ort durch einfaches Waschen beseitigt werden können und bei denen die Dekontamination in den speziellen Einrichtungen der Medizinischen Abteilung erfolgt. Die Anzahl der Personenkontaminationen war mit 12 etwa gleich groß wie im Vorjahr und trat fast ausschließlich in den Institutionen mit hoher Aktivität auf.

#### 4.2 Summendosen

##### II. Dilger

Aus den Meßwerten der Taschenionisationskammern wurden die Summendosen und die mittleren Individualdosen für das Berichtsjahr in den verschiedenen Institutionen zusammengestellt. Diese Werte enthalten auch die Dosen der Fremdfirmenangehörigen. In Tab. 4/3 sind alle Institutionen mit Summendosen größer 10 mSv in der Reihenfolge fallender Summendosen aufgeführt. Insgesamt beträgt die Summendosis im Kernforschungszentrum 1,64 Sv. Der Wert ist um ca. 60 % höher als im Vorjahr. Dies ist vor allem auf die abgesenkte monatliche Entscheidungsgrenze zurückzuführen. Sie beträgt jetzt

0,1 mSv im Gegensatz zu 0,2 mSv in den Vorjahren. Früher wurden alle Werte unter 0,2 mSv gleich Null gesetzt, jetzt erst unterhalb 0,1 mSv (vgl. Kap. 4.8) Die höchsten Werte haben wieder, wie im Vorjahr, die HDB und das IK III/Zykl. Über die Strahlenschutzmaßnahmen im IK III/Zykl. wird in Kap. 4.3 gesondert berichtet.

Die Auswertung ergab, daß von allen überwachten Personen nur 1 306 Personen eine Dosis ab der monatlichen Entscheidungsgrenze von 0,1 mSv erhalten haben. Dies wirkt sich aus, wenn die Individualdosis nicht über alle überwachten Personen, sondern nur über die exponierten Personen gemittelt wird. Die höchsten mittleren Individualdosen erhielten danach die exponierten Personen von IK III.

Institution	Summen- dosen mSv im Jahr 1987	überwachte Personen Stand Dezember 1987	exponierte Personen im Jahr 1987	mittlere Individualdosis	
				mSv/über- wachte Person	mSv/expo- nierte Person
HDB	755	456	343	1,7	2,2
IK III/Zykl.	199	74	73	2,7	2,7
IIICh	183	215	122	0,9	1,5
INE	77	110	75	0,7	1,0
KTB/IIZ	70	112	51	0,6	1,3
KTB/EA + BI	65	62	57	1,0	1,1
HS/Ü	55	61	47	0,9	1,2
IRCh	49	80	46	0,6	1,1
VBW	41	230	106	0,2	0,4
IT	31	84	65	0,4	0,5
LAF II	25	50	36	0,5	0,7
IK III/RTM	23	15	9	1,5	2,6
IMF II	16	31	25	0,5	0,6
IK	16	69	32	0,2	0,5
alle übrigen	36	893	219	0,0	0,2
KfK gesamt	1 641	2 542	1 306	0,6	1,2

Tab. 4/3: Mit Taschenionisationskammern gemessene Summen- und mittlere Individualdosen in den Institutionen der KfK, einschließlich der Dosen von Fremdfirmenangehörigen

### 4.3 Arbeitsplatzüberwachung im Zyklotron

H. Schüler

Das Institut für Kernphysik (IK III) im Zyklotron betreibt Beschleunigeranlagen. Zu den Hauptaufgaben zählt der Betrieb und die Weiterentwicklung dieser Anlagen sowie die Nutzung für Medizin und Technik.

Neben der Grundlagenforschung werden z. B. Maschinenteile aktiviert um Verschleißmessungen zu machen. Außerdem werden von der Gruppe Isotopenproduktion ganzjährig an vier Tagen der Woche die Nuklide Iod-123 und an drei Tagen Rubidium-81 erzeugt, portioniert und verpackt und an Kliniken bzw. an Pharmaunternehmen ausgeliefert. Sie werden vor der Auslieferung vom Strahlenschutz überprüft und für den Transport freigegeben.

Alle Meßgeräte des Strahlenschutzes werden täglich bei Arbeitsbeginn einer Funktionsprüfung unterzogen. Des weiteren müssen alle strahlenschutzrelevanten Geräte in festgelegten Abständen entsprechend den Vorgaben der Prüfanweisungen überprüft und der Vollzug dokumentiert werden.

Eine wichtige Maßnahme des Strahlenschutzes ist die Personendosisüberwachung. Sie findet auf drei Ebenen statt. Es wird die amtliche Überwachung mit Filmdosimeter (FID) sowie die interne Überwachung mit Thermolumineszenzdosimeter (TLD) und Taschenionisationskammern (TIK) durchgeführt. Die aufgelaufenen Personendosen werden dokumentiert und in einem zentralen Rechner gespeichert. Die Ergebnisse werden monatlich den Verantwortlichen in den betreffenden Institutionen zugestellt.

Analysiert man die TIK-Personendosiswerte der Beschäftigten der Anlage, so stellt man fest, daß zwei Gruppen mit ca. 68 % der Gesamtdosis belastet wurden (s. Tab. 4/4)

Gruppe	Personen Anzahl	Anteil in %	Dosis 1987	
			in mSv	Anteil in %
Isotopenproduktion	21	23	95	45
Operateure + Betriebsgruppe	17	19	48	23
Werkstätten	9	10	12	6
Strahlführungssystem	14	15	20	9
Radioisotope im Maschinenbau	3	3	15	7
Sonstige	28	30	21	10
Summe	92	100	211	100

Tab. 4/4: TIK-Gruppendosen im Zyklotron für das Jahr 1987

Während die Gesamtdosis der Gruppe Isotopenproduktion gegenüber 1986 gleich geblieben ist, hat sich die der Betriebsgruppe einschließlich der Operateure um ca. 33 % bezogen auf den Vorjahreswert erhöht. Als Ursache muß hier die aufgabengemäÙe Ausführung von Reparaturen und UmbaumaÙnahmen angenommen werden. Die Gesamtdosiswerte der Gruppen Werkstätten, Strahlführungssystem und Radioisotope im Maschinenbau liegen in etwa auf dem Vorjahresniveau. Dagegen sind die der unter Sonstige zusammengefaÙten Personen scheinbar drastisch auf 260 %, bezogen auf den Vorjahreswert angestiegen. Hier wirkt sich die seit 1987 erstmals praktizierte gestaffelte Rundung der Monatsdosen aus, die hauptsächlich bei kleineren Dosiswerten und großen Personenzahlen zum Ausdruck kommt.

#### 4.4 StrahlenschutzmeÙlabor

D. Beier, K. Schuhmacher

Im Berichtszeitraum wurden im StrahlenschutzmeÙlabor 33 900 Raumluftfilter mittels Alpha-Beta-Pseudokoinzidenzanlagen auf künstliche  $\alpha$ - und  $\beta$ -Aktivität ausgemessen.

Die gefundenen Luftstaubaktivitäten sind in Tab. 4/5 nach Raumluftkonzentrationen aufgegliedert. Der Anstieg der Anzahl von Filtern mit  $A_\alpha > 6,3 \cdot 10^2 \text{ Bq/m}^3$  ist darauf zurückzuführen, daß ab August 1987 nicht mehr das Luftvolumen von der 24-stündigen Bestäubungszeit zugrundegelegt wird, sondern davon ausgegangen wird, daß die Aktivität während 10 Stunden ( $\approx$  Arbeitszeit) auf das Filter gelangt ist. Bei den Wochenfiltern wird analog dazu mit 50 Stunden anstatt mit 168 h Filterstandzeit gerechnet. Der Anstieg der Anzahl von Filtern mit  $9,5 \cdot 10^4 \leq A_\alpha \leq 6,3 \cdot 10^2 \text{ Bq/m}^3$  hat erstens den selben Grund wie oben ausgeführt, es kommt aber zweitens noch hinzu, daß nicht nur ein Filter pro Woche und MeÙstelle nach einer 5tägigen Abklingzeit wie in den vergangenen Jahren nachgemessen wird, sondern alle angefallenen Filter. Dieses arbeitsintensive Nachmessen aller Filter war nur durch die Inbetriebnahme einer 4. MeÙanlage und durch das neue Auswertprogramm möglich (vgl. Kap. 4.6).

Aktivitäten	Aktivitätsgrenzen in $\text{Bq/m}^3$	Anzahl der Filter	Anteil an der Gesamtzahl in %
$\alpha$ -Aktivität	$A > 6,3 \cdot 10^2$	194	0,57
	$6,3 \cdot 10^2 \geq A \geq 9,5 \cdot 10^4$	2 180	6,43
	$A < 9,5 \cdot 10^4$	31 526	93,00
$\beta$ -Aktivität	$A > 43$	10	0,03
	$43 \geq A \geq 6,5 \cdot 10^1$	88	0,26
	$A < 6,5 \cdot 10^1$	33 802	99,71

Tab. 4/5: Häufigkeitsverteilung der Aerosolaktivitätskonzentration in der Raumluf

Die Werte  $6,3 \cdot 10^2$  Bq/m<sup>3</sup> für  $\alpha$ -Strahler bzw. 43 Bq/m<sup>3</sup> für  $\beta$ -Strahler werden von den Grenzwerten der Jahresaktivitätszufuhr über Luft für Personen der Kategorie A abgeleitet (vgl. Kap. 4.1.3).

Die Werte  $9,5 \cdot 10^{-4}$  Bq/m<sup>3</sup> für  $\alpha$ -Strahler bzw.  $6,5 \cdot 10^{-1}$  Bq/m<sup>3</sup> für  $\beta$ -Strahler sind das 0,015fache der abgeleiteten Werte. Bei Einhaltung dieser Grenzwerte entfällt das Erfordernis einer regelmäßigen Inkorporationsüberwachung auch für Personen der Kategorie B.

Mittels  $\gamma$ -Spektroskopie wurden im Strahlenschutzmeßlabor 1 149 Proben untersucht. Davon entfielen auf Kohlefilter 901, auf Luftfilter 18, auf Wischtests 19, auf kontaminierte bzw. aktivierte Gegenstände 46 und auf Dichtheitsprüfungen 165 Proben. Die identifizierten Nuklide sind in Tab. 4/6 aufgeführt.

Mittels  $\alpha$ -Spektroskopie wurden 22 Proben untersucht. Davon entfielen 13 Proben auf Wischtests, 7 Proben auf Luftfilter, 1 Maßband und eine Schale mit eingedampftem Wasser. Die identifizierten Nuklide sind ebenfalls in Tab. 4/6 aufgeführt.

Die Erhöhung der  $\gamma$ -spektroskopisch untersuchten Proben gegenüber 1986 trotz weitgehenden Wegfalls der Tschernobylproben ist erstens durch den Wechsel der Dichtheitsprüfungen von HS/D zu HS/Ü (vgl. Kap. 4.9) und zweitens auf die Verdoppelung der Kohleproben zurückzuführen. Der Anstieg der Kohlefilter (Iodadsorberbetten) erklärt sich zum einen durch den Wechsel der I-129 Messung von HS/R zu HS/Ü (Neukauf eines n-Type-Detektors), zum anderen durch Sondermessungen am Zyklotron und in der HDB.

Vom Strahlenschutzmeßlabor wird außer den bereits aufgeführten Messungen auch die Neu- und Ersatzbeschaffung für HS/Ü durchgeführt. Das waren im Berichtszeitraum 150 Beschaffungsanforderungen. Darunter fielen 9 Kontaminationsmeßgeräte, 8 HFK-Monitoren, 14 Dosisleistungsmessgeräte, 5 Luftfilter- bzw. Wischtestmeßplätze mit Probenwechslern, 4 Rechner mit Floppy und Drucker, 1 Flüssigkeitsszintillationszähler, 1 Tritiummonitor, 1 Dosimeter-Lese- und Ladegerät und Präparate für wiederkehrende Prüfungen der Meßgeräte. Besondere Aufmerksamkeit erfordert die Verfolgung von Reparaturaufträgen.

Die Beschaffung des gesamten Verbrauchsmaterials der Abteilung HS/Ü wie Aerosolfilter, Wischtestpapier, Schreiberpapier, Strahlenschutzaufkleber usw. wird seit Mitte des Jahres vom Sekretariat von HS/Ü getätigt.

Ferner werden vom Strahlenschutzlabor alle größeren Anlagen wie Wischtestprobenwechsler, Tritiummonitoren usw. in Betrieb genommen. Auch mußte wieder viel Zeit für die Pflege und die Neuerstellung der Wischtest- und Luftfilter-Auswertprogramme aufgewendet werden.

Nuklid	Beschleuniger	Einrichtungen mit hoher Aktivität	Einrichtungen mit niedriger Aktivität	HDB	Sonstige Institutionen	Summe
I-123	168	-	-	-	-	168
I-129	-	-	-	71	-	71
I-131	-	20	28	-	-	48
Cs-137/Ba-137m	-	16	2	23	4	45
Am-241	-	15	1	25	1	42
Co-60	-	14	1	12	1	28
Cs-134	-	5	2	16	2	25
Ru-106/Rh-106	-	5	1	5	-	11
Co-57	-	3	-	7	-	10
Sb-125/Te-125m	-	4	1	3	-	8
I-133	-	-	7	-	-	7
Ce-144/Pr-144	-	4	-	-	-	4
Mo-99/Tc-99m	-	3	-	-	-	3
Eu-154	-	3	-	-	-	3
Eu-155	-	3	-	-	-	3
Be-7	-	2	-	-	-	2
I-125	-	1	1	-	-	2
Xe-133	-	2	-	-	-	2
Xe-135	-	2	-	-	-	2
Ra-226 + Folgeprod.	-	2	-	-	-	2
Na-22	-	1	-	-	-	1
Na-24	1	-	-	-	-	1
Mn-54	-	-	1	-	-	1
Br-76	1	-	-	-	-	1
Br-80m	1	-	-	-	-	1
Br-82	1	-	-	-	-	1
Rb-82m	1	-	-	-	-	1
Rb-82	1	-	-	-	-	1
Kr-85	-	-	-	1	-	1
Zr-95	-	1	-	-	-	1
Xe-123	1	-	-	-	-	1
I-132	-	1	-	-	-	1
Eu-152	-	1	-	-	-	1
Uran- + Th-Folgepr.	1	-	-	-	-	1
Am-241 u.o.Pu-238	-	11	1	5	-	17
Pu-239	-	9	1	4	-	14
Cm-243 u.o.Cm-244	-	6	-	-	-	6
U-234 u.o.Np-237	2	-	-	-	-	2
Po-210	-	-	1	-	-	1
Cf-252 u.o.Cm-242	-	1	-	-	-	1
anger. Uran	1	-	-	-	-	1

Tab. 4/6 Durch  $\gamma$ -Spektroskopie (oben) und  $\alpha$ -Spektroskopie (unten) identifizierte Radionuklide, sortiert nach fallender Häufigkeit

#### 4.5 Transporte radioaktiver Stoffe

H.-U. Berger

Der Verfasser hat neben seinen sonstigen Aufgaben auch die Verpflichtung, als Strahlenschutzbeauftragter des Fahrdienstes die ordnungsgemäße Durchführung der Transporte radioaktiver Stoffe auf öffentlichen Straßen zu überwachen, sofern dabei Beförderungsgenehmigungen der KfK GmbH in Anspruch genommen werden oder der Fahrdienst die Transporte durchführt. Das gleiche gilt für die vom Fahrdienst auf Werksstraßen des Kernforschungszentrums durchgeführten Transporte radioaktiver Stoffe. Schließlich muß der Verfasser bei den geländeinternen R2-Transporten im Sinne der internen Transportordnung der KfK GmbH (ITO) im allgemeinen die flankierenden Maßnahmen für die Transportabwicklung festlegen.

Bei der Durchführung dieser Aufgaben wurden im Rahmen der vorgeschriebenen Buchführung über die durchgeführten Transporte 90 Beförderungspapiere nach Rn 2002 GGVS und 90 Begleitpapiere nach Absatz 7.1 der ITO durchgesehen. Insbesondere bei den Begleitpapieren der internen Transporte waren wegen unvollständiger oder unklarer Angaben häufig Rückfragen erforderlich. In 27 Fällen mußten für R2-Transporte flankierende Maßnahmen festgelegt werden. Für das Fahrpersonal der betroffenen Organisationseinheiten (P/AV/FD, LAF II, HDB) wurden 2 Strahlenschutzbelehrungen durchgeführt. Die 90 (1986: 109) auf öffentlichen Straßen durchgeführten Transporte radioaktiver Stoffe sind in Tab. 4/7 nach Aktivitätsinventar und Hauptziel- bzw. Ursprungsgruppen aufgegliedert. Es handelte sich ausschließlich um Transporte von LAF II, die zum Zwecke der Prüfung von Iodfilteranlagen in Kernkraftwerken erfolgen (Beförderung von I-131 als Methyljodid in Form von Prüfgas, beladenen Meßadsorbern und kontaminierten Geräten). Die 101 (1986: 120) von P/AV/FD auf Werksstraßen durchgeführten Transporte sind in Tab. 4/8 nach Aktivitätsinventar und Transportart im Sinne der ITO aufgegliedert.

Der KfK-Bericht 4218 über die Festlegung der Transportmodalitäten stieß mit seinen 11 Anhängen innerhalb und außerhalb des Zentrums auf großes Interesse, so daß vom Bericht bereits ein Nachdruck angefertigt werden mußte. Ferner wurde der Verfasser zu vier Vortragsreihen an der Landespolizeischule gebeten, die der Einführung der Gefahrgutkontrolltrupps in die Probleme beim Transport radioaktiver Stoffe dienen.

Darüber hinaus waren wiederholt Mitarbeiter des Kernforschungszentrums und Mitarbeiter fremder Firmen und Behörden bei der Vorbereitung von Transporten radioaktiver Stoffe zu beraten, die teils auf öffentlichen Verkehrswegen, teils nur auf Werksstraßen befördert werden sollten. Diese Beratungen sind oft sehr zeitaufwendig: Die geplanten Beförderungen sollten teilweise auch auf dem Luftweg erfolgen oder in Nicht-ADR-Staaten gehen. In einem Fall sollte neben radioaktivem Material von sehr geringer Radiotoxizität als Kalibrierflüssigkeit eine beträchtliche Menge Tetramethylsilan befördert werden, eine brennbare Flüssigkeit, die einer der höchsten Gefährdungskategorien zugeordnet ist, so daß auch der Einstieg in die Vorschriften der Gefahrgutklasse 3 erforderlich war. Als Nebenprodukt dieser internen Beratungstätigkeit entstand eine synoptische Gegenüberstellung der Straßen- und Eisenbahn-Gefahrgutvorschriften einerseits und der Luftfracht-Gefahrgutvorschriften andererseits für die Beförderung kleiner Mengen radioaktiver Stoffe (wie in Blatt 3 GGVS beschrieben).

Transporte								
mit Aktivitätsinventar A				durch P/AV/FD			durch LAF-II	durch sonstige Organisations-einheiten
A < 0,37 GBq und Leerbehälter	0,37 GBq ≤ A < 37 GBq	37 GBq ≤ A < 3,7 TBq	A ≥ 3,7 TBq	vom und zum Hbf Karlsruhe	vom und zum TRIGA Heidelberg	von und zu sonstigen Adressen	Von und zu sonstigen Kernkraftwerken	
92 (91)	12 (18)	0 (0)	0 (0)	0 (1)	0 (0)	0 (3)	104 (101)	0 (4)

Tab. 4/7: Aktivitätsinventar und Wege der unter KfK-Verantwortung auf öffentlichen Wegen durchgeführten Transporte radioaktiver Stoffe. Die Vorjahreszahlen sind in ( ) angegeben.

Aktivitätsinventar A					als R1-Transport	als R2-Transport
A < 0,37 GBq	0,37 GBq ≤ A < 37 GBq	37 GBq ≤ A < 3,7 TBq	A ≥ 3,7 TBq	ohne Aktivitätsangabe		
64 (66)	15 (30)	21 (21)	1 (3)	0 (0)	97 (120)	4 (0)

Tab. 4/8: Aktivitätsinventar und Transportmodus der durch P/AV/FD innerhalb des eingezäunten KfK-Geländes durchgeführten Transporte radioaktiver Stoffe

#### 4.6 Neues Programm für die Aerosolfilterauswertung

D.Beier

Zu Beginn des Jahres 1987 wurde das Aerosolfilterauswerteprogramm von CBM 4032 (32 KB) auf PC 10-II (640 KB) von uns umgeschrieben. Mit der größeren Speicherkapazität und den 2 Diskettenlaufwerken konnten Wünsche nach mehr Bedienungskomfort verwirklicht werden.

Im einzelnen kann das Programm heute folgendes:

- Die Messung wird vorzeitig beendet, wenn der Rechner festgestellt hat, daß
  - die Aktivität eindeutig größer als der Grenzwert ist,
  - die Aktivität und die Nachweisgrenze eindeutig kleiner als der Grenzwert sind,
  - selbst nach Ablauf der maximalen Meßzeit - bei Grenzwert I 5 min, bei Grenzwert II 100 min - die Nachweisgrenze immer noch größer als der Grenzwert wäre.
- Das Programm hat auf der Diskette von den routinemäßig anfallenden Filtern - Chargen bis zu 25 Filtern - Filternummer, Bestäubungszeit, Filterstandzeit und Luftdurchsatz gespeichert. Eingegeben werden muß nur noch die Chargenerkennung (Gebäudenummer) und das Datum vom Beginn der Bestäubung. Es können mehrere Chargen gleichzeitig in das Eingabemagazin des Probenwechslers eingegeben werden.
- Ausgedruckt wird je ein Protokoll für das Meßlabor, für den entsprechenden Strahlenschutzbereich und bei Grenzwertüberschreitung für den zuständigen SSB.
- Das Programm bietet eine Menüführung. Dies ist besonders für das Schicht- und das Rufbereitschaftspersonal wichtig.
- Das Programm enthält ein Unterprogramm zur Überprüfung der Nulleffekte und Zählwirksamkeiten sowie ein Unterprogramm zur Ermittlung der Pseudokofaktoren.
- Das Programm speichert bei Grenzwertüberschreitung alle Meßdaten auf Diskette, so daß mit den Ergebnissen statistische Auswertungen für die Monats- und Jahresberichte erstellt werden können.

#### 4.7 Programm zur Bilanzierung der Fortluft-Aktivitätsfrachten

##### II. Schüler

##### 4.7.1 Ziel der Arbeit

Den Anlagen auf dem Gelände des Kernforschungszentrums Karlsruhe (KfK), die mit der Fortluft radioaktive Stoffe emittieren, sind Emissionsrichtwerte vorgegeben. Um bei Aktivitätsfreisetzungen aus einer Anlage eine Richtwertüberschreitung durch geeignete Maßnahmen vermeiden zu können, muß die Bilanzierung der Aktivitätsemissionen getrennt nach den identifizierten Nukliden stets auf dem aktuellsten Stand gehalten werden. Diese Bilanzen sind Bestandteil der Auflagen und regelmäßig der Behörde mitzuteilen.

Ziel der vorliegenden Arbeit war, eine rechnergestützte Version der Bilanzierung zu erstellen. Sie sollte eine möglichst komfortable Bedienung ermöglichen und gleichzeitig in der Lage sein, den Betreibern der Anlagen ein Höchstmaß an Übersichtlichkeit und Information mit den Ausdrucken zu bieten, die diesen routinemäßig oder auf Anforderung übergeben werden.

#### 4.7.2 Gewählte Hilfsmittel

Als Rechner wurde ein IBM-kompatibler Commodore AT 40/40 mit einem 1,2 MB Floppy-Laufwerk und einer 40 MB Festplatte gewählt. Zur Ausgabe von Ausdrucken steht ein NEC CP7-Printer zur Verfügung. Zur softwaremäßigen Ausstattung gehört MS-DOS Version 3.2 und das Datenbank- und Tabellenkalkulationsprogramm LOTUS-123 Version 2.

#### 4.7.3 Gestaltung des Arbeitsblattes

Wegen der Vielfalt der einzugebenden Werte ist das Arbeitsblatt in horizontaler und vertikaler Richtung größer als der Bildschirm darstellen kann. Durch Bewegung des Cursors kann jedoch jeder interessierende Bereich zur Anzeige gebracht werden.

Durch den großen Platzbedarfs der Dateiverwaltung können keine beliebig großen Arbeitsblätter im Rechner resident sein. Die Werte eines Emittenten wurden daher so unterteilt, daß jeweils ein Quartal ein separates Arbeitsblatt belegt.

Das Arbeitsblatt besteht aus dem sogenannten Kopfbereich, in dem alle emittentenspezifischen Daten wie z. B. Gebäude-Nr., Quartal-Nr., Jahr, Datum der letzten Aktualisierung, gültige Grenzwerte und aufgelaufene Jahresfracht dargestellt werden, sowie in den entsprechenden Spalten die Überschriften als Kennung für die darunter aufgeführten Werte. Dieser Bereich ist als Kopftitel gegenüber dem restlichen Arbeitsblatt abgegrenzt und bleibt auch beim Bewegen des restlichen Blattes mit dem zugehörigen Abschnitt im Bild.

Der Rest des Arbeitsblattes besteht aus Eingabezeilen, Wochen- Monats- und Quartals-Summiationszeilen, die in Eingabezellen unterteilt sind. Allen ist gemeinsam, daß sie an den entsprechenden Stellen Berechnungs- bzw. Verknüpfungsanweisungen und in der ersten linken Eingabezelle die Sammelintervalle oder eine andere hinweisende Kennung enthalten. Diese Eingabezelle ist gegenüber dem restlichen Arbeitsblatt in Form eines Spaltentitels gesichert, so daß immer der entsprechende Abschnitt sichtbar ist und damit die Eingabeorientierung erhalten bleibt.

Die in einer Erstellungsmaske vorgegebene kleinste Einheit ist eine Eingabezeile pro Woche. Durch einen Makrobefehl können in einen Wochenbereich so viele Eingabezeilen wie benötigt eingefügt werden. Um in jedem Quartals-Arbeitsblatt die aufgelaufenen Jahresfrachten verfolgen zu können, werden im Anhang an das gerade geladene Arbeitsblatt die aufgelaufenen Werte der restlichen drei Quartale eingeblendet und verrechnet.

#### 4.7.4 Graphik

Über die Funktionstaste F 10 kann jederzeit die graphische Darstellung der Relation der aufgelaufenen Frachten in % zum entsprechenden Grenzwert eingeblendet werden, um danach an der gleichen Stelle des Arbeitsblattes mit den Eingaben fortfahren zu können.

#### 4.7.5 Makros

Für alle gängigen Arbeitsabläufe wurden die benötigten Befehlssequenzen in sogenannten Makros zusammengefaßt und mit einem Kennbuchstaben versehen.

Die Eingabe des Makro H läßt z. B. als Hilfe eine Liste der verfügbaren Makros mit Erläuterungen auf dem Bildschirm erscheinen, und das Programm kehrt danach zum Ausgangspunkt zurück.

Ein anderes Beispiel ist der Makro S zum Speichern eines Arbeitsblattes. Wird er gewählt, so wird als erstes die Graphik eingeblendet. Um fortzufahren muß irgendeine Taste gedrückt werden. Erst dann wird abgespeichert. Hierdurch wird dem Eingabe die Möglichkeit gegeben, den Stand der Frachtwerte zu überprüfen und wenn nötig, die entsprechenden Betriebsleiter zu informieren.

Eine besondere Form der Einbindung von Makros ist in der Auto-123-Datei realisiert. Da diese Datei beim Start von LOTUS 123 automatisch als erste geladen wird, wurde in ihr ein Menü erstellt. Es bietet neben der Verzweigung zum Lademenu für Arbeitsblätter und dem Rücksprung zu LOTUS die Möglichkeit aus mehreren automatisierten Printabläufen zu wählen.

#### 4.7.6 Möglichkeiten der Ausgabe

Als Ausgabeeinheiten stehen die Diskettenstation und der Printer zur Verfügung. Über die Diskettenstation können Dateien von der Festplatte oder aus Arbeitsblättern und auch Teile davon auf Disketten gespeichert werden. Benutzer des gleichen Programms können diese übernehmen. Über den Printer können sowohl Arbeitsblätter als auch Graphiken ausgedruckt werden (vgl. Abb. 4/1 und Tab. 4/9).

So wird z. B. mit dem Makro P ein Arbeitsblatt so ausgedruckt wie auf dem Bildschirm angezeigt. Mit Makro A werden alle Eingabezeilen entfernt, Zellen mit dem Inhalt 0 ignoriert und nur die Ergebniszeilen gedruckt. Das ergibt, wie im Anhang ersichtlich, einen sehr übersichtlichen Ausdruck.

Des Weiteren können aus dem Startmenü komplexe Printabläufe angewählt werden. So ist es z. B. möglich, durch Eingabe des entsprechenden Codes automatisch den Ausdruck aller Arbeitsblätter eines bestimmten Quartals zu erhalten. Ein weiterer Code führt zu einem Untermenü, in dem sich die Namen aller Arbeitsblätter befinden. Aus diesen können durch Markierung mit der Zahl 1 beliebig viele Dateien angewählt werden. Nach Beendigung der Auswahl werden automatisch alle gewählten Arbeitsblätter ausgedruckt.

Verläßt man das Programm 123 und lädt PGRAPH, so können aus einem Menü alle diejenigen Graphikdaten durch Markierung ausgewählt werden, die anschließend ausgedruckt werden sollen.

#### 4.7.7 Nachwort

Dieses Programm gestattet die zügige Aktualisierung in dem Tempo, wie die Ergebnisse der Emissionsmessungen eintreffen. Es ermöglicht auch bei Zwischenfällen eine schnelle Vorabaktualisierung durch die Eingabe von telefonisch abgefragten Ergebnissen, die später nach dem Eintreffen der endgültigen Werte gegebenenfalls korrigiert werden können. Die zuständigen Strahlenschutzbeauftragten und Betriebsleiter erhalten regelmäßig die gewünschten Ausdrücke und werden außerdem sofort informiert, wenn ein erhöhter Aktivitätsfrachtwert auftritt.

### Jahresfrachten Geb.534 für 1987

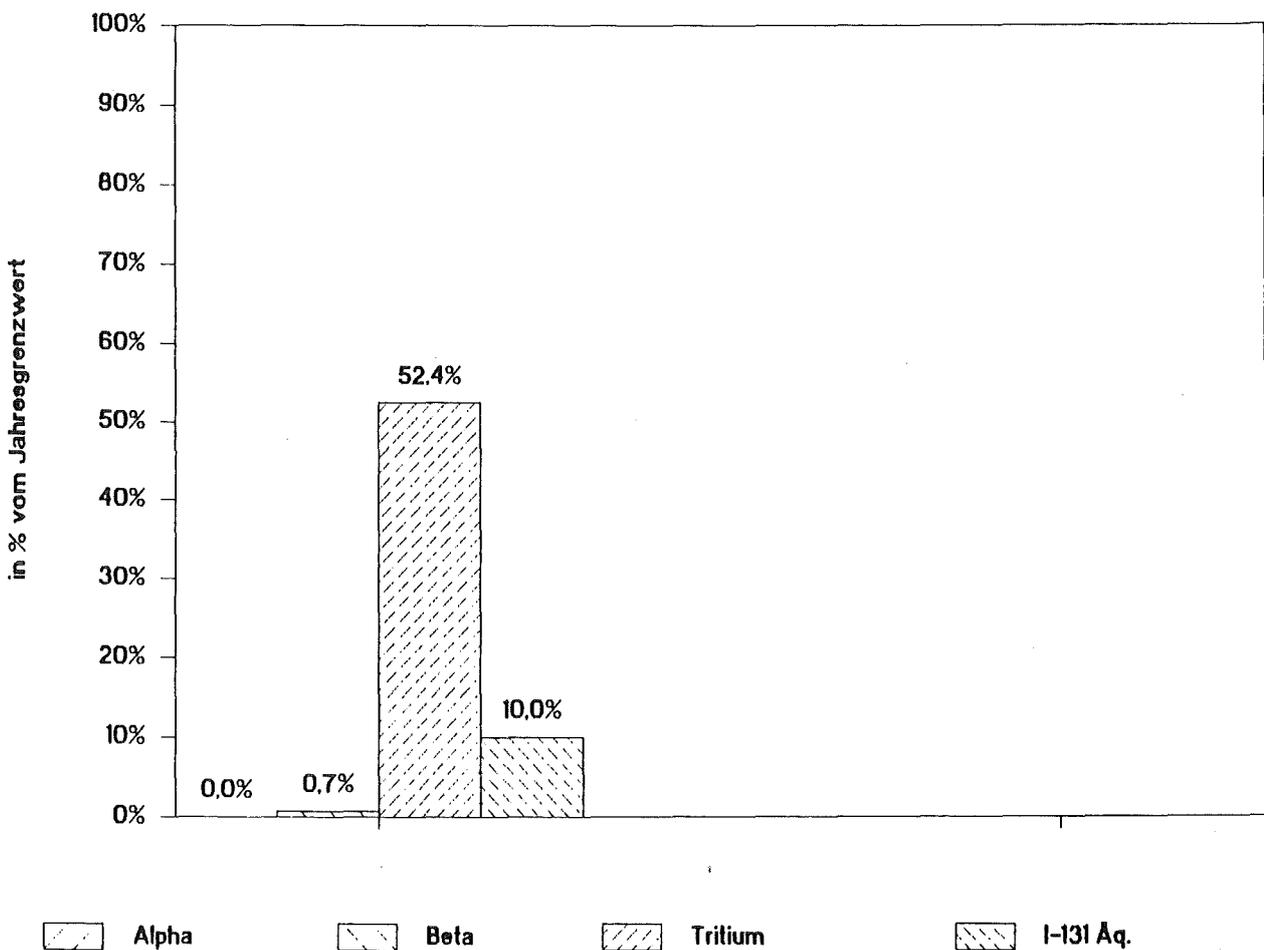


Abb. 4/1: Graphische Darstellung der Fortluftfrachten in Relation zu ihren Grenzwerten

Datum: 20.01.88

HDB-Geb.534		Bilanzierung: 1987 4. Quartal		Stand: 20-Jan-88						
Nuklid/Gruppe:	Sum A-AL	Sum A-BL	HfO	I-131 Äq.	A-BL	Te-125m	Cs-137	I-125	I-129	I-131
zulässiger Wochenwert	4,00E+04	4,00E+07	8,00E+09	1,00E+06				I-131	Äquivalent-Divisoren	
zulässiger Jahreswert	4,00E+04	4,00E+07	8,00E+09	1,00E+06				I-131	Äquivalent-Divisoren	
aufgelaufene Jahressumme	2,67E+05	2,67E+05	4,19E+09	9,99E+04						
Emission/zul.Jahreswert		0,67%	52,43%	9,99%				1,4000	0,1650	1,0000
Summ.40.Woche:28.09 - 05.10		1,10E+03			1,10E+03					
Summ.41.Woche:05.10 - 12.10		1,40E+03	1,00E+08	1,45E+04	1,40E+03			2,40E+03		
Summ.42.Woche:12.10 - 19.10		1,26E+03			1,26E+03					
Summ.43.Woche:19.10 - 26.10		1,07E+03	2,70E+08		1,07E+03					
Summ.44.Woche:26.10 - 02.11		8,93E+02			8,93E+02					
Mon.Sum.Kohlest.2+Sint.Sch.										
Oktober-Summe		5,73E+03	3,70E+08	1,45E+04	5,73E+03			2,40E+03		
Summ.45.Woche:02.11 - 09.11			9,70E+07							
Summ.46.Woche:09.11 - 16.11										
Summ.47.Woche:16.11 - 23.11			1,50E+08							
Summ.48.Woche:23.11 - 30.11		6,40E+03					6,40E+03			
Mon.Sum.Kohlest.2+Sint.Sch.		9,20E+03					9,20E+03			
November-Summe		1,56E+04	2,47E+08				1,56E+04			
Summ.49.Woche:30.11 - 07.12		7,20E+03	4,10E+08				7,20E+03			
Summ.50.Woche:07.12 - 14.12				7,27E+03				1,20E+03		
Summ.51.Woche:14.12 - 21.12		5,20E+03					5,20E+03			
Summ.52.Woche:21.12 - 28.12			1,80E+08							
Summ.53.Woche:28.12 - 04.01										
Mon.Sum.Kohlest.2+Sint.Sch.										
Dezember-Summe		1,24E+04	5,90E+08	7,27E+03			1,24E+04	1,20E+03		
Quartal - IV -		3,37E+04	1,21E+09	2,18E+04	5,73E+03		2,80E+04	3,60E+03		
Quartal - I -		1,52E+05		2,97E+04	9,61E+02		1,51E+05	4,90E+03		
Quartal - II -		2,11E+04	9,27E+08	2,59E+04	6,80E+02	6,70E+03	1,37E+04	4,27E+03		
Quartal - III -		6,01E+04	2,06E+09	2,25E+04	1,95E+04	2,75E+04	1,31E+04	3,71E+03		
Quartal - IV -		3,37E+04	1,21E+09	2,18E+04	5,73E+03		2,80E+04	3,60E+03		
Jahressumme		2,67E+05	4,19E+09	9,99E+04	2,69E+04	3,42E+04	2,06E+05	1,65E+04		

Legende: A - AL = Aktivität - Alpha langlebig  
 A - AK = Aktivität - Alpha kurzlebig  
 A - BL = Aktivität - Beta langlebig  
 A - BK = Aktivität - Beta kurzlebig  
 Sint.Sch. = Sinterscheibe (Filterträger)

Tab. 4/9: Ausdruck eines Quartalsarbeitsblattes

#### 4.8 Monatliche Anzeige von nicht künstlich strahlenexponierten Taschenionisationskammern

H. Dilger

In den insgesamt 54 Sammelfächern in den Institutionen der KfK GmbH wurden über drei Monate zusätzlich je drei TIK ausgelegt. Diese Dosimeter wurden nicht getragen. Sie zeigten somit nur die natürliche ortsspezifische Umgebungsstrahlung und den geräteeigenen Selbstablauf an. An den Monatsenden erfolgte die Ablesung und Nullstellung der Dosimeter. In Abb. 4/2 ist eine Häufigkeitsverteilung in 0,1 mSv-Schritten mit einer gleitenden Mittelung über jeweils drei benachbarte Dosisintervalle dargestellt. Aus dieser Verteilung wurde die Summenhäufigkeitskurve erstellt (s. Abb. 4/3). Der abgelesene Medianwert beträgt 0,107 mSv, sein  $1\sigma$ -Vertrauensbereich geht von 0,086 bis 0,145. Die Streuung des Medianwerts beinhaltet die Variation der natürlichen Umgebungsstrahlung und des Selbstablaufs. Ablese- und Nullstellungsfehler sollten sich im statistischen Mittel ausgleichen. Die Auswertung zeigt aber, daß Dosen in der Nähe von Skalenstrichen bevorzugt angegeben werden.

Die für die Personenüberwachung im KfK eingesetzten TIK werden mindestens einmal monatlich auf 0 zurückgestellt. Bei der Auswertung wird ein einheitlicher Korrekturwert von 0,1 mSv abgezogen. Der aus Abb. 4/3 bestimmte Medianwert weicht nur geringfügig vom Korrekturwert ab und bestätigt diesen. Die Streuung des monatlichen Korrekturwertes wirkt sich je nach dem Anteil der künstlichen Exposition unterschiedlich auf die dokumentierten Werte aus. In Anlehnung an die Auswertung der amtlichen Filmmeßwerte werden seit diesem Jahr Werte  $< 0,1$  mSv als 0 mSv, Werte  $\geq 0,1$  mSv und  $< 0,3$  mSv als 0,2 mSv dokumentiert. In den Vorjahren wurden Werte  $< 0,20$  mSv gleich 0 gesetzt. Meßwerte an TIK ohne künstliche Strahlenexposition  $\geq 0,2$  mSv treten nach Abb. 4/3 in 0,6 % der Fälle auf. Sie werden auf Werte  $\geq 0,1$  mSv korrigiert und damit als 0,2 mSv dokumentiert. Bei einer künstlichen Strahlenexposition von 0,09 mSv führen schon alle Meßwerte des Selbstablaufs und der natürlichen Strahlenexposition  $\geq 0,11$  mSv nach Abb. 4/3 zu korrigierten Werten  $\geq 0,1$  mSv und damit zu dokumentierten Werten von 0,2 mSv. Solche Werte treten in 41 % aller Fälle auf und werden damit zu groß dokumentiert. Aufgrund des statistischen Verhaltens des Selbstablaufs und der natürlichen Strahlenexposition können seit diesem Jahr eine größere Anzahl von Werten mit 0,2 dokumentiert werden, die in den Vorjahren mit 0 angegeben wurden.

#### 4.9 Dichtheitsprüfungen

H. Dilger

Seit Beginn des Berichtsjahres hat die Abteilung HS/Ü die Durchführung der Dichtheitsprüfungen an den umschlossenen Strahlern übernommen. Die Prüfungen erfolgen aufgrund einer atomrechtlichen Genehmigung. Als Prüfgrundlage dient die DIN 25426 T4. Danach müssen alle umschlossenen Strahler oberhalb dem 100fachen der Freigrenze jährlich einer Dichtheitsprüfung unterzogen werden. Für Strahler, die geschützt in Apparaturen eingebaut, nur gelagert oder besonders stabil gebaut sind, können Verlängerungen der Prüf Fristen bei der PTB beantragt werden. Als Prüfverfahren werden für  $\beta$ -Strahler die Wischprüfung, für  $\alpha$ - und n-Strahler die Tauchprüfung angewandt. Die Auswertung geschieht entweder im Proportionalzähler oder durch  $\gamma$ -Spektroskopie. Der Strahler gilt als dicht, wenn die abgewischte oder gelöste Aktivität  $\leq 200$  Bq ist. Im Berichtsjahr wurden 144 Strahler geprüft. Es wurde kein undichter Strahler gefunden. Zwei Strahler waren mit anderen Nukliden kontaminiert.

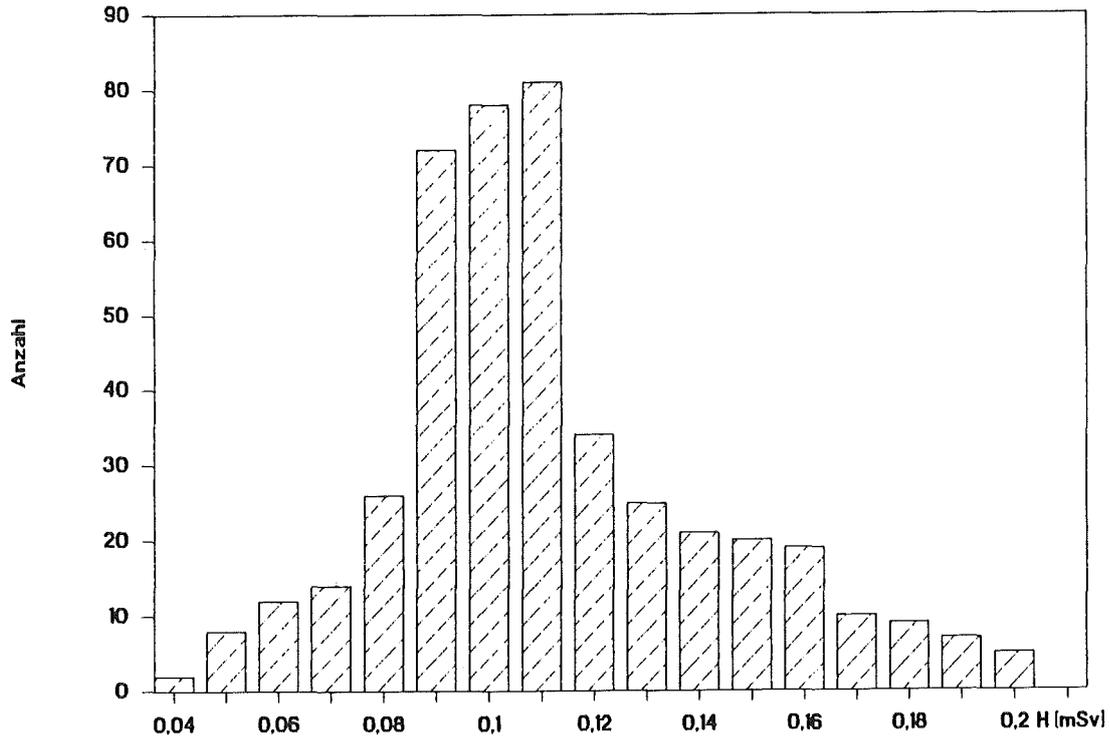


Abb. 4/2: Häufigkeitsverteilung der monatlichen Dosisanzeige nicht künstlich strahlenexponierter Taschenionisationskammern

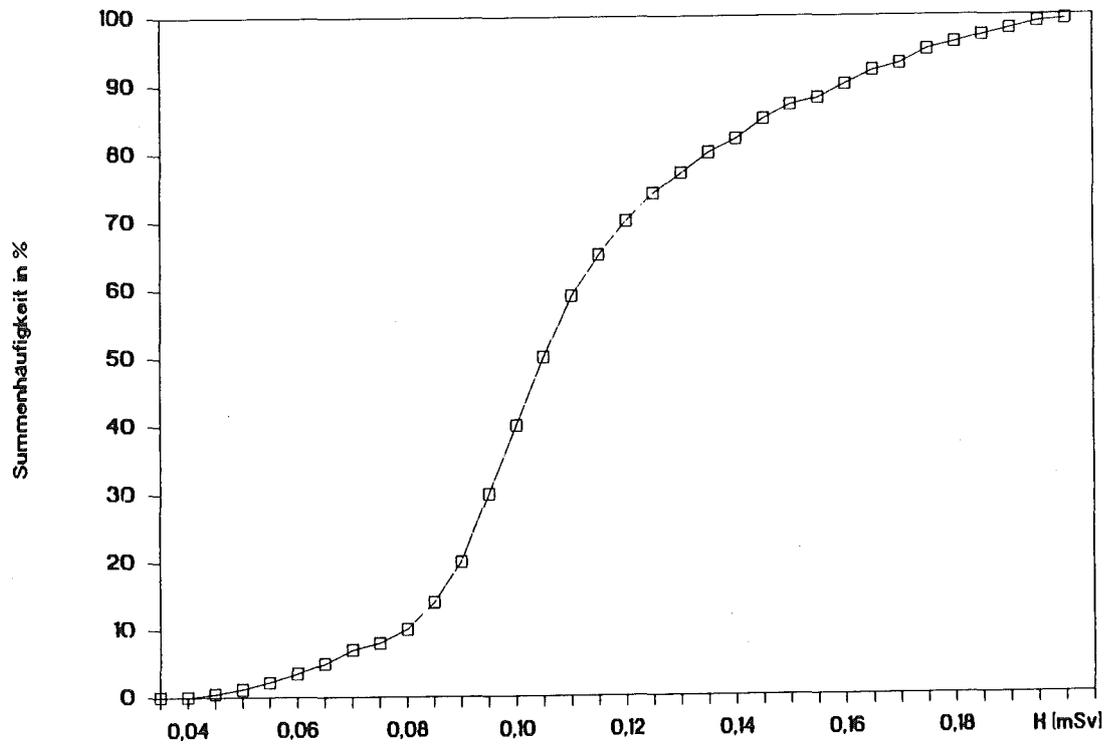


Abb. 4/3: Summenhäufigkeit der monatlichen Dosisanzeige nicht künstlich strahlenexponierter Taschenionisationskammern

## 5 Radioökologie

L.A. König

Aufgaben der Abteilung Radioökologie (HS/R) sind die Messung bzw. Erfassung der radioaktiven Emissionen des Kernforschungszentrums Karlsruhe, die Überwachung der Immissionen und die Untersuchung ökologischer Auswirkungen von Emissionen.

In Kap. 5.1 werden die Ergebnisse von der Gruppe „Emissions- und Immissionsüberwachung“ dargestellt. Von dieser Gruppe werden die Aktivitätsableitungen in die Atmosphäre aus dem gesamten Kernforschungszentrum koordiniert. Außerdem wird die Dosisexposition der Umgebung mit den Planungswerten des Abluftplans und mit den tatsächlichen Emissionen berechnet. In der HS/R werden alle im Zuständigkeitsbereich der KfK GmbH anfallenden Proben der Abluftüberwachung gemessen. Das Abwasserlabor mißt die Aktivitätskonzentrationen der Abwässer aus den Abwassersammelstationen zur Entscheidung, ob diese dekontaminiert werden müssen oder direkt der Kläranlage zugeführt werden dürfen, sowie die Aktivitätskonzentrationen der aus der Kläranlage zum Vorfluter abzuleitenden Abwässer. Aufgabe der Umgebungsüberwachung ist die Messung der  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlung und der Aktivitätskonzentrationen in der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe. Die  $\alpha$ - und  $\beta$ -Strahlung wird mit Hilfe von Zählrohrstationen und Festkörperdosimetern auf dem Betriebsgelände und in der Umgebung gemessen. Zur Bestimmung des Radioaktivitätsgehaltes in Luft, Wasser, Boden, Schlamm, Fisch und landwirtschaftlichen Produkten werden regelmäßig Proben aus der Umgebung des Kernforschungszentrums gemessen. Alle Dosimeterauswertungen, deren Ergebnisse im Kap. 5 berichtet werden, lagen in der Hand der HS-Abteilung Dosimetrie (Leitung: Dipl.-Phys. E. Piesch). Abluft-, Abwasser- und Umgebungsüberwachung werden von der Gruppe „Nuklid- und Elementbestimmungen“ unterstützt, wenn zur Messung der Emissionen oder Immissionen radiochemische oder spektrometrische Bestimmungen benötigt werden. Die Berichterstattung über die Ergebnisse der Überwachungsprogramme erfolgt vierteljährlich durch die zuständigen Gruppen. Zum Jahresbeginn 1987 wurden die Aufgabengebiete Emissions-/Immissionsüberwachung, Radionuklidbestimmung sowie ökologische Untersuchungen organisatorisch zusammengefaßt.

Die Qualität der Messungen wird durch Teilnahme an Ringversuchen gewährleistet. 1987 nahm die HS/R an folgenden Ringversuchen teil (in Klammern: koordinierende Institution):

- Abluft (Institut für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes, Neuherberg).
- Radionuklidgehalt im Abwasser von Kernkraftwerken (Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes, Berlin).
- $\alpha$ -Strahler im Wasser (Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes, Berlin).
- Tritium im Wasser (Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz).

Die hierbei erzielten Ergebnisse entsprachen allen Wünschen. Im Auftrag werden die oben beschriebenen Messungen auch für andere kerntechnische Anlagen durchgeführt. Die Verrechnung erfolgt dabei nach einer aufwandsbezogenen Gebührentabelle. Auch 1987 wurden Arbeiten für externe Auftraggeber durchgeführt.

Kap. 5.2 berichtet über die 1987 durchgeführten  $\gamma$ -spektrometrischen und chemischen Analysen, Kap. 5.3 über die ökologischen Untersuchungen. Neue Ergebnisse, die im Zusammenhang mit dem Reaktorunfall von Tschernobyl anfielen, sind in Kap. 8 wiedergegeben.

## 5.1 Emissions- und Immissionsüberwachung sowie Modelle

### 5.1.1 Fortluftüberwachung

#### 5.1.1.1 Grundsätze und Berechnungsgrundlagen

A. Wicke

Die Ableitung radioaktiver Stoffe aus dem KfK in die Atmosphäre wird seit 1969 gemäß Grundsätzen, die mit der Aufsichtsbehörde vereinbart sind, in einem für das jeweilige Jahr gültigen „Abluftplan“ vorgeplant. Dieser Abluftplan enthält für die einzelnen Emittenten des KfK die höchstzulässigen Jahres- und Kurzzeitabgaben, aufgeschlüsselt nach Radionukliden bzw. Radionuklidgruppen. Die Ableitungen der von der KfK GmbH betriebenen Anlagen werden in Zusammenarbeit mit den Mitarbeitern der Abteilung „Strahlenschutzüberwachung“ (Leitung: Dr. H. Dilger) der HS ermittelt. Die Fortluftüberwachung der Anlagen des KfK, die nicht von der KfK GmbH betrieben werden, erfolgt durch die zuständigen Betreiber.

#### Nuklidgruppen

Im Abluftplan 1987/1988 des KfK sind die radioaktiven Emissionen in Nuklidgruppen und Einzelnuclide eingeteilt und in folgende Nuklidgruppen unterteilt

$\alpha$ -kurz ( $A_{AK}$ )	$\alpha$ -aktive Aerosole mit einer Halbwertszeit kleiner als 8 Tage
$\alpha$ -lang ( $A_{AL}$ )	$\alpha$ -aktive Aerosole mit einer Halbwertszeit gleich oder größer als 8 Tage
$\beta$ -kurz ( $A_{BK}$ )	$\beta$ -aktive Aerosole mit einer Halbwertszeit kleiner als 8 Tage
$\beta$ -lang ( $A_{BL}$ )	$\beta$ -aktive Aerosole mit einer Halbwertszeit gleich oder größer als 8 Tage
E	radioaktive Edelgase
$G_K$	kurzlebige aktivierte Gase
H-3	Tritium als HTO bzw. HT
I	radioaktives Iod (I-131-Äquivalent)
C-14	radioaktiver Kohlenstoff

Die Einführung von Nuklidgruppen bedeutete keinen Verzicht auf die Bilanzierung der Ableitungen von einzelnen Radionukliden. Sie ist jedoch bei verschiedenen Emittenten des KfK notwendig, da bei diesen einerseits die Nuklidzusammensetzungen in den Ableitungen nicht vorhergesagt werden können, andererseits aber doch direkt meßbare höchstzulässige Ableitungen vorgegeben werden müssen. In allen Fällen, in denen sich aufgrund der kontinuierlichen Aerosolüberwachung oder der Bilanzierungsmessungen Hinweise darauf ergaben, daß die zulässigen Kurzzeitabgaben (Wochen- bzw. Tagesgrenzwerte) erreicht worden sein könnten, wurden nuklidspezifische Untersuchungen vorgenommen. Im folgenden wird auf die Nuklidzusammensetzung der einzelnen Gruppen eingegangen.

#### $\alpha$ -kurz ( $A_{AK}$ )

Die Emission von  $\alpha$ -aktiven-Aerosolen mit einer Halbwertszeit unter 8 Tagen ist laut Abluftplan 1987/1988 nicht vorgesehen.

### $\alpha$ -lang ( $A_{AL}$ )

Es wurde bei allen Emittenten - mit Ausnahme der HDB, der WAK, des IKVT und des IMF I - angenommen, daß die Aktivität der Gruppe  $A_{AL}$  als Pu-239 abgegeben wird. Das ist eine konservative Annahme, obwohl theoretisch durch Am-241, Pa-231 oder Cf-249 noch geringfügig höhere Äquivalentdosen verursacht werden könnten. Davon abweichend wurde für die Emittenten IKVT und IMF I die Emission von U-238 und für die WAK und die HDB die Emission eines  $\alpha$ -aktiven Nuklidgemisches angenommen, welches sich zu gleichen Teilen aus Pu-238, Pu-239 und Am-241 zusammensetzt. Bei der Berücksichtigung der Vorbelastung durch die Kernkraftwerke Philippsburg (KKP 1 und KKP 2) wird bei KKP 1 ein Siedewasserreaktor-Aerosolgemisch und bei KKP 2 ein Druckwasser-Aerosolgemisch entsprechend der Empfehlung des BMI angenommen.

### $\beta$ -kurz ( $A_{BK}$ )

Für die meisten Institute und Reaktoren wird in Gruppe  $A_{BK}$  der kurzlebige Anteil eines  $\beta$ -aktiven Spaltproduktgemisches mit einer Kühlzeit von 0 h angenommen; die Halbwertszeit der in diesem Gemisch berücksichtigten Nuklide ist jeweils kleiner als 8 Tage. Von dieser Regelung ausgenommen sind die folgenden Institute, für die das entsprechende Leitnuklid jeweils angegeben wird: LIT, Geb. 403/404, F-18 und IK III, Geb. 351 (KAZ), Rb-81.

### $\beta$ -lang ( $A_{BL}$ )

Die in Gruppe  $A_{BL}$  zu berücksichtigenden Nuklide sind meist Spaltprodukte, deren Alter die Zusammensetzung bestimmt. Für die Reaktoren und Institute - mit Ausnahme des IK III/Zyklotron (hier ist Be-7 bzw. Tl-204 Leitnuklid) und das IGT (Leitnuklid: Pu-241) - wurde der längerlebige Anteil eines Spaltproduktgemisches mit 0 h Kühlzeit (ohne Berücksichtigung des Sr-Anteils) angenommen. Für die WAK und die HDB wurde die Zusammensetzung eines längerlebigen  $\beta$ -aktiven Spaltproduktgemisches aus KfK 1945 übernommen (Brennstoff-Eigenschaften: auf 3 % U-235 angereichertes Uran, leichtwassermoderierter Reaktor, Abbrand 34 000 MWd/t Schwermetall, Kühlzeit drei Jahre). Zusätzlich wurden für alle Emittenten - mit Ausnahme des IK III/Zyklotron und des IGT - 10 % der Emissionsrate der Gruppe  $A_{BL}$  als Sr-90 berücksichtigt. Weiterhin werden bei WAK, der Verbrennungsanlage, IHCH und TU 10 % der Emissionsrate als Pu-241 berücksichtigt. Bei der Berechnung der Vorbelastung durch die Kernkraftwerke Philippsburg wird bei KKP 1 ein Siedewasserreaktor-Aerosolgemisch und bei KKP 2 ein Druckwasserreaktor-Aerosolgemisch entsprechend der Empfehlung des BMI angenommen.

### $E$ und $G_K$

Leitnuklid beider Nuklidgruppen ist für die WAK Kr-85 (hier wird zusätzlich 0,1 % der Emissionsrate der Gruppe E als Ar-41 angenommen), für das IK III/Zyklotron (KAZ) N-13 und für KNK sowie alle anderen Institute Ar-41. Die Gruppe  $G_K$  wird mit E zusammengefaßt, da sie im Vergleich zu Gruppe E nur geringfügige Emissionswerte enthält. Für die Kernkraftwerke Philippsburg (KKP 1 und KKP 2) wird für die Nuklidgruppe E Xe-133 als Leitnuklid angenommen.

### Radioaktives Iod

Das Alter der Spaltprodukte bestimmt das radiologisch überwiegende Isotop. In der WAK werden z. B. so alte Brennelemente aufgearbeitet, daß dort das Nuklid I-129 dominiert. Da nicht die Aktivität, sondern die Dosis in der Umgebung begrenzt werden soll, wird im Abluftplan das I-131-Äquivalent angegeben. Dieses erzeugt bei einem Kleinkind durch Ingestion über den Luft-Weide-Kuh-Milch-Pfad jeweils die gleiche Schilddrüsendosis unabhängig vom emittierten Iodisotop. Organisches Iod ist hinsichtlich des Dosisfaktors mit 0,01 gewichtet und mit elementarem Iod zusammengefaßt. Die Faktoren  $f_i$  (Stand 1985), mit deren Hilfe die Ableitungen von Radioiodisotopen auf I-131-Äquivalent umgerechnet werden, sind:

Iodisotop	$f_i$	Iodisotop	$f_i$
I-123	5 900	I-131	1
I-124	2	I-132	1 220
I-125	1,4	I-133	20
I-126	0,6	I-134	2 900
I-129	0,165	I-135	16 000
I-130	2 050		

Tab. 5/1:  $f_i$ -Faktoren für Iodisotope

$f_i$  ist durch die Beziehung

$$f_i = \frac{A_i}{A_{131}}$$

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

#### Dosisberechnungsverfahren

Seit dem Jahr 1984 wird - entsprechend den „Grundsätzen für die Ableitung radioaktiver Stoffe in die Luft aus dem KfK“ vom Mai 1983 - anstatt der Ganzkörperdosis die effektive Äquivalentdosis (kurz: Effektivdosis) abgeschätzt. (Dosis und Dosisleistung bedeutet im folgenden Text stets Äquivalentdosis bzw. Äquivalentdosisleistung.) Die Berechnung der Organdosen folgt der „Allgemeinen Berechnungsgrundlage für die Strahlenexposition bei radioaktiven Ableitungen mit der Abluft oder in Oberflächengewässer“ des BMI, Gemeinsames Ministerialblatt, Ausgabe A, 30, 369 (1979) und 33, 735 (1982). Von den dort beschriebenen Verfahren und Parametern wird in folgenden Punkten abgewichen:

- Es werden die durch Experimente des KfK ermittelten Ausbreitungsparameter  $\sigma_y$  und  $\sigma_z$  verwendet.
- Bei der Berechnung des Langzeitausbreitungsfaktors wird eine azimutale Gleichverteilung nicht der Aktivitätskonzentration - wie vom BMI empfohlen -, sondern der Windrichtung über jeden Sektor angenommen. Das ist sachlich richtiger und vermeidet Sprünge an den Sektorgrenzen.
- Es werden die dem Stand der Wissenschaft entsprechenden Dosisfaktoren aus ICRP 30 sowie von D.C. Kocher und anderen neueren Quellen verwendet.
- Die Einzelorgan- bzw. Teilkörperdosen werden nach ICRP 26 gewichtet und für jeden Expositionspfad zu einer Effektivdosis zusammengefaßt.

#### Meteorologische Parameter

Die für die Ausbreitungsrechnung benötigten meteorologischen Parameter werden am 200 m hohen Meßturm gemessen. Für die Berechnung der Strahlenexposition im Vorjahr (Diagnose) werden die aktuellen meteorologischen Meßwerte des Vorjahres verwendet. Für die Vorausberechnung der Strahlenexposition im Folgejahr (Prognose) wird die vierparametrische meteorologische Statistik der Jahre 1972 bis 1982 (s. KfK 3477) zugrunde gelegt. Die Ausbreitungsparameter  $\sigma_y$  und  $\sigma_z$  entsprechen den Ergebnissen der Ausbreitungsversuche im KfK mit Emissionshöhen von 60 m und 100 m (s. KfK 2775).

*Dosisumrechnungsfaktoren*

Die Dosisfaktoren, die zur Berechnung der Organ- und der effektiven Äquivalentdosen durch Inhalation, Ingestion und  $\gamma$ -Strahlung aus der Abluftfahne benötigt werden, wurden vom Institut für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes zur Verfügung gestellt. Die Dosisfaktoren für Inhalation und Ingestion entsprechen bis auf wenige Ausnahmen den in ICRP 30 publizierten. Die chemische Spezies der Nuklide, die zur Auswahl der Inhalations- und Ingestionsklassen bekannt sein muß, wurde entsprechend der Tab. 2 in KfK 3664 festgelegt. Die Organdosen und die effektive Äquivalentdosis durch den Expositionspfad „ $\gamma$ -Strahlung über kontaminiertem Boden“ wurden mit Hilfe der von D.C. Kocher veröffentlichten Dosisfaktoren (Health Phys. 38, 543 (1980)) bestimmt, wobei Dosisbeiträge durch Tochter-nuklide mitberücksichtigt wurden. Die Dosisumrechnungsfaktoren für Organ- und Effektivdosis der wichtigsten Nuklide bzw. Nuklidgruppen sind in Tab. 5/2 aufgelistet.

Expositions-pfad	Organ	Nuklid bzw. Nuklidgruppe	chemische Verbindung	Dosisumrechnungs-faktor
$\gamma$ -Submersion [Sv·m <sup>2</sup> /Bq·s]	effektiv	N-13	-	2,35 E-17
		A-41	-	2,70 E-17
		Xe-133	-	1,10 E-18
$\gamma$ -Bodenstrahlung* [Sv·m <sup>3</sup> /Bq·s]	effektiv	$\beta$ -lang alt	-	1,46 E-10
		$\beta$ -lang frisch	-	4,90 E-12
Inhalation [Sv·m <sup>3</sup> /Bq·s]	effektiv	$\alpha$ -lang alt	Nitrate oder leicht lösliche Verbindung	2,45 E-08
		$\beta$ -kurz alt	"	1,20 E-13
		$\beta$ -kurz frisch	Oxide	2,10 E-13
		$\beta$ -lang alt	"	1,13 E-11
		$\beta$ -lang frisch	"	3,90 E-12
		Lunge	$\alpha$ -lang alt	"
	$\beta$ -lang alt		"	7,93 E-11
	$\beta$ -lang frisch		"	2,35 E-11
	rotes Knochenmark	$\alpha$ -lang alt	Nitrate oder leicht lösliche Verbindung	3,42 E-08
		$\beta$ -lang alt	"	3,50 E-12
		$\beta$ -lang frisch	Oxide	1,40 E-12
	Knochenoberfläche	$\alpha$ -lang alt	Nitrate oder leicht lösliche Verbindung	4,29 E-07
$\beta$ -lang alt		"	8,60 E-12	
$\beta$ -lang frisch		"	3,61 E-11	
Ingestion** [Sv·m <sup>3</sup> /Bq·s]	effektiv	$\alpha$ -lang alt	"	2,20 E-09
		$\beta$ -lang alt	"	8,00 E-14
		$\beta$ -lang frisch	Oxide	2,30 E-13
		$\beta$ -lang alt	Nitrate oder leicht lösliche Verbindung	4,80 E-10
		$\beta$ -lang frisch	Oxide	4,30 E-11
	Schilddrüse Kleinkind	I-131	elementar	7,11 E-08

\*Nur zur trockenen Ablagerung der Aktivität auf Boden und Pflanze gehörende Anteil

\*\*Aus Radiological Protection Bulletin, NRPB, No. 54, 9 (Sept. 1983)

Tab. 5/2: Dosisumrechnungsfaktoren

### *Dosisberechnung*

$\beta$ -Submersions-, Inhalations- und Ingestionsdosen werden als proportional zur Aktivitätskonzentration in der Nähe des Aufpunktes angenommen. Das Berechnungsverfahren für diese Dosen bzw. Dosisleistungen ist daher einheitlich. Das Rechenprogramm ISOLA III (KfK 2698) berechnet und zeichnet die Isolinien für gegebene Dosisleistungen. Das FORTRAN-IV-Rechenprogramm WOLGA 1 (s. KfK 2189) berechnet die  $\gamma$ -Submersionsdosis an Aufpunkten in der Umgebung mehrerer Emittenten als Summe der Dosisbeiträge der Aktivität im Raum. Bei den berechneten externen  $\gamma$ - und  $\beta$ - Strahlendosen handelt es sich um Ortsdosen, die am Aufpunkt mit einem Strahlenmeßgerät als zusätzliche Dosis - zusätzlich zur natürlichen Strahlung an diesem Ort - gemessen worden wären. Zur Ermittlung der Personendosis müßte demgegenüber berücksichtigt werden, daß sich eine Person nicht die ganze Zeit am selben Ort aufhält (das gilt auch für die Inhalationsdosis) und daß Gebäude und Kleidung die Strahlung teilweise abschirmen. Die berechneten Schilddrüsendosen können nur dann entstehen, wenn an dem betreffenden Ort Weidewirtschaft mit Kühen betrieben wird und die Milch dieser Kühe unvermischt von Kleinkindern, z. B. in einer der benachbarten Ortschaften, kurz nach der Produktion konsumiert wird. Ähnliche Annahmen gelten für die berechneten Ingestionsdosen.

#### 5.1.1.2 Emissionsdaten für 1987

A. Wicke, S. Rinn, H. Wilker

In Tab. 5/3 wird eine Übersicht über die im Jahr 1987 von den einzelnen Anlagen des KfK abgeleiteten Aktivitäten gegeben. Werte, die unter der nach KTA-1503 geforderten Nachweisgrenze lagen, wurden nicht bilanziert. Auf die Wiedergabe der einzelnen Grenzwerte für Kurzzeitabgaben wurde verzichtet, jedoch ist angegeben, welche Effektivdosis sich durch die tatsächliche Emission am Hauptbeaufschlagungspunkt der betreffenden Anlage im ungünstigsten Fall ergibt. Diese Dosisbeiträge dürfen für die Gesamt-KfK nicht direkt addiert werden, da verschiedene Aufpunkte betrachtet werden (vgl. Kap. 5.1.1.3).

Bei den Radioiodableitungen werden bis auf I-129 nicht die Ableitungen von einzelnen Radioiodisotopen angegeben, sondern nur die mit I bezeichnete Summe der I-131-Äquivalentwerte. Bei den kurzlebigen Radionukliden wurde folgendermaßen verfahren: Wenn die Annahme einer über die gesamte Sammelperiode konstanten Radioaktivitätsemission plausibel war, wurde die Berechnung unter dieser Annahme durchgeführt. War der Zeitpunkt einer einmaligen Ableitung bekannt, so wurde dies berücksichtigt. Hatten zu n bekannten Zeitpunkten Freisetzungen unbekannter Aufteilung stattgefunden, so wurden n gleichgroße Ableitungen zu diesen Zeitpunkten vorausgesetzt. Lagen dagegen keine Informationen über den Zeitpunkt der Freisetzung vor, wurde die Freisetzung zu 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 Strahlenexposition durch kurzlebige Radionuklide ist die Ungenauigkeit durch die verglichen mit der Sammelperiode kleine Halbwertszeit ohne Bedeutung, da diese Nuklide nur einen vernachlässigbar kleinen Beitrag zur Strahlenexposition der Umgebungsbevölkerung liefern. In keinem Fall wurde der zulässige Jahreswert überschritten. Zum Vergleich werden Jahressummen für das Vorjahr wiederholt.

Die Gesamtableitungen aus dem KfK in die Atmosphäre des Jahres 1987 sind denen des Vorjahres in der Tab. 5/4 gegenübergestellt. 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.

