

KfK 4067
April 1986

Jahresbericht 1985 der Hauptabteilung Sicherheit

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

Kernforschungszentrum Karlsruhe



KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Hauptabteilung Sicherheit

KfK 4067

Jahresbericht 1985
der Hauptabteilung Sicherheit

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

An der Erarbeitung dieses Berichtes waren
alle Mitarbeiter der Hauptabteilung beteiligt

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

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

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
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 HT im System Luft/Pflanze/Boden, der Biophysik multizellulärer Systeme sowie Verbesserungen in der Strahlenschutzmeßtechnik.

Der vorliegende Bericht informiert über die einzelnen Aufgabengebiete, gibt die Ergebnisse der Routineaufgaben im Jahre 1985 wieder und berichtet über Untersuchungsergebnisse und Entwicklungen der verschiedenen Arbeitsgruppen der Hauptabteilung.

Central Safety Department, Annual Report 1985

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 HT 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 1985 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	Seite
1. Aufgabengebiete und Organisation der Hauptabteilung Sicherheit	1
2. Technisches Sicherheitsbüro	12
2.1 Strahlenschutz	13
2.1.1 Betriebsüberwachung	13
2.1.2 Unterstützung der Strahlenschutzbeauftragten	13
2.1.3 Personenüberwachung	15
2.1.4 Ergebnisse der Personendosisüberwachung	16
2.1.5 Durchführung der Röntgenverordnung	20
2.1.6 Neuregelung der Terminüberwachung für Strahlenschutzbelehrungen gem. § 39 StrlSchV und § 41 RöV	21
2.2 Arbeitsschutz	23
2.2.1 Betriebsüberwachung	23
2.2.2 Arbeitsplatzüberwachung	26
2.2.2.1 Lärmüberwachung	26
2.2.2.2 Schadstoffüberwachung	26
2.2.3 Unfallgeschehen	30
2.2.4 Sicherheitsinformationen und Ausbildung	34
2.2.5 Arbeitsschutzausschuß	35
2.2.6 Durchführung von Brandverhütungsschauen	36
2.3 Kernmaterialüberwachung	37
2.3.1 Gesetzliche Grundlagen und Struktur der Kernmaterialüberwachung der KfK	37
2.3.2 Inspektionen durch EURATOM und IAEO	38
2.3.3 Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung von Kernmaterial	39
2.3.4 Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung sonstiger radioaktiver Stoffe	41
2.4 Einsatzplanung für Störfälle und Unfälle und Einsatzleitung	43
2.4.1 Der Einsatzleiter vom Dienst	43
2.4.2 Statistik der EvD-Einsätze	44
2.4.3 Meldepflichtige Ereignisse	47
2.4.4 Aktualisierung der Einsatzhilfsmittel	49
2.4.5 Alarmübungen	51
2.5 Abfallwirtschaft	52
2.5.1 Entsorgung von inaktiven Abfällen	52
2.5.2 Überwachung der Abfallbehandlung	54
2.6 EDV-Einsatz für administrative Aufgaben des Technischen Sicherheitsbüros	56
2.6.1 Geräteinsatz, Programme und Datentransfer	56
2.6.2 Planung eines künftigen Hard- und Softwarekonzeptes	60
2.6.3 Wiederkehrende Prüfungen	62
2.6.4 Zur Terminüberwachung von arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen	64
2.6.5 Fortschritte bei der Implementierung eines rechnergestützten Buchführungssystems zur Kernmaterialüberwachung	65
3 Sicherung	68
3.1 Objektsicherungsdienst	68
3.2 Ausbildung	69
3.2.1 Waffenausbildung	70
3.2.2 Diensthundestaffel	70
3.3 Alarmzentrale	70
3.3.1 Objektsicherungszentralen	71
3.4 Schließwesen	71

	Seite	
3.5	Ermittlungsdienst	72
3.6	Zentrale Güterkontrolle	73
3.7	Empfangsdienst	74
3.7.1	Ausländerbetreuung	74
3.8	Personenüberprüfung und Kontrolldienste	74
3.8.1	Personenüberprüfung	74
3.8.2	Ausweisbüro	75
3.8.3	Buskontrollen	75
3.8.4	Verkehrsdienst	75
3.9	Technische Sicherungssysteme	81
3.9.1	Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe	81
3.9.1.1	Einbruchmeldeanlage	81
3.9.1.2	Video-Überwachungsanlage	81
3.9.1.3	Zugangskontrollsystem	81
3.9.2	KTB/Heiße Zellen	82
3.9.3	Institut für Heiße Chemie	82
4.	Strahlenschutzüberwachung	83
4.1	Arbeitsplatzüberwachung	84
4.1.1	Personendosimetrie mit Taschenionisationskammer	86
4.1.2	Oberflächenkontaminationen	86
4.1.3	Raumluftaktivitäten	86
4.1.4	Personenkontamination	87
4.2	Summendosen	87
4.3	Arbeitsplatzüberwachung in der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe	88
4.4	Strahlenschutzmeßlabor	92
4.5	Transporte radioaktiver Stoffe	94
4.6	Vergleich von verschiedenen Verfahren zu routinemäßigen Inkorporations- überwachung auf Plutonium in einer Entsorgungsanlage	95
4.7	Eine Anlage zur Kontrolle von Faßgebinden der Verschrottungsanlage	97
4.8	Messen von H-3 im offenen Zählrohr	100
4.9	Der Norm-Entwurf E DIN 25482 Teil 1 "Nachweisgrenzen bei Kernstrahlungs- und Radioaktivitätsmessungen - Digitale, nichtselektive Messungen ohne Probenbehandlung"	101
5	Radioökologie	102
5.1	Berichte über Routineüberwachung	103
5.1.1	Abluftüberwachung	103
5.1.1.1	Grundsätze und Berechnungsgrundlagen	103
5.1.1.2	Strahlenexposition durch die im Jahr 1985 mit der Abluft abgeleiteten Aktivität	107
5.1.1.3	Vorausgeschätzte Strahlenexposition auf der Basis des vorläufigen Abluftplans 1986	113
5.1.1.4	Die Aktiniden- und Sr-90-Emissionen mit der Abluft wichtiger Emittenten des KfK und der WAK	115
5.1.1.5	Messung der mit der Fortluft abgeleiteten radioaktiven Aerosole durch γ -Spektrometrie	115
5.1.2	Abwasser	116

	Seite	
5.1.2.1	Abwasserüberwachung	116
5.1.2.2	Die Aktiniden- und SR-90-Emissionen mit dem Chemieabwasser des KfK	120
5.1.3	Umgebung	121
5.1.4	Spektrometrische Untersuchungen	130
5.1.5	Radiochemie	131
5.2	Ergebnisse radioökologischer Forschungsarbeiten	132
5.2.1	Tritiumkonzentrationen in pflanzlichen Nahrungsmitteln aus den Hauptausbreitungssektoren	132
5.2.2	Radioökologische Untersuchungen in der Umgebung des Rheinniederungskanals	134
5.2.3	Radioökologische Langzeitunterschreitung über Tritium in Bäumen	135
5.2.4	Untersuchungen über die Aufnahme und den Umsatz von tritiiertem Wasserdampf in Radies-Pflanzen	137
5.2.5	Verhalten von elementarem Tritium im Boden und in Pflanzen	139
5.2.6	Beschreibung des Gewächshauses im KfK	142
5.2.7	Untersuchungen zur Wurzel Aufnahme von Np, Pu, Am und Cm in Gras, Weizen, Mais und Kartoffeln	146
5.2.8	Mobilität verschiedener Tc-99-Spezies im Boden und deren Aufnahme durch Pflanzen	149
5.2.9	Die konventionelle Analytik von Böden und Pflanzenproben	150
5.2.10	Boden-Gras-Transferfaktoren für Co, Cr und Pb in Abhängigkeit von der Zeit und unterschiedlich hoher Bodenkontamination	153
5.2.11	Einfluß von Regenwürmern auf die Verteilung und Mobilisierung von Schwermetallen in Bodensäulen	155
5.2.12	Schwermetallgehalte einiger Dünger und Substrate	158
5.2.13	Natürliche Radionuklide in Umweltproben	159
5.2.14	Umweltradioaktivität und Waldschäden	160
5.2.15	Wassertransport und Wasserumsätze in kranken und gesunden Fichten	161
5.2.16	Radioökologische Untersuchungen im Bereich Mähding/Poppenreuth (Opf)	167
6.	Dosimetrie	169
6.1	Dosismessung zur Orts- und Personenüberwachung	169
6.1.1	Amtliche Personendosimetrie	169
6.1.2	Routineauswertung von Personen- und Ortsdosimetern	169
6.1.3	Vergleichsbestrahlungen	171
6.2	Photonendosimetrie	173
6.2.1	Energieabhängigkeit von Thermolumineszenz- und Phosphatglaspersonendosimetern zur Messung der ICRU-Meßgrößen H'(10) und H'(0,07) am Phantom	173
6.2.2	Energieabhängigkeit von Thermolumineszenz- und Phosphatglasdosimetern zur Messung der Photonen-Äquivalentdosis am Phantom	176
6.2.3	Kalibrierung von Dosisleistungsmeßgeräten im Bereich des natürlichen Strahlenpegels	178
6.2.4	Reproduzierbarkeit des TLD700-Ansprechvermögens bei Regenerierung mit einem mikroprozessorgesteuerten Ofen	179
6.3	Neutronendosimetrie	180
6.3.1	Automatische Auswertung von Albedo-Neutronendosimetern mit LiF-Preßlingen und LiF in Teflon	180
6.3.2	Optimierung des elektrochemischen Ätzverfahrens zum Nachweis von neutronen- induzierten Rückstoßprotonen in CR 39	184
6.3.3	Energieabhängigkeit der Neutronenanzeige von CR 39	185

6.3.4	Relatives Neutronen-Ansprechvermögen verschiedener Anordnungen von Makrofol-Kernspurdetektoren in Kontakt mit B(n, α)-Konvertern natürlichen und angereicherten B-10 Gehalts	186
6.4	Strahlenexposition durch Radonzerfallsprodukte	188
6.4.1	Untersuchungen zur Wirksamkeit baulicher Maßnahmen zur Reduzierung der natürlichen Strahlenexposition in Häusern	188
6.4.2	Untersuchungen zur Auswirkung der Radonemission einer Uranuntersuchungsgrube auf die Umwelt	189
6.4.3	Vergleich der Radon-Personendosimeter von CEA und KfK im Routinebetrieb eines Uranexplorationsbergwerkes	190
6.5	Spezielle Untersuchungen	194
6.5.1	Thermolumineszenzuntersuchungen an geologischen und archäologischen Proben	194
6.5.1.1	Methodik	194
6.5.1.2	Anwendungen	195
6.5.2	Messung geringer Neutronendosen im Bereich der natürlichen Backgroundstrahlung	196
6.5.3	Beta-Äquivalentdosisverteilung im Strahlungsfeld von Uranoxid-Pellets	198
6.5.4	Untersuchungen der Röntgen-Störstrahlung an Bildschirmgeräten	200
6.5.5	Untersuchung der natürlichen Radioaktivität von Druckpapieren	204
6.6	Inkorporationsmessung	208
6.6.1	Routine- und Sondermessungen	208
6.6.2	Cs-137-Erhebungsmessungen	210
6.6.3	Erfahrungen mit der neuen Software des Ganzkörperzählers	211
6.6.4	Untere Nachweisgrenzen für Uran-Inkorporationen	215
6.7	Strahlenschutzmeßtechnik	216
6.7.1	Aufgaben	216
6.7.2	Wartung und Reparatur	217
6.7.3	Routinekalibrierung	218
6.7.4	Amtliche Eichabfertigungsstelle	219
6.7.5	Dichtheitsprüfungen	219
6.8	Arbeiten zur Strahlenschutzmeßtechnik	220
6.8.1	Tragbarer Kontaminationsmonitor zur gleichzeitigen Messung von α - und β -Teilchen	220
6.8.2	Halbautomatisches Glasdosimeter-Auswertegerät	221
6.8.3	Untersuchung der Impulshöhenverteilung von He-3 und BF ₃ -Neutronenzählrohren hinsichtlich Backgroundverhalten und Gammadiskriminierung	221
7.	Biophysik	223
7.1	Histologische Untersuchungen an Multizellulären Sphäroiden	223
7.1.1	Sphäroide als Gewebemodell	223
7.1.2	Die Zellarchitektur in Sphäroiden	224
7.2	Untersuchung der Strahlenempfindlichkeit und der interzellulären Kommunikation in Sphäroiden	225
7.2.1	Die Strahlenempfindlichkeit von Sphäroidzellen	225
7.2.2	Interzelluläre Kommunikation und deren Messung	225
8.	Bibliographie, Beratertätigkeit	229
8.1	Veröffentlichungen 1985	229
8.2	Beratertätigkeit	235

Table of Contents	Page
1. Duties and Organization of the Central Safety Department	1
2. Technical Safety Bureau	12
2.1 Radiation Protection	13
2.1.1 Inspection of Facilities and Operations	13
2.1.2 Assistance to Radiological Protection Supervisors	13
2.1.3 Personnel Monitoring	15
2.1.4 Results of Personnel Dose Monitoring	16
2.1.5 Implementation of the X-Ray Ordinance	20
2.1.6 Reorganization of Monitoring Dates for Radiation Protection Instructions According to Sec. 39 of the Radiation Protection Ordinance and Sec. 41 of the X-Ray Ordinance	21
2.2 Industrial Safety	23
2.2.1 Inspection of Facilities and Operations	23
2.2.2 Work Place Monitoring	26
2.2.2.1 Noise Monitoring	26
2.2.2.2 Pollutant Monitoring	26
2.2.3 Occupational Accidents	30
2.2.4 Safety Information and Safety Instructions	34
2.2.5 Industrial Safety Committee	35
2.2.6 Organization Fire Prevention Demonstrations	36
2.3 Nuclear Material Safeguards	37
2.3.1 Legal Basis and Organization of Nuclear Material Safeguards at KfK	37
2.3.2 Inspections by EURATOM and IAEA	38
2.3.3 Central Accountancy for Nuclear Material Recording and Reporting	39
2.3.4 Central Accountancy for Recording and Reporting Other Radioactive Materials	41
2.4 Emergency Planning for Incidents and Accidents and Emergency Management	43
2.4.1 The Squad Leader in Charge	43
2.4.2 Statistics of Interventions by Squad Leader in Charge	44
2.4.3 Notifiable Events	47
2.4.4 Adapting of Instruments for Interventions	49
2.4.5 Alarm Drills	51
2.5 Waste Management	52
2.5.1 Disposal of Non-Radioactive Waste	52
2.5.2 Monitoring of Waste Treatment	54
2.6 EDP in Administrative Work of the Technical Safety Bureau	56
2.6.1 Data Processing Systems Used, Computer Codes and Data Transfer	56
2.6.2 Planning of a Future Hardware and Software Concept	60
2.6.3 In-service Inspections	62
2.6.4 On Monitoring Dates for Checkups Required in Industrial Medicine	64
2.6.5 Progress in Implementation of Computerized Accountancy for Nuclear Material Safeguards	65
3. Security	68
3.1 Plant Security Police	68
3.2.1 Weapons Training	70
3.2.2 Watch Dogs	70
3.3 Alarm Center	70
3.3.1 Plant Security Center	71
3.4 Key Service	71

	Page	
3.5	Investigation Office	72
3.6	Goods Inspection	73
3.7	Reception Office	74
3.7.1	Foreign Bureau	74
3.8	Personal Security Investigation, Supervision	74
3.8.1	Personal Security Investigation	74
3.8.2	Identity Office	75
3.8.3	Bus Control Service	75
3.8.4	Traffic Service	75
3.9	Technical Security Systems	81
3.9.1	Central Departement of Dekontamination	81
3.9.1.1	Intruder Alarm System	81
3.9.1.2	CCTV System	81
3.9.1.3	Access Control System	81
3.9.2	KTB/Heiße Zellen	81
3.9.3	Institut für Heiße Chemie	82
4.	Radiation Protection	83
4.1	Radiation Protection of Work	84
4.1.1	Personal Monitoring by Pocket Ionization Chamber	86
4.1.2	Surface Contaminations	86
4.1.3	Air Contaminations	86
4.1.4	Contamination of Persons	87
4.2	Collective Dose	87
4.3	Radiation Protection at the Decontamination Plant	88
4.4	Radiation Protection Laboratory	92
4.5	Transport of Radiactive Materials	92
4.6	Comparison of Several Methods for Routine Determination of Incorporation of Plutonium in a Waste Mangement Plant	95
4.7	A Drum Control Device in the Scrapping Department of the Decontamination Plant	97
4.8	Determination of H-3 by Open Proportional Counters	100
4.9	The Standard Draft Proposal E DIN 25482 Part 1 "Detection Limits of Nuclear Radiation and Radioaktivty Measurements: Digital, non Selective Measurements on Untreated Speciments"	101
5	Radioecology	102
5.1	Reports on Routine Monitoring	103
5.1.1	Exhaust Air	103
5.1.1.1	Principles and Bases of Calculation	103
5.1.1.2	Radiation Dose as a Result of Activity Discharged with Exhaust Air in 1985	107
5.1.1.3	Radiation Dose Estimated on the Base of the 1986 Exhaust Air Plan	113
5.1.1.4	Actinides and Sr-90 Emitted with the Exhaust Air from Main Emitters on the KfK Site	115
5.1.1.5	Gammaspectrometric Measurement of Radioactive Aerosols Released in the Exhaust Air	115
5.1.2	Liquid Effluents	116

	Page	
5.1.2.1	Liquid Effluent Monitoring	116
5.1.2.2	Actinides and Sr-90 Emitted with Liquid Chemical Waste Water of the KfK	120
5.1.3	Environment	121
5.1.4	Spectrometric Investigations	130
5.1.5	Radiochemistry	131
5.2	Results of Radioecological Research Work	132
5.2.1	Tritium Concentrations in Plant Food Grown in the Main Diffusion Sectors	132
5.2.2	Radioecological Studies in the Environment of the Rheinniederungskanal	134
5.2.3	Radioecological Long-term Studies of Tritium in Trees	135
5.2.4	Investigations of Uptake and Turnover of Tritiated Water Vapour in Radish Plants	137
5.2.5	Behaviour of Elemental Tritium in Soil and Plants	139
5.2.6	Description of the Greenhouse	142
5.2.7	Investigation of Uptake by the Roots of Grass, Wheat, Corn, and Potatoes	146
5.2.8	Mobility in the Soil of different Tc-99 Species and their Uptake by Plants	149
5.2.9	Conventional Analysis of Plant and Soil Samples	150
5.2.10	Soil to Plant Transfer Factors of Co, Cr, and Pb as a Function of Time and Different Levels of Soil Contamination	153
5.2.11	Influence Exerted by Earthworms on Distribution and Mobilization of Heavy Metal in Soil Columns	155
5.2.12	Heavy Metal Contents of some Fertilizers and Substrates	158
5.2.13	Natural Radionuclides in Samples Taken in the Environment	159
5.2.14	Environmental Radioactivity and Forest Decline	160
5.2.15	Water Transport and Turnover in Damaged and Healthy Spruces	161
5.2.16	Radioecological Investigations in the Region Mährling/Poppenreuth (Opf)	167
6.	Dosimetry	169
6.1	Dose Measurement for Personnel and Area Monitoring	169
6.1.1	Official Personnel Monitoring	169
6.1.2	Routine Evaluation of Personal and Area Dosemeters	169
6.1.3	Intercomparison Experiments	171
6.2	Photon Dosimetry	173
6.2.1	Energy Dependence of Thermoluminescent and Photoluminescent Dosemeters for the Measurement of the ICRU dose quantities $H'(10)$ and $H'(0,07)$ on a phantom	173
6.2.2	Energy Dependence of Thermoluminescent and Photoluminescent Dosemeters for the Measurement of Exposure on the Phantom	176
6.2.3	Calibration of Dose Rate Meters in the Dose Range of the Natural Radiation Background	178
6.2.4	Reproducibility of the TLD700 Response Using Annealing Treatment in a Micro- processor Controlled Oven	179
6.3	Neutron Dosimetry	180
6.3.1	Automatical Reading of Albedo Neutron Dosemeters Using LiF Chips and LiF in Teflon	180
6.3.2	Optimization of the Electrochemical Etching Technique for the Detection of Neutron Induced Recoil Proton Tracks in CR 39	184
6.3.3	Energy Dependence of the Neutron Reading of CR 39	185

6.3.4	Relative Neutron Response Using Various Combinations of Makrofol Track Etch Detectors in Contact with B(n, α) converters of natural and enriched B-10 compound	186
6.4	Radiation Exposure due to Radon Decay Products	188
6.4.1	Investigation of the Efficiency of Changes in the Construction to Reduce Radiation Exposure in houses	188
6.4.2	Investigation of the Effect of Radon Emission from a Uranium Exploration Mine in the Environment	189
6.4.3	Comparison of Radon Personal Dosimeters of the CEA and KfK Type within Routine Operation of an Uranium Exploration Mine	190
6.5	Special Investigations	194
6.5.1	Investigation of Thermoluminescence in Geological and Archeological Samples	194
6.5.1.1	Methodology	194
6.5.2.2	Application	195
6.5.2	Measurement of Low Neutron Doses in the Dose Range of the Natural Radiation Background	196
6.5.3	Beta Dose Equivalent Distribution in the Radiation Field of Uranium Oxyd Pellets	198
6.5.4	Investigation of the operational X-Ray Emission from Video Display Terminals	200
6.5.5	Investigation of the Natural Radioactivity in Printed Paper Products	204
6.6	Incorporation Measurements	208
6.6.1	Routine and Special Measurements	208
6.6.2	Cs-137 Statistic Measurements	210
6.6.3	Experience with the New Software of the Whole Body Counter	211
6.6.4	Lower Detection Limit for Uranium Incorporations	215
6.7	Radiation Protection Measuring Equipment	216
6.7.1	Tasks	216
6.7.2	Maintenance and Repair	217
6.7.3	Routine Calibration	218
6.7.4	Official Calibration Service	219
6.7.5	Leak Tests	219
6.8	Activities in Radiation Protection Measuring Technique	220
6.8.1	Portable Contamination Monitor for the Simultaneous Measurement of α - and β -particles	220
6.8.2	Semi-Automatical Reader for Phosphate Glass Dosimeters	221
6.8.3	Investigation of the Impulse Height Distribution of He-3 and BF ₃ Neutron Counters with Respect to Background and Gamma Discrimination	221
7.	Biophysics	223
7.1	Histological Investigations of Multicellular Spheroids	223
7.1.1	Spheroids as a Tissue Model	223
7.1.2	Cellular Architecture in Spheroids	224
7.2	Investigation of Radiosensitivity and Intercellular Communication in Spheroids	225
7.2.1	Radiosensitivity of Spheroid Cells	225
7.2.2	Measurement of Intercellular Communication	225

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
BAU	Hauptabteilung Bauwesen
BAW	Bundesanstalt für gewerbliche Wirtschaft
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
BMI	Bundesministerium des Innern
CAMAC	Computer Application Measurement and Control
CRAC	Calculation of Reactor Accident Consequences
DIN	Deutsches Institut für Normung
DRS	Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke
DWD	Deutscher Wetterdienst
DV	Datenverarbeitung
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EKM	Hauptabteilung Einkauf und Materialwirtschaft
EKM/FK	Hauptabteilung Einkauf und Materialwirtschaft/Fertigungskontrolle
EKM/MW	Hauptabteilung Einkauf und Materialwirtschaft/Materialwirtschaft
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
FR-2	Forschungsreaktor 2
FIZ	Fachinformationszentrum Energie, Physik, Mathematik GmbH
GAA	Gewerbeaufsichtsamt
GFS	Gemeinsame Forschungsstelle
GGVS	Gefahrgutverordnung Straße
GMBI	Gemeinsames Ministerialblatt
GKN	Gemeinschaftskernkraftwerk Neckar GmbH, Neckarwestheim
GRS	Gesellschaft für Reaktorsicherheit mbH, Köln
GSF	Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH, Neuherberg
GSI	Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH, Darmstadt
GZ	Ganzkörperzähler
HDB	Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe
HDI	Hauptabteilung Datenverareitung und Instrumentierung
HEZA	Heiße Chemie Zellenanlage
HPK	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)
ICRP	International Commission on Radiological Protection
IAK	Institut für angewandte Kernphysik
IDT	Institut für Datenverarbeitung in der Technik
IGT	Institut für Genetik und Toxikologie von Spaltstoffen
IHCh	Institut für Heiße Chemie
IHK	Industrie- und Handelskammer
IK	Institut für Kernphysik
IK/RTM	Institut für Kernphysik/Radionuklidtechnik in Maschinen
IKVT	Institut für Kernverfahrenstechnik
IMF	Institut für Material- und Festkörperforschung
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
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
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/HZ	Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe/Heiße Zellen
KWO	Kernkraftwerk Obrigheim GmbH, Obrigheim
KWU	Kraftwerk Union
LA	Literaturabteilung
LAF	Laboratorium für Aerosolphysik und Filtertechnik
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
MARIA	Methods for Assessing the Radiological Impact of Accidents

MAW	Medium Acitivity Waste
MBZ	Materialbilanzzone
Med	Medizinische Abteilung
Med/Tox	Medizinische Abteilung/Toxikologisches Labor
MIS	Meteorologisches Informations-System
MPI	Max-Planck-Institut
MZFR	Mehrzweckforschungsreaktor
NE	Naßentschwefelung
NRPB	National Radiological Protection Board
NSA	Notstromaggregat
NV-Vertrag	Nichtverbreitungsvertrag
NWG	Nachweisgrenze
OBT	Organisch gebundenes Tritium
OMW	Oberrheinische Mineralölwerke
ORNL	Oak Ridge National Laboratory
OSD	Objektsicherungsdienst
P/AV	Hauptabteilung Personalwesen und Allgemeine Verwaltung
P/AV/FD	Hauptabteilung Personalwesen und Allgemeine Verwaltung/Fahrdienst
PHDR	Projekt Heißdampfreaktor-Sicherheitsprogramm
PL	Photolumineszenz
PNS	Projekt Nukleare Sicherheit
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig
PUKK	Projekt zur Untersuchung des Küstenklimas
PWR	Pressurized Water Reactor
RVO	Reichsversicherungsordnung
SKT	Schule für Kerntechnik
SM	Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung Baden-Württemberg, Stuttgart
SNEAK	Schnelle Null-Energie-Anordnung Karlsruhe
SSB	Strahlenschutzbeauftragter
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
StVfS/RöV	Stellvertretender Verantwortlicher für den Strahlenschutz nach Röntgenverordnung
SUA	Siemens-Unterrichts-Anordnung
SUR	Siemens-Unterrichts-Reaktor
TEKO	Technikumshalle zur Komponentenerprobung
TIK	Taschenionisationskammer
TL	Thermolumineszenz
TLD	Thermolumineszenzdosimeter
TU	Europäisches Institut für Transurane
TÜV	Technischer Überwachungs-Verein
UFOMOD	Unfallfolgenmodell
UVV	Unfallverhütungsvorschriften
US-DOE	US-Department of Energy
VAK	Versuchsatomkraftwerk Kahl
VBG	Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften
VBW	Hauptabteilung Versorgungsbetriebe und Werkstätten
VBW/BM	Hauptabteilung Versorgungsbetriebe und Werkstätten/Betriebswerkstätten und Montage
VBW/E	Hauptabteilung Versorgungsbetriebe und Werkstätten/Stromversorgung, Elektro- und Fernmeldeanlagen
VBW/VB	Hauptabteilung Versorgungsbetriebe und Werkstätten/Versorgungs- und Hilfsbetriebe
VDE	Verband Deutscher Elektrotechniker
VfS/RöV	Verantwortlicher für den Strahlenschutz nach Röntgenverordnung
VGB	Technische Vereinigung der Großkraftwerksbetreiber e. V., Essen
WAK	Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Betriebsgesellschaft mbH, Leopoldshafen
WL	Working Level
WWA	Wasserwirtschaftsamt
ZGK	Zentrale Güterkontrolle

1 Aufgabengebiete und Organisation der Hauptabteilung Sicherheit

H. Kiefer, W. Koelzer

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

Die Aufgabenstellung der Hauptabteilung Sicherheit umfaßt sowohl 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 HT im System Luft/Pflanze/Boden, der Biophysik multizellulärer Systeme sowie Verbesserungen in der Strahlenschutzmeßtechnik.

Mit Beginn des Jahres 1985 ergaben sich organisatorische Veränderungen bei der Hauptabteilung Sicherheit. Die Abteilung Biophysik wurde gegründet, die Abteilung Umweltmeteorologie wurde mit ihren Mitarbeitern und dem größten Teil ihrer Aufgaben in das neugeschaffene Institut für Meteorologie und Klimaforschung ausgegliedert.

Am 31.12.1985 waren in der Hauptabteilung Sicherheit 32 Akademiker, 59 Ingenieure, 246 sonstige Mitarbeiter, 1 ausländischer Gastwissenschaftler, 2 Doktoranden und 18 Mitarbeiter zur Ausbildung als Strahlenschutzingenieur beschäftigt.

"Radioökologie"

Die Abteilung Radioökologie ist zuständig für die Messung bzw. Erfassung der radioaktiven Emissionen des Kernforschungszentrums Karlsruhe, für die Überwachung der Umgebungsexposition und die experimentelle Untersuchung radioökologischer Auswirkungen dieser Emissionen. Im Auftrag werden solche Messungen auch für andere kerntechnische Anlagen durchgeführt.

Im Rahmen der Abluftüberwachung werden die Aktivitätsableitungen aus dem gesamten Kernforschungszentrum geplant und erfaßt sowie alle im Zuständigkeitsbereich der KfK GmbH anfallenden Proben gemessen. Die Abwasserüberwachung umfaßt die Kontrolle der Abwässer aus den Abwassersammelstationen zur Entscheidung, ob diese dekontaminiert werden müssen oder direkt der Kläranlage zugeführt werden dürfen, sowie die Kontrolle der aus der Kläranlage zum Vorfluter abgeleiteten Abwässer.

Die Umgebung des Kernforschungszentrums wird durch β und γ -Strahlungs- Aktivitätsmessungen überwacht. Die β - und γ 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.

Die Abluft-, Abwasser- und Umgebungsüberwachung wird von der Radiochemie und der Spektrometrie unterstützt, wenn zur Messung der Emissionen oder Immissionen radiochemische und spektrometrische Bestimmungen benötigt werden.

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 bzw. vom Bundesministerium des Innern gefördert.

"Dosimetrie"

Die Abteilung Dosimetrie ist zuständig für die Auswahl und Anwendung dosimetrischer Meßverfahren und für die Durchführung von Inkorporations-Direktmessungen. 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, der Messung geringer Dosen sowie der Messung geringer Nukliddepositionen im Körper.

Der Aufgabenbereich "Routineüberwachung" umfaßt die Auswertung von Thermolumineszenz- und Phosphatglasdosimetern sowie von Albedodosimetern zur Ermittlung der Personendosis von Mitarbeitern im Kernforschungszentrum. Eingeschlossen sind Dosismessungen mit Festkörperdosimetern in der Umgebung kerntechnischer Anlagen. Im Jahr 1985 wurde für die Personenüberwachung externer Stellen in Baden-Württemberg eine amtliche Meßstelle für Festkörperdosimeter eingerichtet, die ihre Tätigkeit bis zu einer endgültigen Zuständigkeitsregelung zunächst im Auftrag der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg durchführt. Ausgewertet werden amtliche Phosphatglasdosimeter und ab Ende 1985 auch Thermolumineszenz-Fingerringdosimeter. Außerdem werden ein Ganzkörperzähler sowie zwei spezielle Lungenzähler zur routinemäßigen Inkorporationskontrolle aller Mitarbeiter des Kernforschungszentrums, die mit offenen radioaktiven Stoffen umgehen, eingesetzt. Darüber hinaus werden sofortige Inkorporationsmessungen nach allen Zwischenfällen mit Inkorporationsverdacht durchgeführt.

Der Aufgabenbereich "Strahlenschutzmeßgeräte" 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 Dichtheitsprüfung umschlossener radioaktiver Stoffe, 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 allen 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 sowie die Messung kleiner Dosen im Bereich des natürlichen Strahlenpegels. Zusammen mit anderen amtlichen Meßstellen wird ein im KfK entwickeltes Albedoneutronendosimeter innerhalb der amtlichen Personenüberwachung zur Erprobung eingesetzt. Weitere vom Bundesminister des Innern geförderte Forschungsvorhaben betreffen die Ausmessung des Photonen-Neutronenstreustrahlungsfeldes in einem Leichtwasserreaktor sowie die Untersuchung der Wirksamkeit baulicher Maßnahmen zur Reduzierung der durch Radon-Folgeprodukte bedingten Strahlenexposition in Häusern.

Im Bereich der Inkorporationsmessung sollen neue Methoden zum Nachweis von Radionukliden, die mit herkömmlichen Ganz- oder Teilkörperzählern nur schwer nachweisbar sind, bereitgestellt

werden. Im Vordergrund steht dabei der Nachweis von Nukliden mit hoher Radiotoxizität wie z. B. Radium, Uran, Plutonium, Americium und Curium. Eine weitere Aufgabe besteht in der Bereitstellung von hochempfindlichen spektroskopischen Meßverfahren für sonstige Anwendungen. So wurden im Jahr 1985 Erhebungsmessungen zur Bestimmung der betriebsbedingten Röntgen-Störstrahlung von Bildschirmgeräten und Messungen zum Nachweis der natürlichen Radioaktivität in Druck-erzeugnissen durchgeführt.

"Biophysik"

Zu den Aufgaben der 1985 neu gegründeten 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 gewährleistet werden. Entsprechend dieser Zielsetzung besitzt die Abteilung drei Arbeitsschwerpunkte:

- Radiologie

Wie die strahlen genetische 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, gewebespezifische 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 Suspensions- 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 Mikro-Elektrode-Technik (zur Messung der elektrischen Membraneigenschaften von Zellen), Fluß-Zytometrie (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 Thermolumineszenzdosisimeter sowie nach Bedarf Teilkörper- oder Neutronendosisimeter ausgegeben. In den Gebäuden und Anlagen werden nach vorgegebenem Plan routinemäßige 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

H. Kiefer, W. Koelzer

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

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 HT in the air/plant/soil system, biophysic of multicellular systems, improvement in radiation protection measurement and personnel dosimetry.

At the beginning of 1985 organizational changes have been come into force: the Biophysics Department was founded and the Environmental Meteorology Department changed to the Institute of Meteorology and Climatology.

On December 31, 1985, the Central Safety Department employed 32 graduate staff members, 59 engineers and 246 other staff members, 1 foreign guest scientist, 2 candidates for doctor's degree and 18 staff members undergoing training as radiation protection engineers.

"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 department coordinates and records the gaseous effluents of all installations of the entire Center and is responsible to monitor the gaseous effluents of all plants of the KfK GmbH. Liquid effluent monitoring comprises control of the liquid effluent from the liquid effluent collecting stations, to decide whether they must be decontaminated or can directly be passed on to the treatment plant, and control of the liquid effluent discharged from that treatment plant into the main canal.

The environment of the Center is monitored by direct radiation measurements and by activity measurements of various samples. Direct 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.

In connection with the routine tasks the Radioecology Department carries out several research programs mainly focusing on soil/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 thermoluminescence and phosphate glass dosimeters as well as albedo 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. In 1985 an official "Monitoring Service for Solid State Dosimeters" was established for the purpose of external personnel monitoring in Baden-Württemberg. Until the final regulation of competences, the service is working on behalf of the Regional Authorities for Environmental Protection Agency in Baden-Württemberg. The service evaluates official phosphate glass dosimeters and, since the end of 1985 thermoluminescence fingerring dosimeters. Besides, a whole body counter and two special lung counters are operated for routine and special incorporation monitoring of all staff members handling unsealed radioactive substances.

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 over-all 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 measuring scattered neutron fields, the application and advancement of track etching techniques, and the measurement of low doses in the region of the natural background radiation level. Several research programs funded by the Federal Ministry of the Interior are concerned with the measurement of scattered photon/neutron fields in a light water reactor and the investigation of the effect of the type of construction on the reduction of indoor radiation exposure from radon decay products.

With respect to incorporation monitoring new 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 high sensitive spectroscopic techniques are provided for other applications. So in 1985 field measurements for the determination of the operational X-ray emission of cathode ray tube devices have been performed as well as measurements for the assessment of natural radioactivity in different paper products.

Biophysics"

The Biophysics Department, founded in 1985, is engaged in experimental work related to problems of biological radioprotection, 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- or 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 the 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.

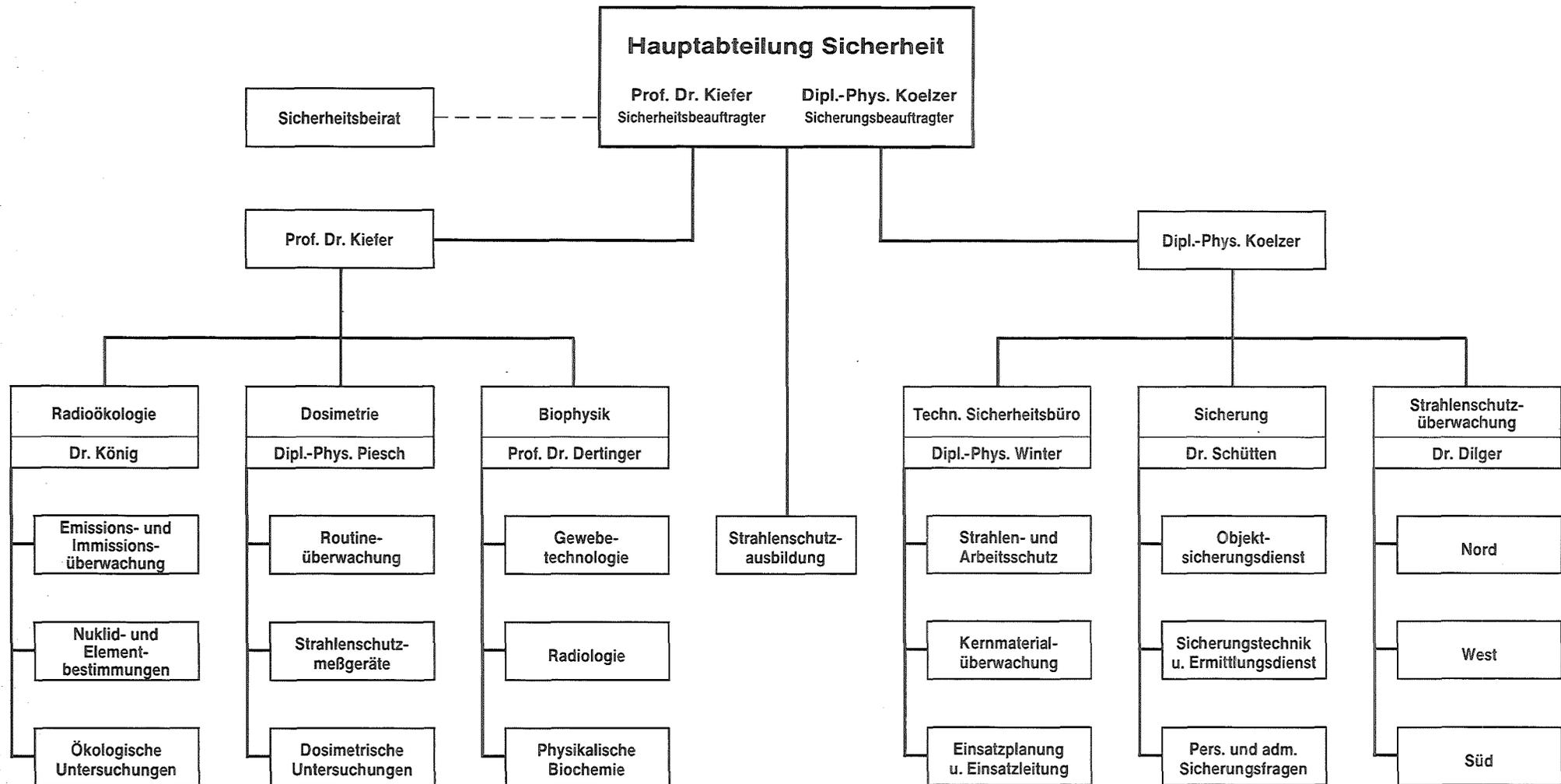
"Radiation Protection Monitoring"

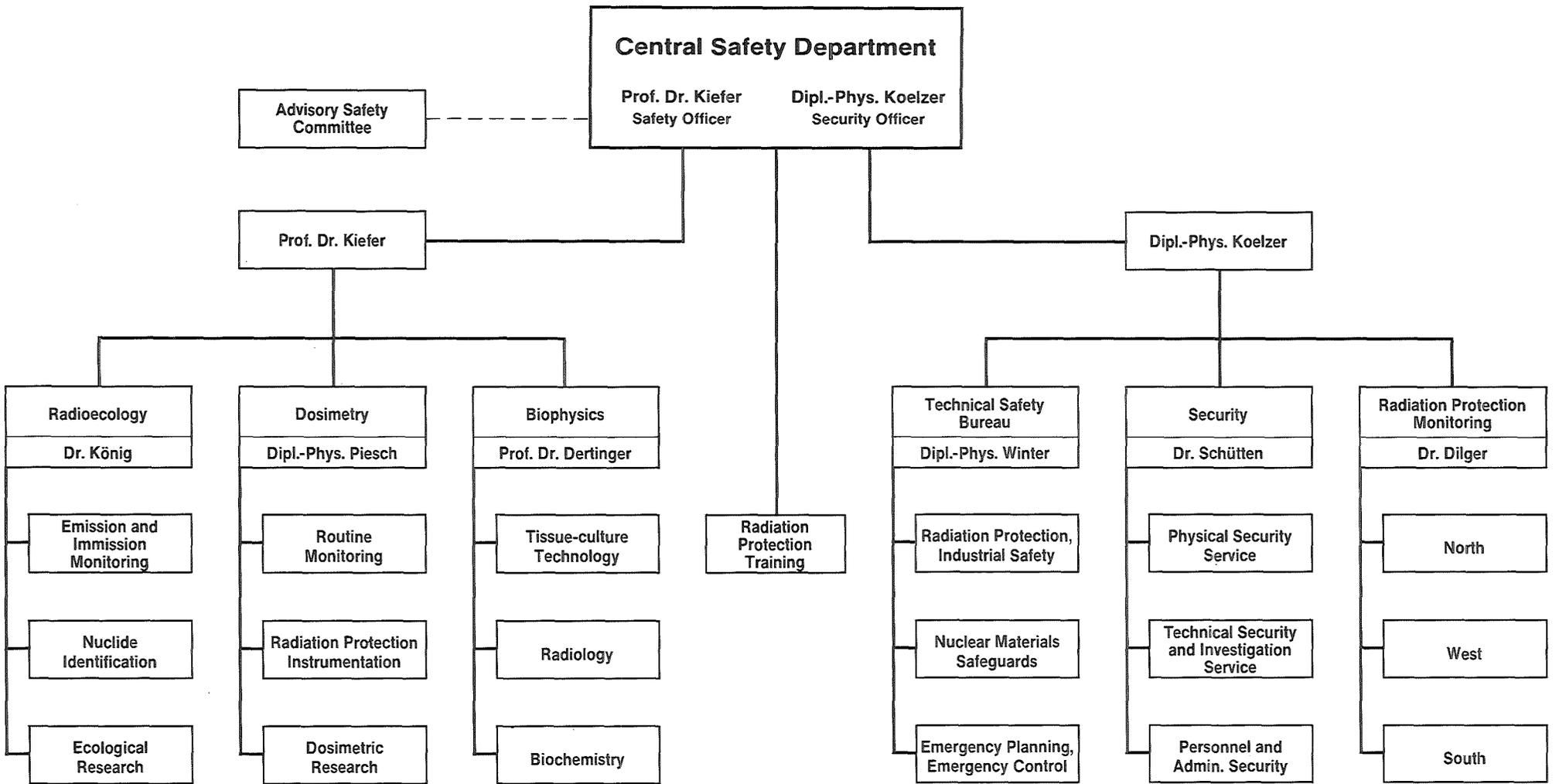
The Radiation Protection Monitoring Department is mainly responsible for protection of the personnel of the Karlsruhe Nuclear Research Center handling radioactive substances or exposed to ionizing radiation. As a result of these duties, the members of this Department work in a decentralized system in 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 contacted by members of the respective institutes or departments, ensuring behavior in conformity with radiation protection criteria.

The Radiation Protection Monitoring Department carries out the daily evaluation of pen dosimeters and records the personnel doses received. The official film dosimeters and 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. Materials transported from controlled areas into the plant monitoring area of the Nuclear Research Center and out of the Nuclear Research Center are monitored.

Organisationsplan HS

Stand: November 1985





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, beratend und ausbildend tätig und fördert so das Sicherheitsbewußtsein. Sie erledigt Meldung, Registrierung und Berichterstattung von Arbeitsunfällen, ordnet vorsorgliche Maßnahmen an und bestellt sicherheitsbeauftragte Personen. Sie berät in allen Fragen der ordnungsgemäßen Beseitigung inaktiver Abfälle.

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

Die Gruppe "Einsatzplanung 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.

Technisches Sicherheitsbüro	Leitung und Koordinierung Behördenkontakte Dokumentation und Planung Korrespondenz
Strahlenschutz	Einhaltung von Strahlenschutz- und Röntgenverordnung Betriebs- und Terminüberwachung, Beratung Dokumentation personenbezogener Strahlenschutzdaten Bestellung der Strahlenschutzbeauftragten, Strahlenpässe
Arbeitsschutz	Betriebs- und Arbeitsplatzüberwachung Sicherheitsinformationen, Beratung, Ausbildung Sekretariat des Arbeitsschutzausschusses Unfallanalysen
Kernmaterialüberwachung	Erfassung und Meldung von Kernmaterial Begleitung der Inspektionen durch EURATOM und IAEO Erfassung und Meldung sonstiger radioaktiver Stoffe Transportüberwachung
Einsatzplanung und Einsatzleitung	Sicherheitsorganisation und Sicherheitsregeln Einsatzunterlagen und Einsatzberichte Ausbildung, Alarmübungen der Einsatztrupps Einsatzleitung bei Störfällen und Unfällen
Abfallwirtschaft	Regelungen zur Beseitigung inaktiver Abfälle Überwachung der Abfallwege und der Art der Beseitigung Einwirkung auf Reduzierung und Verwertung Informationen und Berichterstattung

2.1 Strahlenschutz

2.1.1 Betriebsüberwachung

H. Roock

Zur Überprüfung der vor Ort getroffenen Strahlenschutzmaßnahmen, der Einhaltung von Verordnungen, Genehmigungsaufgaben und Vorschriften sowie aufgrund von Zwischenfällen und bei behördlichen Aufsichtsbesuchen wurden im Berichtsjahr 67 Begehungen in den Instituten und Abteilungen des Kernforschungszentrums Karlsruhe durchgeführt, in denen mit radioaktiven Stoffen oder Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlen umgegangen wird. Routinebegehungen, die nach Terminabsprache im Beisein eines Strahlenschutzbeauftragten und des örtlichen Strahlenschutzes erfolgten und zu denen der Betriebsrat und die Medizinische Abteilung eingeladen wurden, sowie die Begehungen im Rahmen der behördlichen Aufsichtsbesuche und aufgrund besonderer Anlässe führten im wesentlichen zu folgenden Beanstandungen:

- Unzureichende oder fehlende Kennzeichnungen gemäß § 35 StrlSchV,
- fehlende Aushänge, betreffend die verantwortlichen Personen gem. StrlSchV und RÖV,
- Unzulänglichkeiten bei Atemschutzgeräten,
- Mängel bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle,
- nicht überprüfte Handfeuerlöcher,
- Nichteinhaltung der Kleiderordnung,
- defekte Handschuhe und Mängel bei der Handschuhbefestigung an Gloveboxen,
- Vorhandensein von brennbarem Verpackungsmaterial in Überwachungsbereichen.

Es wurden jedoch keine schwerwiegenden sicherheitsrelevanten Mängel festgestellt.

Die 1985 dem Technischen Sicherheitsbüro gemeldeten personen-, raum- und sachbezogenen Vorkommnisse mit radioaktiven Stoffen zeigt Tab. 2/1. Die Aufgliederung nach Ursachen der insgesamt 24 erfaßten Vorkommnisse erfolgte nach dem jeweils überwiegenderen Merkmal. Grenzwertüberschreitungen bei Radioaktivitätsableitungen mit Abwasser oder Abluft sind hier nicht miterfaßt, siehe dazu Kap. 5.

Ursache	Betroffenes Objekt	Betroffene Körperteile
Technische Mängel 33 %	Personen 71 %	Kopf 37 %
Organisatorische Mängel 13 %	Gegenstände 21 %	Hände 38 %
Verhaltensmängel 54 %	Raumluft 8 %	Ganzkörper 25 %

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

2.1.2 Unterstützung der Strahlenschutzbeauftragten

H. Roock

Der in 228 Exemplaren an alle Strahlenschutzverantwortung tragende Personen ausgegebene Strahlenschutzordner wurde auch 1985 laufend ergänzt und aktualisiert. Parallel hierzu wurde der Inhalt des Strahlenschutzordners völlig neu gestaltet. Die gestraffte Neuausgabe wurde im Dezember 1985 sukzessive, bei gleichzeitigem Einzug der bisherigen Ausgabe verteilt.

SSO - Inhaltsverzeichnis

- 1 Persönliche Bestellung**
- 2 Gesetze und Verordnungen**
 1. Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) mit Berichtigung vom 21.01./01.02.77 und 23.8.79
 2. Atomgesetz (AtG)
 3. Röntgenverordnung (RöV)
- 3 Strahlenschutzverantwortlichkeiten**
 1. HS-Sicherheitsorganisation Strahlenschutz
 2. Strahlenschutzbeauftragte gem. StrlSchV
 3. Strahlenschutzbeauftragte gem. RöV
 4. Grundsätze für die Bestellung zum SSB (StrlSchV)
 5. Grundsätze für die Bestellung zum VFS (RöV)
- 4 Meldung von sicherheitstechnisch bedeutsamen Ereignissen an die atomrechtliche Aufsichtsbehörde**
 1. Hinweise zur Durchführung der Melderegelung
 2. Melderegelung (EM)
 3. Meldeverfahren (GAA)
- 5 Abluftüberwachung**
 1. Abluftplan
 2. Grundsätze für die Ableitung radioaktiver Stoffe in die Luft
- 6 Zutritt und Beschäftigung von Personen, die nicht KfK-Angehörige sind**
 1. Strahlenschutzanweisung für den Zutritt von Besuchern zu Kontrollbereichen (Besucherregelung)
 2. Merkblatt zum Genehmigungsbedarf nach § 20 a StrlSchV
 3. Mustervertrag (Abgrenzungsvertrag) gemäß Genehmigung nach § 20 a StrlSchV
 4. Tätigkeitseingrenzungen für Fremdfirmen ohne § 20 a - Genehmigung
 5. Beschäftigung von Uni-Angehörigen in Kontroll- und Sperrbereichen
 6. Einlegeblatt in den Strahlenpaß (Nachweis über nichtamtliche Personendosis)
- 7 Überwachung beruflich strahlenexponierter Personen**
 1. Überwachung durch HS/TSB
 2. Erhebungsbogen zur Einstufung
 3. Erläuterung zum Erhebungsbogen
 4. amtlicher Überwachungsbogen
 5. Übersicht Strahlenschutzbereiche
 6. Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle
 7. Strahlenschutzanweisung „Verhalten bei einer Überdosis nach § 70 (1) StrlSchV“
 8. Musterformular Interventionserlaubnis (siehe Allgemeine Sicherheitsregelung, Kap. 4.2)
 9. Strahlenschutzbelehrung
- 8 Inkorporation / Personenkontamination**
 1. Begleitschein zur Personendekontamination und Inkorporationsüberwachung und zur Erfassung gem. §§ 64, 66 StrlSchV
 2. Regelung zur Inkorporationsüberwachung
 3. Abschlußuntersuchung auf Inkorporation
 4. Meldeformular für die Abschlußuntersuchung
 5. Merkblatt über Erste Hilfe bei erhöhter Einwirkung ionisierender Strahlen
 6. Arbeiten im Plutoniumbereich
- 9 Schutzkleidung**
 1. HS/TSB-Merkblatt für den Atemschutzgeräteinsatz
 2. Atemschutz-Merkblatt der Berufsgenossenschaften
 3. Wäschekategorien (siehe Allgemeine Sicherheitsregelung Anhang V)
- 10 Transport, Ein- und Ausfuhr radioaktiver Stoffe**
 1. Transportordnung des KfK für den internen Transport radioaktiver Stoffe
 2. Hinweise für die Festlegung der Transportmodalitäten für den Transport radioaktiver Stoffe auf öffentlichen Straßen
 3. Regelung für den externen Transport gemäß Genehmigung B/304/80
 4. Bedingungen für die Transportdurchführung durch AV/FD
 5. Formular Bestätigung zum Fahrauftrag
 6. Liste der fachkundigen Personen für die Beförderung (FPB)
 7. Regelung für die Kontrollen bei der Ausfuhr von Material aus den Strahlenschutzbereichen der KfK
 8. Richtlinien über die Kontrolle der Ein- und Ausfuhr von Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen für den OSD und Güterkontrolle
 9. Hinweise zur Abgabe radioaktiver Stoffe
- 11 Regelungen über die Inanspruchnahme der Abteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB)**
 1. Bedingungen für die Abgabe von radioaktiven Reststoffen
 2. Bedingungen für die Abgabe von kontaminierten Anlageteilen
- 12 Tätigkeit von KfK-Angehörigen in KfK-fremden Anlagen gem. § 20 a StrlSchV**
 1. Strahlenschutzanweisung
 2. Genehmigung Nr. F/312/79

Das Inhaltsverzeichnis des neuen Ordners zeigt Umfang und Gliederung der damit den Strahlenschutzbeauftragten zu Erfüllung ihrer Aufgaben zur Verfügung gestellten Arbeitsunterlagen (s. Abb. 2/1).

Aufgrund von Umorganisationen wurden 23 Neubestellungen und 20 Änderungen der Zuständigkeiten von Strahlenschutzbeauftragten bzw. deren Stellvertretern (ohne Entlastungen und ohne Änderungen von Raumzuständigkeiten in der gleichen Organisationseinheit) erforderlich. Ende 1985 gab es bei der KfK GmbH 60 Strahlenschutzbeauftragte und 164 Stellvertreterfunktionen. Bei den Neubestellungen waren jeweils Strahlenschutzfachkunde und persönliche Zuverlässigkeit nachzuweisen.

Die Beantwortung telefonischer Anfragen über allgemeine Strahlenschutzfragen, Beratung bei der Neueinrichtung von Kontrollbereichen und Sperrbereichen sowie bei der Erfüllung von Behördenauflagen, die Durchsicht von Sicherheitsbetrachtungen und Sicherheitsberichten und die Teilnahme an den Sitzungen des Sicherheitsausschusses der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe bildeten auch 1985 einen wesentlichen Teil der Routineaufgaben.

Die Beratung erstreckte sich auch auf Fremdfirmen, die Aufträge zur Durchführung von Arbeiten in Strahlenschutzbereichen der KfK GmbH erhalten haben, insbesondere auf die Entscheidung, ob eine Genehmigung nach § 20a erforderlich ist, oder ob es sich nur um eine gelegentliche Tätigkeit handelt. Von der Möglichkeit des Einsatzes als nicht beruflich strahlenexponierte Person wird von Fremdfirmen wenig Gebrauch gemacht. Hierbei muß allerdings sichergestellt sein, daß die betreffende Person nicht mehr als 1/10 der Dosisgrenzwerte der Anlage X, Spalte 2 der Strahlenschutzverordnung erreichen kann. Dies gilt unter Berücksichtigung aller beruflichen Strahlenbelastungen im Kalenderjahr. Weiterhin sind Fragen aufgetreten bezüglich des Genehmigungsverfahrens, des Abgrenzungsvertrages, des Strahlenpasses und der zu erbringenden Vorleistungen.

2.1.3 Personenüberwachung

H. Roock

In Strahlenschutzkarteien und in EDV-gestützten Strahlenschutzdateien werden sowohl die von der amtlichen Meßstelle als auch alle in Eigenüberwachung ermittelten Personendosen und Inkorporationsmeßergebnisse registriert und 30 Jahre lang aufbewahrt. Seit dem 01.01.1984 werden alle Dosismesswerte, ärztliche Untersuchungstermine und Belehrungstermine ausschließlich von der EDV erfaßt und ausgewertet.

Bei festgestellten Grenzwertüberschreitungen erfolgen Meldungen, damit die jeweils erforderlichen Maßnahmen eingeleitet werden können. Ferner werden Belehrungstermine und ärztliche Untersuchungstermine registriert und ihre Einhaltung überwacht.

Zu den Aufgaben der Personenüberwachung i. S. der StrlSchV gehören auch Ausgabe und Rücknahme der amtlichen Personendosimeter sowie deren Versand an die amtliche Meßstelle (Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe). Als Begleitpapier für die amtlichen Dosimeter dient der "Überwachungsbogen zur Personendosis-Feststellung". Diese für den jeweiligen Überwachungszeitraum zusammen mit den amtlichen Dosimetern verteilten Formulare sind am Ende der Dosimetertragezeit ausgefüllt (Name, Vorname, Dosimeter-Nr., Befestigungsort, Strahlungsart) an das Technische Sicherheitsbüro der HS zurückzugeben. Die KfK-interne Dosimetrie wird von HS/D und HS/Ü abgewickelt.

Aufgrund der Genehmigung nach § 20 a StrlSchV werden für KfK-Mitarbeiter, die in fremden kerntechnischen Anlagen tätig werden müssen, Strahlenpässe ausgestellt und die Eintragungen im

Bedarfsfall auf den neuesten Stand gebracht. Zur Zeit sind 225 KfK-Angehörige im Besitz eines gültigen Strahlenpasses.

Für beruflich strahlenexponierte Personen, die erstmals tätig werden, oder deren Umgang mit radioaktiven Stoffen sich wesentlich verändert, sind vom zuständigen Strahlenschutzbeauftragten (SSB) Erhebungsbogen zur Einstufung in Überwachungskategorien auszufüllen. Die Einzelangaben und die von den SSB vorgeschlagenen Einstufungen werden im Technischen Sicherheitsbüro geprüft, bevor hier die endgültige Einstufung vorgenommen wird. Sofern Korrekturen oder Ergänzungen notwendig sind, erfolgen diese in Abstimmung mit dem SSB. Ende 1985 waren von den Mitarbeitern der KfK GmbH und von den Angehörigen der Universität Karlsruhe, die ihren ständigen Arbeitsplatz in der KfK haben, insgesamt 598 Personen in Kategorie A und 1 570 Personen in Kategorie B als beruflich strahlenexponierte Personen eingestuft.

Eine Übersicht über den Aufgabenbereich zeigt die folgende Zusammenstellung:

- Erfassung von strahlenexponierten Personen mittels Erhebungsbogen,
- Erfassung von Fremdfirmenangehörigen mittels Einlegeblatt zum Strahlenpaß,
- Erfassung der Meßwerte und Expositionszeiten von
 - amtlichen Filmdosimetern,
 - Thermolumineszenzdosimetern,
 - Stabdosimetern,
 - Albedodosimetern,
 - Teilkörperdosimetern,
 - Glasdosimetern,
- Erfassung von Ergebnissen der Inkorporationsüberwachung,
- Terminüberwachung für
 - ärztliche Untersuchungen gemäß § 67 StrlSchV und § 42 RöV,
 - Belehrungen gemäß § 39 StrlSchV,
- Ausfertigung von Strahlenpässen,
- Administrative Maßnahmen bei Beendigung des Beschäftigungsverhältnisses von strahlenexponierten Mitarbeitern.

Seit Januar 1984 erhalten die SSB, HS/Ü und die LFU monatlich einen Computerausdruck, der alle Dosiswerte enthält, die mit den verschiedenen Dosimetersystemen ermittelt wurden. Der Ausdruck erfolgt getrennt nach Organisationseinheiten. Die beruflich strahlenexponierten Mitarbeiter jeder Organisationseinheit werden in alphabetischer Reihenfolge aufgelistet. Außerdem werden jedem beruflich strahlenexponierten Mitarbeiter der KfK seine Dosiswerte für das vergangene Jahr zu seiner persönlichen Information mitgeteilt.

Den Fremdfirmen, mit denen aufgrund ihrer Genehmigung nach § 20a StrlSchV ein Abgrenzungsvertrag über den jeweiligen Verantwortungsumfang der Strahlenschutzverantwortlichen (SSV) bzw. -Beauftragten (SSB) besteht, werden die vom Strahlenschutz der KfK gemessenen Stabdosiswerte monatlich für alle im laufenden Kalenderjahr bei der KfK GmbH nicht nur gelegentlich tätig gewordenen Fremdfirmenangehörigen übermittelt.

2.1.4 Ergebnisse der Personendosisüberwachung

A. Antoni, P. Meyer

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.

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

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

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

Die Tabellen 2/2 und 2/3 zeigen die Häufigkeitsverteilungen der monatlichen Dosiswerte beruflich strahlenexponierter Personen der Kategorie A und B für die vorgegebene Intervallschachtelung zwischen 0 mSv und 50 mSv. 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.

In Tab. 2/4 wurden für die hier definierten Gruppen verschiedener Organisationseinheiten und Anlagen der KfK die prozentualen Häufigkeitsverteilungen der Jahresdosiswerte dargestellt. Die Darstellung erfolgte wiederum für die beruflich strahlenexponierten Personen beider Kategorien und für dieselbe Dosisintervallschachtelung. Bei der Summation wurden auch alle die Mitarbeiter mitgezählt, die nur während eines Teils des Jahres beruflich strahlenexponiert waren oder der betrachteten Gruppierung von Organisationseinheiten angehört haben. Dies bedeutet, daß z. B. die Vierteljahresdosis eines Mitarbeiters in der Kategorie B als Jahresdosis in die Statistik einging, da seine Dosisexposition während der restlichen 9 Monate des Jahres mit 0 mSv bewertet wurde. 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 1985 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 Jahreseinzelswert ausgewiesen.

Abgesehen von geringfügigen statistischen Schwankungen hat sich die Anzahl der überwachten Personen seit 1983 auf einen nahezu konstanten Wert eingependelt. Die Werte in Tab. 2/4 unterscheiden sich, außer in der Kategorie A bei der Gruppe "Reaktor und Beschleuniger", nur unwesentlich von denen des Vorjahres. Bei dieser Gruppe haben sich der Jahresmittelwert von 3,4 auf 4,7 mSv und der höchste Jahreseinzelswert von 10 auf rund 21 mSv erhöht. Ein Grund hierfür ist die Inbetriebnahme einer zweiten Anlage zur Erzeugung von Radionukliden. Durch konstruktive Änderungen an der Anlage soll die Strahlenexposition wieder reduziert werden.

Dosisintervall in mSv	Häufigkeitsverteilungen der monatlichen Filmdosiswerte in %											
	JAN	FEB	MÄRZ	APRIL	MAI	JUNI	JULI	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ
H = 0.0	78.0	74.0	73.1	70.8	77.3	76.8	68.1	75.4	78.9	80.9	75.4	79.6
0 < H ≤ 0.2	15.8	16.6	19.4	17.3	14.1	15.9	16.8	11.2	6.9	6.7	12.2	14.8
0.2 < H ≤ 0.4	4.0	3.6	3.2	5.4	4.3	2.6	5.8	6.6	4.8	4.8	4.3	2.2
0.4 < H ≤ 1.0	1.1	4.7	3.1	3.8	3.4	3.3	5.8	4.0	5.7	5.9	5.9	1.9
1.0 < H ≤ 2.0	0.9	1.1	1.1	2.0	0.9	1.0	2.3	2.1	2.8	1.0	1.5	1.0
2.0 < H ≤ 5.0	0.2	0.0	0.2	0.7	0.0	0.3	1.2	0.5	0.9	0.7	0.7	0.5
5.0 < H ≤ 10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
10.0 < H ≤ 15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15.0 < H ≤ 20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20.0 < H ≤ 25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25.0 < H ≤ 30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30.0 < H ≤ 35.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
35.0 < H ≤ 40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
40.0 < H ≤ 45.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
45.0 < H ≤ 50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
H > 50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Überw. Personenzahl:	550	554	557	555	555	573	571	578	578	580	581	588

Tab. 2/2: Ergebnisse der amtlichen Filmdosimetrie des Jahres 1985 für beruflich strahlenexponierte Personen der KfK in der Kategorie A bei monatlicher Dosimeterauswertung

Dosisintervall in mSv	Häufigkeitsverteilungen der monatlichen Stabdosiswerte in %											
	JAN	FEB	MÄRZ	APRIL	MAI	JUNI	JULI	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ
H = 0.0	96.4	98.8	98.4	96.4	98.4	99.0	98.3	98.8	96.1	98.6	97.5	98.7
0 < H ≤ 0.2	1.4	0.2	0.5	0.9	0.6	0.5	0.3	0.5	0.5	0.4	0.6	0.5
0.2 < H ≤ 0.4	2.0	0.7	0.9	2.4	0.7	0.4	1.1	0.5	2.8	0.7	1.4	0.6
0.4 < H ≤ 1.0	0.1	0.4	0.1	0.3	0.3	0.1	0.3	0.2	0.5	0.3	0.5	0.2
1.0 < H ≤ 2.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0
2.0 < H ≤ 5.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5.0 < H ≤ 10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.0 < H ≤ 15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15.0 < H ≤ 20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20.0 < H ≤ 25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25.0 < H ≤ 30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30.0 < H ≤ 35.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
35.0 < H ≤ 40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
40.0 < H ≤ 45.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
45.0 < H ≤ 50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
H > 50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Überw. Personenzahl:	1513	1520	1519	1519	1530	1528	1530	1529	1521	1526	1543	1572

Tab. 2/3: Ergebnisse der internen Dosimetrie des Jahres 1985 mittels Stabdosimetern für beruflich strahlenexponierte Personen der KfK in Kategorie B bei monatlicher Dosimeterauswertung

Dosisintervall in mSv	Häufigkeitsverteilungen der Jahresdosiswerte 1985 in %					
	A	B	A	B	A	B
H = 0.0	23.9	73.8	19.7	78.4	71.4	78.3
0.0 < H ≤ 0.2	2.8	12.4	21.3	4.3	11.9	2.9
0.2 < H ≤ 0.4	5.6	6.2	7.9	6.6	7.1	13.0
0.4 < H ≤ 1.0	12.7	5.5	18.9	5.6	2.4	5.4
1.0 < H ≤ 2.0	7.0	1.4	18.9	3.3	4.8	0.4
2.0 < H ≤ 5.0	23.9	0.7	12.6	1.6	2.4	0.0
5.0 < H ≤ 10.0	9.9	0.0	0.8	0.3	0.0	0.0
10.0 < H ≤ 15.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15.0 < H ≤ 20.0	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20.0 < H ≤ 25.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25.0 < H > 50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Anzahl erfaßter Jahresdosiswerte	71	145	127	305	42	277
Mittlere überwachte Personenzahl	62	129	117	271	36	244
Jahresmittelwert in mSv	4.66	0.13	1.03	0.21	0.22	0.10
höchster Jahreseinzelwert in mSv	21.20	2.40	5.60	5.20	2.20	1.90
Gruppe	Reaktor und Beschleuniger		Institutionen mit hohem Aktivitätsinventar		Institutionen mit niedrigem Aktivitätsinventar	

Dosisintervall in mSv	Häufigkeitsverteilungen der Jahresdosiswerte 1985 in %					
	A	B	A	B	A	B
H = 0.0	26.0	88.9	69.3	93.9	47.1	86.8
0.0 < H ≤ 0.2	7.0	0.0	6.8	1.4	9.7	3.0
0.2 < H ≤ 0.4	3.0	5.6	3.6	3.6	4.8	5.9
0.4 < H ≤ 1.0	8.0	2.8	7.9	0.6	10.3	2.7
1.0 < H ≤ 2.0	12.0	0.0	7.5	0.4	10.3	1.0
2.0 < H ≤ 5.0	29.0	2.8	5.0	0.1	12.4	0.5
5.0 < H ≤ 10.0	13.0	0.0	0.0	0.0	3.4	0.1
10.0 < H ≤ 15.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
15.0 < H ≤ 20.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0
20.0 < H ≤ 25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0
25.0 < H > 50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Anzahl erfaßter Jahresdosiswerte	100	36	280	952	620	1715
Mittlere überwachte Personenzahl	95	29	258	856	568	1529
Jahresmittelwert in mSv	2.59	0.16	0.38	0.03	1.34	0.09
höchster Jahreseinzelwert in mSv	17.60	3.10	4.80	4.40	21.20	5.20
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.

2.1.5 Durchführung der Röntgenverordnung

U. Neumann

Im Berichtsjahr 1985 wurde mit der Bilddokumentation der in der KfK GmbH betriebenen Röntgenanlagen begonnen. Den Farbfotos wurden Datenblätter (s. Abb. 2/2) beigelegt, die anhand der Unterlagen der jeweiligen Geräte erstellt wurden. Diese Datenblätter enthalten alle Angaben, die bei Betriebsbegehungen oder bei Aufsichtsbesuchen der Behörden schnell greifbar sein sollten. Wichtig sind dafür z. B. Angaben über den Hersteller, das Baujahr, die Geräte-Nummer des Herstellers, die genaue Gerätebezeichnung, Angaben über die Beschleunigerspannung und ob das Gerät einer Genehmigung bedarf oder nur der Anzeige. Ist eine Genehmigung erteilt, werden auf dem Datenblatt die Genehmigungs-Nummer, die dazugehörige Prüfberichts-Nummer und die genehmigungserteilende Behörde genannt.

Im Rahmen der Strahlenschutzbetriebsbegehungen wurden 1985 gemäß RöV 15 Begehungen gemacht, für die auch schriftliche Berichte erstellt wurden. Bei diesen Begehungen war u. a. festzustellen, daß § 4 der RöV nicht immer eingehalten wurde. § 4 der RöV sagt aus, daß der Betrieb einer Röntgeneinrichtung, deren Röntgenstrahler der Bauart nach zugelassen ist, keiner Genehmigung bedarf, aber spätestens zwei Wochen vor Inbetriebnahme nach einer durchgeführten Sachverständigenprüfung unter Vorlage des Prüfberichtes bei der Aufsichtsbehörde anzuzeigen ist.

Insgesamt gibt es für KfK-Organisationseinheiten 27 behördliche Genehmigungen zum Betreiben von Röntgengeräten oder Störstrahlern, die von 41 Verantwortlichen für den Strahlenschutz (VfS/RöV) und 32 stellvertretenden VfS/RöV überwacht und betreut werden, einschließlich einer großen Anzahl von Geräten, die nur der Anzeige bei der Behörde bedurften.

Farbbild-Dokumentation von Röntgengeräten und Störstrahlern im Kernforschungszentrum Karlsruhe	
Organisationseinheit:	xxxx
Verantwortlicher für den Strahlenschutz (RöV (VfS/RöV):	xxxxxxxxxx<
Stellvertreter:	xxxxxxxxxxxxxxxx
Gerät:	MACROTANK G 300
Gebäude: Raum:	
Macrotank G 300 mobiles Röntgengerät Fa. C.F.H. Müller - Philips 1969 300 kV, 5 mA Zulassungsschein 641 PTB vom 02.06.1967 und Ergänzung vom 15.06.1967 Prüfbericht Nr. 1240 der LfU vom 11.04.1979 Anzeige der KfK beim GAA vom 27.06.1980 Genehmigung Nr. Rö/307/82 des GAA vom 22.03.1982	
Bilder wurden gefertigt am: 08.07.1985	

Abb. 2/2: Datenblatt eines Röntgengerätes als Beispiel

2.1.6 Neuregelung der Terminüberwachung für Strahlenschutzbelehrungen gemäß § 39 StrlSchV und § 41 RÖV

A. Antoni, H. Roock

Gemäß § 31 der StrlSchV sind der SSV und der SSB gleichermaßen dafür verantwortlich, daß beruflich strahlenexponierte Personen fristgerecht belehrt werden. Zur Unterstützung der Verantwortlichen und um Terminüberschreitungen auszuschließen, wurde der organisatorische Ablauf für die Einhaltung der Belehrungstermine wie folgt geregelt:

Gegen Ende des Monats, der dem Fälligkeitsmonat vorangeht, erhält der zuständige SSB eine Mitteilung über die KfK-interne Regelung bei der Durchführung von Belehrungen (siehe Abb. 2/3) und eine Liste, in der die Mitarbeiter aufgeführt sind, deren Strahlenschutzbelehrung fällig ist (siehe Abb. 2/4). Nach durchgeführter Belehrung ist diese Liste mit den Unterschriften der Belehrteten und des Belehrenden als Durchführungsbestätigung an HS/TSB zurückzusenden.

Noch vor Ende eines jeden Fälligkeitsmonats erhält der zuständige SSB bei Terminüberschreitung eine Mitteilung mit einer Liste der Mitarbeiter, die nicht fristgerecht belehrt wurden (siehe Abb. 2/5). Diesen Mitarbeitern wird bis zum schriftlichen Nachweis der erfolgten Belehrung der Zutritt zu Kontrollbereichen und Sperrbereichen sowie der Umgang mit radioaktiven Stoffen oberhalb der Freigrenzen gemäß Anlage IV StrlSchV untersagt.

HS/Technisches Sicherheitsbüro	KfK, den 15.11.85
An den Strahlenschutzbeauftragten	
Herrn/Frau	YYYY
Organisationseinheit	ZZZZ
Betr.: Strahlenschutzbelehrung gemäß Paragraph 39 der StrlSchV bzw. Paragraph 41 der RÖV	
Der bei HS/TSB zentral geführten Strahlenschutzdatei ist zu entnehmen, daß die in der beigefügten Liste aufgeführten Mitarbeiter im	
Dezember 1985	
zur Strahlenschutzbelehrung fällig sind.	
Diese Liste ist spätestens bis zum 25. des o. a. Fälligkeitsmonats, versehen mit den Unterschriften der Belehrteten und des Belehrenden, an HS/TSB zu übersenden. Dieser Unterschriftenliste ist eine knappe Darstellung des Belehrungsinhaltes beizufügen.	
Es wird darauf hingewiesen, daß Mitarbeitern, die diesen Termin nicht einhalten, der Zutritt zu Kontrollbereichen und Sperrbereichen sowie der Umgang mit radioaktiven Stoffen oberhalb der Freigrenze gemäß Anlage IV StrlSchV untersagt werden wird.	

Abb. 2/3: Mitteilung an die SSB über die KfK-interne Regelung bei der Durchführung von Strahlenschutzbelehrungen

Strahlenschutzbelehrung bei ZZZZ

Ich bestätige, daß ich an einer Strahlenschutzbelehrung gemäß Paragraph 39 der StrlSchV bzw. Paragraph 41 der RÖV teilgenommen habe.

Name, Vorname	letzte Belehrung	Unterschrift	Datum der Belehrung
-----	-----	-----	-----
YYYY, ZZZZ	JUN 85		
YYYY, ZZZZ	JUN 85		
YYYY, ZZZZ	DEZ 84		
YYYY, ZZZZ	JUN 85		
YYYY, ZZZZ	JUN 85		
YYYY, ZZZZ	JUN 85		
YYYY, ZZZZ	JUN 85		
YYYY, ZZZZ	JUN 85		
YYYY, ZZZZ	JUN 85		
YYYY, ZZZZ	JUN 85		
YYYY, ZZZZ	JUN 85		

Name des Belehrenden:

Unterschrift des Belehrenden:

Der Sicherheitsbeauftragte

KfK, den 30.12.85

An den Strahlenschutzbeauftragten

Herrn/Frau YYY

Organisationseinheit ZZZZ

Betr.: Strahlenschutzbelehrung gemäß Paragraph 39 der StrlSchV bzw. Paragraph 41 der RÖV

Der bei HS/TSB zentral geführten Strahlenschutzdatei ist zu entnehmen, daß die in der beigefügten Liste aufgeführten Mitarbeiter

nicht fristgerecht belehrt

wurden.

Diesen Mitarbeitern wird hiermit - bis zum schriftlichen Nachweis der erfolgten Belehrung - der Zutritt zu Kontrollbereichen und Sperrbereichen sowie der Umgang mit radioaktiven Stoffen oberhalb der Freigrenze gemäß Anlage IV StrlSchV untersagt.

Abb. 2/4: Monatliche Mitteilung an die SSB mit der Information, für welche Mitarbeiter eine Strahlenschutzbelehrung fällig wird.

Abb. 2/5: Monatliche Mitteilung an die SSB bei Terminüberschreitungen.

2.2 Arbeitsschutz

2.2.1 Betriebsüberwachung

W. Winkelmann, F. Merschroth, H. Wilker, E. Windbühl

Zur Überprüfung der Arbeitssicherheit wurden 215 protokollierte Begehungen in den baulichen Objekten, Außen- und Versuchsanlagen sowie in Einrichtungen der Infrastruktur durchgeführt. Diese 215 protokollierten Begehungen teilen sich auf in 161 Routinebegehungen, 46 Baustellenbegehungen und 8 Kontrollgänge. Darüber hinaus wurden 79 nicht protokollierte Kontrollgänge durchgeführt. Das Ergebnis der Kontrollgänge zeigt Tab. 2/6.

An 33 der 161 Routinebegehungen haben die Sicherheitsbeauftragten nach § 719 RVO der jeweiligen Organisationseinheiten teilgenommen. Vertreter des Betriebsrates nahmen an 14 Begehungen teil. Gemäß den Verpflichtungen des ASiG wurden 8 gemeinsame Begehungen mit Betriebsarzt, Sicherheitsfachkraft und Betriebsrat durchgeführt. Mit Vertretern von Aufsichtsbehörden fanden 9 Revisionen statt.

Die 161 Routinebegehungen erstreckten sich auf 37 Institute und Teilinstitute der KfK GmbH, so daß zwei Drittel aller Institute, Hauptabteilungen, Projektbereiche und Abteilungen besucht wurden. Das Hauptaugenmerk richtete sich bei den Begehungen auf die Bereiche, in denen experimentell gearbeitet wurde oder in denen Mitarbeiter erhöhten Gefährdungen ausgesetzt sind. Zwangsläufig nahmen dabei Begehungen in den komplexen Organisationseinheiten den größten Anteil ein. Um nur einige Beispiele zu nennen, wurden allein 17 Begehungen in den ausgedehnten Bereichen der Kerntechnischen Betriebe, 14 in der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe, 10 im Institut für Material- und Festkörperforschung, 9 im Institut für Radiochemie und 7 Begehungen in den Gebäuden des Instituts für Heiße Chemie durchgeführt. Eine Übersicht der häufigsten Beanstandungen aus diesen Routinebegehungen gibt Tab. 2/5.

Art und Häufigkeit der Beanstandungen bei Routinebegehungen	
Sicherheitskennzeichnung am Arbeitsplatz	ca. 45 %
Mängel an Arbeitsmaschinen Unsachgemäße Verwendung oder Lagerung gefährlicher Arbeitsstoffe	je ca. 25 %
Mängel an elektrischen Betriebseinrichtungen Unerlaubte Nutzung von Rettungs- und Verkehrswegen Mangelhafte oder fehlende Absturzsicherung Ausstattung von Arbeits- und Pausenräumen und sanitären Einrichtungen	je ca. 12 %
Kennzeichnung von Notausgängen und Fluchtwegen Lagerung und Befestigung von Druckgasflaschen und deren Schlauchanschlüsse Fehlende, zu befestigende oder zu überprüfende Feuerlöscher und Kennzeichnung von Wandhydranten Erhöhte Brandlasten, Verstellen von Schutzeinrichtungen	je ca. 8 %
Verwendung mangelhafter Hebezeuge und Anschlagmittel Vorschriftswidrige Rollenstühle, Leitern und Treppen Verwendung von Asbest oder anderen krebserzeugenden Stoffen Beleuchtung des Arbeitsplatzes und fehlende oder mangelhafte Notbeleuchtung	je ca. 5 %

Tab. 2/5: Übersicht über die häufigsten Beanstandungen bei Routinebegehungen 1985
(Da pro Routinebegehung stets mehr als eine Mängelart auftrat und deren Häufigkeit auf die Gesamtzahl der Begehungen bezogen wurde, ergibt sich für ihre Summe ein Wert von über 100 %.)

Schwerpunkte der Begehungen bildeten im Berichtszeitraum mechanische und elektronische Werkstätten sowie biologische und chemische Laboratorien. Allein in der Hauptabteilung Versorgungsbetriebe und Werkstätten fanden 19 solcher gezielter Begehungen statt. Die Begehungen in den Werkstätten und Laboratorien dienten u. a. gleichzeitig zur Ermittlung, ob und in welchem Umfang dort mit gefährlichen Arbeitsstoffen umgegangen wird. Diese Erfassung ist äußerst wichtig für die voraussichtlich 1986 in Kraft tretende Gefahrstoffverordnung, worin der Arbeitgeber verpflichtet werden wird, Einwirkungen gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe zu ermitteln.

Durch die gezielte Überprüfung von Werkstätten und Laboratorien kam es zwangsläufig zu Änderungen in der Mängelstatistik gegenüber dem Vorjahr. Dies drückt sich vor allem in der Mängelart "Sicherheitskennzeichnung am Arbeitsplatz" aus, die häufigster Anlaß für Beanstandungen war. Fehlende Kennzeichnungen an betrieblichen Einrichtungen und Arbeitsstoffen, wie z. B. elektrische Einrichtungen oder Lösemittel, sind darunter zusammengefaßt. Nicht gekennzeichnete betriebliche Einrichtungen waren gleichermaßen in Laboratorien und Werkstätten zu beanstanden.

Mit etwa je 25 % bildeten Mängel an Arbeitsmaschinen und die unsachgemäße Verwendung oder Lagerung gefährlicher Arbeitsstoffe eine eigene Rubrik. Der Anstieg dieser beiden Mängelmerkmale im Vergleich zum Vorjahr läßt sich wiederum mit den verstärkten Überprüfungen der Werkstätten und Laboratorien erklären und zeigt eine gewisse Nachlässigkeit der Mitarbeiter beim Umgang mit diesen Arbeitsmitteln. Häufigste Mängel an Arbeitsmaschinen waren dabei unbefestigte Bohrmaschinen, fehlende Funkenschutzbleche und nachzustellende Werkstückauflagen bzw. auszuwechselnde Schleifscheiben an Schleifmaschinen. Der große Anteil unsachgemäßer Verwendung oder Lagerung gefährlicher Arbeitsstoffe ist auf die häufig noch nicht erfüllte Forderung zur Anschaffung von Sicherheitskannen und auf unzulässige Lagermengen am Arbeitsplatz zurückzuführen.

Rückgänge in den Beanstandungen gegenüber dem Vorjahr weisen die in der dritten Rubrik aufgeführten Mängel auf. Die Mängelmerkmale der beiden darauf folgenden Gruppen liegen in der üblichen jährlichen Schwankungsbreite.

Der hohe Anteil von erforderlichen Begutachtungen bei geplanten Bau- und Umbaumaßnahmen von Gebäuden, Versuchsanlagen, Verkehrswegen, Beleuchtungs-, Belüftungs- und sanitären Einrichtungen des Vorjahres hat sich 1985 fortgesetzt und macht inzwischen 57 % der Routinebegehungen aus.

Im Gegensatz zu den Routinebegehungen 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 bei Streifengängen zu melden. Eine Übersicht der häufigsten Beanstandungen findet sich in Tab. 2/6.

Eine weitere Aufgabe der Betriebsüberwachung erstreckt sich auf Baustelleneinrichtungen und deren Abnahme bei Neueinrichtung im KfK. Dabei wurden auf 17 Baustellen 46 Baustelleneinrichtungen sicherheitstechnisch überprüft.

Die festgestellten Mängel aus der Überprüfung von 76 Baubaracken, Bauwagen und Containern, die als Büros, Lager und Dauerunterkünfte dienen, sind in Tab. 2/7 wiedergegeben.

Art und Häufigkeit der Beanstandungen bei Kontrollgängen	
Mängel an elektrischen Betriebseinrichtungen Fehlende thermische Isolierungen Mangelhafte oder fehlende Absturzsicherung	je ca. 16 %
Unsachgemäße Lagerung gefährlicher Betriebs- und Arbeitsstoffe Sicherheitskennzeichnung am Arbeitsplatz	je ca. 9 %
Fehlende, zu befestigende oder zu überprüfende Feuerlöscher Mängel an Arbeitsmaschinen Aufstellung, Sicherung und Lagerung von Druckgasflaschen Mängel an Flucht- und Rettungswegen sowie Notausgängen Gebäudeschäden und fehlende Bezeichnung von Gebäuden	je ca. 6 %
Sonstiges	ca. 4 %

Tab. 2/6: Übersicht über die häufigsten Beanstandungen bei Kontrollgängen 1985, die aufgrund von Mängelmeldungen des Objektsicherungsdienstes ausgeführt wurden (Anzahl der Kontrollgänge = 100 %)

Art und Häufigkeit der Beanstandungen an Baustelleneinrichtungen	
Fehlende, zu befestigende oder zu überprüfende Feuerlöscher	70 %
Fehlende Firmenschilder und Baustellennummern	46 %
Nicht vorhandene thermische Isolierungen	12 %
Mängel an elektrischen Maschinen und Elektroinstallationen	11 %
Mängel an der Bauwagenbeheizung	9 %
Unsachgemäße Lagerung wassergefährdender Betriebs- und Arbeitsstoffe	7 %
Unsachgemäße Lagerung von Brennstoffen oder Druckgasflaschen	5 %
Fehlende Gefahrenschlüssel	4 %
Ohne Mängel	8 %

Tab. 2/7 : Übersicht über die häufigsten Beanstandungen bei der Überprüfung und Abnahme von Baustelleneinrichtungen (Da pro Begehung oft mehr als eine Mängelart auftrat und deren Häufigkeit auf die Gesamtzahl der Begehungen bezogen wurde, ergibt sich für ihre Summe ein Wert von über 100 %.)

2.2.2 Arbeitsplatzüberwachung

2.2.2.1 Lärmüberwachung

F. Merschroth, H. Wilker

Im Berichtszeitraum wurden 30 protokollierte Lärmpegelmessungen in den baulichen Objekten, Außen- und Versuchsanlagen sowie in Einrichtungen aus der Infrastruktur der KfK GmbH durchgeführt. Hiervon wurden 12 Messungen zur Bestimmung der Lärmemission, 14 Messungen zur Bestimmung der Lärmimmission und 4 Messungen zur Bestimmung von beidem durchgeführt.

Die Lärmemissionsmessungen wurden aus folgenden Gründen erforderlich:

- 1 Messung aufgrund behördlicher Auflagen,
- 3 Messungen nach Neu- und Ersatzbeschaffungen von Maschinen und Anlagen bzw. Anlagenteilen,
- 4 Messungen nach Lärmdämmaßnahmen,
- 2 Messungen zur Bestimmung des geeigneten Aufstellungsortes,
- 2 Messungen zur Bestimmung des geeigneten Lärmdämmittels bzw. - materials.

Die Gründe für die Lärmimmissionsmessungen sind nachfolgend aufgeführt:

- 1 Messung aufgrund berufsgenossenschaftlicher Auflagen,
- 2 Messungen nach Lärmdämmaßnahmen,
- 4 Messungen nach Erweiterung einer bestehenden Anlage,
- 3 Messungen nach Neubeschaffung von Maschinen, Anlagen und Werkzeugen,
- 2 Messungen wegen beabsichtigter Nutzungsänderung von Räumen,
- 1 Messung aufgrund von Nachbarschaftsbelästigungen.

Die Inbetriebnahme neuer Anlagen machte insgesamt 4 Immissions- und 4 Emissionsmessungen erforderlich.

Zu allen durchgeführten Lärmpegelmessungen wurden von HS/TSB abschließende Beurteilungen sowie technische Lösungsvorschläge zur Lärminderung erarbeitet und den jeweiligen Organisationseinheiten zur Verfügung gestellt.

Tab. 2/8 gibt Auskunft darüber, in welchen Organisationseinheiten der KfK Lärmpegelmessungen vorgenommen wurden und welche Räume, Geräte oder Anlagen diese Überwachungsmaßnahmen notwendig machten.

2.2.2.2 Schadstoffüberwachung

F. Merschroth, W. Winkelmann

Eine wesentliche Voraussetzung für den nach heutigen Erkenntnissen gefahrlosen Umgang mit gesundheitsschädigenden Arbeitsstoffen ist die Kenntnis der Art des Stoffes, seiner Konzentration am Arbeitsplatz und seines zulässigen Grenzwertes. Nach geltendem Recht gibt es für den Umgang mit gesundheitsschädigenden Stoffen bisher nur für wenige Stoffe eine zwingende Meßverpflichtung. Lediglich für den Umgang mit solchen Stoffen, denen ein MAK-Wert (maximaler Arbeitsplatzkonzentrationswert) zugeordnet ist, besteht die Verpflichtung zur Einhaltung des Grenzwertes. Es ist jedoch zu erwarten, daß mit der gegenwärtig in Beratung befindlichen Gefahrstoffverordnung eine generelle Überwachungspflicht für gesundheitsschädigende Stoffe eingeführt wird, für die "Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen", "Technische Richtkonzentrationen", "Biologische Stofftoleranzwerte" oder "Auslöseschwellen" festgesetzt werden. Diese

Organisations- einheit	Art der Lärmüberwachung	Überwachte Räume, Geräte und Anlagen
HDB	E und I	Halle 548, Sandstrahlanlage
HDI	I	Maschinenraum, Terminalraum Geb. 442
HS/D	I	Meßraum und Body-Counter, Geb. 123
HS/R	E	Tieftemperaturverascher, Geb. 132
HS/U	E	Aerosolsammler, Geb. 436
HS/U	E	Aerosolsammler, Geb. 436
IDT	I	Maschinenraum, Geb. 445
IGT	E	Tierkäfigspülmaschine, Geb. 317
IGT	E	Tierkäfigspülmaschine, Geb. 317 nach Dämmung
IGT	I	Trennwand zwischen Raum 101 und 102, Geb. 304
IK III/Zykl.	I	Technikumshalle 351, Verdichter, Gebläse, Vakuumpumpe
IKVT	E	Technikumshalle 691, Trennstufe SR 33/2
INR/KTB	E und I	Technikumshalle 423, Ölverdichter
IRE	I	Geb. 521, Verkehrslärm
IRCH	I	Labor 212, Geb. 321, Vakuumpumpen
ITP	I	Labor 225, Geb. 401, Vakuumpumpen
KTB/FR-2	E	Lüfterbau 609, Lüfter und Kompressoren
KTB/HZ	I	Dunkelkammer 181, Geb. 701
KTB/HZ	E	Kranhalle 701, Betatron
LAF/VBW	I	Dampfkessel- und Rauchgasreinigungsanlage, Geb. 549
LIT	E	Flüssigmischanlage Labor 215, Geb. 403
LIT	E	Rauchgasgebläse, nicht stationär
LIT	E	Rauchgasgebläse, nicht stationär, nach Dämmung
LIT	I	Vakuumpumpen und Rechner, Labor 216, Geb. 403
VBW/E	E und I	Notstromaggregate, Geb. 686
VBW/VB-Bauhof	E und I	Notstromaggregat, Geb. 259
VBW/VB-Feuerwehr	I	Persönliche Schutzausrüstung
VBW/VB	E	Dampfkesselanlage, Geb. 549
VBW/HW	I	Schlosserei, Geb. 254

Tab. 2/8: Meßtechnische Lärmüberwachung 1985

E = Emissionsmessung

I = Immissionsmessung

generelle Überwachungspflicht dürfte in der Regel eine meßtechnische Überprüfung der Schadstoffkonzentrationen am Arbeitsplatz bedeuten.

Grundlage für die meßtechnische Überwachung von Stoffen, für die MAK-Werte festgesetzt wurden, ist zum einen die jährlich von der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft herausgegebene Liste der MAK-Werte und zum anderen die Technische Regel für gefährliche Arbeitsstoffe (TRgA 402), "Messung und Beurteilung von Konzentrationen gefährlicher Arbeitsstoffe in der Luft; Anwendung von maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen".

Die Meßverfahren sind in der TRgA 402 wie folgt festgelegt:

- "1. Das Meßverfahren muß der zu messenden Komponente, ihrem MAK-Wert und der Betriebsatmosphäre angepaßt sein. Das Meßverfahren muß das Ergebnis in der durch den Grenzwert vorgegebenen Dimension direkt oder indirekt (z. B. durch Umrechnung) liefern.
2. Die Mittelungsdauer bzw. Probenahmedauer des Meßverfahrens muß den in dieser TRgA gestellten Anforderungen entsprechen.
3. Nachweisgrenze, Empfindlichkeit und Präzision des Meßverfahrens müssen dem Grenzwert angepaßt sein. Mit dem Verfahren sollen Konzentrationen der zu messenden Komponente mindestens in dem Bereich zwischen einem Zehntel und dem Dreifachen des Grenzwertes gemessen werden können
4. Die Richtigkeit des Analysenverfahrens sollte durch Vergleichsversuche (z. B. mit standardisierten Verfahren) oder durch Mischversuche (z. B. Prüfgasen) sichergestellt sein.
5. Ist das Meßverfahren nicht spezifisch, so ist der volle Meßwert als Meßkomponente zu rechnen.
6. Die Meßunsicherheit als integraler Fehler aus allen bei einer Messung auftretenden systematischen und zufälligen Fehlern soll 30 % nicht überschreiten.
7. Das Meßverfahren soll sich unter praktischen Einsatzbedingungen bewährt haben."

Neben den schon seit Jahren erprobten und bewährten Meßsystemen bzw. Meßverfahren mit Prüfröhrchen, Flammenionisationsdetektor und Infrarotspektrophotometer wurden aufgrund der Vielzahl von Überwachungsbedürftigen Arbeitsplätzen 1985 von HS/TSB erstmals Schadstoffdosimeter-Röhrchen der Firma Auer und Schadstoff-Monitore der Firma 3M Deutschland eingesetzt. Die Probenahme der beiden erstmals eingesetzten Meßsysteme basiert auf dem Diffusionsprinzip.

Bei den Dosimeter-Röhrchen beruht das Meßverfahren auf einer schadstoffselektiven chemischen Farbreaktion, die, zur Anzeige gebracht, ein Maß für die Konzentration des gemessenen Stoffes ist. Die Länge der verfärbten Zone und die Dauer der Meßzeit ermöglichen bei Verwendung einer Kalibrierkurve das direkte Ablesen der durchschnittlichen Schadstoffkonzentration in ml/m³ während der Meßzeit.

Die Messung mit 3M-Monitoren erfolgt diskontinuierlich. Das Meßverfahren beruht auf der Anlagerung (Adsorption) von in der Luft befindlichen Schadstoff-Molekülen an aktive Sammelphasen (z. B. Aktivkohle) innerhalb des Monitors. Nach der Probenahme steht das Meßergebnis nicht unmittelbar zur Verfügung, sondern wird in einem nachfolgenden Analysengang im 3M-Labor ermittelt. Hierzu muß nach der Probenahme der Monitor luftdicht verschlossen und zusammen mit den nötigen Angaben innerhalb von 5 Tagen zur Analyse verschickt werden.

Die zur Analyse notwendigen Angaben sind:

- Dauer der Probenahme in min,
- Temperatur bei der Probenahme in °C,
- relative Luftfeuchtigkeit in %,
- zu analysierender Schadstoff.

Frühestens 8 - 10 Tage nach Absendung der Monitoren kann mit den Meßergebnissen gerechnet werden. Zum Test wurden 3M-Monitoren für die Überwachung 14 verschiedener Schadstoffe eingesetzt. Dies waren im einzelnen: Aceton, Chloroform, Diisopropylether, Diethylether, Ethanol, n-Heptan, n-Hexan, 2-Methoxyethanol, n-Nonan, Naphtalin, n-Oktan, Toluol, 1.1.1 Trichlorethan und Xylol. Entsprechend der TRgA 402 wurden für die 4 Stoffe Aceton, Chloroform, Diethylether und Xylol Vergleichsmessungen mit einem Flammenionisationsdetektor (FID) parallel zur Probenahme der 3M-Monitoren durchgeführt. Beim Einsatz der Auer-Dosimeter-Röhrchen wurden nur für Stickstoffdioxid Vergleichsmessungen mit Dräger-Prüfröhrchen NO/NO₂ vorgenommen. Die Meßergebnisse der Vergleichsmessungen sind in Tab. 2/9 aufgeführt.

Gemessener Schadstoff	Meßverfahren	Meßergebnisse in ppm		
		1. Messung	2. Messung	3. Messung
Aceton	3-M-Monitor	266	4	-
	FID	840	15	20
Chloroform	3-M-Monitor	547	-	-
	FID	685	-	-
Diethylether	3-M-Monitor	50	13	-
	FID	115	42	-
Xylol	3-M-Monitor	48	7	-
	FID	22	35	-
Stickstoffdioxid	Dosimeterröhrchen NO ₂	7	2	1,8
	Prüfröhrchen NO/NO ₂	1,5	5	5,5

Tab. 2/9: Vergleichsmessungen zwischen 3-M-Monitor und FID sowie Auer-Dosimeterröhrchen NO₂ und Dräger-Prüfröhrchen NO/NO₂

Weitere Vergleichsmessungen mit einem aktiven Meßsystem - das die KfK GmbH leihweise für Testzwecke von der Firma Compur erhielt - und den Dräger-Prüfröhrchen ergaben innerhalb von ± 5 % übereinstimmende Meßwerte.

Die aufgeführten Vergleichswerte zeigen eindeutig, daß sowohl die 3M-Monitoren als auch die Auer-Dosimeter-Röhrchen in ihrer Meßgenauigkeit außerhalb der geforderten zulässigen Abweichung von 30 % liegen. Der Grund für die teilweise große Abweichung liegt vermutlich im passiven Probenahmesystem durch das Diffusionsprinzip. Ein weiterer Nachteil ergibt sich durch die diffusionsbedingte Trägheit des Systems, das die Erfassung von Konzentrationsspitzen nicht ermöglicht. Demgegenüber fordern TRgA 402 und TRgA 900 (MAK-Stoffliste), Konzentrationsspitzen zur Beurteilung einzelner Arbeitsplätze mitheranzuziehen.

Aufgrund der hier aufgeführten Nachteile ist HS/TSB bestrebt, künftig Meßsysteme einzusetzen,

- deren Probenahme aktiv erfolgt,

- die eine direkte Anzeige der vorhandenen Schadstoffkonzentration ermöglichen,
- die stoffspezifisch ausgelegt sind und mit den entsprechenden Prüfgasen bzw. Generatoren nachkalibriert werden können.

Neben den bereits aufgeführten Schadstoff-Testmessungen und deren Vergleichsmessungen wurden im Berichtszeitraum 8 protokollierte Schadstoff- und Raumklimamessungen durchgeführt. Die Meßprotokolle beinhalten sowohl die Beurteilungen der einzelnen Arbeitsplätze als auch technische Lösungsvorschläge. Tab. 2/10 gibt Auskunft darüber, in welchen Organisationseinheiten die meßtechnischen Arbeitsplatzüberwachungen durchgeführt wurden und welche Meßgeräte dabei zum Einsatz kamen.

Organisationseinheit	Verwendete Meßgeräte	Überwachte Räume, Geräte, Anlagen
HS/R	Prüfröhrchen, FID	Geb. 342, Labor 135 Labor 102, 109, 110
HS/R	Solomat-Klimamodul	Container Nr. B 132
HS/S-HDB	Solomat-Klimamodul	Objektschutzzentrale Geb. 536
INR/KTB	Prüfröhrchen	Laborhalle 423
IRCh	Prüfröhrchen	Labor 155, Geb. 342
KTB	FID	MARX-Tank, Halle 423
LAF	Prüfröhrchen Compur-Gasdetektor	Labor 121, Geb. 415
Med/Tox	Prüfröhrchen, FID Solomat-Klimamodul	Labor 128, 129, 131, Geb. 122

Tab. 2/10: Meßtechnische Schadstoff- und Raumklimaüberwachung 1985

2.2.3 Unfallgeschehen

P. Meyer, E. Windbühl

1985 wurden dem Badischen Gemeindeunfallversicherungsverband Karlsruhe, dem für die KfK GmbH zuständigen Unfallversicherungsträger, 67 anzeigepflichtige Arbeitsunfälle gemeldet. Außerdem wurden 2 Anzeigen auf Verdacht einer Berufskrankheit erstattet. 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. 2/6 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 und die Sport-

unfälle höher ist als der Anteil der Unfälle im Zusammenhang mit der betrieblichen Tätigkeit.

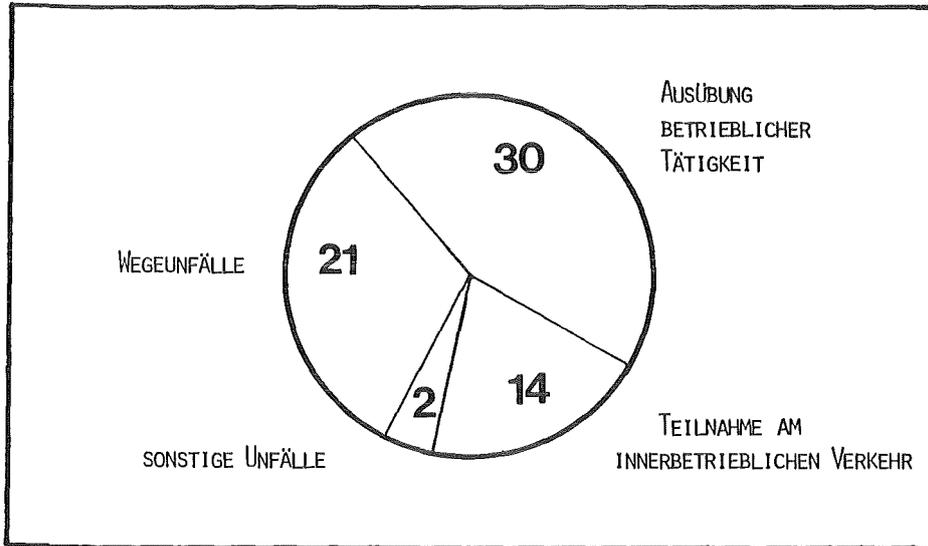


Abb. 2/6: Anzahl der anzeigepflichtigen Arbeitsunfälle 1985

In Abb. 2/7 ist die Verteilung der anzeigepflichtigen Arbeitsunfälle auf die einzelnen Monate des Jahres 1985 dargestellt. Die hohe Anzahl der Arbeitsunfälle im Monat Januar resultiert im wesentlichen aus 9 Wegeunfällen und 5 Unfällen bei der Teilnahme am innerbetrieblichen Verkehr, die sich ausnahmslos auf die extremen Wetterbedingungen in diesem Monat zurückführen lassen. Die Verteilung der Betriebsunfälle über die Tageszeit in Abb. 2/8 bestätigt die Aussage der Unfallstatistiken aller Wirtschaftszweige, daß die Zeit zwischen 10 und 12 Uhr und zwischen 14 und 16 Uhr besonders unfallträchtig ist.

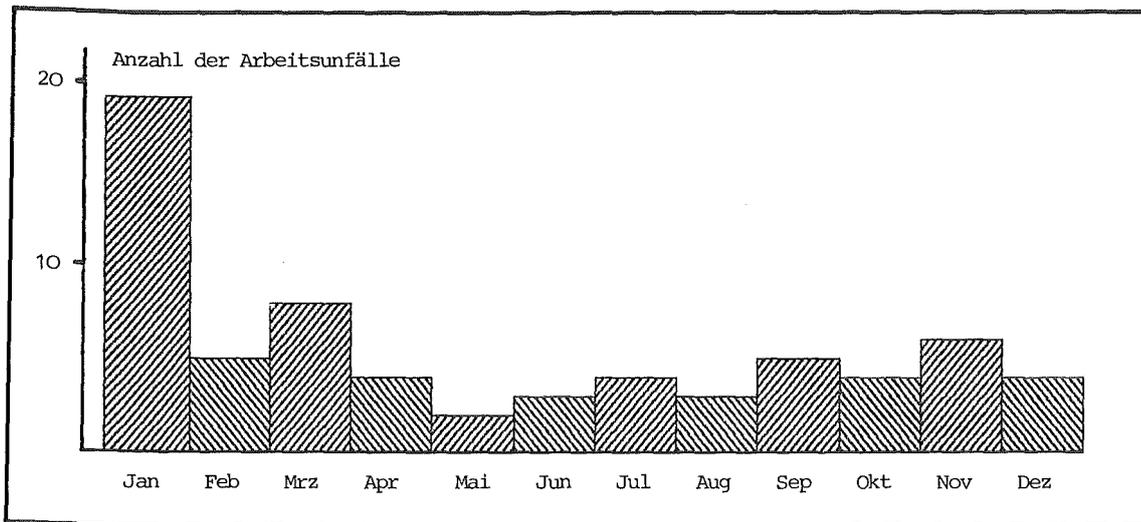


Abb. 2/7: Verteilung der anzeigepflichtigen Arbeitsunfälle auf die einzelnen Monate des Jahres 1985

Abb. 2/9 zeigt für die Arbeitsunfälle insgesamt und für die Untergruppe der Betriebsunfälle (Arbeitsunfälle ohne Wegeunfälle und Sportunfälle) die Entwicklung des Unfallgeschehens der Jahre 1981 bis 1985.

In Abb. 2/10 wird die Anzahl der Betriebsunfälle, integriert über die Jahre 1981 bis 1985, 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 Handwerkzeugen ereignen.

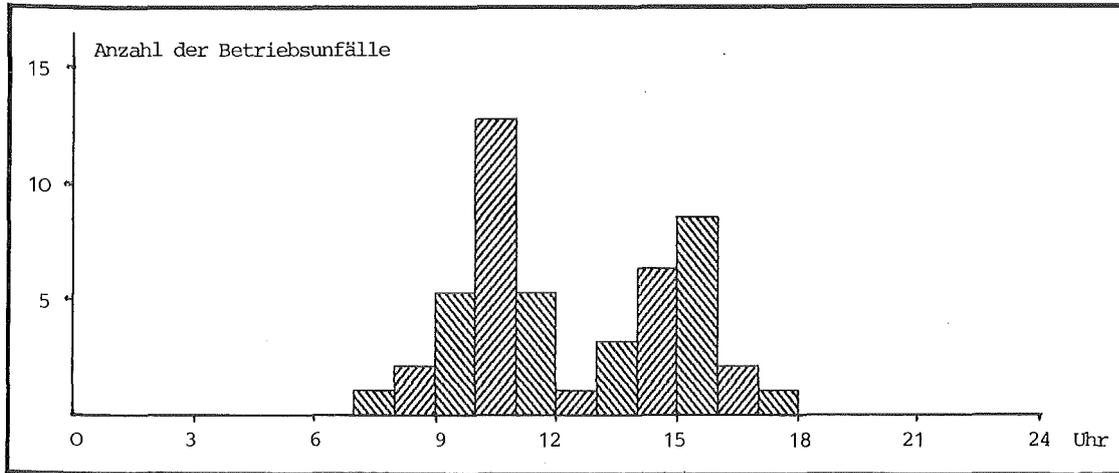


Abb. 2/8: Verteilung der anzeigepflichtigen Betriebsunfälle 1985 über die Tageszeit

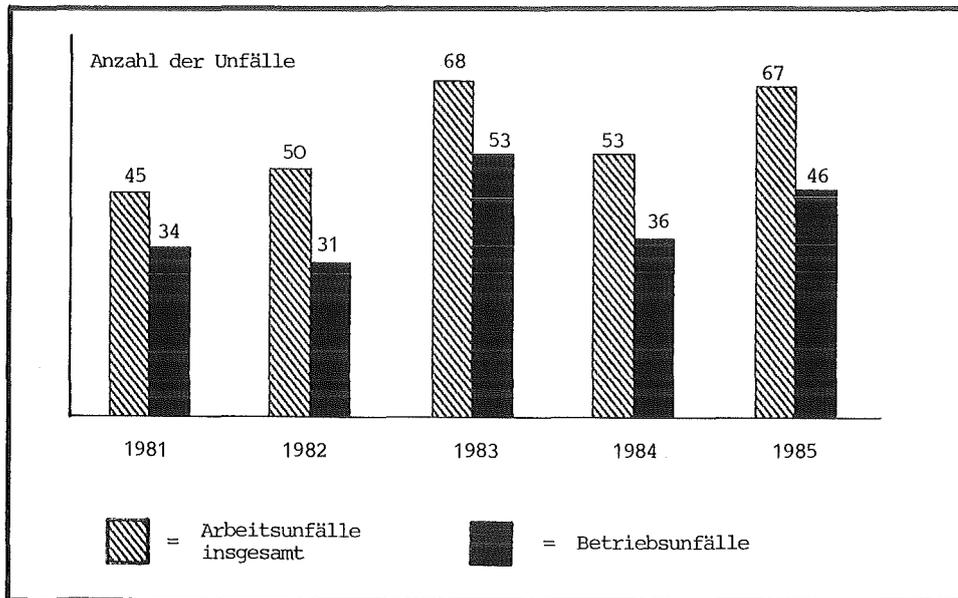


Abb. 2/9: Entwicklung des Unfallgeschehens der KfK GmbH von 1981 bis 1985

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 Verhältniszahlen 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 durchzuführen. 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 1985 in Tab. 2/11 wiedergegeben. Dabei wurden für 1985 als durchschnittliche Anzahl der Mitarbeiter der KfK GmbH 3 973 und als Anzahl der tatsächlich geleisteten Arbeitsstunden pro Mitarbeiter und Jahr 1 710 zugrundegelegt. Zum Vergleich sind in dieser Tabelle auch die Unfallmeßziffern der KfK GmbH des Jahres 1984 wiedergegeben. Außerdem enthält die Tabelle die Unfallmeßziffern der gewerblichen Wirtschaft für 1984, die vom Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften veröffentlicht wurden.

