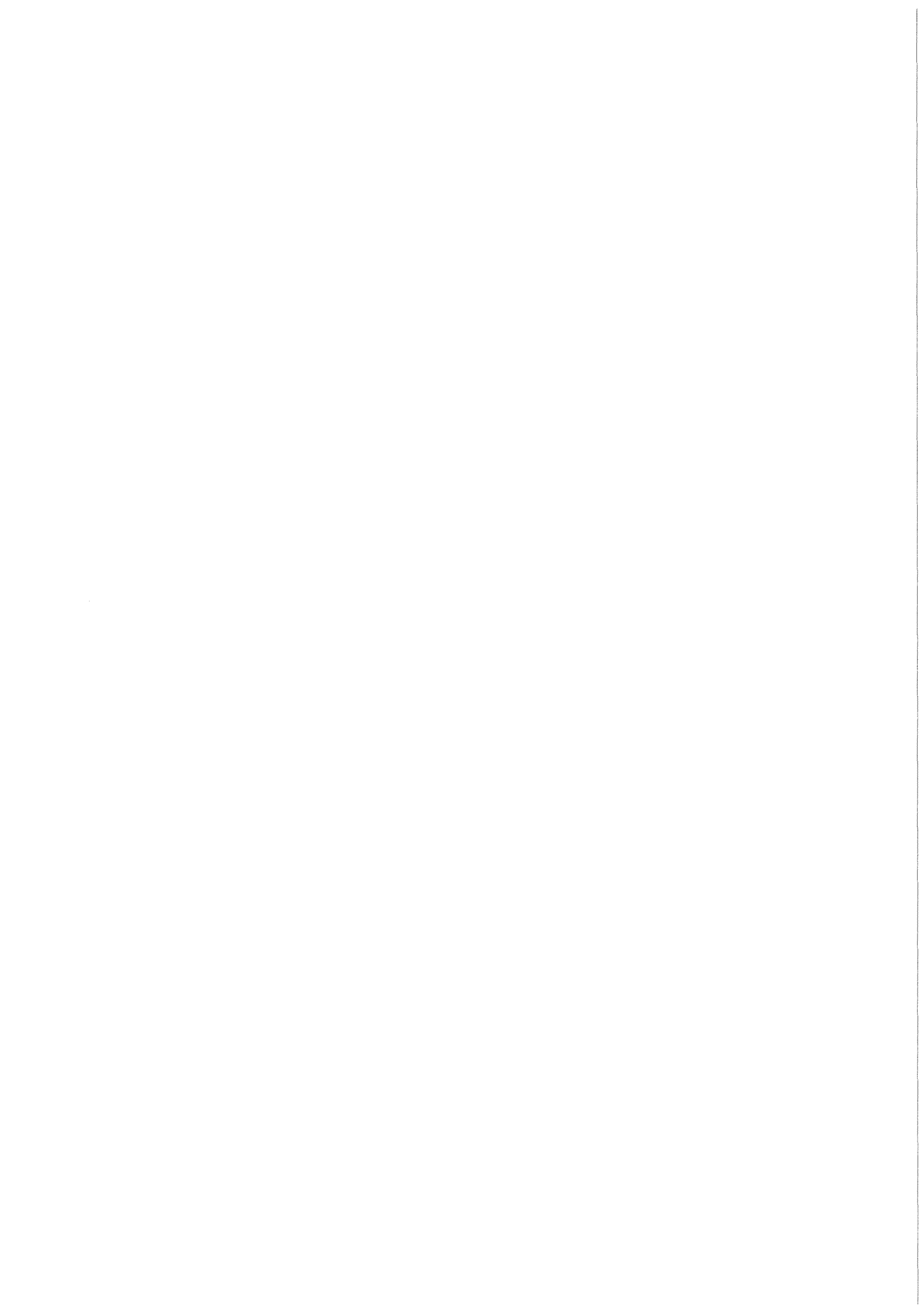


KfK 3883
April 1985

Jahresbericht 1984 der Hauptabteilung Sicherheit

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

Kernforschungszentrum Karlsruhe



KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE
Hauptabteilung Sicherheit

KfK 3883

Jahresbericht 1984
der Hauptabteilung Sicherheit

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

An der Erarbeitung dieses Berichtes waren
alle Mitarbeiter der Hauptabteilung beteiligt

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

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

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
ISSN 0303-4003

Zusammenfassung

Der Sicherheitsbeauftragte 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: Experimentelle Unterstützung der Entwicklung numerischer Modelle der Ausbreitung und des Austausches von Schadstoffen in der Atmosphäre im mesoskaligen Bereich, Untersuchungen des physikalischen und chemischen Verhaltens biologisch besonders wirksamer Radionuklide in der Umwelt, der mikrobiologischen Einflüsse auf die Mobilität und Bioverfügbarkeit von Radionukliden in Böden und Sedimenten, des Wasserhaushaltes von erkrankten und gesunden Bäumen sowie Verbesserungen in der Strahlenschutzmeßtechnik.

Der vorliegende Bericht informiert über die einzelnen Aufgabengebiete, gibt die Ergebnisse der Routineaufgaben im Jahre 1984 wieder und berichtet über Untersuchungsergebnisse und Entwicklungen der verschiedenen Arbeitsgruppen der Hauptabteilung.

Central Safety Department, Annual Report 1984

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: atmospheric diffusion of nuclear pollutants, physical and chemical behavior of biologically particularly active radionuclides, microbiological influence on the behavior of radionuclides in soils and sediments, improvement in radiation protection measurement and personnel dosimetry.

This report gives details of the different duties, indicates the results of 1984 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 Neuregelung der Terminüberwachung für die ärztlichen Untersuchungen gemäß § 67 StrlSchV und § 42 RöV	14
2.1.4 Personenüberwachung	17
2.1.5 EDV-Einsatz für administrative Strahlenschutzaufgaben	18
2.1.6 Ergebnisse der Personendosisüberwachung	19
2.1.7 Durchführung der Bestimmungen des § 20 a der Strahlenschutzverordnung	22
2.1.8 Durchführung der Röntgenverordnung	23
2.1.9 Wiederkehrende Prüfungen	25
2.2 Arbeitsschutz	29
2.2.1 Betriebsüberwachung	29
2.2.2 Arbeitsplatzüberwachung	31
2.2.3 Unfallgeschehen	34
2.2.4 Sicherheitsinformationen und Ausbildung	37
2.2.5 Arbeitsschutzausschuß	38
2.2.6 Sonderaktionen auf Teilgebieten des Arbeitsschutzes	38
2.2.6.1 Schwerpunktüberprüfung von Betrieben mit umweltgefährdenden und gefährlichen Stoffen	38
2.2.6.2 Durchführung von Brandverhütungsschauen	39
2.2.6.3 Sachkundigenprüfungen an Betriebsfahrzeugen	41
2.2.6.4 Überprüfung von Drehstühlen	42
2.2.7 Zur Terminüberwachung von arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen	42
2.3 Kernmaterialüberwachung	43
2.3.1 Gesetzliche Grundlagen und Struktur der Kernmaterialüberwachung der KfK	43
2.3.2 Inspektionen durch EURATOM und IAEO	44
2.3.3 Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung von Kernmaterial	46
2.3.4 EDV-Einsatz zur Buchführung der Kernmaterialüberwachung	47
2.3.5 Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung sonstiger radioaktiver Stoffe	49
2.4 Einsatzplanung für Störfälle und Unfälle und Einsatzleitung	53
2.4.1 Der Einsatzleiter vom Dienst	53
2.4.2 Statistik der EvD-Einsätze	54
2.4.3 Meldepflichtige Ereignisse	57
2.4.4 Weiterbildung der EvD und Aktualisierung der Einsatzhilfsmittel	59
2.4.5 Alarmübungen	60
2.4.6 Allgemeine Sicherheitsregelung	61
2.5 Abfallwirtschaft	63
2.5.1 Entsorgung von inaktiven Abfällen	63
2.5.2 Behandlung und Deponierung von Chemieklärschlämmen	64
2.5.3 Überwachung der internen und externen Abfallbehandlung	65
2.5.4 Zwischenfall bei einem Entsorgungsvorgang	66
3. Sicherung	68
3.1 Objektsicherungsdienst	68
3.1.1 Diensthundestaffel	69
3.1.2 Alarmzentrale	70
3.2 Ausbildung	71
3.3 Ermittlungsdienst	72
3.4 Zentrale KfK-Güterkontrolle	73

	Seite	
3.5	Personenüberprüfung und Kontrolldienste	73
3.5.1	Personenüberprüfung	73
3.5.2	Ausweisbüro	74
3.5.3	Ausländerbetreuung	74
3.5.4	Empfangsdienst, Buskontrollen	74
3.6	Verkehrsdienst	75
3.7	Technische Sicherungssysteme	81
3.7.1	Rechnergestütztes Zugangskontrollsystem bei HDB	81
3.7.2	Prüfung eines Mikrowellen-Richtstreckensystems	82
4.	Strahlenschutzüberwachung	83
4.1	Arbeitsplatzüberwachung im KfK	84
4.1.1	Personendosimetrie mit Taschenionisationskammer	85
4.1.2	Oberflächenkontaminationen	85
4.1.3	Raumluftaktivitäten	85
4.1.4	Personenkontaminationen	87
4.2	Summendosen	87
4.3	Arbeitsplatzüberwachung in der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe	88
4.4	Strahlenschutzmeßlabor	93
4.5	Transporte radioaktiver Stoffe unter Verantwortung der KfK GmbH	95
4.6	Kontrolle von wiederverwertbaren Reststoffen und Abfällen	96
5.	Radioökologie	98
5.1	Berichte über Routineüberwachung	99
5.1.1	Abluft	99
5.1.2	Abwasser	105
5.1.3	Umgebung	109
5.1.3.1	Auflagenbedingte Routineüberwachung	109
5.1.3.2	Ergänzende Überwachung	118
5.1.4	Spektrometrische Untersuchungen	119
5.1.5	Radiochemie	120
5.2	Ergebnisse radioökologischer Forschungsarbeiten	122
5.2.1	Die Radioökologie des Tritiums	122
5.2.1.1	Tritiumkonzentrationen in pflanzlichen Nahrungsmitteln aus den Hauptausbreitungssektoren	122
5.2.1.2	Radioökologische Untersuchungen in der Umgebung des Rheinniederungskanaals	123
5.2.1.3	Radioökologische Langzeituntersuchung über Tritium in Bäumen	126
5.2.1.4	Untersuchungen der Wasserversorgung von gesunden und erkrankten Bäumen	127
5.2.2	Mikrobiologischer Einfluß auf das Retentionsverhalten von I-125 in humusreichem Waldboden	132
5.2.3	Die Radioökologie von Transuranen, Technetium, Blei und Aktivierungsprodukten und natürlichen Radionukliden	135
5.2.3.1	Der Boden/Pflanzen-Transfer von Aktiniden	137
5.2.3.2	Die Neptuniumaufnahme in Gras (<i>Lolium multiflorum</i>)	139
5.2.3.3	Zur Migration von H-3, Tc-99, Np-237, Pu-238, Am-241 und Cm-244 in Erdsäulen	141
5.2.3.4	Die Aktiniden- und Sr-90-Emissionen mit der Abluft wichtiger Emittenten des KfK und der WAK sowie mit dem Abwasser des KfK	145
5.2.3.5	Pu-241 in Emissionen und in der Umgebung des KfK	146
5.2.3.6	Die konventionelle Analytik von Boden- und Pflanzenproben	148
5.2.3.6.1	Die Bestimmung von Elementen in Pflanzen- und Bodenproben mittels Atomemissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma und Atomabsorptionsspektrometrie	148
5.2.3.6.2	Analytik von Anionen mittels Ionenchromatographie	151

	Seite	
5.2.3.7	Aufnahme von Cobalt, Blei und Chrom in Gras in Abhängigkeit von der Topfgröße und der Schwermetallkonzentration	153
5.2.3.8	Die Verteilung von Schwermetall im Boden durch Regenwürmer	155
5.2.3.9	Entwicklung einer Methode zur homogenen und sicheren Einbringung von Radioaktivität in den Boden	155
5.2.3.10	Radiochemische Bestimmung von Tc-99 und Emissionen von Tc-99 aus kerntechnischen Anlagen	157
5.2.3.11	Natürliche Radionuklide in Umweltproben	159
5.2.4	Messung der mit der Fortluft abgeleiteten radioaktiven Aerosole durch γ -Spektrometrie	161
6.	Dosimetrie	162
6.1	Dosismessung zur Orts- und Personenüberwachung	162
6.1.1	Personendosimetrie	163
6.1.2	Ortsdosimetrie	164
6.2	Photonendosimetrie	164
6.2.1	Untersuchungen der Thermolumineszenz von Polykarbonaten nach Gamma- bestrahlung	164
6.2.2	Dosimetrische Untersuchungen von natürlichen Thermolumineszenzmaterialien	166
6.2.3	Anwendung eines Enelement-Personendosimeters zur Eigenüberwachung und amtlichen Kontrollmessung	166
6.2.4	Kalibrierung von Dosisleistungsmeßgeräten im Bereich des natürlichen Strahlenpegels	168
6.2.5	Messung der betriebsbedingten Strahlenemission von Bildschirmgeräten	170
6.3	Neutronendosimetrie	173
6.3.1	Energieunabhängige Messung der Neutronenäquivalentdosis mit einem Drei- detektorsystem	173
6.3.2	Passives Neutronendosimeter zum Messen des natürlichen Neutronen- strahlungspegels	176
6.3.3	Einfluß von Streustrahlung auf den Kalibrierfaktor von Neutronendosimetern	178
6.4	Strahlenexposition durch Radon und Zerfallsprodukte	180
6.4.1	Entwicklung eines passiven Radondosimeters zur gleichzeitigen Messung der Radon- und Thoronkonzentration sowie der Gleichgewichtsfaktoren	180
6.4.2	Erprobung eines im Helm integrierten Dosimeters zur Bestimmung der Strahlenexposition der Lunge von Bergarbeitern	183
6.4.3	Abschluß der Radonerhebungsmessungen	186
6.4.4	Untersuchungen der Wirksamkeit baulicher Maßnahmen zur Reduzierung der Strahlenexposition in Häusern	190
6.4.5	Untersuchung bergmännischer und industrieller Rückstandshalden in Nieder- sachsen	191
6.5	Inkorporationsmessung	192
6.5.1	Routine- und Sondermessungen	192
6.5.2	Cs-137-Erhebungsmessungen	195
6.5.3	Neue Innenauskleidung für die Meßzelle des Lungenzählers	197
6.5.4	Bestimmung von Absorberdicken aus den Spektren von NaI(Tl)-Detektoren	198
6.5.5	Unterscheidung zwischen innerer und äußerer Kontamination bei der In-vivo- Messung	200
6.5.6	Aktivitäten im Nasen-Rachen-Abstrich und in den Stuhlausscheidungen bei Inhalation	202
6.6	Strahlenschutzmeßtechnik	203
6.6.1	Aufgaben	203
6.6.2	Wartung und Reparatur	204
6.6.3	Routinekalibrierung	205
6.6.4	Amtliche Eichabfertigungsstelle	206

	Seite	
6.6.5.	Dichtheitsprüfungen	206
6.7	Arbeiten zur Strahlenschutzmeßtechnik	207
6.7.1	Tragbarer Kontaminationsmonitor zur gleichzeitigen Messung von α - und β - Teilchen	207
6.7.2	Umrüstung der Routinmeßplätze zur Dosimeterauswertung	208
6.7.3	Funktionserweiterungen am PL-Auswertegerät Toshiba FGD-3B	210
6.7.4	Ausbau eines TL-Auswertegerätes für Hochtemperaturaufheizung	211
7.	Umweltmeteorologie	212
7.1	Auswertung meteorologischer Messungen	212
7.1.1	Ausbreitungsstatistik	212
7.1.2	Weitergabe meteorologischer Daten	214
7.2	Meßwerterfassung und -verarbeitung	214
7.2.1	Betrieb des <u>Meteorologischen Informations-Systems</u> (MIS)	214
7.2.2	Meßeinrichtung	216
7.3	Doppler-SODAR	217
7.3.1	Allgemeines	217
7.3.2	Vergleich der Meßwerte vom Mast und vom SODAR-B2	218
7.3.3	Bestimmung der Ausbreitungskategorie aus Meßdaten des SODAR-R	221
7.4	Tetroonflüge und Tracerexperimente	223
7.4.1	Meßkampagnen	223
7.4.1.1	Tetroonflüge und Tracerexperimente in der Umgebung des KfK	223
7.4.1.2	Tetroonflüge beim Öresund-Experiment/Schweden	223
7.4.1.3	Tetroonflüge bei Brasimone/Italien	226
7.4.1.4	Tetroonflüge im Südschwarzwald	226
7.5	Wechselwirkungen zwischen Kühlturm- und Abgasfahnen	227
7.5.1	Simulation der dynamischen Wechselwirkung im Windkanal	227
7.5.2	Simulation der heterogenen Sulfatbildung	228
7.6	Methodologie der Unfallfolgenermittlung	231
7.6.1	Atmosphärische Ausbreitung unter Berücksichtigung der Topographie	231
7.6.1.1	Topographische Klassifizierung der Standorte kerntechnischer Anlagen	231
7.6.1.2	Rechnungen mit dem Unfallfolgenmodell UFOMOD	232
7.6.2	Auswahl von Wetterabläufen im Unfallfolgenmodell	233
7.7	Strahlenexposition in der Umgebung des KfK	234
7.7.1	Berechnungsgrundlagen	234
7.7.1.1	Meteorologische Parameter	234
7.7.1.2	Dosisfaktoren	235
7.7.1.3	Einteilung der radioaktiven Emissionen in Nuklidgruppen und Einzelnuclide	236
7.7.1.4	Dosisberechnungsverfahren	237
7.7.2	Vorausgeschätzte Strahlenexposition auf der Basis des vorläufigen Abluft- planes 1985	238
7.7.3	Strahlenexposition durch die im Jahre 1984 mit der Abluft abgeleitete Aktivität	244
7.7.4	Strahlenexposition durch die mit der Abluft der WAK im Jahre 1983 abgeleitete Aktivität	244
8.	Bibliographie, Beratertätigkeit	248
8.1	Veröffentlichungen 1984	248
8.2	Beratertätigkeit	255

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 Reorganization of Monitoring Dates for Medical Examinations According to Sec. 67 of the Radiation Protection Ordinance and Sec. 42 of the X-ray Ordinance	14
2.1.4 Personnel Monitoring	17
2.1.5 EDP in Administrative Work Associated with Radiation Protection	18
2.1.6 Results of Personnel Dose Monitoring	19
2.1.7 Implementation of the Provisions of Sec. 20 a of the Radiation Protection Ordinance	22
2.1.8 Implementation of the X-ray Ordinance	23
2.1.9 In-service Inspections	25
2.2 Industrial Safety	29
2.2.1 Inspection of Facilities and Operations	29
2.2.2 Work Place Monitoring	31
2.2.3 Occupational Accidents	34
2.2.4 Safety Information and Safety Instructions	37
2.2.5 Industrial Safety Committee	38
2.2.6 Special Campaigns in Restricted Fields of Industrial Safety	38
2.2.6.1 Inspection of Institutions Handling Environmentally Hazardous and Dangerous Substances	38
2.2.6.2 Organization Fire Prevention Demonstrations	39
2.2.6.3 Inspections of Service Vehicles by Experts	41
2.2.6.4 Inspections of Swivel Chairs	42
2.2.7 On Monitoring Dates for Checkups Required in Industrial Medicine	42
2.3 Nuclear Material Safeguards	43
2.3.1 Legal Basis and Organization of Nuclear Material Safeguards at KfK	43
2.3.2 Inspections by EURATOM and IAEA	44
2.3.3 Central Accountancy for Nuclear Material Recording and Reporting	46
2.3.4 EDP in Nuclear Material Accountancy for Safeguarding Purposes	47
2.3.5 Central Accountancy for Recording and Reporting Other Radioactive Materials	49
2.4 Emergency Planning for Incidents and Accidents and Emergency Management	53
2.4.1 The Squad Leader in Charge	53
2.4.2 Statistics of Interventions by Squad Leader in Charge	54
2.4.3 Notifiable Events	57
2.4.4 In-career Training of Squad Leaders in Charge and Updating of Instruments for Interventions	59
2.4.5 Alarm Drills	60
2.4.6 General Safety Regulations	61
2.5 Waste Management	63
2.5.1 Disposal of Non-radioactive Waste	63
2.5.2 Treatment and Transfer to Dumping Sites of Chemical Sewage Sludges	64
2.5.3 Monitoring Internal and External Waste Treatment	65
2.5.4 Incident During a Disposal Operation	66
3. Security	68
3.1 Plant Security Police	68
3.1.1 Watch Dogs	69
3.1.2 Alarm Center	70

VIII

	Page	
3.2	Instruction	71
3.3	Investigation Office	72
3.4	Goods Inspection	73
3.5	Personal Security Investigation, Supervision	73
3.5.1	Personal Security Investigation	73
3.5.2	Identity Office	74
3.5.3	Foreign Bureau	74
3.5.4	Reception Office	74
3.6	Traffic Service	75
3.7	Technical Security Systems	81
3.7.1	Computer Aided Access Control System	81
3.7.2	Test of a Microwave Detection System	82
4.	Radiation Protection	83
4.1	Radiation Protection at the Work Place	84
4.1.1	Personal Monitoring by Pocket Ionization Chamber	85
4.1.2	Surface Contaminations	85
4.1.3	Room Air Contaminations	85
4.1.4	Contaminations of Persons	87
4.2	Collective Dose	87
4.3	Radiation Protection at the Decontamination Plant	88
4.4	Measurements at the Radiation Protection Laboratory	93
4.5	Transport of Radioactive Materials	95
4.6	Radioactivity Survey of Reusable Materials and Waste	96
5.	Radioecology	98
5.1	Reports on Routine Monitoring	99
5.1.1	Exhaust Air	99
5.1.2	Liquid Effluents	105
5.1.3	Environment	109
5.1.3.1	Routine Monitoring Required by Authorities	109
5.1.3.2	Supplementary Monitoring Measures	118
5.1.4	Spectrometric Investigations	119
5.1.5	Radiochemical Investigations	120
5.2	Results of Radiochemical Research Work	122
5.2.1	Radioecology of Tritium	122
5.2.1.1	Tritium Concentrations in Plant Food Grown in the Main Dispersion Sectors	122
5.2.1.2	Radioecological Studies in the Environment of the Rheinniederungskanal	123
5.2.1.3	Radioecological Long-term Studies Concerning Tritium in Trees	126
5.2.1.4	Investigation of the Water Conditions in Healthy and Damaged Trees	127
5.2.2	Microbiological Influences on the Behavior of Iodine-125 in Humus Soil	132
5.2.3	The Radioecology of Transuranium Elements, Technetium, Lead and Activation Products, and Natural Radionuclides	135
5.2.3.1	The Soil-to-plant Transfer of Actinides	137
5.2.3.2	The Uptake of Neptunium in Grass (<i>Lolium multiflorum</i>)	139
5.2.3.3	The Migration Behavior of H-3, Tc-99, Np-237, Pu-238, Am-241, and Cm-244 in Soil Columns	141
5.2.3.4	The Actinides and Sr-90 Emissions with the Exhaust Air of Important Emittents of the KfK and the WAK and with the Liquid Effluents of KfK	145
5.2.3.5	Pu-241 Emissions and Concentrations in the Surroundings of KfK	146
5.2.3.6	The Conventional Analysis of Soil and Plant Samples	148
5.2.3.6.1	The Determination of Elements in Plant and Soil Samples by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry and Atomic Absorption Spectrometry	148

	Page	
5.2.3.6.2	Analysis of Anions by Ion Chromatography	151
5.2.3.7	Uptake of Cobalt, Lead, and Chromium in Grass in Relation to Pot Size and Heavy Metal Concentration in the Soil	153
5.2.3.8	Experimental Investigation of the Distribution of Pollutions in Soils Caused by Earth Worm Activity	155
5.2.3.9	Development of a New Method to Contaminate Soils Homogeneous and Safe	155
5.2.3.10	Radiochemical Determination of Tc-99 and Emissions of Tc-99 Out of Nuclear Installations	157
5.2.3.11	Natural Radionuclides in Environmental Samples	159
5.2.4	Gamma spectrometric Measurement of Radioactive Aerosols Discharged with the Vent Air	161
6.	Dosimetry	162
6.1	Dose Measurement for Personnel and Area Monitoring	162
6.1.1	Personal Dosimetry	163
6.1.2	Area Dosimetry	164
6.2	Photon Dosimetry	164
6.2.1	Investigation of Thermoluminescence in Polycarbonate Detectors after Gamma Irradiation	164
6.2.2	Dosimetric Investigation of Natural Thermoluminescent Materials	166
6.2.3	Application of an One-element Personal Dosemeter for Local and Centralized Evaluation	166
6.2.4	Calibration of Dose Rate Meters in the Range of the Natural Radiation Background Level	168
6.2.5	Measurement of the Radiation Emitted by TV Sets	170
6.3	Neutron Dosimetry	173
6.3.1	Energy Independent Measurement of Neutron Dose Equivalent Using a Three-Detector-System	173
6.3.2	Passive Neutron Dosemeter for the Measurement of the Natural Neutron Radiation Background	176
6.3.3	Influence of Scattered Radiation on the Calibration Factor of Neutron Dosimeters	178
6.4	Radiation Exposure of Radon and Decay Products	180
6.4.1	Development of a Passive Radon Dosemeter for the Simultaneous Measurement of Radon and Thoron Concentration as well as Equilibrium Factors	180
6.4.2	Test of a Helmet Integrated Dosemeter for the Estimation of Lung Exposure of Mine Workers	183
6.4.3	Final Report of the Radon Survey Program	186
6.4.4	Investigation of the Efficiency of Changes in the Construction to Reduce Radiation Exposure in Houses	190
6.4.5	Investigation of Mine and Industrial Dumps in Niedersachsen	191
6.5	Incorporation Measurements	192
6.5.1	Routine and Special Measurements	192
6.5.2	Cs-137 Statistic Measurements	195
6.5.3	New Inner Lining of the Lung Counter Shielding Room	197
6.5.4	Estimation of Absorber Thickness Using NaI(Tl) Detector Spectra	198
6.5.5	Discrimination of Internal and External Contamination for In-vivo Measurements	200
6.5.6	Radioactivity in Nose-Throat Samples and Fecal Excretion after Inhalation	202
6.6	Radiation Protection Measuring Equipment	203
6.6.1	Task	203
6.6.2	Maintenance and Repair	204
6.6.3	Routine Calibration	205
6.6.4	Official Calibration Service	206
6.6.5	Leak Tests	206

	Page	
6.7	Activities in Radiation Protection Measuring Technique	207
6.7.1	Portable Contamination Monitor for the Simultaneous Measurement of α - and β -Particles	207
6.7.2	Change of Routine Measurement Equipments for Dosimetry	208
6.7.3	Operational Extension of the Toshiba Reader FGD-3B	210
6.7.4	Completion of a TL Reader for High Temperature Heating	211
7.	Meteorology of the Environment	212
7.1	Evaluation of Meteorological Measurements	212
7.1.1	Diffusion Statistics	212
7.1.2	Call for Meteorological Data by other Institutes	214
7.2	Recording and Evaluation of Measured Data	214
7.2.1	Operation of the Meteorological Information System (MIS)	214
7.2.2	Measuring Equipment	216
7.3	Doppler SODAR	217
7.3.1	General	217
7.3.2	Comparison of Tower Data and SODAR-B2 Data	218
7.3.3	Determination of the Diffusion Category from SODAR-R Data	221
7.4	Tetroon Flights and Tracer Experiments	223
7.4.1	Measuring Campaigns	223
7.4.1.1	Tetroon Flights and Tracer Experiment in the KfK Environment	223
7.4.1.2	Tetroon Flights during the Öresund Experiment, Sweden	223
7.4.1.3	Tetroon Flights at Brasimone, Italy	226
7.4.1.4	Tetroon Flights in the Southern Black Forest	226
7.5	Interaction of Cooling Tower and Off-gas Plumes	227
7.5.1	Simulation of the Dynamic Interaction in a Wind Tunnel	227
7.5.2	Simulation of the Heterogeneous Formation of Sulfate	228
7.6	Methodology of Accident Consequence Assessment	231
7.6.1	Atmospheric Dispersion as Influenced by Topography	231
7.6.1.1	Topographical Classification of Nuclear Power Plant Sites	231
7.6.1.2	Calculations Using the Accident Consequence Code UFOMOD	232
7.6.2	Weather Sequence Sampling in the Accident Consequence Model	233
7.7	Radiation Dose in the Environment of the KfK	234
7.7.1	Base of Calculation	234
7.7.1.1	Meteorological Parameters	234
7.7.1.2	Dose Factors	235
7.7.1.3	Subdivision of Discharged Radioactivity into Nuclides and Nuclide Groups	236
7.7.1.4	Procedure of Dose Calculation	237
7.7.2	Radiation Dose Estimated on the Basis of the 1985 Exhaust Air Plan	238
7.7.3	Radiation Dose as a Result of Activity Discharged with Exhaust Air in 1984	244
7.7.4	Radiation Dose as a Result of Activity Discharged with the WAK Exhaust Air in 1984	244
8.	Bibliography, Advisory Board	248
8.1	Publications 1984	248
8.2	Advisory Board	255

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
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
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 Datenverarbeitung und Instrumentierung
HFk	Hand-Fuß-Kleider-Monitor
HPRR	Health Physics Research Reactor
HS	Hauptabteilung Sicherheit
HS/D	Hauptabteilung Sicherheit/Dosimetrie
HS/M	Hauptabteilung Sicherheit/Meteorologie

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 Atomenergie-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
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
MBVR-120	Mobiles Ballon-Verfolgungs-Radar-120
MBZ	Materialbilanzzone
Med	Medizinische Abteilung

XIII

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
SODAR	Sonic Detection and Ranging
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
WF 100-4	Wind-Finding-Radar 100-4
WL	Working Level
WWA	Wasserwirtschaftsamt

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: Experimentelle Unterstützung der Entwicklung numerischer Modelle der Ausbreitung und des Austausches von Schadstoffen in der Atmosphäre im mesoskaligen Bereich, Untersuchungen des physikalischen und chemischen Verhaltens biologisch besonders wirksamer Radionuklide in der Umwelt, der mikrobiologischen Einflüsse auf die Mobilität und Bioverfügbarkeit von Radionukliden in Böden und Sedimenten, des Wasserhaushaltes von erkrankten und gesunden Bäumen, der Biophysik multizellulärer Systeme sowie Verbesserungen in der Strahlenschutzmeßtechnik.

Am 31.12.1984 waren in der Hauptabteilung Sicherheit 45 Akademiker, 42 Ingenieure, 246 sonstige Mitarbeiter, 1 ausländischer Gastwissenschaftler, 1 Doktorand, 1 Diplomandin 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. Als radioökologische Forschungsarbeiten werden das Verhalten von Tritium, Transuranen, Tc-99, Iod und von Aktivierungsprodukten in der Umwelt untersucht.

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

Die Gruppe "Umgebungsüberwachung" ist federführend bei der Durchführung der Immissionsüberwachung in der Umgebung des KfK. Die Direktstrahlung wird mit Hilfe von Zählrohrstationen und Festkörperdosimetern auf dem Betriebsgelände und in der Umgebung überwacht. Zur Bestimmung des Radioaktivitätsgehaltes in Luft, Wasser, Boden, Schlamm, Fisch und landwirtschaftlichen Produkten werden in der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe regelmäßig Proben genommen.

Die Gruppe "Radiochemie" führt alle radiochemischen Arbeiten an Abwasser-, Abluft- und Umgebungsproben durch. Ferner bearbeitet sie die Forschungsvorhaben "Untersuchungen des physikalischen und chemischen Verhaltens biologisch besonders wirksamer Radionuklide in der Umwelt" und "Untersuchung der Freisetzung von Tc-99 aus kerntechnischen und anderen Anlagen".

Die Gruppe "Spektrometrie" ist zuständig für praktisch alle in der Abteilung Radioökologie anfallenden quantitativen spektrometrischen Messungen. Insbesondere mißt sie alle Filter zur Abluftüberwachung, viele im Rahmen der Forschungsarbeiten anfallenden Proben und einen Teil der Abwasserproben.

Die Gruppe "Biologie" bearbeitet innerhalb der Routineüberwachung aufgeworfene Fragen mit biologischem und mikrobiologischem Charakter zum Radionuklidtransfer in Ökosystemen, so z. B. die Forschungsprogramme "Mikrobielle Aspekte zum Verhalten von Radionukliden in terrestrischen und aquatischen Ökosystemen" und "Untersuchung der Wasserversorgung von erkrankten und gesunden Bäumen mit Tritium". Sie führt den biologischen Teil des vom BMI geförderten Forschungsvorhabens "Radioökologische Studien der Auswirkungen von H-3-Emissionen am Beispiel des KfK - befristete Einzeluntersuchungen in Erweiterung und Ergänzung eines seit Jahren laufenden Meßprogramms" durch.

"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 Entwicklung und Erprobung von Strahlenschutzmeßverfahren mit dem besonderen Gewicht auf der Neutronendosimetrie, der Messung geringer Dosen sowie der Messung geringer Nukliddepositionen im Körper.

Die Gruppe "Dosismessung" betreibt eine Auswertestelle für Thermolumineszenz- und Phosphatglasdosimeter und ist für die in freiwilliger Eigenüberwachung erfolgende Ermittlung der Personendosis von Mitarbeitern im Kernforschungszentrum Karlsruhe zuständig. Eingeschlossen sind Dosismessungen mit Festkörperdosimetern in der Umgebung kerntechnischer Anlagen. Schwerpunkte der Entwicklungsarbeiten sind insbesondere die Anwendung von Albedo-Meßmethoden zur Ausmessung von Neutronen-Streustrahlungsfeldern, die Anwendung und Weiterentwicklung von Kernspurätzmethoden und die Messung kleiner Dosen im Bereich des natürlichen Strahlungspegels. Ziel eines vom BMI geförderten Forschungsvorhabens ist die Untersuchung der Wirksamkeit baulicher Maßnahmen zur Reduzierung der durch Radon-Folgeprodukte bedingten Strahlenexposition in Häusern.

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. Zusammen mit anderen amtlichen Meßstellen wird ein im KfK entwickeltes Albedo-Neutronendosimeter innerhalb der amtlichen Personenüberwachung erprobt.

Die Gruppe "Inkorporationsüberwachung" betreibt den Ganzkörperzähler sowie zwei spezielle Lungenzähler zur routinemäßigen Inkorporationskontrolle aller Mitarbeiter des Kernforschungszentrums, die mit offenen radioaktiven Stoffen umgehen. Darüber hinaus führt die Gruppe sofortige Inkorporationsmessungen nach allen Zwischenfällen mit Inkorporationsverdacht durch. Weiterhin beschäftigt sich die Gruppe mit der Weiterentwicklung von Methoden zur Inkorporationsmessung. Im Vordergrund steht dabei die Messung von Radionukliden, die mit herkömmlichen Ganzkörperzählern nur schwer oder gar nicht nachgewiesen werden können, wie z. B. Radium, Uran, Plutonium und Transplutonium-Elemente.

Die Gruppe "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 die Entwicklung kommerziell nicht erhältlicher Geräte für den Eigenbedarf. In einem Technologie-Transfer-Vorhaben wurde ein mit Pulse-Shape-Diskriminierung arbeitender tragbarer Kontaminationsmonitor zur gleichzeitigen Messung von Alpha- und Beta-Teilchen entwickelt.

Die Gruppe "Kalibrierung" betreibt Anlagen zur routinemäßigen Kalibrierung von Festkörperdosimetersystemen 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.

"Umweltmeteorologie"

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

Die Gruppe "Atmosphärische Ausbreitung" führt u. a. Ausbreitungsversuche durch. Dem Studium der atmosphärischen Ausbreitung über größere Entfernungen dienen Ballone konstanten Volumens, sogenannte "Tetroons". Diese werden aufgelassen, fliegen in wenigen hundert Metern Höhe und werden mit Radar verfolgt. Die Flugbahn liefert Informationen über die Strömungs- und Turbulenzverhältnisse in dieser Luftschicht. Auf der Basis der meteorologischen Messungen und der Ergebnisse der Ausbreitungsexperimente wurde ein meteorologisches Informationssystem entwickelt, welches an Sichtgeräten jederzeit die Ausbreitungsverhältnisse in der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe darzustellen gestattet.

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

"Technisches Sicherheitsbüro"

Die Abteilung Technisches Sicherheitsbüro 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", "Technische Objektsicherung und Ermittlungsdienst", "Personelle und administrative Sicherungsfragen" sowie "Verschlußsachen" die Gewährleistung der Basissicherung für das gesamte Kernforschungszentrum.

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

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

Die Gruppe "Personelle und administrative Sicherungsfragen" ist für die Ausstellung von Zutrittsberechtigungen nach aufsichtsbehördlichen Auflagen verantwortlich. 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 Filmdosisimeter, 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.

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: atmospheric diffusion of nuclear pollutants, physical and chemical behavior of biologically particularly active radionuclides, microbiological influence on the behavior of radionuclides in soils and sediments, biophysic of multicellular systems, improvement in radiation protection measurement and personnel dosimetry.

On December 31, 1984, the Central Safety Department employed 45 graduate staff members, 42 engineers and 246 other staff members, 1 foreign guest scientist, 1 candidate for doctor's degree, 1 candidate for diploma 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. Radio-

ecological research work is devoted to investigating the environmental behavior of tritium, Tc-99, radioiodine and transuranium elements.

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

The Environmental Monitoring Group is responsible for performing pollution monitoring services in the environment of the Karlsruhe Nuclear Research Center. Direct radiation is monitored on the plant site and in its environment by means of counter tube stations and solid state dosimeters. Samples are taken regularly in the environment of the Karlsruhe Nuclear Research Center to determine the radioactivity contents of air, water, soil, sludge, fish and agricultural products.

The Radiochemistry Group carries out all radiochemical work on samples of liquid effluent, aerosols and environmental samples. Moreover, it works on the following research projects: "Studies of the physical and chemical environmental behavior of radionuclides with particularly high biological effectiveness," "Studies of Tc-99-release from nuclear and other plants."

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

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

"Dosimetry"

The Dosimetry Department is responsible for selecting and applying dosimetry techniques for measurement and also for carrying out incorporation direct 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 the development and testing of radiation protection measuring techniques, special attention being paid to neutron dosimetry, low dose measurements, and measurements of minor nuclide deposits in the body.

The Dose Measurement Group runs an Evaluation Center for thermoluminescence and phosphate glass dosimeters and is responsible for determining the personnel doses of all staff members of the Karlsruhe Nuclear Research Center. These measurements are done on a voluntary basis in addition to the demands of the Radiation Protection Ordinance. This includes dose measurements conducted by means of solid state dosimeters in the environments of nuclear facilities. Special attention is devoted to development activities in neutron dosimetry, especially the application of albedo measuring techniques in measuring scattered neutron fields, the application and advancement of track etching techniques, and the measurement of low doses in the region of the natural back-

ground radiation level. The aim of a research program funded by the Federal Ministry of the Interior is to investigate the effect of the type of construction on the reduction of indoor radiation exposure from radon decay products. For the purpose of external personnel monitoring in Baden-Württemberg an official "Monitoring Service for Solid State Dosemeters" was established at the end of 1984.

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

The Radiation Protection Measurement Group is responsible for managing all radiation protection measuring instruments installed at KfK, which includes regular electronic maintenance, repair and calibration of portable dose rate meters, all contamination monitors, and stationary measuring installations for level and emission control. Other duties of this Group include the leak tests of sealed radioactive emitters, acceptance tests of equipment newly purchased, tests of measuring equipment new in the market, and the development for inhouse needs of equipment not available commercially. Within a Technology-Transfer-Project a portable contamination monitor equipped with pulse-shape discrimination for the simultaneous detection of alpha and beta particles has been developed.

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

"Environmental Meteorology"

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

The Atmospheric Diffusion Group, among other activities, carries out diffusion tests. Studies of atmospheric diffusion over greater distances are conducted by means of constant-volume balloons, the so-called tetroons. These are flown at altitudes of several hundred meters and tracked by means of radar systems. The trajectories furnish information about flow and turbulence conditions in the respective strata of air. On the basis of meteorological measurements and the results of diffusion experiments, a meteorological information system has been developed which, by means of a video display unit, allows diffusion conditions in the environment of the Karlsruhe Nuclear Research Center to be displayed at any time.

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

"Technical Safety Bureau"

The Technical Safety Bureau Department 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 Security Service, Technical Security and Detection Services, Personnel and Administrative Security and Management of Confidential and Secret Documents, ensures basic security throughout the Nuclear Research Center.

The Security Service is responsible for security within the Nuclear Research Center. Its activities include the protection of the whole site by patrol and surveillance services and guards protecting access at the main gates. The Service also cooperates in devising security measures for individual facilities together with the operators and ensures that special access rules are observed.

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

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

"Radiation Protection Monitoring"

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

The Radiation Protection Monitoring Department carries out the daily evaluation of pen dose-meters 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 transports from controlled areas into the plant monitoring area of the Nuclear Research Center and out of the Nuclear Research Center are monitored.

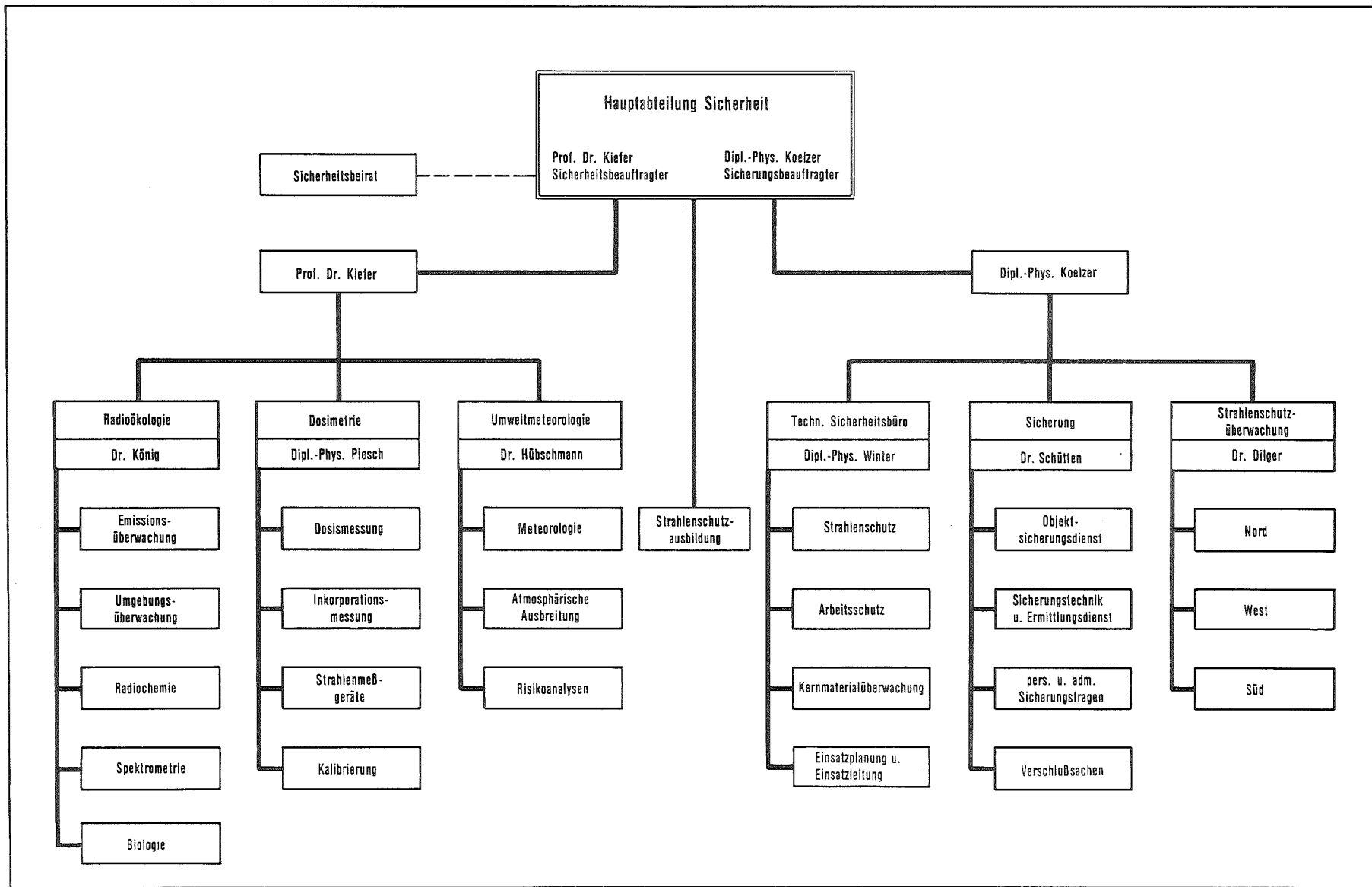


Abb. 1/1: Organisationsplan der Hauptabteilung Sicherheit

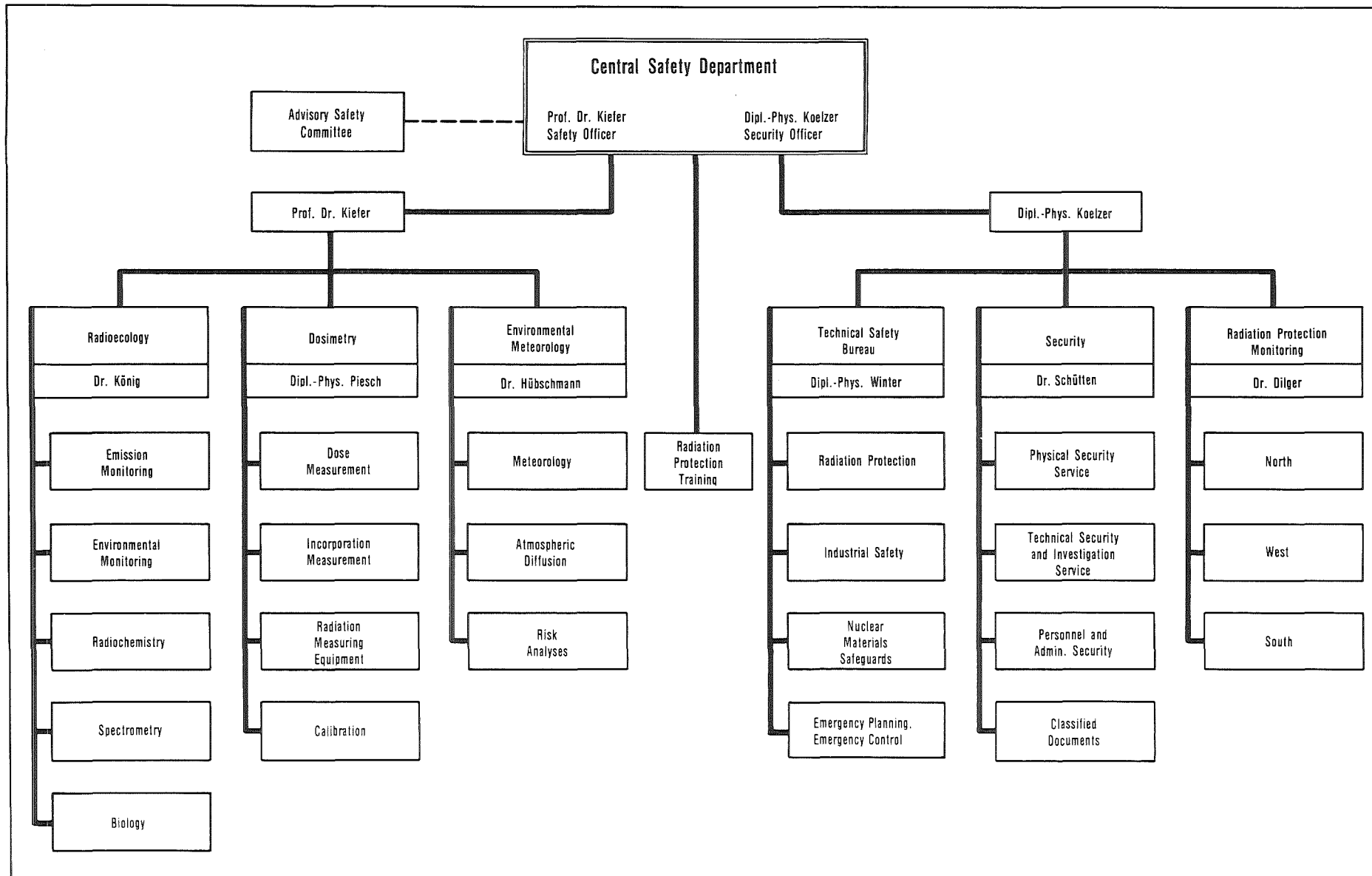


Fig. 1/1: Organization scheme of the Central Safety Department

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 IAEA 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 40 Begehungen in den Instituten und Abteilungen des Kernforschungszentrums Karlsruhe durchgeführt, in denen mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird. Routinebegehungen, die nach Terminabsprache im Beisein eines Strahlenschutzbeauftragten und des örtlichen Strahlenschutzes erfolgten und zu denen der Betriebsrat und die Medizinische Abteilung eingeladen wurden, sowie die Begehungen im Rahmen der behördlichen Aufsichtsbesuche und aufgrund besonderer Anlässe führten im wesentlichen zu folgenden Beanstandungen:

Unzureichende oder fehlende Kennzeichnungen gemäß § 35 StrlSchV, Nichteinhaltung der Kleiderordnung, Mängel bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle, nicht ausreichend gesicherter Kontrollbereichszugang, defekte Handschuhe und Mängel bei der Handschuhbefestigung an Gloveboxen. Es wurden jedoch keine schwerwiegenden sicherheitsrelevanten Mängel festgestellt.