Ort Nuklid/ Nuklidgruppe	Zulässige Ableitungen (Anlagenrichtwert)		Tatsächliche Ableitungen Bq/a	Vorjahres- wert der Ableitungen Bq/a	Effektiv- dosis am Beaufschla- gungsmaxi- mum der Anlage; $\mu\text{Sv}$
	Bq/Woche	Bq/a			
IGT, Geb. 317 $\Lambda_{\text{AL}}$ $\Lambda_{\text{BL}}$ I		1,0 E05 1,0 E06 1,0 E06	- 4,05 E03 5,80 E05	- - -	< 0,01
IRCh, Geb. 321 $\Lambda_{\text{AL}}$ $\Lambda_{\text{BL}}$ E H-3 I		1,0 E05 2,0 E07 1,0 E12 4,0 E12 6,0 E06	- - 1,11 E11 3,00 E08 4,18 E04	< 7,6 E03 2,1 E06 2,6 E11 < 1,6 E10 4,2 E07	0,01
IRCh, Geb. 321A $\Lambda_{\text{AL}}$ $\Lambda_{\text{BL}}$ E H-3 I	1,0 E04 1,0 E07 2,0 E12 2,0 E09 3,0 E06	2,0 E05 2,0 E08 4,0 E13 4,0 E10 6,0 E07	1,27 E02 3,50 E05 5,70 E11 1,95 E09 2,90 E04	< 1,8 E03 < 5,6 E04 1,4 E11 < 3,5 E09 6,9 E06	0,03
IRCh, Geb. 341 $\Lambda_{\text{AL}}$ $\Lambda_{\text{BL}}$ E H-3 I		1,0 E05 1,0 E07 2,0 E11 2,0 E12 6,0 E06	- - 2,29 E09 9,20 E08 -	< 9,9 E03 1,2 E06 < 7,9 E09 < 2,2 E10 2,3 E07	< 0,01
BFE, Geb. 324 GK		1,0 E09	-	-	-
BFE, Geb. 325 H-3		5,0 E07	-	-	-
KIZ, Geb. 351 E		1,0 E13	3,89 E12	5,1 E12	< 0,01
KAZ, Geb. 351 $\Lambda_{\text{BK}}$ $\Lambda_{\text{BL}}$ E I	5,0 E08 5,0 E06 5,0 E12 1,0 E05	1,0 E10 1,0 E08 1,0 E14 2,0 E06	1,71 E07 2,28 E04 4,53 E12 1,29 E06	4,9 E06 3,4 E04 3,0 E12 2,7 E06	0,47
KIZ, Geb. 351, Boxenabluft $\Lambda_{\text{BK}}$ $\Lambda_{\text{BL}}$ I		1,0 E10 1,0 E08 2,0 E06	5,71 E06 1,61 E04 1,14 E01	3,2 E06 < 9,0 E03 1,1 E05	< 0,01
LIT, Geb. 403 $\Lambda_{\text{BL}}$		1,0 E08	-	< 9,5 E03	< 0,01

Tab. 5/3: Ableitung radioaktiver Stoffe aus dem KfK in die Atmosphäre im Jahr 1987

Ort Nuklid/ Nuklidgruppe	Zulässige Ableitungen (Anlagenrichtwert)		Tatsächliche Ableitungen Bq/a	Vorjahres- wert der Ableitungen Bq/a	Effektiv- dosis am Beaufschla- gungsmaxi- mum der Anlage; µSv
	Bq/Woche	Bq/a			
LAF II, Geb. 415 A I	5,0 E05	1,0 E07	3,75 E05	< 1,9 E06	< 0,01
LAF II, Geb. 415 B I	1,0 E06	2,0 E07	1,85 E04	< 1,6 E06	< 0,01
INR, Geb. 420/423/453 H-3		1,9 E12	-	-	-
HDB, Geb. 534 A <sub>AL</sub> A <sub>BL</sub> H-3 I		4,0 E04 4,0 E07 8,0 E09 1,0 E06	- 2,67 E05 4,35 E09 9,99 E04	< 4,5 E03 6,6 E05 < 4,5 E09 -	< 0,01
HDB, Geb. 536 A <sub>AL</sub> A <sub>BL</sub> H-3 I	2,0 E06 4,0 E08 1,0 E12 1,9 E07	4,0 E07 8,0 E09 2,0 E13 4,0 E08	8,78 E06 3,68 E09 3,92 E11 4,84 E07	3,2 E07 3,6 E09 8,0 E10 4,5 E08	2,3
HDB, Geb. 543 A <sub>AL</sub> A <sub>BL</sub>		4,0 E05 4,0 E07	5,72 E02 2,49 E04		< 0,01
HDB, Geb. 545/553 A <sub>AL</sub> A <sub>BL</sub> H-3 I	5,0 E04 2,0 E07 4,0 E09 2,0 E06	1,0 E06 5,0 E08 8,0 E10 5,0 E07	1,03 E05 5,52 E06 1,49 E10 8,98 E06	7,0 E05 5,3 E06 < 3,8 E10 6,7 E07	0,09
HDB, Geb. 555 A <sub>AL</sub> A <sub>BL</sub> H-3 I	5,0 E04 2,0 E07 4,0 E09 2,0 E06	1,0 E06 5,0 E08 8,0 E10 5,0 E07	- 7,07 E04 4,93 E09 1,10 E07	< 3,3 E03 6,4 E05 < 1,1 E10 3,2 E07	0,03
HDB, Geb. 548 Ost, und INE, Geb. 547 A <sub>AL</sub> A <sub>BL</sub> H-3 I	6,0 E04 1,0 E07 4,0 E09 1,0 E06	1,2 E06 2,0 E08 8,0 E10 2,0 E07	1,82 E04 1,36 E05 2,70 E08 3,15 E05	< 6,9 E04 1,9 E06 4,4 E10 1,2 E08	0,01
HDB, Geb. 548 West A <sub>AL</sub> A <sub>BL</sub> H-3 I	3,0 E04 1,0 E07 4,0 E09 1,0 E06	7,0 E05 2,0 E08 8,0 E10 2,0 E07	6,48 E02 3,40 E04 3,25 E10 4,81 E06	< 1,4 E04 1,8 E06 < 3,3 E10 1,2 E08	0,03

Tab. 5/3: Fortsetzung

Ort Nuklid Nuklidgruppe	Zulässige Ableitungen (Anlagenrichtwert)		Tatsächliche Ableitungen Bq/a	Vorjahres- wert der Ableitungen Bq/a	Effektiv- dosis am Beaufschla- gungsmaxi- mum der Anlage; µSv
	Bq/Woche	Bq/a			
IMF III, Geb. 573/574 Λ <sub>AL</sub> Λ <sub>BL</sub>		2,0 E05 2,0 E07	- -	< 1,5 E04 < 5,5 E05	< 0,01
KTB/FR2, Geb. 606 - 608 Λ <sub>AL</sub> Λ <sub>BL</sub> II-3 I		1,0 E06 1,0 E08 5,0 E12 2,0 E07	9,03 E02 8,10 E03 3,91 E10 1,00 E06	< 4,3 E03 3,3 E05 2,2 E11 7,8 E07	< 0,01
IT, Geb. 601/602 Λ <sub>AL</sub> Λ <sub>BL</sub> II-3		8,0 E05 3,0 E06 1,0 E07	1,33 E02 4,75 E03 -	< 2,6 E03 9,7 E05 < 1,6 E05	< 0,01
IMF I, Geb. 681 Λ <sub>AL</sub>		5,0 E05	-	< 4,6 E03	-
KTB/IIZ, Geb. 701 Λ <sub>AL</sub> Λ <sub>BL</sub> E II-3 I	8,5 E05 3,4 E08 2,0 E12 4,0 E10 9,0 E06	1,7 E07 6,8 E09 4,0 E13 8,0 E11 1,8 E08	- 2,91 E06 5,92 E10 9,54 E09 2,14 E06	< 2,0 E04 8,9 E06 4,3 E10 < 7,5 E10 1,2 E08	< 0,01
INE Geb. 712 Λ <sub>AL</sub> Λ <sub>BL</sub>		1,0 E06 1,0 E08	- -	< 2,7 E03 4,7 E05	< 0,01
IIICh, Geb. 721/724/726 Λ <sub>AL</sub> Λ <sub>BL</sub> II-3 I		3,0 E06 3,0 E08 2,0 E11 4,0 E07	- 2,39 E04 1,57 E09 -	< 2,3 E04 < 5,6 E05 < 5,3 E10 < 6,4 E07	< 0,01
IIICh, Geb. 725 Λ <sub>AL</sub> Λ <sub>BL</sub> I	3,7 E04 9,3 E06 9,3 E04	1,0 E05 1,0 E07 1,0 E06	- 1,54 E05 -	< 6,4 E03 < 1,3 E05 < 1,2 E07	0,01
KBG/KNK, Geb. 741 Λ <sub>AL</sub> Λ <sub>BL</sub> E II-3 I	2,8 E05 1,4 E08 9,3 E12 2,0 E11 9,3 E06	1,1 E07 5,6 E09 1,5 E14 4,0 E12 3,7 E08	- 1,84 E05 2,14 E12 3,49 E11 -	< 1,43 E05 1,31 E05 2,48 E12 6,17 E11 < 5,05 E06	< 0,07

Tab. 5/3: Fortsetzung

Ort Nuklid Nuklidgruppe	Zulässige Ableitungen (Anlagenrichtwert)		Tatsächliche Ableitungen Bq/a	Vorjahres- wert der Ableitungen Bq/a	Effektiv- dosis am Beaufschla- gungsmaxi- mum der Anlage; $\mu\text{Sv}$
	Bq/Woche	Bq/a			
TU, Geb. 806					
$\Lambda_{AL}$		1,0 E06	4,20 E03	2,10 E03	< 0,01
$\Lambda_{BL}$		4,0 E08	5,57 E04	1,30 E06	
KBG/MZFR, Geb. 901					
$\Lambda_{AL}^{**}$		1,0 E06	1,02 E05	6,61 E04	0,15
$\Lambda_{BL}$		1,0 E09	6,93 E05	8,20 E07	
Sr-89**		1,0 E08	6,65 E04	1,61 E05	
Sr-90		1,0 E08	-	-	
E		1,0 E13	-	-	
II-3		3,0 E13	1,55 E13	1,71 E13	
I		1,0 E08	-	1,83 E08	
C-14		1,0 E10	-	-	
WAK/LAVA, Geb. 1501/1531/1502	Bq/Tag				
$\Lambda_{AL}$	3,7 E06	3,7 E08	1,13 E06	4,94 E06	4,2
$\Lambda_{BL}$	7,4 E08	7,4 E10	1,43 E08	4,28 E08	
Pu-241*	-	7,4 E09	3,32 E07	1,54 E08	
Sr-90	-	3,7 E09	1,89 E07	1,66 E07	
E (Kr-85)	1,3 E14	1,3 E16	2,71 E15	3,17 E15	
II-3	3,7 E11	3,7 E13	7,26 E12	7,75 E12	
I	1,5 E07	1,5 E09	8,05 E08	1,24 E09	
C-14	6,1 E09	6,1 E11	1,45 E11	1,83 E11	

\*Bei WAK wurden gemäß Auflage 93, 18. NT, 3. TBG die Pu-241- und Sr-90-Werte explizit mit in die Tabelle aufgenommen. Die Pu-241-Emissionswerte sind in der Spalte für  $\Lambda_{BL}$  berücksichtigt.

\*\*Bis einschließlich 3. Quartal 1987.

Tab. 5/3: Fortsetzung

Nuklid	Ableitung in Bq/a	
	1987	1986
$\Lambda_{AL}$	1,01 E07	3,8 E07
$\Lambda_{BL}$	3,83 E09	4,2 E09
E	2,72 E15	3,2 E15
II-3	2,36 E13	2,6 E13
I	8,84 E08	2,9 E09
I-129	1,37 E08	2,4 E08
C-14	1,45 E11	1,8 E11

Tab. 5/4: Gesamtableitungen des KfK in die Atmosphäre im Jahr 1987 und 1986

### 5.1.1.3 Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung des KfK für 1987

A. Wicke

Zur Berechnung der Dosisexposition der Umgebung liegen über die Angaben in Tab. 5/3 hinaus monatliche Emissionswerte vor. Da diese z. T. stark schwanken, wurde mit monatlich unterschiedlichen, allerdings über einen Monat konstanten Emissionsdaten gerechnet.

Zur Vereinfachung der Dosisberechnungen wurden nur diejenigen Emittenten berücksichtigt, die mehr als 0,5 % zur Gesamtemission eines Nuklids bzw. einer Nuklidgruppe beigetragen haben. Bei den in der Gruppe  $\beta$ -lang bilanzierten Radionukliden der Emittenten IIDB-Deko, Geb. 545/555, und KTB/IIZ handelt es sich zu über 90 % um Te-125m. Für das Zyklotron (KAZ) wurde Br-77 als Leitnuklid angenommen (Anteil an Gruppe  $\beta$ -lang ca. 60 %). Soweit eine Aufschlüsselung der Einzelnuklide für IIDB, Geb. 545/555, und KTB/HZ vorlag, wurden diese in der Diagnoserechnung berücksichtigt.

Die entsprechend den Berechnungsgrundlagen ermittelten Organ- und Effektivdosen in den umliegenden Ortschaften, am Zaun des KfK sowie die jeweiligen Dosismaxima enthält Tab. 5/5. Ein Erwachsener in Leopoldshafen erhielt eine Effektivdosis von 3,2  $\mu$ Sv bei Verzehr von hypothetisch am KfK-Zaun erzeugten Lebensmitteln. Ebenso würde ein Erwachsener am KfK-Zaun eine Effektivdosis von 1,9  $\mu$ Sv bei Verzehr von in diesen Ortschaften erzeugten Lebensmitteln erhalten haben. Diese Dosismaxima liegen unter der nach § 45 der Strahlenschutzverordnung zulässigen Ganzkörperdosis von 300  $\mu$ Sv. Die mittlere Effektivdosis der Bevölkerung im Umkreis von 3 km bzw. 20 km um das Kernforschungszentrum Karlsruhe betrug im Jahr 1987 0,6 bzw. 0,2  $\mu$ Sv. Zur Berechnung wurde folgende Beziehung zugrunde gelegt:

$$H = \frac{\sum_i P_i H_i}{\sum_i P_i}$$

wobei P die Einwohnerzahl und H die errechnete Effektivdosis des Ortes i ist.

Die gesonderte Berechnung der Strahlenexposition der Umgebung des KfK durch die mit der Abluft der WAK abgeleiteten Aktivität wird von der Genehmigungsbehörde gefordert. In Tab. 5/5 (unten) sind die entsprechend berechneten maximalen Ortsdosen für 1987 aufgeführt.

Expositions- pfad	Inhalation* in µSv				Ingestion* in µSv				γ-Sub- mer- sion µSv	γ-Bo- den- strah- lung µSv	β-Sub- mer- sion (Haut) µSv
	Organ	Lunge	Kno- chen- ober- fläche	rotes Kno- chen- mark	effek- tiv-	Kno- chen- ober- fläche	rotes Kno- chen- mark	Schild- drüse Klein- kind			
Ort											
KfK-Gesamt:											
Graben	0,1	0,4	-	-	0,8	0,5	5,4	0,4	-	0,1	2,7
Neudorf	0,1	0,3	-	-	0,6	0,4	3,8	0,3	-	-	1,9
Friedrichstal	0,1	0,5	-	-	1,1	0,6	5,5	0,5	-	0,1	2,4
Spöck	0,1	0,3	-	-	0,7	0,4	3,3	0,3	-	0,1	1,5
Neuthard	0,1	0,3	-	-	0,7	0,4	4,3	0,3	-	0,1	1,9
Karlsdorf	-	0,2	-	-	0,6	0,3	3,1	0,2	-	-	1,4
Staffort	-	0,2	-	-	0,4	0,2	1,9	0,2	-	-	0,8
Blankenloch	-	0,1	-	-	0,3	0,2	1,8	0,1	-	-	0,8
Hagsfeld	-	0,1	-	-	0,2	0,1	1,5	0,1	-	-	0,7
Karlsruhe	-	0,1	-	-	0,2	0,1	1,5	0,1	-	-	0,6
Neureut	0,1	0,3	-	-	0,4	0,3	2,9	0,2	-	-	1,2
Eggenstein	0,1	0,8	0,1	0,1	1,0	0,6	6,3	0,5	-	0,1	2,8
Leopolds- hafen	0,1	0,9	0,1	0,1	1,4	0,9	11,3	0,7	0,1	0,1	6,0
Linkenheim	0,1	0,3	-	-	0,6	0,4	5,4	0,3	-	-	2,2
Hochstetten	-	0,3	-	-	0,5	0,3	4,3	0,3	-	-	1,9
Liedolsheim	-	0,2	-	-	0,3	0,2	2,6	0,2	-	-	1,2
Rußheim	-	0,1	-	-	0,3	0,2	1,8	0,1	-	-	0,8
Leimersheim	-	0,2	-	-	0,3	0,2	2,6	0,2	-	-	1,3
KfK-Südtor	0,3	1,8	0,2	0,1	3,0	1,7	16,5	1,2	0,2	0,2	5,7
KfK-Nordtor	0,3	2,0	0,2	0,2	4,4	2,8	47,6	2,3	0,1	0,3	19,3
Maximale Do- sis außerhalb des KfK	0,6	3,4	0,3	0,3	6,5	3,7	60,1	2,8	0,8	0,5	28,8
Koordinaten des Dosisma- ximums**	392	392	392	392	392	200	520	520	-641	392	-173
	679	679	679	679	679	750	1483	1483	-370	679	1083
Dosis am Ort maximaler externer Dosis	0,4	2,4	0,3	0,2	3,2	1,9	25,6	1,4	0,8	0,2	0,9
nur WAK: Maximale Dosis außer- halb des KfK	0,1	0,9	0,1	0,1	2,0	1,7	55,6	1,9	0,2	0,1	28,5
Koordinaten des Dosisma- ximums**	-173	-173	-173	-173	520	520	520	520	565	520	-173
	1083	1083	1083	1083	1483	1483	1483	1483	270	1483	1083

\*Über 50 Jahre integrierte Folgedosen, \*\*x/y in m, Koordinatenursprung ist der FR2-Kamin,  
- Dosis < 0,05 µSv

Tab. 5/5: Maximale Ortsdosen durch die mit der Abluft abgeleiteten radioaktiven Stoffe im Jahr 1987

Nr.	Emittent	Gebäude-Nr.	Kamin- höhe, m	AAI Bq	ABK Bq	ABL Bq	E/GK Bq	H-3 Bq	I Bq	C-14 Bq
1	IGT	317	14	1,0 E05	-	1,0 E06	-	-	1,0 E06	-
2a	IRCh	321	16	1,0 E05	-	2,0 E07	1,0 E12	4,0 E12	6,0 E06	-
2b	IRCh	321a	15	2,0 E05	-	2,0 E08	4,0 E13	4,0 E10	6,0 E07	-
2c	IRCh	341	15	1,0 E05	-	1,0 E07	2,0 E11	2,0 E12	6,0 E06	-
3a	BFE	324	12,5	-	-	-	1,0 E09	-	-	-
3b	BFE	325	12,5	-	-	-	-	5,0 E07	-	1,0 E08
4a	IK III (KIZ)	351	36	-	1,0 E10	1,0 E08	1,0 E13	-	2,0 E06	-
4b	IK III (KAZ)	351	15	-	1,0 E10	1,0 E08	1,0 E14	-	1,0 E07	-
4c	IK III (Boxen)	351	11	-	1,0 E10	1,0 E08	-	-	2,0 E06	-
5	LIT	403/404	10	-	1,0 E09	1,0 E08	1,0 E09	1,0 E09	-	1,0 E09
6a	LAF II (alt)	415/A	8	-	-	-	-	-	1,0 E07	-
6b	LAF II (neu)	415/B	10	-	-	-	-	-	2,0 E07	-
7	INR	423	5	-	-	-	2,0 E10	1,9 E12	-	1,0 E03
8	INFP	424-426/434	10	-	-	-	3,0 E11/3,0 E11	2,0 E11	-	-
9	HDB/Betonierung	534	8	4,0 E04	-	4,0 E07	-	8,0 E09	1,0 E06	-
10	HDB/Verbrennung	536	70	4,0 E07	-	1,5 E10	-	2,0 E13	4,0 E08	4,0 E11
10a	HDB/Verbrennungs-Gebäude	536 Geb.	16,5	1,0 E05	-	2,0 E07	-	1,0 E10	1,0 E06	-
11	HDB/Analysenboxen	534	8	4,0 E05	-	4,0 E07	-	1,0 E10	2,0 E05	-
12	HDB/LAW-Deko	545/553	19	1,0 E06	-	5,0 E08	-	2,0 E12	5,0 E07	1,0 E10
13	HDB/MAW-Deko	555	19	1,0 E06	-	5,0 E08	-	2,0 E12	5,0 E07	1,0 E10
14	HDB/Deko + INE-Ost	548/547	15	1,2 E06	-	2,0 E08	-	2,0 E12	2,0 E07	-
14a	HDB/Deko-West	548	15	7,0 E05	-	2,0 E08	-	2,0 E12	2,0 E07	-
15	HDB neu	563	14	1,0 E06	-	1,0 E07	-	8,0 E11	-	-
16	IMF III	573/574	5	2,0 E05	-	2,0 E07	-	6,0 E11	-	-
17	KTB/FR2	607/608	99	1,0 E06	-	1,0 E08	1,0 E10	5,0 E12	2,0 E07	-
17a	IT	601/605	22	8,0 E05	-	3,0 E06	6,0 E08/1,0 E06	1,0 E08	-	-
17b	KTB-Gallex	612/605	10	5,0 E03	-	-	-	-	-	-
18	TEKO	630	22,6	5,0 E05	-	-	-	-	-	-
19	IMF I	681	9	5,0 E05	-	-	-	-	-	-
20	IKVT	691	15	1,0 E03	-	-	-	-	-	-
21	KTB/HZ	701	60	1,7 E07	-	6,8 E09	4,0 E13	8,0 E11	1,8 E08	-
21a	KTB/HZ	709	60	3,0 E06	-	4,0 E08	-	-	-	-
22	INE	712	60	1,0 E06	-	1,0 E08	-	1,0 E09	-	-
23	IHCh	721/724/726	60	3,0 E06	-	3,0 E08	8,0 E12	2,0 E11	4,0 E07	4,0 E09
23a	IHCh	725	10	1,0 E05	-	1,0 E07	1,0 E11	4,0 E09	1,0 E06	4,0 E08
24	KBG/KNK	741	99	1,1 E07	-	5,6 E09	1,5 E14	4,0 E12	3,7 E08	-
25	TU	806	50	1,0 E06	-	4,0 E08	2,0 E12	-	2,0 E07	-
26	KBG/MZFR	891	99,5	1,0 E06	-	1,0 E09	1,0 E13	3,0 E14	1,0 E08	1,0 E10
27	WAK	1501/31/2	60	3,7 E08	-	7,4 E10	1,3 E16	3,7 E13	1,5 E09	6,1 E11
28	HS/R	9638	10	-	-	-	-	4,0 E07	-	-
	Summe			4.53 E08	3.1 E10	9.85 E10	3.0 E11/1.34 E16	1.07 E14	2.88 E09	1.05 E12

Tab. 5/6: Maximal zulässige Emissionen (Anlagenrichtwerte) im Bereich des KfK laut Abluftplan für das Jahr 1988, Stand Oktober 1987

#### 5.1.1.4 Vorausgeschätzte Strahlenexposition auf der Grundlage des Abluftplans 1988, Stand Oktober 1987

A. Wicke

Nachfolgende Auflistung enthält die auf der Grundlage des Abluftplanes 1988 (Stand Oktober 1987) vorgegebenen maximalen Emissionen (s. Tab. 5/6). Die Berechnung der Dosen basiert auf konstanter Emissionsrate während des betrachteten Zeitraums. Im Abluftplan wird zusätzlich zur Jahresemission die zulässige Wochen- bzw. Tagesemission angegeben. 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 bis zu 1/50 der Jahresemission bzw. die zulässige Tagesemission bis zu 1/200 der Jahresemission, wird die Emission als kontinuierlich angenommen. Wird diese Grenze nicht eingehalten, dann müßte ein erhöhter Ausbreitungsfaktor für nichtkontinuierliche Emission angewendet werden. Um jedoch das Berechnungsverfahren nicht unangemessen aufwendig werden zu lassen, wird statt dessen mit einer erhöhten, fiktiven Jahresemission gerechnet. Diese ist gleich der 50fachen Wochenemission bzw. der 200fachen Tagesemission, aber nicht höher als der dreifache Jahresemissionswert. Ist kein Tages- oder Wochenwert angegeben, so ist die fiktive Jahresemission gleich dem dreifachen Jahresemissionswert. Eine Ausnahme bildet die WAK, deren Emissionsspitzen nicht vorwiegend zur gleichen Tageszeit, sondern verteilt über alle Tageszeiten vorkommen. Sie kann deshalb als gleichmäßiger Emittent angesehen werden.

Die Dosisverteilung für die unterschiedlichen Expositionspfade wurde entsprechend den Berechnungsgrundlagen errechnet (Kap. 5.1.1.1). Die  $\gamma$ -Submersionsdosis und die Dosis durch  $\gamma$ -Strahlung über kontaminiertem Boden sind jeweils unter der Annahme des ständigen Aufenthaltes eines gegenüber der Strahlung ungeschützten Menschen am jeweiligen Aufpunkt errechnet. Zur Berechnung der Schilddrüsen-Ingestionsdosis wird angenommen, 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 übrigen Ingestionsdosen angenommen, daß am betreffenden Aufpunkt Gemüse usw. angebaut und von einer Person in einer der umliegenden Ortschaften verzehrt wird. Die Strahlendosen in den umliegenden Ortschaften sowie die jeweiligen Maxima der einzelnen Expositionspfade sind in Tab. 5/7 enthalten.

Die direkte Effektivdosis (Summe der externen und der Inhalationsdosis) erreicht 58  $\mu\text{Sv/a}$ , die Schilddrüsendosis eines Kleinkindes durch Iodigestion 429  $\mu\text{Sv/a}$ , jeweils am Zaun des KfK. Damit werden die beiden Grenzwerte von 300  $\mu\text{Sv/a}$  Effektivdosis sowie 900  $\mu\text{Sv/a}$  Schilddrüsendosis durch Iodigestion unterschritten. (Dabei ist unterstellt, daß der Grenzwert der Effektivdosis gleich dem bisherigen Grenzwert der Ganzkörperdosis, nämlich 300  $\mu\text{Sv/a}$ , ist.) 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 Effektivdosis (in Leopoldshafen 10,1  $\mu\text{Sv/a}$ ) die höchste in der Umgebung zu erwartende effektive Ingestionsdosis addiert. Konservativerweise wird dafür das fiktive Dosismaximum (87,1  $\mu\text{Sv/a}$ ) gewählt. Die gesuchte Effektivdosis unter Berücksichtigung des Ingestionspfades liegt damit in Leopoldshafen (ungünstigster Ort) bei 97  $\mu\text{Sv/a}$ . Die mittlere zu erwartende Effektivdosis der Bevölkerung in der Umgebung des KfK beträgt für 1988 18,7  $\mu\text{Sv}$  im Umkreis von 3 km und 5,5  $\mu\text{Sv}$  im Umkreis von 20 km zum KfK (vgl. Kap. 5.1.1.3).

Expositions- pfad	Inhalation* in µSv				Ingestion* in µSv				γ-Sub- mer- sion µSv	γ-Bo- den- strah- lung µSv	β-Sub- mer- sion (Haut) µSv
	Lunge	Kno- chen- ober- fläche	rotes Kno- chen- mark	effek- tiv-	Kno- chen- ober- fläche	rotes Kno- chen- mark	Schild- drüse Klein- kind	effek- tiv-			
Organ											
Ort											
KfK:											
Graben	1,4	35,6	3,1	2,3	27,8	15,4	43,7	10,6	1,3	2,4	16,4
Neudorf	1,0	25,2	2,2	1,7	20,4	11,3	33,0	7,7	0,9	1,8	11,5
Friedrichstal	1,5	28,2	2,5	1,9	26,6	14,7	41,9	9,6	1,7	2,1	12,5
Spöck	0,9	16,9	1,5	1,2	16,3	9,0	25,2	5,9	0,8	1,4	7,5
Neuthard	1,0	22,3	2,0	1,5	20,6	11,4	29,9	7,4	1,2	1,8	10,0
Karlsdorf	0,7	16,3	1,4	1,1	15,5	8,5	22,3	5,5	0,8	1,4	7,3
Staffort	0,5	9,5	0,8	0,6	9,2	5,1	15,4	3,3	0,6	0,8	4,2
Blankenloch	0,4	9,5	0,8	0,6	8,6	4,7	14,9	3,1	0,4	0,8	4,3
Hagsfeld	0,3	7,3	0,7	0,5	6,5	3,6	11,8	2,4	0,3	0,6	3,3
Karlsruhe	0,3	6,9	0,6	0,5	6,3	3,5	11,4	2,4	0,2	0,6	3,1
Neureut	0,7	14,6	1,3	1,0	12,1	6,9	22,0	4,8	0,7	1,0	6,5
Eggenstein	1,9	33,8	3,0	2,3	27,8	15,8	49,4	11,1	2,5	2,0	15,3
Leopolds- hafen	2,2	58,5	5,1	3,8	39,0	22,0	69,2	16,1	3,0	3,0	27,9
Linkenheim	1,2	35,0	3,0	2,3	23,5	13,1	44,7	9,4	1,7	2,0	16,6
Hochstetten	1,0	26,6	2,3	1,7	18,3	10,2	35,9	7,3	1,0	1,6	12,3
Liedolsheim	0,7	16,3	1,4	1,1	11,7	6,6	27,5	4,8	0,6	1,2	7,5
Rußheim	0,5	11,4	1,0	0,8	8,6	4,9	26,7	3,6	0,3	1,0	5,3
Leimersheim	0,6	14,8	1,3	1,0	10,6	6,0	22,9	4,3	0,6	1,0	6,8
KfK-Südtor	5,8	98,3	9,2	7,2	95,4	54,9	385,4	38,5	13,4	5,9	68,0
KfK-Nordtor	8,4	265,0	22,8	16,9	219,6	119,0	294,4	80,1	16,1	23,0	125,0
Maximale Do- sis außerhalb des KfK	12,6	319,8	27,3	20,1	247,5	135,4	429,0	87,1	38,7	23,0	176,5
Koordinaten des Dosisma- ximums**	392/ 679	520/ 1483	520/ 1483	520/ 1483	200/ 750	200/ 750	200/ 750	520/ 1483	-640/ -370	420/ 1480	-641/ -370
Dosis am Ort maximaler externer Dosis	8,0	134,8	12,3	9,6	128,2	73,4	343,2	51,0	38,7	8,1	176,5

\*Über 50 Jahre integrierte Folgedosen, \*\*x/y in m, Koordinatenursprung ist der FR2-Kamin,  
- Dosis < 0,05 µSv

Tab. 5/7: Maximal erwartete Ortsdosen in der Umgebung des KfK, berechnet auf der Grundlage des Abluftplans für das Jahr 1988, Stand Oktober 1987

## 5.1.2 Abwasser

### 5.1.2.1 Abwasserüberwachung

K.-G. Langguth, T. Knoch

Die Überwachung des auf dem Betriebsgelände des KfK anfallenden Abwassers hinsichtlich der Radioaktivität wird durch die Hauptabteilung Sicherheit durchgeführt. Dies geschieht im Rahmen des wasserrechtlichen Erlaubnis- und Genehmigungsbescheids in der Fassung vom 26. Oktober 1984 und der atomrechtlichen Genehmigung, die vom Innenministerium bzw. vom Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung Baden-Württemberg erteilt wurden. Die Zuständigkeit ging 1984 an das Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg und 1987 an das Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg über.

Das Abwasser setzt sich zusammen aus Niederschlagswasser, häuslichem Schmutzwasser, Kühlwasser und Chemieabwasser. Das Niederschlagswasser, das häusliche Schmutzwasser und das Chemieabwasser werden innerhalb des Betriebsgeländes in getrennten Kanälen abgeleitet. Das unschädliche Kühlwasser wird nach behördlicher Zulassung zusammen mit dem Niederschlagswasser in den unmittelbar an das KfK angrenzenden Hirschkanal eingeleitet, dessen Aktivitätskonzentration durch kontinuierliche Probenahme überwacht wird (s. Kap. 5.1.3). Die häuslichen Schmutzwässer werden der Kläranlage für Schmutzwasser zugeführt (s. Abb. 5/1), gereinigt und in den sogenannten Schmutzwasserendbecken gesammelt. Vor der Abgabe in den Vorfluter wird eine Aktivitätskontrollmessung durchgeführt.

Die im KfK anfallenden Chemieabwässer werden entsprechend ihrer Herkunft, ihrer Verunreinigung und ihres Aktivitätsgehaltes in unterschiedliche Einzelsysteme des Chemieabwassernetzes eingeleitet. Chemieabwässer aus Betriebsstätten oder Gebäuden, in denen nicht mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird, werden in das Chemieabwassernetz I eingeleitet und damit der Kläranlage für Chemieabwasser zugeführt. Chemieabwässer aus Kontrollbereichen oder aus Betriebsstätten, in denen mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird, (Chemieabwasser II), werden beim Anfallort in Abwassersammelstationen gesammelt. Anhand der von der Gruppe „Abwasserüberwachung“ durchgeführten Aktivitätsmessung wird gemäß der geltenden atomrechtlichen Genehmigung über die Weiterverarbeitung des Abwassers entschieden:

Liegt die Aktivität aus genehmigungsbedürftigem Umgang je Kubikmeter unter dem 150fachen der in der Strahlenschutzverordnung genannten Jahresingestionswerte, so werden die Abwässer über das Chemieabwassernetz I der Kläranlage zugeführt. Bei Aktivitätskonzentrationen zwischen dem 150- und dem 10<sup>8</sup>fachen wird es in das Chemieabwassersystem III eingeleitet und in die LAW-Verdampfer der Dekontaminationsanlage eingespeist. (Bei Radionuklidgemischen bekannter Zusammensetzung sind die Grenzwerte als Summe der Nuklidanteile nach der Summenformel zu ermitteln.)

Abwässer mit Aktivitäten pro Kubikmeter zwischen dem 10<sup>8</sup>- und dem 10<sup>11</sup>fachen der Jahresingestionswerte (MAW) werden ausschließlich mit speziellen, abgeschirmten Tankwagen in die Dekontaminationsanlage überführt. Liegt die Aktivitätskonzentration des dekontaminierten Abwassers bei Tritium unterhalb des 30000fachen und bei den übrigen Radionukliden unter dem 1000fachen der Jahresingestionswerte, so wird es ebenfalls der Kläranlage für Chemieabwasser zugeführt.

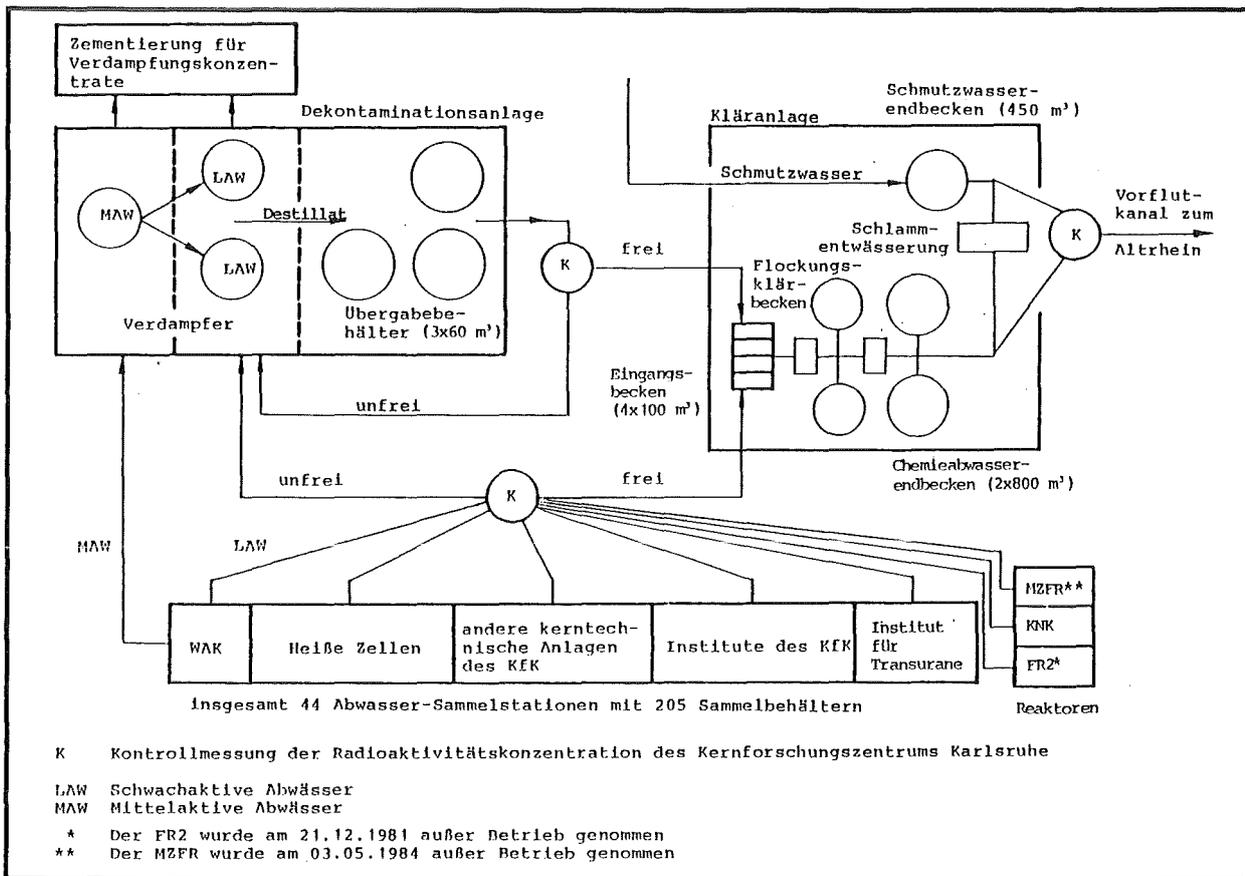


Abb. 5/1: Vereinfachtes Fließschema der Abwässer des KfK

Das in der Kläranlage gereinigte Abwasser wird schließlich in den zwei Endbecken für Chemieabwasser mit je 800 m<sup>3</sup> Fassungsvermögen gesammelt. Vor der Ableitung der Abwässer in den Vorfluter erfolgt eine Endkontrollmessung im Sinne einer Entscheidungsmessung über die Freigabe gemäß der atomrechtlichen Genehmigung. 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. Zusätzlich zu den Entscheidungsmessungen, die vor Abgabe des Abwassers aus den Abwassersammelstationen und den Endbecken durchzuführen sind, wird die mit dem Abwasser abgeleitete Aktivität durch nuklidspezifische Analyse von Wochen- und Monatsmischproben, die mengenproportional aus Teilmengen der einzelnen abgeleiteten Abwasserchargen aus den Endbecken herzustellen sind, bilanziert.

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

Neben den Messungen im Rahmen des Überwachungskonzepts, das durch die atomrechtliche Genehmigung und durch Auflagen vorgegeben ist, werden für die Institute und Abteilungen des KfK Messungen an Wasser- und Feststoffproben verschiedenster Art und Herkunft von der Gruppe „Abwasserüberwachung“ durchgeführt.

Tab. 5/8 gibt eine Übersicht über die Herkunft, Art und Anzahl der Proben, die 1987 in der Gruppe „Abwasserüberwachung“ bearbeitet wurden, sowie über Art und Anzahl der daran durchgeführten Einzelmessungen.

Art der Proben	Anzahl der Proben	Anzahl der durchgeführten Messungen						Summe der Einzelmessungen
		α	β	II-3	α-Spektroskopie	γ-Spektroskopie	β-Energiebestimmung	
Abwasser aus								
- Abwassersammelstation	6 327	6 071	6 071	2 239	559	1 751	423	17 114
- Endpufferbecken	421	421	421	421	0	421	19	1 703
- Endpufferbecken (Mischproben)	64	64	64	64	0	0	0	192
Schlamm aus Zyklator und Abwassersammelstationen	57	57	57	-	-	-	-	114
Wasserproben FR 2 (Brauchwasserfilter und Absetzbecken)	80	80	80	80	-	-	-	240
Luftfeuchteproben zur Abluftüberwachung (FR 2, Abwasser-, Gerätedekontaminations- und Verbrennungsanlage, IRCh, IIICh, IIZ)	616	-	-	616	-	-	-	616
Sonderproben und Auftragsmessungen	5 687	4 254	4 247	4 405	30	799	22	13 757
Proben im Rahmen von radioökologischen Forschungsarbeiten	766	-	-	766	-	-	-	766
Summe 1987	14 018	10 947	10 940	8 591	589	2 971	464	34 502
Summe 1986	17 492	12 434	12 434	9 571	677	2 501	930	38 547

Tab. 5/8: Art und Anzahl der Proben sowie der 1987 durchgeführten Einzelmessungen

Die insgesamt aus dem KfK mit dem Abwasser abgeleitete Radioaktivität ist in Tab. 5/9 aufgeführt. Zum Vergleich sind wiederum die Vorjahreswerte angegeben.

Einen Überblick über die Entwicklung der mit dem Abwasser des KfK in den letzten 19 Jahren in den Vorfluter abgeleiteten Radioaktivität gibt Abb. 5/2.

Mit dem Abwasser abgeleitete nachgewiesene Aktivität in MBq (Gesamtaktivitäten: Summe der Einzelableitungen; nuklidspezifische Aktivitäten: ermittelt anhand von mengenproportionalen Monatsmischproben)		
	1987	1986
α-gesamt	42	50
β-gesamt (ohne II-3)	747	1 290
II-3	95,5·10 <sup>6</sup>	90,1·10 <sup>6</sup>
Sr-89	0	39,2
Sr-90	10,3	80,5
Ru-103	0	28,1
I-131	0	48,0
Cs-134	6,1	30,3
Cs-137	119,0	190,2
Pu-238	0,8	4,3
Pu-239 + 240	1,0	5,9
Aus dem KfK abgeleitete Abwassermenge in m <sup>3</sup>	254 554	286 570
Anzahl der abgeleiteten Endbeckenfüllungen	454	454

Tab. 5/9: 1986 und 1987 aus dem KfK in den Altrhein bei Leopoldshafen abgeleitete Abwassermenge und -aktivität

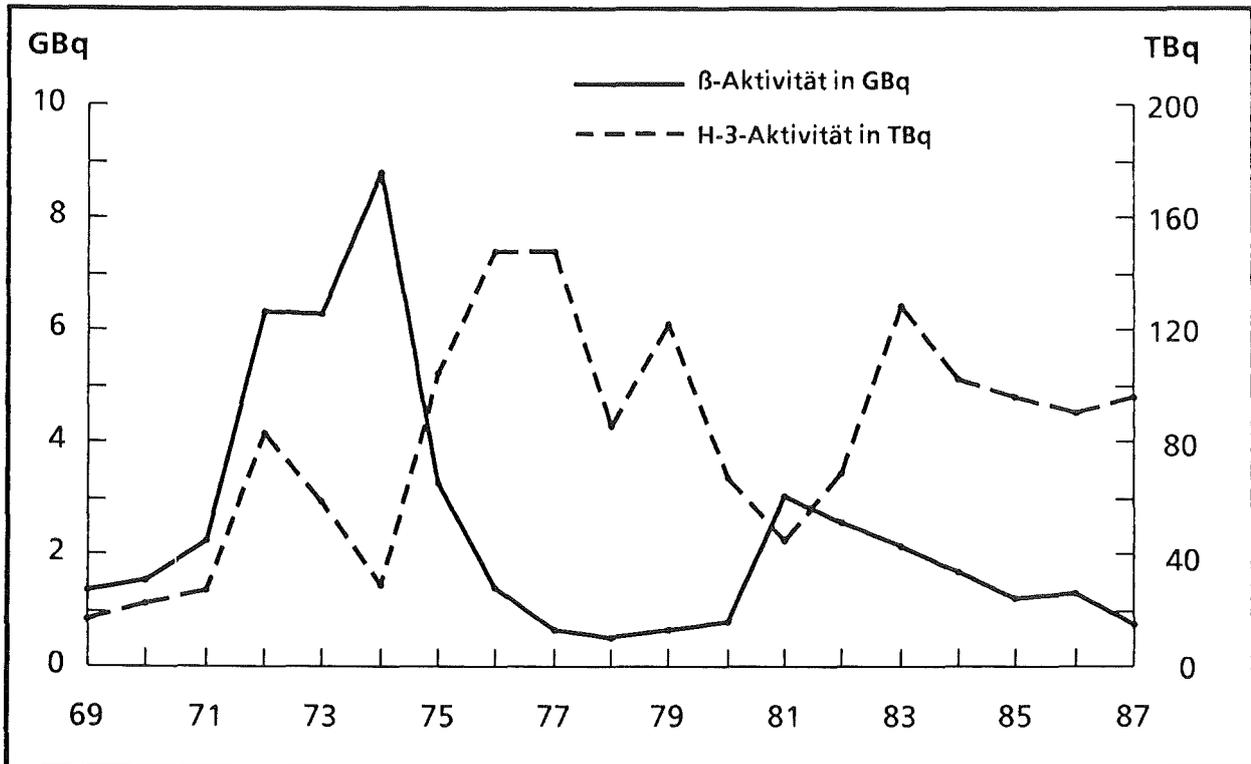


Abb. 5/2: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem KfK jährlich abgeleiteten β- und Tritium-Aktivität seit 1969

### 5.1.2.2 Erfassung und Verarbeitung der Meßdaten von Flüssigszintillationsspektrometern

T. Knoch, K.-G. Langguth

Die Erfassung und Verarbeitung der Meßdaten, die bei der Radioaktivitätsüberwachung der Abwässer des KfK anfallen, wird 1988 auf ein neues System umgestellt. Das System soll automatisch die in den verschiedenen Meßgeräten anfallenden Daten erfassen, die notwendigen Berechnungen durchführen und die Ergebnisse in einer Datenbank ablegen. In der Endausbaustufe sollen die Entscheide zur weiteren Behandlung des Abwassers über eine Kopplung mit dem IIB-Rechner auf elektronischem Wege weitergeleitet werden. Als ein wesentlicher Teil dieses Systems wurde die Erfassung und Verarbeitung der Meßdaten von Flüssigszintillationsspektrometern bereits fertiggestellt und in den Routinebetrieb übernommen. Das dazu erforderliche Programmpaket wurde bei IIS/R entwickelt. Dadurch wurde eine optimale Anpassung und Fortschreibung an die Erfordernisse des Routinebetriebes gewährleistet.

Bei den Flüssigszintillationsspektrometern handelt es sich um Geräte der Fa. Beckman Instruments des Typs 6800, 7800 und 9800 mit einer seriellen Schnittstelle (RS 232) für die Datenausgabe. Zur Datenerfassung werden IBM-Rechner vom Typ XT mit einer Speicherkapazität  $\geq 512$  kByte eingesetzt, die jeweils mit einer Festplatte und einem Diskettenlaufwerk ausgestattet sind. Sie sind zusätzlich mit einer Enhanced-Graphic-Adapter-Karte (EGA) ausgerüstet, um die Spektren in hochauflösender Graphik mit 640\*350 Bildpunkten auf einem Farbmonitor darstellen zu können. Die Datenausgabe erfolgt über HP-Thinkjets. Zum Plotten von Spektren ist ein Mehrfarben-Plotter angeschlossen, der über einen T-Schalter mit vier Eingängen von allen drei Rechnern angesteuert werden kann. Die Programme wurden in der Programmsprache Quickbasic in der Version 2.01 geschrieben. Als Betriebssystem wird MS DOS in der Version 3.3 verwendet. Das Programmpaket gliedert sich im wesentlichen in zwei Teile. Der erste Teil dient der Erfassung und Verarbeitung der Daten zur routinemäßigen Messung der Tritiumaktivität in verschiedenen Flüssigkeiten, der zweite Teil umfaßt die Programme zur Auswertung von gemessenen Spektren.

#### Tritiummeßprogramm

Durch dieses Programm werden aus der Vielzahl der Spektrometerdaten die Daten ausgelesen, die zur Berechnung der Aktivitätskonzentration, des Fehlers, der Nachweisgrenze und zur Beurteilung des Meßergebnisses erforderlich sind. Die Daten werden auf dem Bildschirm angezeigt und in Form eines Meßprotokolls für die Ablage ausgedruckt. Die Daten einer Meßreihe werden zudem in sequentiellen Dateien abgespeichert und können somit wieder abgerufen werden, falls Störungen in Peripheriegeräten eine weitere Bearbeitung der Daten verhinderten. Die Daten, die im Tritiummeßprogramm erfaßt und verarbeitet werden, sollen nach Installation des Gesamtsystems der Datenbank zugeführt und den anderen Meßdaten derselben Probe zugeordnet werden.

#### Spektrenmeßprogramm

Dieser Teil des Programmpakets besteht aus den Programmen zur Erfassung, Darstellung und Bearbeitung von Spektren. Die Spektren dienen vor allem der Identifizierung von Nukliden - vorwiegend  $\beta$ -Strahler - und zur Optimierung von Meßfenstern. Das Programm bietet bei Aufruf die folgenden Optionen an:

- automatische Aufnahme eines Spektrums (Gerätetypen: 6800 und 7800) oder mehrerer Spektren (Gerätetyp: 9800)
- zusätzliches Abspeichern der Daten auf Diskette
- Diskette formatieren
- Darstellung und Bearbeitung der Spektren auf dem Bildschirm.

Die Entwicklung des Programmteils zur Spektrendarstellung und -bearbeitung orientierte sich im wesentlichen an den Möglichkeiten, die diesbezüglich ein kommerzieller Vielkanalanalysator bietet. Es wurden die folgenden Optionen verwirklicht:

- Wahl zwischen punktwiser oder schraffierter Darstellung der Spektren
- Wahl der Y-Achse ("full scale")
- Wahl von Energiefenstern mit Energie- und Kanalzahlidentifikation, Expansion
- Spektrenintegration
- ein beweglicher Cursor mit zwei Geschwindigkeiten sowie Cursoridentifikation durch Kanalzahl und Energie
- Addition/Subtraktion von Konstanten und von Spektren
- Überlagern von maximal drei Spektren
- Spektrenanpassung durch Multiplikation/Division
- Ausgabe der Spektren auf Plotter
- Quenchgrad-Anpassung

Die Darstellung der Spektren wird ergänzt durch die Wiedergabe zusätzlicher Meßparameter, wie Meßzeit, Ipm, Quenchgrad, Probenbezeichnung usw. Die Daten des Spektrenmeßprogramms werden nicht an die Datenbank weitergegeben, sondern in den Rechnern verwaltet, die direkt mit den Spektrometern verbunden sind.

### 5.1.3 Umgebungsüberwachung

S. Hempelmann, E. Däuble, F. Werner

Für die Umgebungsüberwachung ist zum 1. April 1986 ein vom EM genehmigtes Meß- und Probenahmeprogramm in Kraft getreten. Eine Anpassung des Meß- und Probenahmeprogramms wurde infolge der veränderten Verteilung von potentiellen Emittenten im KfK notwendig. Es findet jetzt eine verstärkte Überwachung der HDB und WAK statt, während die Überwachung der abgeschalteten Reaktoren (z. B. FR2) eingeschränkt wurde. Weiterhin wurde das bisher gültige Umgebungsüberwachungsprogramm um die Messung der natürlichen Aktivität und die Ermittlung der radioökologisch relevanten stabilen Elemente erweitert. Auch wurden Messungen und Meßorte, die schon lange ein fester Bestandteil der Umgebungsüberwachung waren, aufgenommen. Die Probenahmeorte, Probenart und Probenahmefrequenz sind so aufeinander abgestimmt, daß eine jährliche Dosisberechnung möglich ist. Zum 1. Januar 1987 wurden einige geringfügigen Änderungen beantragt und genehmigt. Das gültige Programm ist in Tab. 5/10 dargestellt. Die dazugehörigen Probenahme- und Meßstellen sind der Landkarte und dem Bebauungsplan des KfK zu entnehmen.

#### Direktmessung der Strahlung

Bei der Direktmessung der Strahlung ergaben sich weder für die Zählrohraußenstationen noch für die Zählrohrmonitoranlage des KfK Werte, die auf eine Emission des KfK zurückzuführen sind. Bei den Meßstellen im Bereich der WAK wurden 12 Überschreitungen der Warnschwelle von 67 ips beobachtet, die durch Röntgenarbeiten verursacht wurden. Bei der Überwachung der Umgebungsstrahlung des KfK- und WAK-Geländes mit Festkörperdosimetern (LiF-Preßlinge, gekapselt mit 500 mg/cm<sup>2</sup> Plexiglas) wurden nur im Bereich der HDB und des KNK erhöhte Dosiswerte festgestellt (Tab. 5/11). Diese Erhöhungen können im HDB-Bereich auf die Lagerung radioaktiver Abfälle und beim KNK auf Röntgenarbeiten in einer nahegelegenen Werkshalle zurückgeführt werden. In der Umgebung des KfK wurden keine erhöhten Dosiswerte beobachtet.

#### Radioaktivitätsmessung

Tab. 5/12 sind die mittleren Luft- und Niederschlagsaktivitäten zu entnehmen. Erhöhte Aktivitätskonzentrationen, die auf Emissionen durch die KfK zurückzuführen sind, wurden nicht festgestellt. In den Tabn. 5/13 bis 5/15 sind die maximalen Aktivitätskonzentrationen im biologischen Material, Nahrungsmitteln, Oberflächen-, Grund- und Trinkwasser dargestellt. Es werden nur die wesentlichen Ergebnisse berichtet. Eine ausführliche Zusammenstellung der Meßergebnisse ist den jeweiligen Quartalsberichten zu entnehmen. Im Boden und Bewuchs (Tab. 5/13) sowie in den Nahrungsmitteln (Blatt-, Wurzelgemüse, Fisch, Milch) (Tab. 5/14) wurde gegenüber dem Vorjahr keine erhöhte Aktivitätskonzentration festgestellt. Die Cs-134- und Cs-137-Aktivität beruht zum großen Teil auf dem Fallout von Tschernobyl im Jahr 1986. Die Aktivitätskonzentrationen im Schlamm aus dem Altrhein und Hirschgraben sind zum Teil auf Emissionen des KfK zurückzuführen. Der Altrhein dient als Vorflutkanal für das KfK und in den Hirschgraben werden die Kühl- und Regenwässer eingeleitet.

Im Grund- und Trinkwasser (Tab. 5/15) der Wasserwerke und Brunnen zwischen dem KfK und Linkenheim wurden keine erhöhten Aktivitäten gemessen. Bei den Aussiedlerhöfen wurde im Trinkwasser eine H-3-Aktivität von maximal 220 Bq/l festgestellt. Im Oberflächenwasser des Altrheins wurde eine maximale H-3-Aktivitätskonzentration von 8900 Bq/l ermittelt. Ebenfalls eine erhöhte H-3-Aktivitätskonzentration wurde im Baggersee „Rohrköpfe“ gemessen (690 Bq/l). Dieser Baggersee ist über ein Sumpf- und Schilfgebiet mit dem Altrhein verbunden, so daß ein Austausch des Wassers zwischen diesen Gewässern erfolgt.

Programm-punkt	Überwachungs-einrichtung	Meßgrößen	Standort der Meßstellen (s. Lageplan)	Registrierung
1	<b>Direktmessung der Strahlung</b>			
1.1	<b>Zählrohraußenstationen</b>  Zählrohr BZ 120 auf Kurbelmasten	( $\beta + \gamma$ )-Strahlungspegel	KfK, Geb. 123 Leopoldshafen, Albert-Einstein-Straße 6 Linkenheim, Friedenstraße 10, Forsthaus (nördlich WAK), Friedrichstaler Landstraße Friedrichstal, Rheinstraße 36 Blankenloch, Hauptstraße 100 Karlsruhe, Erzbergerstraße 111 Eggenstein, Kirchenstraße 17	automatische, telefonische Abfrage, viermal täglich  Kreisblattschreiber zur Dokumentation
1.2	<b>Zählrohrmonitor-Anlage zur Überwachung des Betriebsgeländes</b>  KfK (ohne WAK) Zählrohre BZ 120 mit Energiekompensationsfilter  Zählrohre Typ 18529 Valvo mit Energiekompensationsfilter  WAK Zählrohre BZ 120 ohne Energiekompensationsfilter  Zählrohre Typ 18529 Valvo mit Energiekompensationsfilter	$\gamma$ -Äquivalentdosis 18 Detektoren mit Warnschwelle bei 10 $\mu$ Sv/h  10 Detektoren mit Alarmschwelle bei 1 mSv/h  ( $\beta + \gamma$ )-Strahlungspegel 4 Detektoren mit Warnschwelle bei 67 ips  $\gamma$ -Äquivalentdosis 2 Detektoren mit Alarmschwelle bei 1 mSv/h	innerhalb des Betriebsgeländes    an 5 Standorten entlang der Grenze des Betriebsgeländes der WAK	Meßwertanzeige auf 28 Einzelinstrumenten in der Überwachungszentrale in Geb. 123  kontinuierliche Registrierung auf Mehrfachpunktdruckern  Meßwertanzeige auf 6 Einzelinstrumenten in der Überwachungszentrale in Geb. 123  kontinuierliche Registrierung auf Mehrfachpunktdruckern
1.3	<b>Dosisleistungsmeßanlage</b>	$\gamma$ -Ortsdosisleistung	Meßhütten "Nordost", "West" und "Forsthaus"	kontinuierliche Registrierung
1.4	<b>Festkörperdosimeter Thermolumineszenz-Dosimeterpaare LiF Preßlinge TLD-700-Kapseln (500 mg/cm<sup>2</sup>)</b>	$\gamma$ -Äquivalentdosis	45 entlang der Grenze des betrieblichen Überwachungsbereiches des KfK  5 Standorte am südlichen WAK-Zaun  40 Standorte im Betriebsgelände des KfK, ohne WAK  8 Standorte in der Umgebung von Geb. 519 und 526  13 Standorte an der westlichen Betriebsgeländegrenze des HDB-Bereiches  20 Standorte entlang des Betriebsgeländezaunes der HDB  8 Standorte an den Zählrohraußenstationen  38 Umgebungsdosimeter; jeweils 2 - 3 Dosimeter vor den umliegenden Ortschaften Eggenstein, Leopoldshafen, Linkenheim, Hochstetten, Dettenheim, Graben-Neudorf, Spöck, Friedrichstal, Staffort, Studensee-Blankenloch, Büchig, Waldstadt, Karlsruhe, Neureut	Auswertung erfolgt halbjährlich  "  "  Auswertung erfolgt vierteljährlich  "  "  Auswertung erfolgt halbjährlich  "

Tab. 5/10: Überwachung der Umweltradioaktivität im Kernforschungszentrum Karlsruhe

Pro-gramm-punkt	Überwachtes Medium	Meßgrößen	Probenahmeort	Art und Häufigkeit der Probenahme und -messung
2	Radioaktivitäts-messung			
2.1	Luft	Langlebige $\alpha$ - und $\beta$ -Bruttoaktivitätskonzentration (ca. 7 Tage nach Probenahme)  durch $\gamma$ -Spektrometrie ermittelte Aktivitätskonzentration von Einzelnucliden  Pu-Aktivitätskonzentration (Pu-238, Pu-239 + 240)  Pb-210-Aktivitätskonzentration  Sr-90-Aktivitätskonzentration, wenn der errechnete Quartalsmittelwert der $\beta$ -Aktivitätskonzentration $> 1,85 \text{ mBq/m}^3$  Rn-222-Aktivitätskonzentration  I-131-Aktivitätskonzentration	Festfilteranlagen in den Meßhütten "Nordost", "West" und "Forsthaus"        "Forsthaus"	zweimal wöchentlich  "  "  "  "  vierteljährlich  zweimal monatlich
2.2	Niederschlag	H-3-Aktivitätskonzentration  durch $\gamma$ -Spektrometrie ermittelte Aktivitätskonzentration von Einzelnucliden	jeweils ca. 250 m entfernt in den beiden Hauptwindrichtungen von WAK und MZFR  Niederschlagssammler in den Hauptwindrichtungen der WAK	zweimal monatlich  monatlich
2.3	Boden	spezifische $\alpha$ - und $\beta$ -Bruttoaktivitätskonzentration  durch $\gamma$ -Spektrometrie ermittelte Aktivitätskonzentration von Einzelnucliden  Pu-Aktivitätskonzentration (Pu-238, Pu-239 + 240)  Sr-90-Aktivitätskonzentration  Pb-210-Aktivitätskonzentration  radioökologisch relevante stabile Elemente (Ca, K, Sr, Cs, Sb, Cd, Pb, Ni, Co)  Bodenanalyse bei der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Forschungsanstalt am Augustenberg	2 Probenahmegebiete in den beiden Hauptausbreitungssektoren bei ungestörtem Boden je 5 cm und bei landwirtschaftlich genutztem Boden 30 cm der obersten Bodenschicht  2 Probenahmestellen in beiden Hauptwindrichtungen 200 - 800 m vom WAK-Kamin, Referenzstelle Raum Durlach je 5 cm der obersten Bodenschicht	jährlich  "  "  "  "  "
2.4	Bewuchs	spezifische Rest- $\beta$ -Aktivitätskonzentration  durch $\gamma$ -Spektrometrie ermittelte Aktivitätskonzentration von Einzelnucliden  K-40-Aktivitätskonzentration  Pb-210-Aktivitätskonzentration  radioökologisch relevante stabile Elemente (Ca, K, Sr, Cs)  H-3-Aktivitätskonzentration	in den beiden Hauptausbreitungssektoren, Referenzstelle Durlach       Aussiedlerhöfe	halbjährlich  "  "  "  jährlich

Tab. 5/10: Fortsetzung

Pro-gramm-punkt	Überwachtes Medium	Meßgrößen	Probenahmeort	Art und Häufigkeit der Probenahme und -messung
2.5	Pflanzliche Nahrungsmittel	spezifische Rest-β-Aktivitätskonzentration durch γ-Spektrometrie ermittelte Aktivitätskonzentration von Einzelnukliden K-40-Aktivitätskonzentration radioökologisch relevante stabile Elemente (Ca, K, Sr, Cs) Pb-210-Aktivitätskonzentration Sr-90-Aktivitätskonzentration H-3-Aktivitätskonzentration H-3-Aktivitätskonzentration	in den beiden Hauptausbreitungs-sektoren      Aussiedlerhöfe	jährlich zur Erntezeit 10 verschiedene Sorten von Blatt- und Wurzel-gemüse sowie Getreide      3 verschiedene Sorten von pflanzlichen Nah-rungsmitteln, jährlich wechselnd
2.6	Oberflächen-wasser	H-3-Aktivitätskonzentration langlebige α- und β-Brutto-aktivitätskonzentration (ca. 7 Tage nach Probenahme) durch γ-Spektrometrie ermittelte Aktivitätskonzentration von Einzelnukliden Sr-90-Aktivitätskonzentration Pb-210-Aktivitätskonzentration radioökologisch relevante stabile Elemente (Ca, K, Sr, Cs) H-3-Aktivitätskonzentration langlebige α- und β-Brutto-aktivitätskonzentration (ca. 7 Tage nach Probenahme) wenn bei der Wochenmischprobe die β-Aktivitätskonzentration > 0,74 Bq/l; durch γ-Spektro-metrie ermittelte Aktivitätskon-zentration von Einzelnukliden H-3-Aktivitätskonzentration	Alrhein ca. 300 - 500 m unterhalb der Abwassereinleitung      Hirschkanal (nahe N.-O.-Ecke des KfK)   Baggersee „Streitköpfe“, „Rohrköpfe“ „Mittelgründloch“, „Liedolsheim klein“, „Hammgraben“	kontinuierlich, Messung von Wochenmisch-proben " Messung von Monatsmischproben Messung von Quartalsmischproben " " kontinuierlich, Messung von Wochenmisch-proben " " vierteljährlich
2.7	Grund- und Trinkwasser	H-3-Aktivitätskonzentration langlebige α- und β-Brutto-aktivitätskonzentration (ca. 7 Tage nach Probenahme) wenn β-Aktivitätskonzentration > 0,37 Bq/l; durch γ-Spektro-metrie ermittelte Aktivitätskon-zentration von Einzelnukliden H-3-Aktivitätskonzentration langlebige α- und β-Brutto-aktivitätskonzentration (ca. 7 Tage nach Probenahme) durch γ-Spektrometrie ermittelte Aktivitätskonzentration von Einzelnukliden	Wasserwerk Süd des KfK Wasserwerk Tiefgestade des KfK Wasserwerk Leopoldshafen Wasserwerk Linkenheim-Hochstetten 2 Schluckbrunnen (WAK-Grundwas-serhaltung) Beobachtungsbrunnen PIV/1 zwischen KfK und Wasserwerk Linkenheim-Hochstetten Wasserwerk Karlsruhe-Hardtwald als Referenzstelle  Aussiedlerhöfe, Gasthaus  Gasthaus	vierteljährlich "      halbjährlich monatlich  halbjährlich

Tab. 5/10: Fortsetzung

Pro-gramm-punkt	Überwachtes Medium	Meßgrößen	Probenahmeort	Art und Häufigkeit der Probenahme und -messung
2.8	Schlamm	spezifische $\alpha$ - und $\beta$ -Bruttoaktivitätskonzentration	Altrhein, Gemarkungsgrenze <b>unterhalb</b> Abwassereinleitung	monatlich
		durch $\gamma$ -Spektrometrie ermittelte Aktivitätskonzentration von Einzelnukliden		vierteljährlich
		Plutonium-Aktivitätskonzentration (Pu-238- und Pu-239 + 240)		"
		Pb-210-Aktivitätskonzentration	"	"
		radioökologisch relevante stabile Elemente (Ca, K, Sr, Cs, Co, Sb, Cd, Pb, Ni)	"	"
		spezifische $\alpha$ - und $\beta$ -Bruttoaktivitätskonzentration	Altrhein <b>oberhalb</b> Abwassereinleitung als Referenzstelle	"
spezifische $\alpha$ - und $\beta$ -Bruttoaktivitätskonzentration	Hirschkanal (nahe Nordost-Ecke des KfK)	monatlich		
		durch $\gamma$ -Spektrometrie ermittelte Aktivitätskonzentration von Einzelnukliden	"	
2.9	Fisch (Fried- und Raubfische)	spezifische $\alpha$ - und $\beta$ -Bruttoaktivitätskonzentration	Altrheingebiet <b>unterhalb</b> Abwassereinleitung	halbjährlich
		durch $\gamma$ -Spektrometrie ermittelte Aktivitätskonzentration von Einzelnukliden		"
		K-40-Aktivitätskonzentration		"
		Sr-90-Aktivitätskonzentration		"
		Pb-210-Aktivitätskonzentration		"
		radioökologisch relevante stabile Elemente (Ca, K, Sr, Cs)		"
2.10	Milch	I-131-Aktivitätskonzentration	Aussiedlerhöfe	jährlich
3	Dosisberechnungen			
4	Meßfahrten zum Training des Personals (Störfallmeßprogramm)			
4.1	$\gamma$ -Ortsdosis	$\gamma$ -Ortsdosisleistung	16 ausgewählte Orte in den Zonen und Sektoren in der Umgebung des KfK	monatliche Meßfahrten zu wechselnden Probenahme- bzw. Meßorten
4.2	Bodenoberfläche	Gesamt- $\beta$ -Aktivitätskonzentration		
4.3	Aerosole	Gesamt- $\beta$ -Aktivitätskonzentration		
4.4	Radioiod	I-131-Aktivitätskonzentration		
4.5	$\gamma$ -Spektrometrie			

Tab. 5/10: Fortsetzung

Meßstellengruppe	Anzahl der Meßstellen	Dosis in mSv					
		November 85 - Oktober 86			Oktober 86 - Oktober 87		
		Mittelwert	Maximum	Minimum	Mittelwert	Maximum	Minimum
Grenze des betrieblichen Überwachungsbereichs des KfK	45	0,67	0,73	0,61	0,67	0,72	0,62
Betriebsgelände des KfK (Raster)	40	1,1	13	0,60	1,2	14	0,64
Südzaun WAK	5	0,35*	0,36*	0,35*	0,65	0,68	0,64
Geländezaun der HDB	20	3,1	15	0,70	3,3	17	0,77
Westzaun HDB	13	1,2	4,9	0,74	1,9	8,1	0,79
Unmittelbare Umgebung des Zwischenlagers der LAW-Endabfälle Geb. 519+526	8	1,1	1,8	0,89	1,2	1,9	0,90
Zählrohraußenstationen	8	0,71	0,76	0,65	0,73	0,78	0,64
Umgebungsdosimeter	38	0,40*	0,48*	0,36*	0,74	0,89	0,66

\*Halbjahresdosis: Expositionszeitraum April 1986 - Oktober 1986

Tab. 5/11: Mittelwerte und Streubereiche der mit Thermolumineszenzdosimetern gemessenen Dosiswerte

Überwachtes Medium	Nuklid/Nuklidgruppe	1986	1987
Aerosole [mBq/m <sup>3</sup> ]	α	< 0,094	< 0,034
	β	400	0,72
	Be-7	3,2	3,1
	Ru-103	15	< 0,010
	Ru/Rh-106	5,1	< 0,065
	I-131	8,8	< 0,058
	Te-129m	16	-
	Cs-134	8,4	< 0,011
	Cs-137	18	0,035
Radon* [mBq/m <sup>3</sup> ]	Rn-222	8500	7500
Gasförmiges Iod [mBq/m <sup>3</sup> ]	I-131	47	< 0,57
Niederschlag* [Bq/l]	II-3	22	23
	Be-7	1,3	1,2
	Ru-103	2,3	< 0,044
	Ru/Rh-106	1,9	< 0,41
	I-131	0,27	< 0,048
	Te-129m	1,2	-
	Cs-134	0,28	< 0,068
	Cs-137	2,9	< 0,14

\*wurde erst ab April 1986 gemessen

Tab. 5/12: Mittlere Luft- und Niederschlagsaktivität

Überwachtes Medium	Nuklid/Nuklidgruppe	1986	1987
Boden [Bq/kg TS]	α	210	330
	β	4100	980
	Ru-103	5,8	< 1,3
	Cs-134	24	11
	Cs-137	55	37
Bewuchs Hauptausbreitungs- sektoren [Bq/kg FS]	Rest-β	240	< 87
	Be-7	41	46
	K-40	230	220
	Ru-103	58	< 0,10
	Ru/Rh-106	33	< 1,0
	I-131	2,1	< 0,093
	Te-129m	9,4	-
	Cs-134	50	0,47
	Cs-137	100	1,6
Pb-210	1,4	2,3	
Aussiedlerhöfe	H-3	9	6,1
Schlamm Altrhein, 400 m unter- halb der Abwasserein- leitung [Bq/kg TS]	α	0,43	0,35
	β	2,0	1,5
	Be-7	< 18	77
	K-40	320	320
	Co-60	< 4,8	3,6
	Nb-95	< 4,7	4,3
	Sb-125	< 16	10
	Ru-103	56	< 1,9
	Ru/Rh-106	180	43
	I-131	7,2	< 2,6
	Te-129m	72	-
	Cs-134	170	39
	Cs-137	420	110
	Pu-238	2,6	1,8
	Pu-239 + 240	3,4	2,5
Pb-210	55	22	
Altrhein, oberhalb der Abwassereinleitung	α	0,36	0,58
	β	1,3	1,2
Hirschkanal	α	0,36	0,71
	β	3,1	4,2
	Be-7	260	150
	K-40	430	410
	Co-60	7,3	17
	Ag-110m	13	16
	Sb-125	54	100
	Ce-144	140	98
	Ru-103	160	38
	Ru/Rh-106	710	1100
	I-131	11	< 6,7
	Cs-134	510	750
	Cs-137	1500	2400
Am-241	29	39	

Tab. 5/13: Maximale Aktivitätskonzentration im biologischen Material

Überwachtes Medium	Nuklid/Nuklidgruppe	1986 [Bq/kg FS]	1987 [Bq/kg FS]	
pflanzliche Nahrungsmittel Hauptwindrichtungen	Blattgemüse	H-3	12	6,0
		Be-7	< 4,8	3,4
		K-40	100	150
		Ru-103	0,10	< 0,033
		Cs-134	0,18	0,083
		Cs-137	0,51	0,36
		Sr-90	0,24	0,26
		Pb-210	0,11	< 0,079
		Wurzelgemüse	H-3	9,0
	Be-7		< 0,35	0,26
	K-40		120	120
	Ru-103		0,13	< 0,030
	Cs-134		0,45	0,073
	Cs-137		2,5	0,43
	Getreide	H-3	6,4	5,7
Be-7		2,3	5,4	
K-40		140	110	
Ru-103		0,18	< 0,065	
Ag-110m		0,078	< 0,11	
Cs-134		26	< 0,092	
Cs-137		55	0,24	
Sr-90		1,6	0,77	
Pb-210		1,3	0,20	
Aussiedlerhöfe	Blattgemüse	H-3	12	6,1
		H-3	11	11
	Getreide	H-3	8,2	16
Fisch	K-40	92	69	
	Cs-134	0,063	1,1	
	Cs-137	1,0	3,5	
Milch	H-3	31	28	

Tab. 5/14: Maximale Aktivitätskonzentration in Nahrungsmitteln

Überwachtes Medium	Nuklid/Nuklidgruppe	1986 [Bq/l]	1987 [Bq/l]
Oberflächenwasser Altrhein, 400 m unterhalb der Abwassereinleitung	H-3	6200	8900
	α	0,14	< 0,086
	β	0,24	0,12
	Ru-103	0,31	< 0,014
	Ru/Rh-106	0,24	< 0,12
	Cs-134	0,12	0,043
	Cs-137	0,24	0,10
Hirschkanal	H-3	13	13
	α	0,074	< 0,059
	β	1,7	0,061
	Ru-103	0,0017	-
Baggerseen	H-3	550	680
Grund- und Trinkwasser Wasserwerke, Schluckbrunnen	H-3	20	23
	α	0,10	0,094
	β	0,089	0,087
Aussiedlerhöfe	H-3	150	220

Tab. 5/15: Maximale Aktivitätskonzentration von Oberflächen-, Grund- und Trinkwasser

#### 5.1.4 Modelle

##### 5.1.4.1 Modell zur Berechnung der Bodenkontamination durch Tritiumemission in die Atmosphäre während Schneefalls

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

Im Jahr 1985 wurde an 33 Stellen wiederholt nach Schneefällen Schnee gesammelt und die Tritiumkonzentration des Schnees gemessen. Mit Hilfe der gemessenen Schneefallintensität wurde daraus die Bodenkontamination  $M$  in  $Bq/m^2$  bestimmt. Andererseits wurde für die Schneefallperioden die Tritium-Flächenbelastung aus der Emissionsstärke und den atmosphärischen Ausbreitungsbedingungen berechnet ( $T$  in  $Bq/m^2$ ). Es wurde dabei dieselbe Gleichung wie bei der Berechnung der Tritium-Flächenbelastung in Regenperioden verwendet. Dies ist gerechtfertigt, da bei gleicher Emissionsstärke und ähnlichen Ausbreitungsbedingungen die Tritiumkonzentration in Regen- und in Schneewasser in erster Näherung übereinstimmen. Außerdem wurde während Zeiten ohne Schneefall keine signifikanten Änderungen der Tritiumkonzentration in der Schneeoberfläche, wie auch in der gesamten Schneedecke festgestellt.