Tätigkeiten	Anzahl der Betriebsunfälle
Bedienen von Maschinen	11
Handhaben von Handwerkzeugen	41
Handhaben von sonstigen Geräten und Hilfsmitteln	34
Gehen, Laufen, Steigen, Klettern, Springen	50
Heben, Halten, Tragen, Ablegen, Stapeln, Sortieren	29
Schieben, Ziehen, Festhalten	8
Auseinandernehmen, Zerlegen, Zusammenfügen	2
Überwachen, Beaufsichtigen, Beobachten	6
Ausruhen, Pause machen, Umkleiden	11
Führen von Fahrzeugen	8

Abb. 2/10: Verteilung der Betriebsunfälle der KfK GmbH auf Tätigkeiten, integriert über die Jahre 1981 bis 1985

statistischer Begriff	Definition	statistische Meßziffer		
		KfK GmbH		gewerbliche Wirtschaft
		1984	1985	1984
Tausend-Mann-Quote	Zahl der anzeigepflichtigen Arbeitsunfälle (ohne Berücksichtigung der Wege- und Sportunfälle) bezogen auf 1 000 Beschäftigte	9,4	11,6	58,4
Unfallhäufigkeit	Zahl der anzeigepflichtigen Arbeitsunfälle (ohne Berücksichtigung der Wege- und Sportunfälle) bezogen auf 1 000 000 geleistete Arbeitsstunden	5,5	6,8	32,0

Tab. 2/11: Statistische Meßziffern zum Unfallgeschehen der KfK GmbH 1985

2.2.4 Sicherheitsinformationen und Ausbildung

H. Wilker, E. Windbühl

Voraussetzung für die Arbeitssicherheit ist der sicherheitstechnisch einwandfreie Zustand von Betriebseinrichtungen, Maschinen, Apparaten, Geräten und sonstigen Einrichtungen sowie das sichere Verhalten der Mitarbeiter. Der Sicherheit im Betrieb dienen u. a. die Unfallverhütungsvorschriften (UVV) der gewerblichen Berufsgenossenschaften.

Besondere Beachtung wird den innerbetrieblichen Transportsystemen "Krane" und "Flurförderzeuge" zugemessen, weil erfahrungsgemäß bei der Bedienung dieser Geräte die Unfallgefahren besonders groß sind.

Leider wird im allgemeinen unterschätzt, welche wichtige Funktionen Kranführer, Anschläger und Führer von Flurförderzeugen in einem Betrieb innehaben. Sie tragen ein hohes Maß an Verantwortung für die in ihrem Tätigkeitsbereich beschäftigten Mitarbeiter, für die Geräte, die sie bedienen, und für das Material, das sie transportieren.

Bei der KfK GmbH werden die Tätigkeiten von Kranführern und Anschlägern meistens in Personalunion durchgeführt. Da eine große Anzahl der sog. "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 9 a) besonders ausführlich behandelt.

Die Ausbildung wird von HS/TSB durchgeführt und schließt mit einer Qualifikationsprüfung ab. Im Jahre 1985 wurden 54 Mitarbeiter als Kranführer und Anschläger sowie 14 Mitarbeiter als Flurförderzeugfahrer ausgebildet (siehe Tab. 2/12).

Organisationseinheit	Kranführer und Anschläger	Flurförderzeugfahrer
EKM	4	1
IMF	2	-
IK	8	-
INE	-	4
IT	3	-
KTB	-	4
PHDR	15	-
VBW	2	3
sonstige Einrichtungen	20	2
Summe	54	14

Tab. 2/12: Anzahl der 1985 ausgebildeten Kranführer, Anschläger und Flurförderzeugfahrer

Um den Erfordernissen der VDE-Vorschriften 0104 und 0105 im experimentellen Versuchsbetrieb zu entsprechen, wurde im Rahmen der innerbetrieblichen Fortbildung wieder ein Kurs zur Erlangung der Qualifikation "Unterwiesene Person" durchgeführt.

In weiteren Kursen wurden behandelt: Chemikaliengesetz, Gefahrstoffverordnung, Schadstoffmes-

sungen am Arbeitsplatz, Sonderabfälle, Arbeitsschutz im Betrieb, Verantwortung in der Arbeitssicherheit, Brand- und Explosionsgefahren, Löschmittel und Löschverfahren, Sicherheit an elektrischen Anlagen, Erste Hilfe bei Zwischenfällen, arbeitsmedizinische Vorsorge.

Die mit Sicherheitsaufgaben betrauten Mitarbeiter hatten Gelegenheit, auch an externen Veranstaltungen teilzunehmen, die folgende Themen behandelten:

- Sicheres Arbeiten in Behältern und engen Räumen,
- Erläuterungen zur neuen VDE 100,
- vorbeugender Brandschutz.

2.2.5 Arbeitsschutzausschuß

E. Windbühl

Der Arbeitsschutzausschuß hat auch im Jahre 1985 wieder zahlreiche Probleme des Arbeitsschutzes, des Strahlenschutzes und des arbeitsmedizinischen Dienstes beraten.

Themen waren u. a.

- Form und Inhalt ausreichender Strahlenschutzbelehrungen i. S. des § 39 StrlSchV,
- Erläuterungen von Aufbau und Inhalt des neuen Strahlenschutzordners (siehe Kap. 2.1.2),
- Verbesserungsvorschlag zur Änderung gelber Kombis (Anfertigung eines Musters und Erprobung mit vorgeschlagenen Klettverschlüssen und Ärmelschlaufen),
- Brandverhütungsschauen, Ergebnisse und Beanstandungen,
- Verwendung von Lösemitteln in den Organisationseinheiten (Diskussion und Unterstützung eines Vorschlages zur Verringerung der Belastung der Abwässer durch Lösemittel).

Folgendes Vorgehen wurde vorgeschlagen:

1. Beschränkung der Unterschriftsberechtigungen für die Entnahme von Lösemitteln aus dem Hauptlager und die Beschaffung von Lösemitteln über Beschaffungsaufträge auf die Instituts-, Abfall- und Betriebsbeauftragten.
2. Nachweis des Verbleibs der aus dem Hauptlager entnommenen oder über Beschaffungsaufträge beschafften Lösemittel durch Führung eines Nachweisbuches in den betreffenden Organisationseinheiten.
3. Verpflichtung von Fremdfirmen, bei der Vergabe von Aufträgen dafür zu sorgen, daß bei der Verwendung von Lösemitteln keine Lösemittel bzw. lösemittelhaltigen Stoffe in die Abwassersysteme der KfK gelangen, sondern diese unter Beachtung der rechtlichen Vorschriften einer geordneten Beseitigung zugeführt werden.
4. Entsorgung von inaktiven Abfällen
Durchsprache des Entsorgungsmodells und von Empfehlungen zur Änderung in Detailbereichen, Darstellung der Notwendigkeit der Einrichtung eines Pufferlagers für Entsorgungsgüter.
5. Verkehrsplanung und Radwege
Einbringung von Vorschlägen zur sicheren Einfahrt der Radfahrer in das KfK während der Hauptverkehrszeiten.

2.2.6. Durchführung von Brandverhütungsschauen

W. Winkelmann, E. Windbühl

Brandverhütungsschauen sind in allen baulichen Anlagen und Räumen durchzuführen, die wegen ihrer Lage, baulichen Beschaffenheit oder Nutzungsart in erhöhtem Maße brand- und explosionsgefährdet sind oder in denen bei Ausbruch eines Brandes oder einer Explosion eine größere Anzahl von Personen gefährdet sein kann. Mit dem Erlaß des Innenministeriums des Landes Baden-Württemberg vom 22.11.1976 wurden die unteren Baurechtsbehörden (Bauämter) mit der Durchführung der Brandverhütungsschauen beauftragt.

Brandverhütungsschauen sind in der Regel in Zeitabständen von 5 Jahren vom zuständigen Brandschutzsachverständigen - für die KfK ist der Kreisbrandmeister oder ein Vertreter des Landratsamtes zuständig - durchzuführen oder wenn wegen der Häufigkeit von Brandfällen zusätzliche Überprüfungen notwendig erscheinen.

Bei einer Brandverhütungsschau ist festzustellen, ob

- die dem Schutz gegen Brand- und Explosionsgefahren dienenden Vorschriften eingehalten werden,
- wegen baulicher und brandschutztechnischer Mängel die Gefahr von Schadensfeuern oder Explosionen besteht,
- brennbare Stoffe in solchem Umfang oder derart gelagert werden, daß größere Brände oder Explosionen entstehen können,
- die vorgeschriebenen Brandabschnitte vorhanden sind und ob sie sich in vorschriftsmäßigem Zustand befinden,
- die vorgeschriebenen Rettungswege angelegt sind und zur Benutzung freigehalten werden,
- die vorgeschriebenen Löschmittel, Löschgeräte und -anlagen sowie Feuermeldeeinrichtungen vorhanden und einsatzfähig sind,
- die Zufahrten und Stellflächen für die Feuerwehr in erforderlichem Umfang vorhanden sind und
- die Löschwasserversorgung ausreichend ist.

Im Berichtszeitraum wurden Brandverhütungsschauen ausschließlich in Gebäuden und Anlagen solcher Institute durchgeführt, die der atomrechtlichen Aufsicht unterliegen. Zu den inspezierten Bereichen gehörten folgende Institute mit den dazugehörigen Gebäuden:

- Kerntechnische Betriebe/Heiße Zellen, Geb. 701 und Osterweiterung,
- Institut für Material- und Festkörperforschung, Geb. 572, 573, 574 und 575,
- Kerntechnische Betriebe/FR 2, Geb. 605 - 609, 611, 612 und 615,
- Institut für Heiße Chemie, Geb. 721, 723, 724, 725 und 726.

Die wichtigsten brandschutztechnischen Forderungen, resultierend aus den Brandverhütungsschauen, waren

- Abtrennung von Gebäudeteilen zur Bildung kleinerer Brandabschnitte,
- Einbau von Feuerschutzklappen in Kabelschächten, Lüftungskanälen und feuerbeständige Abschottung von Fluren, Treppenhäusern und Zwischendecken,
- Einbau von Rauchabzugsöffnungen,
- Verringerung der Brandlasten in Flucht- und Rettungswegen,
- Erstellung eines zusätzlichen Rettungsweges,
- Reduzierung des Inventars an brennbaren, explosiven und zerknallenden Arbeitshilfsmitteln in Laboratorien,
- Kennzeichnung von Brandschutztüren, Fluchtwegen und Notausgängen,
- Installation einer Sicherheitsbeleuchtung,
- Nachweis der bauaufsichtlichen Zulassung von Feuerschutzabschlüssen.

Soweit Forderungen, die infolge geänderter Brandschutzbestimmungen gestellt wurden, nur mit aufwendigen baulichen Maßnahmen zu beseitigen sind, wird zu prüfen sein, ob ihre Durchführung zwingend notwendig ist. Geforderte Brandschutzmaßnahmen nach Nutzungsänderungen in Gebäuden wie auch Maßnahmen zur Beseitigung offensichtlicher Mängel wurden entweder sofort getroffen oder sind zwischenzeitlich eingeleitet worden.

2.3 Kernmaterialüberwachung

2.3.1 Gesetzliche Grundlagen und Struktur der Kernmaterialüberwachung der KfK

W. Burck

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

- Gesetz zu dem Vertrag vom 1. Juli 1968 über die Nichtverbreitung von Kernwaffen vom 4. Juni 1974 (BGBI. 1974, II, S. 785),
- Vertrag zur Gründung der Europäischen Atomgemeinschaft (EURATOM) vom 25. März 1957 (BGBI. 1957, II, S. 1 014),
- Verordnung Nr. 3227/76 der EURATOM-Kommission vom 19. Oktober 1976 (Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, 19. Jahrgang, Nr. L 363, 31. Dezember 1976),
- Besondere Kontrollbestimmungen der Kommission der Europäischen Gemeinschaften für die einzelnen Materialbilanzzonen der KfK,
- § 78 der Strahlenschutzverordnung vom 13. Oktober 1976 (BGBI. I, Nr. 125, S. 2 905),
- Umgangs-, Lager-, Betriebs- und Beförderungsgenehmigungen der atomrechtlichen Aufsichtsbehörden.

Die von EURATOM für die KfK festgelegten Materialbilanzzonen sind in Tab. 2/13 zusammengestellt.

Anlage	MBZ (EURATOM-Code)	Anlage	MBZ (EURATOM-Code)
KTB/FR 2	WF2K	IKVT	W1KV
KTB/SNEAK	WSNK	IMF III	WKKA
KTB/HZ	WHZK	INR	WKVS
SUA	WSUA	IRCh	WRCH
SUR 100	WSUR	IT	WKKT
IHCh	WKKB	Laboratorien	WKKE
IK I	WKKF		

Tab. 2/13: Materialbilanzzonen (MBZ) der KfK am 31.12.1985

In der Materialbilanzzone WKKE (Laboratorien) wurden 1985 die folgenden 13 Institute bzw. Teilinstitute zusammengefaßt: IMF I, IK III, SKT, INE, LAF I, HS, Zyklotron, IK III/RTM, IRB, IRE, INFP, IGT und LIT.

Dem von KfK an EURATOM gestellten Antrag, das Teilinstitut IK I (bisher WKKE) als eigenstän-

dige MBZ (Materialbilanzzone) zu führen, wurde stattgegeben. Das von WKKE separierte Teilinstitut "Institut für Kernphysik (IK I)" wurde unter dem neuen MBZ-Code "WKKF" registriert.

2.3.2 Inspektionen durch EURATOM und IAEO

W. Burck

1985 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. 2/14 ergibt sich die Zuordnung dieser Inspektionen zu den verschiedenen inspizierten Anlagen.

Inspizierte Anlagen	Anzahl der Inventuren	Anzahl der Routineinspektionen	Anzahl der Buchprüfungen bei HS/TSB
KTB/FR 2	1	3	4
KTB/HZ	1	4	5
KTB/SNEAK	1	permanent	12
SUA	1	-	1
SUR 100	1	-	1
IHCh	1	1	2
IK I	-	1	1
IKVT	1	-	1
IMF III	1	-	1
INR	1	-	1
IRCh	1	-	1
IT	1	1	2
Laboratorien	1	-	1

Tab. 2/14: Anzahl der 1985 durchgeführten Inspektionen

Zur Durchführung dieser Inspektionen wurden von der IAEO im Berichtsjahr 22 und von der EURATOM-Kommission 25 verschiedene Inspektoren eingesetzt. Alle Anlagen-Inspektionen wurden von HS/TSB vorbereitet.

Die Inspektoren der internationalen Behörden wurden - außer bei der Durchführung der permanenten Überwachungsmessungen in der SNEAK - bei allen Inspektionen vom zuständigen Sachbearbeiter von HS/TSB durch die zu kontrollierenden Anlagen begleitet. Über alle Inspektionen wurden interne Berichte verfaßt.

In den 13 Materialbilanzzonen der KfK wurde 1985 zu unterschiedlichen Zeitpunkten die Aufnahme der realen Bestände an Kernmaterial durch die jeweiligen Betreiber durchgeführt und durch IAEO und EURATOM überprüft. Der Arbeitsaufwand, der sich aus diesen Inventuren für die einzelnen Anlagen und die zentrale Buchhaltung bei HS/TSB ergab, war beträchtlich. Von HS/TSB bzw. von

den der Inventur unterzogenen Anlagen der KfK waren hierzu im einzelnen zu liefern:

- Bestandsverzeichnisse mit dem von HS/TSB an EURATOM gemeldeten Buchbestand 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 vorgegangenen Inventur bis zum Prüfungstichtag,
- Bestandsänderungsberichte von HS/TSB mit Angabe und Berichtigungen der Differenzen zwischen dem Buchbestand und dem realen Bestand an Kernmaterial.

Festgestellte Mengendifferenzen beruhten in allen Fällen auf Neu-Messungen (NM) in den einzelnen Anlagen oder auf nicht verordnungskonformen Rundungen (RA) bei der betrieblichen Buchführung in den Anlagen. Der Kernmaterialbestand 1985 der 13 kontrollierten Materialbilanzzonen wurde durch die IAEO und EURATOM verifiziert.

2.3.3 Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung von Kernmaterial

W. Burck

Die an der Erfassung und Überwachung des Kernmaterials beteiligten internen und externen Meldeinstanzen und die zugehörigen Meldewege wurden als Fließschema in Abb. 2/11 dargestellt.

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

1985 wurden 449 Institutsmeldungen überprüft und 597 Belege (Lieferscheine) verbucht. Auf der Grundlage dieser Unterlagen wurden die externen Bestandsänderungsberichte an die Aufsichtsbehörden erstellt. 1985 waren dies 615 Einzelberichte an EURATOM, Luxemburg. Kopien dieser Berichte erhielten das Bundesamt für gewerbliche Wirtschaft (BAW), Eschborn, und das Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten, Baden-Württemberg (EM), Stuttgart.

Zur Erstellung der monatlichen Bestandsänderungsberichte waren folgende Arbeitsvorgänge erforderlich:

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

Zu den Aufgaben der zentralen Buchhaltung gehört auch die Überwachung von Kernmaterialtransporten. Alle KfK-externen Transporte werden bei Eingang von der Güterkontrolle und bei Ausgang vom jeweiligen Absender 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 1985 überwachten Kernmaterialtransporte und ihre Zuordnung zu den verschiedenen Kernmaterialkategorien zeigt Tab. 2/15.

EURATOM-Code der MBZ
und überwachte Anlage

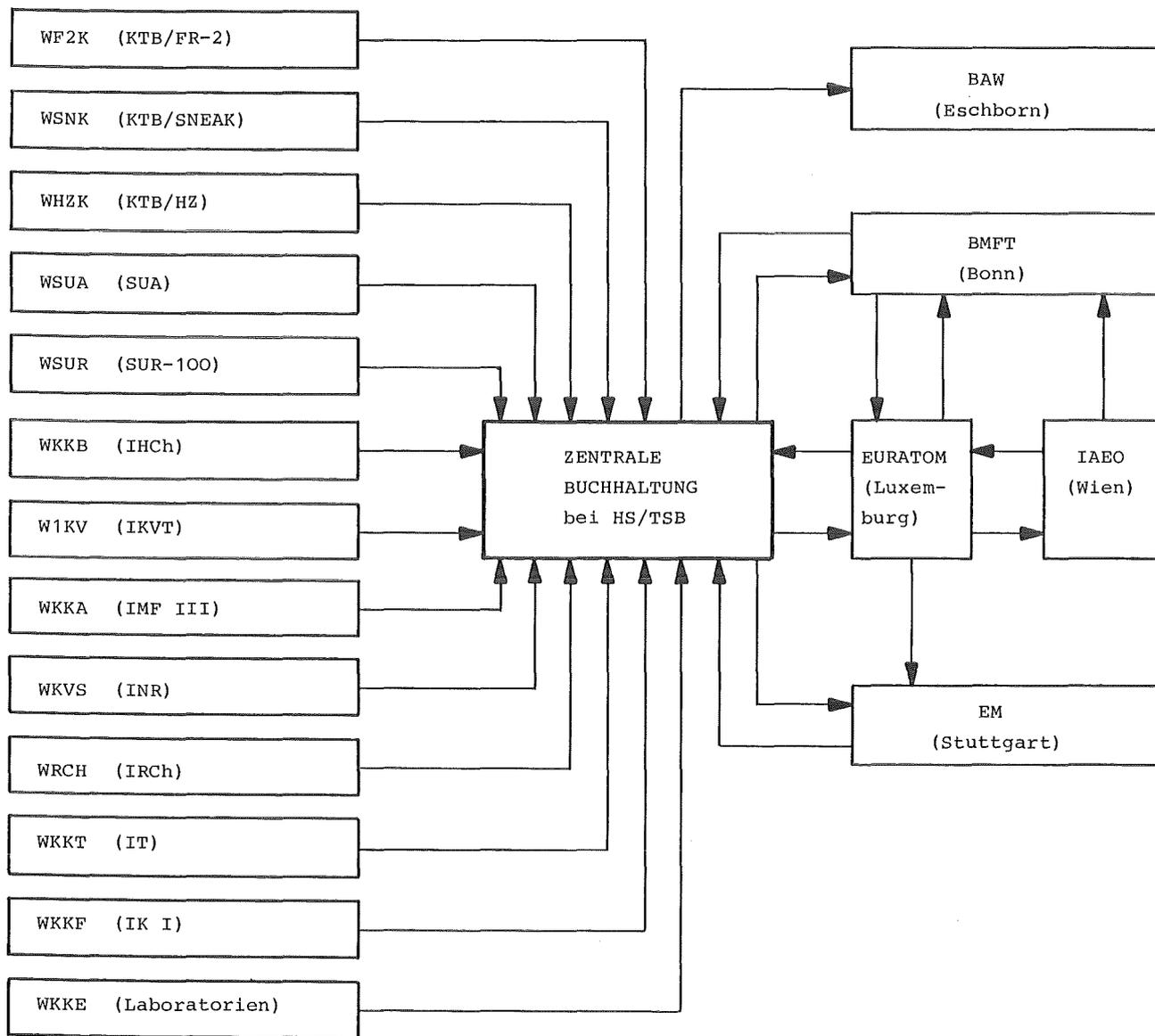


Abb. 2/11: Meldeinstanzen und Meldewege zur Kernmaterialerfassung

Kategorie	interne Transporte	externe Transporte	Transporte insgesamt
Natururan	66	250	316
abgereichertes Uran	58	111	169
Thorium	27	8	35
angereichertes Uran	98	245	343
Plutonium	118	408	526
Summe	367	1 022	1 389

Tab. 2/15: Anzahl der Kernmaterialtransporte 1985, geordnet nach Materialkategorien

2.3.4 Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung sonstiger radioaktiver Stoffe

W. Burck, H.-J. Henkenhaf, P. Meyer

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. 2/16, 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. Abb. 2/12 zeigt, in welcher Form z. B. umschlossene radioaktive Stoffe bei den Organisationseinheiten erfaßt und an das Technische Sicherheitsbüro gemeldet werden. Am 31.12.1985 waren insgesamt 480 anzeigepflichtige umschlossene radioaktive Stoffe erfaßt. Davon sind 214 prüfpflichtig.

Art der Berichte	Anzahl der Berichte und Berichtsempfänger			
	EURATOM	EM	GAA	Gesamt
Monatsberichte - KfK-externe Bewegungen - Bestand an Schwerwasser	60		24	24 60
Halbjahresberichte - Erzeugung radioaktiver Stoffe - Zugang an radioaktivem Abfall			2 2	4 2
Jahresberichte - Bestand an offenen radioaktiven Stoffen - Bestand an umschlossenen radioaktiven Stoffen - Bestand an radioaktivem Abfall		27 31 1	27 31 1	54 62 2
Gesamt	60	63	84	208

Tab. 2/16: Umfang der Berichterstattung 1985

Bestandsanzeige umschlossener radioaktiver Stoffe								Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH		
Umgangsgenehmigung Nr. LU/105/70		Jahresmeldung 1985 gem. den §§ 75 und 78 der StrlSchV						Org.-Einheit ABC Unterschrift		
Nuklid	Aktivität in Becquerel (Bq) ursprüngliche oder Ausgangsaktivität	Aktivität am Stichtag	Datum der Herstellung oder Aktivitätsbestimmung	Strahler-Nr.	Hersteller oder Lieferant	Termin der Dichtheitsprüfung letzter nächster		Beschreibung der Umhüllung	Nicht prüfpflichtig gem. Richtl. im GMBL 11	Bemerkungen
Am-241	1,11E+10	1,10E+10	07.80	100	Fa....	06.85	06.86	Kapsel		
Co-60	2,29E+06	3,96E+05	09.71	50	Fa....	09.85	09.86	Alu-Kapsel	6.2.1	

Abb. 2/12: Beispiel einer Meldung an das Technische Sicherheitsbüro

Bei der großen Anzahl der im Bereich der KfK GmbH vorhandenen radioaktiven Stoffe liegt es nahe, zur Erfassung und zur Berichterstattung EDV einzusetzen. Analog zum Verfahren der EDV-Verwaltung von umschlossenen radioaktiven Stoffen, wie im Jahresbericht der HS von 1984 dargestellt, wurde in diesem Jahr ein EDV-Programm zur Verwaltung der offenen radioaktiven Stoffe erstellt. Dieses Programm mit der Kurzbezeichnung "OFFRAST" besteht zur Durchführung verschiedener Teilaufgaben aus folgenden Unterprogrammen:

- Eingabe von Daten,
- Löschen von Daten,
- Ausgabe der Gesamtliste,
- Ausgabe von Teillisten,
- Sortieren der Daten nach Organisationseinheiten.

Dazu werden in der zugehörigen Datei pro Nuklid folgende Daten gespeichert:

- Organisationseinheit,
- Nuklidbezeichnung,
- Nr. der Genehmigung,
- Anzahl der Posten fest/flüssig,
- Aktivität am Stichtag,
- Hersteller oder Lieferant,
- Bemerkungen.

Abb. 2/13 zeigt am Beispiel der mittels EDV erstellten Jahresmeldung für offene radioaktive Stoffe die Form der Meldung und den Inhalt der übermittelten Informationen. Insgesamt sind zur Zeit 349 Posten offener radioaktiver Stoffe aus 27 Organisationseinheiten erfaßt.

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE GMBH					
ORGANISATIONSEINHEIT: ABC					
UMGANGSGENEHMIGUNG: XYZ 11/11					
RADIOAKTIVER STOFF	ANZAHL DER POSTEN (FEST)	ANZAHL DER POSTEN (FLUESSIG)	AKTIVITAET AM STICHTAG IN Bq	HERSTELLER ODER LIEFERANT	BEMERKUNGEN
AM-241	1	13	1.18 E 11	FA.-----	MAW-LOESUNG
BA-133	1		2.0 E 06	FA.-----	
CE-144	2	9	4.41 E 09	FA.-----	MAW-LOESUNG
CD- 60	2	10	4.18 E 08	FA.-----	MAW-LOESUNG
CS-134	2	8	2.62 E 09	FA.-----	
CS-137	2	10	1.23 E 10	FA.-----	MAW LOESUNG
EU-152		1	2.0 E 06	FA.-----	
H - 3		8	1.7 E 08	FA.-----	MAW-LOESUNG
NA- 22	1	8	3.16 E 08	FA.-----	MAW-LOESUNG
PU-238		8	2.4 E 08	FA.-----	MAW-LOESUNG
PU-239	1	8	1.61 E 08	FA.-----	MAW-LOESUNG
PU-240		8	1.27 E 08	FA.-----	MAW-LOESUNG

Abb. 2/13: Beispiel einer Jahresmeldung für offene radioaktive Stoffe

2.4 Einsatzplanung für Störfälle und Unfälle und Einsatzleitung

2.4.1 Der Einsatzleiter vom Dienst

H.-A. Ammermann

Die Funktion des Einsatzleiters vom Dienst (EVD) wird im Normalfall von sechs Sicherheitsingenieuren wahrgenommen, die bei HS/TSB im ständigen Wechselschichtdienst tätig sind. Bedingt durch Krankheit und Tod von einem dieser sechs Ingenieure mußte 1985 ein Not-Schichtdienstplan aufgestellt werden, um einen lückenlosen Schichtdienst zu gewährleisten. Dies gelang nur, weil die fünf ganzjährig im Schichtdienst tätigen EVD bereit waren, für erforderliche Schichtvertretungen auch Überstunden zu leisten und weil ein Strahlenschutzingenieur von HS/TSB verpflichtet werden konnte, für eine begrenzte Dauer die EVD-Funktion im Wechselschichtdienst zu übernehmen.

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 (s. Abb. 2/14) ergriffen werden müssen.

Weitere Aufgaben des Einsatzleiters vom Dienst:

- Koordination bei sicherheitstechnisch bedeutsamen Ereignissen, Störfällen und Unfällen und Meldung an die atomrechtliche Aufsichtsbehörden (s. Kap. 2.4.3),
- Meldung an die Katastrophenmeldestelle (Regierungspräsidium Karlsruhe) gemäß dem besonderen Katastropheneinsatzplan für die KfK GmbH,
- Meldung von besonderen Vorkommnissen bei der Abwasserbeseitigung an das Wasserwirtschaftsamt, Gewerbeaufsichtsamt und den Wirtschaftskontrolldienst,
- Erstellung von Einsatzberichten,
- Durchführung von Alarmübungen, in denen die Alarmierung der Einsatztrupps, deren Verfügbarkeit, Ausrüstung, Belastbarkeit und Einsatzbereitschaft überprüft und aufgetretene technische und organisatorische Mängel in Schwachstellenanalysen aufgezeigt werden (s. Kap. 2.4.5),
- Sammlung der Gebäudepläne und der Brandbekämpfungspläne von den Einrichtungen der KfK und der Fremdinstitutionen für die Einsatzkräfte und die Aufsichtsbehörden,
- Beschaffung von Einsatzunterlagen über Funktion und Betriebsweise von Versuchsanlagen und technischen Einrichtungen.

Die Mitglieder der Einsatztrupps sind im Alarmfall dem EVD unterstellt. Sie setzen sich in der Regel aus dem Personal der ständigen Sicherheitsdienste zusammen. Die Leiter der jeweiligen Organisationseinheiten sind für die Ausbildung und Ausrüstung der Einsatztrupps verantwortlich.

Für die Einsatztrupps bestehen Pläne, in denen Aufgaben, personelle Zusammensetzung, Ausrüstung und Ausbildung festgelegt sind. Für die Erstellung und ggf. erforderliche Ergänzung dieser Pläne ist der Truppführer in Zusammenarbeit mit dem EVD verantwortlich.

Schutzkleidung und für den Einsatz erforderliches Material und Gerät werden in besonderen, den einzelnen Trupps zugeordneten Räumen bereitgestellt und gewartet. Den einzelnen Trupps stehen, soweit erforderlich, spezielle Kraftfahrzeuge zur Verfügung.

Während der regulären Arbeitszeit liegen die normalen Truppstärken der verschiedenen Einsatztrupps fest. Außerhalb der regulären Arbeitszeit wird eine Mindest-Truppstärke sicherge-

stellt, die durch Rufbereitschaftsdienste ergänzt wird.

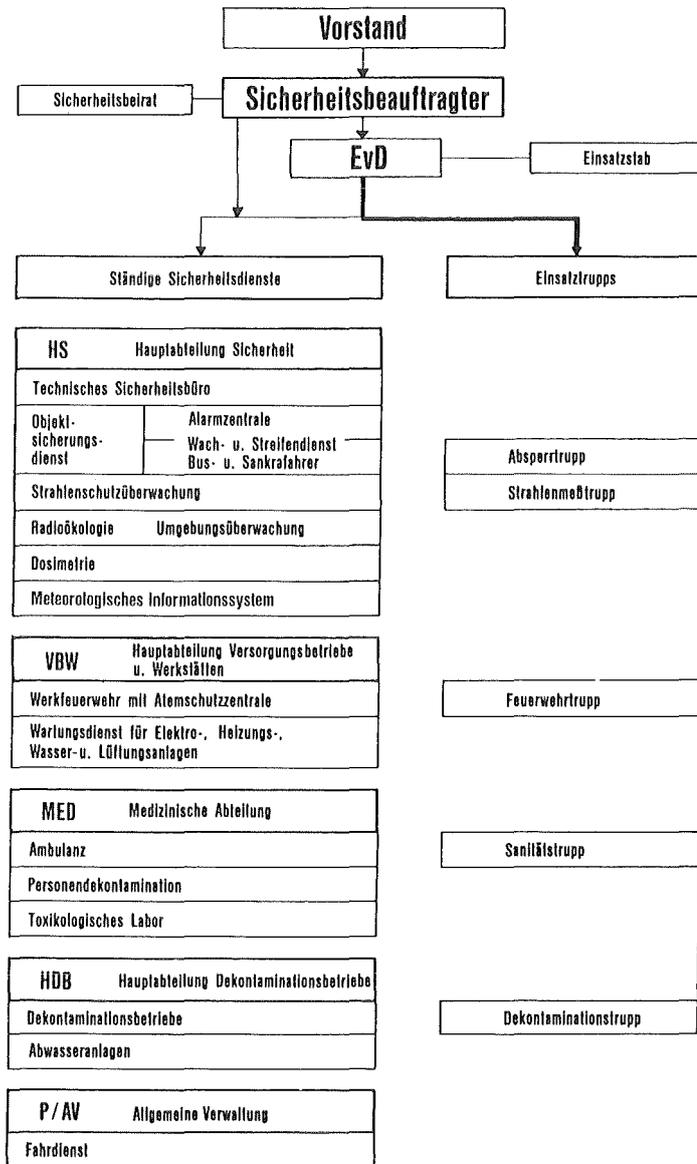


Abb. 2/14: Die Sicherheitsorganisation der KfK GmbH

2.4.2 Statistik der EvD-Einsätze

H.-A. Ammermann, M. Egler, P. Meyer

Im Berichtsjahr wurden von den Einsatzleitern bei 288 Einsätzen Maßnahmen zur Wiederherstellung der technischen Sicherheit durchgeführt oder angeordnet. Es kann festgestellt werden, daß die Einsatzkräfte der KfK zur Beseitigung eingetretener Störungen und zur Beherrschung von Zwischenfällen und Schadensfällen fähig und dafür auch 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 Folgetätigkeiten nach dem Einsatz, der insbesondere nach Stör- und Schadensfällen

erheblich sein kann.

Abb. 2/15 zeigt die Tagesstatistik der EvD-Einsätze. Sie läßt eine erhöhte Anzahl von Einsätzen in der Zeit zwischen 08:00 - 12:00 Uhr und 14:00 - 17.00 Uhr erkennen.

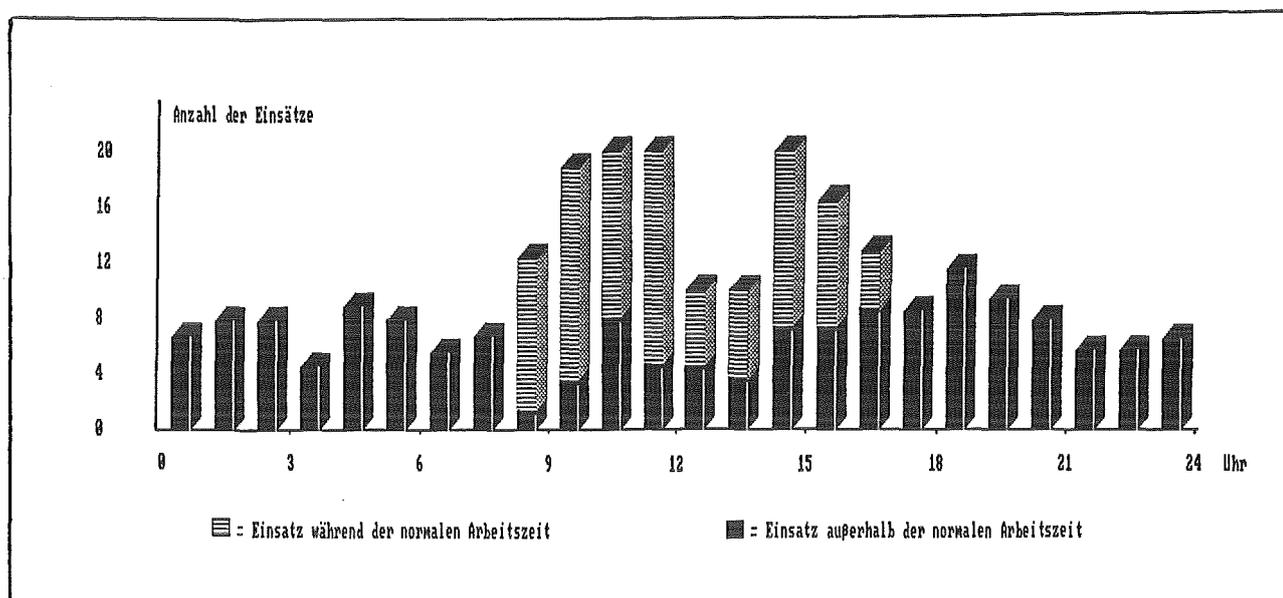


Abb. 2/15: EvD-Einsätze 1985, geordnet nach Tageszeiten

Eine detaillierte Darstellung der monatlichen EvD-Einsätze geben Tab. 2/18 und Abb. 2/16. Der obere Teil von Tab. 2/18 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 1985 und 1984 miteinander verglichen. Im unteren Teil von Tab. 2/18 werden die EvD-Einsätze aufgeschlüsselt nach ihren Alarmierungsursachen angegeben.

In Tab. 2/17 werden die Daten der EvD-Einsätze der letzten 4 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
Anzahl der Einsätze	281	288	265	288
Gesamteinsatzzeit in Stunden	210	204	167	177
Mittlere Einsatzdauer in Stunden	0,75	0,70	0,63	0,61
Anzahl der Einsätze während der normalen Arbeitszeit	71	90	112	103
Anzahl der Einsätze außerhalb der normalen Arbeitszeit	210	198	153	185
Alarmübungen	KfK WAK	15	13	9

Tab. 2/17: EvD-Einsätze 1982 bis 1985

EvD - Einsätze und ihre Ursachen	Kalendermonate 1985												Summe	
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1985	1984
Anzahl der EvD-Einsätze	21	25	18	29	34	26	37	15	15	15	29	24	288	265
Anzahl der Einsätze während der normalen Arbeitszeit	8	7	2	10	18	9	9	7	10	7	7	9	103	112
Anzahl der Einsätze außerhalb der normalen Arbeitszeit	13	18	16	19	16	17	28	8	5	8	22	15	185	153
Gesamteinsatzzeit in Stunden	15	17	8	12	19	17	18	8	8	11	18	26	177	167
Feueralarm	2	0	1	1	2	2	1	0	0	1	0	0	10	13
Feuerfehlalarm	3	4	1	6	11	4	6	7	5	2	7	1	57	51
Wasseraustritt	10	6	4	4	4	6	6	1	1	3	7	7	59	48
Aktivitätsalarm	0	1	0	1	0	0	0	0	1	2	0	1	6	4
Aktivitätsfehlalarm	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	3	1
Sandfang - Alarm	2	2	4	3	9	7	1	1	2	2	2	3	38	41
Sandfang - Fehlalarm	0	2	5	9	3	3	4	0	2	0	5	6	39	33
Technische Hilfe	4	10	3	5	5	3	18	6	4	5	8	5	76	71
Alarmübung	0	0	0	1	1	0	1	0	0	3	2	0	8	9

Tab. 2/17: Häufigkeit, Dauer und Ursachen der EvD-Einsätze für die Monate des Jahres 1985 und Vergleich der Jahressummen von 1984 und 1985

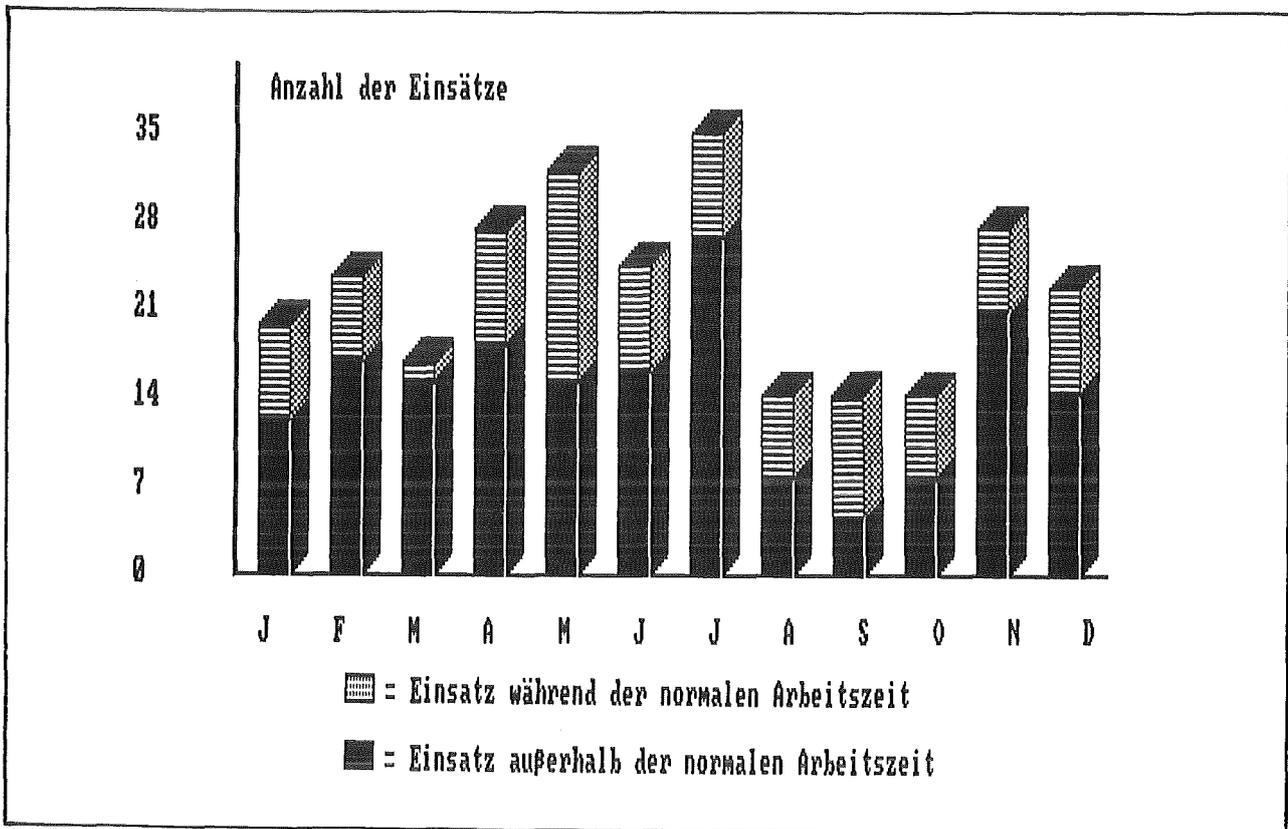


Abb. 2/16: Verteilung der EvD-Einsätze auf die Monate des Jahres 1985

2.4.3 Meldepflichtige Ereignisse

H.-A. Ammermann, M. Egler, P. Meyer

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 erfaßt 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.
- Vorkommnisse, die den Verantwortungsbereich des SSB überschreiten oder keiner einzelnen Organisationseinheit zugeordnet werden können, sind außer dem EvD auch dem Sicherheitsbeauftragten zu melden.
- 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 gesetzten Fristen.

Im Jahre 1985 waren den Aufsichtsbehörden 6 sicherheitstechnisch bedeutsame Ereignisse (Meldestufe II) zu melden. Darüberhinaus wurden die Behörden über 34 besondere Vorkommnisse (Info-Stufe) informiert, die sicherheitstechnisch nicht als bedeutsam einzustufen waren. Tab. 2/19 zeigt die Aufteilung der gemeldeten Ereignisse nach Meldekriterien und Meldestufen für die Jahre 1982 bis 1985. Es ist zu erkennen, daß ca. 80 % der gemeldeten Ereignisse sicherheitstechnisch nicht bedeutsam waren. Tab. 2/20 listet alle Ereignisse aus 1985 mit den wichtigsten Daten auf. Die hohe Anzahl der meldepflichtigen Ereignisse im Zusammenhang mit der Ableitung und Freisetzung radioaktiver Stoffe ist fast ausschließlich auf Wochen- und Tageswertüberschreitungen der Abluft zurückzuführen. Erläuterungen hierzu werden in Kapitel 5.1.1.2 gegeben.

Stichwort zum Meldekriterium	1 9 8 2		1 9 8 3		1 9 8 4		1 9 8 5		Summe 1982 - 1985	
	Meldestufe		Meldestufe		Meldestufe		Meldestufe		Meldestufe	
	Info	II	Info	II	Info	II	Info	II	Info	II
1. Körperdosis	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
2. Ortsdosis	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
3. Kontamination	0	0	1	1	1	1	4	2	6	4
4. Inkorporation	1	0	4	0	6	0	1	0	12	0
5. Ableitung und Freisetzung	3	1	2	0	8	1	16	0	29	2
6. Einwirkung von innen oder außen	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
7. Sonstige besondere Vorkommnisse	3	4	3	1	8	2	13	3	27	10
Summe	8	5	10	2	23	5	34	6	75	18
Gesamtzahl	13		12		28		40		93	

Tab. 2/19: Aufteilung der gemeldeten Ereignisse nach Meldekriterien und Meldestufen

Lfd. Nr.	Inst./Abt.	Meldestufe	Meldeanlaß	Melddatum
1	IMF III	Info	Abschaltung der Gebäudezuluft und -abluft	08.01.85
2	IHCh	Info	Zellstoffbrand bei Hartlötarbeiten	11.01.85
3	VBW	Info	Teilausfall der zentralen Druckluftversorgung	21.01.85
4	HDB	Info	Außerbetriebnahme der LAW- u. MAW-Eindampfanlagen	21.01.85
5	INE	Info	Stromausfall im Netzersatzbereich	25.01.85
6	HDB	Info	Leckage an Klärwerckenbecken durch Haarrisse	08.02.85
7	IK III/Zykl.	Info	Überschreitung des Abluftwochenwertes	08.02.85
8	INE	Info	Ausfall der Gebäudezuluft und -abluft	20.02.85
9	IK III/Zykl.	Info	Ausfall des Abluftmeßsystems	15.04.85
10	HDB	Info	Raumluftkontamination in der Verbrennungsanlage	09.05.85
11	HDB	Info	Tritium im Fäkalendbecken	13.05.85
12	HDB	Info	Überschreitung des Abluftwochenwertes	11.06.85
13	HDB	Info	Überschreitung des Abluftwochenwertes	05.07.85
14	LAF II	Info	Überschreitung des Abluftwochenwertes	09.07.85
15	HDB	Info	Raumluftkontamination in der Gerätedekontamination	23.07.85
16	HDB	Info	Überschreitung des Abluftwochenwertes	30.07.85
17	IHCh	Info	Ausfall einer Abluftmeßstelle	31.07.85
18	IK III	Info	Radioaktive Stoffe im inaktiven Abfall	12.08.85
19	IK	Info	Raumkontamination im Isotopenlager	16.08.85
20	INE	II	Ausfall der Lüftungsanlage	30.08.85
21	HDB	Info	Überschreitung des Ablufttageswertes	09.09.85
22	INR	II	Kontamination im Freien	10.09.85
23	HDB	Info	Überschreitung des Abluftwochenwertes	17.09.85
24	HDB	Info	Überschreitung des Ablufttageswertes	24.09.85
25	HDB	Info	Überschreitung des Ablufttageswertes	01.10.85
26	HDB	Info	Undichtheit am Trog der Rohrbrücke	03.10.85
27	EKM/MW	Info	Kontamination im Alt-Chemikalienlager	03.10.85
28	IRCh	II	Überschreitung der Jahresdosis	24.10.85
29	EKM/MW	II	Kontamination eines Chemikalienbehälters	28.10.85
30	IK III/Zykl.	Info	Erhöhter Aerosolaktivitätswert in der Raumluft	28.10.85
31	EKM/MW	Info	Besorgnis der Inkorporation radioaktiver Stoffe	29.10.85
32	INE	II	Kurzschluß im Steuerschrank der Lüftungsanlage	27.11.85
33	HDB	Info	Außerbetriebnahme der LAW- Eindampfanlage	27.11.85
34	KfK	Info	Auslaufen von kontaminiertem Wasser	03.12.85
35	INE	II	Ausfall der Gebäudelüftung	11.12.85
36	HDB	Info	Überschreitung des Abluftwochenwertes	16.12.85
37	HDB	Info	Überschreitung des Ablufttageswertes	17.12.85
38	LAF II	Info	Überschreitung des Abluftwochenwertes	19.12.85
39	HDB	Info	Überschreitung des Ablufttageswertes	20.12.85
40	HDB	Info	Überschreitung des Ablufttageswertes	27.12.85

Tab. 2/20: Meldepflichtige Ereignisse 1985

2.4.4 Aktualisierung der Einsatzhilfsmittel

P. Meyer, W. Winkelmann

Dem Einsatzleiter stehen zur Durchführung seiner Aufgaben zahlreiche Einsatzunterlagen und Hilfsmittel zur Verfügung. Neben dem Alarmplan der KfK GmbH sind die wichtigsten Hilfsmittel die Brandbekämpfungspläne der einzelnen Organisationseinheiten der KfK GmbH, der Abluftplan für das KfK, der besondere Katastropheneinsatzplan für die Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe und das rechnergestützte meteorologische Informationssystem MIS.

Brandbekämpfungspläne vermitteln den Einsatzdiensten vor allem außerhalb der normalen Arbeitszeit notwendige Orts- und Anlagenkenntnisse über wichtige Abschaltanlagen und besondere Gefahrenschwerpunkte. Den KfK-Normen entsprechend, bestehen die Brandbekämpfungspläne aus einem textlichen Teil, den Angaben zur Brandbekämpfung, und den Gebäudeplänen.

In den Angaben zur Brandbekämpfung sind, neben einer Kurzbeschreibung der Anlage, besonders gefährdete Bereiche, nukleare Gefahrenherde, Sicherungs- und Alarmsysteme, Feuerlöscher- und Hilfseinrichtungen und empfohlene Maßnahmen zur Brandbekämpfung aufgeführt. Diese textlichen Angaben sind dann in eine bildliche, maßstabsgetreue Darstellung, den Gebäudeplänen, zu übertragen. Da bauliche Anlagen, Versuchsaufbauten und Gebäudestrukturen einem ständigen Wechsel unterliegen, ist es notwendig, die Brandbekämpfungspläne den geänderten Situationen anzupassen.

Nachdem alle Organisationseinheiten durch den Sicherheitsbeauftragten schriftlich aufgefordert worden waren, ihre Brandbekämpfungspläne zu überprüfen, wurden unter Anleitung und mit Unterstützung der Einsatzleiter zahlreiche Pläne aktualisiert und fehlende Pläne neu erstellt. Einen Überblick des bis Ende 1985 erreichten Fertigungsstandes für diese Pläne gibt Abb. 2/17.

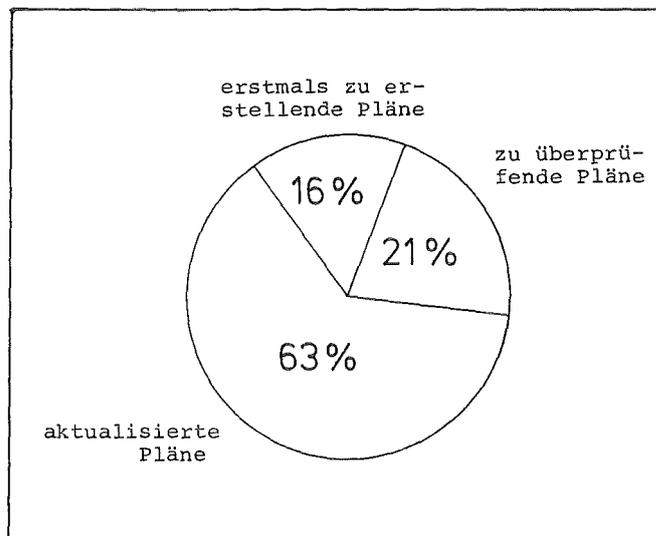


Abb. 2/17: Fertigungsstand der Brandbekämpfungspläne Ende 1985

Wie Abb. 2/17 zeigt, sind etwas mehr als ein Drittel der Brandbekämpfungspläne überholungsbedürftig oder noch nicht erstellt. Aufgrund von geplanten, laufenden oder erst kürzlich abgeschlossenen Umbauarbeiten wäre es für einige Institute oder Anlagen zum jetzigen Zeitpunkt nicht sinnvoll gewesen, neue Pläne zu erstellen bzw. die vorhandenen zu aktualisieren.

Nach dem derzeitigen Gebäudebestand der KfK GmbH werden für 150 Anlagen, Gebäude oder Gebäudekomplexe Brandbekämpfungspläne gebraucht. Diese sind in der Folgezeit ständig zu aktualisieren.

Der "Besondere Katastropheneinsatzplan für die Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe" fordert bei kerntechnischen Notfällen eine rechnerische Abschätzung der zu erwartenden Dosis. Diese Abschätzung ist insbesondere erforderlich, um beurteilen zu können, ob vorgegebene Alarmstufen ausgelöst werden müssen. Ein Hilfsmittel zur Durchführung dieser Abschätzung stellt der "Leitfaden für den fachlichen Berater der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen" (Leitfaden) dar, der allen EvD als persönliches Exemplar zur Verfügung steht. Mit Hilfe der darin enthaltenen Formblätter, graphischen Darstellungen, Tabellen und Nomogrammen können Dosisabschätzungen vorgenommen werden. Außerdem werden Hinweise zur Bewertung der Ergebnisse von Dosisabschätzungen und daraus abzuleitende Empfehlungen für Notfall-schutzmaßnahmen gegeben.

Um diese Aufgabe schneller und fehlerfrei durchführen zu können, wurde auf einem im EvD-Einsatzraum aufgestellten IBM-Personal-Computer ein entsprechendes EDV-Programm erstellt. Dieses Programm mit der Kurzbezeichnung "DOSIS" beruht auf den im Leitfaden beschriebenen Methoden zur Dosisabschätzung. Damit können bei vorgegebener Quellstärke (getrennt für die Emissionen von Edelgasen, Jod, Aerosolen), Windgeschwindigkeit und Diffusionskategorie die Gesamtdosis (Kurzzeit-Knochenmarkdosis) sowie die auf die einzelnen Emissionsbestandteile und Expositionspfade entfallenden Teilbeträge für einen anzugebenden Aufpunkt berechnet werden.

Das Programm "DOSIS" ist einsetzbar, wenn folgende Voraussetzungen gegeben sind:

- Die Emissionsquellstärken können gemessen oder annähernd genau geschätzt werden,
- Die Ausbreitungsbedingungen sind annähernd stationär, insbesondere ändern sich Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Turbulenz der Atmosphäre nicht,
- die Quellhöhe liegt zwischen 75 und 125 Metern. Für andere Quellhöhen wird das Programm in Zukunft noch modifiziert werden.

Wenn diese Bedingungen nur teilweise gegeben sind, müssen die Rechenergebnisse entsprechend bewertet werden. Abb. 2/18 zeigt an einem Beispiel, wie die errechneten Ergebnisse am Bildschirm des Computers ausgegeben werden.

EINGABEN: Quellstärke für Aerosole: 1.00E+015 Bq			
für Jod : 5.00E+014 Bq			
für Edelgase: 5.00E+013 Bq			
Messhöhe: 100.0 m			
Windgeschwindigkeit in Messhöhe: 3.0 m/s			
Regenintensität: 2.0 mm/h			
Diffusionskategorie: D			
Entfernung des Aufpunktes in Ausbreitungsrichtung: 1200.0 m			

ZUSAMMENSTELLUNG DER ERGEBNISSE			
(Alle Angaben in Sv)			
Emission	Submersion	Bodensubmersion	Inhalation
Aerosole	2.06E-004	1.01E-002	1.56E-003
Jod	1.03E-004	2.46E-003	1.90E-005
Edelgase	7.71E-006	-	-
Zwischensumme	3.16E-004	1.25E-002	1.57E-003
Gesamt-Dosis			==> 1.44E-002

Abb. 2/18: Beispiel einer Dosisabschätzung mit dem Programm "DOSIS"

2.4.5 Alarmübungen

H.-A. Ammermann, M. Egler

Die von HS/TSB durchgeführten Alarmübungen haben den Zweck, die Einsatzkräfte der KfK für den Ernstfall vorzubereiten. Erprobt werden die Alarmierungssysteme, die Alarmierung der Einsatzkräfte, deren Verfügbarkeit und Einsatzbereitschaft, die Kommunikation innerhalb der Sicherheitsorganisation und mit externen Einsatzkräften, die Funkdisziplin zwischen den einzelnen Teilnehmern der Alarmübung, die Ausrüstung der Einsatztrupps und die Zusammenarbeit innerhalb der Sicherheitsorganisation. Manöverkritiken geben Aufschluß über Schwachstellen, die zu beheben sind.

Im Berichtsjahr wurden zwei Alarmübungen der KfK GmbH von den Einsatzleitern in Zusammenarbeit mit den zuständigen Mitarbeitern der ausgewählten Institute und mit den verschiedenen Einsatztrupps und den ständigen Einsatzdiensten der KfK GmbH durchgeführt.

Zusätzlich wurden bei der Wiederaufarbeitungsanlage (WAK) 5 Alarmübungen durchgeführt, bei denen der EvD den Einsatz der KfK-Einsatzkräfte leitete. Die Zusammenarbeit und die Kommunikation zwischen den Einsatzkräften der KfK und der WAK, der Alarmzentrale und dem Einsatzleiter der KfK bzw. dem Notdienstleiter der WAK wurden erprobt.

Alarmübung I/85 am 15.07.1985 auf dem Betriebsgelände der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB),

Angenommenes Unfallszenarium:

Aus der Leckage einer Rohrleitung an der Rohrbrücke FR 2 - HDB tritt schwach kontaminiertes Abwasser aus. Das Abwasser benetzt Teile der Wanne und tropft von dort auf das Erdreich.

Die Alarmübung war nicht angekündigt und der Übungsverlauf nicht vorgegeben. Zielsetzung war, Reaktion und Einsatzzeiten der beteiligten Einsatzkräfte zu erproben.

Im Zusammenwirken der Einsatzkräfte wurden folgende Maßnahmen durchgeführt:

- Arbeiten zur Schadensbegrenzung durch die Werkfeuerwehr unter Vollschutzanzügen,
- Kontaminationsmessung und Kontaminationskontrolle durch den Strahlenmeßtrupp,
- Absperren des Gefahrenbereiches durch den Abspertrupp,
- Errichten einer provisorischen Schleuse und Kontaminationskontrolle der Einsatzkräfte durch Strahlenmeß- und Abspertrupp,
- Entnahme und Analyse von Bodenproben durch die Umgebungsüberwachung,
- Verkehrsregelung im Bereich des Zwischenfallortes durch den Verkehrsdienst,
- Aufstellen und Inbetriebnahme des Deko-Schleusen-Containers und des Material-Containers durch den Dekontaminationstrupp,
- Dekontaminationsarbeiten durch den Dekontaminationstrupp.

Aufgrund des Übungsablaufes kann festgestellt werden, daß die Verfügbarkeit und Einsatzbereitschaft aller Einsatzkräfte gut war. Die Zusammenarbeit der jeweiligen Einsatzkräfte hat unter Koordination des Einsatzleiters gut funktioniert.

Alarmübung II/85 am 26.11.1985 in der Versuchshalle des Institutes für Reaktorbauelemente, IRB, Gebäude 272.

Angenommenes Unfallszenarium:

Im II. Obergeschoß der Natrium-Versuchshalle entsteht durch heraustretendes flüssiges Natrium aus einer Leckage der Rohrleitung ein Natriumbrand. Zwei Mitarbeiter erhalten Brandverletzungen durch verspritztes Natrium.

Die Alarmübung war nicht angekündigt und der Übungsablauf nicht vorgegeben. Übungszweck war die Demonstration der Einsatzfähigkeit der Werkfeuerwehr und die Überprüfung der technischen Ausrüstung für die Bekämpfung eines Natriumbrandes. Außerdem wurden die Effektivität bei der Menschenrettung aus der Gefahrenzone, die Versorgung der Brandverletzten durch die Sanitäter und die Hilfestellung durch Absperr- und Feuerwehrtrupp getestet. Von den Einsatzkräften wurden im einzelnen folgende Maßnahmen durchgeführt:

- Menschenrettung durch die Werkfeuerwehr unter Atemschutz,
- Versorgung der Brandverletzten durch die Sanitäter der Medizinischen Abteilung,
- Abtransport der Brandverletzten durch den Sankra,
- Natrium-Brandbekämpfung durch die Werkfeuerwehr,
- Unterstützung der Werkfeuerwehr durch den Feuerwehrtrupp,
- Absperrung des Geländes um die Natrium-Versuchshalle durch den Absperrtrupp.

Aufgrund des Übungsablaufes und der Auswertung der Übung ist festzustellen, daß die Werkfeuerwehr ihren hohen Ausbildungsstand unter Beweis stellen konnte. Als Schwachstelle wurde die nicht optimale Verfügbarkeit von Absperr- und Feuerwehrtruppmitgliedern ermittelt, die Anlaß zu einer stärkeren Motivierung der freiwilligen Einsatztruppmitarbeiter zur Hilfeleistung gibt.

2.5 Abfallwirtschaft

2.5.1 Entsorgung von inaktiven Abfällen

E. Linß, E. Windbühl

Die Konzeption der Abfallwirtschaft und der damit verbundene Abrufrahmenvertrag mit einer Entsorgungsfirma haben sich auch im vergangenen Berichtsjahr bewährt. So konnten 1985 mit 110 Entsorgungsaktionen die angefallenen inaktiven Sonderabfälle der ordnungsgemäßen Beseitigung zugeführt werden. Die Einzelmengen der verschiedenen Abfallarten sind in Tab. 2/21 tabellarisch aufgelistet.

Im allgemeinen verliefen Transport und Beseitigung der Sonderabfälle reibungslos. Lediglich bei den Transporten, die durch oder in andere Bundesländer gingen, traten innerhalb des Berichtsjahres erstmals Schwierigkeiten auf. Wegen Einspruchs des Regierungspräsidiums Köln beim Umweltschutzamt der Stadt Karlsruhe wurde eine seit Jahren bestehende Transportgenehmigung nicht verlängert. Alle Entsorgungsaktionen, von denen das Bundesland Nordrhein-Westfalen tangiert wurde, waren deshalb ab August 1985 nicht mehr möglich. Durch Ausweichen auf andere Beseitigungsanlagen, für die allerdings auch zuerst neue Genehmigungen eingeholt werden mußten, konnte dieser Engpaß jedoch überwunden werden.

Nur bei der Beseitigung von 9 t Laborchemikalienresten, die bei einer Sonderaktion im Juli 1985 von einer Fremdfirma innerhalb der Organisationseinheiten sortiert und in 60-l-Transportfässer verpackt wurden, gibt es noch Entsorgungsschwierigkeiten. Obwohl am 10.09.1985 ein Transport mit 3,5 t zur Beseitigungsanlage der "Gesellschaft zur Beseitigung von Sonderabfällen" in Bayern durchgeführt werden konnte und auch für zwei weitere Transporte die Lieferscheine vorliegen, war es bis heute nicht möglich, Anlieferungsstermine zu erhalten. Dies begründet der Betreiber damit, daß einerseits die Kapazität der Anlage ausgeschöpft sei, andererseits vorrangig Anlieferer aus dem eigenen Bundesland zu bedienen seien. Ein Ausweichen auf eine andere, gleichartige Beseitigungsanlage scheiterte bislang an den vorgegebenen Verpackungsvorschriften und Gebindegrößen. Außerdem gibt es innerhalb Baden-Württembergs noch keine derartigen Anlagen, so daß wiederum in ein anderes Bundesland transportiert werden müßte. Die einzige Alternative besteht z. Zt. in der Abgabe an die Sammelstelle der Mittel-

badischen Sonderabfall-Vernichtungsgesellschaft (MVG), Rastatt. Diese wird jedoch aus Kostengründen als letzte Möglichkeit betrachtet, da die Behandlungskosten hier um den Faktor 6 höher liegen.

Den größten Anteil der festen Abfallstoffe nahmen mit 762,3 t die sog. "Sonstigen Schlämme aus Fäll- und Löseprozessen mit produktionsspezifischen Beimengungen" ein. Diese Deklaration umschreibt die bei der KfK GmbH angefallenen Klärschlämme aus dem Chemieabwassernetz der Jahre 1977 bis 1981, die im Bau 720 eingelagert waren. Nachdem durch die Konditionierung dieser Schlämme den Auflagen der atomrechtlichen Genehmigung des SM in Stuttgart entsprochen werden konnte, war es möglich, im Vorjahr 3120 t Chemieschlamm auf die Sondermülldeponie Billigheim zu verbringen. Diese Abfallmenge entsprach den genehmigten 1000 m³ Chemieklärschlamm zuzüglich der Zuschlagstoffe Kalk und Sand, die beim Konditionierungsverfahren zugesetzt worden waren.

Abfallstoff	Menge
Inhalt von Fettabscheidern	52,3 t
Verunreinigtes Verpackungsmaterial	3,6 m ³
Aktivkohle-Abfälle	0,1 t
Ölverunreinigtes Erdreich	17,2 m ³
Glas- und Keramikabfälle mit Beimengen	13,9 t
Verbrauchte Aufsaugmassen	0,7 t
Sonstige Schlämme aus Fäll- und Löseprozessen mit produktionsspezifischen Beimengen	762,3 t
Metalleballagen-Behälter	8,0 m ³
Trockenbatterien, Trockenzellen	0,7 t
Quecksilber, quecksilberhaltige Rückstände	0,1 t
Säuren, Säuregemische	11,9 m ³
Laugen, Laugengemische	13,1 t
Konzentrate, metallsalzhaltig	2,4 m ³
Altöl, verunreinigt	0,4 m ³
PCB-haltige Abfallstoffe	2,9 m ³
Verunreinigte Heizöle	7,0 m ³
Feste, mineralische ölhaltige Werkstattabfälle	16,0 m ³
Öl- und Benzinabscheiderinhalte	102,4 t
Lösemittelgemische, halogenhaltig	0,8 m ³
Lösemittelgemische, halogenfrei	4,8 t
Polyurethanabfälle	4,0 m ³
PVC-Abfälle	1,5 m ³
Putzwolle, Putzlappen	24,0 m ³
Laborchemikalienreste	3,5 t
Flüssige Tenside	20,6 t
Baustellenabfälle	7,1 t
Summen:	981,7 t 99,7 m ³

Tab. 2/21: Nachweispflichtige Abfallstoffe 1985

Bedingt durch eine zu geringe Gesamtmengenschätzung bei der Antragsgenehmigung 1981 lagerte jedoch noch eine Restmenge von ca. 400 m³ bzw. 800 t konditionierter Schlämme in Bau 720. Für

deren Entsorgung war eine Erweiterung der o. g. Genehmigung notwendig. Diese wurde Ende 1984 von der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe über die Koordinationsstelle Genehmigungsverfahren beim EM in Stuttgart beantragt. Anfang 1985 lag nach kurzfristiger Bearbeitungszeit der Änderungsbescheid vor. Somit war die Voraussetzung gegeben, die Ablagerungsgenehmigung bei dem Betreiber der Deponie Billigheim und dem Regierungspräsidium Karlsruhe einzuholen, die zur Erteilung der Transportgenehmigung durch das Umweltschutzamt, Landratsamt Karlsruhe, erforderlich war. Bereits in der 6. Kalenderwoche 1985 konnten die Arbeiten fortgesetzt werden, so daß bis zum 12.03.1985 mit 34 Transporten die Entsorgung der Chemieschlämme abgeschlossen werden konnte. Im Anschluß daran wurden die Dichtfolie und der Sickerschacht entfernt und durch Einebnen der Beckendämme das Gelände rekultiviert.

Wie bereits im Vorjahresbericht erwähnt, lagern in 83 Deckelmulden weitere ca. 500 m³ konditionierten Schlamms. Für eine Entsorgung und Deponierung sind hier jedoch noch umfangreiche radiologische Untersuchungen durchzuführen, die einen kurzfristigen Abtransport fraglich erscheinen lassen.

2.5.2 Überwachung der Abfallbehandlung

A. Antoni, E. Linß, E. Windbühl

Mit Schreiben vom 18. Juni 1985 hat das Umweltschutzamt, Landratsamt Karlsruhe, die KfK GmbH zur Führung eines Nachweisbuches insbesondere für Abfälle entsprechend § 2, Abs. 2 Abfallbeseitigungsgesetz (AbfG) für die sog. Sonderabfälle verpflichtet. Nach § 11, Abs. 2 AbfG kann das Landratsamt über die Beseitigung von Abfällen, die nicht mit dem ortsüblichen Haus- und Sperrmüll beseitigt werden dürfen, einen Nachweis über die ordnungsgemäße Beseitigung in Form eines Nachweisbuches anordnen. Es handelt sich in der Regel um solche Abfälle, durch die eine Schädigung der Umwelt in besonderem Maße erfolgen kann.

Begleitschein									
Beleg zum Nachweis der Beseitigung von Abfällen									
Dieser Beleg (weiß) ist mit Unterschrift des Beförderers im Nachweisbuch des Abfallerzeugers abzuheften									
Nr.: 5900 117530 1									
Klasse _____ Ziffer _____ nach GGVS		① Abfallart		② Abfallschlüsselnummer			③ Abfallmenge		
				m ³			t		
④ Konsistenz: fest = 1 stichfest = 2 pastös/schlammig/breilig = 3 staubförmig = 4 flüssig = 5									
⑤ Amtl. Kennzeichen des Fahrzeuges:				⑥ Art des Fahrzeuges: Lkw/Container = 1 Bahn/Kesselwagen = 3 Tankfahrzeug = 2 sonstiges Fahrzeug = 4					
⑦ Betriebsnummer		⑧ Beförderernummer		⑨ Beseitigernummer					
⑩ Abfallerzeuger (Name, Anschrift oder Stempel)		⑪ Abfallbeförderer (Name, Anschrift oder Stempel)		⑫ Abfallbeseitiger (Name, Anschrift oder Stempel)					
Datum der Ausstellung 55 Tag Monat Jahr 60		Datum der Übernahme 61 Tag Monat Jahr 66		Datum der Annahme 67 Tag Monat Jahr 72					
⑬ Versicherung der richtigen Deklaration*)		⑭ Versicherung der ordnungsgemäßen Beförderung		⑮ Versicherung der Annahme zur ordnungsgemäßen Beseitigung					
Unterschrift _____		Unterschrift _____		Unterschrift _____					

Abb. 2/19: Begleitschein nach § 2 AbfNachwV

Auf Anforderung des Landratsamtes sind Nachweisbücher und Belege zur Überprüfung vorzulegen. Die Einrichtung, Führung und Vorlage der Nachweisbücher und das Einbehalten von Belegen sowie die Aufbewahrungspflicht wurden vom Bundesminister des Innern durch die Abfallnachweis-Verordnung (AbfNachwV) vom 2. Juni 1978 geregelt.

Der Nachweis über Art, Menge und Beseitigung von Abfällen wird nach § 2 AbfNachwV mit Hilfe von 6-fachen Begleitscheinsätzen (s. Abb. 2/19) geführt. Das Begleitscheinverfahren ist in einem Fließschema in Abb. 2/20 dargestellt.

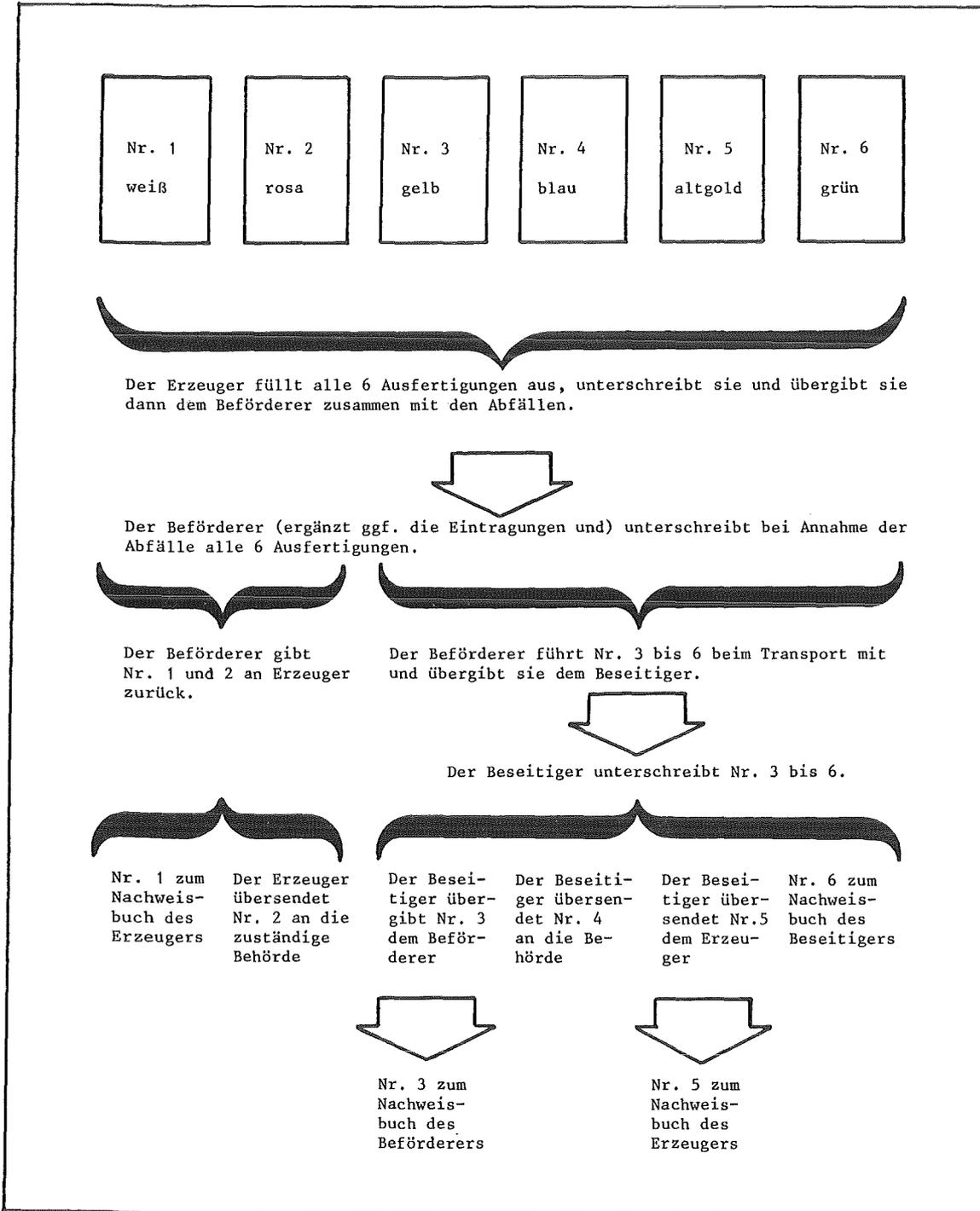


Abb. 2/20: Begleitscheinverfahren

Die Nachweisbücher sind drei Jahre, vom Datum der letzten Eintragung oder des letzten Belegs an gerechnet, aufzubewahren. Die innerbetriebliche Überwachung der Abfallwege und Abfallbehandlung obliegt in der KfK dem Betriebsbeauftragten für Abfall. Die zentrale Nachweisführung für alle Entsorgungsvorgänge erfolgt im Technischen Sicherheitsbüro mittels EDV. Um eine lückenlose Kontrolle zu gewährleisten, werden die folgenden Maßnahmen durchgeführt:

- Nachweisführung nach § 11 Abs. 2 AbfG in Verbindung mit § 3 und § 7 AbfNachwV über Art, Menge und ordnungsgemäße Beseitigung aller anfallenden Abfälle, insbesondere der sog. Sonderabfälle entsprechend § 2 Abs. 2 AbfG,
- Anmahnen von fehlenden Nachweisbelegen über die ordnungsgemäße Beseitigung,
- Überwachung der Abfallwege von der Entstehung über die Zwischenlagerung bis hin zur Beseitigung gemäß § 11 Abs. 1 AbfG,
- Klassifizierung der Entsorgungsgüter entsprechend Abfallkatalog,
- Sortieren und Auflisten der Abfallstoffe nach internen Abgebern und pro Entsorgungseinheit,
- Erstellen von Kostenumlagen auf die einzelnen Organisationseinheiten,
- Ausdruck der "internen Abfallbörse" wiederverwendbarer Chemikalien und Arbeitshilfsmittel,
- Ausdruck von Listen nach verschiedenen Kriterien für den internen und externen Bedarf.

2.6 EDV-Einsatz für administrative Aufgaben des Technischen Sicherheitsbüros

2.6.1 Geräteausstattung, Programme und Datentransfer

A. Antoni, P. Meyer

Zur Erfassung, Auswertung und Weiterverarbeitung der im Bereich der Strahlenschutzüberwachung, des Arbeitsschutzes und des Einsatzwesens anfallenden umfangreichen Datenmengen wird seit einigen Jahren in ständig wachsendem Umfang elektronische Datenverarbeitung eingesetzt. Die vorhandene EDV-Anlage besteht aus einer Zentraleinheit mit einem Arbeitsspeicher von 256 Kilobytes, einer Plattenstation mit 80 Megabytes und einer Diskettenstation mit zwei 8-Zoll-Diskettenlaufwerken für Disketten im Wang-Format und einem Diskettenlaufwerk, auf dem Disketten im IBM-Format 3741 gelesen und geschrieben werden können. Das Betriebssystem unterstützt ein Mehrplatzsystem mit drei angeschlossenen Bildschirmen.

Folgende Hauptprogramme werden zur Zeit verfügbar gehalten und ständig aktualisiert:

ADRESS	Erfassung der Anschriften externer Kontaktpersonen von HS/TSB
AU	Erfassung des Unfallgeschehens im Bereich der KfK GmbH (siehe auch Kapitel 2.2.3)
AVU	Terminüberwachung für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen (siehe auch Kapitel 2.6.4)
DAAUS	Datenaustausch mittels 8-Zoll-Disketten im IBM-Format 3741
DATASCH	Erfassung von Anschriften externer Kontaktpersonen der Hauptabteilung Sicherheit
DIN	Erfassung aller in der LA vorhandenen DIN-Normen
DON	Dosiserfassung für alle Organisationseinheiten der KfK GmbH und von Fremdfirmenangehörigen (siehe auch Kapitel 2.1.4)
ETRU	Erfassung der Mitglieder aller Einsatztrupps
EVD	Erfassung von Daten der EvD-Einsätze (siehe auch Kapitel 2.4.2)
GEN	Erfassung der atomrechtlichen Genehmigungen aller Organisationseinheiten der KfK GmbH
INABO	Inaktives Abfallgeschehen der KfK GmbH (siehe auch Kapitel 2.5.2)
MAUS	Meßwertaustausch mit HS/Ü
PLOTBAR	Plotten von Balkendiagrammen
UEBO	Erfassung der strahlenexponierten Mitarbeiter der Kategorie A, geordnet nach HS/Ü-Bereichen

UEPRUE	Erfassung von Überwachungs- und prüfungspflichtigen Anlagen der KfK GmbH (siehe auch Kapitel 2.6.3)
UKW	Erfassung der Inhaber von Personenrufempfängern
UMRAST	Erfassung der umschlossenen radioaktiven Stoffe (siehe auch Kapitel 2.3.4)
VIP	Erfassung von wichtigen internen Kontaktpersonen für HS/TSB
ZAG	Erfassung der Firmen mit Genehmigung nach § 20 a StrlSchV

Für alle Hauptprogramme gibt es mindestens folgende Unterprogramme: Ergänzung von Daten, Korrektur von Daten, Sortierverfahren, Statistik und Listenausdruck.

Zur Berichterstattung, zur Terminverfolgung, zur Bekanntmachung wichtiger Informationen oder administrativer Maßnahmen und zur Abwicklung der internen und externen Korrespondenz müssen unterschiedliche Personenkreise und Institutionen angeschrieben werden. Zur Rationalisierung des umfangreichen Schriftverkehrs können Formblätter, Listen und Verzeichnisse, die unterschiedlichen Ordnungskriterien unterliegen, maschinell erstellt werden und in unterschiedlichen Intervallen an verschiedene Empfänger verschickt werden. Eine schematische Darstellung des umfangreichen Datenaustausches sowohl zwischen HS/TSB und den Organisationseinheiten oder Beauftragten der KfK GmbH als auch zwischen HS/TSB und externen Institutionen bietet Abb. 2/21.

Die monatlich ermittelten Dosiswerte aller strahlenexponierten Personen der KfK GmbH und von Fremdfirmenmitarbeitern, die mit Dosimetern verschiedener Art ermittelt wurden, sind bisher bei den auswertenden Stellen (HS/Ü, HS/D, LfU) auf Listen erfaßt und an HS/TSB geschickt worden. Von diesen Listen wurden die Werte über Eingabeprogramme in die EDV-Anlage bei HS/TSB eingegeben. Seit Mitte des Jahres 1985 werden die Ergebnisse von Inkorporations- und TLD-Messungen bereits bei den Auswertestellen auf 8-Zoll-Disketten im IBM-Format 3741 gespeichert. Bei HS/TSB können diese Disketten gelesen, ins WANG-Format umgesetzt und in entsprechende Dateien gespeichert werden. Dies hat den Vorteil, daß die manuelle Eingabe der Werte entfällt.

In den Datensätzen, die zur Durchführung dieses Datentransfers mittels Disketten angelegt werden müssen, werden pro Mitarbeiter folgende Daten gespeichert:

- Name,
- Vorname,
- Geburtsdatum,
- Personalnummer,
- Organisationseinheit,
- Geschlecht,
- Kostenstelle,
- HS/Ü-Bereich,
- Überwachungskategorie (A oder B)
- Meßwerte:
 - Ausscheidungsanalysen von Med./Tox.,
 - Body- und Lungencountermessungen von HS/D,
 - TLD (Tiefendosis) von HS/D,
 - TLD (Oberflächendosis) von HS/D,
 - Albedo (Neutronendosis) von HS/D.

Seit August 1985 wird zusammen mit HS/D zum Überspielen der TLD-Monatswerte folgendes Verfahren praktiziert: Mitte eines jeden Monats erhält HS/D eine Diskette, auf der alle Mitarbeiter der Kategorie A und die Mitarbeiter der Kategorie B, die Albedo-Dosimeter tragen, nach neuestem Stand gespeichert sind. HS/D ergänzt in den vorhandenen Datensätzen die aktuellen Meßwerte und schickt die Diskette an HS/TSB zurück. Dort werden die Monatswerte in entsprechende Dateien überspielt. Ab Januar 1986 werden auch die von HS/Ü ermittelten TIK-Werte auf Diskette an HS/TSB übergeben und nach dem gleichen Verfahren verarbeitet.

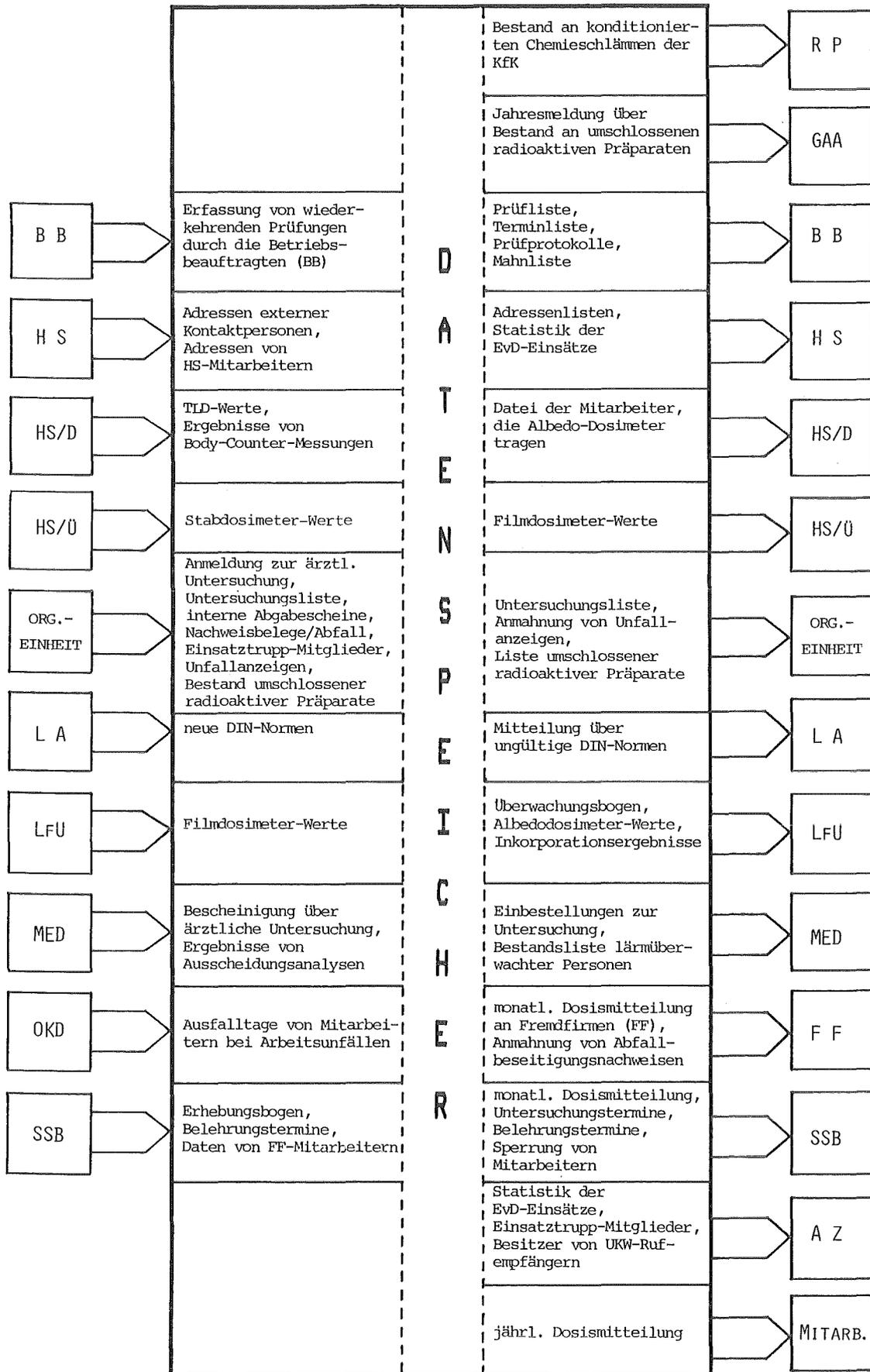


Abb. 2/21: Datenaustausch zwischen HS/TSB und KfK-internen und externen Stellen

Die Ergebnisse der Inkorporationsüberwachung von MED/TOX und HS/D, die bisher als Listen bei HS/TSB in Ordnern archiviert wurden, werden seit Juli 1985 ebenfalls auf 8-Zoll-Disketten im IBM-Format 3741 bei MED/TOX und HS/D gespeichert und monatlich HS/TSB übergeben. Diese Daten werden bei HS/TSB ins WANG-Format umgesetzt und in separaten Dateien gespeichert.

Die LfU übermittelt HS/TSB die Meßergebnisse der amtlichen Dosimetrie (Filmdosimeter) auf Listen, die HS/TSB jeweils im Vormonat ausgedruckt und an die LfU geschickt hat. Sie erhält monatlich Listen von HS/TSB mit den Ergebnissen der Albedo-Dosimetrie, von Ausscheidungsanalysen und von Body- und Lungencountermessungen.

Die SSB erhalten monatlich einen Computerausdruck, der alle Dosiswerte enthält, die mit den verschiedenen Dosimeterarten ermittelt wurden. Der Ausdruck erfolgt getrennt nach Organisationseinheiten. Die strahlenexponierten Mitarbeiter werden in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt.

Jedem strahlenexponierten Mitarbeiter der KfK GmbH werden am Jahresanfang seine Dosiswerte für das vergangene Jahr zu seiner persönlichen Information mitgeteilt.

Der Ablauf des Datentransfers mittels Disketten ist in Abb. 2/22 dargestellt.

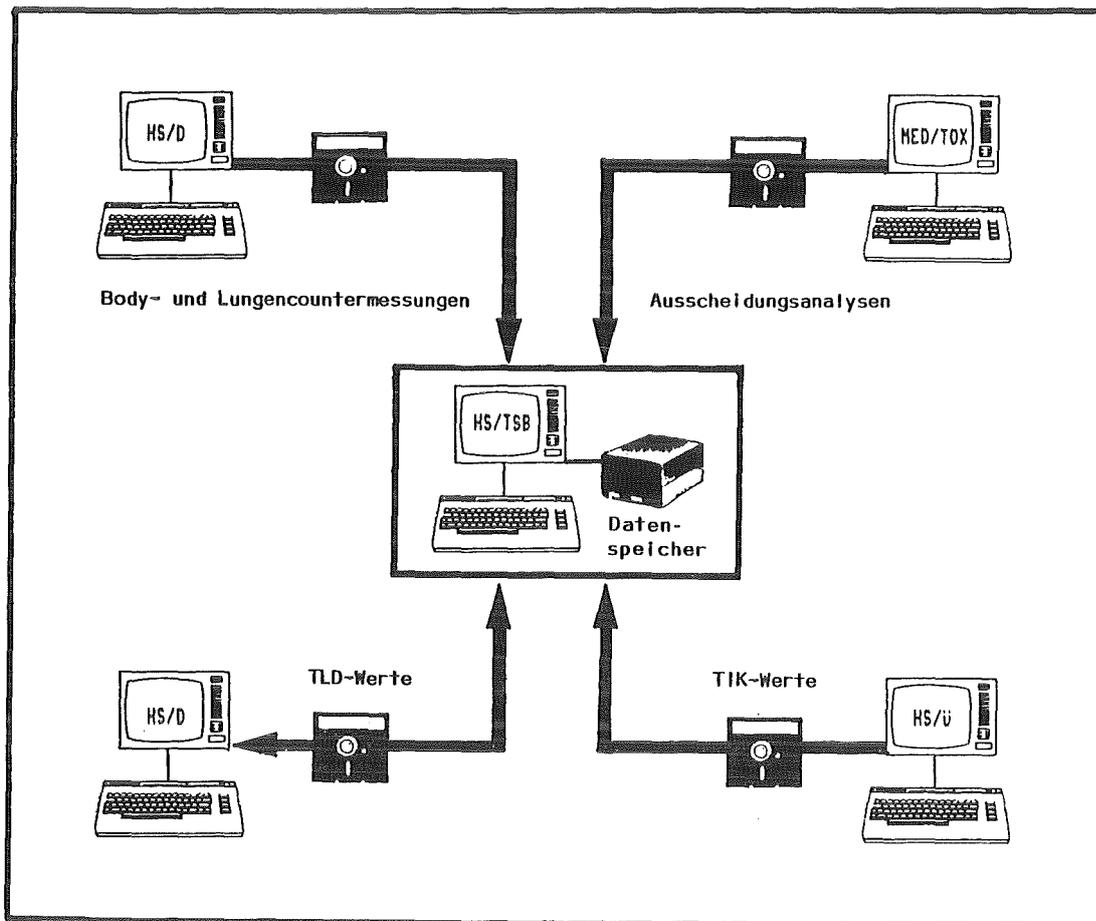


Abb. 2/22: Ablauf des Datentransfers mittels Disketten

2.6.2 Planung eines künftigen Hard- und Softwarekonzeptes

W. Tachlinski

Die im Technischen Sicherheitsbüro der HS gegenwärtig betriebene EDV-Anlage ist, ebenso wie die dazugehörigen Programme, mit den steigenden Dienstleistungsforderungen seit 1975 stetig gewachsen. In diesen 10 Jahren EDV-Einsatz wurde bei allen notwendigen Erweiterungen sowohl hard- als auch softwaremäßig strikte Kompatibilität gewahrt, was sich zwar durch nahezu störungsfreien Betrieb ausgezahlt hat, andererseits aber mit der Festschreibung der damaligen Technik erkaufte wurde.

In den letzten Jahren wurden zusätzlich zu den klassischen, von EDV unterstützten TSB-Aufgaben, wie z. B. der Führung der Personendosiskartei und der Unterstützung bei der Erledigung von breit gestreutem Schriftverkehr durch Textbearbeitung und Anschriftenverwaltung, neue umfangreiche Anwendungen auf dem TSB-Rechner programmiert. Zu nennen sind dabei insbesondere die durch das Abfallbeseitigungsgesetz geforderte Buchführung über die nicht dem Atomrecht unterliegende Abfallentsorgung und die bei HS/TSB nun angesiedelte zentrumsweite Terminüberwachung aller rechtlich vorgeschriebenen wiederkehrenden Prüfungen.

Durch den Zuwachs an Aufgaben und den dabei anfallenden und zu speichernden oder zu verarbeitenden Datenmengen wird das System immer komplexer und erfordert Bedienende mit umfangreichem Detailwissen über Maschinen-, Daten- und Programmstruktur. Der eingesetzte reine BASIC-Interpreter-Rechner und die in BASIC-Unterprogrammstruktur im eigenen Haus geschriebene Benutzeroberfläche samt den dahinterstehenden BASIC-Programmen bieten nur noch wenig Spielraum, um mit endlichem Aufwand die folgenden, für die Zukunft als notwendig erkannten Maßnahmen durchzuführen.

1. Trennung von Anlagenbetrieb und Anwendung:

Der reine Rechnerbetrieb, die Systembetreuung und die Programmpflege sollen, auch personell, von den Benutzerfunktionen der bereits implementierten EDV-Aufgaben, wie z. B. der Datenerfassung oder Datenverwendung, klar getrennt werden. Damit soll erreicht werden, daß TSB-Aufgaben, die routinemäßig von EDV unterstützt werden, auch unabhängig von EDV-Spezialisten jederzeit weitergeführt werden können.

2. Ertüchtigung des Datenschutzes:

Durch den Zugang neuer Rechnerbenutzer mit unterschiedlichen Verantwortungsbereichen und die dafür geplante Installation von weiteren Terminals wird ein bis zu Einzeldaten hinabwirkendes System zum Schutz vor unerlaubter Abfrage oder Veränderung von Daten notwendig.

3. Verbesserung der Datensicherung:

Die auf der Festplattenstation für schnellen Zugriff abgelegten Daten sollen durch eine automatisch aktuell gehaltene Sicherheitskopie auf einem lagerfähigen Speichermedium, wie Band oder Wechselplatte, gesichert werden. Dadurch ist der prinzipiell mögliche Datenverlust durch Platten-Crash oder Bedienungsfehler am System extrem klein und unwahrscheinlich zu halten.

4. Weiterer Ausbau einer anwenderfreundlichen Kommunikationsoberfläche:

Neben fest programmierten und mittels starrer Menüsteuerung auszuführender Routineaufgaben, für deren Erledigung über keinerlei Programmier- oder Kommandokenntnisse verfügt werden muß, soll eine zusätzliche Anwenderebene eingezogen werden. Diese neue Ebene soll über eine einfache Kommandosprache auch dem Nichtprogrammierer die Möglichkeit eröffnen, über die routinemäßige Auswertung und Listenerzeugung hinausgehend, Fragestellungen mit noch nicht fest programmierten Datenverknüpfungen sofort am Arbeitsplatz bearbeiten zu können. Der Schutz personenbezogener Daten ist dabei durch das eben erwähnte Zugriffskontrollsystem sicherzustellen. Auch das Errichten und Bearbeiten neuer, eigener Datenbasen soll auf

dieser Ebene dem Anwender ermöglicht werden.

5. Ermöglichung externer Datenverbindungen:

Im Bereich der konventionellen Sicherheit und des Arbeitsschutzes entstehen kommerzielle Datenbasen für Vorschriften, Bestimmungen, Normen und Empfehlungen. Da die Papierflut in diesem Bereich kaum noch überblickbar, geschweige denn archivmäßig auf neuestem Stand zu halten ist, bietet sich die Nutzung solcher immer aktuellen Volltext-Datenbasen als Hilfsmittel an. Auch als Anbieter einer Volltext-Datenbank des für die KfK relevanten atomrechtlichen und arbeitsschutzrechtlichen Regelwerkes innerhalb des zukünftigen KfK-weiten Rechnerverbundnetzes könnte HS/TSB die für Arbeitssicherheit und Strahlenschutz Verantwortlichen der Institute und Abteilungen effektiver unterstützen. Bei Geräteanschaffungen sollte deshalb auf das Vorhandensein einer Option zur Nachrüstung eines Anschlusses für Datenverbindungen zu externen Rechnern geachtet werden.

Zur Bewältigung dieser fünf Zukunftsaufgaben bedarf es eines neuen und wieder langfristig tragfähigen Hard- und Software-Konzeptes. Die mit EDV befaßten Mitarbeiter bei HS/TSB führten in diesem Zusammenhang eine Vielzahl von Gesprächen mit Anbietern und unabhängigen EDV-Spezialisten, um sich aktuelle Kenntnisse über den gegenwärtigen Stand der Technik zu verschaffen. Wegen negativer Erfahrungen mit Software-Häusern und der Überschaubarkeit des vorliegenden Problems erscheint es hinreichend, das neue Konzept auf der Basis dieser Vorarbeiten intern zu erarbeiten. Das bisherige Ergebnis dieser Planung lautet wie folgt:

Software

Die vorhandenen BASIC-Programme sind rechner-spezifisch und können nicht auf einen neuen Rechner übernommen werden. Sie werden durch ein mittleres, aber aufwärts kompatibles, kommerzielles Datenbanksystem ersetzt. Die Datenbank muß die Realisation der genannten Zielvorstellungen ohne nennenswerten eigenen Programmieraufwand erlauben und die Übernahme der bisher gespeicherten Daten in die neuen Datenbasen mit geringem Aufwand gestatten.

Hardware

Auf dem vorhandenen Rechner sind moderne marktgängige Softwareprodukte nicht implementierbar. Er muß deshalb ersetzt werden durch

- a) mehrere, der jeweiligen Benutzerfunktion entsprechend ausgebaute PC's, die untereinander vernetzt sind und über einen zentralen Datenpool verfügen oder
- b) einen netzwerkfähigen Mini-Rechner mit leistungsfähigem Mehrplatzbetriebssystem.

Der Aufbau lokaler Netzwerke ist eine relativ neue Technik, für die bisher wenig Betriebserfahrung vorliegt. Ein solches Netz bietet durch das Verlagern der eigentlichen Rechenleistung an den Arbeitsplatz des Benutzers einen besseren Schutz gegen Totalausfall der Anlage. Außerdem können je nach Bedarf punktuell Modernisierungen oder Leistungsanpassungen vorgenommen werden. Bei Zentralrechnern müßte in solchen Fällen das Gesamtsystem modifiziert oder gar ersetzt werden.

Zwischen den beiden grundsätzlich möglichen Hardware-Lösungen wurde noch nicht entschieden. Da der Einsatz des Rechners erst zu Beginn 1987 geplant ist, soll die gegenwärtige stürmische Entwicklung bei den 32-Bit-Mini-Rechnern, die von erheblichen Preissenkungen begleitet wird, noch einige Zeit beobachtet werden. Andererseits soll mit möglichst geringen Kosten die Zwischenzeit genutzt werden, um bei HS/TSB Erfahrungen mit dem Betrieb eines Netzwerkes zu sammeln. Hierzu werden drei IBM-PC's im ETHERNET-Standard vernetzt werden. Auf diesem Rechner-netz wird dann die Datenbank installiert und steht somit während der Testphase des Netzes gleichzeitig zur Einübung der neuen Software-Technik zur Verfügung. Während die Routinearbeiten noch ungestört auf der alten Anlage abgewickelt werden, kann parallel dazu die Umwandlung der Alt-Dateien in neue Datenbasen erfolgen. In dieser Zeit sollen auch ausgewählte Teilaufgaben probeweise mit der Datenbank realisiert werden. Unvorhergesehene, gravierende Mängel am

Netzbetrieb oder an der Datenbank können somit im Vorfeld der Umstellung erkannt und berücksichtigt werden. Bis November 1986 wird die Verwirklichung folgender Ziele angestrebt:

- Hinreichende, HS/TSB-bezogene Erfahrungen mit dem Systemverhalten vernetzter IBM-PC's in realistischer Umgebung,
- hinreichender Informationsstand zur qualifizierten Entscheidung über die zukünftige Hardware,
- ein für den Routinebetrieb mit der Datenbank ausreichender Ausbildungsstand der Mitarbeiter,
- erfolgreicher Übertrag von Alt-Dateien und ganzer Anwendungsteile in die neue Softwaretechnik.

2.6.3 Wiederkehrende Prüfungen

P. Meyer

Zur effektiveren Überwachung von wiederkehrenden Prüfungen wird bei der KfK GmbH seit Januar 1984 elektronische Datenverarbeitung eingesetzt. Das dazu bei HS/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. Nachdem 1984 grundsätzliche Festlegungen über die Abwicklung der wiederkehrenden Prüfungen durch die Einführung dieses Systems getroffen worden waren, konzentrierten sich 1985 die Bemühungen von HS/TSB darauf, dieses Konzept in Zusammenarbeit mit den einzelnen Organisationseinheiten schrittweise zu verwirklichen.

Dazu wurde von HS/TSB ein Musterprüfhandbuch erstellt, das das System der EDV-gestützten Erfassung und Terminüberwachung beschreibt und beispielhaft für eine fiktive Organisationseinheit alle Unterlagen enthält, die für die Abwicklung der wiederkehrenden Prüfungen erforderlich sind. Allen Betriebsbeauftragten der KfK GmbH, die in den Organisationseinheiten für die Abwicklung der wiederkehrenden Prüfungen zuständig sind, erhielten dieses Musterprüfhandbuch. Es sollte vor allem dazu dienen, die Erfassung der Prüfobjekte zu beschleunigen und die Betriebsbeauftragten mit dem System besser vertraut zu machen.

Für die Sachgebiete Fahrzeuge, umschlossene radioaktive Präparate und Großquellen sowie Beschleuniger wurden die Prüfobjekte aller Organisationseinheiten zentral durch HS/TSB erfaßt. Für die Teilsachgebiete Druckbehälter, Aufzüge, Krane und Hebezeuge konnte auf die bereits durchgeführte Erfassung bei EKM zurückgegriffen werden. Ein Datentransfer EKM-HS/TSB mittels Diskette zur Übertragung dieser Daten wurde bereits realisiert.

Am 31.12.1985 waren in 16 Organisationseinheiten die Prüfobjekte vollständig erfaßt und die Prüflisten erstellt. Ein Großteil der Prüfungen wird bereits nach dem eingeführten System durchgeführt. Insgesamt sind bisher 1610 Prüfobjekte EDV-mäßig erfaßt. Eine Aufschlüsselung dieser Prüfobjekte nach Sachgebieten und Prüfgrundlagen bietet Tab. 2/22. Bei den Prüfgrundlagen ist unterschieden worden zwischen Vorschriften aus dem Strahlenschutzrecht (StrlSchV, Auflagen in atomrechtlichen Genehmigungen) und konventionellen Vorschriften des Arbeitsschutzrechts (Gewerbeordnung, Arbeitsstättenverordnung, Unfallverhütungsvorschriften). Die Anzahl der Prüfobjekte ist nicht identisch mit der Anzahl der betroffenen Anlagegegenstände. Wird z. B. ein Gegenstand in drei unterschiedlichen Intervallen unterschiedlichen Prüfungen unterzogen, so wird dieser Gegenstand in der Prüfliste dreimal als Prüfobjekt aufgelistet. Werden aber z. B. fünf gleichartige Geräte in gleichen Intervallen der gleichen Prüfung unterzogen, so werden diese fünf Geräte in der Prüfliste nur einmal als Prüfobjekt aufgeführt.

Tab. 2/23 zeigt die Aufteilung der bisher erfaßten Prüfobjekte auf unterschiedliche Prüfinter-

valle und den erforderlichen Arbeitsaufwand bei der Prüfungsdurchführung, der sich in der Anzahl der erforderlichen Prüfungen pro Jahr ausdrückt.

Eine wichtige Voraussetzung für die korrekte Durchführung der Prüfungen ist, daß entsprechende Prüfanweisungen vorhanden sein. Zu diesem Zweck wird bei HS/TSB ein zentrales Archiv für Prüfanweisungen eingerichtet, in dem alle bereits vorhandenen Prüfanweisungen gesammelt werden. HS/TSB kann dann prüfen, inwieweit der Bedarf anderer Organisationseinheiten aus diesem Fundus gedeckt werden kann, da zahlreiche Prüfobjekte in gleicher Ausführung in vielen Organisationseinheiten vorhanden sind. Auf diese Weise können Mehrfacherstellungen vermieden werden. Fehlende Prüfanweisungen werden in Zusammenarbeit mit den Organisationseinheiten erstellt und anschließend den prüfenden Fachabteilungen vorgelegt. Prüfanweisungen, zu deren Erstellung externe Sachkundige herangezogen werden müssen, werden von KGV in Auftrag gegeben. Sobald Prüfanweisungen fertiggestellt und im zentralen Archiv der Prüfanweisungen erfaßt sind, werden sie durch HS/TSB an alle Organisationseinheiten, die sie benötigen, ausgegeben.

Sachgebiet	Anzahl der Prüfobjekte		
	insgesamt	davon aufgrund von Rechtsvorschriften Strahlenschutz	aus dem Bereich Arbeitsschutz
Bauanlagen	5	5	0
Verfahrenstechnische Anlagen	183	92	91
Strahlenschutz-Meßgeräte	153	138	15
Elektrotechnik	119	94	25
Lufttechnische Anlagen	188	156	32
Medienversorgung und -entsorgung	26	2	24
Kommunikationsanlagen	83	59	24
Brandschutzeinrichtungen	153	73	80
Notfalleinrichtungen	96	26	70
Objektsicherung	24	22	2
Hebe- und Fördermittel	401	112	289
Fahrzeuge	141	0	141
Betriebstechnische Einrichtungen	38	33	5
Summe absolut	1 610	812	798
in %	100	50,4	49,6

Tab. 2/22: Verteilung der bisher erfaßten Prüfobjekte auf Sachgebiete und Prüfgrundlagen

Prüfintervall in Monaten	Anzahl der Prüfobjekte in %	Anzahl der erforderlichen Prüfungen pro Jahr
1	4	773
3	13	837
6	3	97
12	59	950
24	13	105
36	2	11
48	4	16
60	2	6
Summe	100	2 795

Tab. 2/23: Prüfintervalle, Anteil der Prüfobjekte und Anzahl der Prüfungen

2.6.4 Zur Terminüberwachung von arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen

A. Antoni, P. Meyer

Mitarbeiter, die Tätigkeiten ausüben, bei denen aufgrund von Arbeitsschutzvorschriften Vorsorgeuntersuchungen durchzuführen sind (z. B. Arbeiten mit gefährlichen Arbeitsstoffen, Arbeiten in Lärmbereichen), müssen vor Aufnahme der Tätigkeit arbeitsmedizinisch untersucht werden. Zur Überwachung ihres Gesundheitszustandes sind außerdem regelmäßig Nachuntersuchungen während der Beschäftigungszeit erforderlich. Die Nachuntersuchungsfristen liegen je nach Gefährdungsmöglichkeit zwischen 6 und 60 Monaten.

Untersuchungsgrundlage	Anzahl der im jeweiligen Untersuchungsintervall erforderlichen Einzeluntersuchungen	Untersuchungsintervalle in Monaten	Anzahl der 1985 durchgeführten Einzeluntersuchungen
Berufsgenossenschaftliche Grundsätze für Tätigkeiten oder Einwirkungen bei			
- Bildschirmarbeiten	912	60	365
- Fahr-, Steuer-, und Überwachungstätigkeiten	671	36	366
- Lärm	419	36	301
- Trägern von Atemschutzgeräten	426	36	306
- anderen Belastungen	108	24	80
- gefährlichen Arbeitsstoffen	259	12	236
Summe	2 795		1 654
Unfallverhütungsvorschrift VBG 100 "Arbeitsmedizinische Vorsorge" und Technische Regeln für gefährliche Arbeitsstoffe beim Umgang mit			
- nachweislich krebserzeugenden Stoffen	90	12	68
- vermutlich krebserzeugenden Stoffen	91	12	80
Summe	181		148
Sonstige Gefährdung	298	12	249
Summe	298		249
Strahlenschutzverordnung (§67)			
- Kategorie A	605	12	600
- Kategorie B	140	12	140
Summe	745		740
Gesamtzahl	4 019		2 791

Tab. 2/24: Anzahl der erforderlichen gefährdungsspezifischen Einzeluntersuchungen und der 1985 durchgeführten Untersuchungen, geordnet nach Untersuchungsgrundlagen

Mitarbeiter, die beruflich strahlenexponierte Personen sind, müssen nach § 67 StrlSchV fristgerecht ärztlich untersucht werden. Bei allen Mitarbeitern der Überwachungskategorie A und solchen Mitarbeitern der Überwachungskategorie B, die mit offenen Transuranen oberhalb der 1000-fachen Freigrenze umgehen, sind jährlich Nachuntersuchungen durchzuführen.

Die Daten der für Nachuntersuchungen vorgesehenen Mitarbeiter der KfK GmbH sind zentral in der EDV-Anlage bei HS/TSB erfaßt. HS/TSB hat damit die Aufgabe übernommen, Terminüberwachungen für

Nachuntersuchungen durchzuführen. Dazu werden monatlich im voraus die zu untersuchenden Mitarbeiter anhand eines Computerausdruckes an die Medizinische Abteilung gemeldet, die daraufhin Einbestellungen zur Untersuchung vornimmt.

Im Jahre 1985 wurde der organisatorische Ablauf bei der Terminüberwachung von Nachuntersuchungen neu geregelt. Die Anmeldung zur Untersuchung erfolgt nicht mehr bei der Medizinischen Abteilung, sondern bei HS/TSB. Von hier aus werden die zur Untersuchung erforderlichen Unterlagen für die Medizinische Abteilung erstellt. Außerdem wurde das interne Formblatt "Meldung zur arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchung" aktualisiert. Durch Inkrafttreten der Unfallverhütungsvorschrift "Arbeitsmedizinische Vorsorge" (VBG 100), die alle die arbeitsmedizinische Vorsorge betreffenden Regelungen in einer Vorschrift zusammenfaßt, wurden einige Änderungen im Katalog der gefährlichen Arbeitsstoffe erforderlich.