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

Die 1984 dem Technischen Sicherheitsbüro gemeldeten personen-, raum- und sachbezogenen Vorkommnisse mit radioaktiven Stoffen zeigt Tab. 2/1. Die Aufgliederung nach Ursachen der insgesamt 25 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 20 %	Personen 80 %	Kopf 30 %
Organisatorische Mängel 24 %	Gegenstände 17 %	Hände 18 %
Verhaltensmängel 56 %	Raumluft 3 %	Ganzkörper 52 %

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 mußte 1984 ergänzt und aktualisiert werden. Ferner wurde der Strahlenschutzordner für eine überarbeitete, gestraffte Neuausgabe vorbereitet, die 1985 sukzessive bei gleichzeitigem Einzug der bisherigen Ausgabe verteilt werden wird.

In § 67 StrlSchV und in § 42 RÖV sind für beruflich strahlenexponierte Personen, die ihre

Tätigkeit in Kontrollbereichen aufnehmen oder fortsetzen wollen, Fristen für die ärztliche Überwachung vorgeschrieben. Die Sicherstellung dieser Vorschriften wurde neu geregelt. Details sind im Kapitel 2.1.3 dargelegt.

Aufgrund von Umorganisationen wurden 23 Neubestellungen und 12 Änderungen der Zuständigkeiten (ohne Entlastungen und ohne Änderungen von Raumzuständigkeiten in der gleichen Organisationseinheit) von Strahlenschutzbeauftragten bzw. deren Stellvertretern erforderlich. Ende 1984 gab es bei der KfK GmbH 57 Strahlenschutzbeauftragte und 149 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 1984 einen wesentlichen Teil der Routineaufgaben.

2.1.3 Neuregelung der Terminüberwachung für die ärztlichen Untersuchungen gem. § 67 StrlSchV und § 42 RÖV

A. Antoni, H. Roock

Gemäß § 31 StrlSchV sind der SSV und der SSB gleichermaßen dafür verantwortlich, daß beruflich strahlenexponierte Personen fristgerecht ärztlich untersucht werden.

Zur Unterstützung der Verantwortlichen und um Terminüberschreitungen auszuschließen, wurde in Abstimmung mit der Hauptabteilung Sicherheit und der Medizinischen Abteilung der organisatorische Ablauf bei der ärztlichen Überwachung von beruflich strahlenexponierten Mitarbeitern neu geregelt. Dies wurde von HS/TSB allen SSB und deren Stellvertretern in Form folgender Hinweise mitgeteilt:

Bei Neubestellungen und bei Umgruppierungen in eine höhere Überwachungskategorie sendet der zuständige SSB den von ihm unterschriebenen Erhebungsbogen an HS/TSB. HS/TSB legt die Überwachungskategorie fest, meldet die betroffene Person zur ärztlichen Untersuchung an und teilt nach dem Vorliegen des Untersuchungsergebnisses dem zuständigen SSB mit, ob eine Tätigkeit als beruflich strahlenexponierte Person aufgenommen werden darf oder nicht.

Dabei wird ausdrücklich darauf hingewiesen, daß der SSB dem betroffenen Mitarbeiter die Tätigkeit im Sinne von § 67 (1) StrlSchV erst dann erlauben darf, wenn ihm die entsprechende schriftliche Mitteilung von HS/TSB vorliegt.

Personen, die gem. § 67 (2) StrlSchV weiterbeschäftigt werden sollen, werden von HS/TSB jeweils bis zum 1. des dem Fälligkeitsmonat vorausgehenden Monats der Medizinischen Abteilung zur erneuten ärztlichen Untersuchung gemeldet (siehe Abb. 2/1). Gleichzeitig erhält der zuständige SSB eine Namensliste der gemeldeten Personen, in der vermerkt ist, in welchem Monat (Fälligkeitsmonat) die ärztliche Bescheinigung vorliegen muß. Als Fälligkeitsmonat gilt jeweils der Monat, in dem vor einem Jahr der letzte Untersuchungsbescheid bei HS/TSB eingegangen ist (siehe Abb. 2/2).

Noch vor Ende eines jeden Fälligkeitsmonats erhält der zuständige SSB eine weitere Namensliste (siehe Abb. 2/3) mit folgender Unterteilung:

a) Personen, die fristgerecht untersucht wurden und bei denen keine gesundheitlichen Bedenken gegen eine Weiterbeschäftigung bestehen,

- b) Personen, die fristgerecht untersucht wurden und bei denen keine gesundheitlichen Bedenken gegen eine Weiterbeschäftigung bestehen,
- c) Personen, die nicht fristgerecht untersucht werden konnten (Urlaub, Erkrankung, Schichtdienst usw.).

Bei Personen, bei denen gesundheitliche Bedenken bestehen, erfolgt durch die Medizinische Abteilung unmittelbar nach der Untersuchung eine telefonische Vorab-Information des zuständigen SSB und durch HS/TSB eine schriftliche Sperrung des betroffenen Mitarbeiters.

Dabei wird ausdrücklich darauf hingewiesen, daß der SSB neben den gesperrten Mitarbeitern auch den unter c) genannten Personen bis zum Vorliegen einer HS/TSB-Mitteilung, daß keine gesundheitlichen Bedenken bestehen, den Zutritt zum Kontrollbereich zu untersagen hat.

Der SSB hat, auch für den Fall seiner Abwesenheit, die Einhaltung der hier getroffenen Regelung in seinem Zuständigkeitsbereich sicherzustellen. Hierzu gehört insbesondere die termingerechte Beachtung der schriftlichen Mitteilungen von HS/TSB vor Ende des jeweiligen Fälligkeitsmonats. Die Abwicklung des Schriftverkehrs erfolgt mit den nachstehenden Formularausdrucken.

KKKKKKK, PAUL	HHHH	GEB. XX.YY.ZZ
Kategorie A		
I. DOSISUEBERWACHUNG		
	JAN FEB MRZ APR MAI JUN JUL AUG SEP OKT NOV DEZ	V1 V2 V3 V4 J84
TIK	0 0 0 0 0 0 0.25 0 0 0.23 0 - =>	0 0 0.25 0.23 0.48
FID (G)	0.20 0.20 0.20 0.20 0 0.20 0 0 0 0.20 - - =>	0.60 0.40 0 0.20 1.20
FID (B)	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 - - =>	0 0 0 0 0
TLD (D)	0.20 0.25 0.20 0.25 0.20 0.20 0.25 0 0 0.25 0.25 - =>	0.65 0.65 0.25 0.50 2.05
TLD (T)	0.20 0.25 0.20 0.25 0.20 0.20 0.20 0 0 0.25 0.25 - =>	0.65 0.65 0.20 0.50 2.00
ALD (N)	- - - - - - - - - - - - - =>	- - - - -
ERFASSTE DOSISSUMME: 37.90 mSv		Dosiswerte in mSv
II. ARBEITSMEDIZINISCHE VORSORGEUNTERSUCHUNGEN		
1. GEM. PAR. 47 DER STRLSCHV UND PAR. 42 DER ROEV	LETZTE UNTERS.: DEZ 83	FAELLIG: DEZ 84
2. WEITERE UNTERSUCHUNGEN: GEFAEHRDUNGSART	LETZTE UNTERS. NAECHSTE UNTERS.	
1.09E LAERM-ERGAENZUNGSUNTERSUCHUNG	10.84	10.87
1.04 FAHR-, STEUER- UND UEBERWACHUNGSTAETIGKEIT	10.83	10.88
1.11 TRAEGER VON ATEMSCUTZGERAETEN	10.83	10.86
4.02 SAEUREN UND LAUGEN	10.84	10.85
4.06 TRIBUTYLPHOSPHAT	10.84	10.85
4.01 ACETON, AETHANOL, WASCHBENZIN, PETROLEUM	10.84	10.85
ART DER TAETIGKEIT:	HS/TSB - 01.11.84	

Abb. 2/1: Monatliche Mitteilung an die Medizinische Abteilung über einen Mitarbeiter, der ärztlich untersucht werden soll.

Hauptabteilung Sicherheit
Technisches Sicherheitsbüro

KfK, den 01.11.84

An den Strahlenschutzbeauftragten

Herrn/Frau XXXXXXXXXXXX

Organisationseinheit: YYYYYYYYYY

Betr.: Ärztliche Untersuchung gem. Paragraph 67 der StrlSchV
und Paragraph 42 der RÖV

Für die nachfolgend aufgeführten Mitarbeiter ist spätestens im

DEZEMBER 1984

eine ärztliche Untersuchung fällig.

Der ärztliche Untersuchungstermin wird jedem der hier genannten
Mitarbeiter von der Medizinischen Abteilung direkt mitgeteilt.

Wir weisen darauf hin, daß den Mitarbeitern, die nicht termin-
gerecht untersucht werden, der Zutritt zu Kontrollbereichen und
Bereichen, in denen mit radioaktiven Stoffen in genehmigungsbe-
dürftigem Umfang umgegangen wird, untersagt werden wird.

GGGGGG, HANS
XXXXXX, GEORG

JJJJJJJJ, KLAUS

Der Sicherheitsbeauftragte

KfK, den 28.12.84

An den Strahlenschutzbeauftragten

Herrn/Frau XXXXXXXXXXXX

Organisationseinheit: YYYYYYYYYY

Betr.: Ärztliche Untersuchung gem. Paragraph 67 der StrlSchV
und Paragraph 42 der RÖV

Zu Ihrer Information erhalten Sie eine Namensliste der Mitarbeiter
Ihrer Organisationseinheit, für die im Dezember 1984 eine ärztliche
Untersuchung fällig war.

a) Bei den nachfolgend aufgeführten Mitarbeitern ergaben sich
keine gesundheitlichen Bedenken.

FFFFFFF, ANNEMARIE
KKKKKKK, MARTIN

HHHHHH, KURT

b) Bei den nachfolgend aufgeführten Mitarbeitern ergaben sich
gesundheitliche Bedenken. Die den Untersuchungsergebnissen ent-
sprechenden Tätigkeitsverbote für diese Mitarbeiter wurden Ihnen
bereits schriftlich mitgeteilt.

* c) Die nachfolgend aufgeführten Mitarbeiter konnten nicht frist- *
* gerecht untersucht werden, da sie nicht zur Untersuchung er- *
* schienen sind. Diesen Mitarbeitern wird hiermit ein Umgang mit *
* offenen radioaktiven Stoffen und eine Tätigkeit im Kontrollbe- *
* reich bis auf schriftlichen Widerruf untersagt. *

KKKKKK, LEO

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

Abb. 2/3: Monatliche Mitteilung an die SSB über erfolgte oder nicht
erfolgte ärztliche Untersuchungen und die entsprechenden
Tätigkeitsverbote

2.1.4 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. Es müssen nur noch die mittels EDV z. Zt. noch nicht erfaßbaren Daten, wie Teilkörperdosen und Inkorporationsmeßwerte, in handgeführte Karteien aufgenommen werden. 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 170 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 1984 waren von den Mitarbeitern der KfK GmbH und von den Angehörigen der Universität Karlsruhe, die ihren ständigen Arbeitsplatz in der KfK haben, insgesamt 549 Personen in Kategorie A und 1 592 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.

Ab Januar 1984 erhielten 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 wurden im Februar 1984 zum erstenmal jedem beruflich strahlenexponierten Mitarbeiter der KfK seine Dosiswerte für das vergangene Jahr zu seiner persönlichen Information mitgeteilt.

2.1.5 EDV-Einsatz für administrative Strahlenschutzaufgaben

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. Auswertungen nach unterschiedlichen Kriterien und Fragestellungen sind dadurch wesentlich schneller möglich und auch aktueller.

Die für diese Zwecke eingesetzte EDV-Anlage besteht aus einer Zentraleinheit mit einem Arbeitsspeicher von 124 Kilobytes, einer Plattenstation mit einer Speicherkapazität von 80 Megabytes, einer Diskettenstation mit drei Laufwerken und einem 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 2.1.3 und 2.2.7)
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 2.1.6)
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 2.5.3)
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 2.1.9)
UKW	Erfassung der Inhaber von Personenrufempfängern
UMRAST	Erfassung der umschlossenen radioaktiven Stoffe (siehe auch Kapitel 2.3.5)
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.

2.1.6 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. Dazu stehen die in Tab. 2/2 aufgeführten Unterprogramme zur Verfügung.

UNTERPROGRAMME :	
/01/ = EINGABE VON DATEN	/02/ = KORREKTUR -- DATEISEKTOR
/03/ = ERGAENZUNG VON NAMEN	/04/ = MONATSMITTEILUNG FA.
/05/ = UNTERSCHRIFTENLISTE -- BELEHRUNG	/06/ = MESSWERTAUSTAUSCH HS/UE--HS/TSB
/07/ = UNTERSUCHUNGSTERMINE	/08/ = BELEHRUNGSTERMINE
/09/ = NAMENSLISTE	/10/ = JÄHRLICHE MITT. AN MITARBEITER
/11/ = KORREKTUREN	/12/ = ALPHABETISCH SORTIEREN
/16/ = GLASDOSIMETERLISTEN	/17/ = AUTOMATISCHE TIK--EINGABE
/18/ = MELDUNG AN MED. ABT.	/19/ = NEUERSTELLUNG DES NAMENSINDEXES
/20/ = MONATL. MITTEILUNGEN AN SSB	/21/ = STATISTIK
/23/ = MONATSMITTEILUNG (FREMFIRMEN)	/25/ = ERFASSTE DOSISSUMME ÜBERTRAGEN

Tab. 2/2: Unterprogramme im Hauptprogramm "DON"

Zur Auswertung der gespeicherten Daten stehen im Unterprogramm "Statistik" drei Programme zur Verfügung:

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

Es können sowohl für einzelne Organisationseinheiten als auch für alle Organisationseinheiten zusammen Statistiken für unterschiedliche Überwachungskategorien und Dosimeterarten erstellt 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.

Dosisintervall in mSv	Häufigkeitsverteilungen der monatlichen Filmdosiswerte in %											
	JAN	FEB	MÄRZ	APRIL	MAI	JUNI	JULI	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ
H = 0.0	67.6	71.4	68.5	64.7	70.1	70.7	72.9	78.6	74.9	72.0	72.5	75.3
0 < H ≤ 0.2	18.3	18.2	23.9	27.4	24.1	22.1	19.2	17.1	17.7	19.5	20.6	18.6
0.2 < H ≤ 0.4	7.4	4.5	3.9	4.4	2.7	2.4	4.2	2.5	3.2	4.5	3.1	2.6
0.4 < H ≤ 1.0	3.3	5.0	3.1	2.4	2.9	3.8	3.0	1.4	3.4	3.5	2.5	2.7
1.0 < H ≤ 2.0	1.9	0.7	0.6	0.9	0.2	0.7	0.4	0.4	0.9	0.4	1.1	0.7
2.0 < H ≤ 5.0	1.3	0.2	0.0	0.2	0.0	0.4	0.4	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0
5.0 < H ≤ 10.0	0.2	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:	540	539	543	547	548	553	568	561	566	550	553	547

Tab. 2/3: Ergebnisse der amtlichen Filmdosimetrie des Jahres 1984 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	96.9	97.0	97.4	96.9	97.3	98.0	96.8	97.3	98.8	96.7	97.6	98.7
0 < H ≤ 0.2	1.0	0.7	0.8	1.3	0.6	1.0	1.0	0.8	0.3	0.8	0.7	0.6
0.2 < H ≤ 0.4	1.6	1.6	1.4	1.4	1.5	0.6	1.5	1.3	0.8	2.0	1.3	0.5
0.4 < H ≤ 1.0	0.5	0.7	0.4	0.3	0.6	0.4	0.6	0.5	0.1	0.4	0.3	0.2
1.0 < H ≤ 2.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
2.0 < H ≤ 5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
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:	1536	1531	1535	1535	1540	1548	1561	1556	1573	1569	1565	1584

Tab. 2/4: Ergebnisse der internen Dosimetrie des Jahres 1984 mittels Stabdosimetern für beruflich strahlenexponierte Personen der KfK in Kategorie B bei monatlicher Dosimeterauswertung

Dosisintervall in mSv	Häufigkeitsverteilungen der Jahresdosiswerte 1984 in %					
	A	B	A	B	A	B
H = 0.0	19.6	69.1	25.0	66.9	66.7	89.8
0.0 < H ≤ 0.2	1.8	7.9	10.5	5.4	15.4	4.8
0.2 < H ≤ 0.4	8.9	6.1	4.0	10.1	2.6	2.4
0.4 < H ≤ 1.0	10.7	9.7	20.2	9.8	2.6	1.4
1.0 < H ≤ 2.0	7.1	3.6	18.5	4.7	12.8	1.4
2.0 < H ≤ 5.0	26.8	3.0	21.0	3.0	0.0	0.3
5.0 < H ≤ 10.0	25.0	0.6	0.8	0.0	0.0	0.0
10.0 < H ≤ 15.0	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
20.0 < H ≤ 25.0	0.0	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	56	165	124	296	39	294
Mittlere überwachte Personenzahl	49	147	119	271	36	272
Jahresmittelwert in mSv	3.42	0.29	1.24	0.29	0.26	0.06
höchster Jahreseinzelswert in mSv	10.00	5.20	6.80	4.20	1.80	2.90
Gruppe	Reaktor und Beschleuniger		Institutionen mit hohem Aktivitätsinventar		Institutionen mit niedrigem Aktivitätsinventar	

Dosisintervall in mSv	Häufigkeitsverteilungen der Jahresdosiswerte 1984 in %					
	A	B	A	B	A	B
H = 0.0	22.1	86.7	64.4	93.4	45.8	85.7
0.0 < H ≤ 0.2	6.3	0.0	10.8	2.5	9.5	3.9
0.2 < H ≤ 0.4	9.5	6.7	3.1	2.9	4.8	4.5
0.4 < H ≤ 1.0	3.2	0.0	8.5	0.7	9.9	3.2
1.0 < H ≤ 2.0	13.7	0.0	9.5	0.5	12.0	1.7
2.0 < H ≤ 5.0	32.6	6.7	3.7	0.0	13.6	1.0
5.0 < H ≤ 10.0	12.6	0.0	0.0	0.0	4.4	0.1
10.0 < H ≤ 15.0	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
20.0 < H ≤ 25.0	0.0	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	95	30	295	919	609	1704
Mittlere überwachte Personenzahl	94	29	254	834	551	1553
Jahresmittelwert in mSv	2.17	0.29	0.41	0.03	1.14	0.11
höchster Jahreseinzelswert in mSv	9.40	4.00	4.80	1.80	10.00	5.20
Gruppe	Dekontamination und Abfallbehandlung		sonstige Institutionen		KfK insgesamt	

Tab. 2/5: Ergebnisse der amtlichen Dosimetrie (Filmdosimeter) für Personen der Kategorie A und der KfK-internen Dosimetrie (Stabdosimeter) für Personen der Kategorie B. Die Darstellung erfolgte getrennt für die verschiedenen Gruppen von Organisationseinheiten der KfK und für die KfK insgesamt.

Die Tabellen 2/3 und 2/4 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. 2/5 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. 2/5 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 1984 wurde durch arithmetische Mittelbildung aus den monatlichen Zahlen gebildet. Zur Angabe der Jahresdosismittelwerte wurde von diesen Mittelwerten ausgegangen. Außerdem wurde bei jeder Gruppe der höchste gemessene Jahres-einzelwert ausgewiesen.

2.1.7 Durchführung der Bestimmungen des § 20 a der Strahlenschutzverordnung

A. Antoni, H. Brecht, H. Roock

Die Strahlenschutzverordnung verlangt von Firmen, die unter ihrer Aufsicht stehende Personen in fremden kerntechnischen Anlagen tätig werden lassen, eine eigene atomrechtliche Genehmigung und eine Reihe administrativer Leistungen zum Strahlenschutz. Ausnahmen hiervor sind statthaft, wenn Fremdfirmenangehörige in Strahlenschutzbereichen nur gelegentlich oder als nicht beruflich strahlenexponierte Personen tätig werden.

Fremdfirmen, die Aufträge zur Durchführung von Arbeiten in Strahlenschutzbereichen der KfK GmbH erhalten haben, wünschen häufig fernmündliche Beratung, die sich insbesondere auf die Entscheidung erstreckt, ob eine Genehmigung nach § 20 a erforderlich ist, oder ob es sich um eine gelegentliche Tätigkeit handelt. Von der weiteren Möglichkeit des Einsatzes als nicht beruflich strahlenexponierte Personen wird von den 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.

Kann von den Ausnahmen kein Gebrauch gemacht werden, so wird im Rahmen des Dienstleistungsvertrages ein Vertrag über die Abgrenzung der Aufgaben von Strahlenschutzbeauftragten (Abgrenzungsvertrag) abgeschlossen. Die KfK GmbH hat hierzu einen einheitlichen Vertragstext ausgearbeitet, der den Fremdfirmen zur Unterzeichnung übersandt wird. Voraussetzung für einen Vertragsabschluß ist das Vorliegen der § 20 a-Genehmigung der betreffenden Fremdfirma.

Die sich aus dem Abgrenzungsvertrag ergebenden Aufgaben und Zuständigkeiten für Auftraggeber (Betreiber) und Auftragnehmer (§ 20 a-Firma) sind in Tabelle 2/6 dargestellt.

Aufgaben nach Abgrenzungsvertrag	
für § 20 a-Firmen	für den Betreiber
Beschaffen der Genehmigung und Beachten der darin enthaltenen Auflagen	Benennen der Kontaktstelle (HS/TSB)
Beschaffen und Führen von Strahlenpässen	Stellung von Schutzkleidung
Benennen einer Kontaktperson	Kontrolle der Einhaltung von Dosisgrenzwerten
Bilanz aller Strahlenexpositionen	Kontrolle der Einhaltung von Inkorporationsgrenzwerten
Amtliche Langzeitdosimetrie	Kurzzeitdosimetrie und Übermittlung der Ergebnisse
Kenntnisvermittlung und Strahlenschutzbelehrung	Anlagenbezogene Belehrung
Ärztliche Untersuchung	
Beachten der Tätigkeitsverbote	
Meldung an die Behörde (Bilanz)	Meldung an die Behörde (Einzelereignis)

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

Die Erfassung der Fremdfirmen und der Kenndaten des Vertragspartners sowie erforderliche Aktualisierungen erfolgen über EDV-Programme.

Die im Abgrenzungsvertrag zugesagte Übermittlung der vom Strahlenschutz der KfK gemessenen Stabdosiswerte erfolgte monatlich für alle im laufenden Kalenderjahr bei der KfK GmbH nicht nur gelegentlich tätig gewordenen Fremdfirmenangehörigen. Dies waren 1984 insgesamt 583 Personen von 68 Fremdfirmen. Ferner wurden über ein EDV-Programm postfertige Auszüge der Personendosisdatei monatlich erstellt und diesen Firmen übersandt.

155 Fremdfirmen sind im Besitz eines Abgrenzungsvertrages, der 1984 von 68 Firmen tatsächlich genutzt wurde. 65 Fremdfirmen ließen im Berichtsjahr ihre Mitarbeiter nur gelegentlich in der KfK GmbH tätig werden. Insgesamt wurden 1984 bei HS/TSB 784 Fremdfirmenangehörige erfaßt.

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

2.1.8 Durchführung der Röntgenverordnung

U. Neumann

Zur Erfassung aller der RöV unterliegenden Geräte der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH wurde eine Liste erstellt, die zugleich Auskunft über die jeweils zuständigen Verantwortlichen für den Strahlenschutz gem. RöV (VfS/RöV), deren Stellvertreter und ihre KfK-internen Telefon-Nummern gibt. Dabei kommt es vor, daß ein VfS/RöV für mehrere Geräte zuständig ist, daß aber für jedes einzelne Gerät ein anderer stellvertretender VfS/RöV bestellt ist. Diese Zuständigkeiten

gehen eindeutig aus dieser Liste hervor.

HS/TSB ist für die Bestellung der Vfs/RÖV zuständig. Um eine Bestellung zum Vfs/RÖV vornehmen zu können, müssen gemäß § 11 der Röntgenverordnung folgende Unterlagen vorliegen:

- Ein formloses Antragsschreiben des Instituts- oder Abteilungsleiters, in dem der zu Bestellende genannt ist und in dem auch sein Zuständigkeitsbereich angegeben ist,
- ein Fachkundenachweis, von der zu bestellenden Person ausgefüllt und auch vom Instituts- oder Abteilungsleiter unterzeichnet,
- eine Teilnahmebescheinigung für einen Strahlenschutzkurs gemäß Fachkunderichtlinie,
- eine Bestätigung der Personalabteilung, daß "keine Tatsachen vorliegen, aus denen sich gegen die Zuverlässigkeit des für den Strahlenschutz Verantwortlichen Bedenken ergeben".

Wenn vorgenannte Punkte erfüllt sind, kann HS/TSB im Auftrag des Vorstandes eine Bestellung zum Verantwortlichen für den Strahlenschutz vornehmen. Die gleichen Bedingungen gelten bei der Bestellung eines stellvertretenden Vfs/RÖV.

Zum 1. Januar 1984 wurde der Teil der Durchführung der Röntgenverordnung an die Koordinationsstelle Genehmigungsverfahren (KGV) abgegeben, der die Genehmigungsanträge, Prüfanträge, Anzeige von Geräten und Abmeldung von Geräten umfaßt. Bei HS/TSB verblieben alle anderen administrativen Aufgaben und die Strahlenschutzbetriebsbegehungen zur Überprüfung der Einhaltung der Vorschriften der Röntgenverordnung.

Im Berichtsjahr 1984 wurden 17 Strahlenschutzbetriebsbegehungen gemäß RÖV durchgeführt und durch Berichte dokumentiert.

Es gibt sechs Routinepunkte, die bei jeder Begehung überprüft werden:

1. Überprüfung der Bestellungsurkunde und des Anhangs (Zuständigkeitsbereich) auf Aktualität. Dies betrifft § 11 der RÖV und dient dem Vfs/RÖV oder seinem Stellvertreter dazu, bei Unklarheiten (auch der Aufsichtsbehörde gegenüber) belegen zu können, wie weit sein Zuständigkeitsbereich geht. Der Vfs/RÖV und der stellvertretende Vfs/RÖV sind verpflichtet, Änderungen ihres Zuständigkeitsbereiches verbindlich und umgehend an HS/TSB zu melden, wobei schon der Umbau eines Gerätes oder auch nur eine Veränderung der äußeren Bedingungen (Räumlichkeiten) als Änderung anzusehen ist.
2. Überprüfung der Einhaltung des § 40 der RÖV. Die geforderten Stabdosisimeter zur Ablesung der Tageswerte und die amtlichen Filmdosisimeter müssen vorhanden sein und getragen werden.
3. Die Strahlenschutzbelehrung gem. § 41 der RÖV wird oft nicht gesondert dokumentiert, da eine Strahlenschutzbelehrung gem. StrlSchV stattfindet. Es sei hier darauf hingewiesen, daß eine nicht dokumentierte und somit nicht nachweisbare Strahlenschutzbelehrung gem. RÖV eine Ordnungswidrigkeit nach § 52 (1a) darstellt. Aus der Dokumentation einer Belehrung gem. RÖV müssen eindeutig das Datum, der Vortragende, der Inhalt der Belehrung und die Teilnehmer an dieser Belehrung (mit Unterschrift) hervorgehen.
4. Nach § 15 der RÖV müssen Kontrollbereiche, in denen mit Röntgengeräten oder Störstrahlern umgegangen wird, ausreichend gekennzeichnet sein, d. h. es muß auf die Erzeugung von Röntgenstrahlen sichtbar hingewiesen werden.
5. Wenn in einer Organisationseinheit ein Störstrahler betrieben wird, muß dieser sichtbar gekennzeichnet sein. Auf dieser Kennzeichnung gem. § 5 (2) der RÖV muß der Hinweis auf die

Erzeugung von Röntgenstrahlen gemacht und der Höchstwert der Beschleunigerspannung, der nicht überschritten werden darf, angegeben werden. Aufkleber hierzu gibt es bei HS/TSB.

6. Nach § 14 der RÖV müssen beim Gerät vorhanden sein

- eine Ausfertigung der Genehmigungsurkunde gem. § 3 oder eine Kopie der Bauartzulassung gem. § 7 (2) und eine Kopie des Zulassungsscheines gem. § 9,
- die Betriebsanleitung für das Gerät gem. § 8 Abs. 1 Nr. 3,
- ein Exemplar der Röntgenverordnung.

Zu den vorstehenden sechs Prüfpunkten kommen, auf die einzelnen Organisationseinheiten abgestimmte Überprüfungen hinzu, wie z. B.:

- Neuordnung der Verantwortlichkeit,
- Prüfung, ob abgebaute Geräte auch abgemeldet wurden,
- Überprüfung von Genehmigungsaufgaben.

Insgesamt gibt es für KfK-Organisationseinheiten 24 behördliche Genehmigungen zum Betreiben von Röntgengeräten oder Störstrahlern, die von 37 VFS/RÖV und 28 stellvertretenden VFS/RÖV überwacht und betreut werden. Hinzu kommt eine große Anzahl von Geräten, die nur der Anzeige bei der Behörde bedurften.

2.1.9 Wiederkehrende Prüfungen

H. A. Ammermann, P. Meyer

Aus sicherheitstechnischen Gründen sind bestimmte Anlagengegenstände nach vorgegebenen Zeitintervallen einer Prüfung zu unterziehen. Dies ist für einige Organisationseinheiten der KfK GmbH durch behördliche Auflagen in Genehmigungen nach Atomgesetz und Strahlenschutzverordnung festgelegt. Auch Arbeitsschutzvorschriften, Unfallverhütungsvorschriften, Richtlinien und Regelungen der Unfallversicherungsträger enthalten Bestimmungen zu wiederkehrenden Prüfungen an Anlagen und Betriebsmitteln, von denen fast alle Organisationseinheiten der KfK GmbH betroffen sind.

Die in Kernkraftwerken erfolgreich durchgeführte Praxis bei der Abwicklung von wiederkehrenden Prüfungen soll auch in der KfK GmbH eingeführt werden. Dazu gehört eine klare Trennung zwischen Durchführungsaufgaben und Überwachungsaufgaben. Die Durchführung der Prüfungen wird von den einzelnen Fachabteilungen der KfK GmbH übernommen. Dies sind insbesondere die Abteilungen der VBW, der HS oder die Organisationseinheiten selbst. Muß die Prüfung von einem Sachverständigen oder einem externen Sachkundigen durchgeführt werden, so liegt die Aufgabe, dies zu organisieren, bei EKM/TAB. Die Verantwortung für die Durchführung der wiederkehrenden Prüfungen liegt in allen Fällen beim jeweiligen Instituts- oder Hauptabteilungsleiter. Die Terminüberwachung wird zentral von HS/TSB durchgeführt.

Das von HS/TSB vorgeschlagene Konzept zur zentralen Überwachung mittels EDV, das seit Januar 1984 im INE praktiziert wird und das auf alle Organisationseinheiten der KfK GmbH ausgedehnt werden soll, soll neben einer Verbesserung der technischen Sicherheit durch konsequente Durchführung von wiederkehrenden Prüfungen dazu beitragen, ein einheitliches System zur Terminüberwachung zu schaffen, die Organisationseinheiten durch zentrale Organisation, zeitgerechten Aufruf der Prüfungen und übersichtliche Dokumentation, zu entlasten und die Nachweiseführung gegenüber Behörden zu erleichtern. Dieses Konzept ist durch die nachfolgend beschriebenen Leistungsmerkmale gekennzeichnet.

ERFASSUNG VON PRUEFOBJEKTEN

OBJEKT-NR. : *

ANLAGENGEGENSTAND : *

ANZAHL : *

INST./ABT. : *

STANDORT: GEB. NR. : *

RAUM-NR. :

ANSPRECHPARTNER :

KFK-INVENTAR-NR. :

FABRIKATIONS-NR. :

TECHNISCHE DATEN :

PRUEFANW.-NR. : *

PRUEF-ART : *

PRUEFGRUNDLAGE (VORSCHR.) : *

PRUEFINTERVALL (IN MON.) : *

LETZTE PRUEFUNG (MMJJ) : *

PRUEFENDE FACHABTEILUNG : *

DOKU-FORM :

AUFBEW.-ORT :

AUFBEW.-FRIST :

BEMERKUNGEN :

ERLAUTERUNGEN:

- TECHNISCHE DATEN: ANGABEN UEBER INHALT, DRUCK, LEISTUNG, HEIZFLAECHE, TRAGFAEHIGKEIT, PERSONENZAH, GASART O. AE.
- PRUEFART: SP = SICHTPRUEFUNG, FP = FUNKTIONSPRUEFUNG, ME = MESSUNG, VERMESSUNG, DP = DRUCKPRUEFUNG, LP = LECKPRUEFUNG, CA = CHEMISCHE ANALYSE, OP = OBERFLAECHEPRUEFUNG, IP = INNERE PRUEFUNG, VP = VOLUMENPRUEFUNG
- DOKU-FORM: PRUEFPROTOKOLL/PRUEFBUCH/PRUEFBERICHT/PRUEFPLAKETTE/SCHICHTBUCH

* = DIESE ANGABEN SIND FUER DIE EDV-VERARBEITUNG UNBEDINGT ERFORDERLICH !

Abb. 2/4: Formblatt zur Erfassung der Prüfobjekte

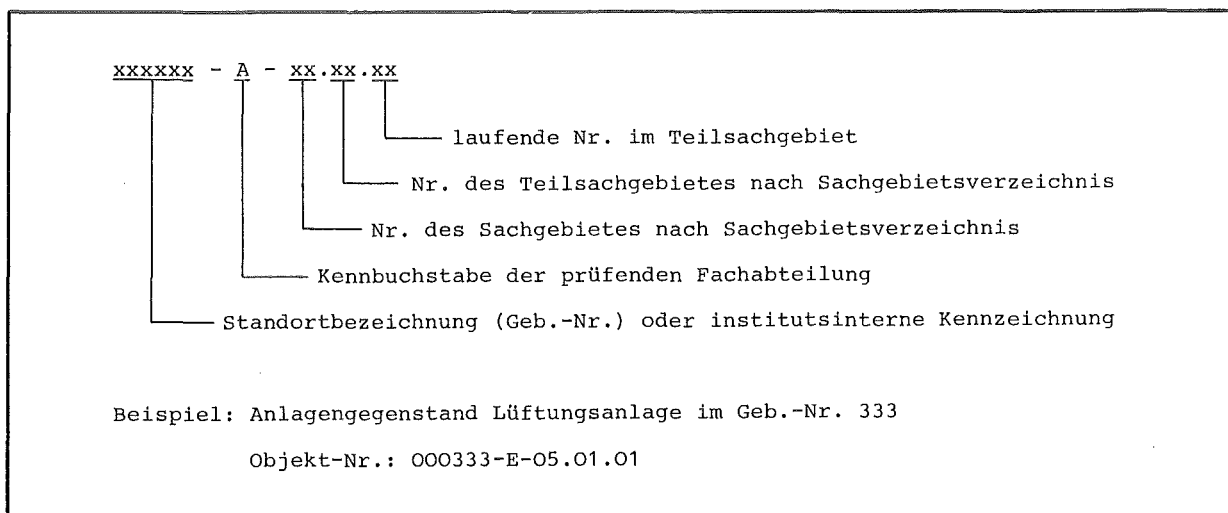


Abb. 2/5: Struktur der allen Prüfobjekten zugeordneten Objektnummer

a) Erfassung der Prüfobjekte

Mit Prüfobjekt wird ein prüfungsrelevanter Anlagengegenstand bezeichnet, der wiederkehrenden Prüfungen in bestimmten Zeitintervallen zu unterziehen ist. Die Erfassung erfolgt auf dem Formblatt "Erfassung von Prüfobjekten" (Abb. 2/4). Es ist so gestaltet, daß die EDV-Erfassung erleichtert wird und enthält alle Punkte, die zur Zeit EDV-mäßig erfaßt werden können. Die Angaben, die für eine EDV-Verarbeitung unerlässlich sind, wurden auf dem Formblatt extra gekennzeichnet. Zur eindeutigen Identifizierung und EDV-gerechten Bearbeitung wird jedem Prüfobjekt eine Objektnummer zugeordnet. Diese Objektnummer besteht aus einer Folge von Kennziffern und Kennbuchstaben. Die Abb. 2/5 zeigt die festgelegte Reihenfolge und die Bedeutungsinhalte. Die Hauptsachgebiete des dazu erstellten Sachgebietsverzeichnisses sind in Tab. 2/7 aufgelistet.

01 - Bauanlagen	07 - Kommunikationsanlagen
02 - Verfahrenstechnische Anlagen	08 - Brandschutzeinrichtungen
03 - Strahlenschutz	09 - Notfalleinrichtungen
04 - Elektrotechnik	10 - Objektsicherung
05 - Lufttechnische Anlagen	11 - Hebezeuge, Aufzüge, Hebebühnen
06 - Wasser, Heizung, Gas	12 - Fahrzeuge

Tab. 2/7: Hauptsachgebiete des Sachgebietsverzeichnisses für wiederkehrende Prüfungen

ORGANISATIONSEINHEIT: XYZ									
KOMMUNIKATIONSANLAGEN									
OBJEKT-NR.	ANLAGENGEGENSTAND	PRUEF-GRUNDLAGE	PRUEFART	INTERVALL. MON.	PRUEFENDE FACHABTEILUNG	PRUEFANW.-NR.	DOKU-FORM	AUFBEW.-ORT	AUFBEW.-ZEIT (J)
***	RUF- UND WARNANLAGEN								
0712-E-07.02.01	KOMMANDOANLAGE-FUNKTION	K 103/84	SP,FP	12	VBW/E	S09	PRUEPRO	VBW/E	5
0712-E-07.02.02	KOMMANDOANLAGE-STROMVERSORGUNG	K 103/84	SP,FP	12	VBW/E	S09	PRUEPRO	VBW/E	5
0712-E-07.02.03	KOMMANDOANLAGE-BESTAND	K 103/84	SP	24	VBW/E	S09	PRUEPRO	VBW/E	5
***	GEGENSPRECHANLAGEN								
0712-I-07.03.01	GEGENSPRECHANLAGE-FUNKTION	K 103/84	SP,FP	3	INST.	S10	PRUEPRO	INST.	5
0712-E-07.03.02	GEGENSPRECHANLAGE-STROMVERS.	K 103/84	SP,FP,HE	12	VBW/E	S10	PRUEPRO	VBW/E	5
0712-E-07.03.03	GEGENSPRECHANLAGE-BESTAND	K 103/84	SP	24	VBW/E	S10	PRUEPRO	VBW/E	5
***	TECHNISCHE STOERHELDUNGEN (TSM)								
0712-E-07.07.01	TSM STRAHLENALARH	K 103/84	SP,FP	3	VBW/E	S11	PRUEPRO	VBW/E	5
0712-E-07.07.02	TSM WASSEREINBRUCH	K 103/84	SP,FP	3	VBW/E	S11	PRUEPRO	VBW/E	5
0712-E-07.07.03	TSM NETZ AUSFALL DREHKREUZ	K 103/84	SP,FP	3	VBW/E	S11	PRUEPRO	VBW/E	5
0712-E-07.07.04	TSM PROZESS-KAELTE	K 103/84	SP,FP	3	VBW/E	S11	PRUEPRO	VBW/E	5
0712-E-07.07.05	TSM SCHMELZANLAGE	K 103/84	SP,FP	3	VBW/E	S11	PRUEPRO	VBW/E	5

Abb. 2/6: Beispiel einer Prüfliste für das Sachgebiet Kommunikationsanlagen

b) Prüfliste

In der Prüfliste sind alle Prüfobjekte aufgeführt, die wiederkehrenden Prüfungen unterliegen. Die Prüfliste gibt zu jedem Prüfobjekt die Objekt-Nr., den Namen der Anlage, die Prüfgrundlage, die Prüfmethode, das Prüfintervall, die prüfende Fachabteilung, die Nr. der Prüfanweisung, die Dokumentationsform, den Aufbewahrungsort und die Aufbewahrungsfrist an. Die Prüfliste wird nach Sachgebieten geordnet ausgedruckt. Eine Gliederung nach anderen Ordnungskriterien ist möglich. Sie kann als Gesamtliste der KfK GmbH, als Teilliste für eine Organisationseinheit oder als Teilliste für eine Fachabteilung ausgedruckt werden. Abb. 2/6 zeigt beispielhaft die Prüfliste einer Organisationseinheit für das Sachgebiet Kommunikationsanlagen.

c) Terminliste

Die Terminliste enthält folgende zur Durchführung der Terminverfolgung erforderliche Angaben nach Prüfterminen geordnet: Objekt-Nr., Anlagengegenstand, die Anzahl der mehrfach vorhandenen gleichartigen Gegenstände, Prüfintervall, Termin der nächsten Prüfung und die für die Prüfung zuständige Fachabteilung. Die Terminliste wird monatlich im voraus an die Organisationseinheiten und die Fachabteilungen verschickt. Sie enthält alle Prüfobjekte mit Prüfintervallen ≥ 1 Monat.

d) Prüfprotokoll

Im Prüfprotokoll werden die durchgeführte Prüfung sowie deren Ergebnis und die eingeleiteten Maßnahmen dokumentiert. Die im Computer gespeicherten, das Prüfobjekt kennzeichnenden Daten, werden monatlich im voraus für die Prüfobjekte, die zur Prüfung anstehen, auf dem vorgegebenen Formblatt ausgedruckt und den Organisationseinheiten zugeschickt. Eine Kopie des ausgefüllten Prüfprotokolls geht nach Durchführung der Prüfung von den Organisationseinheiten an HS/TSB zur Aktualisierung der gespeicherten Termine.

e) Mahnverfahren

In der Mahnliste werden alle Prüfobjekte, deren Prüftermin überschritten ist, mit Objekt Nr., Anlagengegenstand, Prüftermin und prüfender Fachabteilung aufgeführt. Sie wird monatlich an die betroffenen Organisationseinheiten geschickt.

Die Aufgabenverteilung und der Informationsfluß bei der Durchführung dieses Konzeptes ist in Abb. 2/7 dargestellt.

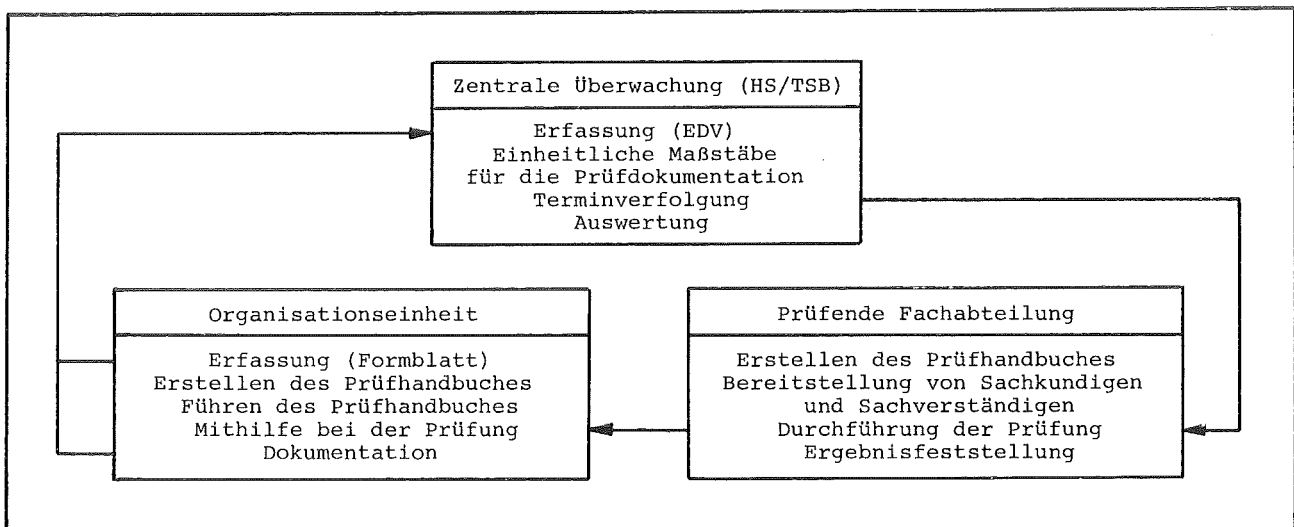


Abb. 2/7: Aufgabenverteilung und Informationsfluß bei der Durchführung von wiederkehrenden Prüfungen

Bisher sind vom INE für das Geb. 712 alle Prüfobjekte erfaßt, gespeichert, und die Prüfungen werden nach diesem Verfahren durchgeführt. Vom IHCh sind alle Prüfobjekte erfaßt, deren Prüfgrundlage atomrechtliche Genehmigungen sind. Eine Terminverfolgung wird noch nicht durchgeführt. Alle Fahrzeuge und alle umschlossenen radioaktiven Präparate der KfK GmbH sind erfaßt und gespeichert. Die Terminüberwachung dazu wird in Kürze aufgenommen. Für HDB läuft zur Zeit die Erfassung der Prüfobjekte mit Hilfe des Erfassungs-Formblattes. Aufgrund der bisherigen Erfahrungen bei der Erfassung ist pro Organisationseinheit ein Zeitaufwand von ca. 1 Monat erforderlich.