Zum Vergleich der Meßwerte  $M$  mit den Rechenwerten  $T$  wurden die Verhältnisse  $M/T$  für jede Schneefallperiode gebildet. Die Häufigkeit der Quotienten  $M/T$  ist in Tab. 5/16 wiedergegeben. Wie Tab. 5/16 zeigt, stimmen die Rechenergebnisse mit den Meßergebnissen gut überein.

Bereich der Häufigkeitsverteilung M/T	1. Schneeperiode Fälle	2. Schneeperiode Fälle	3. Schneeperiode Fälle	1., 2. und 3. Schneeperiode Fälle
$0,13 \leq \dots < 0,20$	2	0	1	0
$0,20 \leq \dots < 0,30$	3	0	0	0
$0,30 \leq \dots < 0,44$	4	2	3	2
$0,44 \leq \dots < 0,67$	4	4	6	6
$0,67 \leq \dots < 1,00$	4	9	12	8
$1,00 \leq \dots < 1,50$	2	11	5	3
$1,50 \leq \dots < 2,25$	1	5	4	1
$2,25 \leq \dots < 3,38$	0	2	1	0
$3,38 \leq \dots < 5,06$	0	0	1	0
Summe	20	33	33	20

Tab. 5/16: Häufigkeitsverteilung der Quotienten M/T (M: Meßwert in Bq/m<sup>2</sup>; T: Rechenwert in Bq/m<sup>2</sup>) (Die Bereichsgrenzen wurden nach der geometrischen Reihe  $1,5^n$  mit  $n = -5, -4, \dots, 4$  gewählt, was eine halblogarithmische Darstellung erleichtert.)

5.1.4.2 Berechnungen der C-14- und Kr-85-Konzentrationen in der bodennahen Luft während der Auflösungen der abgebrannten Brennelemente in der WAK

D. Papadopoulos, L.A. König

Bei der Auflösung von abgebrannten Brennelementen in der WAK wird über den 60 m hohen Kamin der Anlage C-14 und Kr-85 mit der Abluft in die Atmosphäre abgegeben. In Zusammenarbeit mit dem „Institut für Umweltphysik der Universität Heidelberg“ und dem „Bundesamt für Zivilschutz, Meßstelle Freiburg“ waren drei Orte für die Einrichtung von kontinuierlichen Luftprobenahmen ausgesucht worden. Diese Probenahmestellen liegen nordöstlich der WAK in Abständen von ca. 300 m bis 5100 m.

Die Messungen der mittleren C-14-Aktivitätskonzentration in den wöchentlichen Mischproben führt das „Institut für Umweltphysik der Universität Heidelberg“, die Kr-85-Messungen das „Bundesamt für Zivilschutz, Meßstelle Freiburg“ durch. Parallel zu diesen Messungen werden Berechnungen der mittleren Aktivitätskonzentrationen von H/S/R nach den Ausbreitungsmodellen durchgeführt. Die Berechnungen basieren auf den Emissionsdaten der WAK und auf den meteorologischen Daten des IMK. Für jede halbstündige Zeitperiode eines Auflösungs Vorganges der WAK werden die bodennahen Aktivitätskonzentrationen von C-14 und Kr-85 durch das Rechenprogramm ISOLA-IV (KfK-4146 (1986)) berechnet. Aus diesen Aktivitätskonzentrationswerten und den Durchflußdaten der Probenahmestellen wird die erwartete C-14- und Kr-85-Aktivität der kontinuierlich während einer Woche gesammelten Proben berechnet. Im Jahr 1987 wurden die Berechnungen für 73 Auflösungs Vorgänge der WAK (Auflösungen in der Zeitperiode vom 28.01.1986 bis 26.01.1987) durchgeführt. Der Vergleich der Meß- mit den Rechenergebnissen für die Überprüfung der Rechenmodelle ist nach dem Abschluß der Messungen vorgesehen.

## 5.2 Radionuklidbestimmung

M. Pimpl

Die nuklidspezifischen Bestimmungen des Radioaktivitätsgehaltes in Luft, Wasser, Boden, Schlamm, Fisch und landwirtschaftlichen Produkten, die für die Immissions- und Emissionsüberwachung notwendig sind, werden von den Gruppen Radiochemie und Spektrometrie durchgeführt, die organisatorisch im Bereich Radionuklidbestimmung zusammengefaßt sind. Zusätzlich zu diesen Routinemessungen werden, soweit es die Personal- und Raumkapazitäten zulassen, nuklidspezifische Bestimmungen gegen Verrechnung auch für andere kerntechnische Anlagen durchgeführt.

### 5.2.1 Radiochemie

M. Pimpl, K. Bender, P. Perchio, E. Sadri

Für die Abluft-, Abwasser- und Umgebungsüberwachung des KfK und der WAK führt die Gruppe Radiochemie radiochemische Low-level-Bestimmungen in verschiedenen Probenmaterialien wie Aerosolfiltern, Pflanzen, Boden, Sedimenten, Fischen, Lebensmitteln und Wasser durch. Routinemäßig werden die Radionuklide Pu-238, Pu-239 + 240, Pu-241, Am-241, Cm-242, Cm-244, Sr-89, Sr-90, Pb-210 und K-40 erfaßt. Zu den Routineaufgaben der Gruppe Radiochemie gehört weiterhin die Herstellung von Kalibrierstandards und die Bereitstellung der benötigten radioaktiven Stoffe für den Routine- und Forschungsbetrieb der HS/R sowie die Bilanzierung des Bestands an radioaktiven Stoffen. Neben begleitenden Arbeiten zur Qualitätssicherung werden Entwicklungsarbeiten zur Verbesserung bestehender Verfahren und zur Einführung neuer Methoden geleistet. Im Berichtszeitraum wurde die routinemäßige Sr-89/Sr-90-Bestimmung umgestellt auf eine Methode, bei der Sr-90 über nachgebildetes Y-90 nach der Abtrennung von Sr aus dem Probenmaterial ermittelt wird. Des Weiteren wurde ein Verfahren zur Bestimmung von Ra-226 und Ra-228 vollständig überarbeitet und für die routinemäßige Anwendung vorbereitet.

Zusätzlich werden Auftragsarbeiten für kerntechnische Anlagen durchgeführt, die teilweise nach einer aufwandsbezogenen Gebührentabelle in Rechnung gestellt werden. Im Laufe des Jahres 1987 wurden insgesamt die in Tab.5/17 aufgelisteten Arbeiten durchgeführt. Davon entfielen auf Auftragsarbeiten folgende Analysen:

- Monatliche Aktinidenanalysen an Aerosolfiltern der WAK
- Monatliche Sr-89/90-Analysen sowie  $\alpha$ -Bruttomessungen in Abwasserproben der Kernkraftwerke Obrigheim und Neckarwestheim
- Monatliche  $\alpha$ - $\beta$ -Bruttomessungen an Aerosolfiltern der Uranerzgrube Großschloppen der Saarberg Interplan Uran GmbH
- II-3-Messungen für IIDB an Molekularsieben
- Pu-Analysen an Aerosolfiltern für IIDB und WAK
- Pu-Analysen an uranhaltigen Chemieschlämmen für Alkem GmbH
- Pu-Analysen an Primärwasserproben des Kernkraftwerks Obrigheim

Tätigkeitsgebiet	Art der Analysen	Anzahl
Umgebungsüberwachung	Pu-238, Pu-239 + 240	47
	Sr-89, Sr-90	24
	Pb-210	59
	K-40	57
Abwasserüberwachung	Pu-238, Pu-239 + 240	12
	Pu-241	12
	Sr-89, Sr-90	35
	$\alpha$ - $\beta$ -Bruttomessungen	3
	Ra-226, Ra-228	6
	I-129	6
	Pb-210	6
Abluftüberwachung	H <sup>210</sup> O	16
	Pu-238, Pu-239 + 240	36
	Pu-241	12
	Am-241, Cm-242, Cm-244	14
	$\alpha$ - $\beta$ -Bruttomessungen	15
Kalibrierstandards und Kontrollanalysen	K-40, I-, Ra-, Po-, Sr-, Pu-, Am-, Pb- und Uran-Analysen	112

Tab. 5/17: Arbeiten der Gruppe Radiochemie

#### 5.2.1.1 Die Aktinidenemissionen mit der Abluft der WAK

K. Bender, M. Pimpl

Die WAK ist einer der bedeutendsten Aktinidenemittenten auf dem Gelände des KfK. Zur Messung der Aktinidenkonzentrationen in der Kaminabluft wird täglich ein konstanter Volumenstrom im Bypass über ein Aerosolfilter geleitet und aus den gesammelten Filtern wird eine Monatsmischprobe hergestellt, die monatlich nuklidspezifisch analysiert wird. Die Messung der Aktiniden erfolgt mittels  $\alpha$ -Spektrometrie. In Tab. 5/18 sind die für 1987 ermittelten Abluftemissionen der WAK zusammengefaßt. Die Summe der Emissionsraten pro Monat der  $\alpha$ -Strahler stimmt innerhalb der Fehlergrenzen mit den vom Betreiber gemessenen überein.

#### 5.2.1.2 Die Aktiniden- und Sr-Emissionen mit dem Chemieabwasser des KfK

K. Bender, P. Perchio, M. Pimpl

Zur Bilanzierung der mit dem Abwasser aus dem KfK abgeleiteten Aktivitäten an Sr-90, Pu-238, Pu-239+240 und Pu-241 werden die Konzentrationen dieser Nuklide in Monatsmischproben des Chemieabwassers gemessen. Zur Herstellung der Monatsmischproben wird eine mengenproportionale Probenahme verwendet. Hierzu werden jeweils entsprechende Teilmengen der einzelnen, während eines Monats abgeleiteten Abwasserchargen entnommen und zu einer Mischprobe vereinigt. Die nuklidspezifischen Analysen erfolgen monatlich an Teilmengen der jeweiligen Monatsmischproben.

Monat	Emissionsraten in kBq/Monat					
	Pu-238	Pu-239+240	Pu-241	Am-241	Cm-242	Cm-244
Januar	9,6	9,4	2000	10,1	3,1	8,4
Februar	18,6	13,1	1800	16,6	4,4	23,6
März	68,4	19,4	4800	37,1	14,8	100,2
April	22,7	7,0	1400	7,4	1,9	12,5
Mai	64,9	18,9	5200	32,0	10,1	78,0
Juni	17,1	8,3	2200	3,2	0,4	2,1
Juli	10,6	10,0	900	4,3	0,6	1,7
August	4,0	3,8	300	0,4	≤ 0,05	≤ 0,05
September	0,6	0,5	≤ 50	0,4	≤ 0,09	≤ 0,09
Oktober	2,0	1,0	120	0,5	0,2	1,5
November	4,4	3,1	300	2,6	0,1	1,8
Dezember	36,5	13,2	1300	6,8	1,0	7,6

Tab. 5/18: Aktiniden-Emissionen mit der Abluft der WAK 1987

Radiostrontium wird als Sulfat aus der Probe abgetrennt. Nach radiochemischer Reinigung wird der Aufbau von Y-90 abgewartet, dieses als Oxalat abgetrennt und im Low-level- $\beta$ -Meßplatz gemessen. Die Plutoniumisotope werden gemeinsam aus der Probe extrahiert, radiochemisch gereinigt und in einer Elektrolysezelle durch Elektrodeposition auf Edelstahlplättchen abgeschieden. Die  $\alpha$ -Strahler Pu-238 und Pu-239+240 werden  $\alpha$ -spektrometrisch bestimmt, der niederenergetische  $\beta$ -Strahler Pu-241 wird im Flüssigszintillationsspektrometer gemessen.

Die 1987 erfolgten monatlichen Aktivitätsabgaben mit dem Chemieabwasser des KfK in den als Vorfluter dienenden Altrhein sind Tab. 5/19 zu entnehmen. Abb. 5/3 gibt einen Überblick über die Entwicklung der Plutonium- und Radiostrontiumabgaben in den Vorfluter seit Beginn der nuklidspezifischen Überwachung im zweiten Halbjahr 1973.

#### 5.2.1.3 Ra-226-, Ra-228-, I-129- und Pb-210-Konzentrationen im Chemieabwasser des KfK

E. Sadri, K. Bender, M. Pimpl

Eine hochempfindliche nuklidspezifische Überwachung der aus dem KfK in den Vorfluter eingeleiteten Abwässer auf Ra-226, Ra-228, I-129 und Pb-210 ist im Routinebetrieb wegen des hohen Zeitbedarfs für eine entsprechend genaue Einzelbestimmung nicht durchführbar. Durch Analyse der Monatsmischproben aus den Endbecken der Monate Juni, Juli und August auf diese radioökologisch relevanten Nuklide wurde überprüft, ob meßbare Konzentrationen dieser Nuklide im Abwasser vorliegen.

Monat	Emissionsraten in MBq/Monat			
	Pu-238	Pu-239 + 240	Pu-241	Sr-90
Januar	≤ 0,15	0,15	≤ 43	0,71
Februar	0,07	0,11	≤ 17	2,51
März	0,12	0,08	≤ 24	2,86
April	0,15	0,24	≤ 39	≤ 0,58
Mai	0,21	0,14	≤ 67	1,12
Juni	≤ 0,06	≤ 0,04	≤ 42	≤ 0,33
Juli	≤ 0,06	0,06	≤ 36	≤ 0,46
August	0,14	0,14	≤ 41	≤ 0,52
September	≤ 0,04	≤ 0,04	≤ 33	0,58
Oktober	≤ 0,06	≤ 0,04	≤ 36	1,12
November	0,09	0,07	≤ 23	0,51
Dezember	≤ 0,07	≤ 0,06	≤ 49	0,86

Tab. 5/19: Emissionsraten mit dem Chemicabwasser des KfK 1987

Die Radiumisotope werden mit Bariumträger als Sulfat aus der Probe abgetrennt, radiochemisch gereinigt und als Chromat nach Einstellung des radioaktiven Gleichgewichts nach frühestens 20 Tagen zur Messung gebracht. Das Präparat wird in einem Low-level- $\alpha$ - und in einem Low-level- $\beta$ -Meßplatz gemessen. Aus den  $\alpha$ - und  $\beta$ -Raten werden die in der Probe enthaltenen Aktivitätskonzentrationen für Ra-226 und Ra-228 berechnet. Bei Einzelbestimmungen liegen die Erkennungsgrenzen bei etwa 1 mBq Ra-226/l und 10 mBq Ra-228/l, bei Parallelbestimmungen liegt die Erkennungsgrenze höher, da die  $\beta$ - Folgeprodukte von Ra-226 die Ra-228 Messung beeinflussen und die  $\alpha$ -Folgeprodukte von Ra-228 sich auf die Messung von Ra-226 auswirken.

Zur Messung der I-129-Aktivitätskonzentration wird zunächst, nach Zugabe von I-125 zur Ausbeutebestimmung, in den Abwasserproben durch einen Oxidations-Reduktionsschritt das Iod in die Iodidform überführt, wobei auch eventuell vorhandene organische Iodverbindungen mit umgesetzt werden. Das Iodid wird an einem Anionenaustauscher fixiert. I-129 wird mit einem planaren Germaniumdetektor gemessen, der Ausbeutetracer I-125 mit einem koaxialen Germaniumdetektor. Die erreichbare Erkennungsgrenze beträgt beim Einsatz von 1 l Wasser und einer Meßzeit von 1000 min etwa 300 mBq I-129/l.

Zur Bestimmung von Pb-210 in den Abwasserproben werden diese zur Trockne eingedampft, mit Bromwasserstoffsäure abgeraucht und dann mit dieser Säure aufgenommen. Mit dem flüssigen Ionenaustauscher Trioctylamin wird Pb-210 extrahiert und nach radiochemischer Reinigung als Bleichromat zur Messung präpariert. Die Messung erfolgt nach 8 - 10 Tagen im Low-level- $\beta$ -Meßplatz, wobei das Meßpräparat mit Filterpapier (7 - 9 mg/cm<sup>2</sup>) abgedeckt wird. Damit wird erreicht, daß die niederenergetische  $\beta$ -Strahlung des Pb-210 und die  $\alpha$ -Strahlung des Tochterprodukts Po-210 vollständig absorbiert werden, und nur die  $\beta$ -Strahlung des aufgebauten Bi-210 gemessen wird. Aus der gemessenen Bi-210-Aktivität läßt sich die Aktivitätskonzentration an Pb-210 in der Abwasserprobe berechnen. Bei Verwendung von 1-l Abwasser, einer Meßzeit von 100 min und einer chemischen Ausbeute von etwa 70 % liegt die Erkennungsgrenze nach 8 Tagen Aufbauzeit bei etwa 20 mBq Pb-210/l.

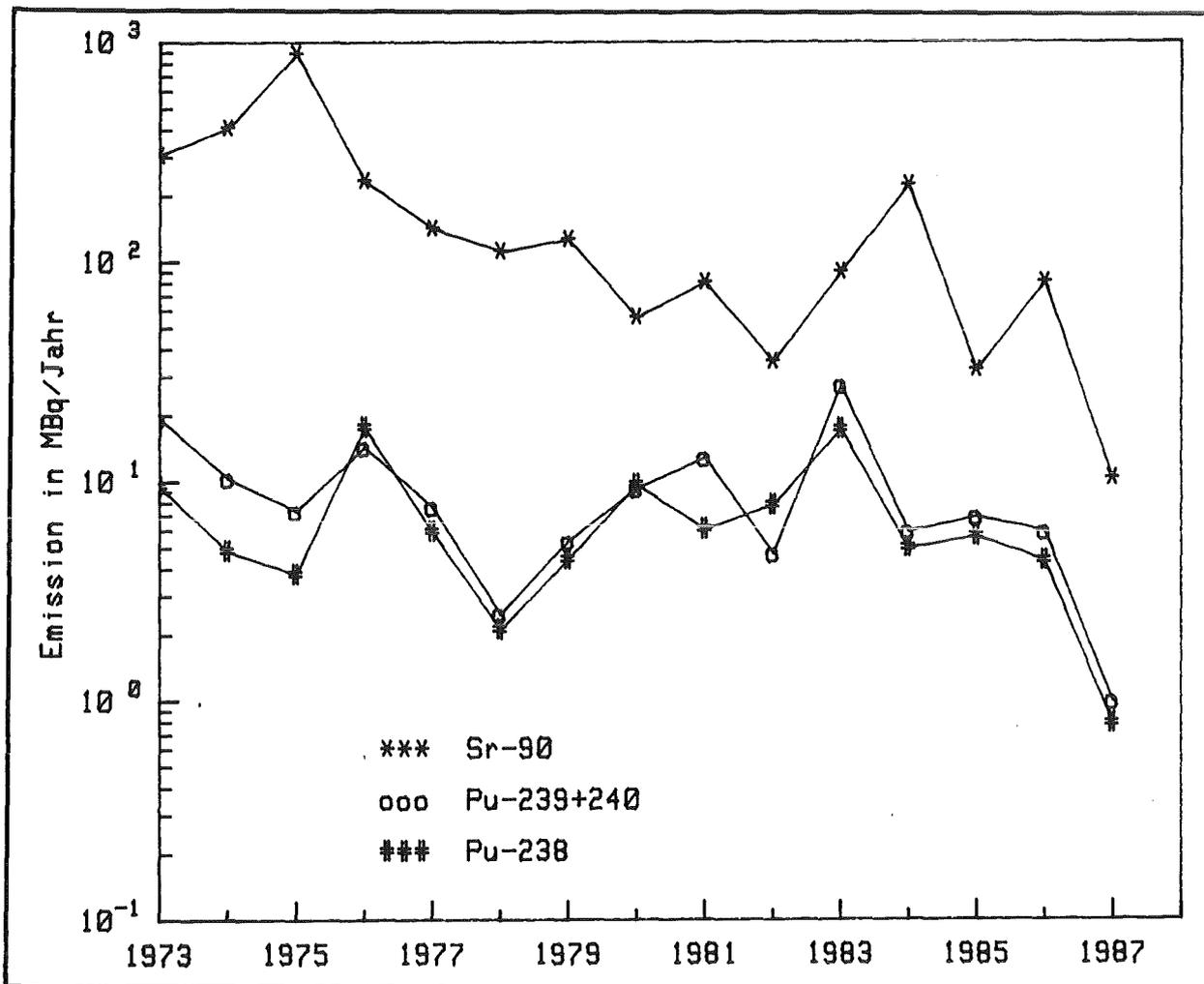


Abb. 5/3: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem KfK jährlich abgeleiteten Aktivitäten an Pu-238, Pu-239 + 240 und Sr-90

Die in den Monatsmischproben ermittelten Aktivitätskonzentrationen an Ra-226, Ra-228, I-129 und Pb-210 sind in Tab. 5/20 zusammengestellt. Die Meßwerte zeigen, daß keine nennenswerten Emissionen dieser Nuklide mit dem Abwasser aus dem KfK erfolgen.

Nuklid	Aktivitätskonzentration in mBq/l		
	Juni	Juli	August
Ra-226	≤ 25	≤ 20	≤ 18
Ra-228	≤ 18	18 ± 14	30 ± 15
I-129	≤ 390	≤ 180	≤ 390
Pb-210	≤ 31	≤ 25	≤ 40

Tab. 5/20: Aktivitätskonzentrationen von Ra-226, Ra-228, I-129 und Pb-210 in Monatsmischproben aus den Endbecken des KfK (3σ-Standardabweichung bzw. 3σ-Erkennungsgrenze)

5.2.2 Spektrometrische Untersuchungen

H. Fessler, D. Kern, F. Milbich-Münzer, A. Radziwill

Die Meßkapazität der Vielkanalanalysator-Anlage ND 6620 der Gruppe Spektrometrie wurde im Jahr 1987 durch einen weiteren Vielkanalanalysator ND 76 erhöht, so daß nun insgesamt an die ND 6620-Anlage drei ND 66/76 Vielkanalanalysatoren angeschlossen sind, von denen einer als zusätzliches Terminal betrieben wird. Ein vierter Germanium-Detektor zur Messung niederenergetischer  $\gamma$ - und Röntgenstrahlung wurde in Betrieb genommen. Damit sind nun jeweils vier Detektoren für hoch- bzw. niederenergetische Strahlung im Einsatz. Alle Detektoren sind zwischenzeitlich für die verwendeten Meßgefäße (Literflaschen und 100-ml-Flaschen mit jeweils 10 Füllständen, Ringschalen und Kohledosen) kalibriert worden. Die Auswertung der  $\gamma$ - und Röntgenspektren wurde teilweise auf Personal Computer verlegt, um so in der zentralen Recheneinheit ND 6620 die für die Überwachung der zeitlichen Steuerung (Start, Stop, Speicherverwaltung usw.) notwendige Kapazität freistellen zu können. Zusätzlich wurden mehrere Auswerteprogramme zur Lösung jener KfK-spezifischen Probleme erstellt, die mit der zur Anlage gehörenden Software nicht zufriedenstellend bearbeitet werden können. Dies betrifft zum Beispiel die Korrektur von Spektren, die mit Niederenergie-Detektoren gemessen wurden, auf Störstrahlungen von Nukliden, die mit Hochenergie-Detektoren in der gleichen Probe ermittelt wurden (z. B. Cs-137, Sb-125).

Meßgut	Meßmethode	Anzahl der Proben	eingesetzte Detektoren
Messungen für Emissionsüberwachung			
Abluftfilter aufgearbeitet	$\alpha$ -Spektrometrie	47	Silizium-Sperrschichtdetektoren
Endbeckenmischproben	$\gamma$ -Spektrometrie $\alpha$ -Spektrometrie	64 13	koaxiale Germaniumdetektoren Silizium-Sperrschichtdetektoren
Aktivkohleproben (Abluftüberwachung)	$\gamma$ -Spektrometrie $\gamma$ -Spektrometrie und Röntgen-Spektrometrie	1472 648	koaxiale Germaniumdetektoren planare Germaniumdetektoren
Abluftfilter direkt gemessen	$\gamma$ -Spektrometrie $\gamma$ -Spektrometrie und Röntgen-Spektrometrie $\alpha + \beta$ -Bruttomessung	205 33 1516	koaxiale Germaniumdetektoren planare Germaniumdetektoren Pseudokoinzidenzanlage
Abluftfilter, Monatsmischproben	$\gamma$ -Spektrometrie	12	koaxiale Germaniumdetektoren
Messungen für Umgebungsüberwachung			
Aerosol- und Iodfilter aus Meßhütten	$\gamma$ -Spektrometrie $\alpha$ -Spektrometrie	83 36	koaxiale Germaniumdetektoren Silizium-Sperrschichtdetektoren
Boden-, Schlamm- und biologische Proben	$\gamma$ -Spektrometrie $\alpha$ -Spektrometrie	95 15	koaxiale Germaniumdetektoren Silizium-Sperrschichtdetektoren
Messungen für Forschungsprogramme, Auftragsmessungen etc.			
Proben aus Forschungsbereich, Auftragsmessungen etc.	$\gamma$ -Spektrometrie $\alpha$ -Spektrometrie	380 116	koaxiale Germaniumdetektoren Silizium-Sperrschichtdetektoren

Tab. 5/21: Spektrometrische Messungen 1987

### 5.3 Ökologische Forschung

#### H. Schüttelkopf

Seit ca. fünf Jahren werden verschiedene kleinere Experimente zum Verhalten von Schwermetallen im System Boden-Pflanze durchgeführt. 1987 wurde das Verhalten von Schwermetallen, die in teilweise hohen Konzentrationen im Elektrofilterstaub von Müllverbrennungsanlagen enthalten sind, untersucht. Ca. 500 Topfexperimente wurden in einem neu erstellten Gewächshaus durchgeführt. Um den schwerlöslichen Metallen des Industriestaubes hochlösliche gegenüberzustellen, wurden ähnliche Experimente mit stabilen und radioaktiven Tracern in unserem "heißen" Gewächshaus angelegt. Ein Teil der Experimente im Gewächshaus und im Freiland wird für Langzeituntersuchungen in Lysimetern ausgeführt. Während der Aufzucht und speziell bei der Analytik der anfallenden Proben war das Optimieren und Anpassen an große Probendurchsätze eine wesentliche Zielsetzung. Parallel dazu wurden Mobilitätsuntersuchungen im Laboratorium durchgeführt. Messungen zur Löslichkeit der Schwermetalle im Bodenwasser zeigten, daß der analytische Aufwand hier für eine Routinemethode noch zu hoch ist.

Die Auswertung der Gehalte an HTO und an organisch gebundenem Tritium vom ersten HT-Experiment in Frankreich wurde abgeschlossen. Das zweite Experiment, für das in diesem Jahr viele Vorarbeiten geleistet wurden, konnte 1987 noch nicht durchgeführt werden. An einem ähnlichen Experiment in Kanada haben wir nur insoweit teilgenommen, als das organisch gebundene Tritium in vielen Proben aus Kanada im KfK gemessen wurden. Nach der Aufzucht von Pflanzen in einer Klimakammer auf HTO-haltigem Boden wurde die Trennung der einzelnen chemischen Komponenten der Pflanzenzellen durchgeführt und die Tritiumanteile in ihnen bestimmt. Der Betrieb eines Oxidizers für organische Verbindungen wurde optimiert. Erste Untersuchungen zur Bedeutung von Isotopieeffekten bei der Gefriertrocknung wurden aufgenommen. Die Inbetriebnahme der begehbaren Klimakammer wurde durch Sicherheitsauflagen der Aufsichtsbehörde verzögert; die HT-Experimente in dieser Anlage werden nicht vor April 1988 aufgenommen werden können. Für ein Forschungsprogramm zum Wasserhaushalt von gesunden und erkrankten Bäumen wurde ein Abschlußbericht erstellt. Eine umfangreiche Literaturrecherche zur Konzentration von HT in Ab- und Umgebungsluft und eine weitere zum Verhalten von HT in der Umwelt wurden ausgearbeitet. Erste Experimente zur Messung von HT in der Umgebungsluft wurden begonnen.

Zum Boden-Pflanzen-Transfer von Iod wurde ein umfangreiches Forschungsprogramm aufgebaut. In neuen Lysimetern wurden verschiedene Bodenarten mit verschiedenen Grundwasserpegel mit I-129 kontaminiert. Während des Jahres 1987 wurden viele Gras- und Bodenproben genommen. Die Analytik und die Meßtechnik an dem Flüssigszintillationsspektrometer Quantulus von LKB und an einem planaren Germaniumdetektor wurden ausgearbeitet. Erste Untersuchungen zur Flüchtigkeit und zur Verfügbarkeit von Iod im Boden wurden durchgeführt. Da Personal erst im September 1987 eingestellt werden konnte, können die Auswertungen vom ersten Versuchsjahr erst im Laufe des 3. Quartals 1988 abgeschlossen werden.

Experimente zum Boden-Pflanzen-Transfer von Technetium wurden mit der Auswertung einer weiteren Pflanzenaufzucht auf Tc-99-haltigen, gealterten Böden abgeschlossen. Die Boden-Pflanzen-Transfer-Experimente, die mit dem Radiotracer Sb-125 zur Untersuchung des Verhaltens von Antimon durchgeführt wurden, wurden abgeschlossen. Wegen der unbedeutenden Überführung von Antimon aus dem Boden in Pflanzen, wurde Antimon aus der Gruppe der uns interessierenden Spurenelemente gestrichen.

### 5.3.1 Der Boden-Pflanzen-Transfer von Schwermetallen aus einer Flugasche einer Müllverbrennungsanlage

W. Schmidt, T. Sollich, H. Bailer, W. Eichenlaub

Bei der Entsorgung kommunaler Abfälle wird die Verbrennung zukünftig noch an Bedeutung gewinnen. Die Verbrennungsrückstände werden üblicherweise auf einer Deponie gelagert. Betrachtet man das Langzeitverhalten dieser Flugasche, dann kann man eine mehr oder weniger rasche Verlagerung auch der Schwermetalle erwarten. Kurzfristig ist eine Auswaschung wegen des hohen pH-Wertes der Aschen kaum anzunehmen, langfristig dürfte jedoch nach Auswaschung der Alkalimetalle bei weiterhin sauren Niederschlägen die Mobilität der Schwermetalle zunehmen. Aus Untersuchungen über das Elutionsverhalten von Flugaschen ist z. B. für Cd bekannt, daß bei einem pH-Wert von 10 der eluierbare Anteil bei  $< 0,1\%$ , bei pH 4 aber bei  $85\%$  liegt.

Als Vorexperimente und zur Vertiefung des Verständnisses über das Verhalten von Schwermetallen in Flugaschen wurde ein Lysimeter-Versuch (Freiland) angelegt, bei dem folgende Fragestellungen beantwortet werden müssen:

- Wie hoch ist der Boden-Pflanzen-Transfer von Schwermetallen, wenn Flugasche in den Oberboden eingemischt wird?
- Wie hoch ist der Boden-Pflanzen-Transfer von Schwermetallen, wenn Flugasche mit Oberboden abgedeckt wird?
- Wie schnell werden die in der Flugasche überwiegend schwerlöslichen Schwermetalle in den Unterboden verlagert, wenn sie im Oberboden eingemischt sind?

Dazu wurde folgender Versuch angelegt. Die aus natürlicher Lagerung mit Ober- und Unterboden entnommene Parabraunerde wurde in Lysimetern von  $0,4$  und  $0,5\text{ m}^2$  Fläche zum Gewächshaus transportiert. In einem Fall wurde der Oberboden abgenommen und eine  $5\text{ cm}$  dicke Flugascheschicht auf den Unterboden in ca.  $25\text{ cm}$  Tiefe gelegt, im anderen Fall wurde die Flugasche mit ca.  $10\text{ Vol.}\%$  in den Oberboden homogen eingemischt. In der ersten Vegetationsperiode wurden Mais, Kartoffeln und Gras angebaut, um den Boden-Pflanzen-Transfer zu bestimmen. In den Tiefen von  $30$ ,  $65$  bzw.  $85\text{ cm}$  wird kontinuierlich Wasser entnommen und auf seine Schwermetallgehalte untersucht.

#### Versuchsanlage zum Boden-Pflanzen-Transfer von Schwermetallen

Um die Belastung des Menschen mit Schwermetallen über den Nahrungspfad besser verstehen und beurteilen zu können, sind Untersuchungen zum Boden-Pflanzen-Transfer bei wichtigen Nahrungs- und Futtermittelpflanzen notwendig. Ein wichtiger Untersuchungsaspekt liegt darin, daß der Gesamtgehalt an Schwermetallen im Boden wenig über den pflanzenverfügbaren Anteil aussagt. Vielmehr beeinflußt die vorliegende chemische Form des jeweiligen Elementes die Aufnahme in die Pflanze. Darüber hinaus sind die allgemeinen Wachstumsbedingungen mit Boden- und Pflanzenparametern, Klima und Aufzuchtbedingungen für den Boden-Pflanzen-Transfer bestimmend.

Die Kontamination mit Schwermetallen in unlöslicher Form erfolgte mit der Asche einer Müllverbrennungsanlage. Dabei wird angenommen, daß die Metalle in "schwerlöslicher" Form vorliegen. Die Parameter dieser Topfversuchsreihe wurden wie folgt festgelegt:

- 2 Böden (sorptionstark und -schwach)
- 4 Staubkonzentrationen (0 - 1 - 3 - 5 %)
- 4 Gehalte an organischer Substanz (0 - 0,75 - 1,5 - 3 %)
- 2 pH-Werte des Gießwassers (neutral - sauer)
- 3 Kulturen (Gras - Spinat - Kohlrabi)
- 3 Wiederholungen

In der Vegetationsperiode 1987 erfolgte die Spinat- und Kohlrabierte sowie 4 Grasschnitte. Die chemische Analyse der Boden- und Pflanzenproben erfolgt zur Zeit. In der Vegetationsperiode 1988 wird der Versuch mit den Kulturen Weizen - Mais - Kartoffeln beendet. In zwei weiteren Versuchen erfolgte die Kontamination des Bodens mit Schwermetallen in löslicher Form. Es wurden Cu, Mo und Pb als stabile Elemente und Cr, Se, Cd, Te und Hg als Radiotracer zugemischt. Die Änderung der Parameter erfolgte nach

- 2 Böden (sorptionstark und -schwach)
- 4 Gehalte an organischer Substanz (0 - 0,75 - 1,5 - 3 %)
- 2 pH-Werte des Gießwassers (neutral - sauer)
- 2 Kulturen (Gras und Spinat)
- 2 Wiederholungen

Zusätzlich wurden parallel zu den aktiven und inaktiven Versuchen Lysimeter kontaminiert, um einzelne Parametervarianten im Hinblick auf Gefäßgröße und Boden-Wasser-Haushalt überprüfen und Experimente über mehrere Vegetationsperioden durchführen zu können.

### 5.3.2 Schwermetallanalytik

J. Hiller, G. Hefner

Für die Bestimmung von Spurenelementen in verschiedenen Matrices stehen uns zwei leistungsfähige Spektrometer zur Verfügung. Das Emissionsspektrometer 3520 von ARL mit induktivgekoppeltem Plasma als Anregungseinheit und das Atomabsorptionsspektrometer 5000 von Perkin Elmer mit Graphitrohrküvette und Zeemanuntergrundkorrektur. Vor jeder Detektion stehen mehrere Teilschritte der Vorbereitung, die sicher beherrscht werden müssen. Ein analytischer Prozeß besteht aus folgenden Schritten: Probenahme, Aufbewahrung, Probenvorbereitung (Mahlen, Homogenisieren), Einwaage, Aufschluß, Abtrennung, Anreicherung, Messung.

Im Berichtszeitraum wurde der Boden-Pflanzen-Transfer von Schwermetallen aus einer Flugasche von Elektrofiltern einer Müllverbrennungsanlage gemessen. Um eine Aussage über ihre Mobilität und im weiteren über ihre Pflanzenverfügbarkeit zu erhalten, wurden Flugaschen einer pH-abhängigen Säureextraktion und einer Extraktion mit organischen Komplexbildnern unterzogen und die Gehalte der Extrakte bestimmt.

Mischproben aus 500 Kulturtöpfen mit Boden-Flugaschemischung und aus zwei Lysimetern wurden vor der Bepflanzung gemessen. Nach der 1. Vegetationsperiode wurde damit begonnen in Spinat-, Gras- und Kohlrabiprogen die Elemente Cd, Cu, Zn, Cr, Ni, Pb und Co zu bestimmen.

Die Schwermetallgehalte von Sättigungsextrakten zweier Böden mit je 10 % Flugaschezusatz sollten Anhaltspunkte für die unmittelbare Pflanzenverfügbarkeit geben. Die niedrigsten Gehalte lagen bei 0,1 ng/ml Lösung. Zum Nachweis dieser niedrigen Konzentrationen waren zusätzliche Maßnahmen zur Reinigung von Chemikalien und Probengefäßen notwendig. Für die Spurenelementbestimmung in Milchpulver eines IAEA-Ringversuches wurde die Eingefäßtechnik erprobt, d. h., die Probe wurde in einem Suprasilquarzgefäß aufgeschlossen und aus dem gleichen Gefäß mit dem Zeeman-AAS-Gerät die Elemente bestimmt.

Neben Proben für die FuE-Arbeiten durchliefen unser Laboratorium zahlreiche Pflanzen-, Boden-, Schlamm- und Oberflächenwasserproben für die Umgebungsüberwachung. Bestimmt wurden für andere Institute Beryllium in Filterproben, in Produkten der Abgasreinigung mittels Elektronenstrahl 25 Elemente und für eine medizinische Fragestellung der Berylliumgehalt eines menschlichen Lungengewebes.

### 5.3.3 Ergebnisse der HT-Freisetzungsexperimente in Frankreich und Kanada

S. Diabaté, D. Honig

Für die Entwicklung von Modellen zur Abschätzung des Verhaltens von Tritium nach einer Freisetzung aus einem Fusionsreaktor, in dem Tritium in den verschiedenen Prozeßsystemen vor allem in molekularer Form vorliegt, werden noch mehr und vor allem experimentell abgesicherte Daten benötigt. Die aus der Literatur bekannten Daten aus Laborexperimenten und einigen Freilandexperimenten weichen z. T. voneinander ab. Aus diesem Grund wurden zwei HT-Freisetzungsexperimente mit internationaler Beteiligung durchgeführt, um eine optimale Auswertung zu ermöglichen. Bei diesen Experimenten wurden vor allem die Ausbreitung der HT-Wolke in der Atmosphäre, die HT-Deposition am Boden und die Umwandlung zu HTO, die HT-Deposition in Pflanzen und die Umwandlung zu HTO und der Einbau in organisches Material sowie die Reemission des HTO von der Bodenoberfläche unter Freilandbedingungen untersucht.

Die Forschungsarbeiten, die von IIS/R durchgeführt wurden, konzentrierten sich bei dem ersten Experiment, das im Oktober 1986 in Frankreich stattfand, auf die HT-Deposition in verschiedenen landwirtschaftlich genutzten Pflanzen sowie in typischen Böden aus der Umgebung des KfK, die zu diesem Zweck zum Versuchsort transportiert wurden. Die Mitarbeit bei dem zweiten Experiment im Juni 1987 in Kanada beschränkte sich lediglich auf die Versuchsauswertung.

#### Das HT-Experiment in Frankreich

Innerhalb von 2 Minuten wurde aus einem 40 m hohen Kamin eine definierte Menge an HT freigesetzt. Bei einer Windgeschwindigkeit von 1,9 m/s erreichte die HT-Wolke nach 7 Minuten den KfK-Standort in ca. 800 m Entfernung in Ausbreitungsrichtung. Die dort aufgestellten Pflanzen- und Bodenproben wurden für insgesamt 10 Minuten einer hohen HT-Luftkonzentration ausgesetzt, wobei eine durchschnittliche Tritiumkonzentration von  $1,09 \cdot 10^6$  Bq/m<sup>3</sup> mit einem Tritiummonitor gemessen wurde. Die Konzentration von HTO in der Luft, das zu einem geringen Teil mit freigesetzt wurde, jedoch vor allem von HT stammt, das im Boden zu HTO umgewandelt und reemittiert wurde, betrug 79 Bq/m<sup>3</sup> in der ersten Stunde nach der Freisetzung (gemessen nach Adsorption an Molekularsieb). Bezogen auf die Lufttemperatur von 19 °C und der relativen Luftfeuchte von 70,5 % betrug die Tritiumkonzentration in der Luftfeuchte etwa 7000 Bq pro Liter Wasser.

Von den exponierten Pflanzen wurden 1 Stunde nach der Freisetzung Proben entnommen. In Abb. 5/4 sind die Konzentrationen des in dieser Zeit ins freie Gewebewasser und ins organische Material eingelagerten Tritiums dargestellt. Die Aufnahme rate hängt dabei im wesentlichen von der Fläche der oberirdischen Pflanzenteile und dem Öffnungszustand der Stomata ab. Die höchste Konzentration im Gewebewasser wurde in Gras gefunden, die niedrigste in Fichtenzweigen. Etwa 3 % des insgesamt aufgenommenen Tritiums wurden in das organische Material eingelagert, wobei der größte Teil (etwa 70 %) mit inaktivem Wasser wieder ausgetauscht werden konnte.

Die Tritiumkonzentration im Gewebewasser lag bei allen Pflanzen unter der Tritiumkonzentration in der Luftfeuchte von ca. 7000 Bq/l. Dieser Verlauf ist typisch für eine reine HTO-Kontamination. Über den Anteil der Kontamination durch HT kann keine weitere Aussage gemacht werden, als daß trotz wesentlich höherer Konzentration von HT der Effekt nicht höher ist, als bei einer reinen HTO-Kontamination.

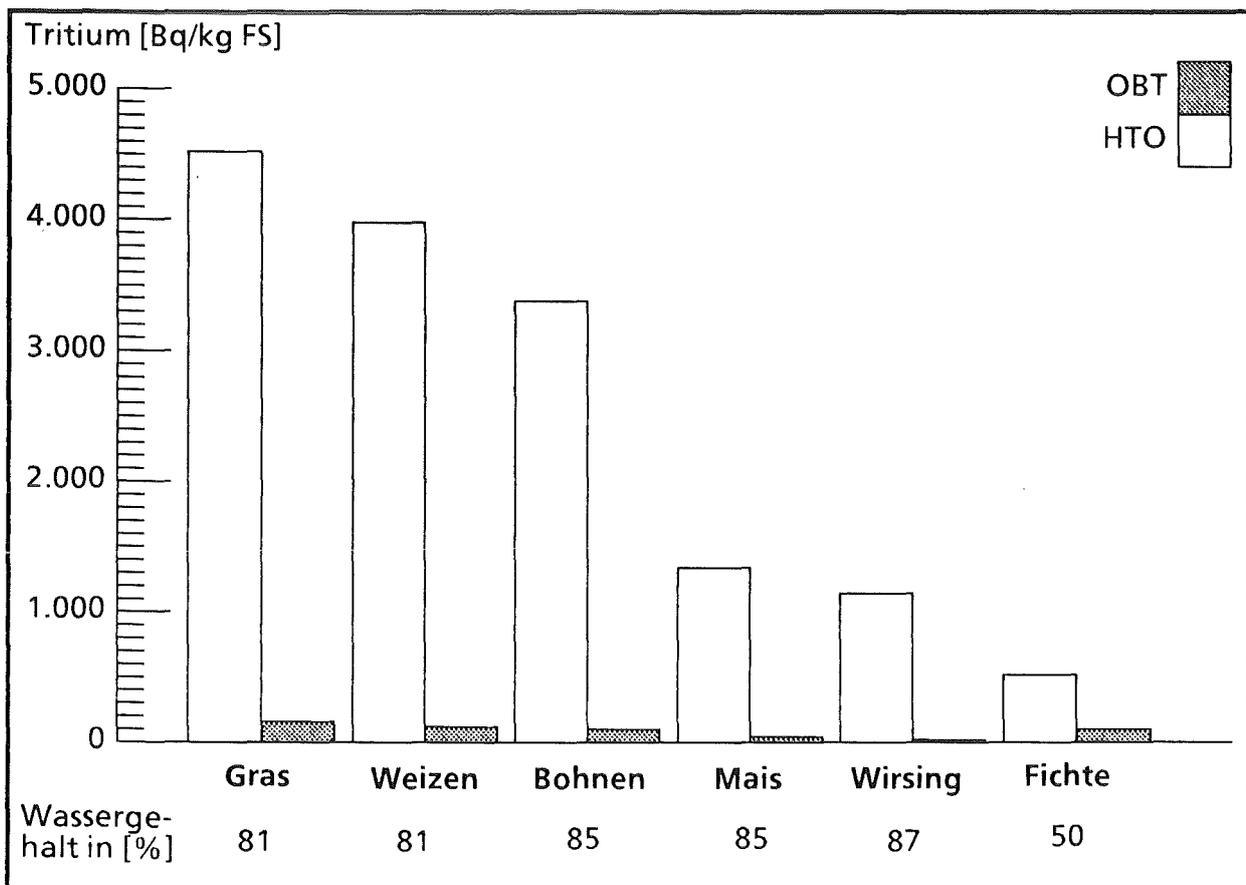


Abb. 5/4: Tritium im Gewebewasser (HTO) und in organischem Material (OBT) in Becquerel pro kg Frischsubstanz von Pflanzen eine Stunde nach HT-Exposition im Freiland

Bei der Deposition von HT am Boden spielen Parameter wie Bodenporosität und Wassergehalt eine wichtige Rolle. Die höchsten Umwandlungsraten von HT zu HTO, hier mit Depositionsgeschwindigkeit ( $v_g$ ) bezeichnet, werden unter Bedingungen erreicht, die auch für die Aktivität von Mikroorganismen optimal sind, d. h. in gut durchlüfteten und nicht zu trockenen oder zu feuchten Böden. Bei den in Frankreich exponierten Böden wurde in moorigem Boden aus dem Tiefgestade Leopoldshafen die höchste Bodenkontamination mit  $1 \cdot 10^6$  Bq/m<sup>2</sup> in 0 - 40 cm Tiefe gemessen. Das entspricht einer Depositionsgeschwindigkeit von  $1,54 \cdot 10^{-3}$  m/s. Dieser Boden mit seinem hohen organischen Anteil von 21 % ist gut durchlüftet und hat eine hohe Wasserkapazität (67 %). Bei Parabraunerde vom Michaelsberg und sandigem Boden aus Spöck wurden Bodenkontaminationen von  $5,4 \cdot 10^5$  bzw.  $4,6 \cdot 10^5$  Bq/m<sup>2</sup> in 0 - 40 cm Tiefe gemessen ( $v_g = 8,2 \cdot 10^{-4}$  m/s bzw.  $v_g = 7,1 \cdot 10^{-4}$  m/s). Parabraunerde hat einen hohen Anteil sehr kleiner Bodenpartikel und ist daher schlechter durchlüftet. Bei sandigem Boden sind die Bodenpartikel wesentlich größer, was eine gute Durchlüftung bewirkt, allerdings ist die Wasserkapazität sehr niedrig (26 %). Bei der Auswertung der Bodenprofile zeigte sich, daß 70 - 94 % des aufgenommenen HT in den oberen 10 cm als HTO abgelagert wurde. Jedoch war in allen Böden auch in tieferen Schichten (bis 40 cm gemessen) eine erhöhte HTO-Konzentration meßbar, was durch die hohe Diffusionsgeschwindigkeit des HT erklärt wird.

## Das HT-Experiment in Kanada

Hier befand sich die HT-Quelle nur 1 m über der Bodenoberfläche und die Freisetzungsdauer betrug 30 Minuten. Von verschiedenen eingetopften Pflanzen (Sojabohne, Mais, Fichte), die in einer Entfernung von 50 m in Ausbreitungsrichtung der HT-Wolke ausgesetzt waren, wurden zu unterschiedlichen Zeitpunkten (1, 11 und 25 Stunden nach der Freisetzung) Proben entnommen. Die Forschungsarbeiten, die von IIS/R auszuführen waren, bestanden lediglich in der Durchführung der OBT-Analysen, wobei auch das nicht austauschbar gebundene OBT, also das durch enzymatische Reaktionen an Kohlenstoff gebundene Tritium, bestimmt wurde. Die Ergebnisse sind in Abb. 5/5 dargestellt.

Sojabohne hatte im Vergleich zu Mais und Fichte die höchste Tritium-Aufnahmerate im Gewebewasser als auch im OBT, was vermutlich auf die absichtliche Infektion der Wurzeln mit Rhizobium-Bakterien zurückzuführen ist. Dieser Bakterienstamm verursacht in Leguminosen die Bildung von sogenannten Wurzelknöllchen, in denen Luftstickstoff gebunden und der Pflanze verfügbar gemacht wird. Außerdem enthalten diese Bakterien das Enzym Hydrogenase, das die Oxidation von Wasserstoff katalysiert. Die Verläufe der OBT-Konzentration in Abhängigkeit von der Zeit zeigen ein Maximum bei 11 Stunden nach der Freisetzung bei Sojabohnen. Bei Fichte und Mais waren die höchsten Werte erst nach 25 Stunden erreicht. Eine endgültige Bewertung dieser Ergebnisse erfordert noch zusätzliche Daten und steht deshalb noch aus.

### 5.3.4 Vorbereitung der IIT-Exposition von Pflanzen in einer Klimakammer

S. Diabaté, D. Honig

Im Rahmen eines Forschungsprogramms des Projektes Kernfusion soll das Verhalten von IIT in Pflanzen untersucht werden. Die Experimente sind auf folgende Schwerpunkte konzentriert:

- Aufnahmerate von IIT durch oberirdische Teile von verschiedenen landwirtschaftlich genutzten Pflanzen.
- Einbau in das organische Material, wobei die Hauptkomponenten Proteine, Fette, Zellulose und Nukleinsäuren aufgetrennt werden.
- Abbaurate der verschiedenen Komponenten nach der Tritiumexposition.
- Aufklärung des biochemischen Mechanismus der IIT-Aufnahme in Pflanzen.

Im folgenden wird der Versuchsaufbau für die IIT-Exposition von Pflanzen unter definierten Bedingungen dargestellt.

#### Beschreibung der Expositionskammer

Für die Exposition von Pflanzen mit IIT steht eine begehbare Klimakammer mit einer Grundfläche von 7,3 m<sup>2</sup> zur Verfügung (Abb. 5/6). Zusammen mit dem Platzbedarf für das Klimatisierungssystem beträgt der Rauminhalt ca. 18 m<sup>3</sup>. Die Innenwände der Kammer sind mit Edelstahlblech beschichtet und dampfdicht verschweißt. Der Zugang ist über eine Plexiglastür, die mit einer Spezialdichtung versehen ist, und eine Außentür, die dem Wandaufbau der Kammer entspricht, möglich.

H-3-Konzentration [Bq/l]

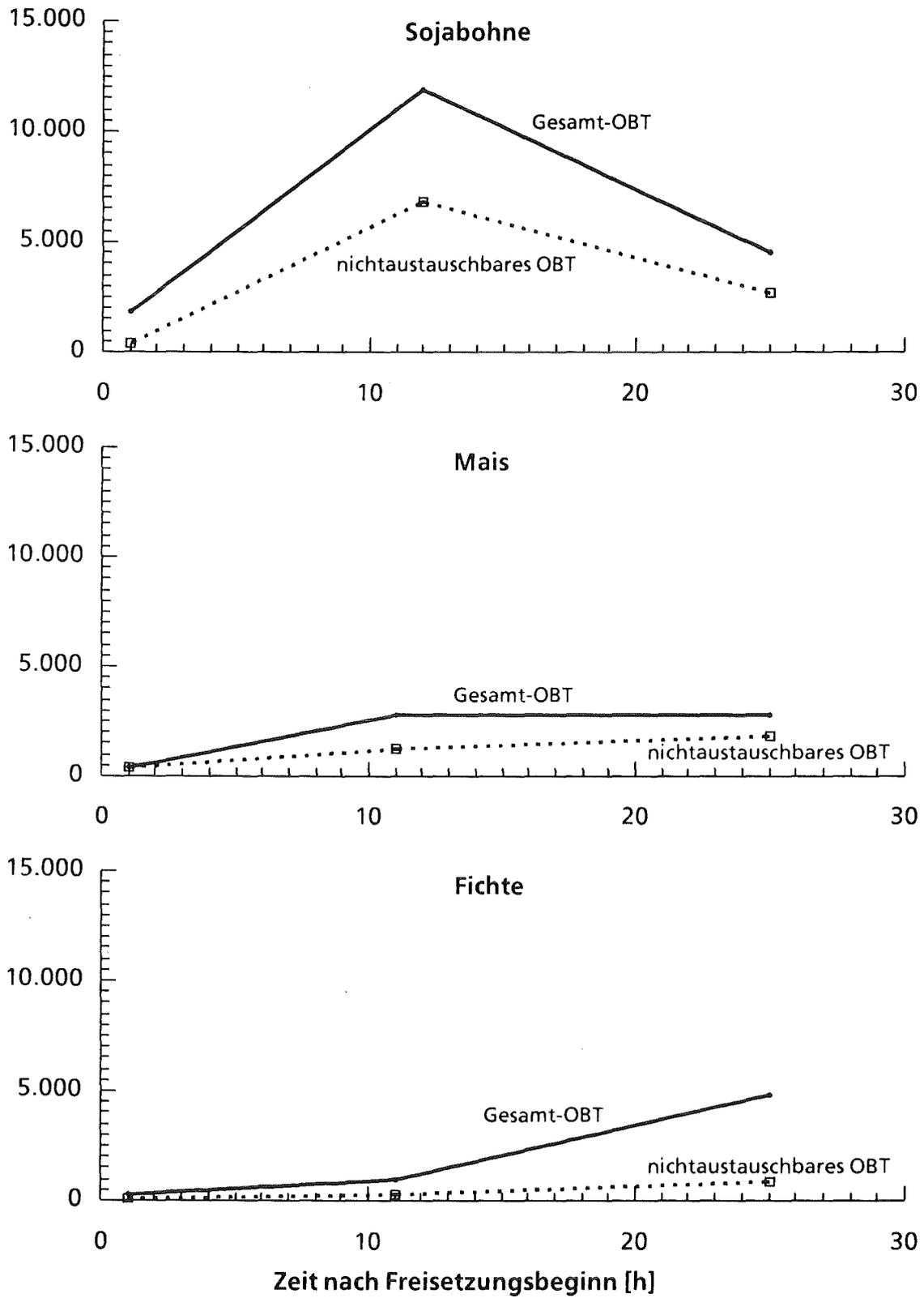
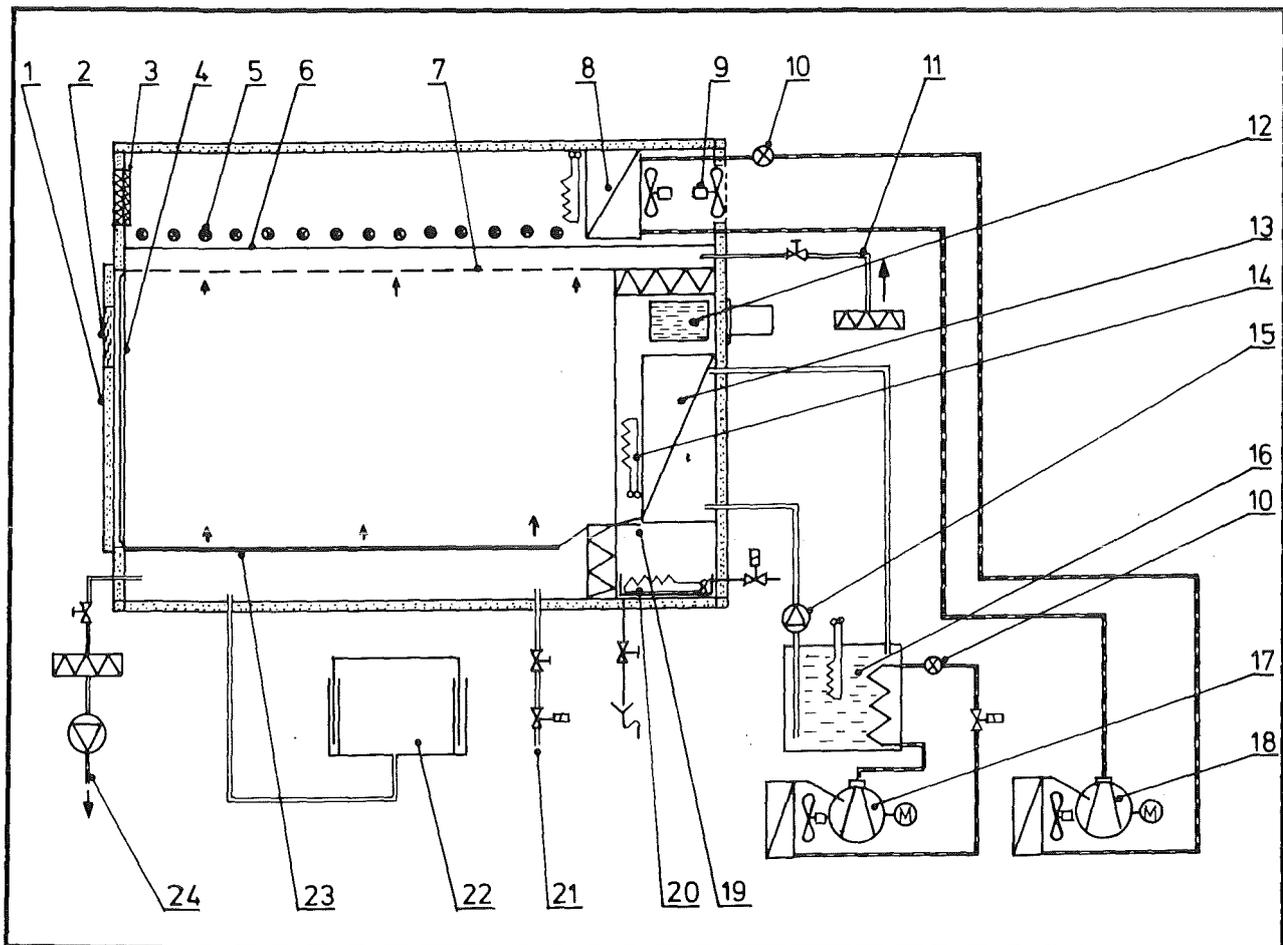


Abb. 5/5: Gesamt-OBT und nichtaustauschbares OBt (in Becquerel pro Liter Verbrennungswasser) in Pflanzen zu verschiedenen Zeiten nach einer HT-Exposition im Freiland



- |  |  |
|--|--|
| 1. Prüfraumaußentür  | 15. Solepumpe  |
| 2. Türfenster  | 16. Soieaufbereitungsbehälter mit Heizung und Soleverdampfer                           |
| 3. Luftfilter Lampenraum   | 17. luftgekühltes Kälteaggregat für Solkühlung   |
| 4. Prüfrauminnentür (Plexiglas)  | 18. luftgekühltes Kälteaggregat für Lampenraumkühlung                                  |
| 5. Leuchtstoffröhre  | 19. Bypassregulierklappe   |
| 6. Glasdecke   | 20. Befeuchtungswanne mit Heizung, Zu-, Ab- und Überlauf                               |
| 7. Plexiglasstreifendecke  | 21. Dosiereinrichtung mit Nadel- und Magnetventil                                      |
| 8. Umluftgerät Heizen und Kühlen Lampenraum                                    | 22. Ausdehnungsbehälter  |
| 9. Spülluftgebläse Lampenraum  | 23. Lochboden  |
| 10. Expansionsventil   | 24. Spül- und Frischlufteinrichtung für Abluft mit Filter, Ventil und Handabsperrentil |
| 11. Spül- und Frischlufteinrichtung für Zuluft mit Filter und Handabsperrentil |  |
| 12. Umluftgebläse  |  |
| 13. Taupunkt Kühler  |  |
| 14. Umluftheizung  |  |

Abb. 5/6: Aufbau und Klimatisierungsprinzip der Klimakammer

Temperatur und relative Feuchte der Kammerluft sowie die Lichtstärke sind stufenlos einstellbar. Diese Parameter werden kontinuierlich über Fühler gemessen und von einem Schreiber aufgezeichnet. Zur Temperierung der Raumluft befindet sich im Umluftsystem der Kammer ein Wärmetauscher, der über einen indirekten Solekreislauf mit dem außerhalb der Kammer befindlichen Solethermostaten verbunden ist. Das Kühlsystem dieses Thermostaten ist an eine Kältemaschine angeschlossen. In Wechselwirkung mit einem Elektro-Lufterhitzer ist auf diese Weise eine gleichmäßige Einstellung der Raumtemperatur im Bereich von +5 bis +45 °C mit  $\pm 0,5$  °C Temperaturkonstanz möglich.

Die Be- und Entfeuchtung der Luft erfolgt über den Taupunktkühler und die darunterliegende Befeuchterwanne. Zur Entfeuchtung wird Wasser im Kühler des Kältekreislaufs auskondensiert. Muß die Luft wieder befeuchtet werden, so kann sie von der Wasseroberfläche der beheizbaren Befeuchterwanne verdunstendes Wasser aufnehmen. Die Feuchtekonstanz beträgt  $\pm 1$  %. Die Beleuchtung erfolgt über Leuchtstofflampen, die durch eine gasdicht eingesetzte Glasdecke von der Expositions-kammer abgetrennt sind. Zur Abführung der Lampenverlustwärme im Lampenraum dient ein Umluftkühl-system mit einem thermostatisch gesteuerten Wärmetauscher, der an ein separates Kälteaggregat angeschlossen ist. Auf diese Weise kann keine Beeinflussung der Kammertemperatur durch die Lampenwärme auftreten. Die maximal erreichbare Lichtstärke beträgt ca. 9000 Lux in Pflanzenhöhe. Die Kammerluft wird vertikal von unten durch einen Edelstahl-Lochboden nach oben durch eine Plexiglas-Streifen-decke mit Hilfe eines Gebläses umgewälzt. Die Geschwindigkeit ist von 500 - 3000 m<sup>3</sup>/h regelbar.

#### Versuchsanordnung für IIT-Experiment

Während der IIT-Exposition wird die Kammer im geschlossenen Kreislauf betrieben. Zu- und Fortluftleitungen sind verschlossen (s. Abb. 5/7). IIT wird als Gemisch mit Stickstoff aus einer Druckgasflasche, die sich außerhalb der Kammer in einem Sicherheitsschrank befindet, eingeleitet. Bevor das Gas in die Kammer gelangt, wird es über eine Molekularsiebpatrone geleitet, um eventuell vorhandenes IIT<sub>2</sub>O zu entfernen. Die Tritiumkonzentration in der Kammerluft (IIT und entstandenes IIT<sub>2</sub>O) kann mit Hilfe eines Tritiummonitors gemessen werden. Wird dem Meßgerät eine Molekularsiebpatrone vorgeschaltet, so kann auch die IIT-Konzentration bestimmt werden. Zur Messung der CO<sub>2</sub>-Konzentration dient ein CO<sub>2</sub>-Analysator. Falls die CO<sub>2</sub>-Konzentration durch den Verbrauch während der Photosynthese der Pflanzen zu stark sinkt, wird CO<sub>2</sub> aus einer Druckgasflasche nachgeführt. Die Durchbrüche für die Gaszufuhr und die Gasableitungen für Meßzwecke sind mit Aluminium-Flanschen abgedichtet. Die Abluft aus den Meßgeräten wird in einen 10 m hohen Kamin geleitet.