Am 31. 12. 1985 waren insgesamt 2 128 Mitarbeiter der KfK GmbH erfaßt, von denen im Jahre 1985 1 324 arbeitsmedizinisch untersucht wurden. Bei einer großen Anzahl von Mitarbeitern sind aufgrund ihrer Tätigkeit mehrere gefährdungsspezifische Einzeluntersuchungen durchzuführen. Die EDV-gestützte Terminüberwachung hat wesentlich dazu beigetragen, die Termine der Einzeluntersuchungen so zu koordinieren, daß möglichst alle Einzeluntersuchungen eines Mitarbeiters an einem Untersuchungstermin durchgeführt werden können. Eine Auflistung der erforderlichen und der 1985 durchgeführten Einzeluntersuchungen, gegliedert nach Untersuchungsgrundlagen, bietet Tab. 2/24.

2.6.5 Fortschritte bei der Implementierung eines rechnergestützten Buchführungssystems zur Kernmaterialüberwachung

W. Burck, R. Kerpe (IDT)

Nationale und internationale Vorschriften erfordern für den Umgang mit Kernmaterial eine umfangreiche Buchführung (s. Kap. 2.3.1). Die verschärften Ausführungsbestimmungen aus dem Jahr 1982 ließen es sinnvoll erscheinen, ein rechnergestütztes Kernmaterialüberwachungssystem zu installieren.

Für die KfK wurde deshalb das Kernmaterial-Informationssystem K2 entwickelt. Das System, das sich in der Testphase befindet, wird von IDT in enger Kooperation mit HS/TSB implementiert. Die Grundstruktur des K2-Konzepts ist gekennzeichnet durch eine variable Anzahl autonomer, verteilter Subsysteme. Innerhalb des Subsystems für HS/TSB werden die Funktionen

- Euratom-Bestandsänderungsbericht,
- Euratom-Materialbilanzbericht,
- Bestandsänderungen einfügen, korrigieren und löschen,
- Berichtigung gemeldeter Daten durch Streichen, Einfügen oder Ersetzen,
- Auszug aus Bestandsänderungen,
- Bestandsaufstellung nach Kategorien pro Institut,
- Bestandsaufstellung nach Kategorien pro MBZ und
- Einhaltung der Höchstmengenrestriktionen für Kernmaterial und nicht aufarbeitungswürdigen Abfall

zur Verfügung gestellt. Der Systemstart kann automatisch mit dem Einschalten des PC oder durch expliziten Aufruf erfolgen. Anschließend meldet sich das System mit der Maske zur Erfassung der Benutzeridentifizierung und des Datenbanknamens. Der Datenbankname ist mit dem Namen der Materialbilanzzone identisch. Zugriff auf gespeicherte Daten oder Veränderungen in der Datenbasis durch Funktionen des DV-Systems darf nur berechtigten Personen möglich sein. Deshalb wird der Zugang zum DV-System durch eine "Log-on"-Prozedur geregelt. Der Benutzer identifi-

ziert sich gegenüber dem System durch die Eingabe einer Benutzernummer. Jeder Benutzer gibt dann zusätzlich das nur ihm bekannte Benutzerkennzeichen ein. Erst wenn zur Benutzernummer das richtige Benutzerkennzeichen eingegeben worden ist, können Systemfunktionen abgerufen werden.

Bei der Konzeption wurde großer Wert auf Benutzerkomfort gelegt, um die Akzeptanz und damit einen erfolgreichen Systemeinsatz zu gewährleisten. Alle Eingaben erfolgen rechnergeführt über Menüs (siehe Abb. 2/23) anhand von sogenannten Masken (siehe Abb. 2/24). Die Aktivierung von Funktionen erfolgt über Funktionstasten, wobei die Bedeutung der Funktionstasten auf dem Bildschirm angezeigt wird.

```
HS/TSB-Funktionen                HS/TSB-Version    26-11-85 09:43:41
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
Menue
      BUCHUNGEN
      Buchung von Bestandsaenderungen
      Buchungen aendern/loeschen
      Berichtigen von EURATOM-Buchungen durch Streichen/Ersetzen
      Berichtigen von EURATOM-Buchungen durch Anfüegen
      BERICHTE
      Protokoll
      Auszug aus Bestandsaenderungen
      Bestandsaufstellungen
      EURATOM - Berichte
      KONTROLLE
      Bestandsaenderungsdaten der MBZ's
      Meldungen der MBZ's
      Allgemeine Hilfsfunktionen
      3: WEITER                      7: ENDE
```

Abb. 2/23: Beispiel eines Menüs (EURATOM/HS-TSB Funktionen)

Nach dem Aufruf der Funktion "BUCHUNG VON BESTANDSÄNDERUNGEN" erfolgt die Ausgabe der unter Abb. 2/24 dargestellten Maske. Anschließend kann der Bediener die angeforderten Daten eingeben. Alle Daten werden einer Plausibilitätsprüfung unterzogen und bei positivem Ergebnis in der Datenbasis abgelegt. Bei fehlerhaften Daten wird der Bediener durch Klartext und die Position der Schreibmarke des Bildschirms auf die fehlerhaften Daten hingewiesen und zur Korrektur aufgefordert.

Innerhalb des Systems wird bei KfK-internen Transfers nur der Materialeingang manuell eingegeben. Die korrespondierende Buchung des Materialausgangs (Versand) wird vom System automatisch vorgenommen.

Das Subsystem für HS/TSB befindet sich im Probetrieb. Es ist geplant, ab Januar 1986 vom Probetrieb auf Produktionsbetrieb überzugehen und die Berichte auf maschinenlesbaren Disketten zu erstellen. Diese Datenträger sollen nach einer mit Euratom abzustimmenden Übergangsfrist die manuelle Berichterstattung ersetzen.

Zur Inbetriebnahme des Gesamtsystems ist eine zuverlässige Kopplung zwischen den Rechnern der Subsysteme sowie dem HDI-Rechner notwendig. Die Kopplung der Rechner wird zur Zeit von der Firma IBM in Zusammenarbeit mit HDI durchgeführt.

Buchung von Bestandsaenderungen		HS/TSB-Version	23-12-85
MBZ.....	: XXXX	Korresp. Angaben..	: XXXXXXXX
Datum des Vorgangs	: 011285	Berichtigung.....	:
Messung.....	: N	Urspr. Datum.....	:
Art der Aenderung	: RD	Institut.....	: YYYY
Korresp. Anlage...	: XXXXXXXXXX	Physik. Form.....	:
Korresp. MBZ.....	: YYYY	U-235 (%).....	: 18.50
Charge.....	: 00000000	Bemerkung.....	:
Anzahl Posten.....	: 0000	Lieferschein Nr...	: 00/000
Mat. Beschreibung.	: LNFF	Name des Buchenden	: XXXXXXXXXXXXX
Element.....	: L		
Gewicht.....	: 0.0000000000		
Einheit.....	: G		
Isotop.....	: G		
Gewicht.....	: 0.0000000000		
Einheit.....	: G		
Verpflichtung.....	: A		
Verwendung.....	: CH		

1: ENDE 3: BUCHEN

Tab 2/24: Beispiel einer Bestandsaenderungsbuchung

3 Sicherung

R. Schütten

Die Anlagen der KfK GmbH, die das höchste sicherungsmäßige Gefährdungspotential darstellen, konnten im Berichtszeitraum ertüchtigt bzw. durch Reduzierung der Umgangsmengen an Kernbrennstoffen in niedrigere Sicherungskategorien eingestuft werden. So wurden im Institut IMF III das Kernbrennstoff-Inventar drastisch reduziert und zusätzlich die Umgangsmengen in den einzelnen Räumen begrenzt. Damit konnte auch eine kostengünstige Sicherungslösung gefunden werden, die, unter Maßgabe der optimalen Sicherung der Teilbereiche, ein gleichmäßiges Sicherungsniveau dieser Backfitting-Anlage erzielt.

Im Zusammenhang mit der Stilllegung des MZF-Reaktors wurde für die geplante Zwischenlagerung des D_2O im Hilfsanlagengebäude ein Sicherungskonzept erarbeitet und mit den Aufsichtsbehörden abgestimmt, das unter Einschluß der baulichen Barrieren lediglich geringfügig zu ergänzende Intrusionseinrichtungen vorsieht.

Beim HEZA-Projekt wären unter pessimistischen Annahmen ähnliche baulich-technische Objektschutzmaßnahmen wie bei WAK und SNEAK erforderlich. Es konnte jedoch ein Weg aufgezeigt werden, der es ermöglicht, diese Anlage so in den Heißen-Zellen-Bereich zu integrieren, daß entsprechend dem Gefährdungspotential ein gleichmäßiges Sicherungsniveau beider Anlagen erreicht wird.

Während die baulichen Barrieremaßnahmen bei der KfK GmbH weitgehend abgeschlossen und akzeptiert sind, stieß die Einführung von elektronischen Zugangskontrollsystemen wie z. B. bei der HDB auf den Widerstand des Betriebsrates. Zu den in dieser Angelegenheit strittigen Punkten ist im Entwurf einer Betriebsvereinbarung eine Lösung angeboten worden. Da jedoch auch hierbei keine Einigung erzielt werden konnte, wurde ein Einigungsstellenverfahren eingeleitet.

Nachdem die finanziellen Mittel für den OSD-Personalbau bewilligt sind, wurden die detaillierten Bauplanungen fortgeführt und der Termin des Baubeginns festgelegt.

3.1 Objektsicherungsdienst

F. Paltian

Die Personalstärke des Objektsicherungsdienstes in der Abteilung Sicherung hat sich im Kernforschungszentrum dem jeweils notwendigen Niveau, für die Durchführung von Objektsicherungsaufgaben, angepaßt. Dabei konnte unter Berücksichtigung, daß einige Anlagen baulich-technisch nachgerüstet sind, das Objektsicherungs-Personal reduziert werden. Der Fremdfirmenanteil im OSD betrug 32 %. 6 Mitarbeiter sind 1985 ausgeschieden, 5 Mitarbeiter wurden eingestellt. Der OSD führte pro Woche folgende Streifen durch:

- 223 Streifen in Gebäuden und im Freigelände einschl. KHG
- 209 Streifen in sensitiven Lagerbereichen und Anlagen
- 224 Streifen in Versuchsanlagenbereichen

Zusätzlich wurden 5 Sicherungsbereiche kontinuierlich, 1 Sicherungsbereich mehrmals stündlich und 1 Sicherungsbereich alle ein bis zwei Stunden bestreift. OSD-Mitarbeiter überwachten permanent die Generalzaunanlage und ein Diensthundeführer die bewaldeten Gebiete des Kernforschungszentrums.

In regelmäßigen Abständen außerhalb der normalen Dienstzeit überprüfte der OSD im Rahmen dieser Streifentätigkeiten 152 vorher angemeldete wissenschaftlich-technische Experimente. Darüber hinaus wurden 61 Sicherungsalarmübungen in verschiedenen Sicherungsbereichen und 14 Alarmübungen in Zusammenarbeit mit den Objektsicherungsdiensten der WAK und der KBG abgehalten.

Der Streifendienst hat im Berichtszeitraum 790 Verschlusßmängel und 1 847 Mängel an und in Gebäuden und an technischen Einrichtungen registriert und deren Behebung veranlaßt. Weitere Einzelheiten sind Tab. 3/1 zu entnehmen.

Am Nord- und Südtor des Zentrums führten die OSD-Mitarbeiter im Berichtsjahr 18 111 Sicherheitskontrollen durch, davon entfielen auf KfK-Mitarbeiter 10 740, auf Besucher 5 244 und auf Fremdfirmenangehörige 2 127 Kontrollen. Im Rahmen des Erste-Hilfe- und Rettungswesens bewältigte der OSD 66 Sankra- und 80 Deko-Einsätze.

Mängel:	Anzahl
unverschlossene Türen und Fenster	113
Fluchtwege behindert	24
Baustellen ungesichert	32
Treppen und Gehwege defekt	8
Wassereinbrüche	5
ungesicherte Gasflaschen	15
Beanstandungen an elektr. Geräten	81
Feuerlöscher nicht in Ordnung	18

Tab. 3/1: Vom Streifendienst erkannte technische Mängel

3.2 Ausbildung

G. Beck

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

Neben diesen Objektschutz-Lehrgängen besuchten die Mitarbeiter externe Werkschutzseminare zu den Themen

- Personen- und Objektschutz,
- betrieblicher Katastrophenschutz,
- Bekämpfung von Wirtschaftsstraftaten,
- Bombendrohung,
- Geheimschutz.

4 Mitarbeiter bestanden mit Erfolg bei der IHK die Prüfung zur Werkschutzfachkraft. 26 Mitarbeiter nahmen entsprechend den gesetzlichen Bestimmungen (VGB 109) für das Fahren von Krankenkraftwagen an einem Wiederholungslehrgang "Herz-Lungen-Wiederbelebung" teil.

3.2.1 Waffenausbildung

F. Paltian

Die Waffenausbildung der Mitarbeiter im OSD wurde theoretisch und praktisch weitergeführt. 4 Mitarbeiter haben mit Erfolg die Sachkundeprüfung gemäß § 31 Waffengesetz beim Regierungspräsidium Karlsruhe abgelegt. 152 Mitarbeiter nahmen an Kurzlehrgängen zum Umgang mit Schusswaffen teil.

3.2.2 Diensthundestaffel

B. Ritz

Im Berichtszeitraum haben 38 Hundeführer ein Programm von 10 Schutzhunde-Lehrgängen mit Erfolg abgeschlossen. Bei der 7. KfK-Schutzhundeprüfung erzielten die Teilnehmer mit ihren Diensthunden wiederum hervorragende Noten. 6 Hundeführer nahmen zusätzlich an Prüfungen der umliegenden Ortsvereine teil.

Derzeit verfügt der KfK-OSD über 22 einsatzfähige, gut ausgebildete Diensthunde.

Die Einsatzzeit der Diensthundeführer und ihrer Schutzhunde belief sich im Jahr 1985 auf insgesamt 26 646 Stunden, die sich nach Einsatzart und -dauer wie folgt aufgliedern:

AVT-Trupp, Tor Nord	63,1 %
Gelände- und Streifendienst	28,3 %
Schutzhundelehrgänge	5,7 %
Ausbildung während der Dienstzeit	2,9 %

3.3 Alarmzentrale

G. Beck

Folgende Alarm- und Störmeldungen sind, unter Berücksichtigung der Fehlalarme, 1985 in der Alarmzentrale eingegangen und bearbeitet worden:

Gruppe	Anzahl
Objektsicherung	121
Feuer	144
Störungen (Aufzüge, Sandfänge, Stromausfall, Wasserschäden etc.)	726
allgemeine Störmeldungen	1 992

Tab. 3/2: Alarm- und Störmeldungen 1985

Im Vergleich zum Vorjahr haben sich die Objektsicherungs- und Feualarme sowie die allgemeinen Störmeldungen geringfügig erhöht. Dagegen ist die Anzahl der Störungen um 24 % ungewöhnlich stark gestiegen. Die hohe Steigerungsrate bei den Störungen ist auf Umschaltmaßnahmen und auf die bei Inbetriebnahme neuer Meldelinien nicht auszuschließenden Anfangsschwierigkeiten zurückzuführen.

Wie in Tabelle 3/3 ausgewiesen, wurden im Berichtsjahr in der Alarmzentrale insgesamt 2 770 relevante Einsätze dokumentiert:

Einsatzleiter vom Dienst	288
Feuerwehr	191
Rufbereitschaften	557
Strahlenschutz	234
Versuchsleiter	146
VBW-Wartungsdienst	1 028
HDB-Klärwerkspersonal	71
Sankra/Deko	255

Tab. 3/3: Registrierte Einsätze 1985

Alle in der Alarmzentrale tätigen Mitarbeiter wurden weiterhin praxisbezogen fortgebildet, so daß in diesem Bereich ein fachkundiger Umgang mit den hochentwickelten technischen Systemen garantiert ist.

Auch 1985 wurden die rechnergestützten Systeme in der AZ softwaremäßig überarbeitet, um bei Alarm- und Störfällen eine zügigere Abwicklung zu gewährleisten. Technische und administrative Detailfragen wurden abgeklärt und ergänzend in die entsprechenden Unterlagen eingearbeitet. Hierzu gehört z. B. das Softwarepaket der Hinweis- und Hauptdatei, das, vollständig überarbeitet, wieder in den Hauptspeicher eingegeben und zugriffsbereit abgelegt wurde. Wie bisher wurde als Redundanz zu den vorhandenen Softwareprogrammen eine Handdatei geführt.

3.3.1 Objektsicherungszentralen

G. Beck

Zur schnelleren Durchführung der vielfältigen Aufgaben bei der Alarmbearbeitung sind in den Objektsicherungszentralen Rechner installiert, die einen direkten Zugriff auf die Alarmierungshinweise ermöglichen. Die dazu erforderlichen Bezugsdaten für die rechnergestützten Gefahrenmeldeanlagen wurden überarbeitet bzw. neu eingegeben. Auch hier wurde sicherheitshalber eine Handdatei angelegt.

3.4 Schließwesen

M. Schwall

Die verschiedenen Gebäude der KfK GmbH sind hinsichtlich der Schließebenen in General-, Haupt-, Obergruppen- und Einzelschließungen unterteilt, wobei der Obergruppenschlüssel alle Schließzylinder des betreffenden Gebäudes beschließt.

Nach der Neukonzeption von Schließanlagen, die sich durch Änderungen in Arbeitsabläufen oder durch Neubauten ergaben, mußten 1985, wie schon in den vorangegangenen Jahren, ca. 1 500 Schließzylinder und Schlüssel neu beschafft werden. Weitere 500 Schließzylinder und Schlüssel waren abgenutzt und mußten daher erneuert bzw. ausgewechselt werden. Wenn man alle Schließsysteme zusammenfaßt, war somit im Jahr 1985 ein integraler Bestand von ca. 20 000 Schließzylindern und 70 000 Einzelschlüsseln vorhanden.

3.5 Ermittlungsdienst

A. Baumgärtner

142 Verstöße gegen die im Kernforschungszentrum geltenden Ordnungs- und Kontrollbestimmungen wurden 1985 registriert und bearbeitet (s. Abb. 3/1). Dabei kam es wegen des Fehlens der Ausfuhrpapiere zu 33 Sicherstellungen. Alle beanstandeten Geräte bzw. Materialien wurden - ausgenommen zwei Fälle, die noch bearbeitet werden - den Eigentümern zurückgegeben, nachdem der Eigentumsnachweis geregelt war.

Die Zahl der bekannt gewordenen und dem Ermittlungsdienst gemeldeten Sachbeschädigungen liegt mit 85 erheblich höher als in den vergangenen Jahren (s. Abb. 3/2). Darunter fiel auch ein Schadensfall im Altchemikalienlager, der umfangreiche Ermittlungsarbeiten verursachte. Angewachsen sind insbesondere solche Sachbeschädigungen, an denen KfK-eigene Fahrzeuge beteiligt waren. Die Schadensverursacher konnten ermittelt und das KfK-Versicherungsreferat informiert werden. Lediglich vier Fälle blieben ungelöst.

Der aus den Sachbeschädigungen entstandene Gesamtschaden beläuft sich auf 181 730 DM (s. Tab. 3/4).

Von den gemeldeten 61 Diebstählen (s. Abb. 3/3) konnte mit 28 nur knapp die Hälfte dieser Delikte aufgeklärt werden, da die Anzeigen meist viel zu spät - bis zu einem Jahr nach Verlust - beim Ermittlungsdienst eingingen, so daß die Ermittlungen häufig von Anfang an zum Scheitern verurteilt waren. Dies erklärt auch die relativ große Schwankungsbreite der Aufklärungsquoten vergangener Jahre, während die Anzahl der Diebstähle in dieser Zeit recht konstant blieb.

In Zusammenarbeit mit den zuständigen Fachabteilungen wurden 1985 156 Betriebsunfälle bzw. sonstige Unfälle innerhalb des Zentrums untersucht.

Beschädigte Gegenstände	Jahr	bekannt gewordene Fälle	aufgeklärte Fälle	geschätzter Schaden in DM
Kabelschäden	1983	7	7	20 000
	1984	9	9	16 000
	1985	10	10	7 500
Lichtmasten	1983	3	3	5 000
	1984	4	4	8 000
	1985	8	8	15 000
Tore, Einzäunungen	1983	5	5	10 000
	1984	4	3	2 500
	1985	3	3	3 500
Gebäude	1983	10	9	25 000
	1984	11	10	22 600
	1985	14	12	49 000
Dienst-Kfz.	1983	11	11	17 000
	1984	11	11	15 200
	1985	29	28	61 730
Verschiedenes, Fenster, Türen, Bedachungen, Transportschäden	1983	10	9	15 000
	1984	17	16	169 000
	1985	21	20	45 000
Summe	1983	46	44	92 000
	1984	56	53	233 300
	1985	85	81	181 730

Tab. 3/4 Sachbeschädigungen: Einsatz des Ermittlungsdienstes

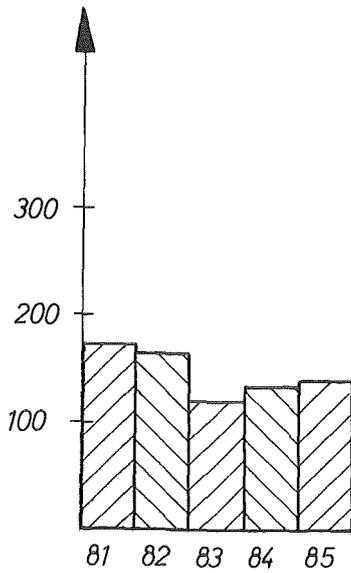


Abb. 3/1:
Verstöße gegen die
Ordnungs- und Kon-
trollbestimmungen

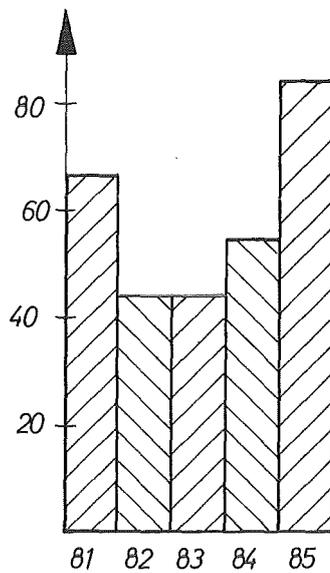


Abb. 3/2:
Sachbeschädigungen

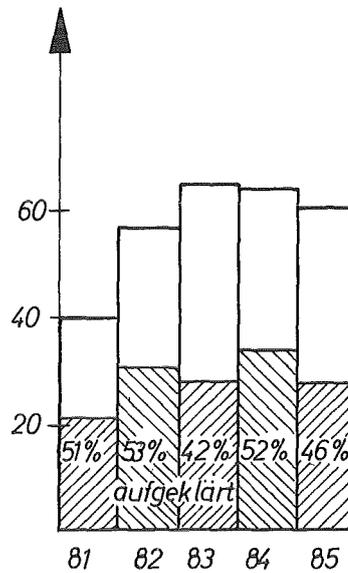


Abb. 3/3:
Diebstähle

3.6 Zentrale Güterkontrolle

G. Hanuschka

Die Zentrale Güterkontrolle (ZGK) hat im Jahre 1985 wiederum den Verkehrsfluß an den Toren 1 und 7 spürbar entlastet. Ihre Aufgaben wurden im Berichtsjahr noch durch die verantwortliche Verwiegung von Schrott sowie ein- und ausgeführter Feststoffe auf Anforderung erweitert.

Die Mitarbeiter der Güterkontrolle stellten in dieser Zeit für Fremdfirmen und Anlieferer 35 071 Warendurchlaßpassierscheine und für Anlieferer und Abholer sonstiger radioaktiver Stoffe und Kernbrennstoffe 1 869 Durchlaßpassierscheine aus.

103 Fremdfirmen wurden erstmals registriert und 1 760 fremdfirmen-eigene Geräte gekennzeichnet.

Außerdem erfolgten 259 Schrottbegleitungen, 39 Papiertransportbegleitungen nach Karlsruhe und 7 508 Paketkontrollen im Hauptlager. Insgesamt betrug die Zahl aller kontrollierten ein- und ausfahrenden Fahrzeuge 125 802.

Wegen fehlender oder abgelaufener Personalpapiere mußten 368 Fremdfirmenangehörige abgewiesen oder von den Geschäftspartnern an der ZGK abgeholt und wieder zurückbegleitet werden.

Die im Kernforschungszentrum tätigen Fremdfirmen hielten sich weitgehend an die Ordnungs- und Kontrollbestimmungen. 13 vorläufige Sicherstellungen wurden, bis auf eine Ausnahme, nach Klärung der Eigentumsverhältnisse wieder aufgehoben.

3.7 Empfangsdienste

E. Wischuf

Die in den zurückliegenden Jahren festgestellte Rückläufigkeit der Besucherzahlen bestätigte sich auch im Berichtszeitraum. So wurden 1985 nur noch 38 610 Besucher, davon 4 000 Ausländer, registriert. Nur 142 Besucherscheine wurden nicht zurückgegeben.

Für kurzfristig im Kernforschungszentrum eingesetzte Fremdfirmenangehörige wurden 2 975 befristete Ausweise ausgestellt.

Beim Empfangsdienst wurden 115 Fundsachen abgegeben, davon konnten 90 Gegenstände an die rechtmäßigen Besitzer ausgehändigt werden. 25 Fundsachen werden z. Z. noch asserviert.

3.7.1 Ausländerbetreuung

F. Gergele

Die Anzahl der im Kernforschungszentrum zu betreuenden ausländischen Gäste umfaßte im Berichtsjahr 434 Personen. Damit hat sich die stark rückläufige Tendenz von 1984 nicht weiter bestätigt.

Im Rahmen dieses speziellen Service-Programms waren wiederum 4 SKT-Kurse mit 117 ausländischen Gästen aus 20 Ländern zu betreuen, dies entspricht einer Teilnahmesteigerung gegenüber dem Vorjahr um 20,4 %.

3.8 Personenüberprüfung und Kontrolldienste

3.8.1 Personenüberprüfung

G. Körner

Im vergangenen Jahr hat die Gruppe Personenüberprüfung gemäß den entsprechenden atomrechtlichen Auflagen 1 158 Anträge zu Personenüberprüfungen bei den Behörden eingereicht, die hauptsächlich Zutrittsersuchen zu inneren Sicherheitsbereichen betrafen. In 115 Fällen handelte es sich um Zutrittsersuchen zu äußeren Sicherheitsbereichen und bei 64 Personen um Führungs- und Schlüsselpersonal, das speziellen Sicherheitsüberprüfungen unterzogen wird.

Die Behörden haben lediglich 3 Mitarbeitern von Fremdunternehmen den Zutritt zu sensitiven Bereichen untersagt. Die betroffenen Firmen sind über den Sachverhalt informiert worden.

Für 744 Personen wurden Anträge auf Zutritt zum KfK-Gelände außerhalb der normalen Arbeitszeit bearbeitet.

3.8.2 Ausweisbüro

E. Schleicher

Im Berichtsjahr wurden insgesamt 3 006 neue KfK-Ausweise ausgegeben. Dabei waren 250 Ausweise wegen Unbrauchbarkeit, 290 wegen Änderungen von Namen, Abteilungszugehörigkeit usw. und 195 wegen Ausweisverlustes neu zu fertigen. 109 in den Ruhestand tretende KfK-Mitarbeiter erhielten ebenfalls neue Ausweise.

Im Rahmen des Ausweiserückgabe-Verfahrens wurden 236 Firmen wegen 923 ausstehender Ausweise angemahnt, von denen daraufhin 642 zurückgegeben und 281 mit je 10 DM berechnet worden sind.

3.8.3 Buskontrollen

F. Gergele, M. Schwall

Im Jahr 1985 sind in den KfK-Zubringerbussen bei 22 234 Fahrgästen Fahrausweiskontrollen durchgeführt worden. Dabei konnten lediglich 129 Fahrgäste keinen Fahrausweis vorlegen, so daß Nachbelastungen erhoben werden mußten. 38 Personen zahlten die laut Betriebsvereinbarung festgelegte Bearbeitungspauschale von 10 DM, da sie keine nachgelösten Fahrkarten innerhalb der vorgegebenen Frist vorlegten.

3.8.4 Verkehrsdienst

W. Hauth

86 Verkehrsunfälle, davon 64 auf dem Gelände des Kernforschungszentrums, wurden vom Verkehrsdienst aufgenommen und bearbeitet. Damit liegt die Zahl der Verkehrsunfälle, wenn man die außergewöhnlich geringe Unfallzahl von 1984 außer acht läßt, auf dem Niveau der Vorjahre. Bei 50 Unfällen entstand nur leichter Sachschaden, bei 34 Unfällen lag der geschätzte Schaden über 1 000 DM. Darüber hinaus waren 2 Unfälle mit Verletzungen von Personen zu bearbeiten (s. Tab. 3/4). Die häufigsten Unfallursachen waren:

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

Bei der Verkehrszählung am 20.06.1985 wurden die in den Abbildungen 3/4 bis 3/8 aufgelisteten Verkehrsströme ermittelt.

Monat	Anzahl der Verkehrs- unfälle (einschl. Wegeunfälle)			davon			b e t r o f f e n e				
	1983	1984	1985	leichter Sach- schaden	Sach- schaden >1 TDM	Personen- schaden	Mit- arbeiter	sonst. Pers.	Pkw	Lkw	sonst. Fahrz.
Januar	4	5	12	6	5	1	11	10	15	-	7
Febr.	6	6	10	7	3	-	12	4	13	-	4
März	7	5	6	2	4	-	4	6	7	4	1
April	8	3	10	7	3	-	7	6	6	3	6
Mai	5	3	8	5	3	-	5	7	7	4	2
Juni	5	4	6	4	2	-	7	2	10	-	2
Juli	7	7	7	3	3	1	7	4	8	2	2
August	5	4	1	-	1	-	2	-	2	-	-
Sept.	5	3	1	-	1	-	-	2	2	-	-
Okt.	11	10	7	5	2	-	8	3	6	1	5
Nov.	9	8	11	6	5	-	9	5	8	2	7
Dez.	9	4	7	5	2	-	6	5	6	1	3
Summe	81	62	86	50	34	2	78	54	90	17	39

Tab. 3/4: Verkehrsunfälle

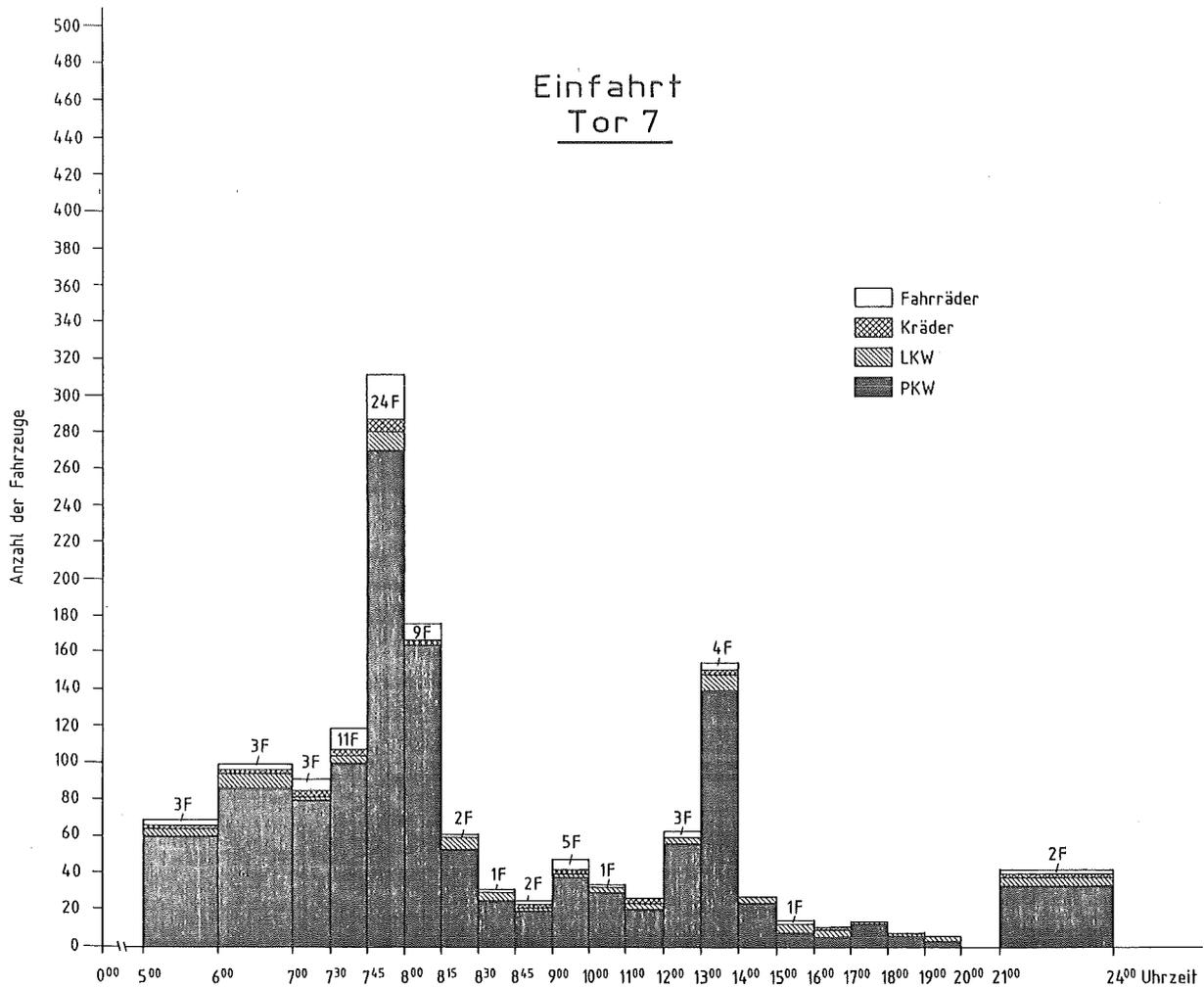


Abb.3/4 Verkehrszählung am 20.6.1985 von 0⁰⁰ bis 24⁰⁰ Uhr Einfahrt Tor 7

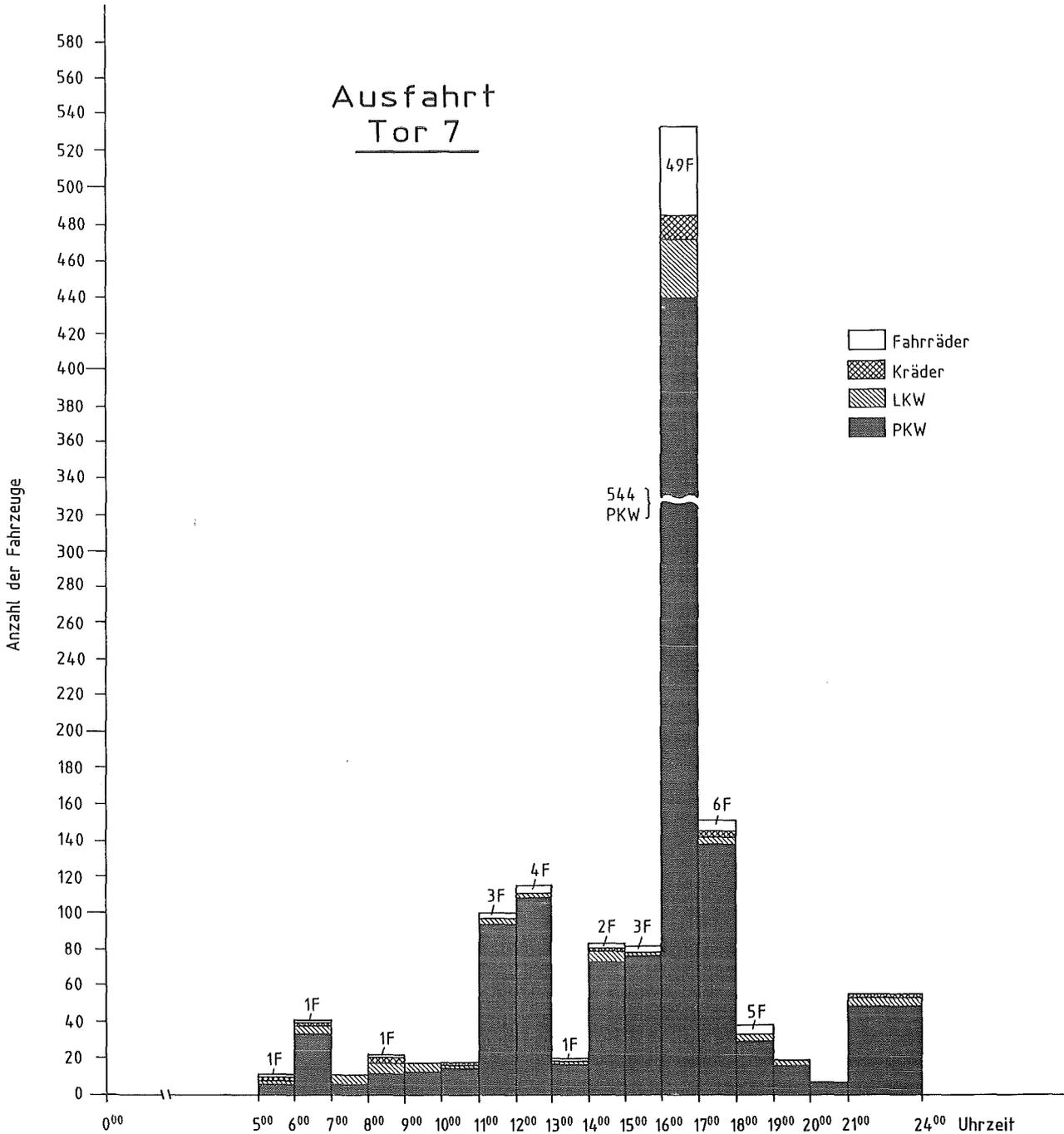


Abb.3/5 Verkehrszählung am 20.6.1985 von 0⁰⁰ bis 24⁰⁰ Uhr Ausfahrt Tor 7

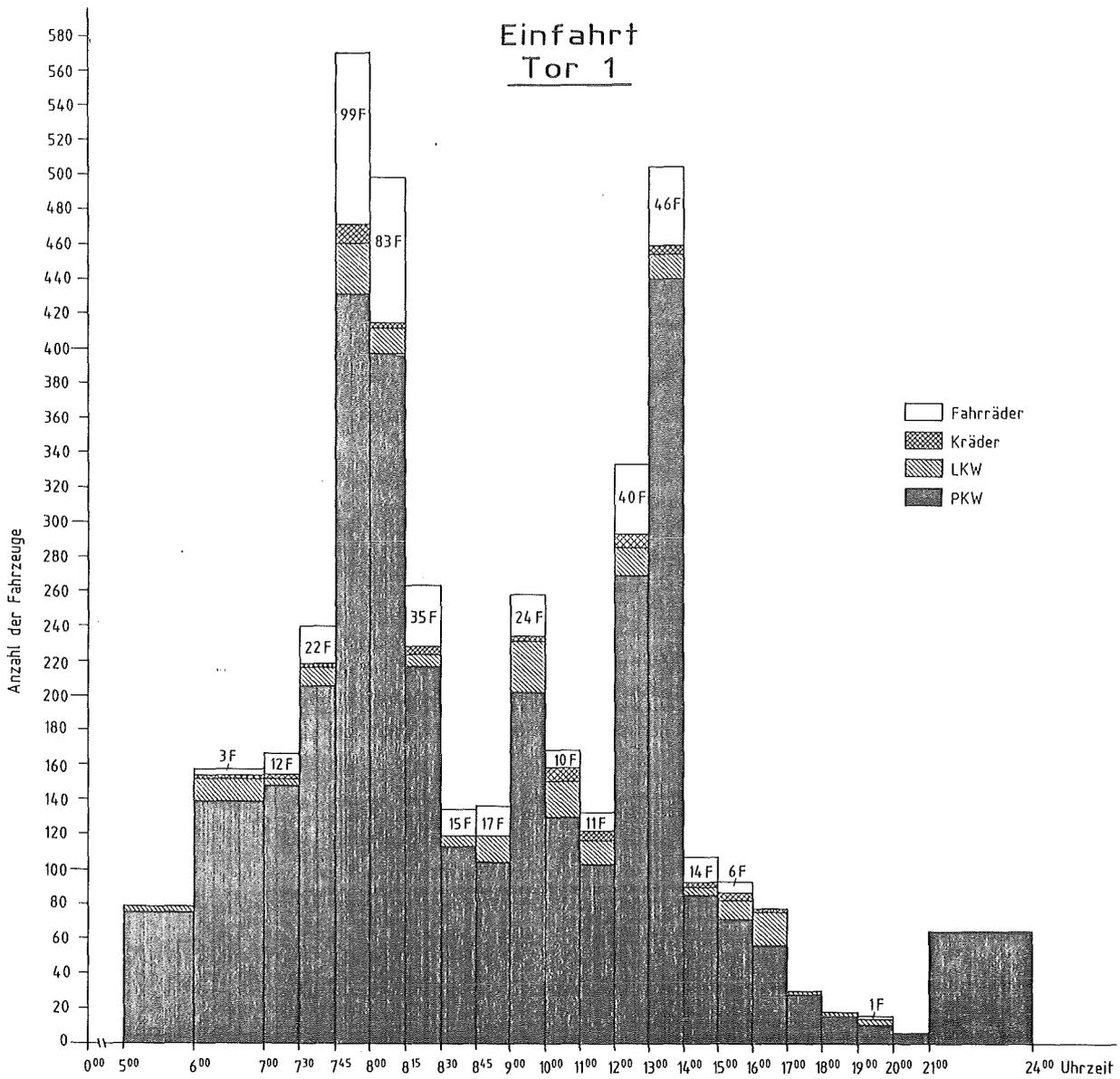


Abb.3/6 Verkehrszählung am 20.6.1985 von 0⁰⁰ bis 24⁰⁰ Uhr Einfahrt Tor 1

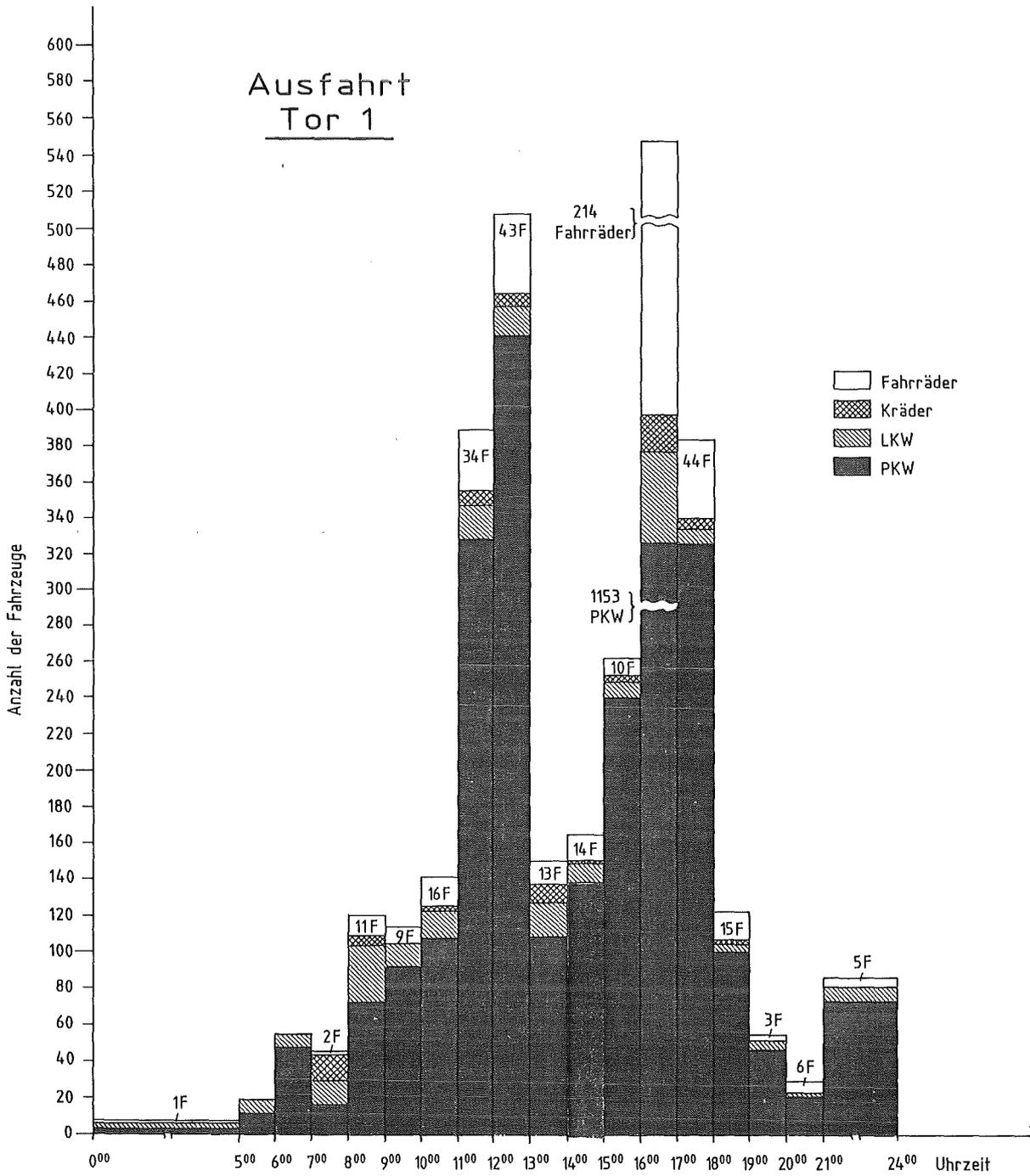


Abb. 37 Verkehrszählung am 20.6.1985 von 0⁰⁰ bis 24⁰⁰ Uhr Ausfahrt Tor 1

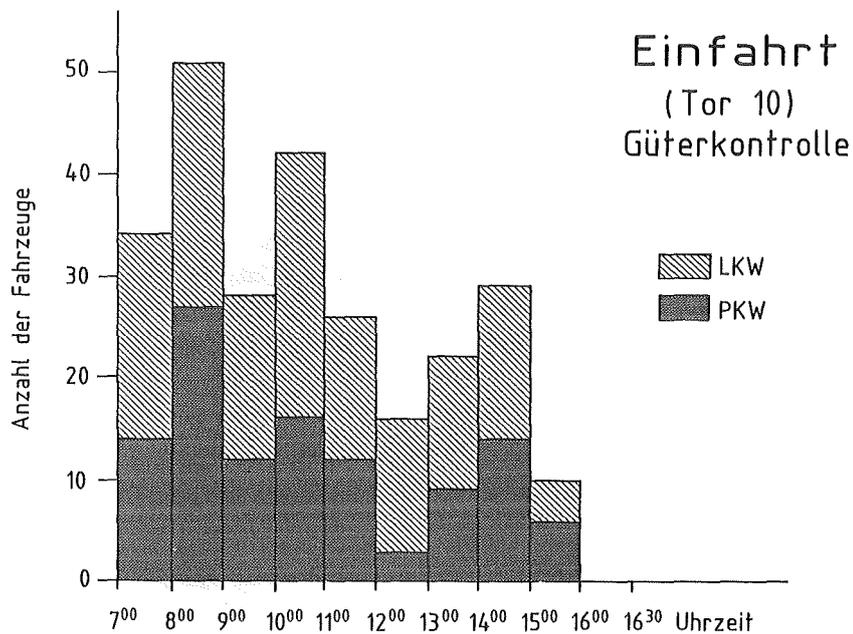
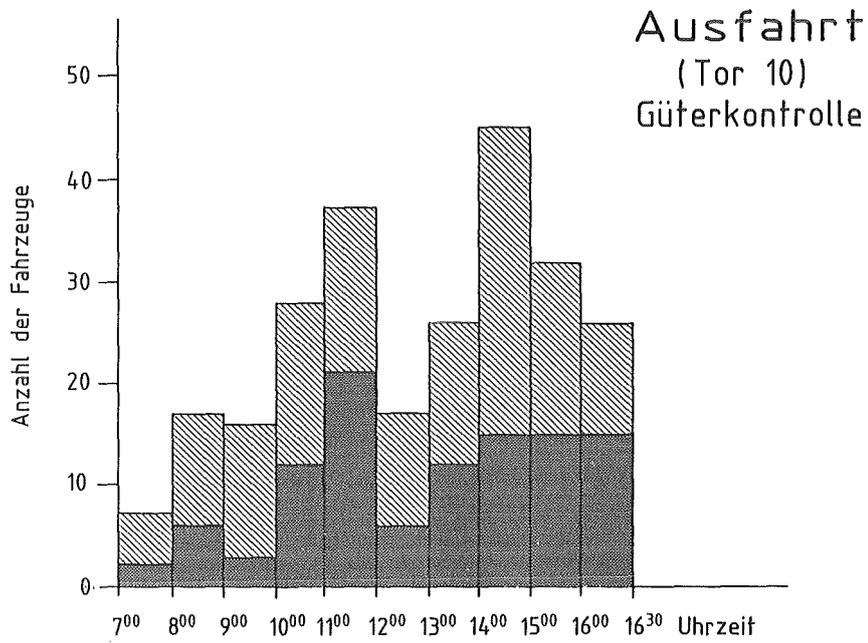


Abb.3/8 Verkehrszählung am 20.6.1985 von 7⁰⁰ bis 16³⁰ Uhr
Einfahrt und Ausfahrt Tor 10

3.9 Technische Sicherungssysteme

R. Günther

Für verschiedene kerntechnische Einrichtungen im Kernforschungszentrum Karlsruhe wurden technische Sicherungsmaßnahmen im Detail ausgearbeitet, in Sicherungskonzepten zusammengefaßt und in Zusammenarbeit mit den Hauptabteilungen Bau und VBW realisiert. Im folgenden werden die neuen Sicherungsmaßnahmen für Anlagenteile bei HDB, KTB/HZ und IHCH beschrieben.

3.9.1 Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe

Für die in den verschiedenen HDB-Anlagen gehandhabten Kernbrennstoffe und sonstigen radioaktiven Stoffe ist eine Umgangsgenehmigung nach § 9 AtG erforderlich, so daß die einzelnen Anlagenteile entsprechend ihres Gefährdungspotentials zu schützen und zu überwachen sind.

In der HDB-Objektsicherungszentrale sind alle Überwachungsfunktionen der einzelnen sicherungsrelevanten HDB-"Inseln" konzentriert. Die mit fachkundigem OSD-Personal besetzte Objektsicherungszentrale nahm am 01.03.1985 ihre Arbeit auf.

Der OSD bedient und überwacht die Sicherungs- und Kommunikationseinrichtungen wie

- Einbruchmeldeanlage UNZ 1060,
- Videoanlage und
- Zugangskontrollsystem.

3.9.1.1 Einbruchmeldeanlage

Die Einbruchmeldeanlage besteht aus einer Nebemelder-Zentrale für 150 Meldelinien, die entsprechend den örtlichen Anforderungen zu 10 Gruppen zusammengefaßt sind. In dieser Zentrale laufen die Meldungen aller HDB-Meldelinien zusammen. Auf einem Leuchtdiodentableau ist ersichtlich, von welchem Gebäude und von welcher Meldelinie der Alarm eingegangen ist. Parallel dazu wird stets ein Sammelalarm "HDB" in der KfK-Alarmzentrale ausgelöst.

3.9.1.2 Video-Überwachungsanlage

Zusätzlich zur Einbruchmeldeanlage ist eine Video-Überwachungsanlage installiert, über deren Monitoren die Mitarbeiter der Objektsicherungszentrale ständig die Eingänge zu sensitiven HDB-Anlagen einsehen können. Zur Alarmverifizierung von äußeren HDB-Sicherungsbereichen sind ebenfalls Kameras eingesetzt.

3.9.1.3 Zugangskontrollsystem

Mit Hilfe eines rechnergestützten Zugangskontrollsystems werden Betriebs-, Strahlenschutz- und Sicherheitsbelange der HDB erfüllt. An den Zugängen zu sicherungsrelevanten Bereichen befinden sich Ausweisleser, die nach Prüfung des KfK-Ausweises bei Berechtigung die Tür zum Zutritt freigeben. Dieser Vorgang wird über einen Drucker protokolliert (s. hierzu Kapitel 3).

3.9.2 KTB/Heiße Zellen

Unter dem Aspekt der inhärenten Sicherungseigenschaften von bestrahltem Kernmaterial sind bei KTB/HZ baulich-technische Sicherungsmaßnahmen durchgeführt worden. Die Schwerpunkte der elektrotechnischen Ausstattung umfassen

- die Einbruchmeldeanlage UGM 2005,
- die Video-Überwachungsanlage,
- die Zaun-Detektierungsanlage und
- die Sicherungspfortnerei.

Im Gegensatz zu den verschiedenen Gebäuden der HDB konzentrieren sich die Sicherungsmaßnahmen bei KTB/HZ im wesentlichen auf einen einzigen Gebäudeteil und den Zaunbereich. Da auch der tägliche Betrieb andere Abläufe als bei HDB verzeichnet, konnte auf die Einrichtung einer Objektsicherungszentrale verzichtet werden. Die für die Sicherung wichtigen Melde- und Video-Signale schalten direkt zur KfK-AZ durch.

Die Sicherungspfortnerei ist mit OSD-Personal besetzt, das neben der Kontrolle des Personen- und Güterverkehrs auch die Einzelanzeigen der Einbruchmeldeanlage überwacht. Darüber hinaus besteht hier ebenfalls die Möglichkeit, einzelne Kamerabilder per Bediengerät gezielt auf einen der vier Video-Monitore aufzuschalten.

3.9.3 Institut für Heiße Chemie

In der Objektsicherungszentrale des IHCH wurden im Rahmen des weiteren Ausbaus von technischen Sicherungseinrichtungen die elektronischen Bedien- und Überwachungsgeräte erweitert bzw. durch rechnergestützte Technik ersetzt. Die elektronische Sicherungseinrichtung, die im wesentlichen aus den Komponenten

- Einbruchmeldeanlage UGM 2005,
- Türgegensprechanlage,
- Video-Überwachungsanlage und
- zentraler Abfrage- und Steuerungsanlage

besteht, gewährleistet eine gezielte Überwachung besonders schutzbedürftiger Zugänge, Gebäudeabschnitte und Objekte des Institutes. Das Kernstück bildet die zentrale Abfrage- und Steuerungsanlage mit Mikroprozessor und entsprechender Peripherie.

Bei diesem Projekt wurde vor allem auf eine einfache Handhabung Wert gelegt. Hierfür dient die Bediener-Führung auf einem Datensichtgerät. Durch Ansteuerung eines Lageplantageaus wird dem OSD-Personal sofort der Ort einer Alarmauslösung signalisiert. Das Datensichtgerät gibt weitere Informationen zum Alarm und zeigt die notwendigen, zu ergreifenden Maßnahmen an. Bei Ausfall der zentralen Abfrage- und Steuerungsanlage kann jedoch jede Überwachungskomponente separat weiterbetrieben werden.

4 Strahlenschutzüberwachung

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

Die Abteilung Strahlenschutzüberwachung ist vor allem für den Schutz der mit radioaktiven Stoffen umgehenden oder ionisierender Strahlung ausgesetzten Personen des Kernforschungszentrums Karlsruhe zuständig. Sie unterstützt dabei die Strahlenschutzbeauftragten in der Wahrnehmung ihrer Pflichten gemäß Strahlenschutz- bzw. Röntgenverordnung. Der Umfang der Zusammenarbeit ist in Abgrenzungsregelungen zwischen der Hauptabteilung Sicherheit und der entsprechenden Institution festgelegt. Bedingt durch diese Aufgabenstellung sind die Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung dezentral in den einzelnen Institutionen des Kernforschungszentrums Karlsruhe tätig. Nach der räumlichen Lage der zu überwachenden Gebäude gliedert sich die Abteilung in die drei Gruppen Nord, West und Süd mit insgesamt sieben Bereichen. Der Gruppe Süd ist das zentrale Strahlenschutzmeßlabor angeschlossen (siehe KfK-Plan nach S. 83 und Tab. 4/1).

1 Gruppe	2 Bereich	3 Anzahl der Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung	4 Anzahl der überwachten Personen (Dezember 1985)	5 Fläche des überwachten Bereichs in m ²
Nord	1. IHCh, INE, VBW/VB-Wä	9,5°	349	13 090
	2. KTB/HZ, IMF-I, II und III, VBW/E, IKVT/NUSTEP	7 + 1,0* 1 [⊕]	311	13 990
	3. KTB/FR 2, IT, IRE, LAF-II (Geb. 605), VBW/BW HS/R (Geb. 620)	3+7 [#]	320	23 250
West	4. HDB, INE (Geb. 547)	10,5+4 ⁺ +1* 1 [⊕]	424	29 610
	5. IRCh, LAF-I, IGT (Geb. 321)	5	114	3 480
Süd	6. KTB/SNEAK, KTB/EA, INFP, HDI-I, INR, LIT, IRB, LAF-II, IK, ITP, PHDR, HS (Geb. 436)	6 1 [⊕]	376	6 560
	7. HS, P/AV, VBW/VB, VBW/HW, IKVT, MED IGT, BAU, SKT, HDI-II, IK-III/Zykl., EKM/FK	5	803	2 750
	Strahlenschutzmeßlabor	1,5	-	-
Abteilungsleitung/Sekretariat		1,5	-	-

Tab. 4/1: Personalstand, überwachte Personen und Bereichsgröße (*Leihpersonal, [#]Wechselschichtdienst, ⁺Schichtdienst, [°]zeitweise Schichtdienst, [⊕]Gruppenleiter)

Eine wichtige Aufgabe ist die Durchführung der Personendosimetrie. Jede strahlenexponierte Person erhält neben anderen Dosimetern eine Taschenionisationskammer. Die Anzahl der Personen, die mit selbstablesbaren Taschenionisationskammern ausgerüstet wurden (Stichmonat Dezember 1985), einschließlich Fremdfirmenangehörigen, ist in Spalte 4 von Tab. 4/1 aufgeführt. Diese Anzahl hat sich gegenüber dem Vorjahr um ca. 40 erniedrigt, da Wachpersonal reduziert wurde und die Umbauarbeiten sich auf dem Niveau des Vorjahres hielten. 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 Kontaminations-, Dosisleistungs- und Raumluftmessungen bzw. Wischtests 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 angegeben, in denen eine Aktivität oberhalb der Freigrenze gehandhabt wird.

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

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.

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.

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).

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.

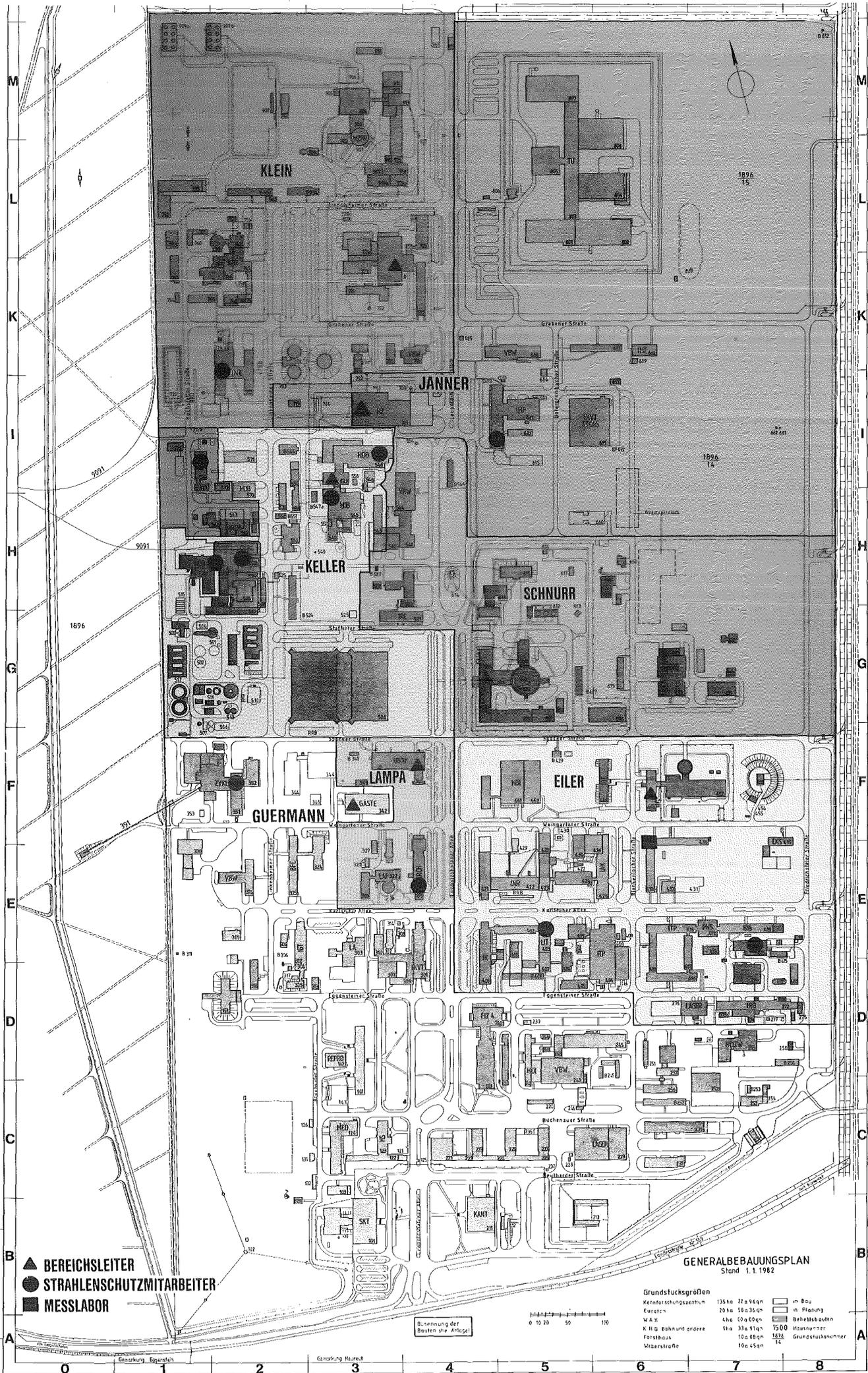
Die Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter wurde auch im vergangenen Jahr fortgeführt. Neben der praktischen Ausbildung unter Anleitung der Bereichsleiter und der meßtechnischen Einweisung im Strahlenschutzmeßlabor wurden theoretische Kurse in der Schule für Kerntechnik besucht. Insgesamt wurden von Mitarbeitern der Abteilung 25 Kurse über Strahlenschutz, Mathematik und Datenverarbeitung wahrgenommen.

Für die Mitarbeiter im Schichtdienst 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 4 "Dekontamination und Abfallbehandlung" wird in Kap. 4.3 auch gesondert berichtet.



GENERALBEBAUUNGSPLAN
Stand 1.1.1982

Grundstücksgrößen		
Kernforschungszentrum	135 ha	22a 96qm
Einzelst.	20 ha	5b 30qm
M.F.K.	4 ha	0a 00qm
K.H.G. Bahnd. andere	3 ha	33a 91qm
Forsthaus	10a 08qm	162a
Wasserstraße	10a 45qm	TC

im Bau	
in Planung	
Betriebsboden	
1500	Wohnzimmer
Grundstücknummer	

Benennung der Bebauungspläne



	1	2	3	4	5	6
Gruppe	Beschleuniger, Reaktor (KTB/SNEAK, IK, INR, INFP)	Institutionen mit höherer Aktivität (IHCh, IRCh, KTB/HZ, KTB/FR 2, INE IMF-III)	Institutionen mit niedriger Aktivität (IMF-I, II, IT, LAF-II, LIT)	Dekontamination und Abfallbehandlung (HDB)	sonstige Institutionen	KfK
Personendosis in mSv	Anzahl der Personen					
$0 < H \leq 5$	262	630	328	384	1040	2644
$5 < H \leq 15$	16	6	0	28	0	50
$15 < H \leq 50$	1	0	0	2	0	3
Oberflächenkontamination in Vielfachen der KfK-internen Grenzwerte	Anzahl der Fälle					
$10^0 < K_\alpha \leq 10^1$	2	100	13	92	20	227
$10^1 < K_\alpha \leq 10^2$	0	20	6	28	3	57
$10^2 < K_\alpha \leq 10^3$	0	4	0	2	0	6
$10^3 < K_\alpha$	0	0	0	3	0	3
$10^0 < K_\beta \leq 10^1$	18	91	8	46	13	176
$10^1 < K_\beta \leq 10^2$	5	35	8	15	0	63
$10^2 < K_\beta \leq 10^3$	0	7	1	1	0	9
$10^3 < K_\beta$	1	2	0	0	0	3
$10^0 < K_{H3} \leq 10^1$	3	0	0	0	0	3
$10^1 < K_{H3} \leq 10^2$	13	0	0	0	0	13
$10^2 < K_{H3} \leq 10^3$	12	0	0	0	0	12
$10^3 < K_{H3}$	0	0	0	0	0	0
Raumluftaktivitäten in Vielfachen von abgeleiteten Grenzwerten	Anzahl der Fälle					
$0,015 < R_\alpha \leq 1$	0	1	0	96	3	100
$1 < R_\alpha \leq 200$	0	1	0	111	1	113
$200 < R_\alpha$	0	0	0	5	0	5
$0,015 < R_\beta \leq 1$	1	1	0	1	0	3
$1 < R_\beta \leq 200$	2	1	0	3	0	6
$200 < R_\beta$	2	0	0	0	0	2
$0,015 < R_{H3} \leq 1$	0	0	0	0	0	0
$1 < R_{H3} \leq 200$	0	0	0	0	0	0
$200 < R_{H3}$	0	0	0	0	0	0
Personenkontaminationen	9	10	4	2	1	26

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

4.1.1 Personendosimetrie mit Taschenionisationskammer

Die Tab. 4/2 zeigt, daß in den Einrichtungen des KfK im Jahre 1985 drei Personen eine Jahresdosis von mehr als 15 mSv erhalten haben, d. h. nur 0,1 % der überwachten Personen wären als strahlenexponierte Personen der Kategorie A zu betrachten. Die Anzahl der Personen mit einer Jahresdosis zwischen 5 und 15 mSv im Jahr 1985 betrug 50. Insgesamt wären nur 2,0 % der überwachten Personen des KfK als strahlenexponierte Personen anzusehen. Zwei der drei Personen mit Ganzkörperdosen oberhalb 15 mSv gehören zu Fremdfirmen; die mit Umbauarbeiten in der HDB beschäftigt waren, eine Person ist im Zyklotron an der Produktion von Radioiod beteiligt.

4.1.2 Oberflächenkontaminationen

In Tab. 4/2 sind weiterhin die gemessenen Oberflächenkontaminationen, aufgeschlüsselt nach α -, β - und H-3-Kontaminationen, aufgeführt. Es werden Kontaminationen von Gebäudeoberflächen, Arbeitsplätzen, Arbeitsgegenständen und Material angegeben. Hierbei sind auch solche Kontaminationen aufgeführt, die durch bestimmungsgemäßen Betrieb auftraten. Die Kontaminationen werden dabei in Vielfachen der durch die Strahlenschutzverordnung oder durch die interne Kleider- und Zonenordnung vorgegebenen Grenzwerte eingeteilt. Die interne Kleider- und Zonenordnung der KfK stellt eine Veränderung der Strahlenschutzverordnung nach den örtlichen Gegebenheiten dar; z. B. werden in Kontrollbereichen teilweise nur α -Kontaminationen von 0,037 Bq/cm² und im gesamten betrieblichen Überwachungsbereich nur β -Kontaminationen von 0,37 Bq/cm² zugelassen.

α - und β -Kontaminationen traten vor allem in den "Institutionen mit höherer Aktivität" und bei der "Dekontamination und Abfallbehandlung" auf, während Tritiumkontaminationen ausschließlich bei den Beschleunigern und Reaktoren entdeckt wurden. Die Anzahl der Oberflächenkontaminationen ist etwa gleich groß wie im letzten Jahr.

4.1.3 Raumlufaktivitaten

Weiter sind in Tab. 4/2 die Raumlufmessungen, wiederum aufgeschlüsselt nach α -, β - 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 2 500 m³ berechnet. So wird in den Anlagen der KfK für α -Aktivitätsgemische 0,063 Bq/m³, für β -Aktivitätsgemische 15 Bq/m³ und für H-3-Aktivitäten 1,8 · 10⁵ Bq/m³ festgelegt. Bei Raumlufaktivitäten oberhalb dieser Grenzwerte ist angeordnet, in den Anlagen der KfK routinemäßig ein Atemschutzfilter zu tragen. Die Raumlufaktivitäten werden oberhalb des 0,015-fachen der abgeleiteten Grenzwerte erfaßt, weil unterhalb dieser Werte das Erfordernis einer regelmäßigen Inkorporationskontrolle gemäß "Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle" auch ohne Berücksichtigung der Aufenthaltsdauer für Kategorie B-Personen entfällt. Eine weitere Einteilungsschranke stellt das 200-fache der abgeleiteten Grenzwerte dar, weil oberhalb dieser Werte bei α - oder β -Aktivitäten mit Atemschutz-Isoliergeräten gearbeitet werden muß. Bei Tritiumaktivitäten wird schon oberhalb des abgeleiteten Grenzwerts das Tragen eines fremdbelüfteten, gasdichten Schutzanzugs vorgeschrieben.

Die überwiegende Zahl der α - und β -Aktivitäten oberhalb der angegebenen Grenzen traten bei der "Dekontamination und Abfallbehandlung" auf, dabei kam es vor allem zu α -Kontaminationen. In den übrigen Institutionen wurden nur wenige Raumlufkontaminationen gemessen. Insgesamt blieb die Anzahl der gemessenen Raumlufaktivitäten gegenüber dem Vorjahr etwa gleich.

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 meisten Personenkontaminationen ereigneten sich in den "Institutionen mit höherer Aktivität" während Umbauarbeiten und am Zyklotron bei der I-Produktion.

4.2 Summendosen

H. Dilger

Aus den Meßwerten der Taschenionisationskammern wurden die Summendosen und die mittleren Individualdosen in den verschiedenen Institutionen zusammengestellt. In Tab. 4/3 sind die Institutionen in fallender Reihenfolge der Summendosen aufgeführt.

Institution	Summendosen mSv	überwachte Personen Dezember 1985	exponierte Personen	mittlere Individualdosis	
				mSv/über- wachte Person	mSv/expo- nierte Person
HDB	523	414	187	1,3	2,8
IK-III/Zykl.	230	79	55	2,9	4,2
IHCh	93	248	98	0,4	0,9
KTb/FR 2	51	76	46	0,7	1,1
KTb/HZ	49	106	37	0,5	1,3
IRCh	38	97	29	0,4	1,3
INE	26	95	13	0,3	2,0
HS/Ü	23	61	28	0,4	0,8
IT	20	125	52	0,2	0,4
IK-III/RTM	18	16	7	1,1	2,6
VBW	15	226	30	0,1	0,5
alle übrigen	50	1132	106	0,0	0,5
KfK gesamt	1136	2697	688	0,4	1,6

Tab. 4/3: Mit Taschenionisationskammern gemessene Summen- und mittlere Individualdosen in den Institutionen der KfK

Die Dosis nahm bei IK-III/Zyklotron sowohl in der Summe als auch im Mittel weiter zu, da die Produktion im Kompaktzyklotron verstärkt wurde. Die Auswertung ergab, daß von den insgesamt 2697 überwachten Personen nur 688 Personen eine Dosis ab der monatlichen Nachweisgrenze von 0,2 mSv erhalten haben. Dies wird deutlich, wenn die Individualdosis nicht über alle überwachten Personen, sondern nur über die exponierten Personen gemittelt wird. Die höchsten Individualdosen erhielten danach die exponierten Personen von IK-III/Zyklotron.

4.3 Arbeitsplatzüberwachung in der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe

H. Schüler

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

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

Die Zahl der bearbeiteten Interventionserlaubnisscheine hat sich gegenüber dem Vorjahr von ca. 570 auf ca. 720 erhöht. Interventionserlaubnisscheine bleiben auch über den Monatswechsel hinaus gültig, wenn sich die Kriterien nicht ändern und die weitere Gültigkeit durch den Strahlenschutz und den Strahlenschutzbeauftragten geprüft und durch Unterschrift bestätigt wurde.

Die Ertüchtigung der Anlagen auf den Stand der Technik und zur Reduzierung der Strahlenexposition wurden 1985 fortgesetzt.

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

Die Personenüberwachung im Bereich HDB wird mit Hilfe eines Kleincomputers mit einem on-line gekoppelten halbautomatischen Stabdosismeterauswertegerät durchgeführt.

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

Nach Abzug der experimentell ermittelten Monatsdosis für den Selbstablauf und die Umgebungsstrahlung an der Dosimeterablage von 0,1 mSv werden am Monatsende Stabdosismeterwerte kleiner als 0,2 mSv vom Rechner gleich Null gesetzt.

In Tab. 4/4 sind die TIK-Gruppensdosen der Abteilungen der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe dargestellt. Die Zahl der Fremdfirmenmitarbeiter enthält alle Personen die - ohne Berücksichtigung ihrer Beschäftigungsdauer - zur Gruppensdosis beigetragen haben.

Betrachtet man den Verlauf der Jahresdosen des Bereichs HDB-gesamt (Abb. 4/1 links oben), so scheint sich mit dem Abschluß der Umbauarbeiten seit 1982 eine Jahresdosis eingependelt zu haben, die für den Betrieb einer solchen Anlage typisch erscheint. Sie bewegt sich auf einem so niedrigen Niveau, wie es nur durch ein strahlenschutzgerechtes Denken aller Beteiligten ermöglicht wird, die mit dem Betrieb und der Erhaltung solcher komplexen Anlagen betraut sind.

Abb. 4/2 zeigt die Dosisverteilung der Mitarbeiter der einzelnen Abteilungen sowie der Mitarbeiter, die aufgrund ihrer Tätigkeit keiner Abteilung klar zugeordnet werden konnten.

Auch 1985 wurde der Bereich der HDB außerhalb der Gebäude durch Dosisleistungsmessungen einer wöchentlichen Kontrolle unterzogen, um die Einhaltung der zulässigen Dosiswerte sicherzustellen.

Es wurde weiterhin innovativ gedacht und gehandelt. So ist z. B. 1985 für Arbeiten in mittel bis stark kontaminierten Räumen die Überdruckmaske eingeführt worden, um das Inkorporationsrisiko zu minimieren. In Zusammenarbeit aller betroffenen Stellen wurde ein Vollschutzanzug entwickelt, der in seinem Zuschnitt so verändert wurde, daß darunter zusätzlich eine Atemmaske getragen werden kann. Sie bietet einen Fluchtschutz bei Ausfall der Fremdbelüftung oder Beschädigung des Vollschutzanzuges. Hauptsächlich wurde aber damit die Inkorporationsgefahr beim Ausschleusen drastisch verringert. In einer Vorschleuse wird nur der Vollschutzanzug abgelegt; die Atemmaske dagegen aufbehalten als Schutz gegen die beim Ablegen des Vollschutzanzuges zwangsläufig aufgewirbelte Kontamination. Danach wird in einer mittleren Schleuse vom Strahlenschutz die Kleidung ausgemessen und gegebenenfalls der obere Overall entfernt. Beim Übergang zur dritten Schleuse wird die Endausmessung vorgenommen. Die mittlere und die Endschleuse werden regelmäßig auf Kontamination überwacht und gegebenenfalls dekontaminiert.

ABTEILUNG	PERSONALART	ANZAHL DER UEBER- WACHTEN PERSONEN	TIK- GRUPPEN- DOSIS IN mSv
1.1 + 1.2 MAW+LAW-VERDAMPFER	STAMMPERSONAL	29	39.7
	FRENDPERSONAL	107	184.8
1.3 KLAERWERK	STAMMPERSONAL	30	1.5
	FRENDPERSONAL	95	19.8
ZUSAMMENFASSUNG ABTEILUNG 1	STAMMPERSONAL	59	41.3
	FRENDPERSONAL	202	204.6
	GESAMT	261	245.9
2.1 VERBRENNUNG UND KEROSINREINIGUNG	STAMMPERSONAL	23	50.2
	FRENDPERSONAL	43	10.5
2.2 GERÄTE-DEKONT. UND LAW-VERSCHROTTUNG	STAMMPERSONAL	25	45.4
	FRENDPERSONAL	103	88.3
2.3 MAW-VERSCHROTTUNG ZEMENTIERUNG, LAGER	STAMMPERSONAL	19	30.9
	FRENDPERSONAL	18	11.0
ZUSAMMENFASSUNG ABTEILUNG 2	STAMMPERSONAL	67	126.6
	FRENDPERSONAL	164	109.8
	GESAMT	231	236.4
ZUSAMMENFASSUNG ABTEILUNG 3	STAMMPERSONAL	26	5.3
	FRENDPERSONAL	2	.0
	GESAMT	28	5.3
ZUSAMMENFASSUNG PERSONAL OHNE KLARE ABTEILUNGSZUORDNUNG	STAMMPERSONAL	10	3.7
	FRENDPERSONAL	84	31.6
	GESAMT	94	35.4
HDB GESAMT	STAMMPERSONAL	162	176.8
	FRENDPERSONAL	452	346.1
	GESAMT	614	522.9

Tab. 4/4: Gruppendosen der HDB einschließlich Fremdfirmenpersonal ohne Berücksichtigung der Beschäftigungsdauer

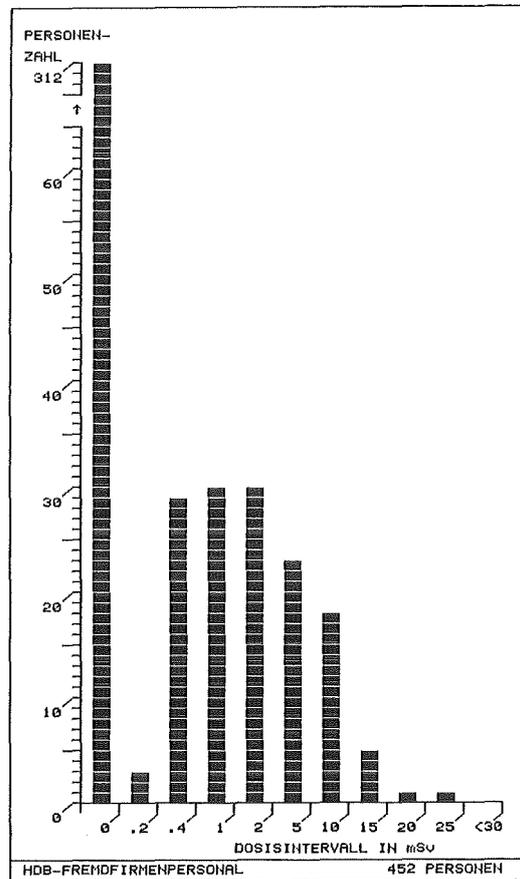
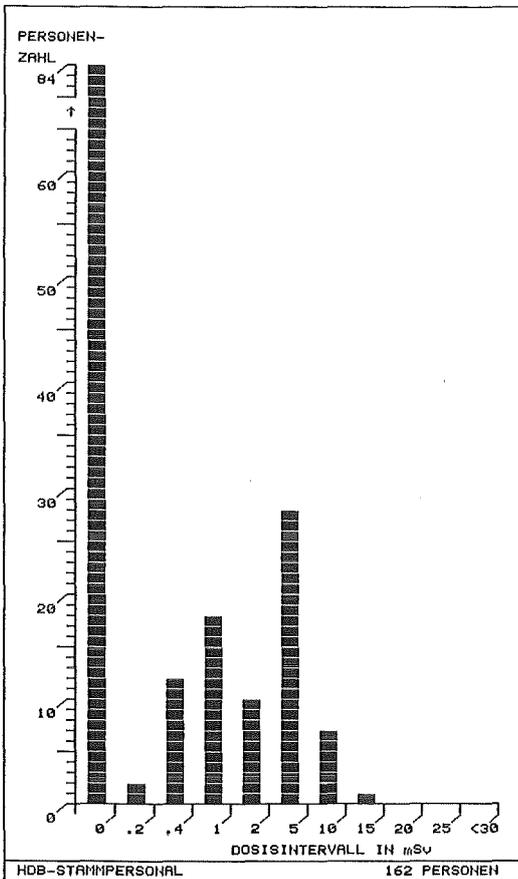
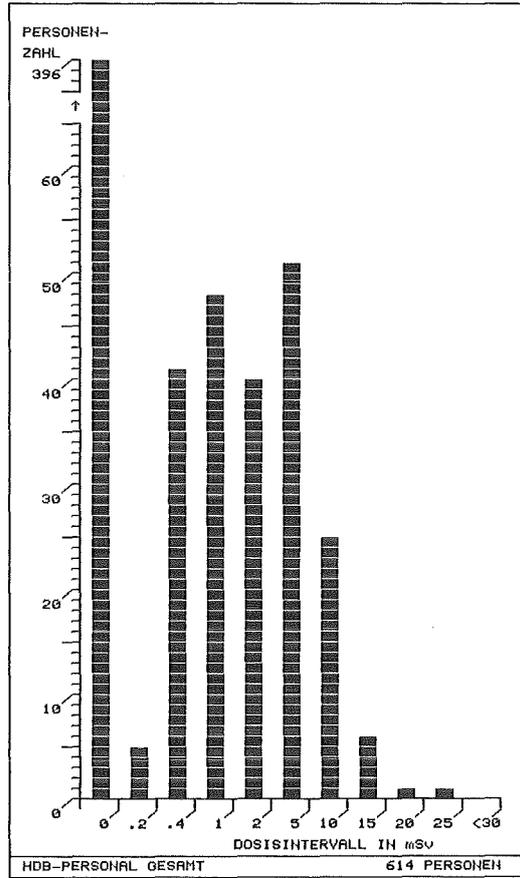
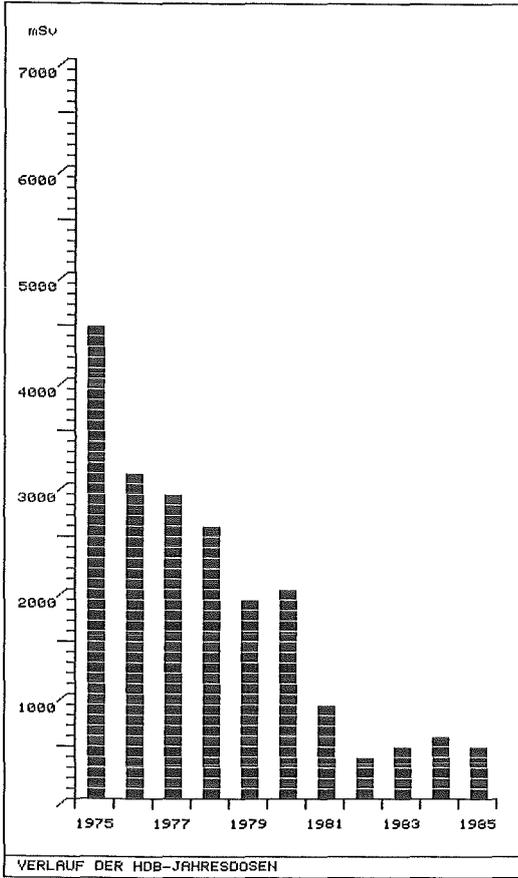


Abb. 4/1: Jahresdosen der HDB seit 1975 sowie die Häufigkeitsverteilung der Personendosis aller 1985 in der HDB beschäftigten Personen einschließlich Fremdfirmenpersonal ohne Berücksichtigung der Beschäftigungsdauer

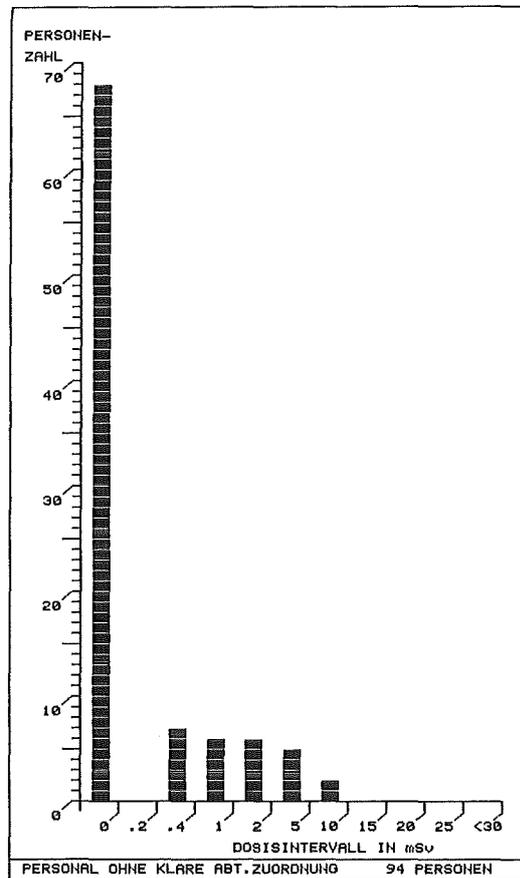
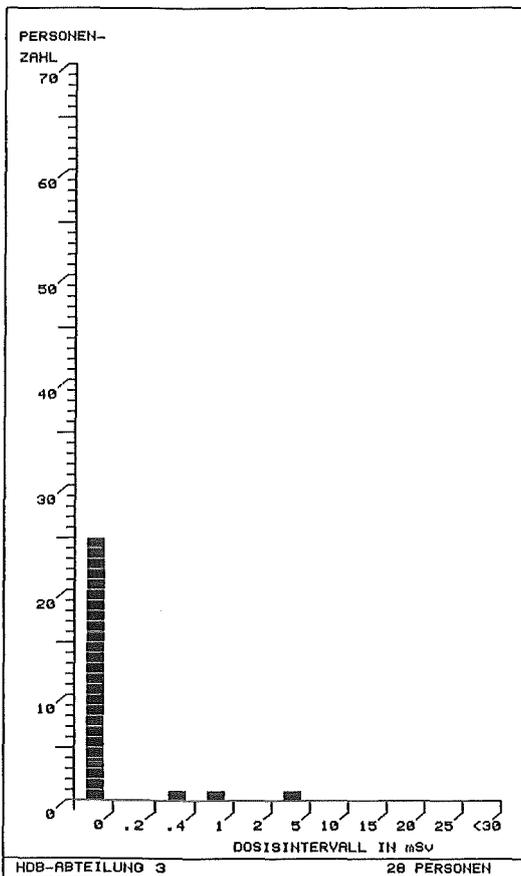
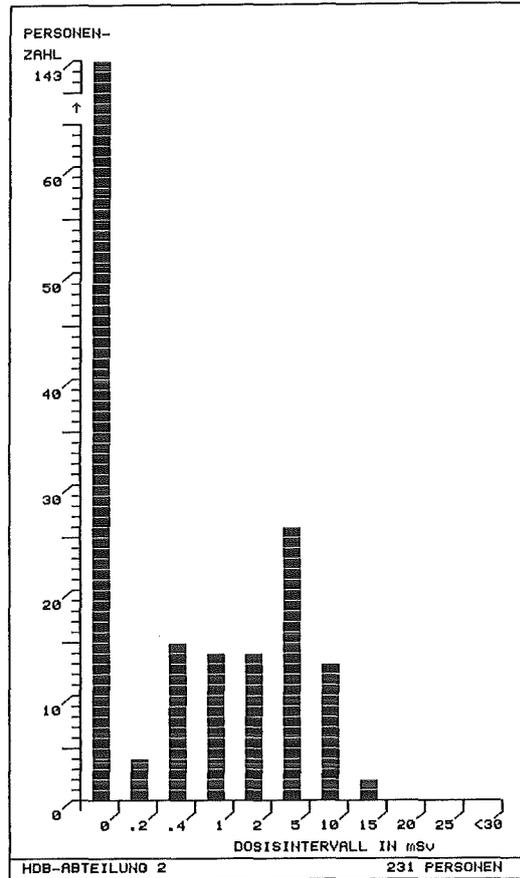
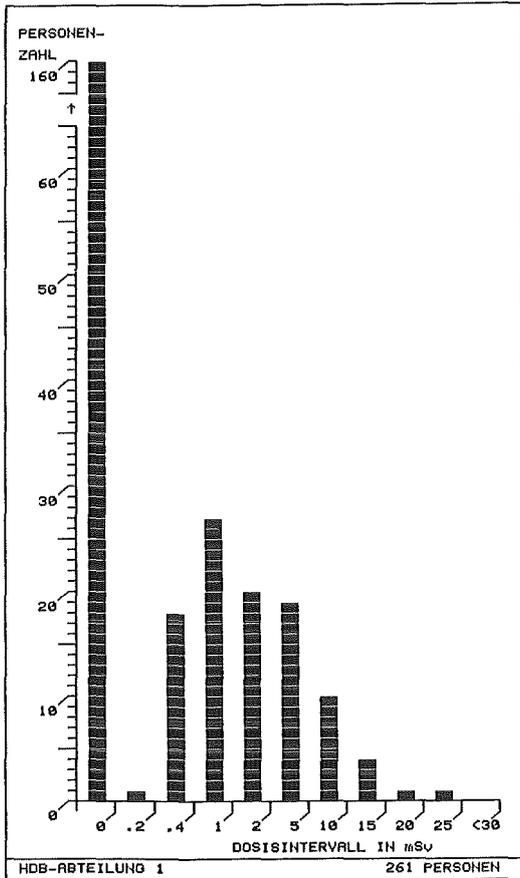


Abb. 4/2: Häufigkeitsverteilung der Personendosis in den einzelnen Abteilungen der HDB einschließlich Fremdfirmenpersonal ohne Berücksichtigung der Beschäftigungsdauer

4.4 Strahlenschutzmeßlabor

D. Beier

Im Berichtszeitraum wurden im Strahlenschutzmeßlabor 30880 Raumlufffilter mittels Alpha-Beta-Pseudokoinzidenzanlagen auf künstliche α - und β -Aktivität ausgemessen. Die Anzahl der Messungen war beträchtlich höher, da die Filter zum Teil bis zu dreimal gemessen werden mußten, um die Grenzen der Aktivitätskonzentration in Luft von $6,3 \cdot 10^{-2}$ Bq/m³ für α -Strahler und von 15 Bq/m³ für β -Strahler zu erreichen. Zusätzlich wurde jeweils pro Aerosolsammelstelle und Woche ein Filter nach einer Abklingzeit von etwa drei Tagen einer 80-min-Messung unterzogen, um die Nachweisgrenze auf $1 \cdot 10^{-3}$ Bq/m³ für α -Strahler und auf $2,2 \cdot 10^{-1}$ Bq/m³ für β -Strahler zu drücken.

Die gefundenen Luftstaubaktivitäten sind in Tab. 4/5 nach Raumluffkonzentrationen aufgegliedert. Die Zahlen in den Klammern geben die Teilmenge der Filter an, bei denen eine Aktivität erst durch die 80-min-Nachmessung gefunden wurde. Die in Zeile 3 und 6 aufgeführten Nachweisgrenzen sind durch die unterschiedlichen Luftvolumina, mit denen die Filter beaufschlagt sind, von Filter zu Filter verschieden.

Aktivitäten	Aktivitätsgrenzen in Bq/m ³	Anzahl der Filter	Anteil an der Gesamtzahl in Prozent
α -Aktivität	$A > 6,3 \cdot 10^{-2}$	122	0,4
	$6,3 \cdot 10^{-2} \geq A > 1,0 \cdot 10^{-3}$	536 (264)	1,7
	$1,0 \cdot 10^{-3} \geq A > \text{NWG}$	182 (177)	0,6
β -Aktivität	$A > 15$	8	0,03
	$15 \geq A > 0,22$	160 (2)	0,5
	$0,22 \geq A > \text{NWG}$	1295 (576)	4,2

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

Die Werte $6,3 \cdot 10^{-2}$ Bq/m³ für α -Strahler bzw. 15 Bq/m³ für β -Strahler werden von den Grenzwerten der Jahresaktivitätszufuhr über Luft für Personen der Kategorie A abgeleitet. (vgl. Kap. 4.1.3).

Die Werte $1,0 \cdot 10^{-3}$ Bq/m³ für α -Strahler bzw. $2,2 \cdot 10^{-1}$ Bq/m³ für β -Strahler sind das 0,015-fache der abgeleiteten Werte. Bei Einhaltung dieser Grenzwerte entfällt das Erfordernis einer regelmäßigen Inkorporationsüberwachung auch für Personen der Kategorie B.

Mittels γ -Spektroskopie wurden im Strahlenschutzmeßlabor 540 Proben untersucht. Davon entfielen auf Kohlefilter 409, auf Informationsmessungen über Betonstaub und Bodenproben 30, auf Luftfilter 40, auf Wischtests 17 und auf kontaminierte bzw. aktivierte Gegenstände 44 Proben. Die identifizierten Nuklide sind in Tab. 4/6 aufgeführt.

Mittels α -Spektroskopie wurden 25 Proben untersucht. Davon entfielen 8 Proben auf Wischtests und 17 Proben auf Luftfilter. Die identifizierten Nuklide sind ebenfalls in Tab. 4/6 aufgeführt.

Nuklid	Reaktoren und Beschleuniger	Einrichtungen mit hoher Aktivität	Einrichtungen mit niedriger Aktivität	HDB	sonstige Institutionen	Summe
Cs-137/Ba-137m	-	9	-	73	-	82
I-131	1	55	-	-	-	56
Co-60	-	5	-	27	-	32
Ru-106/Rh-106	-	6	-	24	-	30
Cs-134	-	3	-	27	-	30
Sb-125/Te-125m	-	1	-	27	-	28
Am-241	-	2	-	17	4	23
I-129	-	-	7	-	-	7
Ce-144/Pr-144	-	1	-	6	-	7
Na-22	-	-	-	5	-	5
Co-57	-	-	-	5	-	5
Nb-95	-	-	-	5	-	5
Zn-65	-	-	-	4	-	4
Eu-152	1	1	1	-	-	3
Sn-126	-	-	-	2	-	2
Cs-138	2	-	-	-	-	2
Eu-154	1	1	-	-	-	2
Na-24	1	-	-	-	-	1
Ag-108m	1	-	-	-	-	1
In-111	1	-	-	-	-	1
I-123	-	-	1	-	-	1
Ce-135	-	-	-	1	-	1
Ce-139	-	-	-	1	-	1
Eu-155	-	1	-	-	-	1
Am-241 u./o. Pu-238	-	1	-	19	4	24
Pu-239	-	1	-	14	4	19
Cm-242 u./o. Cf-252	-	1	-	2	-	3
Ra-226 + Folgeprod.	-	-	-	-	1	1
Cm-243 u./o. Cm-244	-	1	-	-	-	1

Tab. 4/6: Häufigkeit der durch γ - und α -Spektroskopie identifizierten Radionuklide in fallender Reihenfolge

Im Strahlenschutzmeßlabor werden außer den bereits aufgeführten Messungen noch Luftstaubsammler und Iodsammelanlagen aus Einzelteilen wie Membranpumpen, Seitenkanalgebläsen, Filterhaltungen, Adsorberbetten und Wagen je nach Erfordernis zusammengestellt und montiert. Vom Labor wird auch die gesamte Neu- und Ersatzbeschaffung für HS/Ü, insgesamt 201 Beschaffungsanforderungen im Berichtszeitraum, durchgeführt. Darunter waren 23 Kontaminationsmeßgeräte, 11 HFK-Monitoren, 43 Dosis- bzw. Dosisleistungsmeßgeräte, 4 Raumluft- und Wischtest-Meßplätze mit Elektronik, 30 fahrbare Luftstaubsammler, 12 Rechner mit Floppy und Drucker; ein kompletter Vielkanalanalysator und ein rechnergestütztes Gammaanalysensystem, ein Auswertegerät für Stabdosisimeter, 2 PKW und ein Transporter mit Innenausbau; Präparate für wiederkehrende Prüfungen der Meßgeräte, Büromöbel und 33 Reparaturaufträge. Auch die Beschaffung und Lagerhaltung des gesamten Verbrauchsmaterials der Abteilung HS/Ü wie Aerosolfilter, Wischtestpapier, Schreiberpapier, Strahlenschutzaukleber usw. wird vom Meßlabor getätigt, ebenso wie die Präparatemeldung.

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 von Transporten radioaktiver Stoffe auf öffentlichen Straßen zu überwachen, soweit dabei Beförderungsgenehmigungen der KfK GmbH in Anspruch genommen werden. Insbesondere muß er die vorgeschriebene Buchführung über die durchgeführten Transporte vornehmen und für die eingesetzten Fahrer Strahlenschutzbelehrungen abhalten. Darüber hinaus mußten in einer Vielzahl von Fällen Mitarbeiter des Zentrums im Zusammenhang mit externen und mit internen Transporten radioaktiver Stoffe beraten werden. Ein Teil dieser internen Transporte wurde durch den Fahrdienst durchgeführt.

Im Jahre 1985 wurden 50 (1984 : 250) Transporte radioaktiver Stoffe auf öffentlichen Straßen durchgeführt. Die Transporte sind in Tab. 4/7 nach Aktivitätsinventar und Hauptziel- bzw. Ursprungsgruppen aufgeführt. Im gleichen Zeitraum führte der Fahrdienst 41 interne Transporte radioaktiver Stoffe durch. Bei diesen internen Transporten handelte es sich um R1-Transporte gemäß "Transportordnung des Kernforschungszentrums Karlsruhe für den internen Transport radioaktiver Stoffe". Sie sind in Tab. 4/8 nach dem Aktivitätsinventar aufgeschlüsselt. Über die von anderen Organisationseinheiten durchgeführten Transporte liegen bei HS/Ü keine vollständigen Unterlagen vor.

Die Transporte vom und zum TRIGA Heidelberg sowie vom und zum Hauptbahnhof Karlsruhe sind vollständig auf selbständige Fuhrunternehmen übergegangen. Die verbliebenen Transporte wurden überwiegend durch LAF II von und zu fremden Kernkraftwerken im Zusammenhang mit Prüfungen der Iodrückhalteanlagen im Abluftsystem durchgeführt. Ihr Rückgang hängt mit dem verringerten Anfall derartiger Prüfungen zusammen.

Eine erhebliche Belastung stellte die Durcharbeitung der am 22.07.1985 novellierten Gefahrgutverordnung Straße dar, die am 30.07.1985 in Kraft trat. Die genaue Durchsicht des neuen Textes ergab zwar schließlich, daß die novellierte Fassung inhaltlich nur geringfügig von der alten Fassung abweicht, soweit die Beförderung radioaktiver Stoffe betroffen ist. Da die Gliederung aber gegenüber der alten Fassung grundlegend geändert wurde und in einer Vielzahl von Einzelformulierungen Änderungen des Wortlauts ohne Änderungen des Inhalts vorgenommen wurden, war ein sehr eingehender Vergleich der alten Fassung (331 Seiten A4) und der neuen Fassung (499 Seiten A4) erforderlich.

Transporte								
Aktivitätsinventar A				durch AV/FD			durch LAF II von und zu fremden KKW	sonstige Transporte
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		
39 (160)	11 (21)	0 (60)	0 (1)	0 (1)	0 (164)	3 (14)	47 (70)	0 (1)

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		
20	11	0	0	10	41	0

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

4.6 Vergleich von verschiedenen Verfahren zur routinemäßigen Inkorporationsüberwachung auf Plutonium in einer Entsorgungsanlage

H. Dilger, H. Doerfel (HS/D), Schieferdecker (Med/Tox)

Zur Optimierung der routinemäßigen Inkorporationsüberwachung auf Plutonium in einer Anlage zur Dekontamination und Abfallbehandlung radioaktiver Stoffe (HDB) des Kernforschungszentrums Karlsruhe (KfK) wurde zwischen 1978 und 1982 ein Meßprogramm durchgeführt, bei dem die verfügbaren Methoden der Inkorporationsüberwachung speziell unter den in der HDB herrschenden Bedingungen miteinander verglichen wurden. Das Meßprogramm umfaßte Messungen der Gesamt-Alpha-Aktivitätskonzentration in der Raumluft mit festinstallierten Luftstaubsammlern, Messungen der Cs-137-Körperaktivität mit Ganz- und Teilkörperzählern sowie Messungen der Plutonium-Aktivität in den Urin- und Stuhlausscheidungen. In ergänzenden alpha- und gammaspektroskopischen Messungen wurde die Zusammensetzung des Nuklidgemischs in der HDB untersucht. Außerdem wurde mit Hilfe eines Kaskadenimpaktors die Korngrößenverteilung der Aerosole bestimmt.

Die Ergebnisse der Messungen wurden anhand der in den ICRP-Empfehlungen gegebenen Stoffwechselmodelle analysiert. Eine Gegenüberstellung der verschiedenen Fehlerquellen zeigte, daß die aus den Ausscheidungsmessungen im Stuhl abgeschätzte mittlere Plutoniumzufuhr der Realität wahrscheinlich am nächsten kommt. Die Ergebnisse der beiden anderen Überwachungsverfahren sind innerhalb einer mittleren Schwankungsbreite von etwa 30 % mit den Ergebnissen der Ausscheidungsmessungen konsistent.

Aufgrund der bei dem Meßprogramm gesammelten Erfahrungen wurde ein kombiniertes Überwachungsverfahren konzipiert (s. Abb. 4/3). Das Überwachungsverfahren basiert auf täglichen Routinemessungen der Gesamt-Alpha-Aktivitätskonzentration in der Raumluft an verschiedenen repräsentativen Stellen, auf jährlichen Messungen der Plutonium-Ausscheidung im Urin sowie auf jährlichen Messungen der Cs-137-Körperaktivität von allen exponierten Mitarbeitern. Wenn bei diesen Messungen Werte oberhalb bestimmter Schwellen registriert werden, so werden an dem entsprechenden Personenkreis Messungen aus besonderem Anlaß entsprechend der Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle vorgenommen. Aus den regelmäßigen Messungen der Raumluftaktivität werden Quartalsmittelwerte und aus den regelmäßigen Körperaktivitätsmessungen Jahresmittelwerte der Plutonium-Zufuhr für das Gesamtpersonal abgeschätzt. Die Sondermessungen werden zur individuellen Bestimmung von Plutonium-Zufuhren, die über diesen Mittelwerten liegen, herangezogen. Mit diesem kombinierten Verfahren kann bei vertretbarem Aufwand eine sichere und zuverlässige Inkorporationsüberwachung gewährleistet werden.

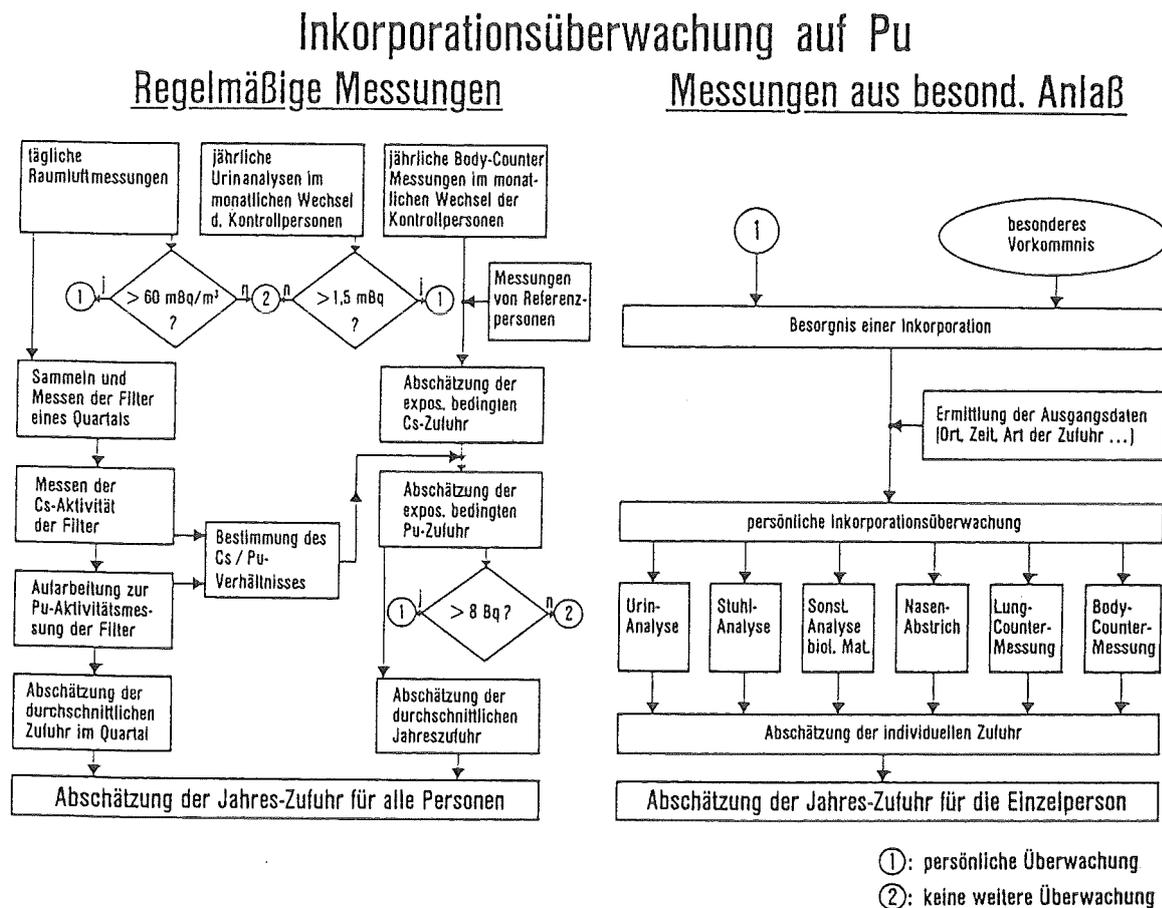


Abb. 4/3: Ablaufschema der Inkorporationsüberwachung

4.7 Eine Anlage zur Kontrolle von Faßbinden der Verschrottungsanlage der HDB

H. Schüler

In der Verschrottungsanlage der Hauptabteilung Dekontaminationsvetriebe (HDB) der KfK werden Gebinde produziert, die vor Verlassen der Anlage gemäß den Regeln der StrlSchV bzw. der GGVS kontrolliert werden müssen.

Die abteilungsinterne Produktverfolgung der Verschrottungsanlage geschieht mit einem PDP 11-Rechner, dessen begrenzte Kapazität maximal die Speicherung von ca. 35 Faßdatensätzen erlaubt und die er nach erfolgter Freigabe durch den Strahlenschutz löscht.

Da die PDP 11 mit dem Hauptrechner der HDB (IBM 4331), in dem die zentrale Produktverfolgung für die gesamte HDB erfolgt, nicht koppelbar ist, waren in der Vergangenheit Zwischenprotokollierungen und Mehrfacheingaben in die entsprechenden Terminals des Hauptrechners notwendig, was zwangsläufig zu Fehleingaben führte. Es wurde deshalb eine Faßmeßanlage konzipiert, die folgende Aufgaben hat:

- Übernahme und Speicherung der Faßkenndaten
- automatische Messung der Dosisleistungswerte
- Ermittlung der max. Oberflächenkontamination der Fässer
- Datenaustausch mit dem PDP 11-Rechner zwecks Entlastung dieses Rechners bei erfolgter Freigabe
- Erstellung eines Belegprotokolls sowie des Freigabeaufklebers für das Faß nach erfolgter Freigabe
- Zwischenspeicherung der faßspezifischen Daten auf einen Datenträger
- diskontinuierliche Übergabe der Faßdaten an den Zentralrechner der HDB.

Für diese Aufgabe mußte der Rechner CBM 8032 dieser Faßmeßanlage mit den anderen Rechnern sowie den Meßgeräten vernetzt werden, s. Abb. 4/4.

Dafür wurde von HS/Ü folgender Beitrag geleistet:

Auswahl und Beschaffung von

- 1 Rechner CBM 8032 mit diversen Interfaces
- 1 Floppy CBM 4040
- 2 Printer CBM 4022
- 1 Probenwechsler FHT mit spezieller Software
- 1 Dosisleistungsmeßeinrichtung in Spezialausführung mit 8 Sonden

Für die Dosisleistungsmessung wurde die Konstruktion eines "Galgens" von HS konzipiert. Dieser Galgen ist schwenkbar und trägt die Sonden. Bei Meßstart schwenkt der Galgen automatisch und bringt die Sonden in Meßposition (Abb. 4./5).

Diese Einrichtung taktet nach dem Meßstart in kürzeren Intervallen und stellt den Integralwert der Dosisleistung über die Taktzeit zur Verfügung. Gleichzeitig werden bis Meßzeitende aus allen Taktzeitwerten die Maximalwerte jeder Sonde gespeichert und nach Meßende dem Rechner CBM 8032 übergeben.