2.2 Arbeitsschutz

2.2.1 Betriebsüberwachung

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

Zur Überprüfung der Arbeitssicherheit wurden 205 protokollierte Begehungen in den baulichen Objekten, Außen- und Versuchsanlagen sowie in Einrichtungen der Infrastruktur durchgeführt. Diese 205 protokollierten Begehungen teilen sich auf in 97 Routinebegehungen, 94 Baustellenbegehungen und 14 Kontrollgänge. Darüber hinaus wurden 99 nicht protokollierte Kontrollgänge durchgeführt, deren Ergebnis zusammen mit den protokollierten Begehungen in Tab. 2/9 wiedergegeben ist.

An 61 Routinebegehungen haben die Sicherheitsbeauftragten nach § 719 RVO der jeweiligen Organisationseinheiten teilgenommen. Vertreter des Betriebsrates nahmen an 6 Begehungen teil. Gemäß den Verpflichtungen des ASiG wurden 14 gemeinsame Begehungen mit Betriebsrat und Sicherheitsfachkraft durchgeführt.

35 Revisionen erfolgten zusammen mit Vertretern der Aufsichtsbehörden, wobei die "Schwerpunktüberprüfung von Betrieben mit umweltgefährdenden und gefährlichen Stoffen" und die Überprüfung von Krananlagen den Großteil ausmachten.

Eine Übersicht der häufigsten Beanstandungen aus diesen Routinebegehungen gibt Tab. 2/8.

Ursache für die gegenüber dem Vorjahr gestiegene Zahl der Beanstandungen an Kränen waren notwendige Begutachtungen zur Erteilung von Ausnahmegenehmigungen, die Sicherheitsnachbesserungen erforderlich machten.

Der Umgang mit Druckgasflaschen stellt ein ernstes Problem in den Laboratorien und Technikhallen hinsichtlich ihrer Lagerung und der Lagerungsorte dar.

Für immer sensiblere Meßmethoden und Synthesen wird eine Vielzahl verschiedener, teilweise hochreiner Gase benötigt, wodurch es zu Anhäufungen von Druckgasflaschen in Räumen und Gebäuden kommt. Entsprechend den Richtlinien für Laboratorien (ZH 1/119) wurde deshalb ihre Aufstellung außerhalb der Laboratorien und die Zuführung der Gase über festinstallierte Rohrleitungen oder, wenn dies nicht machbar war, die Unterbringung in wärmeisolierten und dauerbelüfteten Sicherheitsschränken gefordert. Das Verbringen der Druckgasflaschen nach Arbeitsschluß an einen sicheren Ort stellt keine befriedigende Lösung dar, weil durch den Transport zusätzliche Gefahren entstehen können.

Häufigste Quelle von Beanstandungen waren elektrische Betriebseinrichtungen. Defekte an Kabelisolierungen, Steckdosen und Steckern, unsachgemäße Anschlüsse oder fehlender Berührungsschutz waren die Ursachen. Die weiteren, nur geringfügigen Veränderungen in der Mängelstatistik lassen keine Zu- oder Abnahmen der Arbeitssicherheit erkennen.

Art und Häufigkeit der Beanstandungen bei Routinebegehungen	
Mängel an elektrischen Betriebseinrichtungen Sicherheitskennzeichnung am Arbeitsplatz Mängel an Kränen Lagerung und Befestigung von Druckgasflaschen und deren Schlauchanschlüsse	je ca. 30 %
Unsachgemäße Verwendung oder Lagerung gefährlicher Arbeitsstoffe Ausstattung von Arbeits- und Pausenräumen sowie sanitärer Einrichtungen Mangelhafte oder fehlende Absturzsicherung Vorschriftswidrige Rollentühle, Leitern oder Treppen Mängel an Rettungswegen und Notausgängen	je ca. 20 %
Fehlende, zu befestigende oder zu überprüfende Feuerlöscher und Kennzeichnung von Wandhydranten Kennzeichnung elektrischer Einrichtungen	je ca. 16 %
Persönliche Schutzausrüstung Brandschutztüren, thermische Isolierungen Erhöhte Brandlasten, Verstellen von Schutzeinrichtungen Verwendung mangelhafter Hebezeuge und Anschlagmittel Mängel an Arbeitsmaschinen Sonstiges	je ca. 10 %
Verwendung von Asbest oder anderen krebserzeugenden Stoffen	ca. 4 %

Tab. 2/8: Übersicht über die häufigsten Beanstandungen bei Routinebegehungen 1984
(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 %.)

Einen bemerkenswert großen Anteil der Routinebegehungen (50 %) nahmen Begutachtungen bei geplanten Bau- oder Umbaumaßnahmen von Gebäuden, Versuchsanlagen, Verkehrswegen, Beleuchtungs-, Belüftungs- und sanitären Einrichtungen in Anspruch, wodurch bereits in der Planungsphase auf die Aspekte des Arbeitsschutzes eingewirkt werden konnte.

Rückgänge in den Beanstandungen waren gegenüber dem Vorjahr an Notausgängen und Arbeitsmaschinen zu verzeichnen.

Eine eigene Mängelstatistik liefern Kontrollgänge, die aufgrund gezielter Hinweise durchgeführt werden. 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. 2/9.

Eine weitere Aufgabe der Betriebsüberwachung erstreckt sich auf Baustelleneinrichtungen und deren Abnahme bei Neueinrichtung im KfK. Dabei wurden auf 16 Baustellen 21 Baustelleneinrichtungen sicherheitstechnisch überprüft.

Die festgestellten Mängel aus der Überprüfung von 94 Baubaracken, Bauwagen und Containern, die als Büros, Lager und Dauerunterkünfte dienen, sind in Tab. 2/10 wiedergegeben.

Art und Häufigkeit der Beanstandungen bei Kontrollgängen	
Mängel an elektrischen Betriebseinrichtungen Fehlende, zu befestigende oder zu überprüfende Feuerlöscher Thermische Isolierungen	je ca. 15 %
Mängel an Arbeitsmaschinen Aufstellung, Sicherung und Lagerung von Druckgasflaschen Mängel an Flucht- und Rettungswegen sowie Notausgängen Unsachgemäße Lagerung gefährlicher Betriebs- und Arbeitsstoffe Sicherheitskennzeichnung am Arbeitsplatz Sicherung von Arbeitsplätzen	je ca. 7 %
Mangelhafte oder fehlende Absturzsicherung	ca. 4 %
Sonstiges	ca. 9 %

Tab. 2/9: Übersicht über die häufigsten Beanstandungen bei Kontrollgängen 1984, 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	63 %
Fehlende Firmenschilder und Baustellennummern	40 %
Mängel an elektrischen Maschinen und Elektroinstallationen	17 %
Unsachgemäße Lagerung wassergefährdender Betriebs- und Arbeitsstoffe	16 %
Mängel an der Bauwagenbeheizung	9 %
Fehlende thermische Isolierungen	6 %
Beanstandungen an sanitären Einrichtungen	5 %
Unsachgemäße Lagerung von Brennstoffen oder Druckgasflaschen	5 %
Ohne Mängel	13 %

Tab. 2/10: Übersicht über die häufigsten Beanstandungen bei der Überprüfung und Abnahme von Baustelleneinrichtungen (Da pro Begehung 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 %.)

2.2.2 Arbeitsplatzüberwachung

F. Merschroth, H. Wilker, W. Winkelmann

Meßtechnische Arbeitsplatzüberwachungen wurden im Berichtsjahr 1984 schwerpunktbezogen durchgeführt. Messungen und Beurteilungen auf dem Gebiet der Lärmimmission und der Lärmemission bildeten den Hauptanteil. Weitere meßtechnische Überprüfungen wurden notwendig zur Schadstoffkonzentrationsbestimmung in der Atemluft, beim Umgang mit gesundheitsgefährdenden Stoffen, zur Raumklimaüberwachung und zur Bestimmung der Beleuchtungsstärke an Arbeitsplätzen und Ver-

kehrswegen.

Die Festlegung der Schwerpunkte erfolgte in den vergangenen Jahren durch Beobachtungen bei Betriebsbegehungen, durch Hinweise der Medizinischen Abteilung und nur zu einem geringen Teil durch die betroffenen Mitarbeiter selbst. 1984 wurden 150 Messungen (= 100 %) durchgeführt und zwar:

- 40 % aufgrund von Hinweisen von Mitarbeitern aus tangierten Abteilungen,
- 28 % aufgrund von Wahrnehmungen und Beobachtungen bei Betriebsbegehungen,
- 12 % aufgrund ärztlicher, amtsärztlicher und berufsgenossenschaftlicher Anforderungen,
- 8 % als Nachmessungen und nach ausgeführten Schutzmaßnahmen,
- 8 % zur Abnahme bei Neu- und Ersatzbeschaffungen,
- 4 % wegen offensichtlicher oder vermuteter Umweltbelastungen.

Da die beiden letzten Punkte der Rubrik "Hinweise durch die Mitarbeiter" hinzugerechnet werden können, ist eindeutig festzustellen, daß 1984 über 50 % der Messungen von Mitarbeitern der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH selbst veranlaßt wurden. Dies bedeutet einerseits, daß die Mitarbeiter ein größeres Sicherheitsbewußtsein entwickelt haben, und andererseits, daß die von HS/TSB erarbeiteten Vorschläge für Schutzmaßnahmen akzeptiert und nicht als lästiger Ballast empfunden werden.

Die Verpflichtung zur meßtechnischen Arbeitsplatzüberwachung ist in zahlreichen Vorschriften und Verordnungen geregelt, die in jüngster Zeit zum Teil überarbeitet oder neu erstellt wurden. Sie basieren alle auf den UVV "Allgemeine Vorschriften" (VBG1), in denen im § 45, Abs. 1 gefordert wird:

"Sind Versicherte gesundheitsgefährlichen Stoffen, Krankheitskeimen, Erschütterungen, Strahlung, Kälte oder Wärme oder anderen gesundheitsgefährlichen Einwirkungen ausgesetzt, so hat der Unternehmer unbeschadet anderer Rechtsvorschriften das Ausmaß der Gefährdung zu ermitteln.

Hierzu wurden in den "Technischen Regeln für gefährliche Arbeitsstoffe 900" (TRgA 900) die Werte der maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK) für gefährliche Arbeitsstoffe festgelegt.

Die TRgA 402 hat die Planung von Messungen einschließlich Probenahme, ihre Durchführung sowie die Beurteilung der festgestellten Konzentration der Arbeitsstoffe zum Gegenstand, für die in Abschnitt II der TRgA 900 MAK-Werte aufgeführt sind.

In der TRgA 401 ist die Planung von Messungen einschließlich Probenahmen, ihre Durchführung sowie die Beurteilung der festgestellten Konzentrationen gefährlicher, speziell krebserzeugender Arbeitsstoffe (Gase, Stäube, Rauche, Nebel und Dämpfe) geregelt. Sie dient der Anwendung von Technischen Richtkonzentrationen (TRK) für gefährliche Arbeitsstoffe.

Aus besonderen Vorschriften für krebserzeugende Stoffe enthält die am 11.10.1982 neugefaßte Arbeitsstoffverordnung (ArbStoffV) auch Vorschriften für den Umgang mit gefährlichen Arbeitsstoffen. Dem Arbeitgeber obliegt nunmehr die Pflicht,

- a) zu ermitteln, ob mit einem gefährlichen Arbeitsstoff umgegangen wird,
- b) beim Umgang mit gefährlichen Arbeitsstoffen die Konzentration in der Luft zu messen,
- c) eine Rangfolge zu beachten, wonach technische Schutzmaßnahmen vor persönlichen Schutzmaßnahmen zu stehen haben und so die Einwirkungen gefährlicher Arbeitsstoffe auf Arbeitnehmer soweit wie möglich vermieden werden.

Die Tabelle 2/11 gibt Auskunft über die Meßorte und die Arten der erfolgten und protokollierten Messungen. Die in nahezu allen Organisationseinheiten durchgeführten Messungen zur Übersichtgewinnung sind in der Tabelle nicht enthalten.

Sollten aufgrund geänderter Vorschriften in Zukunft schwerpunktbezogene Arbeitsplatzüberwachungen nicht mehr ausreichen und stattdessen systematisch alle Arbeitsplätze, an denen mit gesundheitsgefährdenden Stoffen umgegangen wird, meßtechnisch zu überwachen sein, würde dies bei der Vielzahl von Stoffen und Arbeitsplätzen einen erheblichen personellen und analytischen Mehraufwand bedeuten.

Organisations- einheit	Art der Überwachung	Geb.-Nr.	Überwachte Räume, Geräte und Anlagen
HDI	Lärmpegelmessung	442	Terminalraum Nr. 196 Rechnerraum Nr. 172, 174 Terminalraum Nr. 196
		441	
	Raumklimamessung	442	
HS/R	Schadstoffmessung	342	Labor Nr. 135
HS/S	Lärmpegelmessung	122	Rechneranlage
IMF	Schadstoffmessung	681	Labor Nr. 172, 174 Halle und Außenanlage
	Lärmpegelmessung	681	
		682	
IT	Lärmpegelmessung	601	Raum Nr. 512 b Betontiegelschmelzanlage und Freigelände Prüfstand für Rohrleitungsverbindungen
	Lärmpegelmessung	660	
	Lärmpegelmessung	602	
ITP	Lärmpegelmessung	401	Vakuumpumpen Vakuumpumpstand
		406	
IRB	Lärmpegelmessung Schwingungsmessung	272	Thermoschock-Prüfanlage Thermoschock-Prüfanlage
		272	
IRCh	Lärmpegelmessung	321	Raum Nr. 109, Glasbearbeitung
IRCh/PtWt	Schadstoffmessung	330	Labor Nr. 102, 104
KTB/HZ	Lärmpegelmessung	701	Raum Nr. 023, 134, 135, Kranhalle, Isolationsraum, Vespacar
MED	Lärmpegelmessung	124	diverse Schreibmaschinen
P/AV-Repro	Raumklimamessung	142	Druckerei Fotolabor Fotolabor Verkehrswege
	Raumklimamessung	141	
	Lärmpegelmessung	141	
	Beleuchtungsstärke	141	
VBW/VB - Bauhof - Fernheizwerk - Wasserwerk	Lärmpegelmessung	-	Arbeitsmaschinen mit Verbrennungs- motoren Öl- und Gasbrenner, Verdichter und Druckminderer Spülluftgebläse
		255	
		151	
WAK	Lärmpegelmessung	1516	Rückkühlanlage

Tab. 2/11: Meßtechnische Arbeitsplatzüberwachungen 1984

2.2.3 Unfallgeschehen

P. Meyer, E. Windbühl

1984 wurden dem Badischen Gemeindeunfallversicherungsverband Karlsruhe, dem für die KfK GmbH zuständigen Unfallversicherungsträger, 53 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. 2/8 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 Sportunfälle mit einer Gesamtzahl von 26 genau so hoch ist, wie der Anteil der Unfälle im Zusammenhang mit der betrieblichen Tätigkeit.

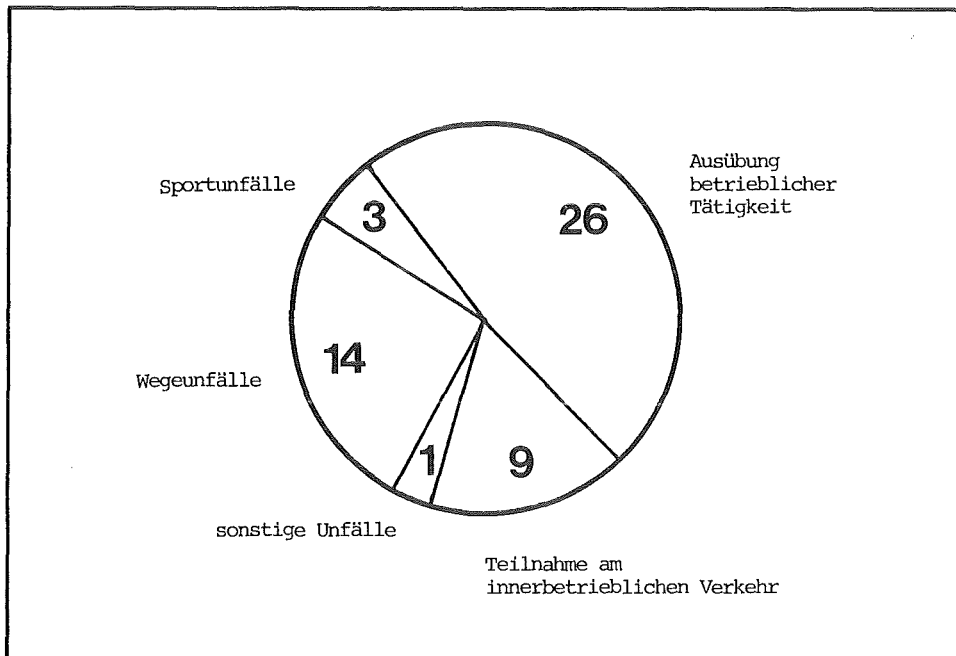


Abb. 2/8: Anzahl der anzeigepflichtigen Arbeitsunfälle 1984

In Abb. 2/9 ist die Verteilung der anzeigepflichtigen Arbeitsunfälle auf die einzelnen Monate des Jahres 1984 dargestellt. Die Verteilung der Betriebsunfälle über die Tageszeit in Abb. 2/10 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. 2/11 zeigt für die Arbeitsunfälle insgesamt und für die Untergruppe der Betriebsunfälle (Arbeitsunfälle ohne Wegeunfälle und Sportunfälle) die Entwicklung des Unfallgeschehens der Jahre 1981 bis 1984.

Abb. 2/12 zeigt die Verteilung der Betriebsunfälle nach KfK-Arbeitsbereichen, integriert über die Jahre 1981 bis 1984. Es zeigt sich deutlich, daß die Bereiche Werkstätten, Instandhaltung und innerbetriebliche Verkehrs- und Transportwege relativ unfallträchtig sind.

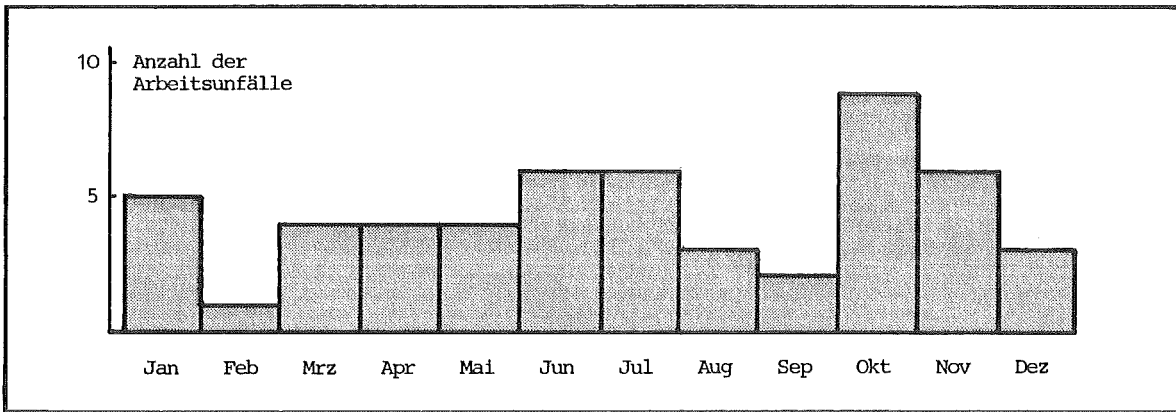


Abb. 2/9: Verteilung der anzeigepflichtigen Arbeitsunfälle auf die einzelnen Monate des Jahres 1984

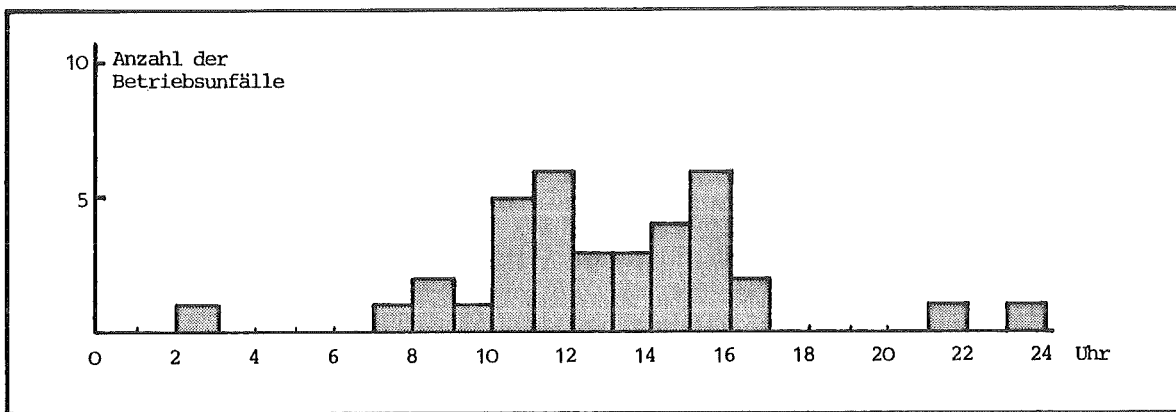


Abb. 2/10: Verteilung der anzeigepflichtigen Betriebsunfälle 1984 über die Tageszeit

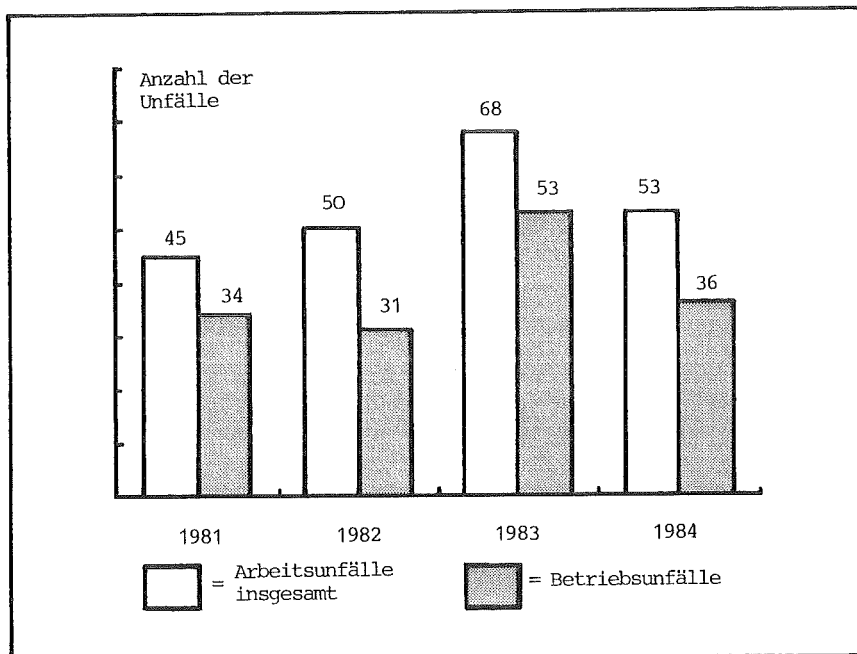


Abb. 2/11: Entwicklung des Unfallgeschehens der KfK GmbH von 1981 bis 1984

Arbeitsbereiche	Anzahl der Betriebsunfälle
Sozialräume	5
Betriebsgelände (im Freien)	17
Laborräume	8
Büros	3
Werkstätten, Instandhaltungsbereiche	49
Technikumshallen, Versuchsstände	16
Lager	6
Innerbetriebliche Verkehrs- und Transportwege	32
Auf/in Fahrzeugen	4
Außerhalb des Betriebes	3
Küche, Kantine	6
Reinigung	5

Abb. 2/12: Verteilung der Betriebsunfälle der KfK GmbH nach Arbeitsbereichen, integriert über die Jahre 1981 bis 1984

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 1984 in Tab. 2/12 wiedergegeben. Dabei wurden für 1984 als durchschnittliche Anzahl der Mitarbeiter der KfK GmbH 3 841 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 und der gewerblichen Wirtschaft für das Jahr 1983 wiedergegeben.

statistischer Begriff	Definition	statistische Meßziffer		
		KfK GmbH		gewerbliche Wirtschaft 1983
		1983	1984	
Tausend-Mann-Quote	Zahl der anzeigepflichtigen Arbeitsunfälle (ohne Berücksichtigung der Wege- und Sportunfälle) bezogen auf 1 000 Beschäftigte	13,5	9,4	59,4
Unfallhäufigkeit	Zahl der anzeigepflichtigen Arbeitsunfälle (ohne Berücksichtigung der Wege- und Sportunfälle) bezogen auf 1 Million tatsächlich geleistete Arbeitsstunden	7,9	5,5	33,0

Tab. 2/12: Statistische Meßziffern zum Unfallgeschehen der KfK GmbH 1984

2.2.4 Sicherheitsinformationen und Ausbildung

F. Merschroth, H. Wilker, E. Windbühl

Der Information, Unterweisung und Ausbildung ist im betrieblichen Bereich ein angemessener Stellenwert einzuräumen, um der Unfallverhütungsvorschrift "Allgemeine Vorschriften" nachzukommen. Das sicherheitsgerechte Verhalten am Arbeitsplatz ist eine wichtige Voraussetzung für die Verhütung von Arbeitsunfällen und Berufskrankheiten. Deshalb ist es unerlässlich, die Mitarbeiter über die Gefahren am Arbeitsplatz und die möglichen Folgen aufzuklären. Auch über vorhandene Einrichtungen für Notfälle, die Verfahrensweise bei der Anforderung von Hilfeleistungen und bei Zwischenfällen, sowie über die "Allgemeine Sicherheitsregelung" der KfK wird in angemessenen Zeitabständen informiert.

Sofern für die Ausübung bestimmter Tätigkeiten aufgrund von Vorschriften Ausbildungen zwingend vorgeschrieben sind, wurden auch 1984 wieder entsprechende Lehrgänge durchgeführt. Dies gilt insbesondere für die Ausbildung von Kranführern, Anschlägern und Flurförderzeugfahrern.

Es dürfte kaum eine andere angelernte Tätigkeit geben, die größere Anforderungen an Zuverlässigkeit und Verantwortung stellt, als die des Kranführers und Anschlägers. Die Kranführer moderner Krananlagen sollen nicht nur Kenntnisse der oft komplizierten technischen Einrichtungen der Krananlagen haben, sondern müssen auch genau über die einzuhaltenden Unfallverhütungsvorschriften informiert sein.

Eine große Anzahl der sogenannten "Kranunfälle", die beim Kranbetrieb auftreten, ist auf die Nichtbeachtung der einschlägigen Unfallverhütungsvorschriften "Krane" (VBG 9) und "Lastaufnahmeeinrichtungen im Hebezeugbetrieb" (VBG 9 a) zurückzuführen.

Die für die Tätigkeiten eines Kranführers und Anschlägers nötigen Kenntnisse der Unfallverhütungsvorschriften und anderes theoretisches Wissen werden in Kurzlehrgängen von HS/TSB vermittelt. Das gleiche gilt auch für die Tätigkeiten der Flurförderzeugfahrer. Bewerber für den Fahrausweis für motorisch angetriebene Flurförderzeuge im innerbetrieblichen Werkverkehr müssen im Besitz einer gültigen Fahrerlaubnis (Führerschein) sein.

Im Jahre 1984 wurden 54 Mitarbeiter als Kranführer und Anschläger sowie 20 Mitarbeiter als Flurförderzeugfahrer ausgebildet (siehe Tab. 2/13).

Organisationseinheit	Kranführer und Anschläger	Flurförderzeugfahrer
EKM	-	3
HDB	2	4
IMF	3	-
INR	5	-
IRCh	7	-
LAF	5	-
VBW	31	4
Sonstige Einrichtungen	1	9
Summe	54	20

Tab. 2/13: Ausbildung von Kranführern, Anschlägern und Flurförderzeugfahrern 1984

Neben den von Betriebsseite durchgeführten Informationen auf dem Sektor der Arbeitssicherheit hatten die mit Sicherheitsaufgaben betrauten Mitarbeiter, die Sicherheitsbeauftragten/RVO und die Mitglieder des Betriebsrates Gelegenheit, an externen Veranstaltungen teilzunehmen, die folgende Themen behandelten:

- Kraftbetriebene Arbeitsmittel,
- Atemschutz,
- die sichere Wartungs- und Reparaturwerkstatt,
- Sicherheit bei Einsatz des Reparaturpersonals im Betrieb für Personen und Anlagen,
- innerbetriebliche Sicherheitsunterweisung für die Praxis.

2.2.5 Arbeitsschutzausschuß

E. Windbühl

In Erfüllung von § 11 des Arbeitsschutzgesetzes hat dieser Ausschuß auch 1984 wieder zahlreiche Probleme des Arbeitsschutzes und des Arbeitsmedizinischen Dienstes beraten.

Themen waren:

- Speicherung des Unfallgeschehens mittels EDV,
- Prüfung neuer Partikelfilter für Atemschutzgeräte,
- zentrale Erfassung wiederkehrender Prüfungen von Anlagen und Arbeitsmitteln unter Einsatz der EDV,
- Neufassung der "Allgemeinen Sicherheitsregelung" der KfK,
- Probleme bei der Terminverfolgung der ärztlichen Überwachung beruflich strahlenexponierter Mitarbeiter gemäß § 67 StrlSchV und § 42 RöV,
- neue Unfallverhütungsvorschrift "Arbeitsmedizinische Vorsorge",
- Überprüfung möglicher Einwirkung gefährlicher Arbeitsstoffe auf Mitarbeiter,
- Untersuchungskriterien für Träger von Atemschutzgeräten und Schutzanzügen,
- Arbeitszeitregelungen für Tätigkeiten unter erschwerten Bedingungen,
- Auslegung von Beleuchtungseinrichtungen in Gebäudefluren.

2.2.6 Sonderaktionen auf Teilgebieten des Arbeitsschutzes

2.2.6.1 Schwerpunktüberprüfung von Betrieben mit umweltgefährdenden und gefährlichen Stoffen

W. Winkelmann, H. Lindenthal, F. Merschroth

Durch Verwaltungsvorschriften des Sozial- und des Ernährungsministeriums wurden die Gewerbeaufsichts- und Wasserwirtschaftsämter in Baden-Württemberg aufgefordert, Schwerpunktüberprüfungen von Betrieben durchzuführen, in denen mit umweltgefährdenden und gefährlichen Stoffen und Abfällen umgegangen wird.

Zur Erfüllung dieser Vorschriften wurde die KfK GmbH aufgefordert, in den Organisationseinheiten vorhandene Stoffe nach Art und Menge zu benennen. Leitlinien für die Auflistung dieser Stoffe waren dabei die im Anhang II der Störfall-Verordnung zum BImSchG aufgeführten Stoffe, der "Katalog wassergefährdender Stoffe" und der Katalog zur "Überwachung der Abfallbeseitigung".

Nachdem die Stofflisten von sämtlichen Organisationseinheiten im KfK erstellt und den Behörden vorgelegt waren, wurden von HS/TSB organisierte Begehungen, zusammen mit den Abwasser- und

Abfallbeauftragten der Organisationseinheiten sowie den Vertretern von GAA und WWA, in den betreffenden Organisationseinheiten durchgeführt. Gegenstand dieser Überprüfungen war, Betriebsabläufe bei der Abwasser- und Abfallbeseitigung sowie Mängel beim Umgang mit gefährlichen und umweltgefährdenden Stoffen kennenzulernen, und, wo es notwendig erschien, Maßnahmen zur Gefahrenabwendung vorzuschlagen.

Anhand der erstellten Stofflisten fanden 13 gezielte Inspektionen in über 35 Organisationseinheiten statt. Da sich diese Begehungen über ein dreiviertel Jahr hinzogen, kam es gelegentlich zu Differenzen zwischen Lagerbestand und Meldung. Dennoch konnten die gesteckten Ziele dieser Überprüfungen, nämlich eine "sichere Handhabung und Lagerung von gefährlichen Stoffen und Abfällen, so daß eine Umweltgefährdung ausgeschlossen ist", erreicht werden.

Resultierend aus den Schwerpunktüberprüfungen sind in Tabelle 2/14 die häufigsten Beanstandungen wiedergegeben.

Art der Beanstandungen	Häufigkeit in %
Verschmutzte, fehlende und zu kleine Auffangwannen	34
Unzulässige Lagerung gefährlicher Stoffe	17
Fehlende oder mangelhafte Kennzeichnung von Lagereinrichtungen	11
Unzulässige Nutzung und unwirksame Entlüftung von Lagereinrichtungen bzw. fehlender Brand- und Explosionsschutz in Lagereinrichtungen	6
Versäumte Abdichtung ehemals flüssigkeitsdichter Fußböden	6
Unzulässige Lösemittelmengen am Arbeitsplatz	5
Nicht erfolgte Entsorgung undefinierbarer Stoffe	5
Nicht erfolgte Ausmusterung von unbrauchbaren Lagergefäßen	4
Fehlende hydraulische Anlagentrennung vom Trinkwassernetz	2
Sonstiges	10

Tab. 2/14: Art und Häufigkeit von Beanstandungen bei den Schwerpunktüberprüfungen (Gesamtzahl der Beanstandungen = 100 %)

2.2.6.2 Durchführung von Brandverhütungsschauen

W. Winkelmann

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, falls nicht wegen einer Häufung von Brandfällen zusätzliche Überprüfungen notwendig erscheinen.

Bei der 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, Löscheräte und -anlagen sowie Feuermeldeeinrichtungen vorhanden und einsatzfähig sind,
- die Flächen für die Feuerwehr in erforderlichem Umfang vorhanden und nutzbar sind und
- die Löschwasserversorgung ausreichend ist.

Unter den Erlaß des Innenministeriums fielen im KfK folgende Gebäudearten, die in die Brandverhütungsschauen einbezogen wurden:

- 1 Gebäude mit mehr als 5 Vollgeschossen,
- 1 Lagerplatz mit mehr als 1 000 m² Nutzfläche, auf dem brennbare Stoffe in großen Mengen nicht nur vorübergehend gelagert werden,
- 13 bauliche Anlagen, die aufgrund ihrer Bauweise durch Funkenflug oder Wärmestrahlung leicht in Brand gesetzt werden können.

Einen Überblick der aus den Brandverhütungsschauen resultierenden Beanstandungen gibt Tab. 2/15.

Fehlende oder nicht geschlossene Brandschutztüren und fehlende rauchdichte Treppenhausabschlüsse

Mißbräuchliche Nutzung von Rettungswegen und fehlende Feuerwehrstraßen zum Anleitern

Nicht vorhandene Brandschutzklappen, Rauchabzugsöffnungen oder feuerbeständige Abschottung von Kabelschächten und Treppenhäusern

Fehlende, zu befestigende, zu überprüfende oder nicht geeignete Feuerlöscher

Erhöhung der Brandlasten wegen ungeeigneter Lagerung brennbaren Materials

Unzulässige Lagerung von Druckgasflaschen

Unzulässige Nutzung von Gebäuden

Fehlende Prüfung einer Brandschutzbeschichtung eines in Stahlskelettbauweise errichteten Gebäudes

Tab. 2/15: Mängelspiegel aus den Brandverhütungsschauen 1984

Soweit Beanstandungen, 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.

2.2.6.3 Sachkundigenprüfungen an Betriebsfahrzeugen

W. Winkelmann

Nach der Unfallverhütungsvorschrift des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften (VBG 12 "Fahrzeuge" § 26 Abs. 2) hat der Unternehmer Fahrzeuge auf ihren betriebssicheren Zustand prüfen zu lassen. Der betriebssichere Zustand von Fahrzeugen ist nach der Unfallverhütungsvorschrift dann erreicht, wenn neben der Verkehrssicherheit auch die Arbeitssicherheit mindestens einmal jährlich durch einen Sachkundigen geprüft wird. Die Ergebnisse der Prüfung sind schriftlich niederzulegen und mindestens bis zur nächsten Prüfung aufzubewahren. Zusätzlich kann der Nachweis der Sachkundigenprüfung durch eine am Fahrzeug anzubringende Prüfplakette dokumentiert werden.

Mit den Ende 1982 erschienenen "Grundsätzen für die Prüfung von Fahrzeugen durch Sachkundige" (ZH 1/282.2) wurde dem Fachpersonal ein Instrument zur Durchführung dieser Prüfungen in die Hand gegeben. Die darin enthaltenen Prüflisten sind lediglich als ein Hilfsmittel gedacht und können für eigene Zwecke abgewandelt und verbessert werden. Die vorgenannten Prüfgrundsätze enthalten eine Basisprüfliste "A", nach der alle Fahrzeuge im Sinne der VBG 12 zu prüfen sind und Ergänzungsprüflisten "B-L" für bestimmte Spezialfahrzeuge, wie z. B. Kraftomnibusse, Behälterfahrzeuge, Saug- und Druckwagen, Müllsammelfahrzeuge, Seitenlader, um nur den wesentlichen Bestand an Spezialfahrzeugen im KfK zu nennen. Die Prüfliste "V", Verkehrssicherheit, ist wiederum auf alle Fahrzeuge anzuwenden. Da die KfK GmbH sowohl Fahrzeuge mit als auch ohne amtliche Betriebserlaubnis unterhält, sind unterschiedliche Prüfnachweise zu erbringen. Für Fahrzeuge mit einer behördlichen Betriebserlaubnis gilt ein mängelfreies Ergebnis einer Sachverständigenprüfung nach § 29 StVZO ("TÜV-Prüfung") als Nachweis auf Verkehrssicherheit. Diese Fahrzeuge sind dann jährlich durch einen Sachkundigen auf Arbeitssicherheit zu prüfen. Für Fahrzeuge ohne amtliche Betriebserlaubnis ist die jährliche Sachkundigenprüfung auch auf die Verkehrssicherheit auszudehnen.

Insgesamt sind 37 KfK-eigene Fahrzeuge ohne behördliche Betriebserlaubnis vorhanden; es handelt sich dabei um 9 Mopeds, 12 Mokuli und 6 Anhängelfahrzeuge.

Die Palette der Fahrzeuge mit amtlicher Betriebserlaubnis ist wesentlich breiter und umfaßt 108 Fahrzeuge:

17 Personenwagen, 25 Kombinationsfahrzeuge, 12 Kleinbusse, 28 Transporter, 7 Kraftomnibusse, 1 Müllsammelfahrzeug, 3 Sanitätsfahrzeuge, 1 Zugmaschine, 3 Lastkraftwagen mit mehr als 9 t zulässigem Gesamtgewicht, 7 Lastkraftwagen mit weniger als 9 t zulässigem Gesamtgewicht und 4 Anhängelfahrzeuge.

Wegen der großen Anzahl im KfK vorhandener Betriebsfahrzeuge wurde mit der für die Durchführung von Fahrzeug-Inspektionen zuständigen Hauptabteilung vereinbart, Prüfungen auf Arbeitssicherheit und, wo erforderlich, auch auf Verkehrssicherheit, im Rahmen der mehrmals im Jahr anfallenden Inspektionen mitzuerledigen.

Die Überwachung der Prüftermine erfolgt mittels EDV im Rahmen des Programms "Wiederkehrende Prüfungen" (s. Kapitel 2.1.9), so daß eine regelmäßige Sachkundigenprüfung der Fahrzeuge sichergestellt ist.

2.2.6.4 Überprüfung von Drehstühlen

W. Winkelmann

Bis Ende 1983 wurden von einigen Büromöbelherstellern Gasfedern mit integriertem Bedienungshebel zur Höhenverstellung in Drehstühle und Drehsessel eingebaut, die nach längerer Benutzungsdauer bruchanfällig waren. Berichte in den Medien über Unfälle mit teilweise schweren Verletzungen durch ausgebrochene Gasfedern haben dazu geführt, daß von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und der Verwaltungs-Berufsgenossenschaft Empfehlungen zur nachträglichen Sicherung von Gasfedern mit seitlich eingeführten Bedienungshebeln herausgegeben wurden. Gleichzeitig wurden die Richtlinien zur Erteilung des "GS"-Zeichens (Geprüfte Sicherheit) verschärft, so daß Gasfedern mit integriertem Bedienungshebel in Zukunft nicht mehr eingebaut werden können.

Das Gefährdungspotential durch Drehstühle mit Gasfedern war im KfK von vornherein als gering einzustufen, da solche Stühle nur über Beschaffungsaufträge erhältlich waren und dadurch nur in kleiner Anzahl vorhanden sein konnten. Sonstige, lagerseits erhältliche Drehstühle stellten keine Gefahr dar, weil die Höhenverstellung dieser Stühle nach einem anderen Mechanismus erfolgt.

Sämtliche, mit Gasfedern ausgestatteten Drehstühle wurden von den Sicherheitsbeauftragten der jeweiligen Organisationseinheiten erfaßt und unter Angabe von Hersteller, Modell, Lieferjahr und Standort an eine beauftragte Servicefirma gemeldet. Anhand dieser Unterlagen konnte diese Firma zunächst eine Vorauswahl aufgrund ihrer Kenntnisse über bruchgefährdete Typen treffen. In Inspektionen wurden potentiell bruchgefährdete Stühle ermittelt, und soweit es lohnend war, mit einer Sicherungsmuffe nachgerüstet.

Von ca. 70 gemeldeten Gasfederstühlen mußten 6 Gasfedern nachträglich gesichert werden. Zusätzlich wurde empfohlen, 2 Stühle, deren Gasfedern nicht zu sichern waren, auszumustern. An keiner der begutachteten Drehstühle war ein Anriß der Gasfeder festgestellt worden.

2.2.7 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 Beschäftigung erforderlich. Die Nachuntersuchungsfristen liegen je nach Gefährdungsmöglichkeit zwischen 6 und 60 Monaten.

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.

Am 31. 12. 1984 waren insgesamt 1 647 Mitarbeiter der KfK GmbH erfaßt. Eine Aufschlüsselung dieser Personenzahl nach den verschiedenen Untersuchungsgrundlagen, der Anzahl erforderlicher gefähderungsspezifischer Einzeluntersuchungen und der Anzahl der 1984 durchgeführten Untersuchungen bietet Tab. 2/16.

Untersuchungsgrundlage	Anzahl der insgesamt erforderlichen Untersuchungen	Untersuchungsintervalle in Monaten	Anzahl der 1984 durchgeführten Untersuchungen
Berufsgenossenschaftliche Grundsätze für Tätigkeiten oder Einwirkungen bei			
- Bildschirmarbeiten	646	60	173
- Fahr-, Steuer-, und Überwachungstätigkeiten	649	36	349
- Lärm	368	36	249
- Trägern von Atemschutzgeräten	418	36	246
- anderen Belastungen	64	24	47
- gefährlichen Arbeitsstoffen	201	12	191
Summe	2 346		1 255
Technische Regeln für gefährliche Arbeitsstoffe beim Umgang mit			
- nachweislich krebserzeugenden Stoffen	69	12	67
- vermutlich krebserzeugenden Stoffen	74	12	72
Summe	143		139
Sonstige Gefährdung	156	12	148
Summe	156		148
Gesamtzahl der Einzeluntersuchungen	2 645		1 542
Insgesamt erfaßte Mitarbeiter	1 647		
Insgesamt 1984 untersuchte Mitarbeiter			736

Tab. 2/16: Anzahl der erforderlichen gefährdungsspezifischen Einzeluntersuchungen und der 1984 durchgeführten Untersuchungen, geordnet nach Untersuchungsgrundlagen

2.3 Kernmaterialüberwachung

2.3.1 Gesetzliche Grundlagen und Struktur der Kernmaterialüberwachung der KfK

W. Stock, 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 (BGBl. 1974, II, S. 785),
- Vertrag zur Gründung der Europäischen Atomgemeinschaft (EURATOM) vom 25. März 1957 (BGBl. 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 (BGBl. 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. 2/17 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

Tab. 2/17: Materialbilanzzonen (MBZ) der KfK am 31.12.1984

In der Materialbilanzzone WKKE (Laboratorien) wurden 1984 die folgenden 12 Institute bzw. Teilinstitute zusammengefaßt: IMF I, IK III, SKT, INE, LAF I, HS, Zyklotron, IK II/RTM, IRB, IRE, EKS und LIT.

Dem von KfK an EURATOM gestellten Antrag, die Materialbilanzzone WF2K in zwei getrennte MBZ aufzuteilen, wurde stattgegeben. Die Anlage "KTB/FR 2" selbst wird weiterhin unter dem bisherigen MBZ-Code "WF2K" geführt. Die davon separierte Anlage "Hauptabteilung Ingenieurtechnik (IT)" wird unter dem neuen MBZ-Code "WKKT" registriert.

2.3.2 Inspektionen durch EURATOM und IAEO

W. Stock, W. Burck

1984 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. 2/18 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	6	7
KTB/HZ	1	3	4
KTB/SNEAK	2	permanent	12
SUA	1	-	1
SUR 100	1	-	1
IHCh	1	3	4
IKVT	1	-	1
IMF III	1	1	2
INR	1	-	1
IRCh	1	1	2
IT	1	-	1
Laboratorien	1	-	1

Tab. 2/18: Anzahl der 1984 durchgeführten Inspektionen

Zur Durchführung dieser Inspektionen wurden von der IAE0 im Berichtsjahr 17 und von der EURATOM-Kommission 18 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 12 Materialbilanzzonen der KfK wurde 1984 zu unterschiedlichen Zeitpunkten die Aufnahme der realen Bestände an Kernmaterial durch die jeweiligen Betreiber durchgeführt und durch IAE0 und EURATOM überprüft. Der Arbeitsaufwand, der sich aus diesen Inventuren 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 Prüfungsstichtag,
- Aufstellungen des realen Bestandes an Kernmaterial, gegliedert nach den einzelnen Schlüsselmeßpunkten und Chargen,
- Inventurlisten der Schlüsselmeßpunkte mit Angabe der einzelnen Positionen,
- Materialbilanzberichte von HS/TSB mit den Angaben sämtlicher Bestandsänderungen von der vorangegangenen Inventur bis zum Prüfungsstichtag,
- 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 1984 der 12 kontrollierten Materialbilanzzonen wurde durch die IAE0 und EURATOM verifiziert.

2.3.3 Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung von Kernmaterial

W. Stock, W. Burck

Die an der Erfassung und Überwachung des Kernmaterials beteiligten internen und externen Meldeinstanzen und die zugehörigen Meldewege wurden als Fließschema in Abb. 2/13 dargestellt.