#### Pflanzen

Die in speziellen Töpfen im Gewächshaus angezogenen Pflanzen (z. B. Mais, Bohnen, Weizen, Gras, Kohl) werden einige Tage vor dem Experiment in die Klimakammer gestellt, um sie an das einprogrammierte Klima zu gewöhnen. Während der IIT-Exposition wird die mikrobielle Oxidation des IIT im Boden durch Abdecken der Bodenoberfläche verhindert. Die verschiedenen Möglichkeiten dazu können jedoch erst im aktiven Versuch auf ihre Eignung bezüglich der Dichtigkeit getestet werden. Um eine kontinuierliche Wasserversorgung des Bodens zu gewährleisten, werden einfache käufliche Blumat-Stecker aus Ton mit Anschluß an einem Vorratsbehälter verwendet. Wird dem Boden durch Transpiration der Pflanzen Wasser entzogen, so wird automatisch über den porösen Ton Wasser nachgesaugt.

In den ersten Versuchen sollen die Pflanzen optimale Wachstumsmöglichkeiten in bezug auf Temperatur, relative Feuchte, Licht und Bewässerung erhalten, um in der Expositionszeit (ca. 1 - 2 Wochen) genügend Biomasse produzieren zu können. Später werden andere typische Umweltbedingungen simuliert, um den Einfluß auf das Verhalten von HT in Pflanzen zu untersuchen.

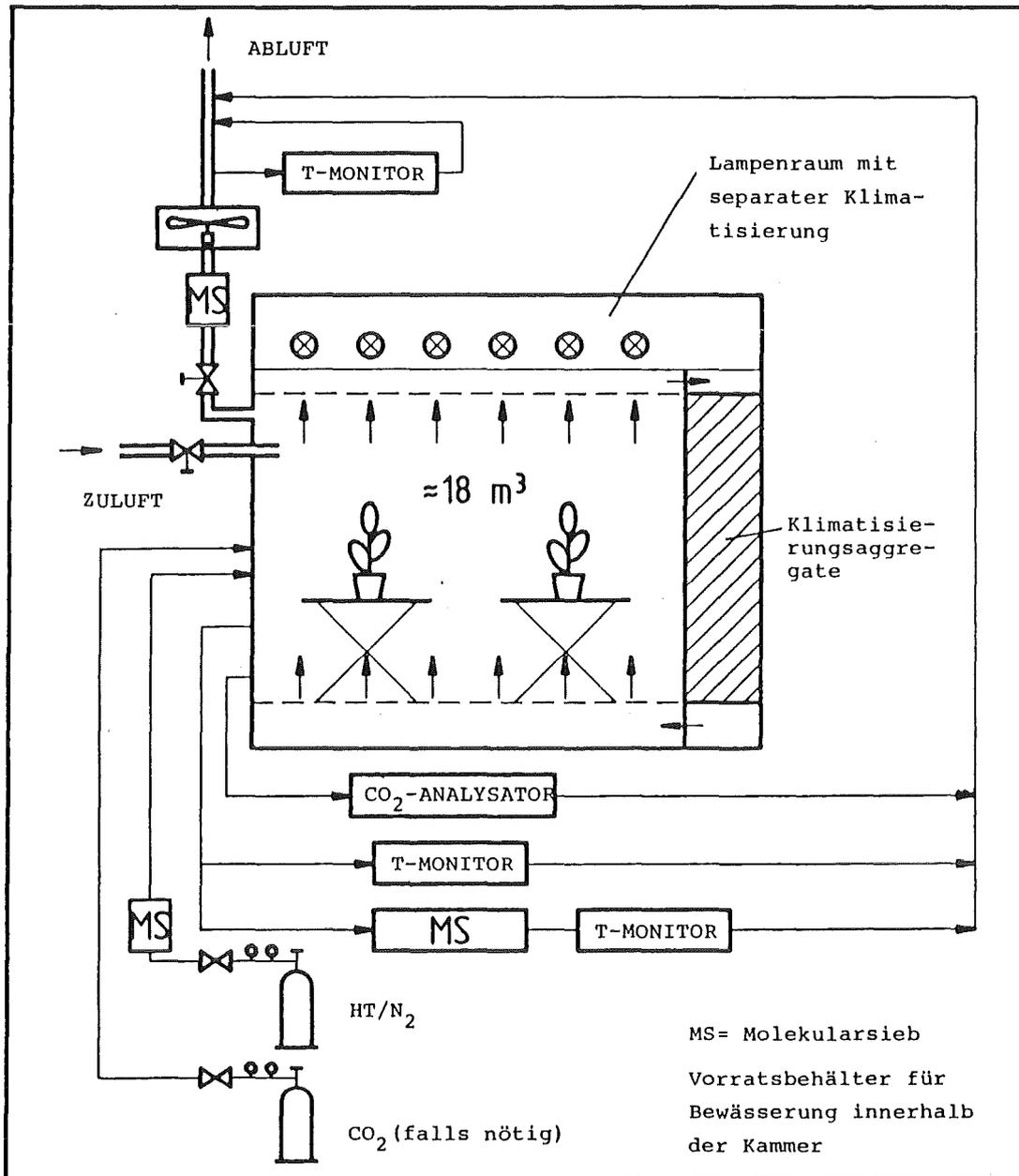


Abb. 5/7: Versuchsaufbau zur Exposition von Pflanzen in einer HT-Atmosphäre unter definierten Klimabedingungen

### 5.3.5 HT-Gehalt der Atmosphäre in der Umgebung und Aufnahme in Pflanzen

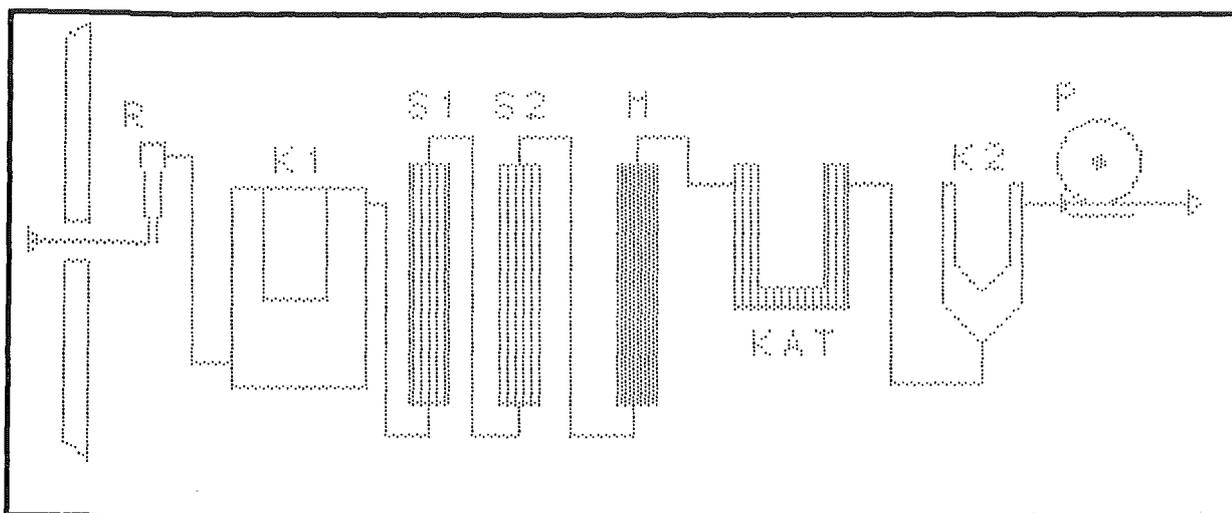
S. Strack

Mit Blick auf die geplante Fusionsforschung im KfK und die derzeit offenen Fragen im Zusammenhang mit Tritiumabgaben aus Wiederaufbereitungsanlagen wird ein Forschungsprogramm vorbereitet, das sich mit strahlenschutzrelevanten Aspekten des Verhaltens von gasförmigem Tritium (HT) in der Umgebung befaßt. In der Literatur sind bisher keine verwertbaren Angaben von direkten Emissionsmessungen von HT an kerntechnischen Anlagen zu finden. Mit H-3-Monitoren wurden keine H-3-Konzentrationen in der Abluft gefunden, die größer als die Nachweisgrenze waren.

Die in der Atmosphäre vorliegenden HT-Konzentrationen wurden bisher weltweit nur vereinzelt gemessen. Die umfangreichste Meßreihe wurde bisher von OSTLUND u. MASON (1985, Universität of Miami, Tritium Laboratory Data Report Nr. 14, DE 85 013133) durchgeführt. Die Zusammenstellung enthält auch Messungen der HT-Konzentrationen in Freiburg i. Br. aus der Zeit 1979/1980. Gegenüber Messungen in Miami (USA) zeigen die Werte in Freiburg relativ starke Schwankungen, die sich die Autoren mit möglichen Emissionen aus der Leuchtfarbenindustrie erklären. Überschlüssig liegen nach diesen Messungen in der bodennahen Atmosphäre im Mittel etwa gleich viel Tritium-Atome in Form von HT wie in Form von HTO vor. Diese HT-Konzentrationen in der Atmosphäre haben im Gegensatz zum HTO eine höhere spezifische Aktivität (bezogen auf Wasserstoff), da in der Luft nur sehr geringe Wasserstoffkonzentrationen vorliegen.

Für die Entwicklung einer für Routinemessungen geeigneten Apparatur zur Sammlung des Wasserstoffs und zur Abschätzung des Meßaufwandes war es zunächst wichtig, anhand von Messungen einen Überblick über den Wasserstoffgehalt und dessen Tritiumkonzentration in der Umgebung zu bekommen. Dafür wurde zunächst eine etwas aufwendigere Methode der Sammlung gewählt. Die Apparatur ist in Abb. 5/8 schematisch dargestellt. In einer Kühlfalle wird zunächst ein großer Teil der Luftfeuchte bei einer Temperatur von etwa 2 °C auskondensiert. An diesem Wasser wird später die mittlere Tritiumkonzentration der Luftfeuchte ermittelt. Anschließend wird der Luftstrom in zwei mit Silicagel (mit Indikator) gefüllten Patronen weiter getrocknet. Die dann noch verbliebene Restfeuchte wird in einem Molekularsieb (3 Å, Perlform 2 mm, Merck, Darmstadt) zurückgehalten. Danach wird der vollständig getrocknete Luftstrom durch ein mit einem Katalysator (Platin auf Aktivkohle, 5 %, Ventron, Karlsruhe) gefülltes U-Rohr geleitet. Der Wasserstoff wird so zu Wasser oxidiert, das in einer nachgeschalteten Kühlfalle bei einer Temperatur von -80 °C aufgefangen wird. Die Luft wurde außerhalb des Gebäudes 101 im KfK in einem Lichtschacht auf Straßenniveau angesaugt. Die Luftmenge betrug etwa 100 m<sup>3</sup>, die in einem Zeitraum von einer Woche durch die Apparatur gesaugt wurde.

Innerhalb des Sammelzeitraumes mußte das befeuchtete Silicagel mehrere Male gegen getrocknetes ausgetauscht werden. In der zweiten Kühlfalle wurden 0,8 g Oxidationswasser aufgefangen. Das entspricht etwa der zwanzigfachen Menge, die man nach Literaturangaben erwarten könnte. In allen einschlägigen Nachschlagewerken, in denen die Zusammensetzung der Luft angegeben wird, findet sich eine Angabe von 0,5 ppm (Vol.) bzw. 0,00005 Vol.-%. Dabei wird allerdings in allen Fällen weder angegeben, wie groß der Streubereich ist, noch wann und unter welchen Umständen dieser Wert ermittelt wurde. Es wird angenommen, daß dieser Wert nicht für Luft gilt, die durch Industrie- und Autoabgase belastet ist.



R = Rotameter; K1 = Kühlfalle 2 °C; S1, S2 = Patronen mit ca. 1200 g Kieselgel (Merck 1925); M = Patronen mit ca. 1200 g Molekularsieb 3 Å (Merck 5704); KAT = Katalysator (50 g) Platin auf Aktivkohle 5 % (Ventron); K2 = Kühlfalle -80 °C; P = Pumpe

Abb. 5/8: Apparatur zur Sammlung von Wasserstoff in Luft

Bei der Sammlung wurde eine spezifische Tritiumaktivität des Wasserstoffes in der Umgebungsluft von 745 mBq/g Wasserstoff gefunden, entsprechend einem HT-Gehalt der Luft von 0,66 mBq/m<sup>3</sup>. Die spezifische Tritiumaktivität der Luftfeuchtigkeit lag demgegenüber bei 4,33 mBq/g Wasser bzw. 39,4 mBq/g Wasserstoff. Bei einer durchschnittlichen absoluten Luftfeuchtigkeit von 9 g/m<sup>3</sup> läßt sich ein Gehalt der Luft an wassergebundenem Tritium von ca. 40 mBq/m<sup>3</sup> abschätzen. Damit lag der Gehalt der Atmosphäre an wassergebundenem Tritium bei etwa dem 60fachen des Gehaltes an elementarem Tritium, die spezifische Aktivität des elementaren Wasserstoffs ist jedoch etwa 20fach höher als die des Wasserstoffs in der Luftfeuchtigkeit. Weitere Messungen unter variierten Bedingungen sind für weitgehende Aussagen unbedingt notwendig. Für Fragen der Dimensionierung einer zukünftigen weitgehend automatisierten Sammeleinrichtung sind die ermittelten Daten und die gesammelten Erfahrungen jedoch von grundlegender Bedeutung.

In dem vorbereiteten Forschungsprogramm soll außerdem die Problematik untersucht werden, in wie weit das elementare Tritium in der Atmosphäre mit dafür verantwortlich sein kann, daß in Umweltproben in der Regel eine höhere Tritiumkonzentration im Wasserstoff der organischen Substanz als im Wasserstoff des Gewebewassers gefunden wird. In diesem Zusammenhang wird z. Z. eine Reihe von Experimenten durchgeführt, die klären sollen, ob durch die allgemein übliche Art der Probenaufbereitung zur Tritiumbestimmung (Gefriertrocknung der Proben mit anschließender Veraschung der organischen Substanz) die Tritiumkonzentration in der organischen Substanz möglicherweise verfälscht wird. Denkbar wäre es, daß bei der Sublimation während der Gefriertrocknung durch Isotopie-Effekte im austauschbaren Wasserstoffkompartiment eine Anreicherung stattfindet, die die Tritiumkonzentrationen in der organischen Substanz (OBT) erhöhen.

### 5.3.6 Der Boden-Pflanzen-Transfer von Iod auf Dauergrünland

B. Bohn, W. Eichenlaub, C. Neck, W. Schmidt, T. Sollich, S. Vater, W. Wünschel

Im Auftrag der Geschäftsstelle der ARGE Wiederaufarbeitungsanlage Bayern wurde 1987 ein Fünfjahresprogramm zur standortspezifischen, radioökologischen Begutachtung des Boden-Pflanzen-Transfers von Iod auf Dauergrünland begonnen. Das Untersuchungsprogramm umfaßt die Bestimmung

- der Transferfaktoren für drei Bodenarten (Jura, Kreide, Urgesteinsverwitterung) in Abhängigkeit von der Bodenfeuchte.
- der Abgabe von Iod aus Boden und Pflanze in die Luft durch Messung gasförmiger Iodverbindungen.
- der Zeitabhängigkeit der Iodfixierung im Boden durch Messung über fünf Vegetationsperioden und parallele Untersuchung des Transfers von I-127 und I-129.
- der Mobilität von Iod im Boden durch Messung von Tiefenprofilen.
- der Änderung der Pflanzenverfügbarkeit von Iod durch Auslaugen von Bodenproben mit verschiedenen Standardlösungen.

Bereits durchgeführt wurde die Befüllung, Aufstellung, Markierung mit I-129 und Bepflanzung von neun Lysimetern in einem vollklimatisierten Gewächshaus. Im Laufe des Jahres erfolgten vier Grasernten und die dazugehörigen Bodenprobenentnahmen. Analysenmethoden für I-129 und I-127 wurden ausgearbeitet und auf die ersten Proben angewendet. Erste Ergebnisse zu den Transferfaktoren werden Anfang 1988 vorliegen. Gleichzeitig wurde eine Raumluftüberwachung auf I-129 installiert und die dazu notwendige Analytik erarbeitet. Eine Auslaugetechnik für Iod im Boden mit verschiedenen Lösungsmitteln wurde erstellt.

## 6 Dosimetrie

### 6.1 Dosismessung zur Orts- und Personenüberwachung

#### 6.1.1 Amtliche Personendosimetrie

S. Ugi

Die für die Personenüberwachung externer Stellen in Baden-Württemberg Ende 1984 eingerichtete amtliche Meßstelle für Festkörperdosimeter wurde nach Inkrafttreten der neuen Strahlenschutz-zuständigkeitsverordnung am 01.04.1986 zur sechsten eigenständigen Meßstelle in der Bundesrepublik. Durch die Unterzeichnung des Vertrages zwischen der KfK GmbH und dem Land Baden-Württemberg wurde der rechtliche Status der Meßstelle bestätigt. Nachdem im zweiten Betriebsjahr die Bedingung der Vollkostendeckung erreicht wurde, ist nun die Meßstelle als Dauereinrichtung im KfK etabliert.

Amtliches Personendosimeter ist das Photolumineszenz-Phosphatglasdosimeter in der Kugelkapselung, welches für eine Personenüberwachung auf Ganzkörperexposition durch Photonenstrahlung im Energiebereich oberhalb 45 keV eingesetzt wird.

Als zweites amtliches Dosimeter wird - entsprechend den Anforderungen an die nach Landesrecht zuständigen Meßstellen ein Thermolumineszenzdosimeter für die Teilkörperdosimetrie ausgegeben. Das Dosimeter besteht aus einem TLD700-Detektor in einem Edelstahl-Fingerring hinter einer Abdeckung von 7 mg/cm<sup>2</sup>. Fingerringdosimeter können bei Verwendung in Krankenhäusern ohne Verfälschung des Meßwertes gassterilisiert werden.

Als drittes amtliches Dosimeter wird ein Neutronendosimeter angeboten, dessen bundesweiter Einführung vom Länderausschuß für Atomenergie zum Jahresende 1986 zugestimmt wurde. Dieses Dosimeter löst das bisherige Neutronenfilmdosimeter der LfU ab. Mit der Überwachung wurde im Jahr 1987 begonnen. Im Februar 1988 wird die LfU die Überwachung mit Neutronenfilmdosimetern endgültig einstellen. Zum Einsatz kommt das von KfK entwickelte universelle Albedoneutronendosimeter, Type Alnor, mit TLD600 (<sup>6</sup>LiF:Mg,Ti)- und TLD700 (<sup>7</sup>LiF:Mg,Ti)-Thermolumineszenzdetektoren zur Personenüberwachung in Neutronen-Beta-Gamma-Mischstrahlungsfeldern. Für spezielle Überwachungsaufgaben können die Albedodosimeter auch mit gammastrahlungsunempfindlichen Kernspurätzdetektoren sowohl anstelle der TL-Detektoren als auch zum getrennten Nachweis schneller Neutronen eingesetzt werden.

Neben den amtlichen Dosimetern wird von der Meßstelle eine größere Anzahl an nichtamtlichen Dosimeterüberwachungen und Meßverfahren angeboten (Tab. 6/1). Die nichtamtliche Überwachung basiert in der Regel auf freiwilligen Zusatzmaßnahmen, aber auch auf auflagenbedingten Auswertungen.

Abgesehen von der Umgebungsüberwachung mit Thermolumineszenzdosimetern machen die passiven Diffusionskammern zur Überwachung der Radonkonzentration in der Luft (Radondosimeter) einen wesentlichen Teil der nicht amtlichen Dosimeterauswertungen aus.

<b>Amtliche Auswertung</b>	Auswertezahl	Kundenzahl
Phosphatglas-Ganzkörperdosimeter	50 901	57
Thermolumineszenz-Teilkörperdosimeter	9 446	161
Albedo-Neutronendosimeter Ganzkörper	3 279	23
<b>Nichtamtliche Auswertung</b>		
Phosphatglas-dosimeter	3 387	11
Thermolumineszenz-dosimeter	1 158	13
Radondiffusionskammern	2 389	25
Kernspurätzungen	2 334	2
Bereitstellung Kernspurfolien	20 000	1

Tab. 6/1: Serviceleistungen der Meßstelle 1987

Auch 1987 erhöhte sich der Auswerteumfang für Kernspurdetektoren zur Radondosimetrie sowie für Dosimeterauswertungen insbesondere zur Umgebungsüberwachung. Ab Januar 1987 kam es zu einem auflagenbedingten Einsatz von Radondosimetern in der Uranexplorationsgrube Menzenschwand. Diese Überwachung wird im Rahmen eines BMU-Programmes durchgeführt. Erstmals kam es auch zum Einsatz von Radondosimetern bei privaten Wohnungsbesitzern. Diese Aktion wurde durch einen Artikel in einer Zeitschrift ausgelöst.

Zur Umgebungsüberwachung werden sowohl Phosphatglas- als auch Thermolumineszenzdosimeter eingesetzt. Zusätzlich erfolgte die Bereitstellung von Kernspurfolien für den Lizenznehmer dieses Meßverfahrens.

Zur Überprüfung der Fehlerbreite der Personendosisfeststellung unterliegen die Meßstellen den Vergleichsmessungen nach § 2, Abs. 1 der 2. Verordnung über die Eichpflicht von Meßgeräten. Die nach Landesrecht zuständigen Meßstellen haben deshalb jährlich an den Vergleichsmessungen teilzunehmen, die von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) durchgeführt werden. Der diesjährige Termin fiel in die Weihnachtswoche, wodurch sicher auch die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Meßstellen zwischen den Jahren überprüft werden sollte (s. auch Kap. 6.1.4).

### 6.1.1.1 Photolumineszenzdosimetrie

N. Gilles, S. Heitz,

Die Anzahl der mit Photolumineszenz-Glasdosimetern überwachten Betriebe stieg im Berichtszeitraum nur geringfügig von 63 auf 68, wobei sich die Auswertezahlen von 47 701 auf 54 288 erhöhten (Tab. 6/1). Die Entwicklung der Auswertezahlen in den letzten drei Jahren ist in Abb. 6/1 dargestellt. Die Steigerungen resultieren im wesentlichen aus der erstmaligen Revision von Block II im Kernkraftwerk Philippsburg und der Übernahme der internen KfK-Überwachung der Personen aus der Kategorie B. Die große Fluktuation in den verschiedenen Bereichen des KfK erfordert eine aufwendige Pflege der verschiedenen Dateien. Der Einsatz der Phosphatgläser für Ortsdosimetrie lag mit ca. 1 000 Gläsern in der gleichen Größenordnung wie im Vorjahr. Mit Inbetriebnahme des Block II in Neckarwestheim dürfte hier eine gewisse Sättigung in den Auswertezahlen eintreten.

Den überwiegenden Anteil an den Phosphatglasauswertungen stellen die amtlichen Personenüberwachungen bei den Kernkraftwerken mit monatlichem Überwachungszeitraum dar. Den kleinsten Teil bilden die 30 Feuerwehren und Katastrophenschutzeinheiten, die im jährlichen Zeitraum überwacht werden.

Die in Abb. 6/2 sichtbaren monatlichen Schwankungen der Auswertezahlen sind zum einen die Folge des Zusammentreffens unterschiedlicher Überwachungszeiträume, zum anderen resultieren sie aus der teilweisen Überlappung der Revisionsphasen in den einzelnen Kraftwerken in Jahresmitte. Der damit verbundene Arbeitsaufwand ist nur mit Aushilfskräften zu bewältigen.

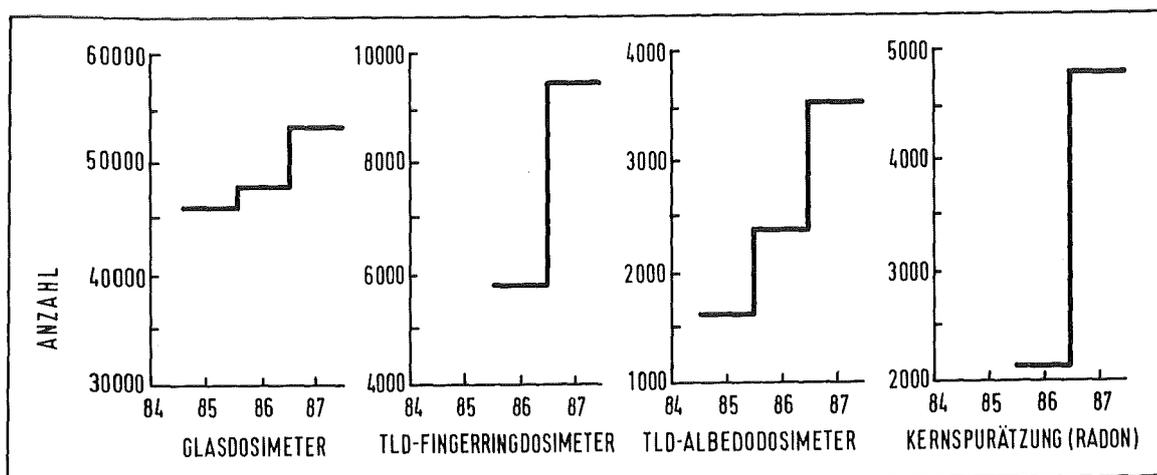


Abb. 6/1: Entwicklung der Auswertezahlen pro Jahr seit 1985

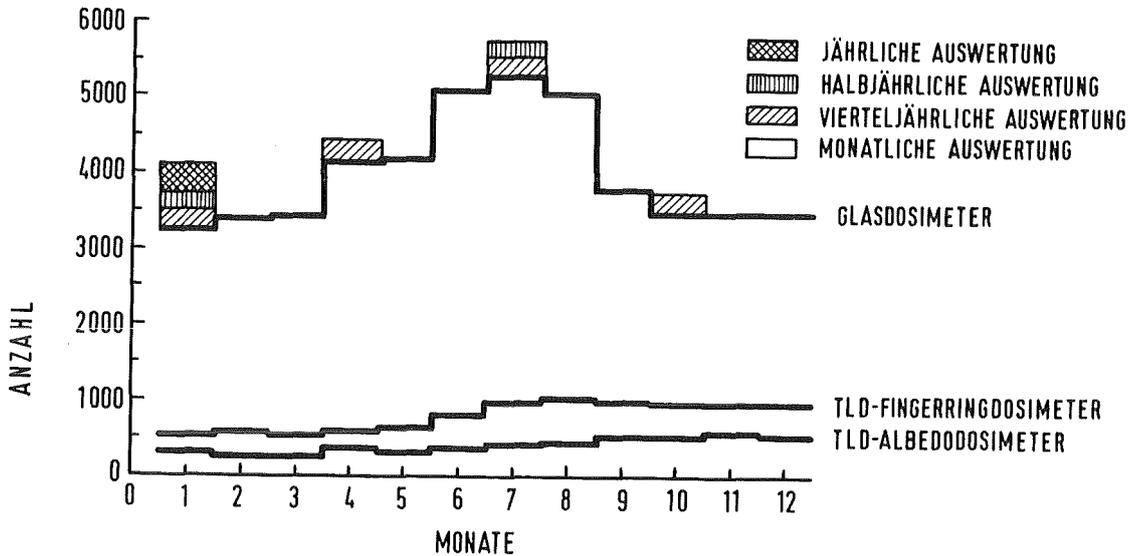


Abb. 6/2: Verlauf der Auswertezahlen pro Monat im Jahr 1987

### 6.1.1.2 Teilkörperdosimetrie mit Thermolumineszenzdosimetern

S. Bellaire

Die Auswertezahlen bei der im Januar 1986 begonnenen Teilkörperdosimetrie stiegen von anfänglich 400 auf derzeit ca. 900 im Monat. Die Erhöhungen beruhen größtenteils auf der verstärkten Nachfrage aufgrund einer zusammen mit der LfU durchgeführten Informationsaktion. Hier wurden alle Bezieher von Film- oder Festkörperdosimetern auf die neue von der KfK-Meßstelle angebotene Teilkörperdosimetrie hingewiesen. Weiterhin wurde bei entsprechenden SKT-Kursen unser Informationsblatt ausgegeben. Der Kundenkreis hat sich durch diese Maßnahmen nahezu verdreifacht, wobei es sich hauptsächlich um Kliniken und ärztliche Praxen handelt. Eine weitere Steigerung stellte die Übernahme der KfK internen Teilkörperdosimetrie dar. Während der Revisionsphasen in den Kernkraftwerken besteht Bedarf an Teilkörperdosimetern zur Messung von Betastrahlung. Die Meßstelle bot für diesen Zweck das Fingerringdosimeter bestückt mit zwei TL-Detektoren an. Über die Dosisanzeige in verschiedenen Tiefen konnte mittels Kalibrierkurven der  $\beta$ -Dosisanteil ermittelt werden. Die Anzahl der Auswertungen stieg von 5 846 im Jahr 1986 auf 9 446 im Berichtszeitraum (Abb. 6/1).

### 6.1.1.3 Personendosimetrie mit Albedoneutronendosimetern

S. Ugi, W. Schwarz

Nachdem vom Länderausschuß für Atomenergie der amtlichen Einführung des neuen Neutronendosimeters zum Jahresende 1986 zugestimmt wurde, begann die schrittweise Umstellung bei den einzelnen Kunden vom Neutronenfilm dosimeter zum Albedoneutronendosimeter. In einer Rundbriefaktion wurden die Strahlenschutzbeauftragten über den Einsatz des neuen Dosimeters informiert.

Es sind folgende vier Anwendungsbereiche vorgesehen:

- Reaktoren und Beschleuniger (starke Abschirmung)
- Brennstoffzyklus, kritische Anordnungen
- Radionuklid-Neutronenquellen
- Beschleuniger (Forschung).

Gleichzeitig wurden durch die Meßstelle neue Erhebungs- und Überwachungsbogen erstellt. Bis zum Jahresende wurden 23 Kunden mit ca. 350 Auswertungen pro Monat betreut (Tab. 6/1). Da die LfU Ende Februar 1988 die Neutronenfilm dosimetrie endgültig einstellen wird, liegen inzwischen weitere 20 Kundenbestellungen vor, so daß die Auswertezahlen ab Februar 1988 auf 800 pro Monat ansteigen werden.

Zur Auswertung werden in der Meßstelle zwei automatische TLD-Auswertegeräte der Firma Alnor eingesetzt. Die Personenzuordnung von Dosimetern und Meßwert erfolgt über den Verwaltungsrechner, ebenso der Ausdruck der Überwachungsbogen.

### 6.1.2 Sonstige Personen- und Ortsdosimeter

B. Burgkhardt

Neben den amtlichen Dosimetern werden Festkörperdosimeter in Eigenüberwachung sowie im Auftrag auswärtiger Stellen ausgewertet. Eingeschlossen sind Dosismessungen mit Festkörperdosimetern in der Umgebung kerntechnischer Anlagen und die Bereitstellung von Dosimetern, Geräten und Methoden zum Nachweis von Beta-, Gamma- und Neutronenstrahlung in der Routine- bzw. Unfalldosimetrie.

Folgende Dosimeter werden routinemäßig zur Personen- und/oder Ortsdosimetrie eingesetzt:

- Thermolumineszenzdosimeter zur Personenüberwachung in Beta-Gamma-Mischstrahlungsfeldern. Es werden neutronenunempfindliche TLD700 ( $7\text{LiF:Mg,Ti}$ ) in einer Kapsel der Fa. Alnor hinter einer Abdeckung von  $30 \text{ mg/cm}^2$  und  $450 \text{ mg/cm}^2$  verwendet und in einem automatischen Auswertesystem ausgewertet.

- Thermolumineszenzdosimeter zur Umgebungsüberwachung bestehend aus TLD700-Detektoren in einer Polyäthylenkapsel entsprechend einer Abdeckung von 500 mg/cm<sup>2</sup>.
- Phosphatglasdosimeter zur Umgebungsüberwachung in der Kugelkapselung zum praktisch energieunabhängigen Nachweis der Photonenstrahlung im Energiebereich von 45 keV bis 10 MeV.
- Passive Neutronen-Äquivalentdosismesser, bestehend aus einer Polyäthylenkugel von 30 cm Ø mit einem thermischen Neutronendetektor im Zentrum. Als Detektoren können Thermolumineszenzdetektoren oder Kernspurdetektoren im Kontakt mit einem (n,α)-Konverter verwendet werden. Mit letzteren läßt sich die natürliche Neutronenstrahlung bei Expositionszeiten von einigen Monaten nachweisen.
- Thermolumineszenzdosimeter zur Ortsdosismessung im Gray-Dosisbereich. Bevorzugt werden Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>-Detektoren wegen ihrer relativ geringen Supralinearität und Wiederverwendbarkeit nach Hochdosisbestrahlungen eingesetzt.

Alle diese Dosimeter können bei der amtlichen Meßstelle für Festkörperdosimeter angefordert werden (s. Kap. 6.1.1).

Seit Januar 1982 erfolgt im Kernforschungszentrum Karlsruhe die Eigenüberwachung der Personen in der Dosimetergruppe A mit TL-Dosimetern in der Alnorkapsel und in der Gruppe B neben Stabdosimetern mit Glasdosimetern. Die TL-Dosimeter werden monatlich, die Glasdosimeter jährlich ausgewertet.

Zur Ermittlung der natürlichen Strahlenexposition sowie eines zusätzlichen Einflusses durch kerntechnische Anlagen werden in der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe seit 24 Jahren Glasdosimeter in der Kugelkapselung und seit 16 Jahren TL-Dosimeter exponiert. Die Dosimeterauswertungen zur Umgebungsüberwachung des KfK werden weitgehend nach dem im Normblatt DIN 25 483 empfohlenen Verfahren durchgeführt.

### 6.1.3 Ergebnisse der Personenüberwachung

S. Ugi

Entsprechend den „Anforderungen an die nach Landesrecht zuständige Meßstelle“ wurden erstmals für das Jahr 1986 jährliche Übersichten erstellt. Diese Übersichten waren bis März 1987 zu erstellen und werden über die oberste Landesaufsichtsbehörde den zuständigen Bundesbehörden vorgelegt. In diesen Jahresstatistiken sind in einer Vielzahl von Tabellen die überwachten Betriebe und deren Personen aufzuschlüsseln. Grundsätzlich wird in Überwachung nach Röntgen- und Strahlenschutzverordnung unterschieden. Je nach Arbeitsbereich gibt es dann weiterhin Beschäftigte im Bereich Medizin und anderen Arbeitsbereichen. Zusätzlich werden alle Grenzwertüberschreitungen angegeben, wiederum aufgeteilt in die Überwachungsgrundbereiche RöV und StrSchV. Im Jahr 1986 waren in der Teilkörperdosimetrie sechs Überschreitungen aus zwei Betrieben meldepflichtig. Es handelte sich bei der Teilkörperdosimetrie um Überschreitung der Überprüfungsschwelle von 150 mSv (13-  
Wochenwert). Aus den Tabellen wurden zur besseren Übersicht auch Grafiken erstellt. Aus Platzgründen werden hier nur zwei wiedergegeben (Abb. 6.3 und 6.4).

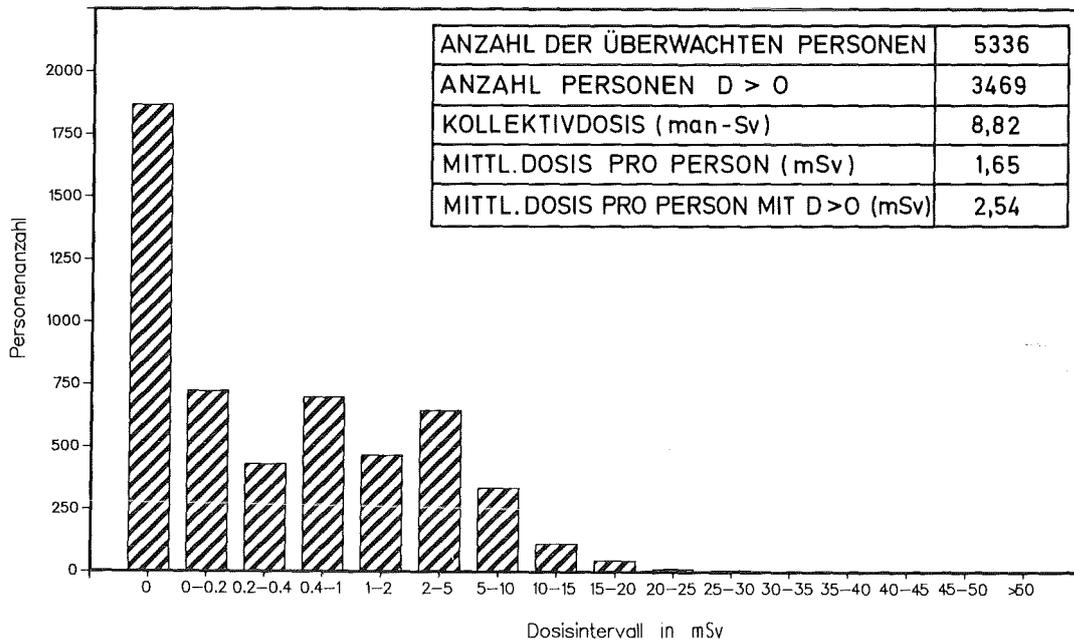


Abb. 6/3: Häufigkeitsverteilung der Ganzkörperdosisergebnisse, Überwachung mit Phosphatglas-Kugeldosimetern im Jahre 1986

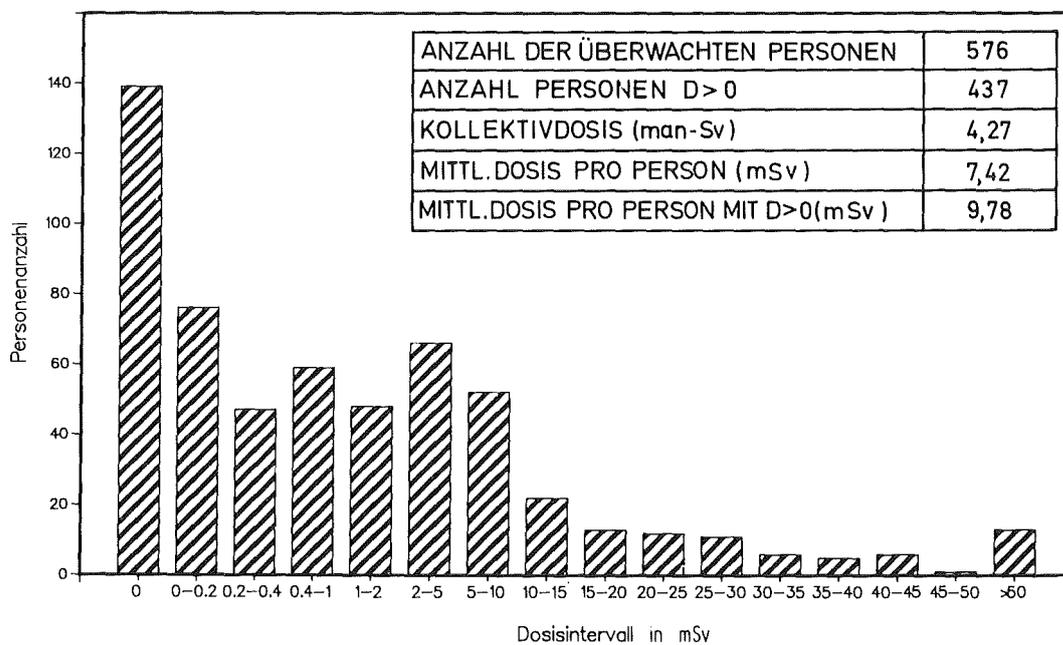


Abb. 6/4: Häufigkeitsverteilung der Teilkörperdosisergebnisse, Überwachung mit Fingerringdosimetern im Jahre 1986

Für die in der amtlichen Überwachung ab 1987 eingeführten Albedoneutronendosimeter lag noch keine jährliche Übersicht vor.

In Tab. 6/2 werden für das Albedoneutronendosimeter die Ergebnisse ab 1982 wiedergegeben. Beim Umgang mit einer Cf-252-Quelle wurde 1985 einmalig der Jahresgrenzwert für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie B überschritten. Der routinemäßige Einsatz des Albedoneutronendosimeters hat sich besonders in Bereichen mit Cf- und Pu-Quellen höherer Aktivität bewährt, war aber auch dort sinnvoll, wo geringe Personenexpositionen zu erwarten sind und Abschätzungen der Neutronendosis aufgrund von Dosisleistungsmessungen unzureichend sind.

Personendosen durch Neutronen wurden insbesondere beim Umgang mit Cf-252-Quellen und bei Arbeiten am Zyklotron gefunden. Mit den monatlich ausgewerteten TL-Detektoren des Albedodosimeters wurden in drei Fällen Neutronen-Äquivalentdosen von 0,2 mSv ermittelt. Die an 20 auswärtigen Stellen ausgegebenen Albedodosimeter wurden zur Personenüberwachung im Brennelement-Kreislauf, an Beschleunigern, in Reaktoren und beim Umgang mit Spaltneutronenquellen verwendet.

Jahr	Anzahl der Auswertungen	Anzahl/a $H_n > 0,2$ mSv	$(H_n)_{\max}$ (mSv)	$H_n/H_V$ <sup>1)</sup>	Maximale Jahresdosis $H_n$ pro Person
1982	550	12	2,2	0,5-2	2,2 mSv/a
1983	840	16	1,9	0,5-5	3,5 mSv/a
1984	1 140	19	2,6	0,8-6	11,3 mSv/a
1985	1 658	72	20,6	0,1-12	33,0 mSv/a <sup>2)</sup>
1986	2 338 <sup>3)</sup>	123	2,4	0,2-5	5 mSv/a
1987	3 518	274	3	0,05-15	4,4 mSv/a

- 1) Verhältnis Neutronen-Äquivalentdosis  $H_n$  zur Photonen-Äquivalentdosis  $H_V$ ,
- 2) Überschreitung des Jahresdosisgrenzwertes für beruflich strahlenexponierte Personen, Kategorie B
- 3) Monatliche, vierteljährliche und jährliche Überwachungszeiträume

Tab. 6/2: Personenüberwachung mit Albedodosimetern mit monatlicher Auswertung

#### 6.1.4 Vergleichsbestrahlungen

B. Burgkhardt, S. Ugi

HS/D hat im Berichtszeitraum wieder an mehreren nationalen und internationalen Vergleichsbestrahlungen für Festkörperdosimeter zur Personen- und Umgebungsüberwachung teilgenommen.

- Seit 1979 beteiligt sich HS/D an den jährlichen Photonen-Vergleichsbestrahlungen für Personendosimeter bei der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig. Ab 1981 erfüllt HS damit auch einen Teil der behördlichen Auflage zur Genehmigung der Eigenüberwachung von KfK-Mitarbeitern und ab 1985 auch die entsprechenden Anforderungen im Zusammenhang mit dem Betrieb einer amtlichen Meßstelle.
- 1987 wurden die Bestrahlungen von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig und vom Materialprüfungsamt in Dortmund erst im Dezember durchgeführt. Die Meßergebnisse der Teilnehmer mußten der PTB bis Mitte Januar 1988 mitgeteilt werden. HS/D hat sich mit den amtlichen Glasdosimetern, Albedoneutronendosimetern und Fingerringdosimetern beteiligt. Die Referenzdosiswerte der PTB lagen bis Redaktionsschluß dieses Berichtes noch nicht vor.
- Zur Qualitätssicherung nahm die Meßstelle an der 3. CEC - Vergleichsmessung von aktiven und passiven Dosimetern zur Messung von Radon und Radonzerfallsprodukten teil. Es wurden beide von der Meßstelle angebotenen Dosimetertypen überprüft (s. auch Kap. 6.4.3).
- Die 13. Neutronen-Vergleichsbestrahlung für Personendosimeter (PDIS) konnte 1987 wegen Streiks des Personals in Oak Ridge nicht am HPR-Reaktor durchgeführt werden. Die Dosimeter wurden ersatzweise an einer Pu-Be-Quelle und an einer D<sub>2</sub>O-abgeschirmten Cf-252-Quelle durchgeführt. Die von HS/D eingesandten Albedodosimeter zeigten relativ zum Sollwert einen Mittelwert von 1,03 bei einer relativen Standardabweichung von 6 %, wobei die innerhalb des Forschungsvorhabens „Erprobung eines Albedodosimeters“ (s. Kap. 6.3.1) ermittelten Neutronenansprechvermögen verwendet wurden.
- Beim 9. Internationalen Vergleich für Umgebungsdosimeter des DOE (US-Department of Energy) wurden 1987 die Dosimeter nicht in der Umgebung exponiert, sondern nur im Labor mit Cs-137- und Co-60-Photonenstrahlung definiert mit dem Ziel bestrahlt, die langjährige 5 %ige Abweichung der Ergebnisse der zwei Teilnehmergruppen zu klären, die ihre Dosimeter jeweils mit Co-60- bzw. Cs-137-Quellen kalibrierten. Die Bestrahlungen wurden sowohl am EML (Environmental Measurement Laboratory) als auch im NBS (National Bureau of Standards) durchgeführt. HS/D beteiligte sich mit LiF- und CaF<sub>2</sub>-Thermolumineszenzdosimetern und Phosphatglaskugeldosimetern. Die Bestrahlungen erfolgen im Dosisbereich von 0,6 mSv. Bis zum Abschluß dieses Berichtes lagen noch keine Ergebnisse vor.

#### 6.1.5 Datenverarbeitung in HS/D

T. Reddmann, W. Schwarz

Für HS/D wurde ein DV-Konzept entwickelt, das die Personendosimetrie von der Bestellung über die Meßwerterfassung für die verschiedenen Dosimetersysteme (Albedodosimeter, Glaskugeldosimeter, Fingerringdosimeter, Kernspurdetektoren) bis zur Mitteilung der endgültigen Personensummendosis umfaßt. Es schließt Steuerung der Meßgeräte, Detektorverwaltung, Personenzuordnung, Mitteilungen an Kunden, Druck von Überwachungsbögen etc. ein.

Die Grundkonzeption ist ein System, das sich auf den Meßgeräte steuernden Frontrechner und einen insbesondere Verwaltungsaufgaben bearbeitenden Mehrplatzrechner aufteilt. Durch diese Aufteilung wird gewährleistet, daß auch bei Ausfall einer Komponente Messungen ausgeführt oder Ergebnisse mitgeteilt werden können. Der Datentransfer zwischen den beiden Seiten erfolgt gegenwärtig mit Disketten, jedoch ist das System so angelegt, daß Meßgeräte auch direkten Zugriff auf den Abteilungsrechner haben können.

In der Hardware ist dieses Konzept durch 9 Arbeitsplatzrechner der Serie 200/300 und einen Hewlett-Packard Mini-Rechner der Serie 500 realisiert. Alle Frontrechner werden mit einem zur Meßgerätesteuerung sehr gut geeignetem BASIC-Betriebssystem betrieben und haben einen Speicherausbau von etwa 750 kB. Der Minirechner benutzt ein UNIX Betriebssystem, hat einen Arbeitsspeicher von 3.5 MB und eine Massenspeicherkapazität von insgesamt 2x130 MB.

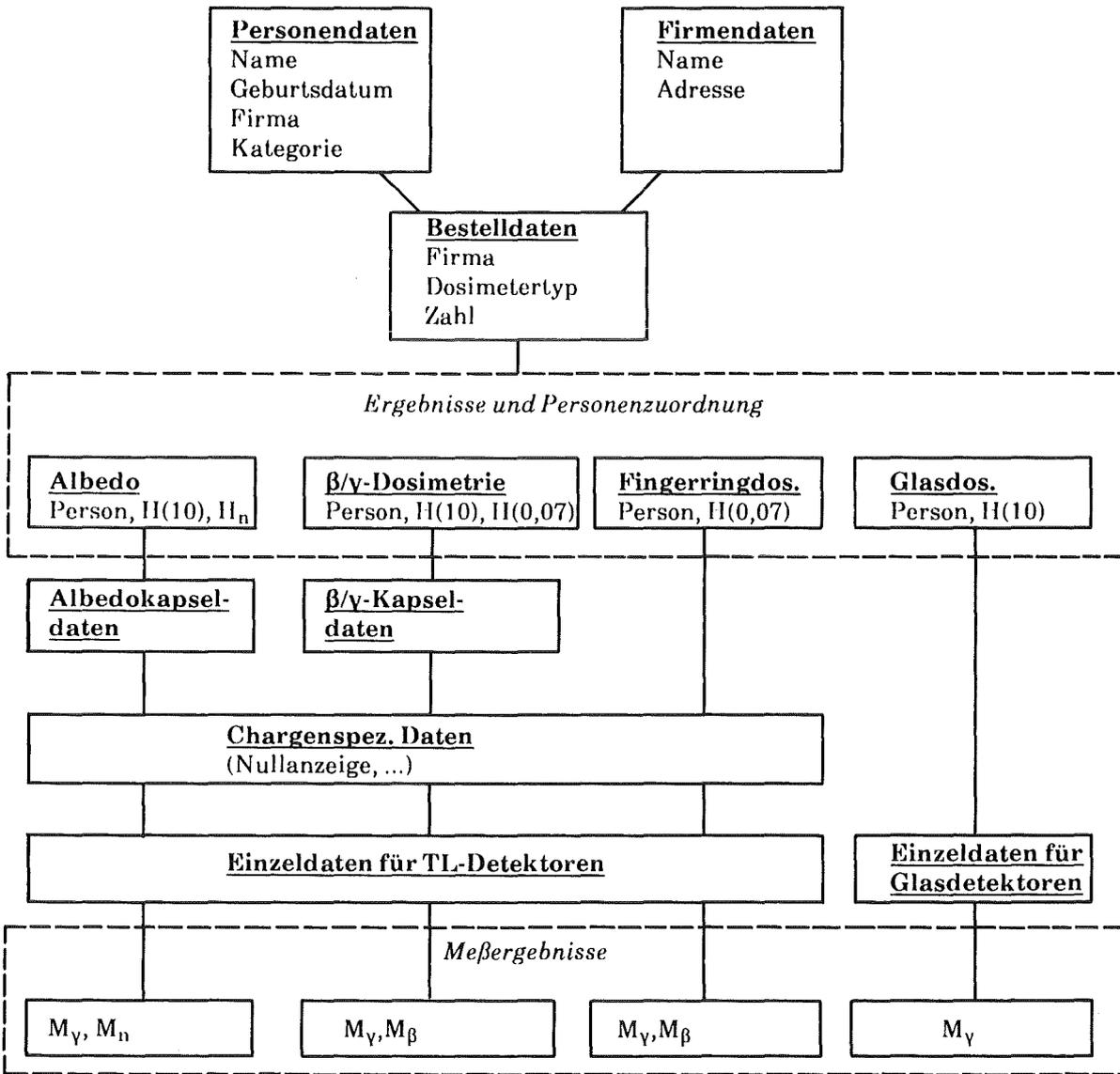


Abb. 6/5: Tabellenstruktur der Dosimetriedatenbank - ein Kästchen entspricht einem Tabellenfile

Für die Datenverwaltung wird die relationale Datenbank ORACLE eingesetzt. Dabei werden Daten in Form von tabellenstrukturierten Files angelegt, die bei Abfragen beinahe beliebig verknüpft werden können. Das Erweitern einer Tabellenstruktur ist ohne Änderung der Programme im laufenden Betrieb möglich. Als Abfragesprache werden eine SQL-Implementierung bzw. bildschirmorientierte Masken benutzt. Die Abfragesprache SQL läßt sehr komplexe Suchkriterien zu, bei komfortabler Kürze der Befehle. Für Datentransfer, Berechnung der Dosen, Ausdruck von Listen und Dateneingabe mußten zahlreiche Programme selbst geschrieben werden. Sie wurden generell in FORTRAN ausge-

führt, wie auch sonst auf dem Abteilungsrechner praktisch nur diese Programmiersprache benutzt wird. Für Programme, die auf die Datenbank zugreifen, wird zunehmend ein SQL-Precompiler benutzt, so daß die DB-Abfragesprache auch in den Programmen benutzt werden kann. Daneben wurden unter Benutzung der DISSPLA-Grafikbibliothek Grafikprogramme geschrieben, die speziell auf die Erfordernisse der amtlichen Meßstelle zugeschnitten wurden.

Der Arbeitsablauf in der Dosimetrie legt die Arbeitsteilung zwischen Arbeitsplatzrechner und Verwaltungsrechner und die Tabellenstruktur in der Datenbank praktisch fest:

- Am Arbeitsplatzrechner erfolgen soweit möglich alle detektorspezifischen Korrekturen wie z.B. individuelles Photonen/Neutronenansprechvermögen, Nullanzeigen etc. an den erhaltenen Meßwerten, so daß nur Dosisanzeigen an den Verwaltungsrechner weitergegeben werden. Alle Daten von verschiedenen Meßgeräten, aber eines Detektortyps, werden in einem einheitlichen Datenformat auf Disketten abgespeichert und dann auf den Minirechner transferiert. Ebenso ist das Gerätesteuerprogramm für den Benutzer trotz verschiedener Meßgeräte einheitlich benutzerfreundlich gestaltet.
- Im Abteilungsrechner werden die Dosimeterbestände registriert, freie Dosimeter zugeteilt, Personendaten festgehalten, Dosimeter zugeordnet, an den Dosen personenspezifische Korrekturen angebracht (Neutronen-Anwendungsbereich), Überwachungsbogen ausgedruckt.

Für das Albedodosimetersystem ist in Tab. 6/3 beispielhaft die „Arbeitsteilung“ zwischen Front- und Abteilungsrechner dargestellt.

Gegenwärtig werden Fingerringe, Glasdosimeter, Routine-Albedodosimeter sowie Albedodosimeter für Kalibrierzwecke mit dem Abteilungsrechner bearbeitet. Abb. 6/5 zeigt in vereinfachter Darstellung die Tabellenstruktur für die Dosimetriedatenbank. Der Inhalt der jeweiligen Tabellen ist zum einen bei detektorspezifischen Tabellen bestimmt durch die für die Dosisberechnung notwendigen Daten. Weiterhin wurde angestrebt, auf der Datenbank die Vorgeschichte eines jeden Detektors festzuhalten. Der Datensatz der personenrelevanten Tabellen orientiert sich eng an den Anforderungen an die amtliche Meßstelle. Es werden neben Namen und Geburtsdaten Tätigkeitsmerkmale, Informationen über Strahlenpaß, Dosimeterkategorie u.ä. festgehalten.

In der Praxis fertigt der Sachbearbeiter über den Zugriff auf Tabelle „Firmendaten“ und „Bestelldaten“ mittels eines Maskenprogramms eine Bestellung ab, fügt sie damit als vom Rechner zu bearbeiten in die Bestellungstabelle ein. Ein Programm sucht dann anhand der Bestellinformationen alle Personen aus der Tabelle „Personendaten“, denen ein Dosimeter des jeweiligen Typs zugeordnet werden muß, und aus der Dosimetertabelle diejenigen Dosimeter, die aufgrund ihres Status (Regenerierungsdatum liegt nicht zu weit zurück, richtige Chargenklasse) zugeteilt werden können. Entsprechend werden nach der Auswertung Meßdaten von einem Auswertprogramm auf eine Meßwerttabelle geschrieben, und dann nach amtlicher Rundung auf der Ergebnistabelle der jeweiligen Person zugeordnet. Wiederum über eine Maske kann dann der Sachbearbeiter eine Meßwertanalyse anfordern und nach Durchsicht der Daten die Ergebnisse zum Ausdruck auf amtliche Überwachungsbögen freigeben.

Für die manuelle Eingabe von Personendaten und Dosimeterzuordnungen in den Fällen, in denen eine Zuordnung nachträglich erfolgen muß, stehen Bildschirmmasken zur Verfügung. Jedoch wird angestrebt, zumindest für alle größeren Kunden diese Daten über elektronische Datenträger auf die Datenbank zu überspielen. Neben HS/TSB und dem Kernkraftwerk KWO, mit denen schon jetzt der Datentransfer praktiziert wird, werden in Kürze die Kraftwerke GKN und KKP sich am Transfer beteiligen. Dabei werden monatlich neueste Erhebungsdaten und Dosimeterzuordnungen, als auch die Ergebnisse auf Disketten verschickt. Damit wird es in der Glasdosimetrie zukünftig möglich sein, für den festen Mitarbeiterbestand in den Firmen jeder Person ein festes Dosimeterpaar zuzuordnen. Dies gestattet eine Reduzierung von Meßfehlern bei Bestimmung von Dosen über längere Zeiträume.

### ON-LINE-RECHNER AM AUSWERTEGERÄT<sup>1)</sup>

Unterstützende Programme	TL-Meßprogramme
Check des Dosimetriesystems, Ändern der Auswerteparameter, Ermittlung des Gerätekalibrierfaktors, Ermittlung und Speicherung von individuelle Voranzeige, bzw. Photonenan- sprechvermögen, Ermittlung des Gerätekalibrierfaktors, nachträgliche Auswertung über Glowkurve	Plausibilitätstest Kapselnummer, Automatisches Setzen der Auswerteparameter, Start und Kontrolle der Messung, Glowkurvendarstellung, Glowkurvenspeicherung, Glowkurvenauswertung, Linearitätskorrektur (Hochdosis), Subtraktion der Voranzeige, Korrektur Photonen-Ansprechvermögen, Ausdruck der korrigierten Detektoranzeigen, Grenzwertalarm
Detektordisketten	Glowkurven-Disketten
30 000 Kapseldata/Diskette	1000 unkorrigierte Glowkurven/Diskette
Chargen-Nr. für Detektor, Individuelles Detektor-Ansprech- vermögen, Individuelle Voranzeige	Korrigierte Detektoranzeigen <sup>2)</sup> Datum Auswertung/Regeneration, Auswertegerät Nr. Glowkurve Nr.

### „VERWALTUNGSRECHNER“ UND DATENBANK

Datenbank	Dosisermittlung/-verwaltung
Kapselvorrat, Detektorvorrat,	Zuordnung: Anlagen/Personen/Kapsel
Personendaten, Anlage/Kunde,	Abzug Dosisanteil natürlicher Strahlung, Photonen-Äquivalentdosis, Neutronen-Äquivalentdosis <sup>3)</sup> , Teilkörperdosis (Hautdosis), Fehlerrechnung
Anwendungsbereich, Kalibrierkurve mit a/i-Verhältnis, Überwachungsperiode, Chargen-Eigenschaften <sup>4)</sup> , Detektorvorgeschichte <sup>5)</sup>	Dosisbilanzierung, Statistik, Kaufmännische Daten, Versand/Eingang Dosimeter
	Überwachungsbogen-Ergebnismitteilung

- 1) Standardisiert für Alnor Dosacus, Harshaw 2000 und Vinten Toledo Auswertegerät
- 2) Korrektur mit individuellem Detektoransprechvermögen für Photonen, Voranzeige,
- 3) Berücksichtigt werden Auswertemethode (Peak 5,6), Anwendungsbereich, M(a)/M(i) -  
Verhältnis, Neutronenansprechvermögen der Chargen
- 4) Neutronen-/Photonenansprechvermögen, Voranzeigeschwankung, Reproduzierbarkeit
- 5) Akkumulierte Photonen- bzw. Neutronendosis, Regenerierungsdaten

Tab. 6/3: Beispiel einer Anwendung von On-line-Rechner und Verwaltungsrechner in der Albedoneutronendosimetrie

## 6.2 Photonendosimetrie

### 6.2.1 Entwicklung eines automatischen Auswertegerätes für Flachglasdosimeter

E. Piesch, B. Burgkhardt

Aufgrund langjähriger Erfahrungen mit Phosphatglasdosimetern und den kürzlich erfolgten Untersuchungen mit gepulster UV-Laseranregung kamen Toshiba Glass und KfK überein, die bei IIS/D begonnenen Entwicklungen fortzusetzen und ein vollautomatisches Auswertesystem für Flachglasdosimeter unter Verwendung einer gepulsten Laseranregung zu verwirklichen. Ziel dieses Vorhabens ist die Fertigstellung eines kommerziellen Dosimetriesystems. Gegenstand unserer Arbeiten waren im Berichtszeitraum die Konstruktion des Auswertesystems, die Bereitstellung des Kalibrier- und Auswerteverfahrens mit der entsprechenden Datenverarbeitung sowie der Aufbau eines Prototyps.

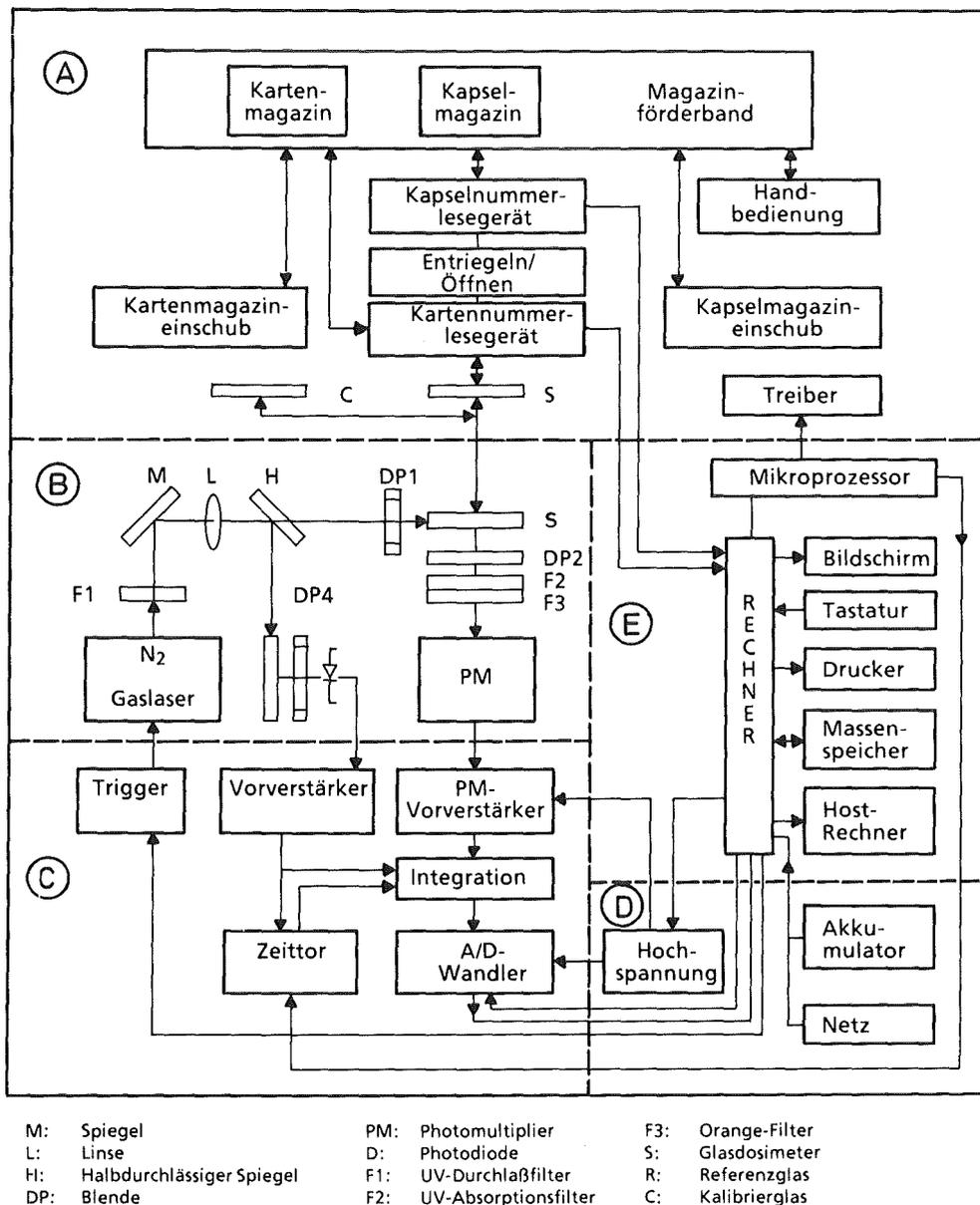


Abb. 6/6: Schematische Darstellung der Bauteile des vollautomatischen Auswertegerätes für Phosphatglasdosimeter

Das in Abb. 6/6 wiedergegebene Blockdiagramm des konzipierten Auswertesystems Toshiba FGD-10, dessen Prototyp Ende 1987 in Betrieb genommen wurde, zeigt den Aufbau des Auswertegerätes, welches aus dem mechanischen Teil (A), dem optischen Meßteil (B), dem elektronischen Meßteil (C), dem Netzteil (D) und dem zur Kontrolle und Meßwertverarbeitung dienenden Rechnerteil (E) besteht.

Der mechanische Teil (A) ermöglicht die laufende Messung von 500 Dosimetern mit getrennten Kapsel- und Kartenmagazinen, den automatischen Austausch bestrahlter gegenregenerierter Glaskarten oberhalb einer Dosischwelle, das automatische Öffnen und Schließen der Dosimeterkapseln sowie die Ablesung der ID-Nummer von Kapsel und Karte. Der optische Teil (B) besteht hauptsächlich aus dem gepulsten Stickstofflaser, den optischen Filtern und den Blenden unmittelbar vor dem Glasdosimeter bzw. dem Photomultiplier. Letztere ist auch automatisch austauschbar und ermöglicht dadurch die Anpassung der Meßwertanzeige an verschiedene Dosisgrößen, beispielsweise an die Standardionendosis oder die richtungsabhängige Meßgröße  $H'(10)$  und die Anzeige einer Strahlenqualität für Photonenstrahlung.

Für die laufende Kalibrierung des Auswertesystems und der Laserpuls-Intensität werden  $^{60}\text{Co}$ -dotierte sowie bestrahlte Referenzgläser verwendet. Zur Unterdrückung der nicht strahleninduzierten Voranzeige der Gläser erfolgt die Fluoreszenzmessung nicht unmittelbar während der kurzzeitigen UV-Laseranregung von 5 ns sondern verzögert im Zeitraum von (2-22)  $\mu\text{s}$  (Meßwertintegral  $F_1$ ) und (40-60)  $\mu\text{s}$  (Meßwertintegral  $F_2$ ). Die mikroprozessorunterstützte Auswertung bringt die Meßwertdifferenz  $(F_1 - a \cdot F_2) = M$  zur Anzeige. Bei der Auswertung regenerierter unbestrahlter Gläser wird der chargenspezifische Faktor  $a$  automatisch in der Weise ermittelt, daß die Voranzeige im Bereich von 30  $\mu\text{Sv}$  liegt.

Die Kontrolle der vollautomatischen Auswertung übernimmt ein Rechner (E), der für die fünf Auswertemods auch die Meßwertverarbeitung, den Ausdruck des Meßprotokolles und die Datenübertragung zu einer Datenbank übernimmt. Der On-line-Tischrechner/-drucker zeigt an: die Nummer der Glaskarte und Kapsel, die Voranzeige, die Dosis, die täglich akkumulierte Dosis bei Eingangs- und Ausgangskontrollen, die Gesamtdosis für das Dosimeter und die aktuelle Dosimeterkarte. Personenbezogene Daten können für 10 000 Dosimeter gespeichert werden.

#### 6.2.2 Energie- und Richtungsabhängigkeit des neuen Flachglasdosimeters für verschiedene Meßgrößen

B. Burgkhardt, M. Vilgis

Die Filteranordnung des neuen Flachglasdosimeters wurde vor der Serienfertigung der Kapselung hinsichtlich Energie- und Richtungsabhängigkeit der Dosisanzeige optimiert und für die Prototypkapselung geprüft. Das Dosimeter ermöglicht die gleichzeitige Anzeige verschiedener Meßgrößen durch Änderung der Blende unter dem Photomultiplier, die die Meßwerte anstelle der zur Energiekompensierung mit Zinn und Plastik abgedeckten Glasbereiche bestimmt. Die Auswahl von zwei verschiedenen Blenden ermöglicht die Anzeige der Standardionendosis bei Bestrahlung des Dosimeters frei in Luft und der richtungsabhängigen Äquivalentdosis  $H'(10)$  in 10 mm Tiefe der ICRU Kugel bei Bestrahlung in der Personendosimetrie.

Abb. 6/7 zeigt das Flachglasdosimeter der Größe  $4 \times 3 \times 0,8 \text{ cm}^3$  bestehend aus der Dosimeterkapselung mit dem Barcode und der Glaskarte. Die Glaskarte aus Edelstahl enthält ein Glaselement der Größe  $16 \times 16 \times 1,5 \text{ mm}^3$  und trägt einen Lochcode. Die Glaskarte ist in der Dosimeterkapselung allseitig von perforierten Zinnfiltern der Dicke 0,75 mm abgedeckt. Die Kapsel wird mit einem magnetischen Verschuß verriegelt.