Blockschema Faßmessenanlage

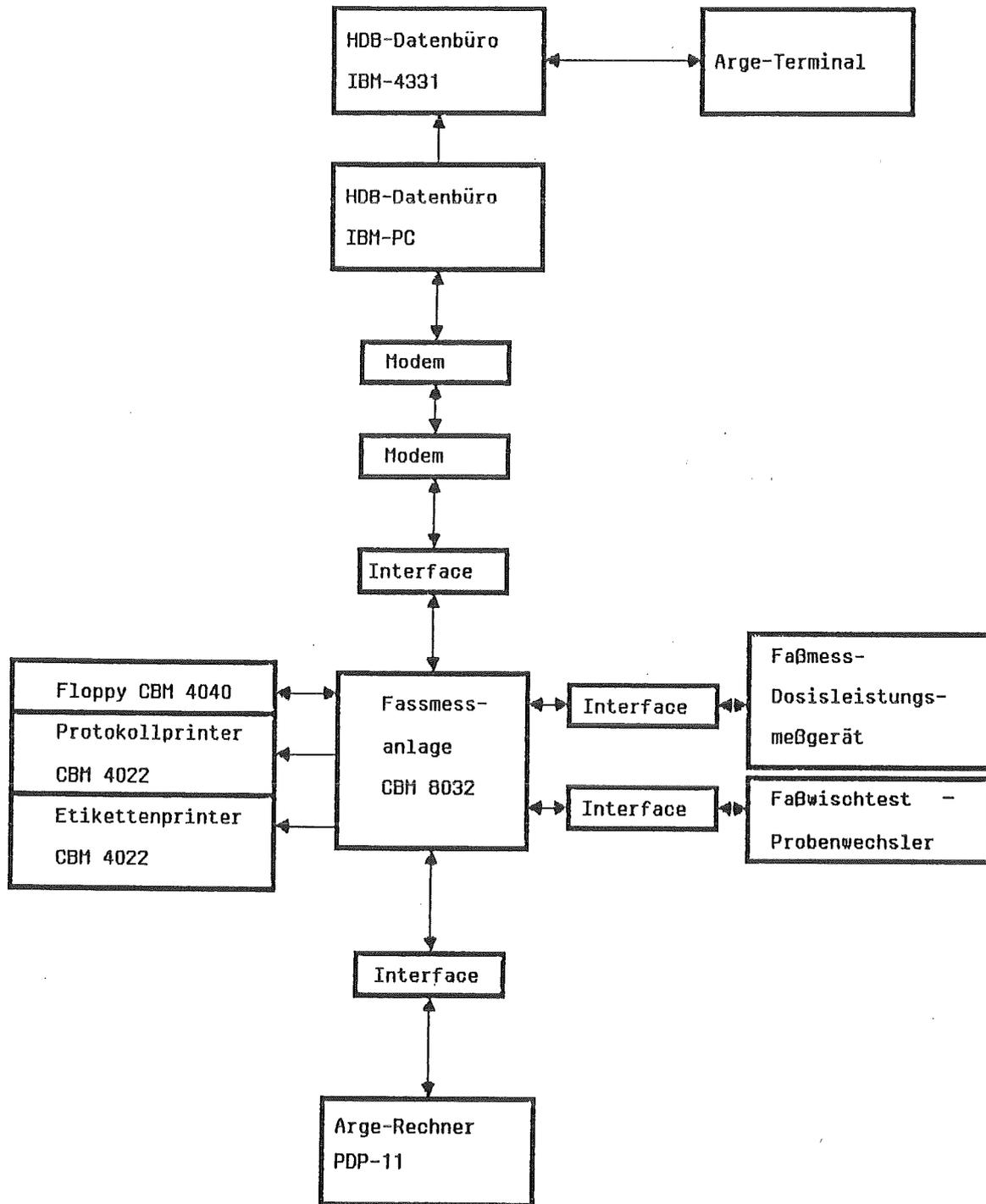
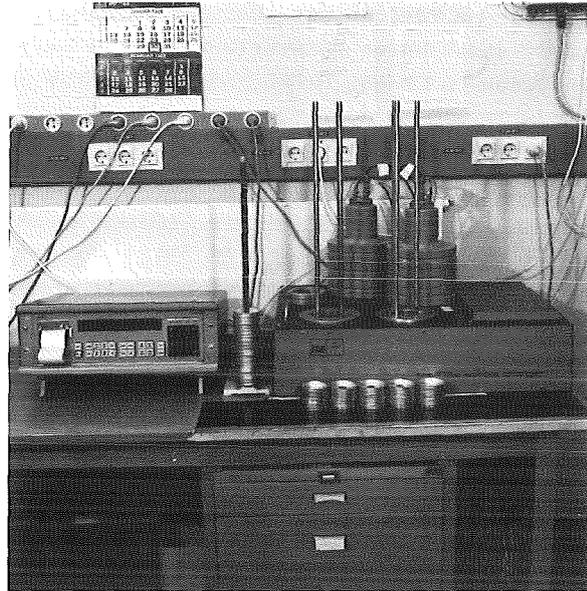


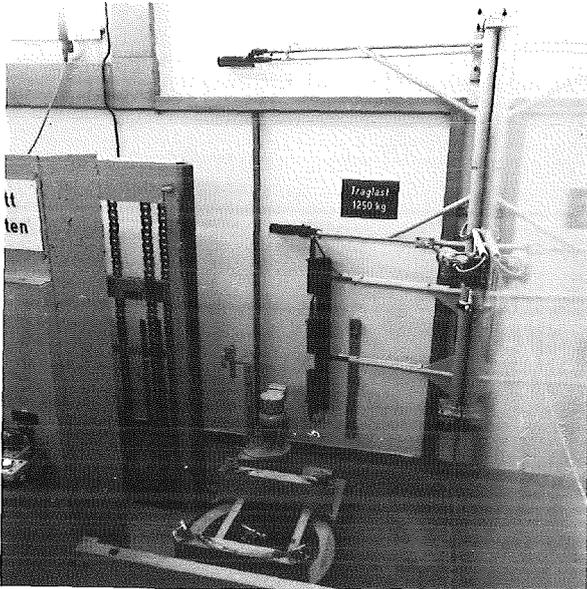
Abb. 4/4: Blockschema der Faßmeßanlage



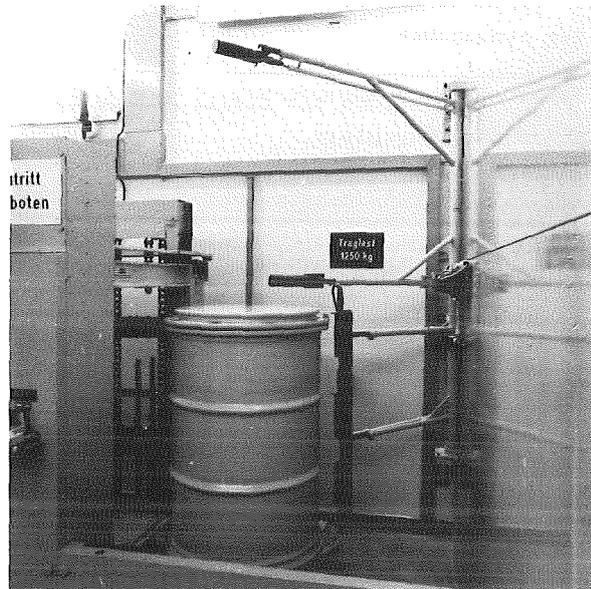
Rechner mit Dualfloppy, Protokollprinter, Etikettenprinter, Meßelektronik für die Dosisleistungssonden, Interfaces und Modem



Wischtestprobenwechsler mit elektronischer Steuerung und integriertem Interface



Abgeschirmter Faßmeßplatz mit in Ruheposition geschwenkten Dosisleistungssonden



Faßmeßplatz mit zu kontrollierenden Faß- und Dosisleistungssonden in Meßposition

Abb. 4/5: Komponenten der Faßmeßanlage

Das Programm für den CBM 8032 der Faßmeßanlage ist weitgehend modular aufgebaut und arbeitet in der sogenannten Fenstertechnik. Es gestattet die Auswahl von entsprechenden Modulen aus einem Menue und benötigt ca. 25 K Speicher. Zusätzlich wurde für die Datenübertragung von CBM 8032 zum IBM-PC im Datenbüro von einer Softwarefirma ein Programm erstellt und geliefert. Der den CBM betreffende Teil wurde von HS/Ü leicht modifiziert und lauffähig gemacht.

Nach dem Laden und Starten des Faßmeßprogrammes prüft das Programm alle peripheren Einheiten auf Betriebsbereitschaft, gibt Ausfallmeldung und verläßt dieses Modul erst, wenn alle Geräte betriebsbereit sind.

Grundzustand auf dem Bildschirm ist das Hauptmenue aus dem alle Unterprogramme gewählt werden können. Nach Abarbeiten eines Unterprogramms kehrt dieses wieder in das Hauptmenue zurück. In der Menueroutine wartet das Programm 10 Minuten. Wurde während dieser Zeit kein neues Unterprogramm angewählt, so verzweigt es automatisch auf eine Sondenprüfroutine, die die Dosisleistungssonden ständig auf Ausfall überprüft. Bei Rückkehr in das Menue wird im Statusfenster das Ergebnis dieser Sondenprüfungen angezeigt.

Alle relevanten Faßdaten werden in relativen Dateien auf der Floppy gespeichert. Während des Programmablaufs wird im Programmfenster angezeigt welche, Routine gerade läuft, sowie Dateiname und Record, in dem zur Zeit die Faßdaten auf dem Datenträger abgelegt werden.

Im mittleren, sogenannten Eingabefenster steht immer der gesamte Faßdatensatz in der gerade gültigen Form. Im unteren Statusfenster werden Zustände bzw. Fehler im Klartext angezeigt oder Wahlmöglichkeiten für Programmverzweigungen angeboten.

Eines der aus dem Hauptmenue anwählbaren Modulen verzweigt zu einem Untermenue, aus dem Hilfsprogramme angewählt werden können. Diese Programme gestatten es, alle Dateien zu überprüfen, Daten zu korrigieren bzw. ganze Dateien oder einzelne Sätze von Hand über die Rechner-tastatur einzugeben.

Im Jahr 1985 wurden mit dieser Anlage ca. 1200 Fässer freigegeben und die Daten zum HDB-Hauptrechner überspielt.

4.8 Messen von H-3 im offenen Zählrohr

D. Beier

In der Arbeitsplatzüberwachung werden die anfallenden Wischteste in den meisten Bereichen mit offenen Zählrohren in automatischen Probenwechslern ausgemessen. Die Zählrohre (60 mm ϕ) sind mit einem Kathodengitter abgeschlossen. Dieses Gitter liegt etwa 10 mm über dem Wischtest.

Beim Vorliegen von Tritium konnte immer wieder festgestellt werden, daß die Meßergebnisse nicht reproduzierbar sind. Die Tatsache, daß H-3 mit seiner geringen Reichweite überhaupt noch gemessen wird, zeigt, daß das elektrische Feld des Zählrohres über das Nullgitter hinausragt.

Messungen des Potentials der Grundplatte, auf der die Wischtestschälchen während der Messung liegen, ergaben, daß diese eine schlechte Massenverbindung hat. Durch eine Verbesserung der Masseverbindung zur Grundplatte konnten dann reproduzierbare Meßergebnisse erzielt und eine Steigerung der Zählausbeute erreicht werden.

Ein Hochsetzen der Wischteste in den Schälchen, was nur durch gleichzeitiges Fixieren der Wischteste mit einem Ring möglich ist, brachte nochmals eine wesentliche Steigerung der Zählausbeute. Es werden jetzt Werte von ca. 2 % erreicht.

4.9 Der Norm-Entwurf E DIN 25482 Teil 1 "Nachweisgrenzen bei Kernstrahlungs- und Radioaktivitätsmessungen - Digitale, nichtselektive Messungen ohne Probenbehandlung"

H.-U. Berger

Im August 1985 wurde der oben genannte Normentwurf der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Dem gemeinsamen Arbeitskreis von DIN und FS, der diesen Entwurf erarbeitet hat, gehören M. Winter und der Verfasser an. Da sich der Entwurf in einem wichtigen Punkt von älteren Betrachtungsweisen zum Begriff "Nachweisgrenze" abwendet, soll der Norm-Entwurf hier kurz vorgestellt werden.

Ziel des Entwurfs ist die Festlegung von Kennwerten, die einesteiils den Vergleich verschiedener Meßgeräte oder Meßverfahren untereinander ermöglichen, die andererseits aber auch die Eignungsbeurteilung eines vorgeschlagenen Verfahrens oder Meßgerätes hinsichtlich der Erreichung vorgesehener Meßziele gestatten.

Diese Ziele waren nur dadurch zu erreichen, daß bei der Festlegung der beiden Kennwerte, der "Erkennungsgrenze" und der "Nachweisgrenze" der "Fehler erster Art" und der "Fehler zweiter Art" sowie die zugehörigen Irrtumswahrscheinlichkeiten berücksichtigt werden. Der "Fehler erster Art" besteht darin, daß bei der Messung an einer aktivitätsfreien Probe irrtümlich eine Kontamination der Probe festgestellt wird. Der "Fehler zweiter Art" besteht darin, daß bei der Einzelmessung an einer schwach kontaminierten Probe irrtümlich Aktivitätsfreiheit festgestellt wird.

Als "Erkennungsgrenze" wird im Normentwurf die Zählrate definiert, deren Überschreitung mit vorgegebener Irrtumswahrscheinlichkeit α für den "Fehler erster Art" als Indiz für das Vorliegen einer Probenkontamination gilt. Die "Nachweisgrenze" wird in der Norm als der kleinste Erwartungswert des Probenbeitrags zur Zählrate definiert, der mit vorgegebener Irrtumswahrscheinlichkeit β für den "Fehler zweiter Art" (bei der Einzelmessung) zu einer Überschreitung der Erkennungsgrenze führt. Da der Erwartungswert des Probenbeitrags zur Zählrate proportional zur Probenaktivität ist, kann man die "Nachweisgrenze" auch in Termen der Probenaktivität ausdrücken und so direkt mit gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerten für Oberflächenkontamination; Raumlufkontamination oder Fortluft-Aktivitätsfracht vergleichen. Zugleich gestattet diese Festlegung eine Aussage darüber, mit welcher Wahrscheinlichkeit Kontaminationen o. dgl. in Höhe der Nachweisgrenze bei einer Einzelmessung an der Probe nicht erkannt werden.

Da die "Erkennungsgrenze" kein Zählratenerwartungswert ist und auch nicht mit einem Erwartungswert, sondern mit einer einzelnen Realisation der Zählrate verglichen wird, wäre eine Umrechnung der "Erkennungsgrenze" in Aktivitätsterme sachlich falsch.

Die Auswerteprogramme der on-line mit den Wischprobenwechsler-Meßplätzen gekoppelten Klein-Computer der HS/Ü wurden an den Norm-Entwurf angepaßt. Außerdem wurden die Prüfanweisungen für HFK-Monitoren der Grundphilosophie dieses Normentwurfes angepaßt. Die Monitoren werden so eingestellt, daß bei 10maliger Benutzung mit sauberen Händen und Schuhen (höchstens) ein Fehlalarm ausgelöst wird und daß bei sechsmaliger Benutzung des Monitors unter Beaufschlagung mit einem Präparat (Aktivitätsflächendichte in Höhe des gesetzlichen Kontaminationsgrenzwertes) (mindestens) 3mal Kontaminationsalarm ausgelöst wird. Die so eingestellten und geprüften Monitoren haben eine Nachweisgrenze in Höhe der gesetzlich zulässigen Kontaminationsgrenzwerte mit einer Fehlalarmwahrscheinlichkeit $\alpha \leq 10\%$ und einer Alarmverfehlungswahrscheinlichkeit $\beta \leq 50\%$. Bei den Probenwechslern konnten i. A. Nachweisgrenzen etwas unterhalb der gesetzlichen Grenzwerte mit $\alpha = \beta = 10\%$ realisiert werden. (Deutliche Ausnahme: Tritium!)

5 Radioökologie

L.A. König, H. Schüttelkopf

Die Aufgaben der Abteilung Radioökologie (HS/R) sind die Messung der radioaktiven Emissionen des Kernforschungszentrums Karlsruhe, die Überwachung der Immissionen und die Untersuchung radioökologischer Auswirkungen dieser Emissionen.

In Kap. 5.1 werden die Ergebnisse der Routineüberwachung, Abluft 5.1.1, Abwasser 5.1.2, Umgebung 5.1.3, spektrometrische Untersuchungen 5.1.4 und radiochemische Untersuchungen 5.1.5 dargestellt. Die Gruppe Abluftüberwachung plant die Aktivitätsableitung aus dem gesamten Kernforschungszentrum. 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. Die Gruppe Abwasserüberwachung 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. Die Aufgabe der Gruppe Umgebungsüberwachung ist die Messung der β - und γ -Strahlung und der Aktivitätskonzentrationen in der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe. Die β - und γ -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 Abteilung Dosimetrie, HS (Leitung: Dipl.-Phys. E. Piesch). Die Gruppen Abluft-, Abwasser- und Umgebungsüberwachung werden von den Gruppen Radiochemie und Spektrometrie 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.

Die Qualität der Messungen wird durch Teilnahme an Ringversuchen gewährleistet. 1985 nahm die HS/R an folgenden Ringversuchen teil (in Klammern: koordinierende Institution):

- Cs-137 und K-40 in Roggenkleie (Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe).
- Cu, Co, Cd, Fe, Ca, Mg, Mn, Zn, Sr, Ba und P in Lebensmittelgemisch (International Atomic Energy Agency, Wien).
- γ -Spektrometrie von Filterproben (Institut für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes, Neuherberg).
- γ -Spektrometrie, Tritium, α - und β -Bruttomessung, Sr-90- und Sr-89-Analysen von Abwasserproben aus Kernkraftwerken (Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes, Berlin).

Im Auftrag werden die oben beschriebenen Messungen auch für andere kerntechnische Anlagen durchgeführt. Die Verrechnung erfolgt dabei nach einer aufwandsbezogenen Gebührentabelle. 1985 wurden Arbeiten durchgeführt für KWO, GKN, Alkem, DWK und andere.

Neben Routineaufgaben laufen verschiedene Forschungsaufgaben, die sich insbesondere mit dem Verhalten von Tritium in der Umwelt und mit dem Boden-Pflanzen-Transfer befassen. Diese Programme sind teilweise in innerhalb des Kernforschungszentrums laufende Projekte eingebunden oder vom Bundesministerium des Innern gefördert. Fortgesetzt wurden die Untersuchungen zur Tritiumkonzentration im Gewebewasser und in organisch gebundener Form (OBT) in Nahrungsmitteln aus den beiden Hauptwindrichtungen von Friedrichstal und von Eggenstein-Leopoldshafen. Ergänzend zu diesen Messungen wurde in vielen Fällen der Tritiumgehalt von Boden und Luftfeuchte gemessen. Im Rheinniederungskanal wurde die Untersuchung von HTO und OBT in landwirtschaftlichen Produkten fortgesetzt. Die Kinetik der Aufnahme von Tritium in Fischen und

Konzentrationen in Fischen und Wasserpflanzen wurden gemessen. Die Messungen zum HTO-Austausch einer Buche mit ihrer Umwelt wurden fortgesetzt und abgeschlossen. Die Kinetik der HTO-Aufnahme wurde an Radiespflanzen in einer Pflanzenaufzuchtammer studiert. Die im Rahmen der Fusionsforschung aufgenommenen Untersuchungen zum Verhalten von gasförmigem Wasserstoff umfaßten die Erstellung einer Methodik, die die getrennte Messung von HT und HTO in Luft ermöglicht. Eine Methode für die Trennung der einzelnen chemischen Komponenten von Pflanzenzellen wurde ausgearbeitet. Eine begehbare Klimakammer, in der Begasungsexperimente mit tritiiertem Wasserstoffgas erfolgen werden, wird z. Z. in Betrieb genommen.

Die wissenschaftlichen Experimente im Gewächshaus wurden fortgesetzt. Neben Untersuchungen mit Tc-99 und Aktiniden wurden weitere Transfermessungen mit Schwermetallen durchgeführt. Der Transfer von Np, Pu, Am und Cm in Gras, Mais, Weizen und Kartoffeln wurde in der 4. und 5. Vegetationsperiode abgeschlossen. Die Untersuchung des Transfers von Tc-(IV) und Tc-(VII) in Weizen und Kartoffeln auf zwei unterschiedlichen Böden sollte zum besseren Verständnis des Verhaltens verschiedener chemischer Formen des Technetiums beitragen. Die Leistungsfähigkeit des in der HS/R vorhandenen konventionellen Labors wurde gesteigert. Insgesamt können z. Z. ca. 55 Elemente mit ICP-Emissionsspektrometrie, Atomabsorptionsspektrometrie und Ionenchromatographie erfaßt werden. Neu erarbeitet wurden Meß- und Trennmethoden für Lanthaniden und Thorium. Mit Cobalt, Chrom und Blei wurden nach ersten Experimenten zum Transfer in Gras Transferprozesse in die auf Schwermetall empfindlich bekannte Brunnenkresse untersucht. Hauptinteresse war die Zeit- und Konzentrationsabhängigkeit der Transferfaktoren. Die Untersuchungen zur Aufnahme von Cd, Co, Cr, Ni und Pb in Regenwürmern und die Verteilung dieser Schwermetalle aus einer kontaminierten Schicht in die umliegende nichtkontaminierte Erde wurde abgeschlossen. Die Analyse von wichtigen Düngern erfolgte auf Schwermetalle und wichtige Radionuklide wie z. B. Ra-226. Erste Untersuchungen zur Konzentration natürlicher Radionuklide in Boden- und Pflanzenproben aus dem Bereich erhöhter Untergrundstrahlung in Sonnenried/Oberpfalz wurden durchgeführt. 1985 wurde die Frage der Bedeutung von radioaktiven Emissionen aus kerntechnischen Anlagen für das neuartige Waldsterben sorgfältig untersucht. Ionisation, Strahlenchemie, Synergismen, Direktstrahlung und Isotopieeffekte wurden berücksichtigt. Eine Schädigung von Bäumen kann durch keinen dieser Effekte bei kerntechnischen Anlagen im Normalbetrieb erwartet werden. Das Transportverhalten von Wasser in kranken und gesunden Bäumen wurde im Südschwarzwald untersucht. In der Nähe einer ehemaligen Uranexplorationsgrube in Mähring/Poppenreuth wurden Untersuchungen zur Radioökologie von Ra-226, Pb-210, U und anderen natürlichen Radionukliden durchgeführt.

5.1 Berichte über Routineüberwachung

5.1.1 Abluftüberwachung

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 1985/1986 des KfK sind die radioaktiven Emissionen in Nuklidgruppen und Einzelnuclide eingeteilt und in folgende Nuklidgruppen unterteilt ($T_{1/2}$ = Halbwertszeit):

α -kurz (A_{AK})	alpha-aktive Aerosole mit $T_{1/2}$ kleiner als 8 Tage
α -lang (A_{AL})	alpha-aktive Aerosole mit $T_{1/2}$ gleich oder größer als 8 Tage
β -kurz (A_{BK})	beta-aktive Aerosole mit $T_{1/2}$ kleiner als 8 Tage
β -lang (A_{BL})	beta-aktive Aerosole mit $T_{1/2}$ gleich oder größer als 8 Tage
E	radioaktive Edelgase
G_K	kurzlebige aktivierte Gase
HTO(HT)	Tritium wasserförmig (gasförmig)
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.

α -kurz

Die Emission von α -aktiven-Aerosolen mit einer Halbwertszeit unter 8 Tagen ist laut Abluftplan 1985/1986 nicht vorgesehen.

α -lang

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 α -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.

β -kurz

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

β -lang

Die in Gruppe A_{BL} zu berücksichtigenden Nuclide 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 Leitnuclide) und das IGT (Leitnuclide: Pu-241) - wurde der länger-

lebige Anteil eines Spaltproduktgemisches mit 0 h Kühlzeit (ohne Berücksichtigung des Sr-Anteils) angenommen. Für die WAK und die HDB wurde die Zusammensetzung eines längerlebigen β -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 1 %o 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
I-123	5 900
I-124	2
I-125	1,4
I-126	0,6
I-129	0,165
I-130	2 050
I-131	1
I-132	1 220
I-133	20
I-134	2 900
I-135	16 000

f_i ist durch die Beziehung

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

definiert. Hierin ist A_i^{zul} die für das Iodisotop i zulässige Ableitung, A_{131}^{zul} 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 σ_y und σ_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 σ_y und σ_z entsprechen den Ergebnissen der Ausbreitungsversuche im KfK mit Emissionshöhen von 60 m und 100 m (s. KfK 2775).

Dosisfaktoren

Die Dosisfaktoren, die zur Berechnung der Organ- und der effektiven Äquivalentdosen durch Inhalation, Ingestion und γ -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 " γ -Strahlung über kontaminiertem Boden" wurden mit Hilfe der von D.C. Kocher veröffentlichten Dosis-Konversionsfaktoren (Health Phys. 38, 543 (1980)) bestimmt, wobei Dosisbeiträge durch Tochternuklide mitberücksichtigt wurden. Organ- und Effektiv-Dosisfaktoren für die wichtigsten Nuklide bzw. Nuklidgruppen sind in Tab. 5/1 aufgelistet.

β -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 γ -Submersionsdosis an Aufpunkten in der Umgebung mehrerer Emittenten als Summe der Dosisbeiträge der Aktivität im Raum. Bei den berechneten externen γ - und β -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 Per-

son 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.

Expositions-pfad	Organ	Nuklidgruppe bzw. Nuklid	chemische Verbindung	Dosisfaktor	
Gammasubmersion	effektiv	N-13	-	2,35 E-17 in $\frac{\text{Sv}\cdot\text{m}^2}{\text{Bq}\cdot\text{s}}$	
		A-41	-	2,7 E-17	
		Xe-133	-	1,1 E-18	
Gammabodenstrahlung*	effektiv	β -lang alt	-	1,46 E-10 in $\frac{\text{Sv}\cdot\text{m}^3}{\text{Bq}\cdot\text{s}}$	
		β -lang frisch	-	4,9 E-12	
Inhalation	effektiv	α -lang alt	Nitrate oder leicht lösliche Verbindung	2,45 E-08 in $\frac{\text{Sv}\cdot\text{m}^3}{\text{Bq}\cdot\text{s}}$	
			"	1,2 E-13	
			Oxide	2,1 E-13	
			"	1,13 E-11	
			"	3,9 E-12	
		Lunge	α -lang alt	"	4,12 E-08
			β -lang alt	"	7,93 E-11
			β -lang frisch	"	2,35 E-11
		rotes Knochenmark	α -lang alt	Nitrate oder leicht lösliche Verbindung	3,42 E-08
			β -lang alt	"	3,5 E-12
			β -lang frisch	Oxide	1,4 E-12
		Knochenoberfläche	α -lang alt	Nitrate oder leicht lösliche Verbindung	4,29 E-07
			β -lang alt	"	8,6 E-12
β -lang frisch	"		3,61 E-11		
Ingestion**	effektiv	α -lang alt	"	2,2 E-09 in $\frac{\text{Sv}\cdot\text{m}^3}{\text{Bq}\cdot\text{s}}$	
			"	8,0 E-14	
			Oxide	2,3 E-13	
			Nitrate oder leicht lösliche Verbindung	4,8 E-10	
		β -lang frisch	Oxide	4,3 E-11	
			I-131	elementar	7,11 E-08

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

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

Tab. 5/1: Dosisfaktoren

5.1.1.2 Strahlenexposition durch die im Jahr 1985 mit der Abluft abgeleiteten Aktivität

A. Wicke, O. Merk, S. Rinn

Emissionsdaten für 1985

In Tab. 5/2 wird eine Übersicht über die im Jahr 1985 von den einzelnen Anlagen des KfK abgeleiteten Aktivitäten gegeben. Bei den Jahressummen wurde in jenen Fällen, in denen zu den abgeleiteten Aktivitäten Werte unter der Nachweisgrenze zu addieren waren, die weniger als 20 % zur Gesamtsumme beitrugen, die <-Zeichen weggelassen. Auf die Wiedergabe der einzelnen Grenzwerte für Kurzzeitabgaben wurde verzichtet, jedoch ist angegeben, wie viele Überschreitungen von höchstzulässigen Kurzzeitabgaben (Tages- bzw. Wochengrenzwerten) es in den betreffenden Anlagen gegeben hat, wie hoch diese Überschreitungen waren und in welcher Woche bzw. an welchem Tag sie sich ereigneten. Bei den Radioiodableitungen werden nicht nur die Ableitungen von

Nuklid Nuklidgruppe	Zulässige Ableitungen		Tatsächliche Ableitungen Bq/a	Vorjahreswert* der Ableitungen Bq/a	Grenzwertüber- schreitungen % (Woche)
	Bq/Woche	Bq/a			
IRCH, Geb. 321					
AAL	1 E+04	2 E+05	< 7,5 E+03	< 9,7 E+03 (A)	
ABL	5 E+06	1 E+08	< 7,3 E+04	< 1,3 E+05 (B)	
E	2 E+12	4 E+12	1,5 E+11	1,9 E+11 (C)	
HTO + HT	8 E+11	1,5 E+13	< 1,8 E+10	< 1,2 E+10 (H-3)	
I-131 (= I)	5 E+05	1 E+07	< 1,1 E+06	< 2,0 E+06	
IRCH, Geb. 321 A					
AAL	2 E+03	3,7 E+04	< 3,1 E+03	< 2,4 E+03 (A)	
ABL	1 E+07	1,9 E+08	< 2,0 E+04	< 2,2 E+04 (B)	
E	2 E+12	4,5 E+13	1,2 E+11	1,7 E+12 (C)	
HTO	2 E+09	3,7 E+10	< 3,7 E+09	< 2,7 E+09 (H-3)	
I-126	-	-	6,4 E+04	-	
I-131	-	-	< 1,9 E+05	1,0 E+06	
I	1 E+06	2 E+07	< 3,0 E+05	1,0 E+06	
IRCH, Geb. 341					
AAL	1 E+04	2 E+05	< 1,1 E+04	< 1,4 E+04 (A)	
ABL	4,5 E+06	9 E+07	< 1,0 E+05	< 1,2 E+05 (B)	
E	7,5 E+10	3,8 E+11	< 7,4 E+09	< 1,6 E+10 (C)	
HTO + HT	1,4 E+12	5,6 E+12	< 2,4 E+10	< 1,7 E+10 (H-3)	
I-131 (= I)	5 E+05	1 E+07	< 1,9 E+06	< 2,5 E+06	
BFE, Geb. 325					
HT	2 E+06	5 E+07	2,7 E+05	- (H-3)	
KIZ, Geb. 351					
E	1 E+12	2 E+13	3,3 E+12	2,4 E+11 (C)	
KAZ, Geb. 351					
-	-	-	< 4,0 E+03	< 6,7 E+03 (A)	
ABK	1 E+10	2 E+11	3,4 E+06	1,7 E+07 (B)	
ABL	1 E+08	2 E+09	3,0 E+05	-	
E	1 E+13	2 E+14	2,7 E+12	4,9 E+12 (C)	
I-123	-	-	1,7 E+08	2,3 E+07	
I-131	-	-	< 2,8 E+05	< 4,7 E+05	
I	1,9 E+05	3,7 E+06	< 3,1 E+05	< 4,7 E+05	
KIZ, Geb. 351, Boxenabluft					
ABL	5 E+06	1 E+08	< 8,8 E+03	-	
I-123	-	-	5,8 E+05	7,3 E+04	
I-124	-	-	4,5 E+03	1,5 E+04	
I-126	-	-	-	1,7 E+03	
I-131	-	-	< 3,3 E+04	< 1,7 E+04	
I	1,9 E+05	3,7 E+06	< 3,5 E+04	< 2,8 E+04	
LIT, Geb. 403					
AAL	-	-	< 1,5 E+03	< 1,7 E+03 (A)	
ABL	5 E+06	1 E+08	< 1,5 E+04	< 1,5 E+04 (B)	
LAF II, Geb. 415 A					
I-131 (elem.)	5 E+05	1 E+07	< 1,4 E+06	< 4,1 E+06**	
I-131 (org.)	1 E+06	2 E+07	-	1,6 E+06**	
I	-	-	-	< 5,7 E+06**	
LAF II, Geb. 415 B					
I-129	-	-	< 8,0 E+04	-	
I-131 (elem.)	5 E+05	1 E+07	< 2,8 E+06	< 4,1 E+06**	
I-131 (org.)	1 E+06	2 E+07	5,6 E+06	1,6 E+06**	
I	-	-	< 8,9 E+06	< 5,7 E+06**	120 (27), 240 (51)
INR, Geb. 420/423/453					
HTO + HT	3,7 E+11	1,9 E+12	-	6,4 E+11 (H-3)	
KTB/SNEAK, Geb. 452					
AAL	3 E+05	7 E+06	< 2,4 E+04	< 2,5 E+04 (A)	
ABL	1 E+08	3 E+09	< 2,5 E+05	< 2,3 E+05 (B)	
E	3 E+11	7 E+12	< 2,7 E+07	< 2,7 E+07 (C)	
I-131 (= I)	5 E+06	1 E+08	< 2,8 E+06	< 3,9 E+06	

*Gruppierung gemäß Abluftplan 1983, der auch 1985 übernommen wurde
 **Summe der Iodableitungen für Geb. 415 A und B

Tab. 5/2: Ableitung radioaktiver Stoffe im Jahr 1985 aus dem KfK in die Atmosphäre

Nuklid Nuklidgruppe	Zulässige Ableitungen		Tatsächliche Ableitungen Bq/a	Vorjahreswert* der Ableitungen Bq/a	Grenzwertüber- schreitungen % (Woche)
	Bq/Woche	Bq/a			
HDB, Geb. 534					
AAL	2 E+04	4 E+05	< 4,5 E+03	< 4,1 E+03 (A)	
ABL	2 E+07	4 E+08	< 5,0 E+04	< 3,7 E+04 (B)	
HTO	2 E+09	4 E+10	< 4,5 E+09	< 3,5 E+09 (H-3)	
HDB, Geb. 536					
	Bq/Tag				
AAL	7 E+05	7 E+07	< 3,2 E+07	< 1,6 E+08 (A)	
ABL	1,5 E+08	1,5 E+10	5,1 E+09	4,5 E+09 (B)	
HTO	3 E+11	3 E+13	< 1,2 E+11	1,6 E+11 (H-3)	
I-125	-	-	3,0 E+06	3,4 E+07	
I-129	-	-	5,7 E+07	2,4 E+07	
I-131	-	-	< 1,9 E+06	< 2,1 E+06	
I	3,7 E+06	3,7 E+08	3,5 E+08	1,2 E+08	
HDB, Geb. 545/553					
AAL	5 E+04	1 E+06	< 1,6 E+04	< 2,9 E+04 (A)***	
ABL	2 E+07	5 E+08	9,6 E+06	6,9 E+07 (B)***	
HTO	1 E+11	3 E+12	< 5,8 E+10	1,1 E+11 (H-3)***	
I-125	-	-	4,9 E+04	-	
I-129	-	-	< 1,3 E+06	< 5,0 E+06***	
I-131	-	-	< 1,3 E+06	< 2,0 E+06***	
I	2 E+06	5 E+07	< 9,3 E+06	< 2,1 E+07***	
HDB, Geb. 555					
AAL	5 E+04	1 E+06	< 7,5 E+03	< 2,9 E+04 (A)***	I-129: 6,06 (17)
ABL	2 E+07	5 E+08	9,2 E+05	6,9 E+07 (B)***	I-129: 12,12 (23)
HTO	1 E+11	2 E+12	< 8,5 E+09	1,1 E+11 (H-3)***	I-129: 58,79 (24)
I-129	-	-	6,1 E+06	< 5,0 E+06***	I-129: 67,88 (30)
I-131	-	-	< 3,5 E+05	< 2,0 E+06***	I-129: 30,3 (37)
I	2 E+06	5 E+07	3,7 E+07	< 2,1 E+07***	
HDB, Geb. 548 Ost, und INE, Geb. 547					
AAL	6 E+04	1,2 E+06	< 2,3 E+04	< 7,2 E+04 (A)	
ABL	1 E+07	2 E+08	< 3,3 E+05	5,4 E+05 (B)	
HTO	5 E+10	1 E+12	< 3,5 E+10	< 2,3 E+10 (H-3)	
I-131 (= I)	2 E+05	5 E+06	< 1,6 E+06	< 1,4 E+06	
HDB, Geb. 548 West					
AAL	3 E+04	7 E+05	< 1,2 E+04	< 2,2 E+04 (A)	
ABL	1 E+07	2 E+08	< 1,3 E+05	< 1,9 E+05 (B)	
HTO	5 E+10	1 E+12	< 3,1 E+10	< 2,0 E+10 (H-3)	
I-131 (= I)	2 E+05	5 E+06	< 1,7 E+06	< 3,3 E+06	
IMF III, Geb. 573/574					
AAL	5 E+04	1 E+06	< 1,2 E+04	< 1,2 E+04 (A)	
ABL	5 E+06	1 E+08	< 1,3 E+05	< 1,1 E+05 (B)	
KTB/FR2, Geb. 606 - 608					
AAL	5 E+04	1 E+06	< 1,8 E+04	< 2,3 E+04 (A)	
ABL	5 E+06	1 E+08	< 1,7 E+05	< 1,9 E+05 (B)	
HTO	2 E+11	5 E+12	3,4 E+11	2,9 E+11 (H-3)	
I-131 (= I)	1 E+06	2 E+07	< 8,7 E+05	< 1,3 E+06	
IT, Geb. 601/602					
AAL	4 E+04	8 E+05	< 8,9 E+03	< 1,2 E+04 (A)	
ABL	1 E+05	3 E+06	< 8,6 E+04	< 9,7 E+04 (B)	
HTO	2 E+03	5 E+04	< 4,8 E+05	< 4,4 E+05 (H-3)	
I-131 (= I)	2 E+05	4 E+06	< 1,7 E+06	< 1,7 E+06	
IMF I, Geb. 681					
AAL	1,9 E+04	5,9 E+05	< 1,8 E+04	< 1,7 E+04 (A)	
ABL	-	-	< 1,9 E+05	< 1,5 E+05 (B)	

***Summe der Ableitungen für die Geb. 545, 553 und 555

Tab. 5/2: Fortsetzung

Nuklid Nuklidgruppe	Zulässige Ableitungen		Tatsächliche Ableitungen Bq/a	Vorjahreswert* der Ableitungen Bq/a	Grenzwertüber- schreitungen % (Woche)
	Bq/Woche	Bq/a			
KTB/HZ, Geb. 701					
AAL	1 E+06	3 E+07	< 2,4 E+04	< 2,3 E+04 (A)	
ABL	5 E+08	1 E+10	3,1 E+07	5,0 E+07 (B)	
E	4 E+12	4 E+13	1,8 E+10	6,8 E+10 (C)	
HTO	4 E+11	8 E+11	< 7,7 E+10	< 3,3 E+10 (H-3)	
HT	8 E+12	1 E+13	2,4 E+10	-	
I-129	-	-	< 1,3 E+06	< 1,6 E+06	
I-131	-	-	< 2,3 E+06	< 2,4 E+06	
I	1 E+07	3 E+08	< 1,0 E+07	< 8,6 E+06	
INE, Geb. 712					
AAL	1 E+06	3 E+07	< 1,3 E+04	< 1,9 E+04 (A)	
ABL	1 E+07	3 E+08	< 1,4 E+05	< 1,7 E+05 (B)	
IHCH, Geb. 721/724/726					
AAL	9,3 E+05	3,7 E+07	< 2,5 E+04	< 3,5 E+04 (A)	
ABL	1,9 E+08	3,7 E+09	< 2,7 E+05	< 2,9 E+05 (B)	
HTO + HT	9,3 E+10	3,7 E+11	< 4,1 E+10	< 2,5 E+10 (H-3)	
I-129	-	-	< 6,3 E+06	< 9,1 E+06	
I-131	-	-	< 9,4 E+06	< 1,0 E+07	
I	3,7 E+07	3,7 E+08	< 4,8 E+07	< 4,5 E+07	
IHCH, Geb. 725					
AAL	3,7 E+04	3,7 E+05	< 7,1 E+03	< 8,2 E+03 (A)	
ABL	9,3 E+06	3,7 E+08	< 7,9 E+04	< 7,0 E+04 (B)	
I-129	-	-	< 4,0 E+05	-	
I-131	-	-	< 7,6 E+06	< 8,0 E+06	
I	9,3 E+04	3,7 E+06	< 1,0 E+07	< 8,0 E+06	
KBG/KNK, Geb. 741					
AAL	2,8 E+05	1,1 E+07	< 1,42 E+05	-	
ABL	1,4 E+08	5,6 E+09	2,67 E+05	8,73 E+04 (B)	
E	9,3 E+12	1,5 E+14	5,73 E+12	2,54 E+12 (C)	
I-131 (= I)	9,3 E+06	3,7 E+08	< 5,05 E+06	-	
TU, Geb. 806					
AAL	3 E+04	1 E+06	3,2 E+03	2,7 E+03 (A)	
ABL	2 E+07	4 E+08	8,6 E+04	1,4 E+05 (B)	
KBG/MZFR, Geb. 901					
AAL	5 E+04	1 E+06	5,70 E+03	1,97 E+04 (A)	
ABL	5 E+07	1 E+09	3,51 E+05	6,36 E+05 (B)	
Sr-89	-	-	1,05 E+04	2,53 E+05	
Sr-90	5 E+06	1 E+08	4,00 E+04	-	
E	5 E+11	1 E+13	-	4,65 E+12 (C)	
HTO	3 E+12	3 E+13	2,36 E+13	4,21 E+13 (H-3)	
I-131 (= I)	5 E+06	1 E+08	-	4,14 E+07	
C-14	5 E+09	1 E+10	4,10 E+09	9,50 E+09	
WAK/LAVA, Geb. 1501/1531/1502					
	Bq/Tag				
AAL	3,7 E+06	3,7 E+08	1,36 E+07	2,62 E+07 (A)	
ABL	7,4 E+08	7,4 E+10	9,47 E+09	8,36 E+08 (B)	
Pu-241****	-	7,4 E+09	3,84 E+08	-	
Sr-90	-	3,7 E+09	1,85 E+08	3,98 E+07	
E (Kr-85)	1,3 E+14	1,3 E+16	3,40 E+15	1,16 E+15	
HTO	3,7 E+11	3,7 E+13	5,50 E+12	5,03 E+12 (H-3)	
I-129	-	-	1,02 E+08	7,42 E+07	
I-131	-	-	2,26 E+07	3,41 E+07	
I	1,5 E+07	1,5 E+09	6,41 E+08	3,15 E+08	
C-14	6,1 E+09	6,1 E+11	1,54 E+11	1,09 E+11	

**** Bei WAK wurden gemäß Auflage 93, 18. NT, 3. TBG die Pu-241-Werte explizit mit in die Tabelle aufgenommen. Die Pu-241-Emissionswerte sind in der Spalte für ABL berücksichtigt.

Tab. 5/2: Fortsetzung

einzelnen Radioiodisotopen angegeben, sondern auch in der mit I bezeichneten Spalte die 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 in des Jahres 1984 sind denen von 1985 in der nachfolgenden Tabelle 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.

Nuklid	Ableitung in Bq/a	
	1984	1985
A _{AL}	< 1,9 E+08	< 4,6 E+07
A _{BL}	5,5 E+09	1,5 E+10
E	1,2 E+15	3,4 E+15
HTO	4,8 E+13	3,0 E+13
I	5,8 E+08	1,1 E+09
C-14	1,2 E+11	1,6 E+11

Berechnung der Dosisexposition in der Umgebung des KfK für 1985

Zur Berechnung der Dosisexposition der Umgebung liegen über die Angaben in Tab. 5/2 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 5 % zur Gesamtemission eines Nuklids bzw. einer Nuklidgruppe beigetragen haben. Bei den in der Gruppe β -lang bilanzierten Radionukliden der Emittenten HDB-Deko, Geb. 545/555, und KTB/HZ handelt es sich zu über 90 % um Te-125m. Für das Zyklotron (KAZ) wurde Br-77 als Leitnuklid angenommen (Anteil an Gruppe β -lang ca. 60 %). Soweit eine Aufschlüsselung der Einzelnuklide für HDB, 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. 5/3. Ein Erwachsener in Leopoldshafen erhielt eine Effektivdosis von 11,3 μ Sv bei Verzehr von hypothetisch am KfK-Zaun erzeugten Lebensmitteln. Ebenso würde ein Erwachsener am KfK-Zaun eine Effektivdosis von 5,5 μ Sv bei Verzehr von in diesen Ortschaften erzeugten Lebensmitteln erhalten haben. Diese Dosismaxima liegen unter der nach § 45 der Strahlenschutzverordnung zulässigen Ganzkörperdosis von 300 μ Sv. Die mittlere Effektivdosis der Bevölkerung im Umkreis von 3 km bzw. 20 km um das Kernforschungszentrum Karlsruhe betrug im Jahr 1985 1,2 bzw. 0,3 μ Sv. Zur Berechnung wurde folgende Beziehung zugrunde gelegt:

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

wobei P_i die Einwohnerzahl und H_i 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. 5/3 (unten) sind die entsprechend berechneten maximalen Ortsdosen für 1985 denjenigen von 1984 gegenübergestellt.

Expositions- pfad	Inhalation*				Ingestion*					Gamma- sub- mer- sion	Gamma- boden- strah- lung	
	Organ	Lunge	Knochen- ober- fläche	rotes Knochen- mark	effek- tiv	Knochen- ober- fläche	rotes Knochen- mark	unterer Dick- darm	Schild- drüse Klein- kind			effek- tiv
	µSv	µSv	µSv	µSv	µSv	µSv	µSv	µSv	µSv	µSv	µSv	
Gesamt-KfK 1985												
Ort												
Graben	0,2	1,8	0,2	0,1	1,4	0,9	2,6	6,9	0,8	-	0,2	
Neudorf	0,1	1,3	0,1	0,1	1,0	0,6	1,8	4,9	0,6	-	0,1	
Friedrichstal	0,2	1,8	0,2	0,1	1,7	1,1	3,4	7,0	1,0	0,1	0,3	
Spöck	0,1	1,1	0,1	0,1	1,1	0,7	2,1	4,1	0,6	-	0,2	
Neuthard	0,1	1,4	0,1	0,1	1,3	0,8	2,6	5,3	0,8	-	0,2	
Karlsdorf	0,1	1,0	0,1	0,1	1,0	0,6	1,9	3,9	0,5	-	0,2	
Staffort	0,1	0,6	0,1	-	0,6	0,4	1,1	2,2	0,3	-	-	
Blankenloch	0,1	0,5	-	-	0,5	0,3	0,7	2,2	0,2	-	0,1	
Hagsfeld	-	0,4	-	-	0,3	0,2	0,4	1,5	0,2	-	-	
Karlsruhe	0,1	0,4	-	-	0,3	0,2	0,5	1,5	0,2	-	-	
Neureut	0,1	1,0	0,1	0,1	0,8	0,4	1,1	3,7	0,4	-	0,1	
Eggenstein	0,3	2,5	0,2	0,2	1,7	1,0	2,6	8,6	0,8	0,1	0,2	
Leopoldshafen	0,3	3,0	0,3	0,2	2,1	1,3	3,7	1,3	1,2	0,1	0,2	
Linkenheim	0,1	1,5	0,1	0,1	1,2	0,8	2,8	7,7	0,8	-	0,2	
Hochstetten	0,1	1,2	0,1	0,1	1,0	0,7	2,4	6,0	0,7	-	0,2	
Liedolsheim	0,1	0,8	0,1	0,1	0,7	0,5	1,6	3,8	0,5	-	0,1	
Rußheim	0,1	0,6	0,1	-	0,5	0,3	1,1	2,7	0,3	-	0,1	
Leimersheim	0,1	0,9	0,1	0,1	0,6	0,4	1,4	3,7	0,4	-	0,1	
KfK-Südtor	0,6	4,7	0,4	0,4	3,2	1,8	4,3	20,2	1,4	0,2	0,3	
KfK-Nordtor	0,9	13,9	1,2	0,9	14,1	9,2	33,1	55,8	9,2	0,2	2,8	
Maximale Dosis außerhalb des KfK	1,2	17,1	1,5	1,1	15,8	10,6	38,3	73,7	10,8	0,8	3,0	
Koordinaten des Dosis- maximums**	392/ 679	520/ 1483	520/ 1483	520/ 1483	520/ 1483	520/ 1483	520/ 1483	200/ 750	520/ 1483	-640/ -370	520/ 1483	
Dosis am Ort maximaler externer Dosis	0,9	17,1	1,5	1,1	15,8	10,6	38,3	66,2	10,8	0,2	3,0	
Nur WAK												
Maximale Dosis außerhalb des KfK für 1984	0,1	15,6	1,3	0,9	3,7	2,1	3,6	18,8	2,1	0,3	0,16	
Koordinaten des Dosis- maximums**	-173/ 1083	-173/ 1083	-173/ 1083	-173/ 1083	-173/ 1083	-173/ 1083	-173/ 1083	520/ 1480	-173/ 1083	0/ 1290	373/ 1630	
Maximale Dosis außerhalb des KfK für 1985	0,2	13,3	1,1	0,8	12,5	8,9	35,1	46,4	9,6	0,3	2,7	
Koordinaten des Dosis- maximums**	520/ 1483	520/ 1483	520/ 1483	520/ 1483	520/ 1483	520/ 1483	520/ 1483	520/ 1483	520/ 1483	-565/ 0	520/ 1483	

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

Tab. 5/3: Maximale Ortsdosen durch die mit der Abluft abgeleiteten radioaktiven Stoffe durch die Gesamt-KfK im Jahr 1985 und nur der WAK im Jahr 1984 und 1985

5.1.1.3 Vorausgeschätzte Strahlenexposition auf der Basis des vorläufigen Abluftplans 1986

A. Wicke

Nachfolgende Auflistung enthält die auf der Grundlage des Abluftplanes 1986 (Fassung vom Oktober 1985) vorgegebenen maximalen Emissionen (s. Tab. 5/4). Die Berechnung der Dosen basiert auf konstanter Emissionsrate \dot{A} während des Zeitraums Ω . 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.

Nr.	Emittent	Gebäude-Nr.	Kaminhöhe, m	A _{AL} , Bq	A _{BK} , Bq	A _{BL} , Bq	E+G _K , Bq	HT/HTO, Bq	I _{elem} , Bq	C-14, Bq
1	IGT	317	14	4 E+05	-	4 E+06	-	-	1 E+07	-
2a	IRCH	321	16	2 E+05	2 E+09	1 E+08	4 E+12	1,5 E+13	1 E+07	-
2b	IRCH	321a	15	3,7 E+04	2 E+09	1,9 E+08	4,5 E+13	3,7 E+10	6 E+07	-
2c	IRCH	341	15	2 E+05	1 E+08	9 E+07	3,8 E+11	5,6 E+12	1 E+07	-
3a	BFE	324	12,5	-	-	-	1 E+09	-	-	-
3b	BFE	325	12,5	-	-	-	-	1 E+08	-	1 E+08
4a	IK III (KIZ)	351	36	-	1 E+11	1 E+09	2 E+13	-	3,7 E+06	-
4b	IK III (KAZ)	351	15	-	2 E+11	2 E+09	2 E+14	-	3,7 E+06	-
4c	IK III (Boxen)	351	11	-	1 E+10	1 E+08	-	-	3,7 E+06	-
5	LIT	403/404	10	-	1 E+09	1 E+08	1 E+09	1 E+09	-	1 E+09
6a	LAF II (alt)	415/A	8	-	-	-	-	-	1 E+07	-
6b	LAF II (neu)	415/B	10	-	-	-	-	-	2 E+07	-
7	INR	423	5	-	-	-	2 E+10	1,9 E+12	-	1 E+03
8	INFP	424-426/434	10	-	-	-	6 E+11	2 E+11	-	-
9	KTB/SNEAK	452	50	7 E+06	-	3 E+09	7 E+12	-	1 E+08	-
10	HDB/Betonierung	534	8	4 E+05	-	4 E+08	-	4 E+10	-	-
11	HDB/Verbrennung	536	70	4 E+07	-	8 E+09	-	2 E+13	3,7 E+08	4 E+11
11a	HDB/Verbr. neu	536 neu	16,5	7 E+05	-	2 E+08	-	1 E+12	5 E+06	-
12	HDB/Analysenboxen	534	8	4 E+05	-	4 E+07	-	1 E+10	2 E+05	-
13	HDB/LAW-Eindampf	545/553	19	1 E+06	-	5 E+08	-	3 E+12	5 E+07	5 E+10
14	HDB/MAW-Lager	555	19	1 E+06	-	5 E+08	-	2 E+12	5 E+07	2 E+10
15	HDB/Deko + INE-Ost	548/547	15	1,2 E+06	-	2 E+08	-	1 E+12	5 E+06	-
15a	HDB/Deko-West	548	15	7 E+05	-	2 E+08	-	1 E+12	5 E+06	-
16	HDB neu	563	14	1 E+06	-	1 E+07	-	7,4 E+11	-	-
17	IMF III	573/574	5	1 E+06	-	1 E+08	-	1,5 E+12	-	-
18	KTB/FR2	607/608	99	1 E+06	-	1 E+08	1 E+10	5 E+12	2 E+07	-
18a	KTB/IT	601/605	22	8 E+05	-	3 E+06	6 E+08	1 E+07	4 E+06	-
19	TEKO	630	22,6	1,9 E+06	-	-	-	-	-	-
20	IMF I	681	9	5,9 E+06	-	-	-	-	-	-
21	IKVT	691	15	1 E+03	-	-	-	-	-	-
22	KTB/HZ	701	60	3 E+07	-	1 E+10	4 E+13	1 E+13	3 E+08	-
23	INE	712	60	3 E+07	-	3 E+08	-	1 E+09	-	-
24	IHCH	721/724/726	60	3,7 E+07	-	3,7 E+09	3,7 E+13	3,7 E+11	3,7 E+08	3,7 E+09
24a	IHCH	725	10	3,7 E+05	-	3,7 E+08	1,5 E+11	4 E+09	3,7 E+06	4 E+08
25	KBG/KNK	741	99	1,1 E+07	-	5,6 E+09	1,5 E+14	4 E+12	3,7 E+08	-
26	TU	806	50	1 E+06	-	4 E+08	2 E+12	-	7 E+07	-
27	KBG/MZFR	901	99,5	1 E+06	-	1 E+09	1 E+13	3 E+13	1 E+08	1 E+10
28	WAK	1501/31/2	60	3,7 E+08	-	7,4 E+10	1,3 E+16	3,7 E+13	1,5 E+09	6,1 E+11

Tab. 5/4: Maximal zulässige Emissionen im Bereich des KfK laut Abluftplan 1986 (Stand: Oktober 1985)

Die Dosisverteilung für die unterschiedlichen Expositionspfade wurde entsprechend den Berechnungsgrundlagen (Kap. 5.1.1.1) errechnet. Die γ -Submersionsdosis, die β -Submersionsdosis und die Dosis durch γ -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. 5/5 enthalten.

Expositionspfad Organ/Ort	Inhalationsdosis* in µSv				Ingestionsdosis* in µSv					Gamma-sub- mersion effektiv µSv	Beta-sub- mersion Haut µSv	Gamma-boden- strahlung effektiv µSv
	Lunge	Knochen- ober- fläche	rotes Knochen- mark	effektiv	Knochen- ober- fläche	rotes Knochen- mark	unterer Dickdarm	Schild- drüse Kleinkind	effektiv			
Graben	1,7	40,0	3,4	2,6	28,6	15,3	28,3	44,3	9,9	1,4	17,8	2,0
Neudorf	1,2	28,3	2,4	1,8	20,8	11,1	20,2	31,8	7,1	1,1	12,5	1,5
Friedrichstal	2,0	33,8	2,9	2,3	29,2	15,7	24,9	48,3	9,5	2,1	14,9	1,7
Spöck	1,1	19,9	1,7	1,3	17,2	9,2	14,8	26,7	5,5	0,9	8,5	1,1
Neuthard	1,3	25,6	2,2	1,7	21,4	11,4	18,9	31,7	6,9	1,3	11,0	1,5
Karlsdorf	0,9	18,6	1,6	1,2	15,8	8,4	14,0	22,7	5,1	0,8	8,0	1,1
Stauffort	0,7	11,1	1,0	0,7	9,5	5,1	8,2	14,6	3,1	0,6	4,7	0,6
Blankenloch	0,6	10,9	0,9	0,7	8,8	4,7	6,0	13,5	2,9	0,5	4,7	0,6
Hagsfeld	0,4	8,4	0,7	0,6	6,7	3,6	6,1	10,3	2,2	0,4	3,6	0,5
Karlsruhe Markt	0,4	8,0	0,7	0,5	6,2	3,4	5,8	10,0	2,1	0,3	3,4	0,4
Neureut	0,9	17,0	1,5	1,1	12,5	6,8	12,2	22,1	4,5	0,8	7,4	0,7
Eggenstein	2,4	40,2	3,5	2,7	29,7	16,4	28,8	56,1	10,9	3,0	18,1	1,6
Leopoldshafen	3,0	66,6	5,7	4,3	41,7	23,0	45,6	75,6	16,0	3,5	31,8	2,6
Linkenheim	1,7	40,1	3,4	2,6	26,1	14,3	27,8	45,6	9,9	2,0	18,9	1,7
Hochstetten	1,3	30,2	2,6	1,9	19,6	10,7	20,8	33,8	7,3	1,2	13,8	1,3
Liedolsheim	0,8	18,4	1,6	1,2	12,0	6,5	12,6	20,4	4,4	0,6	8,2	0,8
Rußheim	0,6	12,9	1,1	0,8	8,5	4,6	8,8	14,3	3,1	0,4	5,7	0,6
Leimersheim	0,8	16,8	1,4	1,1	10,9	6,0	11,5	18,9	4,0	0,6	7,5	0,7
KfK-Nordtor	11,5	300,0	25,3	19,0	233,5	125,3	270,7	325,3	81,9	18,7	138,8	22,2
KfK-Südtor	9,5	132,1	12,7	10,2	125,0	73,7	109,6	334,3	50,8	21,5	84,4	5,5
Max. Dosis außer- halb des KfK	20,5	355,1	30,0	22,8	314,5	173,9	280,7	485	110,1	62,8	264,9	22,4
Koordinaten des Dosismaximums** (x/y in m)	-565/ 0	520/ 1483	520/ 1384	200/ 750	200/ 750	200/ 750	-565/ 0	200/ 750	-565/ 0	-641/ -370	-641/ -370	420/ 1480
Dosis am Ort max. externer Dosis	12,3	176,1	16,5	13,1	168,9	99,5	161,5	420	69,7	63,8	264,9	8,3

*Über 50 Jahre integrierte Folgedosen
**Koordinatenursprung ist der FR 2-Kamin

Tab. 5/5: Ortsdosen für das Jahr 1986 in der Umgebung des KfK, berechnet auf der Basis des Abluftplans 1986 (Stand: Oktober 1985)

Die direkte Effektivdosis (Summe der externen und der Inhalationsdosis) erreicht 87 µSv/a, die Schilddrüsendosis eines Kleinkindes durch Iodigestion 485 µSv/a, jeweils am Zaun des KfK. Damit werden die beiden Grenzwerte von 300 µSv/a Effektivdosis sowie 900 µSv/a Schilddrüsendosis durch Iodigestion unterschritten. (Dabei ist unterstellt, daß der Grenzwert der Effektivdosis gleich dem bisherigen Grenzwert der Ganzkörperdosis, nämlich 300 µSv/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 10,7 µSv/a) die höchste in der Umgebung zu erwartende effektive Ingestionsdosis addiert. Konservativerweise wird dafür das fiktive Dosismaximum (110 µSv/a) gewählt. Die gesuchte Effektivdosis unter Berücksichtigung des Ingestionspfades liegt daher in Leopoldshafen (ungünstigster Ort) knapp über 120 µSv/a. Die mittlere zu erwartende Effektivdosis der Bevölkerung in der Umgebung des KfK beträgt für 1986 19,2 µSv im Umkreis von 3 km und 5,1 µSv im Umkreis von 20 km zum KfK (vgl. Kap. 5.1.1.2).

5.1.1.4 Die Aktiniden- und Sr-90-Emissionen mit der Abluft wichtiger Emittenten des KfK und der WAK

S. Erat, K. Bender

Die Verbrennungsanlage (Verbr.) des KfK sowie die WAK sind die bedeutendsten Emittenten dieser radioaktiven Stoffe. Die abgeleiteten Aerosolaktivitäten werden täglich über Aerosolfilter im Bypass erfaßt und hieraus Monatsmischproben hergestellt. Die Aufarbeitung der Mischproben zur nuklidspezifischen Analyse geschieht monatlich. Die Messung der Aktiniden erfolgt α -spektrometrisch, die des Sr-90 im Proportionalzähler. Die Ergebnisse der Messungen der Abluftemissionen sind in Tab. 5/6 wiedergegeben.

Monat	Emissionsraten in kBq/Monat												
	Pu-238		Pu-239+240		Pu-241		Am-241		Cm-242		Cm-244		Sr-90
	WAK	Verbr.	WAK	Verbr.	WAK	Verbr.	WAK	Verbr.	WAK	Verbr.	WAK	Verbr.	Verbr.
1984													
Januar	79	84	125	14	9000	900	76	246	111	< 0,2	40	5,1	3,8
Februar	160	14	261	12	20000	500	173	18	78	< 0,2	38	0,6	79
März	113	10320	187	480	16000	45000	141	552	230	< 0,1	44	27	326
April	144	16	235	2,2	13000	100	20	2,6	65	0,2	15	0,6	2,8
Mai	64	11	108	0,8	8000	23000	18	1,6	20	< 0,02	5	0,3	< 1,4
Juni	0,8	24	1,0	21	100	1900	0,7	18	< 0,1	< 0,1	< 0,2	< 0,2	14
Juli	0,3	18	0,4	6	100	380	0,7	3,4	< 0,2	< 0,1	< 0,1	< 0,2	33
August	1,7	147	1,1	15	< 100	800	1,0	30	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,4	23
September	< 0,4	6,6	1,1	5,7	< 100	380	0,3	6,7	< 0,1	< 0,3	< 0,1	5,9	43
Oktober	< 0,5	138	< 0,5	79	< 100	500	< 0,6	74	< 0,2	< 1,1	< 0,3	< 0,8	39
November	0,4	2,7	0,3	2,6	< 300	190	0,4	5,9	< 0,1	0,1	< 0,1	0,2	26
Dezember	0,9	42	0,3	5,6	100	500	0,5	5	< 0,1	0,1	< 0,2	0,2	1,7
1985													
Januar	< 0,6	1610	0,7	96	< 79	13000	0,7	128	< 0,1	< 0,1	< 0,1	36	252
Februar	0,4	4150	< 0,4	239	140	27000	0,6	239	< 0,1	1,7	0,1	4,1	1713
März	180	1360	166	65	16000	8000	61	-	21	-	78	-	23
April	1190	120	450	9	70000	1200	950	-	300	-	1410	-	2
Mai	2160	8	810	4	150000	< 86	146	-	78	-	171	-	< 1
Juni	1240	64	429	33	70000	2600	63	-	29	-	122	-	6
Juli	64	370	23	237	4800	20000	346	-	152	-	630	-	9
August	< 1,5	192	< 0,8	59	73	5000	1,2	-	< 0,2	-	0,3	-	8
September	< 1,2	-	0,9	-	126	-	0,6	-	< 0,1	-	< 0,2	-	-
Oktober	< 1,1	-	< 1,0	-	107	-	0,5	-	< 0,1	-	< 0,2	-	-
November	50	17	-	-	2000	-	15	-	5,4	-	30	-	-
Dezember	30	-	12	-	2000	-	10	-	2,5	-	15	-	-

Tab. 5/6: Die Aktiniden- und Sr-90-Emission mit der Abluft der WAK und der Verbrennungsanlage (Verbr.)

5.1.1.5 Messung der mit der Fortluft abgeleiteten radioaktiven Aerosole durch γ -Spektrometrie

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

Seit Februar 1982 wurden aus im betreffenden Zeitraum exponierten Bypass-Aerosolfiltern einiger kerntechnischen Anlagen der KfK GmbH Quartalsmischproben hergestellt. Aus den vorhandenen Aerosolfiltern, die jeweils wöchentlich gewechselt werden, wurde je ein Filterstück ausgestanzt und eine Mischprobe hergestellt. Diese Quartalsmischproben wurden mindestens 200 min γ -spektrometrisch gemessen. Die abgeleitete Aktivität A wurde unter der Annahme einer konstanten Aktivitätskonzentration in der Fortluft berechnet:

$$A = A_F \cdot \frac{F_1}{F_2} \cdot \exp(\lambda \cdot \Delta T_1) \cdot \frac{\dot{V}_K}{\dot{V}_B} \cdot \frac{\lambda \cdot \Delta T_2}{1 - \exp(-\lambda \cdot \Delta T_2)}$$

Hierin bedeuten:

- A = Abgeleitete Aktivität
- A_F = Aktivität der Quartalsmischprobe
- F₁ = Exponierte Fläche eines Bypass-Aerosolfilters
- F₂ = Exponierte Fläche eines ausgestanzten Mischprobenfilters
- λ = Zerfallskonstante des identifizierten Radionuklids
- ΔT₁ = Zeit zwischen Ende der Sammelperiode und Messung der Mischprobe
- ΔT₂ = Zeit zwischen Anfang der Sammelperiode und Ende der Sammelperiode
- ṽ_K = Volumenstrom im Fortluftkamin
- ṽ_B = Volumenstrom im Bypass

Die Aerosolfilter, die zur Bilanzierung der abgeleiteten radioaktiven Aerosole aus der Verbrennungsanlage (HDB, Geb. 536) dienen, werden jeweils arbeitstäglich gewechselt. Bei der großen Anzahl anfallender Filterstücke ist es nicht mehr sinnvoll, daraus Quartalsmischproben herzustellen. Es werden daher Monatsmischproben angefertigt und jeweils 60 min gemessen. Die in der unten stehenden Tab. 5/7 angeführten Quartalsemissionsraten sind im Falle Geb. 536 Summen der Monatsemissionsraten für die Monate des jeweiligen Quartals.

Anlage	Nuklid	Emissionsrate in kBq/Quartal			
		I/1986	II/1986	III/1986	IV/1986
HDB, Geb. 536	Co-60	2 500	530	< 360	800
"	Zn-65	6 300	25 000	7 400	2 250
"	Ru-106	106 000	67 000	450 000	149 000
"	Ag-100m	1 350	3 100	3 600	900
"	Sb-125	30 000	6 200	21 000	24 500
"	Cs-134	19 700	27 100	82 000	82 000
"	Cs-137	390 000	550 000	860 000	510 000
Geb. 545	Te-125m	470	110	530	80
"	Cs-137	< 1,3	7,8	2,9	< 1,1
"	Am-241	< 1,2	< 1,2	4,4	< 0,83
Geb. 555	Cs-137	< 0,85	2,3	< 0,46	< 0,30
Geb. 548 Ost	Co-60	< 1,9	3,7	< 1,9	3,6
"	Cs-137	1,9	4,9	4,1	4,1
Geb. 548 West	Cs-137	< 1,0	2,7	1,3	< 1,0
IHCh, Geb. 721-724	Sb-125	< 4,9	< 5,7	< 3,5	4,0
"	Cs-137	< 1,7	3,9	5,3	4,9
Geb. 726	Cs-137	< 0,5	2,1	0,43	0,26
KTB/HZ	Sb-125	890	3 300	710	460
	Te-125m	< 500	9 700	680	1 110
	Cs-137	57	47	< 9,1	7,7
	Lu-177m	< 17	20	< 15	< 10,1

Tab. 5/7: γ-spektrometrisch ermittelte Radionuklidemissionen mit der Fortluft wichtiger kerntechnischer Anlagen des KfK

5.1.2 Abwasser

5.1.2.1 Abwasserüberwachung

K.-G. Langguth, S. Koberger, K. Maurer, E. Meyer

Die Überwachung der radioaktiven Abwässer wird von der Hauptabteilung Sicherheit im Rahmen der vom Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung des Landes Baden-Württemberg erteilten atomrechtlichen Genehmigung durchgeführt. Das im KfK anfallende Abwasser setzt sich zusam-

men aus den Regenerierabwässern (KNK), aus den Chemieabwässern der verschiedenen Institute, Reaktoren, der Wiederaufarbeitungsanlage und aus den häuslichen Abwässern. Regenerier- und häusliche Abwässer sind als aktivitätsfrei anzusehen und werden deshalb der Kläranlage ohne vorangehende Aktivitätskontrollmessung zugeführt. Abb. 5/1 zeigt ein vereinfachtes Fließschema der Abwässer des KfK. Die Kühlwässer fließen zusammen mit dem Regenwasser in den unmittelbar an das KfK angrenzenden Hirschkanal, dessen Aktivitätskonzentration durch kontinuierliche Probenahme überwacht wird (s. Kap. 5.1.3).

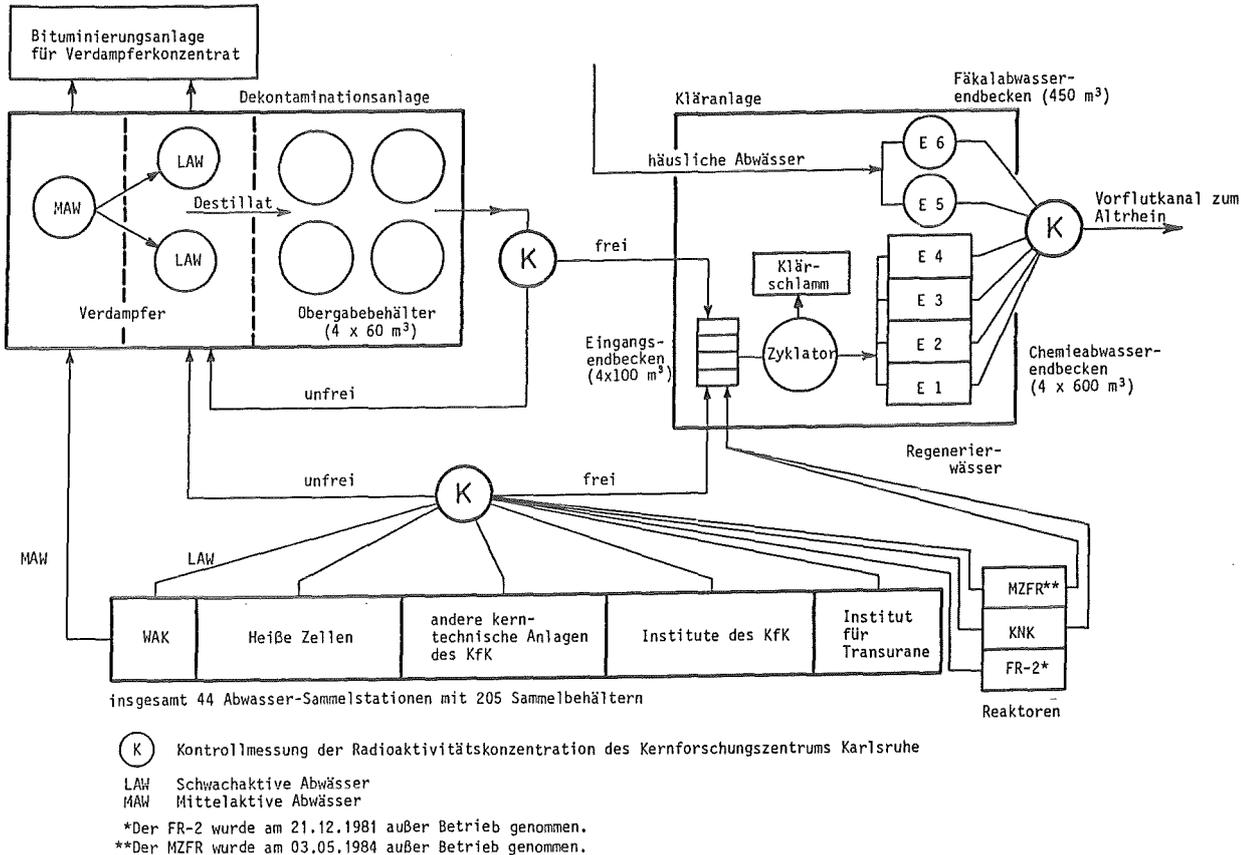


Abb. 5/1: Vereinfachtes Fließschema der Abwässer des KfK

Die im KfK anfallenden Chemieabwässer - Sammelbegriff für mehr oder weniger radioaktive Labor- und Prozeßabwässer - lassen sich hinsichtlich ihrer Aktivitätskonzentration in zwei Klassen einteilen: in "schwachaktive" Abwässer (LAW) mit Konzentrationen bis maximal 2 GBq/m^3 und "mittelaktive" Abwässer (MAW) mit Konzentrationen zwischen 2 GBq/m^3 und 2 TBq/m^3 . Geringe Mengen "hochaktiver" Abwässer mit Konzentrationen oberhalb 2 TBq/m^3 werden bei der WAK bis zu einer späteren Verfestigung zwischengelagert. Diese grobe Einteilung der Abwässer nach Konzentrationsbereichen ist zwar willkürlich, doch für die Praxis unentbehrlich. Mittelaktive Abwässer werden aufgrund dieser Einstufung sofort, d. h. ohne vorherige Kontrollmessung in die Dekontaminationsanlage für flüssige radioaktive Abfälle überführt. Die schwachaktiven und die möglicherweise radioaktiv kontaminierten Chemieabwässer werden zunächst in 44 Abwassersammelstationen mit 205 Abwassertanks gesammelt (s. Abb. 5/1). Erst die von der Gruppe "Abwasserüberwachung" durchgeführten Kontrollmessungen entscheiden über die Freigabe dieser Abwässer im Sinne der geltenden atomrechtlichen Genehmigung. Danach "unfreie" Abwässer werden mit abgeschirmten Tankfahrzeugen zu den LAW-Verdampfern der Dekontaminationsanlage gebracht, in die auch die Destillate des MAW-Verdampfers überführt werden. Die relativ kleinen Mengen der MAW- und LAW-Verdampferkonzentrate, welche die angereicherte Abwasserradioaktivität enthalten, gelangen in die Zementierungsanlage, wo sie in eine endlagerungsfähige Form überführt werden.

Schwachaktive Chemieabwässer, die sich aufgrund der Kontrollmessung als "frei" erwiesen haben, und die "freien" Destillate der Dekontaminationsanlage sowie die Regenerierabwässer gelangen über das Kanalisationsnetz von den Abwassersammelstationen direkt in die Eingangsbecken (s. Abb. 5/1) der Kläranlage und schließlich in die vier Endpufferbecken für Chemieabwässer mit je 600 m³ Fassungsvermögen. Die häuslichen Abwässer werden in die zwei Endpufferbecken für Fäkalabwässer mit je 450 m³ Inhalt eingeleitet. Vor der Ableitung aller Abwässer in den Vorfluter erfolgt eine Endkontrollmessung im Sinne einer Entscheidungsmessung über die Freigabe. Über einen 2,9 km langen Rohrkanal gelangen die Abwässer in einen als Vorfluter dienenden Altrheinarm, ehe sie - über eine Distanz von 23,6 km gemischt mit Oberflächenwasser - den Rhein erreichen. Zusätzlich zu den Entscheidungsmessungen, die vor Abgabe von Abwasser aus den Abwassersammelstationen und den Endpufferbecken durchgeführt werden, sind aufgrund einer Auflage des Ministeriums für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung Baden-Württemberg (SM) die vom Länderausschuß für Atomenergie am 08.10.1974 verabschiedeten "Regeln für Messung und Kontrolle von Ableitungen radioaktiver Wässer aus Kernkraftwerken" (s. Bundesgesundheitsblatt 16 (1973), S. 230) anzuwenden. Diese Regeln verlangen zur Bilanzierung nuklidspezifische Aktivitätsbestimmungen durch Analyse von Wochen- und Monatsmischproben, die mengenproportional aus Teilmengen der einzelnen abgeleiteten Abwasserchargen aus den Endpufferbecken herzustellen sind.

Die Eigenüberwachung der radioaktiven Emissionen mit dem Abwasser aus dem 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 (SM) 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 1985 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	H-3	α-Spektroskopie	γ-Spektroskopie	β-Energiebestimmung	
Abwasser aus								
- Abwassersammelstation	8 953	8 953	8 953	2 210	535	1 306	544	22 501
- Endpufferbecken	501	501	501	501	0	501	0	2 004
- Endpufferbecken (Mischproben)	64	64	64	64	0	0	0	192
Schlamm aus Zyklator und Abwassersammelstationen	130	130	130	0	0	0	0	260
Wasserproben FR2 (Brauchwasserfilter und Absetzbecken)	111	111	111	111	0	111	0	444
Luftfeuchteproben zur Abluftüberwachung (FR2, Abwasser-, Gerätedekontaminations- und Verbrennungsanlage, IRCH, IHCH, HZ)	946	0	0	946	0	0	0	946
Sonderproben und Auftragsmessungen	6 687	3 269	3 269	3 418	60	1 085	10	11 111
Proben im Rahmen von radioökologischen Forschungsarbeiten	287	51	0	236	0	0	0	287
Summe 1985	17 679	13 079	13 028	7 486	595	3 003	554	37 745
Summe 1984	18 292	13 672	13 672	9 032	428	4 004	1 379	42 187

Tab. 5/8: Art und Anzahl der Proben sowie der 1985 durchgeführten Einzelmessungen

In Tab. 5/9 ist die Verteilung der angefallenen Abwasseraktivität auf die verschiedenen Anlagen und Institute des KfK, geordnet nach abnehmender β -Aktivität, wiedergegeben. Es wurden nur solche Anlagen oder Institute einzeln aufgeführt, deren Beitrag zur Abwasseraktivität über 1 % lag.

Abwassersammelstation des KfK	Nachgewiesene α -Aktivität		Nachgewiesene β -Aktivität ohne Tritium		Abwassermenge	
	MBq	%	MBq	%	m ³	%
MZFR	73	< 0,1	1 920 000	96,0	1 100	1,2
Gerätedekontaminationsanlage	276 000	99,6	48 100	2,4	303	0,3
KNK	52	< 0,1	13 300	0,7	104	0,1
Heiße Zellen	240	< 0,1	9 320	0,5	1 810	2,0
Restliche Abwassersammelstationen	635	0,2	9 280	0,5	89 100	96,4
Summe 1985	277 000	100	2 000 000	100	92 400	100
Summe 1984	534 000	-	339 100	-	96 300	-

Tab. 5/9: Herkunft und Aktivitätsanteil der 1985 im KfK angefallenen schwachaktiven Abwässer

Die insgesamt aus dem KfK mit dem Abwasser abgeleitete Radioaktivität ist in Tab. 5/10 aufgeführt. Zum Vergleich sind wiederum die Vorjahreswerte angegeben.

Jahr		1985	1984
Aus dem KfK abgeleitete Abwassermenge in m ³		277 430	314 250
Anzahl der abgeleiteten Endbeckenfüllungen		501	576
	α gesamt	86	86
	β gesamt (ohne Tritium)	1 220	1 690
Mit dem Abwasser abgeleitete nachgewiesene Aktivität* in MBq	H-3	96,3 · 10 ⁶	102 · 10 ⁶
	Co-56	0	3,1
	Se-75	0,8	6,9
	Sr-89	9,1	51,5
	Sr-90	32,0	222,2
	Sb-125	2,8	19,7
	Cs-137	83,3	91,7
	Pu-238	5,5	5,0
	Pu-239+240	6,9	5,9
	Am-241	13,9	0

* Die abgeleiteten Gesamtaktivitäten wurden durch Summation der Einzelableitungen, die abgeleiteten nuklidspezifischen Aktivitäten anhand von mengenproportionalen Monatsmischproben bestimmt.

Tab. 5/10: 1984 und 1985 aus dem KfK in den Altrhein bei Leopoldshafen abgeleitete Abwassermenge und Abwasseraktivität

Einen Überblick über die Entwicklung der mit dem Abwasser des KfK in den letzten 17 Jahren in den Vorfluter abgeleiteten Radioaktivität gibt Abb. 5/2.

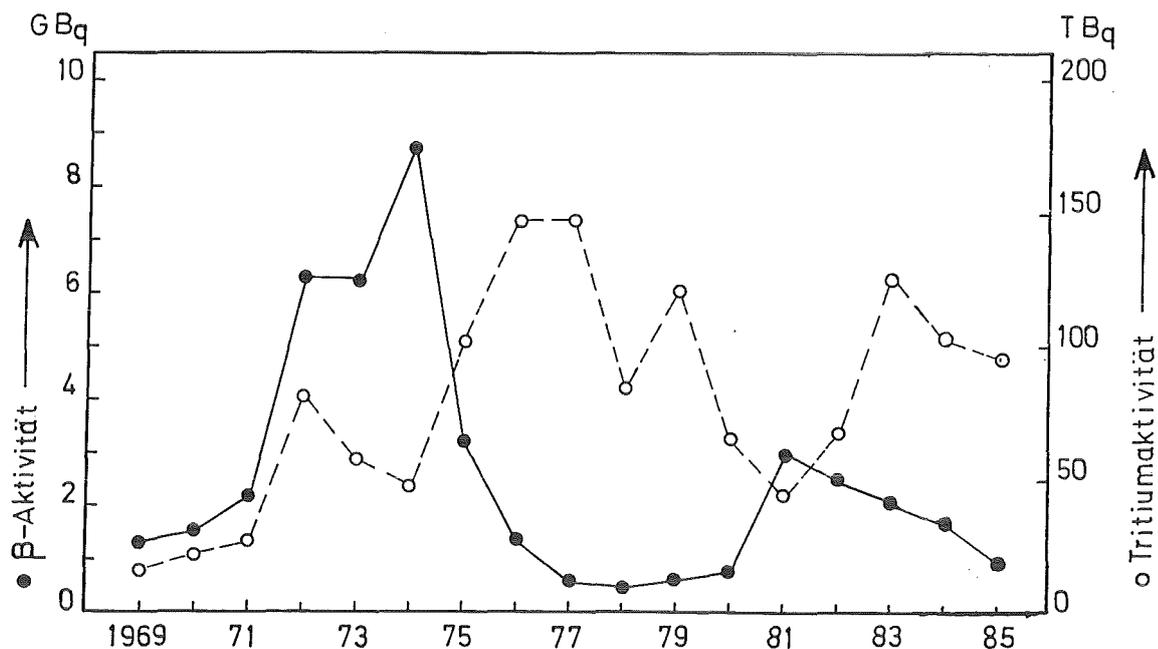


Abb. 5/2: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem KfK jährlich abgeleiteten β - und Tritiumaktivität seit 1969

5.1.2.2 Die Aktiniden- und Sr-90-Emissionen mit dem Chemieabwasser des KfK

S. Erat, K. Bender, P. Perchio

Die in Monatsmischproben des Chemieabwassers der KfK bestimmten Aktivitätsgehalte an Sr-90, Pu-238, Pu-239+240 und Pu-241 basieren auf einer mengenproportionalen Probenahme im Chemieendbecken. Hierzu werden jeweils entsprechende Teilmengen der einzelnen, während eines Monats abgeleiteten, Abwasserchargen entnommen und zu einer Mischprobe vereinigt. Die nuklidspezifischen Analysen erfolgen an einer Teilmenge der Monatsmischprobe. Hierbei wird das Radiostrontium als SrSO_4 -Präparat in einem Low-level- β -Meßplatz gemessen. Die Plutoniumisotope werden gemeinsam in einer Elektrolysezelle durch Elektrodeposition auf Edelstahlplättchen abgeschieden. Der schwache β -Strahler Pu-241 wird im Flüssigszintillationsspektrometer gemessen, die α -Strahler Pu-238 und Pu-239+240 werden α -spektrometrisch bestimmt. Die 1985 erfolgten monatlichen Aktivitätsabgaben aus dem Chemieendbecken des KfK sind hierfür Tab. 5/11 zu entnehmen.

Monat	Emissionsraten in MBq/Monat			
	Pu-238	Pu-239+240	Pu-241	Sr-90
Januar	0,07	0,20	< 23	3,20
Februar	0,17	0,26	< 15	1,46
März	0,95	0,86	< 73	2,40
April	< 0,24	< 0,24	< 35	2,18
Mai	0,38	0,49	< 30	3,39
Juni	< 0,18	< 0,34	< 30	2,07
Juli	0,60	0,65	22	8,90
August	0,85	1,29	62	1,47
September	0,25	0,29	36	0,60
Oktober	0,20	0,25	24	1,10
November	1,95	2,34	105	0,81
Dezember	0,18	0,25	< 20	4,39

Tab. 5/11: Emissionsraten mit dem Chemieabwasser des KfK 1985

5.1.3 Umgebung

D. Papadopoulos, S. Hempelmann, R. Schartz

Auflagenbedingte Routineüberwachung

Die Umgebungsüberwachung des KfK umfaßt eine Fläche von knapp 300 km², die im Westen vom Rhein und sonst von einem Kreis von 10 km Radius um das KfK begrenzt wird. In diesem Gebiet wohnen, verteilt auf 20 Ortschaften, rund 100 000 Menschen.

Die der routinemäßigen Umgebungsüberwachung des KfK dienenden Meß- und Probenahmestellen sind aus der Landkarte zu entnehmen. (Genehmigungsvermerk des Landesvermessungsamtes Baden-Württemberg: "Kartengrundlage: Top. Karte 1:50000, Ausschnitt aus Blatt L6916, herausgegeben vom Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, Büchsenstraße 54, 7000 Stuttgart, 1. Vervielfältigung genehmigt unter Az.: 5.11/228. Thematisch ergänzt durch KfK.) Die Gestalt des bestehenden Überwachungsnetzes von Meß- und Probenahmestellen wird weitgehend durch die meteorologischen Verhältnisse, die Lage der benachbarten Ortschaften, den Verlauf der natürlichen und künstlichen Wasserwege sowie durch die Lage und Größe der landwirtschaftlichen Nutzflächen bestimmt.

Innerhalb des gesamten Überwachungsbereiches bildet der betriebliche Überwachungsbereich des KfK selbst - das ist die 2,1 km² große Fläche innerhalb des Zaunes - einen besonderen Bereich, da hier schon im normalen Betriebszustand der Anlagen eine erhöhte Ortsdosisleistung herrschen kann. Das Meßstellennetz ist deshalb hier (s. Lageplan) wesentlich dichter als in der eigentlichen Umgebung.

Die Umgebungsüberwachung des KfK wurde auch 1985 nach der vom SM gebilligten und am 1. Januar 1981 in Kraft getretenen Fassung des Umgebungsüberwachungsprogramms durchgeführt. In der meßtechnischen Gliederung ist das Programm dreigeteilt und die Meßergebnisse werden entsprechend dieser Gliederung dargestellt:

Direktmessung der Strahlung	Radioaktivitätsmessungen	Meßfahrten des Störfallmeßprogramms
- Zählrohraußenstationen	- Luft	- Luft
- Zählrohr-Monitor-Anlage	- Niederschlag	- γ Strahlung
- Dosisleistungsmeßanlage	- Wasser	- Aerosole
- Festkörper-Dosimeter	- Oberflächenwasser	- Elementares Iod
	- Grund- und Trinkwasser	- Bodenoberfläche
	- Biologisches Material	
	- Schlamm	
	- Seston	
	- Fisch	
	- Wasserpflanzen	
	- Bewuchs	
	- Landwirtschaftliche Produkte	
	- Boden	

Direktmessung der Strahlung

Zählrohraußenstationen

Die Monatsmittelwerte von 1985 der mit unabgeschirmten Zählrohren vom Typ BZ-120 bestückten sieben Außenstationen und der KfK-Station streuen insgesamt zwischen rund 6 ips und 12 ips. Die Jahresmittelwerte liegen enger beieinander. Der Gesamtmittelwert für 1985 ergibt sich zu 8 ips.

Zählrohr-Monitor-Anlage zur Überwachung des Betriebsgeländes des KfK ohne WAK

Der Nullpegel der γ -Ortsdosisleistung im KfK lag an der unteren Meßbereichsgrenze von 0,1 $\mu\text{Sv/h}$. Von den 14 Niederdosisleistungsmeßstellen mit einem Meßbereich von 0,1 $\mu\text{Sv/h}$ bis 0,1 mSv/h befindet sich die Meßstelle Nr. 15 in der Eichhalle der HS/D. Die Registrierungen der γ -Dosisleistung dieser Meßstelle entsprechen zeitlich und dem Betrage nach den in der Eichhalle durchgeführten routinemäßigen Bestrahlungen. An den übrigen im Freien installierten 13 Meßstellen der Niederdosisleistung wurden vier Überschreitungen der eingesetzten Warnschwelle von 10 $\mu\text{Sv/h}$ an der Meßstelle Nr. 5 beobachtet. Die Überschreitungen dauerten maximal 30 min, die Dosisleistung lag max. bei 47 $\mu\text{Sv/h}$. In allen Fällen waren Röntgenarbeiten im KNK-Bereich die Ursache.

Von den elf Hochdosisleistungsmeßstellen der Zählrohr-Monitor-Anlage mit einem Meßbereich von 0,10 mSv/h bis 10 Sv/h wurde 1985 in keinem Fall eine γ -Ortsdosisleistung oberhalb der unteren Meßbereichsgrenze dieser Detektoren gemessen.

Zählrohr-Monitor-Anlage zur Überwachung des Betriebsgeländes der WAK

Zwei der insgesamt sechs Meßstellen sind Hochdosisleistungsmeßstellen. Im Meßbereich dieser Detektoren wurden auch 1985 keine Meßwerte registriert. An den übrigen vier Meßstellen der ($\beta + \gamma$ -Niederdosisleistung (BZ-120-Zählrohre, Fa. Berthold, Wildbad) wurden 55 Überschreitungen der eingestellten Warnschwellen von 67 ips beobachtet. Alle Überschreitungen wurden durch Röntgenarbeiten oder Brennelementauflösungen verursacht.

Dosisleistungsmeßanlage

An den beiden Meßhütten "Nordost" und "West" wurde keine Überschreitung der eingestellten Dosisleistungsschwelle von 0,2 $\mu\text{Sv/h}$ registriert.

Festkörperdosimeter

Das innere Meßstellennetz einschließlich der Dosimetermeßstellen entlang der Grenze des betrieblichen Überwachungsbereiches zeigt der Lageplan. Von den hier gezeigten Standorten gehören jedoch nur die fünf Meßstellen an der Betriebsgeländegrenze der WAK und die 129 Meßstellen entlang des betrieblichen Überwachungsbereiches (der Lageplan zeigt nur jede zweite Meßstelle) zum auflagebedingten Überwachungsprogramm. In einem Abstand von rund 10 m von den Gebäudeaußenwänden des Pufferlagers für LAW-Endabfälle (Geb. 519 und 526) wurden acht Meßstellen errichtet; Dosimeterwechsel und Messung erfolgen hier alle drei Monate. Das äußere Dosimetermeßstellennetz besteht aus zwei Ringen um das KfK mit Durchmesser von 4 km (36 Meßstellen) und 6 km (54 Meßstellen). Ferner gehören dazu sieben der acht Dosimetermeßstellen an den Zählrohrstationen in benachbarten Ortschaften. Alle anderen in diesem Lageplan verzeichneten Meßstellen dienen besonderen Überwachungsmaßnahmen.

Alle Meßstellen wurden einheitlich mit je einem Paar Thermolumineszenzdosimeter (LiF-Preßlinge, gekapselt mit 500 mg/cm^2 Plexiglas) ausgerüstet. Mit Ausnahme der 90 Meßstellen der beiden äußeren Meßstellenringe wurden alle Meßstellen zusätzlich mit je einem Paar kugelgekapselter Phosphatglasdosimeter bestückt. Neben der Möglichkeit von Mehrfachauswertungen der Glasdosimeter bei den Meßstellen des inneren Meßstellennetzes können bei Bedarf auch rasch ausführbare Zwischenauswertungen erfolgen. Mit Ausnahme der Festkörperdosimeter des Pufferlagers (s. o.) betragen die routinemäßigen Expositionsintervalle der erwähnten Festkörperdosimeter jeweils rund sechs Monate; Aushängen erfolgt im Mai und November.

Für den Expositionszeitraum von November 1984 bis November 1985 ergaben sich für die auflagebedingten Meßstellen die in Tab. 5/12 zusammengestellten Jahresdosiswerte. Die mit Phosphatglas- und Thermolumineszenzdosimetern gemessenen Jahreswerte zeigen eine gute Übereinstimmung.

Meßstellengruppe	Anzahl der Meßstellen	Dosis in mSv		
		Mittelwert	min. Wert	max. Wert
Grenze des betrieblichen Überwachungsbereiches des KfK	129	0,62	0,49	0,70
Betriebsgeländegrenze der WAK	5	0,61	0,59	0,62
Unmittelbare Umgebung des Zwischenlagers der LAW-Endabfälle, Geb. 519 und 526	8	0,91	0,73	2,74
Zählrohrstationen (benachbarte Orte des KfK)	8	0,67	0,61	0,72
Meßstellen um das KfK mit 4 km Durchmesser	36	0,61	0,54	0,69
Meßstellen um das KfK mit 6 km Durchmesser	54	0,63	0,57	0,92

Tab. 5/12: Mittelwerte und Streubereiche der mit Thermolumineszenzdosimetern gemessenen Dosiswerte für die Periode November 1984 bis November 1985

Radioaktivitätsmessungen

Luft (Aerosole und gasförmiges Iod)

Zur Überwachung der Aerosolaktivität werden in den Meßhütten "West", "Nordost" und "Forsthaus" Aerosolfilter bestaubt. Die Meßhütten "West" und "Nordost" befinden sich im betrieblichen Überwachungsbereich innerhalb der beiden Hauptausbreitungssektoren vom FR2 aus gesehen. Die Meßhütte "Forsthaus" liegt nordöstlich der WAK und damit am Rande des Hauptausbreitungssektors, bezogen auf den Abluftkamin der WAK. Die Luftstaubmessung erfolgt auf Filtern von 20 cm Durchmesser. Der Filterwechsel geschieht zweimal wöchentlich, jeweils montags und donnerstags. Die Bestimmung der langlebigen α - und β -Aktivität erfolgt jeweils ca. sieben Tage nach der Filterentnahme. Wenn der Mittelwert der β -Aktivität eines Quartals $>1,9 \text{ mBq/m}^3$ ist, wird die Sr-90-Aktivität des Quartals bestimmt. Die Quartalsmittelwerte der β -Aktivität blieben unterhalb $1,9 \text{ mBq/m}^3$, weshalb die Sr-90-Aktivitätsbestimmung für das Jahr 1985 entfiel. Die Messung der I-131-Aktivitätskonzentration ergab keine Meßwerte oberhalb der Nachweisgrenze. Darüber hinaus werden monatlich eine γ -spektrometrische Analyse der Aerosolaktivität und eine radiochemische Bestimmung von Pu-238 und Pu-239+240 durchgeführt. Tab. 5/13 gibt die Ergebnisse wieder. Es wurden nur diejenigen Nuklide berücksichtigt, deren Konzentration mindestens einen Monat über der Nachweisgrenze lag.

Nuklid	Maximale spezifische Aktivität in $\mu\text{Bq/m}^3$		
	Meßhütte "Nordost"	Meßhütte "West"	Meßhütte "Forsthaus"
Be-7	3 600	4 100	3 100
Cs-137	450	240	1 300
Cs-134	-	11	49
Ce-144	-	-	97
Co-60	43	23	87
Na-22	36	42	-
Pu-238	2,3	0,93	1,2
Pu-239+240	1,6	0,58	0,56

Tab. 5/13: Maximale spezifische Aktivität der in der Umgebungsluft nachgewiesenen Einzelnuclide im Jahr 1985

Niederschlag

Auf den Meßhütten "Nordost" und "West" und nordöstlich der WAK werden Niederschläge gesammelt und zweimal monatlich ihre α -, β - und Tritiumkonzentration gemessen. Eine radiochemische Strontiumbestimmung und eine γ -spektrometrische Untersuchung werden auflagebedingt nur bei Überschreitung des vorgegebenen Grenzwertes von $7,4 \text{ Bq/l}$ für die β -Gesamtaktivitätskonzentra-

tion vorgenommen. Dieser Grenzwert wurde 1985 nicht überschritten. Die Tritiumkonzentration im Niederschlag sowie die Flächenbelastung durch Niederschlag sind für die Meßhütten "Nordost", "West" und "Sammelstelle WAK" in Tab. 5/14 eingetragen. Die α - und Rest- β -Aktivitätskonzentrationen der Monatsproben lagen im allgemeinen unter der Nachweisgrenze. Die höchsten Meßwerte lagen bei 0,16 Bq α -Aktivität/l und 0,74 Bq Rest- β -Aktivität/l.

Probenahmezeitraum	Tritiumaktivitätskonzentration a_{H-3} in Bq/l und Flächenbelastung f_{H-3} in kBq/m ² an der Probenahmestelle					
	Meßhütte "Nordost"		Meßhütte "West"		"Sammelstelle WAK"	
	a_{H-3}	f_{H-3}	a_{H-3}	f_{H-3}	a_{H-3}	f_{H-3}
Januar	10	0,5	< 7	< 0,4	24	1,2
Februar	21	1,1	22	1,2	< 6	< 0,3
März	7	0,3	6	0,3	18	0,8
April	11	0,5	< 7	< 0,4	48	1,9
Mai	12	1,0	< 7	< 0,6	16	1,4
Juni	17	1,0	< 4	< 0,3	62	4,0
Juli	< 9	< 0,8	< 7	< 0,6	25	1,8
August	10	0,7	< 10	< 0,6	7	0,5
September	15	0,5	16	0,4	5	0,2
Oktober	< 6	< 0,7	< 7	< 0,8	10	0,9
November	15	< 1,0	< 9	< 0,6	70	4,8
Dezember	< 7,8	< 0,5	< 16	< 1,0	34	2,1

Tab. 5/14: H-3-Aktivitätskonzentration im Niederschlag und Flächenbelastung durch Niederschlag im Jahr 1985

Oberflächenwasser

Sammelstelle Hirschkanal

Die α -, β -Brutto- und die Tritiumaktivität im Hirschkanal werden nahe der NO-Ecke des KfK überwacht. Die Probenahmestelle liegt unterhalb der Wasserausläufe der sechs Sandfänge des KfK, über die alle Regen- und Kühlwässer des KfK (ca. $3 \cdot 10^6$ m³/a) in den Hirschkanal eingeleitet werden. Die Aktivität wird wöchentlich in kontinuierlich entnommenen Mischproben bestimmt. Die β -Aktivitätskonzentrationen der Wochenmischproben waren alle < 740 mBq/l, weshalb γ -spektrometrische Untersuchungen in keinem Fall durchgeführt werden mußten. Die α -Aktivitätskonzentrationen waren < 80 mBq/l. Die Tritiumaktivitätskonzentrationen lagen zwischen 10 Bq/l und 15 Bq/l.

Sammelstelle Altrhein

Die langlebige β -Bruttoaktivität und die Tritiumaktivität des Altrheins werden durch kontinuierliche Probenahme von Oberflächenwasser ca. 400 m unterhalb der Abwassereinleitung überwacht. Tab. 5/15 enthält die Meßergebnisse der langlebigen Rest- β -Brutto- und die Tritiumaktivitätskonzentration. Bei den nach dem Überwachungsprogramm vorgesehenen γ -spektrometrischen Untersuchungen wurden keine künstlichen Radionuklide nachgewiesen.

Probenahmezeitraum	Quartalsmittel der langlebigen Rest- β -Bruttoaktivitätskonzentration in mBq/l (ca. sieben Tage nach Probenahme)	Tritiumaktivitätskonzentration in Bq/l
1. Quartal 1985	< 22	1 482
2. Quartal 1985	< 20	6 567
3. Quartal 1985	< 22	6 559
4. Quartal 1985	< 20	5 574

Tab. 5/15: Langlebige Rest- β -Brutto- und Tritiumaktivitätskonzentration in Oberflächenwasser, Sammelstelle Altrhein, ca. 400 m unterhalb der Abwassereinleitung

Grund- und Trinkwasser

Überwacht wurden die Wasserwerke "Süd" und "Tiefgestade" des KfK, die Wasserwerke Leopoldshafen, Linkenheim-Hochstetten und als Referenzstelle das Wasserwerk Karlsruhe-Hardtswald, die beiden Schluckbrunnen der WAK sowie der Beobachtungsbrunnen PIV/1 zwischen dem KfK und Linkenheim (s. Lageplan). Die Überwachung erfolgt an der Referenzstelle halbjährlich, sonst vierteljährlich. Die β -Aktivitätskonzentrationen haben den Grenzwert von 370 mBq/l nicht erreicht, so daß eine γ -spektrometrische Analyse der Proben in keinem Fall erforderlich war. Die Tritiumaktivitätskonzentration lag für alle Stellen unterhalb oder nahe der Nachweisgrenze von ≈ 6 Bq/l (Maximalwert 21 Bq/l im 1. und 4. Quartal im Schluckbrunnen 2 des KfK ca. 900 m nordwestlich der WAK, maximaler Wert der Referenzstelle 7 Bq/l).

Biologisches Material

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

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

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

Schlamm

Probenahmestelle Hirschkanal

Die Überwachung der Radioaktivität des Schlamms im Hirschkanal erfolgt anhand von wöchentlich geschöpften Stichproben (s. Tab. 5/16). Die Probenahmestelle liegt in der Nähe der NO-Ecke des KfK und damit unterhalb der sechs Kühl- und Regenwassereinleitungsstellen. Darüber hinaus ist die spezifische Aktivität von Einzelnucliden durch γ -Spektrometrie zu ermitteln, wenn die spezifische α -Gesamtaktivität > 370 mBq/g TS und/oder die spezifische β -Gesamtaktivität $> 1,11$ Bq/g TS ist. Die Ergebnisse der γ -Spektrometrie für die Nuclide mit einer Konzentration oberhalb der Nachweisgrenze zeigt Tab. 5/17.

Probenahmestelle Altrhein, Gemarkungsgrenze unterhalb Abwassereinleitung

Zur Überwachung des Altrheins, dem Vorfluter für die geklärten Chemie- und Fäkalabwässer des KfK, sind monatlich Schlammproben im Altrhein bei Leopoldshafen ca. 80 m unterhalb der Abwassereinleitungsstelle zu entnehmen und die langlebige α - und β -Aktivität zu bestimmen (s. Tab. 5/18). Wenn die α -Aktivitätskonzentration > 370 mBq/g TS und/oder die β -Aktivitätskonzentration $> 1,11$ Bq/g TS ist, muß γ -Spektrometrie erfolgen. Dies war 1985 einmal der Fall (Probenahmedatum: 15.11.1985, γ -spektrometrisch wurden Spuren der künstlichen Radionuclide Cs-134 nachgewiesen). In Tab. 5/18 werden zusätzlich die vierteljährlich gemessenen Werte für Pu-238 und Pu-239+240 in Schlamm angegeben.

Probenahme- datum 1985	spez. Aktivität a in Bq/g TS		Probenahme- datum 1985	spez. Aktivität a in Bq/g TS	
	a _α	a _β		a _α	a _β
08.01.	0,20	1,0	02.07.	0,32	1,3
15.01.	0,53	2,0	09.07.	0,61	1,9
22.01.	0,58	2,0	16.07.	<0,07	0,63
29.01.	0,19	0,94	23.07.	0,38	1,4
			30.07.	0,18	0,92
05.02.	0,16	0,78	06.08.	0,32	1,1
12.02.	0,13	0,85	13.08.	0,08	0,81
19.02.	0,14	1,7	20.08.	0,18	0,89
22.02.	0,14	1,1	27.08.	0,19	0,90
05.03.	0,16	1,0	03.09.	0,26	1,11
12.03.	0,17	0,94	10.09.	0,25	1,10
19.03.	0,13	0,72	17.09.	0,23	1,10
26.03.	0,34	1,2	24.09.	0,07	0,72
02.04.	0,30	1,5	01.10.	0,18	0,96
09.04.	0,16	0,90	08.10.	0,18	1,1
16.04.	0,18	0,89	15.10.	0,48	1,6
23.04.	0,32	1,4	22.10.	0,21	1,0
30.04.	0,19	0,89	29.10.	0,24	1,2
02.05.	0,11	0,97	05.11.	0,35	1,5
14.05.	0,16	0,88	12.11.	0,24	0,97
21.05.	0,13	0,95	19.11.	0,24	1,0
28.05.	0,16	0,88	26.11.	0,14	0,84
04.06.	0,23	1,2	03.12.	0,43	1,5
11.06.	0,48	1,6	10.12.	0,27	1,2
18.06.	0,45	1,6	17.12.	0,059	0,97
25.06.	0,14	1,1	23.12.	0,27	1,4
			30.12.	0,24	0,91

Tab. 5/16: Langlebige spezifische α- und β-Bruttoaktivität im Schlamm, Probenahme Hirschkanal (nahe NO-Ecke des KFK)

Nuklid	Probenahmedatum	Maximale spezifische Aktivität in mBq/g TS
Be-7	09.07.1985	138
K-40	05.11.1985	540
Co-60	15.01.1985	16
Ru-106/Rh-106	11.06.1985	71
Sb-125	18.06.1985	14
Cs-134	15.10.1985	12
Cs-137	15.01.1985	568
Eu-154	11.06.1985	21
Eu-155	11.06.1985	11
Am-241	11.06.1985	1 623

Tab. 5/17: Maximale spezifische Aktivität von Einzelnucliden, die in den wöchentlichen Schlammproben durch γ-Spektrometrie nachgewiesen wurden. Probenahmestelle Hirschkanal (nahe NO-Ecke des KFK)

1985	spezifische Aktivität a			
	a _α	a _β	a _{Pu-239+240}	a _{Pu-238}
	in Bq/g TS		in mBq/g TS	
Januar	0,28	0,66		
Februar	0,18	0,66	0,55	0,32
März	0,072	0,44		
April	< 0,046	< 0,077		
Mai	0,11	0,49	3,2	2,6
Juni	0,11	0,59		
Juli	< 0,070	0,27		
August	0,099	0,47	0,19	0,14
September	0,11	0,40		
Oktober	0,066	0,52		
November	0,48	1,3	18	14
Dezember	0,056	0,63		

Tab. 5/18: Langlebige spezifische α-, β- und Pu-Aktivität im Schlamm. Probenahmestelle Alt-rhein unterhalb der Abwassereinleitung

Probenahmestelle oberhalb der Abwassereinleitung als Referenzstelle

Die halbjährlichen Probenahmen erfolgten im März und September 1985 an der Altrheinbrücke in Leopoldshafen. Wegen der niedrigen Meßwerte der spezifischen Aktivität - für α kleiner als 0,37 Bq/g TS und β -Brutto kleiner als 1,1 Bq/g TS - war die Bestimmung von Einzelnucliden durch γ -Spektrometrie an dieser Stelle nicht erforderlich.

Seston

Die Sestonprobenahmen im Altrhein unterhalb der Einleitungsstelle der Abwässer aus dem KfK werden vierteljährlich durchgeführt. Eine Übersicht über die Meßergebnisse vermittelt Tab. 5/19.

1985	spezifische Aktivität a			
	a_α in Bq/g TS	a_β	$a_{\text{Pu-239+240}}$ in mBq/g TS	$a_{\text{Pu-238}}$
1. Quartal	0,57	1,1	2,8	1,8
2. Quartal	0,56	1,1	3,2	2,6
3. Quartal	0,57	1,6	9,0	7,2
4. Quartal	0,53	1,5	16	13

Tab. 5/19: Langlebige spezifische α -, β - und Plutoniumaktivität in Seston. Probenahmestelle Altrhein unterhalb der Abwassereinleitung

Fisch

Der Überwachung des Vorfluters dienen auch die halbjährlichen Probenahmen von Fisch. Dabei sollen möglichst Fried- und Raubfische untersucht werden, wobei die Bestimmung der spezifischen α - und Rest- β -Aktivität durch nuklidspezifische Bestimmungen des K-40- und Sr-90-Gehaltes und durch γ -spektrometrische Messungen des Fischfleisches zu ergänzen sind. Die Meßergebnisse für 1985 wurden in Tab. 5/20 zusammengefaßt.

Wasserpflanzen

Die Ergebnisse der halbjährlich durchgeführten Überwachung des Aktivitätsgehaltes von Wasserpflanzen aus dem Altrhein werden ebenfalls in Tab. 5/20 eingetragen.

Bewuchs

Die Probenahmebereiche für landwirtschaftliche Produkte wie Futterpflanzen und pflanzliche Nahrungsmittel entsprechen den beiden Hauptwindrichtungssektoren (s. Lageplan). Das Überwachungsprogramm für Bewuchs sieht eine halbjährliche Probenahme von Gras oder anderen Futterpflanzen in den beiden Hauptausbreitungssektoren Raum Eggenstein-Leopoldshafen und Raum Friedrichstal und bei Durlach (Landwirtschaftliche Versuchsanstalt Grötzingen als Referenzstelle) vor. Zu bestimmen sind die Einzelnuclide durch eine γ -spektrometrische Untersuchung. Zusätzlich wird jeweils die Rest- β - und K-40-Aktivität bestimmt (s. Tab. 5/21).

Pflanzliche Nahrungsmittel

Dieser Programmpunkt sieht Probenahmen von Weizen, Blattgemüse und Spargel jeweils jährlich zur Erntezeit in den beiden Hauptausbreitungssektoren vor. Zu messen sind jeweils die spezifische Rest- β - und K-40-Aktivität. Ferner sind zur Ermittlung der spezifischen Aktivität von Einzelnucliden γ -spektrometrische Analysen durchzuführen (s. Tab. 5/22).