EURATOM-Code der MBZ
und überwachte Anlage

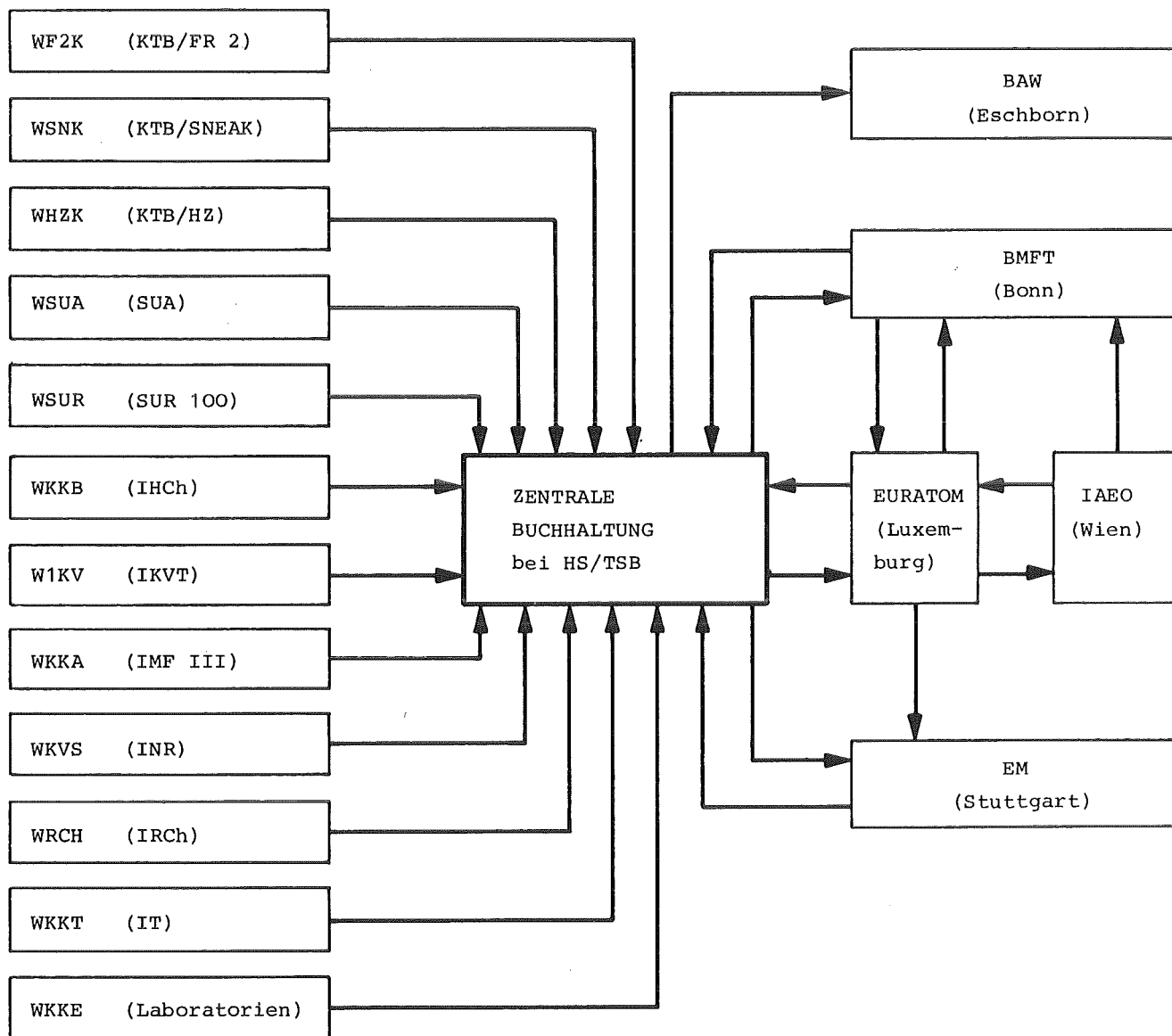


Abb. 2/13: Meldeinstanzen und Meldewege zur Kernmaterialerfassung

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.

1984 wurden 350 Institutsmeldungen überprüft und 532 Belege (Lieferscheine) verbucht. Auf der

Grundlage dieser Unterlagen wurden die externen Bestandsänderungsberichte an die Aufsichtsbehörden erstellt. 1984 waren dies 604 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 1984 überwachten Kernmaterialtransporte und ihre Zuordnung zu den verschiedenen Kernmaterialkategorien zeigt Tab. 2/19.

Kategorie	interne Transporte	externe Transporte	Transporte insgesamt
Natururan	46	65	111
abgereichertes Uran	43	77	120
Thorium	7	8	15
angereichertes Uran	75	72	147
Plutonium	93	115	208
Summe	264	337	601

Tab. 2/19: Anzahl der Kernmaterialtransporte 1984, geordnet nach Materialkategorien

2.3.4 EDV-Einsatz zur Buchführung der Kernmaterialüberwachung

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

1984 wurde zur Erfassung von Kernmaterial und zur Erstellung von Berichten an Aufsichtsbehörden bei HS/TSB neben der manuellen Buchführung auch elektronische Datenverarbeitung eingesetzt.

Das bisher benutzte rechnergestützte Kernmaterialüberwachungssystem wird durch ein dezentrales EDV-System modernisiert. Das neue System, das sich noch in der Realisierungsphase befindet, wird von IDT in enger Kooperation mit HS/TSB implementiert. Dieses Konzept sieht die Aufstel-

lung von 10 Geräten des Modells IBM-PC/XT vor. Personal Computer (PC) werden bei den Materialbilanzzonen aufgestellt, die vor Ort sofortige Buchungen häufiger Kernmaterialbewegungen durchzuführen haben. Für Materialbilanzzonen mit einer geringen Anzahl von KM-Bewegungen pro Monat werden die EDV-gestützten Buchungen auf dem dazu bei HS/TSB aufgestellten PC vorgenommen. Ein weiterer PC steht HS/TSB zur Durchführung der zentralen Berichterstattung an EURATOM zur Verfügung.

Die von HS/TSB zum Erstellen von Berichten an die Behörden benötigten Daten von allen Materialbilanzzonen werden künftig über HDI (Mailbox) von HS/TSB abrufbar sein. Abb. 2/14 stellt diesen Zusammenhang schematisch dar.

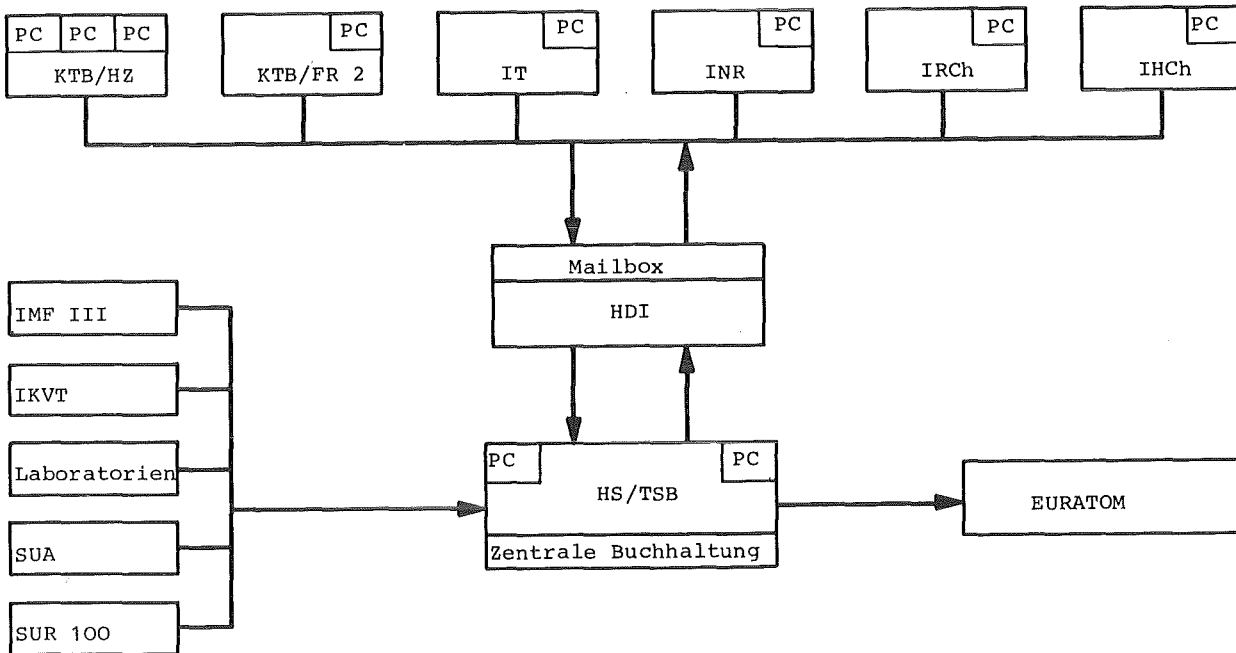


Abb. 2/14: Schematische Darstellung des künftigen rechnergestützten Kernmaterialüberwachungssystems

Die wesentlichen Aufgaben dieses neuen Kernmaterialüberwachungssystems sind

- Buchungen von Bestandsveränderungen,
- anlagenbezogene Bestandsaufteilungen,
- materialbezogene Bestandsaufstellungen,
- Erstellen der EURATOM-Berichte.

Neben den Bestandsänderungen des Kernmaterials wird von HS/TSB auch für alle Materialbilanzzonen die gemessene oder aufgrund von Messungen abgeschätzte Menge an Kernmaterial-Abfall, der sog. "gemessene Abfall", überwacht und dokumentiert. Dazu sind in den besonderen Kontrollbestimmungen der Kommission der EURATOM für die einzelnen Materialbilanzzonen der KfK GmbH Monats- und Jahresgrenzwerte für den gemessenen Abfall in "effektiven Kilogramm" festgelegt. Bis zu diesen Grenzwerten darf Kernmaterial-Abfall in nicht rückgewinnbarer Form an das Abfallager der KfK GmbH abgegeben werden. Falls gemessener Abfall in Mengen anfällt, die den genehmigten Umfang übersteigen, muß die Kommission darüber im voraus informiert werden.

Zur Überwachung der Einhaltung der Grenzwerte für gemessenen Abfall bei den einzelnen Materialbilanzzonen und zur Dokumentation der Abgabevorgänge wurde ein EDV-Programm auf dem im Oktober 1984 bei HS/TSB installierten PC erstellt. Dieses Programm gestattet es, alle Meldungen der überwachten Anlagen über Abgaben an das Abfallager zu erfassen und Kontrolllisten, getrennt nach

Materialbilanzzonen und für einzelne Monate auszudrucken. Dabei wird die Abfallmenge in "effektiven Kilogramm" je nach Art des Materials nach den Bestimmungen der Verordnung Nr. 3227/76 der EURATOM-Kommission ermittelt. Vor allem wird kontrolliert, ob der festgelegte Monatsgrenzwert oder der Jahresgrenzwert überschritten wurde. Bei Überschreitungen erfolgt in der Liste ein entsprechender Hinweis.

Abb. 2/15 zeigt ein Beispiel eines Listenausdrucks "Gemessener Abfall" für eine MBZ.

ABGABE VON KERNMATERIAL				31.12.1984
*****		GEMESSENER ABFALL		*****
ERMITTLUNG DER EFFEKTIVEN GRAMMS				
MBZ :		WABC		
MAXIMALER MONATSWERT:	10	eff.GRAMM		
MAXIMALER JAHRESWERT:	120	eff.GRAMM		
DEZEMBER 1984				
DATUM	ELEMENT	GEWICHT (in GR.)	SPALTB.ANT. (in GR.)	eff.GRAMM

10.12.84	P	6.250	0	6.250
10.12.84	H	1.523	1.001	0.658
13.12.84	N	5500.000	0	0.550
14.12.84	T	4230.000	0	0.212
20.12.84	P	0.145	0	0.145
====>>>	MONATS-SUMME:			7.814
====>>>	AUFGELAUFENER JAHRESWERT:			117.814

Abb. 2/15: Listenausdruck zur Überwachung der Einhaltung von Grenzwerten für gemessenen Abfall

2.3.5 Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung sonstiger radioaktiver Stoffe

A. Antoni, W. Burck, 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 die EURATOM wurde in Tab. 2/20, aufgeschlüsselt nach Berichtsempfänger, 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. 2/16 zeigt, in welcher Form z. B. offene radioaktive Stoffe bei den Organisationseinheiten erfaßt und an das Technische Sicherheitsbüro gemeldet werden.

Art der Berichte	Anzahl der Berichte und Berichtsempfänger			
	EURATOM	EM	GAA	Gesamt
Monatsberichte				
- KfK-externe Bewegungen			24	24
- Bestand an Schwerwasser	5			5
Halbjahresberichte				
- Erzeugung radioaktiver Stoffe		2	2	4
- Zugang an radioaktivem Abfall		2		2
Jahresberichte				
- Bestand an radioaktiven Stoffen		38	38	76
- Bestand an umschlossenen radioaktiven Stoffen		30	30	60
- Bestand an radioaktivem Abfall		1	1	2
Gesamt	5	73	95	173

Tab. 2/20: Umfang der Berichterstattung 1984

Bestandsanzeige offener radioaktiver Stoffe mit Halbwertszeiten von mehr als 100 Tagen					Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
Umgangsgenehmigung Nr. LU/105/70		Jahresmeldung 1984 gem. § 78 der StrlSchV			Org.-Einheit Unterschrift
Radioaktive Stoffe	Anzahl der Posten (fest)	Anzahl der Posten (flüssig)	Aktivität am Stichtag in Becquerel (Bq)	Hersteller oder Lieferant	Bemerkungen
Pu - 238	4		1,55E+15	Fa. Müller	Standards
Am - 241	7		2,56E+16	Fa. Schulze	

Abb. 2/16: Beispiel einer Meldung an das Technische Sicherheitsbüro der HS

Bei der großen Anzahl der im Bereich der KfK GmbH vorhandenen radioaktiven Stoffe liegt es nahe, zur Erfassung und zur Berichterstattung vorhandene EDV-Kapazität auszunutzen. Es ist geplant, in Zukunft alle anzeigepflichtigen Buchungen von radioaktiven Stoffen mittels EDV vorzunehmen. Die Erfassung der umschlossenen radioaktiven Stoffe konnte 1984 abgeschlossen werden.

Abb. 2/17 zeigt am Beispiel der mittels EDV erstellten Jahresmeldung für umschlossene radioaktive Stoffe die Form der Meldung und den Inhalt der übermittelten Informationen. Gemäß § 78 (1) StrlSchV sind nur die radioaktiven Stoffe anzuzeigen, deren Halbwertszeit mehr als 100 Tage beträgt.

BESTANDSANZEIGE UMSCHLOSSENER RADIOAKTIVER STOFFE						
JAHRESMELDUNG 1984 GEM. DEN PARAGRAPHEN 75 UND 78 DER STRLSCHV						
NUKLID	AKTIVITÄT IN BECQUEREL (BQ) URSPRÜENGL. AKTIVITÄT ODER AUSGANGS- AM STICHTAG AKTIVITÄT	NUMMER DES PRAEPARATES	HERSTELLER ODER LIEFERANT	DATUM DER HER- STELLUNG ODER AKTIVITÄTS- BESTIMMUNG	BESCHREIBUNG DER UMHUELLUNG	NICHT PRUEFFPFL. GEM. RICHTL. GMBL NR. 11 1979 ZIFFER
AM-241	1.66E+09	1.62E+09	14/1573	FA.	06.70	STAHLUMHUELLUNG
AM-241	3.70E+09	3.68E+09	23/Q5854	FA.	09.81	METALLKAPSEL
AM-241	3.70E+10	3.64E+10	15/Z3473	FA.	02.76	METALL
AM-241	5.10E+08	4.97E+08	13/9273	FA.	10.69	STAHLUMHUELLUNG
AM-241	7.40E+09	7.33E+09	16/2738LA	FA.	04.79	METALL
CD-109	1.85E+07	5.44E+03	7/1740	FA.	06.70	METALL 6.2.1
CD-109	1.85E+07	3.67E+03	8/2972	FA.	10.69	METALL 6.2.1
CD-109	1.85E+07	5.44E+03	6/1740	FA.	06.70	METALL 6.2.1
CO-57	1.85E+07	2.08E+03	17/4196	FA.	04.75	PLEXIGLAS 6.2.1
CO-57	3.70E+08	8.24E+02	4/2588	FA.	01.71	PLEXIGLAS 6.2.1
CO-57	1.85E+07	2.84E+02	1/9847	FA.	02.73	STAHLUMHUELLUNG 6.2.1
CO-57	1.85E+07	8.14E+00	2/1499	FA.	04.69	PLEXIGLAS 6.2.1
CO-57	3.70E+08	7.83E+02	3/2588	FA.	01.71	PLEXIGLAS 6.2.1
CO-57	3.70E+08	2.60E+05	18/LC0028	FA.	03.77	METALLUMHUELLUNG 6.2.1
CS-137	3.70E+11	3.24E+11	19/X60/2	FA.	05.79	METALLKAPSEL
CS-137	1.85E+09	1.16E+09	10/139	FA.	10.64	PB/METALL
CS-137	3.70E+11	3.24E+11	20/X60/2	FA.	05.79	METALLKAPSEL
CS-137	3.70E+11	3.24E+11	21/X60/2	FA.	05.79	METALLKAPSEL
NP-237	3.70E+08	3.69E+08	12/8296	FA.	07.69	PLEXIGLAS
SM-151	3.70E+07	3.29E+07	11/8960	FA.	07.69	PLEXIGLAS
SM-151	9.25E+08	8.96E+08	22/0048/DA	FA.	11.80	METALLKAPSEL
SN-119	7.40E+07	2.13E+07	9/8959	FA.	07.69	PLEXIGLAS
SR-90	7.40E+11	4.70E+11	5/2042	FA.	06.66	STAHLUMHUELLUNG

Abb. 2/17: Beispiel einer Jahresmeldung für umschlossene radioaktive Stoffe

Das dazu erstellte EDV-Programm mit der Kurzbezeichnung "UMRAST" besteht zur Durchführung verschiedener Teilaufgaben aus folgenden Unterprogrammen:

- Dateieingabe,
- Dateikorrektur,

- Ausdruck der Gesamtliste,
- Ausdruck der prüfpflichtigen Strahler,
- Statistik.

Dazu werden in der zugehörigen Datei für jedes Präparat folgende Daten gespeichert:

- Nuklidbezeichnungen,
- Ausgangsaktivität,
- Datum der Herstellung,
- Strahler-Nummer,
- Hersteller oder Lieferant,
- Termin der letzten Dichtheitsprüfung,
- Beschreibung der Umhüllung,
- Grund für die Nichtprüfpflichtigkeit,
- Bemerkungen.

Bei den umschlossenen radioaktiven Stoffen ist gemäß § 75 StrlSchV jährlich mindestens eine Dichtheitsprüfung durchzuführen. Die Wiederholungsprüfungen können entfallen oder in größeren Zeitabständen durchgeführt werden, sofern dies nach den "Richtlinien über Prüffristen bei Dichtheitsprüfungen an umschlossenen radioaktiven Stoffen" (GMBL 1979, S. 120) möglich ist. Wird hiervon Gebrauch gemacht, so ist der Freistellungsgrund in der Jahresmeldung zu vermerken (siehe Abb. 2/17). So kann z. B. auf Wiederholungsprüfungen verzichtet werden

- bei Strahlern mit einer Aktivität bis zum 100-fachen der Freigrenze, wenn sie nicht in Ausübung der Heilkunde Patienten appliziert werden (GMBL 1979, S. 120, Ziff. 6.2.1),
- bei Strahlern, die nur gasförmige radioaktive Stoffe oder radioaktive Stoffe mit Halbwertszeiten bis zu 100 Tagen enthalten (GMBL 1979, S. 120, Ziff. 6.2.2),
- wenn eine Bescheinigung der PTB oder der BAM vorliegt, daß außer der Abnahmeprüfung keine weiteren Dichtheitsprüfungen erforderlich sind (GMBL 1979, S. 120, Ziff. 6.2.3).

Die zur Anfertigung der Jahresmeldung gespeicherten Daten bilden auch die Grundlage für die Terminüberwachung zu Wiederholungsprüfungen an umschlossenen radioaktiven Stoffen. Sie wird für die KfK GmbH zentral durch das Technische Sicherheitsbüro durchgeführt. Die Wiederholungsprüfungen selbst werden durch HS/D entsprechend der speziell dafür erteilten Genehmigung oder vom TÜV Baden durchgeführt.

Die Anzahl der erfaßten umschlossenen radioaktiven Stoffe, aufgeschlüsselt nach prüfpflichtigen und nicht prüfpflichtigen, zeigt Tab. 2/21.

Erfaßte Strahler/Präparate	543	
davon prüfpflichtig	248	
davon nicht prüfpflichtig	295	248 gem. Ziff. 6.2.1 10 gem. Ziff. 6.2.2 1 gem. Ziff. 6.2.3

Tab. 2/21: Anzahl der anzeigepflichtigen, umschlossenen radioaktiven Stoffe der KfK (Stand: 31.12.1984)

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 von sechs Sicherheitsingenieuren des Technischen Sicherheitsbüros der Hauptabteilung Sicherheit wahrgenommen, die im ständigen Wechselschichtdienst tätig sind. Zur Vorsorge gegen Personalengpässe im Wechselschichtdienst (z. B. bei Erkrankungen) wurden im Oktober 1984 vier weitere Sicherheitsingenieure von HS/TSB zu Einsatzleitern bestellt. Ihr Einsatz soll jedoch nur erfolgen, wenn der Wechselschichtdienstplan durch Schichtvertretungen und Überstunden der ständigen EVD nicht mehr in zumutbarer Weise erfüllt werden kann.

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. 2/18) 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. Durch zusätzliche UHF-Rufgeräte konnte die Verfügbarkeit der Einsatztrupps erhöht werden.

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 sichergestellt, die durch Rufbereitschaftsdienste ergänzt wird.

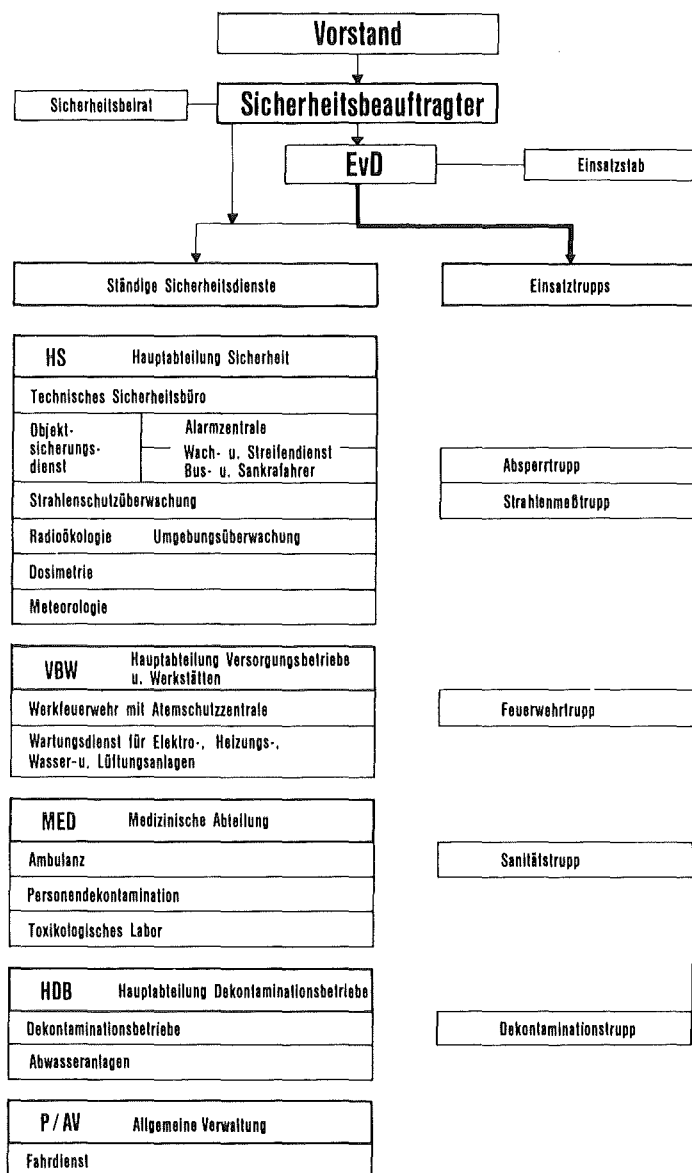


Abb. 2/18: Die Sicherheitsorganisation der KfK GmbH

2.4.2 Statistik der EvD-Einsätze

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

Im Berichtsjahr wurden von den Einsatzleitern bei 265 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. Externe Hilfskräfte wurden anlässlich eines Zwischenfalles bei einem Entsorgungsvorgang vorsorglich angefordert. Einzelheiten dazu werden in Kapitel 2.5.4 dargestellt.

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. 2/19 zeigt die Tagesstatistik der EvD-Einsätze. Sie läßt eine erhöhte Anzahl von Einsätzen in der Zeit zwischen 15.00 Uhr und 17.00 Uhr erkennen. Außerhalb der normalen Arbeitszeit waren rund 36 % mehr Einsätze zu leisten als während der normalen Arbeitszeit.

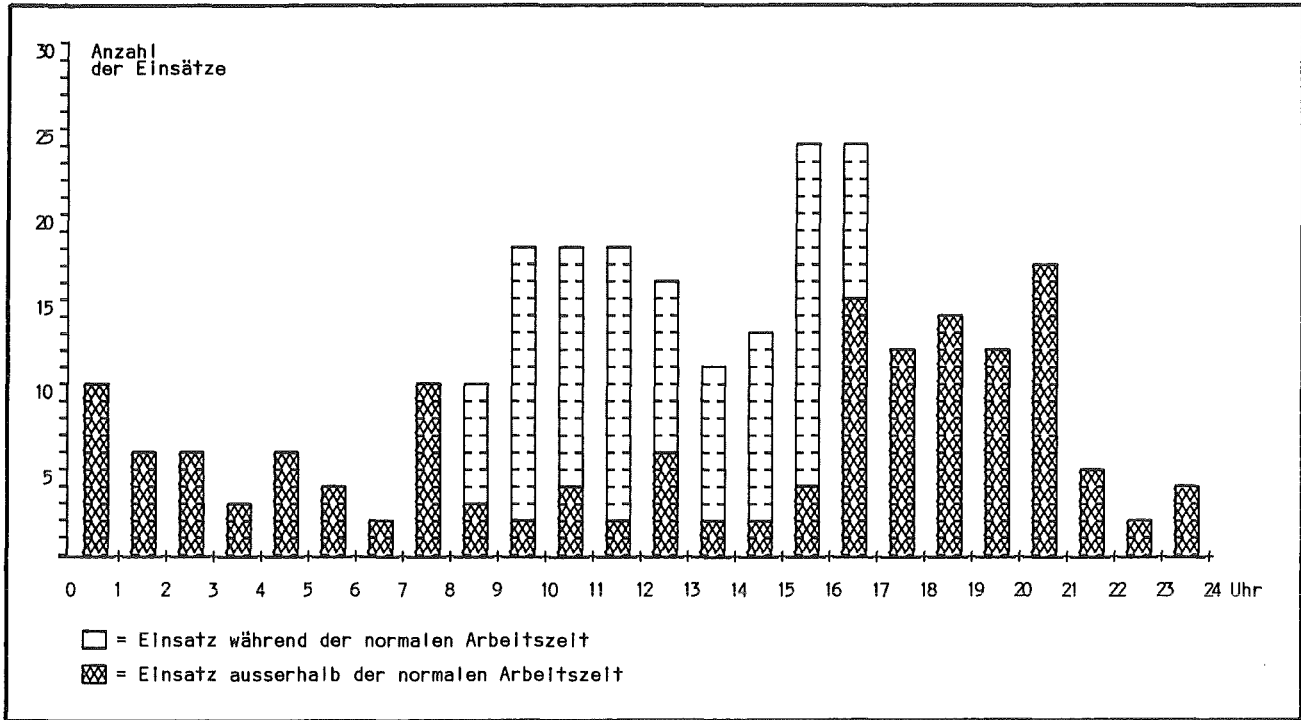


Abb. 2/19: EvD-Einsätze 1984, geordnet nach Tageszeiten

Eine detaillierte Darstellung der monatlichen EvD-Einsätze geben Tab. 2/21 und Abb. 2/20. Der obere Teil von Tab. 2/21 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 1984 und 1983 miteinander verglichen. Im unteren Teil von Tab. 2/21 werden die EvD-Einsätze aufgeschlüsselt nach ihren Alarmierungsursachen angegeben.

In Tab. 2/22 werden die Daten der EvD-Einsätze der letzten 10 Jahre miteinander verglichen. Der ungewöhnliche Anstieg der EvD-Einsätze vom Jahr 1981 zu 1982 ergibt sich aus der Tatsache, daß die EvD-Funktion seit dem 01.10.1981 nicht mehr vom Schichtleiter des FR 2 wahrgenommen wird, der aufgrund seiner Anwesenheitspflicht in der Schaltwarte nur in sehr dringenden Fällen am Einsatzort erscheinen konnte. Das Aufgabengebiet der seitdem als EvD eingesetzten Sicherheitsingenieure von HS/TSB erlaubt es, auch bei solchen Alarmierungen am Einsatzort zu sein, bei denen die persönliche Anwesenheit vielleicht entbehrlich wäre. Dies hat entscheidend zum Ansteigen der Anzahl der Einsätze und der Einsatzzeiten beigetragen. Dank dieser erhöhten Präsenz des EvD am Ort des Geschehens erhält er stets Informationen aus erster Hand und verbessert zugleich seine Orts- und Anlagenkenntnisse.

EvD - Einsätze und ihre Ursachen	Kalendermonate 1984												Summe	
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1984	1983
Anzahl der EvD-Einsätze	17	19	13	23	31	21	27	23	21	21	28	21	265	288
Anzahl der Einsätze während der normalen Arbeitszeit	4	12	6	14	15	6	6	9	9	11	14	6	112	90
Anzahl der Einsätze außerhalb der normalen Arbeitszeit	13	7	7	9	16	15	21	14	12	10	14	15	153	198
Gesamteinsatzzeit in Stunden	10	17	7	12	27	14	12	12	12	13	19	12	167	204
Feueralarm	1	0	1	3	1	1	4	1	0	0	1	0	13	11
Feuerfehlalarm	1	5	4	4	7	2	1	7	5	5	6	4	51	49
Wasseraustritt	0	1	1	1	3	5	8	8	7	4	5	5	48	62
Aktivitätsalarm	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	4	9
Aktivitätsfehlalarm	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	4	
Sandfang - Alarm	1	4	1	6	6	4	0	1	4	5	6	3	41	76
Sandfang - Fehlalarm	3	3	2	3	3	2	6	3	3	1	0	4	33	
Technische Hilfe	11	5	4	4	10	7	7	3	2	6	9	3	71	80
Alarmübung	0	0	0	0	4	0	0	0	2	2	0	1	9	13
Sicherungsalarm u. Fehlalarm	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Tab. 2/21: Häufigkeit, Dauer und Ursachen der EvD-Einsätze für die Monate des Jahres 1984 und Vergleich der Jahressummen von 1983 und 1984

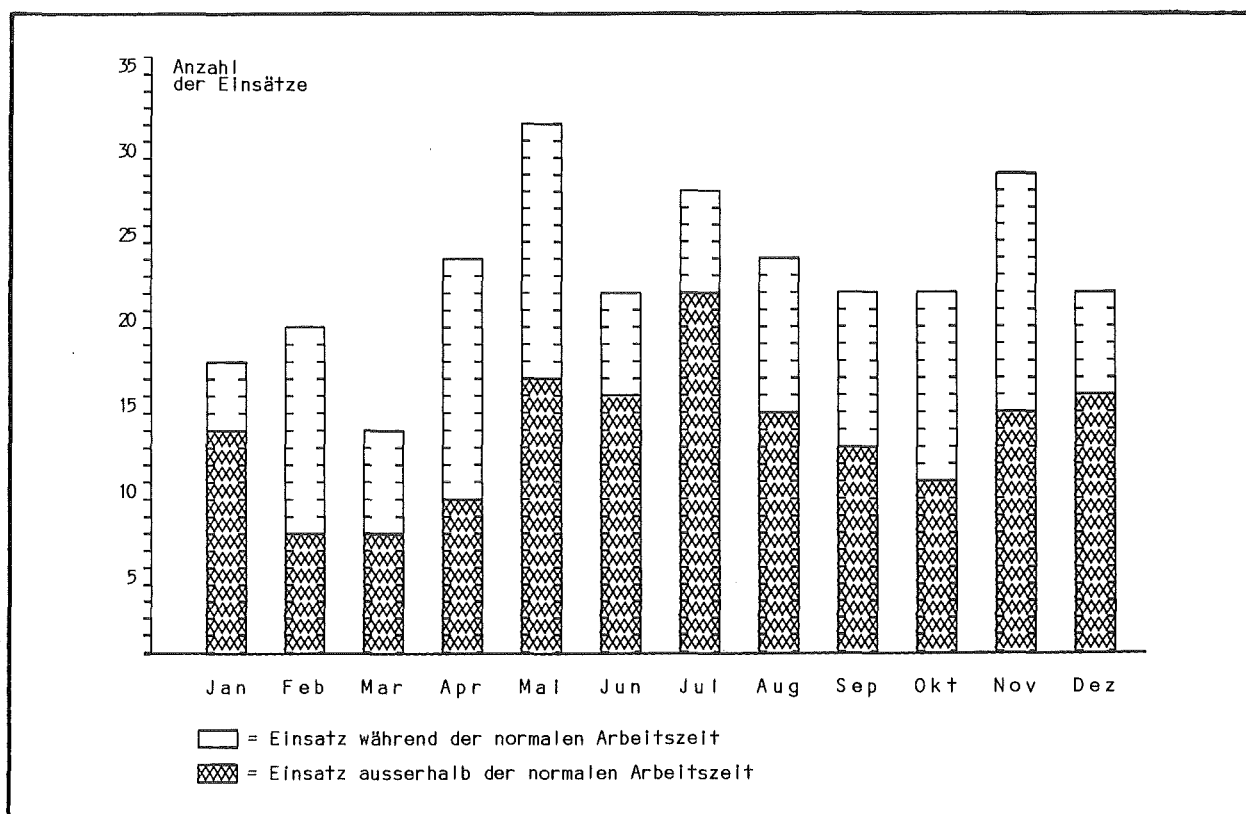


Abb. 2/20: Verteilung der EvD-Einsätze auf die Monate des Jahres 1984

Jahr	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Anzahl der Einsätze	121	109	79	69	72	76	117	281	288	265
Gesamteinsatzzeit in Stunden	76	67	55	45	45	43	78	210	204	167
Mittlere Einsatzdauer in Stunden	0,62	0,62	0,69	0,60	0,62	0,56	0,67	0,75	0,70	0,63
Anzahl der Einsätze während der normalen Arbeitszeit	40	26	16	21	27	29	27	71	90	112
Anzahl der Einsätze außerhalb der normalen Arbeitszeit	81	83	63	48	45	47	90	210	198	153
Alarmübungen	2	5	1	1	2	7	6	15	13	9

Tab. 2/22: EvD-Einsätze 1975 bis 1984

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. In erster Linie hierzu, nämlich zur Präzisierung und Konkretisierung dieser Vorschrift, dient die vom EM erlassene Melderegelung. 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.

Zum 1. September 1984 wurde vom EM die Melderegelung vom 15. Mai 1982 durch eine geänderte Melderegelung ersetzt. Die neue Melderegelung wurde auf der Grundlage der mit der alten Melderegelung in der Praxis gesammelten Erfahrungen von der Aufsichtsbehörde unter Mitwirkung der Hauptabteilung Sicherheit erstellt. Sowohl beim Meldeverfahren und bei den Meldestufen als auch bei den Kriterien haben sich Änderungen ergeben. Anstelle der bisherigen niedrigsten Meldestufe III wurde die Meldestufe "Information" (Info) eingeführt. Sie ist anzuwenden bei der Übermittlung von Informationen über besondere Vorkommnisse mit atomrechtlicher Relevanz, aber ohne sicherheitstechnische Bedeutung. Beim Meldeverfahren zu dieser Meldestufe wurde die Meldefrist von bisher "unverzüglich" auf zwei Arbeitstage ausgedehnt. Bei den Meldestufen II und I, die solchen Vorkommnissen zugeordnet sind, deren Anzeige in der Strahlenschutzverordnung ausdrücklich vorgeschrieben ist, blieb es beim bisherigen Meldeverfahren.

Die Melderegelung wird künftig in allen atomrechtlichen Genehmigungen der KfK GmbH (außer nach § 7 AtG) als Auflage festgeschrieben.

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 1984 waren den Aufsichtsbehörden fünf sicherheitstechnisch bedeutsame Ereignisse (Meldestufe II) zu melden. Darüber hinaus wurden die Behörden über 18 besondere Vorkommnisse (Info) informiert, die sicherheitstechnisch nicht als bedeutsam einzustufen waren. Fünfmal wurden die Aufsichtsbehörden über eine bestehende Besorgnis der Überschreitung geltender Inkorporationsgrenzwerte informiert. In allen diesen Fällen hat sich diese Besorgnis im nachhinein aufgrund der Ergebnisse von Ausscheidungsanalysen als unbegründet erwiesen.

Lfd. Nr.	Inst./Abt.	Meldestufe	Meldeanlaß	Melddatum
1	HDB	Info	Überschreitung des Abluftwochenwertes	27.01.84
2	IHCh	II	Bodenkontamination im betr. Überwachungsbereich	16.02.84
3	HDB	Info	Ableitung von Tritium	29.02.84
4	HDB, INE	Info	Stromausfall	15.03.84
5	HDB	Info	Tritium im Fäkalendbecken	17.04.84
6	IK III/Zykl.	Info	Überschreitung des Abluftwochenwertes	25.04.84
7	HDB	II	Brand in der Zementierzelle	27.04.84
8	HDB	II	Totalausfall der Lüftungsanlage	18.05.84
9	LAF II	Info	Überschreitung des Abluftwochenwertes	29.05.84
10	KfK	Info	Spannungsausfall in Trafostationen	12.06.84
11	HDB	Info	Tritium im Fäkalendbecken	20.06.84
12	KfK	Info	Funktionsstörungen bei Überwachungssystemen	22.06.84
13	IHCh	Info	Besorgnis d. Inkorporation radioaktiver Stoffe	02.07.84
14	KfK	Info	Spannungseinbruch im KfK	03.07.84
15	IHCh	Info	Besorgnis d. Inkorporation radioaktiver Stoffe	10.07.84
16	IK III/Zykl.	Info	Überschreitung des Abluftwochenwertes	19.07.84
17	HDB	Info	Überschreitung des Abluftwochenwertes	26.07.84
18	KfK	II	Arbeitsunfall (Kopfverletzung)	09.08.84
19	KfK	II	Überschreitung des Abwasserhalbjahreswert	10.08.84
20	IMF III	Info	Ausfall der Raumabluftsteuerung	24.08.84
21	KfK	Info	Arbeitsunfall (Brandverletzung)	28.09.84
22	HDB	Info	Besorgnis d. Inkorporation radioaktiver Stoffe	04.10.84
23	HDB	Info	Kontamination im Kopfbereich	09.10.84
24	HDB	Info	Raum- und Luftkontamination	11.10.84
25	HDB	Info	Besorgnis d. Inkorporation radioaktiver Stoffe	12.10.84
26	IK III/Zykl.	Info	Ausfall einer Abluftmeßstelle	15.10.84
27	KTB/HZ	Info	Totalausfall der Lüftungsanlagen	07.12.84
28	IHCh	Info	Besorgnis d. Inkorporation radioaktiver Stoffe	07.12.84

2.4.4 Weiterbildung der EvD und Aktualisierung der Einsatzhilfsmittel

P. Meyer, W. Winkelmann

Die Tätigkeit als Einsatzleiter erfordert bei Stör- und Unfällen oder sonstigen sicherheitstechnisch bedeutsamen Ereignissen ein hohes Maß an Beurteilungs- und Entscheidungsvermögen. Um die aus dieser Tätigkeit erwachsenden Aufgaben erfüllen zu können, ist eine Weiterbildung wegen der sich laufend ändernden Gegebenheiten in einem Forschungszentrum unerlässlich. Neben der Weiterbildung für die Aufgaben des Einsatzleiters, die gleichermaßen von allen EvD wahrgenommen wurden, nahmen einige Sicherheitsingenieure, deren Aufgabenbereich sich zusätzlich auf die meßtechnische Arbeitsplatzüberwachung erstreckt, an gezielten Fortbildungskursen für Sicherheitsfachkräfte teil.

Für die Einsatzleiter und Sicherheitsingenieure wurden im Berichtsjahr 31 Manntage für Weiterbildungsmaßnahmen aufgewendet. Gegenüber dem Vorjahr hat sich damit der Zeitaufwand für diese Maßnahme auf ein Viertel reduziert und verteilte sich, über alle EvD gemittelt, zu etwa einem Drittel auf Einsatzleiteraufgaben und zu zwei Dritteln auf die Tätigkeit als Sicherheitsingenieur (s. Tab. 2/24).

Besuchte Veranstaltungen	Veranstalter und Ort	Manntage
Ausbildung zur Fachkraft für Arbeitssicherheit im öffentlichen Dienst einschließlich Abschlussseminar	Bundesarbeitsgemeinschaft der Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand, Köln	12
Meßtechnik und Arbeitsschutz	Landesanstalt für Umweltschutz	3
Wassergefährdende Stoffe	Technische Akademie Esslingen	1
Probleme der technischen Akustik	Technische Akademie Esslingen	3
Lärminderung	Technische Akademie Esslingen	2
Betrieblicher Katastrophenschutz	Landesstelle für Betriebsschutz, Stuttgart	2
Seminar für fachliche Berater Strahlenschutz bei der Katastropheneinsatzleitung	Schule für Kerntechnik, KfK	8

Tab. 2/24: Weiterbildungsmaßnahmen der EvD 1984

Dem EvD 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.

Da genaue Informationen über örtliche Gegebenheiten im Alarmfall sehr wichtig sind, müssen vor

alle die Brandbekämpfungspläne ständig aktualisiert werden. Sie sind von den Organisationseinheiten nach den Anleitungen der KfK-Norm zu erstellen. Jeder Brandbekämpfungsplan besteht aus einer Gebäudezeichnung und textlichen Angaben zur Brandbekämpfung. Er gibt den Einsatzkräften Informationen über Lage, Art und besondere Charakteristika eines Gebäudes, über die Versorgungseinrichtungen, potentielle Gefahrenherde, Sicherungs- und Alarmeinrichtungen, über besondere Maßnahmen im Gefahrenfall und vorgesehene Rettungsmöglichkeiten.

Nachdem alle Organisationseinheiten durch den Sicherheitsbeauftragten schriftlich aufgefordert waren, ihre Brandbekämpfungspläne zu überprüfen, wurden unter Anleitung und mit Unterstützung durch die Einsatzleiter zahlreiche Pläne aktualisiert und fehlende Brandbekämpfungspläne neu erstellt.

2.4.5 Alarmübungen

H.-A. Ammermann, P. Meyer, W. Winkelmann

Alarmübungen haben den Zweck, die Einsatzdienste auf den Ernstfall vorzubereiten. Erprobt werden die Alarmierungssysteme, die Alarmierung der Einsatzkräfte, deren Verfügbarkeit und Einsatzbereitschaft, Kommunikation, Funkdisziplin, Ausrüstung und die Zusammenarbeit innerhalb der KfK-Sicherheitsorganisation. Schwachstellenanalysen geben Aufschluß über die technischen und organisatorischen Mängel, die zu beheben sind.

Im Berichtsjahr wurden zwei Alarmübungen der KfK GmbH von den Einsatzleitern in Zusammenarbeit mit den zuständigen Mitarbeitern der betroffenen Institute geplant und durchgeführt. Die Durchführung der Alarmübungen erfolgte mit den zuständigen Einsatzdiensten und den verschiedenen Einsatztrupps.

Zusätzlich wurden bei der WAK acht Alarmübungen durchgeführt, bei denen der EvD den Einsatz der KfK-Einsatzkräfte leitete. Die Kommunikation und die Zusammenarbeit zwischen den Einsatzkräften der WAK und der KfK GmbH, der Alarmzentrale und dem Einsatzleiter der KfK bzw. dem Notdienstleiter der WAK vollzog sich reibungslos. Die Verfügbarkeit des Feuerwehrtrupps konnte durch eine zusätzliche Ausrüstung mit UHF-Rufgeräten noch verbessert werden.

Alarmübung I/84 am 03.05.1984 im Institut für Material- und Festkörperforschung, Geb. Nr. 681:

Angenommenes Unfallszenarium:

Beim Transport mehrerer Behälter mit Chemikalien im Keller von Geb. Nr. 681 zerbrechen zwei davon. Es entsteht starker Salmiakrauch, der sich im Treppenhaus und den angrenzenden Gebäudeteilen ausbreitet. Mitarbeiter, die auf dem Flachdach des Gebäudes arbeiten, können sich nicht rechtzeitig durch das Treppenhaus in Sicherheit bringen.

Übungszweck im Rahmen der Jahresübung der KfK-Werkfeuerwehr war, die Einsatzfähigkeit der technischen Ausrüstung der Werkfeuerwehr zu demonstrieren, die Durchführbarkeit eines neu erstellten Konzeptes zur Gebäuderäumung zu erproben und die Reaktionszeiten der Einsatztrupps und externer Hilfskräfte zu testen.

Von den Einsatzkräften wurden folgende Maßnahmen durchgeführt:

- Menschenrettung durch die Werkfeuerwehr unter Atemschutz,
- Aufbau einer Rauchabsauganlage durch die Werkfeuerwehr,
- Absperrung des betroffenen Bereiches durch den Absperrtrupp,
- Versorgung der Verletzten durch Sanitätspersonal,
- Durchsuchung des geräumten Gebäudes durch die Werkfeuerwehr,
- Ausrüstung der Einsatztrupps und Einweisung vor Ort,

- Aufnahme der ausgelaufenen Chemikalien durch die Werkfeuerwehr,
- Menschenrettung durch externe Hilfskräfte mittels einer bei der Feuerwehr Karlsruhe-Neureut angeforderten Feuerwehrleiter.

Aufgrund des Übungsablaufes und der Analyse der Übung kann gesagt werden, daß die Werkfeuerwehr ihren hohen Ausbildungsstand unter Beweis stellen konnte und daß die Verfügbarkeit und die Einsatzbereitschaft der übrigen Einsatzkräfte sehr gut war. Die Feuerwehr Karlsruhe-Neureut, die zur Unterstützung angefordert wurde, war mit ihrer Feuerwehrleiter 15 Minuten nach Alarmierung am Einsatzort.

Alarmübung II/84 am 12.10.1984 im Institut für Nukleare Entsorgungstechnik, Geb. Nr. 712:

Angenommenes Unfallszenarium:

Durch eine Verwechslung der Vorratsgefäße wird beim Ansetzen von simuliertem Waste statt Salpetersäure Wasserstoffperoxid in einen Vorlagebehälter mit salpetersaurer Abfalllösung gefüllt. Die heftige chemische Reaktion führt zum Verspritzen der sauren Abfalllösung und zur Bildung von nitrosen Gasen, die sich im gesamten Gebäudekomplex ausbreiten.

Diese Alarmübung hatte zum Ziel, das Verhalten der Institutsmitarbeiter bei einer Gebäuderäumung, den Einsatz der Werkfeuerwehr bei der Menschenrettung und technischen Hilfeleistung, die Versorgung des Verletzten durch die Sanitäter und den Einsatz des Strahlenmeßtrupps beim Errichten einer Schleuse zum Ausmessen von Personen und zur Überprüfung des Gebäudes auf Kontamination zu testen.