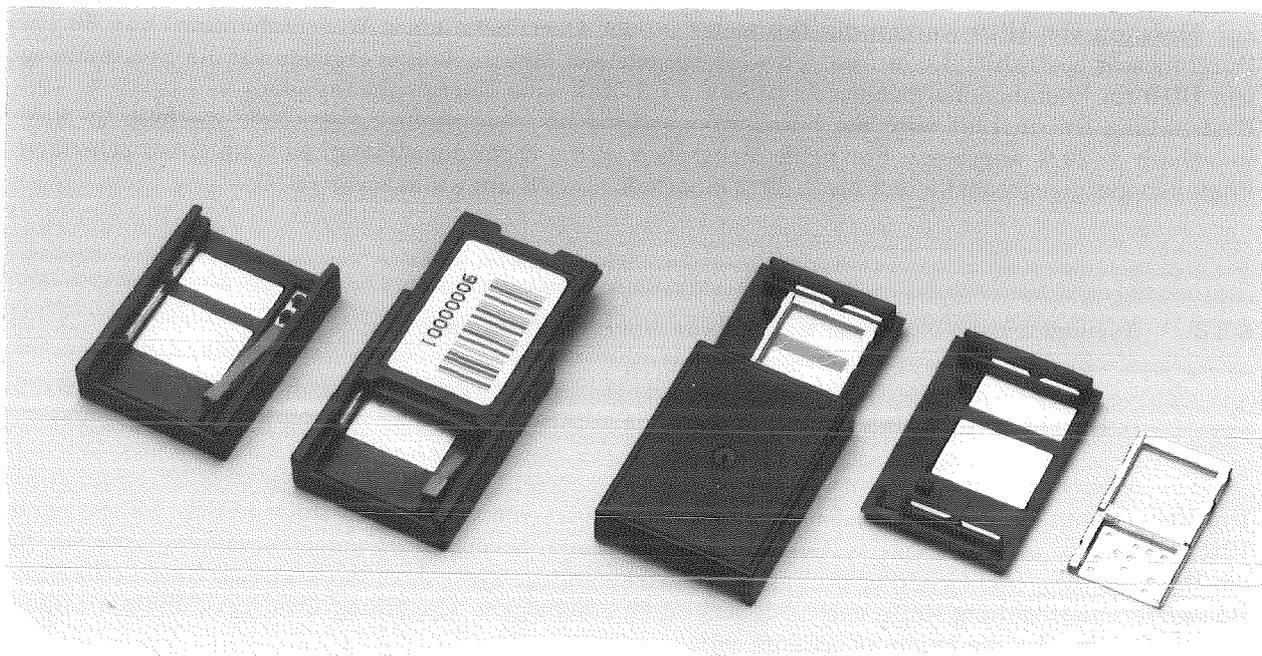


Abb. 6/7: Das Flachglasdosimeter besteht aus einer Kapselung mit Energiekompensationsfilter und einer Glaskarte

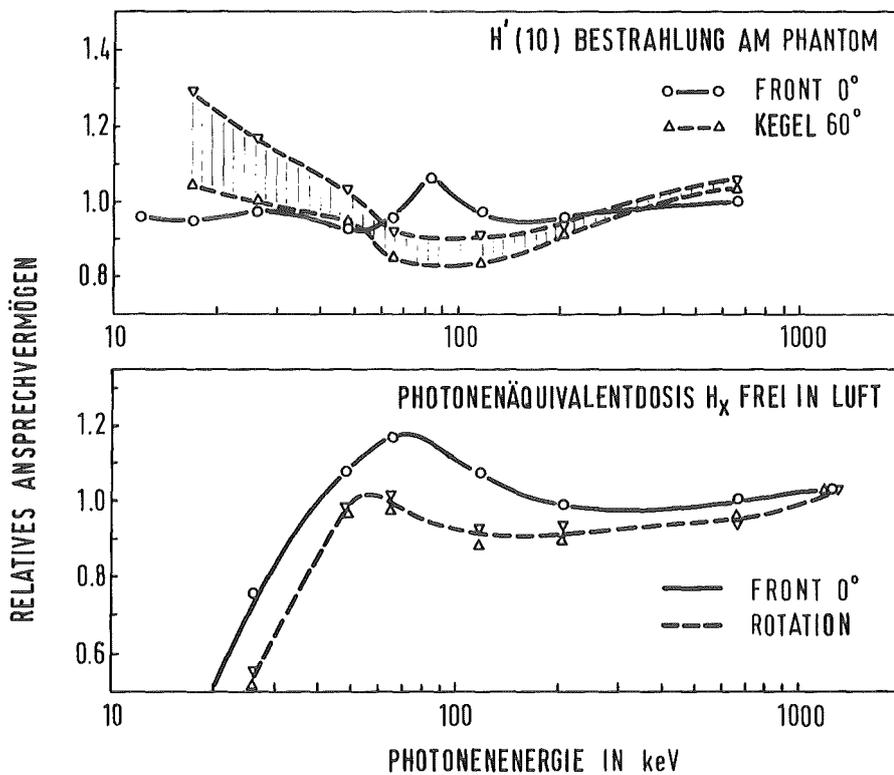


Abb. 6/8: Energieabhängigkeit des Flachglasdosimeters

Zur Messung von H'10 wurden die Dosimeter an der Oberfläche eines Wasserphantoms von 30 cm Durchmesser bestrahlt. Die in Abb. 6/8 wiedergegebenen Meßergebnisse ergeben für die Bestimmung von H'10 im Photonenenergiebereich 10 keV - 1,3 MeV eine Energieabhängigkeit von  $\pm 10 \%$ . Bei Bestrahlung frei in Luft wird die Standardionendosis im Photonenenergiebereich oberhalb 25 keV innerhalb  $\pm 20 \%$  angezeigt. Für beide Meßgrößen ist die Richtungsabhängigkeit im entsprechenden Photonenenergiebereich kleiner als  $\pm 30 \%$  innerhalb eines Raumwinkels von  $60^\circ$ .

### 6.2.3 Asymmetrie des Nutzstrahlenkegels an einer Röntgenanlage

B. Burgkhardt, M. Hauser

Die Ermittlung der Energie- und Richtungsabhängigkeit von Dosimetern im Hinblick auf die neue ICRU-Meßgröße erfordert eine Kalibrierung am Phantom, bevorzugt an einem Kugelphantom von 30 cm Durchmesser. Das Leistungsprofil des Nutzstrahlenkegels der dazu verwendeten hart gefilterten Röntgenbremsstrahlung sollte nach Möglichkeit eine homogene Verteilung über das Phantom zeigen und am Ort der Dosimeter genau bekannt sein.

Entsprechende Kalibriermessungen an den Röntgenanlagen bei IIS/D ließen Rotations-Asymmetrien im Strahlenkegel erkennen, die durch Ausrichten der Röntgenröhre nur geringfügig verbessert werden konnten (Abb. 6/9). Dies erklärt sich aus der zur Strahlenachse geneigten Antikathode, die bei der Erzeugung der Bremsstrahlung eine Richtungsverteilung verursacht. Außerdem taucht bei kleinen Energien eine richtungsabhängige Selbstabsorption im Anodenmaterial auf. Die Asymmetrien sind bei maximal geöffneten Strahlenkegeln, wie sie bei Phantombestrahlungen im Interesse tolerierbarer Quellabstände und Bestrahlungszeiten benötigt werden, nicht mehr vernachlässigbar und müssen insbesondere bei der Ermittlung der Richtungsabhängigkeit der Dosimeter am Phantom und bei gleichzeitiger Bestrahlung mehrerer Dosimeter für jede verwendete Energie ermittelt und berücksichtigt werden.

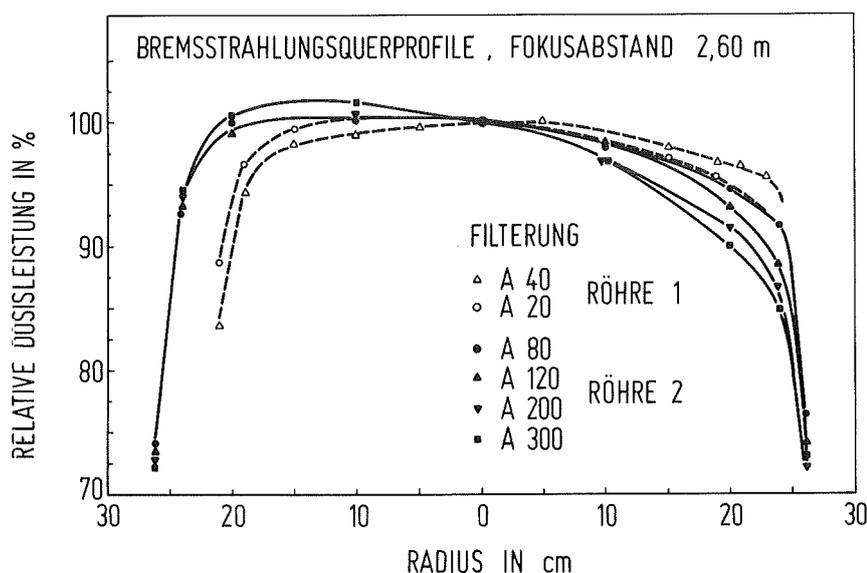


Abb. 6/9: Strahlenkegelquerprofile gefilterter und kollimierter Röntgenbremsstrahlung

6.3 Neutronendosimetrie

6.3.1 Anwendung von Albedodosimetern in der Routineüberwachung

E. Piesch, B. Burgkhardt

Die langzeitigen Untersuchungen des Albedoneutronendosimeters insbesondere innerhalb eines BMU-Vorhabens durch die amtlichen Meßstellen ergaben, daß das Albedodosimeter die Neutronen-Äquivalentdosis in allen in der Personenüberwachung vorkommenden Streustrahlungsfeldern ausreichend genau anzeigt. Als Zweikomponentendosimeter ermöglicht das Albedodosimeter unabhängig von der Neutronendosismessung gleichzeitig auch die Messung der Äquivalentdosis durch Betastrahlung und Photonenstrahlung in zwei Gewebetiefen zur Ermittlung einer Teilkörper- und Ganzkörperexposition. Das Albedodosimeter kann damit das amtliche Neutronenfilmdosimeter hinsichtlich eines Nachweises von harter Betastrahlung, Photonenstrahlung und Neutronenstrahlung ersetzen. Eine entsprechende Zulassung als amtliches Dosimeter liegt seit Ende 1986 vor. Damit wird in der Bundesrepublik Deutschland das bisherige Neutronenfilmdosimeter durch das Albedodosimeter ersetzt.

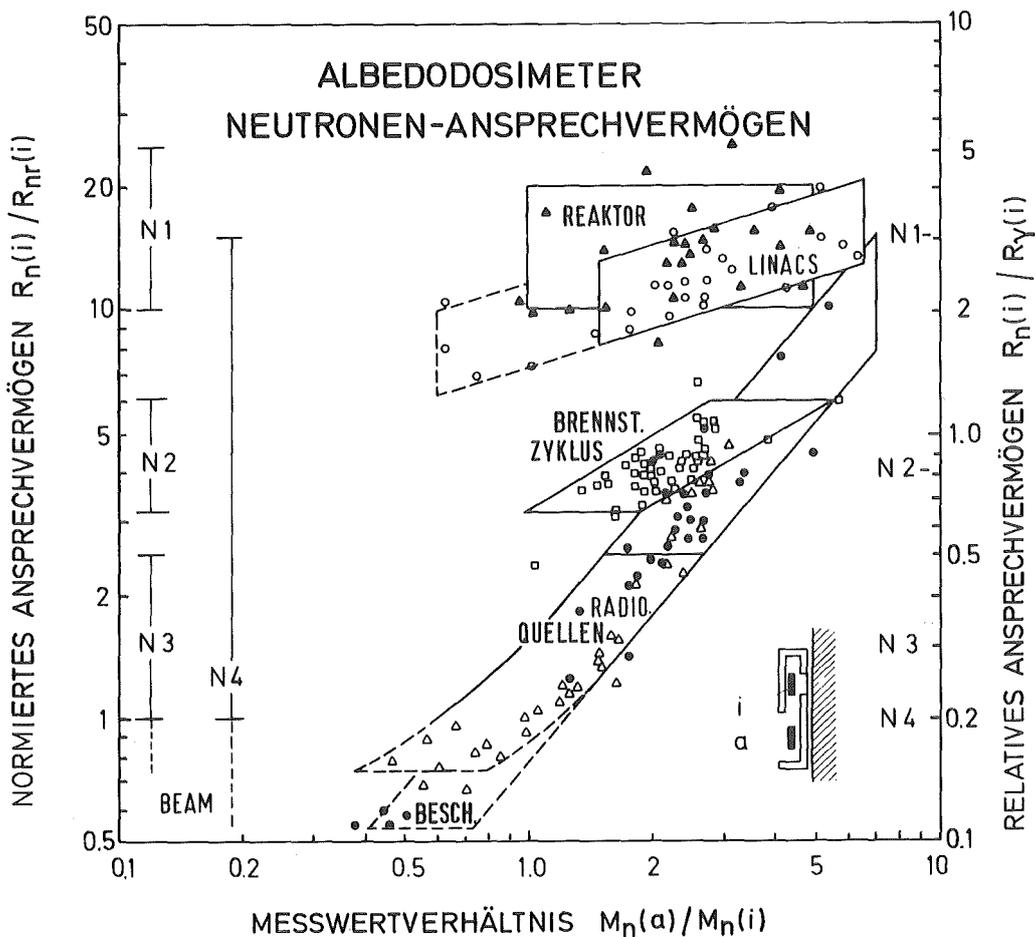


Abb. 6/10: Normiertes Neutronenansprechvermögen des Albedoneutronendosimeters, System Alnor, in Abhängigkeit vom Meßwertverhältnis für die Anwendungsbereiche N1 bis N4

ANWENDUNGSBEREICH/ STREUSTRAHLUNGSFELD	RELATIVES NEUTRONENANSPRECHVERMÖGEN $R_n(i)/R_\gamma(i)$	
	ERWARTUNGS- BEREICH	KALIBRIER- WERT <sup>3)</sup>
N1 REAKTOREN UND BESCHLEUNIGER, STARKE ABSCHIRMUNG,  Kernkraftwerke Forschungsreaktoren Elektronen-Linearbeschleuniger Teilchenbeschleuniger in Therapie	2-5	3
N2 BRENNSTOFFZYKLUS, KRITISCHE ANORDNUNGEN, GERINGE ABSCHIRMUNG  Brennstoffzyklus Versuchsreaktoren <sup>1)</sup> Kritikalitätsüberwachung Umgang mit spaltbarem Material	0,4-1,2  0,6-1,2	0,6  0,8
N3 RADIONUKLID-NEUTRONENQUELLEN  Am-Be, Pu-Be, Ra-Be, Cf-252	0,2-0,6	0,3
N4 BESCHLEUNIGER (FORSCHUNG) <sup>2)</sup>  Teilchenbeschleuniger <sup>4)1)</sup> Hochenergiebeschleuniger für Elektronen, Hochenergiebeschleuniger für Protonen, Deuteronen, $\alpha$ -Teilchen und schwere Teilchen	0,2-0,5 <sup>4)</sup>	$\geq 0,2$

- 1) Zusätzliche Feldkalibrierungen erforderlich, wenn Arbeits-/Aufenthaltsplätze ohne/bzw. mit geringer Abschirmung vorhanden sind
- 2) u.U. Kombination Albedodosimeter mit Kernspurdetektor erforderlich
- 3) für Routineauswertung empfohlenes Ansprechvermögen, wenn keine näheren Angaben vorliegen; Kalibrierfaktor ist der Kehrwert des relativen Neutronenansprechvermögens
- 4) in Bestrahlungsräumen hinter Abschirmungen Bereich 0,8-2

Tab. 6/4: Relatives durch Feldkalibrierung ermitteltes Neutronenansprechvermögen für die Anwendungsbereiche N1 bis N4

In verschiedenen Streustrahlungsfeldern durchgeführte Feldkalibrierungen zeigten, daß diese Felder entsprechend den dort gefundenen Neutronenansprechvermögen von Albedodosimetern in vier Anwendungsbereiche N1 bis N4 unterteilt werden können (Abb. 6/10 u. Tab. 6/4). Innerhalb eines Anwendungsbereiches ist keine wesentlich größere Streuung als  $\pm 30\%$  zu erwarten. Die vorhandenen Kalibrierergebnisse - das Neutronenansprechvermögen in Abhängigkeit von dem Meßwertverhältnis  $M_n(a)/M_n(i)$  der Neutronendetektoren (a) und (i) des Zweikomponentendosimeters - können auf andere Anlagen des gleichen Anwendungsbereiches bzw. auf andere TLD-Systeme übertragen werden. Demnach ist es nicht erforderlich, an jeder Anlage mit jedem TLD-System Feldkalibrierungen durchzuführen.

Innerhalb der Routineüberwachung werden im Anwendungsbereich N1 (Reaktoren, abgeschirmte Linearbeschleuniger) und im Anwendungsbereich N2 (Brennstoffzyklus) zur Auswertung der Personendosimeter konstante Kalibrierfaktoren empfohlen (Tab. 6/4), die eine ausreichend konservative Bestimmung der Neutronen-Äquivalentdosis in der Personendosimetrie ermöglichen. Für unabgeschirmte Neutronenquellen und Teilchenbeschleuniger (Anwendungsbereich N3 bzw. N4) werden bei geringen Dosen ebenso konstante Kalibrierfaktoren verwendet. Bei Neutronen-Äquivalentdosen größer 1 mSv wird zur Ermittlung der Personendosis jedoch das Meßwertverhältnis  $M_n(a)/M_n(i)$  und die entsprechende Kalibrierkurve zur Dosismessung herangezogen. In Ausnahmefällen kann an Hochenergiebeschleunigern, bei denen der Bestrahlungsraum für Experimente zugänglich ist, der TLD-Detektor mit einem Makrofol-Kernspurätzdetektor kombiniert werden (s. Kap. 6.3.7). Damit erhält man im Bedarfsfall eine zusätzliche Anzeige der Neutronen-Äquivalentdosis im Energiebereich oberhalb 3 MeV.

Dosisbereich Photonen/Neutronen (N1-N4)	0,03 mSv - 10 Sv/(0,02-0,10) mSv - (3-50) Sv
Zufallsunsicherheit/Gammadiskriminierung	$\sigma_n < 5\%$ für 10 mSv/ $\sigma_{n+\gamma} < 20\%$ für $H_\gamma/H_n \leq 10$
Anzeige von $H'(10)$	konservativ im vorderen Halbraum (einschl. 90°)
Energie- und Richtungsabhängigkeit von $R_n$ (Vorderer Halbraum)	innerhalb eines Faktors 2 N1, N2: konstante $R_n$ -Werte N3, N4: Kalibrierkurve (siehe Abb. 6/10)
Systematische Unsicherheit der Feldkalibrierung	konservatives Ansprechvermögen $R_n(i)$ , Überbewertung $\leq 50\%$ wegen Energieabhängigkeit der 30 cm Kugel
Abstandseffekt Detektor-Körper	innerhalb $\pm 10\%$ bis zu 4 cm Abstand
Streuung des Ansprechvermögens bei TLD-System-Vergleich	innerhalb $\pm 15\%$ für die TLD-Systeme Alnor/Harshaw/Panasonic/Vinten

Tab. 6/5: Dosimetrische Eigenschaften von Albedodosimetern für die Anwendungsbereiche N1 - N4 [42]

Tab. 6/5 gibt eine kurze Zusammenstellung der dosimetrischen Eigenschaften des Albedodosimetersystems Alnor. Danach wird in Photonen-Neutronen-Mischstrahlungsfeldern ein Neutronendosisbereich von mindestens 0,10 mSv bis 3 Sv mit einer zufriedenstellenden Meßunsicherheit abgedeckt, der auch für eine Unfalldosimetrie ausreichend ist. Insbesondere bei einem Kritikalitätsunfall ist die Energieabhängigkeit des Kalibrierfaktors gering und innerhalb  $\pm 30\%$  bekannt. Das Meßwertverhältnis  $M(a)/M(i)$  kann zusätzliche Aussagen über die Bestrahlungsbedingungen insbesondere orts- bzw. arbeitsplatzbezogene Abschirmungs- und Streustrahlungsverhältnisse anzeigen, die während der Bestrahlung vorlagen. Außerdem wird der Äquivalentdosisanteil thermischer Neutronen angezeigt. Bei einem größeren Dosimeter-Körperabstand ist die Änderung der Meßwertanzeige des Albedodosimeters vergleichbar mit demjenigen von Photonendosimetern. Eine systematische Meßunsicherheit ergibt sich durch die Notwendigkeit, einen Feldkalibrierfaktor anzuwenden, wobei hier lediglich der Meßfehler der Ortsdosisbestimmung von Bedeutung ist, der zu einer konservativen Ermittlung der Neutronenanzeige führt. Im Vergleich zu Photonendosimetern muß innerhalb der Personenüberwachung jedoch darauf geachtet werden, daß das Albedodosimeter nur in jeweils einem der Anwendungsbereiche N1 bis N4 getragen wird, daß die richtige Dosimeterseite dem Körper des Dosimeterträgers zugewandt ist und daß der richtige Anwendungsbereich angegeben wird. Im Hinblick auf die Trennung der Neutronen- und Photonenanzeige sowie der Reproduzierbarkeit der Dosismessung eignen sich alle untersuchten automatischen TLD-Systeme in gleichem Maße zum Einsatz in der Albedoneutronendosimetrie (s. auch Kap. 6.3.2 u. Tab. 6/5).

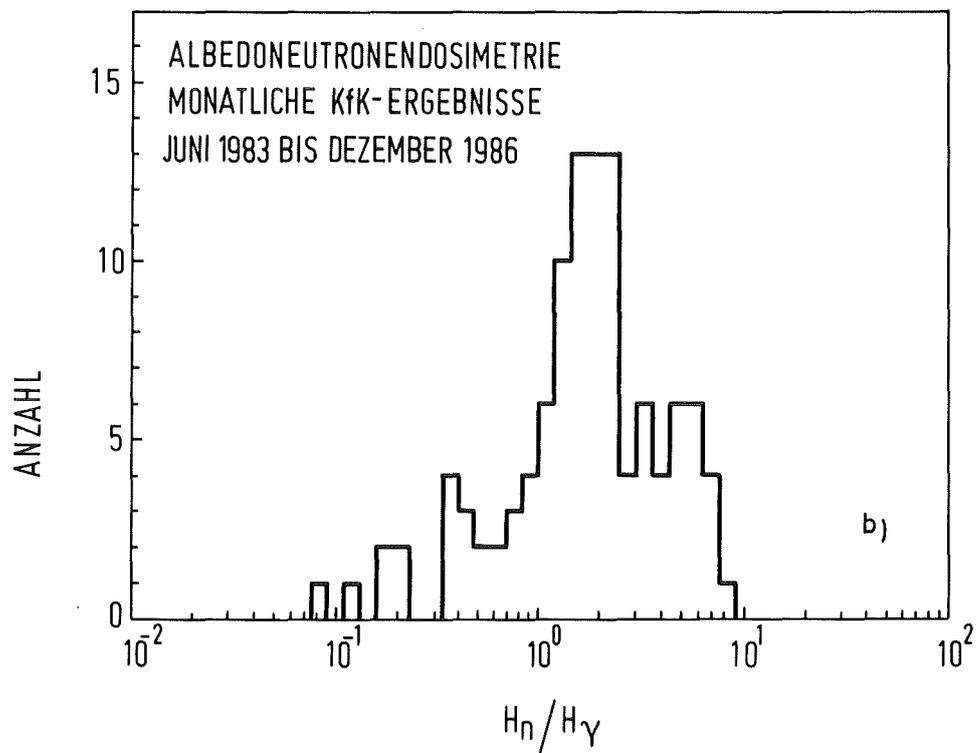
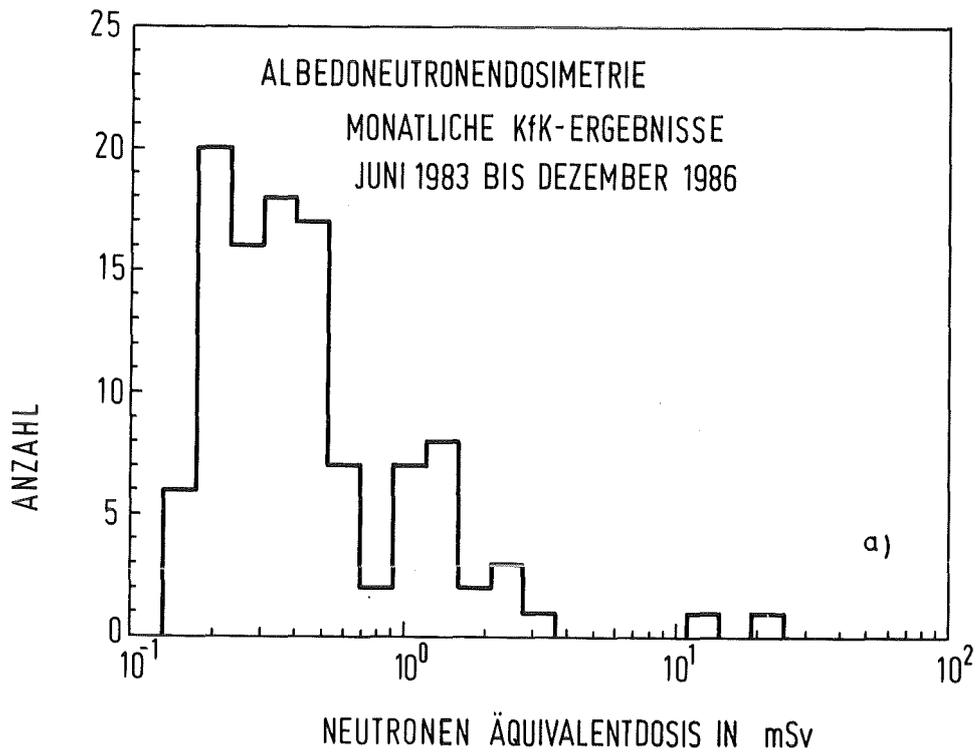


Abb. 6/11: Häufigkeitsverteilung der Neutronen-Äquivalentdosen (a) und des Äquivalentdosis-Verhältnisses  $H_n/H_\gamma$  (b) bei monatlicher Überwachung [42]

Das Albedodosimeter wurde in den vergangenen Jahren zur Personenüberwachung an Reaktoren, Beschleunigern und im Brennelementzyklus insbesondere bei der Brennelementfertigung, beim Transport, der Lagerung und der Handhabung von spaltbarem Material und der Handhabung von Radionukliden eingesetzt. Abb. 6/11 zeigt als Beispiel die Häufigkeitsverteilung der im KfK für den Zeitraum Juni 1983 - Dezember 1986 gemessenen Personendosen  $H_n$  für Neutronenmeßwerte oberhalb 0,1 mSv und das entsprechende Meßwertverhältnis  $H_n/H_V$ . Danach werden Jahresdosen zwischen 2 mSv und 23 mSv festgestellt. Bei insgesamt 6000 monatlichen Dosimeterauswertungen wurden in 136 Fällen Neutronenbestrahlungen ermittelt. Vergleichbare Ergebnisse ergeben sich in der Photonendosimetrie. Eine Personenüberwachung mit Albedodosimetern wird empfohlen, wenn die erwartete Neutronenäquivalentdosisleistung am Arbeitsplatz 20 % der Photonenäquivalentdosisleistung erreichen kann bzw. beim Umgang mit Neutronenquellen signifikante Neutronenexpositionen auftreten können bzw. ein Unfallrisiko vorliegt.

Die Erprobung der Albedodosimetriesysteme durch die beteiligten Meßstellen unter Verwendung verschiedener TLD-Systeme zeigte innerhalb der Routineüberwachung

- für den überwachten Personenkreis an Reaktoren und Beschleunigern nur geringe Dosen in relativ wenigen Fällen,
- für den Anwendungsbereich Brennstoffzyklus sowie beim Umgang mit Cf-252-Neutronenquellen unter Umständen recht häufig relativ hohe Neutronenexpositionen, die mit dem bisherigen Neutronenfilmdosimeter nicht nachweisbar waren,
- die Zweckmäßigkeit einer Personendosimetrie mit dem Albedodosimeter in allen den Fällen, in denen bei bestimmten Arbeiten in Neutronenfeldern eine Neutronenäquivalentdosis von 10 bis 20 % der Gesamtdosis erwartet wird.

### 6.3.2 Kalibrierverfahren für Albedodosimeter

B. Burgkhardt, E. Piesch

Albedodosimeter sind Personendosimeter, die im Gegensatz zu Kernspurdetektoren Neutronenstrahlung über den gesamten interessierenden Energiebereich nachweisen. Trotz der Energieabhängigkeit des Albedodetektors läßt sich das Zweikomponentenalbedodosimeter in der vorliegenden Ausführung in Verbindung mit dem Verfahren der Feldkalibrierung in der Routinedosimetrie vorteilhaft einsetzen. Wegen der Energieabhängigkeit des Albedoansprechvermögens können Kalibrierbestrahlungen, die in einem rückstreuarmen Referenzstrahlungsfeld an einer Cf-252-Quelle gemacht wurden, nicht unmittelbar in Streustrahlungsfeldern angewandt werden, da sich hier insbesondere der Anteil moderierter und aus der Umgebung rückgestreuter Neutronen von Ort zu Ort ändert. Aufgrund der Ergebnisse von Feldkalibrierungen kann aber der Meßwert des Albedodosimeters einem Ortsdosismeßwert zugeordnet werden. Das Ansprechvermögen des Albedodetektors  $R_{ns}(i)$  ist hierbei der Quotient aus der Anzeige des Albedodosimeters und der Ortsdosis:  $R_{ns}(i) = M_{ns}(i)/H_R$ . Durch die Wahl des Referenzdosimeters (TL-Detektor im Zentrum einer Polyäthylenkugel von 30 cm Durchmesser) wird die Ortsdosis  $H_R$  im Streustrahlungsfeld hinreichend genau gemessen. Das Referenzdosimeter ist gleichzeitig Phantom für das Albedodosimeter.

Das bereitgestellte Kalibrierverfahren in Streustrahlungsfeldern (Feldkalibrierung) benutzt zwei diametral an der Kugeloberfläche angeordnete Albedodosimeter und verringert damit die Energie- und Richtungsabhängigkeit der Albedodetektoranzeige. Dies führt in allen Anwendungsbereichen zu einer unmittelbaren Bestimmung des Kalibrierfaktors in der Personendosimetrie, wo nur ein Dosimeter

getragen wird. Dies sei am Beispiel einer Feldkalibrierung verdeutlicht, die in unterschiedlichen Abständen zwischen 1 m und 10 m von einer Cf-252-Neutronenquelle in 80 cm Höhe über Boden in einem rückstreuungsfreien Raum (Holzwand) bzw. in einem rückstreuenden Raum (Wandstärke 50 cm Beton und Wandabstand < 2 m) durchgeführt wurden [9]. Die Abb.6/12 verdeutlicht, daß sich das jeweilige Ansprechvermögen in der Personendosimetrie unter Zugrundelegung der Feldkalibrierungskurve und des innerhalb der Personenüberwachung gefundenen Meßwertverhältnisses  $M(a)/M(i)$  innerhalb der angegebenen Meßunsicherheit von  $\pm 30\%$  ermitteln läßt. Dieses Ansprechvermögen gilt für Strahleneinfallrichtungen aus dem vorderen Halbraum.

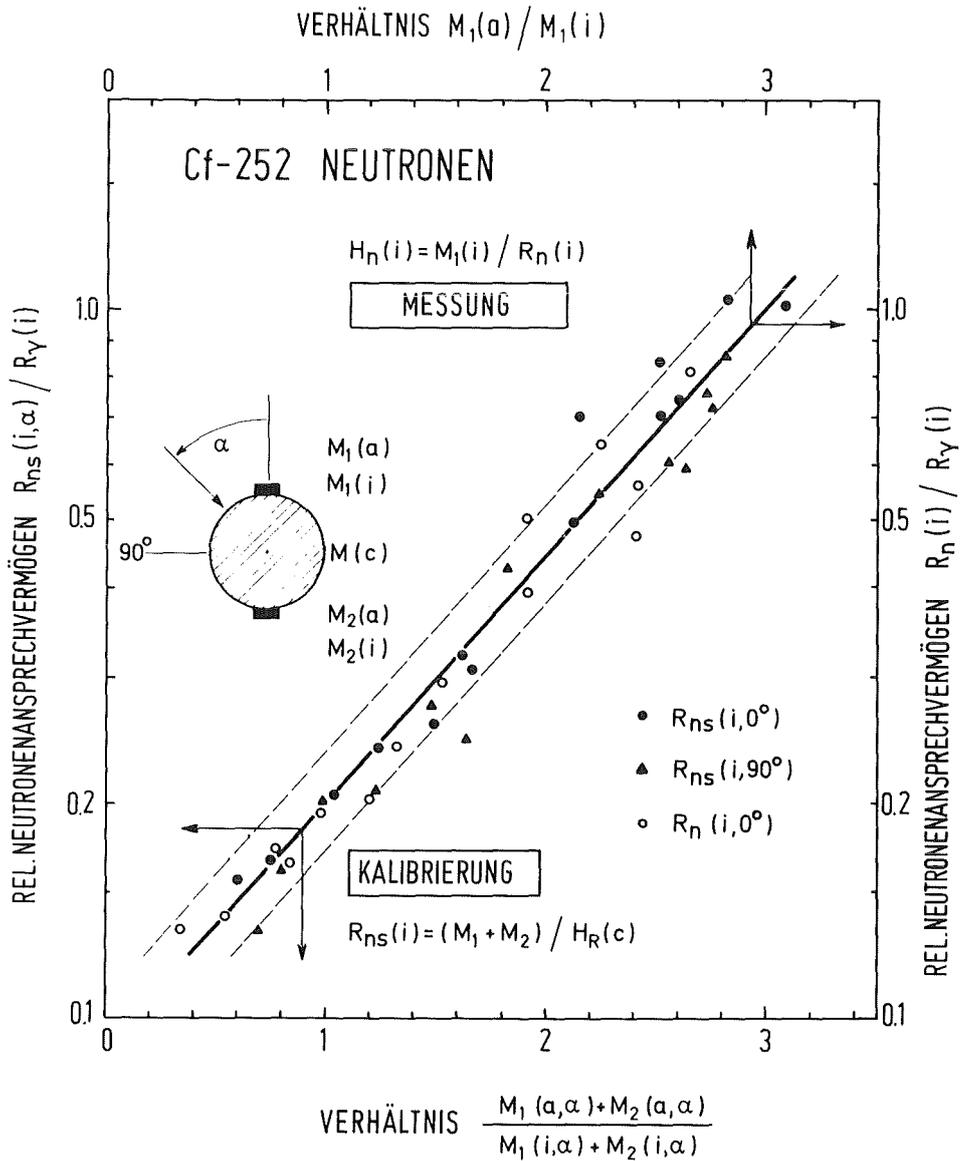


Abb. 6/12: Relatives gammaäquivalentes Neutronen-Äquivalentdosis-Ansprechvermögen eines Albedodetektors  $R_n(i, \alpha)$ , in Abhängigkeit vom Meßwertverhältnis  $M(a)/M(i)$  im Streustrahlungsfeld einer Cf-252-Neutronenquelle, 1,25 m Höhe über Boden für Detektor-Quellenabstände von 0,7 bis 3 m. Ergebnisse von Feldkalibrierungen für die

- (a) Meßwertanzeige  $M_1(i, 0^\circ)$  bzw. das Ansprechvermögen  $R_n(i, 0^\circ)$
- (b) Meßwertanzeige  $(M_1 + M_2)$  und einer Strahleneinfallrichtung von  $\alpha = 0^\circ$  und  $90^\circ$  bzw. dem Ansprechvermögen  $R_{ns}$

Neutronenfeld		Albedo-Neutronenansprechvermögen
Feldkalibrierung <sup>1)</sup>		$R_{ns}(i) = (M_1 + M_2)/H_R$
Personendosimetrie <sup>2)</sup>		$R_n(i;0^\circ) = M_1/H_R$
		$R_n(i;0^\circ) = R_{ns}(i;\alpha^\circ) \cdot M_1/(M_1 + M_2)$
Cf-252		
rückstrefrei		$R_n(i;0^\circ) = 0,95 R_{ns}(i;0^\circ)$
Streustrahlungsfeld	0°	$R_n(i;0^\circ) = 0,79 R_{ns}(i;0^\circ)$
	90°	$R_n(i;0^\circ) = 0,83 R_{ns}(i;90^\circ)$
Kernkraftwerk		
	0°	$R_n(i;0^\circ) = 0,77 R_{ns}(i;0^\circ)$
	90°	$R_n(i;0^\circ) = 0,93 R_{ns}(i;90^\circ)$
Brennelementlager		$R_n(i;0^\circ) = 0,83 R_{ns}(i;,,isotrop")$
Mittel $\pm \Delta R$ %		$R_n(i;0^\circ) = 0,86 \cdot R_{ns}(i;\alpha^\circ) \pm 10$ %

- 1) Für den Fall eines isotropen Strahlungsfeldes ist  $R_{ns}(i) = R_n(i)$  wegen der Albedodosimeteranzeigen  $M_1 = M_2$  und der Referenzdosis  $H_r$  (vorderer Halbraum) =  $0,5 H_R$
- 2) Die Winkel 0 und 90° geben die Orientierung des Albedodosimeters in bezug auf die Strahleneinfallrichtung an

Tab. 6/6: Richtungsabhängigkeit des Albedodosimeters bei der Übertragung des Neutronen-Ansprechvermögens von der Feldkalibrierung auf die Personendosimetrie

RELATIVES NEUTRONEN-ANSPRECHVERMÖGEN $R_n(i)/R_n(i,Cf-252)$					
	ALNOR (KFK)	HARSHAW (MPA)	PANASONIC (GSF)	VINTEN (KFK)	$R_{Mittel}$ $\pm \Delta R$
Cf-252 <sup>1)</sup>	1	1	1	1	1
Reaktor, Beam	4,0	3,94	4,3	3,55	$3,83 \pm 12\%$
Leistungsreaktor	13,3	14,8	14,9	14,3	$14,0 \pm 13\%$
Brennelementlager <sup>2)</sup>	$3,2 \pm 18\%$	$4,25 \pm 21\%$	$3,1 \pm 21\%$	-	$3,52 \pm 15\%$
RELATIVES RICHTUNGSABHÄNGIGES ANSPRECHVERMÖGEN $R_n(i,90^\circ)/R_n(i,0^\circ)$					
Cf-252 <sup>1)</sup>	0,62	0,63	0,59	0,55	$0,60 \pm 6\%$
Leistungsreaktor	0,56	0,52	0,53	0,54	$0,54 \pm 4\%$

- 1) Feldkalibrierung im Streustrahlungsfeld in 2,50 m Quellabstand und 1,25 m Höhe über Boden
- 2) Mittelwert und maximale Abrechnung aus 12 bis zu 20 Kalibrierergebnissen

Tab. 6/7: Neutronenansprechvermögen für verschiedene Albedo-TLD-Systeme im Streustrahlungsfeld

Tab. 6/6 zeigt die Übereinstimmung beider Werte für das Albedoneutronenansprechvermögen  $R_{ns}(i)$  und  $R_n(i)$ , die innerhalb einer Feldkalibrierung unter Verwendung von zwei Neutronendosimetern oder mit einem Einzeldosimeter ermittelt wurden. Damit ist der Einfluß einer Richtungsabhängigkeit bei der Feldkalibrierung innerhalb  $\pm 10\%$  und das Ansprechvermögen  $R_n(i,0^\circ)$  in der Personenüberwachung mehr oder weniger unabhängig von der Strahleneinfallrichtung, sofern das Albedodosimeter nur Strahlungsanteile aus dem vorderen Halbraum anzeigen soll. Der Mittelwert  $R_n = 0,86 \cdot R_{ns} \pm 10\%$  ist ausreichend konservativ, zumal im gerichteten Strahlungsfeld einer Cf-252-Quelle etwa 15 % der Referenzdosimeteranzeige  $H_R$  durch Streustrahlungsanteile aus dem hinteren Halbraum erzeugt wird. Auch für einen lateralen Strahleneinfall überbewertet das Albedodosimeter mit  $M(i,90^\circ)/M(i,0^\circ) \geq 0,5$  (s. Tab. 6/7 unten) die entsprechende Meßwertgröße  $H'(10)$  mit Werten für  $H'(10,90^\circ)/H'(10,0^\circ)$  zwischen 0,2 und 0,4 unterhalb 1 MeV. Die Ergebnisse von Cf-252-Bestrahlungen in Streustrahlungsfeldern (Tab. 6/7) ergaben für die verschiedenen Ausführungen der Albedodosimeterkapselung ein vergleichbares Neutronenansprechvermögen, das sich im Mittel weniger als  $\pm 10\%$  unterscheidet.

### 6.3.3 Einsatz des Einkugelalbedomeßsystems zur Kalibrierung von Albedodosimetern in Neutronenstrahlungsfeldern am LWR

B. Burgkhardt, W. Schwarz

Bei der Inbetriebnahme des Kernkraftwerkes Mülheim-Kärlich wurde in Zusammenarbeit mit BBR innerhalb eines vom BMU geförderten Forschungsvorhabens das Neutronenstreustrahlungsfeld in verschiedenen Anlagenteilen ausgemessen. Zum Einsatz kamen u.a. Albedodosimeter und das Einkugelalbedomeßsystem mit drei TL-Detektorpaaren (TLD600/TLD700) in der Position C im Zentrum der 30 cm Kugel (bei Feldkalibrierung Anzeige der Neutronenreferenzdosis  $H_R$ ) sowie an der Oberfläche der Kugel in den Positionen a und i des Albedodosimeters. Die Bestrahlungen erfolgten in verschiedenen Anlagenteilen insbesondere am Dampferzeuger, im Reaktorsumpf bzw. am Eingang zu den Anlagenräumen. Die Dosiswerte lagen zwischen 1 mSv und 100 Sv. Bei hohen Meßwerten erfolgte eine Korrektur der Supralinearität.

Das Ansprechvermögen  $R_{ns}(i)$  des Albedodosimeters wurde aus dem Meßwertverhältnis  $M_{ns}(i)/H_R$  ermittelt und in Abb. 6/13 wiedergegeben. Unter Berücksichtigung der Kalibrierunsicherheit kann hier innerhalb  $\pm 30\%$  ein konstantes Ansprechvermögen zugrundegelegt werden.

Die Einkugelalbedomeßtechnik ermöglicht die Ermittlung einer Neutronenäquivalentdosis  $H_{fit}$ , die im Vergleich zu  $H_R$  eine geringere Energieabhängigkeit erwarten läßt.  $H_{fit}$  ergibt sich hierbei aus der Superposition der drei Meßwerte, wobei die Meßwerte vor Addition mit entsprechenden konstanten Faktoren multipliziert werden. Für die verschiedenen Meßwerte ergaben sich für das Meßwertverhältnis  $H_{fit}/H_R$  die in Abb. 6/14 wiedergegebene Häufigkeitsverteilung.  $H_R$  überbewertet demnach die interessierende Neutronendosis im Mittel um den Faktor 1,30 gegenüber 1,6 bzw. 1,8 bei Verwendung eines Anderson-Braun bzw. Leak-Meßgerätes. Die Verwendung von  $H_R$  bei der Feldkalibrierung von Albedodosimetern führt zu einer dementsprechenden Überbewertung der Neutronendosis, die innerhalb der Routineüberwachung in Kauf genommen werden kann.

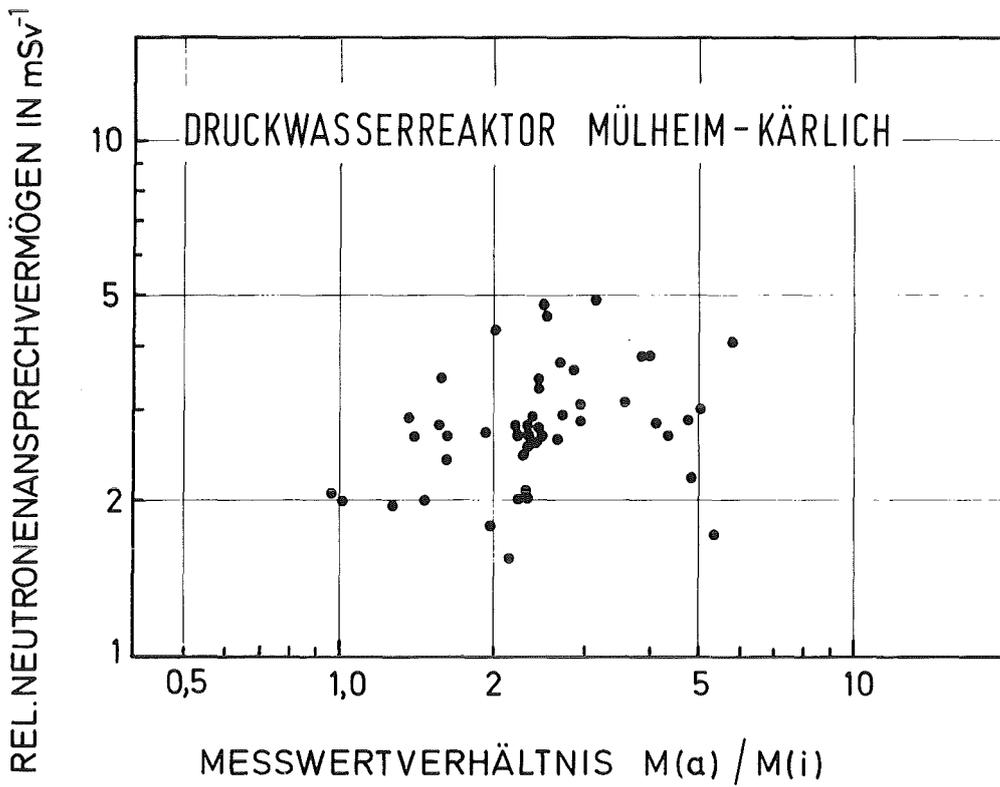


Abb. 6/13: Relatives Neutronenansprechvermögen des Albedodosimeters (Type Alnor) am Kernkraftwerk Mülheim-Kärlich

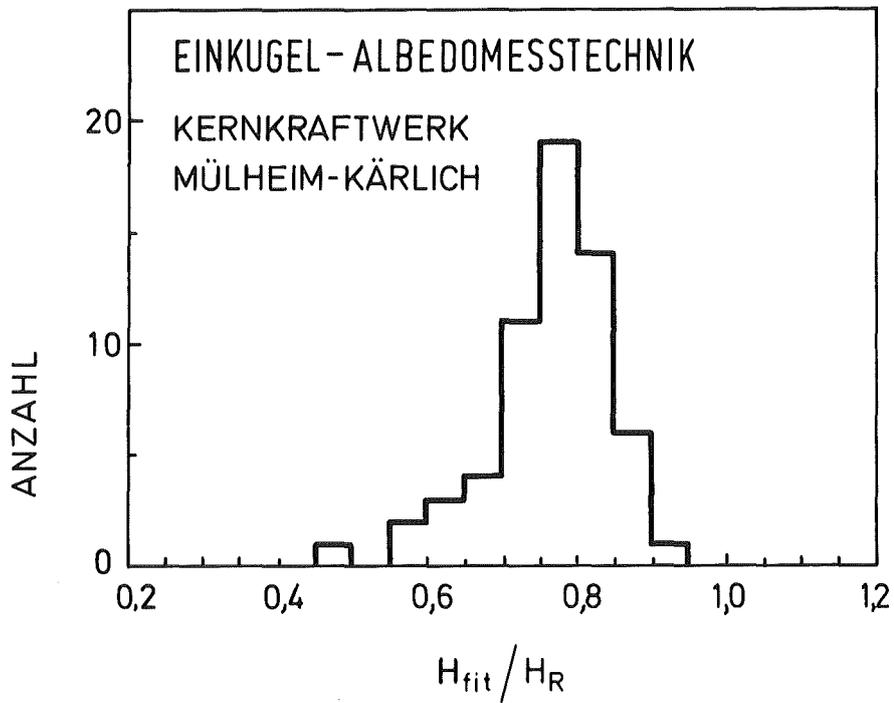


Abb. 6/14: Häufigkeitsverteilung des Neutronen-Äquivalentdosisverhältnisses  $H_{fit}/H_R$

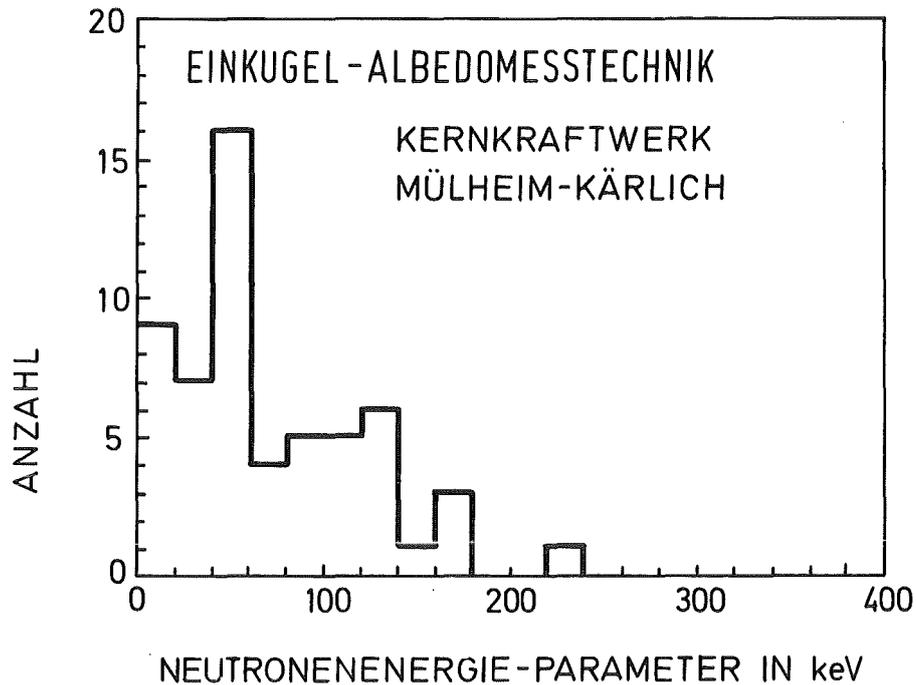


Abb. 6/15: Häufigkeitsverteilung des Neutronenenergieparameters  $E_0$  am Kernkraftwrk Mülheim-Kärlich

Eine weitere Aussage über das Neutronenstreustrahlungsfeld ergibt sich aus dem Meßwertverhältnis  $M(c)/M(i)$ , welches über eine Kalibrierung mit monoenergetischen Neutronen eine Zuordnung zu einer Neutronenenergie ermöglicht. Der so gewonnene Energieparameter  $E_0$  kann als mittlere Neutronenenergie des Streustrahlungsfeldes interpretiert werden. Die Häufigkeitsverteilung in Abb. 6/15 zeigt, daß der Energieparameter an einem Leichtwasserreaktor im Bereich zwischen 20 keV und 200 keV liegt. Dies steht in Übereinstimmung zu früheren eigenen Messungen (1980) und zu Ergebnissen, die mit Spektrometern bzw. dem Vielkugelmeßverfahren in Hanford und Harwell ermittelt wurden.

#### 6.3.4 Energieabhängigkeit von CR 39 Kernspurätzdetektoren

S.A. Al-Najjar, K. Ninomiya, E. Piesch

Neutroneninduzierte Rückstoßprotonen werden heute bevorzugt im Kernspurdetektor CR 39 nachgewiesen. Das hierbei in zwei Stufen angewendete elektrochemische Ätzverfahren ermöglicht einen Neutronennachweis im Energiebereich 100 keV bis 14 MeV. Das experimentell durch Optimierung des Ätzverfahrens gefundene Ansprechvermögen ist jedoch energieabhängig. Die Energieabhängigkeit wird durch das angewandte Ätzverfahren insbesondere durch die Dauer der Vorätzung und durch die angelegte Feldstärke, aber auch durch die jeweils verwendete Detektor/Radiatorkombination bestimmt.

Innerhalb eines von EURADOS organisierten Vergleichsprogrammes wurden verschiedene Detektor/Radiatorkombinationen im Energiebereich 144 keV bis 14 MeV mit monoenergetischen Neutronen bestrahlt [1]. Zur Verbesserung der Energieabhängigkeit wurden im Berichtszeitraum außerdem entsprechende Berechnungen des Ansprechvermögens durchgeführt [5]. Zur Berechnung des Neutronenansprechvermögens für die verschiedenen Detektor/Radiatorkombinationen wurde ein Zweistufen-Ätzverfahren mit einer elektrischen Feldstärke von  $25 \text{ kVcm}^{-1}$  zugrundegelegt. In Rechnung gestellt wurden die Wirkungsquerschnitte für die elastische Streuung von Neutronen an Wasserstoff-, Kohlenstoff- und Sauerstoffkernen und die entsprechenden Kernreaktionen im Energiebereich oberhalb 5 MeV sowie die Dicke der abgeätzten Detektorschicht und die für die zugrundegelegte elektrochemische Ätzung wichtige Beziehung zwischen dem kritischen Einfallswinkel des Rückstoßprotons und der Protonenenergie, für welche Ergebnisse von Cross (1986) übernommen wurden.

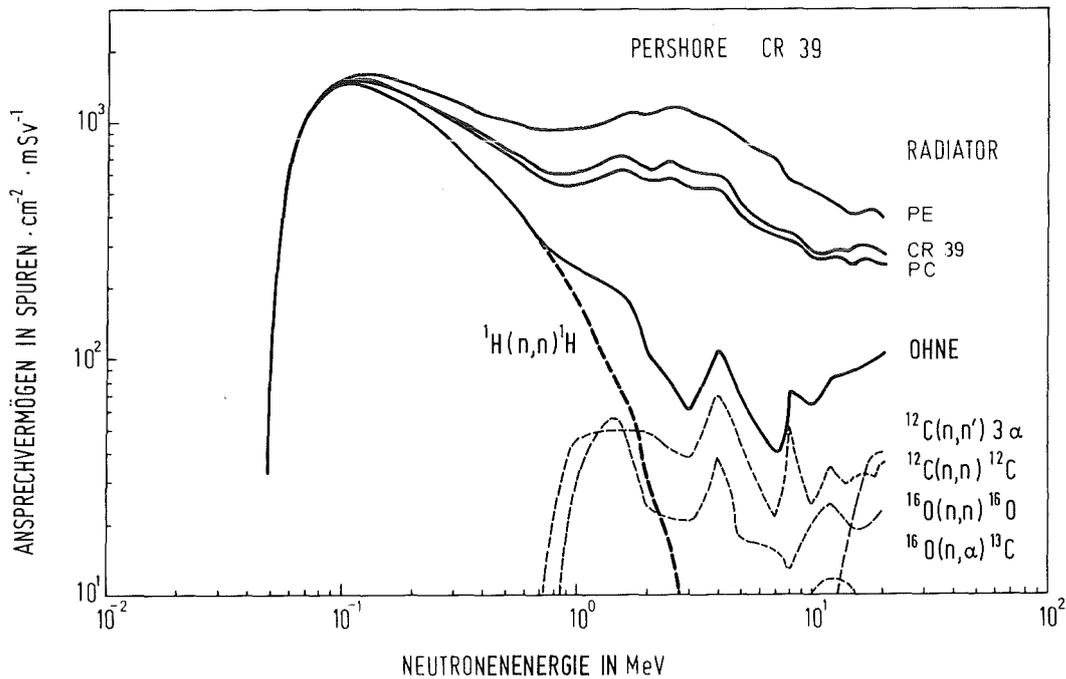


Abb. 6/16: Berechnete Energieabhängigkeit von CR 39-Detektoren ohne Abdeckung und mit verschiedenen Radiatoren sowie die Beiträge der verschiedenen Kernreaktionen

Die Ergebnisse des berechneten und experimentell ermittelten Ansprechvermögens sind in Abb. 6/16 und Abb. 6/17 wiedergegeben. Die ausgesprägte Energieabhängigkeit des Detektors ohne Radiator verdeutlicht, daß bei Radiatorkombinationen hauptsächlich Rückstoßprotonen aus der Umgebung zum Meßwert beitragen. Aber auch mit „sättigungsdicken“ Radiatorschichten läßt sich die Energieabhängigkeit im Energiebereich oberhalb 5 MeV nicht verbessern, da hier der Wirkungsquerschnitt für die elastische Streuung an Wasserstoff stark abfällt und auch die Beiträge von α-Teilchen und C- bzw. O-Rückstoßkernen diesen Verlust nicht ausgleichen können. Abb. 6/17 zeigt eine gute Übereinstimmung von experimentellen und berechneten Ergebnissen. Eine Verbesserung der Energieabhängigkeit im unteren Energiebereich könnte durch Herabsetzung der elektrischen Feldstärke erreicht werden.

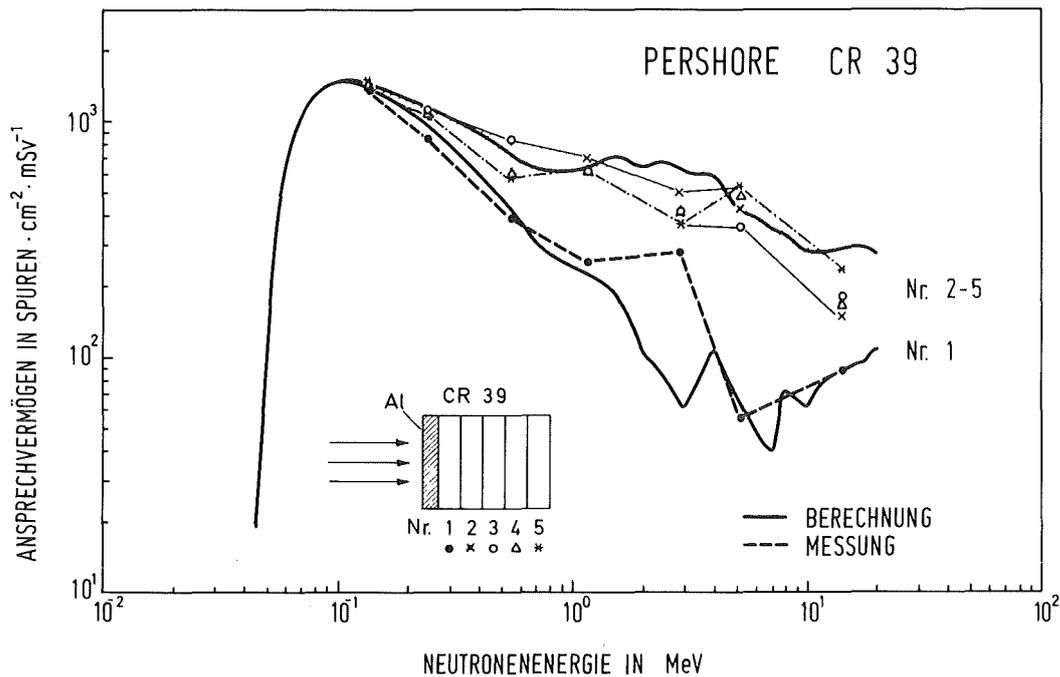


Abb. 6/17: Berechnete und experimentell ermittelte Energieabhängigkeit von verschiedenen CR 39-Detektoranordnungen

### 6.3.5 Herabsetzung der Richtungsabhängigkeit durch zylindrisch geformte CR 39-Detektoren

S. A. Al-Najjar, E. Piesch

Bedingt durch die geringe effektive Detektordicke zeigen relativ großflächige Kernspurätzdetektoren eine ausgeprägte Richtungsabhängigkeit des Ansprechvermögens. Zur Erzielung eines annähernd isotropen Ansprechvermögens können mehrere flache Detektoren in unterschiedlich optimierten Detektoranordnungen verwendet werden. Die Bestrahlung des Detektors in Zylindergeometrie ist mit kommerziell erhältlichen Detektoren nicht möglich, da sich die 300 bis 1 000 µm dicken Detektoren nicht verformen lassen.

Das vorliegende Verfahren zur Herstellung von Detektoren in Form eines Halbzylinders mit 2 cm Durchmesser (Abb. 6/18) erfolgt in mehreren Schritten. Nach Aufweichen des rechteckigen Detektors in heißem Wasser wird die beidseitig durch Polyäthylen geschützte Detektorfolie kurzzeitig um eine Zylinderform gebogen. Nach Abkühlung behält der Detektor seine zylindrische Form. Zur Bestrahlung wird der Detektor in einen zylindrischen Radiator eingelegt. Vor dem Ätzen muß der Detektor im Wasserbad erhitzt und danach in die ursprüngliche Form zurückgebogen werden. Zur Untersuchung der Richtungsabhängigkeit wurden zylindrisch geformte CR 39-Detektoren mit 144 keV-, Cf-252/Am-Be- und 14 MeV-Neutronen unter verschiedenen Einfallsrichtungen bestrahlt. Abb. 6/19 zeigt am Beispiel der Cf-252-Bestrahlung das differentielle Ansprechvermögen für einen Strahleneinfall unter 0, 45 und 90° sowie für den rotierenden Detektor. Die Spurendichte ist hierbei in Abhängigkeit von der Detektorlänge des während der Bestrahlung zylindrisch geformten Detektors wiedergegeben. Die über der Detektorfläche gemittelte Spurendichte ist für Strahleneinfallsrichtungen senkrecht zur Zylinderachse richtungsunabhängig. Die Spurenverteilung bietet darüberhinaus die Möglichkeit, u. U.

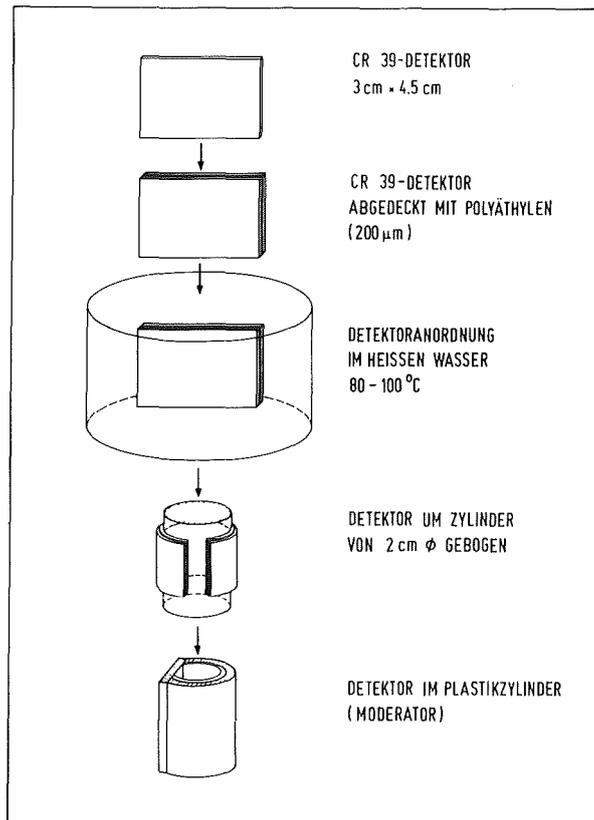


Abb.6/18: Beschreibung des Verfahrens zur Herstellung zylindrisch geformter CR 39-Detektoren [2]

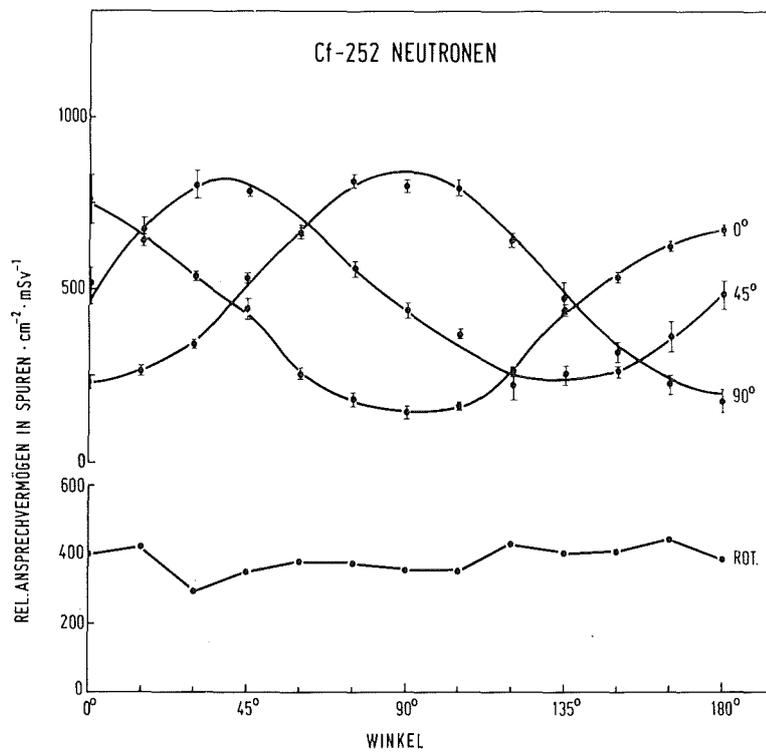


Abb. 6/19: Differentielle Verteilung der Spurendichte entlang des zylindrisch geformten CR 39-Detektors für verschiedene Strahleneinfallrichtungen

Aussagen über eine Strahleneinfallsrichtung zu erhalten. Abb. 6/20 zeigt im Vergleich die Richtungsabhängigkeit des flachen CR 39-Detektors und des zylindrisch geformten Detektors. Zur Erzielung eines annähernd isotropen Ansprechvermögens müßten zwei zylindrisch geformte Detektoren kombiniert werden. Die Untersuchungen zeigten darüber hinaus, daß die Wärmebehandlung zur Verformung des Detektors das Neutronenansprechvermögen um etwa 25 % herabsetzt und die Anzahl der Untergrundspuren geringfügig erhöht.

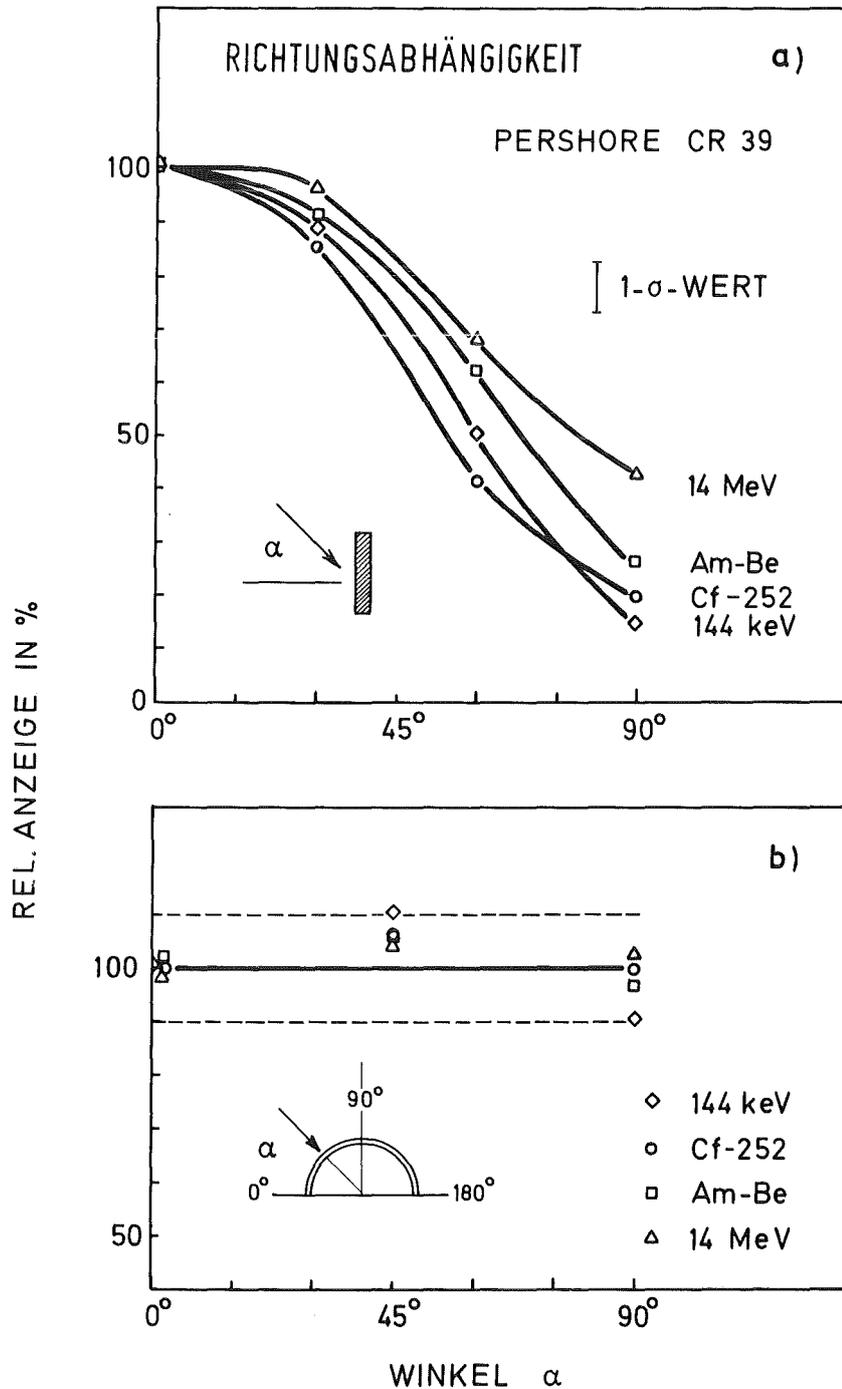


Abb. 6/20: Relative Richtungsabhängigkeit eines rechteckigen (a) und zylindrisch geformten (b) kernspurdetektors für Bestrahlungen mit unterschiedlichen Neutronenenergien

6.3.6 Untersuchung der dosimetrischen Eigenschaften von CR 39 bei langzeitiger Lagerung in Stickstoff und Luft

S.A. Al-Najjar, E. Piesch

Da die kommerzielle Herstellung von CR 39-Material im großtechnischen Maßstab nicht durchführbar ist und nur relativ kleine Folien hergestellt werden können, zeigen Herstellungsladungen eine relativ hohe Streuung im Ansprechvermögen und im Nulleffekt. Das Neutronenansprechvermögen und der Nulleffekt müssen daher für jede Folie getrennt ermittelt und bei der Auswertung von Detektoren verschiedener Folien berücksichtigt werden. Da für Experimente nicht immer neu hergestellte Chargen zur Verfügung stehen, wurde die herstellungsbedingte Folienqualität hinsichtlich Ansprechvermögen und Nulleffekt über einen Zeitraum von einem Jahr untersucht. Da die Anzahl der ausätzbaren Kernspuren durch einen Sauerstoffeinfluß während der Lagerung bzw. Ätzung maßgeblich bestimmt wird, wurden die Folien u.a. auch in einer Stickstoffatmosphäre bei Zimmertemperatur gelagert. Zur Bestimmung des Fadings von bestrahlten und unbestrahlten CR-39-Detektoren erfolgte die Bestrahlung der Detektoren vor bzw. nach Lagerung in Luft bzw. Stickstoff. Untersucht wurden die CR-39-Materialien der Hersteller American Acrylics (USA) und Pershore Moulding (UK) [5].