Nuklid oder Art der Akti- vität	Spezifische Aktivität in mBq/g FS						
	Brachse	Hecht + Barsch	Rotauge	Zander	Schilf	Kammlaich- kraut	Sumpfsti- er
1. Halbjahr 1985							
Rest-β	< 39	< 40	-	-	< 249	< 348	-
K-40	99	115	-	-	643	842	-
Mn-54	-	-	-	-	< 0,50	< 1,4	-
Co-60	-	-	-	-	< 0,54	< 1,5	-
Sr-90	0,13	0,035	-	-	-	-	-
Cs-137	1,1	1,5	-	-	0,72	2,7	-
Be-7	-	-	-	-	7,3	79	-
2. Halbjahr 1985							
Rest-β	-	-	< 28	< 30	< 185	-	< 486
K-40	-	-	74	75	470	-	654
Mn-54	-	-	-	-	< 1,2	-	8,3
Co-60	-	-	-	-	< 1,0	-	3,5
Sr-90	-	-	0,038+0,004	*	-	-	-
Cs-137	-	-	0,55	1,0	< 1,3	-	8,7
Be-7	-	-	-	-	61	-	133

*Sr-90-Analyse konnte wegen zu wenig Probenmaterial nicht durchgeführt werden

Tab. 5/20: Nachgewiesene spezifische Aktivitäten in Fischen und Wasserpflanzen aus dem Alt-rhein unterhalb der Abwassereinleitungsstelle

Nuklid	spezifische Aktivität in mBq/g TS					
	1. Halbjahr 1985			2. Halbjahr 1985		
	1. Hauptaus- breitungs- sektor	2. Hauptaus- breitungs- sektor	Grötzingen (Referenz- stelle)	1. Hauptaus- breitungs- sektor	2. Hauptaus- breitungs- sektor	Grötzingen (Referenz- stelle)
Rest-β	< 348	< 592	< 374	< 175	< 267	< 298
K-40	908	1 704	948	431	688	732
Be-7	37	65	24	95	141	138

Tab. 5/21: Langlebige spezifische Rest-β- und K-40-Aktivität sowie durch γ-Spektrometrie er-mittelte spezifische Aktivität von Einzelnukliden in Bewuchs

Nuklid	spezifische Aktivität in Bq/kg FS					
	1. Hauptausbreitungssektor			2. Hauptausbreitungssektor		
	Weizen	Salat	Spargel	Weizen	Salat	Spargel
Rest-β	< 47	< 15	< 20	< 39	< 13	< 18
K-40	118	38	50	95	33	45
Be-7	1,3	0,41	-	1,6	1,3	-

Tab. 5/22: Langlebige spezifische Rest-β- und K-40-Aktivität sowie durch γ-Spektrometrie er-mittelte spezifische Aktivität von Radionukliden in pflanzlichen Nahrungsmitteln

Boden

Eine Überwachung des Radioaktivitätsgehaltes von Bodenproben (ca. 5 cm der obersten Boden-schicht) ist einmal jährlich Ende September an insgesamt fünf Orten durchzuführen. Zwei Probe-nahmegebiete liegen noch innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches des KfK. Das eine erstreckt sich über die drei Planquadrate nördlich und nordöstlich des Europäischen Institutes

für Transurane, das andere liegt etwa im Bereich zwischen dem Flugkanal des Zyklotrons und dem nördlichen Bahngleisbogen am westlichen Grenzzaun des betrieblichen Überwachungsbereiches (s. Lageplan).

Nuklid	spezifische Aktivität in Bq/kg TS				
	Betrieblicher Überwachungsbereich		300 - 800 m vom WAK-Abluftkamin		Referenzstelle Durlach
	A	B	A	B	C
a_α	110	150	140	210	310
a_β	610	570	620	580	920
Cs-137	12	21	12	6,0	3,4
Sr-90	*	*	0,9	0,11	0,49
Pu-238	**	**	0,070	0,023	< 0,011
Pu-239+240	**	**	0,35	0,090	0,090

*Angabe, wenn $a_\beta > 1,9$ kBq/kg TS

**Keine Angabe für den betrieblichen Überwachungsbereich

Tab. 5/23: Langlebige spezifische α - und β -Aktivität, durch γ -Spektrometrie ermittelte spezifische Aktivität von Einzelnucliden sowie spezifische Aktivität von Sr-90, Pu-238 und Pu-239+240 in Boden. Probenahmegebiete: 1. und 2. Hauptausbreitungssektor (A und B) und Referenzstelle Durlach (C)

Von den jährlichen Proben aus den beiden Hauptausbreitungssektoren innerhalb des KfK-Überwachungsbereiches werden die spezifische α - und β -Gesamtaktivität und durch γ -Spektrometrie die spezifische Aktivität von Einzelnucliden bestimmt. Eine Sr-90-Bestimmung erfolgt nur, wenn die spezifische β -Aktivität $> 1,9$ kBq/kg TS ist. Dies war 1985 nicht der Fall. Zwei weitere Bodenproben sind in den beiden Hauptausbreitungssektoren in je 300 m bis 800 m Entfernung vom Abluftkamin der WAK zu nehmen (Probe A und B). Eine Referenzprobe wird im Raum Durlach (s. Lageplan) genommen (Probe C). Von den jährlichen Proben aus diesen Gebieten wird die spezifische α - und β -Bruttoaktivitätskonzentration, die spezifische Aktivität von Einzelnucliden durch γ -Spektrometrie und die spezifische Aktivität von Sr-90, Pu-238 und Pu-239+240 bestimmt. Die Meßergebnisse für diese Bodenproben sind in Tab. 5/23 eingetragen. Die Meßwerte für die Bodenproben vom Betriebsgelände liegen im Bereich derer der Umgebungsproben.

Meßfahrten im Rahmen des Störfallmeßprogramms

Ziel dieses Programmpunktes ist das Training des Personals der HS/R mit Meßfahrten, die auch im Fall eines Stör- oder Unfalles durchzuführen sind. Auflagebedingt müssen monatlich Meßfahrten zu wechselnden Probenahme- und Meßorten, die in der Umgebung des KfK liegen, durchgeführt werden. Die 16 Probenahme- bzw. Meßorte wurden in der Zentralzone gemäß dem "Besonderen Katastropheneinsatzplan für die Umgebung des KfK" festgelegt. Die Ergebnisse der Meßfahrten im Rahmen des Routineüberwachungsprogramms für den Störfall ergaben Werte des natürlichen Pegels.

Ergänzende Überwachung

Zusätzlich zum Routineüberwachungsprogramm wurden ergänzende Messungen aus folgenden Anlässen durchgeführt:

- Kontinuierliche Ableitung der Kühl- und Regenwässer in den Hirschkanal (Messungen an Schlammproben aus den Sandfängen).
- Grundwasserüberwachung (Messungen an Grundwasserproben).
- Ortsdosis auf dem KfK-Gelände (Messungen an zusätzlichen Stellen, hauptsächlich im HDB-Bereich).

- Grundwasserüberwachung im Bereich des Rheinniederungskanals (Messungen an Wasserproben).
- pH-Wertänderung, Verfärbung oder Trübung des Wassers in den Sandfängen (Messungen an Wasserproben).
- Faßbrand in der WAK.
- Nach Störfallemissionen.

5.1.4 Spektrometrische Untersuchungen

H. Feßler, F. Milbich-Münzer, A. Radziwill

Einer der Doppelmagnetplattenspeicher (5 Megabyte) der Vielkanalanalysatoranlage ND-6620 mußte im Laufe des Jahres durch ein "Winchester"-Plattenlaufwerk (30 Megabyte) mit eingebautem Diskettenlaufwerk (1 Megabyte) ersetzt werden. Seither konnte man auf etwa 1500 gespeicherten γ Spektren direkt, d. h. ohne Diskettenwechsel oder Umspulen von Magnetbändern, zugreifen. Diese Anlage wurde 1985 für die Messung der in der folgenden Tab. 5/24 aufgeführten Proben eingesetzt.

Meßgut	Meßmethode	Anzahl der Proben	eingesetzte Detektoren
Messungen für Emissionsüberwachung			
Abluftfilter aufgearbeitet	α -Spektrometrie auf Pu und Am/Cm	90	Si-Sperrschichtdetektoren
Endbeckenmischproben	γ -Spektrometrie α -Spektrometrie	64 13	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren
Aktivkohleproben (Abluftüberwachung)	γ -Spektrometrie γ und Röntgenspektrometrie	1 520 492	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Planare Ge-Detektoren
Abluftfilter direkt gemessen	γ -Spektrometrie $\alpha+\beta$ -Brutto γ und Röntgenspektrometrie	347 1 863 85	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Pseudokoinzidenzanlage Planare Ge-Detektoren
Abluftfilter Monats- und Quartalsmischproben	γ -Spektrometrie	48	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren
Messungen für Umgebungsüberwachung			
Aerosol- und Iodfilter aus Meßhütten	γ -Spektrometrie α -Spektrometrie	108 36	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren
Boden-, Schlamm- und biologische Proben	γ -Spektrometrie α -Spektrometrie	89 12	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren
Sonderproben	γ -Spektrometrie	33	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren
Messungen für Forschungsprogramme, Vergleichsmessungen usw.			
Proben für Forschungsprogramme, Sonderproben	γ -Spektrometrie γ und Röntgenspektrometrie α -Spektrometrie	495 326 706	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Planare Ge-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren

Tab. 5/24: Spektrometrische Messungen 1985

5.1.5 Radiochemie

H. Schüttelkopf, H. Bailer, K. Bender, S. Erat, P. Perchio, W. Wünschel

Die Arbeiten der Gruppe Radiochemie umfassen radiochemische Low-level-Bestimmungen für die Abluft-, Abwasser- und Umgebungsüberwachung des KfK, Auftragsarbeiten für kerntechnische Anlagen sowie radiochemische Entwicklungsarbeiten. Im Rahmen der routinemäßigen Umgebungsüberwachung des KfK und der WAK wurden die Radionuklide Pu-238, Pu-239+240, Pu-241, Am-241, Cm-242, Cm-244, Sr-89, Sr-90 und K-40 erfaßt. Bestimmt werden die genannten Radionuklide in verschiedenen Probematerialien wie Aerosolfilter, Pflanzen, Boden, Sedimenten, Fischen, Lebensmittel und Wasser. Für die HTO-Messungen in Abluftsystemen des KfK erfolgt die Bereitstellung der Molekularsiebpatronen und deren Aufbereitung zur Messung im LSC. Im Rahmen eines TT-Programmes wird weiter an einer Methode zur Probenahme und Messung von gasförmigem H-3 und C-14 in der Abluft kerntechnischer Anlagen und der Umgebung gearbeitet.

Als Auftragsarbeiten wurden 1985 folgende Analysen durchgeführt:

- Monatliche Sr-89-/Sr-90-Analysen sowie α -Bruttomessungen in Abwasserproben der Kernkraftwerke KWO und GKN.
- Monatliche α / β -Bruttomessungen an Aerosolfiltern der Uranerzgrube Großschloppen der Saarberg Interplan Uran GmbH.
- Umfangreiche Pu-Analysen an Wasserproben für die Alkem GmbH.
- Uran- und Plutoniumanalysen an Wasserproben für die Stadtwerke Hanau.
- Monatliche Aktinidenanalysen an Aerosolfiltern der WAK.
- Strontium-, Plutonium- und Technetiumanalysen an verschiedenen Aerosolfiltern der WAK.
- Vierteljährliche Aktiniden- und Strontiumanalysen an Aerosolfiltern des MZFR.

Durchgeführte Routinearbeiten der Gruppe Radiochemie waren weiterhin die Herstellung von Kalibrierstandards und die Bereitstellung der benötigten radioaktiven Stoffe für den Routine- und Forschungsbetrieb der HS/R. Nachfolgend sind die wichtigsten Tätigkeiten aufgelistet.

Tätigkeitsgebiet	Art der Arbeiten	Anzahl
Umgebungsüberwachung	Pu-238, Pu-239+240	56
	Sr-90	5
	K-40	45
	α / β -Bruttomessung	33
Abwasserüberwachung	Pu-238, Pu-239+240	43
	Sr-89, Sr-90	34
	K-40	11
	Pu-241	10
	α / β -Bruttomessung	4
Abluftüberwachung	HTO-Patronen	1010
	Pu-238, Pu-239+240	95
	Sr-89, Sr-90	18
	Am-241, Cm-242, Cm-244	23
	Pu-241	24
Kontrollanalysen und Kalibrierstandards	K-40, Sr-90, Sr-89, I-131, Pu-Isotope, Np-237	56

Tab. 5/25: Routinearbeiten der Gruppe Radiochemie

5.2 Ergebnisse radioökologischer Forschungsarbeiten

5.2.1 Tritiumkonzentrationen in pflanzlichen Nahrungsmitteln aus den Hauptausbreitungssektoren

S. Strack, S. Fark, G. Pagliosa

1985 wurden die Messungen der Tritiumkonzentrationen im eßbaren Anteil von pflanzlichen Nahrungsmitteln aus den beiden Hauptausbreitungssektoren in der Umgebung des KfK fortgesetzt. Gemessen wurde die Tritiumaktivität im freien Wasser der Proben, das durch Gefrierdrying verfügbar ist (HTO), und in der organischen Trockensubstanz (OBT), indem die Tritiumaktivität nach Plasmaveraschung der wasserfreien Proben im Oxidationswasser bestimmt wurde. Aus beiden Konzentrationen, die in mBq/ml angegeben werden, wird die Tritiumaktivität pro kg Frischgewicht bestimmt. Der Anteil des organisch gebundenen Tritiums wird dabei mit Hilfe des Umrechnungsfaktors f berechnet. Dieser ergibt sich aus der entstehenden Menge an Oxidationswasser in Gramm dividiert durch die Menge an oxidiertem Trockensubstanz in Gramm. Der Anteil an Mineralien wurde mit 1 % pro kg Frischgewicht berücksichtigt.

Tab. 5/26 zeigt den Wasserstoffgehalt H in Gewichtsprozenten der Trockensubstanz verschiedener Pflanzenmaterialien und den sich daraus ergebenden Umrechnungsfaktor f , der einerseits (a) durch stöchiometrische Berechnung entsprechend ihrer Zusammensetzung nach Souci, Fachmann, Kraut (Die Zusammensetzung der Lebensmittel, HVG Stuttgart, 1979) ermittelt wurde, andererseits (b) wurde bei einer Reihe von Proben der Wasserstoffanteil durch Elementaranalyse (Institut für Wassertechnologie, KfK) bestimmt. Für sämtliche Proben wurde der Medianwert aller Einzelwerte von $f = 0,56$ zugrunde gelegt, da die Abweichungen für verschiedene Probenarten im Bereich der Schwankungsbreiten liegen, die für die Zusammensetzung der einzelnen Lebensmittel angegeben werden. Die Ergebnisse für den 1. Hauptausbreitungssektor (Raum Friedrichstal) und für den 2. Hauptausbreitungssektor (Raum Eggenstein-Leopoldshafen) sind in Tab. 5/27 zusammengestellt.

Probe	H_a (%)	f	H_b (%)	f
Roggen (ganzes Korn)	6,3	0,57	6,4	0,58
Weizen (ganzes Korn)	6,3	0,57	6,6	0,59
Möhren	6,2	0,56	6,1	0,55
Kartoffeln	6,6	0,59	6,0	0,54
Rote Bete	6,2	0,56	6,1	0,55
Spargel	6,4	0,58	-	-
Zwiebel	6,3	0,57	-	-
Kohlrabi	6,3	0,57	-	-
Blumenkohl	6,4	0,58	-	-
Weißkohl	6,3	0,57	-	-
Rotkohl	-	-	6,0	0,54
Feldsalat	6,6	0,59	5,4	0,49
Kopfsalat	6,6	0,59	-	-
Bohnen (grün)	6,3	0,57	-	-
Äpfel	6,7	0,61	-	-
Buchenblätter	-	-	6,1	0,55
Gras	-	-	5,8	0,52
Medianwert	6,3	0,57	6,1	0,55

Tab. 5/26: Wasserstoffgehalt H in Gewichtsprozenten der Trockensubstanz verschiedener Pflanzenmaterialien und der sich daraus ergebende Umrechnungsfaktor f (s. Text)

Die gemessenen HTO-Konzentrationen sind im Vergleich zu der nach der Strahlenschutzverordnung zulässigen Tritiumkonzentration für Trinkwasser von 7 400 Bq/l niedrig. Sie liegen weit unterhalb von 1 % dieses Wertes (74 Bq/l) und sind somit unter dem Aspekt des Strahlenschutzes

ohne Relevanz. Der Medianwert der HTO-Konzentration aller Proben aus dem Raum Friedrichstal liegt bei 8 ± 5 mBq/ml, aus dem Raum Eggenstein-Leopoldshafen bei $6,0\pm 4,4$ mBq/ml. Bei dem Verfahren dieser Low-level-Tritiummessung wird bei einer Meßzeit von 100 Minuten eine Nachweisgrenze von $4,8$ mBq/ml erreicht.

Pflanzliche Nahrungsmittel	1. Hauptausbreitungssektor (Raum Friedrichstal)					2. Hauptausbreitungssektor (Raum Eggenstein-Leopoldshafen)				
	Probenahmedatum 1985	Wassergehalt in %	³ H-Konzentration in mBq/ml		³ H-Konzentration in Bq/kg FG	Probenahmedatum 1985	Wassergehalt in %	³ H-Konzentration in mBq/ml		³ H-Konzentration in Bq/kg FG
			HTO	OBT				HTO	OBT	
Getreide:										
- Roggen (Körner)	03.08.	16	35 ± 5	28 ± 5	$17,5\pm 3,0$	08.08.	12	$5,8\pm 4,4$	8 ± 5	$4,3\pm 2,7$
- Weizen (Körner)	03.08.	10	22 ± 5	26 ± 5	$14,0\pm 2,8$	08.08.	15	< NWG	$7,2\pm 4,4$	< NWG
Blattgemüse:										
- Kopfsalat	26.06.	93	$6,1\pm 4,4$	12 ± 5	$6,0\pm 3,9$	26.06.	93	$6,6\pm 4,4$	11 ± 5	$6,9\pm 3,9$
- Feldsalat	02.12.	88	10 ± 5	21 ± 5	10 ± 5	02.12.	83	9 ± 5	12 ± 5	9 ± 5
Kohlgemüse:										
- Weißkohl	09.08.	91	< NWG	17 ± 5	< NWG	08.08.	93	$5,2\pm 4,4$	9 ± 5	$5,0\pm 3,9$
- Rotkohl	09.08.	91	8 ± 5	12 ± 5	8 ± 5	16.09.	90	6 ± 5	< NWG	< NWG
- Wirsingkohl	16.09.	93	< NWG	10 ± 5	< NWG	16.09.	91	$6,0\pm 4,4$	$7,1\pm 4,4$	$5,8\pm 3,8$
- Kohlrabi	09.08.	91	8 ± 5	12 ± 5	8 ± 5	26.06.	92	< NWG	8 ± 5	< NWG
- Rosenkohl (Rosen)	02.12.	84	11 ± 5	7 ± 5	10 ± 5	02.12.	85	17 ± 5	13 ± 5	15 ± 5
Wurzel- und Knollengemüse:										
- Möhren	26.06.	89	$6,3\pm 4,4$	9 ± 5	$5,8\pm 3,8$	26.06.	91	< NWG	14 ± 5	< NWG
- Rettiche	26.06.	95	< NWG	11 ± 5	< NWG	08.08.	95	8 ± 5	10 ± 5	8 ± 5
- Rote Rüben	09.08.	88	< NWG	12 ± 5	< NWG	08.08.	86	$5,0\pm 4,3$	11 ± 5	$5,2\pm 3,8$
- Kartoffeln	16.09.	81	< NWG	9 ± 5	< NWG	16.09.	76	10 ± 5	11 ± 5	$8,9\pm 4,4$
Ausdauernde Gemüse:										
- Spargel	12.06.	91	9 ± 5	14 ± 5	9 ± 5	11.06.	91	9 ± 5	12 ± 5	9 ± 5
Obst:										
- Erdbeeren	26.06.	91	11 ± 5	8 ± 5	10 ± 5	26.06.	89	$6,6\pm 4,4$	6 ± 5	$6,6\pm 3,9$
- Äpfel	16.09.	79	8 ± 5	11 ± 5	$7,6\pm 3,7$	16.09.	83	10 ± 5	11 ± 5	9 ± 5
Medianwerte			8 ± 5	12 ± 5	8 ± 5			$6,0\pm 4,4$	11 ± 5	$6,2\pm 4,0$

Tab. 5/27: Tritiumkonzentrationen in pflanzlichen Nahrungsmitteln aus den beiden Hauptausbreitungssektoren in der Umgebung des KfK (Standardabweichung 2σ mit Fehlerfortpflanzung)

Das organisch gebundene Tritium (OBT) liegt bis auf wenige Ausnahmen in den Proben über der Konzentration für HTO. Die Medianwerte für OBT betragen im ersten und zweiten Ausbreitungssektor 12 ± 5 bzw. 11 ± 5 mBq/ml. Gegenüber dem wassergebundenen beträgt der organisch gebundene Wasserstoff in pflanzlichen Nahrungsmitteln in der Regel nur etwa 10 % des gesamten Wasserstoffs. Deshalb sind auch diese Werte für den Strahlenschutz nicht relevant, jedoch von radioökologischem Interesse.

Zusätzlich zu den Nahrungsmitteln wurden in dieser Vegetationsperiode jeweils entsprechende Bodenproben auf den Tritiumgehalt untersucht sowie die Tritiumkonzentration in der kondensierten Luftfeuchtigkeit zum Zeitpunkt der Probenentnahme bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tab. 5/28 wiedergegeben. Es lassen sich keine signifikanten Abweichungen zwischen HTO-Konzentrationen in den Nahrungsmitteln und den Tritiumkonzentrationen in den gleichzeitig entnommenen Bodenproben erkennen, da die Meßwerte zu dicht an der Nachweisgrenze liegen.

Bodenproben sowie Proben kondensierter Luftfeuchte, die mit folgenden pflanzlichen Nahrungsmitteln entnommen wurden:	1. Hauptausbreitungssektor (Raum Friedrichstal)			2. Hauptausbreitungssektor (Raum Eggenstein-Leopoldshafen)		
	Probenahmedatum 1985	³ H-Konzentration der Bodenproben in mBq/ml	³ H-Konzentration der kondensierten Luftfeuchte in mBq/ml	Probenahmedatum 1985	³ H-Konzentration der Bodenproben in mBq/ml	³ H-Konzentration der kondensierten Luftfeuchte in mBq/ml
- Kopfsalat	26.06.	9+5	6+5	26.06.	< NWG	< NWG
- Feldsalat	02.12.	11+5	10+5	02.12.	5+4	6,3+4,5
- Weißkohl	09.08.	9+5	5,5+4,4	08.08.	8+5	8+5
- Rotkohl	09.08.	9+5	5,5+4,4	16.09.	8+5	< NWG
- Wirsingkohl	16.09.	< NWG	14+5	16.09.	8+5	< NWG
- Kohlrabi	09.08.	4,8+4,3	5,5+4,4	26.06.	< NWG	< NWG
- Rosenkohl (Rosen)	02.12.	11+5	10+5	02.12.	5+4	6,3+4,4
- Möhren	26.06.	9+5	6+5	26.06.	< NWG	< NWG
- Rettiche	26.06.	9+5	6+5	08.08.	8+5	8+5
- Rote Rüben	09.08.	6+5	5,5+4,4	08.08.	8+5	8+5
- Kartoffeln	16.09.	10+5	14+5	16.09.	8+5	< NWG
- Spargel	12.06.	< NWG	8+5	11.06.	7+5	< NWG
- Erdbeeren	26.06.	9+5	6+5	26.06.	< NWG	< NWG
- Äpfel	16.09.	10+5	14+5	16.09.	6+4	< NWG
Medianwerte		9+5	6+5		6+5	< NWG

Tab. 5/23: Tritiumkonzentrationen im Bodenwasser von Bodenproben sowie in Proben kondensierter Luftfeuchte, die mit den pflanzlichen Nahrungsmitteln aus den beiden Hauptausbreitungssektoren in der Umgebung des KfK entnommen wurden (NWG = Wert liegt unterhalb der Nachweisgrenze von 4,8 mBq/ml)

5.2.2 Radioökologische Untersuchungen in der Umgebung des Rheinniederungskanales

S. Strack, S. Fark, G. Pagliosa

Die monatlichen Messungen von Wasser-, Milch-, Grünfütter- und Silofütterproben aus dem Kuhstall eines Aussiedlerhofes in der Umgebung des Rheinniederungskanales wurden 1985 fortgesetzt. Die Ergebnisse sind in Abb. 5/3 dargestellt. Die HTO-Konzentrationen der Milch liegen im Bereich von 34 % bis 88 % der HTO-Konzentrationen des Wassers in der Tränke bei einem Medianwert von 54 %. Bei der Streuung muß beachtet werden, daß die Kühe Wasser in unterschiedlicher Menge mit dem Grünfütter bzw. während der Wintermonate mit der Silage bekommen. Die OBT-Werte liegen bis auf eine Ausnahme im März unterhalb der HTO-Werte, allerdings immer relativ dicht beieinander, dies obwohl die Kühe mit dem Grünfütter organisch gebundenes Tritium nur in sehr geringer Konzentration zugeführt bekommen. Darin zeigt sich, daß die organischen Bestandteile, wie sie in der Milch vorliegen, in vielen Stoffwechselschritten auf dem Wege von den Mägen über das Blut zu den Milchdrüsen stark verändert bzw. neu synthetisiert werden, wobei der organisch gebundene Wasserstoff weitgehend durch den Wasserstoff des umgebenden Wassers ersetzt wird.

Fische und Wasserpflanzen

Am Altrhein wurde während einer Einleitung von KfK-Abwässern mit einer Tritiumkonzentration von $4\,700\text{ MBq/m}^3$ ein zweites Experiment zur Bestimmung des zeitlichen Verlaufs der Tritiumkonzentrationen im Altrheinwasser und in Fischen sowie des Tritiumaustausches von Fischen mit dem umgebenden Wasser in einem abgeschlossenen System durchgeführt. Zwei Stunden nach Beginn des Abpumpvorgangs wurde ca. 400 m nach der Einleitungsstelle ein Spitzenwert von 545 MBq/m^3 registriert; in Linkenheim, ca. 2 000 m von der Einleitungsstelle entfernt, wurde der Maximalwert von 396 MBq/m^3 nach sechs Stunden gemessen. Die Tritiumkonzentrationen im Gewebewasser der Fische erreichten nach etwa zwei Stunden die des umgebenden Wassers.

Gleichzeitig nahm der Anteil an austauschbarem OBT derart zu, daß die gemessene OBT-Konzentration einen Wert erreichte, der etwa um den Faktor 16 größer war, als die OBT-Konzentration, die vor Beginn der Einleitung bestimmt wurde.

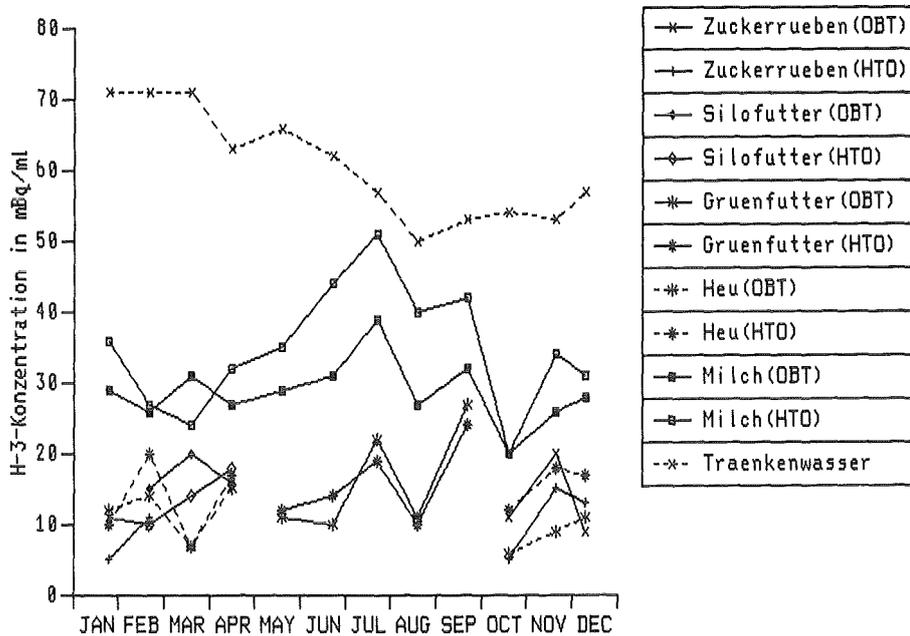


Abb. 5/3: Tritiumkonzentrationen verschiedener Proben von einem landwirtschaftlichen Betrieb

5.2.3 Radioökologische Langzeituntersuchung über Tritium in Bäumen

S. Strack, S. Fark, G. Pagliosa

Im Rahmen des BMI-Forschungsvorhaben St.Sch. 924 wurde 1985 die Langzeituntersuchung über das Verhalten von Tritium in Bäumen unter den realistischen Expositionsverhältnissen im KfK fortgesetzt. Ziel der Arbeit ist es, zu einer modellmäßigen Beschreibung der dynamischen, d. h. zeitabhängigen Vorgänge bei der Aufnahme, dem Einbau und der Abgabe von Tritium in einem pflanzlichen Organismus zu kommen. Ausgewählt wurde für die Untersuchung eine etwa fünfzigjährige Buche (*Fagus sylvatica*) auf dem KfK-Gelände mit einer für die regelmäßigen Entnahmen von Blattproben ausreichenden Belaubung. Die Ergebnisse sollen für einen Vergleich mit denen nach der "Allgemeinen Berechnungsgrundlage" abgeschätzten Daten für eine Kontamination durch Tritium verwendet werden. Während in den "Allgemeinen Berechnungsgrundlagen" ein sogenanntes spezifisches Aktivitätsmodell angewendet wird, das Gleichgewichtsbedingungen annimmt, zeigt die bisherige Untersuchung, daß ausgesprochen dynamische Expositionsverhältnisse vorliegen, bedingt einerseits durch schwankende Emissionen mehrerer Emittenten im KfK, andererseits durch wechselnde Windrichtungen.

Abb. 5/4 zeigt den Verlauf der gemessenen Tritiumkonzentrationen während der Vegetationsperiode 1985 im einzelnen. In der kondensierten Luftfeuchtigkeit wurden an nur sieben Tagen Spitzenwerte von mehr als 200 mBq/ml gemessen bei einer jeweiligen Sammelzeit von sechs Stunden (Maximum: $2\,290 \pm 91$ am 27.06.1985). Die HTO- und OBT-Konzentrationen in den Blättern zeigen dementsprechend kaum Schwankungen.

Eine Zusammenstellung der durchschnittlichen Werte (arithmetische Mittel aller gemessenen Tritiumkonzentrationen in der Luftfeuchtigkeit, im Boden (bis zu 1 m Tiefe) und in den Blättern während der Vegetationsperioden 1981 bis 1985 (Tab. 5/29) läßt außerdem einen deutlichen Unterschied in den Tritiumkonzentrationen in der Luftfeuchtigkeit während des Tages (6.00 Uhr bis 18.00 Uhr) und während der Nacht (18.00 Uhr bis 6.00 Uhr) erkennen. Die tagsüber, wenn die Pflanzen assimilieren, gemessenen Konzentrationen in der Luftfeuchtigkeit sind deutlich höher als die Nachtwerte und kommen so den durchschnittlichen OBT-Werten näher. Eine Analyse der Einzeldaten zur Überprüfung dieser Beobachtung muß noch vorgenommen werden.

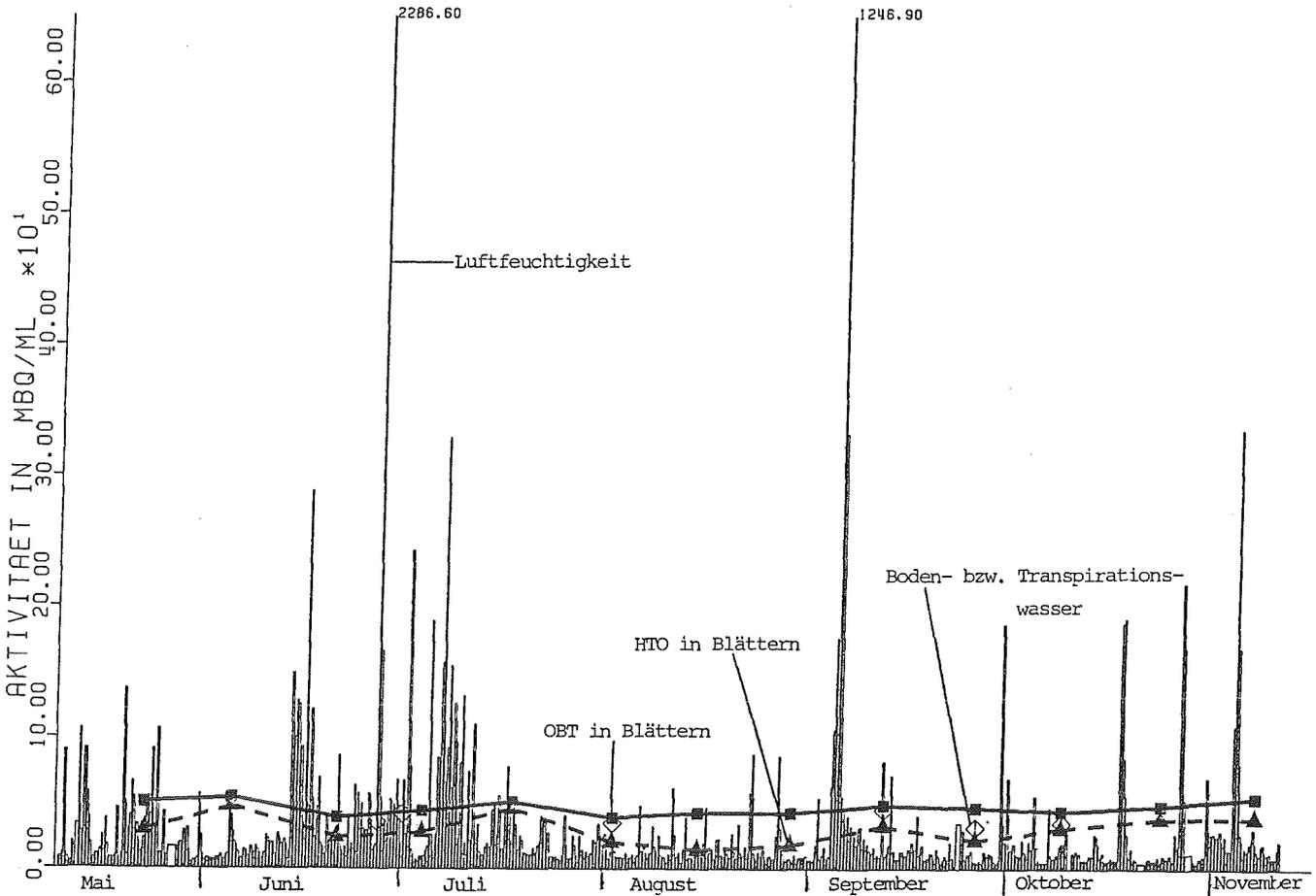


Abb. 5/4: Gemessene H-3-Konzentrationen während der Vegetationsperiode 1984 am Standort der Buche

	1981	1982	1983	1984	1985
Luftfeuchte: (Tag)	84 (831)	120 (804)	47 (805)	67 (412)	41 (361)
(Nacht)	32 (823)	42 (797)	22 (802)	26 (406)	19 (357)
(Tag und Nacht)	58 (1654)	79 (1601)	34 (1607)	46 (818)	30 (718)
Boden bis 1 m Tiefe	60 (5)	54 (142)	42 (44)	90 (12)	38 (3)
Blätter: HTO	60 (61)	62 (131)	44 (61)	98 (16)	31 (14)
OBT	100 (57)	120 (68)	61 (59)	110 (16)	47 (14)

Tab. 5/29: Mittlere H-3-Konzentrationen (arithmetisches Mittel) in mBq/ml während der Vegetationsperioden 1981 bis 1985 an der Buche, in Klammern die Anzahl der Meßwerte

5.2.4 Untersuchungen über die Aufnahme und den Umsatz von tritiiertem Wasserdampf in Radies-Pflanzen

M. Roller

Zur Vertiefung der in den vergangenen Jahren bei den Untersuchungen von Tritium in pflanzlichen Nahrungsmitteln und in Bäumen gewonnenen Kenntnisse wurden im Rahmen einer Doktorarbeit Laborversuche zur Aufnahme von atmosphärischem HTO durch Pflanzen durchgeführt. Dazu wurden Radies-Pflanzen (*Raphanus sativus raciculata minor*, Sorte Parat) in einem Pflanzenwuchsschrank mit H-3-Wasserdampf begast, indem für das Befeuchtungssystem der Anlage tritiiertes Wasser benutzt wurde. Es sollte sowohl die eigentliche Aufnahme des Tritiums ins Gewebewasser der Blätter als auch sein Einbau in die organische Substanz und sein Transport in die unterirdischen Speicherorgane berücksichtigt werden. Die Bestimmung der spezifischen Aktivitäten der einzelnen Fraktionen erfolgte jeweils durch Flüssigszintillationsmessung, für das Gewebewasser nach Gefriertrocknung, für das organisch gebundene Tritium (OBT) nach Oxidation der Trockensubstanz in einem Verbrennungsautomaten und Bestimmung der Menge des Verbrennungswassers durch Karl-Fischer-Coulometrie. Die Aktivität der Luftfeuchtigkeit wurde nach Ausfrieren aus einem Prüfluftstrom gemessen.

In einem der Versuche wurden die H-3-Aktivitäten von ganzen Blättern einschließlich der Blattstiele und von Knollen untersucht. In Tab. 5/30 sind die spezifischen Aktivitäten (in Bq/g Wasser bzw. Verbrennungswasser) von Luftfeuchtigkeit, Boden- und Pflanzenfraktionen zusammengestellt. Nach Erreichen eines Gleichgewichtszustandes beträgt die Tritiumkonzentration im Gewebewasser (HTO) der Blätter etwa 59 % der Tritiumkonzentration der Luftfeuchtigkeit. In Abb. 5/5 sind diesem Aktivitätsverlauf des Blatt-HTO die H-3-Konzentrationen aus einem anderen Experiment gegenübergestellt, bei dem Blattspalten und Blattstiele mit Mittelrippen gesondert ausgemessen worden waren. Dargestellt sind hier die relativen spezifischen Aktivitäten bezogen auf die jeweilige Gleichgewichtsaktivität (C_0) der Luftfeuchtigkeit.

Begasungsdauer /h/	Luftfeuchte	Blätter			
		HTO	OBT	OBT _{nx}	R _{ex}
0,5	4663±229	470± 24	196±17	2,53± 0,78	0,41±0,04
1,5	4460±219	1289± 64	272±23	6,85± 1,00	0,21±0,02
3	4428±217	2223±109	428±36	34,7 ± 3,3	0,18±0,02
6	4378±215	2119±104	443±38	53,1 ± 4,8	0,18±0,02
22	4208±206	2539±124	675±57	223 ±19	0,18±0,03
26	4249±208	2473±121	693±59	270 ±23	0,17±0,03
30	4199±206	2421±119	680±58	327 ±28	0,15±0,03
46	4254±209	2609±128	872±74	447 ±38	0,16±0,03
	Boden	Knollen			
	HTO	HTO	OBT	OBT _{nx}	
0,5	0,76±0,09	0,41±0,08	1,27±0,40	0,52±0,35	
1,5	0,44±0,08	0,56±0,08	1,30±0,37	0,29±0,30	
3	1,01±0,11	1,00±0,11	2,65±0,41	2,83±0,46	
6	1,21±0,12	1,23±0,12	4,02±0,50	4,21±0,55	
22	6,13±0,36	5,33±0,32	59,0 ±5,2	65,9 ±5,8	
26	13,59±0,73	7,26±0,42	79,6 ±6,8	78,8 ±6,8	
30	5,56±0,33	3,85±0,25	31,8 ±2,8	31,4 ±2,8	
46	5,05±0,31	5,41±0,34	87,9 ±7,5	88,9 ±7,6	

Tab. 5/30: Spezifische Tritiumaktivitäten (in Bq/g H₂O, ± 2-σ-Meßfehler) von Luftfeuchtigkeit, Boden und Pflanzenfraktionen sowie Verhältnis (R_{ex}) der spezifischen Aktivitäten von austauschbar organisch gebundenem Tritium und Gewebewasser in den Blättern

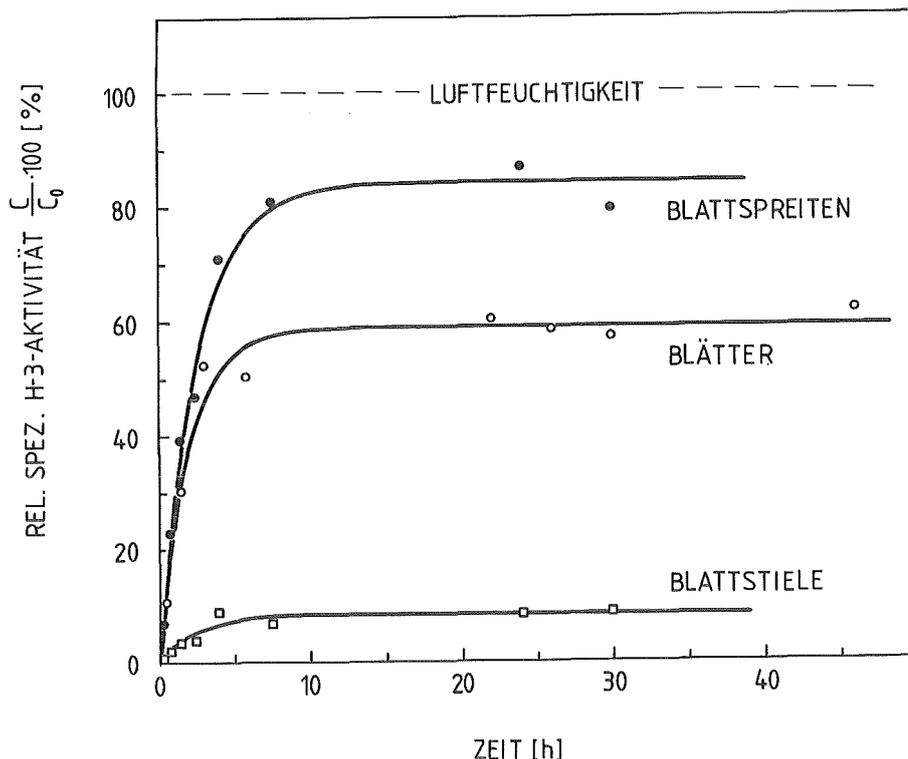


Abb. 5/5: Verlauf der relativen spezifischen H-3-Aktivitäten ($C/C_0 \cdot 100$ %) des freien Gewebewassers von Blättern, Blattspreiten und Blattstielen während einer Exposition mit H-3-Wasserdampf.

Nach einer der Literatur entnommenen Beziehung (s. Belot et al., Health Physics 37, 1979) soll sich die Gleichgewichts-Tritiumkonzentration in Blättern (C_1) in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte (in %, U) und von der Tritiumkonzentration der Luftfeuchte (C_0) folgendermaßen errechnen lassen:

$$C_1 = 0,011 \cdot U \cdot C_0$$

Während sich diese Beziehung - bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von ca. 72 % während der entsprechenden Exposition - in den Blattspreiten zu bestätigen scheint, herrscht in den Blattstielen offenbar der Einfluß des Bodenwassers vor, so daß hier nur ca. 10 % der Gleichgewichtskonzentration der Blattspreiten gemessen wurden.

In den Knollen ist nach Tab. 5/30 kein Einfluß des Blatt-HTO nachweisbar; die Gewebewasseraktivitäten folgen weitgehend den geringen HTO-Aktivitäten der Böden, die während der Begasung mit einer Wachsschicht gegen das atmosphärische Tritium geschützt waren. Bei der Bestimmung des organisch gebundenen Tritiums wurde versucht zu berücksichtigen, daß ein Teil der H-Atome von organischen Molekülen mit dem Wasserstoff von umgebendem Wasser im Austausch steht, so daß zwischen austauschbar und nicht austauschbar gebundenem Tritium unterschieden werden kann. Für diese Unterscheidung wurde nach der Messung des Gesamt-OBT die pulverisierte Trockensubstanz mehrere Tage inaktivem Wasserdampf ausgesetzt und so der Verlust der austauschbaren Tritiumatome ermöglicht. Die verbliebenen Aktivitäten sind in Tab. 5/30 als OBT_{nx} (nonexchangeably organically bound tritium) aufgeführt und werden als photosynthetisch eingebautes Tritium interpretiert. Aus der Differenz zwischen OBT_{nx} und Gesamt-OBT wurde ein R_{ex} -Wert als Verhältnis der OBT_{ex} (exchangeably OBT)-Aktivität zur entsprechenden HTO-Aktivität berechnet. Abgesehen vom erhöhten zeitlich ersten Meßwert, der auf eine Störung bei der Aufarbeitung des Probematerials zurückzuführen sein dürfte, scheint sich bei Betrachtung dieser R_{ex} -Werte zu zeigen,

daß bei Blattmaterial ein relativ konstanter Anteil von 15 - 20 % der organischen H-Atome an einem Austausch teilnimmt. In den Knollen findet sich entsprechend den geringen HTO-Konzentrationen kein signifikanter Unterschied zwischen OBT und OBT_{nx} . Bei dem hier gemessenen OBT dürfte es sich um in den Blättern bei höheren HTO-Konzentrationen photosynthetisch in die organische Substanz eingebautes und so in die Speicherorgane transportiertes Tritium handeln, so daß die OBT -Werte über den entsprechenden HTO-Werten liegen. Auch in Blättern können größere OBT - als HTO-Aktivitäten nachgewiesen werden, ohne daß eine Anreicherung entgegen einem Konzentrationsgefälle stattfindet. In Abb. 5/6 ist dem Verlauf der HTO- und OBT_{nx} -Aktivitäten der Blattspreiten während der H-3-Begasung der Aktivitätsverlauf aus einem Versuch gegenübergestellt, bei dem die Tritiumkonzentrationen gemessen wurden, nachdem eine dreitägige Exposition beendet worden war und die Pflanzen sich in tritiumfreier Umgebung befanden. Zur besseren Vergleichbarkeit sind die relativen spezifischen Aktivitäten, bezogen auf die jeweils maximale HTO-Konzentration in den Blattspreiten (C_{max}) aufgetragen. Während sich die HTO-Konzentrationen mit einer effektiven Halbwertszeit von jeweils ca. 1 1/2 Stunden relativ rasch auf- und wieder abbauen, erfolgt die Ausscheidung des organisch eingebauten Tritiums mit einer wesentlich längeren Halbwertszeit. Auf diese Weise können ca. 5 Stunden nach Beendigung der H-3-Exposition OBT_{nx}/HTO -Verhältnisse > 1 gemessen werden, während die OBT_{nx} -Konzentration beim Einbau des Tritiums 20 % der HTO-Konzentration nicht erreicht.

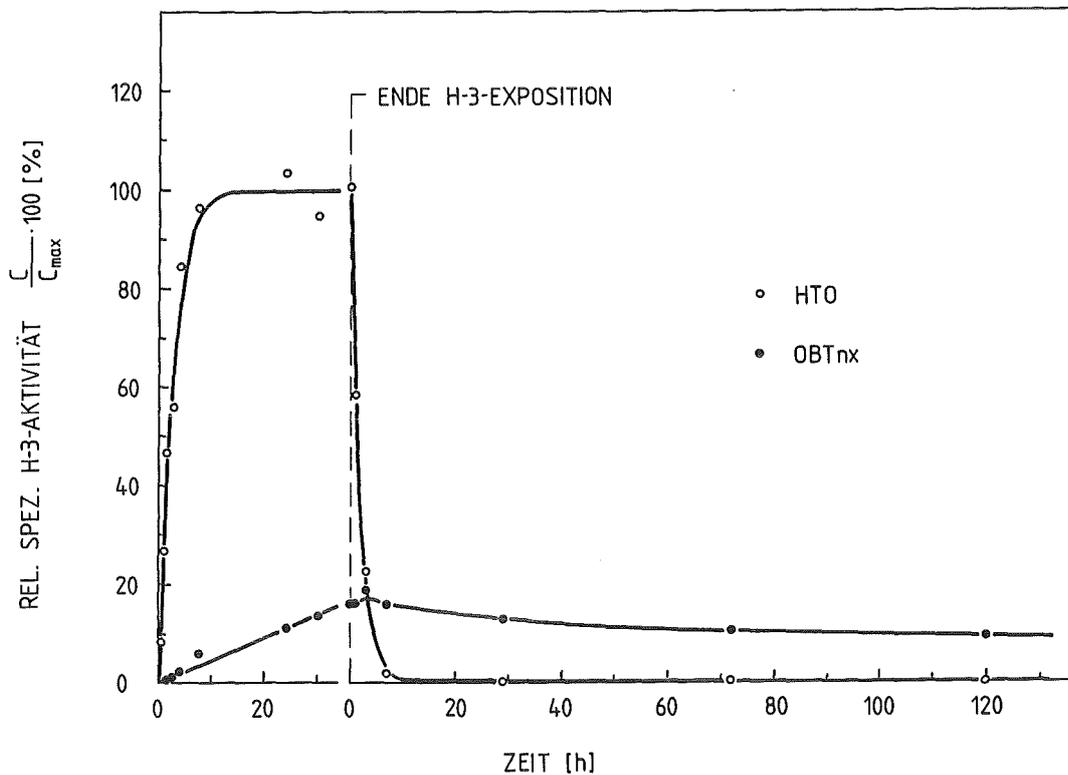


Abb. 5/6: Verlauf der relativen spezifischen H-3-Aktivitäten ($C/C_{max} \cdot 100$ %) des freien Gewebewassers und des nicht austauschbar organisch gebundenen Tritiums in Blattspreiten während und nach einer Exposition mit H-3-Wasserdampf

5.2.5 Verhalten von elementarem Tritium im Boden und in Pflanzen

S. Diabaté, D. Honig

Im Rahmen des Fusionstechnologie-Programms der EG wird eine Sicherheitsuntersuchung bezüglich des Verhaltens von elementarem Tritium im Boden und in Pflanzen durchgeführt, um die Folgen einer Tritiumfreisetzung beim Betrieb eines Fusionsreaktors abschätzen zu können.

Zukünftige Fusionsreaktoren benötigen beträchtliche Mengen an Tritium in elementarer Form. In Abhängigkeit vom Reaktortyp wird ein Tritium-Inventar von $3,7 \cdot 10^{17}$ - $9,2 \cdot 10^{18}$ Bq pro 1000 MW geschätzt, das sind 1 - 25 kg Tritium. Im Normalbetrieb wird mit einer jährlichen Umgebungsbelastung von $1,1 \cdot 10^{14}$ - $1,5 \cdot 10^{14}$ Bq Tritium pro 1000 MW gerechnet. Auch im Hinblick auf die verstärkte Wiederaufarbeitung von Brennelementen sind die geplanten Untersuchungen wichtig, weil das durch ternäre Spaltung gebildete Tritium zu einem großen Teil in elementarer Form als HT emittiert wird. Die Radiotoxizität von HT wird bei der Inhalation etwa 10^4 mal niedriger eingeschätzt als die von HTO. Um die möglichen Gefahren für die Bevölkerung abschätzen zu können, muß zunächst ermittelt werden, mit welcher Geschwindigkeit und auf welche Art und Weise HT zu HTO in der Umgebung umgesetzt wird. Die zu diesem Thema bekannte Literatur wurde gesichtet und wird in einem Bericht zusammengefaßt.

Tritiumanalyse der Luft

Als Vorbereitung für die geplanten Untersuchungen wurde der Bau eines HT/HTO-Sammlers (Abb. 5/7) zur getrennten Aktivitätsbestimmung von HT und HTO in der Umgebungsluft weitgehend abgeschlossen. Die angesaugte Luft wird über ein Schwebstofffilter (1) und anschließend durch zwei Patronen mit Molekularsiebfüllung (2) geleitet, um Luftfeuchte mit HTO zu adsorbieren. Der nun wasserfreie Luftstrom wird in ein beheizbares Pt-Katalysatorbett (3) geführt. HT wird zu HTO oxidiert, das in den beiden nachgeschalteten Molekularsieben (2) adsorbiert wird. Vor dem Katalysatorbett wird Wasserstoff als Trägergas (6) zugemischt, um Verluste von HTO bei der Desorption gering zu halten. Zur Messung der Tritiumaktivität wird das Molekularsieb mit tritiumfreiem Wasser bedeckt, wobei HTO mit dem Wasser austauscht. Dieses wird im Flüssigkeitsszintillationszähler auf seine Aktivität gemessen. Der HT/HTO-Sammler wird mit einer definierten Menge an Tritium-haltigem Gas kalibriert.

Pflanzenversuche

Im KfK sind Versuche geplant, bei denen die Aufnahme und Umwandlung von elementarem Tritium durch Pflanzen untersucht werden. Zu diesem Zweck wurde eine Klimakammer installiert, in der Nutzpflanzen einer Tritiumatmosphäre ausgesetzt werden können. Erste Funktionstests dieser Anlage sind bereits erfolgreich durchgeführt worden. Für Versuche mit Radioaktivität, die im geschlossenen System ablaufen, ist noch der Einbau von verschiedenen Meßgeräten wie Tritium-Monitor und CO_2 -Monitor sowie von automatischen Systemen zur HT- und CO_2 -Zufuhr notwendig, um die Konzentration dieser Komponenten in der Kammeratmosphäre auf einem konstanten Wert zu halten. Das ist besonders bei Langzeitexperimenten wichtig. Die Wurzelsysteme der Pflanzen müssen von der Kammeratmosphäre isoliert werden, um eine schnelle Oxidation des HT durch Mikroorganismen des Bodens zu verhindern. Das Verhalten von HT im Boden wird später getrennt untersucht. Die Behälter für die Pflanzenwurzeln müssen außerdem so konstruiert werden, daß sie automatisch zu bewässern und zu belüften sind. Das mit HT behandelte Pflanzenmaterial wird zunächst hinsichtlich seines Gehalts an Tritium im Gewebewasser und in der organischen Substanz untersucht. Des weiteren sollen die Hauptkomponenten der organischen Substanz (Proteine, Fette, Nukleinsäuren, Zellwände) isoliert und ihr Tritiumgehalt bestimmt werden. Zur Lösung der ersten Aufgabe kann die übliche Methode der Gefriertrocknung eingesetzt werden. Die Bestimmung des OBT erfolgt durch Oxidation des getrockneten Pflanzenmaterials in einem Verbrennungsautomaten und Messung des entstandenen HTO durch Flüssigkeitsszintillationsspektrometrie. Ein Teil von jeder Pflanzenprobe sollte möglichst auf diese Art untersucht werden, um bei der Verteilung des Tritiums in den organischen Hauptkomponenten einen Bezugswert zu haben.

Aus dem charakteristischen Bau einer Pflanzenzelle ergeben sich für die Aufarbeitung einige Besonderheiten. Der mechanische und chemische Aufschluß wird durch die pflanzlichen Zellwände, die hauptsächlich aus Zellulose bestehen, erschwert. Darüber hinaus behindern die Inhaltsstoffe der Vakuolen (Salze, Säuren, Gerbstoffe) die Isolierung intakter Biomoleküle. Von den verschiedensten Möglichkeiten zur Isolierung von Proteinen, Nukleinsäuren usw. wurden

diejenigen Methoden ausgewählt, die für unsere Zwecke als geeignet erschienen. Für erste Versuche mit inaktivem Pflanzenmaterial wurden Weizenkeimlinge der Sorte "Max" verwendet, weil diese in relativ kurzer Zeit (sechs bis acht Tage) eine ausreichende Pflanzenmasse produzieren. Das folgende Schema stellt die einzelnen Arbeitsschritte dar, die zur Aufarbeitung des getrockneten Pflanzenmaterials vorgesehen sind.

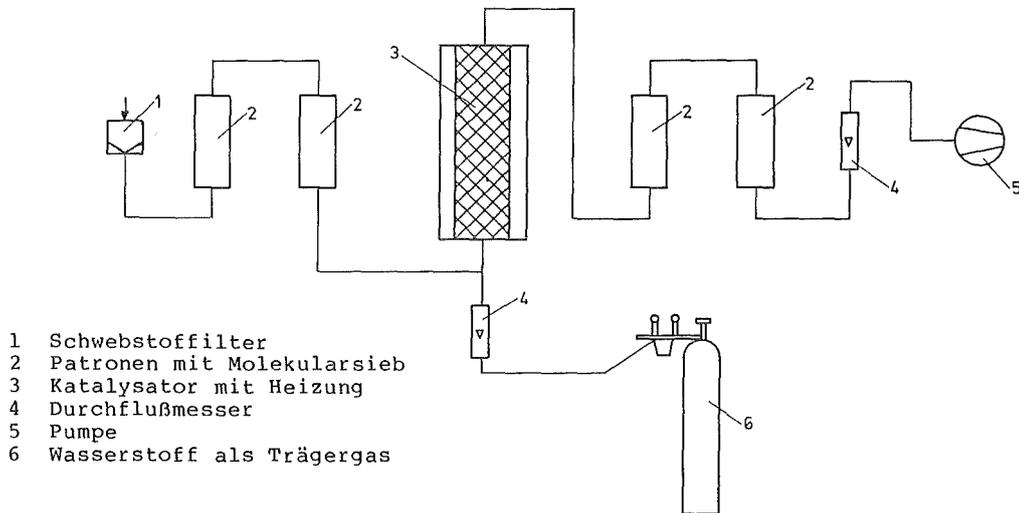
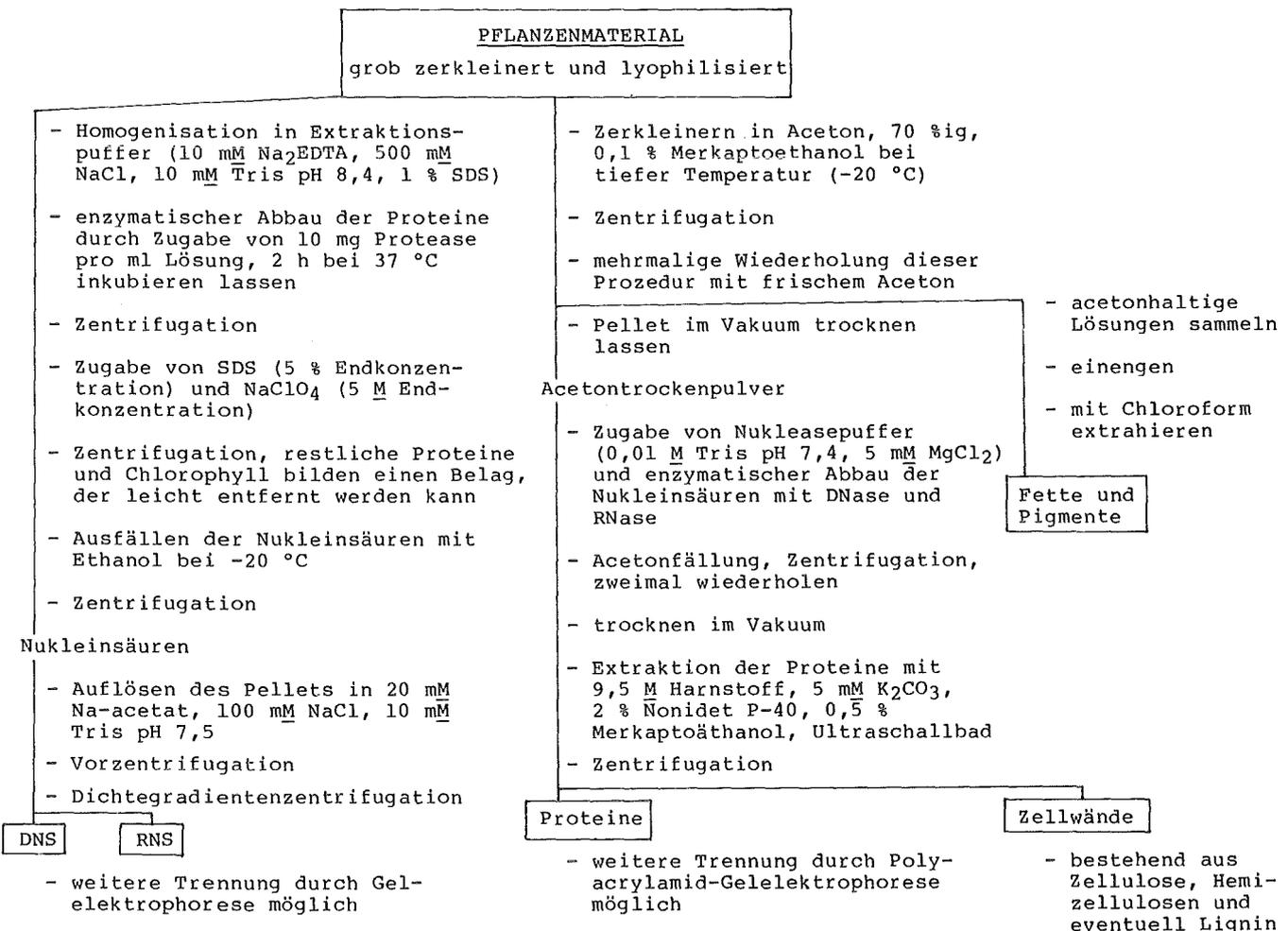


Abb. 5/7: Schematischer Aufbau des HT/HTO-Sammlers (Entwurf)



5.2.6 Beschreibung des Gewächshauses im KfK

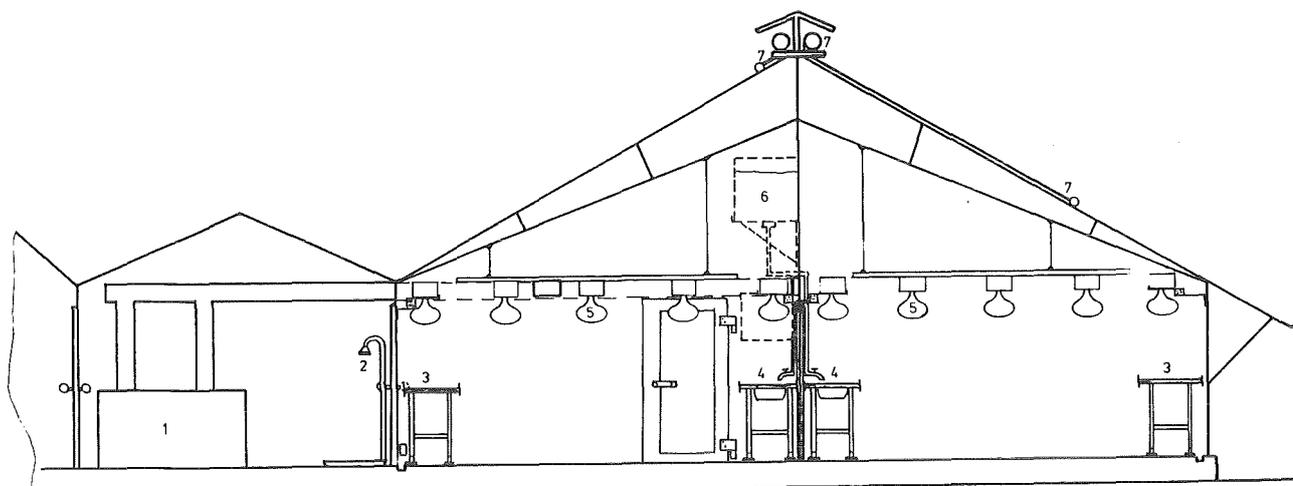
W. Schmidt, M. Pimpl, T. Sollich

In den Versuchsräumen des Gewächshauses soll unter Ausschluß von Umweltverunreinigungen über den Luftpfad und Deposition auf die oberirdischen Pflanzenteile der Transfer von Schadstoffen aus dem Boden über die Wurzel in die Pflanzen bestimmt werden. Ein Ziel ist es z. B., für wichtige Schadstoffe empirisch Boden-Pflanzen-Transferfaktoren für die wichtigsten in der Bundesrepublik Deutschland verzehrten Nahrungsmittel zu ermitteln. Diese Transferdaten sollen in die "Allgemeinen Berechnungsgrundlagen für Strahlenexposition" eingehen, soweit es sich um radioaktive Schadstoffe handelt. Somit war es notwendig, für das Gewächshaus alle Bedingungen eines Radionuklidlabors zu erfüllen. Die Umgangsgenehmigung für Radioaktivität beinhaltet das 10^6 fache der Freigrenze für α -Aktivität und das 10^7 fache für β -Aktivität. Darüber hinaus werden im Gewächshaus Versuche zur Umweltforschung, insbesondere auch konventioneller Schadstoffe wie Schwermetalle, durchgeführt, die dazu beitragen sollen, das Wissen über den Boden-Pflanzen-Transfer von Schadstoffen zu erweitern.

Zum Gewächshaus gehören vier Versuchsräume, Schleuse, Vorbereitungsraum, Maschinenraum und das Kälteaggregat (außerhalb). Das Gewächshaus ist eine einschiffige Anlage mit einer Breite von 11,45 m und einer Länge von 12,43 m. Abbn. 5/8 bis 5/10 zeigen den Grundrißplan und zwei Schnitte. Die Verglasung besteht aus Verbundsicherheitsglasscheiben (6 mm) und in der inneren Lage aus Einfachscheiben (4 mm). Zur Wärmeisolierung beträgt der Abstand beider Scheiben 12 mm. Im Versuchsbereich einschließlich Schleuse ist die Dichtigkeit für Luftüberdruck durch Silikonverklebung gewährleistet (gasdichte Ausführung). Da aus versuchs- und sicherheitstechnischen Gründen keine Lüftungsöffnung möglich war, ist der Gewächshaus- und Schleusenbereich klimatisiert. Die erforderliche Frischluft wird über eine zentrale Frisch- und Abluftanlage zugeführt. Die Gewächshausanlage steht auf einer Betonplatte und ist im Versuchsbereich so konstruiert, daß eine Stahlblechwanne die absolute Abdichtung zur Betonplatte gewährleistet. Chemiewasser und sonstige Verunreinigungen können somit nicht in das Erdreich gelangen. Aus wärmetechnischen Gründen besteht eine fest installierte Außenschattierung an der Südseite des Gebäudes und eine bewegliche Schattierung aus Holzstablammellen auf dem Giebel des Daches, die lichtstärkenabhängig gesteuert wird.

Die Wärmeversorgung erfolgt über einen Primär- und einen Sekundärkreislauf, wobei jeweils 130/90 °C und 90/70 °C gefahren werden. Die einzelnen Raumabteile werden separat versorgt. Für den Notbetrieb steht eine Reservepumpe zur Verfügung. Die Regelung erfolgt vollautomatisch. In Abhängigkeit von der Leistung führt der Temperaturregler dem Wärmetauscher Energie zu. Um vornehmlich im Sommer eine vorgegebene Raumtemperatur konstant zu halten, ist eine umfangreiche Klima- und Lüftungsanlage erforderlich. Die notwendige Maschinenkälte wird über eine zentrale luftgekühlte Kaltwassermaschine produziert. Die Leistung beträgt 180 kW bei einer Kaltwassertemperatur von +4 °C. Die abgeschlossene Einheit besteht aus Verdichter, Kondensator, Verdampfer, Regelung und zugehörigen Ventilatoren. Zur Klimatisierung der einzelnen Räume über Umluftkühl- bzw. Heizungssystem müssen die drehzahlgeregelten Ventilatoren eine Mindestluftleistung von 40 % zur Sicherstellung der Raumtemperatur erbringen. Die temperaturabhängige Drehzahlregelung der Lüftungsmotoren für Kühl- und Heizzwecke ist über Mikroprozessoren geschaltet. Im gleichen Maße ist die Temperatur über Fühler und Mikroprozessor von 5 - 35 °C regelbar. Wenn die Temperatur den Sollwert in einer Kabine z. B. unterschreitet, so erhöht sich die Drehzahl der Ventilatoren beim Heizbetrieb bzw. erniedrigt sich beim Kühlbetrieb. Die Steuerung des Klimas ist auch über Handbetrieb möglich. Die entsprechende Luftfeuchte in den vier Kabinen wird erreicht durch Versprühen von im Gegenstrom zur Luftführung temperiertem Wasser. Überschüssiges Wasser wird in einem Rinnensystem einem Sammelbehälter zugeführt und gereinigt wiederverwendet.

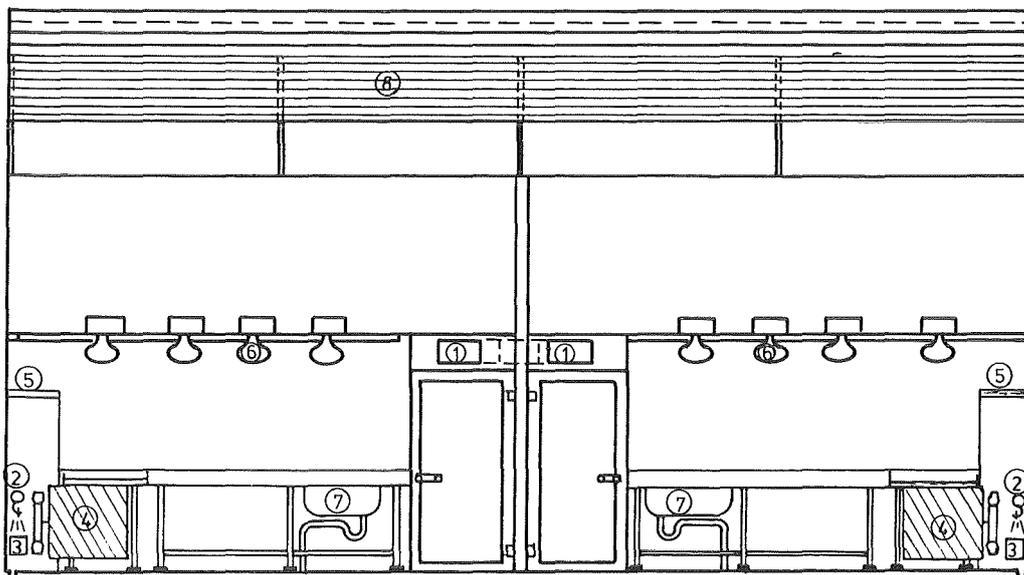
SCHNITT A-B



- 1 Filter Fortluft
- 2 Notdusche
- 3 Stellfläche
- 4 Waschbecken
- 5 Lampen
- 6 Vorratsbehälter dest. Wasser
- 7 Schattieranlage

Abb. 5/9: Schnitt A/B des Gewächshauses

SCHNITT C-D



- 1 Fortluft
- 2 Luftbefeuchtung
- 3 Zuluftkanal
- 4 Klimatruhe
- 5 Tröpfchenabscheider
- 6 Lampen
- 7 Waschbecken
- 8 Schattierung

Abb. 5/10: Schnitt C/D des Gewächshauses

Einschränkungen ergeben sich daraus, daß die Raumtemperatur nur unter gewissen Voraussetzungen erreichbar ist. So ist z. B. in den Sommermonaten bei maximaler Außentemperatur und maximaler Strahlung zur Erreichung einer Innentemperatur von 25 °C die Außenschattierung notwendig. Bei solchen Außenbedingungen ist der vollautomatische Temperatur- und Feuchtigkeitsbetrieb von der Außenschattierung abhängig.

Eine versuchstechnisch bedingte, wesentliche Voraussetzung der baulichen Anlagen ist es, daß einerseits keine Radioaktivität im Versuchsbereich und damit auf den Pflanzen deponiert werden darf, andererseits ausgeschlossen werden muß, daß Radioaktivität aus dem Gewächshaus in die Atmosphäre gelangen kann. Somit ist eine ausreichende Filterung von Zu- und Abluft erforderlich, die im vorliegenden Fall bei fünffachem Luftwechsel pro Stunde über Aerosolfilter der Sonderklasse S erfolgt. Die dem Kreislauf zugeführte Luft wird in Verbindung mit der Abluftanlage vorgewärmt und über eine Kältetrocknungsanlage geführt. Gleichzeitig bewirkt die Frischluft, daß dem Raum Wasserdampf entzogen wird; die Nachspeisung erfolgt vollautomatisch über Niveauregelung und Druckerhöhungsanlage.

Die Versuchskammern des Gewächshauses sind mit einer Zusatzbeleuchtung ausgestattet. Über den fest installierten Tischen wurden je Raum etwa 30 Quecksilber-Hochdrucklampen mit einer Stückleistung von 400 Watt aufgehängt; die Kapazität beträgt nach Angaben des Herstellers 6 000 Lux/m² im Bereich der Tischhöhe. Nach eigenen Messungen liegt der Wert jedoch doppelt so hoch. Die Zusatzbeleuchtung kann über eine Zeitschaltuhr einem Tag-Nacht-Rhythmus angepaßt werden. Am Tage wird über einen Lichtmesser am Giebel des Hauses die Lichtmenge gemessen und mit dem vorgegebenen Sollwert verglichen. Wird der Sollwert unterschritten, dann wird die Zusatzbeleuchtung zugeschaltet. Probleme ergeben sich aus der Tatsache, daß bei hochwachsenden Pflanzen der Mindestabstand zwischen Lichtquelle und Pflanzenbereich nicht eingehalten werden kann.

Abb. 5/11 zeigt, welche Arbeitsabläufe und welche Schritte des Versuches im Gewächshaus stattfinden.

ARBEITSABLÄUFE IM GEWÄCHSHAUS

- BODEN: - Auswählen
- Antransportieren
- Trocknen
- Sieben
- Wiegen
- Analysieren
- ANLAGE: - Düngen
- Mischen
- Kontaminieren
- Reinigen
- Kontrollieren
- Säen, Pflanzen
- WACHSTUM: - Klimatisieren
- Bewässern
- Düngen
- Spritzen
- Pflegen
- Bonitieren
- ERNTE: - Ernten
- Wiegen
- Trocknen
- Wiegen
- Verpacken
- DATEN: - Berechnen
- Zusammenstellen
- Bewerten

Abb. 5/11: Arbeitsabläufe im Gewächshaus

5.2.7 Untersuchungen zur Wurzel Aufnahme von Np, Pu, Am und Cm in Gras, Weizen, Mais und Kartoffeln

M. Pimpl, W. Schmidt, K. Gamer, G. Hefner, T. Sollich

Die im Mai 1983 begonnenen Messungen des Boden-Pflanzen-Transfers von Np-237, Pu-238, Am-241 und Cm-244 wurden 1985 fortgesetzt. Im Gewächshaus wurden auf drei Böden aus dem Raum Schwandorf - einem Kreideverwitterungs-, einem Granitverwitterungs- und einem Gley-Boden - in Lysimetern Langzeitversuche zum Boden-Pflanzen-Transfer weitergeführt. Auf dem Kreide- und auf dem Granitverwitterungsboden wurde die 4. und 5. Vegetationsperiode für Weizen, Mais und Kartoffeln mit der Ernte abgeschlossen. In einem Lysimeter mit Gley-Boden wurde der Transfer in Gras weiter untersucht. Gras wurde entsprechend landwirtschaftlicher Praxis dreimal pro Vegetationsperiode geschnitten; Kartoffeln wurden nach dem vollständigen Absterben des Krautes geerntet, Weizen und Mais zum Zeitpunkt der Vollreife. Das Erntegut wurde bis 105 °C getrocknet, mit Salpetersäurezusatz bei 550 °C vollständig verascht und zur radiochemischen Analyse gebracht.

Die Konzentrationen an Np-237, Pu-238, Am-241 und Cm-244 in den veraschten Pflanzenproben der ersten drei Vegetationsperioden wurden gemessen. Der Transferfaktor für jedes Nuklid wurde durch Division der gemessenen Nuklidkonzentration in der Pflanzentrockensubstanz durch die in dem jeweiligen Pflanzungsgefäß vorhandene Nuklidkonzentration in trockenem Boden berechnet. Die erhaltene Schwankungsbreite der Transferfaktoren für Weizen, Kartoffeln und Mais ist in Tab. 5/32 zusammengefaßt. Die gemessenen Transferfaktoren für die Wurzel Aufnahme der verwendeten Aktiniden in Gras sind in Tab. 5/33 aufgeführt, die Abb. 5/12 zeigt die Mittelwerte der erhaltenen Transferfaktoren aus vier Wiederholungen.

Boden	Pflanze	Schwankungsbreite der Transferfaktoren			
		Np-237	Pu-238	Am-241	Cm-244
Kreideverwitterung	Weizen (Korn)	$3 \cdot 10^{-4} - 3 \cdot 10^{-3}$	$10^{-5} - 7 \cdot 10^{-5}$	$10^{-5} - 7 \cdot 10^{-5}$	$< 3 \cdot 10^{-5}$
	Kartoffel (Knolle)	$7 \cdot 10^{-4} - 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-5} - 2 \cdot 10^{-2}$	$10^{-5} - 2 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-5} - 2 \cdot 10^{-3}$
	Mais (ganze Pflanze)	$10^{-3} - 7 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-5} - 3 \cdot 10^{-2}$	$10^{-5} - 2 \cdot 10^{-3}$	$10^{-5} - 2 \cdot 10^{-3}$
	Alle Pflanzen	$3 \cdot 10^{-4} - 7 \cdot 10^{-2}$	$10^{-5} - 3 \cdot 10^{-2}$	$10^{-5} - 2 \cdot 10^{-3}$	$10^{-5} - 2 \cdot 10^{-3}$
Granitverwitterung	Weizen (Korn)	$3 \cdot 10^{-3} - 3 \cdot 10^{-2}$	$10^{-5} - 2 \cdot 10^{-5}$	$10^{-5} - 4 \cdot 10^{-5}$	$10^{-5} - 5 \cdot 10^{-5}$
	Kartoffel (Knolle)	$8 \cdot 10^{-3} - 10^{-1}$	$3 \cdot 10^{-5} - 2 \cdot 10^{-4}$	$10^{-4} - 3 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-5} - 2 \cdot 10^{-3}$
	Mais (ganze Pflanze)	$4 \cdot 10^{-2} - 3 \cdot 10^{-1}$	$4 \cdot 10^{-5} - 2 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-4} - 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-4} - 9 \cdot 10^{-3}$
	Alle Pflanzen	$3 \cdot 10^{-3} - 3 \cdot 10^{-1}$	$10^{-5} - 2 \cdot 10^{-2}$	$10^{-5} - 10^{-2}$	$10^{-5} - 9 \cdot 10^{-3}$
Gley	Gras	$3 \cdot 10^{-2} - 6 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-5} - 3 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4} - 8 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4} - 10^{-3}$
Alle Böden	Alle Pflanzen	$3 \cdot 10^{-4} - 3 \cdot 10^{-1}$	$10^{-5} - 3 \cdot 10^{-2}$	$10^{-5} - 10^{-2}$	$10^{-5} - 9 \cdot 10^{-3}$

Tab. 5/32: Niedrigste und höchste Werte der gemessenen Transferfaktoren, berechnet für Trockengewichte

Die Ergebnisse der 3. Vegetationsperiode bestätigen die Beobachtungen, die bereits nach der 1. und 2. Vegetationsperiode gemacht wurden. Von den angebauten Pflanzen zeigen Gras und Mais den höchsten Transfer aus dem Boden in die Pflanze. Geringer sind die Transferfaktoren für Kartoffelknollen und extrem niedrig für Weizenkörner. Die Größenordnung der gemessenen Daten stimmt mit den Literaturangaben gut überein.

Vegetationsperiode		Np-237	Transferfaktor · 10 ⁵		Cm-244
			Pu-238	Am-241	
1983	1. Schnitt	4 500	17	63	52
	2. Schnitt	5 700	18	56	95
	3. Schnitt	4 600	29	64	73
1984	1. Schnitt	4 200	32	80	113
	2. Schnitt	2 700	6,4	56	79
	3. Schnitt	4 100	8,9	57	84

Tab. 5/33: Boden-Pflanzen-Transferfaktoren für Gras, erhalten auf einem Gley-Boden aus dem Überflutungsbereich eines Bachlaufes

Die Bodenart hat einen Einfluß auf den Boden-Pflanzen-Transfer. Für Np wurde auf Granitverwitterungsboden ein um eine Größenordnung höherer Transfer gemessen als auf dem Kreideverwitterungsboden. Das gleiche Ergebnis wurde für Am und Cm für die Aufnahme in Mais erhalten, während für Pu keine signifikanten Unterschiede des Boden-Pflanzen-Transfers für die verschiedenen Böden festgestellt werden konnten. Um die Einflüsse der Bodenarten auf den Transfer zu spezifizieren, wurde in der Vegetationsperiode 84/85 mit Parameterstudien begonnen. Eine Versuchsreihe wurde angelegt zur Untersuchung des Einflusses des pH-Wertes im Boden auf den Transfer, eine weitere Reihe zur Untersuchung der Abhängigkeit des Transfers vom Gehalt an organischer Substanz im Boden.

Betrachtet man in Abb. 5/12 den mittleren Transferfaktor der einzelnen Radionuklide, so kann man ablesen, daß die Wurzel Aufnahme in der Reihenfolge Pu < Am ≈ Cm < Np ansteigt. Die Aufnahme von Np ist etwa 3 Größenordnungen höher als die von Pu. Das chemisch sehr ähnliche Verhalten von Am und Cm zeigt sich auch im Transferverhalten. Für beide Nuklide wird der gleiche Transferfaktor gemessen. Die unterschiedlichen Techniken zum homogenen Einbringen von Radiotracern in den Boden können eine große Auswirkung auf die Wurzel Aufnahme haben, insbesondere dann, wenn die Pflanzenaufzucht in einem Zeitraum erfolgt, in dem sich das zugemischte Nuklid und der Boden noch nicht im bodenphysikalischen Gleichgewicht befinden. Die Ergebnisse der 1. Vegetationsperiode, die direkt nach der Kontamination durchgeführt wurde, zeigten, daß der Transferfaktor von allen Versuchspflanzen bei Verwendung der Gießtechnik um eine Größenordnung höher war als bei der Kontamination des Bodens mit konventioneller Mischtechnik. Da in der 2. und 3. Vegetationsperiode dieser Einfluß nicht mehr zu beobachten ist, darf man annehmen, daß sich der Boden und die zugemischten Aktiniden nach etwa fünf Monaten im Gleichgewicht befinden.

Zum Anbau der Nutzpflanzen werden Kick-Brauckmann-Gefäße mit 8 kg Bodenfüllung und 0,035 m² Oberfläche, Wannern mit 250 kg Boden und 0,6 m² Oberfläche und Lysimeter mit 0,5 m² Oberfläche, in denen Boden in ungestörter Lagerung bis 80 cm Tiefe eingefüllt ist, verwendet. Während bei den Töpfen und den Wannern mit Ausnahme der etwa 2 cm dicken Deckschicht der gesamte Boden mit Aktiniden kontaminiert ist, enthalten die Lysimeter nur in der Ackerkrume bis ca. 20 cm Tiefe Aktiniden. Obwohl die Wachstumsbedingungen für die Pflanzen in den unterschiedlichen Versuchsgefäßen hinsichtlich Wasserhaushalt und Nährstoffversorgung sehr stark voneinander abweichen, zeigen sich im Transferverhalten der betrachteten Aktiniden keine signifikanten Unterschiede, die auf die unterschiedlichen Versuchsgefäße zurückzuführen sind. Für die Praxis bedeutet dies, daß Kick-Brauckmann-Gefäße für Studien zur Untersuchung solcher Bodenparameter, die den Transfer deutlich beeinflussen - wie z. B. pH-Wert, organische Bestandteile, Porenvolumen usw. -, verwendet werden können. Von der Bodenbeschaffung bis hin zur Abfallentsorgung sind sie weniger arbeitsintensiv und auch kostengünstiger als Lysimeter. Für Langzeituntersuchungen sind allerdings Lysimeter erforderlich, da in Topfversuchen bedingt durch Bodenmüdigkeit nach 2 bis 3 Vegetationsperioden die Ernteerträge drastisch abnehmen und dadurch die gemessenen Transferfaktoren verfälscht werden können.

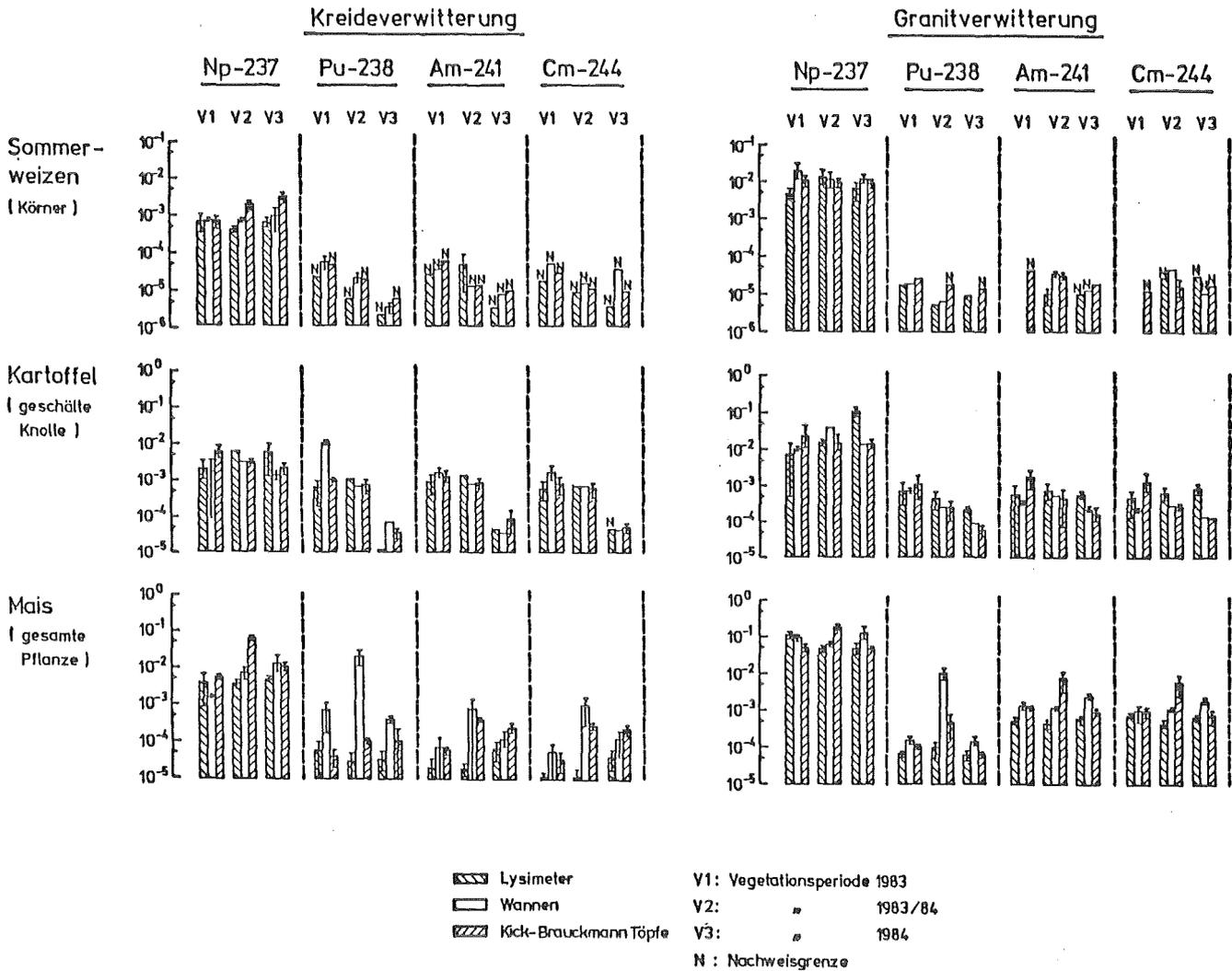


Abb. 5/12: Boden-Pflanzen-Transferfaktoren von Aktiniden

Der Anbau von Weizen, Kartoffeln und Mais unter Einhalten eines in der Landwirtschaft üblichen Fruchtwechsels wurde durchgeführt, um zu prüfen, ob die Vorfrucht einen Einfluß auf den Transfer in die Folgefrucht hat. Ein solcher Einfluß konnte in den drei durchgeführten Vegetationsperioden nicht beobachtet werden. Zwar wurde für Mais, der im Anschluß an Kartoffeln angebaut wurde, ein höherer Transferfaktor gemessen als in Versuchen ohne Vorfrucht, jedoch dürfte dieser Effekt darauf zurückzuführen sein, daß zur Ernte der Kartoffeln der Boden vollständig umgegraben und dadurch gelockert werden muß. Dieser lockere, gut durchlüftete Boden begünstigt das Wurzelwachstum der Folgefrucht Mais. Die stärkere Bodendurchwurzelung führt zu einer höheren Mineralstoffaufnahme und im Zusammenhang damit zu einer höheren Aufnahme der dem Boden zugemischten Radionuklide. Inwieweit eine mechanische Bodenlockerung und die damit verbundene bessere Durchlüftung die chemische Form der im Boden vorhandenen Radionuklide so verändert, daß eine höhere Löslichkeit im Porenwasser und damit eine größere Pflanzenverfügbarkeit erfolgt, kann z. Z. nicht beurteilt werden, wird aber Gegenstand weiterer Untersuchungen sein.

5.2.8 Mobilität verschiedener Tc-99-Spezies im Boden und deren Aufnahme durch Pflanzen

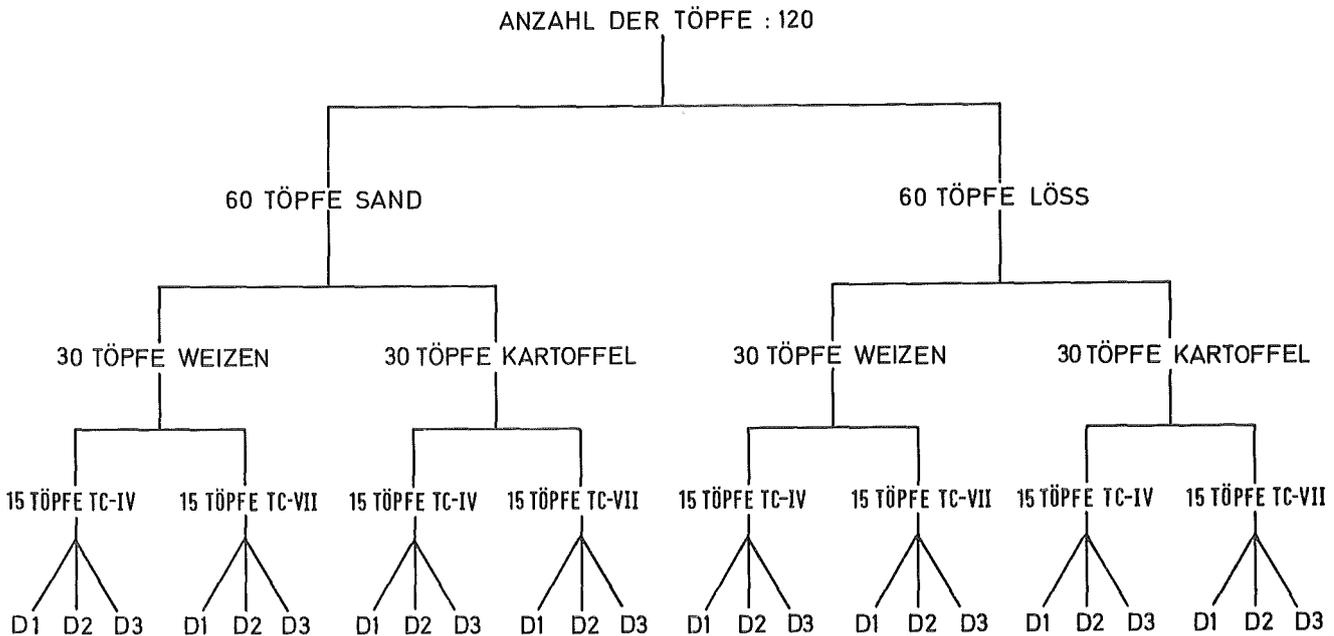
B. Bohn, W. Schmidt

Technetium kann aus Brennstofffabriken, Gasdiffusionsanlagen und Wiederaufbereitungsanlagen mit der Abluft und dem Abwasser emittiert werden. Von den verschiedenen, möglichen Oxidationsstufen sind die stabileren Formen, Tc-VII und Tc-IV, von Interesse. Für Tc-VII wurden sehr hohe Werte für den Boden-Pflanzen-Transfer gemessen, die allerdings nach dem ersten Anbaujahr deutlich absinken. Die Vermutung, es handle sich bei diesem Vorgang hauptsächlich um eine Reduktion von Tc-VII zu Tc-IV, für das man sehr geringe Transferfaktoren erwartete, wurde bis jetzt durch keine geeigneten Experimente belegt. Um das Redoxverhalten von Tc-VII und Tc-IV im Boden zu studieren, wurde im Gewächshaus der HS/R eine größere Versuchsreihe angelegt.

120 Kick-Brauckmann-Töpfe wurden im April mit Sand bzw. Löß gefüllt und schichtenweise mit Tc-IV bzw. Tc-VII kontaminiert (s. Kultivierungsplanschema). Zur Aussaat kamen Kartoffeln und Sommerweizen. Um den Einfluß von Düngemitteln auf den Boden-Pflanzen-Transfer von Tc zu bestimmen, wurden die Töpfe mit drei verschiedenen, in Deutschland gebräuchlichen Kunstdüngern behandelt. Die wichtigsten Kenndaten der verwendeten Böden und Düngemittel sind aus den Tabn. 5/34 und 5/35 zu ersehen. 10 Wochen später, z. Z. der Kartoffelblüte, wurden von jeder Pflanze zwei bis drei alte Kartoffel- bzw. Weizenblätter entfernt und analysiert. Nach der Weizen- bzw. Kartoffelernte im August kam Gras zur Aussaat.

Kultivierungsplanschema

D1, D2 und D3 = je fünf Töpfe mit Dünger Nr. 1, 2 und 3



Die Analysen der zur Blütezeit genommenen Pflanzenproben ergaben erwartungsgemäß hohe Transferfaktoren für Tc-VII. Die Anreicherung im Kartoffelkraut ist im Vergleich zum Weizenstroh deutlich größer. Außergewöhnlich hohe Werte ergaben sich aber auch für Tc-IV. Ob dies auf eine Oxidation von Tc-IV zu Tc-VII oder aber auf eine tatsächliche Aufnahme von Tc-IV durch die Pflanze zurückzuführen ist, soll durch geeignete Laborexperimente abgeklärt werden. Ein Absinken der Transferdaten bei steigendem Humusgehalt des Bodens wurde durch die Verwendung von Löß und Sand bestätigt. Der Einfluß von Düngemitteln ist zu diesem Zeitpunkt noch nicht erkennbar.

Infolge der hohen Tc-Anreicherung in den Pflanzen, d. h., der Abreicherung des ursprünglichen Tc-Inventars der Töpfe auf 10 - 30 %, können genaue Transferdaten erst 1986, nach Ausführung zusätzlicher Bodenanalysen, angegeben werden.

Bodenart (Herkunft)	org. Sub- stanz in %	pH- Wert	Nährstoffgehalt (einstufige Extraktion)										
			Ges. N ₂ %	P ₂ O ₅ ppm	K ₂ O ppm	MgO ppm	Bor ppm	Na ppm	Cu ppm	Mn ppm	Mo ppm	T-Wert mval	S-Wert mval
Löß (Grötzingen)	1,0	7,0	n. n.	50	40	50	0,12	11	9	20	0,12	7,6	7,6
Sand (Spöck)	2,1	6,8	0,12	180	260	40	0,48	13	4,0	145	< 0,1	7,8	6,8

n. n. = nicht nachgewiesen, T-Wert: Gesamt-Austauschkapazität
S-Wert: Gesamt-Austauschkapazität ohne H⁺

Tab. 5/34: Kenndaten der verwendeten Böden

Düngerart	chemische Zusammensetzung	N ₂ -Gehalt in %	Reaktion im Boden
Kalkammonsalpeter	NH ₄ NO ₃ /CaCO ₃	26	basisch
Ammonsulphatsalpeter	NH ₄ NO ₃ /(NH ₄) ₂ SO ₄	26	stark sauer
Harnstoff	CO(NH ₂) ₂	46	schwach sauer

Tab. 5/35: Kenndaten der verwendeten Düngemittel

Die Auswertung der anfallenden Meßwerte erfolgt nach folgenden Gesichtspunkten:

- Vergleich des Boden-Pflanzen-Transfers von Tc-IV und Tc-VII.
- Aufnahme von Tc in junge und gealterte Pflanzen.
- Einfluß des Humusgehaltes des Bodens auf den Transfer von Tc in die Pflanze.
- Verteilung von Tc in den einzelnen Pflanzenteilen zum Zeitpunkt der Ernte.
- Einfluß der Düngerarten auf den Transfer.

5.2.9 Die konventionelle Analytik von Böden und Pflanzenproben

Th. Liese, J. Hiller

Einfluß von Meßparametern auf die Richtigkeit der Bestimmung von Elementen in Pflanzen- und Bodenproben mittels ICP-AES

Auf die Notwendigkeit bzw. Vorteile von Versuchen mit inaktiven Elementen zur Ergänzung oder als vorbereitende Experimente bei der Ermittlung der Aufnahme von Radionukliden durch Pflanzen wurde bereits hingewiesen. Bei der Bestimmung von Elementen in Pflanzen- und Bodenproben mittels sequentieller ICP-AES ist neben der Auswahl der Bestimmungslinie auch die richtige Korrektur von Untergrund und spektralen Interferenzen notwendig. Diese Korrektur kann indirekt durch Verwendung von Standards mit exakt gleicher Matrix, wie z. B. in der Metallindustrie, erfolgen. Ist die Matrix nicht genau bekannt, dann muß der Untergrund in der Nähe des Analysesignals gemessen und entsprechend berücksichtigt werden. Neben der Berücksichtigung des Untergrundes muß in einigen Fällen auch eine Korrektur spektraler Interferenzen durchgeführt

werden, wenn entweder das Analysensignal direkt mit einem Störsignal überlagert ist (Beispiel: Überlagerung einer Eisenlinie mit der zur Cadmiumbestimmung verwendeten Linie bei 226,5 nm) oder das Analysensignal auf der Flanke eines Störsignals liegt (Beispiel: Die zur Bestimmung des Bleis verwendete Linie bei 220,3 nm liegt auf der Flanke eines Aluminiumsignals). Das Ausweichen auf andere weniger empfindliche Analysenlinien ist eine Möglichkeit, Störungen dieser Art zu umgehen. Im vorliegenden Fall jedoch war höchste Empfindlichkeit des Verfahrens gefordert und somit hatten entsprechende Korrekturen zu erfolgen, wobei der Wechsel der Matrizes (verschiedene Böden und Pflanzen) berücksichtigt werden mußte.

In der Tab. 5/36 wird am Beispiel eines Standardreferenzmaterials gezeigt, daß im vorliegenden Falle Matrixmodifikation des Standards oder alleinige Korrektur des Untergrundes nicht ausreicht, sondern daß erst die Kopplung von Untergrundkorrektur und Korrektur der spektralen Interferenzen zum Erfolg führt.

Der angepaßte Standard enthält jeweils 500 µg/ml an Eisen und Aluminium sowie 200 µg/ml Calcium, 100 µg/ml Magnesium und 10 µg/ml Mangan. Der Gehalt an Eisen und Aluminium in den Lösungen der Standardreferenzmaterialien betrug (jeweils in µg/ml als Mittelwert aus drei Lösungen) für die Standardreferenzmaterialien "SL 1": 350/400, für "Soil 5": 220/230 und für "BCR 142": 200/490.

Element	"Angepaßter" Standard mit matrixmodifiziertem Standard	Untergrundkorrektur	Untergrundkorrektur und spektrale Interferenzkorrektur	angegebene Werte
Cd	12,5 ± 0,2	8,3 ± 0,8	2,9 ± 0,3	0,26 ± 0,05
Co	22 ± 1	21 ± 2	15 ± 1	20 ± 2
Cu	28 ± 4	16 ± 2	28 ± 3	30 ± 5
Ni	44 ± 2	47 ± 5	46 ± 4	45 ± 8
Pb	73 ± 5	37 ± 3	33 ± 3	38 ± 7

Tab. 5/36: Einfluß von Korrektur des Untergrundes und der spektralen Interferenzen auf die Meßgenauigkeit am Beispiel eines Sediments (Standardreferenzmaterial). Alle Angaben bezogen auf µg/g Trockengewicht.

Tab. 5/37 enthält neben den Wellenlängen Angaben über die Positionen zur Untergrundkorrektur und die ermittelten Faktoren zur Korrektur der spektralen Interferenzen. Tab. 5/38 gibt am Beispiel eines mit Klärschlamm beaufschlagten Bodens und einer Wasserpflanze (beides Standardreferenzmaterialien) die bei Kalibrierung mit nicht matrixmodifiziertem Standard unter Verwendung der in Tab. 5/37 angeführten Korrekturen erzielten Ergebnisse wieder.

Element	Wellenlänge (nm)	Position zur Untergrundkorrektur (nm)	Koeffizienten zur Korrektur der spektralen Interferenzen*	
			a	b
Cd	226,50	+0,07	0,12·10 ⁻³	0,39·10 ⁻⁸ (Fe)
Co	228,62	+0,06	0,32·10 ⁻⁴ (Fe)	
Co	228,62		0,14·10 ⁻²	0,23·10 ⁻⁸ (Ti)
Co	228,62		0,49·10 ⁻⁴	0,34·10 ⁻⁷ (Cr)
Cu	324,75	-0,08	-	-
Ni	231,60	+0,05	0,93·10 ⁻⁴ (Mn)	
Pb	220,35	-0,04	0,46·10 ⁻³	-0,33·10 ⁻⁷ (Al)

* Bei zwei angegebenen Koeffizienten (a und b): Hier war die Einführung von Polynomen zweiten Grades angebracht. In Klammern Angabe des jeweils störenden Elements.

Tab. 5/37: Wellenlängen, Positionen zur Untergrundkorrektur und Koeffizienten zur Korrektur der spektralen Interferenzen

Element	Klärschlamm beaufschlagter Boden		Wasserpflanze	
	gefunden	angegeben	gefunden	angegeben
Cd	33 ± 2	31 ± 1	1,9 ± 0,2	2,2 ± 0,1
Co	14 ± 1	12 ± 1	3,7 ± 0,1	(4)
Cu	232 ± 1	237 ± 8	50,8 ± 0,7	51 ± 2
Ni	93 ± 3	99	38 ± 2	(40)
Pb	1250 ± 20	1330 ± 40	67 ± 2	64 ± 3

Tab. 5/38: Überprüfung der Korrekturfaktoren bzw. der Untergrundkorrektur am Beispiel zweier Standardreferenzmaterialien. Angaben bezogen auf µg/g Trockengewicht. Werte in Klammern sind lediglich Informationswerte.

Zur Bestimmung von Thorium und seltenen Erden in Böden mittels ICP-AES

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Entwicklung eines Analysenverfahrens zur direkten Bestimmung von Thorium sowie einiger seltener Erden in Bodenproben. Thorium ist als natürlicher Aktivitätsträger von Interesse, so z. B. Th-232. Nuklide von seltenen Erden gehören u. a. zu Aktivitätsträgern im hoch- und mittelaktiven Abfall wie z. B. Ce-144, Pr-144, Sm-151, Eu-154 und Eu-155. Unter bestimmten Bedingungen können diese Elemente radioökologisch von Bedeutung sein. In den meisten Arbeiten, die sich bislang mit der Bestimmung der zuvor erwähnten Metalle mittels ICP-AES beschäftigten, wird vor dem eigentlichen Meßvorgang eine Abtrennung und/oder Anreicherung der seltenen Erden durchgeführt. Um einen hohen Probendurchsatz bei geringem Arbeitseinsatz zu ermöglichen, sollte auf die Abtrennung bzw. Anreicherung verzichtet werden. Die auftretenden spektralen Interferenzen, d. h. direktes Überlappen eines Signals mit der stark verbreiterten Linie eines Hauptelements, sind dann durch geeignete Kalibrierung und Korrekturfaktoren zu kompensieren. Tab. 5/39 zeigt die benutzten Wellenlängen sowie die störenden Elemente.

Element	Wellenlänge (nm)	Störellemente (Korrektur der spektralen Interferenzen)
La	333,749	Ce, Fe, Mn
Ce	413,765	-
Sm	359,260	Fe
Eu	412,970	-
Dy	353,170	Ce, Fe, Mn
Ho	345,600	Ce, Zr
Yb	328,937	Ce, Sm, Dy, Tb
Th	401,914	Mg, Ce, V

Tab. 5/39: Elemente, Wellenlängen und Störellemente

Tab. 5/40 gibt die Ergebnisse für einen Boden und ein Sediment bei unterschiedlicher Kalibrierung wieder. In einem Fall wurde mit reinen Standardlösungen kalibriert, im anderen mit der Lösung eines Bodens mit bekannten Gehalten der interessierenden Elemente (Standardreferenzmaterial). Die Ergebnisse zeigen, daß bei Kalibrierung mit einer ähnlichen Matrix, wie sie in der Probe zu finden ist, gute Ergebnisse erzielt werden, bei nicht mehr passender Matrixmodifikation jedoch schlechtere, wie der Vergleich zwischen den Ergebnissen von Lehmboden und Nordsee-Sediment zeigt. Da die Bestimmung der Hauptelemente der Proben Bestandteil der Routineuntersuchung ist, wird in den meisten Fällen eine "angepaßte" Kalibrierung erfolgen können. Die universell verwendbare und schneller durchführbare Kalibrierung mit Standardlösungen ohne Matrixmodifikation liefert für einige der untersuchten Elemente nicht so gute Übereinstimmung mit den angegebenen Werten, ist jedoch als Übersichtsanalyse zu empfehlen. In beiden Fällen ist jedoch stets eine Korrektur des Untergrundes und der spektralen Interferenzen durchzuführen.

Element	Lehmboden			Nordsee-Sediment		
	Kalibrierung mit einer Bodenprobe	Kalibrierung mit Standardlösungen ohne Matrixmodifikation	angegebene Werte*	Kalibrierung mit einer Bodenprobe	Kalibrierung mit Standardlösungen ohne Matrixmodifikation	angegebene Werte* (Vertrauensbereich des Medians: 0,5)
La	27,9 ± 0,6	24,1 ± 0,6	(28,3/25,6)	31 ± 1	30 ± 1	30 - 35,5
Ce	66 ± 5	53 ± 7	(81)	80 ± 10	74 ± 5	58,2 - 62,3
Sm	6 ± 1	8 ± 5	(6,3)	7,6 ± 0,6	6 ± 1	5,4 - 6,0
Eu	1,1 ± 0,1	1,0 ± 0,2	(0,9)	2,3 ± 0,5	2,1 ± 0,2	1,1 - 1,3
Dy	2,8 ± 0,1	5,6 ± 0,4	-	3,8 ± 0,3	5,9 ± 0,2	(3,64/4,5)
Ho	1,9 ± 0,7	0,4 ± 0,2	-	3,0 ± 0,5	1,3 ± 0,2	(0,73)
Yb	1,6 ± 0,1	1,0 ± 0,2	(2,1)	1,9 ± 0,1	1,9 ± 0,4	2,06 - 2,55
Th	13 ± 1,7	7 ± 3	(10,3)	15 ± 2	18 ± 2	-

*Werte in Klammern sind lediglich Informationswerte

Tab. 5/40: Ergebnisse bei unterschiedlicher Kalibrierung für zwei Standardreferenzmaterialien. Angaben in µg/g Trockengewicht.

5.2.10 Boden-Gras-Transferfaktoren für Co, Cr und Pb in Abhängigkeit von der Zeit und unterschiedlich hoher Bodenkontamination

W. Schmidt, Th. Liese, J. Hiller

Ziel dieses Versuches war es, den Boden-Pflanzen-Transferfaktor für Co, Cr und Pb unter Ausschluß von Depositionen zu bestimmen. Alle drei Elemente sind von der radioökologischen Seite als Co-60, Cr-51 und Pb-210 sowie auch als konventionelle Schadstoffe von Interesse, wenn sie in höheren Konzentrationen im Boden vorliegen. Neben der Kontrolle wurden bei fünffacher Wiederholung sechs Konzentrationsstufen eingesetzt und zwar für Co von 5 - 400 µg/g Boden, für Pb von 10 - 1 800 µg/g Boden und für Cr von 10 - 1 000 µg/g Boden. Die Boden-Pflanzen-Transferfaktoren wurden bestimmt, indem die Konzentration im geernteten Gras (trocken) durch die Konzentration im Boden dividiert wurde. Abb. 5/13 zeigt den Co-Transfer in die Pflanzen nach 14, 28 und 56 Tagen in Abhängigkeit von der Cobaltkonzentration im Boden.