Die Alarmübung konnte entsprechend den Vorgaben abgewickelt werden. Dabei wurden von den Einsatzkräften im einzelnen folgende Maßnahmen durchgeführt:

- Menschenrettung durch die Werkfeuerwehr unter Atemschutz und Vollschutzanzügen,
- Errichten einer Schleuse und Ausmessen eines Verletzten und der zum Verlassen des Gebäudes aufgeforderten Mitarbeiter durch den Strahlenmeßtrupp,
- medizinische Erstversorgung der verletzten Person,
- Überprüfung der Gebäuderäumung auf Vollständigkeit durch die Werkfeuerwehr,
- Errichten eines Sammelplatzes durch den Absperrtrupp,
- Kontaminationsmessungen im Gebäude, Auffinden und Sicherstellen eines umschlossenen radioaktiven Präparates,
- Entnahme einer Flüssigkeitsprobe für die Laboruntersuchung auf Radioaktivität,
- Aufnehmen der ausgelaufenen Flüssigkeit und Überführung in das Chemieabwassernetz.

In der Alarmübung konnten geringfügige Schwachstellen in der Ausrüstung und im Verhalten der Einsatzkräfte aufgezeigt werden, die zwar den Ablauf der Übung nicht beeinträchtigten, jedoch Anlaß zur weiteren Verbesserung der technischen Ausstattung der Einsatzkräfte waren. Hervorzuheben war die Einsatzbereitschaft und die schnelle Präsenz der Einsatzdienste.

2.4.6 Allgemeine Sicherheitsregelung

P. Meyer

Im Verlaufe des Jahres 1984 wurde die Neufassung der "Allgemeinen Sicherheitsregelung" unter der Federführung von HS/TSB erarbeitet und im November 1984 fertiggestellt. Sie wurde im Dezember 1984 an alle Mitarbeiter der KfK GmbH verteilt. Den auf dem Betriebsgelände des KfK ansässigen Fremdinstitutionen wurde sie ebenfalls zur Verfügung gestellt.

Mit der "Allgemeinen Sicherheitsregelung" trifft die KfK GmbH Anweisungen, die die Sicherheit von Personen und Sachgütern auf dem Betriebsgelände des Kernforschungszentrums gewährleisten

sollen und sich an alle Mitarbeiter richten. Auf spezielle Sicherheitsregelungen, die sich im Gegensatz zur allgemeinen an ausgewählte Personenkreise richten oder spezielle Verfahrensweisen beschreiben, wird im Text der "Allgemeinen Sicherheitsregelung" hingewiesen.

Inhalt		Seite
1.	Einleitung	2
2.	Allgemeine Verhaltensregeln	3
2.1	Torverkehr	
2.2	Straßenverkehr auf dem Betriebsgelände des KfK	
2.3	Zutrittsregelung für besondere Bereiche	
2.4	Zutrittsregelung für Besucher	
2.5	Rauchverbote, Verbote für den Umgang mit Feuer und offenem Licht	
2.6	Verbot unbefugter Eingriffe in Anlagen und Einrichtungen	
2.7	Fotografieren	
3.	Arbeitsschutzregeln	5
3.1	Arbeitsunfälle und Berufskrankheiten	
3.2	Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen	
3.3	Allgemeine Arbeitsschutzvorschriften	
3.4	Umgang mit gefährlichen Arbeitsstoffen	
3.5	Maßnahmen zur Brandverhütung	
3.6	Kennzeichnung von Schalteinrichtungen	
3.7	Rettungswege und Notausgänge	
3.8	Dauerversuche	
3.9	Umweltgefährdung durch Verunreinigung	
4.	Strahlenschutzregeln	7
4.1	Strahlenschutzbereiche	
4.2	Interventionsarbeiten	
4.3	Überwachung der Personendosis	
4.4	Ärztliche Überwachung	
4.5	Strahlenschutzbelehrung	
4.6	Umgang mit Strahlenquellen	
4.7	Verpackung, Transport und Lagerung radioaktiver Stoffe	
4.8	Kontrolle von Material aus Kontrollbereichen	
5.	Behandlung und Kontrolle von Abfall- und Reststoffen	12
5.1	Abgabe aus Kontrollbereichen und anderen Bereichen	
5.2	Abwasser	
5.3	Bauschutt und Erdaushub	
5.4	Hausmüll und Sperrmüll	
5.5	Gesondert zu behandelnde Reststoffe	
5.6	Lagerung von inaktiven Abfällen	
5.7	Entsorgung	
6.	Regelungen für Not- und Alarmfälle	14
6.1	Grundsätzliches	
6.2	Verhaltensregeln	
6.3	Einsatzleitung	
6.4	Allgemeine Information zur Räumung des KfK	
Anhänge		
Anhang I	Organigramm der Sicherheitsorganisation der KfK GmbH	16
Anhang II	Spezielle Sicherheitsregelungen	17
Anhang III	Aufgabenverteilung im Technischen Sicherheitsbüro der Hauptabteilung Sicherheit	18
Anhang IV	Sicherheitszeichen und Sicherheitskennzeichnung	19
Anhang V	Kleider- und Zonenordnung	22
Anhang VI	Bebauungsplan mit Räumungsgebieten	23
Anhang VII	Beauftragte und Gremien mit Sicherheitsfunktionen	24

Abb. 2/21: Inhalt und Gliederung der neugefaßten "Allgemeinen Sicherheitsregelung" vom November 1984

Die "Allgemeine Sicherheitsregelung" ist Bestandteil atomrechtlicher Genehmigungen.

Neben der deutschen Fassung, die in einer Auflagenhöhe von 10 000 Exemplaren gedruckt wurde, gibt es erstmalig auch eine englische Fassung mit einer Auflage von 2 000 Stück. Sie soll den vielen ausländischen Mitarbeitern helfen, sich schneller mit den Sicherheitsregelungen im KfK vertraut zu machen.

Anlaß für eine Neufassung war die Notwendigkeit, die Sicherheitsregelung an gesetzliche Bestimmungen und geänderte KfK-interne Verfahrensabläufe anzugleichen. Eine Übersicht über den Inhalt und die Gliederung der Neufassung gibt Abb. 2/21.

Einige Strahlenschutzregelungen aus dem Ordner "Strahlenschutz" wurden zu dessen Entlastung in das Kapitel Strahlenschutz der "Allgemeinen Sicherheitsregelung" übernommen. Bei der Angabe von Strahlenschutzgrenzwerten im Text oder auf Schildern und Aufklebern, die im Anhang aufgeführt sind, wurde die Umstellung der Einheiten von Curie auf Becquerel und von rem auf Sievert vollzogen. Um der internationalen Norm gerecht zu werden, wurde bei allen abgebildeten Schildern das Strahlenschutzsymbol um 60 ° gedreht und der Strahlenkranz entfernt.

Regelungen zu administrativen Maßnahmen bei arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen, zum Umgang mit gefährlichen Arbeitsstoffen und zu Maßnahmen bei Umweltgefährdung durch Verunreinigungen wurden im Kapitel Arbeitsschutz neu aufgenommen.

Regelungen über die Behandlung und Kontrolle von Abfall- und Reststoffen sowie geänderte Regelungen zur Abgabe von Material aus Kontrollbereichen wurden eingearbeitet. Der neue Räumungsplan, der bisher nur als Aushang veröffentlicht worden war, wurde in dieser Form übernommen.

Als Anhänge wurden eine Auflistung der speziellen Sicherheitsregelungen, die Darstellung der Aufgabenverteilung im Technischen Sicherheitsbüro der HS und die Kleider- und Zonenordnung neu aufgenommen.

2.5 Abfallwirtschaft

2.5.1 Entsorgung von inaktiven Abfällen

E. Linß, E. Windbühl

Die Neukonzeption der Abfallwirtschaft von 1983 und der damit verbundene Abrufrahmenvertrag mit einer Fremdfirma für die Entsorgung inaktiver Abfallstoffe haben sich bewährt. 1984 konnten bei 170 Transporten 3 180 t feste und 218 m³ flüssige Abfallstoffe entsorgt werden, deren Beseitigung entsprechend § 2, Abs. 2 des Abfallbeseitigungsgesetzes der Nachweispflicht unterliegt (Sonderabfälle).

Bei der internen Abfallbehandlung hat die Erfahrung jedoch gezeigt, daß die bisher getroffenen Regelungen noch nicht ausreichen bzw. einer Aktualisierung bedürfen. Aus diesem Grunde werden zur Zeit die KfK-internen "Richtlinien zur Behandlung inaktiver Abfälle" überarbeitet. Die Neufassung wird Ende des 1. Quartals 1985 vorliegen.

Um eine geordnete und reibungslose Abfallbehandlung zu gewährleisten, ist vorgesehen, die Kontaktpersonen des Abfallbeauftragten der KfK in den verschiedenen Organisationseinheiten im Rahmen von Informationsveranstaltungen noch besser mit ihrem Aufgabengebiet vertraut zu machen. Diese Personen sollen in den einzelnen Organisationseinheiten den Mitarbeitern als Informationsträger zur Verfügung stehen und eine erste Anlaufstelle für Belange der Abfallwirtschaft darstellen.

Schwerpunkt innerhalb des Problemkreises Abfall bilden die einzelnen Sammelstellen. Obwohl dank

des gesteigerten Umweltbewußtseins des Einzelnen, diese Einrichtungen positiv angenommen wurden, ergaben sich, bedingt durch Umbauarbeiten und teilweise zu geringer Lagerkapazität, immer wieder Probleme bei den Verfahrensabläufen. Das gilt im gleichen Maße für die anfänglich mit Erfolg durchgeführte Abfallbörse. Hier bedarf es neuer Impulse, da eine schnelle und wirtschaftliche Entsorgung oder eine Rückführung von Reststoffen in den Wirtschaftskreislauf nur mit Hilfe solcher Einrichtungen möglich ist.

Die Rückführung und der Verkauf von Altöl, Altpapier, Kabelschrott, Quecksilber und Schrott konnte 1984 im Vergleich zum Vorjahr deutlich gesteigert werden. Weiterhin konnten auch 1984 wieder nicht mehr benötigte Lagerbestände mit Gewinn an externe Interessenten abgegeben werden.

Im Bereich der Haus- und Sperrmüllentsorgung ist eine leichte Reduzierung der Abfallmengen zu verzeichnen. Durch die immer knapper werdende Aufnahmekapazität der Hausmülldeponien und wegen der unklaren Zukunftschancen von Müllverbrennungsanlagen, wird künftig speziell auf diesem Gebiet ein Umdenken notwendig. Deshalb müssen auch innerhalb der KfK in den kommenden Jahren Wege gesucht werden, um das Abfallvolumen erheblich zu verringern.

2.5.2 Behandlung und Deponierung von Chemieklärschlämmen

E. Linß, E. Windbühl

Bei den Schlämmen, die zur Entsorgung anstanden, handelte es sich um ca. 1 000 m³ Rückstände aus dem Klärwerk für Chemieabwasser, die in der Zeit von 1977 bis Mitte 1981 angefallen waren. Da die Lagerkapazität des Schlammbeckens B 720 erschöpft war, wurde am 16.06.1981 beim SM ein Antrag auf Erteilung einer atomrechtlichen Genehmigung zur Beseitigung der Schlämme gestellt. Zum 16.08.1981 erhielt die KfK GmbH unter der Nr. E/14/81 die Genehmigung, die Schlämme unter Einhaltung detailliert aufgeführter Voraussetzungen wie gewöhnliche Abfälle auf abfallrechtlich zugelassene Weise zu beseitigen.

Nach Abklärung technischer Einzelheiten beantragte die KfK daraufhin im Februar 1982 beim Landratsamt Karlsruhe - Umweltschutzamt - eine Genehmigung, die Chemieschlämme nach vorheriger Aufbereitung nach dem DCR-Verfahren (Dispersion durch chemische Reaktion) auf einer Deponie im Landkreis Karlsruhe ablagern zu dürfen. Dieses Verfahren wird seit Jahren mit Erfolg zum Umsetzen von Sonderabfällen in der Großindustrie und bei Ölkatastrophen eingesetzt. Mit Hilfe dieses Verfahrens können flüssige bis zähflüssige Abfallstoffe durch Zugabe von hydrophob eingestelltem Kalk als Reaktionsmittel großflächig umgesetzt werden. Dies bewirkt neben einer Entwässerung und Verfestigung die Einkapselung der Schadstoffe. Als Endprodukt verbleibt ein pulveriges, wasserabstoßendes und gefahrloses Material.

Zum 03.09.1982 wurde der KfK vom Umweltschutzamt die Genehmigung erteilt, die Schlämme nach vorheriger Behandlung auf die Deponie in Grötzingen zu verbringen. Diese Genehmigung wurde jedoch bereits zum 15.09.1982 wieder zurückgezogen, da die Stadt Karlsruhe als Eigentümerin des Deponiegeländes Widerspruch eingelegt hatte.

Anfragen wegen einer Ablagerung der Rückstände auf den Deponien der Stadt Bruchsal oder Karlsbad-Ittersbach wurden seitens des Umweltschutzamtes aus grundsätzlichen Erwägungen abschlägig beschieden, da es aussichtslos erschien, die Einwilligung der Eigentümerin zu erhalten.

Da seit Mitte 1981 außer den im Schlammbecken lagernden ca. 1 000 m³ weitere 500 m³ Chemieschlamm in gekauften und angemieteten Deckmulden zwischengelagert worden sind und auch ein gerichtlicher Entscheid durch das Verwaltungsgericht Karlsruhe in absehbarer Zeit nicht zu erwarten war, wuchs der Zwang zu einer Lösung dieses Problems. Deshalb wurde Anfang des Be-

richtsjahres eine Entsorgungsfirma beauftragt, eine Sonderdeponie ausfindig zu machen, die der Ablagerung des Schlammes zustimmt. Die Gesellschaft zur Beseitigung von Sondermüll in Baden-Württemberg (GBS) in Billigheim erklärte sich unter der Bedingung der vorherigen Konditionierung zur Übernahme des Schlammes bereit. Nach eingehenden Verhandlungen und in enger Zusammenarbeit mit der HDB wurde die Anwendung des o. g. DCR-Verfahrens als erfolgversprechendste Maßnahme beschlossen. Nach Durchführung dieses Verfahrens im Zeitraum vom 20.03.1984 bis 28.06.1984 waren zwei wesentliche Auflagen der Genehmigung des SM von 1981, nämlich die homogene Durchmischung und eine ausreichende Entwässerung des Schlammes, erfüllt. Darüberhinaus wurde damit die Empfehlung der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg zur Reduzierung des Gehalts an tritiiertem Wasser realisiert. Nunmehr lag ein dauerhaft hygienisiertes und wasserabstoßendes Material vor, das problemlos in der Deponie in Billigheim eingelagert werden konnte.

Für die Strahlenschutzfreigabe zur Ausfuhr und Beseitigung der umgewandelten Schlämme waren zahlreiche Messungen erforderlich. So wurden zur Bestimmung der Tritiumkonzentration nach einem vorgegebenen Raster 56 Einzelproben gezogen. Die Messungen ergaben einen Mittelwert für Tritium von $1,0 \pm 0,2$ Bq/g konditioniertem Schlamm. Außerdem wurden entsprechend der Ablagerungsgenehmigung von jeder Transporteinheit repräsentative Proben entnommen und an ihnen α - und β -Brutto-Aktivitätsmessungen durchgeführt.

Vom 20.07.1984 bis 28.09.1984 konnten 3 120 t konditionierter Chemieschlamm entsorgt werden. Damit war jedoch die genehmigte Abfallmenge von 1 000 m³ Chemieklärschlamm zuzüglich der Zuschlagstoffe Kalk und Sand ausgeschöpft. Da bei der Antragstellung das Volumen des zu entsorgenden Chemieklärschlammes um ca. 250 m³ zu niedrig eingeschätzt worden war, verblieb im Schlammbecken eine Restmenge von ca. 400 m³ bereits konditionierten Schlammes. Eine entsprechende Erweiterung der vorliegenden Genehmigung wurde im Oktober 1984 beim zuständigen Ministerium beantragt.

2.5.3 Überwachung der internen und externen Abfallbehandlung

A. Antoni, H. Lindenthal, E. Linß, E. Windbühl

Das Abfallbeseitigungsgesetz (AbfG) unterwirft in § 11 Abs. 1 die gesamte Abfallbeseitigung der behördlichen Überwachung, ohne Unterschied der Abfallarten. Die Absätze 2 und 3 enthalten zusätzlich noch Sondervorschriften für bestimmte, besonders überwachungsbedürftige Abfallarten. Diese Überwachung erstreckt sich auf alle Phasen der Abfallbehandlung vom erstmaligen Anfall als Abfall über das Einsammeln und Befördern bis zur endgültigen Ablagerung, dem Ausscheiden aus dem Wirtschafts- oder Rohstoffkreislauf oder bis zur Wiederverwertung.

Innerhalb des Verantwortungsbereiches des abfallerzeugenden Unternehmens werden diese Pflichten durch § 11 b, Abs. 1.1 AbfG eindeutig dem Betriebsbeauftragten für Abfall übertragen. Hierbei endet die Tätigkeit des Betriebsbeauftragten nicht mit der Übergabe an den Beförderer oder Beseitiger. Er ist vielmehr verpflichtet, die ordnungsgemäße Beseitigung anhand von Belegen zu kontrollieren und in Einzelfällen sich je nach Lage auch genauer zu informieren.

Nach § 11, Abs. 3 AbfG in Verbindung mit der Abfallnachweisverordnung obliegt dem Betreiber einer Anlage, in der Abfälle nach § 2, Abs. 2 AbfG anfallen, die Pflicht, auch ohne besonderes Verlangen der zuständigen Behörde ein Nachweisbuch zu führen. Die Nachweisführung, d. h. das Einbehalten und Aufbewahren von Belegen, das behördliche Meldeverfahren und die Aufbewahrungsfristen werden durch die Abfallnachweisverordnung geregelt.

Dieser Pflichtenkatalog hat den Betriebsbeauftragten veranlaßt, eine zentrale Meldestelle bei HS/TSB einzurichten. Hier laufen sämtliche Belege, wie Transportbegleitscheine, Begleitpapiere

und interne Abgabescheine zusammen. Dies gewährleistet einerseits die Überwachung der Abfallwege von ihrer Entstehung bis zur schadlosen Beseitigung und erleichtert andererseits die Kontrolle über die gesamte inaktive Abfallwirtschaft der KfK.

Durch die Erfassung aller eingehenden Daten mit Hilfe der elektronischen Datenverarbeitung konnte innerhalb des Berichtsjahres der Arbeitsaufwand für Zuordnung und Auswertung der vielen Formulare und Meldungen reduziert werden. Vorteilhaft wirkt sich aus, daß jederzeit Informationen nach verschiedenen Kriterien abgerufen und ausgedruckt werden können.

2.5.4 Zwischenfall bei einem Entsorgungsvorgang

E. Windbühl

Im Berichtsjahr kam es bei einem Entsorgungsvorgang durch eine Fremdfirma zu einem Zwischenfall, der umfangreiche Sicherheitsmaßnahmen erforderlich machte.

Im Auftrag von WAK-PB, Projekt LAVA, sollten 20 m³ Salpetersäure mit einer Konzentration von 21,6 % zur Neutralisierung in eine Beseitigungsanlage transportiert werden. Da die der KfK vertraglich verpflichtete Entsorgungsfirma kein geeignetes Fahrzeug zur Verfügung hatte, wurde von ihr eine andere Firma, die ein solches Spezialfahrzeug besaß, mit der Durchführung des Auftrags betraut. Vorausgegangen waren die notwendigen administrativen Maßnahmen einschließlich der Einholung der erforderlichen Transportgenehmigung, die alle ordnungsgemäß abgewickelt worden waren.

Am Vormittag des 09.05.1984 wurde die Ladung mittels eines Saugwagens vor Ort aufgenommen. Die vorherige Kontrolle der Kfz-Papiere und der Prüfbescheinigungen führte zu keinerlei Beanstandung.

Bei der Endkontrolle des Fahrzeugs vor der Ausfuhr wurde ein Zischgeräusch, das von einem Blubbern innerhalb des Kessels begleitet wurde, am hinteren Saugstutzen und zusätzlich an einer Rohrleitung unterhalb des Auflegers wahrgenommen. Schadstellen waren optisch nicht auszumachen. Erst nach Abtasten konnten Undichtigkeiten an Schweißnähten lokalisiert werden. Da im Kesselsystem noch Unterdruck vom Saugvorgang vorlag, trat keinerlei Flüssigkeit aus. Vorsorglich wurde die Ausfuhr verweigert und die Verbringung der Säure in eines der sog. Entgiftungsbecken der Kläranlage angeordnet. Auf halbem Weg dorthin trat jedoch eine Leckage auf. Aus diesem Grund wurde die Fahrt westlich von Gebäude Nr. 433 gestoppt. Über die Alarmzentrale wurden die Sicherheitsdienste sowie der Einsatzleiter vom Dienst der KfK angefordert.

Als Sofortmaßnahme schaltete der Fahrer die Saugpumpe des Kesselauflegers ein und verhinderte somit durch den entstehenden Unterdruck ein weiteres Auslaufen der Säure. Die bis dahin ausgetretene Flüssigkeitsmenge von ca. 200 l wurde durch die Feuerwehr mittels Ekoperl gebunden und mit Naßsauggeräten aufgenommen. Hierbei wurde die Feuerwehr durch den eingetroffenen Saugwagen der HDB unterstützt. Durch Aufschütten eines Sandwalles entlang der Straße konnte ein weiteres Eindringen der Säure in das Erdreich verhindert werden. Da aus dem Tankwagen keinerlei Säure mehr austrat, konnte er näher inspiziert werden. Hierbei wurden an zwei Schweißnähten und in der Höhe einer Flanschdichtung der Saugrohrleitung Leckagen ersichtlich. In Absprache mit HDB wurde deshalb beschlossen, im Klärwerk vor dem Entgiftungsbecken 1 großflächig eine Folie auszulegen und diese mit einem Sandwall zu bewehren. Nach Beendigung der Vorbereitungsarbeiten sollte dann der Tanklastzug im Geleit von Einsatzfahrzeugen mit Sondersignal dorthin verbracht und die Säure in das Entgiftungsbecken durch Abschalten der Vakuumpumpe abgelassen werden.

Um am Standort des Fahrzeuges die Arbeiten der Feuerwehr und das Aufschütten des erweiterten Sandwalles nicht zu behindern, versetzte der Fahrer den Tanklastzug um wenige Meter. Durch die

Unterbrechung des Pumpvorgangs kam es zu einem weiteren Säureaustritt, den auch das Wiedereinschalten der Pumpe nur noch reduzieren, aber nicht verhindern konnte.

Aus diesem Grund wurden folgende Entscheidungen getroffen:

- Die Überführung des Fahrzeuges in das Klärwerk ist nicht mehr möglich,
- Umpumpen der Salpetersäure vor Ort, Verbringung durch KfK-Saugwagen in das Klärwerk,
- großräumige Absperrung der Unfallstelle,
- Entfernen der geparkten Fahrzeuge,
- Räumen der unmittelbar benachbarten Gebäude wegen auftretender nitroser Gase,
- Bereitstellen von zusätzlichen Auffangwannen,
- Vorsorgliche Anforderung externer Unterstützung durch die Berufsfeuerwehr.

Da sich die Entwicklung einer gelben Rauchwolke aus nitrosen Gasen verstärkte, wurde die Räumung der Gebäude auf den Bereich Leopoldshafener Allee bis zum Zaun und FR 2 bis Büchenauer Straße erweitert. Nach Rücksprache mit dem Sicherheitsbeauftragten der KfK wurden die betroffenen Mitarbeiter nach Hause geschickt.

Die in der Zwischenzeit eingetroffene Berufsfeuerwehr Karlsruhe konnte das Leck am hinteren Saugstutzen abdichten. Um die weitere Vorgehensweise abzuklären, wurde eine Einsatzbesprechung mit den anwesenden Behördenvertretern und den Fremdfirmenangehörigen angesetzt.

Folgende Maßnahmen wurden beschlossen:

- Kein Besprühen der Salpetersäure mit Wasser, sondern Neutralisation mit geeigneten Mitteln,
- Entnahme von Säure- und Erdreichproben durch die Landesanstalt für Umweltschutz zur radioökologischen Untersuchung und Weiterleitung an die Chemische Landesuntersuchungsanstalt,
- Aushub und Sicherstellen von HNO_3 -verunreinigtem Erdreich.

Nach 3,5 Stunden war das Tankfahrzeug entleert und der geräumte Bereich konnte wieder freigegeben werden. Durch Ausbringung von Kalk auf einer Fläche von 30 m^2 wurden die HNO_3 -Reste neutralisiert. Auf einer Länge von ca. 50 m wurde ein Graben von 20 cm Tiefe und 70 cm Breite ausgehoben. Ca. 25 m^3 Erdreich wurden in 5 Deckelmulden sichergestellt. Der entleerte Tankwagen wurde aus Sicherheitsgründen in der überdachten LKW-Wanne des Chemielagers abgestellt. Unabhängig von dieser Maßnahme erfolgte eine Beschlagnahme des Fahrzeugs durch die Staatsanwaltschaft Karlsruhe, die jedoch wenige Tage später wieder aufgehoben wurde.

Im Zusammenhang mit dem Schadensfall waren keine Personenschäden zu verzeichnen. Aus Gründen der medizinischen Vorsorge wurden drei Mitarbeiter der KfK und vier Mitarbeiter einer Fremdfirma zur Beobachtung in das Städtische Klinikum eingeliefert.

Wie nachträglich festgestellt wurde, war das eingesetzte Fahrzeug entgegen der Annahme für den Transport von 21,6 prozentiger Salpetersäure ungeeignet. Diese Fehleinschätzung der Eignung des Tankfahrzeugs durch die Fahrzeughalterin dürfte auf die vom TÜV fehlerhaft ausgestellte Prüfbescheinigung gemäß § 6 der Gefahrgutverordnung Straße zurückzuführen sein.

3. Sicherung

R. Schütten

Im Jahr 1984 war die Sicherheitslage, so wie sie sich aus bekannt gewordenen Angriffen gegen sensitive Einrichtungen herleiten läßt, auffallend entspannt. Im Vergleich zum Vorjahr war in der Bundesrepublik ein Rückgang der Anschläge um 30 % zu verzeichnen. Damit setzte sich die schon 1983 zu beobachtende positive Tendenz in der Sicherheitslage fort.

Im Dezember 84 jedoch verstärkten sich schlagartig die kriminellen Aktionen, die mit großer Wahrscheinlichkeit im Zusammenhang mit den Hungerstreiks inhaftierter Terroristen stehen. Störaktionen solcher Art stellen auch weiterhin eine Bedrohung der Inneren Sicherheit dar, so daß sich die Sicherungsmaßnahmen im Kernforschungszentrum auch künftig im bewährten Rahmen bewegen.

Die Stärke des Objektsicherungsdienstes reduzierte sich gegenüber dem Vorjahr nur geringfügig, da bei einer hochsensitiven Anlage die baulichen Barrieremaßnahmen abgeschlossen werden konnten.

Fremdfirmenmitarbeiter wurden primär im Streifendienst eingesetzt. Die Grundlehrgänge für das Eigenpersonal wurden auch auf das Fremdpersonal ausgedehnt und im ersten Halbjahr 84 beendet, so daß mit den anlagenspezifischen Sicherungsunterweisungen begonnen werden konnte.

Im Berichtszeitraum wurden die Sicherungsmaßnahmen bei der SNEAK-Anlage abgeschlossen und die baulichen Sicherungseinrichtungen von Gutachtern und zuständigen Behörden abgenommen.

Für das Institut IRE wurde ein Sicherungskonzept entwickelt, das die Sicherungsanforderungen dieser Forschungseinrichtung berücksichtigte, ohne dabei die Forschungsabläufe zu beeinträchtigen.

Bei der HDB konnten die back fitting-Maßnahmen, die einer besseren Verzahnung der baulich technischen und personellen Objektsicherung dienen, bis auf einige schwachstromtechnische Aufschaltungen zügig fortgesetzt und bei einigen Anlagenbereichen Kosten in nicht unbeträchtlicher Höhe eingespart werden. Lediglich das rechnergestützte HDB-Ausweislesersystem konnte, da im Berichtszeitraum keine endgültige Zustimmung des Betriebsrates vorlag, noch nicht in Betrieb genommen werden.

Im KfK-Ausweisbüro wurde das rechnergestützte Ausweisherstellungs- und -verwaltungssystem eingeführt, das eine wesentliche Vereinfachung bei der Abwicklung administrativer Abläufe bietet.

3.1 Objektsicherungsdienst

F. Paltian

Die Personalstärke des Objektsicherungsdienstes in der Abteilung Sicherung hat sich, unter Berücksichtigung der bereits durchgeführten baulichen back fitting-Maßnahmen, auf das Niveau eingependelt, das für die Durchführung der Bewachungsaufgaben an sensitiven Anlagen notwendig ist. Im Berichtszeitraum sind 8 Mitarbeiter ausgeschieden, 6 Mitarbeiter wurden neu eingestellt. Der Fremdfirmenanteil an der Objektsicherungsmannschaft lag dementsprechend wie im Vorjahr unverändert bei etwa 31 %.

Die gemäß behördlicher Auflagen durchgeführte Streifenfentätigkeit stellt sich - bezogen auf eine Woche - wie folgt dar:

220	Streifen, z. T. mit Schutzhund, in Gebäuden und im Freigelände einschl. KHG und Wasserwerk-Tiefgestade
38	motorisierte Sonderstreifen im Gelände
256	Streifen in sensitiven Lagerbereichen
214	Streifen in Versuchsbereichen

Tab. 3/1: Objektsicherungsstreifen

Darüber hinaus wurden 5 Sicherungsbereiche permanent und 1 Sicherungsbereich mehrmals stündlich bestreift.

Im Rahmen der geschilderten Streifentätigkeiten kontrollierte der OSD 156 angemeldete Versuche - dies entspricht einer Steigerung von 40 % gegenüber dem Vorjahr - in regelmäßigen Abständen außerhalb der Dienstzeit.

Vom Streifendienst wurden im Berichtszeitraum 649 Verschlußmängel und 647 Mängel an Gebäudeanlagen und technischen Einrichtungen der KfK GmbH registriert und die zuständige KfK-Fachabteilung mit der Behebung der Mängel beauftragt.

Zur Demonstration des Zusammenspiels von Basis- und Aufbausicherung wurden 78 Sicherungsalarmübungen mit insgesamt zufriedenstellenden Ergebnissen durchgeführt. Um daneben ein reibungsloses Zusammenwirken des KfK-Z/OSD mit den Objektsicherungsmannschaften der Gastinstitutionen im KfK-Gelände zu gewährleisten, sind 26 Alarmübungen, wie sie von den zuständigen Behörden vorgeschrieben sind, abgehalten worden.

Im Rahmen des Erste Hilfe- und Rettungswesens wurden vom Objektsicherungsdienst 112 Sankra- und 89 Deko-Einsätze gefahren.

3.1.1 Diensthundestaffel

B. Ritz

Dem Objektsicherungsdienst standen im Jahre 1984 21 einsatzfähige Diensthunde zur Verfügung. Insgesamt 36 Hundeführer nahmen bei 10 internen Schutzhunde-Lehrgängen mit den ihnen persönlich zugewiesenen Diensthunden teil. Die planmäßige Fortbildung erfolgte weiterhin im Freigelände der eigenen Zwingieranlage bzw. im KfK-Gelände mit schwerpunktmäßigen Übungen in der Nacht. Von den 14 KfK-Hundeführern, die an der 6. Schutzhundeprüfung nach den Richtlinien des Verbandes für das Deutsche Hundewesen (VDH) teilgenommen haben, erzielten sieben die Note "sehr gut" und die übrigen die Note "gut". Bei den Schutzhundeprüfungen der umliegenden Ortsvereine waren ebenfalls 14 Diensthundeführer der KfK erfolgreich.

Die internen, praxisbezogenen ein- und zweiwöchigen Lehrgänge für Hundeführer und Schutzhunde haben sich bestens bewährt, zumal hierbei Hundeführer und Schutzhund unter Berücksichtigung der individuellen Leistungsmerkmale besser beschult und unterwiesen werden konnten.

Z. Zt. besitzen die Hunde der KfK-Diensthundestaffel gemäß der Prüfungsordnung des Verbandes für das Deutsche Hundewesen (VDH) folgende Ausbildungskennzeichen:

- 12 Diensthunde mit Schutzhundeprüfung der Stufe III
- 3 Diensthunde mit Schutzhundeprüfung der Stufe II
- 4 Diensthunde mit Schutzhundeprüfung der Stufe I
- 2 Diensthunde ohne abgeschlossene Prüfung

1984 waren die Diensthundeführer mit ihren Schutzhunden insgesamt 27 310 Stunden im Einsatz und in der Ausbildung, davon entfielen auf

die Objektsicherung sensitiver Bereiche	60,3 %
den Gebäude- und Streifendienst	30,4 %
die Schutzhundelehrgänge	6,3 %
und auf die Ausbildung während der Dienstzeit	3,0 %

Neu eingestellt und ausgebildet wurden im Berichtszeitraum 4 Schutzhundeführer.

3.1.2 Alarmzentrale

G. Beck

Im Jahr 1984 sind in der Alarmzentrale (AZ) die in Tabelle 3/2 aufgeführten Alarm- und Störmeldungen (unter Berücksichtigung der Fehlalarme) eingegangen und bearbeitet worden:

Gruppe	Anzahl
Objektsicherung	111
Feuer	124
Störungen (Aufzüge, Sandfänge, Stromausfall, Wasserschäden etc.)	586
allgemeine Störmeldungen	1 755

Tab. 3/2: Alarm- und Störmeldungen 1984

Nachdem die Umschaltarbeiten auf die neue Alarmzentrale und in den sensitiven Anlagenteilen mit ihrer neuen Technik abgeschlossen wurden, bewegt sich die Zahl der Objektsicherungsalarme wieder auf dem niedrigen Niveau des Jahres 1982. Die Zahl der Feueralarme ist gegenüber dem Vorjahr um 20 % gesunken, da qualmerzeugende Arbeiten in Gebäuden rechtzeitig der AZ gemeldet, somit unnötige Feuerwehreinsätze vermieden wurden.

Mit insgesamt 2 007 in der AZ dokumentierten Einsätzen (s. Tab. 3/3) wurde eine um 7 % geringere Einsatzfrequenz als im Vorjahr ausgewiesen.

Einsatzleiter vom Dienst	265
Feuerwehr	112
Wartungsdienst	986
Versuchsleiter	90
Rufbereitschaft	554

Tab. 3/3: Registrierte Einsätze 1984

Die Ausbildung der ständig in der AZ eingesetzten Mitarbeiter wurde im Berichtszeitraum weitergeführt. Darüber hinaus bezog das Ausbildungsprogramm aber auch die Vertreter der Alarmtelefonisten mit ein, um sie stets auf dem aktuellen technischen und administrativen Stand zu halten. 2 Fachkräfte der AZ nahmen an einem eintägigen Seminar des Luftschutzwarnamtes teil.

Die in der AZ betriebenen rechnergestützten Systeme wurden softwaremäßig stärker an die Erfordernisse der Alarmorganisation angepaßt. Neben den Anschriftenverzeichnissen der KfK-Rufbereitschaften, dem Gebäudeverzeichnis mit den Instituts- und Abteilungsverantwortlichen wurde das vorhandene Softwarepaket ergänzt durch die Informationsdatei mit dem System der Roten Telefone, der Katastrophenschutzdatei, der Melderaufschlüsselung der Gefahrenmeldeanlage, der Zieltasteneinrichtung sowie der Hinweis- und Hauptdatei, die die Anweisungen für die Abwicklung spezieller Alarme und Unfälle beinhaltet. Um selbst bei technischem Ausfall eine zügige Abwicklung in Alarm- oder Störfällen zu gewährleisten, wurde als Redundanz zu den vorhandenen Softwareprogrammen eine Handdatei geführt.

3.2 Ausbildung

G. Beck

Die praktische Waffenausbildung (Übungsschießen) der Objektsicherungsdienst-Mitarbeiter wurde planmäßig, in Anlehnung an die Polizeidienstvorschrift 211, weitergeführt. Zusätzlich nahmen 10 Waffenwarte an einem zweitägigen Lehrgang bei der Firma Heckler & Koch in Oberndorf/Neckar und alle OSD-Mitarbeiter, die im Dienst Waffen führen, an einem Kurzlehrgang auf dem Schießstand in Offenburg teil. 4 Mitarbeiter haben die Sachkundeprüfung gemäß § 31 Waffengesetz beim Regierungspräsidium Karlsruhe mit Erfolg abgelegt. Während im ersten Halbjahr 84 noch einige Mitarbeiter und Fremdfirmenangehörige die Grundlehrgänge in Rechts- und Dienstkunde besuchten, war das Hauptgewicht bei den Lehrgängen im zweiten Halbjahr 84 auf Fallbeispiele aus der Praxis gelegt. Diese praxisbezogene Ausbildung wurde mit Video-Aufnahmetechnik noch intensiviert; so war es z. B. jederzeit möglich, anhand der Fallbeispiele richtige oder falsche Maßnahmen zu diskutieren. Neben diesen Objektsicherungslehrgängen wurden Verkehrsunfallaufnahmelehrgänge, Fotolehrgänge und externe Werkschutzlehrgänge zu den Themen

- Geld- und Werttransporte,
- Gefährliche Güter- und Arbeitsstoffe,
- Sicherheit im Vorzimmer,
- Ermittlungsdienst und
- Datensicherung,

von unseren Mitarbeitern besucht.

3.3 Ermittlungsdienst

A. Baumgärtner

Im Jahre 1984 wurden 142 Verstöße gegen die im KfK geltenden Ordnungs- und Kontrollbestimmungen registriert und bearbeitet (s. Abb. 3/1). Die Zahl liegt geringfügig über dem Vorjahresniveau. Es kam zu 49 Sicherstellungen von Werkzeugen und Materialien, weil die Ausführenden zum Zeitpunkt der Ausfuhr keinen Eigentumsnachweis erbringen konnten. Nach Prüfung der Eigentumsverhältnisse wurde das sichergestellte Gut bis auf 3 Fälle, die noch bearbeitet werden, zurückgegeben.

Die dem Ermittlungsdienst gemeldeten und bekannt gewordenen Sachbeschädigungen liegen mit 56 deutlich über dem Niveau des Vorjahres (Abb. 3/2). Bis auf 3 Fälle konnten alle Verursacher festgestellt und dem KfK-Versicherungsreferat mitgeteilt werden. Der bei den Sachbeschädigungen von unserem Sachbearbeiter geschätzte Gesamtschaden (Tab. 3/4) beläuft sich auf 233 000,-- DM, wobei der dominante Anteil von dem Säureunfall (vgl. Kap. 2.5.4) herrührt.

Bei 65 gemeldeten Diebstählen mit einer schätzungsweise hohen Dunkelziffer wurde das Niveau des Vorjahres erreicht. 34 Diebstähle wurden aufgeklärt, bei 12 gemeldeten Gelddiebstählen, die als Seriediendiebstähle zu betrachten sind, wird noch ermittelt.

Gemeinsam mit den anderen Abteilungen wurden im Jahre 1984 195 Betriebsunfälle und sonstige Unfälle untersucht. Die Zahl der Unfälle im KfK ist leicht rückläufig.

Beschädigte Gegenstände	Jahr	bekannt gewordene Fälle	aufgeklärte Fälle	geschätzter Schaden in DM
Kabelschäden	1982	7	7	17 000
	1983	7	7	20 000
	1984	9	9	16 000
Lichtmasten	1982	4	4	6 500
	1983	3	3	5 000
	1984	4	4	8 000
Tore, Einzäunungen	1982	6	6	5 900
	1983	5	5	10 000
	1984	4	3	2 500
Gebäude	1982	10	10	21 000
	1983	10	9	25 000
	1984	11	10	22 600
Dienst-Kfz.	1982	7	7	13 600
	1983	11	11	17 000
	1984	11	11	15 200
Verschiedenes, Fenster, Türen, Bedachungen, Transportschäden	1982	12	12	34 000
	1983	10	9	15 000
	1984	17	16	169 000
Summe	1982	46	46	98 000
	1983	46	44	92 000
	1984	56	53	233 300

Tab. 3/4 Sachbeschädigungen: Einsatz des Ermittlungsdienstes

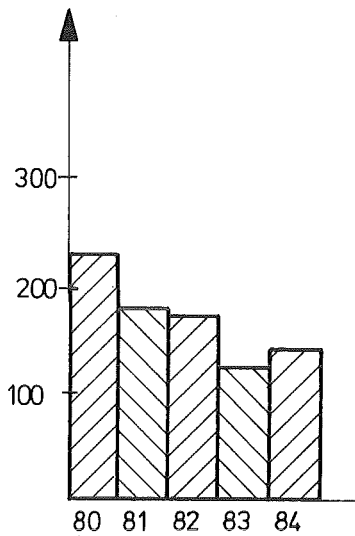


Abb. 3/1
Verstöße gegen
die Ordnungs- und
Kontrollbestimmungen

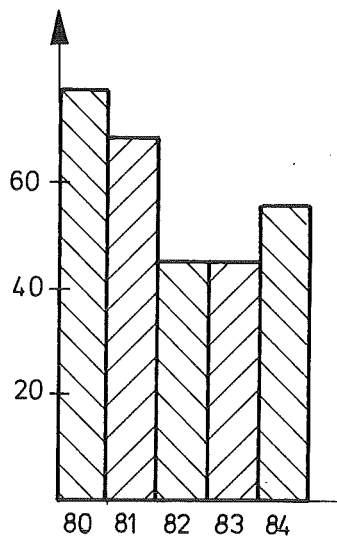


Abb. 3/2
Sachbeschädigungen

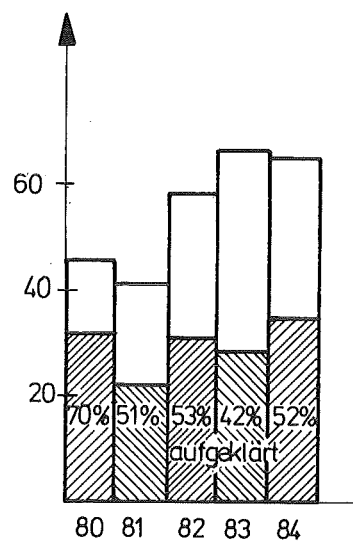


Abb. 3/3
Diebstähle

3.4 Zentrale KfK-Güterkontrolle

G. Hanuschka

Die zentrale KfK-Güterkontrolle, an der Süd-Ost-Ecke des KfK gelegen, hat in nunmehr dreijährigem Betrieb wesentlich zur Verkehrsberuhigung der Zugänge am Nord- und Südtor beigetragen. Die Güterkontrolle stellte im Berichtszeitraum für Fremdfirmen und Anlieferer insgesamt 37 980 Warendurchlaßscheine aus. Für Anlieferer und Abholer von Kernbrennstoffen oder sonstigen radioaktiven Stoffen wurden im Berichtszeitraum 1 827 Durchlaßpassierscheine ausgestellt.

Bei den Ein- und Ausfuhrkontrollen hielten sich die im Zentrum eingesetzten Fremdfirmen - von Einzelfällen abgesehen - an die im KfK gültigen Ordnungs- und Kontrollbestimmungen. Bei Ein- und Ausfuhrkontrollen wurden 17 vorläufige Sicherstellungen von Materialien erforderlich. In allen Fällen konnte das Material nach Vorlage des Eigentumsnachweises wieder ausgehändigt werden.

3.5 Personenüberprüfung und Kontrolldienste

3.5.1 Personenüberprüfung

G. Körner

Für alle Personen, die in sensitiven Bereichen eingesetzt wurden, wurde den Forderungen der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde folgend eine behördliche Prüfung veranlaßt. Im einzelnen waren 822 Anträge zur Durchführung von Personensicherheitsüberprüfungen zu bearbeiten und an die zuständige Landesbehörde weiterzuleiten. Betroffen waren hierbei u. a. 54 Personen, die als Schlüssel- und Führungspersonal zum Einsatz kommen sollten. Ihnen wurde gemäß den Vereinbarun-

gen mit dem Betriebsrat und den Behörden der entsprechende Fragebogen übersandt, der dann zur Einleitung des Sicherheitsüberprüfungsverfahrens an die zuständige Behörde weitergeleitet wurde. Nur in einigen Fällen, ausschließlich bei Mitarbeitern von Fremdfirmen, wurden Bedenken gegen einen Einsatz in Sicherungsbereichen geäußert. Die jeweiligen Fremdfirmen haben diese Personen in sensitiven Bereichen nicht eingesetzt.

Im Rahmen des Hausrechtes wurden für den Zutritt von Fremdfirmenmitarbeitern außerhalb der regulären Dienstzeit 1 092 Zutrittsersuchen bearbeitet.

3.5.2 Ausweisbüro

E. Schleicher

Im Berichtszeitraum wurde, um den Arbeits- und Verwaltungsablauf im Ausweisbüro rationeller zu gestalten und eine schnellere Abwicklung der Ausweisformalitäten zu erzielen, ein rechnergestütztes Ausweisherstellungs- und -verwaltungssystem in Betrieb genommen. Das System besteht aus einer Zentraleinheit mit Speichermedium, einem Drucker zum Beschriften der Ausweise und insgesamt vier Datensichtgeräten. Über die Datensichtgeräte erfolgt die Eingabe der zur Ausstellung eines KfK-Ausweises notwendigen Daten. Im Berichtszeitraum wurden insgesamt 1 023 Ausweise gefertigt und 7 100 Stammsätze in die Ausweisdatei eingegeben.

3.5.3 Ausländerbetreuung

F. Gergele

Im Jahre 1984 wurden insgesamt 369 ausländische Gäste, die als Mitarbeiter im Kernforschungszentrum tätig wurden oder als Besucher im Kernforschungszentrum anwesend waren, betreut. Die Zahl der ausländischen Gäste ist gegenüber den Vorjahren stark rückläufig. Die Betreuung erstreckte sich im wesentlichen auf die Abwicklung administrativer Tätigkeiten (z. B. Vorsprache bei den Ämtern und Behörden im Stadt- und Landkreis Karlsruhe wegen der Aufenthaltsgenehmigungen). Für 4 IAEO-Kurse, die in der Schule für Kerntechnik stattfanden und an denen insgesamt 97 Personen aus 19 Staaten teilnahmen, wurden die Reisen und Reisebegleitung zu in- und ausländischen Reaktorstationen organisiert und durchgeführt.

3.5.4 Empfangsdienst, Buskontrollen

E. Wischuf, F. Gergele, M. Schwall

Mit insgesamt 40 700 Besuchern, darunter 4 200 ausländischen Gästen, war die Besucherzahl im Berichtszeitraum außerordentlich rückläufig. 2 285 befristete Werksausweise für längere Aufenthalte im KfK sind ausgestellt worden. Von den insgesamt ausgegebenen Besucherscheinen und befristeten Ausweisen wurden lediglich 185 beim Verlassen des Zentrums nicht zurückgegeben.