Lagerungszeit (Tage)	Ansprechvermögen R (Spuren·cm <sup>-2</sup> ·mSv <sup>-1</sup> )				Nulleffekt (Spuren·cm <sup>-2</sup> ) nach Lagerung in	
	Bestrahlung vor Lagerung in		Bestrahlung nach Lagerung in			
	N <sub>2</sub>	Luft	N <sub>2</sub>	Luft	N <sub>2</sub>	Luft
0	1038 ± 72	1038 ± 72	1038 ± 72	1038 ± 72	77 ± 20	77 ± 20
27	870 ± 53	850 ± 54	984 ± 45	846 ± 53	113 ± 21	60 ± 22
95	926 ± 63	876 ± 48	1061 ± 53	920 ± 30	113 ± 29	84 ± 16
151	1076 ± 152	923 ± 14	1077 ± 152	1111 ± 78	77 ± 25	72 ± 20
228	961 ± 32	831 ± 11	1082 ± 51	831 ± 30	93 ± 18	74 ± 19
278	995 ± 38	848 ± 49	1097 ± 48	945 ± 69	81 ± 14	71 ± 24
333	948 ± 13	959 ± 36	1057 ± 36	901 ± 62	64 ± 18	76 ± 11
R <sub>Mittel</sub> ± ΔR%	973,4 ± 7,1	903,6 ± 8,3	1055,8 ± 3,8	941,7 ± 10,3	-	-

Tab. 6/8: Langzeitlagerung von CR 39 - Detektoren, Hersteller American Acrylics, in Stickstoff und Luft

Tabn. 6/8 und. 6/9 geben eine Zusammenstellung der erzielten Meßergebnisse und der entsprechenden maximalen Meßwertstreuungen für eine Bestrahlung von jeweils drei Detektoren von Cf-252-Neutronen bei einer Lagerungszeit bis zu 333 bzw. 431 Tagen. CR 39 von American Acrylics zeigt demnach keine erkennbare langzeitige Änderung des Ansprechvermögens bzw. des Nulleffektes. Ein Einfluß von Sauerstoff bzw. Stickstoff war nicht feststellbar. Demgegenüber zeigt das Material der Firma Pershore Moulding eine signifikante Herabsetzung des Ansprechvermögens um 35 % bei Lagerung des unbestrahlten Materials in Luft. Die Erhöhung des Nulleffektes um einen Faktor 2 ist hier jedoch unabhängig von der Lagerungsart. Die Qualität des Materiales wird im wesentlichen vom Nulleffekt bestimmt. Chargenlieferungen zeigen bei guten Folien einen Nulleffekt zwischen 500 und 200 Spuren·cm<sup>-2</sup> und bei nicht verwendbaren Folien, die bis zu 40 % der Charge betragen kann, 400 bis 3000 Spuren·cm<sup>-2</sup>.

Lagerungszeit (Tage)	Ansprechvermögen R (Spuren·cm <sup>-2</sup> ·mSv <sup>-1</sup> )				Nulleffekt (Spuren·cm <sup>-2</sup> ) nach Lagerung in	
	Bestrahlung vor Lagerung in		Bestrahlung nach Lagerung in			
	N <sub>2</sub>	LUFT	N <sub>2</sub>	LUFT	N <sub>2</sub>	LUFT
0	806 ± 26	806 ± 26	806 ± 26	806 ± 26	81 ± 16	81 ± 16
25	805 ± 32	797 ± 54	680 ± 81	808 ± 56.01	93 ± 12	70 ± 13
73	895 ± 43	893 ± 43	887 ± 32	829 ± 28	85 ± 20	84 ± 17
125	793 ± 56	741 ± 60	872 ± 26	720 ± 43	60 ± 16	91 ± 26
193	703 ± 40	764 ± 63	791 ± 53	656 ± 55	85 ± 10	92 ± 18
249	878 ± 49	732 ± 53	661 ± 154	694 ± 46	195 ± 33	113 ± 23
326	752 ± 5	730 ± 6	805 ± 19	583 ± 14	167 ± 27	121 ± 23
376	800 ± 22	807 ± 122	841 ± 45	526 ± 15	187 ± 111	100 ± 30
431	702 ± 20	612 ± 23	782 ± 19	537 ± 47	157 ± 21	145 ± 13
R <sub>Mittel</sub> ± ΔR%	792,7 ± 8,5	764,7 ± 10,0	791,7 ± 9,8	-	-	-

Tab. 6/9: Langzeitlagerung von CR 39 - Detektoren, Hersteller Pershore Moulding, in Stickstoff und Luft

### 6.3.7 Neutronenvergleichsbestrahlung im CERN-Hadronen-Streustrahlungsfeld

E. Piesch, B. Burgkhardt

Im Hadronen-Streustrahlungsfeld bei CERN wird zur Personenüberwachung weiterhin der Kernspurfilm eingesetzt, der hier ein ausreichendes Ansprechvermögen zeigt. Zum Test neuer Meßmethoden wurde eine Vergleichsbestrahlung mit CR-39-Detektoren und Albedodosimetern durchgeführt. Zum Einsatz kam ein CR 39 - System von NRPB, Harwell, das im KfK eingesetzte CR 39 - System, ein Makrofol-Detektor mit einer Energieschwelle bei etwa 3 bis 5 MeV und das Thermolumineszenz-Albedodosimeter von KfK. Die Dosimeter wurden an einem entsprechenden Zylinderphantom in verschiedenen Streustrahlungsfeldern mit unterschiedlichen Anteilen hochenergetischer bzw. niederenergetischer Neutronen bestrahlt.

Die Ergebnisse der Vergleichsbestrahlung 1986 sind in Tab. 6/10 wiedergegeben. Es zeigte sich, daß CR 39 insbesondere hochenergetische Neutronen bis zu einem Faktor 2 bis 5 unterbewertet, während Makrofol energiearme Neutronenspektren unterbewertet. Für das Albedodosimeter wurden trotz der Energieabhängigkeit konsistente Ergebnisse gefunden, die sich für energiereiche und energiearme Hadronen-Streustrahlungsfelder um weniger als einen Faktor 2 unterscheiden. Für das vorliegende Strahlungsfeld bietet CR 39 wegen der Energieabhängigkeit des Ansprechvermögens für hohe Neutronenenergien keinen Vorteil gegenüber einer Kombination von Makrofoldetektor und Albedodosimeter.

Bestrahlungsbedingungen	Ergebnisse in $H_{\text{mess}}/H_{\text{ref}}$						
	$H_{\text{ref}}$ (Photonen) (mSv)	$E_{\text{Mittel}}$ (MeV)	NTA CERN <sup>1)</sup>	CR 39 NRPB <sup>2)</sup>	CR 39 KfK <sup>1)</sup>	Makrofol KfK <sup>2)</sup>	Albedo dosimeter KfK <sup>3)</sup>
Kalibrierung Cf-252	1,0 (0)	3,6	$0,67 \pm 0,04$	$1,21 \pm 0,02$	$0,94 \pm 0,08$	$1,17 \pm 0,08$	$0,18 \pm 0,02$
Pu-Be	1,0 (0)	7,0	$1,04 \pm 0,09$	$0,80 \pm 0,05$	$1,04 \pm 0,3$	$1,97 \pm 0,2$	$0,19 \pm 0,02$
Pu-Be	3,0 (0)	4,6	$1,11 \pm 0,06$	$0,83 \pm 0,02$	$0,95 \pm 0,03$	$1,92 \pm 0,06$	$0,16 \pm 0,02$
SPS Nord Halle (3)	2,6 (0,7)	4,2	$1,32 \pm 0,12$	$0,89 \pm 0,10$	$0,5 \pm 0,07$	$0,52 \pm 0,04$	$2,09 \pm 0,17$
SC	1,9 (0,15)	4,5	$0,81 \pm 0,08$	$1,29 \pm 0,19$	$1,04 \pm 0,26$	$0,29 \pm 0,06$	$1,86 \pm 0,16$
SPS Nord Halle (1)	1,0 (0,5)	7,3	$0,53 \pm 0,03$	$0,095 \pm 0,0$	< 0,2	$0,25 \pm 0,06$	$0,75 \pm 0,12$
SPS West Halle (1)	1,4 (0,5)	8,3	$1,41 \pm 0,10$	$0,38 \pm 0,04$	$0,34 \pm 0,02$	$0,38 \pm 0,06$	$0,54 \pm 0,07$
SPS West Halle (2)	1,0 (0,5)	9,0	$2,42 \pm 0,43$	$0,64 \pm 0,10$	$0,59 \pm 0,12$	$0,71 \pm 0,16$	$1,32 \pm 0,2$
SPS Nord Halle (2)	2,2 (0,45)	15,2	$1,30 \pm 0,02$	$0,17 \pm 0,03$	$0,29 \pm 0,08$	$0,48 \pm 0,04$	$1,11 \pm 0,25$

1) Kalibrierung mit Am-Be/Pu-Be-Quellen, 2) Kalibrierung mit Cf-252-Quelle, Mittelwert von drei Detektoren, 3) Kalibrierung mit Cs-137-Quellen

Tab. 6/10: Vergleichsbestrahlung von Personendosimetern, CERN 1986|19|

#### 6.4 Strahlenexposition durch Radonzerfallsprodukte

##### 6.4.1 Untersuchungen zur Auswirkung der Radonemission einer Uranuntersuchungsgrube auf die Umwelt

J. Schmitz

Das von 1985-88 laufende BMU-Vorhaben hat zum Ziel, Langzeitdaten über das Verhalten des aus der Bewetterung von Gruben stammende Radon und seiner Folgeprodukte zu erhalten. Dabei führt der Weg vom Grubengebäude als Quellterm über das Betriebsgelände bis zur Ausbreitung und Verdünnung in der Umgebung. Als Versuchsfeld steht dafür die Uranexplorationsgrube Krunkelbach bei Menzenschwand im Schwarzwald zur Verfügung. Vergleichsmessungen wurden in Zusammenarbeit mit der TH Darmstadt im Bereich der Uranerzaufbereitungsanlage Ellweiler durchgeführt und durch Zusammenarbeit mit dem CEA/IPSN war die Gelegenheit gegeben, Parallelbestimmungen in und um die französische Produktionsgrube von Lodève zu erhalten. Die Messungen, Probenahmen und Analysen wurden 1987 weitgehend abgeschlossen und mit der detaillierten Auswertung der mehr als 2000 Einzelwerte begonnen.

Abb. 6/21 zeigt die örtliche Radonkonzentration, die im Frühjahr 1987 entlang dem Krunkelbach und im Bereich der Einmündung in die Feldberger Alb gemessen wurden.

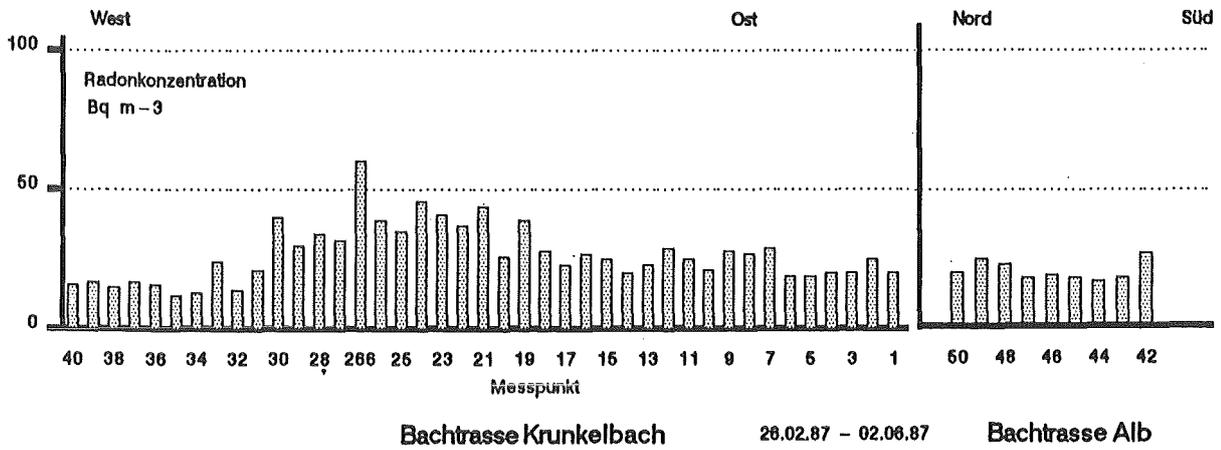


Abb.6/21: Verlauf der Radonkonzentration entlang dem Krunkelbach und der Feldberger Alb

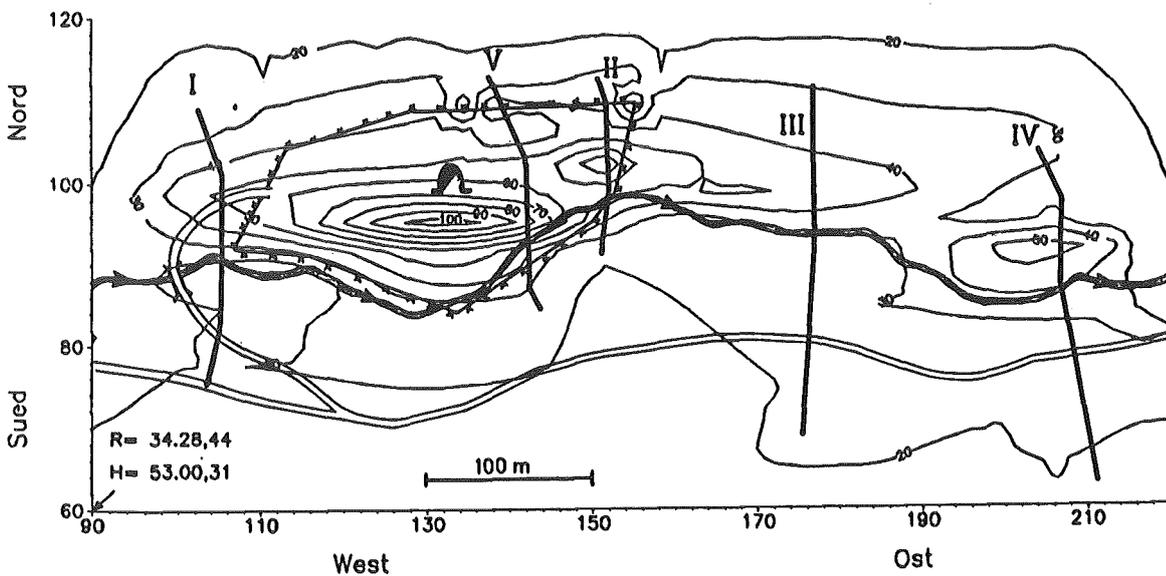


Abb. 6/22: Darstellung der Linien gleicher Radonkonzentration in Bqm<sup>-3</sup> im Bereich der Grube Krunkelbach

Die Meßreihe beginnt mit etwa 50 m Abstand der Meßpunkte 300 m oberhalb (westlich) des Grubengeländes, führt unmittelbar daran vorbei (Punkte 32 - 26b) und ca. 1500 m bachabwärts bis zur Mündung in die Feldberger Alb, von dort aus nördlich bis zur Einmündung des Albtals in das Krunkelbachtal und nach Süden in Richtung Menzenschwand. Deutlich hebt sich die Konzentration im Grubenbereich aus den niedrigen Werten des westlichen Gneis-Untergrundes heraus, um nach ca. 400m bachabwärts in den höheren Umgebungswert der granitischen Talfüllung überzugehen, der nach ca. 700 erreicht wird. Von da an ist eine Unterscheidung von aus der Grube ermitteltem Radon und Umgebungsradon nicht mehr möglich.

Ein etwas genaueres Bild von der Radonverteilung im Grubenbereich erhält man aus den Meßergebnissen der fünf Quertrassen, die oberhalb, auf dem Grubengelände und unterhalb quer zum Tal installiert waren. Abb. 6/22 zeigt die Darstellung der Linien gleicher Radonkonzentration der ca. 50 Meßergebnisse aus dem 1. Quartal 1986 mit der einskizzierten Lage des Grubengeländes, des Krunkelbachs und der Quertrassen. Die Linien gleicher Konzentration zeigen die rasche Abnahme der Radonkonzentration zu den Bergflanken im Norden und Süden und die Ausbreitung talabwärts nach Osten. Hierbei wird ein möglicher Aufschlagbereich der Abwetterfahne etwa 300 m östlich des Grubengeländes ersichtlich. Überschlägige, erste Ausbreitungsrechnungen und die topographischen Gegebenheiten unterstützen das Ergebnis.

Da dieses Gebiet noch im Bereich der landwirtschaftlichen Nutzung (Heuwiesen) liegt wurde eine Reihe von Bodenproben detailliert untersucht. Zwischen 0 und 12 cm Tiefe wurden in Abstufungen von 2 cm an mehreren Stellen je 6 Bodenproben entnommen und auf die Radonnuklide U-238, Ra-226, Pb-210 analysiert. Darüberhinaus wurden Korrelationselemente und Schwermetalle bestimmt. Abb. 6/23 zeigt die Aktivitätskonzentrationen der genetisch zusammenhängenden Radonnuklide.

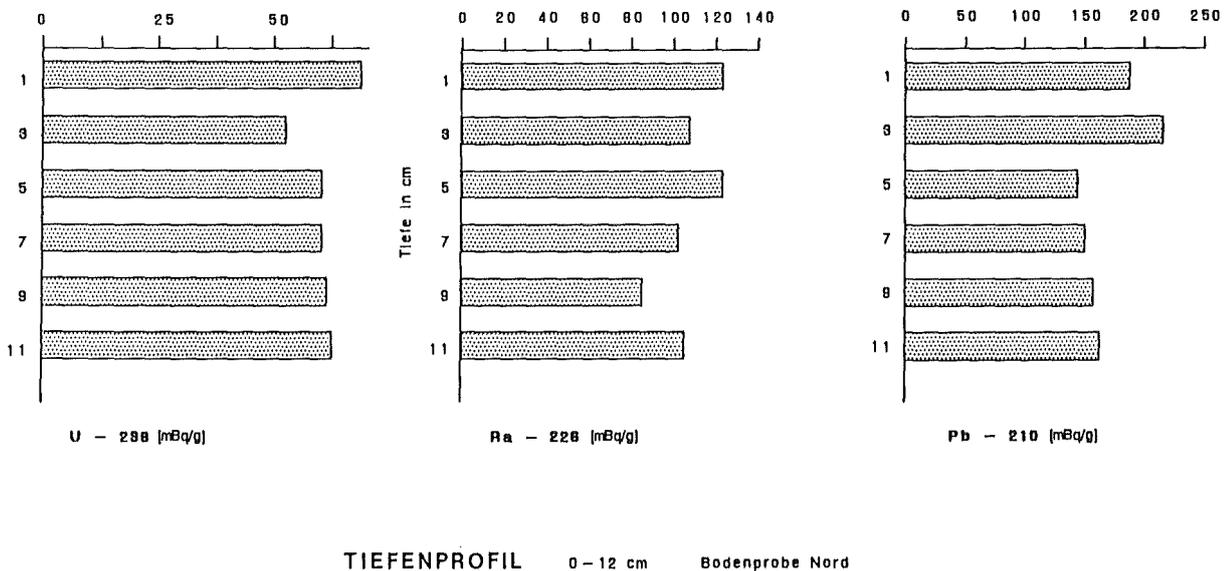


Abb. 6/23: Tiefenprofile der Radonnuklide in der Bodenprobe 'Nord' mit 2 cm Schichtabstand

Die gefundenen Gehalte entsprechen durchweg der aus ca. 50 anderen Bodenproben gewonnenen Verteilung. Das Uran steht aufgrund seiner höheren Löslichkeit nicht im Gleichgewicht mit dem Ra-226. Eine Konzentrationserhöhung in der obersten Bodenschicht wäre ein eindeutiger Hinweis auf

Staubeintrag vom Grubengelände gewesen, was offensichtlich nicht der Fall ist. Ebenso wurde keine signifikante Erhöhung des Pb-210 Gehaltes gefunden, was auf eine längeranhaltende Beaufschlagung mit Radonfolgeprodukten, etwa aus der Abluft, hingewiesen hätte. Beide Phänomene wurden von uns im Bereich einer anderen Urangrube deutlich beobachtet. Die leichte Pb-210 Anreicherung im 2-4 cm - Bereich ist auf die Rückhaltung des aus dem Unterboden aufsteigenden Radons am feuchten  $\Lambda_1/\Lambda_2$ -Horizont zurückzuführen.

Da für eine genauere Ausbreitungsrechnung eine Quelltermbestimmung unerlässlich ist, wurden in der Grubenabluf und auf dem Grubengelände detaillierte Messungen durchgeführt. Die passive Radondosimetrie hat zwar den Vorteil, daß sie über einen längeren Zeitraum integriert und damit einen zuverlässigen Mittelwert liefert, aber über die kurzfristigen Schwankungen, deren Kenntnis bei der Durchführung von Ausbreitungsrechnungen notwendig ist, z. B. für die Zuordnung von Wetterlagen, kann die integrierende Passivdosimetrie nichts aussagen.

Die langjährigen Messungen haben deutlich gemacht, daß zwei Quellterme für die Radonemission verantwortlich sind: Auf der einen Seite die praktisch kontinuierlich laufende Bewetterung der Grube und andererseits die Exhalation der Betriebs- und Nebengesteinshalden auf dem Grubengelände und in seiner unmittelbaren Nähe während frostfreier Trockenperioden. Abb. 6/24 zeigt den Tagesgang, der an Aerosole gebundenen  $\alpha$ -Aktivität auf dem Grubengelände. Dieser Verlauf ist typisch für das Radon- bzw. Tochterproduktverhalten und die hier gefundene Schwankungsbreite vom Faktor 4 ist nicht außergewöhnlich.

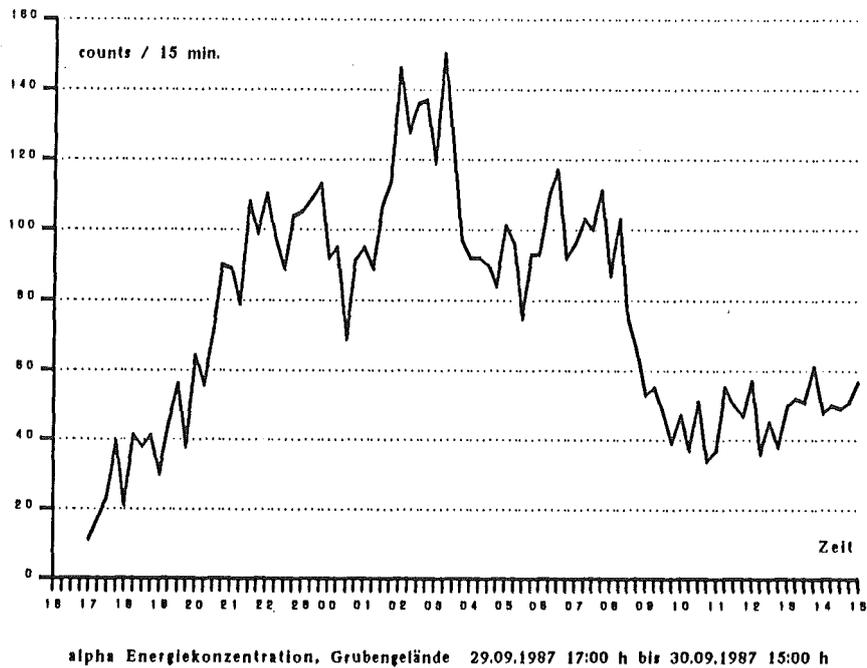


Abb. 6/24: Tagesgang der  $\alpha$ -Aerosolaktivität auf dem Grubengelände

Unerwartet war das Meßergebnis aus der ersten kontinuierlichen Aufzeichnung der  $\alpha$ -Aerosolaktivität von unter Tage. Während der normalen Grubenarbeit in zwei Schichten schwankt die Aktivität von Po-214 und Po-218 im Abwetterstrom um den Faktor 3, während die Zurücknahme der Lüfterleistung nur eine ca. 40 %ige Erhöhung bedeutete. Die Schwankungen sind zeitlich nicht korreliert mit den Übertageergebnissen (s. Abb. 6/24).

Die Meßergebnisse werden Gegenstand weiterer Untersuchungen sein, da sie nicht nur für die Emission von Bedeutung sind, sondern vor allem den Strahlenschutz der Beschäftigten betreffen. Der Kurvenverlauf zeigt einmal mehr, wie wenig sinnvoll die durchaus gängige Berechnung der Strahlenbelastung ist, die mit Hilfe von momentanen Einzelbestimmungen multipliziert mit der Aufenthaltsdauer vor Ort durchgeführt wird.

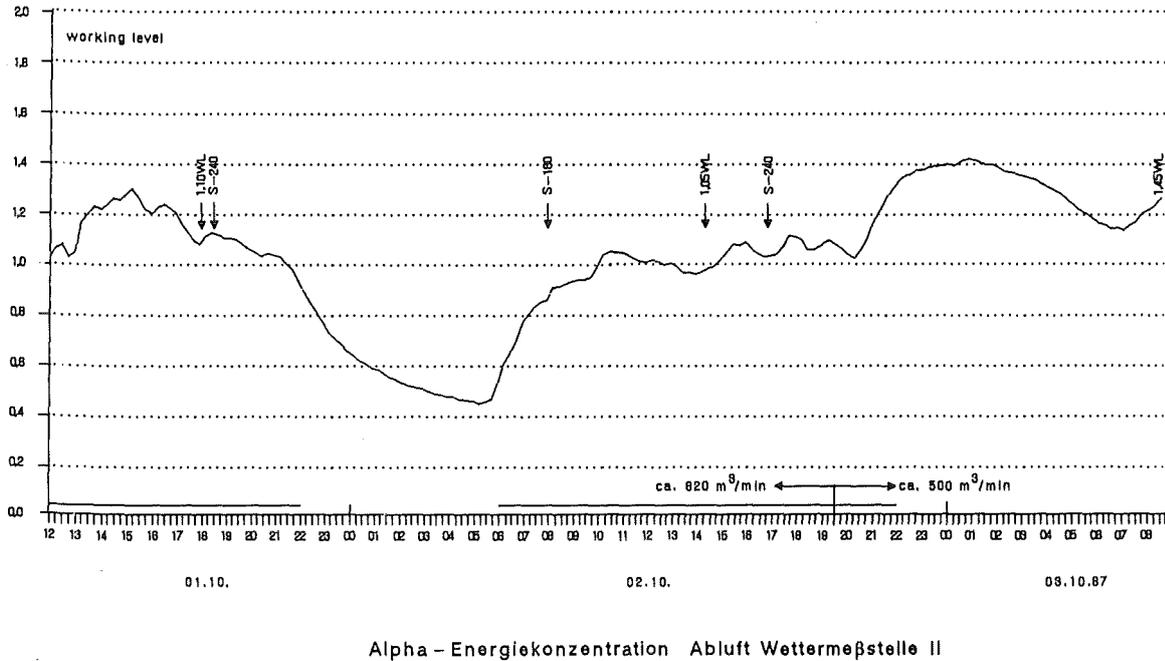


Abb. 6/25: Kontinuierliche Bestimmung der Abluftaktivität in der Grube Krunkelbach (S ≡ Abschlag, WL ≡ Einzelbestimmung mit einem Vergleichsgerät)

#### 6.4.2 EG-Vergleichsmessung von Radondosimetern

N. Gilles, S. Bellaire

Die Strahlenbelastung der Bevölkerung teilt sich in zwei Kategorien: die natürliche Strahlenexposition (z. B. terrestrische und kosmische Strahlung) und die zivilisatorische Strahlenexposition (Medizin, Technik). Den größten Beitrag zur natürlichen Strahlenexposition liefert das Edelgas Radon, das erst in letzter Zeit ins öffentliche Interesse kam. Radon ist ein in der Natur vorkommendes Gas, das hauptsächlich beim Zerfall von Ra-226- in der U-238-Zerfallsreihe entsteht und aus dem Boden und den zum Hausbau verwendeten Baustoffen emaniert. Dies wurde zum Problem, als die Isolation der Fenster verbessert wurde, wodurch der natürliche Luftaustausch herabgesetzt und die Radonkonzentration im Wohnraum erhöht wurde. Radon und dessen Zerfallsprodukte führen über die Atemwege zu einer Inhalationsdosis.

Das von der amtlichen Meßstelle angebotene Radondosimeter wird hauptsächlich zur Ermittlung der mittleren Radonaktivitätskonzentration in Wohnräumen sowie im Bergbau, speziell im Uran-explorationsabbau zur Personen- und Ortsdosimetrie eingesetzt. Als Detektoren werden Polykarbonat-Kernspurdetektoren verwendet. Sie befinden sich in einer Diffusionskammer, in welche Radon durch ein Filter diffundiert. Die durch radioaktiven Zerfall entstandenen Alphateilchen werden in der Detektoroberfläche registriert und nach einem elektrochemischen Ätzverfahren als Kernspuren sichtbar gemacht. Die Spurendichte ist ein Maß für die mittlere Radon-Aktivitätskonzentration bezogen auf die Expositionsdauer.

Zur Qualitätssicherung sowie zum Vergleich mit anderen Meßmethoden nahm die Meßstelle 1987 an der 3. Europäischen Vergleichsmessung aktiver und passiver Meßsysteme für Radon und Radonfolgeprodukte im National Radiological Protection Board (NRPB) in Großbritannien teil. Hierzu wurden jeweils 45 Radondosimeter einer Bauart zusammen mit einem technischen „Steckbrief“ zur Bestrahlung eingesandt. Zum Einsatz kamen zwei verschiedene Radondosimeter, die Diffusionskammer vom Typ A und vom Typ F. Typ F stellt eine Weiterentwicklung insbesondere im Hinblick auf die Einsatzmöglichkeiten im Bergbau und der Personendosimetrie dar. Im Vergleich zu dem älteren Radondosimeter führt das geringere Kammervolumen und die kleinere Filteroberfläche zu einer Reduzierung der Untergrundspuren um einen Faktor 2. Zur Herabsetzung einer unerwünschten Exposition während des Transportes wurden die Radondosimeter in aluminiumbedampfte Poly-äthylenbeutel eingeschweißt.

Von NRPB wurden jeweils zehn Dosimeter unter vier verschiedenen Expositionsbedingungen bestrahlt, fünf Dosimeter blieben zur Bestimmung der Transportdosis unbestrahlt. Die erste Exposition erfolgte in einem Wohnhaus über einen Zeitraum von 63 Tagen. Die Radonexposition ergab sich aus Aktivmessungen zu  $197 \text{ kBq}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3}$ . Die relative Luftfeuchte schwankte zwischen 63 - 96 %, die Temperatur lag im Bereich 18 - 26 °C. Durch Stichprobenmessungen der Radonfolgeprodukte wurde ein Gleichgewichtsfaktor von etwa 0,44 ermittelt, was einer Aktivitätskonzentration von  $87 \text{ kBq}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3}$  Rn entspricht.

Alle weiteren Expositionen wurden in einer hermetisch abgeschlossenen  $43 \text{ m}^3$  großen Simulationskammer durchgeführt. Hier können verschieden hohe Radonkonzentrationen durch Ausblasen von Rn-222 aus einer Ra-226-Lösung oder durch Verwendung einer geschlossenen  $0,2 \text{ m}^3$  großen Ra-226-Quelle erreicht werden. Der Gleichgewichtsfaktor zwischen Radon und Radonfolgeprodukten kann durch eine höhere Aerosolkonzentration gesteigert bzw. durch einen elektrostatischen Abscheider verringert werden.

Für die zweite Exposition (3 h 25 min bei 40 % relativer Luftfeuchte und 23,5 bis 25,5 °C) wurde mit Lukaszellen eine Radonexposition von  $37 \text{ kBq}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3}$  ermittelt. Der Gleichgewichtsfaktor lag bei 0,24. Das dritte (vierte) Experiment dauerte 16 h 15 min bei 46 % relativer Luftfeuchte und 28 °C (163 h bei 48 - 63 % relativer Luftfeuchte und 23,5 - 28 °C) und führte zu einer Radonexposition von  $208 \text{ kBq}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3}$  ( $2120 \text{ kBq}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3}$ ) bei einem Gleichgewichtsfaktor von 0,37 (0,88).

Die KfK-Ergebnisse der Vergleichsbestrahlung sind im Vergleich zu den anderen Systemen in Abb. 6/26 dargestellt und laufen hier unter Nr. 4 (Typ A) und Nr. 5 (Typ F). Auch im Vergleich zu anderen Systemen zeigen die KfK-Radondosimeter eine gute Übereinstimmung mit den von NRPB angegebenen Referenzwerten.

Jährliche Vergleichsbestrahlungen geben nützliche Hinweise auf die Meßgenauigkeit des eigenen Systems im Vergleich zu anderen Systemen. Durch modifizierte Umgebungsbedingungen können außerdem die Einflüsse einzelner Einflußgrößen besser erfaßt werden. Die Planung des NRPB geht dahin, künftig des öfteren weniger umfangreiche Vergleichsbestrahlungen durchzuführen, um einen ständigen Kalibriervergleich zu haben.

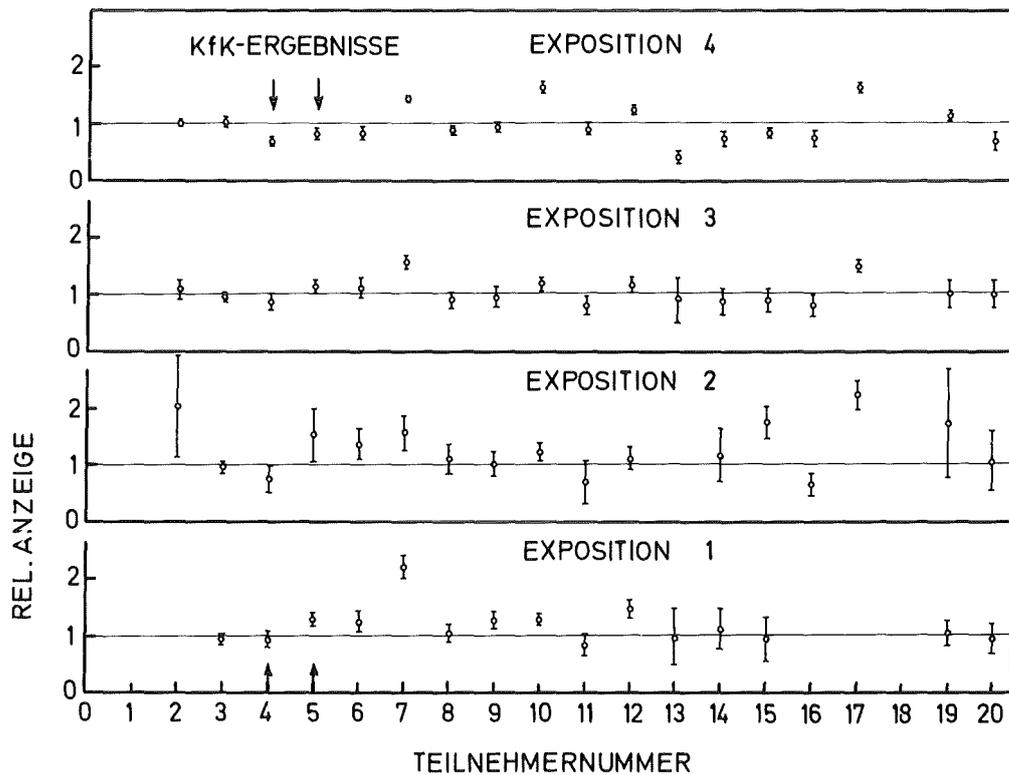


Abb. 6/26: Ergebnisse des 3. Europäischen Meßvergleichs von Meßsystemen zum Nachweis von Radon und Radonfolgeprodukten in NRPB.

## 6.5 Inkorporationsmessung

### 6.5.1 Routine- und Sondermessungen

U. Mohr, H. Doerfel

Alle Mitarbeiter von KfK, KBG, WAK und TU, die mit offenen radioaktiven Stoffen oberhalb einer bestimmten Grenzmenge umgehen, werden routinemäßig auf inkorporierte Radionuklide untersucht. Die Grenzmenge richtet sich sowohl nach der Art der gehandhabten Radionuklide als auch nach dem Inkorporationsrisiko beim Umgang. Die Häufigkeit der Untersuchungen richtet sich in erster Linie ebenfalls nach dem Inkorporationsrisiko und in zweiter Linie auch nach der effektiven Halbwertszeit der Radionuklide im Körper. So genügt bei schwerflüchtigen und langlebigen Stoffen eine Inkorporationsmessung pro Jahr, während bei leichtflüchtigen und kurzlebigen Stoffen bis zu zwölf Routinemessungen erforderlich sein können. Ergeben sich beim Umgang mit radioaktiven Stoffen konkrete Hinweise auf eine mögliche Inkorporation, so werden zusätzlich zu den Routinemessungen sofortige Sondermessungen durchgeführt.

Die Messungen werden mit dem Ganzkörperzähler sowie mit dem Teilkörperzähler von H/S/D durchgeführt. Mit dem Ganzkörperzähler können in erster Linie Spalt- und Aktivierungsprodukte nachgewiesen werden, während der Teilkörperzähler hauptsächlich zum Nachweis von Aktiniden in der Lunge sowie in der Leber und im Skelett dient.

Die Tab. 6/11 vermittelt einen Überblick über die mit dem Ganzkörperzähler für die verschiedenen Überwachungsbereiche durchgeführten Inkorporationsmessungen. Die Zahl der Routinemessungen hat sich gegenüber dem Vorjahr um etwa 8 % erhöht, während die Zahl der Messungen aus besonderem Anlaß leicht zurückging. Bedingt durch den Reaktorunfall von Tschernobyl wiesen alle untersuchten Personen eine deutlich erhöhte Cäsium-Körperaktivität auf. Dies führte zu einer signifikanten Erhöhung der unteren Nachweisgrenze für alle im Rahmen der beruflichen Tätigkeit zugeführten Radionuklide. Besondere Schwierigkeiten bereitet die Abschätzung der beruflich bedingten Zufuhr von Cs-137. Schließt man eine beruflich bedingte Zufuhr von Cs-134 aus, so kann man anhand des bekannten Aktivitätsverhältnisses der in Tschernobyl freigesetzten Cäsium-Isotope die beruflich bedingte Körperaktivität von Cs-137 abschätzen. Dies führte in keinem Fall zu einem positiven Befund. Die in Tab. 6/11 aufgeführten Messungen mit positivem Befund beziehen sich daher nicht auf Cs-137 oder Cs-134, sondern ausschließlich auf andere Nuklide. Die Tab. 6/12 vermittelt einen Überblick über die bei den Messungen festgestellten Aktivitäten, bezogen auf die maximal zulässige Körperaktivität bei Dauerbelastung (MPBB).

Bedingt durch die erhöhte Cäsium-Körperaktivität hat sich die untere Nachweisgrenze des Phoswich-Teilkörperzählers für die Aktiniden im allgemeinen und für Plutonium im besonderen soweit erhöht, daß die routinemäßige Inkorporationsüberwachung mit dem Teilkörperzähler nicht mehr sinnvoll erschien. Aus diesem Grund wurde die routinemäßige Inkorporationsüberwachung für Alpha-Strahler 1987 ausschließlich mit Hilfe von Ausscheidungsmessungen durchgeführt. Im Teilkörperzähler wurden im Rahmen der Eigenüberwachung lediglich einige Messungen aus besonderen Anlässen durchgeführt, die allerdings in keinem Fall einen positiven Befund lieferten (Tab. 6/13).

Außer den in den Tabn. 6/11 und 6/13 aufgeführten Routine- und Sondermessungen wurden zahlreiche weitere Messungen durchgeführt. So wurden im Ganzkörperzähler 343 Referenzmessungen zur Bestimmung der Cäsium-Körperaktivität in der Karlsruher Referenzgruppe (Kap. 6.5.2) und 216

Überwachungsbereich	Anzahl der überwachten Mitarbeiter	Routinemäßige Inkorporationsmessungen		Inkorporationsmessungen aus besonderem Anlaß	
		Gesamtanzahl der Messungen	Anzahl der Messungen mit positivem Befund	Gesamtanzahl der Messungen	Anzahl der Messungen mit positivem Befund
HDB	399	536	3	6	0
HS	4	4	0	1	1
HS/ASS	1	2	0	0	0
HS/Ü	17	34	0	1	0
IGT	2	2	0	1	0
IHCH	21	27	2	2	0
IMF I	2	2	0	0	0
IMF II	8	8	0	0	0
INE	16	16	0	0	0
INFP	1	1	0	0	0
IRCH	5	6	0	1	0
IT	7	12	0	0	0
KTB	4	6	2	0	0
KTB-BI	36	55	0	0	0
KTB-EA	1	0	0	1	1
KTB-IIZ	42	49	0	2	0
KTB-SN	1	1	1	0	0
LAF II	11	21	3	0	0
LIT	22	22	0	0	0
VBW	15	17	0	0	0
VBW-BW	14	18	3	0	0
VBW-E	1	1	0	0	0
ZYKL.	3	1	0	2	2
KNK	137	144	0	0	0
MZFR	91	130	28	1	1
PHDR	5	6	0	0	0
TU	36	36	0	1	0
WAK	453	850	14	7	1
Sonst.	37	48	2	3	3
Gesamt	1392	2055	86	29	9

Tab. 6/11: Ergebnisse der Inkorporationsüberwachung im Ganzkörperzähler (ohne Cäsium-Inkorporationen)

Referenzmessungen zur Bestimmung der regionalen Verteilung der Cäsium-Körperaktivität in der Bevölkerung von Baden-Württemberg durchgeführt. Weitere 182 Messungen galten der Bestimmung der Wirkung von „Berliner Blau“ auf die Cäsium-Resorption im Rahmen einer IGT-Studie.

Ein ganz erheblicher Anteil der Meßkapazität wurde durch Inkorporationsmessungen im Zusammenhang mit einer Am-241-Kontamination in einem externen Forschungslabor in Anspruch genommen. Zur näheren Untersuchung der Auswirkungen dieser Kontamination wurden insgesamt 152 Messungen mit dem Ganzkörperzähler und 248 Messungen mit dem Teilkörperzähler durchgeführt. Der Zeitaufwand für diese Messungen war etwa genauso groß wie der gesamte Zeitaufwand für alle übrigen Inkorporationsmessungen.

Inkorporiertes Nuklid	Anzahl der Inkorporationen				
	0 - 0,099 % MPBB	0,1 - 0,99 MPBB	1 - 9,9 % MPBB	10 - 99 % MPBB	100-300 % MPBB
Co-60	61	22	3	-	-
Co-58	-	-	1	-	-
I-131	-	1	3	-	-
I-123	-	-	2	-	-
Tc-99 m	-	2 <sup>1)</sup>	-	-	-
Cr-51	1	-	-	-	-
Fe-59	-	-	-	1 <sup>1)</sup>	1 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Nuklearmedizinischer Test,

Tab.6/12: Übersicht über die im Ganzkörperzähler nachgewiesenen Inkorporationen in Prozenten der maximal zulässigen Körperbelastung (MPBB)

Institut	Anzahl Personen	Messungen aus besonderem Anlaß	
		Anzahl Messungen	Messungen mit Befund
IIDB	3	3	0
IIS/Ü	1	1	0
IGT	1	1	0
IICH	2	2	0
IRCH	1	1	0
KTB-IIZ	2	2	0
TU	1	1	0
WAK	4	4	0
Gesamt	15	15	0

Tab. 6/13: Ergebnisse der Inkorporationsüberwachung im Teilkörperzähler

6.5.2 Cs-137-Referenzmessungen

U. Mohr, A. Zieger

Seit 1961 werden im Ganzkörperzähler von HS/D monatliche Referenzmessungen zur Bestimmung der Cs-137-Körperaktivität in der Bevölkerung aus dem Raum Karlsruhe vorgenommen. Die Erhebungsmessungen werden an einer Referenzgruppe durchgeführt, die aus nicht strahlenexponierten HS-Mitarbeitern sowie aus einigen Familienangehörigen besteht. Zur Zeit umfaßt die Referenzgruppe etwa 20 Erwachsene und 14 Kinder.

Jahr	Mittlere spezifische Cs-137-Körperaktivität in Bq/kg			
	1. Quartal	2. Quartal	3. Quartal	4. Quartal
1961	-	1,61	1,66	1,50
1962	1,57	1,70	1,37	1,92
1963	3,27	4,08	6,94	8,28
1964	10,13	10,09	10,29	9,36
1965	8,41	7,34	6,60	6,22
1966	5,61	5,29	5,74	5,35
1967	4,55	3,60	2,78	3,02
1968	2,26	1,57	1,76	1,91
1969	0,96	1,08	1,17	1,23
1970	1,14	1,02	1,05	1,06
1971	0,91	0,88	1,04	1,12
1972	1,24	1,02	1,05	1,05
1973	0,91	0,79	0,71	0,69
1974	0,48	0,73	0,76	0,75
1975	1,04	0,97	0,89	0,75
1976	0,84	0,69	0,57	0,39
1977	0,28	0,34	0,27	0,39
1978	0,31	-	-	-
1979	-	-	0,28	0,36
1980	0,84	0,81	0,70	0,71
1981	0,35	0,40	-	0,40
1982	0,31	0,29	0,32	0,27
1983	0,38	0,38	0,38	0,34
1984	0,34	0,34	0,39	0,34
1985	0,46	0,26	0,41	0,67
1986	0,53	1,13	5,04	6,12
1987	6,57	7,92	8,13	6,35

Tab. 6/14: Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität in der Karlsruher Referenzgruppe von 1961 bis 1987 (Erwachsene)

Die Tab. 6/14 vermittelt zunächst einen Überblick über die Ergebnisse der seit 1961 durchgeführten Referenzmessungen. Es handelt sich dabei um Quartalsmittelwerte der spezifischen Körperaktivität der erwachsenen Mitglieder der Referenzgruppe. Vor dem ersten Quartal von 1986 war die Cs-137-

Körperaktivität ausschließlich auf den Fallout der oberirdischen Kernwaffentests zurückzuführen, danach vor allem auf den Reaktorunfall von Tschernobyl [16]. Wie der Tab. 6/14 zu entnehmen ist, wurde der Maximalwert der spezifischen Körperaktivität vom dritten Quartal 1964 nach dem Unfall von Tschernobyl nicht mehr erreicht. Zur näheren Information sind in Tab. 6/15 die Monatsmittelwerte der spezifischen Körperaktivität der Erwachsenen und der Kinder der Referenzgruppe für 1987 aufgeführt. Die Abb. 6/27 zeigt die entsprechenden Werte für den gesamten Zeitraum seit April 1986 im Vergleich zu dem Maximalwert aus dem Jahre 1964.

Monat	Mittlere spezifische Körperaktivität in Bq/kg	
	Erwachsene	Kinder
Januar	6,23	5,41
Februar	6,71	7,00
März	6,77	7,45
April	7,50	7,28
Mai	8,07	8,89
Juni	8,18	8,89
Juli	9,05	7,50
August	7,82	6,09
September	7,52	4,84
Oktober	6,34	4,95
November	6,65	4,48
Dezember	6,07	4,39

Tab. 6/15: Monatsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität in der Karlsruher Referenzgruppe für 1987 (Erwachsene und Kinder)

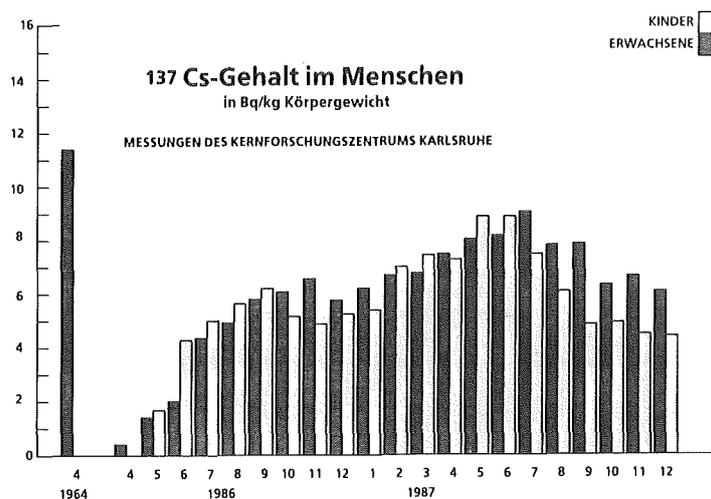


Abb. 6/27: Monatsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität in der Karlsruher Referenzgruppe seit April 1986 im Vergleich zum Maximalwert aus dem Jahre 1964

Nachdem im Herbst 1986 ein erstes vorläufiges Maximum der Cäsium-Körperaktivität beobachtet wurde, stiegen die Monatsmittelwerte seit Januar 1987 nochmals an und durchliefen ein Hauptmaximum in der Jahresmitte 1987. Die Maximalwerte lagen bei 9,05 Bq/kg für die Erwachsenen bzw. bei 8,89 Bq/kg für die Kinder und damit rund 10 % unter dem Maximalwert aus dem Jahr 1964. Seit der Jahresmitte 1987 wird ein Rückgang der Cäsium-Körperaktivität beobachtet, der bei den Kindern infolge der kürzeren biologischen Halbwertszeit zunächst sehr viel stärker ausgeprägt ist als bei den Erwachsenen. Seit Oktober 1987 stagniert der Rückgang, was auf eine vermehrte Aktivitätszufuhr rückschließen läßt. Hier zeigt sich qualitativ eine große Ähnlichkeit mit dem Aktivitätsverlauf am Ende des Vorjahres.

### 6.5.3 Zur Abhängigkeit des Cs-137-Kernwaffen-Fallouts von der geographischen Breite

A. Zieger, H. Doerfel

Die Strahlenexposition der Bevölkerung durch den radioaktiven Fallout der oberirdischen Kernwaffentests wird im wesentlichen von den beiden Nukliden Cs-137 und Sr-90 bestimmt. Nach den Veröffentlichungen der Vereinten Nationen (UNSCEAR) besteht zwischen diesen beiden Nukliden global ein nahezu konstantes Aktivitätsverhältnis von 1,6. Demnach sollte die Cs-137-Deposition die gleiche Breitenabhängigkeit haben wie die Sr-90-Deposition, die ihrerseits ein Maximum zwischen dem 40. und 50. nördlichen Breitengrad aufweist. Um dies zu verifizieren, wurde im Rahmen einer Studienarbeit das vorhandene Datenmaterial über den Cs-137-Kernwaffen-Fallout gesammelt und speziell in Hinblick auf die Breitenabhängigkeit untersucht.

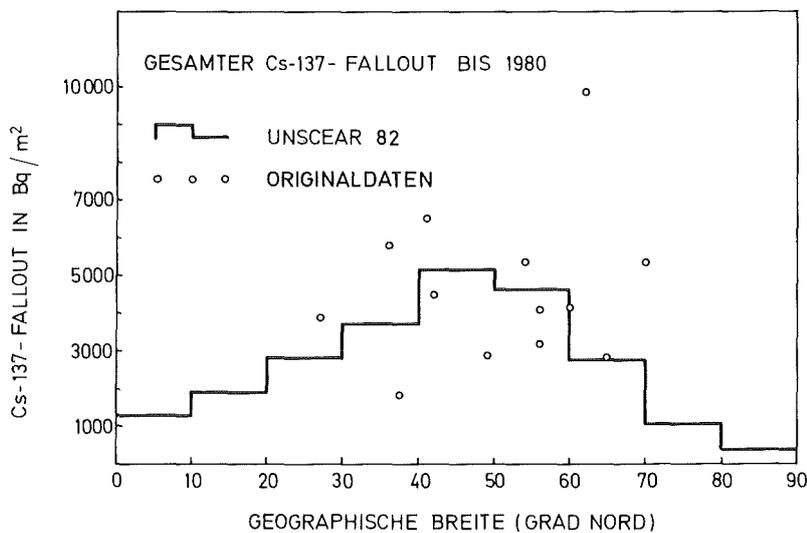


Abb. 6/28: Integrierter Cs-137-Fallout bis 1980 in Abhängigkeit von der geographischen Breite nach UNSCEAR und aufgrund von Originaldaten

Im UNSCEAR-Bericht von 1982 ist der integrierte Sr-90-Fallout bis 1980 für Intervalle von jeweils zehn Breitengraden angegeben. Multipliziert man diese Werte mit dem Faktor 1,6, so erhält man die in Abb. 6/28 als Treppenkurve angegebene Breitenabhängigkeit des integrierten Cs-137-Fallouts. Bei Sichtung der von UNSCEAR zitierten Veröffentlichungen sowie von anderen bei UNSCEAR nicht berücksichtigten Publikationen fällt auf, daß die tatsächlichen Fallout-Daten zum Teil erheblich von dieser Treppenkurve abweichen. Die Abb. 6/28 zeigt alle aus der Originalliteratur ermittelten Werte

des integrierten Cs-137-Fallouts. In einigen Publikationen ist der Cs-137-Fallout nicht über den gesamten Zeitraum bis 1980 dokumentiert. In diesen Fällen wurden die angegebenen Fallout-Werte auf die Spaltausbeute (Fission yield) der Kernwaffentests in dem jeweiligen Zeitraum bezogen und dann auf den Gesamtzeitraum bis 1980 umgerechnet. Es zeigt sich, daß der Fallout in Tromsö und auf den Färöer Inseln wesentlich und in New York, Tampa und Tokio geringfügig über den UNSCEAR-Werten liegt. Für Chicago, Großbritannien, Dänemark, Finnland und Leningrad ergibt sich eine relativ gute Übereinstimmung, während die Fallout-Werte von San-Francisco, Karlsruhe und Moskau zum Teil erheblich unter den UNSCEAR-Werten liegen. Generell zeigt sich, daß der Fallout in regenreichen Gebieten wesentlich größer ist als in regenarmen Gebieten. Dies ist auch zu erwarten, da es sich beim Cs-137-Fallout im wesentlichen um eine Feuchtdeposition handelt. Zur Neutralisierung der klimatischen Einflüsse auf die Breitenabhängigkeit wurden die Fallout-Werte auf den Niederschlag in den jeweiligen Gebieten normiert. Dabei ergab sich ein nahezu linearer Zusammenhang zwischen dem integrierten Cs-137-Fallout und der geographischen Breite (Abb. 6/29). Der Zusammenhang kann in guter Näherung durch die Gleichung  $F/N = 0,06 B + 1,67$  beschrieben werden, wobei F der Niederschlag in  $Bq/m^2$ , N der mittlere jährliche Niederschlag in  $mm/a$  und B der Breitengrad ist. Der Regressionskoeffizient liegt bei 0,81. Ein zwischen dem 40. und 50. Breitengrad liegendes Maximum des Fallout ist hier nicht zu erkennen.

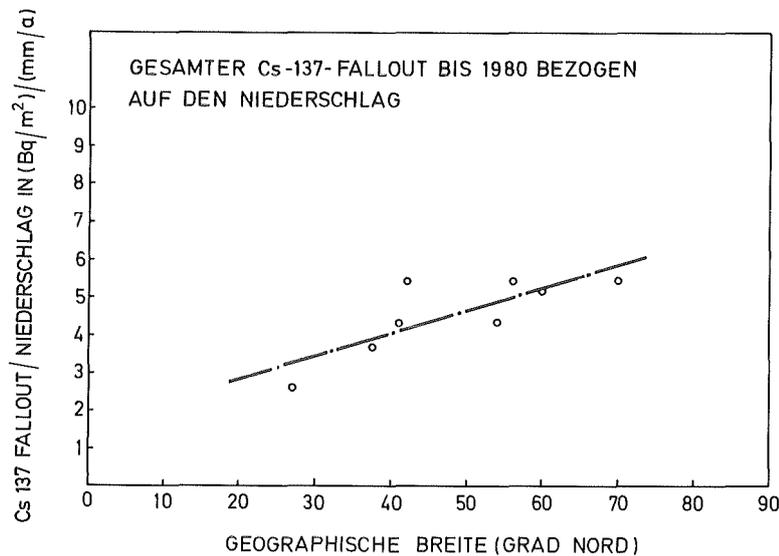


Abb. 6/29: Integrierter Cs-137-Fallout bis 1980 bezogen auf den mittleren jährlichen Niederschlag in der jeweiligen Region aufgrund von Originaldaten

Zur weiteren Untersuchung der Zusammenhänge wurden zwei Zeitperioden herausgegriffen, in denen der Cs-137-Fallout relativ hoch war und für die ein relativ umfangreiches Datenmaterial vorliegt. Es handelt sich hierbei um die zweite Hälfte der fünfziger Jahre sowie um die erste Hälfte der sechziger Jahre. Wie aus den Abb. 6/30 und 6/31 hervorgeht, besteht auch in diesen beiden Zeitperioden jeweils ein linearer Zusammenhang zwischen dem Cs-137-Fallout und der geographischen Breite. In den sechziger Jahren ist das Nord-Süd-Gefälle des Fallout stärker ausgeprägt als in den fünfziger Jahren. Dies erklärt sich aus der Lage der Testgebiete der USA und der UdSSR. Die Testgebiete der USA liegen in der Wüste von Nevada und Arizona zwischen dem 30. und dem 40. Breitengrad, während Nowaja Semlja, das Testgebiet der UdSSR, im hohen Norden zwischen dem 70. und dem 80. Breitengrad liegt. In den fünfziger Jahren war die Spaltausbeute der USA-Tests etwa doppelt so hoch wie die der UdSSR-Tests, während in den sechziger Jahren die Spaltausbeute der UdSSR-Tests etwa fünfmal so groß war wie die der USA-Tests. Hieraus läßt sich das unterschiedliche Nord-Süd-Gefälle des Fallouts zumindest qualitativ erklären.

Zusammenfassend kann man feststellen, daß die in den UNSCEAR-Berichten angegebene Breitenabhängigkeit des Sr-90-Fallouts nicht auf den Cs-137-Fallout übertragen werden kann. Der Cs-137-Fallout hat weder in einzelnen Zeitperioden noch im gesamten Zeitraum bis 1980 ein Maximum zwischen dem 40. und dem 50. Breitengrad. Er zeigt vielmehr in allen betrachteten Zeitperioden ein stetiges Nord-Süd-Gefälle.

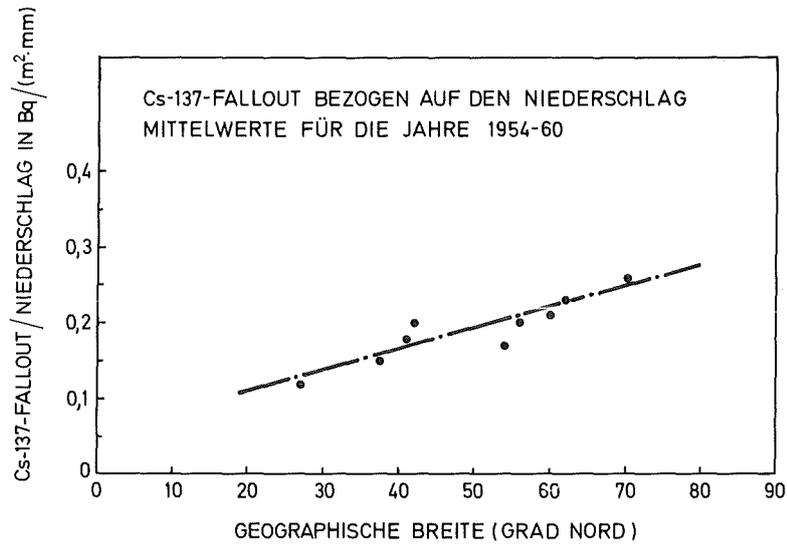


Abb. 6/30: Mittelwerte des jährlichen Cs-137-Fallout, bezogen auf den Niederschlag für die Jahre von 1954 bis 1960

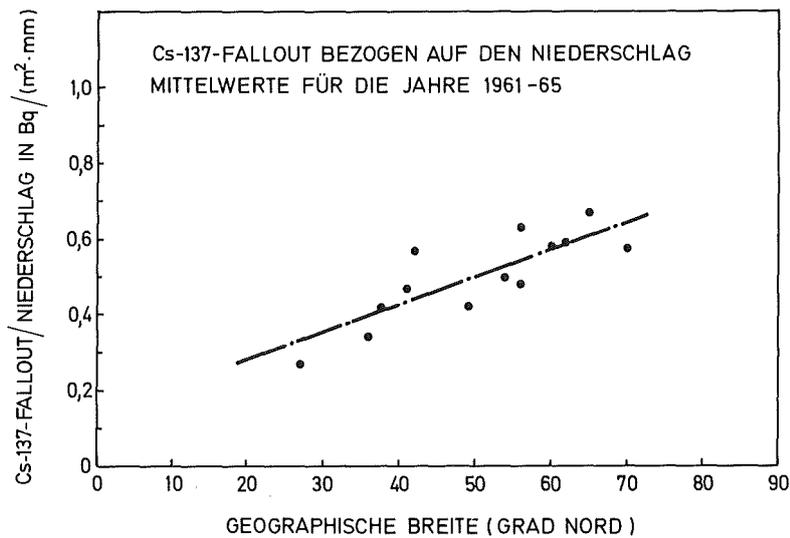


Abb. 6/31: Mittelwerte des jährlichen Cs-137-Fallout, bezogen auf den Niederschlag für die Jahre von 1961 bis 1965

#### 6.5.4 Kalibrierung des Phoswich-Teilkörperzählers für Am-241 im Skelett

H. Doerfel, U. Mohr, A. Zieger

Bei Inkorporationen von Am-241 ist das Skelett sowohl aus radiologischer als auch aus meßtechnischer Sicht von besonderer Bedeutung. Die radiologische Bedeutung ergibt sich aus dem Stoffwechsel von Americium. Nach den Stoffwechselmodellen der Internationalen Strahlenschutzkommission wird ein großer Teil der von den Körperflüssigkeiten aufgenommenen Am-241-Aktivität in der Leber und im Skelett deponiert. Es handelt sich hierbei um sehr langfristige Depositionen mit biologischen Halbwertszeiten zwischen 20 und 40 Jahren in der Leber bzw. 50 und 100 Jahren im Skelett. Die Skelettdeposition beschränkt sich zunächst auf die Knochenoberfläche, so daß dort wegen der geringen Reichweite der Alpha-Strahlung lokal eine relativ hohe Äquivalentdosis auftritt. So führt eine inhalationsbedingte Zufuhr von 1 Bq Am-241 bereits zu einer Folgeäquivalentdosis von 2,5 mSv in der Knochenoberfläche, während in der Leber nur mit 0,55 mSv und in den übrigen Organen und Geweben mit noch geringeren Dosiswerten gerechnet wird. Aus diesem Grund ist bei Am-241 wie auch bei den meisten anderen Alpha-Strahlern die Knochenoberfläche das dosisbestimmende Körpergewebe.

Die In-vivo-Messung von Am-241 erfolgt im allgemeinen über den Nachweis der Gamma-Strahlung bei 60 keV, da diese Strahlung sowohl die höchste Quellstärke als auch das höchste Durchdringungsvermögen aufweist. Hier kommt der Skelettdeposition eine besondere Bedeutung zu, da dieses Depot sowohl bei der Lungenmessung als auch bei der Lebermessung einen signifikanten Beitrag zum Meßwert liefern kann. Zur genaueren Bestimmung der Lungenaktivität wie auch der Leberaktivität müssen daher die Kalibrierfaktoren für die jeweiligen Skelettdepositionen genau bekannt sein.

Zur Bestimmung der Kalibrierfaktoren für die Skelettdepositionen sind anthropomorphe Phantome erforderlich, die sowohl hinsichtlich der Aktivitätsverteilung als auch hinsichtlich der Strahlenabsorption repräsentativ für den Menschen sind. Die Arbeitsgruppe von Dr. Norman Cohen am Institute of Environmental Medicine des New York University Medical Center hat mehrere solcher Phantome gebaut und war freundlicherweise bereit, einige davon an IIS/D auszuleihen. Es handelt sich dabei um zwei Schädelphantome, ein Thoraxphantom und ein Kniephantom. Eines der beiden Schädelphantome ist an der äußeren Knochenoberfläche gleichmäßig mit 383 Bq Am-241 und das andere an der inneren Knochenoberfläche gleichmäßig mit 361 Bq Am-241 belegt. Das Thoraxphantom umfaßt die Hals- und die Thoraxwirbelsäule, die Rippen, die Schlüsselbeinknochen, das Brustbein und die Schulterblätter. Es ist an der gesamten Knochenoberfläche gleichmäßig mit 33,9 kBq Am-241 belegt. Das Kniephantom, das außer dem Kniegelenk auch die untere Hälfte des Oberschenkelknochens und die obere Hälfte des Unterschenkelknochens umfaßt, ist an der gesamten Knochenoberfläche gleichmäßig mit 485 Bq Am-241 belegt.

Die Kalibriermessungen wurden in vier Meßpositionen durchgeführt, wobei die beiden Phoswich-Detektoren symmetrisch zur Medianebene des Körpers über dem Schädel bzw. über der Lunge, der Leber und den Knien angeordnet sind. In jeder dieser Meßpositionen wurden die Kalibrierfaktoren für alle Phantome bestimmt. Die Ergebnisse dieser Messungen sind in Tab. 6/16 aufgeführt. Um eine Zuordnung der Kalibrierfaktoren zu den verschiedenen Skelett-Komponenten bzw. eine Abschätzung der Kalibrierfaktoren für die von den Phantomen nicht erfaßten Regionen zu ermöglichen, sind im linken Teil der Tab. 6/16 alle relevanten Skelett-Komponenten im einzelnen aufgeführt. Außerdem sind dort die jeweiligen prozentualen Aktivitätsanteile für eine fortgeschrittene Am-241-Deposition im Skelett angeführt. Diese Werte basieren auf radiochemischen Untersuchungen des Skeletts eines verstorbenen amerikanischen Wissenschaftlers, der etwa 25 Jahre vor seinem Tod Am-241 inkorporiert hatte. Die aus den Phantom-Messungen ermittelten Kalibrierfaktoren sind im rechten Teil von

Skelett-Komponente mit prozentualem Aktivitätsanteil <sup>1)</sup>	Wirkungsgrad in Imp/(Bq·3000 s) bei Messung über			
	Schädel	Lunge <sup>2)</sup>	Leber <sup>2)</sup>	Knie
Schädel <sup>3)</sup>	14,1	148	5,5	-
Hals- u. Thoraxwirbelsäule	5,9			
Schlüssel- u. Brustbein	0,9	10,5	33,3	10,9
Schulterblätter	2,4			0,8
Rippen incl. Knorpel	5,6			
Lendenwirbelsäule	3,2			
Kreuzbein	1,7	-	(10)	(30)
Becken	7,1			(3)
Oberarmknochen	6,1	(5)	(16)	(5)
Unterarmknochen	3,6			
Handknochen	3,4	-	(5)	(16)
oberer Oberschenkelknochen	11,1			(3)
Unterer Oberschenkelknochen	11,1			
Kniescheibe	0,9	-	-	-
oberer Unterschenkelknochen	7,1			194
unterer Unterschenkelknochen	7,1			
Fußknochen	8,7	-	-	(3)
Gesamtskelett		22,7	8,8	8,4
				38,5

1) bezogen auf eine gemessene Am-241-Aktivitätsverteilung (Health Phys., Vol. 49, No. 4, 1985)

2) bezogen auf eine Brustwandstärke von 34 mm (Overlay B2 des Livermore-Pantoms)

3) einschließlich Unterkiefer, Zähne und Zungenbein

Tab. 6/16: Kalibrierfaktoren für Am-241-Depositionen im Skelett

Tab. 6/16 angegeben. Die eingeklammerten Kalibrierfaktoren wurden aufgrund der Anatomie aus den direkt gemessenen Werten abgeleitet. Nach Wichtung der Kalibrierfaktoren mit den jeweiligen Aktivitätsanteilen ergeben sich die in der untersten Zeile von Tab. 6/16 angegebenen Kalibrierfaktoren für Nukliddepositionen im Gesamtskelett. Diese Werte beziehen sich auf einen männlichen Probanden mit durchschnittlichen Körperproportionen (Brustwandstärke 34 mm entsprechend dem Livermore-Phantom mit Overlay B2 und einem Fett/Muskel-Verhältnis von 1:1).

Zur Bestimmung der Kalibrierfaktoren für andere Körperproportionen wird das Thorax-Phantom mit den verschiedenen Overlays des Livermore-Phantoms belegt. Die hierbei für die Lungen- und die Lebermeßposition resultierenden Kalibrierfaktoren sind in Abb. 6/32 als Funktion der Brustwandstärke dargestellt. Außer den Kalibrierfaktoren für das Gesamtskelett zeigten die Abbildung auch die entsprechenden Kalibrierfaktoren für Nukliddepositionen in der Lunge, den pulmonalen Lymphknoten und in der Leber.