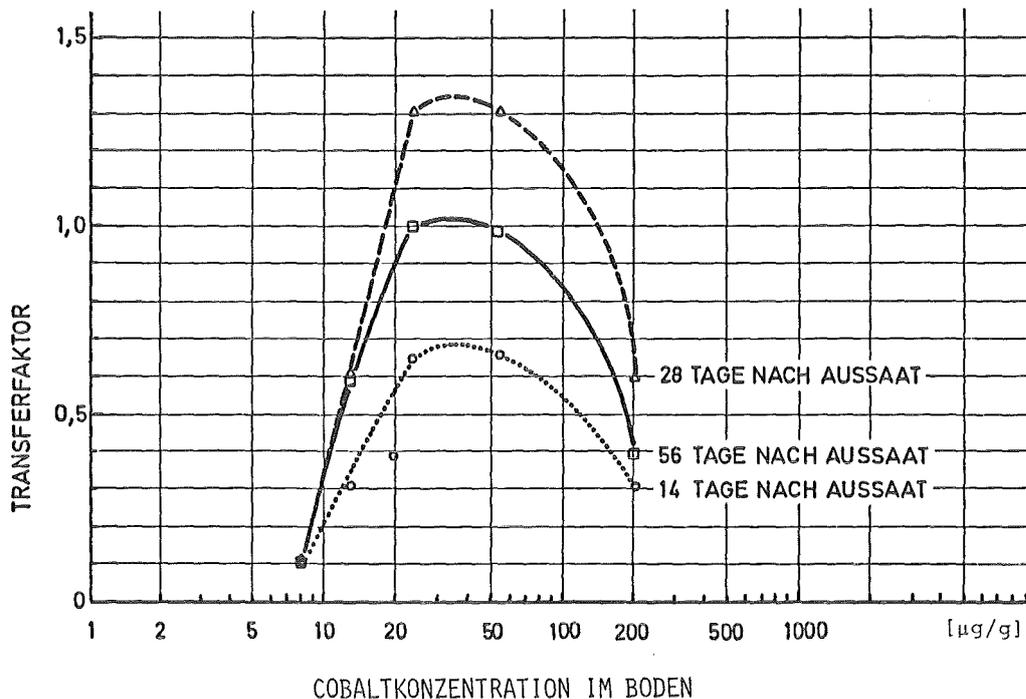


Abb. 5/13: Zeitlicher Zusammenhang zwischen Cobaltaufnahme und Cobaltkonzentration im Boden

Nach einer anfänglichen Zunahme des Transferfaktors bei Bodenkonzentrationen zwischen 23 und 53 μg Cobalt/g Boden wird ein Maximum erreicht. Danach tritt ein dem Anstieg in der Steilheit ähnlicher Abfall ein. Den Wert für 403 μg Cobalt/g Boden mit einzubeziehen erscheint zu riskant, da bei dieser hohen Cobaltkonzentration die Grasnarbe bereits nach fünf Wochen vollständig abgestorben war, mithin schon ein völlig veränderter Stoffwechsel vorlag. Der Anstieg und Abfall des Transferfaktors mit zunehmender Konzentration ist wahrscheinlich Folge zweier gegeneinanderlaufender Prozesse. Zum einen ist es die Stoffwechselfunktion der Pflanze, also ihre Fähigkeit, Cobalt aufzunehmen und in den oberirdischen Teil zu transportieren, zum anderen die zunehmende Immobilisierung des Cobalt im Boden. Bis etwa zum 30. Tag überwiegt offenbar die Aufnahme gegenüber der Fixierung im Boden. Die Cobaltaufnahme wird dann zunehmend gehemmt, weil die Festlegung des Metalles im Boden in verstärktem Maße erfolgt.

Abb. 5/14 zeigt die Abhängigkeit des Transferfaktors für die Chromaufnahme durch das Gras *Lolium multiflorum* von der im Boden enthaltenen Schwermetallmenge. Der Transferfaktor nimmt mit zunehmender Konzentration rasch ab, die Cr-Gehalte im Blatt sind also auch bei erhöhtem Cr-Gehalt im Boden nicht wesentlich angestiegen.

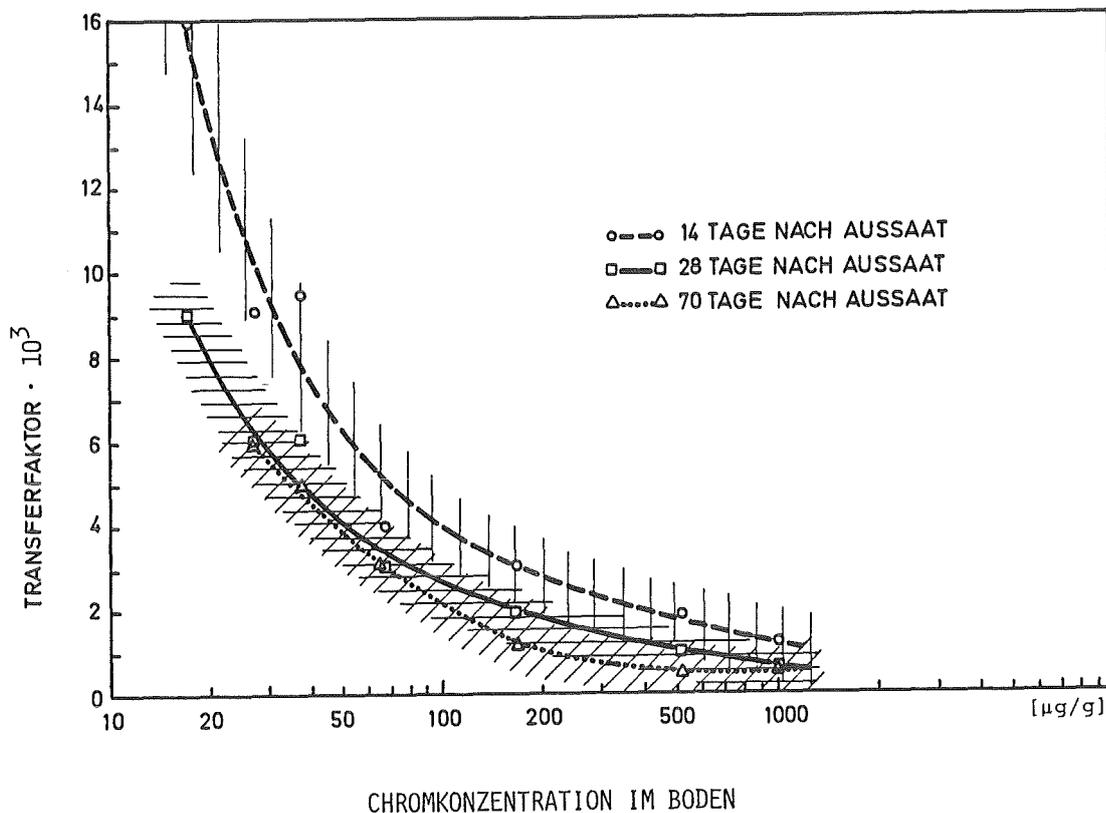


Abb. 5/14: Zeitlicher Zusammenhang zwischen Chromaufnahme und Chromkonzentration im Boden

Mit zunehmender Wachstumsdauer lassen sich geringere Transferfaktoren ermitteln. Diese Tendenz ist um so stärker ausgeprägt, je höher die Chromkonzentration im Boden war. Die Abnahme ist zu Versuchsbeginn am stärksten, da vermutlich eine Chromfixierung stattfindet. Darüber hinaus spielt sicherlich die begrenzte Mobilität des dreiwertigen Chroms eine limitierende Rolle bei der Aufnahme in die Pflanze. Anders als bei Chrom und Cobalt ist bei Blei keine gute Übereinstimmung zwischen der zeitlichen Abhängigkeit der Bleikonzentration in der Pflanze und der Konzentration (s. Abb. 5/15) feststellbar. In Anbetracht dessen erscheint eine tiefergehende Interpretation nicht sinnvoll. Denkbar wäre lediglich eine Abnahme des Transferfaktors zu mittleren Bleigehalten im Boden hin, daß also geringe und hohe Bleikonzentrationen im Boden einen höheren Transfer verursachen.

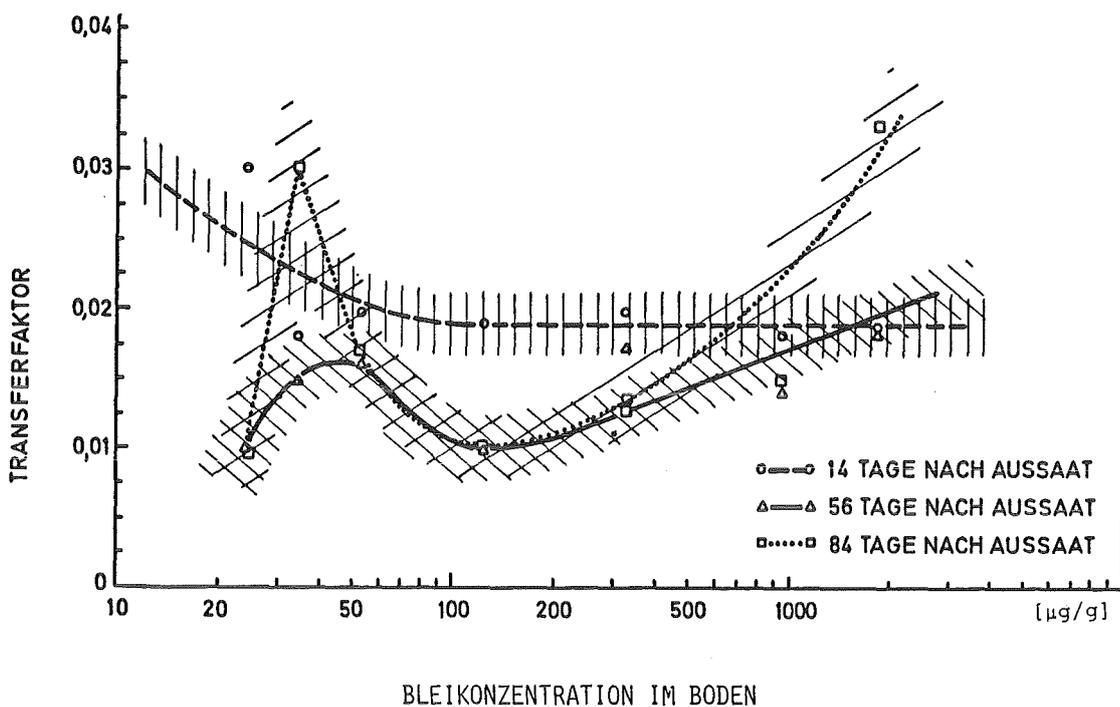


Abb. 5/15: Zeitlicher Zusammenhang zwischen Bleiaufnahme und Bleikonzentration im Boden

5.2.11 Einfluß von Regenwürmern auf die Verteilung und Mobilisierung von Schwermetallen in Bodensäulen

W. Schmidt, Th. Liese, T. Sollich

In einem Säulenexperiment wurde untersucht, ob Regenwürmer der Art "Lumbricus terrestris" die Schadstoffe Cd, Co, Cr, Ni und Pb in ihrem Gewebe anreichern und diese im Boden unter Berücksichtigung des mobilisierbaren und komplexierbaren Anteils verteilen. Das Ausmaß der Anreicherung der Schadstoffe im Regenwurmgewebe hängt wesentlich von der Bezugsebene ab. Dies betrifft zum einen den Boden zu Versuchsbeginn und zum anderen den kontaminierten Rindermist, der zu Versuchsbeginn entweder oben, in der Mitte der Säulen oder unten als Schicht von ca. 5 cm Dicke ausgelegt worden war. Eine kontaminierte Substanz mit hohem organischen Anteil wie z. B. Klärschlamm auf der Bodenoberfläche oder organischer Müll in Deponien, wird für Regenwürmer Nahrung und Ort der Kontamination sein. Von dort werden Schadstoffe in den nicht kontaminierten Boden verschleppt bzw. von den Regenwürmern aufgenommen. Deshalb sind die hier vorliegenden Ergebnisse der An- und Abreicherung auf den nichtkontaminierten Boden zu beziehen. In Tab. 5/41 sind die Ergebnisse über die Schadgehalte im Boden und im Regenwurmgewebe nach 10monatiger Versuchsdauer dargestellt, in Tab. 5/42 die daraus resultierenden Transferdaten als Mittelwerte für alle acht Säulen. Insbesondere bei Cd mit 8,5 µg/g Gewebe läßt sich ein hoher Anreicherungsfaktor von 94 berechnen. Bei Co mit 22 µg/g Gewebe und Cr mit 13 µg/g Gewebe findet man Faktoren von 24 und 25. Ni wurde nur mit 7 µg/g Gewebe gefunden, woraus ein Anreicherungsfaktor von 5 bestimmt wurde. Am niedrigsten sind die Pb-Gehalte, insbesondere im Vergleich zur zugesetzten Menge von 600 µg/g, wo sich bei 11 µg Pb/g Regenwurmgewebe ein Faktor von 3 gegenüber dem Boden ergibt.

Element	Elementkonzentration µg/g		
	Boden (Versuchsbeginn)	Zugabe	Regenwurmgewebe (Versuchsende)
Cd	0,09 ± 0,02	6	8,5 ± 0,6
Co	0,92 ± 0,05	60	22 ± 4
Cr	0,52 ± 0,01	30	13 ± 3
Ni	1,5 ± 0,1	60	7 ± 2
Pb	4,3 ± 0,5	600	11 ± 2

Tab. 5/41: Schwermetallgehalte im Boden zu Versuchsbeginn, ihre Zugabe in einer dünnen Schicht und die Konzentration im Regenwurmgewebe bei Versuchsende

Element	CF	
	Regenwurmgewebe zu Boden	Regenwurmgewebe zu kontaminiertem Rindermist
Cd	94	1,4
Co	24	0,4
Cr	25	0,4
Ni	5	0,1
Pb	3	0,02

Tab. 5/42: An-/Abreicherungsfaktor (CF) Regenwurmgewebe Boden und zu kontaminiertem Rindermist

Regenwürmer der Art "Lumbricus terrestris" reichern also Schadstoffe wie Cd, Co, Cr, Ni und Pb elementspezifisch an, wenn man als Bezug den Lebensraum und nicht die flächig in einer Ebene befindliche kontaminierte Schicht heranzieht.

Aus Tab. 5/43 läßt sich die Schwermetallkonzentration der Kontrolle (Versuchsbeginn) und die Schwankungsbreite der Mittelwerte der einzelnen Bodensäulen (Versuchsende) entnehmen. In diesen Mittelwerten sind die Reste der bei der Kontamination ausgelegten Rindermistschicht nicht enthalten, um eine Verfälschung der tatsächlichen Verteilung durch die Würmer zu verhindern. Die dargestellten Werte repräsentieren den HNO₃-löslichen Anteil, also den langzeitverfügbaren Anteil und nicht die Gesamtkonzentration. Die Mittelwerte reichen von 0,09 - 0,18 gegenüber 0,09 µg Cd/g Boden bei der Kontrolle. Bei Co ist die Streuung zwischen 1,01 und 1,10 gegenüber 0,92 µg/g, bei Cr 0,65 - 0,9 gegenüber 0,52 µg/g, bei Ni 1,6 - 2,0 gegenüber 1,48 µg/g und bei Pb 4,5 - 5,0 gegenüber 4,3 µg/g Boden.

Element	Elementkonzentration µg/g	
	Kontrolle	Schwankungsbreite der Mittelwerte der einzelnen Säulen
Cd	0,09 ± 0,01	0,09 - 0,18
Co	0,92 ± 0,05	1,01 - 1,10
Cr	0,52 ± 0,08	0,65 - 0,9
Ni	1,48 ± 0,09	1,6 - 2,0
Pb	4,3 ± 0,5	4,5 - 5,0

Tab. 5/43: Mittlerer Gehalt an HNO₃-löslichen Schwermetallen

Gegenüber den beschriebenen HNO_3 -löslichen Anteilen entspricht der EDTA-lösliche Anteil etwa dem Bereich, was man größenordnungsmäßig als "pflanzenverfügbar" ansehen kann. Tab. 5/44 zeigt die Ergebnisse der Mittelwerte als Schwankungen der einzelnen Säulen. Dabei fällt auf, daß die Pflanzenverfügbarkeit von Cr durch die Tätigkeit der Würmer nahezu unberührt bleibt, weil dieses Element durch den neutralen pH-Wert dieses Bodens sehr schwer komplexierbar ist. Der komplexierbare Cd-Gehalt gegenüber der Kontrolle ist stark angestiegen. Tab. 5/45 zeigt, wie im Mittel aller acht Säulen die pflanzenverfügbaren Anteile relativ stärker zunehmen als die des mobilisierbaren Anteils, und zwar 6 gegenüber 1,2 bei Cd, 1,5 gegenüber 1,18 bei Co, 1,4 gegenüber 1,24 bei Ni und 1,6 gegenüber 1,13 bei Pb.

Element	Elementkonzentration $\mu\text{g/g}$	
	Kontrolle	Schwankungsbreite der Mittelwerte der einzelnen Säulen
Cd	< 0,01	< 0,01
Co	0,20 \pm 0,04	0,20 - 0,36
Cr	< 0,08	< 0,08
Ni	0,31 \pm 0,05	0,21 - 0,56
Pb	1,75 \pm 0,26	1,8 - 3,38

Tab. 5/44: Mittlerer Gehalt an EDTA-löslichen Schwermetallen

Element	Anreicherungsfaktoren Boden bei Versuchsbeginn zu Boden bei Versuchsende	
	mobilisierbar (HNO_3)	pflanzenverfügbar (EDTA)
Cd	1,2	6
Co	1,18	1,5
Cr	1,4	-
Ni	1,24	1,4
Pb	1,13	1,6

Tab. 5/45: Vergleich der Anreicherungsfaktoren des mobilisier- und pflanzenverfügbaren Anteils im Mittel aller acht Säulen

Mit Ausnahme von Cr wird also die Pflanzenverfügbarkeit von Co, Ni, Pb und insbesondere von Cd durch die Tätigkeit der Regenwürmer erhöht. Die Ursache der erhöhten Pflanzenverfügbarkeit dürfte auf Umsetzungsvorgängen im Regenwurmdarm in Verbindung mit erhöhter Mikrobentätigkeit im Bereich des Ausscheidungsmaterials der Würmer zu suchen sein. Sowohl der Absolutgehalt als auch die Unterschiede zur Kontrolle sind bei diesen ersten Experimenten gering. Die Bedeutung dieses Verteilungsmechanismus nimmt aber zu, wenn die Schadstoffkonzentrationen höher und der Versuchszeitraum länger ist.

5.2.12 Schwermetallgehalte einiger Dünger und Substrate

W. Schmidt, J. Hiller, T. Liese

Bei der Diskussion über das Verhalten von Schwermetallen im Boden steht die Frage nach ihrer Aufnahme durch Pflanzen im Vordergrund. Aus verschiedenen Quellen werden dem Boden Schadstoffe zugeführt. In der Klärschlammverordnung werden die Grenzwerte für Schwermetalle in Klärschlämmen festgelegt. Kloke (Stand: August 1980) hat in Verbindung mit der Belastung von Böden Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtkonzentrationen einiger Elemente in lufttrockenem Boden zusammengestellt, die in Tab. 5/46 wiedergegeben werden.

Element	mg/Element/kg Boden		
	häufig	maximal (in besonderen oder kontaminierten Böden)	tolerierbar
Arsen	0,1 - 20	bis 8000	20
Bor	5 - 20	bis 1000	25
Beryllium	0,1 - 5	bis 2300	10
Brom	1 - 10	bis 600	10
Cadmium	0,01 - 1	bis 200	3
Cobalt	1 - 10	bis 800	50
Chrom	2 - 50	bis 20000	100
Kupfer	1 - 20	bis 22000	100
Fluor	50 - 200	bis 8000	200
Gallium	0,1 - 10	bis 300	10
Quecksilber	0,01 - 1	bis 500	2
Molybdän	0,2 - 5	bis 200	5
Nickel	2 - 50	bis 10000	50
Blei	0,1 - 20	bis 4000	100
Antimon	0,01 - 0,5	-	5
Selen	0,01 - 5	bis 1200	10
Zinn	1 - 20	bis 800	50
Thallium	0,01 - 0,5	bis 40	1
Titan	10 - 5000	bis 20000	5000
Uran	0,01 - 1	bis 115	5
Vanadium	10 - 100	bis 1000	50
Zink	3 - 50	bis 20000	300
Zirkon	1 - 300	bis 5000	300

Tab. 5/46: Orientierungsdaten für tatsächliche und tolerierbare Gesamtkonzentrationen einiger Elemente in lufttrockenen Kulturböden (Stand: August 1980, nach Kloke)

In Tab. 5/47 sind die Schwermetallgehalte einiger Dünger und Substrate aufgeführt. Zunächst erscheinen die Gehalte für die Elemente Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn und Sr nicht sonderlich hoch, wenn man die angewandte Menge pro Fläche berücksichtigt und somit eine sehr große Verdünnung durch den Boden erhält. Auf der anderen Seite werden aber mit den Pflanzennährstoffen den Nahrungspflanzen Schadstoffe unmittelbar zur Aufnahme zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus ist durch die kontinuierliche Ausbringung auch größerer Düngermengen über einen längeren Zeitraum hinweg mit einer Akkumulation im Boden zu rechnen, wenn die jeweiligen Schadstoffgehalte im Dünger bzw. im Substrat zu hoch sind. Daher sind die ermittelten Schwermetallgehalte in den Düngern an den tolerierbaren Gesamtkonzentrationen lufttrockenen Bodens (s. Tab. 5/46) zu messen. Trotz dieses Vergleichs liegt aber auch nur Phosphatkali mit 8,3 µg Cd/g Dünger über dem tolerierbaren Wert von 3 µg; der Volldünger Nitrophoska Blau mit 2,9 µg Cd/g ist an der Grenze des Tolerierbaren (s. Tab. 5/47).

Im Branntkalk ist mit 170 µg Cu/g Dünger fast das Doppelte des Tolerierbaren von 100 µg/g Boden enthalten. Co, Cr, Ni, Pb und Zn sind in den untersuchten Düngern und Substraten nicht in solchen Mengen enthalten, daß die Grenze des Tolerierbaren für Boden überschritten wird. Relativ hohe Gehalte an Ni finden sich bei Lava 0/7 mit 38 µg/g (Toleranzwert: 50 µg Ni/g Boden). Der höchste Bleigehalt wurde in Kalkammonsalpeter mit 73,4 µg/g gemessen (Toleranz-

wert: 100 µg Pb/g Boden), während Phosphatkali den höchsten Zinkanteil mit 130 µg/g Dünger enthält (Toleranzwert: 300 µg Zn/g Boden). Positiv erscheint die Tatsache, daß pflanzenphysiologisch notwendige Spurenelemente wie z. B. Cu teilweise in Spuren und damit auch langfristig ohne schädigende Wirkung in den Düngern und Substraten enthalten sind. Da unter Berücksichtigung der sehr kleinen Auswahl gegenüber dem großen Angebot verschiedenster Dünger und Substrate teilweise erhöhte Schwermetallgehalte festgestellt wurden, erscheint es ratsam, insbesondere Mineraldünger mit hohem Verbreitungsgrad in Landwirtschaft und Gartenbau repräsentativ zu untersuchen (A. Kloke, Mitt. VDLUFA, H. 1-3, 9-11 (1980)).

Dünger/Substrat	µg Element pro g Dünger/Substrat							
	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Sr
Ammonsulfatsalpeter	0,160	0,599	0,999	0,240	0,799	2,797	0,13	6,2
Brantkalk	0,17	5	6	170	2,1	2,800	33	46
Compo Torfsubstrat II	0,161	0,599	1,8	6,1	1,0	2,79	21	68
Floratorf	0,17	0,599	1,3	0,4	0,798	2,793	4	
Kalkammonsalpeter	0,160	1,1	1,8	19,9	0,799	73,4	19,4	116
Kohlensaurer Kalk	0,160	0,600	2,0	0,7	0,800	2,799	35	467
Lava 0/2	0,6	7	6,6	17,7	24	3,6	37	210
Lava 0/7	0,68	6	7,24	33	38	2,802	33,9	208
Nitrophoska blau	2,9	1,24	21	6,0	7,4	10	230	380
Perlit	0,160	0,600	4	2	7	2,798	2	0,7
Phosphatkali	8,3	0,600	12,9	9,8	8,7	2,799	130	940
Rindermist (kompostiert)	0,23	1,2	11	24	6	7	67,0	155

Tab. 5/47: Schwermetallgehalte einiger Dünger und Substrate

5.2.13 Natürliche Radionuklide in Umweltproben

S. Erat, W. Wünschel, A. Bailer

Im Rahmen von Untersuchungen im Bereich um Schwandorf/Bayern wurden Bodenproben auf α/β-Bruttoaktivität und vereinzelt auf Thorium- und Urangelhalte analysiert. Es zeigten sich die in Tab. 5/48 aufgelisteten Meß- und Analysenwerte. Aus Tab. 5/48 ist ersichtlich, daß mit zunehmender Tiefe der Aktivitätsgehalt im Boden zunimmt. Der Boden zeigt hier einen deutlich erhöhten Thoriumgehalt.

Probe	Aktivitätsgehalte in Bq·g ⁻¹ TS					
	α-Gesamt	β-Gesamt	U-234	U-238	Th-230	Th-232
Boden, Kartoffelfeld (0-10 cm)	0,33	1,82	-	-	-	-
Boden, Kartoffelfeld (10-20 cm)	0,38	2,13	-	-	-	-
Boden, Kartoffelfeld (20-30 cm)	0,67	2,32	-	-	-	-
Boden, Kartoffelfeld (30-40 cm)	1,07	2,87	0,02	0,03	0,01	0,11
Boden, Feldweg (0-10 cm)	0,43	1,76	0,03	0,04	0,05	0,11

Tab. 5/48: Aktivitätsgehalte von Bodenproben aus Schwandorf/Bayern

Weitere Untersuchungen wurden bei verschiedenen Düngemitteln durchgeführt. Je nach Düngertyp und Herstellungsverfahren zeigten sich hier unterschiedliche Radium- und Urangelhalte. Die Untersuchungen sind von Bedeutung hinsichtlich einer Abschätzung des Aktivitätseintrages in landwirtschaftlich genutzte Flächen der Bundesrepublik Deutschland (s. Tab. 5/49).

Düngemittel	Aktivitätsgehalt in Bq·g ⁻¹ TS		
	Ra-226	U-234	U-238
PK-R	0,50 ± 0,06	0,64 ± 0,03	0,65 ± 0,03
NPK 6/12/18	0,55 ± 0,07	0,51 ± 0,03	0,50 ± 0,03
NPK 10/15/20	0,34 ± 0,04	0,67 ± 0,03	0,70 ± 0,03
Nitrophoska Spezial 12/12/17/2	0,54 ± 0,07	0,56 ± 0,02	0,54 ± 0,02
PK-R, gekörnt	0,67 ± 0,08	0,69 ± 0,03	0,67 ± 0,03
Superphosphat 18	0,34 ± 0,05	0,87 ± 0,03	0,88 ± 0,03
Novaphos	0,87 ± 0,10	0,92 ± 0,07	0,94 ± 0,07
Superphosphat mit Bor	0,67 ± 0,09	0,57 ± 0,04	0,56 ± 0,04
Superphosphat, gekörnt	0,62 ± 0,08	1,00 ± 0,04	1,00 ± 0,04

Tab. 5/49: Aktivitätsgehalte in häufig verwendeten Düngemitteln

Weiterhin wurden vier Böden auf Thorium und Radium im Auftrag analysiert. Auch 1985 wurde an der weiteren Verbesserung der Analysemethoden gearbeitet. So wurde das Adsorptionsverhalten von Polonium an Glas- und Polyethylenbehältern in verschiedenen Säurekonzentrationen und einer Lauge untersucht. Es zeigte sich, daß allgemein Glasbehälter und 0,1 M Salzsäure die geringsten Adsorptionsverluste bringen. Die Standzeiten betragen zwei bis vier Wochen. Auch bei der Radium- und Thoriumanalytik wurden Präparations- und Meßtechniken variiert und weiter optimiert.

5.2.14 Umweltradioaktivität und Waldschäden

L.A. König

Von den Medien wurden weiterhin Vermutungen und Behauptungen über einen Zusammenhang zwischen Umweltradioaktivität und Waldschäden verbreitet. Es wurde daher die Sichtung der vorhandenen Literatur im Hinblick auf mögliche Effekte fortgesetzt und weitere strahlenchemische Abschätzungen durchgeführt. Im einzelnen wurden untersucht:

- Ionisation; erdelektrisches Feld

Die Ionisation der Luft durch Ableitungen aus kerntechnischen Anlagen kann örtlich den Umweltpegel erreichen und überschreiten. Abschätzungen ergaben jedoch, daß im Nahbereich von Hochspannungsleitungen (Abstand von einigen Dezimetern von den Drähten der Hochspannungsleitung) erheblich höhere Ionisationen zu erwarten sind. Auch die konventionelle Luftverschmutzung kann zu Raumladungen führen und meßbare Veränderungen des erdelektrischen Feldes bewirken. Ebenso können natürliche Vorgänge wie z. B. Gewitter oder Versprühen von Wasser an Wasserfällen meßbare Effekte verursachen.

- Strahlenchemische Schadstoffproduktion

Die Abschätzung der strahlenchemischen Schadstoffproduktion bewirkt weder im Nahbereich um Emittenten noch global meßbare Veränderungen der Konzentrationen von Ozon und NO₂.

- Synergistische Effekte

Die Strahlenexposition der Erdatmosphäre wird durch den Menschen nur in räumlich relativ kleinen Bereichen erhöht, wobei diese Erhöhungen im Schwankungsbereich der natürlichen Strahlenbelastung liegen. Eine Beschleunigung der Schwefelsäurebildung aus SO₂ unter Mitwirkung der ionisierenden Strahlung kann nur den Ort des sauren Niederschlages näher an die Quelle verlegen. Dies ist jedoch im Endeffekt ohne Bedeutung, insbesondere da durch kerntechnische Anlagen kein SO₂ emittiert wird. Mit Hilfe des Elektronenstrahlverfahrens

kann eine Aerosolbildung aus NO_2 und SO_2 erreicht werden. Die auf diese Weise erzeugten Aerosolpartikel können mit Elektrofiltern aus der Fortluft entfernt werden. Für diese Art der Fortluftreinigung werden allerdings Dosen von 10^4 Gy benötigt.

- Strahlung

Die vorliegenden Erfahrungen mit der natürlichen externen und internen Strahlenbelastung aus Kernwaffentestgebieten sowie aus strahlenbiologischen Experimenten lassen keine Wirkung der vorhandenen Umweltradioaktivität auf Bäume erwarten.

- Isotopieeffekte durch stabile Isotope von H und O

Durch Rechnungen konnte gezeigt werden, daß die Kerntechnik keine meßbaren Veränderungen der Isotopenhäufigkeit bewirken kann. Auf der anderen Seite werden in der Literatur natürliche Schwankungen der Isotopenhäufigkeit berichtet. Außerdem liegen zahlreiche experimentelle Ergebnisse über Isotopieeffekte vor.

Die vorliegenden Forschungsergebnisse zeigen eindeutig, daß Vermutungen, die Umweltradioaktivität und den Betrieb kerntechnischer Anlagen in Beziehung zu den heute beobachteten Waldschäden zu bringen, nicht wissenschaftlich fundiert sind. Die Methode der Waldschadenskartierung mit Hilfe von Isomalen muß in Frage gestellt werden. Sie beruht auf der nicht erlaubten Bildung von Mittelwerten von Ordinalskalenwerten. Darüber hinaus ist die statistische Vorgehensweise auch in anderen Punkten anfechtbar, insbesondere bezüglich der Stichprobenahme sowie der Anwendbarkeit des t-Tests. Selbst wenn die statistische Behandlung des Problems einwandfrei wäre, wäre damit aber noch längst kein kausaler Zusammenhang zwischen Umweltradioaktivität und Waldschäden bewiesen. Bezüglich weiterer Einzelheiten wird auf Veröffentlichungen des Autors verwiesen (15, 16, 18).

5.2.15 Wassertransport und Wasserumsätze in kranken und gesunden Fichten

H. Unger, P. Acker, S. Strack

Im Rahmen des PEF-Forschungsvorhabens wurden die Untersuchungen über die "neuartigen Waldschäden" fortgesetzt. Die dazu erforderlichen Feldmessungen wurden auf der PEF-Versuchsfläche Kälbelescheuer (Südschwarzwald) in einem ca. 90jährigen z. T. stark geschädigten Fichtenbestand durchgeführt. Ziel dieser Arbeiten war es, mit Hilfe von Tritium als radioaktivem Tracer den Transport und die Umsätze des Wassers sowie dessen Einbau in die organische Substanz an gesunden und kranken Bäumen zu untersuchen.

Messungen mit Tritiumwasser

Zur Applikation von HTO wurden folgende Methoden benutzt:

- Bei der größten Anzahl der Experimente wurden abgeschnittene Zweige oder kleine Bäume in ein Gefäß mit HTO gestellt. Bei ausreichender Luftbewegung sind die Nadeln dabei einer tritiumfreien Luftfeuchtigkeit ausgesetzt, während die Tritiumkonzentration des Transpirationswassers genau bekannt ist.
- Bei einigen Versuchen wurden kleine eingetopfte Pflanzen mit HTO gegossen.
- An lebende Bäume wurde das HTO in Form einer Dauerinfusion ins Xylem des Stammes oder einzelner Äste appliziert. Dabei wurde das Holz durch eine Wassermanschette hindurch angebohrt, so daß keine Luftembolie entstehen konnte, anschließend wurde die Manschette mit einem Schlauch mit der Vorratsflasche verbunden, und die Pflanzen konnten über einen oder mehrere Tage hinweg das Wasser aufnehmen.

Das Wasser wurde durch verschiedene Methoden gewonnen:

- Austausch: Nadelsegmente wurden für 24 Stunden in 2 ml tritiumfreies Wasser gelegt, anschließend wird ein Aliquot dieses Wassers ausgemessen und auf die ursprüngliche Tritiumkonzentration in den Segmenten mit einem Verdünnungsfaktor zurückgerechnet.
- Gefriertrocknung: Nadel-, Holz-, Knospen- und Rindenproben werden eingefroren und anschließend unter Rückgewinnung des Wassers gefriergetrocknet.
- Auspressen: Mit Hilfe einer Druckkammer, wie sie auch für die Wasserpotentialbestimmungen nach Scholander verwendet wird, kann aus kleinen Zweigen der Saft bei unterschiedlichem Druck ausgepreßt werden.
- Transpirationswasser: Dieses Wasser wurde durch Einhüllen von Zweigen in durchsichtige Plastikbeutel gesammelt. Bei Sonneneinstrahlung kondensiert das transpirierte Wasser an der Innenwand des Beutels und kann so bei Sammelzeiten von einer bis mehreren Stunden gewonnen werden.
- Organisch gebundenes Tritium: Hier wird das Oxidationswasser gemessen, das bei der Verbrennung der gefriergetrockneten Substanz entsteht.

Bei der Markierung des Xylemwassers muß man sich über die möglichen Wege des Wasserstoffs im klaren sein, was in einem vereinfachten Modell dargestellt ist (s. Abb. 5/16). Bei der Auswertung der markierten Proben muß vor allem berücksichtigt werden, daß die beobachtbare Transpiration der Differenz der Diffusionsströme von Wasser aus dem Blatt heraus (D_1) und in das Blatt hinein (D_0) entspricht. Die Diffusionsströme stehen im gleichen Verhältnis zueinander wie die entsprechenden Dampfdrücke in der Atmosphäre (e) und dem Blattinnern, wobei der Dampfdruck innerhalb des Blattes einem gesättigten Dampfdruck (E) entspricht.

$$D_0 / D_1 = e / E$$

D = Diffusionsströme
 SF = Saftfluß
 A = Assimilation
 R = Respiration
 AT = Assimilattransport
 NS = Niederschlag
 TS = Trockensubstanz

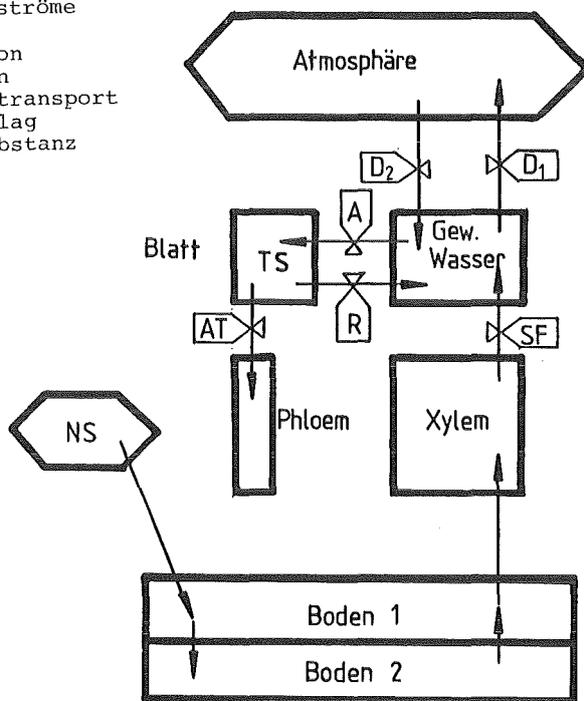


Abb. 5/16: Kompartimentmodell für die Wasserstoffumsätze in Bäumen

Im Blattwasser stellt sich somit - gleiche Temperaturen innerhalb und außerhalb des Blattes vorausgesetzt - im Gleichgewichtszustand eine Tritiumkonzentration ein, die durch die relative Feuchtigkeit in der Luft ($f = e/E$) bzw. dem Luftfeuchtigkeitsdefizit $1-f$ vorgegeben ist. Abb. 5/17 zeigt die Überprüfung des Modells an einem abgeschnittenen Fichtenzweig, der in einem Gefäß mit Tritiumwasser (Konzentration = 100 %) stand. Die relative Luftfeuchte wurde in der Nähe der Nadeln gemessen, so daß sich mit dem oben beschriebenen Modell ein für Gleichgewichtsverhältnisse geltender theoretischer Verlauf der Tritiumkonzentrationen im Gewebewasser ermitteln läßt. Ein geringer Isotopieeffekt wurde berücksichtigt. Die tatsächlich gemessenen Werte geben nur angenähert diesen Verlauf wieder. Erkennbar ist jedoch, daß in den frühen Morgenstunden, wenn die relative Luftfeuchte nahe 100 % ist, aber noch kein Saftfluß stattfindet, die niedrigsten Konzentrationen beobachtet werden, wenn sie auch nicht soweit absinken, wie es das Modell voraussagt. Eine in der Praxis doch nicht ganz tritiumfreie Luftfeuchte in der Nähe der Nadeln oder aber ein langsam verlaufender Ausgleich im Gewebewasser der Nadeln verstärkt durch Stomatenschluß kann dafür verantwortlich sein.

Um die Geschwindigkeit des Transpirationsstroms abschätzen zu können, wurde oberhalb der Stamminjektion die Tritiumkonzentration des Transpirationswassers in Vertikalprofilen aufgenommen. Durch grobe Abschätzungen kommt man auf Saftflußgeschwindigkeiten von ca. 55 cm/Tag im gesunden Baum und ca. 133 cm/Tag im kranken Baum. Im kranken Baum wird das Wasser also mit etwas mehr als der doppelten Geschwindigkeit transportiert. In Abb. 5/18 sind zwei Profile über einen Großteil des ganzen Kronenbereiches des transpirierten Wassers an einem Tag dargestellt. Beim Vergleich fällt auf, daß im gesunden Baum die Konzentrationen recht systematisch abgestuft sind. Diese Differenzierung spiegelt das durch einen Drehwuchs der Holzfasern spiralgig angelegte Wasserleitungssystem in Fichten wider. Im kranken Baum hingegen ist eine solche systematische Differenzierung nicht zu erkennen. Zusammen mit der Beobachtung, daß der Transport im kranken Baum schneller abläuft, könnte man daraus ableiten, daß hier der wasserleitende Querschnitt im untersuchten Bereich reduziert ist.

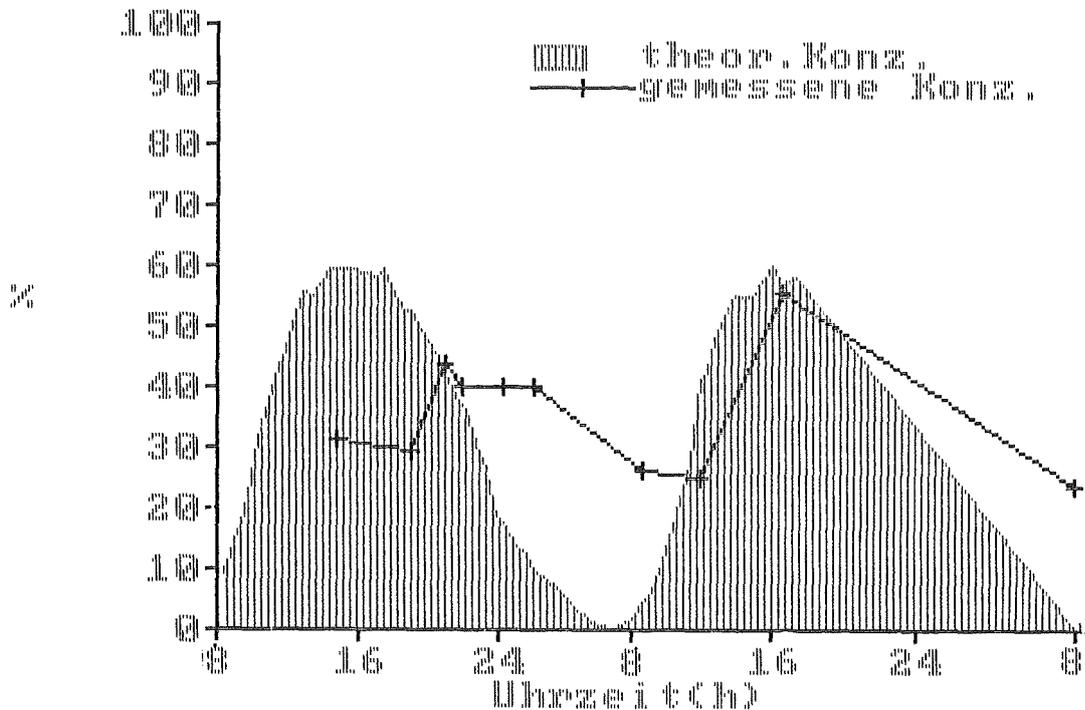


Abb. 5/17: Relative Tritiumkonzentration in Fichtennadeln im Vergleich zum Bodenwasser (100 %)

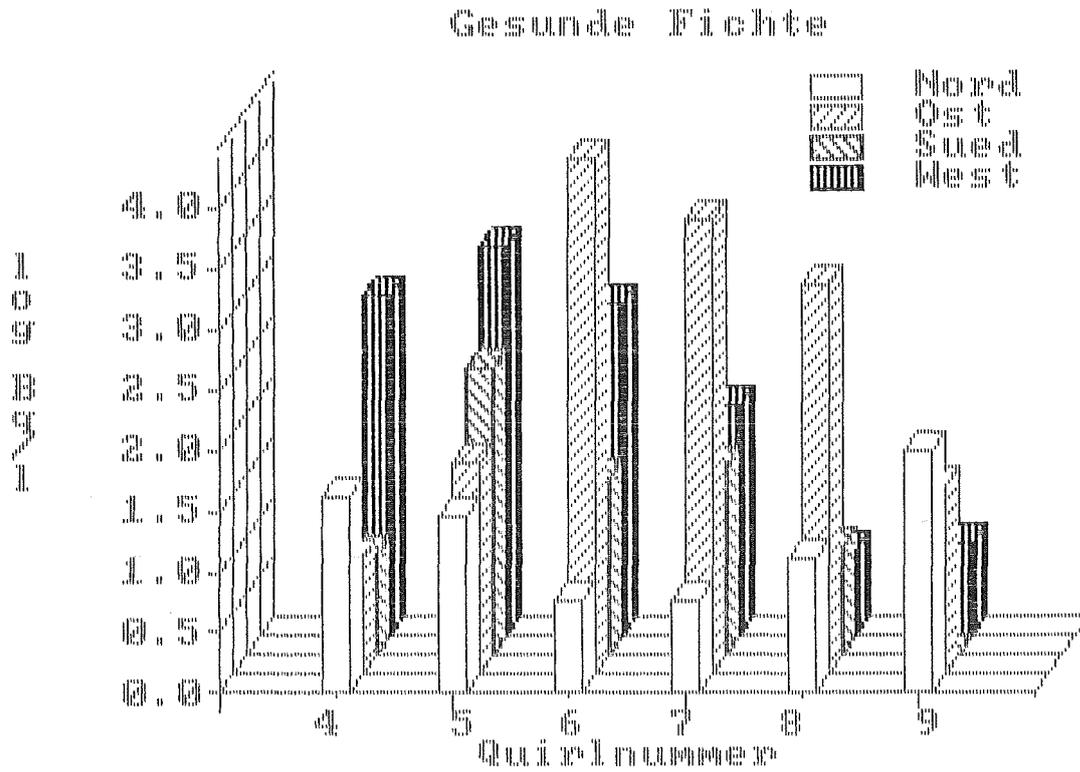


Abb. 5/18A: Verteilung des Tritiums im Transpirationswasser in der Krone einer gesunden und kranken Fichte an einem Tag

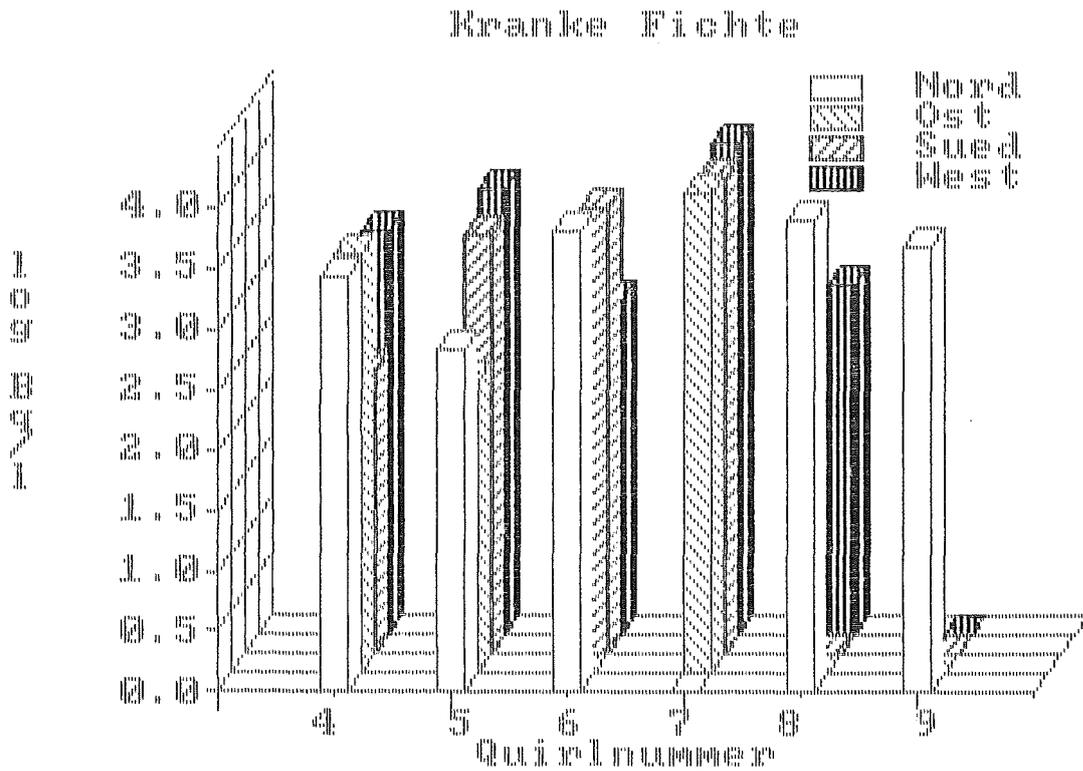


Abb. 5/18B: Verteilung des Tritiums im Transpirationswasser in der Krone einer gesunden und kranken Fichte an einem Tag

Um die Verhältnisse in den Zweigen näher zu untersuchen, wurde der Saft aus abgeschnittenen Zweigen mit Hilfe einer Druckkammer bei unterschiedlichen Drücken ausgepreßt, nachdem diese Zweige einige Tage in einem Gefäß mit Tritiumwasser standen. Für die Bestimmung der Tritiumkonzentration im Xylemwasser wurden die Nadeln kurz vor dem Auspressen des Saftes entfernt. Während sich nach Tab. 5/50 im gesunden Zweig bei niedrigen Drücken (0 - 30 bar) nahezu 100 % der applizierten Tritiumkonzentration wiederfinden, wird das Wasser des kranken Zweiges stark durch Wasser verdünnt, das nicht am Transpirationsstrom teilgenommen hat. Das im Xylemgewebe des kranken Zweiges befindliche Wasser hat also zum großen Teil keinen Kontakt mit dem Transpirationsstrom gehabt. Noch deutlicher sind diese Unterschiede bei dem mit höheren Drücken gewonnenen Wasser. Befinden sich dagegen beim Auspressen die Nadeln noch am Zweig, so werden die Konzentrationen hauptsächlich vom Nadelwasser bestimmt, die die Konzentrationen im Xylem überlagern.

	gesund	krank
Appliziertes Wasser	371	371
ohne Nadeln ausgepreßt: bei 30 bar	360	73
bei 50 bar	96	1
mit Nadeln ausgepreßt: bei 30 bar	148	108
bei 50 bar	119	188
	87	65
	50	94

Tab. 5/50: Tritiumkonzentrationen im ausgepreßten Saft von Fichtenzweigen, die für drei Tage im Tritiumwasser standen, in Abhängigkeit vom Luftdruck in der Druckkammer in Bq/ml

Ein Vergleich der Tritiumkonzentrationen im Gewebewasser, durch Gefriertrocknung gewonnen, von Ästen einer gesunden und kranken Fichte ist in Abb. 5/19 zu sehen. Es zeigt sich, daß die Konzentrationen im Gewebewasser der gesunden Fichte deutlich nach Jahrgängen abgestuft sind. Diese Abstufung der Tritiumkonzentrationen in den Nadeln kommt dadurch zustande, daß das Wasser aus dem Transpirationsstrom sich im unterschiedlichen Verhältnis mit dem tritiumfreien Wasser aus der Atmosphäre mischt, wobei der Gleichgewichtswert, wie oben gezeigt, von der Tageszeit oder genauer von der relativen Luftfeuchtigkeit in der Atmosphäre abhängt. Dabei spielt die Regulation der Stomata eine besondere Rolle, denn je weiter sie geöffnet sind, desto schneller geht die Konzentration dem Gleichgewichtswert entgegen. Wir deuten die Abstufung deshalb in der Weise, daß in den gesunden Nadeln die Regulation der Stomata für die verschiedenen Jahrgänge unterschiedlich ist, jedoch innerhalb des jeweiligen Jahrgangs einheitlich, während dies bei den kranken Nadeln nicht mehr der Fall ist.

Messungen von Saftfluß und Wasserpotential

Bei den untersuchten Baumpaaren wurden mehrere Tagesgänge der Saftflußgeschwindigkeit und des Wasserpotentials aufgenommen (s. Abbn. 5/20 und 5/21). Die Saftflußgeschwindigkeiten, mit der Heiz-Puls-Methode gemessen, zeigen stets eine Streuung an verschiedenen Meßpunkten. Bei der Form der Kurve sind allerdings keine signifikanten Unterschiede festzustellen. An diesem Tag, es war ein durchgehend sonniger Tag, ist bei beiden Bäumen eine ausgeprägte Mittagsdepression zu erkennen, d. h. auch der kranke Baum zeigt eine Regulation der Transpiration und keine ungehemmte. Bei den Tagesgängen des Wasserpotentials lassen sich Unterschiede im Verlauf erkennen. Das längere Verharren auf einem relativ hohen Niveau beim kranken Baum könnte darauf hinweisen, daß der kranke Baum die Tageszeit länger zur Assimilation ausnutzt. Der anschließende abrupte Abfall des Wasserpotentials infolge Stomatenschlusses zeigt aber auch, daß auch dieser Baum noch keine Probleme mit der Wasserversorgung hat. Darauf weisen auch die trotz längerer Trockenheit noch relativ niedrigen Pre-dawn-Werte hin.

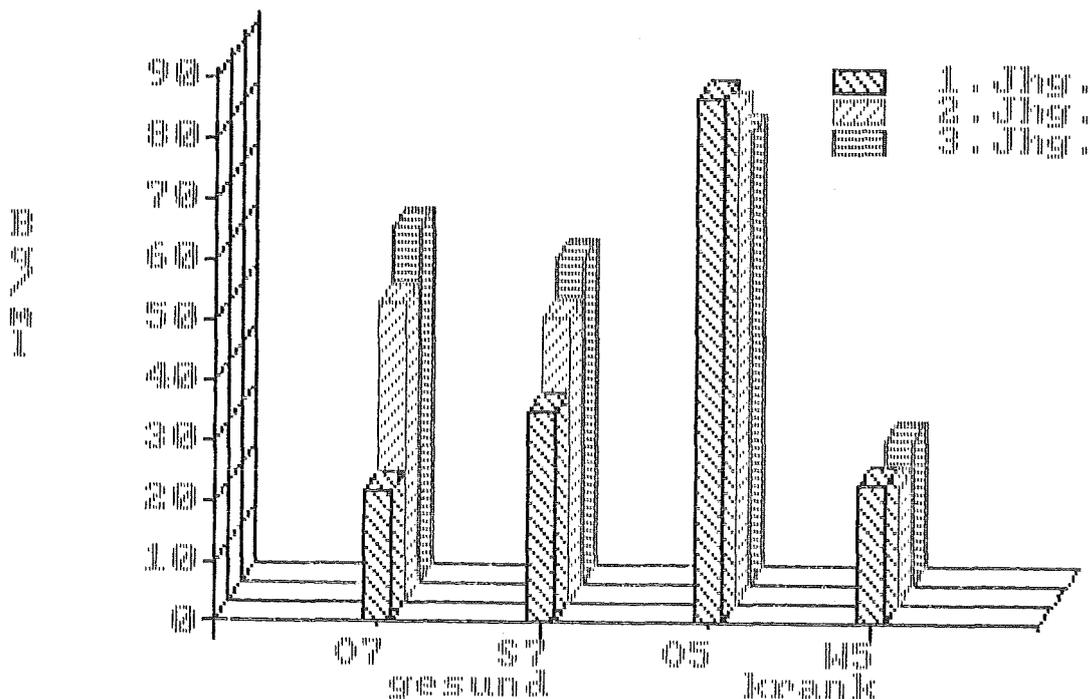


Abb. 5/19: Vergleich der Tritiumkonzentrationen im Gewebewasser (GF) verschiedener Nadeljahrgänge einer gesunden und einer kranken Fichte

Methode	Beobachtung	Schlußfolgerung
Saftflußgeschwindigkeit (Heiz-Puls-Methode)	gleich verlaufende Tagesgänge mit Mittagsdepression bei gesunden und kranken Fichten (Wasseraufnahme auch entsprechend der Nadelmasse)	Regulation vorhanden, keine ungehemmt Transpiration bei kranken Fichten
Wasserpotential	gleich Pre-dawn- und Abendwerte, Unterschied im Tagesgang	keine Anzeichen für größeren Wasserstreß der kranken Bäume
Xylemwasser in abgeschnittenen Zweigen (Druckkammer)	krank: ein größerer Teil des Wassers im Xylem nimmt nicht am Transpirationsstrom teil	reduzierte wasserleitende Querschnittsfläche
HTO-Stamminfusion	vertikaler Transpirationsstrom im kranken doppelt so schnell	Wasserleitungssystem im kranken Baum verändert: wasserleitender Splintholzanteil reduziert
- Transpirationswasser	gesund: differenzierte Verteilung in Krone entsprechend Drehwuchs krank: gleichmäßige Verteilung in der Krone	
- Gewebewasser	gesund: deutlich abgestufte Konzentration in den Jahrgängen krank: keine Abstufung nach Jahrgängen	deutlich differenzierte Stomatulregulierung der einzelnen Jahrgänge keine jahresspezifische Regulierung mehr vorhanden
Ast-Infusion Transpiration	gesund: Wasserleitung entsprechend Drehwuchs krank: kein Drehwuchs zu erkennen	beeinträchtigte Wasserleitung im kranken Baum

Tab. 5/51: Zusammenfassung der wichtigsten bisher vorliegenden Ergebnisse

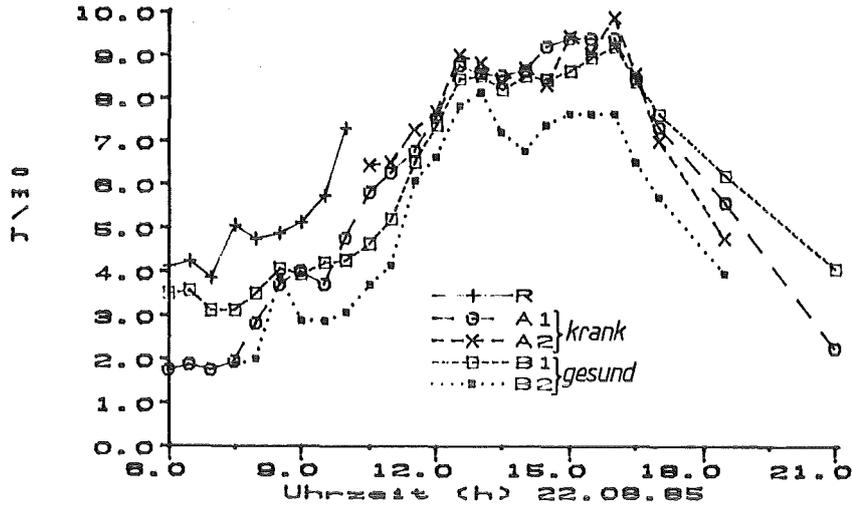


Abb. 5/20: Saftflußgeschwindigkeit im Stamm von gesunden und kranken Fichten, gemessen mit der Heiz-Puls-Methode

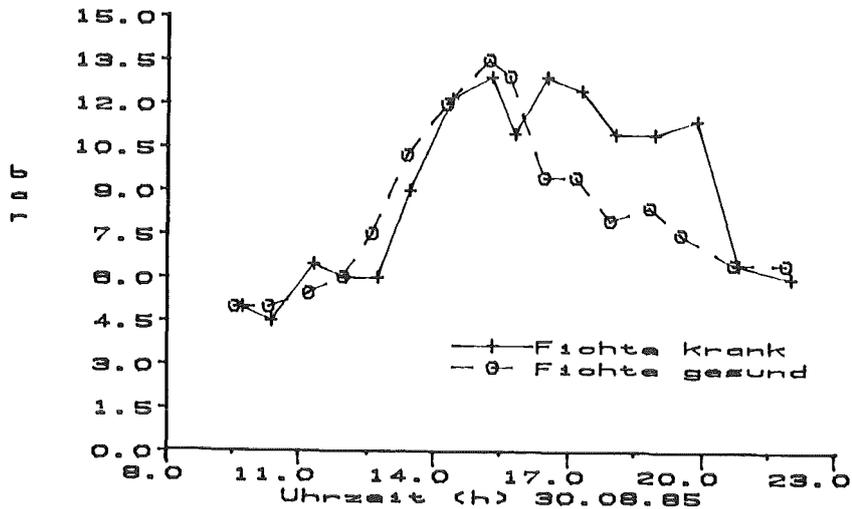


Abb. 5/21: Wasserpotential in kranken und gesunden Fichten, bestimmt nach Scholander

5.2.16 Radioökologische Untersuchungen im Bereich Mähring/Poppenreuth (Opf)

J. Schmitz

Im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen wurde zusammen mit dem Lehrstuhl für Kernchemie der Technischen Hochschule Darmstadt (K. Bächmann, H. Klenk und A. Olkis) ein umfangreiches radioökologisches Forschungsprogramm im Bereich der jetzt aufgelassenen Uranexplorationsgruben Mähring und Poppenreuth von 1982 bis 1984 durchgeführt. Ziel der Untersuchung war, die Strahlenexposition der Umgebungsbevölkerung der etwa von 1977 bis Ende 1982 betriebenen Explorationsschächte aufzuzeigen unter besonderer Berücksichtigung der z. Z. noch betriebenen Haldenlaugung von ca. 15 000 t Uran-Armerzen, die während der untertägigen Arbeiten angefallen sind.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden Uran-, Ra-226- und Pb-210-Konzentrationen in Boden, Fichtennadeln, Oberflächenwasser, Sedimenten, Trinkwasser, Luftstaubproben und lokal produzierten Nahrungsmitteln gemessen. Insgesamt bildeten mehr als 1 200 radiochemische Einzelbestimmungen und ca. 150 inaktive Spurenanalysen die Grundlage der Untersuchungen. Außerdem wurden Radonbestimmungen in der Luft sowie Th-230-Messungen in Wasserproben aus dem Vorfluter Lohbach durchgeführt. Die Ergebnisse sind in dem 1985 erschienenen KfK 3940 B ausführlich dargestellt.

Aus den insgesamt über 200 Doppelbestimmungen der Rn-222-Konzentration ließ sich keine signifikante Umweltbelastung feststellen. Die absoluten Konzentrationen schwankten zwischen 18 und 166 Bq/m³ auf dem Grubengelände und 7 bis 118 Bq/m³ in der Umgebung der Gruben. Diese Schwankungen waren praktisch ausschließlich auf Witterungseinflüsse zurückzuführen. Der Mittelwert 1983 für die Grubenumgebung von ca. 24 Bq Radon/m³ entspricht etwa dem Jahresmittelwert für die Oberpfalz. Die Differenzen zwischen den Werten an der Grenze des Betriebsgeländes (als eventuell möglicher Quellterm) und den Umgebungsmeßpunkten betragen in Mähring ca. 10 Bq/m³ und in Höhenstein 22 (1982) bzw. 10 (1983) Bq/m³ und lagen damit weit unterhalb des Schwankungsbereiches der Umgebungsmeßwerte aus den Jahren 1982 und 1983. Die Grubenbetriebe schieden damit als Quelle für eine erhöhte Radonkonzentration in ihrer Umgebung aus.

Die gemittelten Meßwerte der Luftstaubkonzentration der natürlichen Radionuklide (Uran, Ra-226 und Pb-210) zeigten gegenüber Literaturwerten aus unbelasteten Gebieten keine Erhöhung. Auch bei den Mittelwerten der Depositionsmessungen war keine Erhöhung im Vergleich zu den normalen Untergrundwerten erkennbar. Dies bedeutet, daß keine zusätzliche Strahlenexposition der Bevölkerung durch Uran, Ra-226 und Pb-210 im Luftstaub erfolgt.

Die weitgestreute Probenahme im landwirtschaftlichen Nutzbereich ließ keinen Einfluß der beiden Versuchsgruben auf die Umgebungsaktivität erkennen. Die mittlere Konzentration der landwirtschaftlich genutzten Böden beträgt 26 mBq/g für Ra-226 und 25 mBq/g für Pb-210. Die mittleren Konzentrationen aller Bodenproben liegen für Pb-210 bei 41 mBq/g Asche und für Ra-226 bei 47 mBq/g Asche und sind vergleichbar mit den normalerweise in nicht belasteten Gebieten anzutreffenden Konzentrationen. Die hangabwärts von der Laugungsanlage angelegten Schurfe zeigten bis zum anstehenden C-Horizont hinab keine Anzeichen von erhöhtem Radionuklidgehalt. Damit konnte eine Grundwasserkontamination durch Sickerwasser aus der Laugungshalde ausgeschlossen werden.

Trinkwasser und Quellwässer aus dem Bereich Mähring/Poppenreuth zeigten keine erhöhten Radionuklidkonzentrationen und ergaben im Mittel Werte unter 37 mBq U-238/l, 18 mBq Ra-226/l und 40 mBq Pb-210/l. Damit liegt die über das Trinkwasser aufgenommene Jahresdosis unter 0,3 mSv. Die Vorfluter der Gruben werden nicht zur Trinkwassergewinnung herangezogen.

Der über Pflanzenproben (Fichten und Gras) ermittelte Einflußbereich der Gruben begrenzt sich auf ihre unmittelbare Umgebung, in der sich keine landwirtschaftlich genutzten Flächen befinden. Die Ra-226- und Pb-210-Konzentrationen in den lokal produzierten Nahrungsmitteln entsprechen den in Gebieten mit ähnlicher Bodenbeschaffenheit gemessenen Werten oder liegen in vielen Fällen unter diesen Vergleichswerten. Die aus den Analysenwerten berechneten Jahresingestionen von 60 Bq Ra-226 und 67 Bq Pb-210 liegen unter den vergleichbaren, im Fichtelgebirge und im Schwarzwald ermittelten Werten. Dabei wird die jährliche Aktivitätsaufnahme (Ingestion) zu ca. 60 % durch das Ra-226 und zu ca. 20 % durch das Pb-210 in Getreide verursacht. Berücksichtigt man, daß es sich hier um Gerste und Hafer handelt, die meist als Futtermittel eingesetzt werden, ist die jährliche Aktivitätsaufnahme und die daraus abgeleitete Strahlenexposition mit großer Wahrscheinlichkeit konservativ angegeben. Darüber hinaus stammen mit Sicherheit nicht alle von der Bevölkerung im dortigen Raum verzehrten Nahrungsmittel aus dem Gebiet Mähring/Poppenreuth.

6 Dosimetrie

6.1 Dosismessung zur Orts- und Personenüberwachung

6.1.1 Amtliche Personendosimetrie

S. Ugi

Für die Personenüberwachung externer Stellen in Baden-Württemberg wurde Ende 1984 eine amtliche Meßstelle für Festkörperdosimeter eingerichtet, die ihre Tätigkeit bis zu einer endgültigen Zuständigkeitsregelung zunächst im Auftrag der Landesanstalt für Umweltschutz Baden Württemberg durchführt.

Amtliches Personendosimeter ist das Photolumineszenzglas in der Kugelkapselung, welches für eine Personenüberwachung auf Ganzkörperexposition durch Photonenstrahlung im Energiebereich oberhalb 45 keV eingesetzt wird. Im Januar 1985 wurde mit der monatlichen Personenüberwachung insbesondere für drei Kernkraftwerke begonnen. Ab dem zweiten Quartal bzw. dem 2. Halbjahr kamen zahlreiche kleinere Betriebe mit vierteljährlichem bzw. halbjährlichem Überwachungszeitraum hinzu. Zum Jahresende war dann mit Übernahme der Anlagen mit jährlichem Auswertungszeitraum, wobei es sich überwiegend um Feuerwehren und Katastrophenschutz handelt, die Umstellung der Ganzkörperüberwachung von der LfU- zur KfK-Meßstelle abgeschlossen. Die Anzahl der überwachten Betriebe war bis zum Jahresende auf 49 angewachsen. Die Zahl der Auswertungen betrug 37 833 (Tab. 6.1), wobei die Kleinkunden mit insgesamt ca. 2 000 Auswertungen eine untergeordnete Rolle spielten, jedoch einen hohen Arbeitsaufwand erforderten. Während die Anzahl der Auswertungen monatlich ca. 2 700 beträgt, steigt sie während der Revisionsphasen in den Kernkraftwerken je nach Überlappung der einzelnen Zeiträume bis auf das Doppelte.

Da ab Januar 1986 auch die amtliche Teilkörperdosimetrie für Baden-Württemberg durch die KfK-Meßstelle übernommen wird, war ab Dezember die Bereitstellung und Ausgabe von Fingerringen mit Thermolumineszenzdosimetern erforderlich. Als Teilkörperdosimeter wird ein Edelmetallring mit einem LiF-Detektor verwendet. Für den Januar 1986 wurden ca. 350 Dosimeter auf Bestellung ausgegeben. Damit erhöht sich die Gesamtzahl der überwachten Betriebe auf 86.

Im Jahr 1985 wurden sechs Dosisüberschreitungen (> 15 mSv) festgestellt.

Art der Überwachung		Zahl der Betriebe	Anzahl der Auswertungen 1985	
			Glas	TLD
KfK-Eigenüberwachung	Personendosis	-	3 700	9 909
	Ortsdosis	-	1 820	1 450
Amtliche Überwachung	Personendosis	52	37 833	-
Sonstige Überwachung	Personendosis	22	2 414	2 290
	Ortsdosis		631	2 930

Tab. 6/1: Anzahl der Routineauswertungen von Personen- und Ortsdosimetern im Jahr 1985

6.1.2 Routineauswertung von Personen- und Ortsdosimetern

B. Burgkhardt

Neben der amtlichen Dosimetrie 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. Unfall-

dosimetrie.

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

- Phosphatglasdosimeter in der Kugelkapselung zum praktisch energieunabhängigen Nachweis der Photonenstrahlung im Energiebereich von 45 keV bis 10 MeV.
- 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 mg/cm^2 und 450 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^2 .
- Thermolumineszenzdosimeter zur Teilkörperdosimetrie bestehend aus einem TLD700-Detektor in einem Edelstahl-Fingerring hinter einer Abdeckung von 7 mg/cm^2 . Fingerringdosimeter können bei Verwendung in Krankenhäusern ohne Verfälschung des Meßwertes gassterilisiert werden.
- Universelle Albedoneutronendosimeter, Type Alnor, mit TLD600 (${}^6\text{LiF:Mg,Ti}$)- und TLD700-Thermolumineszenzdetektoren zur Personenüberwachung in Neutronen-Beta-Gamma-Mischstrahlungsfeldern werden seit Mitte 1985 automatisch ausgewertet (siehe Abschn. 6.3.1). Für spezielle Überwachungsaufgaben können die Albedodosimeter auch mit gammastrahlungsunempfindlichen Kernspürätzdetektoren sowohl anstelle der TL-Detektoren als auch zum getrennten Nachweis schneller Neutronen eingesetzt werden (siehe Abschn. 6.5.2).
- Thermolumineszenzdosimeter zur Ortsdosismessung im Gray-Äquivalentdosisbereich. Bevorzugt werden $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ -Detektoren wegen ihrer relativ geringen Supralinearität und Wiederverwendbarkeit nach Hochdosisbestrahlungen eingesetzt.

Tab. 6/1 gibt den Auswerteumfang von Personen- und Ortsdosimetern für die Eigenüberwachung und für auswärtige Stellen wieder.

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

Zur Personenüberwachung in Neutronenfeldern wird seit 1982 der bis dahin von der amtlichen Meßstelle ausgegebene NTA-Film durch das universelle Albedoneutronendosimeter ersetzt, welches jetzt in Eigenüberwachung monatlich ausgewertet wird.

In Tab. 6/2 werden für das Albedodosimeter die Ergebnisse der Eigenüberwachung von 1982 bis 1985 und die für auswärtige Stellen für 1985 wiedergegeben. Beim Umgang mit einer ${}^{252}\text{Cf}$ -Quelle wurde erstmals der Jahresgrenzwert für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie B überschritten. Dies konnte durch TL-Glowkurven und einer Restdosisanzeigebestimmung unmittelbar nach der Auswertung belegt werden.

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 Dosisleistungen unzureichend sind.

Personendosen durch Neutronen wurden insbesondere beim Umgang mit ${}^{252}\text{Cf}$ -Quellen und bei Arbeiten am Zyklotron gefunden. Die an acht auswärtigen Stellen ausgegebenen Albedodosimeter wurden zur Personenüberwachung im Brennelemente-Kreislauf, an einem Beschleuniger, in einem Reaktor und beim Umgang mit Spaltneutronenquellen verwendet.

Zur Ermittlung der natürlichen Strahlenexposition sowie eines zusätzlichen Einflusses durch kerntechnische Anlagen werden in der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe seit 22 Jahren Glasdosimeter in der Kugelkapsel und seit 14 Jahren TL-Dosimeter an etwa 230 Meßstellen

exponiert. Die Dosimeterauswertungen zur Umgebungsüberwachung des KfK und in größerem Umfang im Auftrag von Kernkraftwerken und kerntechnischen Anlagen werden weitgehend nach dem im Normblatt DIN 25 483 empfohlenen Verfahren durchgeführt.

	Jahr	Überwachte Personen	Anzahl/a $H_n > 0,02$ mSv	$(H_n)_{\max}$ (mSv)	H_n/H_γ^1	Max. Jahresdosis H_n pro Person
KfK	1982	550	12	2,2	0,5-2	2,2 mSv/a
	1983	840	16	1,9	0,5-4,8	3,5 mSv/a
	1984	1 140	19	2,6	0,8-5,5	11,3 mSv/a
	1985	1 150	49	20,6	0,3-12	33,0 mSv/a ²⁾
Extern	1985	508	23	0,9	0,1-4,5	0,9 mSv/Monat

1) Verhältnis Neutronen-Äquivalentdosis H_n zur Photonen-Äquivalentdosis H_γ

2) Überschreitung des Grenzwertes der Jahresdosis für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie B

Tab. 6/2: Personenüberwachung mit Albedodosimetern im KfK und für auswärtige Stellen

6.1.3 Vergleichsbestrahlungen

B. Burgkhardt

HS/D hat im Berichtszeitraum wieder an mehreren nationalen und internationalen Vergleichsbestrahlungen für Festkörperdosimeter zur Personen- und Umgebungsüberwachung teilgenommen. Tab. 6/3 gibt eine Übersicht über die Vergleichsbestrahlungen mit Personendosimetern.

- 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. Die Referenzwerte für 1985 lagen noch nicht vor.
- An den 11 Neutronen-Vergleichsbestrahlungen für Personendosimeter (PDIS) am HPRR-Reaktor in Oak Ridge, USA, hat HS/D regelmäßig teilgenommen. Dies ermöglichte eine Kalibrierung von Albedo- und Kernspur-Neutronendosimetern verschiedener Bauarten in realistischen Streustrahlungsfeldern hinter den standardisierten Abschirmungen des Reaktors.
- Zur Diskussion um die Einführung der von der ICRU empfohlenen Meßgrößen (ICRU-report 39, 1985) wurde von der Physikalische-Technischen Bundesanstalt ein umfangreiches Programm zur Bestrahlung möglichst vieler Personendosimeter-Bauarten an einem ICRU-Kugel-Phantom, an einem Alderson-Mensch-Phantom sowie unter Freiluftbedingungen im Energiebereich von 26 keV bis 660 keV durchgeführt. HS/D war mit 5 Dosimeterbauarten beteiligt (siehe Abschn. 6.2.1 bis 6.2.3).

In Tab. 6/4 sind die Vergleichsbestrahlungen für Festkörperdosimeter in der Umgebungsüberwachung zusammengestellt:

- In einem von der EG geförderten Thermolumineszenzdosimeter-Ringvergleich wurden Dosimeter von jeweils 5 ausgesuchten Labors aus Ländern der Europäischen Gemeinschaft an 2 Referenzorten unterschiedlicher Dosisleistung in der Umgebung jedes Labors über 6 Monate exponiert. Die Ergebnisse zeigten, daß manche Dosimetersysteme wegen eines energiearmen Photonenanteils bzw. eines Anteil thermischer Neutronen die Ortsdosis an einigen Meßorten bis zu einem Faktor 2 überbewerteten.
- Die Strahlenschutzgruppe bei CERN in Genf nutzte die Versuchseinrichtung für gestreute Myonen.

Vergleich	Strahlenfeld	Dosimeter	Äquivalentdosis H_{soll} in mSv	H_{ist}/H_{soll} Mittelwert und max. Abweichung in %
PTB - jährlicher Photonen-Vergleich 1984	Photonenenergien 31 - 1 200 keV, jeweils 32 Dosim., Freiluftbestrah- lungen	Glas-Kugel- dosimeter	1 - 650	101,8 \pm 23
		TLD in Alnor- kapsel	1 - 700	115,5 + 50/-4
ORNL-Neutronen- vergleich 11. PDIS, 1985	HPRR-Reaktor- Spaltneutronen ohne Abschirmung, 13 cm Stahl, 20 cm Beton, 12 cm Plexi- glas	Albedodosi- meter CR39	4 - 6	106 + 18/-6
				98 +11/-5
PTB - Photonen- Vergleich 1985 "Neue Meßgrößen"	Photonenenergien 26 - 660 keV, jeweils 30 Dosim., Freiluft- u. Phan- tombestrahlungen	Glas-Kugel- dosimeter Flachglas- dosimeter TLD-Finger- ringe TLD in Alnor- kapseln TLD in Albedo- kapsel	2 - 20	siehe Kapitel 6.2.1 bis 6.2.3

Tab. 6/3: KfK-Ergebnisse der Vergleichsbestrahlungen für Personendosimeter

der Energie von 200 GeV und 280 GeV nach Durchlaufen von ca. 300 m Erdreich für einen Vergleich der Anzeige verschiedener Dosimeterbauarten einiger Dosimetrielabors. Alle von HS/D benutzten Dosimeter zeigten unabhängig vom Detektor (Kubisches Glas, Flachglas, ^7LiF , ^6LiF , CaF_2 und CaSO_4) und der Abdeckung von (7mg/cm² bis 13 000 mg/cm² Plastik, 2 mm perforiertes Zinn und 0,5 mm Kupfer) eine Übereinstimmung der Anzeige innerhalb des Meßfehlers der Systeme von 2 - 5 %.

- Beim 7. internationalen Vergleich für Umgebungsdosimeter des US Department of Energy wurden die Dosimeter in einem Testgelände in der Wüste von Nevada exponiert und an einer ^{60}Co - sowie ^{137}Cs -Kalibrierquelle bestrahlt. Unsere Meßergebnisse sind im Vergleich zum angegebenen Referenzwert im Mittel um 10 % zu tief. Dies ist zurückzuführen auf eine zu geringe Fadingkorrektur und auf die unter anderen Bedingungen durchgeführte Kalibrierung.

Vergleichs- Programm	Meßort	Dosimeter	Äquivalentdosis H_{soll} in mSv	Mittelwert H_{ist}/H_{soll} und max. Abweichung in %
EG-RINGVERSUCH "Umgebungsüberwachung"	12 Orte	TLD700	0,2 - 2,86	98,2 ± 7
	in Europa	TLD200		97,9 ± 9
CERN-MYONEN Myonenstrahl im Erdreich	Erdloch 4,5 m Tiefe, 40 cm ϕ , Abstand 300 m	<u>TLD700</u>	ca. 0,5 ¹⁾	
		Alnorplakette		100,8 ± 2
		Albedokapsel		97,6 ± 2
		7 mg/cm ²		101 ± 2
		500 mg/cm ²		101,4 ± 2
		13 g/cm ²		100 ± 2
		<u>TLD600</u>		
		7 mg/cm ²		101,8 ± 2
		500 mg/cm ²		105 ± 5
		13 g/cm ²		100
		<u>TLD200</u>		
		7mg/cm ²		101 ± 2
		Kugelkapsel		103 ± 2
		<u>FD-1-Glass</u>		
0,06mm Kupfer	104 ± 5			
Kugelkapsel	94 ± 5			
<u>CaSO₄</u>				
7 mg/cm ²	106 ± 5			
US-DOE	Umgebung,	Glas-Kugel-	75,8 ± 6	92 ± 5
7. ENVIRONMENTAL	Labor ⁶⁰ Co,	dosimeter,	79,9 ± 4	88 ± 6
Testgelände in	Labor ¹³⁷ Cs	CaF ₂ :Dy;	75,0 ± 4	86 ± 5
der Wüste von		LiF:Mg,Ti;		
Nevada		Li ₂ B ₄ O ₇ :Mn		

¹⁾ Referenzwert H_{soll} liegt z.Zt. nicht vor

Tab. 6/4: KfK-Ergebnisse der internationalen Vergleichsbestrahlungen für Festkörperdosimeter zur Umgebungsüberwachung

6.2 Photonendosimetrie

6.2.1 Energieabhängigkeit von Thermolumineszenz- und Phosphatglaspersonendosimetern zur Messung der ICRU-Meßgrößen $H'(10)$ und $H'(0,07)$ am Phantom

E. Piesch, B. Burgkhardt

Bei einer von der PTB und dem Arbeitskreis AKD des Fachverbandes für Strahlenschutz durchgeführten Vergleichsbestrahlung 1985 für neue Meßgrößen in der Personendosimetrie beteiligte sich HS/D mit dem seit 1964 innerhalb der Routineüberwachung eingesetzten Kugeldosimeter mit dem Phosphatglas FD-1 der Größe 8x8x4,7 mm³ und der 1982 entwickelten Flachglasdosimeterkapselung mit dem Phosphatglas FD-7 der Größe 16x16x1,5 mm³. Außerdem wurde das im KfK routinemäßig eingesetzte LiF-Dosimetersystem Alnor in der Alnokapselung sowie das LiF-Albedoneutronendosimeter herangezogen (siehe auch Abschn. 6.1.2).

Die Kalibrierbestrahlungen bei der PTB erfolgten frei in Luft am ICRU-Kugelphantom von 30 cm \emptyset (2 mm Plexiglaswand, Wasserfüllung) sowie zum Vergleich an einem Alderson-Mensch-Phantom im Energiebereich 25 keV - 660 keV. Meßgrößen waren die Photonenäquivalentdosis H_x (siehe Abschn. 6.2.2), die sich aus der Standardionendosis durch Multiplikation mit dem Faktor $10 \text{ mSv} \cdot R^{-1}$ ergibt sowie die neuen ICRU-Meßgrößen (ICRU Report 39, 1985), nämlich die Äquivalentdosis $H'(10)$ und $H'(0,07)$ in einer Gewebetiefe von 10 mm bzw. 0,07 mm in der ICRU-Kugel. $H'(10)$ und $H'(0,07)$ ergeben sich aus H_x unter Verwendung von energie- und richtungsabhängigen Konversionsfaktoren.

Abb. 6.1 zeigt die Energieabhängigkeit des Ansprechvermögens für das PL-Flachglasdosimeter, dessen Energiekompensationsfilter bereits auf $H'(10)$ angepaßt worden war. Die Dosimeter wurden auf der ICRU-Kugel frontal, unter einem Einfallswinkel von 45° und bei rotierendem Phantom bestrahlt. Das Ansprechvermögen $R = M/H'(10)$ wird aus dem Meßwert M und der jeweiligen Äquivalentdosis $H'(10)$ ermittelt. Bei Energieunabhängigkeit der Dosismessung gilt $R = M/H'(10) = 1$. Der Meßwert M wurde auf die Anzeige der Photonen-Äquivalentdosis H_x frei in Luft für ^{137}Cs -Gammastrahlung bezogen. Die Bestrahlungen unter den verschiedenen Einfallrichtungen ergeben für Photonenenergien oberhalb 25 keV eine Energieabhängigkeit innerhalb $\pm 13\%$ / $\pm 20\%$ / $\pm 18\%$. In Abb. 6.2 a werden zum Vergleich die Meßergebnisse der im KfK eingesetzten Routinedosimeter für eine Bestrahlung unter 0° gezeigt, die bisher nur für die Messung der Photonen-Äquivalentdosis eingesetzt waren. Beim Albedodosimeter wurde ein zweiseitiges Filter von 1 mm Aluminium verwendet.

Die Ergebnisse zeigen, daß LiF-Detektoren aller Bauarten die Meßgröße $H'(10)$ im Energiebereich unterhalb 60 keV signifikant überbewerten. LiF abgedeckt mit 1 mm Aluminium reduziert diese Überempfindlichkeit auf einen Wert von 1,35. Die Energieabhängigkeit im Energiebereich 25 keV bis 660 keV beträgt $\pm 18\%$ / $\pm 18\%$ / $\pm 20\%$ für eine Bestrahlung unter 0° , 45° und bei rotierendem Phantom. Das mittlere Ansprechvermögen ist gegenüber einer Freiluftkalibrierung jedoch um den Faktor 1,2 höher. Zusätzliche Cu- oder Fe-Filter könnten hier eine weitere Optimierung ergeben.

Das PL-Kugeldosimeter, obwohl ursprünglich für die Anzeige der Photonen-Äquivalentdosis frei in Luft optimiert, ist in gleichem Maße auch für die Messung von $H'(10)$ innerhalb der Personenüberwachung geeignet. Bezogen auf eine Freiluftkalibrierung ist ein entsprechender Umrechnungsfaktor $k = H'(10)/H_x = 1,12$ anzuwenden. Oberhalb 35 keV betragen die entsprechenden Energieabhängigkeiten $\pm 13\%$ / $\pm 20\%$ / $\pm 13\%$.

Wie aus Abb. 6.2 b ersichtlich, zeigen auch gefilterte Detektoren eine relativ geringe Energieabhängigkeit des Ansprechvermögens für $H'(0,07)$ am Phantom. Die Ergebnisse des Fingerringdosimeters deuten darauf hin, daß eine Abschirmung des Detektors zur Phantomseite hin sinnvoll ist, um die Energieabhängigkeit von LiF zu reduzieren.

Bestrahlungen mit 100 keV Photonen ergeben am Alderson-Phantom und am ICRU-Phantom Unterschiede in der Dosisanzeige, die vom Dosimetertyp abhängen und die am Alderson-Phantom für PL-Kugeldosimeter + 5 % und bei rotierendem Alderson-Phantom für das Flachglasdosimeter bis zu + 18 % betragen. Die Ergebnisse verdeutlichen, daß für die Kalibrierung von Personendosimetern anstelle der ICRU-Kugel ein zylindrisches Phantom die Verhältnisse in der Personendosimetrie besser verwirklichen würde. Am Alderson-Phantom ergeben Messungen in Hüfthöhe im Vergleich zur Brusthöhe bis zu 14 % höhere Werte.

Obwohl an verschiedene Meßgrößen angepaßt, können beide PL-Systeme in der Personenüberwachung zur Messung von $H'(10)$ eingesetzt werden. Für TLD-Systeme sind zur Anpassung an die neue Meßgröße $H'(10)$ zweckmäßigerweise neue Energiekompensationsfilter einzusetzen.

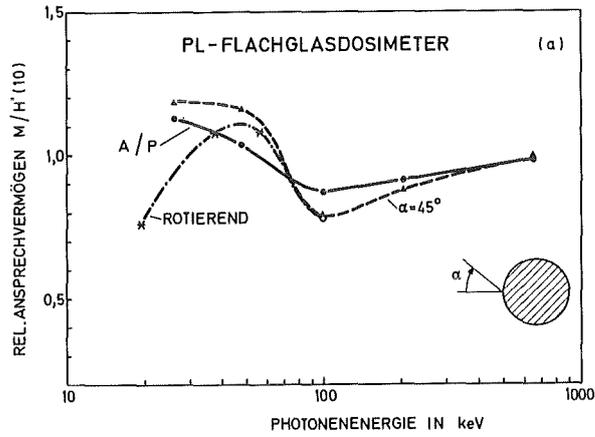


Abb. 6/1: Relatives Ansprechvermögen des PL-Flachglasdosimeters für die Meßgröße $H'(10)$ an der ICRU-Kugel für Strahleneinfall A/P ($\alpha=0^\circ$), $\alpha=45^\circ$ und bei rotierendem Phantom. Referenzwert: Freiluftbestrahlung bei Cs-137

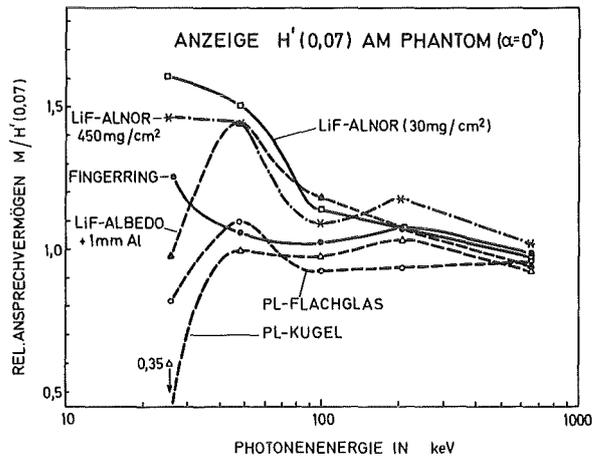
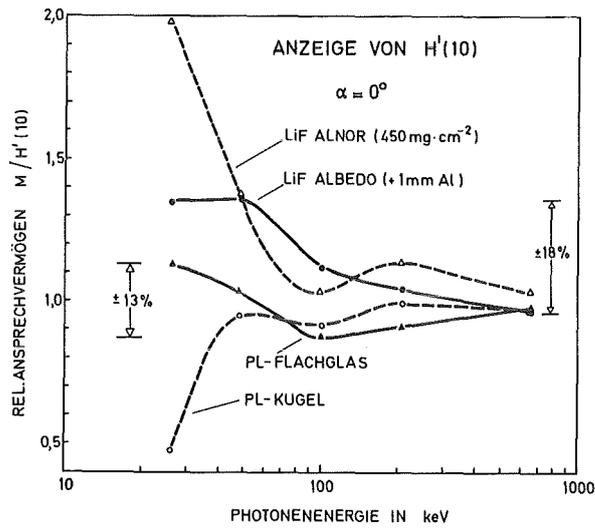


Abb. 6/2: Relatives Ansprechvermögen von TL- und PL-Dosimetriesystemen, (a) für die Meßgröße $H'(10)$, (b) für die Meßgröße $H'(0,07)$ bei senkrechtem Strahleneinfall. Referenzwert: Freiluftbestrahlung bei Cs-137

6.2.2 Energieabhängigkeit von Thermolumineszenz- und Phosphatglaspersonendosimetern zur Messung der Photonen-Äquivalentdosis am Phantom

B. Burgkhardt, E. Piesch

Bei der Vergleichsbestrahlung 1985 für neue Meßgrößen in der Personendosimetrie wurden die Dosimetersysteme einbezogen, die regelmäßig zur jährlichen Vergleichsbestrahlung für amtliche und nichtamtliche Personendosimeter bei der PTB vorgelegt werden. Die PTB-Bestrahlung der Dosimeter erfolgte erstmalig an einem Phantom.

Abb. 6./3 zeigt die Energieabhängigkeit der Anzeige von TLD700 in der Alnorplakette hinter einer Plastikabdeckung von 450 mg/cm^2 für die Photonen-Äquivalentdosis $H_{x,p}$ bei Kalibrierung an der ICRU-Kugel für den Strahleneinfall A/P ($\alpha=0^\circ$), $\alpha=45^\circ$ und bei rotierendem Phantom. Diese entspricht der Energieabhängigkeit bei Freiluftbestrahlung. Bei einem Strahleneinfallswinkel von 45° verringert sich die Anzeige im gesamten Energiebereich nicht wesentlich. Die rotierende Bestrahlung führt zu einer Unterbewertung der Anzeige bei kleinen Energien, da für die Meßgröße $H_{x,p}$ eine Schwächung der Strahlung im Phantom nicht berücksichtigt wird.

Das $H_{x,p}$ - Ansprechvermögen der LiF-Detektoren in der Albedokapsel Type Alnor zeigt, daß eine Schwächung der Strahlung durch die Aluminiumfilter erst unterhalb 60 keV feststellbar ist und die Überempfindlichkeit im Bereich von 48 keV kaum vermindert.

Der TLD700 Detektor hinter 30 mg/cm^2 in der Alnorplakette und im Albedodosimeter Type Alnor zeigen wegen der sehr ähnlichen Geometrie des Beta-Fensters annähernd das gleiche Ansprechvermögen für $H'(0,07)$. Die Energieabhängigkeit des TLD700 Detektors und die Rückstreuung des Phantoms führen zu einem relativen Ansprechvermögen von etwa 1,6 bei Energien $< 48 \text{ keV}$. Die Größe des Beta-Fensters ist ausreichend, um auch bei einem Strahleneinfallswinkel von 45° annähernd die gleiche Anzeige wie unter Senkrechteinfall zu erreichen.

Die Anzeige des Edelstahl-Fingerrings für die Meßgröße $H_{x,p}$ am Phantom bei Senkrechteinfall A/P zeigt demgegenüber nur noch eine Energieabhängigkeit von $\pm 10 \%$ (Abb. 6/4). Die Edelstahlschicht zwischen Detektor und Phantom wirkt sich offensichtlich günstig auf die Energieabhängigkeit von LiF-Detektoren am Phantom aus. Der Edelstahl-Fingerring wurde an der ICRU-Kugel und zwar mit dem Detektorfenster in Richtung Strahlenquelle bestrahlt. Zwischen dem Detektor und der Phantomoberfläche befanden sich somit 0,2 mm Edelstahl und 20 mm Luft. Die Ergebnisse deuten darauf hin, daß ein Fe-Filter an der Phantomseite des Dosimeters die Energieabhängigkeit von LiF-Detektoren grundsätzlich verbessert. Fragwürdig ist die Verwendung der ICRU-Kugel als Phantom bei der Kalibrierung von Teilkörperdosimetern, insbesondere Fingerringdosimetern.

In Abb. 6/5 ist das relative Ansprechvermögen des Phosphatglas-Kugeldosimeters für die Photonen-Äquivalentdosis $H_{x,p}$ an der ICRU-Kugel für verschiedene Strahleneinfallrichtungen wiedergegeben. Oberhalb einer Photonenenergie von 40 keV erhält man eine Energieabhängigkeit von $\pm 15 \%$ / $\pm 22 \%$ / $\pm 20 \%$ für eine Bestrahlung unter 0° , 45° bzw. bei rotierendem Phantom.

Die Ergebnisse der Freiluft- und Phantombestrahlungen bestätigen, daß die in der Routine eingesetzten Personendosimeter, für die bisher eine Freiluftkalibrierung vorgeschrieben war, auch bei Phantombestrahlung eine vergleichbare Energieabhängigkeit zeigen.

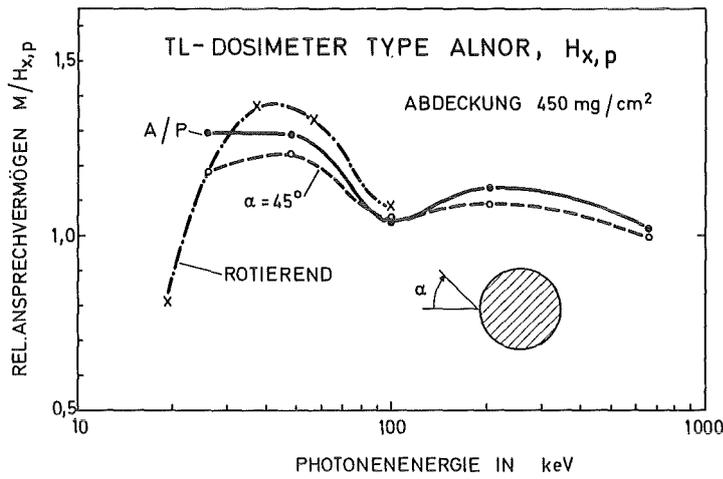


Abb. 6/3: Relatives Ansprechvermögen des LiF-Detektors mit einer Abdeckung von 450 mg/cm^2 im Alnordosimeter für die Meßgröße Photonen-Äquivalentdosis $H_{x,p}$ in der ICRU-Kugel. Referenzwert: Freiluftbestrahlung bei Cs-137

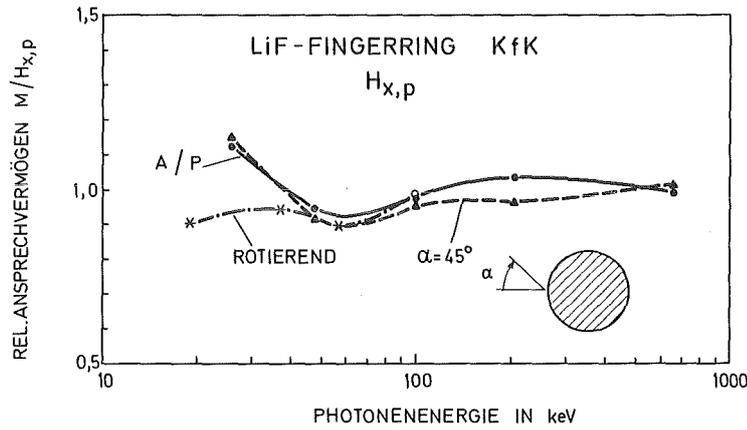


Abb. 6/4: Relatives Ansprechvermögen des Edelstahl-Fingerringdosimeters für die Meßgröße Photonen-Äquivalentdosis $H_{x,p}$ an der ICRU-Kugel. Referenzwert: A/P Freiluftbestrahlung bei Cs-137

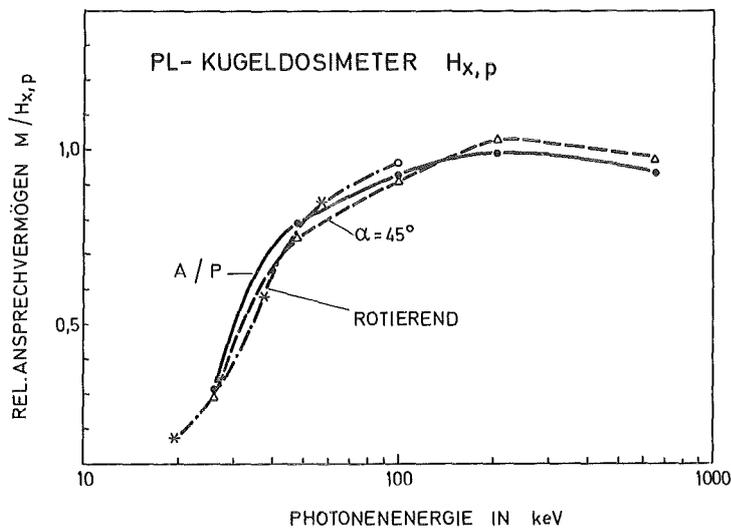


Abb. 6/5: Relatives Ansprechvermögen des PL-Kugeldosimeters für die Meßgröße Photonen-Äquivalentdosis $H_{x,p}$ an der ICRU-Kugel für Strahleneinfallsrichtungen A/P ($\alpha=0^\circ$), $\alpha=45^\circ$ und bei rotierendem Phantom. Referenzwert: Freiluftbestrahlung bei Cs-137

6.2.3 Kalibrierung von Dosisleistungsmeßgeräten im Bereich des natürlichen Strahlenpegels

M. Hauser, B. Burgkhardt

1985 wurde die EG-Pilotstudie zur Kalibrierung von Dosisleistungsmeßgeräten im Bereich der natürlichen Umgebungsstrahlung fortgesetzt, in der 1984 die Linearität der Anzeige dieser Geräte im Bereich von 10 - 200 nSv/h und die interne Backgroundanzeige in einem Stollen des Salzbergwerkes Asse in 775 m Tiefe bei einer Umgebungsstrahlung von nur etwa 1,3 nSv/h untersucht wurden. Das Ansprechvermögen dieser Geräte gegenüber kosmischer Strahlung wurde auf der Nordsee ermittelt.

In der fortgesetzten Pilotstudie haben 11 europäische Labors mit 25 Geräten teilgenommen. HS/D beteiligte sich mit dem Proportionalzähler LB 6123 und dem GM-Zähler BZ 120 der Fa. Berthold sowie dem großvolumigen Szintillationszähler MAB 604.1 der Fa. Münchner Apparatebau.

Folgende Messungen wurden durchgeführt:

- Schattenkonusmessungen in einem kleinen Laborraum in 1 m Höhe und in 3 m, 4 m und 5 m Abstand von einer in Freiluft aufgestellten Cs-137-Quelle bekannter Aktivität. Durch geometrisch an den Detektor angepaßte Bleiabschirmungen zwischen Quelle und Detektor wurde die Direktstrahlung von der Quelle abgeschirmt und nur der Streustrahlungsanteil aus dem Raum gemessen, der von der Anzeige ohne Bleiabschirmung zur Ermittlung des Ansprechvermögens des Gerätes subtrahiert wurde. Abb. 6.6 zeigt die gute Übereinstimmung zwischen den Schattenkonusmessungen im Vergleich zur Kalibrierung im Salzbergwerk 1984. Dies wurde auch für die anderen Geräte gefunden. Voraussetzung ist eine sehr sorgfältige Abschattung der Geräte.

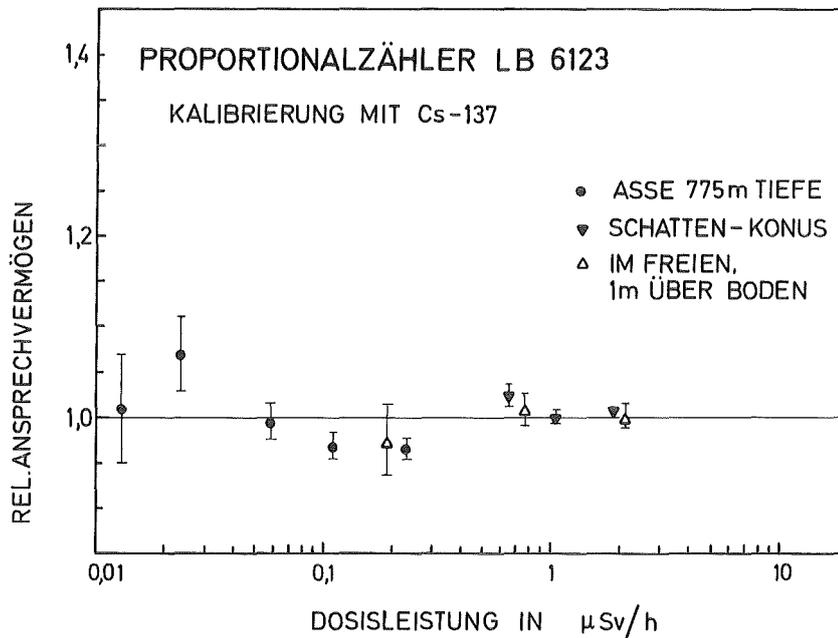


Abb. 6.6: Relatives Ansprechvermögen des Proportionalzählers LB 6123 bei kleinen Dosisleistungen ermittelt mit verschiedenen Kalibrierverfahren

- Messungen im Freien in 1 m Höhe über einem ebenen Boden im Abstand von 3,5 m und 10 m von einer Cs-137, Co-60 oder Ra-226-Quelle bekannter Aktivität. Grundlage dieser Kalibrieremethode ist die rechnerische Ermittlung der Luftabsorption, der Luftstreuung und Streuung am Boden. Wie Abb. 6/6 zeigt, wurde zum Teil gute Übereinstimmung der Ergebnisse im Vergleich zu an-

deren Kalibriermethoden gefunden. Zur Verbesserung der Methode müßte rechnerisch insbesondere die Energieabhängigkeit der Detektoren gegenüber der rückgestreuten Strahlungskomponente berücksichtigt werden. Andererseits benötigt diese Methode nur ein Minimum an Kalibriereinrichtungen und ermöglicht die gleichzeitige Kalibrierung mehrerer Geräte.

- Messung der Energieabhängigkeit im Salzberwerk Asse im kollimierten Strahlenfeld einer Am-241-, Co-57-, Cs-137-, Co-60- und Ra-226-Quelle im Dosisleistungsbereich von 100 nS/h. Die Dosisleistungs-Referenzwerte der PTB liegen noch nicht vor. Grundsätzlich zeigen jedoch Szintillationszähler eine Abhängigkeit der Energieabhängigkeit von der Dosisleistung, wenn nicht der Arbeitspunkt des Photomultipliers optimal zur Vermeidung von Sättigungseffekten eingestellt wird. Die kommerziellen MAB 604 Geräte können solche Effekte zeigen.
- Messungen kosmischer Strahlung auf einem Süßwasser-Fjord mit ca. 5 m Wassertiefe: Sowohl für das BZ 120 als auch für das LB 6123 wurde im Vergleich zu den Messungen 1984 auf der Nordsee auf dem Fjord 6 % mehr gemessen. Es muß noch geklärt werden, ob die Radioaktivität der Kohle des Fjord-Dampfers oder die geringe Wassertiefe Ursache der Erhöhung ist.

6.2.4 Reproduzierbarkeit des TLD700-Ansprechvermögens bei Regenerierung mit einem mikroprozessorgesteuerten Ofen

B. Burgkhardt

Die dosimetrischen Eigenschaften von Festkörperdosimetern können durch eine definierte Wärmebehandlung vor und nach der Bestrahlung wesentlich beeinflußt werden. Für diese spezielle Anwendung wurde von der Firma Physikalisch-Technische Werkstätten, Dr. Pychlau, Freiburg i.Br., der Umluft-Ofen Type TLDO entwickelt, der die Einstellung von 16 mikroprozessorgesteuerten Temperaturzyklen mit 2 einstellbaren Temperaturen bis 400 °C und unterschiedlichen Verweilzeiten erlaubt.

Für den Einsatz des Ofens in der Routinedosimetrie wurden mehrere Gruppen von jeweils 10 Thermolumineszenzdetektoren (TLD700) verwendet, mit denen nach Wärmebehandlung von 400 °C/1h und 100 °C/3h für die Anzeige von 25 mSv eine relative Standardabweichung von etwa 1 % für den Mittelwert von 10 Detektoren erreicht werden konnte. Untersucht wurde die maximale Anzeigenänderung A der Gruppenmittelwerte bei

- fünfmaliger Wiederholung der Wärmebehandlung sowohl einer einzigen TLD-Gruppe als auch von fünf Gruppen im Vergleich zu Referenzgruppen derselben Wärmebehandlung $A < 1 \%$.
- Positionierung der TLD-Gruppe an verschiedenen Orten im Ofen: $A < 2 \%$,
- Betrieb des Ofens bei Raumtemperaturen von ca. 10 °C und 35 °C: $A < 1,5\%$,
- Verwendung von Edelstahlblechen zur Aufnahme der TLD anstelle von eloxierten Aluminiumblechen: $A < 1 \%$,
- Verwendung zusätzlicher Aluminiumdeckel zur Abdeckung der Aluminiumbleche $A < 1 \%$,
- Vergleich der Wärmebehandlung im TLDO mit der bisherigen Standardregenerierung in anderen Öfen bei HS/D (Erhöhung von Glowpeak IV): $A = + 30 \%$.

Außerdem wurde untersucht:

- die Nullanzeige nach Vorbestrahlung mit 250 mSv und anschließender Wärmebehandlung im TLDO und Vergleich mit dem bisherigen Standardverfahren bei HS/D. Nullanzeige in beiden Fällen $< 0,02 \text{ mSv}$,
- die Thermolumineszenzanzeige des Ofenisoliermaterials in Stecknadelkopfgröße unbestrahlt und bestrahlt mit 50 mSv. Anzeige äquivalent zu 0,02 mSv.

6. 3 Neutronendosimetrie

6.3.1 Automatische Auswertung von Albedo-Neutronendosimetern mit LiF-Preßlingen und LiF in Teflon

W. Schwarz, B. Burgkhardt

Das universelle Albedo-Neutronendosimeter zur Personenüberwachung in Neutronen-Photonen-Mischstrahlungsfeldern ist für eine automatische Auswertung in kommerziellen Thermolumineszenz-Auswertegeräten entwickelt worden. Grundlage einer Routineanwendung ist daher die Optimierung der Auswertetechnik in Hinblick auf

- Trennung von Neutronen- und Photonenanzeige,
- Reproduzierbarkeit der Neutronen- und Photonenanzeige,
- geringe Nullanzeige unbestrahlter Detektoren,
- Wiederverwendung nach einer Regenerierung im Auswertegerät,
- Einsatz eines Rechners zur Speicherung der Glowkurven und zur Auswertung.