Beim Empfangsdienst wurden 80 Fundsachen abgegeben. 58 Gegenstände erhielten die rechtmäßigen Besitzer zurück, 22 Fundsachen werden z. Zt. asserviert.

Im Zubringer-Busverkehr wurden insgesamt 1 528 Monats- und Wochenfahrkarten verkauft. Bei den

Buskontrollen wurden 66 Personen ohne gültigen Fahrausweis angetroffen. Bei 4 Personen wurde eine Bearbeitungspauschale von je DM 10,-- erhoben.

3.6 Verkehrsdienst

W. Hauth

Mit 62 Verkehrsunfällen - davon 54 auf dem Gelände des Kernforschungszentrums - lag die Zahl der vom Verkehrsdienst aufgenommenen Verkehrsunfälle um 24 % unter der des Vorjahres. Bei 30 Unfällen entstand nur leichter Sachschaden, bei 27 Unfällen lag der geschätzte Schaden über DM 1 000,--.

Darüber hinaus waren 5 Unfälle mit Verletzungen von Personen zu bearbeiten (Tab. 3/5).

Die häufigsten Unfälle waren im Berichtsjahr:

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

Bei der Verkehrszählung am 23.10.1984 wurden die in den Abbildungen 3/4 - 3/8 aufgelisteten Verkehrsströme ermittelt.

Monat	Anzahl der Verkehrs- unfälle (einschl. Wegeunfälle)			leichter Sach- schaden	d a v o n		b e t r o f f e n e				
	1982	1983	1984		Sach- schaden > 1 TDM	Personen- schaden	Personen Mit- arbeiter	sonst. Pers.	Pkw	Lkw	sonst Fahrz
Januar	8	4	5	1	4	-	6	1	7	-	-
Febr.	9	6	6	4	2	-	3	3	5	1	3
März	9	7	5	2	1	2	5	4	7	1	2
April	2	8	3	3	-	-	1	3	3	-	1
Mai	12	5	3	-	3	-	3	3	6	-	-
Juni	8	5	4	2	2	-	5	2	6	-	1
Juli	8	7	7	2	4	1	6	6	10	1	-
Aug.	8	5	4	1	2	1	4	2	2	3	2
Sept.	4	5	3	1	2	-	1	3	4	1	-
Okt.	4	11	10	8	2	-	10	4	12	3	2
Nov.	3	9	8	4	4	-	9	4	12	2	2
Dez.	11	9	4	2	1	1	5	2	7	-	1
Summe	86	81	62	30	27	5	58	37	81	12	14

Tab. 3/5: Verkehrsunfälle

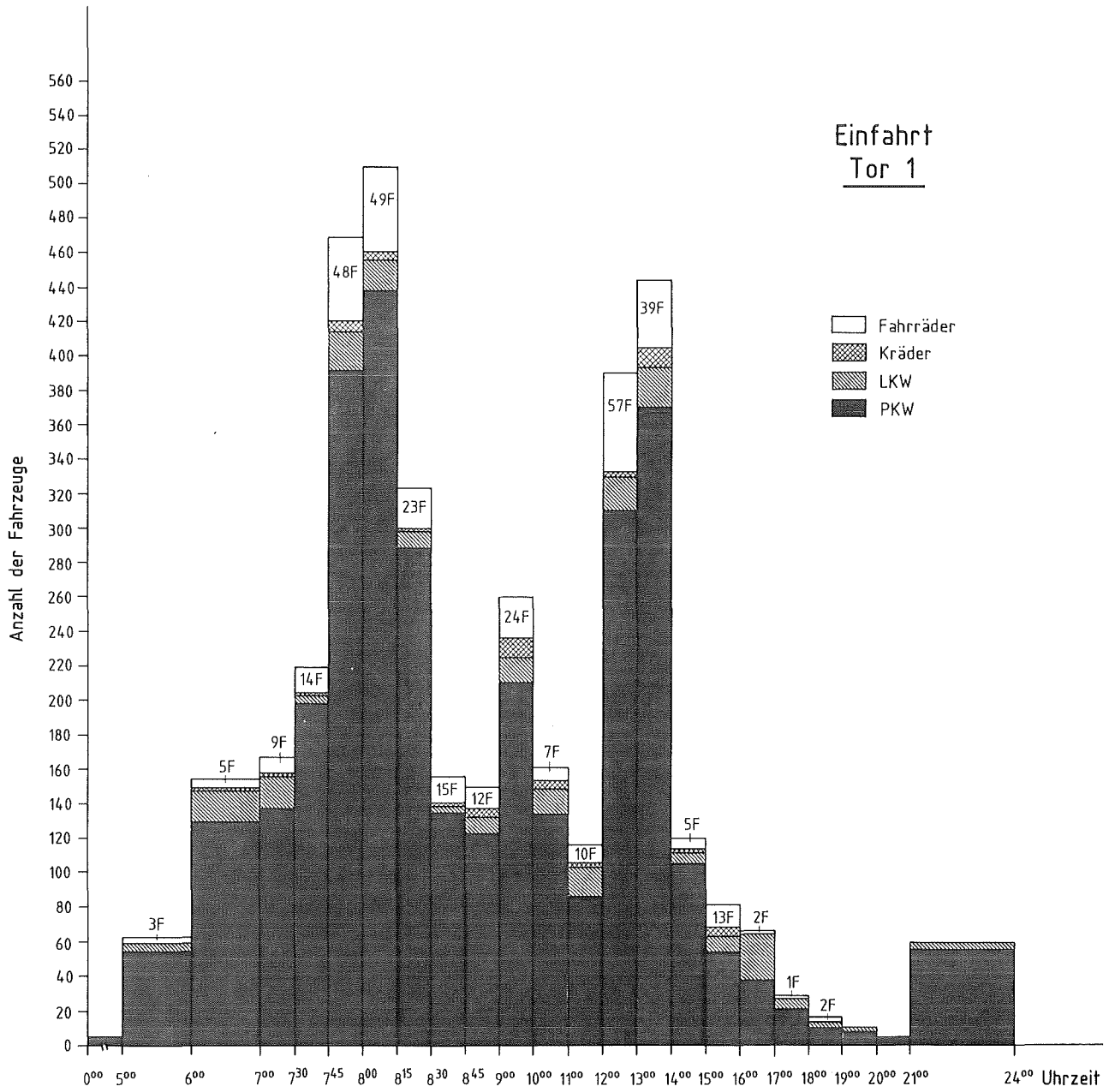


Abb.3/4: Verkehrszählung am 23.10.1984 von 0.00 Uhr bis 24.00 Uhr Einfahrt Tor 1

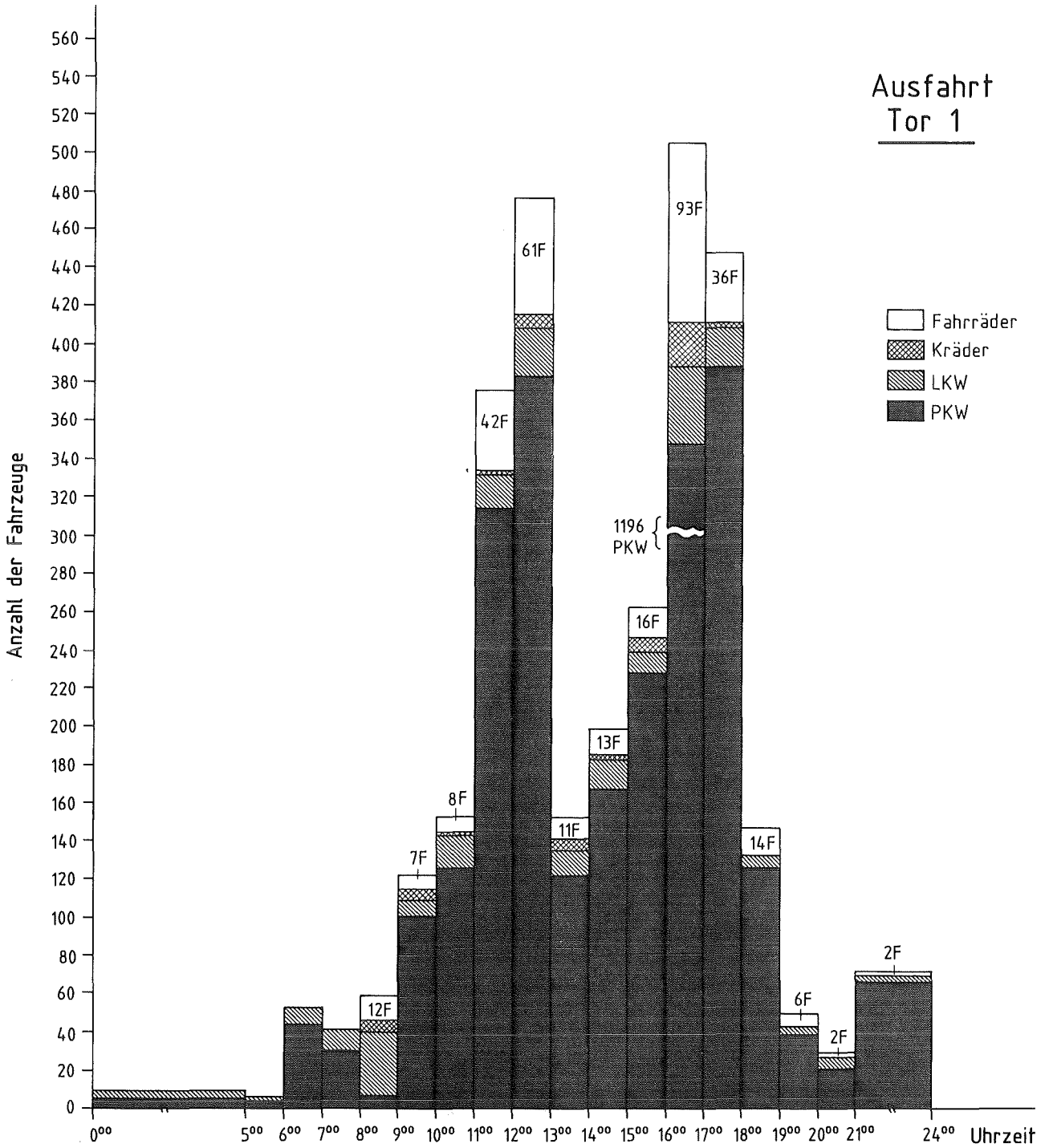


Abb.3/5: Verkehrszählung am 23.10.1984 von 0.00 Uhr bis 24.00 Uhr Ausfahrt Tor 1

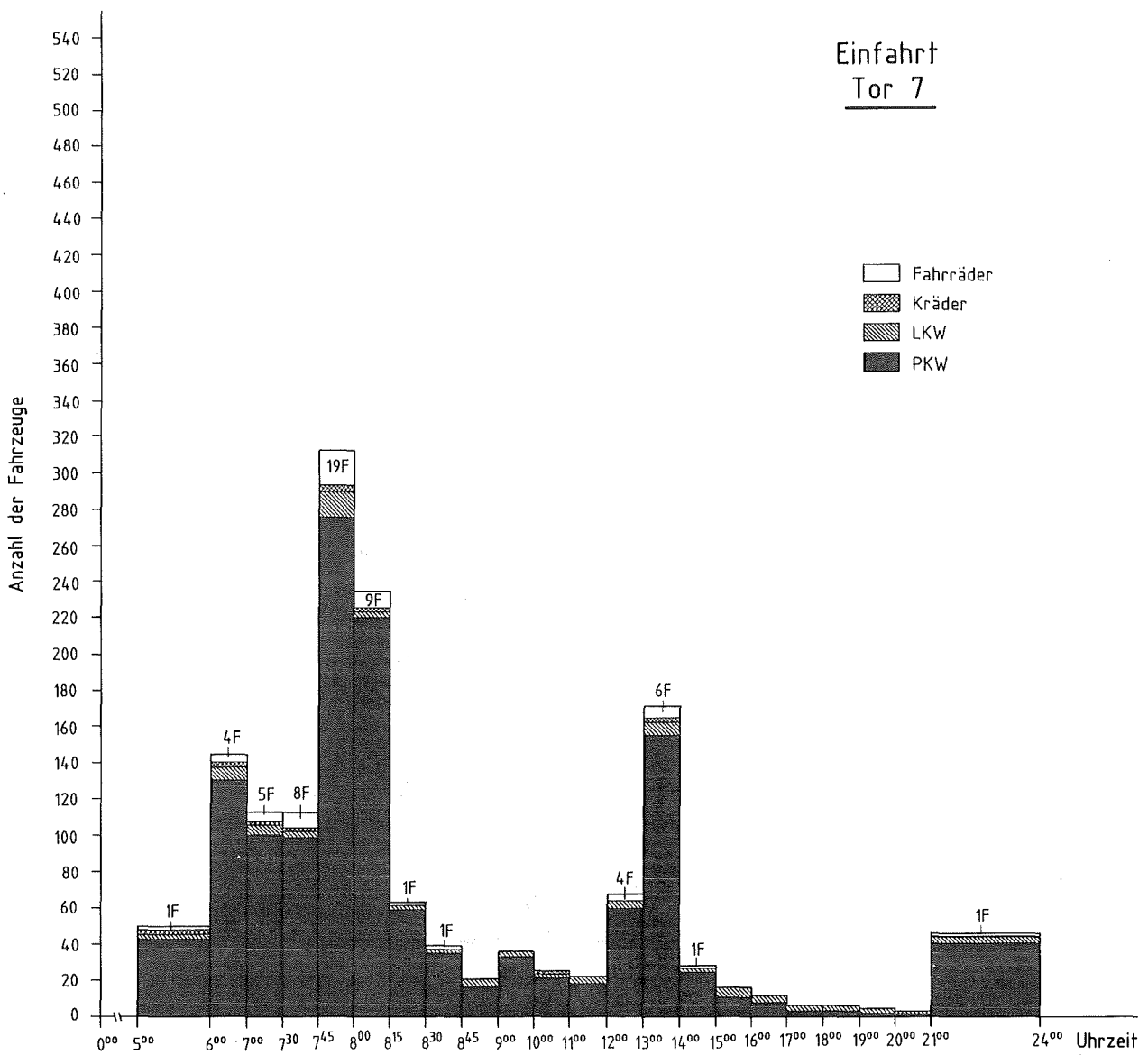


Abb. 3/6: Verkehrszählung am 23.10.1984 von 0.00 Uhr bis 24.00 Uhr Einfahrt Tor 7

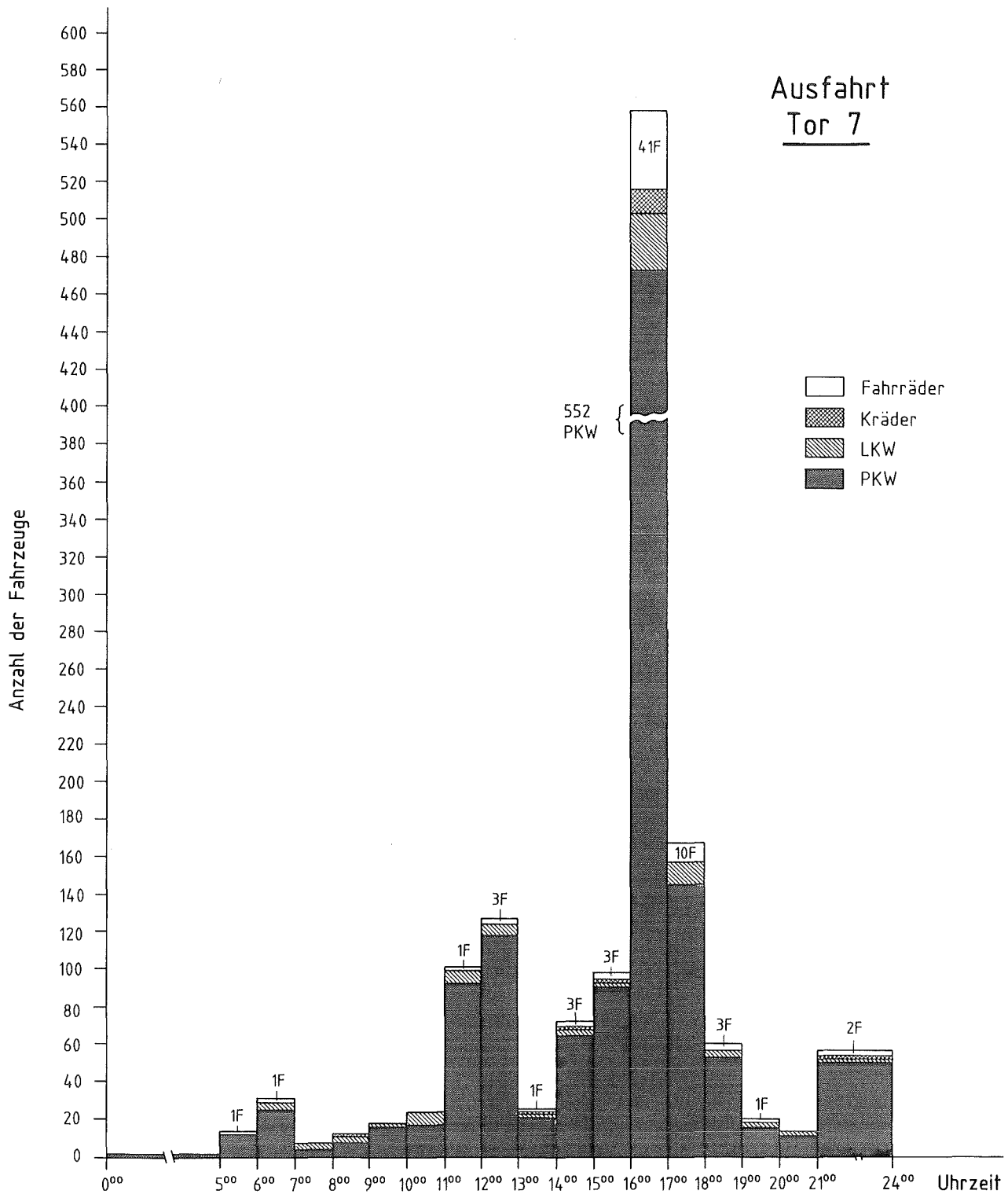


Abb. 3/7: Verkehrszählung am 23.10.1984 von 0.00 Uhr bis 24.00 Uhr Ausfahrt Tor 7

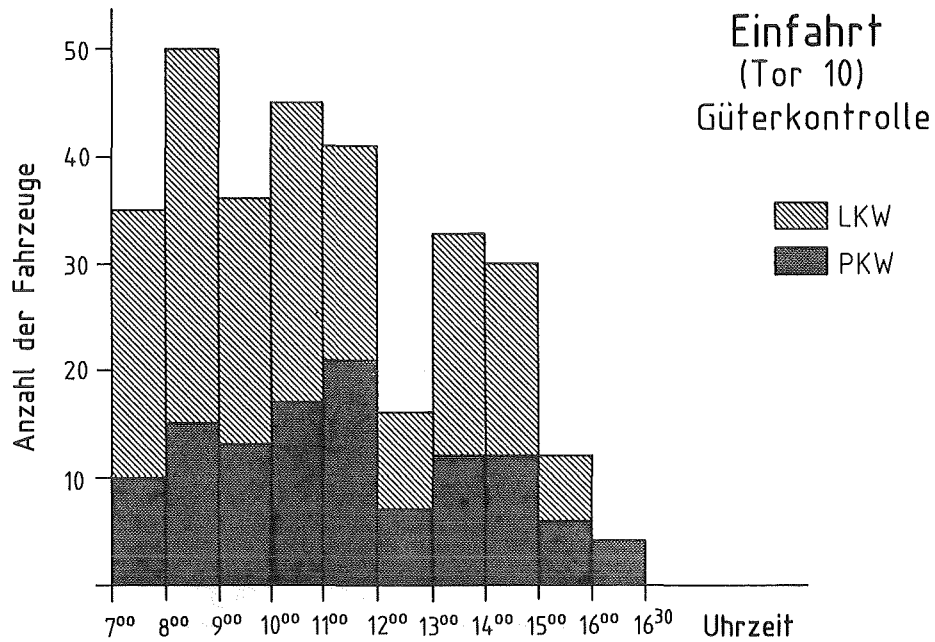
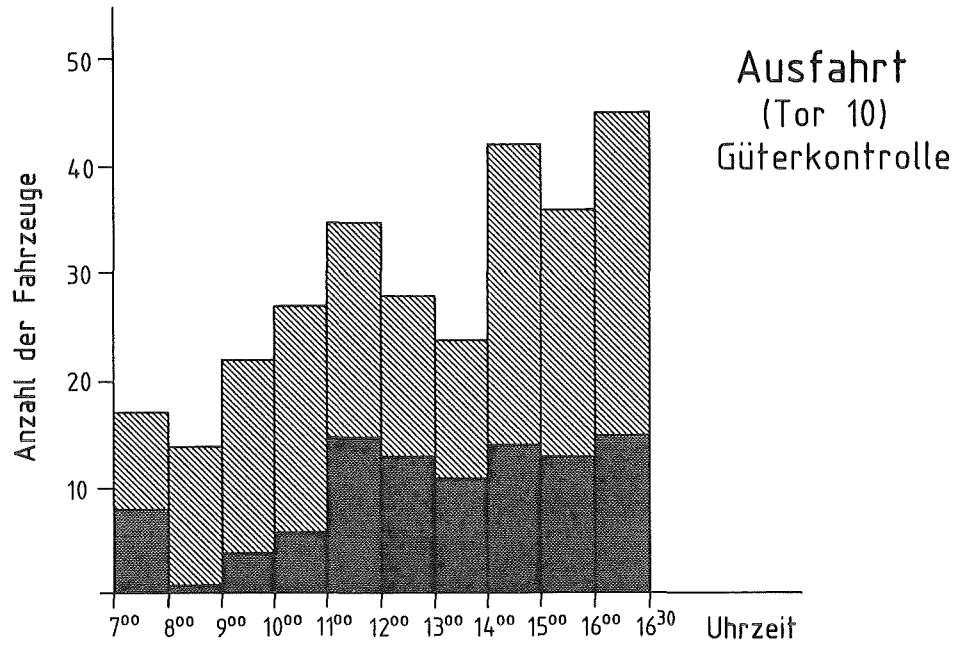


Abb. 3/8: Verkehrszählung am 23.10.1984 von 0.00 Uhr bis 24.00 Uhr
Einfahrt und Ausfahrt Tor 10

3.7 Technische Sicherungssysteme

R. Günther

3.7.1 Rechnergestütztes Zugangskontrollsystem bei HDB

Zur Erfüllung von Betriebsbelangen sowie von Strahlenschutz- und Sicherheitsbelangen wurde für die HDB ein rechnergestütztes Zugangskontrollsystem geplant und installiert.

Herzstück des Zugangskontrollsystems ist ein Prozeßrechner. An die Zentraleinheit mit 512 kByte Hauptspeicherkapazität sind 2 Magnetplatten mit je 10 MByte Speicherkapazität angeschlossen. Eine dritte Magnetplatte mit 10 MByte Speicherkapazität dient zur automatischen Datensicherung von Bewegungsdaten.

Über einen Drucker in der HDB-Objektsicherungszentrale (OZ) werden chronologisch die an Ausweislesern getätigten Bewegungen protokolliert.

Die Zentraleinheit erhält zusätzlich eine sogenannte "Kontaktabfrageeinheit". Diese wird in der OZ zur Anzeige und Protokollierung von Meldungen der HDB-Gefahrenmeldeanlage genutzt.

Die Ausweisleser befinden sich an den Zugängen zu sicherungsrelevanten Bereichen. Die Eingangsausweisleser zu den Anlagen der Sicherungskategorie II sind zusätzlich mit einer Tastatur zur Eingabe eines geistigen Codes ausgerüstet. Zur Personenidentifizierung mit Hilfe von Video-Kameras geben diese Ausweisleser nach Prüfung des Ausweises und des Zahlencodes ein Signal zur OZ. Nach Kontrolle der Personenidentität über die Videoanlage wird bei Berechtigung die Tür zum Zutritt freigegeben. Die Ausweisleser ohne Tastatur geben die Tür bei berechtigtem Ausweis direkt frei.

Von dem Zugangskontrollsystem werden folgende Funktionen ausgeführt:

- Zutrittsentscheidungen,
- Erfassung und Speicherung von Personenbewegungen,
- Erstellen von Protokollen der Personenbewegungen,
- Meldung von Alarmen mit Protokollierung bei Manipulationen an den Ausweislesern oder Zuleitungen,
- Meldung bei Überschreitung der zulässigen Türöffnungszeit,
- Meldung bei unerlaubten Zutrittsversuchen.

Die Ausweise werden im HDB-Sekretariat dem System zugeordnet und für Buchungen an den Ausweislesern freigegeben oder gesperrt. Nach Ablauf eines vorgegebenen Gültigkeitsdatums erfolgt die Sperrung automatisch. Um Mißbrauch bei der Ausweiszulassung auszuschließen, ist der Eingabedialog über mehrere zuerst auszuführende Eingaberoutinen abgesichert.

Vom HDB-Sekretariat werden die erforderlichen Bezugsdaten für das Zugangskontrollsystem eingegeben.

Diese sind:

- Stammsatz-Nummer (eine Ordnungszahl für das System),
- Personal-Nummer,
- Name, Vorname,
- Abteilung bzw. Firma,
- Anlagen, zu denen Zutritt erforderlich ist,
- Dauer der Zutrittsgenehmigung,
- zeitliche Zutrittsberechtigung (Wochentage, Tageszeiten),

Der Datenzugriff zum System ist nur über die Bildschirmdatenstationen mit einem geistigen Code (Paßwort) möglich. Dem Paßwort wiederum sind verschiedene Daten- und Befehlsbereiche zugeordnet, d. h. es können z. B. mit einem Paßwort der OZ keine Personendaten eingegeben oder geändert werden, da hierfür ein Paßwort vom Sekretariat notwendig ist.

Das HDB-Zugangssystem konnte wegen fehlender Zustimmung des Betriebsrates noch nicht in Betrieb genommen werden.

3.7.2 Prüfung eines Mikrowellen-Richtstreckensystems

Eine Zaunanlage im KfK soll aufgrund behördlicher Auflagen mit einem elektronischen Detektierungssystem nachgerüstet werden. Dieses Detektierungssystem soll eine räumliche Überwachung bei geringer Fehlalarmrate (unerwünschte Alarme) gewährleisten. Wegen der örtlichen Gegebenheiten weicht die bestehende Zaunkonfiguration jedoch wesentlich von dem sonst üblichen Standard ab. Auf Grundlage von Marktanalysen wurde ein Detektierungssystem ausgewählt und vorab eine Teststrecke eingerichtet. Während einer 10monatigen Testphase wurde das Alarmverhalten beobachtet und dokumentiert.

Die Teststrecke bestand aus einer doppelt übereinander angeordneten Mikrowellen-Richtstrecke, die jeweils zwischen zwei gleich aussehenden Antennen betrieben wurde (Mikrowellen im 3 cm Bereich). Zwischen der Sende- und Empfangsantenne wird ein elektromagnetisches Feld aufgebaut, das am Empfänger gemessen und ausgewertet wird. Das elektromagnetische Feld kann als Strahlenkeule in Form eines dreidimensionalen elliptischen Körpers angesehen werden. Es werden langsame und schnelle Bewegungen erfaßt. Bei Überschreiten vorgegebener Schwellwerte erfolgt eine Alarmgabe. Die Entfernung zwischen den Sende- und Empfangseinrichtungen betrug für diese Teststrecke 60 m. Die Meldelinien der einzelnen Sende- und Empfangseinrichtungen waren auf eine Gefahrenmeldeanlage mit Protokolldrucker aufgeschaltet. Zur Alarmverifizierung wurde zusätzlich eine Videoüberwachungsanlage eingerichtet.

Die Versuchsdurchführung erstreckte sich auf zwei Bereiche

- Registrierung des Fehlalarmverhaltens über eine längere Zeit hinweg,
- Prüfen des Detektierungsfeldes.

Die Anzahl der Alarme wurde mit den entsprechenden Wetterdaten - Niederschlagsmenge, Temperatur, Luftdruck und Niederschlagstätigkeit - zum Zeitpunkt der Alarmauslösung tabellarisch erfaßt. In verschiedenen Versuchen wurde durch Einbringen von Blech-Testplatten unterschiedlicher Größe das Detektierungsfeld in seiner Empfindlichkeit und volumenmäßigen Ausdehnung geprüft.

Die Auswertung der Testphase zeigte hauptsächlich für den bodennahen Teil der Richtstrecke die typischen Schwachstellen eines Freilandüberwachungssystems durch Wetterbeeinflussung. Positiv konnte festgestellt werden, daß die mechanischen Elemente, die sich stetig im elektromagnetischen Feld der Richtstrecke befanden, keine Alarmauslösung bewirkten.

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 1984)	5 Fläche des überwachten Bereichs in m ²
Nord	1. IHCh, INE, VBW/VB-Wä	9° +0,5*	339	13 090
	2. KTB/HZ, IMF-I, II und III, VBW/E, IKVT/NUSTEP	7	341	13 990
	3. KTB/FR 2, IT, IRE, LAF-II (Geb. 605), VBW/BW, HS/R (Geb. 620)	3+7#	310	23 250
West	4. HDB, INE (Geb. 547)	10,5+4 ⁺ +1*	385	29 610
	5. IRCh, LAF-I, IGT (Geb. 321)	5	112	3 480
Süd	6. KTB/SNEAK, KTB/EA, INFP, HDI-I, INR, LIT, IRB, LAF-II, IK, ITP, PHDR, HS (Geb. 436)	6	395	6 560
	7. HS, P/AV, VBW/VB, VBW/HW, IKVT, MED, IGT, BAU, SKT, HDI-II, IK-III/Zykl., EKM/FK	5	857	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 1984), einschließlich Fremdfirmenangehörigen, ist in Spalte 4 von Tab. 4/1 aufgeführt. Diese Anzahl hat sich gegenüber dem Vorjahr um ca. 140 erhöht, da verstärkt Umbauarbeiten mit Fremdfirmenangehörigen durchgeführt (IHCh, KTB/HZ, IRCh) wurden, neue Anlagen in Betrieb gingen oder die Tätigkeiten im Kontrollbereich intensiviert wurden (KAZ, Pollux, INE). 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 Messung 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 (vgl. Kap. 4.6) 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.

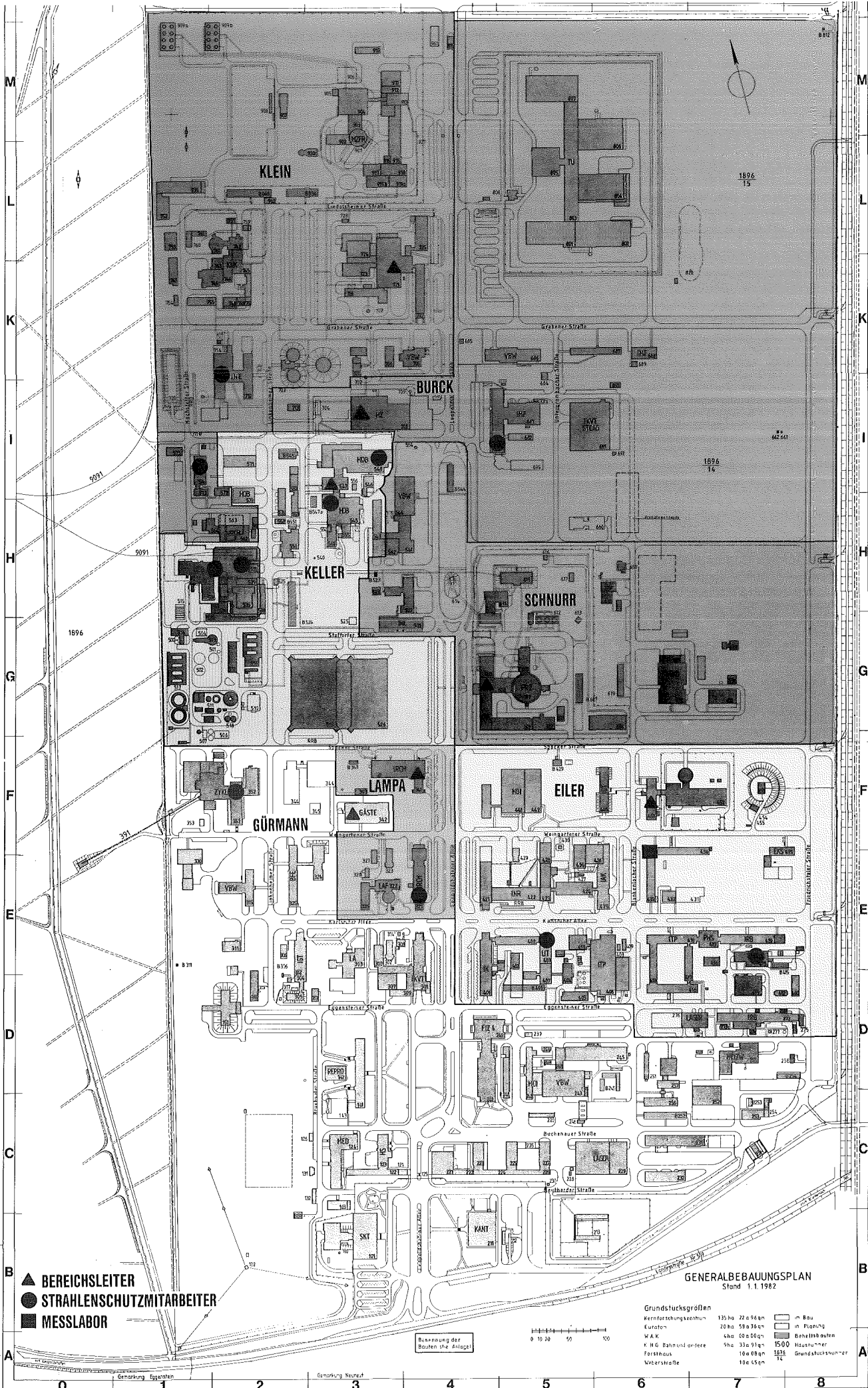
Die Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter wurde auch im vergangenen Jahr fortgeführt. Neben der praktischen Ausbildung unter Anleitung der Bereichsleiter und der meßtechnischen Einweisung im Strahlenschutzmeßlabor wurden theoretische Kurse in der Schule für Kerntechnik besucht. Insgesamt wurden von Mitarbeitern der Abteilung 18 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 Strahlenschutzgeräten durchgeführt.

4.1 Arbeitsplatzüberwachung im KfK

H. Dilger

Die Art und Menge der gehandhabten radioaktiven Stoffe und auftretenden Strahlenarten sind in den einzelnen Institutionen unterschiedlich. Bei der folgenden Aufstellung werden die Einrichtungen 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.



1896

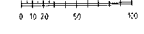
1896
15

1896
14

GENERALBEBAUUNGSPLAN
Stand 1.1.1982

Grundstücksgrößen		Legende	
Kernforschungsbezucht	135 bis 220 96qm	— Bau	□ Fliesen
Kantinen	20 bis 58 76qm	—	□ Behälterbauten
W. & K.	4 bis 10 00qm	—	□ Hausnummer
K. H. G. Bahn und andere	5 bis 33 91qm	1500	□ Hausnummer
Forsthaus	10 0 08qm	1276	□ Hausnummer
Wasserstraße	10 0 55qm	71	□ Hausnummer

Benennung der Bauteile der Anlage



0 1 2 3 4 5 6 7 8

4.1.1 Personendosimetrie mit Taschenionisationskammer

Die Tab. 4/2 zeigt, daß in den Einrichtungen des KfK im Jahre 1984 3 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 1984 betrug 41. Insgesamt wären nur 1,6 % der überwachten Personen des KfK als strahlenexponierte Personen anzusehen. Die 3 Personen mit Ganzkörperdosen oberhalb 15 mSv gehören zu Fremdfirmen, die mit Umbauarbeiten in der HDB beschäftigt waren.

4.1.2 Oberflächenkontaminationen

In Tab. 4/2 sind weiterhin die gemessenen Oberflächenkontaminationen, aufgeschlüsselt nach α -, β - und H-3-Kontaminationen, aufgeführt. Es werden hierbei 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 überwiegend bei den Beschleunigern und Reaktoren entdeckt wurden. Die Anzahl der Oberflächenkontaminationen ist etwa gleich groß wie im letzten Jahr.

4.1.3 Raumluftaktivitäten

Weiter sind in Tab. 4/2 die Raumluftmessungen, 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 1,9 · 10⁵ Bq/m³ festgelegt. Bei Raumluftaktivitäten oberhalb dieser Grenzwerte ist angeordnet, in den Anlagen der KfK routinemäßig ein Atemschutzfilter zu tragen. Die Raumluftaktivitäten werden oberhalb des 0,015-fachen der abgeleiteten Grenzwerte erfaßt, weil bis zu diesen Werten 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 Raumluftkontaminationen gemessen.

	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 ermittelt mit Taschenionisationskammer in mSv						
Anzahl der Personen						
$0 < H \leq 5$	273	654	318	364	1086	2695
$5 < H \leq 15$	18	5	0	18	0	41
$15 < H \leq 50$	0	0	0	3	0	3
Oberflächenkontamination in Vielfachen der KfK-internen Grenzwerte						
Anzahl der Fälle						
$10^0 < K_\alpha \leq 10^1$	5	106	11	96	5	223
$10^1 < K_\alpha \leq 10^2$	1	30	7	13	3	54
$10^2 < K_\alpha \leq 10^3$	1	4	1	4	0	10
$10^3 < K_\alpha$	0	0	0	0	0	0
$10^0 < K_\beta \leq 10^1$	21	110	19	74	31	255
$10^1 < K_\beta \leq 10^2$	3	33	9	14	3	62
$10^2 < K_\beta \leq 10^3$	0	6	2	2	1	11
$10^3 < K_\beta$	0	4	0	6	0	10
$10^0 < K_{H3} \leq 10^1$	7	0	0	0	0	7
$10^1 < K_{H3} \leq 10^2$	18	0	0	0	0	18
$10^2 < K_{H3} \leq 10^3$	3	0	0	0	0	3
$10^3 < K_{H3}$	0	0	0	0	0	0
Raumluftaktivitäten in Vielfachen von abgeleiteten Grenzwerten						
Anzahl der Fälle						
$0,015 < R_\alpha \leq 1$	0	1	1	73	0	75
$1 < R_\alpha \leq 200$	0	4	0	155	0	159
$200 < R_\alpha$	0	0	0	4	0	4
$0,015 < R_\beta \leq 1$	0	4	0	6	0	10
$1 < R_\beta \leq 200$	1	1	1	12	1	16
$200 < R_\beta$	0	0	0	0	0	0
$0,015 < R_{H3} \leq 1$	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	2	17	2	11	0	32

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

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 bei der "Dekontamination und Abfallbehandlung" und in den "Institutionen mit höherer Aktivität" während Umbauarbeiten.

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 1984	im Jahre 1984 exponierte Personen	mittlere Individualdosis	
				mSv/über- wachte Person	mSv/expo- nierte Person
HDB	554	385	222	1,4	2,5
IK-III/Zykl.	157	76	59	2,1	2,7
IHCh	106	232	98	0,3	1,1
KTb/HZ	71	135	49	0,5	1,4
IRCh	54	91	39	0,6	1,4
HS/Ü	41	62	41	0,7	1,0
KTb/FR 2	32	80	36	0,4	0,9
INE	22	91	22	0,2	1,0
IK-III/RTM	19	16	6	1,2	3,2
KTb/SNEAK	18	12	12	1,5	1,5
VBW	13	289	36	-	0,4
alle übrigen	50	1270	165	-	0,3
KfK gesamt	1137	2739	785	0,4	1,4

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

Durch die Inbetriebnahme des Kompaktzyklotrons nahm die Dosis bei IK-III/Zyklotron sowohl in der Summe als auch im Mittel auf fast die doppelten Werte zu. Dagegen fielen diese beiden Werte beim IRCh nach der Aufgabe der Tc-99m-Herstellung auf beinahe den 3. Teil ab. Die Auswertung ergab, daß von den insgesamt 2739 überwachten Personen nur 785 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 6 Personen von der Gruppe Radionuklide im Maschinenbau.

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. 1200 auf ca. 570 verringert, weil Interventionserlaubnisscheine ab 1984 erstmals auch über den Monatswechsel hinaus gültig blieben, wenn sich die Kriterien nicht änderten 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 1984 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 Gruppendosen der Abteilungen der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe dargestellt. Die Zahl der Fremdfirmenmitarbeiter enthält alle Personen die - ohne Berücksichtigung ihrer Beschäftigungsdauer - zur Gruppendosis beigetragen haben.

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

Vor der nachfolgenden Betrachtung sei hier darauf hingewiesen, daß sich die Gruppendosis des in der HDB eingesetzten Personals auf einem niedrigen Niveau bewegt. Unabwendbare Arbeiten außerhalb der Routine, in Feldern erhöhter Strahlung, machen sich sofort deutlich bemerkbar (s. Abteilung 1). Wenn im folgenden die Gruppendosen behandelt werden, beziehen sich diese nur auf TIK-Werte.

ABTEILUNG	PERSONALART	ANZAHL DER UEBER- WACHTEN PERSONEN	GRUPPENDOSEN	
			FILM mSV	TIK mSV
1.1 + 1.2 NAW+LAW-VERDAMPFER	STAMMPERSONAL	35	64.4	51.6
	FRENDPERSONAL	131	(*)	216.3
1.3 KLAERWERK	STAMMPERSONAL	28	.0	.3
	FRENDPERSONAL	70	(*)	15.4
ZUSAMMENFASSUNG ABTEILUNG 1	STAMMPERSONAL	63	64.4	51.9
	FRENDPERSONAL	201	(*)	231.7
	GESAMT	264	64.4	283.6
2.1 VERBRENNUNG UND KEROSINREINIGUNG	STAMMPERSONAL	23	53.8	36.6
	FRENDPERSONAL	39	(*)	9.8
2.2 GERAETE-DEKONT. UND LAW-VERSCHROTTUNG	STAMMPERSONAL	24	56.8	68.4
	FRENDPERSONAL	79	(*)	77.0
2.3 NAW-VERSCHROTTUNG ZEMENTIERUNG, LAGER	STAMMPERSONAL	19	41.6	43.4
	FRENDPERSONAL	33	(*)	19.2
ZUSAMMENFASSUNG ABTEILUNG 2	STAMMPERSONAL	66	151.4	148.4
	FRENDPERSONAL	151	(*)	106.0
	GESAMT	217	151.4	254.4
ZUSAMMENFASSUNG ABTEILUNG 3	STAMMPERSONAL	24	5.8	3.0
	FRENDPERSONAL	5	(*)	.0
	GESAMT	29	5.8	3.0
ZUSAMMENFASSUNG PERSONAL OHNE KLARE ABTEILUNGSZUORDNUNG	STAMMPERSONAL	3	.0	.0
	FRENDPERSONAL	81	(*)	13.1
	GESAMT	84	.0	13.1
HDB GESAMT	STAMMPERSONAL	156	221.6	203.3
	FRENDPERSONAL	438	(*)	350.8
	GESAMT	594	221.6	554.1

(*) DATEN WERDEN INFOLGE DER ANWENDUNG VON PARAGR. 20a Str-1schV NICHT ERFASST, ZUGEHÖRIGE PERSONENZAHLE OHNE BERUECKSICHTIGUNG DER BESCHAFTIGUNGSZEIT.

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

Die Gruppendosis der Abteilung 1 verzeichnete einen Anstieg um ca. 30 %. Der Grund dafür war, daß in einzelnen Räumen der LAW-Eindampfung im Geb. 545 - die nicht ständig begangen werden müssen - noch alte Restkontaminationen in fixiertem Zustand existierten, mit deren endgültiger Beseitigung 1984 begonnen wurde. Diese Arbeiten erhöhten die Gruppendosis der Abteilung 1 von ca. 220 mSv im Vorjahr auf ca. 280 mSv. Ohne diese Arbeiten wäre die Gruppendosis mit ca. 180 mSv sogar leicht rückläufig gewesen. Diese Arbeiten werden 1985 bis zur endgültigen Beseitigung der Kontamination fortgeführt.

Die Gruppendosis der Abteilung 2 ist trotz des stark angestiegenen Materialdurchsatzes praktisch unverändert geblieben. Gleichgeblieben ist auch die Zahl der Stammarbeiter, deren Gruppendosis sich jedoch um ca. 30 % auf ca. 150 mSv reduziert hat.

Die Zahl der Fremdfirmenmitarbeiter erhöhte sich dagegen um 38 auf 151 Personen, was einer Zunahme von ca. 34 % entspricht. Ihre Gruppendosis stieg jedoch überproportional von 40 mSv auf ca. 100 mSv.

Hier soll durch verstärkten Einsatz von Strahlenschutzpersonal versucht werden, die Dosis entsprechend zu reduzieren.

Die Gruppendosis der Abteilung 3 ist aufgrund ihrer Aufgabenstellung unbedeutend und bedarf deshalb keiner Erläuterung.

In der Abb. 4/1 sind oben links die Jahresdosen der HDB seit 1975 dargestellt. Der Anstieg der Dosis gegenüber dem Vorjahr um ca. 10 % auf ca. 550 mSv wurde bereits bei der Behandlung der Abteilungsdosen erklärt.

Bereinigt man die Gruppendosis des Jahres 1984 um die ca. 100 mSv, die bei den Arbeiten zur Beseitigung der bereits erwähnten alten Restkontamination angefallen sind, so ergäbe sich eine Gruppendosis von ca. 450 mSv und wäre dann gegenüber der Vorjahresdosis leicht rückläufig.

Die restlichen Abbildungen zeigen die Dosisverteilung für das gesamte HDB-Personal, das Stammpersonal sowie aller in der HDB tätig gewesenen Fremdfirmenmitarbeiter.

Hieraus läßt sich ablesen, daß ca. 65 % des Personals eine Jahresdosis bis zu 0,2 mSv erhalten haben.

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

Die Auswertung eines Computerausdrucks, auf dem die Personendosen in fallender Folge geordnet sind, zeigt, daß ca. 4 % des Personals fast 50 % der Dosis erhalten haben. Davon hat nur eine Person - wie aus Abb. 4/1 zu ersehen - eine Dosis von ca. 26 mSv erhalten, und damit nur etwa die Hälfte des Jahresgrenzwertes.

Auch 1984 wurde der Bereich der HDB außerhalb der Gebäude durch Dosisleistungsmessungen einer wöchentlichen Kontrolle unterzogen, um die Einhaltung der zulässigen Dosiswerte sicherzustellen.