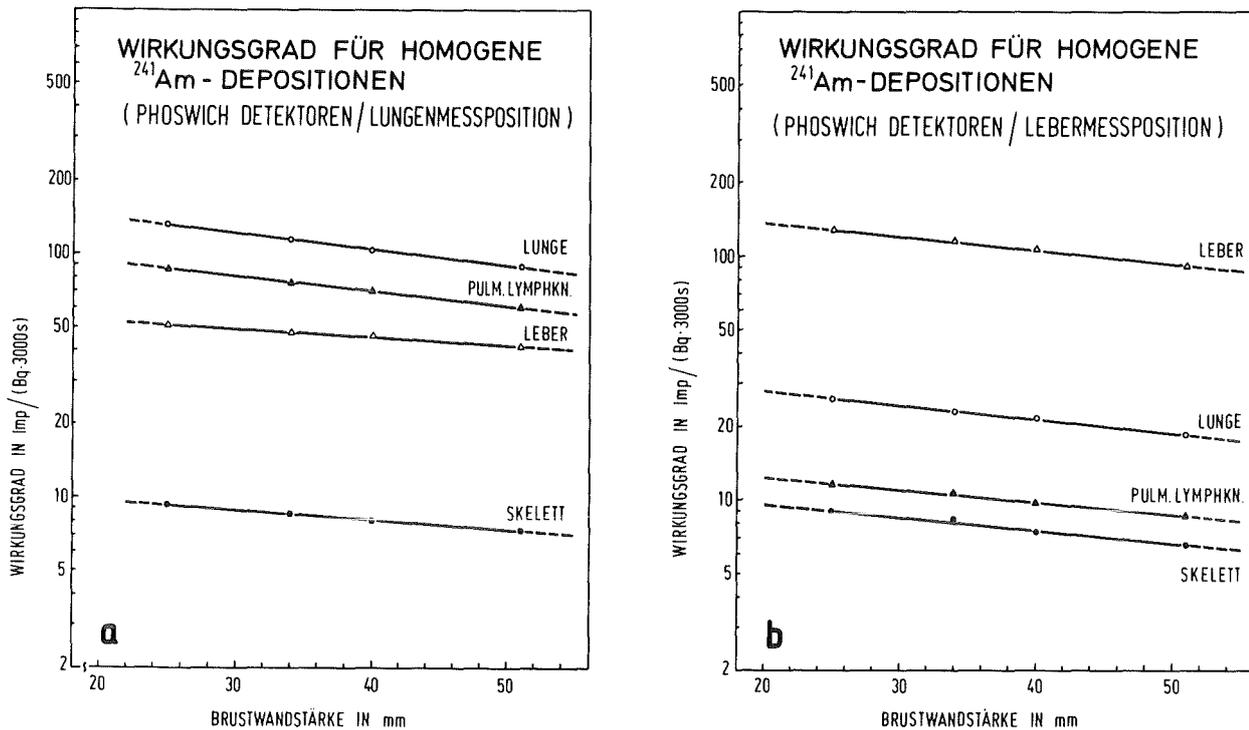


Abb. 6/32: Wirkungsgrad für homogene Am-241-Depositionen in Lunge, pulmonalen Lymphknoten, Leber und Skelett in Abhängigkeit von der Brustwandstärke des Probanden für beide Phoswich-Detektoren in (a) Lungen- bzw. (b) Lebermeßposition nach Kalibriermessungen mit Skelett-Phantomen des New York University Medical Centers und mit dem Livermore-Phantom

#### 6.5.5 Zur Auswertung der Phoswich-Spektren von Am-241 nach Tschernobyl

H. Doerfel

Die Spektren der Phoswich-Detektoren werden im niederenergetischen Bereich durch die Beta- und Bremsstrahlungskontinua von K-40 und - seit dem Reaktorunfall von Tschernobyl - auch von Cs-134 und Cs-137 bestimmt. Die beiden Cäsium-Isotope tragen außerdem auch durch eine charakteristische Röntgen-Strahlung bei 30 keV zur Hintergrundstrahlung bei. Bedingt durch die vielfältigen Strahlungskomponenten hängt die Form der Spektren sehr stark von der räumlichen Verteilung der Quellen und von den Dimensionen des Streumediums ab. Demzufolge hängt die Form der Spektren nicht nur vom Aktivitätsverhältnis der verschiedenen Isotope, sondern auch von den Körperproportionen und dem Muskel/Fett-Verhältnis des Gewebes im Bereich des Thorax ab.

Zur Verdeutlichung zeigt die Abb. 6/33 ein Referenzspektrum, das durch Mittelung der Phoswich-Spektren von 21 vor und nach Tschernobyl gemessenen Referenzpersonen gewonnen wurde. In diesem Referenzspektrum erkennt man den Peak der charakteristischen Röntgen-Strahlung von Cäsium bei

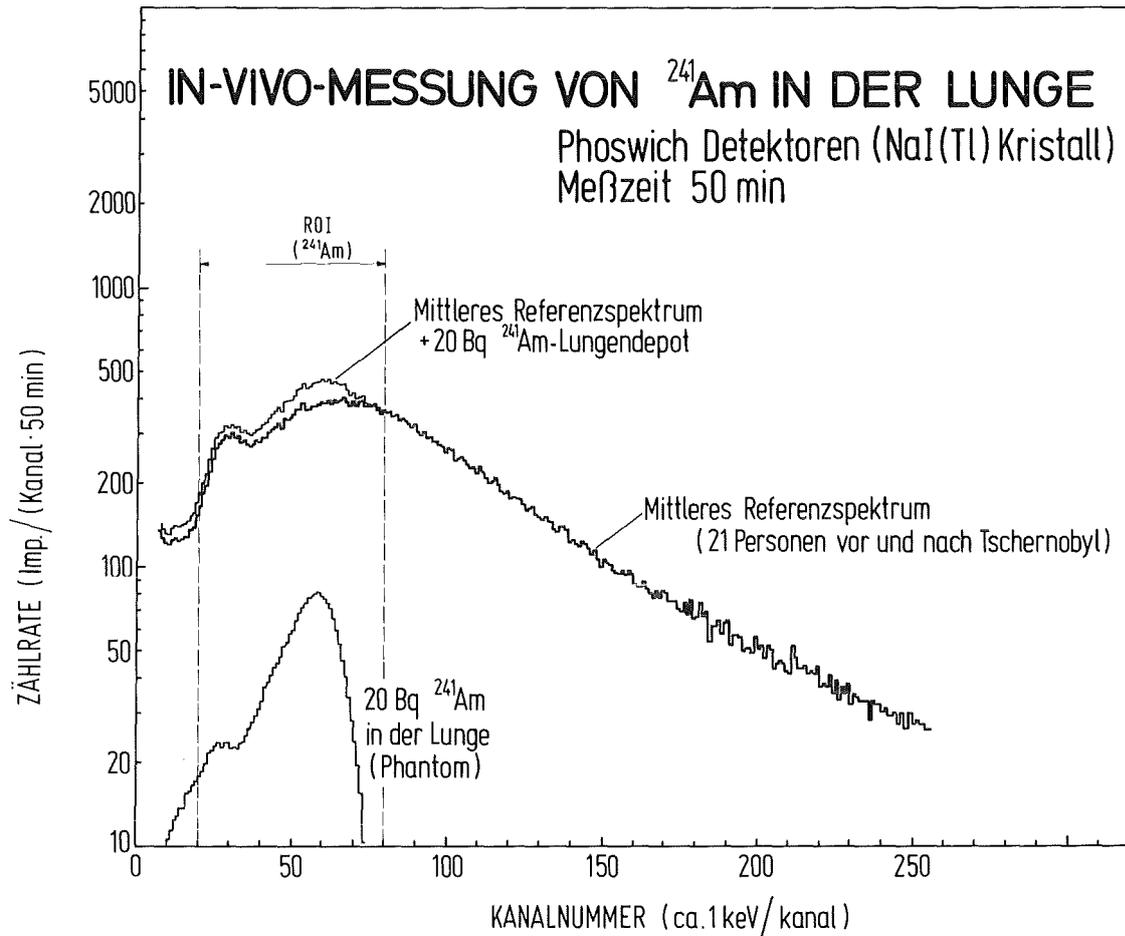


Abb. 6/33: Phoswich-Spektren zur In-vivo-Messung von Am-241: Gemitteltetes Referenzspektrum von 21 vor und nach Tschernobyl gemessenen männlichen Referenzpersonen mit Cäsium-Körperaktivitäten bis zu 3,4 kBq im Vergleich zu einem Phantom-Spektrum für ein Am-241-Lungendepot in Höhe von 20 Bq

30 keV sowie das Streustrahlungskontinuum, dessen Maximum zwischen etwa 60 keV und 70 keV liegt. Bei schlanken Personen liegt das Maximum häufig näher an 70 keV und bei korpulenten Personen näher an 60 keV, eine allgemeine Gesetzmäßigkeit läßt sich jedoch nicht ableiten.

Außer dem Referenzspektrum zeigt die Abb. 6/33 auch ein auf die gleiche Meßzeit normiertes Phantom-Spektrum für ein Am-241-Lungendepot in Höhe von 20 Bq. Addiert man dieses Phantom-Spektrum zu dem Referenzspektrum, so verschiebt sich dessen Maximum nach links. Der Peak von Am-241 geht dabei vollständig unter. Erst bei Am-241-Aktivitäten von mehr als 50 Bq wird der Peak als solcher erkennbar. Wenn also im Streukontinuum lediglich eine Verschiebung des Maximums beobachtet wird, so kann dies sowohl von der Anatomie des Probanden als auch von einer Am-241-Inkorporation herrühren. Aus diesem Grund muß die untere Nachweisgrenze zunächst bei etwa 50 keV angesetzt werden.

Bei Zugrundelegung des zählstatistischen Fehlers müßten allerdings auch wesentlich kleinere Aktivitäten noch nachweisbar sein. Es wurde daher der Versuch unternommen, die Hintergrundzählrate unter dem Am-241-Peak rechnerisch aus den Hintergrundzählraten in anderen Spektralbereichen abzuleiten. Zu diesem Zweck wurden zunächst die höherenergetischen Spektren der

CsI(Tl)-Kristalle der Phoswich-Detektoren herangezogen. Als Korrelationsgrößen wurden die Photopeaks von K-40, Cs-134 und Cs-137 sowie verschiedene Bereiche des mittlereenergetischen Streustrahlungskontinuums zwischen 200 keV und 400 keV gewählt. Diese Versuche führten allerdings bisher nicht zum Erfolg. Bei weiteren Versuchen wurden als Korrelationsgrößen verschiedene Bereiche des mittlereenergetischen Streustrahlungskontinuums in den Spektren der NaI(Tl)-Kristalle zwischen 80 keV und 200 keV gewählt. Diese Versuche führten zu der Beziehung

$$Z_{N1} = (Z_{N2})^3 / (Z_{N3})^2 \cdot (Z_{N3} / Z_{N2})^x \quad (1)$$

mit  $Z_{N1}$  Hintergrundzählrate im Bereich des Photopeaks von Am-241 (Kanal 20 bis Kanal 80)  
 $Z_{N2}$  Hintergrundzählrate im Bereich von Kanal 80 bis Kanal 120  
 $Z_{N3}$  Hintergrundzählrate im Bereich von Kanal 130 bis Kanal 200  
x detektorspezifischer Exponent (1,08 für den linken Detektor bzw. 0,91 für den rechten Detektor)

Die in diese Beziehung eingehenden Hintergrundzählraten verstehen sich als Bruttoimpulsraten abzüglich des detektorspezifischen Nulleffekts. Die mittlere Abweichung der nach dieser Beziehung berechneten Hintergrundzählrate  $Z_{N1}$  vom gemessenen Wert beträgt 549 Imp/3000 s beim linken Detektor bzw. 748 Imp/3000 s beim rechten Detektor. Eine Korrelation zwischen den Abweichungen der beiden Detektoren ist nicht erkennbar. Demnach ist bei Zusammenfassung der Spektren beider Detektoren mit einer mittleren Abweichung der gesamten Hintergrundzählrate von 928 Imp/3000 s zu rechnen.

Definiert man die untere Nachweisgrenze als das Aktivitätsäquivalent der doppelten Schwankungsbreite der Hintergrundzählrate, so ergibt sich für ein reines Am-241-Lungendepot bei einer Standardmessung (3000 s) in Lungenmeßposition ein Wert von 16 Bq. Die durch Abb. 6/33 repräsentierte Am-241-Inkorporationen kann demnach mit Hilfe des beschriebenen Verfahrens ohne weiteres nachgewiesen werden.

#### 6.5.6 Untersuchung von Am-241-Inkorporationen mit dem Phoswich-Teilkörperzähler

H. Doerfel, U. Mohr, A. Zieger

Mitte 1986 wurde in einem Kellerraum eines industriellen Forschungsinstitutes eine weiträumige Am-241-Kontamination entdeckt. Daraufhin wurden bei einigen Personen, die sich zeitweilig in dem Kellerraum aufgehalten haben, Urin- und Stuhlproben genommen und auf Am-241 untersucht. Nachdem diese Untersuchungen ausnahmslos positive Befunde lieferten, wurden einige der betroffenen Personen im August 1986 im Lungenzähler von IIS/D untersucht. Auch diese Messungen lieferten eindeutige Hinweise auf Inkorporationen von Am-241. Aus diesem Grund wurden im Laufe des Jahres 1987 alle 129 Personen, die sich in den Jahren 1985 und 1986 zeitweilig in dem kontaminierten Raum aufgehalten haben, in einem großangelegten Meßprogramm systematisch auf Am-241-Inkorporationen untersucht.

Die Messungen wurden zunächst in der Standardmeßposition des Lungenzählers durchgeführt. Diese Meßposition, bei der sich die beiden Phoswich-Detektoren symmetrisch zur Medianebene in direktem

Körperkontakt über der Lunge des Probanden befinden, gewährleistet im allgemeinen den empfindlichsten Nachweis von Am-241. In allen Fällen, in denen die Lungenmessung Hinweise auf eine Am-241-Inkorporation ergab, wurden zusätzlich auch Messungen über der Leber durchgeführt. Bei einigen Personen mit relativ hohen Am-241-Körperaktivitäten wurden außerdem auch Messungen über dem Schädel und über den Knien zur genaueren Bestimmung der Aktivitätsdeposition im Skelett vorgenommen. Einschließlich aller Folgeuntersuchungen beläuft sich die Gesamtzahl der im Rahmen des Programms durchgeführten Messungen auf 222, davon 159 in Lungenmeßposition, 53 in Lebermeßposition und je 5 in Schädel- bzw. Kniemeßposition.

Bei der Auswertung der Messungen wurde vorausgesetzt, daß die Aktivitätszufuhr ausschließlich durch Inhalation erfolgte. Einige für die Auswertung weniger relevante metabolische Parameter wurden aus den Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP 48) übernommen. So wurden für die Darmresorptionsrate ein Wert von 0,001 und für die biologischen Halbwertszeiten in der Leber und im Skelett Werte von 20 a bzw. 50 a angenommen. Die für die Auswertung relevanten Parameter sind zunächst unbekannt. So fehlen Informationen über den Zeitpunkt bzw. das zeitliche Muster der Aktivitätszufuhr, über die Korngröße des inhalierten Materials, über die biologische Halbwertszeit der Am-241-Aktivität in der Lunge sowie über die relative Aktivitätsverteilung auf die Leber und auf das Skelett.

Die Auswertung wurde in mehreren Schritten durchgeführt. Im ersten Schritt wurde die relative Aktivitätsverteilung auf die Leber und auf das Skelett ermittelt. Hierfür wurden diejenigen Untersuchungen herangezogen, bei denen Lungen-, Leber-, Schädel- und Kniemessungen durchgeführt wurden. Einige dieser Untersuchungen konnten allerdings nicht verwertet werden, weil die Am-241-Aktivitäten zu gering oder weil die Aktivitätsverteilungen durch vorangegangene DTPA-Behandlungen offensichtlich verändert worden waren. Aus den verbleibenden Untersuchungen wurden für das Aktivitätsverhältnis Leber/Skelett Werte von 0,64 bzw. 1,31 ermittelt. Angesichts des Meßfehlers sind die individuellen Unterschiede nicht signifikant, so daß für die weiteren Auswertungen von einer Gleichverteilung der Aktivität auf Leber und Skelett ausgegangen wurde.

Proband	Zeitraum zwischen den Messungen (d)	Biolog. Halbwertszeit (d)
H.P.W.	134	197 ± 103
H.P.W.	249	201 ± 99
G.R.	116	164 ± 113
P.E.	114	154 ± 42
A.K.	265	325 ± 380

Tab. 6/17: Biologische Halbwertszeiten der Am-241-Aktivität in der Lungen (P-Kompartiment)

Im zweiten Schritt wurde die biologische Halbwertszeit der Am-241-Aktivität in der Lunge bestimmt. Hierbei ist nur die langfristige Komponente des Lungendepots (P-Kompartiment) von Bedeutung. Zur Bestimmung dieser Halbwertszeit wurden die Probanden herangezogen, bei denen zu verschiedenen Zeitpunkten Lungen- und Lebermessungen durchgeführt wurden. Als Randbedingung wurde das im ersten Schritt ermittelte Aktivitätsverhältnis Leber/Skelett benutzt. Damit ergaben sich die in Tab. 6/17 aufgeführten biologischen Halbwertszeiten. Angesichts des Meßfehlers sind auch hier die individuellen Unterschiede nicht signifikant. Das geometrische Mittel der biologischen Halbwertszeiten beträgt 200 d, der mit den reziproken Meßfehlern gewichtete arithmetische Mittelwert liegt bei 180 d. Für die weiteren Berechnungen wurde vorläufig der geometrische Mittelwert von 200 d angenommen (die Auswertungen auf der Basis des gewichteten arithmetischen Mittelwerts sind noch nicht abgeschlossen).

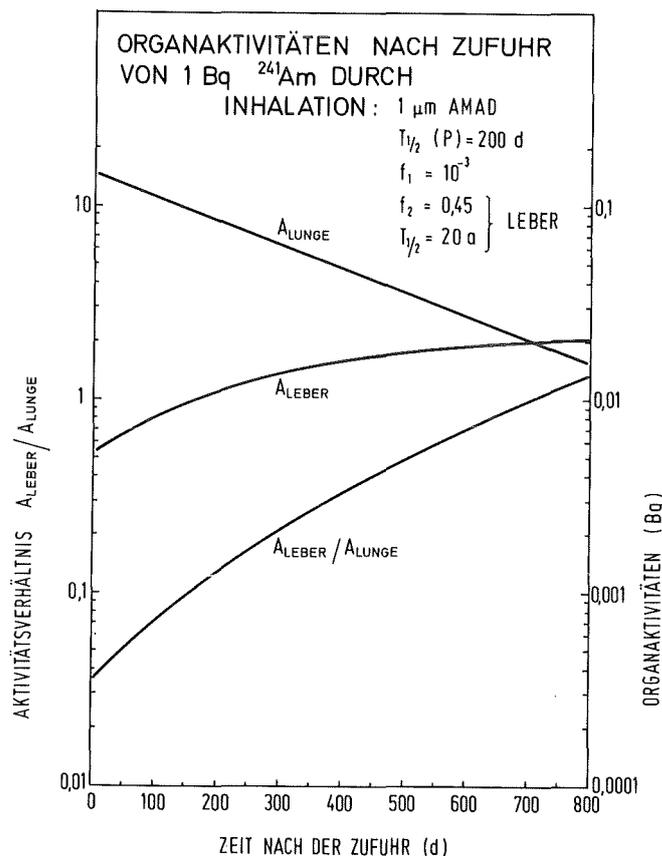


Abb. 6/34: Zeitlicher Verlauf der Aktivitäten in der Lunge und in der Leber sowie des Verhältnisses der beiden Aktivitäten aufgrund von Rechnungen nach modifizierten ICRP-Stoffwechselmodellen für eine einmalige inhalationsbedingte Zufuhr von 1 Bq Am-241

Im dritten Schritt der Auswertung wurde die mittlere Korngröße des inhalierten Aerosols abgeschätzt. Zu diesem Zweck wurde anhand der ICRP-Stoffwechselmodelle der zeitliche Verlauf der Aktivität in der Lunge und in der Leber nach einer einmaligen Inhalation von Am-241 berechnet. Das ICRP-Lungenmodell wurde hierfür durch logarithmische Interpolation zwischen den Retentionsklassen W und Y auf die biologische Halbwertszeit von 200 d ungerechnet. Die Rechnungen wurden zunächst für verschiedene Korngrößen zwischen 0,1 µm und 10 µm AMAD durchgeführt. Die Abb. 6/34 zeigt als Beispiel den für 1 µm AMAD berechneten Zeitverlauf der Aktivitäten in der Lunge und in der Leber nach Zufuhr von 1 Bq sowie den Zeitverlauf des Verhältnisses der beiden Aktivitäten. Aus diesem Verhältnis kann man auch ohne Kenntnis der zugeführten Aktivität auf den Inkorporationszeitpunkt schließen. Allerdings hängt der auf diese Weise abgeschätzte Inkorporationszeitpunkt von der bei der Rechnung zugrundegelegten mittleren Korngröße ab. Es wurden daher die für die verschiedenen Korngrößen ermittelten hypothetischen Inkorporationszeitpunkte jeweils mit den tatsächlichen Aufenthaltszeiten der verschiedenen Probanden in dem kontaminierten Kellerraum verglichen. Dabei ergab sich die beste Übereinstimmung für eine Korngröße von 1 µm AMAD (s. Tab. 6/18).

Die Auswertung zeigt, daß die Meßergebnisse bei geeigneter Anpassung der ICRP-Stoffwechselmodelle ein weitgehend konsistentes Bild ergeben. Aus diesem Grund ist es prinzipiell möglich, mit Hilfe der angepaßten Modelle aus den Meßwerten die Aktivitätszufuhren zu berechnen. Es ist allerdings nicht klar, inwieweit die individuellen Unterschiede der Stoffwechselparameter durch den Meßfehler verursacht werden bzw. inwieweit sie auf den sicherlich vorhandenen individuellen Unterschieden des

Stoffwechsels beruhen. Aus diesem Grund erscheint es zweckmäßiger, aus den Meßwerten unmittelbar die Am-241-Aktivitätsdeposition bzw. die resultierende Äquivalentdosis im Skelett zu bestimmen. Nach der ICRP Publikation 30 führt eine konstante Skelettaktivität von 1 Bq Am-241 zu einer jährlichen Äquivalentdosis von 1,2 mSv in der Knochenoberfläche. Bei Zugrundelegung dieses Dosisfaktors werden für die höchstexponierten Personen jährliche Äquivalentdosen in der Größenordnung von 50 mSv für die ersten Jahre nach der Aktivitätszufuhr abgeschätzt. Diese Werte liegen deutlich unter den Grenzwerten der Strahlenschutzverordnung.

Proband	Hypothetischer Inkorporationszeitpunkt	Aufenthalt in der Anlage <sup>1)</sup>
G.R.	August 85	Jan.-Mai 85, Juli/Aug. 85
N.D.	Juni 85	Feb. 85, April 85 - April 86
A.E.	Juni 85	Sept. 85, März-Mai 86, Sept. 86
A.K.	Mai 86	Jan 85 - Okt. 86
H.P.W.	Dezember	Feb. 85 - Nov. 86
R.W.	November 84	Jan. 85 - Okt. 86
P.E.	Juli 86	Sept. 85 - Dez. 86
A.B.	Okt. 86	Jan. - April 86, Juni 86

<sup>1)</sup> Angaben für 1985 und 1986

Tab. 6/18: Hypothetische Inkorporationszeitpunkte (abgeschätzt aus dem Aktivitätsverhältnis Leber/Lunge mit Hilfe von modifizierten ICRP-Stoffwechselmodellen) im Vergleich zu den tatsächlichen Aufenthaltszeiten in dem kontaminierten Kellerraum

Insgesamt haben die Untersuchungen gezeigt, daß die In-vivo-Messung bei Inkorporationen von Am-241 sehr zuverlässige Aussagen über die Exposition im allgemeinen und über die resultierenden Äquivalentdosen im besonderen zuläßt. Die Aktivitätsdeposition im Skelett läßt sich auch unter den gegenwärtig sehr ungünstigen Meßbedingungen noch so genau bestimmen, daß Äquivalentdosen in Höhe von 10 % der Grenzwerte ohne Schwierigkeiten nachgewiesen werden können.

#### 6.5.7 Zur Wirkung von DTPA bei Am-241-Inkorporationen

##### II. Doerfel

Im Rahmen des Am-241-Meßprogramms (Kap. 6.5.6) wurde unter anderem auch ein mit DTPA behandelter Proband mehrmals mit dem Phoswich-Teilkörperzähler untersucht. Die DTPA-Behandlung begann am 09.03.87 und erstreckte sich über mehrere Monate. Im März und im April erfolgten jeweils drei Infusionen und in den folgenden drei Monaten jeweils eine Infusion. Die Ergebnisse der Phoswich-Messungen sind in Tab. 6/19 aufgelistet. Es wird dabei zwischen den Untersuchungstypen A, B und C unterschieden. Bei Typ A handelt es sich jeweils um vier Einzelmessungen in Schädel-, Lungen-, Leber- und Kniemeßgeometrie. Bei Untersuchungstyp B handelt es sich dagegen nur um zwei Einzelmessungen in Lungen- und Lebermeßgeometrie. Bei der Auswertung dieser Messungen müssen bestimmte Annahmen über die Verteilung der Aktivität auf Leber und Skelett gemacht werden. Bei der Untersuchung vom 21.10.86 wurde angenommen, daß die

Skelettaktivität gleich der Leberaktivität ist. Bei den beiden folgenden Untersuchungen vom Typ B wurde angenommen, daß sich die Skelettaktivität gegenüber dem 21.10.86 nicht verändert hat. Bei den beiden Untersuchungen vom Typ C handelt es sich lediglich um Einzelmessungen in Lungenmeßgeometrie, die in erster Linie nur qualitative Aussagen über die Am-241-Körperaktivität liefern sollen. Bei der Auswertung dieser beiden Messungen wurde angenommen, daß die Leber- bzw. die Skelettaktivität den am 21.10.86 ermittelten Werten entspricht. Der Meßfehler ist bei den verschiedenen Meßverfahren unterschiedlich. Eine Fehlerabschätzung auf der Basis des mittleren Fehlers bei Spektrumsauswertung (s. Kap. 6.5.5) führt zu Fehlern zwischen etwa 7 Bq und 10 Bq in den Organaktivitäten. Demgegenüber sind die Kalibrierfehler sowie die auf den Zusatzannahmen beruhenden systematischen Fehler von untergeordneter Bedeutung. In Tab. 6/19 sind auch diejenigen Organaktivitäten aufgeführt, deren Zahlenwert kleiner als der mittlere Fehler ist.

Meßdatum	Meßtyp	Organaktivität in Bq Am-241		
		Lunge	Leber	Skelett
29.08.86	C	56,7	35,2	35,2
21.10.86	B	35,4	35,2	35,2
09.03.87	C	35,1	35,2	35,2
14.07.87	B	29,6	(0,7)	35,2
21.07.87	B	18,3	(-11,4)	35,2
21.10.87	A	(7,4)	(5,4)	43,4
15.12.87	A	17,5	(-2,1)	38,4

Tab. 6/19: Gemessene Am-241-Aktivitäten in der Lunge sowie in der Leber und im Skelett des Probanden R.W. vor und nach einer DTPA-Behandlung zwischen dem 09.03.87 und dem 14.07.87 (Angaben in Klammern: Aktivität kleiner als mittlerer Meßfehler)

Wie aus Tab. 6/19 hervorgeht, wurde durch die DTPA-Behandlung das Leberdepot praktisch vollständig abgebaut, während das Skelettdepot im Rahmen der Meßgenauigkeit unverändert blieb. Aus den nach der DTPA-Behandlung ermittelten Zahlenwerten der Leberaktivität ergibt sich ein Mittelwert von -1,9 Bq und eine mittlere Schwankungsbreite von 7,1 Bq in sehr guter Übereinstimmung mit der aufgrund der Fehlerabschätzung zu erwartenden Schwankungsbreite.

Der zeitliche Verlauf der Lungenaktivität läßt sich durch eine Exponentialfunktion mit einer Halbwertszeit von 227 d beschreiben, wobei die mittlere Abweichung der Zahlenwerte von der Exponentialfunktion (6,6 Bq) ebenfalls sehr gut mit der aufgrund der Fehlerabschätzung zu erwartenden Schwankungsbreite übereinstimmt. Aufgrund der Meßergebnisse ist kein Einfluß der DTPA-Behandlung auf den Abbau des Lungendepots erkennbar.

Bei Zugrundelegung der ermittelten Exponentialfunktion wurde das Lungendepot vom 09.03.87 bis zum 31.05.87 um 6,5 Bq abgebaut. Addiert man zu diesem Betrag die Aktivität des Leberdepots vor Beginn der DTPA-Behandlung, so erhält man einen Wert von 41,7 Bq. Dieser Wert stimmt sehr gut mit der in den ersten drei Monaten der DTPA-Behandlung über den Urin ausgeschiedenen Aktivität (40 Bq) überein. Demnach wurde durch die DTPA-Behandlung die aus der Lunge abgebaute Aktivität wahrscheinlich quantitativ über den Urin ausgeschieden. Die im Oktober und im Dezember ermittelten

Skelettaktivitäten liegen zwar geringfügig über dem vorher gemessenen Wert, die Unterschiede sind allerdings nicht signifikant. Man kann daher davon ausgehen, daß durch die DTPA-Behandlung der Aktivitätstransfer von der Lunge ins Skelett zumindest zeitweilig unterbunden wurde. Hieraus ergibt sich eine Reduzierung der Folgeäquivalentdosis im Skelett von etwa 7 %.

Der Abbau der Leberaktivität führt zunächst zu keiner nennenswerten Dosisreduzierung, da das Leberdepot als solches keinen wesentlichen Beitrag zur gesamten Folgeäquivalentdosis liefert. Es ist allerdings zu vermuten, daß infolge von Rezirkulationsprozessen ein Aktivitätsaustausch zwischen der Leber und dem Skelett stattfindet. Auf diese Weise könnte der durch die DTPA-Behandlung erzielte Abbau des Leberdepots sekundär zu einer Reduzierung des Skelettdepots und damit auch zu einer Reduzierung der Folgeäquivalentdosis führen. Eine quantitative Abschätzung des Effekts ist allerdings vorerst nicht möglich, da die Rezirkulationsprozesse noch weitgehend ungeklärt sind.

#### 6.5.8 Entwicklung eines neuen Teilkörperzählers mit Germanium-Teleskopdetektoren

H. Doerfel

Zur Verbesserung der In-vivo-Messung von Aktiniden in Lunge, Leber, Skelett und anderen Körperbereichen wurde ein neuer Teilkörperzähler mit Germanium-Teleskopdetektoren konzipiert. Bei den Germanium-Teleskopdetektoren handelt es sich um eine Neuentwicklung für sogenannte Escape-suppressed-spectrometers (ESS), die in der GSI Darmstadt für spezielle Spin-Untersuchungen eingesetzt werden. Die für ESS entwickelten Germanium-Teleskopdetektoren bestehen jeweils aus einem flachen Low-Energy-Germaniumkristall und zwei unmittelbar dahinter angeordneten coaxialen Germaniumkristallen. Läßt man den hinteren der beiden coaxialen Kristalle weg, so erhält man eine dem Phoswich-Detektor vergleichbare zweistufige Kristallanordnung, die für den hochempfindlichen Nachweis von Photonenstrahlung im Energiebereich von etwa 10 keV bis zu etwa 3 MeV sehr gut geeignet ist. Der unmittelbar hinter dem Strahleneintrittsfenster angeordnete Low-Energy Germaniumkristall dient daher zum Nachweis der niederenergetischen Komponente der Photonenstrahlung, während der coaxiale Germaniumkristall zum Nachweis der höherenergetischen Strahlung und außerdem auch als Anti-Compton-Detektor für den Low-Energy-Kristall benutzt werden kann.

Die Abb. 6/35 zeigt die prinzipielle Detektorkonfiguration des neuen Teilkörperzählers. Es handelt sich hierbei lediglich um eine vereinfachte Darstellung zur Erläuterung des Meßprinzips. Die Strahleneintrittsrichtung verläuft in der Achse der rotationssymmetrischen Detektoranordnung. In der Mitte befindet sich der Germanium-Teleskopdetektor (Slim-line-Ausführung). Der Teleskopdetektor wird von einem Plastik-Szintillationsdetektor ummantelt, der als Anti-Compton-Schild für die seitlich gestreuten Compton-Photonen aus den beiden Germaniumkristallen dient. Vor dem Strahleneintrittsfenster des Teleskopdetektors befindet sich ein dünner Gasdurchfluss-Proportionalzähler, mit dessen Hilfe die Beta-Strahlung und die Compton-Elektronen aus der Umgebung eliminiert werden sollen. Der Low-Energy Germaniumkristall wird in Antikoinzidenz mit dem coaxialen Germaniumkristall sowie mit dem Plastikszintillator und Proportionalzähler betrieben.

Für den neuen Teilkörperzähler benötigt man mehrere solcher Detektoreinheiten, die in einem gemeinsamen Plastik-Szintillationsdetektor angeordnet sind. Aufgrund von Phantommessungen wird der beste geometrische Wirkungsgrad für die wichtigsten Nukliddepositionen mit einer Anordnung von einem zentralen und sechs peripheren Teleskopdetektoren erzielt. Die peripheren Detektoren sind dabei konzentrisch um den zentralen Detektor herum angeordnet, so daß die Strahleneintrittsfenster aller Detektoren in möglichst geringem Abstand voneinander auf einer Kugeloberfläche mit einem Radius von 40 cm liegen.

Die Konstruktion des neuen Teilkörperzählers ist weitgehend abgeschlossen. Die Lieferung wird im Februar 1988 erfolgen.

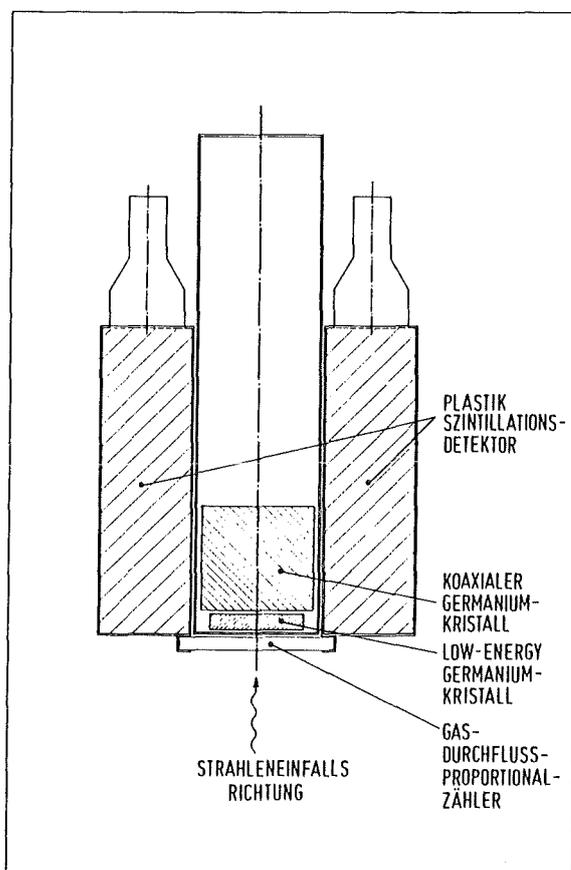


Abb. 6/35: Prinzipieller Aufbau einer Detektoreinheit des neuen Teilkörperzählers von IIS/D

## 6.6 Strahlenschutzmeßtechnik

### 6.6.1 Aufgaben

A. Schmitt, B. Reinhardt

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 gewartet werden müssen.

Der Bestand an elektronischen Geräten, der von der Hauptabteilung Sicherheit betreut wird, setzt sich aus einer großen Anzahl von 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 in

den verschiedenen Instituten und Abteilungen des Kernforschungszentrums befinden, ergibt sich zwangsläufig eine gewisse Unterteilung im Service, der soweit wie möglich von den betreffenden Abteilungen selbst durchgeführt wird. Die Arbeitsgruppe "Geräteelektronik" erfüllt hierbei folgende Aufgaben:

- regelmäßige elektronische Wartung und Kalibrierung der tragbaren Dosisleistungsmeßgeräte der KfK sowie als Auftragsarbeit für fünf Fremdfirmen,
- Mitarbeit bei der Eichung von Dosisleistungsmeßgeräten und Dosimetern durch die amtliche Eichabfertigungsstelle,
- Bestrahlung von Dosimetern zur Kalibrierung von Auswertegeräten sowie für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten,
- Reparatur aller IIFK- und Kontaminationsmonitoren der KfK,
- Reparatur und Kalibrierung der Pegel- und Luftüberwachungsanlagen in den verschiedenen Instituten und Abteilungen der KfK und in der Umgebung,
- Reparatur sonstiger elektronischer Geräte aus dem Bereich der Abteilung Dosimetrie.

Außerdem werden von der Arbeitsgruppe "Geräteelektronik" Eingangskontrollen neubeschaffter Geräte durchgeführt und gelegentlich auch die Eigenschaften von neuen Detektoren und Geräten untersucht. Die in der Praxis gewonnenen Erfahrungen werden für die Beschaffung und Installation von Geräten und Überwachungsanlagen zur Verfügung gestellt. Schließlich werden auch Umbauten und Anpassungen von Geräten selbst vorgenommen und kommerziell nicht erhältliche Geräte für den Eigenbedarf der Hauptabteilung Sicherheit entwickelt.

#### 6.6.2    Wartung und Reparatur

##### A. Schmitt

Kontrollen auf Funktionstüchtigkeit werden vor Ort vom Personal der Arbeitsplatzüberwachung regelmäßig durchgeführt. Defekte Geräte werden soweit wie möglich in der Elektronikwerkstatt instandgesetzt. Die Tab. 6/20 zeigt den Umfang an Wartungs- und Reparaturarbeiten dieser Werkstatt an tragbaren Strahlenschutzmeßgeräten, IIFK-Monitoren und Aktivitätsmeßplätzen, zusammengefaßt an Hand der ausgestellten Reparaturscheine.

Im Berichtszeitraum wurden 9 neu beschaffte IIFK-Monitoren und 11 tragbare Kontaminationsmonitoren einer Eingangsprüfung unterzogen; 17 Kontaminationsmonitoren einer Fremdfirma wurden auf Funktion und Zählwirksamkeit überprüft.

Zur kontinuierlichen Messung und Registrierung von Strahlenpegel und Luftaktivität werden von der Hauptabteilung Sicherheit z.Z. 237 Meßstellen betreut, die in 37 Gebäuden des Kernforschungszentrums installiert sind, weiterhin 46 Meßstellen zur Umgebungsüberwachung. Zur Instandhaltung dieser Meßstellen waren im Berichtsjahr 503 Reparatursätze erforderlich.

Kontaminationsmonitoren	231
IIFK-Monitoren	127
Fußbodenmonitoren	6
Wäschemonitoren	1
Aktivitätsmeßplätze	36
Probenwechsler	43
Dosisleistungsmeßgeräte	22
Taschenwarngeräte	3
Neutronenmonitoren	-
sonstige Geräte	25
Summe	494

Tab. 6/20: Reparatur- und Wartungsarbeiten an Strahlenschutzmeßgeräten, Art der Geräte

Folie	231
Zähldraht	45
Elektronik	220
Kabel	7
mechanische Reparatur	76
Batterie	22
Summe	601

Tab. 6/21: Reparatur- und Wartungsarbeiten an Strahlenschutzmeßgeräten, Art der Reparatur

Für die Kritikalitätswarnanlage des IICH wurden im Berichtszeitraum 30 Ionisationskammern umgebaut und mit Elektroden aus Edelstahl versehen. An einer Abluftmeßstelle wurden alle Alarm- und Störmeldungen der verschiedenen Meßanlagen in einem selbstgebauten Alarmeinschub zusammengefaßt. Weiterhin wurde in der Elektronikwerkstatt ein kommerzieller Hochspannungsgenerator zur elektrolytischen Ätzung von Detektorfolien verbessert.

### 6.6.3 Routinekalibrierung

B. Burgkhardt, A. Schmitt

Die routinemäßige Kalibrierung von Dosimetern 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 internationalen Kontroll- und Vergleichsbestrahlungen,
- Kalibrierung von Dosisleistungsmeßgeräten, Dosimetern, Dosiswarngeräten innerhalb der Routinebetreuung, nach einer Reparatur sowie bei neu angeschafften Geräten,
- Bestrahlung von Dosimeterchargen zur Kalibrierung von TL- und PL-Auswertegeräten.

Der Umfang der routinemäßigen Kalibrierungen von tragbaren Dosisleistungsmeßgeräten ist in Tab. 6/22 wiedergegeben.

Gerätetyp	Routineüberprüfung und Kalibrierung
Graetz X-50	31
Graetz X-500	7
Graetz X-1000	1
Automess 6150	13
Automess 6112	15
Automess 3134	6
Taschenwarngerät	-
Neutronenmeßgerät	33
sonstige	36
Summe	142

Tab. 6/22: Wartungsarbeiten an tragbaren Dosisleistungsmeßgeräten und Taschenwarngeräten

Für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten und für die Kontrolle der Auswertegeräte wurden an den Eichständen der Eichhalle 773 Gamma- und 59 Neutronenbestrahlungen durchgeführt. Weiterhin wurden an der Röntgenanlage 416 Dosimeter bestrahlt und zur Bestimmung von Energieabhängigkeiten weitere 153 Messungen vorgenommen.

Alle Cs-137-Bestrahlungsanlagen der Eichhalle wurden regelmäßig durch Vergleich mit einem Sekundärstandard im gesamten interessierenden Dosisleistungsbereich überprüft.

Im Rahmen einer Prüfungsarbeit wurden an der Röntgenanlage und an einem Cs-137-Eichstand die Strahlprofile bei verschiedenen Blenden ausgemessen.

Die stark beanspruchte Mechanik des Gamma-Hochdosis Eichstandes mußte im Berichtsjahr dreimal repariert werden, wobei ein Motor und Kupplungsbeläge ausgetauscht wurden.

#### 6.6.4 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 wie auch in der Unterstützung bei der Durchführung der Eichungen. Im Jahre 1987 wurden für das KfK 2110 Stabdosimeter und 190 Geräte geeicht.

## 7 Biophysik

### 7.1 Einführung

H. Dertinger

Im Jahre 1987 wurden die Arbeiten an dreidimensional kultivierten Zellklonen (Sphäroiden) fortgesetzt und intensiviert. Ein Schwerpunkt lag auf der Beantwortung der Frage nach den molekularen Ursachen der Zelldifferenzierung in Sphäroiden. Hierbei konnten wir ein wichtiges Zwischenergebnis erzielen, das in 7.2 vorgestellt wird.

Bei der Vervollkommnung der Methoden zur Züchtung und Analytik von Leberzell-Sphäroiden wurden neue Wege beschritten, über die in 7.3 berichtet wird. Diese Ergebnisse sind insbesondere für die Durchführung eines genehmigten TT-Projektes von Bedeutung, das den Einsatz der Leberzell-Sphäroide bei der Entwicklung und Testung von Arzneistoffen zum Ziel hat.

### 7.2 Untersuchungen zum intrazellulären Signalweg der Zell-Kommunikation

U. Anderer, G. Knedlitschek, A. Riedl, H. Dertinger

#### 7.2.1 Einleitung

Obwohl die Bedeutung der Gap Junctions, als Vermittler der direkten Zell-zu-Zell-Kommunikation, für die Differenzierung von Geweben unumstritten ist, liegen die molekularen Wirkungsmechanismen derzeit noch weitgehend im Dunkeln. Weltweit wird gegenwärtig im wesentlichen an der physiko-chemischen Charakterisierung der Gap Junctionpore gearbeitet. Die Resultate dieser Untersuchungen lassen jedoch keinen Schluß auf die Mechanismen zu, über die es schließlich zur Gewebe-Differenzierung kommt. Genau diese sind es aber, die für die Aufklärung, etwa der Kontakt-Resistenz in Sphäroiden, dringend benötigt werden. Deshalb nehmen die Arbeiten an dieser Fragestellung bei HS/B einen zentralen Platz ein.

#### 7.2.2 Gibt es einen kommunikationsabhängigen zellulären Botenstoff? Die Arbeitshypothese

Wie bereits im Jahresbericht 1986 ausgeführt, werden zelluläre Differenzierungsprozesse in der Regel über einen Botenstoff vermittelt. Es liegt aus verschiedenen Gründen nahe, dieses hauptsächlich bei der Hormonwirkung verwirklichte Konzept, auch auf die Zellkommunikation anzuwenden.

Die von uns zu diesem Zweck aufgestellte Arbeitshypothese geht davon aus, daß es an Zellkontakten (Gap Junctions) zur Bildung eines Signals kommt, welches die Synthese eines intrazellulären Botenstoffes reguliert. Dieser Effekt sollte nur in Sphäroiden auftreten, da die Differenzierungseffekte bevorzugt an diesem System beobachtet werden. Bei Zellen, die keine Gap Junctions ausbilden, sollte keinerlei entsprechende Regulation dieses Botenstoffes zu beobachten sein.

Obwohl im Prinzip verschiedene Botenstoffe (sog. "Second Messengers") als Kandidaten für die Zellkommunikation in Frage kommen, wurde auf Grund folgender Überlegungen zunächst das zyklische Adenosin-Monophosphat (cAMP) in Betracht gezogen. Dieser Botenstoff wird vorwiegend von einem an die Zellmembran gebundenen Enzym, der Adenylat-Cyclase, synthetisiert und sollte deshalb empfindlich auf strukturelle Membranspezialisierungen reagieren, wie sie die Gap Junctions darstellen.

### 7.2.3 Auswahl der Zelllinien

Entsprechend der obigen Arbeitshypothese sollten die Untersuchungen an Zellen mit stark unterschiedlichem Kommunikationsvermögen durchgeführt werden. Wir wählten hierzu zunächst zwei Fibroblasten-Linien der Maus: 3T3 und L. Bei der 3T3-Linie handelt es sich um nicht-transformierte Zellen embryonalen Ursprungs, die aus verschiedenen Stämmen der Maus mit Hilfe eines standardisierten Isolationsverfahrens (daher 3T3) gewonnen werden. Für die hier beschriebenen Untersuchungen wurden Zellen dreier verschiedener Stämme getestet (Balb, Swiss, NIH); die in diesem Bericht vorgestellten Ergebnisse wurden fast ausnahmslos mit Swiss- 3T3-Zellen erzielt. Die Linie L geht auf ein chemisch induziertes Mammacarcinom der Maus zurück. Messungen der Zellkommunikation mit Hilfe der Mikroelektrode-technik ergaben ausgeprägte elektrische Kopplung bei 3T3. Bei den L-Zellen konnte keine signifikante Zellekommunikation festgestellt werden (Tab. 7/1).

	L	3T3
Herkunft	Mamma-Carcinom	Embryonalzellen
Verdopplungszeit (h)	21	28
Plating Efficiency (%)	70	59
Elektrische Kopplung (*)	< < 2	30

(\*) Prozent Hyperpolarisation in der Nachbarzelle relativ zur Injektorzelle.

Tab. 7/1: Kultur- und Wachstumsparameter der benutzten Mäuse-Fibroblasten L und Swiss-3T3.

Medium: Minimum Essential Medium mit Earle's Salzen (für 3T3 auch Dulbecco-Modifikation); Fötale Kälberserum (üblicherweise 5%); 2% Glutaminsäure; 1% Penicillin/Streptomycin

### 7.2.4 Kulturbedingungen und Wachstums-Charakteristik der 3T3- und L-Zellen

Während die L-Zellen problemlos als Sphäroide und Monolayer unterschiedlicher Dichte kultiviert werden können, gilt dies für die 3T3-Zellen nur mit Einschränkungen. Die höchste Zelldichte bei der Subkultivierung von 3T3-Zellen sollte 10000 Zellen pro cm<sup>2</sup> nicht überschreiten, da diese Zellen in dichter Kultur zu Differenzierungsvorgängen neigen und in der Folge Eigenschaften von Pettzellen ausprägen. Während diese Besonderheit lediglich der Beachtung und sorgfältigen Überwachung

bedarf, erwies sich die Kultivierung der 3T3-Zellen als Sphäroide als äußerst schwierig. Die Tendenz der Zellen zur Anheftung am Kulturgefäß konnte auch durch eine Agarosebeschichtung der Petrischalen während der Aggregationsphase nur teilweise unterbunden werden; die Ausbeute an Sphäroiden bleibt daher noch immer relativ gering. Tab. 7/1 faßt die wichtigsten Eigenschaften und Kulturdetails der beiden Zelllinien zusammen.

#### 7.2.5 cAMP-Bestimmungen

Intrazelluläres zyklisches AMP wurde mit Äthanol aus den in Suspension vorliegenden Einzelzellen extrahiert und anschließend lyophilisiert. Zur Quantifizierung des cAMP folgten wir im wesentlichen der von der Firma AMERSHAM vorgeschlagenen Methode. Es handelt sich hierbei um einen kompetitiven Bindungsassay an einen spezifischen Antikörper, wobei mit I(125)-markiertes cAMP zugesetzt wird. Zur Eichung liegen cAMP-Standards vor.

Tab. 7/2 faßt cAMP-Bestimmungen für Sphäroide und Monolayer unterschiedlicher Dichte für beide Zelllinien zusammen. Es sind tiefgreifende und spezifische Unterschiede zwischen den beiden Zellarten zu erkennen: Für die elektrisch gekoppelten 3T3-Zellen zeigt sich ein steiler Abfall des cAMP-Gehaltes bei ca. 5 000 Zellen pro cm<sup>2</sup>, einer Zelldichte, bei der die meisten Zellen sichtbaren Kontakt mit wenigstens einer Nachbarzelle haben. Die zugehörige cAMP-Menge (1,1 fmol pro 1 000 Zellen) bleibt bei weiterer Steigerung der Zelldichte konstant. In Sphäroiden fällt der Wert drastisch auf 0,36 fmol ab.

	L	3T3
Zellen/cm <sup>2</sup>		
1600	-	3,1
5000	-	1,1
10000	1,1	1,3
70000	0,85	1,2
300000	0,40	-
Sphäroide	0,64	0,36

Tab. 7/2: cAMP in Kulturen von L- und 3T3-Zellen  
(fmol/1000 Zellen). Sphäroid-Durchmesser: 0,2 mm.

Im Gegensatz hierzu dominiert bei den praktisch kommunikationslosen L-Zellen der Einfluß der Zellproliferation: der Gehalt an cAMP nimmt stetig bis zur Plateaudichte ab. Der Sphäroidwert liegt höher als der eines dichten Monolayers.

Darüberhinaus ist der cAMP-Gehalt in 3T3-Monolayerzellen höher als in L-Zellen. Auch hängt die cAMP-Menge in systematischer Weise von der Serum-Supplementierung des Mediums ab: sie steigt in beiden Zellen mit dem Serumgehalt. Dieser „Serumeffekt“ scheint bei Sphäroiden beider Zellarten weitgehend ausgeschaltet. Auf die Bedeutung dieser Details soll hier jedoch nicht näher eingegangen werden.

Um die Allgemeingültigkeit dieser Ergebnisse zu überprüfen, werden derzeit analoge Untersuchungen mit einer anderen 3T3-Variante durchgeführt (NHI-3T3), die die beschriebenen Ergebnisse ebenfalls zu bestätigen scheinen. Endgültige Ergebnisse hierzu liegen noch nicht vor. Der Vorteil beim Einsatz dieser Zellen liegt vor allem in der weit besseren Sphäroidausbeute.

### 7.2.6 Diskussion der Ergebnisse und weiteres Vorgehen

Dieses Ergebnis legt die Deutung nahe, daß die Gap Junctions bei Zellen im Sphäroidverband die Menge an intrazellulärem cAMP herunterregeln. Ob es sich hierbei um eine unmittelbare Kontrolle (über eine direkte Regulation der Adenylat-Cyclase) handelt, läßt sich aus diesen Versuchen allein nicht folgern. Auch die in den zurückliegenden Jahren von uns publizierten Befunde einer Erniedrigung der Adenylat-Cyclaseaktivität in Sphäroiden aus elektrisch gekoppelten Zellen, schließt eine indirekte Beeinflussung über einen weiteren sekundären Botenstoff nicht völlig aus. In diesem Zusammenhang sollen in Zukunft auch Calciumbestimmungen durchgeführt werden. Außerdem muß der Einfluß der das intrazelluläre cAMP abbauenden Phosphodiesterase untersucht werden. Besonders interessant dürfte auch die Wirkung von Inhibitoren der interzellulären Kommunikation auf das cAMP sein, an denen derzeit ebenfalls gearbeitet wird.

Auch wenn diese Details derzeit noch offen sind, stellt das obige Ergebnis bereits einen Schlüssel zum Verständnis der kommunikationsabhängigen Zelldifferenzierung dar: Eine Veränderung des cAMP-Spiegels bewirkt über die cAMP-abhängige Proteinkinase A eine Änderung des Phosphorylierungsgrades verschiedener zellulärer Proteine und damit deren Aktivität. Darüber hinaus kann die cAMP-bindende Untereinheit dieser Kinase den Zellkern erreichen und dort weitere Änderungen (z. B. der Transcription oder Translation) bewirken. Wir sehen, insbesondere in dieser Eigenschaft, eine Möglichkeit für die gezielte weitere Untersuchung der Differenzierungsvorgänge und für das Verständnis der Kontakt-Resistenz.

## 7.3 Histochemische Charakterisierung von Sphäroiden aus Ratten-Hepatozyten

B. Walser, H. Diabáló, K.F. Weibezahn, H. Dertinger

### 7.3.1 Einleitung

Die Möglichkeit, frisch isolierte Leber-Parenchymzellen der adulten Ratte als Sphäroide zu kultivieren, stellt einen bedeutenden Fortschritt bei dem Bestreben dar, organspezifische Funktionen über einen längeren Zeitraum in Kultur aufrecht zu erhalten. Seit der Vorstellung von ersten biochemischen Ergebnissen im IIS-Jahresbericht 1986 wurde die Bearbeitung dieser Thematik im Rahmen einer weiteren, 1987 begonnenen Dissertation intensiviert. Da Lebergewebe besonders reich an Gap Junctions ist, erhoffen wir uns von diesen Untersuchungen besonders interessante Einblicke in das Differenzierungspotential von Sphäroiden. Darüber hinaus wird die Entwicklung der Sphäroide zu einem tierversuchseinschränkenden Testsystem angestrebt.

### 7.3.2 Faktoren, die für die Ausprägung differenzierter Leberfunktionen in Kultur von Bedeutung sind

Monolayer-Kulturen von Hepatozyten gehören derzeit zu den weltweit am intensivsten untersuchten Zellsystemen. Aus der Vielzahl publizierter Daten resultiert eine Reihe von Erkenntnissen bezüglich der Ausprägung differenzierter Funktionen, die sich unter den Stichworten Zellproliferation, Zelldichte, Extrazellular-Matrix, Rezeptorausstattung und Hormonkontrolle zusammenfassen lassen. Da diese Punkte für das Verständnis des Sphäroidsystems von großer Bedeutung sind und die Vorgehensweise bei unseren Untersuchungen vorzeichnen, sei kurz auf sie eingegangen.

Nach bisher vorliegenden Erkenntnissen wird die Differenzierung in Monolayern von Hepatozyten durch Kulturbedingungen beeinträchtigt, welche die Zellproliferation (DNA-Synthese) begünstigen. Hingegen nimmt die Differenzierung mit zunehmender Zelldichte in Kultur zu. Allerdings läßt die Monolayer-Kultur nur Zelldichten bis maximal 150000 pro Quadratzentimeter zu, während im Leberläppchen eine mehr als doppelt so hohe Dichte realisiert ist.

Eine entscheidende Rolle bei Differenzierungsprozessen wird der Extrazellular-Matrix zugeschrieben. Es handelt sich um eine komplexe und multifunktionale äußere Zellstruktur, die hauptsächlich aus Collagen, Fibronectin und Proteoglycanen besteht. Bei der Zellisolation aus dem Tier wird sie zunächst zerstört und muß neu synthetisiert werden. Das weit verbreitete Anlegen von Monolayer-Kulturen auf einer Collagenmatrix geschieht in dem Bestreben, die Zellen sofort wieder mit diesem Differenzierungssubstrat zu versorgen.

Da eine Reihe von Leber-spezifischen Funktionen hormonell kontrolliert werden (durch Glucocorticoide und/oder die pankreatischen Hormone Insulin und Glucagon), ist die Rezeptor-Ausstattung und ihre Veränderung in Kultur ein weiterer wichtiger Faktor. Im Monolayern aus Zellen adulter Tiere verschiebt sie sich bereits während der ersten beiden Kulturtage in Richtung auf die Verhältnisse beim Jungtier.

Einige dieser Faktoren lassen sich über die Zusammensetzung des Kulturmediums günstig beeinflussen. Jedoch bedürfen Zellproliferation, Zelldichte und Extrazellular-Matrix in Sphäroiden noch der eingehenden Analyse. Hierzu wurden in diesem Jahr mit der Einführung der Fluß-Zytometrie und der Kryohistologie die experimentellen Voraussetzungen geschaffen.

### 7.3.3 Verbesserungen bei der Sphäroid-Herstellung

Gegenüber anderen Zellen ist die Re-Aggregation von Hepatozyten aus der adulten Ratte weit problematischer. Ein besonderes Problem bereitete bisher das verbreitete Auftreten von übergroßen und nekrotisierenden Aggregaten. Auch wurde immer wieder die nachträgliche Anheftung von toten Einzelzellen beobachtet. Diese Probleme wurden durch Zwischenschaltung eines weiteren Reinigungsschrittes der Hepatozyten, sowie einer modifizierten Aggregationstechnik weitgehend eliminiert. Die durch eine zweistufige Collagenasebehandlung isolierten Zellen werden hierbei zunächst durch Zentrifugation in einem PERCOLL-Dichtegradienten von toten Zellen und Nicht-Parenchymzellen befreit. Die Vitalitätsrate der Hepatozyten beträgt danach über 90%. Daraufhin werden die Zellen auf eine Bakterien-Petrischale mit eingelegtem Edelstahlnetz (Maschenweite 0.5 mm) plattiert. Nach erfolgter Aggregation liegt der weitaus größte Teil der Zellen in Form kompakter Sphäroide mit einem medianen Durchmesser von ca. 0.15 mm vor (Abb. 7/1), die in Spinnerkultur überführt werden. Die Bildung übergroßer Aggregate wird hierdurch weitgehend unterbunden.

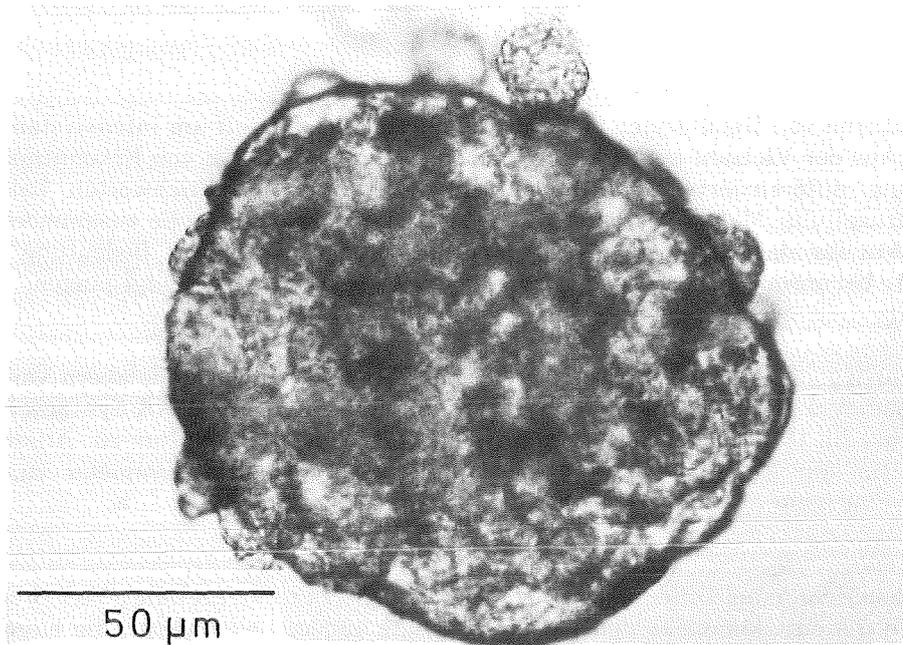


Abb. 7/1: Phasenkontrast-Aufnahme eines Sphäroiden aus Ratten-Leberzellen

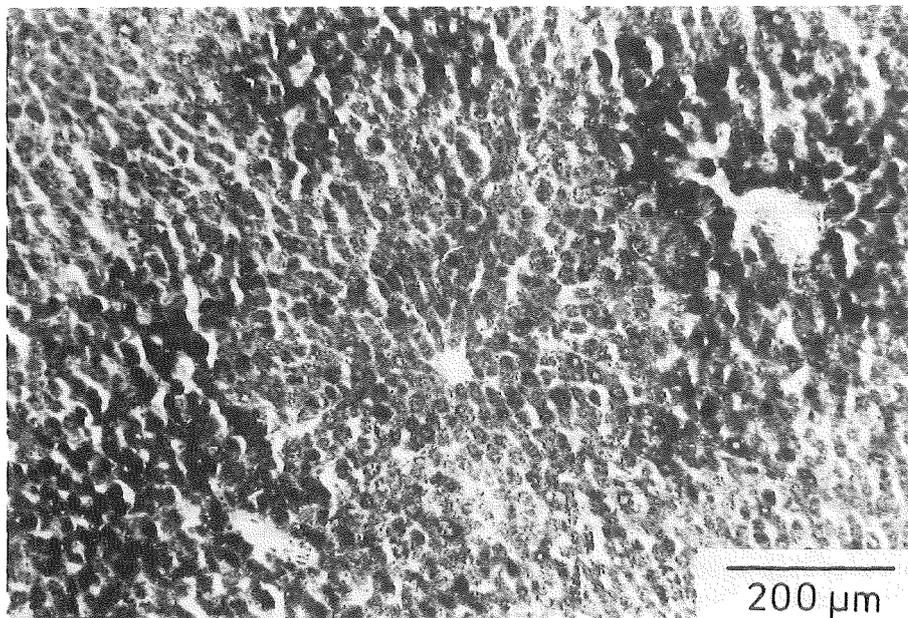


Abb. 7/2: Verteilung der Glucose-6-phosphatase-Aktivität auf einem Kryostatschnitt von Ratten-Lebergewebe

#### 7.3.4 Gefrierschnittechnik an Sphäroiden

Der Grund für die Anwendung der Gefrierschnittmethode anstelle der normalen Einbettung in Paraffin oder Kunststoff ist die bei letzterem Verfahren erforderliche Zellfixierung. Durch die hierbei erfolgende biomolekulare Denaturierung können zahlreiche Proteine und Enzyme nicht mehr spezifisch nachgewiesen werden. Dieses Problem wird durch das Schneiden gefrorener Präparate umgangen.

Während das Einfrieren größerer zusammenhängender Gewebestücke verhältnismäßig problemlos ist, erwies sich die Herstellung von gefrorenen Sphäroidpräparaten als unerwartet schwierig. Das Hauptproblem besteht in der Verdrängung des Wassers aus einer Suspension von Sphäroiden. Gelingt dies nicht vollständig, so kommt es beim Einfrieren zur Zerstörung des Zellgefüges. Die Erprobung verschiedener Verfahren führte schließlich zu der im folgenden skizzierten Einfrieremethode, die recht brauchbare Ergebnisse liefert:

Sphäroide, die zusammen mit einer kleinen Medium-Menge aus der Spinnerflasche entnommen wurden, werden zunächst einer Trypan-Blau-Färbung unterworfen. Diese dient neben der Vitalitätskontrolle der besseren Lokalisierbarkeit der Sphäroide bei den anschließenden Präparationsschritten. Es erfolgt dann eine Zentrifugation in einer Plastikpipettenspitze bei verschlossener Öffnung zur Aufkonzentrierung der Sphäroidsuspension. Nach Überschichtung mit dem sehr dichten Einfriermedium wird die Zentrifugation so lange fortgesetzt, bis dieses die Sphäroidschicht vollständig durchdrungen und überschichtet, und dabei den Trypan-Blau-Färbepuffer in den Überstand verdrängt hat. Die Sphäroide mit dem Einfriermedium werden in dünner Schicht auf vorgekühlte Aluminiumfolien aufgetragen und in flüssigem Methyl-Butan (-160 C) schockgefroren. Von dem gefrorenen Block werden mit einem Kryomikrotom Dünnschnitte (6 - 10 µm) hergestellt, die anschließend mit spezifischen Nachweisreagenzien inkubiert bzw. gefärbt werden können.

#### 7.3.5 Erste Ergebnisse

##### 7.3.5.1 Glucose-6-phosphatase (G6Pase)

Die G6Pase ist ein multifunktionelles Enzym, das sowohl Glucose-6-Phosphat (G6P) und Phosphat-Ester spalten, als auch D-Glucose phosphorylieren kann. Es kommt in zahlreichen Zellen vor; jedoch zeigen Hepatozyten eine besonders hohe G6Pase-Aktivität. Der histochemische Nachweis beruht auf der Phosphatabspaltung von G6P und der Erzeugung eines schwarzen Bleisulfidniederschlags auf dem Kryostat-Schnitt. Die an Stellen mit G6Pase-Aktivität erzielte Schwärzung ermöglicht eine indirekte Bestimmung der vorhandenen Enzymaktivität.

In Abb. 7/2 ist die Verteilung der G6Pase-Aktivität auf einem Kryostatschnitt von Rattenlebergewebe dargestellt. Der Bildausschnitt zeigt ein Leberläppchen mit der Vena centralis (weißes Loch in der Mitte). Man erkennt am Schwärzungsgrad, daß die G6Pase an der Peripherie (im sog. periportalen Bereich) höher ist als im Bereich der Zentralvene.

Diese Unterschiede in der Verteilung bedingen, daß bei der Hepatozytenisolation zunächst ein Gemisch von Zellen unterschiedlicher Enzymaktivität erhalten wird (Abb. 7/3). Nach der Reaggregation kommt es zur Ausbildung eines neuen Aktivitätsmusters. Abb. 7/4 zeigt, daß sich auch in Sphäroiden eine Ungleichverteilung der G6Pase-Aktivität (Zonierung), ähnlich dem Lebergewebe, zu formieren scheint.