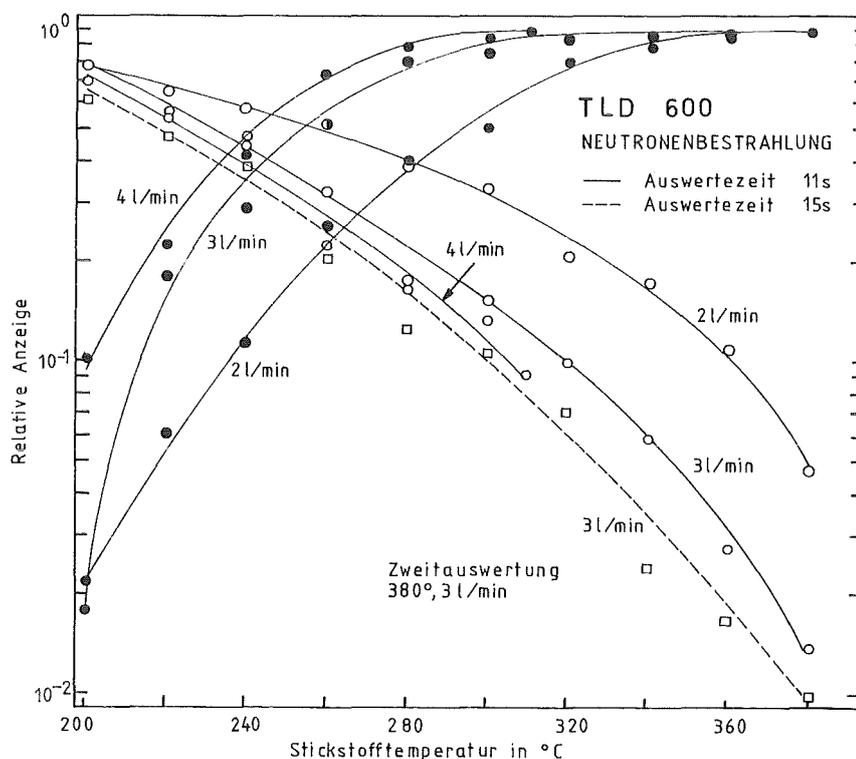


Abb. 6/7: Relative Anzeige nach Auswertung und Zweitauswertung von TLD600 nach Neutronenbestrahlung in Abhängigkeit von Stickstofftemperatur und Volumenstrom bzw. der Meßzeit bezogen auf die Anzeige bei 380° C bzw. 316° C bei 4 l/min

Die Optimierung der Auswertetechnik wurde an zwei automatischen TLD-Systemen durchgeführt. Eines der untersuchten TLD-Systeme, Type Dosacus der Fa. Alnor, benutzt heißen Stickstoff zur Auswertung von TLD-Presslingen, hier TLD600/TLD700 der Fa. Harshaw. Untersucht wurden u.a.:

- der Volumenstrom des heißen Stickstoffs: Bei 2 l/min konnten insbesondere nach Neutronenbestrahlung selbst bei den maximalen N₂-Temperaturen von 380 °C nur 95 % der Referenzanzeigen bei 380 °C und 3 l/min erreicht werden (Abb. 6/7). Bei 4 l/min betrug die maximale Temperatur nur noch 316 °C. Das eindeutige Optimum wurde bei 3 l/min gefunden,

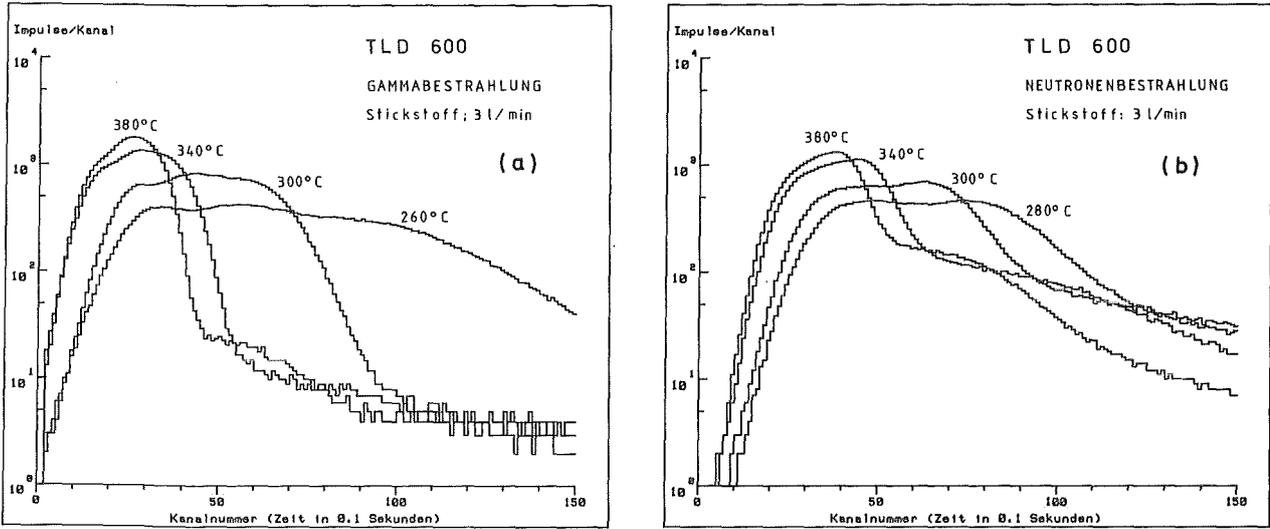


Abb. 6/8: Typische Glowkurven von TLD600 nach Gammabestrahlung (a) und Neutronenbestrahlung (b) bei Auswertung im Alnorsystem

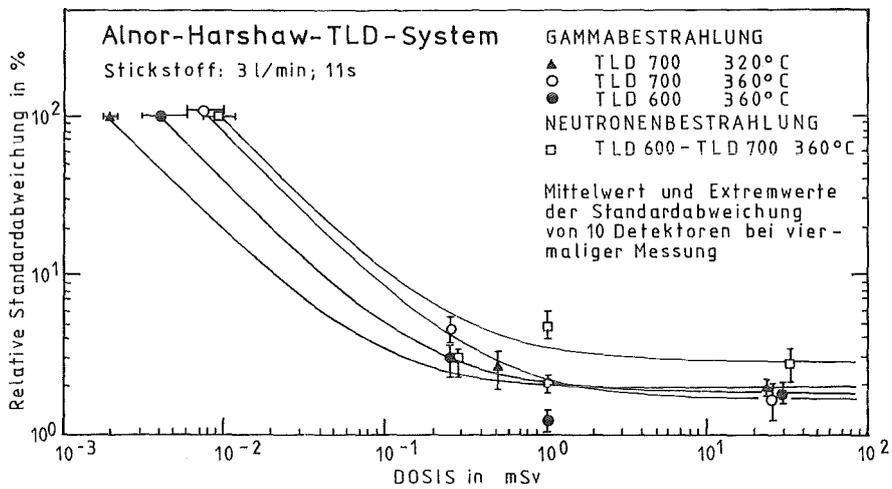


Abb. 6/9: Relative Standardabweichung als Funktion der Dosis nach Korrektur des individuellen Gammaansprechvermögens für die Auswertung von TLD600 und TLD700 im Alnor TL-Anzeigerät (Bei Neutronenbestrahlung; Dosisangabe ist gamma-äquivalente Anzeige)

- die N_2 -Temperatur: Oberhalb einer N_2 -Temperatur von 300 °C nimmt die Nullanzeige unbestrahlter Dosimeter schnell zu. Andererseits werden nach Neutronenbestrahlung bei 300 °C nur 83 %, bei 340 °C schon 94 % der TL-Anzeige bei 380 °C/3 l/min erreicht (Abb. 6/7). Der Detektor wird insbesondere im Hinblick auf eine Wiederverwendung vollständiger ausgewertet. Abb. 6/8 zeigt typische Glowkurven für verschiedene N_2 -Temperaturen bei optimalem Volumenstrom nach Gamma- und Neutronenbestrahlung. Das Verhältnis der TL-Anzeigen im Glowkurven-Maximum und im Kanal 110 bei 340 °C unterscheidet sich deutlich für Gamma- und Neutronenbestrahlung und läßt sich zur Erkennung eines Neutronenanteiles in der Anzeige heranziehen,
- die Auswertezeit: Bei einer Verlängerung der Auswertezeit von 11 s auf 15 s vergrößert sich die TL-Anzeige bei 340 °C von 94 % auf 97 % der Anzeige bei 380 °C (siehe Abb. 6/7 gestrichelte Linie). Im Interesse einer schnelleren Auswertung wurden jedoch 11 s gewählt,
- die Integrationszeit der TL-Anzeigen in der Glowkurve: Für TLD700 (entspricht TLD600 nach Gammabestrahlung, siehe Abb. 6/8 (a)) sind 8 s bis Kanal 80 ausreichend, für TLD600 nach Neutronenbestrahlung wird wegen der flach abfallenden Glowkurve die Auswertezeit von 11 s auch als Integrationszeit gewählt,
- die Standardabweichung einer Einzelmessung bestimmt mit 10 Detektoren als Funktion die Neutronen- und Gammadosisanzeige: Abb. 6/9 zeigt, daß mit einem optimierten Alnor-System eine Photonen-Äquivalentdosis von 0,1 mSv mit einer relativen Standardabweichung von 5 % und höhere Dosen mit 2 % gemessen werden können, während die entsprechenden Werte für die Neutronenanzeigen bedingt durch die Differenz der TLD600/TLD700-Meßwerte und die erforderliche längere Integrationszeit bei 10 % bzw. 3 % liegen.

Das TLD-System Type 813 B1 der Fa. Vinten benutzt LiF-Teflondosimeter, die bei der Auswertung mit einem Heizfinger erhitzt werden. Untersucht wurden u.a.:

- die Auswertetemperatur: Wegen der Temperatureigenschaften des Teflon dürfen 300 °C nicht überschritten werden. Bei der vorgegebenen Auswertezeit von 30 s ist die vom Hersteller empfohlene Temperatur von 260 °C insbesondere nach Neutronenbestrahlung zu niedrig, um auch bei vorkommendem schlechtem Wärmekontakt eine vollständige Auswertung des Detektors zu gewährleisten. Typische Glowkurven für eine Temperatur von 300 °C nach Gamma- und Neutronenbestrahlung zeigt Abb. 6/10.
- die Integrationszeit der TL-Anzeige in der Glowkurve: Im Interesse einer geringen Nullanzeige sind 25 s (Kanal 250) ausreichend (siehe Abb. 6/10 a und b). Auch hier läßt sich das Verhältnis der TL-Anzeigen im Maximum und bei 25 s zur Erkennung eines Neutronenanteils heranziehen.
- Verhalten der Teflondosimeter bei Wiederverwendung. Die Teflondosimeter zeigen eine Änderung ihres individuellen Ansprechvermögens während der ersten fünf Wiederverwendungen bis zu 5 %. Danach lassen sich individuelle Korrekturfaktoren mindestens zehnmals verwenden.
- Die Standardabweichung einer Einzelmessung bestimmt mit 10 Detektoren als Funktion die Dosis. Sie ist in Abb. 6/11 nach Gamma- und Neutronenbestrahlung für die ${}^6\text{LiF}$ - und ${}^7\text{LiF}$ -Teflondosimeter bei Auswertung unter HS/D-Laborbedingungen wiedergegeben. Für die Neutronendosismessung wird eine Standardabweichung von 10 % erst bei einer Anzeige von 1 mSv erreicht. Dieser Wert läßt sich um eine Größenordnung verbessern, wenn die offensichtlich lichtempfindlichen Teflondosimeter im Dunkeln (gestrichelte Linie) oder bei spezieller Beleuchtung unter Ausschluß von Tageslicht in die Kapseln bzw. Magazine des Auswertegerätes ein- und ausgepackt werden.

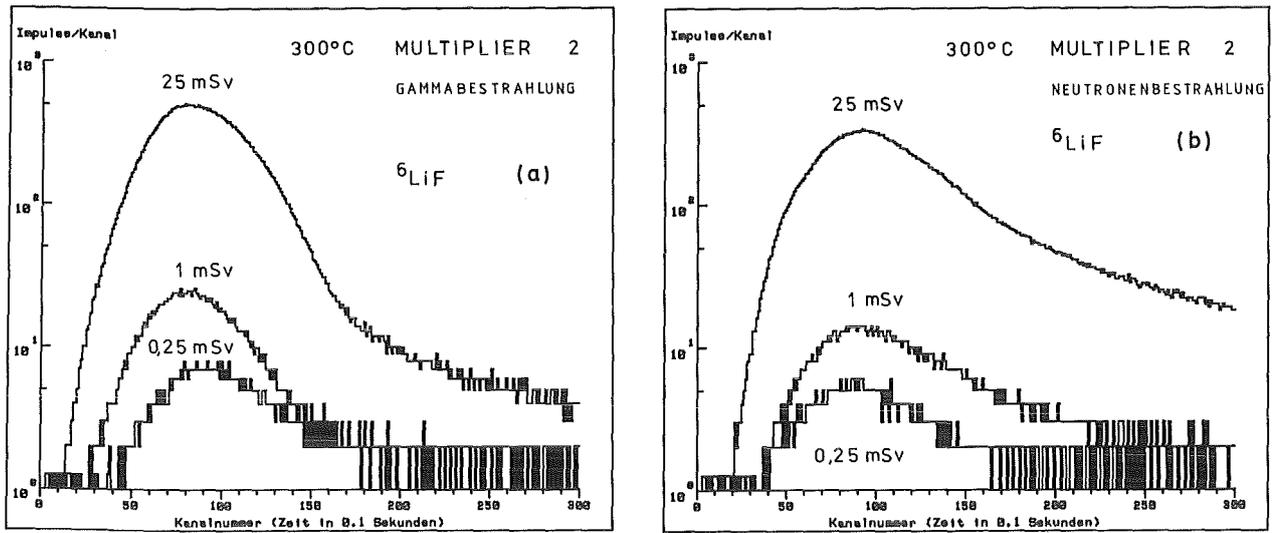


Abb. 6/10: Typische Glowkurven für LiF-Teflondosimeter bei Auswertung im automatischen Auswertegerät Type Vinten 813 B1 nach Gamma- (a) und Neutronenbestrahlung (b)

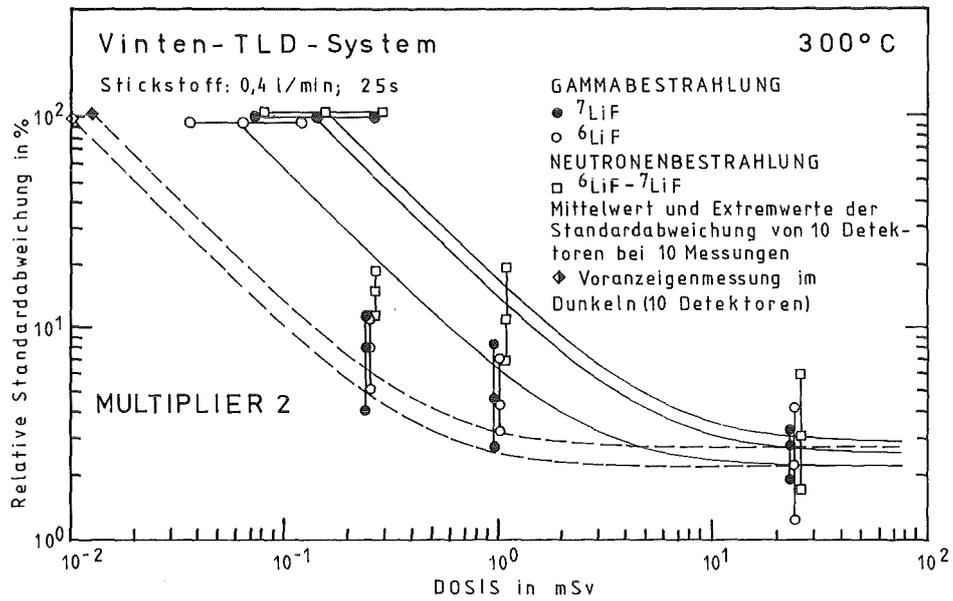


Abb. 6/11: Relative Standardabweichung als Funktion der Photonen- dosis bzw. gammaäquivalenten Neutronendosisanzeige

6.3.2 Optimierung des elektrochemischen Ätzverfahrens zum Nachweis von neutroneninduzierten Rückstoßprotonen in CR 39

E. Piesch, M. Urban

Die im Jahre 1978 durch HS/D eingeführte chemische Vorätzung unmittelbar vor der eigentlichen Anwendung eines elektrochemischen Ätzvorganges bei Polykarbonat-Kernspurdetektoren wurde danach auch auf andere Kernspurdetektoren übertragen. Das Vorätzen der Detektoroberfläche führte zu einer signifikanten Herabsetzung der Untergrundspuren. Damit war es in der Folge möglich, Polykarbonatdetektoren zum Nachweis von α -Teilchen in der Radondosimetrie und zum Nachweis von Neutronen über Kohlenstoff-Rückstoßkerne einzusetzen. Dieses Verfahren erwies sich beim Nachweis energiearmer Rückstoßprotonen im Kernspurdetektor CR 39 als nachteilig. Einen wesentlichen Fortschritt brachte die 1984 von Tommasino und Mitarbeitern vorgeschlagene Ätzmethode, welche auf eine Vorätzung verzichtet und zum Nachweis neutroneninduzierter Rückstoßprotonen im Energiebereich von 100 keV eine elektrochemische Ätzung bei 50 Hz und 60 °C vorsieht. Als nachteilig erwies sich hierbei jedoch der hohe Anteil an Untergrundspuren und der kleine Kernspurdurchmesser.

Bei HS/D wurde daraufhin das alte Ätzverfahren ersetzt durch eine Zweistufen-Ätzung, die entsprechend dem Vorschlag von Tommasino zunächst eine elektrochemische Ätzung bei 50 Hz und 15 kV/cm anwendet und danach zur Vergrößerung der Kernspuren die elektrochemische Ätzung bei einer Feldstärke von 30 kV/cm fortsetzt. Die Optimierung der Ätzparameter erfolgte unter dem Gesichtspunkt einer geringen Untergrundspurenzahl und eines hohen Neutronenansprechvermögens mit geringer Energieabhängigkeit. Hierzu wurden CR 39 - Detektoren mit verschiedenen Radiatoren abgedeckt und mit Cf-252-Spaltneutronen sowie mit monoenergetischen Neutronen von 250 keV bestrahlt. Die Detektoren wurden danach bei unterschiedlicher Frequenz und Feldstärke geätzt.

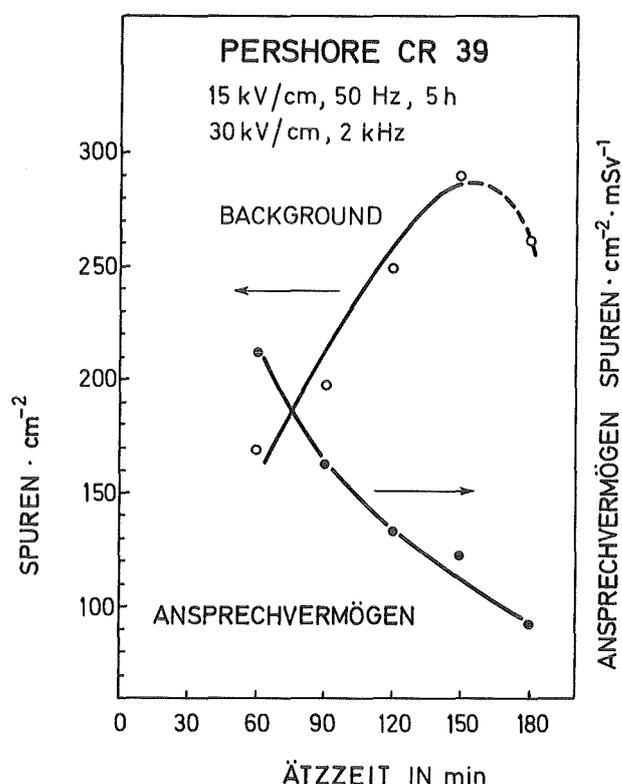


Abb. 6/12: Änderung der Background-Spurenzahl und des Neutronen-Ansprechvermögens in Abhängigkeit von der Ätzzeit für den Nachweis neutroneninduzierter Rückstoßprotonen im CR 39 - Kernspurdetektor (30)

Zur Vergrößerung des Kernspurdurchmessers nach dem 1. Ätzvorgang bei 50 Hz wurden die Detektoren bei 2 kHz und 10 kHz und einem elektrischen Feld von 15 bzw. 30 kV/cm geätzt. Es zeigte sich, daß bei 2 kHz das Ansprechvermögen um einen Faktor 3 größer war und die Untergrundspuren auf 50 % reduziert wurden. Ein höheres elektrisches Feld vergrößert andererseits den Anteil an Untergrundspuren sowie die Standardabweichung für das Ansprechvermögen insbesondere bei 250 keV.

Nach Festlegung der Ätzparameter wurde das Neutronenansprechvermögen und der Untergrundanteil in Abhängigkeit von der Ätzdauer untersucht. Die in Abb. 6/12 wiedergegebenen Ergebnisse zeigen, daß bei einer Ätzdauer von 60 Minuten die günstigsten Nachweisverhältnisse vorlagen.

6.3.3 Energieabhängigkeit der Neutronenanzeige von CR 39

E. Piesch, M. Urban

Nach Optimierung und Festlegung der elektrochemischen Ätzbedingungen für den Nachweis neutroneninduzierter Rückstoßkerne in CR 39 (siehe Abschn. 6.3.2) wurden CR 39 - Detektoren mit Makrofolien abgedeckt und bei der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, Braunschweig, mit monoenergetischen Neutronen im Energiebereich 150 keV bis 14,8 MeV bestrahlt. Untersucht wurde CR 39-Material, das von den Herstellern Pershore Moulding Ltd. und American Acrylics in 475 µm und 660 µm Dicke ausgeliefert wurde. Nach Anwendung des neuen Ätzverfahrens wurden die Kernspurdetektoren im Mikrovideomat automatisch ausgezählt.

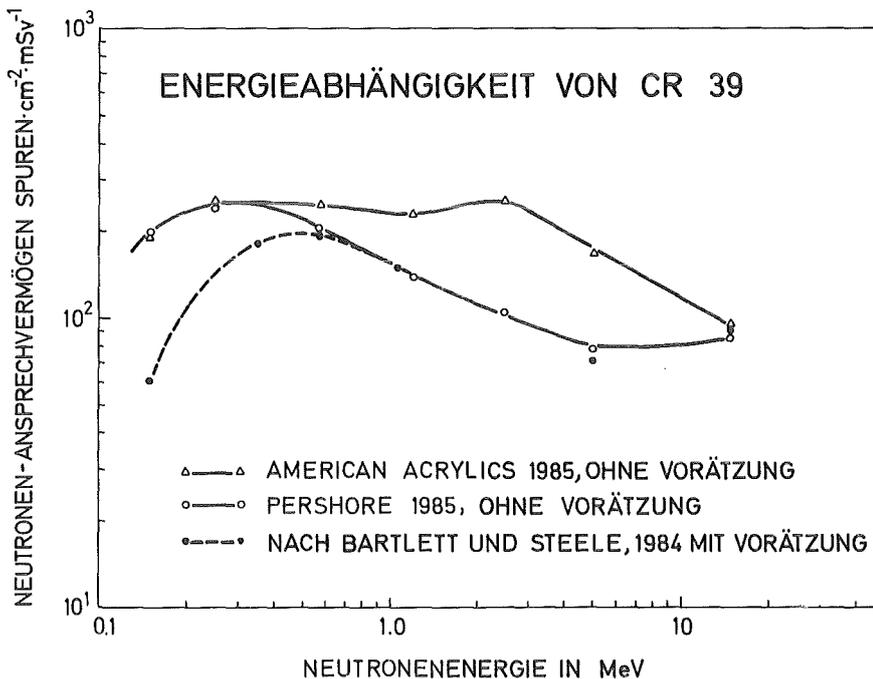


Abb. 6/13: Energieabhängigkeit des Neutronenansprechvermögens für den Nachweis neutroneninduzierter Rückstoßprotonen in CR 39 - Detektoren (30)

Das Neutronenansprechvermögen der beiden CR 39 - Materialien ist in Abb. 6.13 in Abhängigkeit von der Neutronenenergie wiedergegeben. Im Vergleich zum bisherigen Ätzverfahren mit Vorätzung werden jetzt beim Pershore-Material auch Neutronen im unteren Energiebereich von 150 keV nachgewiesen und im oberen Energiebereich der gleiche Abfall des Ansprechvermögens erhalten. CR 39 von American Acrylics zeigt hingegen im Energiebereich von 150 bis 500 keV ein energieunabhängiges Ansprechvermögen. Bei 14,8 MeV wird für beide Materialien dasselbe Ansprechvermögen erhalten. Bei Anwendung eines ähnlich kombinierten Ätzverfahrens erhielt Hankins 1985 für CR 39

von American Acrylics eine vergleichbare Energieabhängigkeit. Unterhalb einer Energie von 500 keV war das Ansprechvermögen jedoch um einen Faktor 3 höher.

Unsere Ergebnisse zeigen erstmalig, daß verschiedene CR 39 - Materialien unter gleichen Ätzbedingungen Unterschiede im Ansprechvermögen und in der Energieabhängigkeit haben. Es ist bekannt, daß geringfügige fertigungsbedingte Zusätze im CR 39 - Material den zum Teilchennachweis erforderlichen kritischen Winkel verändern. Es ist daher anzunehmen, daß Unterschiede in den Aktivatorzusätzen für die dargestellte Erhöhung des Ansprechvermögens verantwortlich sind. Das unterschiedliche Ansprechvermögen in den CR 39 - Materialien von American Acrylics verdeutlicht, daß der Hersteller unterschiedliche Materialzusätze verwendet. Eine entsprechende Kennzeichnung des Materials durch den Hersteller wäre wünschenswert.

Der Verzicht auf eine Vorätzung erhöht den Untergrundspurenanteil und dessen Standardabweichung um etwa den Faktor 2. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, daß bei entsprechender Radiator-Detektor-Kombination ein energieunabhängiger Neutronennachweis im Energiebereich 0,1 bis 10 MeV möglich ist. Die zur Zeit angebotenen CR 39 - Materialien sind jedoch für eine praktische Anwendung in der Personenüberwachung hinsichtlich Materialzusammensetzung, Gleichmäßigkeit der Materialchargen und eines kleinen Untergrund-Spurenanteiles von unzureichender Qualität.

6.3.4 Relatives Neutronen-Ansprechvermögen verschiedener Anordnungen von Makrofol-Kernspurdetektoren in Kontakt mit $B(n,\alpha)$ -Konvertern natürlichen und angereicherten B-10 Gehalts

B. Burgkhardt, E. Piesch

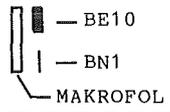
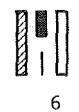
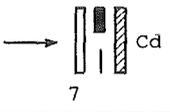
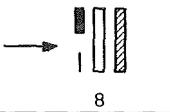
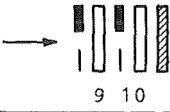
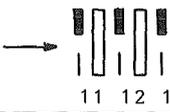
Polykarbonatfolie (Makrofol) in Kontakt mit borhaltigen (n,α) -Konvertern werden als Detektoren für thermische Neutronen u.a. in Albedodosimetern und in passiven Neutronen-Ortsdosimetern verwendet.

Die im Bor-Konverter durch Neutroneneinfang erzeugten α -Teilchen der Energie 1,47 MeV werden mit Kernspurätzmethoden im Makrofoldetektor nachgewiesen. Wir verwenden kommerzielle Kodak-Konverter mit natürlichem Bor (Type BN 1 mit ca. 18 % B-10) und angereichertem Bor (Type BE 10 mit 90 % B-10). Das Isotopenverhältnis läßt für den BE 10-Konverter gegenüber dem BN 1-Konverter ein 5 mal höheres Ansprechvermögen erwarten und ermöglicht bei gleichzeitigem Einsatz beider Detektoren eine entsprechende Meßbereichserweiterung.

Kalibrierungen der Konverteranordnungen in einer 30 cm Polyäthylenkugel ergaben jedoch ein Verhältnis des Ansprechvermögens von nur 1,79 (Tab. 6.5 Makrofol Nr. 1). Werden aus Redundanzgründen Konverter und Detektor zweifach verwendet (Makrofol Nr. 2,3), erniedrigt sich das Verhältnis sogar auf 1,55. Befinden sich die Detektoren (Makrofol Nr. 4,5) jedoch auf der Neutroneneinfall-Seite, dann erhöht sich der Wert wieder auf 1,73.

Zur näheren Untersuchung der Ansprechvermögen von BN 1 - und BE 10 - Konvertern werden Sandwich-Anordnungen von bis zu 3 Konvertern mit Detektoren vor einer Cd-Abdeckung zur Abschirmung rückseitig einfallender Neutronen bestrahlt. Jeder zusätzliche BN 1 - Konverter zwischen Neutronenquelle und den Detektoren vor dem Cadmium verringert dessen Anzeige um 18 % (Makrofol Nr. 8,10,13 im Vergleich zu Nr. 7). Der BE 10 - Konverter hingegen zeigt entsprechende Werte zwischen 17 % und 48 %. Dies deutet auf Inhomogenitäten der etwa 30 μ m dicken B 10 - Beschichtung hin, die auch bestätigt werden durch die Standardabweichungen des individuellen Ansprechvermögens für die BN 1 - und BE 10 - Konverter von < 5 % bzw. 10 % (3).

Das Verhältnis der Ansprechvermögen der BE 10 - und BN 1 - Konverter erhöht sich bei Freiluft-Bestrahlung auf 2,8, wenn durch das rückseitige Cd-Filter die unterschiedliche Absorption der rückwärtig einfallenden thermischen Neutronen im Konverter entfällt (Makrofol Nr. 7). Bei Bestrahlung in der 30 cm Kugel führt ein entsprechendes Cd-Filter zu einem Verhältnis des Ansprechvermögens von 4,0 (Makrofol Nr. 6). Dieser Wert liegt wahrscheinlich wegen der besseren

Detektor-Konverter Anordnung	Detektor Nummer	Relatives Neutronen-Ansprechvermögen		
		BE 10	BN 1	BE 10/BN 1
Isotroper Strahleneinfall				
	1	1 ¹⁾	1 ¹⁾	1,79
	2,3	0,76	0,78	1,55
	4,5	0,68	0,79	1,73
	6	0,47	0,117	4,0
Gewichteter Strahleneinfall				
	7	1 ²⁾	1 ²⁾	2,8
	8	0,515	0,82	1,76
	9 10	0,48 0,43	0,73 0,69	1,84 1,77
	11 12 13	0,47 0,42 0,25	0,73 0,715 0,58	1,81 1,65 1,22

¹⁾ Referenzwert für Normierung, isotrope Bestrahlung der Detektoren im Zentrum einer 30 cm Polyäthylenkugel im Quellenabstand von 1,25 m Höhe über Boden

²⁾ Referenzwert für Normierung, Freiluft-Bestrahlung der Detektoren in 50 cm Abstand mit einer Cf-252-Quelle in einem Plexiglaszylinder von 5 cm Wandstärke

Tab. 6/5: Relatives Ansprechvermögen verschiedener Radiator-Detektor-Kombinationen für isotropen und gewichteten Strahleneinfall

Thermalisierung der Cf-252-Neutronen in der Kugel dem theoretisch zu erwartenden Wert von 5 bereits nahe.

Die Verwendung eines BE 10- anstelle eines BN 1 - Konverters in der 30 cm Polyäthylenkugel verbessert das Ansprechvermögen um einen Faktor 1,79, zwei BN 1 - Konverter wegen der gegenseitigen Störung von 1,58 (2x0,79, Makrofol Nr. 4,5) und zwei BE 10 - Konverter um 2,35 (2x1,73x0,68). Die Verbesserung des Neutronen-Ansprechvermögens von bestenfalls 79 % im Makrofol wird mit einem höheren Anschaffungspreis und einer Erhöhung der Standardabweichung des individuellen Ansprechvermögens erkaufte. Der Einsatz von BE 10 - Konvertern im Albedodosimeter verbessert hingegen

das Neutronen-Ansprechvermögen um den Faktor 2,8, was zu einer wesentlichen Verringerung der statistischen Meßunsicherheit führt.

6.4 Strahlenexposition durch Radonzerfallsprodukte

6.4.1 Untersuchungen zur Wirksamkeit baulicher Maßnahmen zur Reduzierung der natürlichen Strahlenexposition in Häusern

L. Leidner

Verschiedene Quellen sind für die Radonkonzentration in Häusern verantwortlich. Radon entsteht in Baumaterialien, im Erdboden sowie teilweise in Leitungswasser und Erdgas.

Die Radonkonzentration in Wohnhäusern hängt nicht nur ab vom Gehalt der Umgebung an der Muttersubstanz Radium, sondern ebenso von Faktoren, die den Radontransport in die Raumluft eines Hauses beeinflussen (z.B. die Porosität von Materialien). Klimatische Faktoren wie Wind, Regen und Temperatur wirken auf die Radonkonzentration ein. Einen entscheidenden Einfluß stellt die Luftaustauschrate in Wohnräumen dar. Da die Konzentrationen im Freien fast immer deutlich niedriger sind als im Innern von Häusern, senkt ein hoher Luftaustausch den Radongehalt der Raumluft. Die Luftaustauschrate hängt neben der Hausbauweise in starkem Maße von den Lebensgewohnheiten der Hausbewohner ab.

Es war im Rahmen dieses Vorhabens nicht möglich, durch gezielte bauliche Veränderungen an Häusern die Einflüsse einzelner Parameter auf die Höhe der Radonkonzentration zu untersuchen. Vielmehr sollte durch eine Reihe von Messungen in benachbarten Häusern unterschiedlicher Bauweise und in Häusern auf unterschiedlichem geologischen Untergrund versucht werden, den spezifischen Einfluß herauszufinden. Bei benachbarten Häusern kann davon ausgegangen werden, daß kaum geologische und keine klimatischen Unterschiede auftreten und damit der Einfluß dieser Faktoren eliminiert ist.

Als Meßverfahren wurden passive integrierende Radondosimeter eingesetzt. Ein Teil der Dosimeter wurde zusätzlich mit einem Thermolumineszenzdetektor zur Bestimmung der externen γ -Dosis ausgerüstet. Die Expositionszeit betrug in der Regel 3 Monate. Um zusätzlich eine Aussage über die Quellstärke des unmittelbar umgebenden Erdreichs zu machen, wurden bei einigen Häusern Bodenproben auf Ra-226 und Pb-210 untersucht.

Die statistische Auswertung der Daten ist noch nicht abgeschlossen. Als Hauptuntersuchungsgebiete waren die Eifel und die Saar-Nahe-Senke ausgewählt worden. Allgemein wurde festgestellt, daß Häuser, deren geologischer Untergrund aus devonischen Schiefern besteht, niedrigere Rn-Werte und Ra-Konzentrationen im umgebenden Erdreich zeigen als Häuser, die auf vulkanisch geprägtem Untergrund liegen. Hohe Radonkonzentrationen waren hier generell mit hohen Radiumkonzentrationen verknüpft, allerdings in einem weiten Bereich.

Eine Sonderstellung nimmt das Untersuchungsgebiet um Bad Kreuznach ein, da hier uranföhrnde Ganggesteine und Stöcke (Rotliegend-Porphyre) auftreten. In diesen Gesteinen dringen Ra- und Rn-haltige Quellen auf. Höhere mittlere Radonkonzentrationen ($100-150 \text{ Bq m}^{-3}$) wurden auch hier wie schon bei den Radonerhebungsmessungen in der Nähe von geologischen Verwerfungen beobachtet.

Einige Häuser waren mit einem zentralen Lüftungssystem mit Frischluftansaugung aus einem Erdschacht versehen. Dabei waren bei einigen Leichtbau-Fertighäusern in der Zuluft im Vergleich zur Fortluft höhere mittlere Radonkonzentrationen zu beobachten. Die Auswertungen werden Anfang 1986 abgeschlossen.

6.4.2 Untersuchungen zur Auswirkung der Radonemission einer Uranuntersuchungsgrube auf die Umwelt

J. Schmitz, M. Urban, U. Meisch

Die meisten Bergwerke geben über ihre Grubenabwetter Radon an die Umgebungsatmosphäre ab, das über die untertage offengelegten Gesteinsoberflächen in die Grubenluft eintritt und sich je nach Radiumkonzentration des Gesteins und Wettermenge in mehr oder weniger hoher Konzentration anreichert. Eine große Rolle für die Radonexhalation spielen auch die Grubenwässer, die das Radon in hoher Konzentration lösen können und unter turbulenten Strömungsbedingungen wieder abgeben. Besondere Bedeutung hat die Radonkonzentration in den Grubenwettern im Hinblick auf die Lungenexposition der Beschäftigten.

Die Zielsetzung eines mehrjährigen vom BMI geförderten Forschungsvorhabens ist daher, mehr über das Verhalten des Radons im Grubengebäude und seine Dispersion in der Umgebung zu erfahren, die damit verbundenen meßtechnischen Methoden weiter zu entwickeln und den spezifischen Anforderungen anzupassen. Als Versuchsfeld steht dafür die Uranexplorationsgrube Krunkelbach im Schwarzwald zur Verfügung. Die Grube besitzt eine Radonemission, die mit der sommerlichen Exhalation einer etwa 1 km² Gesteinshalde aus Bärhaldegranit vergleichbar ist. Sie hat gegenüber diffusen natürlichen Radonanomalien jedoch den Vorteil, den Untersuchungen als definierter Quellterm zu dienen.

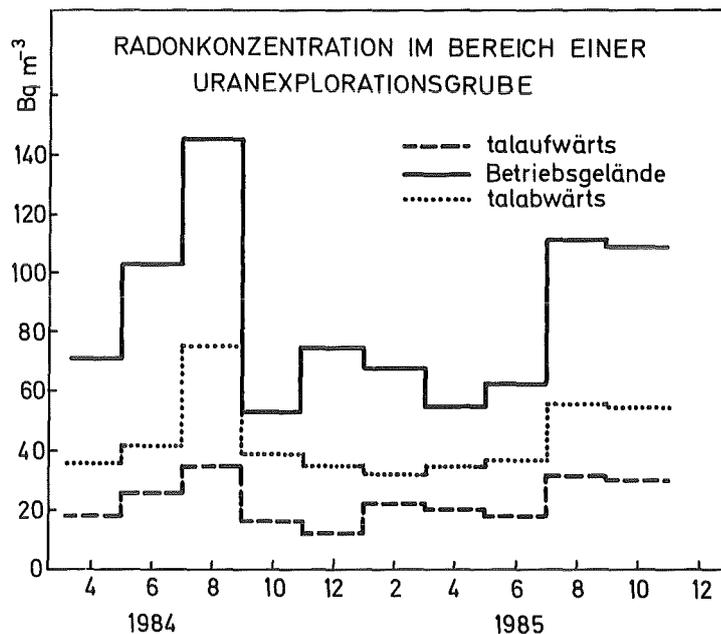


Abb. 6/14: Zeitliche Schwankung der mittleren Radonkonzentration in der Umgebung einer Uranexplorationsmine

Seit 1984 werden in der Umgebung der Versuchsgrube mit den von HS/D entwickelten passiven Diffusionskammern regelmäßig die integralen Radonkonzentrationen im Abstand von zwei Monaten bestimmt. Abb. 6.14 zeigt die Ergebnisse von 1984 und 1985, wobei die untere Kurve die Meßergebnisse von den Meßpunkten talaufwärts darstellt und deutlich die jahreszeitlichen, von der Grube unbeeinflussten Radonschwankungen ausweist. Auf dem Grubengelände (obere Kurve) macht sich besonders die zusätzliche Exhalation aus der Nebengesteinshalde im Spätsommer bemerkbar, während die Winter- und Frühjahrswerte dem Abwetterstrom zuzuordnen sind. Die talabwärts in der Hauptwindrichtung liegenden Meßpunkte erreichen in dieser Zeit nach wenigen hundert Metern bereits jährliche Mittelwerte von ca. 40 Bq m⁻³ wie sie in Bereichen granitischer Böden, z.B. in der Oberpfalz gefunden werden. Seit Mitte 1985 wurden quer zum Tal und damit in der bevorzugten

Abzugsrichtung insgesamt 5 Trassen mit Dosimetern gelegt, um ein zweidimensionales Bild von den Ausbreitungsvorgängen zu erhalten. Hier liegen erst einige wenige Ergebnisse vor, die zu einer Interpretation noch nicht ausreichen. Gestützt werden diese Radonmeßwerte von Pb-210-Analysen in Fichtennadeln, die entlang der 5 Trassen genommen werden und ein Bild von der Aerosoldeposition geben sollen. Naturgemäß zeigten die ersten Pflanzenproben auf dem Betriebsgelände die höchsten Werte, jedoch muß einigen Hochwerten von Probenahmestellen, die nicht in räumlichem Zusammenhang mit der Grube stehen, noch gesondert nachgegangen werden. Hierbei soll die Korrelationsanalyse mit Ra-226-Werten und inaktiven Bleiwerten eine Unterscheidungshilfe zur Frage der Staub- bzw. Aerosoldeposition geben.

Parallel zu den Untersuchungen im Bereich der Versuchsgrube laufen entsprechende Messungen in Zusammenarbeit mit dem CEA in der Umgebung einer großen Urangrube mit Erzaufbereitung in Frankreich. Dort liegt die gesamte Radonemission um Größenordnungen höher, ist aber auf eine ganze Reihe unterschiedlicher Emittenten verteilt. Es wird erwartet, daß die praktisch flächendeckende integrierende Radondosimetrie genauere Ausbreitungsrechnungen zuläßt, als sie bisher mit den Daten der wenigen aktiven Einzelstationen zu erreichen sind.

6.4.3 Vergleich der Radon-Personendosimeter von CEA und KfK im Routinebetrieb eines Uranexplorationsbergwerkes

M. Urban, J. Schmitz, U. Meisch

Es gibt zur Bestimmung der individuellen Strahlenbelastung im wesentlichen zwei Vorgehensweisen, die sich vom Prinzip her unterscheiden: Die oft einzig praktizierte ist die wiederholte, z.B. arbeitstäglich durchgeführte Messung der momentanen Konzentration von Radon, Thoron und deren kurzlebigen Zerfallsprodukten am Arbeitsplatz. Die Dosis für die dort Arbeitenden wird aus diesen momentanen Konzentrationen und der Arbeitszeit ermittelt. Nicht erfaßt werden kann dabei die zeitliche Änderung der Radonkonzentration und ein Wechsel des Arbeitsplatzes. Diese Bestimmungsmethode ermöglicht entweder nur eine grobe Abschätzung der Dosis oder ist mit einem erheblichen Aufwand zur Durchführung der Messungen verbunden. Eine Verbesserung wäre hier die Verwendung von ortsfesten Meßgeräten, z.B. Dosimetern. Dabei werden zwar die örtlichen Änderungen der Konzentration berücksichtigt, eine genaue Zeiterfassung ist in der Praxis jedoch nach wie vor schwierig durchzuführen.

Die zweite und bessere Möglichkeit, die diese Nachteile nicht mit sich bringt, ist die Verwendung von Personendosimetern. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens im Auftrag des Bundesministers des Innern wurden 10 Arbeiter eines Uranexplorationsbergwerkes mit den Radonpersonendosimetern von CEA bzw. KfK ausgestattet (Abb. 6/15). Beide Dosimeter arbeiten prinzipiell unterschiedlich. Im CEA-Dosimeter (Abb. 6/15 a) werden mit Hilfe einer Pumpe Radonzerfallsprodukte auf einem Filter abgeschieden. Dem Filter gegenüber ist ein Cellulosenitrat-Kernspurdetektor angeordnet. Über Kollimatoren mit unterschiedlichen Absorbern werden α -Zerfälle vom Filter mit Energien von 6,0 MeV, 7,7 MeV bzw. 8,8 MeV gemessen. Der Luftdurchsatz des batteriebetriebenen Dosimeters schwankt je nach Belegung des Filters und wird deshalb wiederholt gemessen. Zur Bestimmung der Exposition durch Radonzerfallsprodukte wird der mittlere Luftdurchsatz verwendet. Das Dosimeter wird am Gürtel getragen.

Das KfK-Personendosimeter (56) ist im Helm mit der Öffnung nach innen integriert. Es arbeitet als Diffusionskammer rein passiv, d.h. ohne Energieversorgung. Es kann je nach Umgebungsbedingungen entweder mit einem Filter verschlossen oder ohne Filter eingesetzt werden, wobei nur das zeitliche Integral der Radonkonzentration gemessen wird bzw. bei offener Kammer das Integral der Zerfallsproduktkonzentration gemessen wird. Zur Bestimmung der externen Strahlung kann es zusätzlich mit mehreren TL-Detektoren ausgestattet werden. Es wird aus elektrisch leitendem Kunststoff hergestellt. Auch der verwendete MAKROFOL-Kernspurdetektor ist mit einer elektrisch leitenden Folie abgedeckt. Damit soll sichergestellt werden, daß keine unterschiedliche Oberflä-

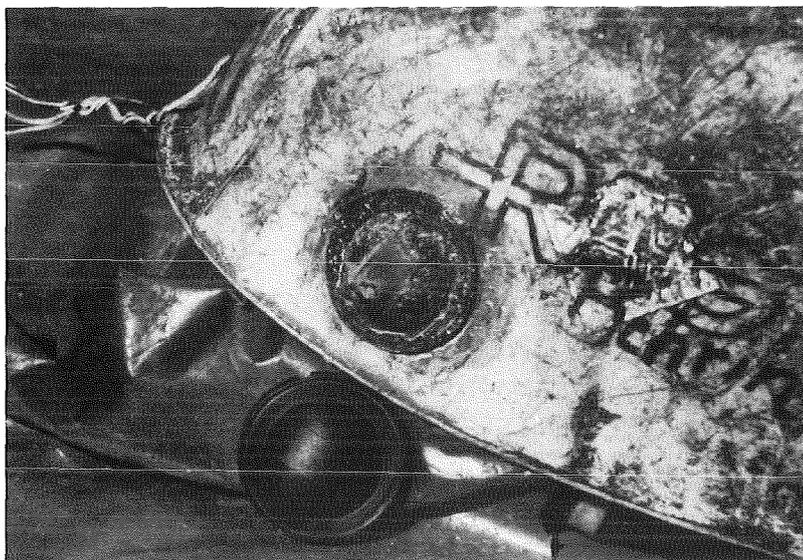
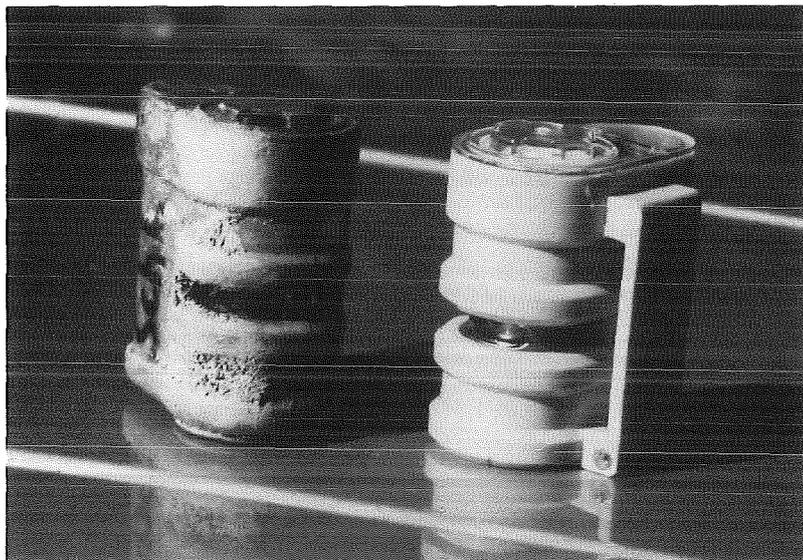


Abb. 6/15: Die Radondosimeter von CEA (a) und KfK (b) jeweils unbenutzt und getragen

chenladung und dadurch inhomogene Aerosolabscheidung im Dosimeter möglich ist.

Die Ergebnisse beider Verfahren sind in Abb. 6/16 gegenübergestellt. Betrachtet man die einzelnen Ergebnisse mit ihren Meßunsicherheiten, dann wird für die Mehrzahl eine gute Übereinstimmung erzielt. Ist der mittels des CEA-Dosimeters ermittelte Meßwert kleiner als der des KfK-Dosimeters, können Fehlmessungen bei der Überprüfung des Luftdurchsatzes nicht konstanter, d.h. abnehmender Luftdurchsatz, ein defektes Filter oder zeitweises Nichttragen des Dosimeters die Ursache sein. Ist der KfK-Meßwert kleiner, so kann eine Ursache dafür, z.B. das Tragen eines anderen, nicht mit einem Dosimeter ausgestatteten Helmes sein. Ein Vergleich beider Verfahren hängt also wesentlich von der Zuverlässigkeit ab, mit der die Dosimeter getragen werden.

Dies wird deutlich bei einem Vergleich der TLD-Ergebnisse aus dem Radondosimeter mit den TLD-Ergebnissen der Dosimeter zur Bestimmung der externen Strahlenbelastung der Arbeiter. In Abb. 6/17 sind die Ergebnisse beider Messungen gegenübergestellt. Aufgrund der teilweisen Abschirmung durch den Körper ist zu erwarten, daß das an der Brust getragene TL-Dosimeter etwas weniger anzeigt als der TL-Detektor im Radondosimeter des Helms. Zeigt der TL-Detektor des

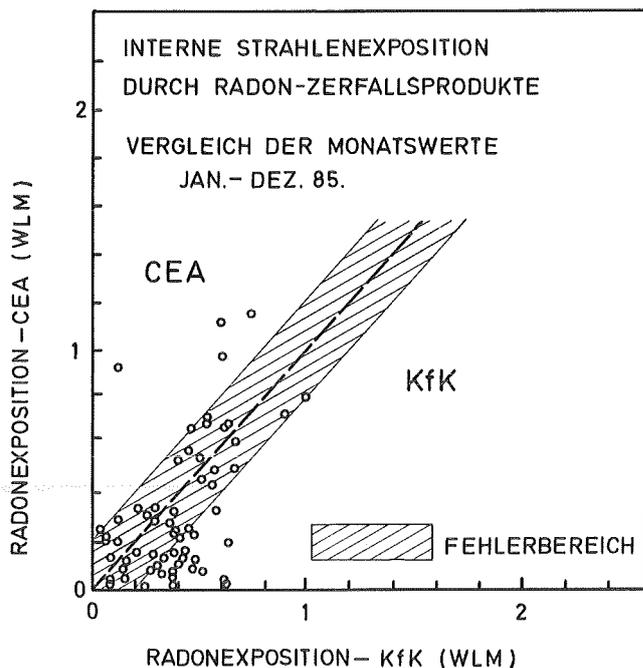


Abb. 6/16: Vergleich der mittels CEA bzw. KfK-Personendosimetern ermittelten Radonzerfallsexpositionen von Arbeitern in einem Uranexplorationsbergwerk

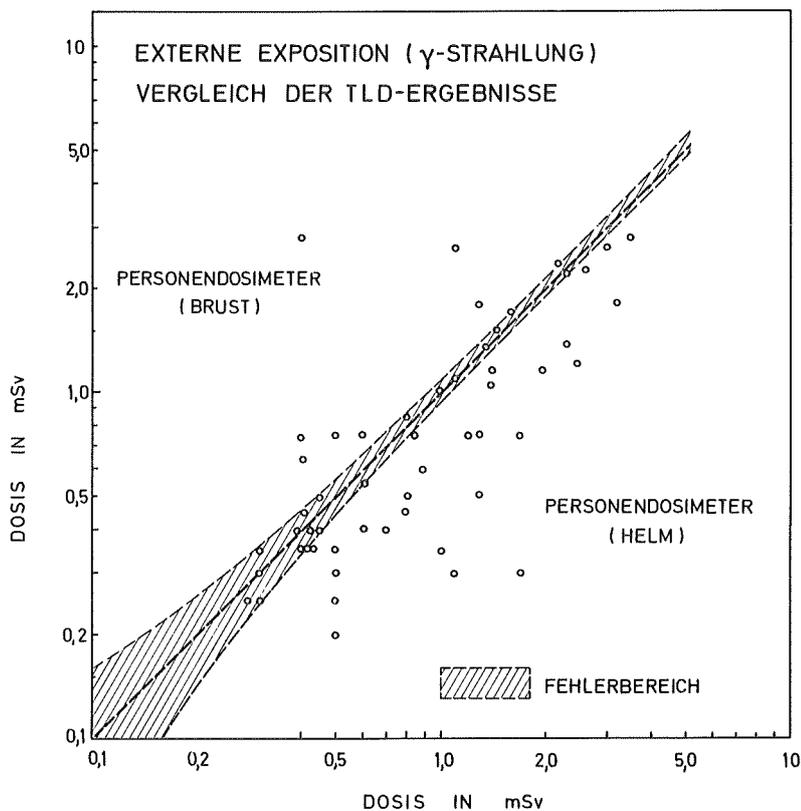


Abb. 6/17: Vergleich der TLD-Ergebnisse des Radondosimeters und des zusammen mit dem amtlichen Dosimeter getragenen TLD-Dosimeters

Helmes weniger an, so deutet dies auf eine geringere Expositionszeit des Helmes hin (d.h. Nicht-tragen). Ein echter Vergleich beider Meßverfahren kann also nur bei Vergleichsmessungen unter reproduzierbaren Bedingungen erfolgen. Um so mehr erstaunt, daß die mit beiden Radonpersonendosimetern bestimmten Jahresmittelwerte nur unwesentlich differieren.

Notwendige Vergleichsmessungen untertage wurden Ende 1985 in einem abgeschotteten Seitenstollen des geowissenschaftlichen Untertage-Observatoriums der Universitäten Karlsruhe und Stuttgart im Nordschwarzwald durchgeführt. Bei routinemäßigen Messungen hat sich gezeigt, daß dieser Bereich, insbesondere durch seine konstante Temperatur, konstant hohe Luftfeuchte (> 95 %) sowie hohe Radonkonzentration ($\sim 80 \text{ kBqm}^{-3}$) hervorragende Bedingungen für einen Meßgerätevergleich bietet. Dabei wurden die Radonkonzentration, die Zerfallsproduktkonzentration, die Temperatur sowie die relative Luftfeuchte kontinuierlich gemessen sowie mehrere Chargen der beiden Dosimetertypen unterschiedlich lange exponiert. Die Auswertung der Ergebnisse zusammen mit CEA ist noch nicht abgeschlossen.

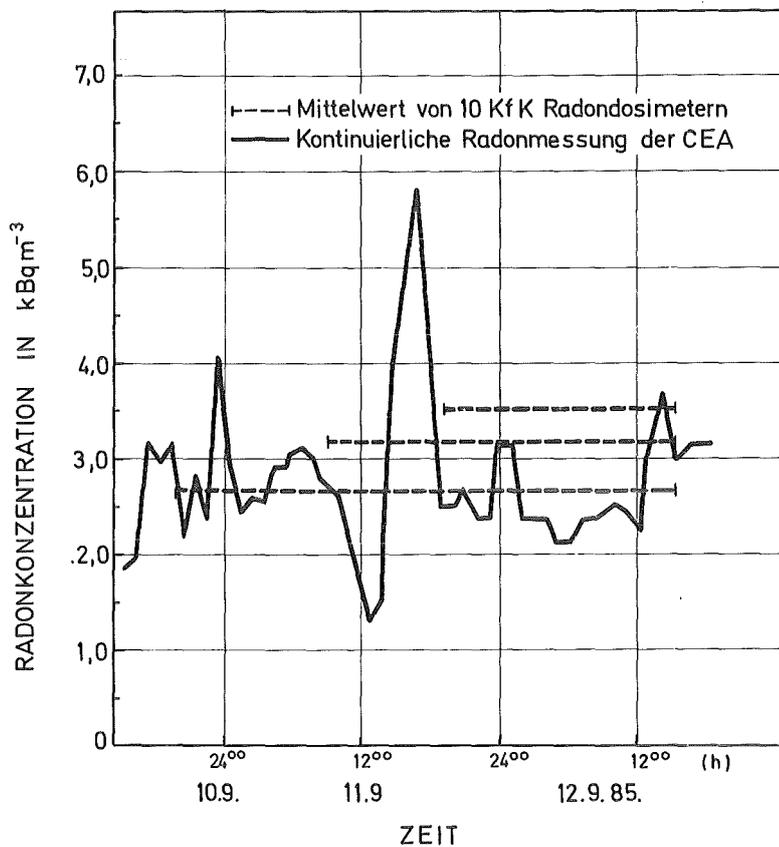


Abb. 6/18: Vergleich von Radonmeßverfahren im Bergbau: Mittelwert der KfK-Personendosimeter im Vergleich mit dem kontinuierlich gemessenen Meßwert

Die KfK-Kalibrierung des Radondosimeters konnte bei einer vom CEA ausgerichteten Vergleichskalibrierung in einer großen französischen Urangrube bestätigt werden. Abb. 6/18 zeigt den mittels einer Ionisationskammer der CEA (Referenzwert) gemessenen kontinuierlichen Verlauf der Radonkonzentration während der Exposition im Vergleich zu dem mit dem KfK-Dosimeter ermittelten mittleren Radonkonzentrationen. Außer CEA und KfK waren noch NRPB, ENEA und das BGA mit verschiedenen integrierenden Meßverfahren beteiligt. Die Ergebnisse stimmten innerhalb 20 % überein.

6.5 Spezielle Untersuchungen

6.5.1 Thermolumineszenzuntersuchungen an geologischen und archäologischen Proben

Th. Reddmann

6.5.1.1 Methodik

Die Untersuchungen von Thermolumineszenzeigenschaften natürlicher Minerale wurde auf Probenmaterial aus archäologischen und geologischen Grabungen ausgedehnt. Sie haben zum Ziel, über die Stärke des natürlichen Thermolumineszenzsignals den Zeitpunkt zu ermitteln, zu dem die TL des Minerals letztmals gelöscht wurde. Jede Art von Keramik und getrennten Materialien mit Einschlüssen von TL-Phosphoren und Sedimenten und "kürzlich" gebildeten Mineralien, wie z.B. Kalksinter sind mit Hilfe der TL entsprechend der "löschen" Ereignisse, wie Erhitzen, UV-Bleichen und Bildung des Kristalls zu datieren. Die hierzu benötigten Schritte sind vereinfacht

- die Aufbereitung der Proben um TL-Mineralen (Quarz, Feldspat, Calcit) aus der Probe in möglichst reiner Form zu extrahieren,
- die Messung der natürlichen TL und die Kalibrierung des Ansprechvermögens (Verhältnis - TL-Signal/Dosis) für das spezielle Mineral, daraus die Bestimmung der natürlichen Dosis D ,
- die Messung der Umgebungsradioaktivität und den Gehalt an natürlichen radioaktiven Anteilen im Material zur Ermittlung der internen Dosisrate \dot{D} .

Daraus ergibt sich das Alter T als D/\dot{D} . Die durchgeführten Arbeiten galten der Weiterentwicklung und Anpassung der Methoden sowie der ersten Anwendungen. Instrumentell wurde das Steuerprogramm für das DAY BREAK-Auswertegerät und das zugehörige Auswerteprogramm näher ausgebaut. Das Auswerteprogramm gestattet nun eine Vielzahl von Operationen in der Art eines Taschenrechners durchzuführen. Dies allerdings mit den gesamten Glowkurven (dazu zählen neben den "Grundrechenarten" Shiften der Kurven, Polynomfit, Glätten der Kurven etc.). Zur Minimierung der Meßzeit wurde ein mit einem TL-Meßplatz kombinierter β -Bestrahlungsautomat für 24 Positionen installiert.

Bei Verwendung von kommerziell hergestellten 10 mm \emptyset Stahlscheiben, auf denen die Proben auf der Heizplatte angeheizt werden, zeigte sich, daß diese den hohen Anforderungen an Planität zur Erzielung eines reproduzierbaren Wärmekontakts nicht genügen. Nach Vorversuchen werden deshalb nach dem Erodierverfahren in der KfK-Hauptwerkstatt hergestellte polierte Edstahlscheiben benutzt. Sie zeigen eine Reproduzierbarkeit der Lage des Glowpeaks von 3 K bei einer Heizrate von 5 K/s und kein Anlaufen bei fünfmaligem Erhitzen.

Arbeiten in der Probenaufbereitung galten den notwendigen Ätzzeiten zur Reduzierung des α -Dosisanteils in der Quarzeinschlusstechnik und dem Einsatz der Schwerentrennung zur Gewinnung einheitlicher Mineralphasen. Mit in Wasser gelöstem Polywolframat (max. Dichte 3,1 g/cm³) konnten recht befriedigende Ergebnisse erhalten werden.

Zur Bestimmung der Dosisrate wurden zum einen Feldmessungen mit Dosisleistungsmeßgeräten oder empfindlichen TLDS' durchgeführt, zum anderen das Matrixmaterial, in das die Kristalle eingeschlossen sind analytisch mit Flammenphotometrie (K-40), γ - und α -Spektroskopie sowie α -Bruttomessung (U/Th) untersucht. Obwohl für U/Th wegen Gleichgewichtsfragen die nuklidspezifischen Methoden vorzuziehen sind, muß wegen der aufwendigen Analysetechnik und dem großen Probenmengenbedarf im allgemeinen auf die α -Bruttomessung zurückgegriffen werden. Versuche mit Großflächenproportionalzählern von 20 cm \emptyset zeigen, daß solange nur jenseits der Sättigungsdicke gearbeitet wird (d.h. Belegung > 10 g möglichst homogen) und bei Gesamtmeßzeiten von 90 min Reproduzierbarkeiten von 5 % erreicht werden. Die sättigungsdicke Messung bedingt eine Kalibrierung über die spezifische Aktivität. Um bei diesem Verfahren von Reichweitenvariation von Probe zu Probe durch unterschiedliche Zusammensetzung unabhängig zu sein, wird jede Probe durch

Beimischung eines U/Th-Gemisches für sich kalibriert. Ein Vergleich der verschiedenen Meßmethoden wurde im Hinblick auf in der Literatur berichtetes Overcounting bei direkter α -Zählung mit Szintillatoren begonnen. Kernspurdetektoren können ebenfalls für α -Zählung eingesetzt werden. Der Vergleich von Makrofol und CR 39 zeigt, daß CR 39 konventionell geätzt für U/Th-sättigungsdicke Schicht doppelt so empfindlich wie elektrochemisch geätztes Makrofol ist. Zudem läßt sich CR 39 auch großflächig ätzen (Variationskoeffizient $< 5\%$ über 15 cm) und läßt damit auch eine Bestimmung der Homogenität der U/Th-Konzentration zu.

6.5.1.2 Anwendungen

In Zusammenarbeit mit dem Landesdenkmalamt Baden-Württemberg wurden Travertine, das sind Calcitablagerungen von Sauerwässern, aus Steinbrüchen bei Bad Cannstatt untersucht, wo in bestimmten Schichten Zeugnisse des Frühmenschen (Alter um 200 ka) gefunden wurden. Die TL-Untersuchungen galten zunächst der Reproduzierbarkeit des TL-Signals des Calcits, der mit starkem Störsignal besonders empfindlich auf Reste von O_2 in der Ofenatmosphäre reagiert und dessen Glowkurve durch die geringe Empfindlichkeit des Materials schon durch geringe Beimischungen von Quarz und Feldspat überlagert werden kann. Es zeigte sich, daß das Travertinmaterial nach sorgfältiger Reinigung von Störphosphoren mit Hilfe der Schwerentrennung für die Datierung offensichtlich geeignet ist. Mit den bisher vorliegenden Daten wird ein Alter von etwa 250 - 300 ka abgeschätzt; eine exakte Datierung erfordert aber eine gleichzeitige Messung der U/Th-Isotope im Schichtenprofil. Diese Messungen sind momentan in Arbeit.

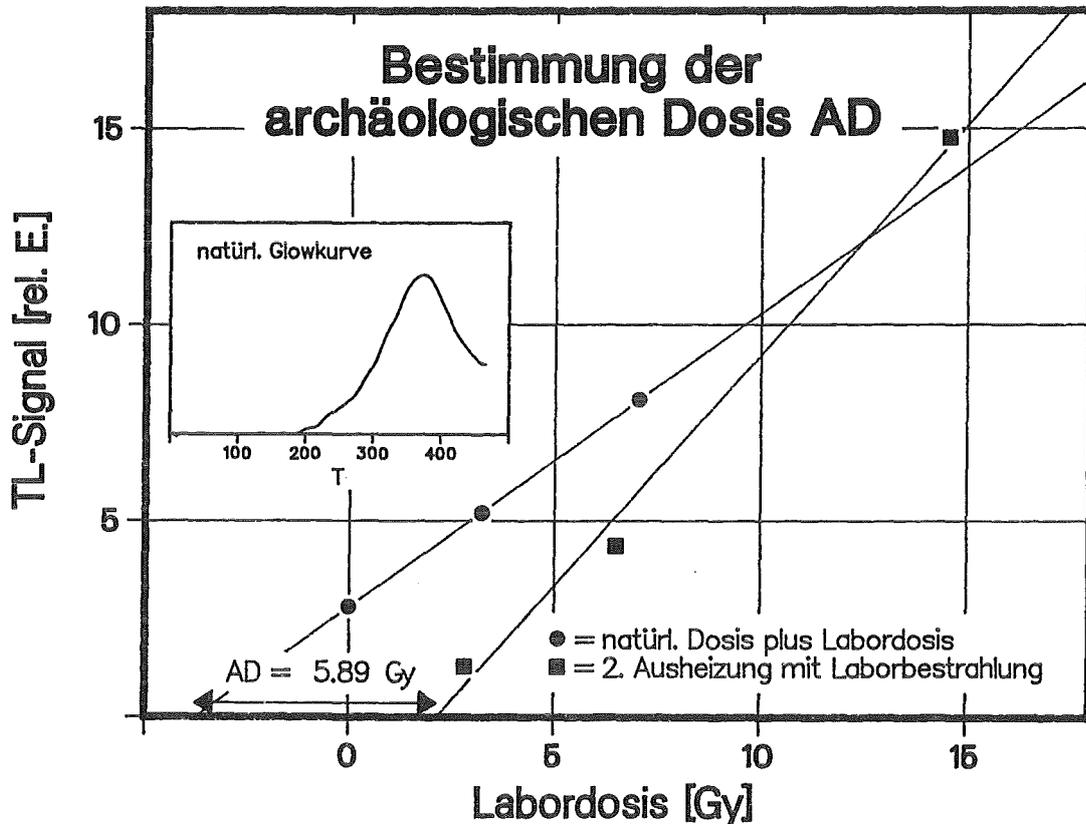


Abb. 6/19: Bestimmung der archäologischen Dosis einer römischen Keramik (Fundort Pforzheim) mittels Quarzeinschlußtechnik. Die Dosis von 5.89 Gy führt auf ein Alter von 1 840 a (150 n. Chr.)

Ebenfalls an Calcit wurden Untersuchungen an einem etwa 9 000 a alten Terrazzoboden aus Südostanatolien von einer Grabung des Instituts für Baugeschichte an der Universität Karlsruhe durchgeführt. Ziel war hier nicht die Datierung, sondern die Suche nach Hinweisen auf gebrannten Kalk, der aus bauphysikalischen Gründen zur Herstellung des Bodens verwandt worden sein muß. Gebrannter Kalk wurde bisher jedoch in diesem Raum erst 4 000 a später nachgewiesen. Neben TL-Untersuchungen wurden hier auch Spurenelementuntersuchungen mit der ICP-AES-Methode (HS/R) von verschiedenen Bestandteilen des Bodens (Einschlüsse und Bindemittel) und eine Guinier-Analyse des Bindemittels durchgeführt. Die verschiedenen Methoden ergeben zusammen, daß für das Bindemittel auch Fremdmaterial benutzt wurde, das nicht in Einschlüssen im Fußboden vorliegt, und falls gebrannter Kalk verwandt wurde, sein Anteil am Bindemittel unter ca. 10 % liegt. Einige wenige aus dem Bindemittel herauslösbare Kalk-Einschlüsse zeigen nach künstlicher Bestrahlung ein Glowmaximum bei 300 °C, das nicht in der natürlichen Glowkurve auftritt. Dies kann durch ein Erhitzen des Materials auf 200 - 300 °C verursacht worden sein und als Hinweis auf Kalkbrennen gedeutet werden.

Daneben wurden römische und mittelalterliche Fundstücke datiert oder auf Echtheit geprüft. Die Abb. 6/19 zeigt eine Zusammenstellung einer Glowkurve und Dosiswachstumskurven einer römischen Probe. Die archäologische Dosis der Probe ergibt sich aus dem Abstand der beiden Nullstellen der Regressionsgeraden, das Alter der Probe aus der Dosis und der für diese Probe bestimmten natürlichen Dosisleistung.

6.5.2 Messung geringer Neutronendosen im Bereich der natürlichen Backgroundstrahlung

B. Burgkhardt, E. Piesch, M. Urban

Zur langzeitigen Messung kleiner Neutronendosen innerhalb der Umgebungs- und Anlagenüberwachung wird bei HS/D ein passives Neutronendosimetersystem eingesetzt, das die Möglichkeit bietet, verschiedene Kombinationen von Kernspurdetektoren und Thermolumineszenzdetektoren im Zentrum einer Polyäthylenkugel von 30 cm Durchmesser zu verwenden. Eingesetzt werden Polykarbonat-Kernspurdetektoren in Kontakt mit borhaltigen (n,α)-Radiatoren und Thermolumineszenzdetektorpaare aus TLD600 und TLD700. Zur Verbesserung der unteren Nachweisgrenze wurde der Kernspurdetektor in drei Teilflächen aufgeteilt. Außer den bisher eingesetzten BN1-Radiatoren mit Bor in natürlicher Zusammensetzung werden auch BE10-Radiatoren mit angereichertem B-10 verwendet und ein nicht abgedeckter Teil der Detektorfläche zur Bestimmung der Nullanzeige herangezogen. Nach elektrochemischer Ätzung der Kernspurdetektoren kann die Auszählung der Kernspuren jetzt in einer Gesamtfläche von 6,9 cm² erfolgen (3).

Mit der verbesserten Kernspurdetektorkombination können Neutronendosen im Dosisbereich 2 µSv - 1 mSv gemessen werden. Für zwei Kernspurdetektoren im Moderator erhält man für Cf-252-Neutronen ein Neutronen-Ansprechvermögen von 4,23 Spuren/cm²·µSv für BE10 und 2,43 Spuren/cm² µSv für BN1. Die relative empirische Standardabweichung für die Messung der Neutronen-Äquivalentdosis ist in Abb. 6/20 für unterschiedliche Radiatorkombinationen und eine Auszählung der Kernspuren in unterschiedlichen Detektorflächen in Abhängigkeit von der Neutronen-Äquivalentdosis wiedergegeben. Bei Auszählung der gesamten Detektorfläche und Subtraktion der Untergrundspuren werden 10 µSv mit einer Meßunsicherheit von ± 10 % bestimmt.

Das passive Neutronendosimeter wird zur Ermittlung der Personendosis am Arbeitsplatz dann eingesetzt, wenn bei kurzzeitigen Messungen die untere Nachweisgrenze von Personendosimetern und Dosisleistungsmeßgeräten nicht überschritten wird. Dies trifft insbesondere für folgende Anwendungen zu:

- Langzeitiger Einsatz zur Umgebungsüberwachung an Beschleunigern und kerntechnischen Anlagen, wo zeitlich veränderliche Neutronenstrahlungsfelder geringer Intensität einen zusätzlichen

Beitrag zur natürlichen Neutronenuntergrundstrahlung bewirken können.

- Kurzzeitiger Einsatz zur Arbeitsplatzüberwachung insbesondere bei besonderen Arbeitsvorgängen, wenn eine kurzzeitige Erhöhung der Neutronen-Äquivalentdosisleistung zwischen 0,1 und 100 $\mu\text{Sv/h}$ zu erwarten ist.
- Messung der Neutronen-Äquivalentdosis in Streustrahlungsfeldern, wenn der Dosisanteil durch Gammastrahlung überwiegt und Thermolumineszenzdetektoren nicht einsetzbar sind.

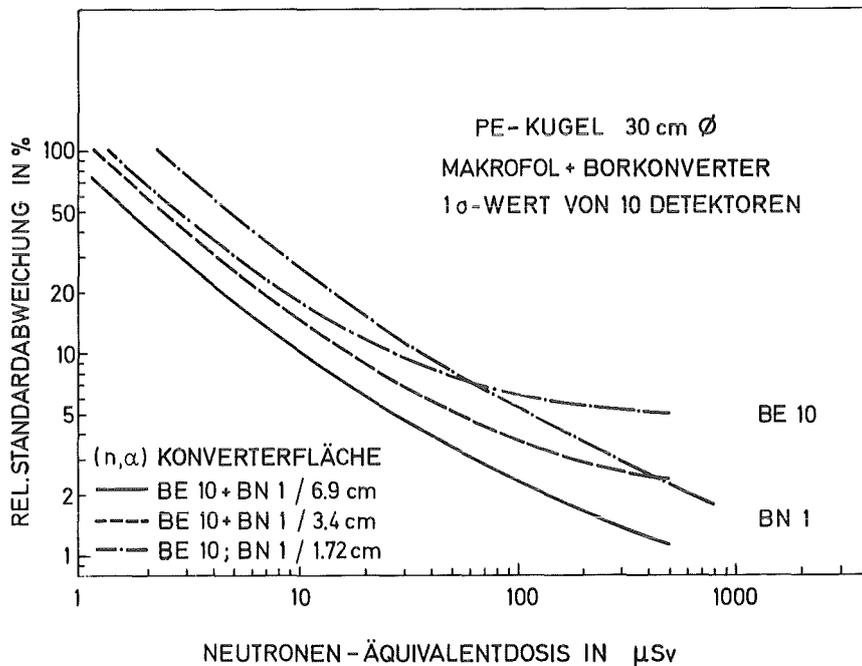


Abb. 6/20: Relative empirische Standardabweichung von Kernspurdetektoren im Zentrum einer Polyäthylenkugel von 30 cm Durchmesser in Abhängigkeit von der Neutronen-Äquivalentdosis

Tab. 6/6 zeigt typische Anwendungsbeispiele für eine Neutronendosismessung in der Umgebung sowie am Arbeitsplatz. Die langzeitige Messung des natürlichen Backgrounds ergab in Übereinstimmung zu PTB-Messungen mit einem Aktivdetektor eine Anzeige, die einer Neutronendosis von etwa 60 μSv pro Jahr entspricht. Wegen der Höhenabhängigkeit der kosmischen Strahlungskomponente und der durch sie erzeugten Neutronenstrahlung wurden in Meereshöhe 55 $\mu\text{Sv/a}$ (Insel Helgoland) und in 924 m Höhe 72 $\mu\text{Sv/a}$ (Hundseck, Schwarzwald) gemessen. Innerhalb der Umgebungsüberwachung bleibt diese Backgroundanzeige unberücksichtigt.

Als Beispiel für eine Arbeitsplatzüberwachung zeigt Tab. 6/6 die Ergebnisse eines kurzzeitigen Einsatzes des passiven Neutronendosisimeters beim Beladen eines Kernkraftreaktors mit Cf-252-Neutronenquellen sowie bei Arbeiten an einer Glovebox mit spaltbarem Material, wo bei einmaligem Arbeitseinsatz die Neutronen-Äquivalentdosis bis zu 50 μSv betragen kann. Langzeitige Expositionen an Arbeitsplätzen in einem Krankenhaus (medizinischer Linearbeschleuniger) und an einem Zyklotron sowie in unmittelbarer Nähe von Transportbehältern mit abgebrannten Brennelementen ergaben, umgerechnet auf eine Expositionszeit von 1 Monat, Neutronenortsdosen zwischen 20 μSv und 150 μSv .

ORT	BESTRAHLUNGS- DAUER	NEUTRONENÄQUIVALENT- DOSIS H_N (μSv) $\pm 1\sigma\%$
KERNKRAFTWERK		
Einfahren der Cf-252 Quelle	Minuten	52 \pm 5 29 \pm 7
WIEDERAUFARBEITUNG		
an Glovebox	Stunden	25 \pm 7,5 19 \pm 9,0
ZYKLOTRON		
innerhalb/ außerhalb Gebäude	Wochen	81 \pm 3,8 43 \pm 5,8
MEDIZ. LINEAR- BESCHLEUNIGER		
außerhalb Abschirmung 18 MeV Mevatron	1,5 Monate	24 \pm 7,5
BRENNELEMENT- TRANSPORTBEHÄLTER		
Lagerung von abgebrannten Brennelementen	6 Monate	110 \pm 8 810 \pm 2
NATÜRLICHER NEUTRONENBACKGROUND		
	2 Monate	60 $\mu\text{Sv/a}$ \pm 9,5

Tab. 6/6: Messung kleiner Neutronenpegel mit borhaltigen Kernspurdetektoren in einer Polyäthylen-Kugel von 30 cm ϕ

6.5.3 Beta-Äquivalentdosisverteilung im Strahlungsfeld von Uranoxid-Pellets

E. Piesch, B. Burgkhardt

Bei der Arbeitsplatzüberwachung innerhalb des Brennstoffkreislaufes sind im allgemeinen nur Strahlungsexpositionen durch Gammastrahlung von Bedeutung. Bei der Fertigung von Uranoxid-Pellets für einen Einsatz in Reaktorbrennelementen ist hingegen ein hochenergetischer Beta-Strahlungsanteil dominierend, der vorwiegend von den U-238-Töchtern Th-234 und Pa-234m herrührt. Im vorliegenden Fall ist die Exposition der Haut, der Augenlinse sowie des Ganzkörpers von besonderem Interesse, die durch entsprechende Messung der Äquivalentdosis in einer Gewebetiefe von 0,07 mm, 3mm und 10 mm ermittelt werden können.

Die Ausmessung des Beta-Strahlungsfeldes, die in Zusammenarbeit mit der NUKEM GmbH durchgeführt wurde, erfolgte mit Thermolumineszenzdetektoren, die hinter unterschiedlich dicken Abdeckungen in verschiedenen Abständen von einer Uranoxid-Pellet-Anordnung (Größe 30x30cm²) exponiert wurden (29). Der Einsatz unterschiedlich dicker LiF-Detektoren zur Ermittlung der Beta-Tiefendosisverteilung in Abb. 6/21 zeigt, daß hier auch relativ dicke Detektoren zur Messung der Hautdosis eingesetzt werden können. Zu diesem Zweck wurde die halbe Detektordicke, die der Quelle zugewandt ist, zur effektiven flächenbezogenen Masse der Detektorabdeckung hinzugerechnet.

Zur Bestimmung der Äquivalentdosis in den interessierenden Gewebetiefen wurden TLD700-Detektoren in verschiedenen Abständen von der Uranoxid-Pellet-Anordnung exponiert. Abb. 6/22 zeigt die entsprechenden Äquivalentdosen in Abhängigkeit vom Quellenabstand. An der Oberfläche beträgt die Äquivalentdosisleistung in 0,07 mm Gewebetiefe 2,7 mSv/h \pm 9%. Im Vergleich dazu

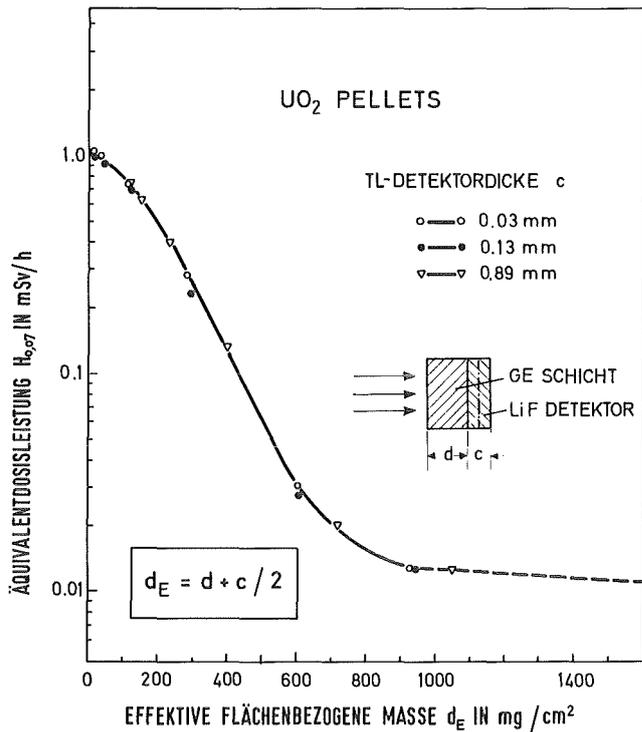


Abb. 6/21: Äquivalentdosisleistung $H_{0,07}$ in 10 cm Abstand von Uranoxid-Pellets in Abhängigkeit von der effektiven flächenbezogenen Masse einer gewebeäquivalenten Detektorabdeckung (GE Schicht)

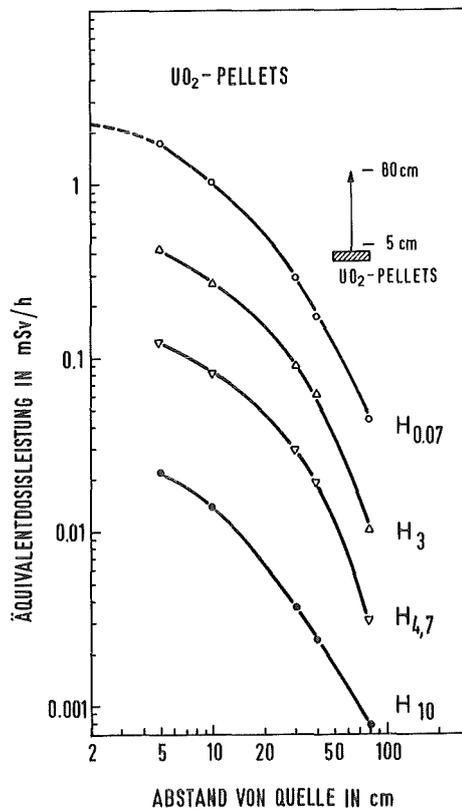


Abb. 6/22: Äquivalentdosisleistung in einer Gewebtiefe von 0,07 mm, 3 mm, 4,7 mm und 10 mm als Funktion des Detektor-Quellen-Abstandes

kann man an der Oberfläche von Gebrauchskeramik mit uranoxidhaltiger Glasur eine Betadosisleistung von 0,3 mSv/h finden. Im Hinblick auf eine Ganzkörperexposition zeigt sich, daß das Äquivalentdoserverhältnis $H_{10}/H_{0,07}$ annähernd unabhängig vom Quellenabstand nur etwa 0,015 beträgt. Die im gleichen Abstand zu erwartende Äquivalentdosis in der Augenlinse beträgt 20 % bis 30 % der Hautdosis. Zur Ermittlung der Äquivalentdosis in den Gonaden ergab sich unter Berücksichtigung des vorliegenden Betaspektrums und der experimentell ermittelten Tiefendosisverteilung in den Gonaden eine effektive Gonadentiefe von 4,7 mm. Dies bedeutet, daß die Äquivalentdosis in 4,7 mm Gewebetiefe mit dem Mittelwert der Äquivalentdosis in den Gonaden übereinstimmt. Die zu erwartende Gonadendosis ist annähernd eine Größenordnung kleiner als die Hautdosis.

Der Vergleich der Betadosisverteilungen in Abb. 6/23 zeigt, daß die von 13 mm dicken Uranoxid-Pellets emittierte Betastrahlung energieärmer ist als Betastrahlung einer Sr-90/Y-90-Quelle. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen zeigen, daß zur Messung der Teilkörperdosis $H_{0,07}$ auch 0,89 mm dicke TLD700-Detektoren eingesetzt werden können, wenn die Detektoranzeige mit einem Kalibrierfaktor $1,47 \pm 6\%$ multipliziert wird. Der Anteil, den die Beta- und Photonenstrahlung in 10 mm Gewebetiefe zur Bewertung der Ganzkörperdosis liefert, beträgt hingegen nur 1,5 % der Beta-Hautdosis.

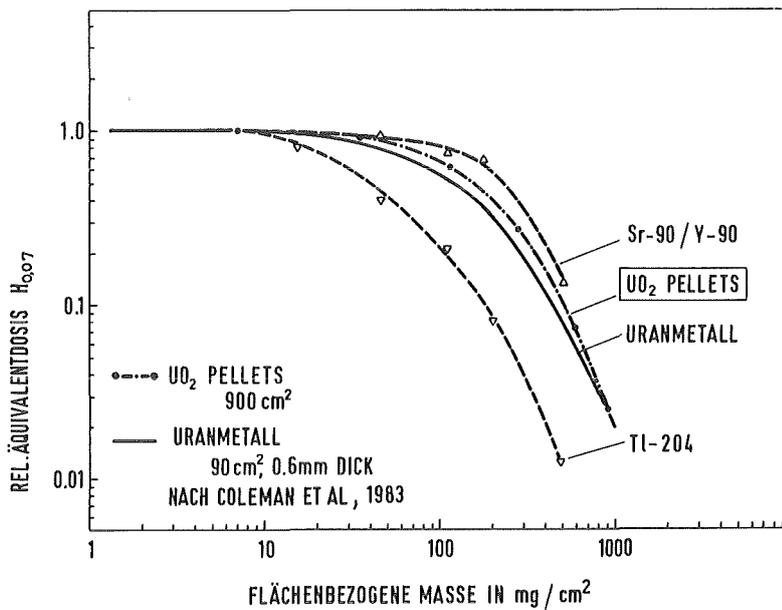


Abb. 6/23: Äquivalentdosisleistung $H_{0,07}$ in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse für verschiedene β -Strahlungsquellen

6.5.4 Untersuchungen der Röntgen-Störstrahlung an Bildschirmgeräten

H. Doerfel, H. Graffunder

In jüngerer Zeit häufen sich Berichte aus den U.S.A. und aus Kanada, nach denen Frauen, die während der Schwangerschaft an Bildschirmarbeitsplätzen beschäftigt waren, mit höherer Wahrscheinlichkeit Fehlgeburten hatten oder mißgebildete Kinder zur Welt brachten als andere berufstätige Frauen. So wird beispielsweise in einer Studie des kanadischen Arbeitsministeriums berichtet, daß im Jahr 1981 sieben von dreizehn schwangeren Bildschirm-Operateurinnen einer kanadischen Fluggesellschaft Fehlgeburten hatten. In diesem und in anderen Fällen wird die Röntgen-Störstrahlung der Bildschirmgeräte zumindest teilweise für die Fehlgeburten und Miß-

bildungen verantwortlich gemacht. Es fehlt jedoch in allen Fällen an konkreten Meßergebnissen, die einen solchen Zusammenhang belegen könnten. Um zu einer Klärung des Sachverhalts beizutragen, wurden die im Vorjahr von HS/D begonnenen Messungen der Bildschirmstrahlung durch weiterführende Untersuchungen ergänzt.

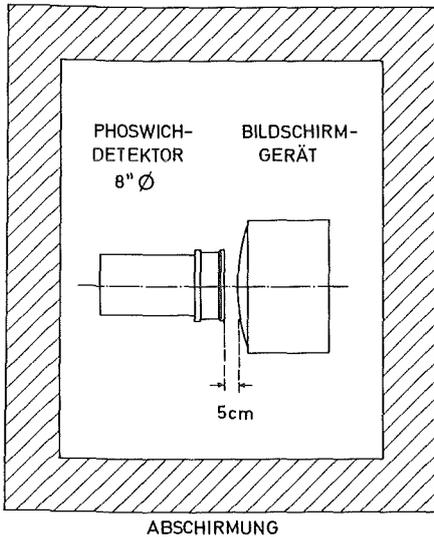


Abb. 6/24: Meßanordnung I

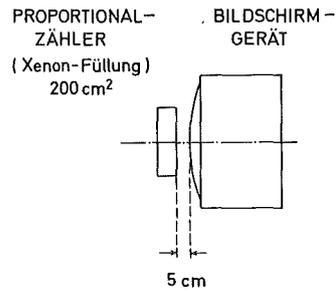


Abb. 6/25: Meßanordnung II

Für die Untersuchungen wurden zwei Meßanordnungen benutzt, die in ihrem Aufwand sehr unterschiedlich sind. Die erste Meßanordnung (Abb. 6/24) besteht im wesentlichen aus einem großflächigen Phoswich-Detektor, der in 5 cm Abstand zentral vor dem Bildschirm des zu untersuchenden Gerätes angeordnet wird. Bei dieser Meßgeometrie können die Meßergebnisse unmittelbar mit dem durch die Röntgen-Verordnung gegebenen Grenzwert verglichen werden. Zur Abschirmung der Umgebungsstrahlung ist die gesamte Meßanordnung in der großen Stahlkammer des Lungenzählers von HS/D untergebracht. Die zweite Meßanordnung (Abb. 6/25) besteht lediglich aus einem xenongefüllten Großflächen-Proportionalzähler, der ohne Abschirmung der Umgebungsstrahlung in der gleichen Meßgeometrie wie der Phoswich-Detektor vor dem zu untersuchenden Bildschirmgerät angeordnet wird. Trotz der sehr unterschiedlichen Meßeigenschaften sind beide Meßanordnungen für die vorliegende Meßaufgabe nahezu gleich gut geeignet. Dies ist auf den folgenden Effekt zurückzuführen:

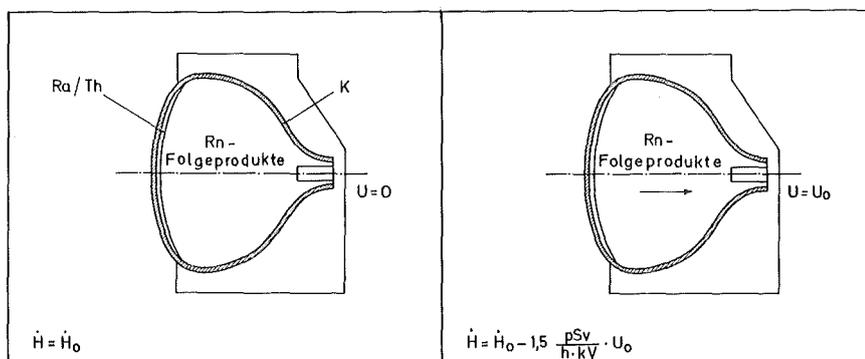


Abb. 6/26: Reduzierung des gerätespezifischen Nulleffekts durch die Drift der Ra-Folgeprodukte im elektrischen Feld der Bildröhre

Die Messungen zeigten, daß alle untersuchten Bildschirmgeräte eine relativ große Eigenaktivität besitzen. Insbesondere zeigte sich, daß der Leuchtstoff an der Bildschirminnenwand relativ viel Radium und Thorium enthält, wodurch im Innern der Bildröhre eine Radon-Atmosphäre erzeugt wird (Abb. 6/26). Da die Folgeprodukte des Radon bzw. des Thoron bei ihrer Entstehung positiv geladen sind, driften sie bei eingeschalteter Hochspannung in Richtung auf die Kathode der Bildröhre. Dadurch entfernt sich der Aktivitätsschwerpunkt der Radon-Folgeprodukte vom Detektor, so daß der Nulleffekt des Detektors bei eingeschaltetem Bildschirmgerät niedriger ist als bei abgeschaltetem Gerät. Der Effekt wird ganz oder teilweise von der betriebsbedingten Röntgen-Störstrahlung kompensiert und läßt sich daher nicht ohne weiteres quantifizieren. Die in Abb. 6/26 angegebene Formel stellt eine Abschätzung des Effekts dar, wobei der Proportionalitätsfaktor 1,5 pSv/h kV entsprechend der Schwankungsbreite der Aktivitätskonzentration im Leuchtstoff um etwa 50 % variieren kann. Diese Variationsbreite bestimmt im wesentlichen die Nachweisgrenzen der beiden Meßanordnungen. So liegt die Nachweisgrenze der Proportionalzähler-Anordnung mit etwa 80 pSv/h nur etwa um den Faktor zwei über der Nachweisgrenze der Phoswich-Anordnung.

Es wurden insgesamt 38 monochromatische Monitoren, 6 Farb-Monitoren und 65 Farb-Fernsehempfänger untersucht. Der überwiegende Teil der Untersuchungen wurde mit dem Proportionalzähler am Standort der Bildschirmgeräte durchgeführt. Bei den Farb-Fernsehempfängern lag die betriebsbedingte Ortsdosisleistung bei 75 % der untersuchten Geräte über der Nachweisgrenze. Die Abb. 6/27 zeigt als Beispiel die Meßergebnisse für die Geräte mit einer Bildschirmdiagonale von 66 cm. Das Balkendiagramm repräsentiert die Meßwerte oberhalb der Nachweisgrenze und die gestrichelte Kurve eine an diese Meßwerte angepaßte logarithmische Normalverteilung.

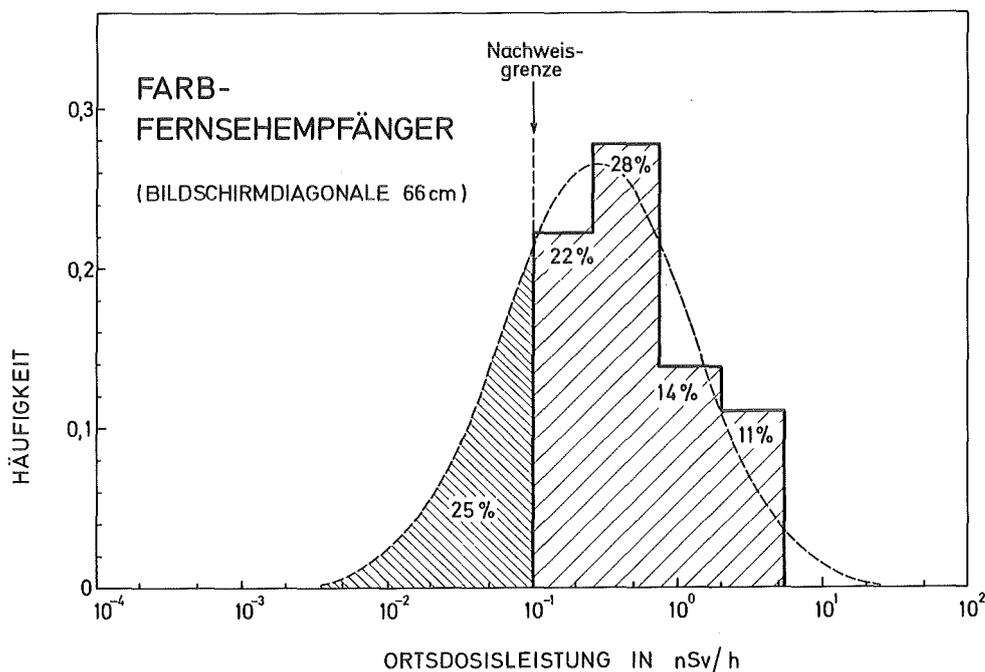


Abb. 6/27: Halbempirische Häufigkeitsverteilung der mit dem Proportionalzähler gemessenen Ortsdosisleistung in 5 cm Bildschirmabstand bei Farb-Fernsehempfängern mit einer Bildschirmdiagonale von 66 cm

Aus dieser Verteilung ergibt sich für das geometrische Mittel der betriebsbedingten Ortsdosisleistung ein Wert von 0,28 nSv/h. Die Breite der Verteilung entspricht einer mittleren Schwankung der Ortsdosisleistung um einen Faktor von etwa 4,5.

Ein ganz anderes Bild ergab sich bei den Monitoren. Hier lag die betriebsbedingte Ortsdosisleistung nur in etwa 6 % der Fälle über der Nachweisgrenze. Geht man konservativerweise davon aus, daß die Ortsdosisleistung bei allen übrigen Monitoren gerade an der Nachweisgrenze liegt, so erhält man einen Mittelwert von etwa 80 pSv/h

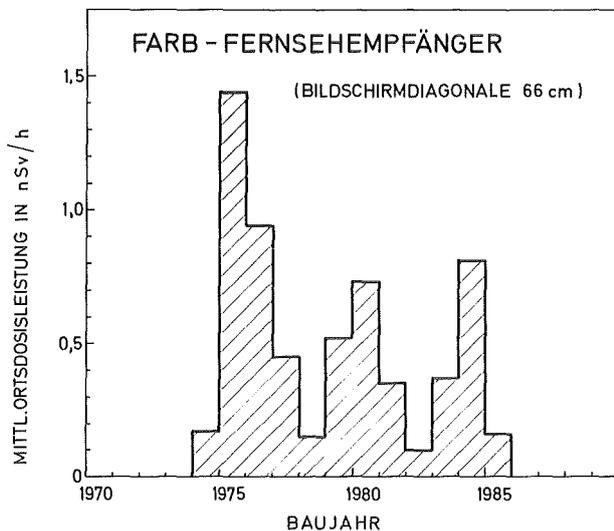


Abb. 6/28: Mittlere Ortsdosisleistung an Farb-Fernsehempfängern in Abhängigkeit vom Baujahr der Geräte

Auf ein kurioses Ergebnis sei hier allerdings noch hingewiesen: Die Abb. 6/28 zeigt die mittlere Ortsdosisleistung der Farb-Fernsehempfänger mit 66 cm Bildschirmdiagonale in Abhängigkeit vom Baujahr der Geräte. Dieser Darstellung liegen die Meßergebnisse von 40 Geräten zugrunde. Obwohl bei dieser geringen Zahl mit einem großen statistischen Fehler gerechnet werden muß, kann man in dem Balkendiagramm drei signifikante Maxima erkennen. Das erste Maximum tritt im Jahr 1975 auf, in dem viele Haushalte angesichts der bevorstehenden Olympiade von Schwarz/Weiß- auf Farb-Fernsehempfänger umgestiegen sind. Die beiden anderen Maxima treten in den olympischen Jahren 1980 und 1984 auf, in denen ebenfalls relativ viele Fernsehgeräte verkauft wurden. Angesichts des großen statistischen Fehlers erscheint es allerdings nicht gerechtfertigt, aus diesen Koinzidenzen weitergehende Schlüsse zu ziehen.

Bei der Abschätzung der durch die betriebsbedingte Röntgen-Strahlung bedingten effektiven Äquivalentdosisleistung wird zwischen der Sitzposition an Bildschirmarbeitsplätzen und der Sitzposition von Fernsehzuschauern unterschieden. Im erstgenannten Fall wird eine Sitzposition zugrundegelegt, die sich an den berufsgenossenschaftlichen Sicherheitsregeln für Bildschirmarbeitsplätze im Bürobereich orientiert. Für diese Sitzposition ergibt die Rechnung eine betriebsbedingte Äquivalentdosisleistung von 5 pSv/h für weibliche Beschäftigte bzw. 6 pSv/h für männliche Beschäftigte. Geht man von einer jährlichen Arbeitszeit von 2 000 h aus, so resultiert hieraus eine jährliche effektive Äquivalentdosis von 10 nSv bzw. 12 nSv.

Noch wesentlich geringer ist die Strahlenexposition bei den Fernsehzuschauern. Aufgrund einer eigenen Befragung an etwa 130 Personen beträgt der mittlere Abstand zwischen den Zuschauern und dem Fernsehgerät etwa 3,5 m. Bei Zugrundelegung dieses Abstands ergibt sich eine betriebsbedingte effektive Äquivalentdosisleistung von etwa 1,5 pSv/h. Aufgrund der erwähnten Erhebung verbringen die befragten Personen durchschnittlich etwa 2 Stunden täglich vor dem Fernsehempfänger. Hieraus ergibt sich eine jährliche Strahlenexposition von etwa 1,1 nSv.

Um eine Vorstellung von der Größenordnung dieser Werte zu vermitteln sind in Tab. 6/7 die verschiedenen Komponenten der Strahlenexposition von Beschäftigten an Bildschirmarbeitsplätzen gegenübergestellt. Befindet sich beispielsweise in 50 cm Abstand ein anderer Mitarbeiter, so ist die durch dessen natürlichen K-40-Gehalt bedingte Strahlenexposition bereits eine Größenordnung größer als die durch die Röntgen-Emission des Bildschirmgerätes bedingte Strahlenexposition. Die durch die natürliche Eigenaktivität des Bildschirmgerätes bedingte Strahlenexposition liegt etwa zwei Größenordnungen und die durch die natürliche Umgebungsstrahlung bedingte Strahlenexposition sogar vier Größenordnungen darüber.

Betriebsbedingte Röntgen-Emission des Bildschirmgerätes:	0,006 nSv/h
Natürliche Gammastrahlungsemission des benachbarten Operators ¹⁾	0,05 nSv/h
Natürliche Gammastrahlungsemission des Bildschirmgerätes:	1,2 nSv/h
Natürliche Umgebungsstrahlung:	125 nSv/h

¹⁾ Gammastrahlungsemission von K-40 bei einem 70 kg schweren Menschen in 50 cm Abstand

Tab. 6/7: Zusammenstellung der verschiedenen Komponenten der Strahlenexposition von Beschäftigten an Bildschirmarbeitsplätzen

Aufgrund dieser Ergebnisse kann man zusammenfassend feststellen, daß die betriebsbedingte Röntgenstrahlung von Bildschirmgeräten zu keiner Gesundheitsgefährdung führen kann. Dabei wird allerdings vorausgesetzt, daß die Geräte intakt sind und daß insbesondere die Bildschirnröhrenspannung der Geräte den vorgeschriebenen Nennwert hat. Es ist nicht auszuschließen, daß bei Geräten mit extrem überhöhter Bildröhrenspannung eine grenzüberschreitende Röntgen-Strahlenemission auftritt. Es ist allerdings unwahrscheinlich, daß extrem überhöhte Bildröhrenspannungen in so massiver Form auftreten, daß die Röntgen-Strahlung als Ursache für die berichteten Fehlgeburten in Frage kommt. Viel wahrscheinlicher ist, daß die Fehlgeburten durch ergonomische Mängel der Bildschirmarbeitsplätze sowie durch Streßeinflüsse und durch den an Bildschirmarbeitsplätzen häufig beobachteten überhöhten Tabletten- und Zigarettenkonsum verursacht worden sind.

6.5.5 Untersuchung der natürlichen Radioaktivität von Druckpapieren

H. Doerfel, H. Graffunder

Bei der Papierherstellung werden dem Stoffbrei und der Streichfarbe bestimmte Füllstoffe zugesetzt, die in erster Linie zur Verbesserung der Oberflächenglätte, der Satinage, der Opazität und des Weißgehaltes der Papiere dienen. Die bekanntesten Füllstoffe sind Kaolin, Talkum, Gips, "Blanc fixe", Kreide, Rutil und Titanweiß. Einige diese Stoffe wie z.B. "Blanc fixe" und Titanweiß enthalten größere Mengen Barium ("Blanc fixe": 100 % Bariumsulfat; Titanweiß: 30 % Bariumsulfat). Da industriell genutztes Barium wegen seiner chemischen Verwandtschaft mit Radium und Thorium stets relativ große Mengen dieser beiden Elemente enthält, wird über die bariumhaltigen Füllstoffe eine signifikante natürliche Alpha-Aktivität in die Papiererzeugnisse eingebracht.

Zur genaueren Untersuchung des Sachverhalts wurden bei HS/D gammaskopische Messungen der natürlichen Radioaktivität von Papiererzeugnissen durchgeführt. Für diese Messungen wurde ein

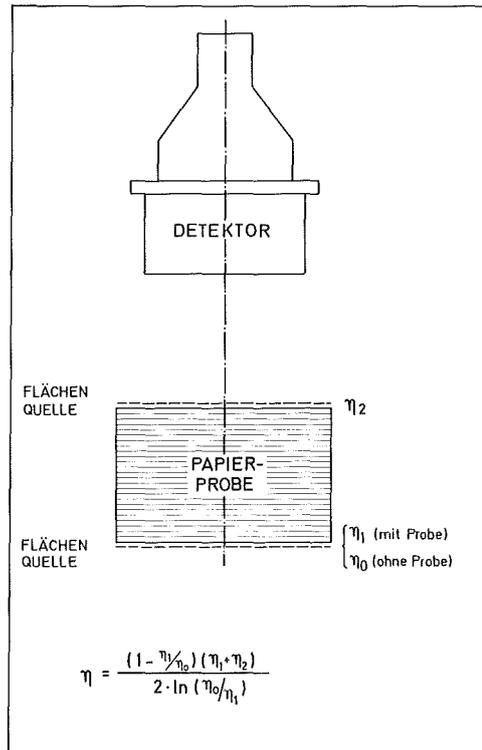


Abb. 6/29: Meßanordnung zur Bestimmung der Radioaktivität von Papiererzeugnissen (Kalibrierung der Meßanordnung mit Flächenquellen im Bereich der Probenunterseite bzw. der Probenoberseite)

NaI(Tl)-Detektor des Ganzkörperzählers benutzt, der sich durch hohes Ansprechvermögen, niedrigen Nulleffekt und relativ hohes Energieauflösungsvermögen auszeichnet. Der Detektor wurde in der in Abb. 6/29 skizzierten Meßgeometrie zentral über der zu untersuchenden Papierprobe angeordnet. Der Detektorabstand wurde dabei so gewählt, daß der Detektorwirkungsgrad für homogene Nukliddepositionen in der Papierprobe mit einer Abweichung von weniger als 5 % durch die im unteren Teil der Abb. 6/29 angegebenen Näherungsformel beschrieben werden kann. Dabei sind η_0 , η_1 und η_2 die Werte des Detektorwirkungsgrads für homogene Flächenquellen im Bereich der Probenunterseite bzw. der Probenoberseite. Zur Kalibrierung der Meßanordnung wurden die Flächenquellen durch ein Netz von punktförmigen Standardpräparaten angenähert. Das Netz wurde dabei soweit verfeinert, bis der resultierende Wirkungsgrad innerhalb des Meßfehlers von etwa 1 % konstant blieb.

Die Abb. 6/30 und 6/31 zeigen als Beispiele die mit dieser Meßanordnung ermittelten Nettospektren von 12 aufeinandergestapelten HS-Jahresberichten bzw. 13 aufeinandergestapelten Exemplaren der Zeitschrift DER SPIEGEL. Man erkennt in beiden Spektren eine Vielzahl von Peaks, die auf verschiedene Nuklide aus den Zerfallsreihen von Radium (Pb-214, Bi-214) und Thorium (Ac-228, Pb-212, Tl-208) sowie auf das natürliche Kaliumisotop K-40 zurückzuführen sind. Eine Analyse der Peakhöhenverhältnisse zeigt in diesen wie auch in allen anderen Fällen, daß sowohl die Aktivitäten der nachweisbaren Ra-Folgeprodukte als auch die Aktivitäten der nachweisbaren Th-Folgeprodukte im Rahmen der durch das Auswerteverfahren gegebenen Meßunsicherheit von etwa 15 % jeweils gleich groß sind. Bei den Ra-Folgeprodukten ist dies auch zu erwarten, da alle nachweisbaren Nuklide dieser Zerfallsreihe kurzlebige Folgeprodukte der Radon-Emanation sind. Bei den Th-Folgeprodukten ist aus dem Befund zu schließen, daß die durch die chemischen Prozesse bei der Füllstoffherstellung sowie durch die Thoron-Emanation bedingten Störungen des radiologischen Gleichgewichts kleiner als 15 % sind. Hieraus ist zu folgern, daß die Aktivität des Th-232 bzw. des Th-228 im Rahmen der Meßunsicherheit von 15 % gleich der Aktivität der Th-Folgeprodukte ist. Bei den Ra-Folgepro-

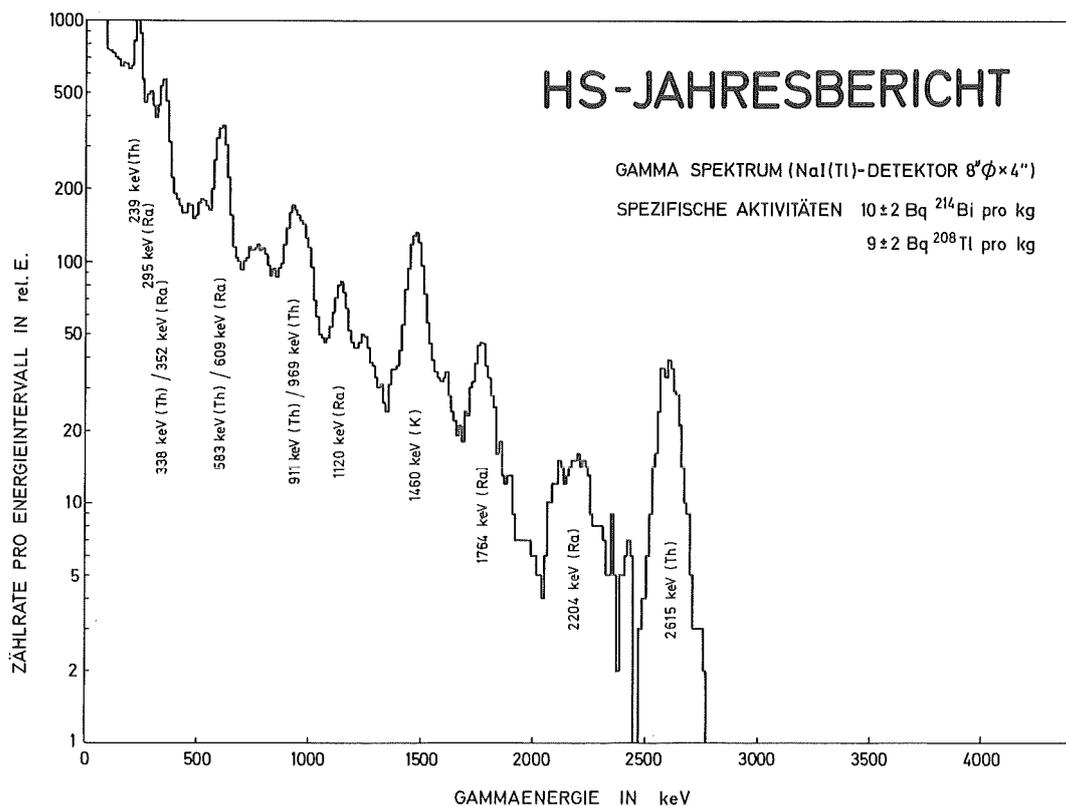


Abb. 6/30: Nettospektrum von 12 aufeinandergestapelten Exemplaren des HS-Jahresberichts verschiedener Jahrgänge (Probengewicht 10,7 kg, Meßzeit ca. 56 h)

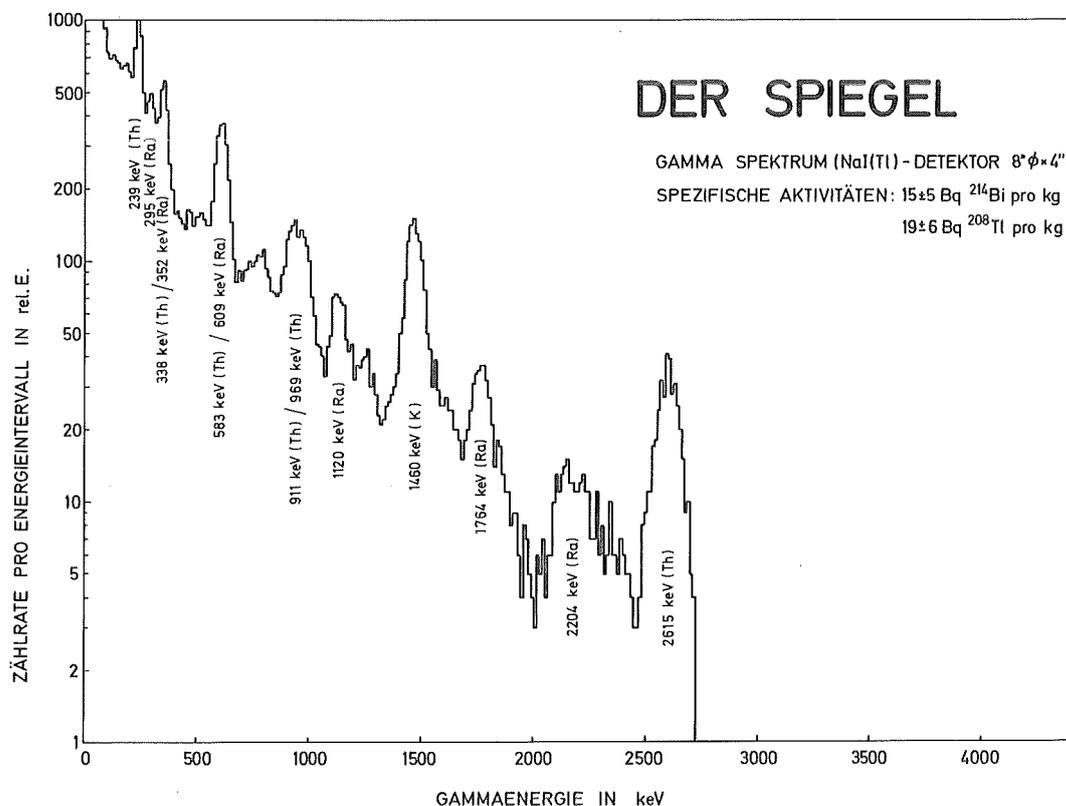


Abb. 6/31: Nettospektrum von 13 aufeinandergestapelten Exemplaren der Zeitschrift DER SPIEGEL aus verschiedenen Jahrgängen (Probengewicht 5,3 kg, Meßzeit ca. 1,4 h)

dukten ist eine entsprechende Schlußfolgerung nicht möglich, da die aus der Probe entweichende Radon-Emanation aufgrund der längeren Halbwertszeit größer als die entweichende Thoron-Emanation ist. Von anderen radiumhaltigen Materialien mit vergleichbaren Dimensionen ist bekannt, daß die entweichende Radon-Emanation zwischen 0 und 60 % der gesamten Radon- Aktivität betragen kann. Aus diesem Grund wird bis zu einer genaueren experimentellen Bestimmung der entweichenden Radon-Emanation angenommen, daß die Aktivität des Ra-226 30 % größer als die Aktivität der nachweisbaren Ra-Folgeprodukte ist. Bei dieser Abschätzung muß mit einem systematischen Fehler von etwa 23 % gerechnet werden.