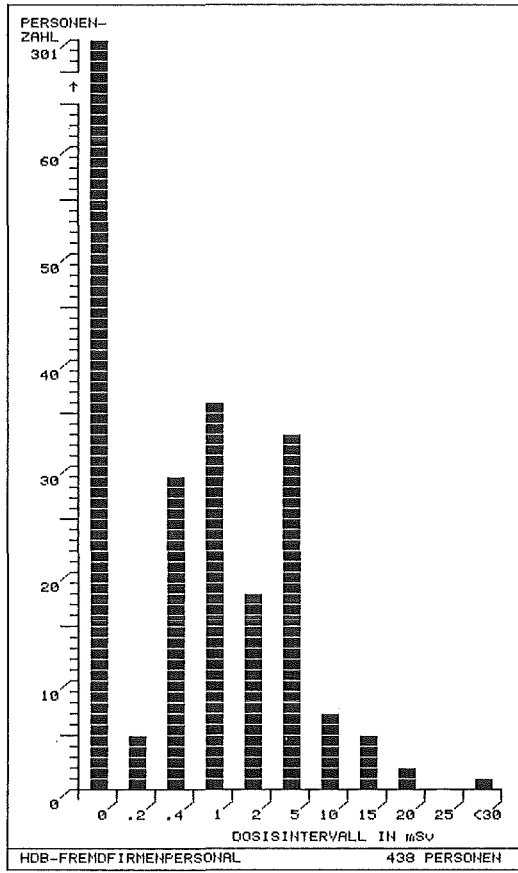
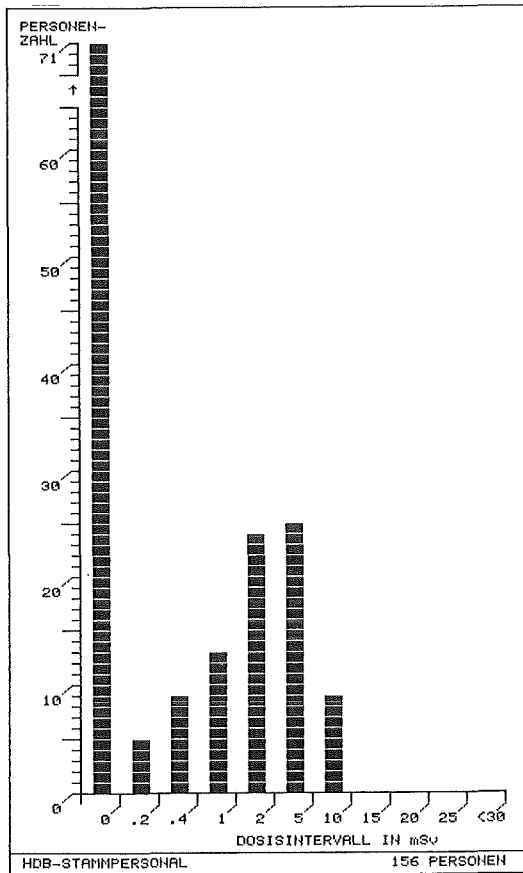
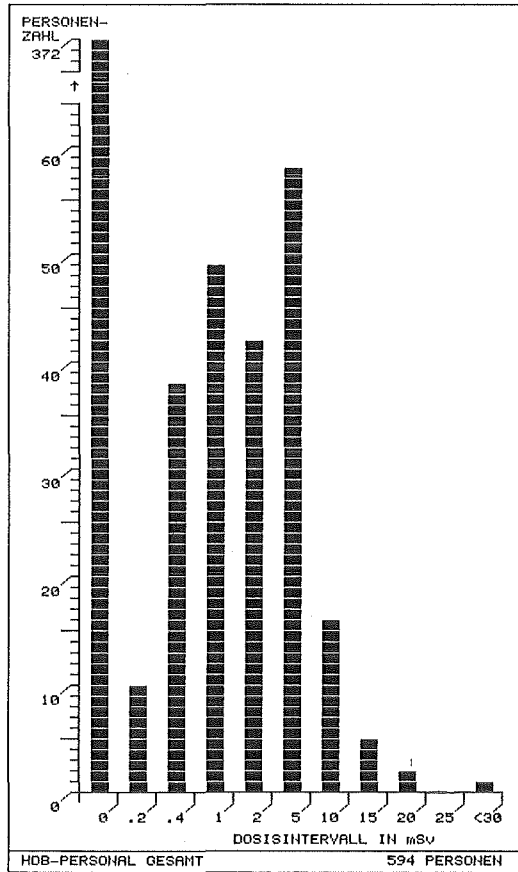
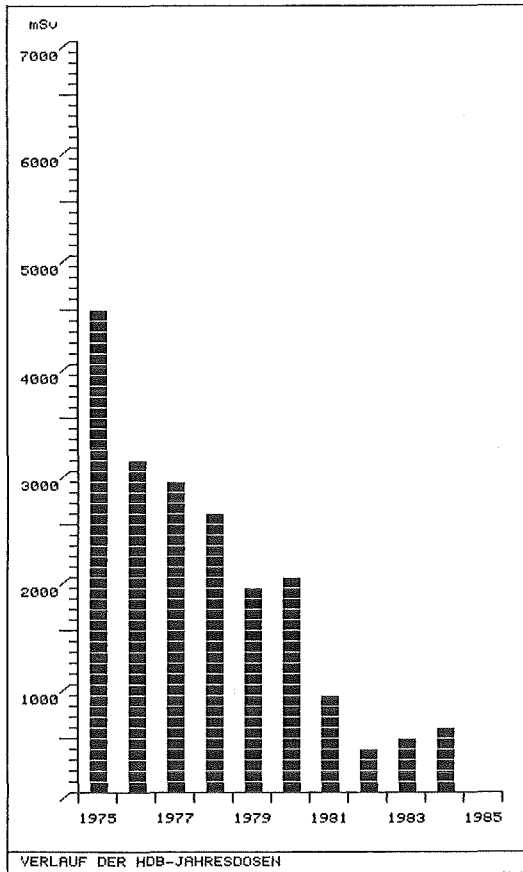


Abb. 4/1: Jahresdosen der HDB seit 1975 sowie die Häufigkeitsverteilung der Personendosis aller 1984 in der HDB beschäftigten Personen einschließlich Fremdfirmenpersonal ohne Berücksichtigung der Beschäftigungsdauer.

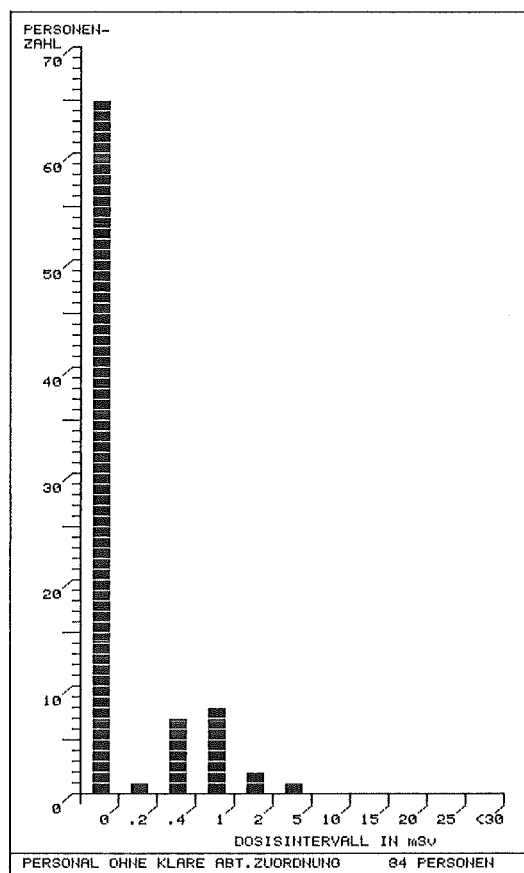
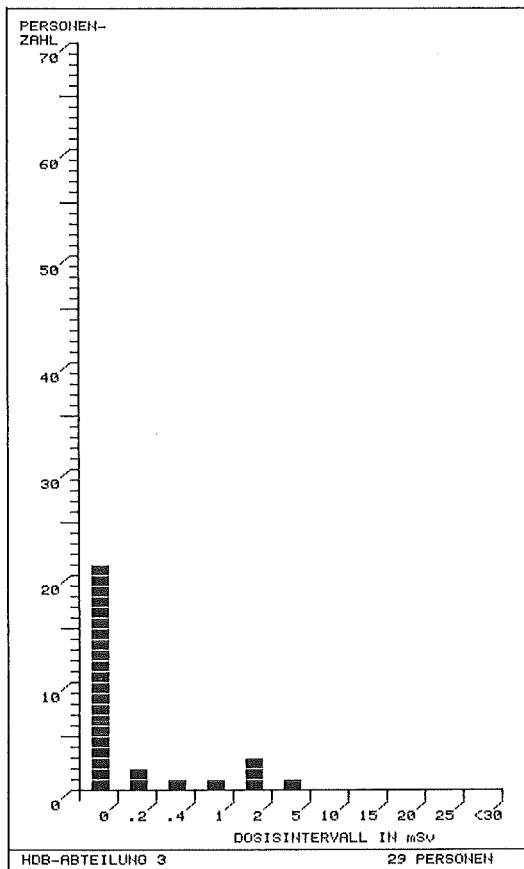
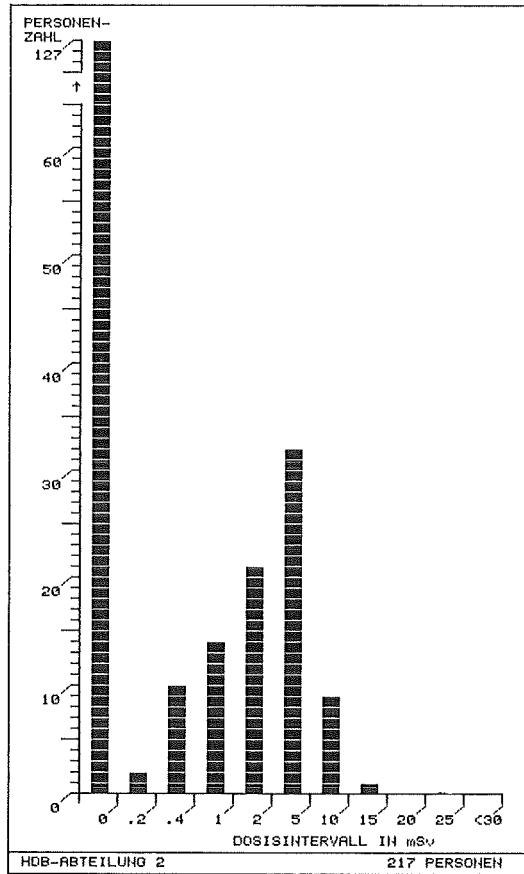
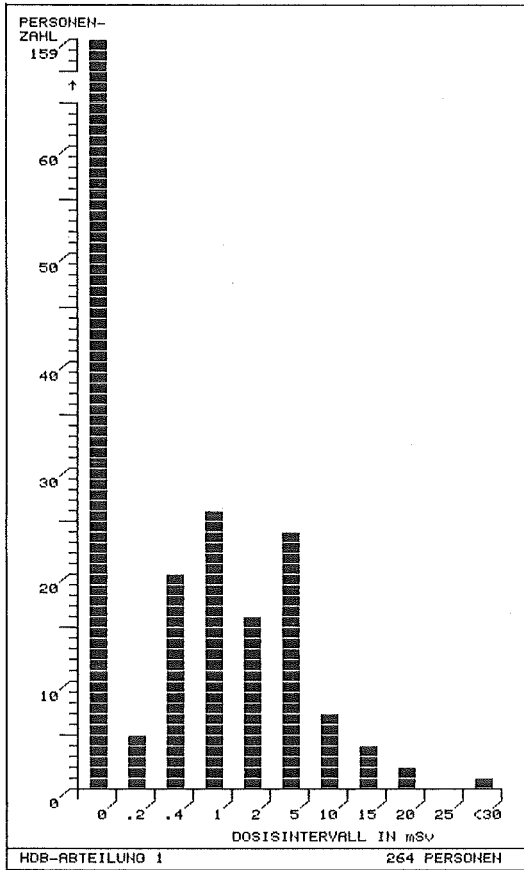


Abb. 4/2: Häufigkeitsverteilung der Personendosis in den einzelnen Abteilungen der HDB einschließlich Fremdfirmenpersonal ohne Berücksichtigung der Beschäftigungsdauer.

4.4 Strahlenschutzmeßlabor

D. Beier

Im Berichtszeitraum wurden im Strahlenschutzmeßlabor 29755 Raumluftfilter 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 Raumluftkonzentrationen 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.

α in Bq/m ³	$A > 6,3 \cdot 10^{-2}$	156	0,5 %
	$6,3 \cdot 10^{-2} \geq A > 1,0 \cdot 10^{-3}$	178 (1)	0,6 %
	$1,0 \cdot 10^{-3} \geq A > \text{NWG}$	235 (214)	0,8 %
β in Bq/m ³	$A > 15$	8	0,03%
	$15 \geq A > 0,22$	84	0,3 %
	$0,22 \geq A > \text{NWG}$	842 (350)	2,8 %

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

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 und teilweise β -Absorptionsmessung wurden im Strahlenschutzmeßlabor 660 Proben untersucht. Davon entfielen auf Kohlefilter 517, auf Informationsmessungen über Betonstaub und Bodenproben 49, auf Luftfilter 15, auf Wischtests 28 und auf kontaminierte bzw. aktivierte Gegenstände 51 Proben. Die identifizierten Nuklide sind in Tab. 4/6 aufgeführt.

Nuklid	Beschleuniger und Reaktor	Einrichtungen mit hoher Aktivität	Einrichtungen mit niedriger Aktivität	HDB	Summe
I-131	-	347	24	-	371
Cs-137	4	9	1	21	35
Co-60	9	3	-	7	19
U-+Th-Folgeprodukte	2	5	2	-	9
Sb-125/Te-125m	-	1	2	5	8
Ru-106/Rh-106	-	2	-	6	8
Cs-134	1	4	-	2	7
Zr-95/Nb-95	-	1	-	4	5
Fe-55	4	-	-	-	4
Ce-144/Pr-144	-	2	-	2	4
Am-241	-	2	-	-	2
Eu-155	-	2	-	-	2
Mo-99/Tc-99m	-	1	-	1	2
Sn-117m	-	-	2	-	2
Na-22	1	-	-	-	1
P-32	-	-	1	-	1
Mn-54	1	-	-	-	1
Cu-64	-	1	-	-	1
Ag-108m	1	-	-	-	1
Ag-110m	1	-	-	-	1
I-123	1	-	-	-	1
I-124	1	-	-	-	1
I-133	1	-	-	-	1
Eu-154	-	1	-	-	1

Tab. 4/6: Häufigkeitsverteilung der durch γ -Spektroskopie und β -Absorptionsmessung identifizierten Radionuklide

Mittels α -Spektroskopie wurden 26 Proben untersucht. Davon entfielen 19 Proben auf Wischtests und 7 Proben auf Luftfilter. Die identifizierten Nuklide sind in Tab. 4/7 aufgeführt.

Im Strahlenschutzmeßlabor werden außer den bereits aufgeführten Messungen noch Luftstaubsammler und Iodsammelanlagen aus Einzelteilen wie Membranpumpen, Seitenkanalgebläsen, Filterhalterungen, Adsorberbetten und Wagen je nach Erfordernis zusammengestellt und montiert. Vom Labor wird auch die gesamte Neu- und Ersatzbeschaffung, insgesamt 211 Beschaffungsanforderungen im Berichtszeitraum, durchgeführt. Darunter waren 47 Kontaminationsmeßgeräte, 10 HFK-Monitoren, 64 Dosis- bzw. Dosisleistungsmeßgeräte, 7 Raumluft- und Wischtest-Meßplätze mit Elektroniken, 7 Kleinrechner für die Umstellung der Probenwechsler auf Protokollausgabe im Format DIN A 4, ein Vielkanalanalysator mit Plotter, ein Si-Oberflächensperrschichtzähler für α -Spektroskopie und 24 Reparaturaufträge. Auch die Beschaffung und Lagerhaltung des gesamten Verbrauchsmaterials der Abteilung HS/Ü wie Aerosolfilter, Wischtestpapier, Schreiberpapier, Strahlenschutzaukleber usw. wird vom Meßlabor getätigt.

Nuklid	Beschleuniger und Reaktor	Einrichtungen mit hoher Aktivität	Einrichtungen mit niedriger Aktivität	HDB	Summe
Am-241 und/oder Pu-238	4	2	1	10	17
Pu-239 und/oder Pu-240	4	1	1	9	15
U-234 und/oder Np-237	1	-	3	-	4
Cm-243 und/oder Cm-244	-	-	-	3	3
U-235	-	-	3	-	3
Cm-243 und/oder Cm-244	-	1	-	1	2
Th-232 + Folgepro- dukte	2	-	-	-	2
Uran nat.	-	1	-	-	1

Tab. 4/7: Häufigkeitsverteilung der α -spektroskopisch identifizierten Radionuklide

4.5 Transporte radioaktiver Stoffe unter Verantwortung der KfK GmbH

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 Transportgenehmigungen 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.

Im Jahre 1984 wurden 250 (1983: 184) Transporte radioaktiver Stoffe auf öffentlichen Straßen durchgeführt. Die Transporte sind in Tab. 4/8 nach Aktivitätsinventar und Hauptziel- bzw. Ursprungsgruppen aufgeführt.

Transporte								
Aktivitätsinventar A				durch AV/FD			durch LAF II von und zu fremden KKW	sonstige Transporte
A < 0,37GBq und Leerbehälter	0,37GBq < A < 37GBq	37GBq < A < 3,7TBq	A > 3,7TBq	vom und zum Hbf Karlsruhe	vom und zum TRIGA Heidelberg	von und zu sonstigen Adressen		
160 (132)	21 (38)	60 (18)	1(0)	1 (7)	164 (78)	14 (7)	70 (89)	1 (3)

Tab. 4/8: Aktivitätsinventar und Wege der unter KfK-Verantwortung auf öffentlichen Wegen durchgeführten Transporte radioaktiver Stoffe. Die Vorjahreszahlen sind in () angegeben.

Der Transport radioaktiver Stoffe vom und zum Hbf Karlsruhe nahm weiter ab, die Transporte vom und zum TRIGA Heidelberg nahmen weiter stark zu. Hier spiegelt sich die Notwendigkeit der Beschaffung kurzlebiger Radioisotope im nächstgelegenen Forschungsreaktor wider. Der Verkehr zwischen TRIGA Heidelberg und KfK teilt sich annähernd hälftig auf in Leerguttransporte vom KfK zum TRIGA und Transporte der in Heidelberg beladenen Behälter zum KfK.

1984 wurden 2 (1983:3) Strahlenschutzbelehrungen für die bei Radionuklidtransporten eingesetzten Fahrer abgehalten. Ferner wurden sehr viele KfK-Mitarbeiter individuell beraten, die Transporte radioaktiver Stoffe vorzubereiten hatten. Zur besseren Einführung dieses Personenkreises in die Probleme, die sich bei der Vorbereitung von Radionuklidtransporten ergeben, wurde eine Reihe von Broschüren erarbeitet, von denen die erste Anfang 1985 in Druck gehen wird.

Im Frühjahr 1984 kamen zu diesen Aufgaben, die mit dem Transport radioaktiver Stoffe auf öffentlichen Straßen zusammenhängen, durch das Inkrafttreten der "Transportordnung des Kernforschungszentrums Karlsruhe für den internen Transport radioaktiver Stoffe" weitere Aufgaben hinzu. Dabei stellte sich heraus, daß in vielen Fällen die für den Transport zuständigen Mitarbeiter die hierzu erforderlichen Informationen erst auf bohrende Nachfragen zusammenstellten. Auch hier wird durch Erarbeitung eines geeigneten Fragebogens für den für den Transport verantwortlichen KfK-Mitarbeiter eine Vereinfachung der Entscheidungsfindung erhofft.

4.6 Kontrolle von wiederverwertbaren Reststoffen und Abfällen

H. Dilger

Im Berichtsjahr wurde die nach der Genehmigung der HDB mögliche Wiederverwertung von Reststoffen und die Abgabe von Abfällen in eine Verfahrensregelung umgesetzt und diese vom Sicherheitsbeauftragten in Kraft gesetzt.

Die Wiederverwertung ist möglich, wenn die spezifische Aktivität 74 Bq/g nicht überschreitet, und wenn die nichtfesthaftende Aktivität für α -Strahler $\leq 0,05$ Bq/cm² und für β -Strahler $\leq 0,5$ Bq/cm² ist. Außerdem muß die schadlose Verwertung im Sinne des AtG auch beim weiteren Verarbeitungsprozeß gewährleistet sein.

Von HS/Ü werden Kontaminationsmessungen an den zugänglichen Oberflächen durchgeführt. Bei nichtaktivierten Teilen bedeutet die Einhaltung der Grenzwerte für die Oberflächenaktivität bei üblichen Materialstärken auch die Einhaltung des Grenzwerts für die spezifische Aktivität. Bei aktivierten Teilen oder nicht zugänglichen Oberflächen wird eine γ -Aktivitätsmessung von Teilproben oder des gesamten Werkstückes notwendig. Die Messungen werden bei HS/R oder HS/D durchgeführt.

Die Beseitigung von radioaktiven Abfällen wie gewöhnliche Abfälle ist aufgrund der Genehmigung möglich, wenn die spezifische Aktivität das 10^{-4} fache der Freigrenzen je Gramm nicht überschreitet und wenn die nichtfesthaftende Aktivität für α -Strahler $\leq 0,05$ Bq/cm² und für β -Strahler $\leq 0,5$ Bq/cm² ist. Die Einhaltung der Oberflächengrenzwerte wird von HS/Ü überprüft; die spezifische γ -Aktivität wird an repräsentativen Proben bei HS/R gemessen. Bei homogenisierbaren Materialien werden die spezifischen α - und β -Aktivitäten an dünn-schichtigen Staubproben, die spezifische γ -Aktivität an Staubproben in Rundflaschen gemessen. Die künstliche Aktivität wird dabei durch einen Vergleich mit Nullproben ermittelt. Der organisatorische Ablauf erfolgt über die Abteilungsleitung von HS/Ü.

Im Jahre 1984 wurden 150 t Stahlschrott der Wiederverwertung zugeführt und 39 Vorgänge der Abgabe von Material aus Kontrollbereichen wie gewöhnlicher Abfall durchgeführt. Hierbei handelte es sich meistens um Bauschutt von Umbauarbeiten.

Weiterhin können gemäß einem Schreiben der Aufsichtsbehörde Filter, mit denen die Zuluft gereinigt wird, wie gewöhnlicher Abfall abgegeben werden, wenn die oben genannten Grenzwerte eingehalten werden. Zur organisatorischen Durchführung wurden die Räume, in denen die Zuluftfilter installiert sind, nach entsprechender Freigabe aus dem Kontrollbereich herausgenommen. Die Einhaltung der Grenzwerte wird durch die Strahlenschutzmitarbeiter überprüft. Auf diese Art wurden 1984 die Zuluftfilter einiger Einrichtungen abgegeben und damit Kosten für die Beseitigung als radioaktiver Abfall eingespart.

5. Radioökologie

L.A. König

Die Aufgabengebiete der Abteilung "Radioökologie" (HS/R) sind im Kap. 1 beschrieben. Im Kap. 5 sind Umfang bzw. Ergebnisse der Routineüberwachung (5.1; Abluft 5.1.1, Abwasser 5.1.2, Umgebung 5.1.3, spektrometrische Untersuchungen 5.1.4, radiochemische Untersuchungen 5.1.5) sowie Ergebnisse radioökologischer Forschungsarbeiten (5.2) zusammengefaßt. Die im folgenden berichteten Ergebnisse sind das Resultat der Zusammenarbeit der verschiedenen Gruppen von HS/R: Alle quantitativen γ -Messungen und ein großer Teil der α -spektrometrischen Messungen werden von der Gruppe "Spektrometrie" und im Abwasserlabor der Gruppe "Emissionsüberwachung" durchgeführt. Die quantitativen γ -spektrometrischen Langzeitmessungen wurden ausschließlich von der erstgenannten Gruppe übernommen. Die im Rahmen der Routineüberwachung notwendigen radiochemischen Analysen wurden von der Gruppe "Radiochemie" durchgeführt. Tritium im Rahmen von Überwachungsaufgaben sowie teilweise bei den radioökologischen Untersuchungen wurde von der Gruppe "Abwasserüberwachung" bestimmt. Weitere Tritiumuntersuchungen erfolgten durch die Gruppe "Biologie". Alle Dosimeterauswertungen, deren Ergebnisse im Kap. 5 berichtet werden, lagen in der Hand der Abteilung "Dosimetrie" (Leitung: Dipl.-Phys. E. Piesch) der Hauptabteilung Sicherheit (HS). Die Berichterstattung über die Ergebnisse der Überwachungs- und Forschungsprogramme erfolgt durch die federführenden Gruppen.

Folgende F+E-Arbeiten werden durchgeführt (in Klammern: HS/R-Gruppe(n), fördernde Institution außerhalb der KfK GmbH bzw. Projekteinbindung innerhalb der KfK GmbH):

- Tc-99-Emissionen aus kerntechnischen Anlagen (Radiochemie, BMI),
- Radioökologie von Pu, Am, Cm und Np (Radiochemie, PNS),
- Tritium- und C-14-Messungen in Abluftsystemen (Radiochemie, TT),
- Mikrobiologische Einflüsse auf die Mobilität von Radionukliden in Böden (Biologie, EG),
- Untersuchung von erkrankten Bäumen mit Tritium (Biologie, PEF),
- Vergleich von Meßergebnissen mit Berechnungen nach der Allgemeinen Berechnungsgrundlage am Beispiel von Tritium (Umgebungsüberwachung, Emissionsüberwachung, Biologie, BMI),
- Verhalten von gasförmigem Tritium in der Umgebung (Radiochemie, PKF).

Die Qualität der Messungen wird durch Teilnahme an Ringversuchen gewährleistet. 1984 nahm HS/R an folgenden Ringversuchen teil (in Klammern: koordinierende Institution):

- Bestimmung des Radionuklidgehaltes in Abwasser aus Kernkraftwerken (Bundesgesundheitsamt, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, D-1000 Berlin 33),
- Bestimmung des Radionuklidgehaltes in Roggenkleie (Bundesforschungsanstalt für Ernährung, D-7500 Karlsruhe 1),
- Schnellbestimmung von I-131 in Milch (Institut für Chemie und Physik der Bundesanstalt für Milchforschung, D-2300 Kiel 1) und
- Bestimmung von γ -Strahlern im Bereich der Nachweisgrenze (Bundesgesundheitsamt, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, D-1000 Berlin 33).

Wie auch in den vergangenen Jahren wurden Messungen für externe Auftraggeber gegen Verrechnung nach einer aufwandsbezogenen Gebährentabelle durchgeführt. 1984 wurden von den Mitarbeitern der Abteilung "Radioökologie" 27 Arbeiten veröffentlicht.

5.1 Berichte über Routineüberwachung

5.1.1 Abluft

O. Merk, S. Rinn

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.

Tab. 5/1 enthält die für den Abluftplan 1983 (für 1984 galt der Abluftplan 1983 mit einigen Grenzwertänderungen) zugrundeliegenden Definitionen der Nuklidgruppen. 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 aufgrund der kontinuierlichen Aerosolüberwachung oder der Bilanzierungsmessungen sich Hinweise darauf ergaben, daß die zulässigen Wochenwerte erreicht worden sein könnten, wurden nuklidspezifische Untersuchungen vorgenommen.

Gruppe	N u k l i d e
A	Beliebige Mischung von α -, β - und γ -Strahlern
B	Beliebige Mischung von β -, γ - und ($\beta+\gamma$)-Strahlern, wenn die α -Strahler sowie die Radioiodisotope, Pb-210, Ac-227, Ra-228, Pu-241, Am-242 und Cf-252 unberücksichtigt bleiben können ^{a), b), c), d)}
C	Radioaktive Edelgase und Radionuklide mit einer Halbwertszeit unterhalb 1 h
I	I-131-Äquivalent (siehe Tab. 5/3)

- a) H-3, C-14 und die Radioiodisotope werden gesondert erfaßt.
- b) Nach der Fußnote 2 zu den Tabn. IV2 und IV3 der Anlage IV der StrlSchV vom 13.10.1976 (BGBl. I, S. 2905) kann ein Nuklid unberücksichtigt bleiben, wenn sein Anteil an der Jahresaktivitätszufuhr nur einen vernachlässigbaren Bruchteil des Grenzwertes nach Tab. IV1 beträgt.
- c) Die Ableitungen an Sr-90 dürfen 1/10 des für Nuklidgruppe B zugelassenen Aktivitätswertes nicht überschreiten. Ausgenommen hiervon ist die WAK, für die die jährlichen Sr-90-Ableitungen auf $3,7 \cdot 10^9$ Bq begrenzt sind.
- d) Für WAK, Verbrennungsanlage-HDB, IHCh und TU werden die Ableitungen an Pu-241 auf maximal 10 % der in Nuklidgruppe B zugelassenen Aktivitätswerte beschränkt.

Tab. 5/1: Definition der Nuklidgruppen

In Tab. 5/2 wird eine Übersicht über die im Jahr 1984 von den einzelnen Anlagen des KfK abgeleiteten Aktivitäten gegeben. Bei den Jahressummen wurde in jenen Fällen, in denen zu einzelnen größeren Werten Werte unter der Nachweisgrenze zu addieren waren, die weniger als 20 % zur Gesamtsumme beitrugen, die <-Zeichen weggelassen. Auf die Wiedergabe der einzelnen Wochenwerte wurde verzichtet, jedoch ist angegeben, wieviele Überschreitungen von Wochenwerten es in den betreffenden Anlagen gegeben hat, wie hoch diese Überschreitungen waren und in welcher Woche sie sich ereigneten. Bei den Radioiodableitungen werden nicht nur die Ableitungen von einzelnen Radioiodisotopen angegeben, sondern auch in der mit I bezeichneten Spalte die Summe der I-131-Äquivalentwerte. Die Faktoren f_i , mit deren Hilfe die Ableitungen von Radioiodisotopen auf I-131-Äquivalent umgerechnet wurden, sind aus Tab. 5/3 ersichtlich. f_i ist durch die Beziehung

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

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. 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.

Massenzahl des Iodisotops i	f_i
123	5 900
124	2
125	1,4
126	0,6
129	0,264
130	2 050
131	1
132	1 220
133	63
134	2 900
135	16 000

Tab. 5/3: Umrechnungsfaktoren auf I-131-Äquivalent (Stand: Ende 1984)

In keinem Fall wurde der zulässige Jahreswert überschritten. Zum Vergleich werden Jahressummen für das Vorjahr wiederholt.

Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen		Tatsächliche Ableitungen Bq/a	Vorjahreswert der Ableitungen Bq/a	Wochenwertüber- schreitungen % (Woche)
	Bq/Woche	Bq/a			
IRCH, Geb. 321					
A	4,2 E+03	1,7 E+05	< 9,7 E+03	< 2,5 E+04	
B	2,3 E+06	9,2 E+07	< 1,3 E+05	< 7,5 E+04	
C	1,9 E+12	3,7 E+12	1,9 E+11	5,5 E+10	
I-131			< 2,0 E+06	< 1,4 E+06	
I	3,8 E+05	1,0 E+07	< 2,0 E+06	< 1,4 E+06	
H-3	4,7 E+11	1,8 E+12	< 1,2 E+10	< 9,1 E+09	
IRCH, Geb. 321 A					
A	9,3 E+02	3,7 E+04	< 2,4 E+03	< 3,3 E+03	
B	4,7 E+06	1,9 E+08	< 2,2 E+04	9,8 E+06	
C	2,8 E+12	1,4 E+13	1,7 E+12	2,7 E+12	
I-131			1,0 E+06	2,4 E+06	
I-132			-	6,0 E+06	
I-133			-	1,5 E+05	
I	1,4 E+07	3,8 E+08	1,0 E+06	2,4 E+06	
H-3	9,5 E+09	3,7 E+10	< 2,7 E+09	< 1,8 E+09	
IRCH, Geb. 341					
A	4,2 E+03	1,6 E+05	< 1,4 E+04	< 1,6 E+04	
B	2,3 E+06	9,2 E+07	< 1,2 E+05	< 1,2 E+05	
C	7,5 E+10	3,8 E+11	< 1,6 E+10	9,5 E+10	
I-131			< 2,5 E+06	< 3,5 E+06	
I	3,8 E+05	1,0 E+07	< 2,5 E+06	< 3,5 E+06	
H-3	1,4 E+12	5,6 E+12	< 1,7 E+10	3,3 E+10	
BFE, Geb. 324/325					
C-14	1,4 E+07	1,1 E+08	-	2,8 E+05	
KAZ, Geb. 351					
A			< 6,7 E+03	< 3,9 E+03	
B	1,4 E+06	5,6 E+07	1,7 E+07	5,5 E+06	152,4 (16)
C	1,9 E+11*	7,4 E+12*	4,9 E+12	1,3 E+11	11,2 (28)**
I-123			2,3 E+07	-	
I-131			< 4,7 E+05	< 6,0 E+04	
I	9,3 E+04	3,7 E+06	< 4,7 E+05	< 6,0 E+04	
KIZ, Geb. 351					
C	9,3 E+11	1,9 E+13	2,4 E+11	5,2 E+12	
KIZ, Geb. 351, Boxenabluft					
I-123			7,3 E+04	5,2 E+04	
I-124			1,5 E+04	2,9 E+04	
I-126			1,7 E+03	6,8 E+02	
I-131			< 1,7 E+04	< 1,8 E+03	
I	1,9 E+05	7,4 E+06	< 2,8 E+04	1,7 E+04	
LIT, Geb. 403					
A			< 1,7 E+03	< 1,7 E+03	
B	2,0 E+07	1,0 E+09	< 1,5 E+04	< 1,4 E+04	
LAF II, Geb. 415 A/B					
I-131 (elem.)	1,1 E+06	3,0 E+07	< 4,1 E+06	< 3,5 E+06	
I-131 (org.)	1,5 E+06	3,7 E+07	1,6 E+06	-	6,7 (21)
I			< 5,7 E+06	< 3,5 E+06	
INR, Geb. 420/3/53					
H-3	9,3 E+10	1,9 E+12	6,4 E+11	-	

*ab 19.07.1984: Grenzwerthöhung auf 1,0 E+13 Bq/Woche und 2,0 E+14 Bq/a
 **vor Grenzwerthöhung

Tab. 5/2: Ableitung radioaktiver Stoffe im Jahre 1984 aus dem KfK in die Atmosphäre

Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen		Tatsächliche Ableitungen Bq/a	Vorjahreswert der Ableitungen Bq/a	Wochenwertüber- schreitungen % (Woche)
	Bq/Woche	Bq/a			
SNEAK, Geb. 452					
A	2,8 E+05	7,4 E+06	< 2,5 E+04	< 2,8 E+04	
B	1,4 E+08	3,7 E+09	< 2,3 E+05	< 2,2 E+05	
C	2,8 E+11	7,4 E+12	< 2,7 E+07	< 2,5 E+07	
I-131			< 3,9 E+06	< 5,2 E+06	
I	2,8 E+06	1,1 E+08	< 3,9 E+06	< 5,2 E+06	
HDB, Geb. 534					
A	9,3 E+03	3,7 E+05	< 4,1 E+03	< 2,4 E+03	
B	9,3 E+06	3,7 E+08	< 3,7 E+04	< 2,1 E+04	
H-3	9,3 E+08	3,7 E+10	< 3,5 E+09	< 1,5 E+09	
HDB, Geb. 536					
A	7,4 E+06	7,4 E+07*	< 1,6 E+08	< 1,5 E+07	220,4 (4); 405,9 (5)
B	4,6 E+08	1,5 E+10	4,5 E+09	5,4 E+09	
I-125			3,4 E+07	7,0 E+06	
I-129			2,4 E+07	< 3,1 E+06	8,5 (29)
I-131			< 2,1 E+06	< 2,3 E+06	
I	3,7 E+07	3,7 E+08	1,2 E+08	< 1,9 E+07	19,8 (29)
H-3	9,3 E+11	3,7 E+13	1,6 E+11	1,1 E+12	
C-14	7,4 E+10	7,4 E+11	-	-	
HDB, Geb. 545/555					
A	3,7 E+04	1,1 E+06	< 2,9 E+04	< 4,7 E+04	
B	7,4 E+07	5,6 E+08	6,9 E+07	1,7 E+08	
I-125			-	5,5 E+05	
I-129			< 5,0 E+06	< 1,3 E+07	
I-131			< 2,0 E+06	< 4,4 E+06	
I	1,5 E+07	1,5 E+08	< 2,1 E+07	< 5,5 E+07	
H-3	2,8 E+11	3,7 E+12	1,1 E+11	1,5 E+11	
HDB, Geb. 548 Ost und INE, Geb. 547					
A	8,6 E+04**	1,5 E+06**	< 7,2 E+04		
B	3,7 E+07	3,7 E+08	5,4 E+05		
I-131			< 1,4 E+06		
I	1,9 E+05	7,4 E+06	< 1,4 E+06		
H-3	1,4 E+11	1,1 E+12	< 2,3 E+10		
HDB, Geb. 548 West					
A	7,4 E+04	9,3 E+05	< 2,2 E+04		
B	3,7 E+07	3,7 E+08	< 1,9 E+05		
I-131			< 3,3 E+06		
I	1,9 E+05	7,4 E+06	< 3,3 E+06		
H-3	1,4 E+11	1,1 E+12	< 2,0 E+10		
IMF III, Geb. 573/574					
A	3,7 E+04	1,1 E+06	< 1,2 E+04	< 1,4 E+04	
B			< 1,1 E+05	< 1,2 E+05	
RTB/FR2, Geb. 606-608					
A	2,8 E+05	1,1 E+07	< 2,3 E+04	< 2,4 E+04	
B	1,4 E+08	5,6 E+09	< 1,9 E+05	< 2,8 E+05	
I-131			< 1,3 E+06	< 1,5 E+06	
I	3,7 E+06	1,9 E+08	< 1,3 E+06	< 1,5 E+06	
H-3	1,9 E+11	7,4 E+12	2,9 E+11	1,2 E+12	

*ab 19.06.1984: Erhöhung des Jahresgrenzwertes auf 1,4 E+08 Bq/a

**Aufsummierung der Grenzwerte von HDB, 548 Ost und INE, 547

Tab. 5/2: Fortsetzung

Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen		Tatsächliche Ableitungen Bq/a	Vorjahreswert der Ableitungen Bq/a	Wochenwertüber- schreitungen % (Woche)
	Bq/Woche	Bq/a			
IT, Geb. 601/2					
A	1,5 E+05	3,3 E+06	< 1,2 E+04	< 1,2 E+04	
B	1,9 E+05	7,8 E+06	< 9,7 E+04	< 1,2 E+05	
C	9,3 E+09	4,4 E+11	-	< 1,9 E+00	
I-131			< 1,7 E+06	< 2,1 E+06	
I	1,4 E+05	5,6 E+06	< 1,7 E+06	< 2,1 E+06	
H-3	2,8 E+09	1,1 E+11	< 4,4 E+05	< 4,4 E+05	
IMF, Geb. 681					
A	1,9 E+04	5,9 E+05	< 1,7 E+04	< 2,1 E+04	
B			< 1,5 E+05	< 1,9 E+05	
KTB/HZ, Geb. 701					
A	9,3 E+05	3,0 E+07	< 2,3 E+04	< 2,1 E+04	
B	4,6 E+08	1,5 E+10	5,0 E+07	1,9 E+08	
C	4,6 E+12	3,7 E+13	6,8 E+10	9,5 E+11	
I-129			< 1,6 E+06	< 3,7 E+06	
I-131			< 2,4 E+06	< 2,4 E+06	
I	9,3 E+06	3,7 E+08	< 8,6 E+06	< 1,6 E+07	
H-3	3,7 E+11	7,4 E+11	< 3,3 E+10	< 2,3 E+10	
INE, Geb. 712					
A	7,4 E+05	3,0 E+07	< 1,9 E+04	< 1,3 E+04	
B	9,3 E+06	3,7 E+08	< 1,7 E+05	< 1,0 E+05	
IHCH, Geb. 721/24/26					
A	9,3 E+05	3,0 E+07	< 3,5 E+04	< 2,9 E+04	
B	1,9 E+08	3,7 E+09	< 2,9 E+05	< 2,4 E+05	
C	1,9 E+13	3,7 E+13	-	2,3 E+12	
I-129			< 9,1 E+06	< 1,4 E+07	
I-131			< 1,0 E+07	< 1,0 E+07	
I	3,7 E+07	3,7 E+08	< 4,5 E+07	< 6,4 E+07	
H-3	9,3 E+09	3,7 E+11	< 2,5 E+10	2,0 E+10	
IHCH, Geb. 725					
A	9,3 E+03	3,7 E+05	< 8,2 E+03	< 6,3 E+03	
B	9,3 E+06	3,7 E+08	< 7,0 E+04	< 5,5 E+04	
I-131			< 8,0 E+06	< 9,4 E+06	
I	9,3 E+04	3,7 E+06	< 8,0 E+06	< 9,4 E+06	
KBG/KNK, Geb. 741					
B	1,4 E+08	5,6 E+09	8,73 E+04	2,75 E+04	
C	9,3 E+12	1,5 E+14	2,54 E+12	1,45 E+12	
TU, Geb. 806					
A	3,7 E+04	1,1 E+06	2,7 E+03	1,7 E+03	
B	1,9 E+07	3,7 E+08	1,4 E+05	9,2 E+04	
KBG/MZFR, Geb. 901					
A	2,8 E+05	1,1 E+07	1,97 E+04	1,95 E+04	
B	1,4 E+08	5,6 E+09	6,36 E+05	1,05 E+06	
Sr-89	1,4 E+07	5,6 E+08	2,53 E+05	3,6 E+05	
Sr-90	1,4 E+07	5,6 E+08	-	5,7 E+03	
C	3,7 E+12	1,1 E+14	4,65 E+12	2,75 E+13	
I-131			4,14 E+07	5,05 E+07	
I	4,6 E+07	1,9 E+09	4,14 E+07	5,05 E+07	
H-3	7,4 E+12	1,1 E+14	4,21 E+13	5,1 E+13	
C-14	3,7 E+10	9,3 E+11	9,50 E+09	5,0 E+10	

Tab. 5/2: Fortsetzung

Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen		Tatsächliche Ableitungen Bq/a	Vorjahreswert der Ableitungen Bq/a	Wochenwertüber- schreitungen % (Woche)
	Bq/Woche	Bq/a			
WAK/LAVA, Geb. 1501/31/2					
A	1,9 E+07	3,7 E+08	2,62 E+07	3,83 E+07	
B	4,8 E+09	7,4 E+10	8,36 E+08	1,52 E+09	
Sr-90	4,8 E+08	3,7 E+09	3,98 E+07	1,48 E+08	
I-129	7,42 E+07	3,7 E+08	7,42 E+07	5,37 E+07	
I-131			3,41 E+07	8,79 E+06	
I	3,7 E+07	1,4 E+09	3,15 E+08	2,12 E+08	
H-3	1,9 E+12	3,7 E+13	5,03 E+12	5,11 E+12	
C-14	1,86 E+10	3,7 E+11	1,09 E+11	1,65 E+11	
Kr-85	4,4 E+14	9,3 E+15	1,16 E+15	2,79 E+15	

Tab. 5/2: Fortsetzung

Im Jahresbericht 1983 (KfK-3636) waren die Ableitungswerte von HDB, 538 Ost/West zusammengefaßt und von INE, 547 separat berichtet worden. Da jedoch HDB, 548 Ost zusammen mit INE, 547 über einen gemeinsamen Abluftkamin verfügt, wurde auch eine gemeinsame Abluftüberwachungsstelle eingerichtet. Die Grenzwerte für die Aktivität der Gruppe "A" wurden entsprechend aufsummiert. Das Geb. "548 West" hat einen eigenen von "548 Ost" getrennten Abluftkamin und wird auch separat überwacht; die Grenzwerte wurden aus dem Abluftplan 1983 übernommen. Die Ableitungswerte für 1984 wurden entsprechend der neuen Aufgliederung eingetragen und sind somit nicht mit den Ableitungswerten von 1983 zu vergleichen. Deshalb ist bei den o. g. Anlagen die Spalte "Vorjahreswert" freigelassen worden.

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

Nuklid	A	B	C	I	H-3	C-14	Kr-85
Ableitung in Bq/a							
1984	< 1,9 E+08	5,5 E+09	1,4 E+13	5,8 E+08	4,8 E+13	1,2 E+11	1,2 E+15
1983	< 5,4 E+07	7,4 E+09	4,0 E+13	< 4,5 E+08	5,9 E+13	2,2 E+11	2,8 E+15

Tab. 5/4: Gesamtableitungen aus dem KfK in die Atmosphäre in den Jahren 1983 und 1984

5.1.2 Abwasser

K.-G. Langguth, K. Maurer

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 zusammen aus den Regenerierabwässern der Reaktoren (MZFR, KNK), aus den Chemieabwässern der verschiedenen Institute, Reaktoren, der Wiederaufbereitungsanlage 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).

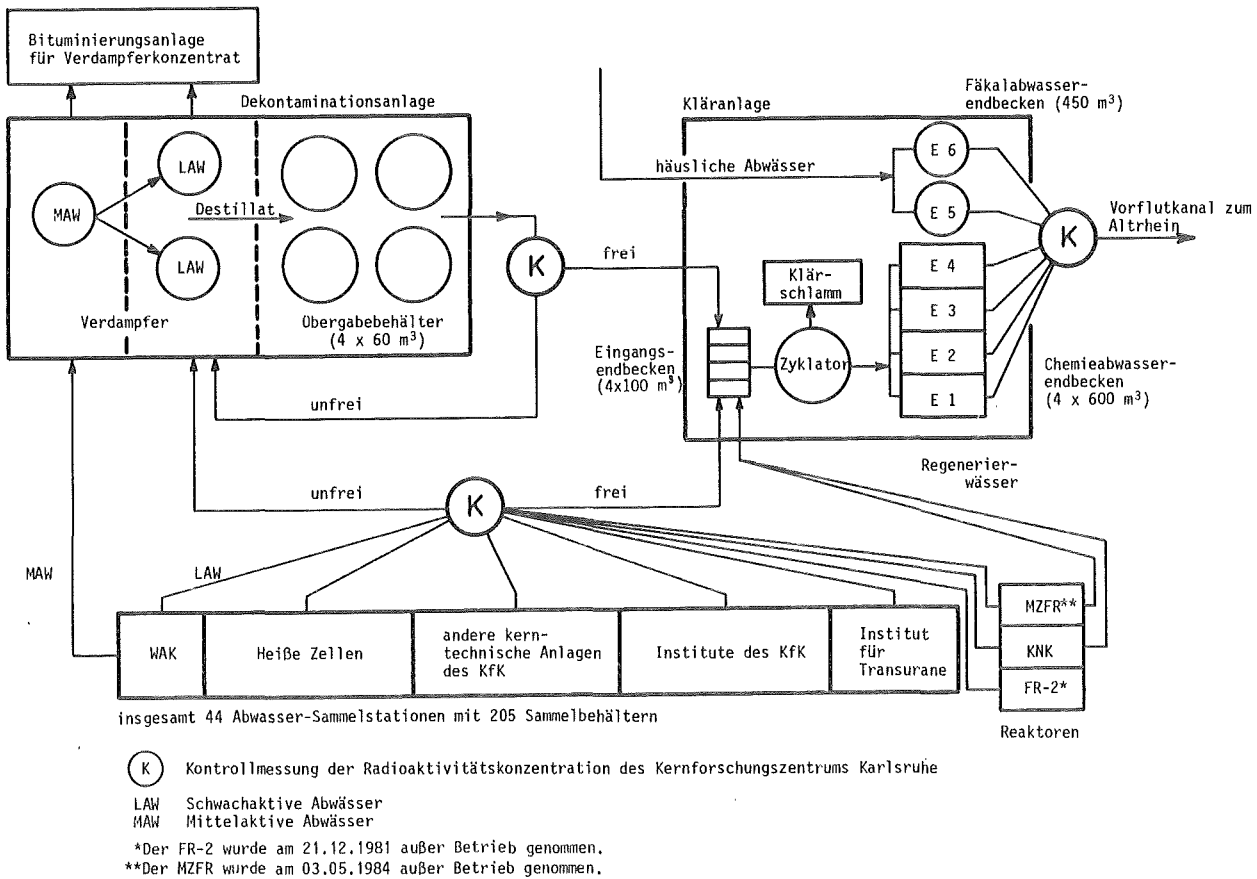


Abb. 5/1: Vereinfachtes Fließschema der Abwässer des KfK

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 Bituminierungs- oder in die Zementierungsanlage, wo sie in eine endlagerungsfähige Form überführt werden.