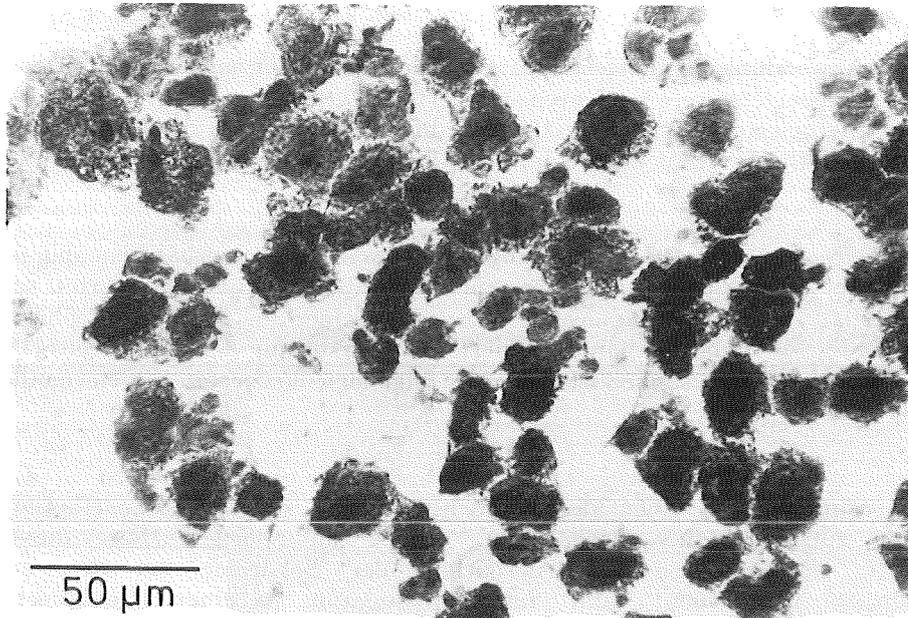


Abb. 7/3: Glucose-6-phosphatase-Aktivität in frisch isolierten und gereinigten Ratten-Hepatozyten

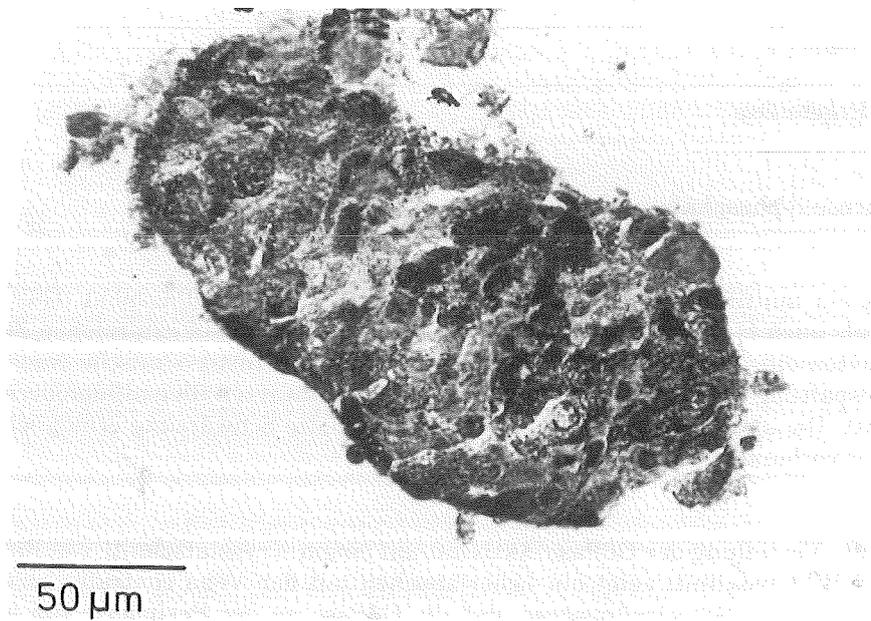


Abb. 7/4: Verteilung der Glucose-6-phosphatase-Aktivität auf dem Kryostatschnitt eines Hepatozyten-Sphäroiden

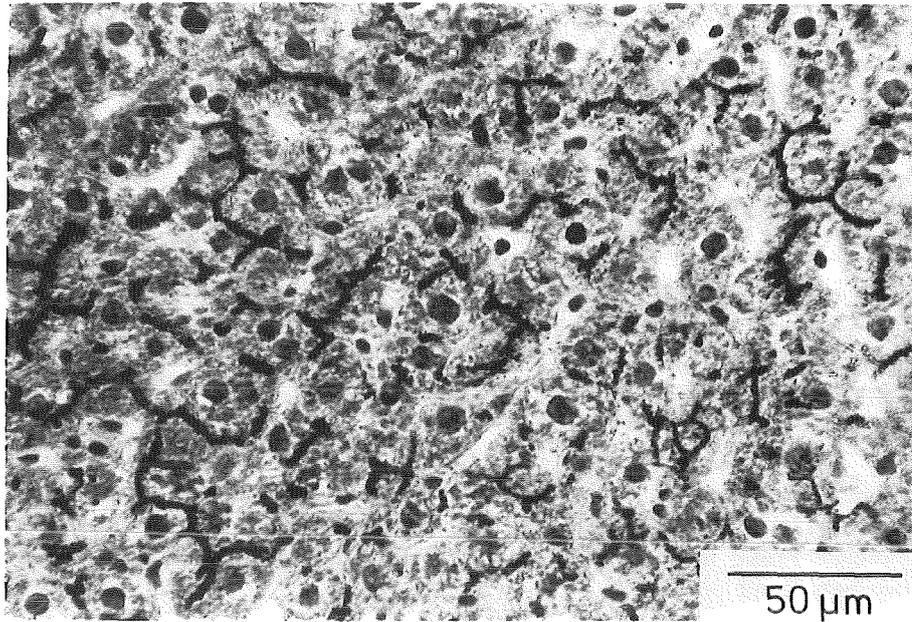


Abb. 7/5: Darstellung von Gallekanälchen auf einem Kryostatschnitt von Lebergewebe (ATPase-Färbung)

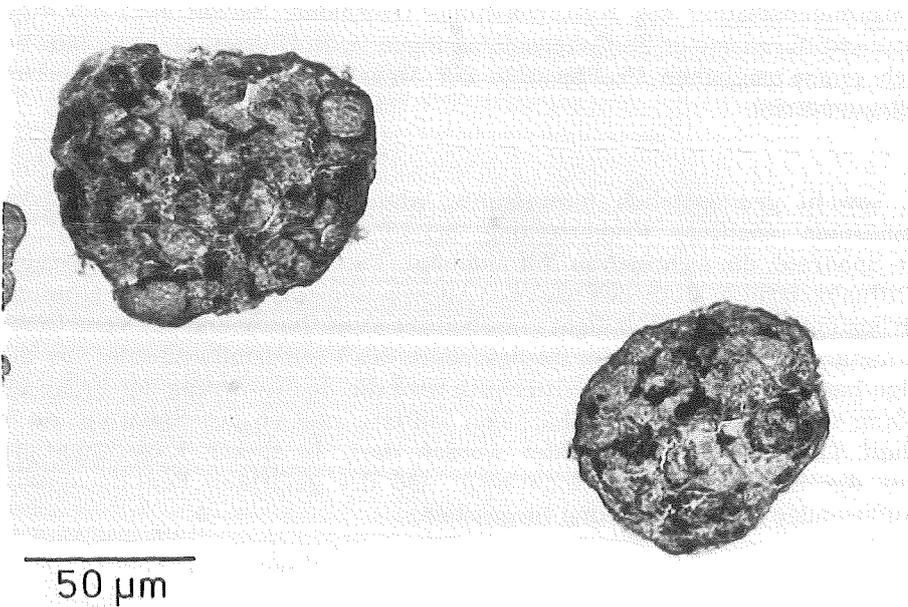


Abb. 7/6: Gallekanälchen in Sphäroiden aus Rattenhepatozyten (ATPase-Färbung)

### 7.3.5.2 Mg-abhängige ATPase

Dieses ATP-spaltende Enzym wird hauptsächlich an der Zellmembran angetroffen, wo es den aktiven Stofftransport vermittelt. Da an Gallekanälchen besonders intensive Transportprozesse auftreten (Gallensäuren!), ist die ATPase-Aktivität dort auch besonders hoch. Die ATPase ist deshalb das Marker-Enzym dieser Strukturen. Ihr histochemischer Nachweis beruht, ähnlich wie bei der G6Pase, auf der Bildung eines Bleisulfidniederschlags.

Abb. 7/5 zeigt die ATPase-Färbung von Lebergewebe. Man erkennt entlang der Zellgrenzen im Sphäroid zahlreiche Schwärzungslinien. Je nach dem zufälligen Schnittwinkel der 'Canaliculi' erscheinen diese unterschiedlich lang. Bei der Leberperfusion werden die Gallekanälchen zerstört, es bilden sich jedoch im Sphäroid ähnliche Strukturen aus (Abb. 7/6).

Ob diese Kanälchen allerdings in Bezug auf den Transport von Gallensäuren voll funktionsfähige Strukturen darstellen, läßt sich aus dieser histochemischen Darstellung nicht folgern. Die Beantwortung dieser Frage muß spezifischen Transportstudien (z. B. mit fluoreszenzkonjugierten Gallensäuren) vorbehalten bleiben.

### 7.3.6 Weiteres Vorgehen

Diese Ergebnisse markieren den Anfang der Untersuchung der in 7.3.2 genannten Faktoren der Hepatozytendifferenzierung. Es wird in diesem Zusammenhang auch zu untersuchen sein, welchen Einfluß die Zusammensetzung des Kulturmediums (Hormone, Serum etc.) auf Aggregation und Aufrechterhaltung differenzierter StoffwechsellLeistungen (z. B. Gluconeogenese) hat. Ferner verdient die Frage nach einer möglichen Proliferation der Hepatozyten im Sphäroid-Verband besonderes Interesse (Flußzytometrie).

Eine weitere, sowohl grundsätzlich interessante, als auch für die praktische Anwendung der Hepatozytensphäroide wichtige Fragestellung betrifft die mögliche Zonierung enzymatischer Reaktionen im Sphäroid, die sich in Abb. 7/4 andeutet. Da die metabolische Versorgung der inneren Zellen durch Diffusion erfolgt, stellt sich nach der Aggregation ein metabolischer Gradient ein. Auch im Leberläppchen besteht ein solcher Gradient zwischen der Vena Portae und der Vena Centralis, was eine Abhängigkeit metabolischer Leistungen (insbesondere des Fremdstoffwechsels) von der Position der Zellen zur Folge hat. Mit der Gefrierschnittechnik wird die Beantwortung der Frage möglich sein, in welchem Umfang eine Zonierung in Sphäroiden auftritt, und ob der Sphäroid als Modell für die Funktionseinheit Leberläppchen betrachtet werden darf. In dieser Experimentierphase ist zur Quantifizierung der histochemischen Reaktionen und der gefärbten Reaktionsprodukte auch der Einsatz hochauflösender Bildverarbeitung vorgesehen.

8 Untersuchungen im Zusammenhang mit dem Reaktorunfall von Tschernobyl

8.1 Die regionale Verteilung der Cs-137-Körperaktivität in der Bevölkerung von Baden-Württemberg

A. Zieger, U. Mohr, H. Doerfel

Im Mai und im Juni 1987 wurde im Ganzkörperzähler von HS/D ein spezielles Meßprogramm zur Bestimmung der regionalen Verteilung der Cs-137-Körperaktivität in der Bevölkerung von Baden-Württemberg durchgeführt. Das Ministerium für Arbeit, Gesundheit, Familie und Sozialordnung unterstützte dieses Meßprogramm durch einen Erlaß an 24 staatliche Gesundheitsämter mit der Aufforderung, jeweils 5 bis 10 Mitarbeiter sowie deren Familienangehörige zu einer kostenlosen Ganzkörpermessung nach Karlsruhe zu senden. Daraufhin meldeten sich Mitarbeiter von 20 Gesundheitsämtern zur Messung an. Zusammen mit den Mitgliedern der Karlsruher Referenzgruppe standen 224 Personen aus insgesamt 21 Landkreisen für die Erhebungsmessungen zur Verfügung. Die Messungen der Karlsruher Referenzgruppe zeigten, daß sich die Cs-137-Körperaktivität in der Karlsruher Bevölkerung in der Zeit von Mai bis Juni 1987 nicht nennenswert veränderte. Da der zeitliche Verlauf

Ort	Anzahl der Personen	Mittlere spez. Cs-137-Körperaktivität in Bq/kg	
		Erwachsene	Kinder
Aalen	6/2	12,1	8,1
Balingen	7/-	10,9	-
Biberach	14/3	13,3	14,1
Crailsheim	10/-	10,0	-
Esslingen	11/3	9,5	8,0
Freiburg	7/2	11,0	10,1
Freudenstadt	3/2	10,7	11,0
Göppingen	9/2	12,3	5,6
Heidelberg	2/-	11,6	-
Heilbronn	8/-	8,8	-
Karlsruhe	18/14	8,1	8,9
Konstanz	12/-	11,8	-
Leutkirch	7/-	17,8	-
Ludwigsburg	9/10	10,0	10,0
Nagold	4/2	9,7	8,3
Offenburg	10/5	7,4	10,3
Rastatt	8/-	8,8	-
Sigmaringen	6/3	9,5	5,2
Tauberbischofsheim	4/3	10,9	9,9
Tübingen	2/2	6,1	9,8
Tuttlingen	6/-	11,5	-

Tab. 8/1: Geometrische Mittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität in der Bevölkerung Baden-Württembergs nach Erhebungsmessungen im Mai und Juni 1987

Bq Cs-137 pro kg Körpergewicht

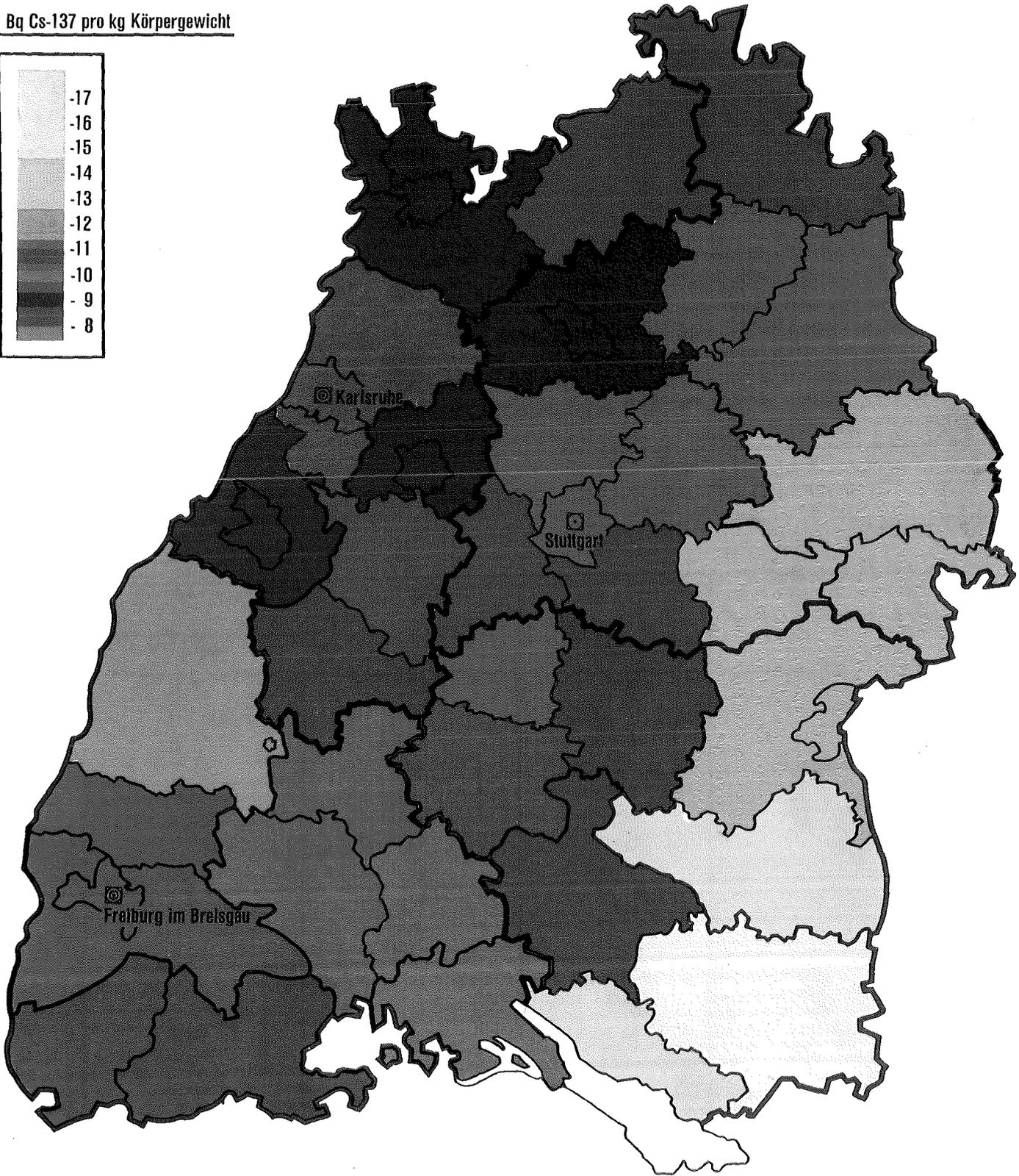
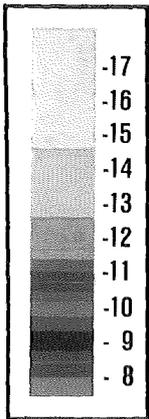


Abb. 8/1: Regionale Verteilung der spezifischen Cs-137-Körperaktivität der Bevölkerung von Baden-Württemberg nach Erhebungsmessungen im Mai und Juni 1987, zum Teil interpoliert (geometrische Mittelwerte für Erwachsene)

der Cs-137-Körperaktivität mit hoher Wahrscheinlichkeit im gesamten betrachteten Gebiet qualitativ gleich ist, spielt der genaue Zeitpunkt der Erhebungsmessungen keine Rolle. die regionale Verteilung der Cs-137-Körperaktivität kann folglich unmittelbar aus den Messungen abgeleitet werden.

Die bei den Erhebungsmessungen ermittelten Cs-137-Körperaktivitäten wurden jeweils auf das Körpergewicht der untersuchten Personen bezogen. Der geometrische Mittelwert der spezifischen Körperaktivität der insgesamt 170 Erwachsenen liegt bei 9,6 Bq/kg. Dabei ist der Mittelwert bei den 53 Männern mit 10,5 Bq/kg etwas größer als bei den 117 Frauen mit 9,2 Bq/kg. Vergleicht man die Mittelwerte in den einzelnen Landkreisen, so zeigt sich, daß die Körperaktivität bei den Frauen durchschnittlich 25 % kleiner ist als bei den Männern. Die niedrigste Körperaktivität der Erwachsenen wurde mit 2,9 Bq/kg bei einem Mann aus Heilbronn gemessen. Die höchste Körperaktivität hatte ein Mann aus Leutkirch im Kreis Ravensburg mit 24,1 Bq/kg. Bei den insgesamt 54 untersuchten Kindern beträgt der gemeinsame geometrische Mittelwert 9,3 Bq/kg. Die 24 Jungen haben eine mittlere Körperaktivität von 9,5 Bq/kg, die der 30 Mädchen ist mit 9,1 Bq/kg nur wenig geringer. Die niedrigste Körperaktivität der Kinder wurde bei einem dreieinhalb Jahre alten Jungen aus Ludwigsburg mit 3,3 Bq/kg gemessen und die höchste Körperaktivität waren 22,4 Bq/kg bei einem sechsjährigen Jungen aus Biberach.

Die Tab. 8/1 vermittelt einen Überblick über die in den einzelnen Landkreisen gemessenen Mittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität der Erwachsenen und der Kinder. Leider war die Anzahl der untersuchten Kinder - abgesehen von den Kreisen Karlsruhe und Ludwigsburg - so gering, daß die Mittelwerte mit einem relativ großen statistischen Fehler behaftet sind. Zur Bestimmung der regionalen Verteilung der Körperaktivität wurden daher nur die Meßwerte der Erwachsenen herangezogen. Da die spezifische Cs-137-Körperaktivität bei den Frauen im Durchschnitt 25 % kleiner ist als bei den Männern, wurde bei allen Landkreisen, in denen die Anzahl der untersuchten Männer wesentlich von der Anzahl der untersuchten Frauen abwich, eine entsprechende Korrektur angebracht. Die Erhebung zeigt, daß die mittlere spezifische Cs-137-Körperaktivität bei den Erwachsenen aus Leutkirch mit 17,8 Bq/kg am höchsten, aus Tübingen mit 6,1 Bq/kg am geringsten ist. Allerdings ist der letztgenannte Wert wegen der geringen Anzahl der untersuchten Personen mit einem relativ hohen statistischen Fehler behaftet.

Bei der Bestimmung der regionalen Verteilung wurden 19 Landkreise herangezogen, für die mindestens drei Meßergebnisse vorlagen. Um ein vollständiges Bild von ganz Baden-Württemberg zu erhalten, wurden die Werte für die fehlenden 17 Landkreise aus den Werten der jeweils angrenzenden Landkreise interpoliert (Abb. 8/1). Die höchste spezifische Cs-137-Körperaktivität wurde bei Personen aus dem Kreis Ravensburg gemessen. Doch auch in den umliegenden Kreisen im Osten und Südosten des Landes sind die Werte überdurchschnittlich hoch. Die geringste spezifische Cs-137-Körperaktivität wurde bei der Bevölkerung der nordwestlichen bis westlichen Landkreise festgestellt.

## 8.2 Zusammenhänge zwischen den Cs-137-Aktivitäten in der Nahrung und im Menschen

A. Zieger, H. Doerfel, U. Mohr

Im Rahmen einer Diplomarbeit wurden die Zusammenhänge zwischen den Cs-137-Aktivitäten in der Nahrung und im menschlichen Körper näher untersucht. Die Untersuchungen basierten auf dem seit Mitte 1986 gesammelten Datenmaterial über die Cs-137-Körperaktivität in der Karlsruher Referenzgruppe (Abschn. 6.5.2). Außerdem wurden die von der Landesregierung Baden-Württembergs herausgegebenen Informationen über die Aktivitätskonzentration in verschiedenen Lebensmitteln herangezogen. Die Untersuchungen bezogen sich einerseits auf die Zeitabhängigkeit der Cs-137-Körperaktivität an einem definierten Ort (Karlsruhe) und andererseits auf die Ortsabhängigkeit der Cs-137-Körperaktivität zu einer definierten Zeit (Mai/Juni 87).

Monat	Jahr	Mittlere Cs-137-Aktivitätskonz. in Bq/kg
Mai	1986	8,82
Juni		10,45
Juli		4,13
August		1,83
September		2,00
Oktober		1,60
November		2,35
Dezember		2,55
Januar	1987	3,79
Februar		4,00
März		5,32
April		3,76
Mai		2,59
Juni		1,70

Tab. 8/2: Monatsmittelwerte der Cs-137-Aktivitätskonzentration in der Milch im Raum Karlsruhe nach den Informationen der Landesregierung Baden-Württembergs

Monat	Jahr	Mittlere Cs-137-Aktivitätskonz. in Bq/kg
August	1986	-
September		94
Oktober		127
November		190
Dezember		296
Januar	1987	282
Februar		279
März		297
April		405
Mai		273
Juni		276

Tab. 8/3: Monatsmittelwerte der Cs-137-Aktivität in importierten Haselnüssen aus Italien, Griechenland und der Türkei nach Messungen des Kernforschungszentrums Karlsruhe

Monat	Jahr	$Z_{M,i}$	$Z_{H,i}$
August	1986	1,62	0,0
September		1,80	0,01
Oktober		1,70	0,03
November		1,38	0,08
Dezember		0,98	0,16
Januar		1987	0,74
Februar	0,81		0,33
März	0,95		0,41
April	1,17		0,46
Mai	1,32		0,50
Juni	1,34		0,51
Juli	1,22		0,51

Tab. 8/4: Werte der monatlichen Aktivitätszufuhr durch die „Milchkomponente“ M und die „Haselnußkomponente“ H in Bq/kg Körpergewicht für die Männer der Karlsruher Referenzgruppe

Zur Untersuchung der Zeitabhängigkeit wurden zunächst die monatlichen Mittelwerte der Cs-137-Körperaktivität der Männer der Karlsruher Referenzgruppe betrachtet. Die Milch wurde als Leitnahrungsmittel ausgewählt, da die Aktivität der übrigen Grundnahrungsmittel einen sehr ähnlichen zeitlichen Verlauf hat oder aber zu gering ist, um einen spürbaren Beitrag zur Aktivitätsaufnahme zu leisten. Die mittlere monatliche Cs-137-Aktivitätskonzentration in der Milch im Raum Karlsruhe von Mai 86 bis Juni 87 ist in Tab. 8/2 zusammengestellt. Mit diesen Daten ließ sich der Verlauf der Körperaktivität bis Dezember 1986 gut nachvollziehen. Dann jedoch war die Körperaktivität höher als man aufgrund der Aktivität in der Milch annehmen konnte. Daraus wurde geschlossen, daß die Aktivitätszufuhr noch eine weitere Komponente außer dieser sogenannten „Milchkomponente“ haben müsse. Die zweite Komponente wurde als „Haselnußkomponente“ bezeichnet und deckt die Süßigkeiten und Genußmittel ab, die aus Rohstoffen bestehen, die z. T. aus dem südlichen Mittelmeerraum importiert werden. Der zeitlich Verlauf der Cs-137-Aktivität in Haselnüssen aus Italien und der Levante ist für diese Komponente charakteristisch (Tab. 8/3). Nun ließ sich auch der weitere Verlauf der Körperaktivität nachvollziehen. Dabei ergab sich ein Gewichtsanteil der „Haselnußkomponente“ an der Nahrung von ca. 0,5 %. Sie leistet dennoch einen signifikanten Beitrag zur Aktivitätszufuhr, da die spezifische Aktivität der Haselnüsse und anderer Nahrungsrohstoffe dieser Komponente viel höher ist als die spezifische Aktivität der Grundnahrungsmittel.

Bei der Interpretation der Zeitabhängigkeit der Cs-137-Körperaktivität als Funktion der Cs-137-Aktivität in den Nahrungsmitteln wurde berücksichtigt, daß Lebensmittel durch Verarbeitung haltbar gemacht werden und nicht immer im Monat ihrer Herstellung verzehrt werden, wie z. B. Schinken, Käse und Schokolade. Dabei ergab sich, daß die Aktivität der Leitnahrungsmittel aus dem vorangegangenen halben Jahr zur Aktivitätszufuhr beiträgt, so daß die mittlere zeitliche Verzögerung, mit der Nahrungsmittel zum Verbraucher gelangen, etwa drei Monate beträgt.

Die Berechnung der Aktivitätszufuhr  $Z$  aus der Körperaktivität  $A_K$  erfolgte auf der Basis der Differentialgleichung

$$\frac{dA_K}{dt} = - \frac{\ln 2}{T} \cdot A_K + Z$$

Dabei ist  $T$  die effektive Halbwertszeit von Cs-137 im Körper, für die bei ICRP 30 ein Wert von 110 d angegeben wird. Bei Zugrundelegung der monatlichen Meßwerte der Referenzgruppe ergeben sich hieraus die in Tab. 8/4 aufgeführten Mittelwerte der monatlichen Aktivitätszufuhr. Die Werte beziehen sich auf die Zeit von August 1986 bis Juli 1987 (die Diplomarbeit wurde im Juli 87 abgeschlossen). Im Mittel haben die Männer der Referenzgruppe in diesem Zeitraum insgesamt 1100 Bq Cs-137 durch die „Milchkomponente“ und 240 Bq Cs-137 durch die „Haselnußkomponente“ aufgenommen.

Bei der Übertragung der für die Daten der Männer entwickelten Beziehung zwischen Körperaktivität und Aktivitätszufuhr auf die Daten der Frauen, Jungen und Mädchen der Referenzgruppe zeigte sich, daß der Anteil der beiden Zufuhrkomponenten bei jeder der vier Gruppen unterschiedlich ist. So ist bei Frauen die Aktivitätszufuhr durch die Milchkomponente bezogen auf das Körpergewicht geringer als bei Männern, dafür ist die Haselnußkomponente bedeutender. Die Kinder nehmen sowohl über die Milchkomponente als auch über die Haselnußkomponente mehr Aktivität pro Körpergewicht auf als die Erwachsenen. Bei den Mädchen ist die Haselnußkomponente bedeutender als bei den Jungen.

Auch bei der Untersuchung der Ortsabhängigkeit konnte ein Zusammenhang zwischen der Cs-137-Körperaktivität und der Cs-137-Aktivitätskonzentration im Leitnahrungsmittel Milch festgestellt werden. Dabei wurden die Ergebnisse der Erhebungsmessungen von ganz Baden-Württemberg im Mai/Juni 1987 herangezogen. Die Abb. 8/2 zeigt die Cs-137-Körperaktivität in Abhängigkeit von der mittleren Cs-137-Aktivitätskonzentration in der Milch am jeweiligen Ort. Die Aktivitätskonzentration in der Milch ist proportional zur Aktivitätszufuhr durch die frischen, lokal erzeugten Produkte. Außer dieser regionalen Komponente wird die Körperaktivität auch von einer räumlich konstanten Komponente bestimmt. Diese überregionale Komponente ist auf importierte Nahrungsmittel sowie einheimische Produkte, die längere Zeit haltbar sind und über eine größere Region verteilt werden, zurückzuführen.

Eine lineare Regressionsberechnung auf der Basis der in Abb. 8/2 dargestellten Werte führt zu der folgenden Beziehung:

$$A_K = 0,62 \frac{l}{kg} \cdot A_M + 6,73 \frac{Bq}{kg}$$

Dabei ist  $A_K$  die mittlere spezifische Körperaktivität und  $A_M$  die mittlere Aktivitätskonzentration in der Milch in Bq/l. Der erste Term dieser Beziehung repräsentiert die regionale Komponente und der zweite Term die überregionale Komponente. Je höher die Körperaktivität ist, desto größer ist auch der Anteil der regionalen Komponente. In Karlsruhe ist die Körperaktivität vergleichsweise niedrig, so daß die regionale Komponente nur etwa 10 % ausmacht.

Man kann davon ausgehen, daß die Aktivitätszufuhr durch die „Haselnußkomponente“ vollständig in die überregionale Komponente der Körperaktivität eingeht, während sich die „Milchkomponente“ auf beide Komponenten verteilt. Es läßt sich zeigen, daß im Raum Karlsruhe etwa 15 % der „Milchkomponente“ in die regionale Komponente und etwa 85 % in die überregionale Komponente eingehen.

Dieses Ergebnis ist mit der zeitlichen Verzögerung auf dem Weg vom Rohnahrungsmittel zum Verbraucher konsistent. So zeigt sich, daß die im Monat vor der Messung produzierten Nahrungsmittel etwa den gleichen Beitrag zur Aktivitätszufuhr liefern wie die Milchkomponente zur regionalen Komponente. Frische Produkte, die innerhalb weniger Wochen verzehrt werden, bleiben demnach überwiegend in der Region, in der sie erzeugt wurden, während dauerhafte Produkte auf größere Gebiete verteilt werden und somit zur überregionalen Aktivitätszufuhr beitragen.

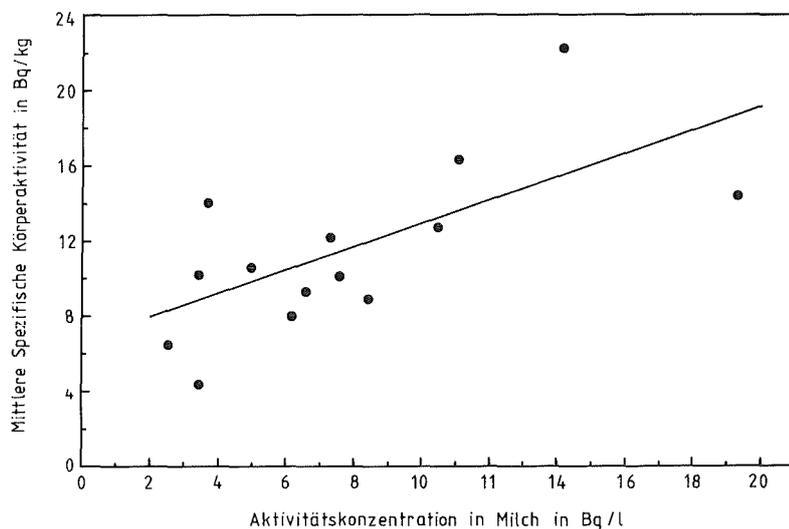


Abb. 8/2: Geometrische Mittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität der Männer nach den Erhebungsmessungen im Mai/Juni 1987 in Abhängigkeit von den Mittelwerten der Aktivitätskonzentration in Milch im Mai 1987 in den entsprechenden Landkreisen

### 8.3 Aktivität in pflanzlichen Nahrungsmitteln

S. Hempelmann

Gegenüber dem Vorjahr ist die Aktivitätskonzentration der pflanzlichen Nahrungsmittel sehr gering. Die höchste Cs-137-Aktivität wurde in Karotten aus Eggenstein gemessen ( $0,43 \pm 0,05$  Bq/kg). Sämtliche Landprodukte wurden verzehrbereit aufgearbeitet, d. h. geschält, gewaschen und eventuell faule Stellen entfernt.

Tab. 8/5 gibt einen Überblick über die gemessene Aktivitätskonzentration in pflanzlichen Nahrungsmitteln aus dem Raum Karlsruhe.

Zusätzlich zu den angebauten Landprodukten wurden über einen längeren Zeitraum verschiedene Pilzsorten aus dem Hardtwald gesammelt und ausgemessen. Die Meßergebnisse sind Tab. 8/6 zu entnehmen.

Probenahme- datum 1987	Probenart	Probenahmeort	Aktivitätskonzentration in Bq/kg		
			Cs-134	Cs-137	K-40
09.06.	Spargel	Eggenstein	< 0,022	0,053 ± 0,033	23 ± 1
24.08.	Karotten	Eggenstein	0,073 ± 0,030	0,43 ± 0,05	51 ± 4
26.08.	Kartoffeln	Friedrichstal	< 0,045	0,080 ± 0,048	110 ± 2
11.09.	Kartoffeln	Eggenstein	< 0,040	0,087 ± 0,043	120 ± 2
13.08.	Roggen	Friedrichstal	< 0,056	0,22 ± 0,07	100 ± 8
13.08.	Roggen	Eggenstein	< 0,092	0,24 ± 0,08	110 ± 9
11.08.	Weizen	Friedrichstal	< 0,072	0,18 ± 0,07	86 ± 7
17.08.	Weizen	Eggenstein	< 0,059	0,092 ± 0,053	110 ± 9
02.06.	Spinat	Friedrichstal	0,083 ± 0,052	0,36 ± 0,05	120 ± 2
15.07.	Kopfsalat	Eggenstein	0,021 ± 0,015	0,042 ± 0,028	48 ± 1
13.10.	Feldsalat	Friedrichstal	< 0,043	0,044 ± 0,043	83 ± 2

Tab. 8/5: Aktivitätskonzentration in pflanzlichen Nahrungsmitteln

Probenahme- datum 1987	Pilzsorte	Aktivitätskonzentration Bq/kg f'S	
		Cs-134	Cs-137
01.07.	Steinpilze	1,2 ± 0,7	9,5 ± 1,4
20.07.	Steinpilze	0,88 ± 0,21	8,3 ± 0,4
04.08.*	Steinpilze	1,0 ± 0,2	12 ± 1
10.08.	Steinpilze	1,1 ± 0,3	9,9 ± 0,5
10.08.**	Maronenröhrlinge	59 ± 1	230 ± 2
04.09.	Frauentäublinge	1,5 ± 0,5	12 ± 1
15.09.	Perlpilze	8,5 ± 1,9	42 ± 4
15.09.	Krause Glucke	< 5,5	17 ± 7
15.09.	Semmelstoppelpilze	120 ± 10	630 ± 20
15.09.	Steinpilze	5,1 ± 2,0	33 ± 5
19.10.	Fflaschenboviste	< 1,0	4,0 ± 1,2
03.11.	Birkenpilze	3,3 ± 1,9	11 ± 3
03.11	Maronenröhrlinge	64 ± 7	283 ± 14
03.11	Parasole	0,52 ± 0,32	2,1 ± 0,3
03.11	Rotfußröhrling	9,9 ± 3,1	42 ± 5
03.11	Butterpilze	17 ± 4	68 ± 6
03.11	Fflaschenboviste	0,29 ± 0,26	1,4 ± 0,3
03.11	Schopftintling	< 0,34	0,77 ± 0,37
09.11.	Frauentäubling, Grünfeldriger Täubling, Birkentäubling	9,5 ± 2,1	44 ± 4
09.11.	Rotfußröhrling	15 ± 2	55 ± 3
09.11.	Hallimasch	4,6 ± 1,7	12 ± 4

f'S: Frischsubstanz

Weitere Nuklide: \*Ag-110m = 0,26 ± 0,18 Bq/kg f'S; \*\*Ag-110m = 0,30 ± 0,24 Bq/kg f'S

Tab. 8/6: Aktivitätskonzentration in Pilzen aus dem Hardtwald

Probenah-meort	Probenart	1986			1987		
		Datum	Cs-134 Bq/kg FS	Cs-137 Bq/kg FS	Datum	Cs-134 Bq/kg FS	Cs-137 Bq/kg FS
<b>Hainbuche</b>							
1	B	05.05.	250 ± 50	460 ± 60	24.09.	12 ± 1	40 ± 2
2	B	20.08.	124 ± 22	291 ± 24	10.06.	14 ± 10	34 ± 12
3	B	-	-	-	25.06.	9,2 ± 2,8	29 ± 4
3	B	-	-	-	18.08.	20 ± 2	59 ± 5
3	II	-	-	-	18.08.	8,7 ± 1,4	24 ± 2
<b>Rotbuche*</b>							
4-1	B	19.09.	27 ± 9	46 ± 18	03.09.	3,7 ± 1,0	21 ± 2
4-2	B	19.09.	57 ± 15	157 ± 29	03.09.	7,5 ± 1,6	42 ± 6
4-3	B	19.09.	45 ± 20	115 ± 19	03.09.	6,2 ± 1,2	26 ± 3
<b>Eiche</b>							
5	B	10.06.	56 ± 16	110 ± 24	08.09.	5,6 ± 1,2	27 ± 3
6	B	09.07.	24 ± 6	52 ± 11	-	-	-
7	B	20.08.	12 ± 8	30 ± 11	10.06.	3,4 ± 2,8	10 ± 3
7	B	18.09.	12 ± 3	33 ± 3	-	-	-
7	F	18.09.	16 ± 2	38 ± 2	-	-	-
7	B	27.10.	23 ± 5	63 ± 7	-	-	-
8	B	-	-	-	25.06.	9,9 ± 2,1	27 ± 3
8	B	-	-	-	18.08.	9,6 ± 1,2	30 ± 3
8	II	-	-	-	18.08.	5,5 ± 0,8	18 ± 2
<b>Kirschbaum</b>							
9	F	25.06.	9,0 ± 1,6	17 ± 2	-	-	-
9	B	08.08.	26 ± 8	60 ± 14	12.06.	1,9 ± 0,5	4,9 ± 0,7
10	B	06.11.	21 ± 4	36 ± 5	-	-	-
<b>Zwetschgenbaum</b>							
11	B	23.09.	35 ± 8	74 ± 9	04.09.	4,3 ± 1,0	13 ± 2
<b>Ahorn</b>							
12	B	18.09.	4,2 ± 2,1	9,3 ± 2,1	09.09.	1,7 ± 0,5	4,3 ± 0,6
<b>Kirschlorbeer</b>							
13	B	-	-	-	13.08.	5,7 ± 2,8	16 ± 3
13	II	-	-	-	13.08.	37 ± 5	103 ± 8
<b>Kiefer</b>							
14	N	06.05.	120 ± 30	240 ± 30	10.09.	2,7 ± 1,4	9,5 ± 2,0
15	N	21.08.	37 ± 5	70 ± 6	25.08.	2,3 ± 0,4	9,1 ± 0,7
<b>Tanne</b>							
16	N	20.08.	51 ± 16	115 ± 16	25.08.	3,3 ± 1,0	11 ± 1

\*Immissionen aus KfK beteiligt

Legende: B: Blätter; F: Früchte; N: Nadeln; II: Äste; FS: Frischsubstanz.

1 KfK, Meßhütte Nordost

2 KfK, Westzaun

3 Hardtwald

4-1 KfK, Versuchsbaum, 1 - 1,5 m

4-2 KfK, Versuchsbaum, 4 m

4-3 KfK, Versuchsbaum, 8 m

5 Mörsch

6 Leopoldshafen

7 KfK-Westzaun

8 Hardtwald

9 Leopoldshafen

10 Karlsruhe

11 Linkenheim

12 KfK-Westzaun

13 Karlsruhe

14 Hardtwald

15 KfK-Nordtor

16 KfK-Nordtor

Tab. 8/7: Meßergebnisse von Blatt-, Frucht-, Holz- und Nadelproben

#### 8.4 Radioaktivität im Wald und in Einzelbäumen als Folge des Reaktorunfalls von Tschernobyl

L.A. König

Die 1986 begonnenen sporadischen  $\gamma$ -spektrometrischen Messungen von Blatt-, Holz- und Nadelproben wurden 1987 festgesetzt. Sie sind zusammen mit einigen Aktivitätsabschätzungen für Radiocäsium im Rehfleisch im KfK 4311 veröffentlicht. Die vorliegenden Meßergebnisse (s. Tab. 8/7) deuten darauf hin, daß in Bäumen in erheblichem Umfang radioaktives Cäsium gespeichert ist. In Laubbäumen wird offensichtlich insbesondere auch vor dem Laubfall aus den Blättern Cäsium z. T. in die Äste transportiert und erscheint im folgenden Frühjahr in den neu getriebenen Blättern. Ein Cäsiumtransport aus Blättern in andere Pflanzenteile wird auch in älteren Veröffentlichungen berichtet. Ob auch ein äußerlicher Aktivitätstransport mit abfließendem Niederschlagswasser eine Rolle spielt, kann an Hand der vorliegenden Ergebnisse nicht endgültig verneint werden, auch wenn dies im Augenblick als recht unwahrscheinlich erscheint.

Die Strahlenexposition von Blättern und Nadeln ist so niedrig, daß nach allen vorliegenden Erfahrungen eine Strahlenschädigung völlig ausgeschlossen werden kann. Das mit den abgefallenen Blättern und Nadeln auf den Boden gelangte Cäsium bleibt zusammen mit dem dort direkt abgelagerten Cäsium für flachwurzelnnde Pflanzen verfügbar. Im Gegensatz zur Landwirtschaft wird die im Wald abgelagerte Aktivität nur relativ langsam aus Pflanzen und dem Wild verschwinden.

## 9 Bibliographie, Beraterlätigkeit

### 9.1 Veröffentlichungen 1987

- [1] AL-NAJJAR, S.A.R.; BURGKHARDT, B.; PIESCH, E. EURADOS-CENDOS/USA/Canadian Joint Neutron Irradiation 1986: Results from Karlsruhe Nuclear Research Center, in KfK-4305, 1987, S. 5
- [2] AL-NAJJAR, S.A.R.; PIESCH, E. Angular response characteristic of CR 39 detector of cylindrical geometry. Radiation Protection Dosimetry, 20(1987) S.67
- [3] AL-NAJJAR, S.A.R.; PIESCH, E. Further investigations on neutron energy response of CR 39 detectors. Radiation Protection Dosimetry, 20(1987) S.57
- [4] AL-NAJJAR, S.A.R.; PIESCH, E. Flat angular response of a fast neutron dosimeter using cylindrical shaped CR-39. 6th Symp.on Neutron Dosimetry, Neuherberg, October 12-16,1987
- [5] AL-NAJJAR, S.A.R.; NINOMIYA, K.; PIESCH, E. Properties of electrochemically etched CR-39 plastic for fast neutron dosimetry. 6th Symp.on Neutron Dosimetry, Neuherberg, October 12-16,1987
- [6] BERGER, H.U. Hinweise für die Festlegung der Transportmodalitäten für den Transport radioaktiver Stoffe auf öffentlichen Straßen. KfK-4218 (Juli 87)
- [7] BOEHM, J.; PIESCH, E.; REGULLA, D.F. How accurately do thermoluminescence and photoluminescence dosimetry systems indicate the new ICRU dose quantities for individual monitoring? Radiation Protection Dosimetry, 17(1986) S.25-28
- [8] BURGKHARDT, B.; SCHWARZ, W. Evaluation techniques for different TL albedo dosimeter systems using automatic readout. 8th Internat.Conf.on Solid State Dosimetry, Oxford, GB, August 26-29, 1986 Radiation Protection Dosimetry, 17(1986) S.131-34
- [9] BURGKHARDT, B.; PIESCH, E. Field calibration technique for albedo neutron dosimeters. 6th Symp.on Neutron Dosimetry, Neuherberg, October 12-16,1987
- [10] COQUERELLE, T.M.; WEIBEZAHN, K.F.; LUECKE-HUHLE, C. Rejoining of double strand breaks in normal human and ataxia-telangiectasia fibroblasts after exposure to Co  $\gamma$ -rays, Am  $\alpha$ -particles or bleomycin. International Journal of Radiation Biology, 51(1987) S.209-18
- [11] DERTINGER, H.; BORS, W. Sauerstoff-Radikale: Biologische Eigenschaften und Rolle bei der Wirkung kleiner Strahlendosen. KfK-Nachrichten, 19(1987) S.223-27
- [12] DILGER, H. Room air monitoring at the Karlsruhe Nuclear Research Center. Proc.of the Department of Energy Workshop on Workplace Aerosol Monitoring, Napa, Calif., October 28-30, 1985 PNL-SA-14225 (February 87) S.289-306 CONF-8510235 (February 87)
- [13] DOERFEL, H.; FESSLER, H.; HEMPELMANN, S.; KÖNIG, L.A.; SCHÜTTELKOPF, H.; WICKE, A. Die Strahlenexposition durch den Reaktorunfall von Tschernobyl im Raum Karlsruhe. KfK-Nachrichten, 19(1987) S.50-63

- [14] DOERFEL, H. Discrimination of internal and external contamination at 'in vivo' measurements. Seminar on Radiation Protection and Dosimetry and General Aspects Related to the Chernobyl Accident, Rio de Janeiro, BR, October 27 - November 5, 1986 Extended Synopses Commissao Nacional de Energia Nuclear (1986) S.77
- [15] DOERFEL, H. Uranium incorporation measurements using phoswich detectors. Seminar on Radiation Protection and Dosimetry and General Aspects Related to the Chernobyl Accident, Rio de Janeiro, BR, October 27 - November 5, 1986 Extended Synopses Commissao Nacional de Energia Nuclear (1986) S.79-80
- [16] DOERFEL, H.; PIESCH, E. Radiological consequences in the Federal Republic of Germany of the Chernobyl reactor accident. Radiation Protection Dosimetry, 19(1987) S.223-34
- [17] DOERFEL, H. Post accident assessment of internal dose. PAEC-KfK-Joint-Seminar on Post Accident Management, Islamabad, PAK, November 16-19, 1987
- [18] DOERFEL, H. Committed dose equivalent. PAEC-KfK-Joint-Seminar on Post Accident Management, Islamabad, PAK, November 16-19, 1987
- [19] HOEFERT, M.; BARTLETT, D.T.; PIESCH, E. Personnel neutron monitoring around high energy accelerators. Radiation Protection Dosimetry, 20(1987)
- [20] KIEFER, H.; KÖNIG, L.A.; HRSG.; ALLE MITARBEITER DER HAUPTABTEILUNG SICHERHEIT; AUTOREN, Jahresbericht 1986 der Hauptabteilung Sicherheit. KfK-4207 (März 87)
- [21] KIEFER, H.; KOELZER, W. Strahlen und Strahlenschutz. Springer, Zweite, erweiterte und aktualisierte Auflage, März 1987
- [22] KIEFER, H. Die Strahlenexposition in der Bundesrepublik Deutschland. In: Strahlenschutz in Forschung und Praxis, Bd. 29: Tschernobyl und die Folgen, Fischer Verlag, Stuttgart, S. 29-37
- [23] KIRCHHOFF, K.; ERAT, S. Special alpha spectrometry procedure in environmental monitoring. Seminar on Radiation Protection and Dosimetry and General Aspects Related to the Chernobyl Accident, Rio de Janeiro, BR, October 27 - November 5, 1986 Extended Synopses Commissao Nacional de Energia Nuclear 1986 S.99-100
- [24] KNEDLITSCHKE, G.; WEIBEZAHN, K.F.; DERTINGER, H. Influence of gap junctional uncouplers upon cellular radiosensitivity in spheroids. 3rd Internat.Conf.on Spheroids in Cancer Research, Cambridge, GB, July 27-28, 1987
- [25] KNEDLITSCHKE, G.; ANDERER, U.; WEIBEZAHN, K.F.; DERTINGER, H. Intercellular communications and radiosensitivity of glioma cells grown as monolayers and spheroids. Fielden, E.M. (Hrsg.). Proc.of the 8th Internat.Congress of Radiation Research, Edinburgh, GB, July 19-24, 1987 London u.a.: Taylor and Francis, 1987 Vol. 1 S.274 (Abstract)
- [26] KOELZER, W. Lexikon zur Kernenergie. Karlsruhe: KfK-1987. 221 S. (Aktualisierte und ergänzte 6.Auflage)
- [27] KÖNIG, L.A.; FESSLER, H. Strahlenexposition von Bäumen durch den Tschernobyl-Unfall. Votr.: Forum 'Einfluß radioaktiver Stoffe auf das Schadstoffpotential der Atmosphäre und auf die Aktivitätsbelastung von Pflanzen', Stuttgart, 7.November 1986 BULBW-Bericht 1 S.21-30 (Beirat Umweltforschung des Landes Baden-Württemberg)

- [28] KÖNIG, L.A.; FARK, S.; HEMPELMANN, S.; LANGGUTH, K.G.; PAGLIOSA, G.; PAPADOPOULOS, S.; STRACK, S. Untersuchungen zum Transport von Tritium in der Umwelt. KfK-4131 (Mai 87)
- [29] KÖNIG, L.A.; DIABATE, S.; PAPADOPOULOS, D.; STRACK, S. Untersuchungen zum Umweltverhalten von Tritium. KfK-Nachrichten, 19(1987) S.11-22
- [30] KÖNIG, L.A.; FESSLER, H.; HEMPELMANN, S.; MILBICH-MÜNZER, F. Radioaktivität im Wald und in Einzelbäumen als Folge des Reaktorunfalls von Tschernobyl. KfK-4311 (Dezember 87)
- [31] KÖNIG, L.A. Environmental monitoring. IAEA-Interregional Training Course on Management of Radioactive Wastes, Karlsruhe, September 7 - October 2, 1987
- [32] KÖNIG, L.A.; FESSLER, H.; HEMPELMANN, S.; MILBICH-MUENZER, F. Radiocäsium im Wald und in Einzelbäumen als Folge des Reaktorunfalls von Tschernobyl. 7.Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Neuherberg, 16.-17.November 1987
- [33] NEU, A.; GOLL, L.; VOELKLE, H.; WINTER, M. Strontiummeßergebnisse aus der Bundesrepublik Deutschland und aus der Schweiz nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl. FS-87-43-AKU (Oktober 87)
- [34] PAPADOPOULOS, D.; KÖNIG, L.A.; LANGGUTH, K.G.; FARK, S. Contamination of precipitation due to tritium release into the atmosphere. Workshop 'Environmental and Human Risk of Tritium', Karlsruhe, 17.-19.Februar 1986 Radiation Protection Dosimetry, 16(1986) S.95-100
- [35] PAPADOPOULOS, D.; KÖNIG, L.A.; LANGGUTH, K.G. Calculation model for the impact on soil due to tritium emission into the atmosphere during snowfall. CEC Workshop 'Methods for Assessing the Reliability of Environmental Transfer Model Predictions', Athinai, GR, October 5-9, 1987
- [36] PIESCH, E.; BURGKHARDT, B.; FISCHER, M.; ROEBER, H.G.; UGI, S. Properties of radiophotoluminescent glass dosimeter systems using pulsed laser UV excitation, Radiation Protection Dosimetry 17 (1986) S. 293-97
- [37] PIESCH, E.; BURGKHARDT, B. One-element phosphate glass dosimetry systems for the simultaneous indication of different dose quantities in individual and area dosimetry, Radiation Protection Dosimetry 17 (1986) S. 63-66
- [38] PIESCH, E.; BURGKHARDT, B. Albedo neutron dosimetry in routine monitoring. Seminar on Radiation Protection and Dosimetry and General Aspects Related to the Chernobyl Accident, Rio de Janeiro, BR, October 27 - November 5, 1986, Extended Synopses Commissao Nacional de Energia Nuclear (1986) S.72-75
- [39] PIESCH, E.; BURGKHARDT, B. Application of track etch detectors in radon and neutron dosimetry. Seminar on Radiation Protection and Dosimetry and General Aspects Related to the Chernobyl Accident, Rio de Janeiro, BR, October 27 - November 5, 1986, Extended Synopses Commissao Nacional de Energia Nuclear (1986) S.101-03
- [40] PIESCH, E.; BURGKHARDT, B. Progress in beta- and photon dosimetry for personnel and environmental monitoring. Seminar on Radiation Protection and Dosimetry and General Aspects Related to the Chernobyl Accident, Rio de Janeiro, BR, October 27 - November 5, 1986, Extended Synopses Commissao Nacional de Energia Nuclear (1986) S.66-69

- [41] PIESCH, E. (Hrsg.). Neutron irradiations of proton-sensitive track etch detectors: results of the joint European/USA/Canadian irradiations. Organized by EURADOS-CENDOS (1986). KfK-4305 (September 87) EURADOS-CENDOS-Report 1987-01 (September 87)
- [42] PIESCH, E.; BURGHARDT, B. Albedo dosimetry system for routine personnel monitoring. 6th Symp.on Neutron Dosimetry, Neuherberg, October 12-16,1987
- [43] PIESCH, E.; DOERFEL, H. Die radiologischen Konsequenzen des Reaktorunfalls in Tschernobyl: Meßergebnisse und radiologische Folgen in der BRD. Symp. 'Die radiologischen Konsequenzen des Tschernobyl-Unfalls', Seibersdorf, 10.Dezember 1986
- [44] REDDMANN, TH. Thermoluminescence dating of pleistocene travertine. 8th Internat.Conf.on Solid State Dosimetry, Oxford, GB, August 26-29, 1986
- [45] REINEKING\*, A.; BECKER\*, K.H.; PORSTENDÖRFER\*, J.; WICKE, A. "Air Activity Concentrations and Particle Size Distributions of the Chernobyl Aerosol", Radiation Protection Dosimetry 19 (1987) S. 159-63 (\*Universität Göttingen)
- [46] SCHÜTTELKOPF, H. Tschernobyl - Umgebungskontamination und Strahlenexposition in der Bundesrepublik Deutschland. Workshop 'Radiologische Auswirkungen des Tschernobyl-Unfalls auf die Bundesrepublik Deutschland', Hamburg, 20.-21.November 1986
- [47] SCHÜTTELKOPF, H. Direct contamination of foodstuff. PAEC-KfK-Joint-Seminar on Post Accident Management', Islamabad, PAK, November 16-18, 1987
- [48] VOLF, V.; DOERFEL, H.; KRUG, H.; PRECH, V.; SCHUPPLER, U.; SONTAG, W.; STAHR, B. The effect of prussian blue on cesium in man after the Tschernobyl reactor accident. 8th Internat.Congress of Radiation Research, Edinburgh, GB, July 19-24, 1987
- [49] WEIBEZAHN, K.F.; DERTINGER, H.; KNEDLITSCHKE, G. Action of anticalmodulin drugs on intercellular communication of 3T3 cells. 9th Internat.Biophysics Congress, Jerusalem, IL, August 23-28, 1987 Book of Abstracts S.205

## 9.2 Beratertätigkeit

Eurados Working Group 2 - Dosimetry of Beta Particles and Low Energy X-Rays (Piesch)

Eurados Working Group 5 - Application of Track Detectors in Neutron Dosimetry (Piesch)

IAEA Technical Committee "Safe Handling of Tritium" (König)

IAEA Working Group "Assessment of Occupational Exposures to External Irradiation for Monitoring Purposes" (Piesch)

IEC-Arbeitsgruppe „Meßgeräte für Radon und Zerfallsprodukte in Luft“ (Urban)

"Nuclear Tracks and Radiation Measurement", Pergamon Press, Zeitschrift Editorial Advisory Board (Piesch)

"Radiation Protection Dosimetry", Nuclear Technology Publishing, Zeitschrift Editorial Board (Piesch)

„Arbeitssicherheit“, Arbeitskreis des Landesverbandes Südwestdeutschland der gewerblichen Berufsgenossenschaften (Windbühl)

„Beirat des Normenausschusses Kerntechnik“, Deutsches Institut für Normung, DIN (Kiefer)

„Dosimetrie“, Arbeitsausschuß des Normenausschusses Radiologie des DIN (Piesch)

„Dosismessung externer Strahlung“, Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz (Burgkhardt, Piesch)

„Durchfluß und Menge“, Gemeinschaftsausschuß der Gesellschaft für Meß- und Regeltechnik (Schmitz)

„Entsorgung“, Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz (Dilger)

„Fachliche Berater der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen“, Regierungspräsidium Karlsruhe (Winter)

„Geheimchutz in der Wirtschaft - Personeller Geheimchutz“, Landesstelle für Betriebsschutz, Stuttgart (Wolf)

„Inkorporationsüberwachung“, Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz (Dilger, Doerfel)

„Messung von Pu in der Lunge“, Arbeitsgruppe der Direktion Gesundheitsschutz, Euratom (Doerfel)

„Nachweisgrenzen radioaktiver Stoffe“, Normenausschuß Kerntechnik des DIN (Berger, Winter)

„Neutronendosimetrie“, Normenausschuß Radiologie des DIN (Piesch)

„Oberflächendekontaminationsverfahren“, Normenausschuß Kerntechnik des DIN (Berger)

„Radioaktivitätsüberwachung der Luft“, Normenausschuß Kerntechnik des DIN (Berger)

„Radioaktivität“, Arbeitskreis 2 der Fachgruppe Wasserchemie in der Gesellschaft Deutscher Chemiker (Pimpl)

„Standpunkte zu Fragen des Strahlenschutzes“, Arbeitsgruppe des Fachverbandes für Strahlenschutz (Kiefer)

„Strahlenschutzkriterien für die Wiederverwertung von Materialien beim Abbau von kerntechnischen Anlagen“, Arbeitsgruppe gemäß Artikel 31 des Euratomvertrages, Euratom (Dilger)

„Strahlenschutzmedizin“, Beirat des Instituts für Strahlenschutz des Hauptverbandes der Berufsgenossenschaften (Kiefer)

„Strahlenschutztechnik“, Fachbereich 2 des Normenausschusses Kerntechnik des DIN (Kiefer, Piesch)

„Thermolumineszenzdosimetrie“, Normenausschuß Radiologie des DIN (Piesch)

„Umgebungsüberwachung“, Normenausschuß Kerntechnik des DIN (Piesch)

„Umschlossene Strahler“, Normenausschuß Kerntechnik des DIN (Doerfel)

„Umweltüberwachung“, Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz (Winter)

# LEGENDE

Bearbeitungsstand: März 1986

## ZÄHLROHR-MONITOR-ANLAGE

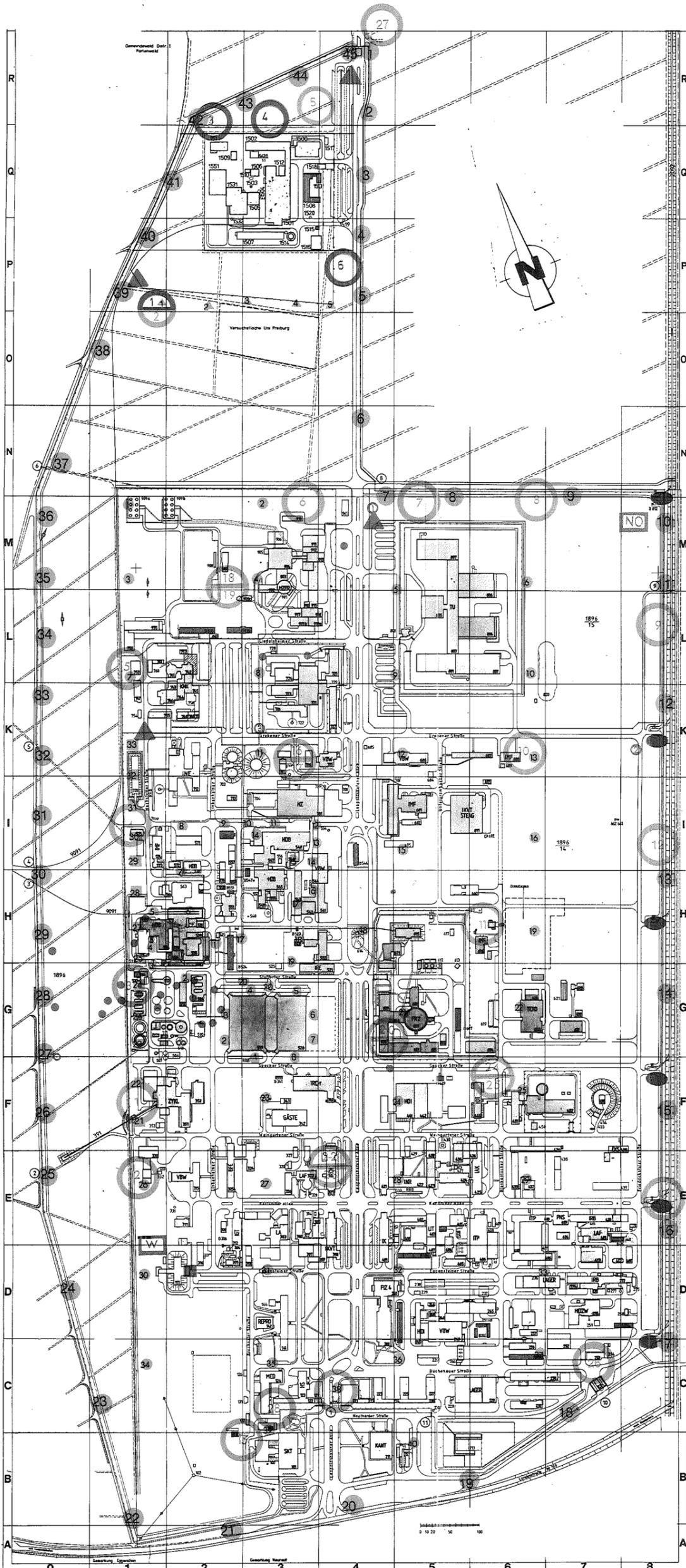
-  Niederdosisleistungsmeßstelle  
GM-Zählrohr, Meßbereich  $10^{-1}$ - $10^2$   $\mu$ Sv/h
-  Hochdosisleistungsmeßstelle  
GM-Zählrohr, Meßbereich:  $10^{-4}$  - 10 Sv/h
-  ( $\beta + \gamma$ )-Strahlungspegelmeßstelle  
GM-Zählrohr, Meßbereich:  $3,3$ - $3,3 \cdot 10^3$  Impulse pro Sekunde

## FESTKÖRPERDOSIMETER

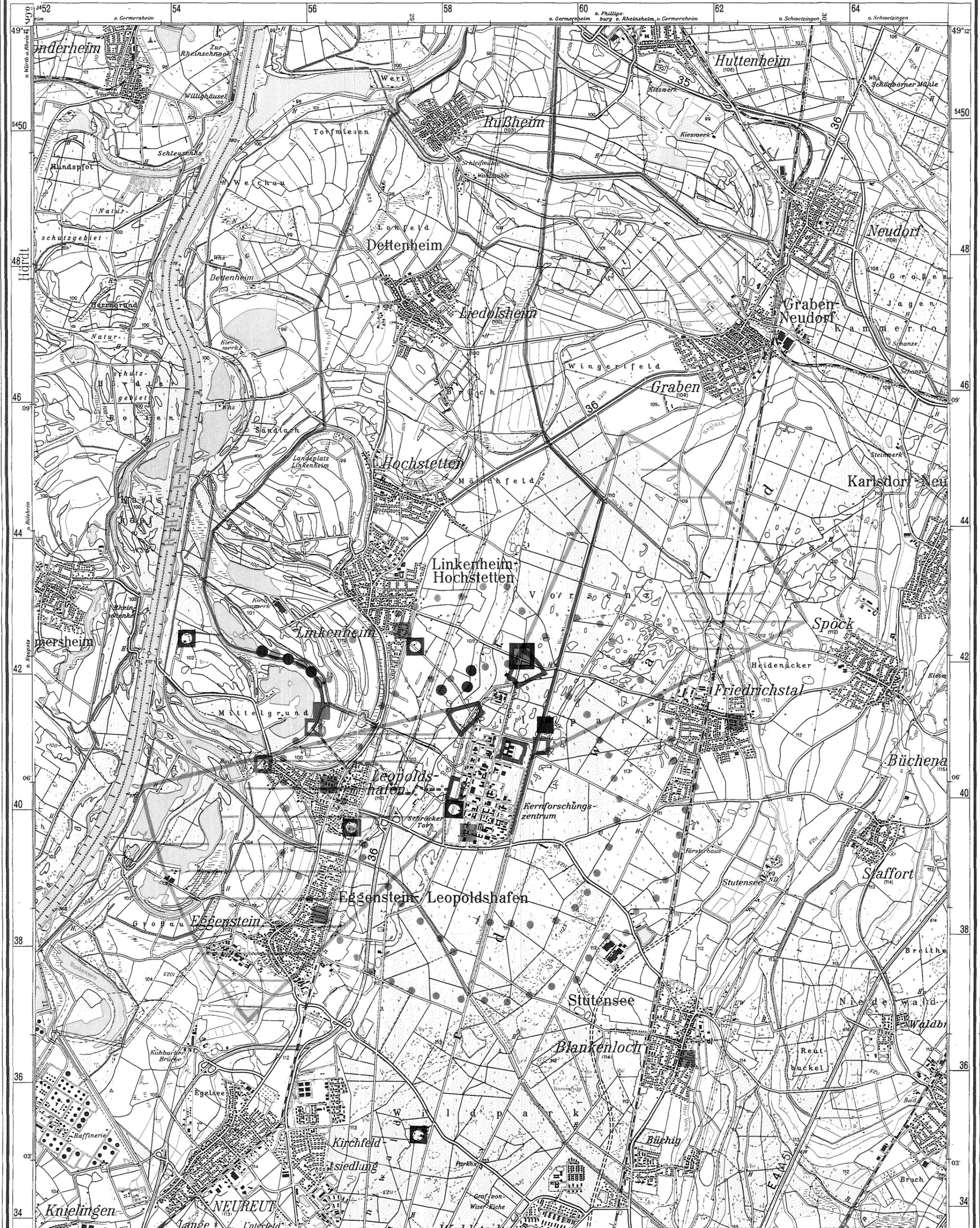
-  Dosimeter zur Überwachung der Grenze des betrieblichen Überwachungsbereiches (45 Standorte)
-  Dosimeter zur Überwachung der westlichen Betriebsgeländegrenze im Bereich der HDB (13 Standorte)
-  Dosimeter zur Überwachung des Betriebsgeländezaunes der HDB (20 Standorte)
-  Dosimeter zur Überwachung der Umgebung des Zwischenlagers (8 Standorte)
-  Dosimeter zur Überwachung der Betriebsgelände im KfK, ohne WAK (40 Standorte)
-  Dosimeter zur Überwachung der WAK (5 Standorte)

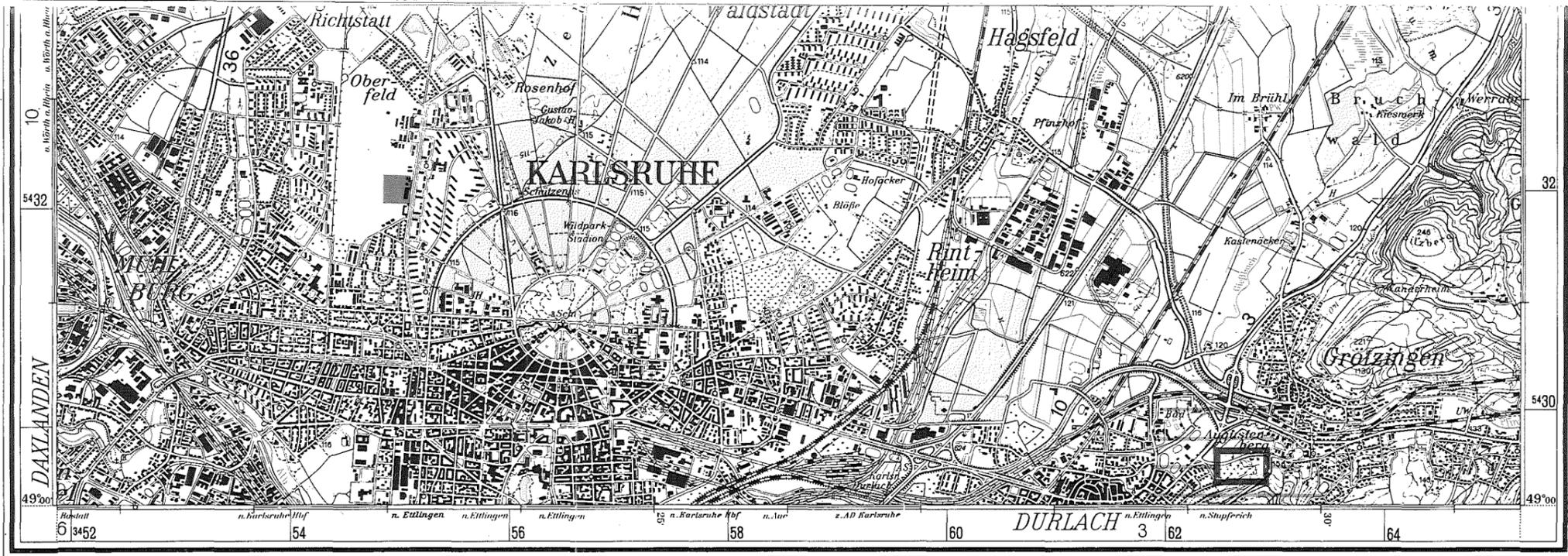
## PROBENAHMEEINRICHTUNGEN

-  Meßhütte West  
mit  $\gamma$ -Dosisleistungsmeßanlage und mit Sammel-einrichtungen für Aerosole (auf Faserfiltern)
-  Meßhütte Nordost  
wie Meßhütte West, jedoch außerdem mit Sammel-einrichtung für Oberflächenwasser aus dem Hirschkanal
-  Niederschlagssammelstelle  
Niederschlagssammelstelle
-  zur Überwachung der Tritiumkonzentration (3 Standorte)
-  6 Sandfänge der Regen- und Kühlwasserkanalisation des KfK
-  Grundwasserkontrollbrunnen
-  Wasserwerk



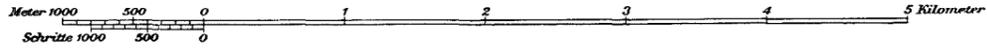
Lageplan der Meßstellen und Probenahmeeeinrichtungen innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches des Kernforschungszentrums Karlsruhe





## Legende

Bearbeitungsstand Oktober 1984



Ausschnitt aus der topographischen Karte L 6916, Karlsruhe-Nord; mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Baden-Württemberg

- |  |                     |  |                           |  |   |  |   |  |                              |
|--|---------------------|--|---------------------------|--|---|--|---|--|------------------------------|
|  | Zählrohrstation     |  | Trinkwasser (Wasserwerke) |  | Seston und kontinuierliche Probenahme von Oberflächenwasser |  | Vorflutkanal der Abwässer des KfK zum Alt Rhein         |  | Boden                        |
|  | Festkörperdosimeter |  | Grundwasser (Brunnen)     |  | Schlamm   |  | Verlauf der als Vorfluter dienenden Oberflächengewässer |  | Landwirtschaftliche Produkte |
|  | Aerosole            |  | Oberflächenwasser         |  | Fisch und Wasserpflanzen                                    |  |   |  | Hauptwindrichtungs-sektoren  |

## Lageplan der Meß- und Probenahmestellen zur Umgebungsüberwachung des Kernforschungszentrums Karlsruhe