Publikation	Aktivität pro Exemplar in Bq		Spezifische Aktivität in Bq/kg	
	Pb-214/Bi-214	Pb-212/Tl-208	Pb-214/Bi-214	Pb-212/Tl-208
DER SPIEGEL	6,2 _{±1,8}	7,8 _{±2,3}	15,2 _{±4,6}	19,1 _{±5,7}
GEO	2,8 _{±1,1}	3,8 _{±1,5}	6,0 _{±2,4}	8,3 _{±3,3}
HS-Jahresberichte	9,2 _{±1,6}	7,6 _{±1,3}	10,4 _{±1,8}	8,5 _{±1,5}
ICRP-Empfehlung*)	4,6 _{±1,8}	3,6 _{±1,5}	6,2 _{±2,4}	4,9 _{±2,0}
Gewichtetes Mittel			8,8	8,5

*) Sechs Bände mit sehr unterschiedlicher Stärke

Tab. 6/8: Übersicht über die Ereignisse der Messungen an vier ausgewählten Publikationen

Die Tab. 6/8 vermittelt einen Überblick über die Ergebnisse der Messungen an vier ausgewählten Publikationen. Außer diesen vier Publikationen wurde eine größere Anzahl weiterer Papiererzeugnisse gemessen; die Auswertung dieser Messungen ist allerdings noch nicht abgeschlossen.

Aus den Meßwerten ergibt sich beispielsweise für die Zeitschrift DER SPIEGEL eine spezifische Ra-226-Aktivität von 19,8_{±9,1} Bq/kg und eine spezifische Th-232-Aktivität von 19,1_{±6,7} Bq/kg. Hierbei wurde zu dem in Tab. 6.8 angegebenen statistischen Meßfehler der durch die Hochrechnung auf die Mutterprodukte bedingte systematische Fehler addiert. Für ein Einzelexemplar der Zeitschrift DER SPIEGEL ergibt sich im Mittel eine Ra-226-Aktivität von 8,1_{±3,7} Bq und eine Th-232 Aktivität von 7,8_{±2,7} Bq.

Um eine Vorstellung von der Größenordnung der Aktivitäten zu vermitteln, sei auf die Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) verwiesen. Nach StrSchV liegt der Grenzwert der jährlichen Aktivitätszufuhr von Ra-226 für die Bevölkerung bei 16 Bq (Inhalation) bzw. bei 21 Bq (Ingestion). Zwar ist das Inkorporationsrisiko bei normaler Zeitungslektüre außerordentlich gering. Es ist jedoch trotzdem interessant zu wissen, daß die in zwei bis drei Exemplaren der Zeitschrift DER SPIEGEL enthaltene Radium-Aktivität bereits dem Grenzwert der jährlichen Aktivitätszufuhr entspricht.

Die durch die Gamma-Strahlung der in einem Exemplar der Zeitschrift DER SPIEGEL enthaltenen Ra-226-Aktivität bedingte Körperdosis beträgt bei Zugrundelegung eines mittleren Abstandes von 35 cm zwischen Zeitschrift und Körper etwa 15 pSv/h. Hinzu kommt die durch die Th-Folgeprodukte bedingte Körperdosis, die in der gleichen Größenordnung liegt. Demnach ist bei der Lektüre der Zeitschrift DER SPIEGEL mit einer externen Strahlenexposition von etwa 30 pSv/h zu rechnen. Dieser Wert ist etwa um den Faktor 4 000 kleiner als die mittlere natürliche Strahlenexposition und daher kaum von Bedeutung. Der Wert ist aber immerhin etwa zwanzigmal so groß wie die durch die Röntgen-Störstrahlung von Farb-Fernsehempfängern bedingte externe Strahlenexposition (vgl. Abschn. 6.5.4).

6.6 Inkorporationsmessung

6.6.1 Routine- und Sondermessungen

H. Graffunder, H. Doerfel

Alle Mitarbeiter von KFK, KBG, WAK und TU, die mit offenen radioaktiven Stoffen umgehen, werden routinemäßig auf inkorporierte Radionuklide untersucht. Die Häufigkeit der Untersuchungen richtet sich nach dem Inkorporationsrisiko sowie nach der effektiven Halbwertszeit der gehandhabten Stoffe. So genügt bei schwerflüchtigen und langlebigen Stoffen bereits eine routinemäßige Inkorporationsmessung pro Jahr während bei leichtflüchtigen und kurzlebigen Stoffen bis zu 12 Routinemessungen pro Jahr erforderlich sein können. Ergeben sich bei der Handhabung radioaktiver Stoffe konkrete Hinweise auf die Möglichkeit einer akuten Inkorporation, so werden zusätzlich zu den Routinemessungen sofortige Sondermessungen durchgeführt.

Die Inkorporationsmessungen werden im Ganzkörperzähler bzw. im Lungenzähler durchgeführt. Im Ganzkörperzähler können prinzipiell alle Gamma-Strahler mit Energien von mehr als 50 keV und alle Beta-Strahler mit Energien von mehr als 500 keV nachgewiesen werden. Im Lungenzähler können darüber hinaus auch niederenergetische Gamma-Strahler nachgewiesen werden sowie alle Alpha-Strahler, bei denen der Alpha-Zerfall von der Emission einer charakteristischen Röntgen-Strahlung begleitet wird. Mit dem Ganzkörperzähler werden daher in erster Linie Inkorporationen von Spalt- und Aktivierungsprodukten erfaßt und mit dem Lungenzähler Inkorporationen von Spaltstoffen.

Überwachungs- bereich	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
AV	2	2	-	-	-
HDB	339	542	59	23	7
HS	30	2	-	58	-
IGT	1	1	-	-	-
IHCh	15	33	-	1	-
IMF I	2	2	-	-	-
IMF II	8	8	-	-	-
INE	6	5	1	2	1
IRCh	5	10	2	2	-
KTB	77	127	4	3	-
LAF II	14	29	6	7	6
LIT	17	17	-	-	-
SKT	1	-	-	1	-
VBW	17	21	-	-	-
ZYKL	7	-	-	14	12
KNK	133	133	11	3	1
MZFR	77	81	16	-	-
PHDR	7	7	-	-	-
TU	86	84	-	3	-
WAK	406	780	20	10	2
Gesamt	1250	1884	119	127	29

Tab. 6/9: Ergebnisse der Inkorporationsüberwachung im Ganzkörperzähler

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	35	27	1	15	4
HS	8	2	-	9	-
IHCh	109	113	1	1	1
IKVT	50	50	-	-	-
IMF I	13	13	-	-	-
INE	14	13	-	1	-
INR	2	2	1	-	-
IRCh	28	28	4	2	-
IT	5	5	-	-	-
KTB	1	-	-	1	-
LAF II	2	1	-	1	1
SKT	1	-	-	1	1
KNK	1	-	-	2	-
PHDR	2	2	-	-	-
TU	92	89	1	3	-
WAK	4	-	-	4	2
Gesamt	367	345	8	40	9

Tab. 6/10: Ergebnisse der Inkorporationsüberwachung im Lungenzähler

Inkorporiertes Nuklid	Anzahl der Inkorporationen				
	0 - 0.099 % MPBB	0.1 - 0.99 % MPBB	1 - 9.9 % MPBB	10 - 99 % MPBB	100 - 200 % MPBB
Mn-54	9	-	-	-	-
Co-58	4	-	1	-	-
Co-60	59	6	-	1	-
Ru/Rh-106	4	-	-	-	-
Sb-125	1	-	-	-	-
I-123	3	5	-	-	-
I-129	1	-	-	-	-
I-131	10	2	-	-	-
Cs-134	1	-	-	-	-
Cs-137	64	-	-	-	-
Am-241	-	-	5	-	-
Gesamt	156	13	6	1	-

Tab. 6/11: Übersicht über die im Ganzkörper- und im Lungenzähler nachgewiesenen Inkorporationen in Prozenten der maximal zulässigen Körperbelastung (MPBB)

Die Tab. 6/9 vermittelt zunächst einen Überblick über die mit dem Ganzkörperzähler durchgeführten Inkorporationsmessungen. Während die Anzahl der routinemäßigen Messungen gegenüber dem Vorjahr nahezu unverändert ist, hat sich die Anzahl der Messungen aus besonderem Anlaß um etwa 30 % erhöht. Die Anzahl der Routinemessungen mit positivem Befund ist gegenüber dem Vorjahr um etwa 35 % zurückgegangen, während die Anzahl der Sondermessungen mit positivem Befund etwa gleich geblieben ist.

Die Anzahl der im Lungenzähler untersuchten Mitarbeiter (Tab. 6/10) hat sich 1985 nochmals erhöht. So wurden in diesem Jahr 345 Routinemessungen und 40 Sondermessungen im Lungenzähler durchgeführt. Dies bedeutet eine Zunahme von etwa 45 % bei den Routinemessungen bzw. 100 % bei den Sondermessungen. Besonders auffallend ist die Entwicklung bei den Ergebnissen der Lungenzählermessungen. Während im Vorjahr bei keiner Lungenzählermessung eine Inkorporation festgestellt werden konnte, ergab sich 1985 bei 8 Routinemessungen und bei 9 Sondermessungen ein positiver Befund. Es handelte sich dabei in den meisten Fällen um geringfügige Inkorporationen vom Am-241. Diese Entwicklung ist in erster Linie auf eine Verbesserung des Auswerteverfahrens zurückzuführen. Bei dem verbesserten Auswerteverfahren werden aus einer inzwischen auf mehr als 1 000 Referenzspektren angewachsenen Bibliothek nach bestimmten Kriterien die am besten passenden Spektren ausgewählt und zu einem optimalen Vergleichsspektrum verarbeitet. Auf diese Weise können weit geringere Inkorporationen nachgewiesen werden als bisher.

Die Tab. 6/11 vermittelt einen Überblick über die bei den Inkorporationsmessungen festgestellten Aktivitäten bezogen auf die maximal zulässige Körperbelastung (MPBB). In allen Fällen, in denen der Inkorporationszeitpunkt bekannt war, wurde aus den Meßergebnissen anhand der ICRP-Modelle die Aktivitätszufuhr abgeschätzt und auf den Grenzwert der jährlichen Aktivitätszufuhr bezogen. In allen übrigen Fällen wurden die Meßergebnisse auf die jeweiligen Grenzwerte der Körper- bzw. Organaktivität bei Dauerbelastung bezogen.

6.6.2 Cs-137-Erhebungsmessungen

H. Doerfel, H. Graffunder

Seit 1961 wird an einer Referenzgruppe aus etwa 10 Mitarbeitern von HS in monatlichen Messungen im Ganzkörperzähler die mittlere Körperaktivität von Cs-137 aus dem radioaktiven Fallout bestimmt. Die Meßzeit beträgt 50 min. Bei normalen Meßbedingungen beträgt die untere Nachweis-

Monat	Anzahl der untersuchten Personen	Spezifische Körperaktivität in Bq Cs-137 pro kg	
		Mittelwert	Standardabw.
Januar	7	0.71	0.17
Februar	2	0.42	0.38
März	8	0.26	0.36
April	8	0.18	0.22
Mai	7	0.34	0.19
Juni	4	0.26	0.16
Juli	7	0.46	0.24
August	3	0.24	0.23
September	3	0.52	0.12
Oktober	5	0.42	0.10
November	3	0.94	0.03
Dezember	6	0.66	0.39
Gesamt	63	0.43	0.31

Tab. 6/12: Ergebnisse der Cs-137-Erhebungsmessungen 1985

grenze des Ganzkörperzählers bei dieser Meßzeit etwa 5 Bq Cs-137. Dieser Wert entspricht einer spezifischen Cs-137-Körperaktivität von etwa 0,07 Bq/kg. In Tab. 6/12 sind die 1985 gewonnenen Ergebnisse zusammengestellt. Der Mittelwert der spezifischen Cs-137-Körperaktivität liegt mit 0,43 Bq/kg etwa 25 % über dem Vorjahreswert. Dies ist auf eine steigende Tendenz der Meßwerte im Herbst 1985 zurückzuführen.

6.6.3 Erfahrungen mit der neuen Software des Ganzkörperzählers

H. Doerfel, H. Graffunder

Zur Erleichterung des Meßbetriebs im Ganzkörperzähler wurde in den vergangenen Jahren eine umfangreiche Programmbibliothek aufgebaut. Die Bibliothek umfaßt unter anderem ein Programmpaket zur rechnergestützten Durchführung der Ganzkörperzählermessungen sowie ein Programmpaket zur Erfassung und Dokumentation der Meßergebnisse. Das erstgenannte Programmpaket enthält ein Hauptprogramm zur Durchführung und zur Auswertung der Messung, verschiedene Hilfsprogramme zur Aktualisierung der Auswerteparameter und einige weitere Programme zur Spektrumsbehandlung.

Das Hauptprogramm soll im folgenden kurz erläutert werden. Nach dem Programmstart wird zunächst der Speicherinhalt des Vielkanalanalysators gelöscht, die Meßzeit gesetzt und die Messung gestartet. Nach Ablauf der Messung werden die Spektren automatisch analysiert. Zu diesem Zweck werden die Einzelspektren der vier Detektoren in jedem Kanal um eine konstante Impulsrate angehoben und danach addiert. Von dem angehobenen Summenspektrum wird ein auf Magnetplatte gespeichertes Nulleffekt-Summenspektrum abgezogen. Danach wird die Spektrumskomponente des Kaliums des Probanden separiert. Zu diesem Zweck wird ein ebenfalls auf Magnetplatte gespeichertes K-40-Standardspektrum an das Probandenspektrum annormiert. Die Normierung erfolgt dabei aufgrund bestimmter Kriterien entweder über die Fläche des K-40-Photopeaks oder über die Meßzeit.

Das nach Subtraktion der Kaliumkomponente erhaltene Nettospektrum wird durch eine sequentielle Polynom-Approximation nach der Methode der kleinsten Quadrate geglättet. Danach werden die Nulldurchgänge der ersten und zweiten Ableitung des geglätteten Nettospektrums ermittelt und anhand von fünf verschiedenen Photopeak-Kriterien analysiert. Diese Kriterien beziehen sich unter anderem auf die theoretischen Werte der Peakbreite und auf die Peakasymmetrie. Wenn mindestens vier Kriterien erfüllt sind, gilt der Photopeak als identifiziert.

Die weitere Analyse der identifizierten Photopeaks erfolgt schrittweise im Dialog mit dem Operator. Nach genauer Ermittlung der zu einem ausgewählten Photopeak gehörenden Photonenenergie wird anhand einer auf Magnetplatte gespeicherten Nuklidbibliothek dasjenige Nuklid ausgewählt, das eine signifikante Linie ($> 1\%$ Emissionswahrscheinlichkeit) mit der gleichen bzw. der am besten übereinstimmenden Photonenenergie hat. Für dieses Nuklid werden dann mit Hilfe einer gespeicherten Wirkungsgradfunktion die Flächen aller weiteren signifikanten Photopeaks berechnet und am Bildschirm ausgegeben. Der Operator muß nun entscheiden, ob die berechneten Photopeaks mit den gemessenen konsistent sind. Bei negativer Entscheidung schlägt der Rechner das Nuklid mit der nächstbesten Übereinstimmung vor usw.. Bei positiver Entscheidung ermittelt der Rechner anhand der gespeicherten Wirkungsgradfunktion die inkorporierte Aktivität und stellt das Ergebnis am Bildschirm dar.

Zum Test des Verfahrens wurden verschiedene simulierte Inkorporationsspektren analysiert. Die Inkorporationsspektren wurden durch Überlagerung der Spektren nichtexponierter Referenzpersonen mit den Spektren eines mit definierten Aktivitätsmengen beladenen anthropomorphen Phantoms gewonnen. Die Tab. 6/13 und 6/14 vermitteln einen Überblick über die Ergebnisse des Tests für Inkorporationen von Co-60. Dieses Nuklid, das im kerntechnischen Arbeitsbereich besonders häufig vorkommt, wird bei kleinen Aktivitäten mitunter durch das energetisch benachbarte K-40 maskiert.

Vorgegebene Inkorporation in Bq Co-60 A ₀	Nachgewiesene Inkorporation			
	Energie in keV		Aktivität in Bq	
	Meßwert E	Abweichung dE	Meßwert A	Abweichung dA
52	1175	+ 2	39	- 13
64	1173	0	68	+ 4
97	1166	- 7	86	- 11
127	1182	+ 9	125	- 2
136	1170	- 3	119	- 17
198	1182	- 9	203	+ 5
295	1184	+11	286	- 9
	dE = 7,6 keV		dA = 10,8 Bq	

Tab. 6/13: Testergebnisse für simulierte Co-60-Inkorporationen bei Zugrundelegung des 1173 keV Photopeaks

Vorgegebene Inkorporation in Bq Co-60 A ₀	Nachgewiesene Inkorporation			
	Energie in keV		Aktivität in Bq	
	Meßwert E	Abweichung dE	Meßwert A	Abweichung dA
52	1338	+ 6	43	- 9
64	1345	+ 13	61	- 3
97	1329	- 3	84	- 13
127	1346	+ 14	150	+ 23
136	1324	- 8	102	- 24
198	1347	- 15	212	+ 14
295	1345	+ 13	303	+ 8
	dE = 12,0 keV		dA = 16,4 Bq	

Tab. 6/14: Testergebnisse für simulierte Co-60-Inkorporationen bei Zugrundelegung des 1332 keV Photopeaks

Wie aus den Tabellen hervorgeht, wird sowohl der Photopeak bei 1173 keV (Tab. 6/13) als auch der Photopeak bei 1332 keV (Tab. 6/14) bei Aktivitäten von mehr als etwa 50 Bq einwandfrei identifiziert. Die aus den Spektren ermittelten Photoenergien weichen im Mittel um etwa 7,6 keV bzw. 12,0 keV von den tatsächlichen Photonenenergien ab. Diese Abweichungen entsprechen etwa einer Kanalbreite (9,3 keV) und sind in Anbetracht der sehr kleinen Peakflächen überraschend gering. Die aus den Spektren ermittelten Aktivitäten weichen im Mittel um 10,8 Bq bzw. 16,4 Bq vom tatsächlichen Wert ab. Bei Cs-137-Inkorporationen (Tab. 6/15) weicht die aus den Spektren ermittelte Photonenenergie im Mittel um 8,7 keV vom tatsächlichen Wert ab. Bei der aus den Spektren ermittelten Aktivität ergibt sich eine systematische Abweichung von + 15 Bq und eine statistische Abweichung von 8,3 Bq. Die systematische Abweichung ist auf den ernährungsspezifischen Grundpegel des Cs-137 in den Referenzpersonen zurückzuführen (vgl. Abschn. 6.6.2).

Vorgegebene Inkorporation in Bq Cs-137 A ₀	Nachgewiesene Inkorporation			
	Energie in keV		Aktivität in Bq	
	Meßwert E	Abweichung dE	Meßwert A	Abweichung dA
18	647	- 15	36	+ 20
19	649	- 13	36	+ 15
31	659	- 3	45	+ 14
32	657	- 5	44	+ 12
34	656	- 6	48	+ 14
39	658	- 4	50	+ 11
47	657	- 5	59	+ 12
62	647	- 15	77	+ 15
142	664	+ 2	178	+ 36
184	664	+ 2	194	+ 10
234	666	+ 4	236	+ 2
	dE = 8,7 keV		dA = +15 ± 8,3 Bq	

Tab. 6/15: Testergebnisse für simulierte Cs-137-Inkorporationen

Zusammenfassend kann man feststellen, daß die Rechenprogramme zur Spektrumsauswertung für den Routinemeßbetrieb sehr gut geeignet sind. Sie sind insbesondere in Hinblick auf die Identifizierung von schwach ausgeprägten Photopeaks den kommerziellen Vielkanalanalysator-Rechenprogrammen überlegen.

Das Programmpaket zur Erfassung und Dokumentation der Meßergebnisse umfaßt ein Datenverwaltungsprogramm und mehrere Hilfsprogramme. Mit dem Verwaltungsprogramm können Personen- und Meßdaten eingegeben, verändert oder abgerufen werden (Abb. 6/32). Die Personen- und Meßdaten sind jeweils in einem Datensatz zusammengefaßt. Die Personendaten umfassen den Vor- und Nachnamen, das Geburtsdatum, die Institutsbezeichnung bzw. die Fremdfirmenzugehörigkeit, einen Überwachungscode sowie verschiedene biometrische Daten wie Körpergröße, Körpergewicht, Brustumfang und Brustwandstärke. Bei dem Überwachungscode handelt es sich um eine sechsstellige Zahl, aus der die Anzahl der jährlichen Messungen im Ganzkörper- und im Lungenzähler sowie die am häufigsten gehandhabten Radionuklide laut Erhebungsbogen zu entnehmen sind. Die Meßdaten umfassen die Ergebnisse von maximal 12 Messungen im Ganzkörper- oder im Lungenzähler. Die einzelnen Datensätze enthalten jeweils das Meßdatum, den Meßtyp (Routine-, Sonder-, Eingangs-, oder Ausgangsmessungen), das Meßergebnis und eine Nummer, unter der das Spektrum auf Magnetplatte abgespeichert ist. Das Meßergebnis umfaßt die Nuklidbezeichnung, die Aktivität sowie einen Kennbuchstaben für das Depot. Dabei wird zwischen beruflich und medizinisch bedingten Nukliddepositionen unterschieden.

Jeder Datensatz kann wahlweise über das Geburtsdatum, den Nachnamen oder über die Datensatznummer aufgerufen werden. Der Aufruf über den Nachnamen hat allerdings eine lange Antwortzeit. Aus diesem Grund erfolgt der Aufruf im allgemeinen über das Geburtsdatum. Falls mehrere Personen mit dem gleichen Geburtsdatum registriert sind, werden die Namen dieser Personen mit den entsprechenden Datensatznummern zur Wahl gestellt. Weitere Einzelheiten des Programmablaufs können dem Flußdiagramm in Abb. 6.32 entnommen werden.

Auf die mit dem Verwaltungsprogramm abgespeicherten Daten kann von allen Hilfsprogrammen aus zugegriffen werden. Diese Hilfsprogramme dienen unter anderem der Meßterminplanung sowie der Erstellung von Berichtslisten und Statistiken. Für die Meßterminplanung können unter anderem

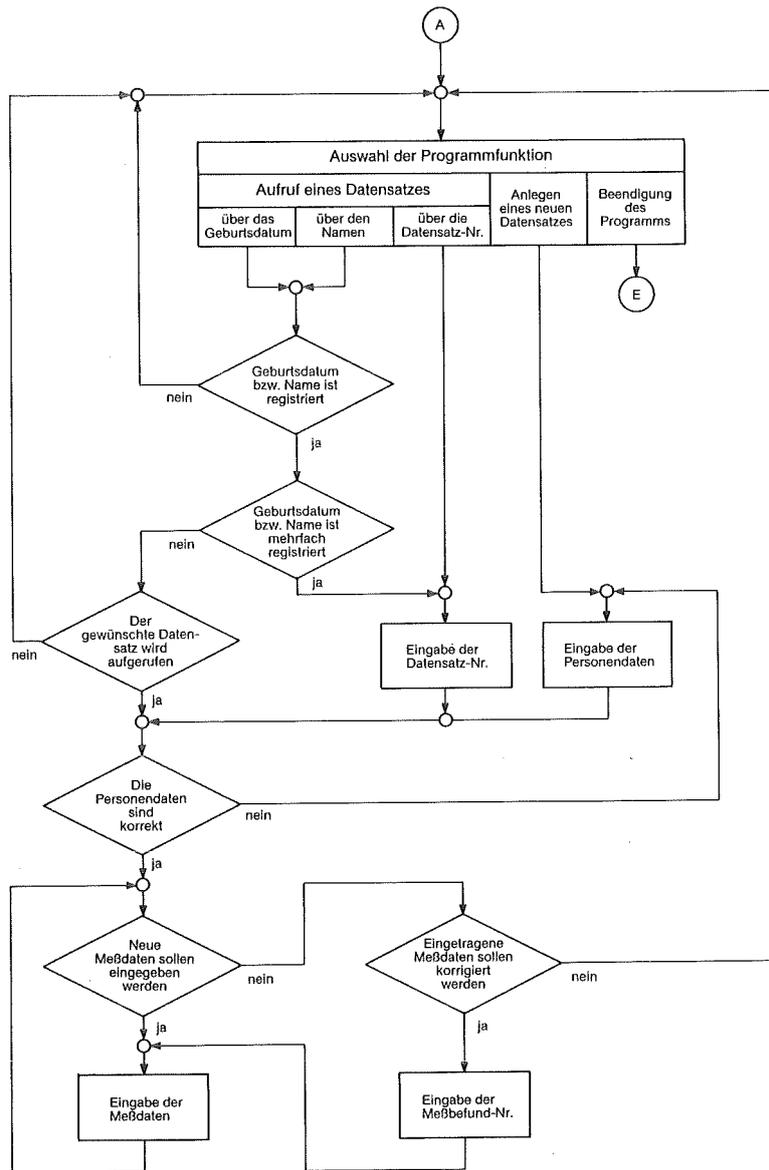


Abb. 6/32: Flußdiagramm für das Hauptprogramm zur Verwaltung der Daten des Ganzkörper- und des Lungenzählers

Jahresübersichten über die Anzahl aller in einem bestimmten Überwachungsbereich auszumessenden Personen oder über die Anzahl der für einen bestimmten Überwachungsbereich benötigten Meßtage im Ganzkörper- bzw. im Lungenzähler erstellt werden. Ferner können für jeden Überwachungsbereich Listen mit den jeweiligen Meßterminen vorbereitet werden. Mit den weiteren Hilfsprogrammen können Tages-, Monats-, und Jahresberichte bzw. Berichtslisten für jeden beliebigen Zeitbereich erstellt werden. Die Berichtslisten können entweder in schriftlicher Form für Dokumentationszwecke oder auf 8"-Disketten für die Datenübermittlung an HS/TSB ausgegeben werden. Außer diesen organisatorischen Hilfsprogrammen gibt es noch einige Hilfsprogramme zur Spektrumsauswertung, die ebenfalls auf die mit dem Verwaltungsprogramm abgespeicherten Daten zurückgreifen. So wurde beispielsweise ein Hilfsprogramm zur Auswertung von Lungenzählerspektren bereitgestellt, das anhand der biometrischen Parameter geeignete Referenzpersonen aussucht und die Referenzspektren bei verschiedenen Formen der Wichtung mittelt. Dieses Programm hat zu einer wesentlichen Erhöhung der Sicherheit bei der Interpretation von Lungenzählerspektren beigetragen.

6.6.4 Untere Nachweisgrenzen für Uran-Inkorporationen

H. Doerfel, Y. Schneider

Im vergangenen Jahr wurde die Meßzelle des Lungenzählers mit einer zusätzlichen Innenauskleidung aus 1,5 mm Sn und 0,5 mm Cu versehen. Durch diese Maßnahme wurde die störende charakteristische Röntgen-Strahlung aus der Bleiauskleidung der Meßzelle nahezu vollständig abgeschirmt und der Nulleffekt der Meßanordnung speziell im niederenergetischen Bereich deutlich reduziert. Dies führte unter anderem auch zu einer wesentlichen Verbesserung der In-vivo-Messung von Uran.

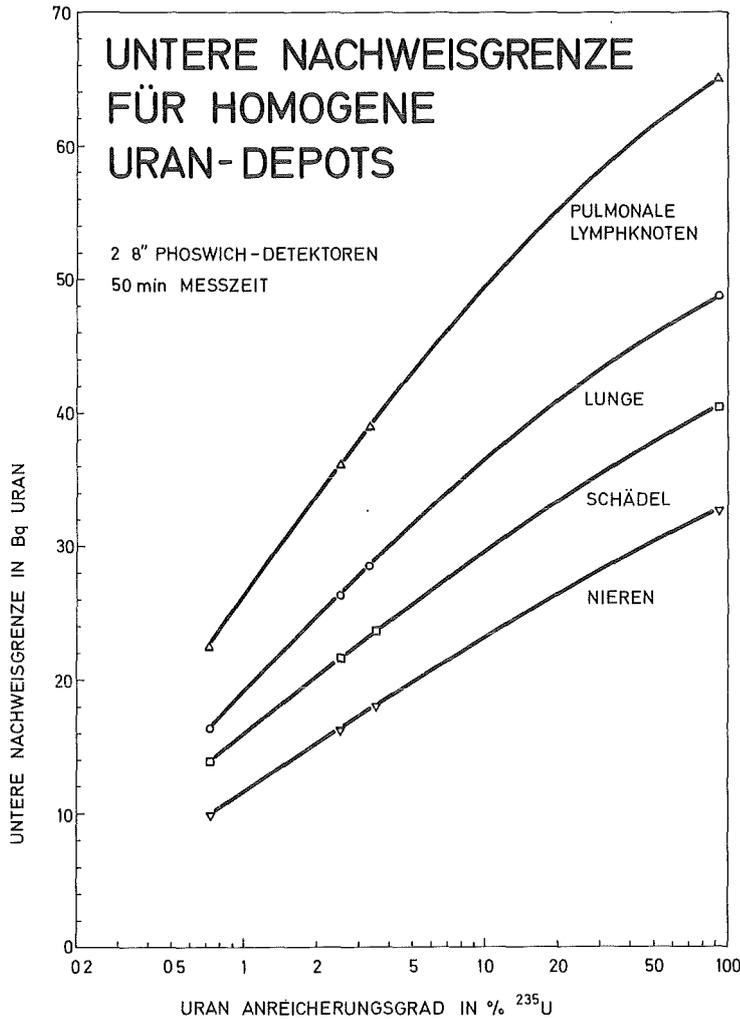


Abb. 6/33: Untere Nachweisgrenze der Karlsruher Meßanordnung für Uranexpositionen in verschiedenen Organen in Abhängigkeit vom Anreicherungsgrad des inkorporierten Urans

Die Abb. 6/33 zeigt die untere Nachweisgrenze der Meßanordnung für verschiedene Uranexpositionen in Abhängigkeit vom Anreicherungsgrad des inkorporierten Urans. Es handelt sich hierbei um 2-Sigma-Nachweisgrenzen (95 % Sicherheit) bei einer Meßzeit von 50 min. Die Nachweisgrenzen für Uranexpositionen in der Lunge und in den pulmonalen Lymphknoten beziehen sich auf Kalibriermessungen mit einem anthropomorphen Brustphantom. Für die Brustwandstärke wurde ein Wert von 30 mm zugrunde gelegt, entsprechend dem bei KfK-Mitarbeitern zu erwartenden Durchschnittswert. Aufgrund dieser Kalibrierung nimmt die Nachweisgrenze mit wachsendem Anreicherungsgrad zu. Dies liegt in erster Linie an dem zunehmenden Aktivitätsanteil des schwer meßbaren U-234. So nimmt

die Nachweisgrenze bei Lungendepositionen von etwa 16 Bq (Natururan) bis zu etwa 50 Bq (hochangereichertes Uran) und die Lymphknotendepositionen von etwa 22 Bq (Natururan) bis zu etwa 65 Bq (hochangereichertes Uran) zu. Die Aktivitätsangaben beziehen sich dabei jeweils auf die Gesamtaktivität aller Uranisotope.

Die Nachweisgrenze für Urandepositionen in den Nieren beziehen sich auf Kalibriermessungen mit einem anthropomorphen Torsophantom, dessen Nierennachbildungen mit Natururan markiert waren. Die Messungen wurden in Bauchlage durchgeführt, wobei die Detektoren in unmittelbarem Körperkontakt über den Nieren angeordnet wurden. Dabei ergab sich eine untere Nachweisgrenze von etwa 10 Bq Natururan. Rechnet man diesen Wert in Anlehnung an die bei den Lungenkalibrierungen gewonnenen Meßergebnisse auf höhere Anreicherungsgrade um, so erhält man den in Abb. 6/33 dargestellten Kurvenverlauf.

Für die Schädelmessungen wurde im Rahmen einer Diplomarbeit ein spezielles Phantom hergestellt. Und zwar wurde auf die innere und äußere Oberfläche eines menschlichen Schädels in gleichmäßiger Verteilung eine Uranlösung mit einem Anreicherungsgrad von 3,3 % U-235 aufgebracht. Der Anreicherungsgrad von 3,3 % stellt etwa das geometrische Mittel des hier interessierenden Bereichs dar und ist daher der beste Ausgangspunkt zur Extrapolation der Meßergebnisse. Diese Extrapolation ergibt eine untere Nachweisgrenze von etwa 14 Bq Natururan bzw. von etwa 40 Bq hochangereichertem Uran im Schädel.

Bei Zugrundelegung dieser Nachweisgrenzen kann mit zwei bis drei routinemäßigen Lungen- bzw. Schädelmessungen pro Jahr eine hinreichend sichere Inkorporationsüberwachung auf Uran gewährleistet werden. Berechnungen des Stoffwechsels von Uran auf der Basis der ICRP-Empfehlungen zeigten z.B., daß die Skelettaktivität bei einer einmaligen Zufuhr durch Inhalation von leicht transportablem Natururan (Klasse D) in Höhe von 50 % des Grenzwertes der Jahresaktivitätszufuhr erst nach 210 d die untere Nachweisgrenze der Meßanordnung erreicht. Handelt es sich um mäßig oder schwer transportables Natururan (Klasse W bzw. Y), so kann eine Zufuhr in dieser Höhe noch nach 240 d bzw. nach 3100 d in der Lunge nachgewiesen werden. Bei hochangereichertem Uran sind die Zeitspannen jeweils etwa halb so groß. Demnach sind bei Natururan zwei jährliche Kontrollmessungen und bei angereichertem Uran drei jährliche Kontrollmessungen angezeigt. Bei diesen Meßfrequenzen kann auch jede Dauerzufuhr in Höhe von 50 % des Grenzwertes der Jahresaktivitätszufuhr mit Sicherheit erkannt werden.

6.7 Strahlenschutzmeßtechnik

6.7.1 Aufgaben

A. Schmitt

Nach der Strahlenschutzverordnung wird an Strahlenschutzmeßgeräte generell die Forderung gestellt, daß sie dem Stand der Wissenschaft und Technik entsprechen, den Anforderungen des Meßzweckes genügen, in ausreichender Anzahl vorhanden sind und regelmäßig gewartet werden müssen.

Der Bestand an elektronischen Geräten, der von der Hauptabteilung Sicherheit betreut wird, setzt sich aus einer großen Anzahl von tragbaren Dosisleistungs- und Kontaminationsmonitoren, aus Meßplätzen zur Aktivitätsbestimmung, den ortsfesten Anlagen zur Pegel- und Luftüberwachung und wenigen, aber teureren und komplizierten Anlagen zur Spektroskopie zusammen. Da sich diese Geräte weiträumig in den verschiedenen Instituten und Abteilungen des Kernforschungszentrums befinden, ergibt sich zwangsläufig eine gewisse Unterteilung im Service, der soweit wie möglich selbst durchgeführt wird. Die Arbeitsgruppe "Geräteelektronik" erfüllt hierbei folgende Aufgaben:

- regelmäßige elektronische Wartung und Kalibrierung der tragbaren Dosisleistungsmeßgeräte der

- KfK sowie von fünf Fremdfirmen,
- Mitarbeit bei der Eichung von Dosisleistungsmeßgeräten durch die amtliche Eichabfertigungstelle,
 - Bestrahlungen für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten,
 - Reparatur aller HFK- und Kontaminationsmonitoren der KfK,
 - Reparatur und Kalibrierung der Luftüberwachungsanlagen in den verschiedenen Instituten und Abteilungen der KfK,
 - Reparatur sonstiger elektronischer Geräte aus dem Bereich der Hauptabteilung Sicherheit,
 - Eingangskontrolle der von der Hauptabteilung Sicherheit beschafften Geräte, Untersuchung neuer Geräte und Bestimmung der elektrischen Eigenschaften von Detektoren,
 - Entwicklung von kommerziell nicht erhältlichen Geräten für den Bedarf der Hauptabteilung Sicherheit,
 - Beratung von Instituten und Abteilungen bei der Beschaffung von Strahlenschutzmeßgeräten,
 - routinemäßige Dichtheitsprüfung aller umschlossenen Strahler.

Die Betreuung von Strahlenschutzmeßgeräten und Anlagen durch die Hauptabteilung Sicherheit beginnt gewöhnlich schon vor der Beschaffung mit der Beratung über das jeweils zweckmäßigste Meßverfahren und die Geräteauswahl und geht über die Abwicklung der Bestellung bis zur Kalibrierung und Abnahme.

6.7.2 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. 6/16 zeigt den Umfang an Wartungs- und Reparaturarbeiten dieser Werkstatt an tragbaren Strahlenschutzmeßgeräten, HFK-Monitoren und Aktivitätsmeßplätzen, die Tab. 6/17 die Art der Reparatur.

30 neubeschaffte Strahlenschutzmeßgeräte wurden einer Eingangsprüfung unterzogen, und 28 Kontaminationsmonitore einer Fremdfirma wurden auf Funktion und Zählwirksamkeit geprüft.

Zur kontinuierlichen Registrierung von Strahlungspegel und Luftaktivität werden von der Hauptabteilung Sicherheit z.Z. rund 215 Meßstellen betreut, die in 30 Gebäuden des Kernforschungs-

Kontaminationsmonitoren	237
HFK-Monitoren	179
Fußbodenmonitoren	5
Wäschemonitoren	12
Aktivitätsmeßplätze	22
Probenwechsler	50
Dosisleistungsmeßgeräte	32
Taschenwarngeräte	6
Neutronenmonitoren	-
sonstige Geräte	39
Summe	582

Tab. 6/16: Reparatur- und Wartungsarbeiten an Strahlenschutzmeßgeräten, Art der Geräte

Folie	226
Zähl draht	42
Elektronik	209
Kabel	41
mechanische Reparatur	54
Batterie	26
Summe	598

Tab. 6/17: Reparatur- und Wartungsarbeiten an Strahlenschutzmeßgeräten, Art der Reparatur

zentrums installiert sind, weiterhin 43 Meßstellen zur Umgebungsüberwachung. Zur Instandhaltung dieser Meßstellen waren im Berichtsjahr 474 Reparatursätze erforderlich.

Im Zuge von Umbauarbeiten wurde eine Abluft-Gasmeßstelle neu installiert. Zur Gammapegelüberwachung am Isochronzyklotron wurden 6 Ionisationskammeranlagen beschafft und in Betrieb genommen. Wiederholungsprüfungen wurden an 4 Luftüberwachungsanlagen durchgeführt.

An der Zählrohr-Monitoranlage des Kernforschungszentrums wurden 40 Meßköpfe für eine bessere Störfestigkeit umgebaut.

6.7.3 Routinekalibrierung

B. Burgkhardt, A. Schmitt

Die routinemäßige Kalibrierung von Dosis- und Dosisleistungsmeßgeräten dient der Gewährleistung der innerhalb der Strahlenschutzüberwachung erforderlichen Meßgenauigkeit der Geräteanzeige. Die für die Strahlenschutzmeßgeräte vorgeschriebene Meßgenauigkeit ergibt sich aus den Anforderungen der PTB an Strahlenschutzdosimeter für die Zulassung und 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 innerhalb der Eingangskontrolle bei neu angeschafften Geräten,
- Bestrahlung von Dosimeterchargen zur Kalibrierung von TL- und PL-Auswertegeräten,
- Kalibrierbestrahlungen von einfachen Strahlenschutzdosimetern, aber auch für die Auswerteautomaten innerhalb des Gerätetests.

Der Umfang der routinemäßigen Kalibrierungen von tragbaren Dosisleistungsmeßgeräten ist in Tab. 6/18 wiedergegeben.

Für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an den Eichständen der Eichhalle wurden 574 Gamma- und 160 Neutronenbestrahlungen durchgeführt. Dabei ist erwähnenswert, daß für diese nicht routinemäßigen Bestrahlungen oft umfangreiche Aufbauarbeiten erforderlich sind.

Kontrollmessungen an den Cs-137-Bestrahlungsanlagen wurden im gesamten interessierenden Dosisleistungsbereich regelmäßig durchgeführt.

Gerätetyp	Routineüberprüfung und Kalibrierung
Jordankammer	1
Graetz X-10	-
Graetz X-50	63
Graetz X-500	5
Graetz X-1000	1
Automess 6150	13
Automess 6112	22
Weichstrahlkammer	6
Taschenwarngerät	13
Neutronenmeßgerät	36
sonstige	36
Summe	196

Tab. 6/18: Wartungsarbeiten an tragbaren Dosisleistungsmessgeräten und Taschenwarngeräten

6.7.4 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 1985 wurden für das KfK 1 598 Stabdosisimeter und 188 Geräte geeicht.

6.7.5 Dichtheitsprüfungen

H. Junker

In Ermächtigung der Aufsichtsbehörde werden von HS/D die nach § 75 der StrlSchV vorgeschriebenen Dichtheitsprüfungen an umschlossenen radioaktiven Stoffen durchgeführt. Diese Prüfungen werden im Bereich der KfK in Eigenüberwachung nach den Richtlinien des Fachnormenausschusses Kerntechnik FB2 "Umschlossene radioaktive Stoffe" wahrgenommen.

Im Jahre 1985 wurden 196 Dichtheitsprüfungen durchgeführt sowie 33 Sonderprüfungen an Uranbrennstäben. Es wurden keine undichten "umschlossenen radioaktiven Stoffe" festgestellt.

6.8 Arbeiten zur Strahlenschutzmeßtechnik

6.8.1 Tragbarer Kontaminationsmonitor zur gleichzeitigen Messung von α - und β -Teilchen

B. Reinhardt

In der Praxis werden zur Registrierung von Alpha- und Beta-Teilchen hauptsächlich Meßanordnungen bestehend aus Proportionalzähler, ladungsempfindlichem Verstärker und Diskriminatoreinheit verwendet. Es zeigt sich, daß anhand des Ausgangssignals des ladungsempfindlichen Verstärkers keine direkte Aussage über die zeitlichen Vorgänge im Innern des Proportionalzählers getroffen werden kann. Der Konversionsfaktor stellt nur eine Relation zwischen der Höhe des Verstärkerausgangssignals und der im Detektor durch Strahlung erzeugten Ladung dar. Im Extremfall setzen Alpha- und Beta-Teilchen jeweils die gleiche Energie im Detektorvolumen um, so daß die Höhe des Ausgangssignals für beide Strahlenarten gleich groß ist. In der Strahlenschutzpraxis kann dies dazu führen, daß bei α -Strahlung ein nicht vorhandener β -Strahler vorgetäuscht wird.

Die eigentliche Multiplikationszone befindet sich bei einem Proportionalzähler in unmittelbarer Drahtnähe. Nur dort ist die elektrische Feldstärke so groß, daß Sekundärelektronen gebildet werden können. Da Alpha-Teilchen sehr dicht ionisieren, wird die in die Multiplikationszone einlaufende Ladungswolke eine wesentlich kompaktere Form aufweisen als die von Beta-Teilchen. Beim Beschleunigen der Ladungsträger im elektrischen Feld des Proportionalzählers ändert sich der Energiehaushalt des Systems. Die Energieumwandlung bewirkt unmittelbar ein Absinken der Zähl-drahtspannung, was einen Stromfluß in den angeschlossenen elektrischen Bauteilen zur Folge hat. Der zeitliche Verlauf dieses Stromflusses ist von der Ionisierungsdichte des jeweiligen Teilchens abhängig und ermöglicht somit, α - und β -Strahlung gleichzeitig und getrennt nachzuweisen.

Zur praktischen Erprobung des neuen Meßprinzips wurden tragbare Alpha-Beta-Monitore gebaut und von HS/Ü innerhalb der Arbeitsplatzüberwachung eingesetzt. Das Meßsystem besteht aus dem eigentlichen Detektor und der Auswerteeinheit. Diese Konstruktionsausführung erlaubt es, den Kontaminationsmonitor sowohl als Tischgerät als auch zur Lokalisation von Aktivität einzusetzen. In diesem Fall ist der Detektor lediglich mit einem aufsteckbaren Griff zu versehen. Eine kontinuierliche Zählgaszuführung ist bei diesem Gerät nicht erforderlich. Es ist ohne weiteres möglich, über Wochen ohne Erneuerung der Zählgasfüllung zu arbeiten.

Das neue Meßverfahren und die dafür entwickelte Meßeinrichtung machen es zum ersten Male möglich, im Proportionalzähler gleichzeitig und mit nur einer einzigen Hochspannung α - und β -Impulse vollständig getrennt zu messen. Der grundsätzliche Fehler herkömmlicher Detektoren, daß nämlich α - als β -Strahlung registriert wird, schließt die Methode der Zeitdiskriminierung aus. Die gleichzeitige Messung von α - und β -Impulsen mit nur einer Hochspannung reduziert die Meßzeit für die Auswertung einer Probe bei gleicher Nachweisgrenze, d.h. bei gleicher Meßzeit wie bisher wird die Nachweisgrenze verbessert.

Die Entwicklungsarbeiten am tragbaren α - β -Monitor sind abgeschlossen. Mehrere Geräte befinden sich noch zur Erprobung im routinemäßigen Einsatz. Erste Erfahrungswerte liegen bereits vor.

Zur Zeit erfolgt die Umrüstung eines fensterlosen "Low-level-Meßplatzes" für das Abwasserlabor.

6.8.2 Halbautomatisches Glasdosimeter-Auswertegerät

H.-G. Röber, S. Ugi

Für die Routinedosimetrie war die Bereitstellung eines verbesserten Phosphatglas-Auswertegerätes erforderlich. Da das Gerät über automatische Glaspositionierung und Verschlusssteuerung verfügen muß, waren an einer vorhandenen Toshiba-Optik umfangreiche konstruktive Änderungen zu erarbeiten. Um rechnergesteuerte Kalibriermessungen durchführen zu können, mußten sowohl die Multipliierversorgung als auch der Elektrometerverstärker über entsprechende Interface an einen Frontrechner angekoppelt sein. Ablaufsteuerung und Datenübergabe auf den IEEE 488 Bus werden von einem Einplatinenrechner übernommen. Als besonders kritische Komponente ist auf vorhandenen Geräten die Lichtanregung bekannt. Im Rahmen einer Praktikumsarbeit wurden neue UV-Lampen getestet. Erst nach Untersuchung eines weiteren erst ab Januar 1986 verfügbaren Lampentyps kann hier eine Entscheidung getroffen werden. Unabhängig davon ist derzeit ein schnell justierbares, leicht wechselbares Lampengehäuse in Arbeit, das über einen Drehzahl geregelten Ventilator eine konstante Gehäusetemperatur gewährleistet. Das gesamte Meßgerät ist auf servicefreundlichen Einschüben in einem 19" Gehäuse untergebracht. Der Aufbau der Hardware ist in Kürze abgeschlossen; die Software für Ablaufsteuerung und Kalibrieroutine wird parallel zu umfangreichen Testmessungen erarbeitet.

Nach Umbau des letzten TLD-Meßplatzes, Fabrikat Toledo, werden wie bei allen anderen Meßplätzen die wesentlichen Funktionen vom Rechner gesteuert bzw. Daten an den Rechner übertragen. Als Verbindung Rechner-Meßplatz wird der IEEE 488 Standardbus verwendet. Damit wird neben dem einheitlichen Buskonzept für alle Meßplätze auch ein Softwarekonzept mit gleichen Softwaremodulen ermöglicht.

6.8.3 Untersuchung der Impulshöhenverteilung von He-3 und BF₃-Neutronenzählrohren hinsichtlich Backgroundverhalten und Gammadiskriminierung

E. Borutzki

Die untersuchten He-3- und BF₃-Zählrohre nützen den Neutroneneinfang in He-3 und in B-10 zum Neutronennachweis aus. Es finden hierbei (n,p)- bzw. (n,α)-Kernreaktionen statt bei denen elektrisch geladene Teilchen entstehen, die im Proportionalzählrohr als Impulse registriert werden. Zur Trennung der Neutronenkomponente mittels Diskriminatorschwelle wurde ein Canberra- und Thomson-Vorverstärker eingesetzt. Die Bestrahlung der Zählrohre mit einer moderierten Cf-252-Neutronenquelle führte oberhalb der Diskriminatorschwelle zu einer Impulshöhenverteilung, wie sie am Beispiel des He-3-Zählrohres in Abb. 6/34 wiedergegeben ist. Bei einer zusätzlichen Gammastrahlung hoher Dosisleistung verändert sich jedoch die Impulshöhenverteilung des He-3-Zählrohres. Bei Verwendung des Thomson-Verstärkers erscheint eine ausreichende Trennung mittels Amplitudendiskriminierung nicht möglich, da die Impulse aufgrund der hohen Gammadosisleistung bis in den für die Neutronenkomponente vorgesehenen Kanalbereich aufstockten. Mit einer anderen Canberra-Meßanordnung wurde ebenfalls eine Verschiebung der Diskriminatorschwelle zu höheren Energien hin notwendig. Dies hatte eine Reduzierung der Neutronenzählrate von 20 % bis 35 % zur Folge. Auch beim BF₃-Zählrohr war bei kleinen Impulshöhen ein Aufstocken der Impulse durch Gammastrahlung zu erkennen, das jedoch nicht bis in den für die Neutronenzählung vorgesehenen Kanalbereich reichte. Hier ergab sich keine Verschlechterung des Neutronenansprechvermögens.

Untersuchungen im Temperaturbereich von 20° C bis 45° C zeigten, daß bei beiden Zählrohrtypen nicht mit signifikanten Änderungen der Impulsrate bzw. der Impulshöhenverteilung zu rechnen ist.

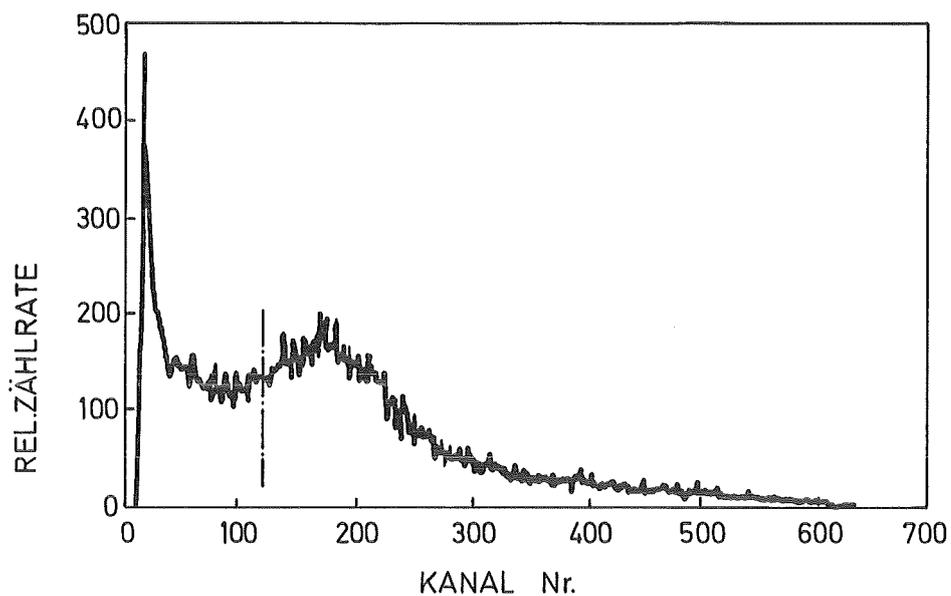


Abb. 6/34: Impulshöhenspektrum eines He-3-Zählrohres im Strahlenfeld einer Cf-252-Neutronenquelle

Mittels Puls-Shape-Verfahren war eine Trennung der Neutronenkomponente von der Gammakomponente und dem Untergrund bei beiden verwendeten Detektortypen nicht möglich. Die zu niedrige Gasverstärkung der Detektoren führte dazu, daß das Nutzsinal nicht vom Grundrauschen getrennt werden konnte.

7 Biophysik

H. Dertinger

Die Bemühungen der seit 1985 bestehenden Abteilung HS/B waren zunächst auf die Beschaffung von Räumen und die Ausstattung der Labors gerichtet. Obwohl die Einrichtungsphase erst im Frühjahr 1986 abgeschlossen sein wird, konnte bereits im August unter provisorischen Bedingungen die F u. E - Tätigkeit aufgenommen werden. Entsprechend den wissenschaftlichen Zielsetzungen der Abteilung (Seite) wurde mit Arbeiten an multizellulären Sphäroiden begonnen, einem dreidimensionalen Kultursystem für Säugetier- und menschliche Zellen, das herkömmlichen Zellkulturverfahren in vielen Funktionen überlegen ist. Im folgenden wird dieses System kurz erläutert und die damit gewonnenen Ergebnisse dargestellt.

Einen weiteren Arbeitsschwerpunkt von HS/B bildet die Untersuchung der interzellulären Kommunikation. Neuere Ergebnisse zeigen, daß dieses Phänomen in ganz entscheidendem Maße die Strahlenempfindlichkeit von Zellen innerhalb eines Gewebeverbandes beeinflussen kann. Über diese Ergebnisse sowie über die eingesetzte Meßtechnik wird ebenfalls berichtet.

7.1 Histologische Untersuchungen an Multizellulären Sphäroiden

G. Knedlitschek, H. Dertinger

7.1.1 Sphäroide als Gewebemodell

Zahlreiche Zell-Linien menschlichen und tierischen Ursprungs lassen sich unter geeigneten Kulturbedingungen zur Aggregation bringen. Handelt es sich um Virus-transformierte Zellen oder um Tumorzellen, so besitzen solche Aggregate zusätzlich die Fähigkeit, durch Teilung ihrer Zellen zu wachsen. Da bei dem Kulturverfahren in der Regel keine Vorzugsrichtung gegeben ist, nehmen die Aggregate meist nahezu Kugelgestalt an, woraus sich die Bezeichnung "Sphäroide" herleitet. Gegenüber den herkömmlichen Einschichtkulturen (Monolayern) haben Sphäroidkulturen eine Reihe von entscheidenden Vorteilen:

(1) Die Zellen nehmen in Sphäroiden ihre natürliche räumliche Anordnung und Gestalt an, während sie im Monolayer extrem abgeflacht sind.

(2) Die Wechselwirkungsmöglichkeiten der Zellen mit ihren Nachbarn sind im Sphäroid erheblich größer als im Monolayer und entsprechen den Verhältnissen in einem realen Gewebe.

(3) Durch die dreidimensionale (sphärische) Zellenanordnung entstehen in Sphäroiden radiale Konzentrationsgradienten und damit treibende Kräfte für metabolische Fluxe, die in den Zellen morphologische und funktionelle Differenzierungsprozesse auslösen können. In Monolayern können sich solche "morphogenen" Gradienten nicht ausbilden, da alle Zellen hinsichtlich des metabolischen Austauschs mit dem Nährmedium gleichberechtigt sind.

Von allen derzeit bekannten in vitro Systemen scheint das Sphäroidsystem die meisten Anforderungen, die an ein realistisches Gewebemodell zu stellen sind, zu erfüllen. Allerdings gibt es bislang praktisch keine vergleichende Stoffwechsel-Untersuchungen zwischen Sphäroiden und realem Gewebe. Die Arbeiten von HS/B sollen unter anderem diese Lücke schließen helfen und damit dazu beitragen, den Einsatz der Sphäroide als wirklichkeitsnahes Testobjekt für ein breites biomedizinisches Anwendungs-Spektrum zu ermöglichen.

7.1.2 Die Zellarchitektur in Sphäroiden

Das Ausmaß der morphologischen Differenzierung in Geweben läßt sich aus histologischen Untersuchungen erkennen. Deshalb wurden zunächst von einigen strahlenbiologisch relevanten Zellarten, unter ihnen menschliche Krebszellen und frisch isolierte Ratten-Leberzellen, Sphäroide hergestellt und histologisch charakterisiert. Zur Gewinnung der Sphäroide wurden die Zellen in hoher Dichte auf Bakterien-Petrischalen gesät. Durch das Fehlen einer Oberflächenbehandlung auf diesen Kulturschalen wird die Zell-Anheftung weitgehend unterdrückt und es kommt bei sehr vielen Zell-Linien zur Aggregation. Durch geeignete Maßnahmen (z. B. Modifizierung des Kulturmediums) können sich die anfänglich losen Zellverbände zu sehr kompakten und Scherkraft unempfindlichen Aggregaten verdichten. Diese werden dann in spezielle Kulturflaschen ("Spinner-Flaschen") überführt und weiter kultiviert.

Zur lichtmikroskopischen Darstellung der inneren Struktur wurden die Sphäroide nach chemischer Fixierung in Paraffin-ähnliches Material ("Paraplast") eingebettet. Die anschließend mit einem Mikrotom angefertigten Schnitte wurden zur Sichtbarmachung der Zellstrukturen angefärbt. Parallel hierzu wurden Sphäroide zur elektronenmikroskopischen Inspektion in Epoxy-Harz eingebettet und geschnitten. Die folgenden Schnittbilder sollen einen Eindruck von den strukturellen Besonderheiten einiger Sphäroide vermitteln. Bei Abb. 1 handelt es sich um einen Sphäroiden von XP-Zellen, die mit dem SV 40 - Virus transformiert sind. Sie stammen aus der Haut eines Xeroderma-Pigmentosum-Patienten. Diese auf einem genetischen Defekt beruhende Krankheit äußert sich in einer Hypersensibilität gegenüber UV-Strahlung. Die typisch vernetzte und verschlungene Anordnung der Zellen im Sphäroid erinnert deutlich an ihre Herkunft aus dem Bindegewebe. Sie wird auch aus der elektronenmikroskopischen Untersuchung deutlich (Abb. 2).

Ein völlig anderes Bild bieten Sphäroide aus HELA-Zellen in Abb. 3, die aus einem menschlichen Cervix-Carcinom stammen. Dem Herkunftsgewebe entsprechend handelt es sich um epitheloide Zellen ohne Fortsätze. Die äußere Zellschicht weist, im Gegensatz zu Abb. 1, eine regelmäßige Anordnung mit typischen Merkmalen eines Epithels auf; die Elektronenmikroskopie zeigt darüber hinaus, daß die äußeren Zellen mit sog. Microvilli besetzt sind. Bei den inneren Zellen ist keine derartige Differenzierung festzustellen; sie erscheinen willkürlich angeordnet.

Ein im Vergleich zu diesen transformierten Zellen erheblich ausgeprägteres Differenzierungsbild zeigen Sphäroide aus Ratten-Leberzellen, die durch Leberperfusion junger Ratten mit Collagenase gewonnen wurden. Da mit gereinigten Hepatozyten gearbeitet wurde (z. B. ohne Endothelzellen), war nicht zu erwarten, daß in den Sphäroiden völlig intakte, nicht-pathologische Strukturen nachgebildet werden. Dennoch weisen die Schnittbilder eine große Ähnlichkeit mit realem Lebergewebe auf. So etwa bilden sich interzelluläre Hohlräume und Spalten aus, die ihrer Struktur nach Gallekanälchen und rudimentäre Gefäßkapillaren darstellen. Abb. 4 zeigt die elektronenmikroskopische Aufnahme eines geschnittenen Gallekanälchens, welches sich entlang der Berührungslinie zweier Zellen ausgebildet hat. Die beiderseits des Kanälchens sichtbaren dunklen Stellen sind sog. "Junctional Complexes", die unter anderem für die Abdichtung des Kanälchens gegen den Zellzwischenraum verantwortlich sind.

In Abb. 5 erkennt man am Berührungspunkt von vier Hepatozyten einen Hohlraum, in den die Membranen der angrenzenden Zellen Microvilli vorschieben. Lage und Struktur dieses Hohlräumchen lassen darauf schließen, daß es sich hier um den Versuch des Sphäroidgewebes handelt, eine Gefäßkapillare anzulegen, zu deren Auskleidung allerdings die Endothelzellen fehlen. Die Abbildungen 1 bis 5 belegen, daß Sphäroide eine ausgeprägte innere Struktur besitzen, die typischen Merkmale des Ursprunggewebes aufweist. Damit eignet sich dieses Kultursystem für Untersuchungen unter Gewebe-äquivalenten Bedingungen, die bislang vorwiegend Tierexperimente erforderten. Es kann daher in gewissem Umfang zur Einsparung von Tierversuchen dienen, ein Aspekt, der ebenfalls weiter verfolgt werden soll.

7.2 Untersuchung der Strahlenempfindlichkeit und der interzellulären Kommunikation in Sphäroiden

K. F. Weibezahn und H. Dertinger

In den zurückliegenden Jahren wurden Sphäroide hauptsächlich auf dem Gebiet der angewandten Krebsforschung eingesetzt. Dabei kam es aber nur in seltenen Fällen zu gezielteren Untersuchungen der grundlegenden biologischen Eigenschaften dieses Systems, auf deren Basis die beobachteten Effekte erklärt werden können. Tatsächlich erhält man mit Sphäroiden Ergebnisse, die von den mit herkömmlichen Zellkulturen (z. B. Monolayern) erhaltenen erheblich abweichen können. Die tiefgreifenden Unterschiede zwischen Monolayern und Sphäroiden treten besonders bei der Ermittlung der zellulären Strahlenempfindlichkeit zu Tage.

7.2.1 Die Strahlenempfindlichkeit von Sphäroidzellen

Jüngste Arbeiten der Abteilung zeigen, daß Sphäroidzellen häufig eine höhere Strahlendosis für ihre Abtötung benötigen, als die entsprechenden Monolayerzellen. Diese Resistenz-erhöhung korreliert mit der Fähigkeit der Zellen zur interzellulären Kommunikation, deren Messung im nächsten Abschnitt erläutert wird. Tabelle 1 zeigt diese sog. "Kontakt-Resistenz" am Beispiel einer Abtötung von Mäusezellen in Kultur durch Co- γ -Strahlung mit einer Dosis von 4,5 Gy. Die beiden Zell-Linien "L" und "3T3" haben als Monolayer exakt gleiche Strahlenempfindlichkeit. Werden sie jedoch als Sphäroide kultiviert und bestrahlt, so steigt bei den 3T3-Zellen die Überlebensrate auf das Vierfache, während sie bei den L-Zellen auf dem Monolayer-Wert verbleibt. Die Resistenz-Erhö- hung in den 3T3-Sphäroiden ist eine Folge der starken Kommunikation zwischen den Zellen bei dieser Zell-Linie; die L-Zellen sind demgegenüber Kommunikations-inkompetent.

Dieses Beispiel zeigt, daß man aus Untersuchungen mit herkömmlichen Monolayer-Kulturen zu einer Fehleinschätzung (Überschätzung) der Strahlenempfindlichkeit kommen kann. Dieser Sachverhalt ist sowohl für den Strahlenschutz als auch für die Strahlentherapie von bösartigen Tumoren von großer Bedeutung, da in den meisten Expositions-Situationen in vivo die Zelle Bestandteil eines Gewebes ist, dessen Strahlenreaktion durch das Sphäroid-Modell besser wiedergegeben wird als durch Monolayer. Tatsächlich wurde die Kontakt-Resistenz auch in soliden experimentellen Tiertumoren nachgewiesen und korreliert auch hier, soweit bisher von uns untersucht, mit der interzellulären Kommunikation.

7.2.2 Interzelluläre Kommunikation und deren Messung

Unter den vielfältigen Möglichkeiten der Kommunikation zwischen Zellen kommt der direkten Wechselwirkung über spezifische Porensysteme, die sog. "Gap-Junctions", eine herausragende biologische Bedeutung zu. So spielen die Gap Junctions bei scheinbar so unterschiedlichen Prozessen wie Embryogenese, Cancerogenese und Teratogenese eine ausschlaggebende Rolle. Dabei handelt es sich um Ereignisse, die eine Änderung des zellulären Differenzierungs- zustandes beinhalten. Einer der Mechanismen, über den Gap Junctions mit der Zelldifferenzierung interferieren, dürfte der interzelluläre Austausch von kleinen Signalmolekülen (cyk- lisches AMP) und Ionen durch die Gap Junction-Poren sein. Dieser Ionenaustausch und die daraus resultierende elektrische Zellkopplung bietet neben der Elektronenmikroskopie die zuverlässigste Nachweismöglichkeit für Gap-Junction-vermittelte interzelluläre Kommunikation. Sie wird auch bei HS/B eingesetzt.

Die Messung der elektrischen Zellkopplung erfolgt auf mikroelektrodentechischem Wege. Unter dem Mikroskop werden mit Hilfe von Manipulatoren feinste mit KCl gefüllte Glas-Kapillaren in benachbarte Zellen eingestochen. Gelingt es, ein elektrisches Signal in die Nachbarzelle zu

übertragen, d. h. mit der dort eingestochenen Elektrode zu registrieren, so ist der Nachweis für die Zellkommunikation erbracht. Das Prinzipschaltbild der von uns benutzten Meßanordnung ist in Abb. 6 dargestellt. Um die Ohm'sche Belastung der Zellen so gering wie möglich zu halten, besitzen alle Meßkanäle Eingangswiderstände von mindestens $10^{12}\Omega$. Neben dem Meßsignal registriert man in den Zellen außerdem noch deren Ruhepotential (PD). Der Meßkanal 1 (Injektorzelle) dient zur Kontrolle der korrekten Signalinjektion. Durch leichte Modifizierung der Meßanordnung gelingt auch die Quantifizierung der elektrischen Kopplungsstärke.

Mit dieser Technik wurden von uns zahlreiche Zell-Linien in Form von Monolayern, Sphäroiden oder Gewebeproben auf interzelluläre Kommunikation untersucht. Die stärkste elektrische Kopplung zeigten dabei Fibroblasten verschiedener Herkunft, unter ihnen auch Glioblastomzellen. Wir vermuten, daß die von den Krebstherapeuten beobachtete hohe Strahlenresistenz der Gliome mit ihrer hohen Zellkommunikation im Sinne einer ausgeprägten Kontakt-Resistenz zusammenhängt.

Die Rolle der Zellkommunikation bei der Kontakt-Resistenz ist bisher nicht verstanden und bedarf deshalb eingehender biochemischer Untersuchung. Wahrscheinlich ist die Kontakt-Resistenz die Folge einer funktionellen (stoffwechselfähigen ?) Differenzierung, die Zellen im dreidimensionalen Verband unter dem Einfluß der Zellkommunikation vollziehen. Der Aufklärung dieser Zusammenhänge kommt insbesondere im Hinblick auf eine Beeinflussung der Strahlenempfindlichkeit mit kommunikationsändernden Stoffen große Bedeutung zu. Auch mit Blick auf den geplanten Einsatz von Sphäroiden zur Erforschung der strahleninduzierten Krebsentstehung ist die Beantwortung dieses Fragenkomplexes von großer Bedeutung.

	Monolayer	Sphäroide	Zellkommunikation
L	13	14	-
3T3	13	52	-

Tab. 7/1: Prozentuale Überlebensrate von zwei verschiedenen Mäusezelllinien ("L" und "3T3") nach 4,5 Gy Co- - Bestrahlung. Die Zellen wurden als Monolayer und als Sphäroide bestrahlt, und die Überlebensrate nach dem Kolonienbildungskriterium bestimmt.

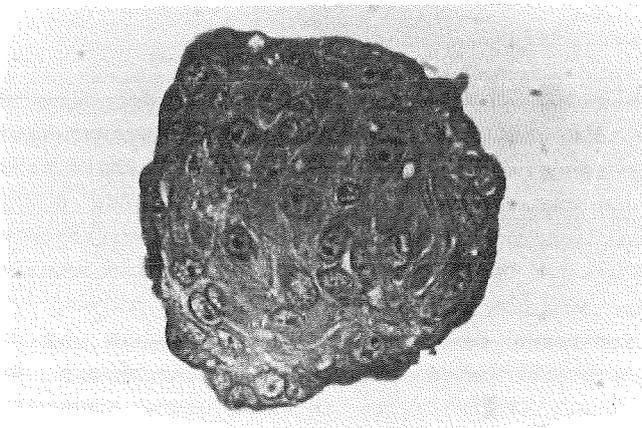


Abb. 7/1: Lichtmikroskopische Aufnahme des Dünnschnittes durch einen Sphäroiden aus transformierten menschlichen Hautfibroblasten mit einem genetischen Defekt (Xeroderma pigmentosum). Mittlerer Durchmesser ca. 0,2 mm

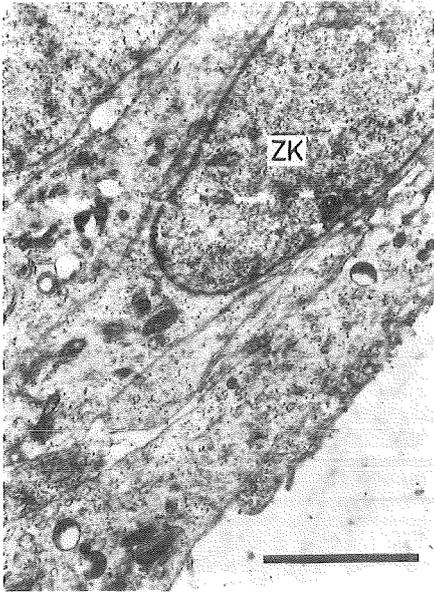


Abb. 7/2: Elektronenmikroskopische Aufnahme des Schnittes durch einen Sphäroiden aus XP-Zellen (vgl. Abb. 1). ZK: Zellkern; Balkenlänge: 0,005 mm

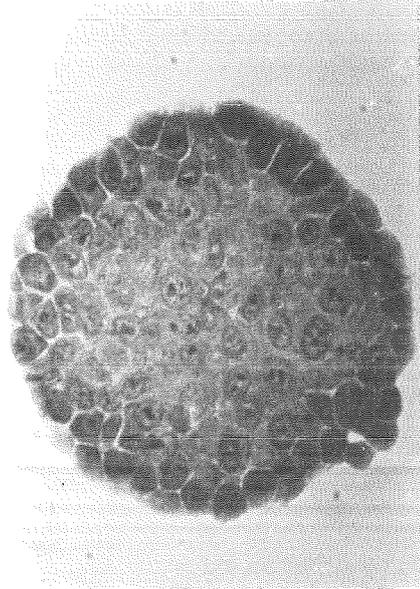


Abb. 7/3: Lichtmikroskopische Aufnahme des Dünnschnittes durch einen Sphäroiden aus Zellen eines menschlichen Cervix-Carzinoms (HELA). Mittlerer Durchmesser ca. 0,2 mm

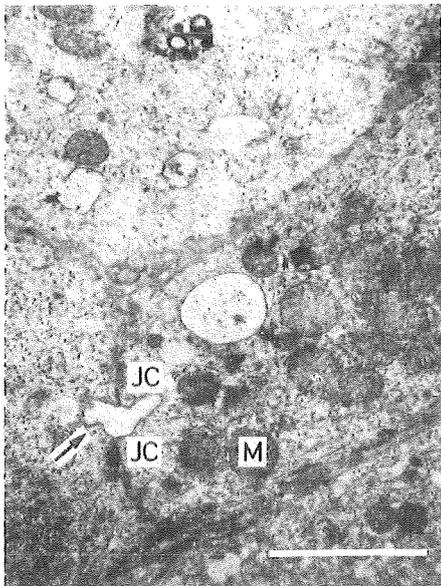


Abb. 7/4: Elektronenmikroskopische Aufnahme des Schnittes durch einen Sphäroiden aus Ratten-Leberzellen (Hepatozyten) mit Galle-Kanälchen (Pfeil!). M: Mitochondrien; JC: Junctional Complexes; Balkenlänge: 0,005 mm

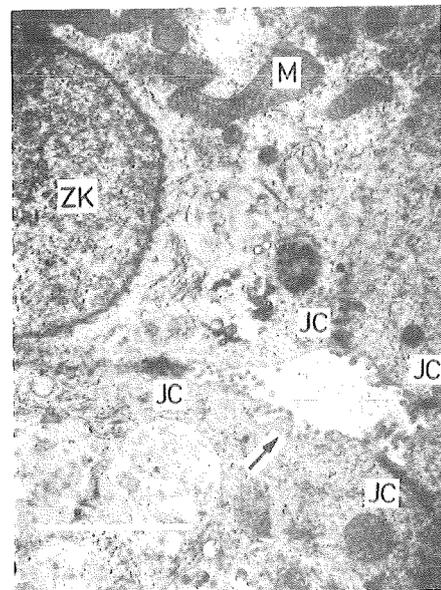


Abb. 7/5 Elektronenmikroskopische Aufnahme des Schnittes durch einen Sphäroiden aus Ratten-Leberzellen (Hepatozyten) mit Gefäß-artigem Hohlraum (Pfeil!). ZK: Zellkern; M: Mitochondrien; JC: Junctional Complexes; Balkenlänge: 0,005 mm

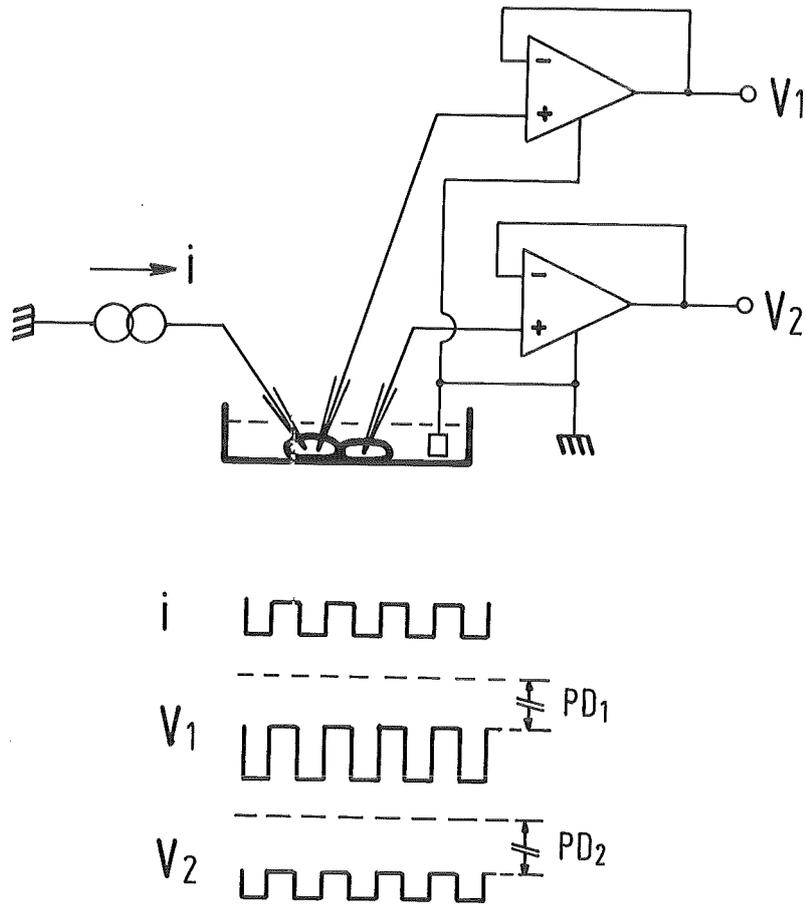


Abb. 7/6: Blockschaltbild der Apparatur zur Messung der elektrischen Zellkopplung mit Hilfe von Mikro-Kapillaren. In die linke Zelle wird ein definiertes Rechteck-Signal (i) eingespeist, das im Meßkanal 1 eine Rechteckspannung induziert. Beim Vorliegen einer elektrischen Kopplung zwischen den beiden Zellen wird auch im Meßkanal 2 ein Spannungsabfall registriert. Die Spannungssignale V_1 und V_2 enthalten neben dem Rechteck-Testsignal auch negative Gleichspannungskomponenten (PD), herrührend vom Ruhepotential der Zellen (Größenordnung mV)

8 Bibliographie, Beratertätigkeit

8.1 Veröffentlichungen 1985

- (1) Bohn, B., Schüttelkopf, H.
Radiochemical determination of Tc-99 in gaseous and liquid effluents and environmental samples by liquid scintillation counting.
Internat. Contact Seminar in Radioecology, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, S, July 8-12, 1985
- (2) Burgkhardt, B.
Anwendung von TLD-Systemen in der Personendosimetrie und Umgebungsüberwachung.
Strahlentherapie, 161 (1985) S. 84-85
- (3) Burgkhardt, B., Piesch, E., Urban, M.
Measurement of the neutron dose equivalent component of the natural background using electrochemically etched polycarbonate detector and boron-10 radiator.
13th Internat. Conf. on Solid State Nuclear Track Detectors, Roma, I, September 23-27, 1985
- (4) Doerfel, H., Graffunder, H.
Untersuchung der Röntgen-Störstrahlung von Bildschirmgeräten.
KfK-3923 (August 1985)
- (5) Doerfel, H., Graffunder, H.
Strahlenexposition an Bildschirmarbeitsplätzen. Untersuchung der betriebsbedingten Röntgen-Strahlung von Video-Terminals und Fernsehempfängern.
18. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Lübeck-Travemünde, 6.-10. Okt. 1985. Strahlenexposition der Bevölkerung, Redaktion: K. Henning, FS-85-37-T (Dezember 1985) S. 512-523
- (6) Doerfel, H., Graffunder, H., Piesch, E.
Measurement of the effective dose equivalent due to low-energy X-rays emitted from video display terminals and colour television sets.
Workshop on Dosimetry of Beta Particles and Low Energy X-rays, Saclay, F, October 7-9, 1985
- (7) Höfert, M., Piesch, E.
Neutron dosimetry with nuclear emulsions.
Radiation Protection Dosimetry, 10 (1985) S. 189-195
- (8) Ing, H., Piesch, E. (Hrsg.)
Neutron dosimetry in radiation protection.
Radiation Protection Dosimetry, 10 (1985) S. 1-4
- (9) Ing, H., Piesch, E.
Status of neutron dosimetry.
Radiation Protection Dosimetry, 10 (1985) S. 5-15
- (10) Khazal, A. K. M., Piesch, E.
Thermoluminescence of gamma irradiated makrofol E polycarbonate above room temperature and its application for dosimetry.
Nuclear Instruments and Methods A, 234 (1985) S. 367-372

- (11) Kiefer, H., Koelzer, W., König, L. A. (Hrsg.), alle Mitarbeiter der Hauptabteilung Sicherheit (Autoren)
Jahresbericht 1984 der Hauptabteilung Sicherheit.
KfK-3883 (April 1985)
- (12) Kiefer, H., Koelzer, W.
Hauptabteilung Sicherheit des Kernforschungszentrums Karlsruhe.
Deutsche Gesellschaft für Chemisches Apparatewesen (Hrsg). Achema-Jahrbuch 1985, Bd. 1, S. 404-407
- (13) Kiefer, H., Leidner, L., Sadri, I.
Großflächenproportionalzählrohr.
DE-OS 33 38 454 (02.05.1985)
GB-OS 21 50 743 (03.07.1985)
- (14) König, L. A.
Können die radioaktiven Emissionen kerntechnischer Anlagen eine Ursache für die neuartigen Waldschäden sein?
Strahlung und Radionuklide in der Umwelt. Tagung der Arbeitsgemeinschaft der Großforschungseinrichtungen, Bonn, 8.-9. November 1984. Bonn: AGF (1984) S. 54-59
- (15) König, L. A.
Umweltradioaktivität und Kerntechnik als mögliche Ursache von Waldschäden?
KfK-Nachrichten, 17 (1985) S. 22-31
- (16) König, L. A.
Waldschäden in der näheren Umgebung von Emittenten radioaktiver Stoffe?
KfK-Nachrichten, 17 (1985) S: 167-171
- (17) König, L. A.
Der Strahlenunfall von Juarez - Eine Literaturlauswertung.
18. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Lübeck-Travemünde, 6.-10. Okt. 1985. Strahlenexposition der Bevölkerung, Redaktion: K. Henning, FS-85-37-T, S. 283-291
- (18) König, L. A.
Gibt es einen Zusammenhang zwischen Umweltradioaktivität und Waldschäden?
Symp. 'Neue Ursachenhypothesen' des Fortbildungszentrums Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e. V., Berlin, 16.-17. Dezember 1985
- (19) Liese, Th.
Zur Bestimmung von Elementen in Pflanzen- und Bodenproben mittels sequentieller ICP-AES.
Fresenius Zeitschrift für Analytische Chemie, 321 (1985) S. 37-44
- (20) Liese, Th.
Die Analytik von Elementen im Rahmen der Bestimmung von Transferfaktoren Boden/Pflanze.
KfK-3830 (Februar 1985)
- (21) Liese, Th., Schmidt, W.
Der Einfluß von Cobalt, Chrom und Blei auf Pflanzen am Beispiel des Grases Lolium multiflorum.
KfK-3996 (Dezember 1985)

- (22) Liese, Th.
Probleme bei der Bestimmung von Thorium und seltenen Erden in Böden mittels ICP-AES.
3. Colloquium Atomspektrometrische Spurenanalytik, Konstanz, 18.-21. März 1985
- (23) Liese, Th.
The analysis of elements within the framework of soil to plant transfer factor evaluation.
Internat. Contact Seminar in Radioecology, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, S, July 8-12, 1985
- (24) Liese, Th., Schmidt, W.
Investigation on the root uptake of Co, Pb and Cr in grass.
Internat. Contact Seminar in Radioecology, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, S, July 8-12, 1985
- (25) Piesch, E.
Calibration techniques for personnel dosimeters in stray neutron fields.
Radiation Protection Dosimetry, 10 (1985) S. 159-173
- (26) Piesch, E., Burgkhardt, B.
Albedo neutron dosimetry.
Radiation Protection Dosimetry, 10 (1985) S. 175-188
- (27) Piesch, E., Burgkhardt, B., Comper, W.
The single sphere albedo system - a useful technique in neutron dosimetry.
Radiation Protection Dosimetry, 10 (1985) S. 147-157
- (28) Piesch, E., Burgkhardt, B., Röber, H. G.
Festkörperdosimeter.
DE-OS 33 32 965 (28.03.1985)
- (29) Piesch, E., Burgkhardt, B., Anton, R.
Dose rate measurements in the beta-photon radiation field from UO_2 pellets and glazed ceramics containing uranium.
Workshop on Dosimetry of Beta Particles and Low Energy X-rays, Saclay, F, October 7-9, 1985
- (30) Piesch, E., Urban, M.
Dosimetric properties of different CR-39 plastics used as neutron recoil track etch detector.
13th Internat. Conf. on Solid State Nuclear Track Detectors, Roma, I, September 23-27, 1985
- (31) Pimpl, M., Schmidt, W., Schüttelkopf, H.
Experimentelle Untersuchungen des Boden/Pflanzen-Transfers von Pu, Am, Cm und Np in einem Gewächshaus für radioökologische Studien.
Strahlung und Radionuklide in der Umwelt. Tagung der Arbeitsgemeinschaft der Großforschungseinrichtungen, Bonn, 8.-9. November 1984. Bonn: AGF, 1984, S. 25-27
- (32) Pimpl, M., Bohn, B., Lancsarics, G.
Investigation of the migration behavior of H-3, Tc-99, Np-237, Pu-238, Am-241, and Cm-244 in soil columns by irrigation with complexing agents.
Internat. Contact Seminar in Radioecology, Swedish University of Uppsala, S, July 8-12, 1985

- (33) Pimpl, M., Schmidt, W.
Investigation of the root uptake of Np, Pu, Am, and Cm in grass, wheat, maize, and potatoes.
Internat. Contact Seminar in Radioecology, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, S, July 8-12, 1985
- (34) Pimpl, M., Schüttelkopf, H.
Radioecological studies on plutonium in the surroundings of the Karlsruhe Nuclear Research Center (KfK). A summary of the results from 1969 to 1984.
Internat. Contact Seminar in Radioecology, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, S, July 8-12, 1985
- (35) Pimpl, M., Schüttelkopf, H.
A fast radiochemical procedure to measure sequentially Pu, Am, Cm, and Np in environmental samples.
Internat. Contact Seminar in Radioecology, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, S, July 8-12, 1985
- (36) Pimpl, M., Schüttelkopf, H.
The measurement of plutonium in environmental samples and in gaseous and liquid effluents of nuclear installations.
Internat. Contact Seminar in Radioecology, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, S, July 8-12, 1985
- (37) Schieferdecker, H., Dilger, H., Doerfel, H., Rudolph, W., Anton, R.
Inhalation of U aerosols from UO₂ fuel element fabrication.
Health Physics, 48 (1985) S. 29-48
- (38) Schieferdecker, H., Henrichs, K., Koelzer, W.
Vorschlag für die Ableitung von Grenzwerten für die Hautkontamination und -dekontamination.
GSF-Bericht 11/85 (April 1985)
- (39) Schmidt, W., Liese, Th.
The function of earthworms in pollutant mobilisation in the soil - investigations of Pb, Co, Cr, Ni, and Cd migration in soil columns due to earthworms.
Internat. Contact Seminar in Radioecology, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, S, July 8-12, 1985
- (40) Schmidt, W., Pimpl, M.
The measurement of transfer factors in an air conditioned greenhouse at the Karlsruhe Nuclear Research Center - a survey of procedures used for soil contamination and plant cultivation in radioecological research studies.
Internat. Contact Seminar in Radioecology, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, S, July 8-12, 1985
- (41) Schmidt, W., Liese, Th.
Der Boden/Pflanzen-Transfer anorganischer Schadstoffe am Beispiel von Cobalt.
Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft der Großforschungseinrichtungen (AGF), Bonn, 6. November 1985
- (42) Schmidt, W.
Schwermetallgehalte in einigen Düngern.
Vortrag, Siedlungsbund, Kreisverband Karlsruhe, Karlsruhe, 22. November 1985

- (43) Schmitz, J., Olkis, A., Klenk, H., Bächmann, K.
Radioökologische Untersuchungen im Raum Mährling/Poppenreuth (Opf).
KfK-3940 B (Mai 1985)
- (44) Schmitz, J.
Untersuchung bergmännischer und industrieller Rückstandshalden auf eine mögliche Freisetzung natürlicher radioaktiver Elemente.
Glückauf-Forschungshefte, 46 (1985) S. 200-202
- (45) Schmitz, J., Klein, H.
Untersuchung bergmännischer und industrieller Rückstandshalden in Niedersachsen auf eine mögliche Freisetzung radioaktiver Elemente.
KfK 3981 B (Oktober 1985)
- (46) Schmitz, J.
Investigation of mine and industry dumps in the FRG in relation to a possible release of natural radioactive elements.
Seminar of Exposure to Enhanced Natural Radiation and its Regulatory Implications, Maastricht, NL, March 25-27, 1985.
The Science of the Total Environment, 45 (1985) S. 85-91
- (47) Schüttelkopf, H., Schmidt, W., Liese, Th., Pimpl, M., Gamer, K., Hefner, G., Hiller, J., Sollich, T.
Untersuchung des physikalischen und chemischen Verhaltens biologisch besonders wirksamer Radionuklide in der Umwelt.
In: Projekt Nukleare Sicherheit. Jahresbericht 1984.
KfK-3550 (Juni 1985) S. 4800/1-4800/25
- (48) Strack, S., Müller, A., Riedl, A.
Mikrobiologische Einflüsse auf die Mobilität und die Bioverfügbarkeit von Radionukliden in Böden und Sedimenten.
In: Projekt Nukleare Sicherheit. Jahresbericht 1984.
KfK-3550 (Juni 1985) S. 4800/26-4800/30
- (49) Strack, S., Unger, H.
Wassertransport und Wasserumsätze in kranken und gesunden Fichten.
Statusseminar 'Wirkungen von Luftverunreinigungen auf Waldbäume und Waldböden', Jülich, 2.-4. Dezember 1985
- (50) Unger, H., Strack, S.
Untersuchungen des Wasserzustandes von geschädigten und ungeschädigten Fichten mit Hilfe von Tritium.
Vortrag, Statuskolloquium des PEF, Karlsruhe, 5.-7. März 1985
KfK-PEF 2 (April 1985) S. 189-197
- (51) Urban, M., Kiefer, H.
Strahlenbelastung durch Radon in Wohnhäusern.
Strahlung und Radionuklide in der Umwelt. Tagung der Arbeitsgemeinschaft der Großforschungseinrichtungen, Bonn, 8.-9. November 1984. Bonn: AGF, 1984, S. 13-15
- (52) Urban, M., Binns, D. A. C., Estrada, J. J.
Radon measurements in mines and dwellings.
KfK-3866 (Januar 1985)
CNEN-1101 (Januar 1985)

- (53) Urban, M., Wicke, A., Kiefer, H.
Bestimmung der Strahlenbelastung der Bevölkerung durch Radon und dessen kurzlebige Zerfallsprodukte in Wohnhäusern und im Freien.
KfK-3805 (September 1985)
- (54) Urban, M., Kiefer, H.
Passives Dosimeter.
DE-OS 34 04 301 (08.08.1985)
GB-OS 21 56 572 (09.10.1985)
- (55) Urban, M., Kiefer, H.
Indoor and outdoor natural radiation survey programmes. Aspects of instrumentation and organisation, results.
Vortrag, Seminar on Exposure to Enhanced Natural Radiation and its Regulatory Implications, Maastricht, NL, March 25-27, 1985
- (56) Urban, M.
Passive one-element track etch dosimeter for simultaneous measurement of radon, thoron and decay products in air.
13th Internat. Conf. on Solid State Nuclear Track Detectors, Roma, I, September 23-27, 1985
- (57) Urban, M., Kiefer, H.
Passive Radondosimeter - für große Meßserien geeignete Meßverfahren.
18. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Lübeck-Travemünde, 6.-10. Okt. 1985. Strahlenexposition der Bevölkerung, Redaktion: K. Henning, FS-85-37-T, S. 139-156
- (58) Vogt, S., Thomas, P.
Analysis of tetroon flights performed during the PUKK meso-scale experiments.
De Wispelaere, C. (Hrsg.)
14th Internat. Technical Meeting on Air Pollution Modeling and its Application, Copenhagen DK, September 27-30, 1983. Proc. New York (u. a.): Plenum Publ. Co 1985, S. 375-388
- (59) Vogt, S., Neumann-Hauf, G.
Vergleich der Ausbreitungsmodelle UFOMOD und MESOS.
Comparison of the UFOMOD and MESOS atmospheric dispersion models.
KfK-3566 (November 1983)
KfK-3566e (April 1985)
- (60) Wicke, A., Schmier, H.
Radon in Wohnungen.
18. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Lübeck-Travemünde, 6.-10. Okt. 1985. Strahlenexposition der Bevölkerung, Redaktion: K. Henning, FS-85-37-T, S. 157-180
- (61) Winter, M.
Die Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen.
Hacke, J. (Hrsg.)
Strahlenschutz: Wissenschaftliche Grundlagen, rechtliche Regelungen, praktische Anwendungen; Kompendium der Sommerschule Strahlenschutz (Berlin 1985). Berlin: Hoffmann, 1985, S. 1-13

- (62) Wittek, P., Hübschmann, W., Vogt, S.
Influence of the atmospheric dispersion model modifications on the results of the German Reactor Risk Study.
Bork, G., Rininsland, H. (Hrsg.)
5th Internat. Meeting on Thermal Nuclear Reactor Safety, Karlsruhe, Sept. 9-13, 1984.
Proc. Vol. III
KfK-3880/3B (Dezember 1984) S. 2016-2024
- (63) Gibson, J. A. B., Piesch, E.
Neutron Monitoring for Radiological Protection.
Technical Report Series No. 252, International Atomic Energy Agency, Wien (1985)

8.2 Beratertätigkeit

"Notfallschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen", Ausschuß bei der Strahlenschutzkommission, BMI (Koelzer)

"Radioaktivität und Waldschäden", Arbeitsgruppe des Ausschusses Radioökologie bei der Strahlenschutzkommission, BMI (König)

"Sedimentforschung", Arbeitsgruppe des Ausschusses Radioökologie bei der Strahlenschutzkommission, BMI (Winter)

"Radioaktive Mineralien", ad hoc-Arbeitsgruppe des Ausschusses Strahlenschutztechnik bei der Strahlenschutzkommission, BMI (Kiefer, Schmitz)

"Radon in Wohnräumen", ad hoc-Arbeitsgruppe des Ausschusses Strahlenschutztechnik bei der Strahlenschutzkommission, BMI (Kiefer, Urban)

"Novellierung der Strahlenschutzverordnung", BMI (Kiefer)

"Strahlenschutz im Uranerz- und anderem Bergbau", Arbeitskreis des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie Baden-Württemberg (Kiefer, Schmitz)

"Beirat des Normenausschusses Kerntechnik", Deutsches Institut für Normung, DIN (Kiefer)

"Strahlenschutztechnik", Fachbereich 2 des Normenausschusses Kerntechnik des DIN (Kiefer, Piesch)

"Nachweisgrenzen radioaktiver Stoffe", Normenausschuß Kerntechnik des DIN (Berger, Winter)

"Oberflächendekontaminationsverfahren", Normenausschuß Kerntechnik des DIN (Berger)

"Radioaktivitätsüberwachung der Luft", Normenausschuß Kerntechnik des DIN (Berger)

"Sicherheitsanforderungen an die Aufbewahrung radioaktiver Stoffe", Normenausschuß Kerntechnik des DIN (Roock)

"Umgebungsüberwachung", Normenausschuß Kerntechnik des DIN (Piesch)

"Umschlossene Strahler", Normenausschuß Kerntechnik des DIN (Doerfel)

"Dosimetrie", Arbeitsausschuß des Normenausschusses Radiologie des DIN (Piesch)

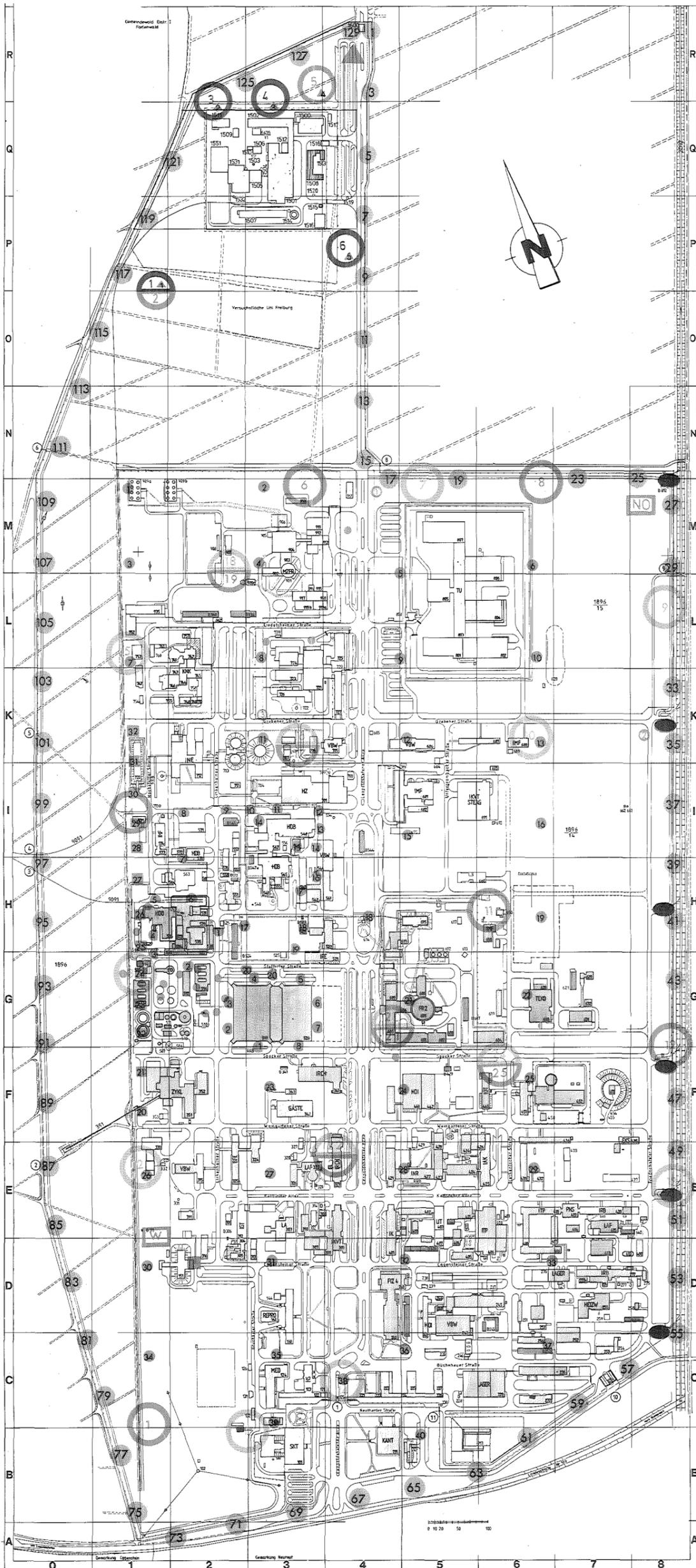
- "Neutronendosimetrie", Normenausschuß Radiologie des DIN (Piesch)
- "Thermolumineszenzdosimetrie", Normenausschuß Radiologie des DIN (Piesch)
- "Arbeitsplatzüberwachung", Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz (Berger)
- "Dosismessung externer Strahlung", Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz (Burgkhardt, Piesch)
- "Inkorporationsüberwachung", Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz (Dilger, Doerfel)
- "Umweltüberwachung", Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz (Winter)
- "Standpunkte zu Fragen des Strahlenschutzes", Arbeitsgruppe des Fachverbandes für Strahlenschutz (Kiefer, Koelzer)
- "Messung von Pu in der Lunge", Arbeitsgruppe der Direktion Gesundheitsschutz, Euratom (Doerfel)
- "Strahlenschutzkriterien für die Wiederverwertung von Materialien beim Abbau von Atomanlagen", Arbeitsgruppe gemäß Artikel 31 des Euratomvertrages, Euratom (Dilger)
- "Strahlenschutzmedizin", Beirat des Instituts für Strahlenschutz des Hauptverbandes der Berufsgenossenschaften (Kiefer)
- "Arbeitssicherheit", Arbeitskreis des Landesverbandes Südwestdeutschland der gewerblichen Berufsgenossenschaften (Windbühl)
- "Informationskreis Kernenergie", Deutsches Atomforum (Koelzer)
- "Öffentlichkeitsarbeit und Presse", Deutsches Atomforum (Koelzer)
- "Arbeitsgruppe Schriften", Deutsches Atomforum (Koelzer)
- "Kernenergie im gesellschaftlichen Umfeld", Deutsches Atomforum (Koelzer)
- "Geheimchutz in der Wirtschaft - Personeller Geheimchutz", Landesstelle für Betriebsschutz, Stuttgart (Wolf)
- 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 Working Group "Assessment of Occupational Exposures to External Irradiation for Monitoring Purposes (Piesch)
- OECD/IAEA Working Group "Long Term Aspects of Uranium Mill Tailings" (Schmitz)
- OECD/NEA Working Group "Radon Monitoring" (Urban)
- Zeitschrift "Nuclear Tracks and Radiation Measurement", Pergamon Press, Editorial Advisory Board (Piesch)

Zeitschrift "Radiation Protection Dosimetry", Nuclear Technology Publishing, Editorial Board
(Piesch)

"Durchfluß und Menge", Gemeinschaftsausschuß der Gesellschaft für Meß- und Regeltechnik
(Schmitz)

"Fachliche Berater der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen"; Regierungs-
präsidium Karlsruhe (Winter)

"Radioaktivität", Arbeitskreis 2 der Fachgruppe Wasserchemie in der Gesellschaft Deutscher
Chemiker (Erat)



LEGENDE

Bearbeitungsstand: Oktober 1984

ZÄHLROHR-MONITOR-ANLAGE

- Niederdosisleistungsmeßstelle
GM-Zählrohr, Meßbereich: $10^{-1} - 10^2 \mu\text{Sv/h}$
- Hochdosisleistungsmeßstelle
GM-Zählrohr, Meßbereich: $10^{-4} - 10 \text{ Sv/h}$
- $(\beta + \gamma)$ -Strahlungspegelmeßstelle
GM-Zählrohr, Meßbereich: $3,3 - 3,3 \cdot 10^3$ Impulse pro Sekunde

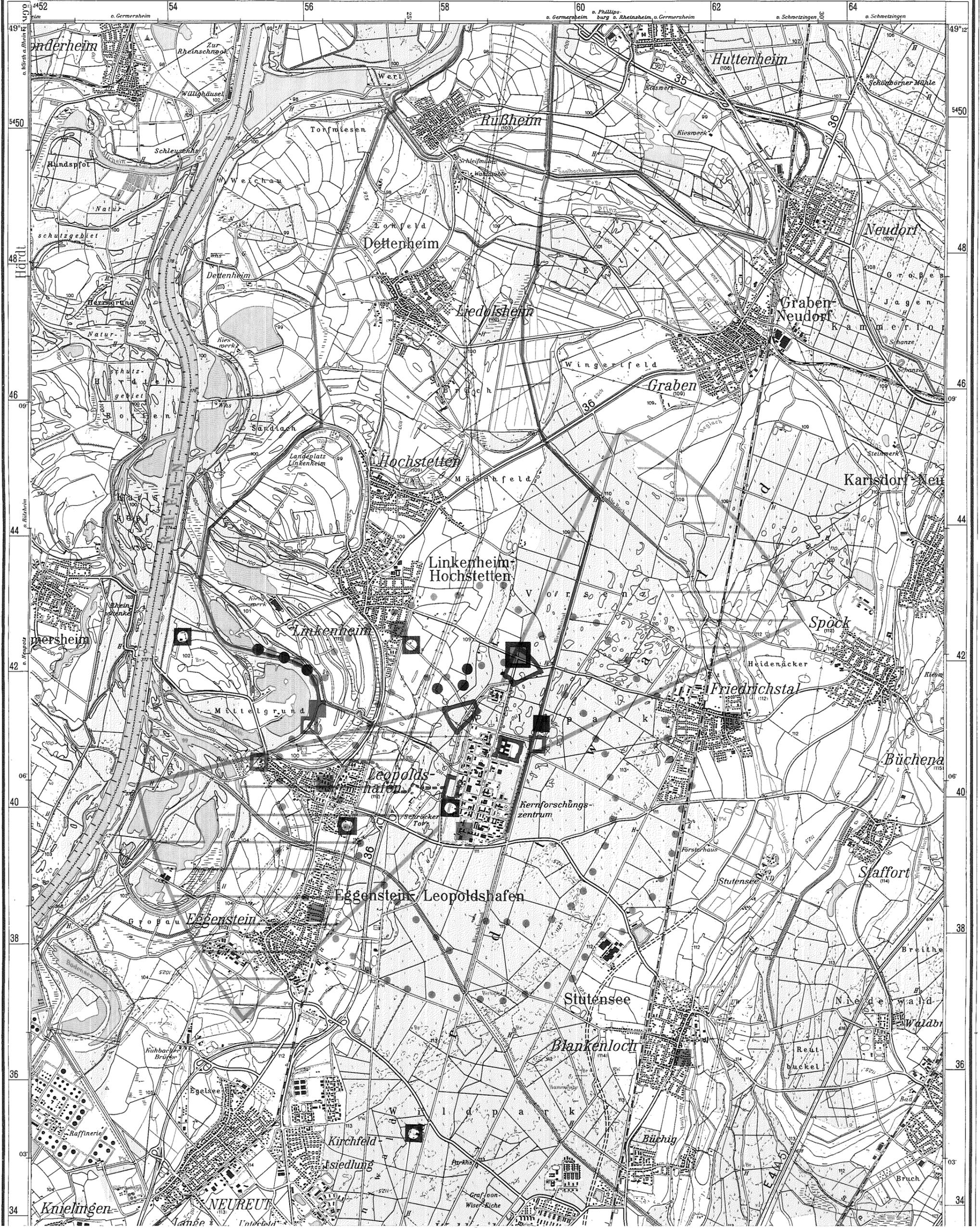
FESTKÖRPERDOSIMETER

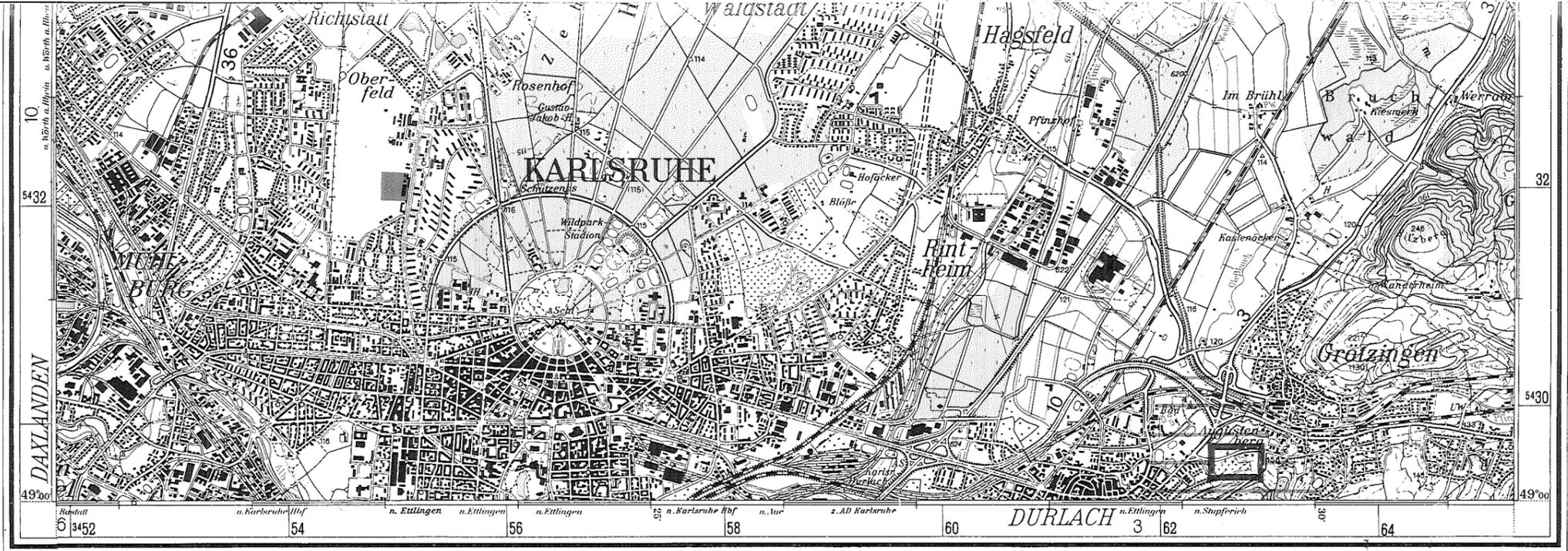
- Dosimeter zur Überwachung der Grenze des betrieblichen Überwachungsbereiches (129 Standorte)
- Dosimeter zur Überwachung der westlichen Betriebsgeländegrenze im Bereich der HDB (13 Standorte)
- Dosimeter zur Überwachung des Betriebsgeländezaunes der HDB (20 Standorte)
- Dosimeter zur Überwachung der 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 γ -Dosisleistungsmeßanlage und mit Sammel-einrichtungen für Niederschläge, Aerosole (auf Faserfiltern) und elementares Jod (auf Aktivkohle)
- Meßhütte Nordost
wie Meßhütte West, jedoch außerdem mit Sammel-einrichtung für Oberflächenwasser aus dem Hirschkanal
- Niederschlagssammelstelle WAK
- Niederschlagssammelstelle
- zur Überwachung der Tritiumkonzentration (3 Standorte)
- 6 Sandfänge der Regen- und Kühlwasserkanalisation des KfK
- Grundwasserkontrollbrunnen
- Wasserwerk

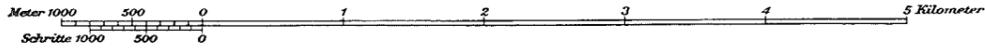
Lageplan der Meßstellen und Probenahmeeinrichtungen innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches des Kernforschungszentrums Karlsruhe





Legende

Bearbeitungsstand Oktober 1984



Ausschnitt aus der topographischen Karte L 6916, Karlsruhe-Nord; mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Baden-Württemberg

- | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|--|---------------------------|--|---|--|---|--|------------------------------|
| | Zählrohraußenstation | | Trinkwasser (Wasserwerke) | | Seston und kontinuierliche Probenahme von Oberflächenwasser | | Vorflutkanal der Abwässer des KfK zum Altrhein | | Boden |
| | Festkörperdosimeter | | Grundwasser (Brunnen) | | Schlamm | | Verlauf der als Vorfluter dienenden Oberflächengewässer | | Landwirtschaftliche Produkte |
| | Aerosole | | Oberflächenwasser | | Fisch und Wasserpflanzen | | | | Hauptwindrichtungs-sektoren |

Lageplan der Meß- und Probenahmestellen zur Umgebungsüberwachung des Kernforschungszentrums Karlsruhe