Schwachaktive Chemieabwässer, die sich aufgrund der Kontrollmessung als "frei" erwiesen haben, und die "freien" Destillate der Dekontaminationsanlage sowie die Regenerierabwässer gelangen über das Kanalisationsnetz von den Abwassersammelstationen direkt in die Eingangsbecken (s. Abb. 5/1) der Kläranlage und schließlich in die vier Endpufferbecken für Chemieabwässer mit je 600 m^3 Fassungsvermögen. Die häuslichen Abwässer werden in die zwei Endpufferbecken für Fäkalabwässer mit je 450 m^3 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. 5/5 gibt eine Übersicht über die Herkunft, Art und Anzahl der Proben, die 1984 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	9 396	9 396	9 396	3 028	310	2 129	610	24 869
- Endpufferbecken	576	576	576	576	0	576	222	2 526
- Endpufferbecken (Mischproben)	64	64	64	64	0	0	0	192
Schlamm aus Zyklator und Abwassersammelstationen	217	201	201	116	0	93	0	611
Wasserproben FR2 (Brauchwasserfilter und Absetzbecken)	109	109	109	109	0	109	0	436
Luftfeuchteproben zur Abluftüberwachung (FR2, Abwasser-, Gerätedekontaminations- und Verbrennungsanlage, IRCH, IHCH, HZ)	854	0	0	1 100	0	0	0	1 100
Sonderproben und Auftragsmessungen	6 075	3 326	3 326	3 038	118	1 097	547	11 452
Proben im Rahmen von radioökologischen Forschungsarbeiten	1 001	0	0	1 001	0	0	0	1 001
Summe 1984	18 292	13 672	13 672	9 032	428	4 004	1 379	42 187
Summe 1983	18 946	14 360	14 321	9 292	362	4 212	2 094	44 641

Tab. 5/5: Art und Anzahl der Proben sowie der 1984 durchgeführten Einzelmessungen

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

Abwassersammelstation des KfK	Nachgew. α-Aktivität		Nachgew. β-Aktivität ohne Tritium		Abwassermenge	
	MBq	%	MBq	%	m ³	%
Gerätedekontaminationsanlage	526 974	98,6	205 164	60,5	522	0,5
Heiße Zellen	249	< 0,1	77 870	23,0	2 807	2,9
KNK	76	< 0,1	22 542	6,6	115	0,1
MZFR	85	< 0,1	13 744	4,1	1 313	1,4
Verbrennungsanlage	5 677	1,1	13 528	4,0	622	0,7
Restl. Abwasserstationen	1 361	0,3	6 199	1,8	90 915	94,4
Summe 1984	534 422	100	339 047	100	96 294	100
Summe 1983	112 175	-	216 332	-	115 973	-

Tab. 5/6: Herkunft und Aktivitätsanteil der 1984 im KfK angefallenen schwachaktiven Abwässer

Die insgesamt aus dem KfK mit dem Abwasser abgeleitete Radioaktivität ist in Tab. 5/7 aufgeführt. Zum Vergleich sind wiederum die Vorjahreswerte angegeben.

Jahr		1984	1983
Aus dem KfK abgeleitete Abwassermenge in m ³		314 250	349 650
Anzahl der abgeleiteten Endbeckenfüllungen		576	634
Mit dem Abwasser abgeleitete nachgewiesene Aktivität* in MBq	α_{gesamt}	86	115
	β_{gesamt} (ohne Tritium)	1 690	2 134
	H-3	102·10 ⁶	127,8·10 ⁶
	Co-56	3,1	0
	Co-60	0	28,0
	Se-75	6,9	0
	Sr-89	51,5	17,6
	Sr-90	222,2	88,7
	Sb-125	19,7	13,7
	Cs-137	91,7	71,4
Pu-238	5,0	17,2	
Pu-239+240	5,9	27,2	
Am-241	0	37,0	

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

Tab. 5/7: 1983 und 1984 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 16 Jahren in den Vorfluter abgeleiteten Radioaktivität gibt Abb. 5/2.

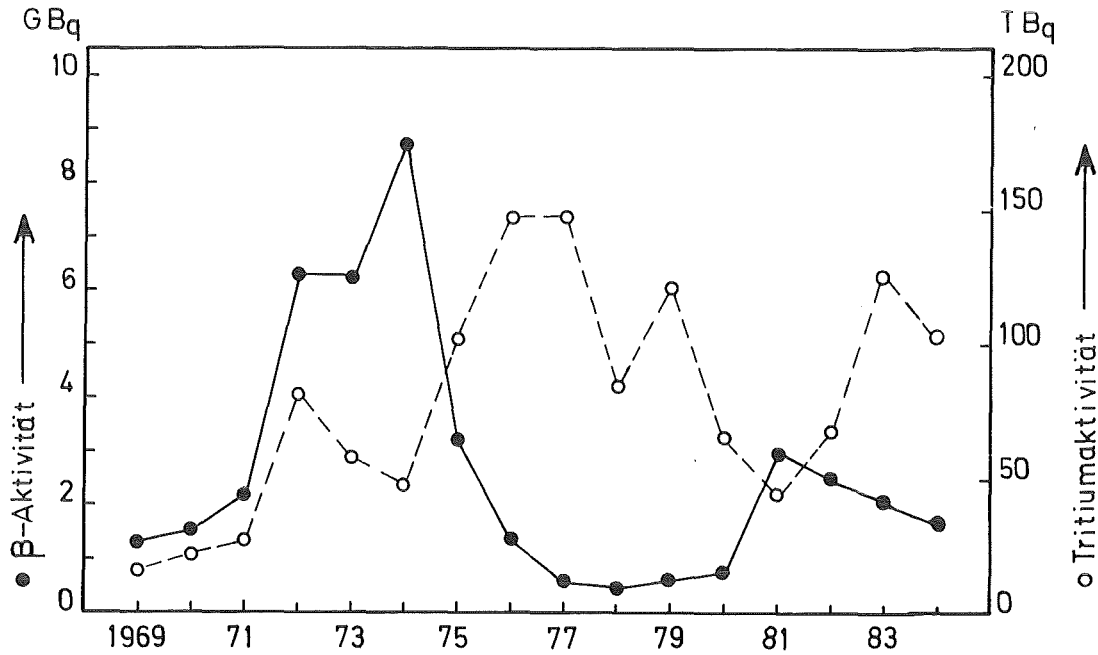


Abb. 5/2: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem KfK jährlich abgeleiteten β - und Tritiumaktivität seit 1969

5.1.3 Umgebung

D. Papadopoulos, R. Scharz

5.1.3.1 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 1984 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:

Direktmessung der Strahlung

- Zählrohraußenstationen
- Zählrohr-Monitor-Anlage
- Dosisleistungsmeßanlage
- Festkörper-Dosimeter

Radioaktivitätsmessungen

- Luft
- Niederschlag
- Wasser
- Oberflächenwasser
- Grund- und Trinkwasser
- Biologisches Material
- Schlamm
- Seston
- Fisch
- Wasserpflanzen
- Bewuchs
- Landwirtschaftliche Produkte
- Boden

Meßfahrten des Störfallmeßprogramms

- Luft
- γ -Strahlung
- Aerosole
- Elementares Iod
- Bodenoberfläche

In dieser Gliederung werden die Meßergebnisse dargestellt.

Direktmessung der Strahlung

Zählrohraußenstationen

Die Monatsmittelwerte von 1984 der mit unabgeschirmten Zählrohren vom Typ BZ-120 bestückten sieben Außenstationen und der KfK-Station streuen insgesamt zwischen rund 7 ips und 9 ips. Die Jahresmittelwerte liegen enger beieinander. Der Gesamtmittelwert für 1984 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 μ Sv/h. Von den 14 Niederdosisleistungsmeßstellen mit einem Meßbereich von 0,1 μ 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 sechs Überschreitungen der eingesetzten Warnschwelle von 10 μ Sv/h an der Meßstelle Nr. 5 beobachtet. Die Überschreitungen dauerten maximal 10 min, die Dosisleistung lag max. bei 42 μ 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 1984 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 1984 keine Meßwerte registriert. An den übrigen vier Meßstellen der ($\beta+\gamma$)-Niederdosisleistung (BZ-120-Zählrohre, Fa. Berthold, Wildbad) wurden 29 Überschreitungen der eingestellten Warnschwellen von 67 ips beobachtet. Alle Überschreitungen wurden durch Röntgenarbeiten, Brennelementauflösungen oder -transporte verursacht.

Dosisleistungsmeßanlage

An den beiden Meßhütten "Nordost" und "West" wurde keine Überschreitung der eingestellten Dosisleistungsschwelle von 0,2 μ 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 Durchmessern 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/cm² 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 1983 bis November 1984 ergaben sich für die auflagebedingten Meßstellen die in Tab. 5/8 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	0,61	0,57	0,69
Betriebsgeländegrenze der WAK	5	0,62	0,57	0,67
Unmittelbare Umgebung des Zwischenlagers der LAW-Endabfälle, Geb. 519 und 526	8	0,87	0,68	1,27
Zählrohrstationen (benachbarte Orte des KfK)	8	0,66	0,61	0,71
Meßstellen um das KfK mit 4 km Durchmesser	36	0,60	0,52	0,66
Meßstellen um das KfK mit 6 km Durchmesser	54	0,61	0,53	0,91

Tab. 5/8: Mittelwerte und Streubereiche der mit Thermolumineszenzdosimetern gemessenen Dosiswerte für die Periode November 1983 bis November 1984

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 1984 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. 5/9 gibt die Ergebnisse wieder. Es wurden nur diejenigen Nuklide berücksichtigt, deren Konzentration mindestens einen Monat über der Nachweisgrenze lag.

Nuklid	Maximale spezifische Aktivität in $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$		
	Meßhütte "Nordost"	Meßhütte "West"	Meßhütte "Forsthaus"
Be-7	3 600	3 100	2 700
Cs-137	200	56	150
Pu-238	1,55	1,70	1,44
Pu-239+240	0,37	0,70	0,85

Tab. 5/9: Maximale spezifische Aktivität der in der Umgebungsluft nachgewiesenen Einzelnuclide

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 Bq/l für die β -Gesamtaktivitätskonzentration vorgenommen. Dieser Grenzwert wurde 1984 nicht überschritten. Die Tritiumkonzentration im Niederschlag sowie die Flächenbelastung durch Niederschlag sind für die Meßhütten "Nordost", "West" und "Sammelstelle WAK" in Tab. 5/10 eingetragen. Die α - und Rest- β -Aktivitätskonzentrationen der Monatsproben lagen im allgemeinen unter der Nachweisgrenze. Die höchsten Meßwerte lagen bei 0,22 Bq α -Aktivität/l und 0,33 Bq Rest- β -Aktivität/l.

Probenahmezeitraum	Tritiumaktivitätskonzentration $a_{\text{H-3}}$ in Bq/l und Flächenbelastung $f_{\text{H-3}}$ in kBq/m^2 an der Probenahmestelle					
	Meßhütte "Nordost"		Meßhütte "West"		"Sammelstelle WAK"	
	$a_{\text{H-3}}$	$f_{\text{H-3}}$	$a_{\text{H-3}}$	$f_{\text{H-3}}$	$a_{\text{H-3}}$	$f_{\text{H-3}}$
Januar	24	2,1	< 6	< 0,5	49	4,6
Februar	33	2,2	< 8	< 0,6	211	15,4
März	19	0,3	9	0,2	72	1,2
April	30	1,3	12	0,5	14	0,7
Mai	21	2,0	37	3,5	19	1,9
Juni	10	0,6	8	0,5	16	1,2
Juli	22	1,6	12	0,8	33	2,3
August	27	1,0	10	0,4	17	0,7
September	25	2,6	8	0,9	22	2,6
Oktober	9	0,4	< 7	< 0,3	35	1,5
November	< 6	< 0,3	< 6	< 0,4	17	0,9
Dezember	< 6	< 0,2	< 6	< 0,2	52	1,6

Tab. 5/10: H-3-Aktivitätskonzentration im Niederschlag und Flächenbelastung durch Niederschlag

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. $3 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$) 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 23 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. 5/11 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 1984	< 34	10 350
2. Quartal 1984	57	8 430
3. Quartal 1984	< 34	1 430
4. Quartal 1984	< 51	590

Tab. 5/11: 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 26 Bq/l im 2. Quartal im Schluckbrunnen 1 des KfK ca. 500 m westlich der WAK, maximaler Wert der Referenzstelle 11 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 Probenmaterialien werden auf ihren Gehalt an langlebiger α - und β -Aktivität untersucht. Für die meisten Proben wird die spezifische Aktivität von Einzelnucliden durch γ -Spektrometrie ermittelt. An einer Anzahl von Proben werden außerdem radiochemische Analysen zur Bestimmung ihres Strontium- und Plutoniumgehaltes durchgeführt.

Schlamm

Probenahmestelle Hirschkanal

Die Überwachung der Radioaktivität des Schlammes im Hirschkanal erfolgt anhand von wöchentlich geschöpften Stichproben (s. Tab. 5/12). 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. 5/13.

Probenahmehdatum 1984	spez. Aktivität a in Bq/g TS		Probenahmehdatum 1984	spez. Aktivität a in Bq/g TS	
	a_α	a_β		a_α	a_β
03.01.	0,19	1,5	03.07.	0,44	2,1
10.01.	0,23	1,1	10.07.	0,39	1,6
17.01.	0,26	1,4	17.07.	0,43	1,6
24.01.	0,32	1,3	24.07.	0,54	1,8
31.01.	0,43	1,7	31.07.	0,55	1,7
07.02.	0,34	1,6	07.08.	0,32	1,6
14.02.	0,21	1,2	14.08.	0,31	1,5
21.02.	0,32	1,4	21.08.	0,12	0,92
28.02.	0,15	1,3	28.08.	0,35	1,5
06.03.	0,34	1,6	04.09.	0,39	1,5
13.03.	0,45	2,1	11.09.	0,31	1,4
20.03.	0,27	1,5	18.09.	0,44	1,9
27.03.	0,43	1,7	25.09.	0,41	1,7
03.04.	0,27	1,5	02.10.	0,26	1,4
10.04.	0,12	1,0	09.10.	0,26	1,2
17.04.	0,11	0,85	16.10.	0,34	1,7
24.04.	0,38	1,6	23.10.	0,27	1,3
30.04.	0,41	1,4	30.10.	0,19	1,0
08.05.	0,15	1,0	06.11.	0,15	0,71
15.05.	0,15	1,2	13.11.	0,18	1,2
22.05.	0,25	1,2	20.11.	0,15	1,1
29.05.	0,24	1,4	27.11.	0,065	1,1
05.06.	0,41	1,8	04.12.	0,24	1,3
12.06.	0,46	1,7	11.12.	0,24	1,2
19.06.	0,28	1,8	18.12.	0,34	1,4
26.06.	0,35	1,7			

Tab. 5/12: Langlebige spezifische α - und β -Bruttoaktivität im Schlamm, Probenahme Hirschkanal (nahe NO-Ecke des KfK)

Nuklid	Maximale spezifische Aktivität in mBq/g TS
Be-7	200
K-40	520
Co-60	83
Ru-106/Rh-106	58
Sb-125	25
Cs-134	41
Cs-137	1 050
Ce-144	28
Am-241	110

Tab. 5/13: Maximale spezifische Aktivität von Einzelnucliden, die in den wöchentlichen Schlammproben durch γ -Spektrometrie nachgewiesen wurden. Probenahmestelle Hirschkanal (nahe NO-Ecke des KfK)

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. 5/14). 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 1984 einmal der Fall (Probenahmedatum: 17.04.1984, γ -spektrometrisch wurden Spuren der künstlichen Radionuklide Cs-134 und Cs-137 nachgewiesen). In Tab. 5/14 werden zusätzlich die vierteljährlich gemessenen Werte für Pu-238 und Pu-239+240 in Schlamm angegeben.

1984	spezifische Aktivität a			
	a_α in Bq/g TS	a_β	$a_{\text{Pu-239+240}}$ in mBq/g TS	$a_{\text{Pu-238}}$
Januar	0,12	0,64		
Februar	0,075	0,44	0,33	0,22
März	0,13	0,67		
April	0,11	1,4		
Mai	0,17	0,68	1,1	0,74
Juni	0,11	0,79		
Juli	0,087	0,65		
August	0,14	0,83	0,89	0,74
September	0,072	0,62		
Oktober	0,059	0,77		
November	0,061	0,64	0,093	0,089
Dezember	0,20	0,75		

Tab. 5/14: Langlebige spezifische α -, β - und Pu-Aktivität im Schlamm. Probenahmestelle Altrhein unterhalb der Abwassereinleitung

Probenahmestelle oberhalb der Abwassereinleitung als Referenzstelle

Die halbjährlichen Probenahmen erfolgten im März und September 1984 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. 5/15.

1984	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	0,54	1,0	3,4	2,3
2. Quartal	0,48	1,0	3,4	2,6
3. Quartal	0,39	2,0	17,8	14,5
4. Quartal	0,48	1,3	9,4	7,8

Tab. 5/15: 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 1984 wurden in Tab. 5/16 zusammengefaßt.

Wasserpflanzen

Die Ergebnisse der halbjährlich durchgeführten Überwachung des Aktivitätsgehaltes von Wasserpflanzen aus dem Altrhein werden ebenfalls in Tab. 5/16 eingetragen.

Nuklid oder Art der Aktivität	Spezifische Aktivität in mBq/g FS			
	1. Halbjahr 1984		2. Halbjahr 1984	
	Brachse	Hecht + Barsch	Brachse	Hecht + Barsch
Rest- β	< 37	< 35	< 28	kein Raubfischfang
K-40	90	85	65	
Sr-90	0,044	< 0,014	20	
Cs-137	0,98	1,5	0,53	
	Schilf	Sumpfschilf	Schilf	Sumpfschilf
Rest- β	< 340	< 340	< 170	< 290
K-40	650	220	350	-
Co-60	0,73	1,8	< 0,62	< 1,8
Se-75	-	-	-	1,1
Cs-137	2,7	8,5	0,57	5,4
Be-7	< 4,7	78	69	40

Tab. 5/16: Nachgewiesene spezifische Aktivitäten in Fischen und Wasserpflanzen aus dem Altrhein unterhalb der Abwassereinleitungsstelle

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. 5/17).

Nuklid	spezifische Aktivität in mBq/g TS					
	1. Halbjahr 1984			2. Halbjahr 1984		
	1. Hauptausbreitungssektor	2. Hauptausbreitungssektor	Grötzingen (Referenzstelle)	1. Hauptausbreitungssektor	2. Hauptausbreitungssektor	Grötzingen (Referenzstelle)
Rest- β	< 400	< 300	< 340	< 250	< 245	< 345
K-40	980	780	840	600	600	850
Cs-137	-	1,1	-	1,7	-	-
Be-7	51	14	13	210	78	155

Tab. 5/17: Langlebige spezifische Rest- β - und K-40-Aktivität sowie durch γ -Spektrometrie ermittelte spezifische Aktivität von Einzelnucliden in Bewuchs

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. 5/18).

Nuklid	spezifische Aktivität in Bq/g FS					
	1. Hauptausbreitungssektor			2. Hauptausbreitungssektor		
	Weizen	Salat	Spargel	Weizen	Salat	Spargel
Rest- β	43	< 16	< 16	< 48	< 21	< 17
K-40	80	30	38	120	51	44
Be-7	1,6	1,2	-	2,0	1,6	-

Tab. 5/18: Langlebige spezifische Rest- β - und K-40-Aktivität sowie durch γ -Spektrometrie ermittelte spezifische Aktivität von Radionucliden in pflanzlichen Nahrungsmitteln.

Boden

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

Von den jährlichen Proben aus den beiden Hauptausbreitungssektoren innerhalb des KfK-Überwachungsbereiches werden die spezifische α - und β -Gesamtaktivität und durch γ -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 1984 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. 5/19 eingetragen. Die Meßwerte für die Bodenproben vom Betriebsgelände liegen im Bereich derer der Umgebungsproben.

Nuklid	spezifische Aktivität in Bq/kg TS				
	Betrieblicher Überwachungsbereich		300 - 800 m vom WAK-Abluftkamin		Referenzstelle Durlach
	A	B	A	B	C
a_α	< 57	82	77	72	240
a_β	840	770	830	690	1 060
Cs-137	3,0	28	10	10	12
Sr-90	*	*	0,41	0,52	0,70
Pu-238	**	**	0,033	0,037	0,011
Pu-239+240	**	**	0,21	0,19	0,28

*Angabe, wenn $a_\beta > 1,9$ kBq/kg TS, **keine Angabe für den betrieblichen Überwachungsbereich

Tab. 5/19: 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)

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.

5.1.3.2 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 Rheinniederungskanaals (Messungen an Wasserproben).
- pH-Wertänderung, Verfärbung oder Trübung des Wassers in den Sandfängen (Messungen an Wasserproben).
- Leckage aus Tankwagen beim Transport von Beizwasser (Messungen an Beizwasserproben).

In der Regel lagen die Meßergebnisse unterhalb der Dosis- bzw. Aktivitätsgrenzwerte, die nach dem Routineprogramm als Grenzen für eine genauere Untersuchung (z. B. durch γ -Spektrometrie) festgelegt sind. Für Schlammproben aus den Sandfängen waren γ -spektroskopische Messungen erforderlich.

5.1.4 Spektrometrische Untersuchungen

H. Feßler, G. Grünheit, A. Radziwill

Die im Jahresbericht 1980 beschriebene Anlage wurde im Laufe des Jahres 1984 für Messungen einer Vielzahl unterschiedlicher Proben eingesetzt, die in Tab. 5/20 aufgeführt werden.

Meßgut	Meßmethode	Anzahl der Proben	eingesetzte Detektoren
Messungen für Emissionsüberwachung			
Abluftfilter aufgearbeitet	α -Spektrometrie auf Pu und Am/Cm	74	Si-Sperrschichtdetektoren
Endbeckenmischproben	γ -Spektrometrie α -Spektrometrie	64 13	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren
Aktivkohleproben (Abluftüberwachung)	γ -Spektrometrie γ - und Röntgenspektrometrie	1 440 537	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Planare Ge-Detektoren
Abluftfilter direkt gemessen	γ -Spektrometrie α + β -Brutto γ - und Röntgenspektrometrie	148 1 859 235	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Pseudokoinzidenzanlage Planare Ge-Detektoren
Abluftfilter Monats- und Quartalsmischproben	γ -Spektrometrie	34	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren
Messungen für Umgebungsüberwachung			
Aerosol- und Iodfilter aus Meßhütten	γ -Spektrometrie α -Spektrometrie	144 58	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren
Boden-, Schlamm- und biologische Proben	γ -Spektrometrie α -Spektrometrie	92 8	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren
Sonderproben	γ -Spektrometrie	2	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren
Messungen für Forschungsprogramme, Vergleichsmessungen usw.			
Proben für Forschungsprogramme, Sonderproben	γ -Spektrometrie γ - und Röntgenspektrometrie α -Spektrometrie	161 22 762	Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Planare Ge-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren

Tab. 5/20: Spektrometrische Messungen 1984

5.1.5 Radiochemie

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

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

Die Messung von Radionukliden im Low-level-Bereich erfolgt im Rahmen der routinemäßigen Umgebungsüberwachung des KfK und der WAK. Die hierbei erfaßten Radionuklide sind Pu-238, Pu-239+240, Pu-241, Sr-90, Sr-89 und K-40. Bestimmt werden die angegebenen Radionuklide in diversen Probenmaterialien wie Boden, Pflanzen, Luftstaubfiltern, Sedimenten und Fischen. Zu den radiochemischen Bestimmungen in Abwasser und Abluft gehören monatliche Mischproben aus dem Endpufferbecken der Abwasserbehandlungsanlage des KfK sowie monatliche Abluftfilter der Verbrennungsanlage und der WAK. An Methoden zur routinemäßigen Erfassung von gasförmigem H-3 und von C-14 in der Abluft und Umgebungsluft wird im Rahmen eines TT-Programmes gearbeitet.

An Auftragsarbeiten für kerntechnische Anlagen wurden von der Gruppe "Radiochemie" wieder zahlreiche Analysen durchgeführt:

- Sr-90-/Sr-89-Bestimmungen sowie α -Bruttomessungen in Wasserproben der Kernkraftwerke GKN und KWO
- KWO-Primärwasseranalyse auf Pu, Am und Cm
- K-40 und α/β -Bruttomessungen in Niederschlags- und Grundwasserproben aus der Umgebung des KKW Gundremmingen
- Monatliche α/β -Bruttomessungen an Aerosolfiltern der Uranerzgrube Großschloppen.
- Pu-/U-Analysen im Schwerwasser des MZFR
- Nuklidspezifische Aerosolfilteranalysen von Kernkraftwerken im Auftrag der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik
- Umfangreiche HTO-Messungen und Pu-Analysen im Klärschlamm der HDB

Im Rahmen einer Untersuchung zum Verhalten von Ra-226 und Pb-210 in der Umwelt erfolgten umfangreiche Analysen an Boden-, Pflanzen-, Wasser- und Fischproben. Eine Optimierung der Aufschlußverfahren, der Probemengen und Präparation für die Uran-, Thorium-, Pb-210-, Ra-226 und Po-210-Analytik konnte mit Erfolg beendet werden. Diese Verfahren sollen zukünftig auch bei der Altersbestimmung Verwendung finden. Umfangreiche Kalibrierungen für eine praktisch trägerfreie Variante zur Ra-Analytik wurden weitgehend abgeschlossen. Die Kalibrierungen wurden mit IAEA-Standards durchgeführt.

Im Rahmen des Gewächshausprogrammes wurden aktive Experimente fortgesetzt. Unter Ausschluß von Umweltaktivität der Luft wurden für die wichtigsten Nahrungsmittel in verschiedenen landestypischen Böden die Transferfaktoren Boden/Pflanze der Transurane Pu, Am, Cm und Np sowie deren Sorptionsverhalten bestimmt. Ergänzend wurden die Transferfaktoren für zahlreiche Metalle und deren Einfluß auf das Wachstum der Pflanzen ermittelt. Erste Ergebnisse hierzu liegen vor. Ein weiterer Bestandteil der experimentellen Untersuchungen war die Regenwurmtätigkeit und deren Einfluß auf Transportvorgänge in Böden. Hierzu wurden Regenwürmer der umgebenden Böden und deren Auswurf analysiert. Die Mobilität bzw. das Rückhaltevermögen verschiedener Bodenarten in Erdzylindern für H-3, Tc, Pu, Am, Cm und Np wurden gemessen. Die Effektivität der verwendeten Methoden zur Kontamination der Erdzylinder wurde getestet. Für den inaktiven Teil der Gewächshausanalytik werden ein Atomemissionsspektrometer mit plasmainduzierter Anregung sowie ein

Atomabsorptionsspektrometer eingesetzt. Hierfür wurden spezielle Meßprogramme für ca. 45 Elemente entwickelt. Verschiedene Aufschlußmethoden für Pflanzen und Bodenproben wurden optimiert. Ein Forschungsprogramm für Tc-99 in Abwasser und Abluft wurde abgeschlossen.

In Tab. 5/21 werden nachfolgend die wichtigsten Arbeiten aufgelistet.

Durchgeführte Arbeiten	Art der Arbeiten	Anzahl
Routinearbeiten		
Umgebungsüberwachung	Pu-238-, Pu-239+240-Analysen Sr-89-, Sr-90-Analysen K-40-Analysen $\alpha+\beta$ -Bruttomessungen HTO-Messungen Pu-241-Messungen	11 3 158 404 99 51
Abwasserüberwachung	$\alpha+\beta$ -Bruttomessungen Pu-238-, Pu-239+240-Analysen Sr-89-, Sr-90-Analysen K-40-Analysen Pu-241-Messungen	4 12 59 12 24
Abluftüberwachung	HTO-Patronen Pu-238-, Pu-239+240-Analysen Sr-89-, Sr-90-Analysen Am-, Cm-Analysen Pu-241-Messungen	884 21 8 19 56
Vergleichsproben und Präparation	Pu-236, Pu-239+240, Sr-90, Ra-226, Am-241, Am-243, Cm-244, Np-237, I-131, K-40, $\alpha+\beta$ -Bruttomessungen, U/Th-Standard	45
Forschungs- und Entwicklungsarbeiten		
Probenvorbereitung und Installationen	Probenahmen Probenaufbereitung (trocknen, veraschen, wiegen, mahlen, sieben) Eindampfen > 10 l Installation von Probenahmeeinrichtungen	160 120 40 8
Radioökologie von Pu, Am, Cm, Np	Pu-238, Am, Cm und Np in Pflanzenproben	250
Radioökologie von Ra-226, Pb-210, U, Th	Ra-226 in Umweltproben Pb-210 in Umweltproben U in Umweltproben Th in Umweltproben	17 17 18 15
Forschungsvorhaben Gewächshaus	Ernteproben, aktiv Ernteproben, inaktiv Probenahme Regenwurmsäulen Probenahme Regenwürmer HTO-Messungen Erdsäulen Probenahme Gras (Schwermetalle) K-40-Analysen Aerosolfilteranalysen	584 125 508 271 950 1 044 960 24
Spurenanalytik	Probenaufschlüsse, Extraktionen Einzelelementbestimmungen mit ICP Einzelelementbestimmungen mit AAS Vergleichsmessungen, Kalibrierungen	4 000 30 000 2 500 1 500
Radiochemische Entwicklungsarbeiten	Ra-226-Analytik U-, Th-Analytik Tc-Analytik	30 15 508

Tab. 5/21: Routine- und Forschungsarbeiten der Gruppe "Radiochemie"

5.2 Ergebnisse radioökologischer Forschungsarbeiten

5.2.1 Die Radioökologie des Tritiums

5.2.1.1 Tritiumkonzentrationen in pflanzlichen Nahrungsmitteln aus den Hauptausbreitungssektoren

S. Strack, S. Schulte, G. Pagliosa

1984 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 Gefriertrocknung verfügbar ist (HTO), und in der organischen Trockensubstanz (OBT), indem die Tritiumaktivität nach Plasmaveraschung der wasserfreien Proben im Oxidationswasser bestimmt wurde. Die Konzentrationen werden also in beiden Fällen in mBq/ml angegeben. Die Ergebnisse für den 1. Hauptausbreitungssektor (Raum Friedrichstal) und für den 2. Hauptausbreitungssektor (Raum Eggenstein-Leopoldshafen) sind in Tab. 5/22 zusammengestellt.

Pflanzliche Nahrungsmittel	1. Hauptausbreitungssektor (Raum Friedrichstal)				2. Hauptausbreitungssektor (Raum Eggenstein-Leopoldshafen)			
	Probenahmedatum 1984	Wassergehalt in %	H-3-Konzentration in mBq/ml		Probenahmedatum 1984	Wassergehalt in %	H-3-Konzentration in mBq/ml	
			HTO	OBT			HTO	OBT
Getreide:								
- Roggen (Körner)	08.08.	11	13±5	23±6	09.08.	11	9±5	15±5
- Weizen (Körner)	09.08.	11	11±5	23±5	06.08.	10	10±5	14±5
- Mais (Körner)	13.09.	52	13±5	16±5	31.10.	29	18±5	22±5
Blattgemüse:								
- Kopfsalat	27.06.	95	8±5	16±6	04.07.	93	<NWG	34±6
- Feldsalat	30.10.	88	22±5	39±6	20.11.	85	12±5	19±5
Kohlgemüse:								
- Weißkohl	27.06.	93	9±5	12±5	04.07.	93	8±5	16±5
- Rotkohl	30.10.	92	20±5	32±6	04.07.	92	8±5	33±6
- Wirsingkohl	30.10.	89	17±5	18±5	04.07.	93	8±5	8±5
- Kohlrabi	30.10.	89	15±5	82±7	04.07.	92	9±5	32±6
- Rosenkohl (Rosen)	30.10.	87	25±5	36±6	20.11.	83	13±5	14±5
Wurzel- und Knollengemüse:								
- Möhren	27.06.	89	14±5	12±5	04.07.	89	7±5	13±5
- Rettiche	27.06.	94	<NWG	-	04.07.	95	6±5	18±5
- Rote Rüben	13.09.	85	10±5	14±5	13.09.	86	7±5	9±5
- Kartoffeln	13.09.	80	10±5	20±5	13.09.	77	9±5	17±5
Ausdauernde Gemüse:								
- Spargel	23.05	91	14±5	18±5	29.05.	90	7±5	28±6
Obst:								
- Erdbeeren	27.06.	91	11±5	15±5	04.07.	91	6±5	22±6
- Äpfel	13.09.	83	12±5	24±5	13.09.	84	8±5	8±5
Medianwerte			13±5	19±5			8±5	17±5

Tab. 5/22: Tritiumkonzentrationen in pflanzlichen Nahrungsmitteln aus den beiden Hauptausbreitungssektoren in der Umgebung des KfK

Die gemessenen HTO-Konzentrationen sind im Vergleich zu der nach der Strahlenschutzverordnung zulässigen Tritiumkonzentration für Trinkwasser von 7 400 Bq/l niedrig. Sie liegen 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 13 ± 5 mBq/ml, aus dem Raum Eggenstein-Leopoldshafen bei 8 ± 5 mBq/ml. Bei dem Verfahren dieser Low-level-Tritiummessung wird bei einer Meßzeit von 100 Minuten eine Nachweisgrenze von 4,8 mBq/ml erreicht.

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 19 ± 5 bzw. 17 ± 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. Die Ergebnisse sind in Tab. 5/23 wiedergegeben. Die HTO-Konzentrationen in den Nahrungsmitteln zeigen in der Regel keine großen Abweichungen von den Tritiumkonzentrationen der gleichzeitig entnommenen Bodenproben.

Bodenproben, die mit folgenden pflanzlichen Nahrungsmitteln entnommen wurden:	1. Hauptausbreitungssektor (Raum Friedrichstal)		2. Hauptausbreitungssektor (Raum Eggenstein-Leopoldshafen)	
	Probenahmedatum 1984	Tritiumkonzentration der Bodenproben in mBq/ml	Probenahmedatum 1984	Tritiumkonzentration der Bodenproben in mBq/ml
- Mais (Körner)	13.09.	12 ± 5	31.10.	10 ± 5
- Kopfsalat	27.06.	14 ± 5	04.09.	9 ± 5
- Feldsalat	30.10.	14 ± 5	20.11.	15 ± 5
- Weißkohl	27.06.	23 ± 5	04.07.	9 ± 5
- Rotkohl	30.10.	18 ± 5	04.07.	9 ± 5
- Wirsingkohl	30.10.	18 ± 5	04.07.	9 ± 5
- Kohlrabi	30.10.	12 ± 5	04.07.	9 ± 5
- Rosenkohl (Rosen)	30.10.	14 ± 5	04.07.	9 ± 5
- Möhren	27.06.	8 ± 5	04.07.	9 ± 5
- Rettiche	27.06.	19 ± 5	04.07.	9 ± 5
- Rote Rüben	13.09.	11 ± 5	13.09.	$5,2 \pm 4,8$
- Kartoffeln	13.09.	11 ± 5	13.09.	$5,2 \pm 4,8$
- Spargel	23.05.	13 ± 5	29.05.	9 ± 5
- Erdbeeren	27.06.	22 ± 5	04.07.	$5,4 \pm 4,7$
- Äpfel	13.09.	12 ± 5	-	-

Tab. 5/23: Tritiumkonzentrationen in Bodenproben, die mit den pflanzlichen Nahrungsmitteln aus den beiden Hauptausbreitungssektoren in der Umgebung des KfK entnommen wurden

5.2.1.2 Radioökologische Untersuchungen in der Umgebung des Rheinniederungskanaals

S. Strack, S. Schulte, G. Pagliosa

Im Zusammenhang mit Tritiummessungen an verschiedenen Eigenwasserversorgungsbrunnen im Gebiet um den Rheinniederungskanal bei Hochstetten wurden in drei landwirtschaftlichen Betrieben verschiedene Proben entnommen und auf die Konzentrationen an HTO und OBT hin untersucht. Die Ergebnisse für verschiedene Gemüsesorten, wie sie in den Betrieben zur Eigenversorgung mehr gartenmäßig angebaut werden, sind in Tab. 5/24 zusammengestellt. Die Entnahme der Proben erfolgte

am 19. Juli und am 16. August 1984. Der Medianwert der HTO-Konzentrationen dieser Proben liegt bei 15 mBq/ml, der der OBT-Konzentrationen bei 25 mBq/ml. Die Werte für OBT streuen über einen Bereich von 16 bis 53 mBq/ml, ohne daß sich aus dieser Meßreihe eine besondere Tendenz hinsichtlich der verschiedenen Gemüsesorten erkennen läßt. Der Medianwert der Bodenkonzentrationen entspricht mit 15 mBq/ml dem der HTO-Konzentrationen in den Pflanzen.

Probenahme- datum 1984	Probenahme- ort	Pflanzliche Nahrungsmittel	Wasserge- halt in %	Tritiumkonzentration in mBq/ml		Tritiumkonzentra- tionen in den entsprechenden Bodenproben in mBq/ml
				freies Wasser (HTO)	Oxidationswas- ser aus TS (OBT)	
19.07.	A	Karotten	87	10+5	25+5	19+5
16.08.	A	Zwiebeln	82	27+5	28+5	22+5
16.08.	A	Rotkohl	89	11+5	29+20	18+6
16.08.	B	Zwiebeln	84	50+6	53+7	36+6
16.08.	C	Zwiebeln	86	30+5	19+5	11+5
16.08.	C	Sellerie, Knollen	86	10+5	16+5	11+5
16.08.	C	Sellerie, Blätter	85	10+5	25+5	11+5
16.08.	C	Rotkohl	90	18+5	22+5	11+5

Tab. 5/24: Tritiumkonzentrationen pflanzlicher Nahrungsmittel und gleichzeitig entnommener Bodenproben von verschiedenen landwirtschaftlichen Betrieben in der Nähe des Rheinniederungskanales

In Abb. 5/3 sind die Tritiumkonzentrationen der Proben graphisch dargestellt, die monatlich im Kuhstall des Betriebs A entnommen wurden. Die HTO-Konzentrationen der Milch liegen im Bereich von 32 % bis 68 % der HTO-Konzentration des Wassers in der Tränke bei einem Medianwert von 55 %. Bei der Streuung muß beachtet werden, daß die Kühe Wasser in unterschiedlicher Menge auch mit dem Grünfütter bzw. während der Wintermonate mit der Silage bekommen. Die OBT-Werte liegen in der Regel relativ dicht bei den HTO-Werten, lediglich einmal im Juni deutlich darunter, 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

Aus dem Altrhein bei Leopoldshafen, der für die Abwässer des KFK als Vorfluter dient, wurden im Bereich bis zu 1 000 m unterhalb der Einleitungsstelle mehrmals stichprobenartig Raub- und Friedfische gefangen bzw. Wasserpflanzen entnommen. Die Ergebnisse der HTO- und OBT-Messungen sind in Tab. 5/25 wiedergegeben. Die HTO-Konzentrationen der Fische sind im Vergleich zu den durchschnittlichen Tritiumkonzentrationen im Altrheinwasser von einigen Bq/ml recht niedrig. Dabei muß allerdings berücksichtigt werden, daß die Tritiumkonzentrationen an der Fangstelle extrem schwanken. Somit hängt die gemessene HTO-Konzentration sehr stark von dem Zeitpunkt der Probenentnahme und der dann gerade vorhandenen aktuellen HTO-Konzentration ab. Legt man die Medianwerte der Tritiumkonzentrationen bei den Fischproben zugrunde (HTO = 275 mBq/ml, OBT = 5 010 mBq/ml), so entspräche der Verzehr von 1,3 kg Fisch (Frischgewicht) entsprechend dem in den Allgemeinen Berechnungsgrundlagen angegebenen mittleren Jahresverbrauch an Süßwasserfischen einer Aufnahme von 265 Bq Tritium in Form von Wasser und 677 Bq in organisch gebundener Form. (Die Strahlenschutzverordnung gibt für die jährliche Tritiumzufuhr durch Ingestion einen

Grenzwert von $5,8 \cdot 10^6$ Bq vor.) Im Vergleich dazu wurden die durchschnittlichen HTO-Konzentrationen im Altrheinwasser für die letzten zehn Jahre (1973 - 1983) mit Hilfe eines experimentell ermittelten Verdünnungsfaktors /KfK-3073, 1980/ bestimmt. Für den Bereich bis 5 km flußabwärts ergibt sich eine mittlere Tritiumkonzentration von 7,2 Bq/ml, für den Bereich bis 13,5 km eine Konzentration von 4,6 Bq/ml. Der Medianwert der OBT-Konzentrationen der Fischproben liegt mit 5,01 Bq/ml zwischen beiden berechneten Werten.

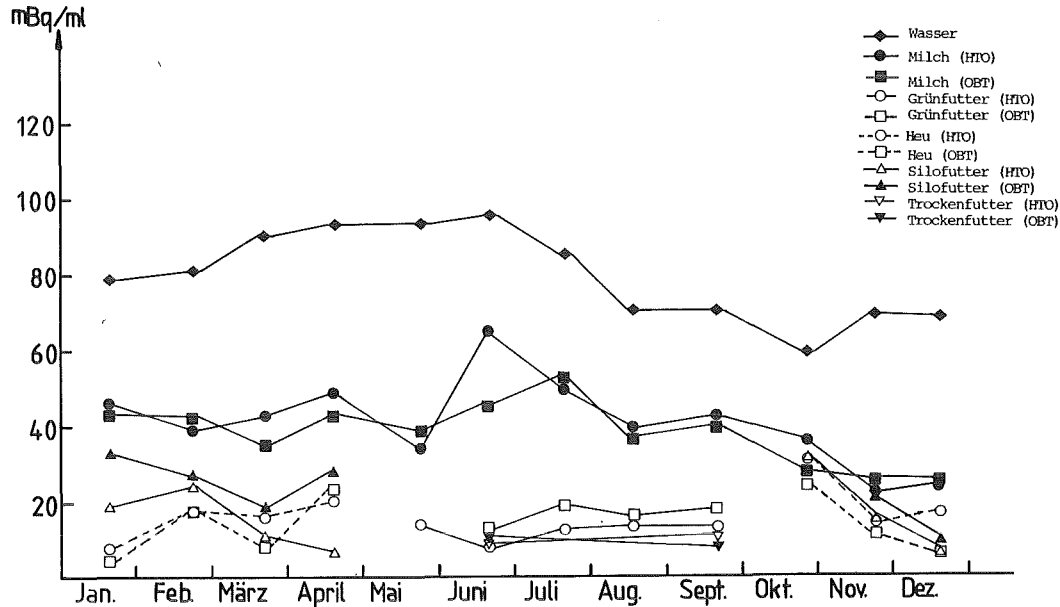


Abb. 5/3: Tritiumkonzentrationen in verschiedenen Proben von einem landwirtschaftlichen Betrieb in der Nähe des Rheinniederungskanaals

Probenahme-datum 1984	Probenart (Alter in Jahren, geschätzt)	Wassergehalt in %	Tritiumkonzentration in mBq/ml	
			HTO	OBT
07.04.	Rotaue (3)	74	734± 32	3 012±120
07.04.	Rotaue (5 - 6)	70	1 160± 50	3 720±150
07.04.	Barsch (2 - 3)	73	2 912±115	5 853±230
07.04.	Barsch (> 4)	74	4 411±173	6 840±270
07.04.	Brachse (4)	74	1 310± 54	6 020±234
07.04.	Brachse (7 - 8)	73	3 030±120	5 150±200
15.05.	Rotaue (3 - 4)	76	80± 7	4 122±162
15.05.	Rotaue (6 - 10)	75	223± 13	4 880±190
15.05.	Rotaue (> 10)	74	327± 17	5 140±200
15.05.	Brachse (4 - 6)	75	145± 10	2 670±110
15.05.	Schilf	85	252± 14	330± 17
28.06.	Rotaue (3 - 4)	75	13± 5	3940±160
28.06.	Rotaue (6 - 7)	74	19± 5	5 800±230
28.06.	Brachse (3 - 4)	73	15± 5	3 380±134
28.06.	Brachse (5 - 6)	73	17± 5	6 070±240
28.06.	Boden-Schilf	47	93± 8	-
28.06.	Schilf	82	50± 6	209± 12
28.06.	Wasserstern	90	19± 5	3 540±140
28.06.	Fadenalgen	84	10± 5	470± 22

Tab. 5/25: Tritiumkonzentrationen in Fischen und Wasserpflanzen aus dem Altrhein. Im Mittel entstanden 0,40 ml Oxidationswasser bei der Veraschung von 1 g Trockensubstanz der oben genannten Fischproben.

5.2.1.3 Radioökologische Langzeituntersuchung über Tritium in Bäumen

S. Strack, S. Schulte, G. Pagliosa

Im Rahmen des BMI-Forschungsvorhaben St.Sch. 924 wurde 1984 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, des Einbaus 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 im KfK 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 1984 im einzelnen. Bei den OBT-Werten in den Blättern findet im Gegensatz zu den Vorjahren im Herbst 1984 kein Anstieg der Werte statt, wie er sonst mit dem Einsetzen der Blattverfärbung beobachtet werden konnte. Die bisherige Auswertung der gemessenen Daten hat ergeben, daß das Tritium in Form von HTO aus der Luftfeuchtigkeit durch sehr schnell ablaufende Austauschvorgänge in die Blätter gelangt und dort mit der jeweils aktuellen HTO-Konzentration in die organischen Bestandteile eingebaut wird. Nach dieser Modellvorstellung stammt der in der organischen Substanz gebundene Wasserstoff zu etwa 50 % aus der Luftfeuchtigkeit und nur zur Hälfte aus dem Bodenwasser. Durch die längere biologische Halbwertszeit des Tritiums in dieser Form liegen die beobachteten OBT-Werte in der Regel über den HTO-Werten. Für die Annahme, daß sie durch Anreicherung aufgrund von Isotopieeffekten oder durch Akkumulationen entgegen einem Konzentrationsgradienten zustande kommen, besteht kein Anlaß.

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 1984 (Tab. 5/26) 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.

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

Tab. 5/26: Mittlere Tritiumkonzentrationen (arithmetisches Mittel) während der Vegetationsperioden 1981 bis 1984 an der Buche, in Klammern die Anzahl der Meßwerte

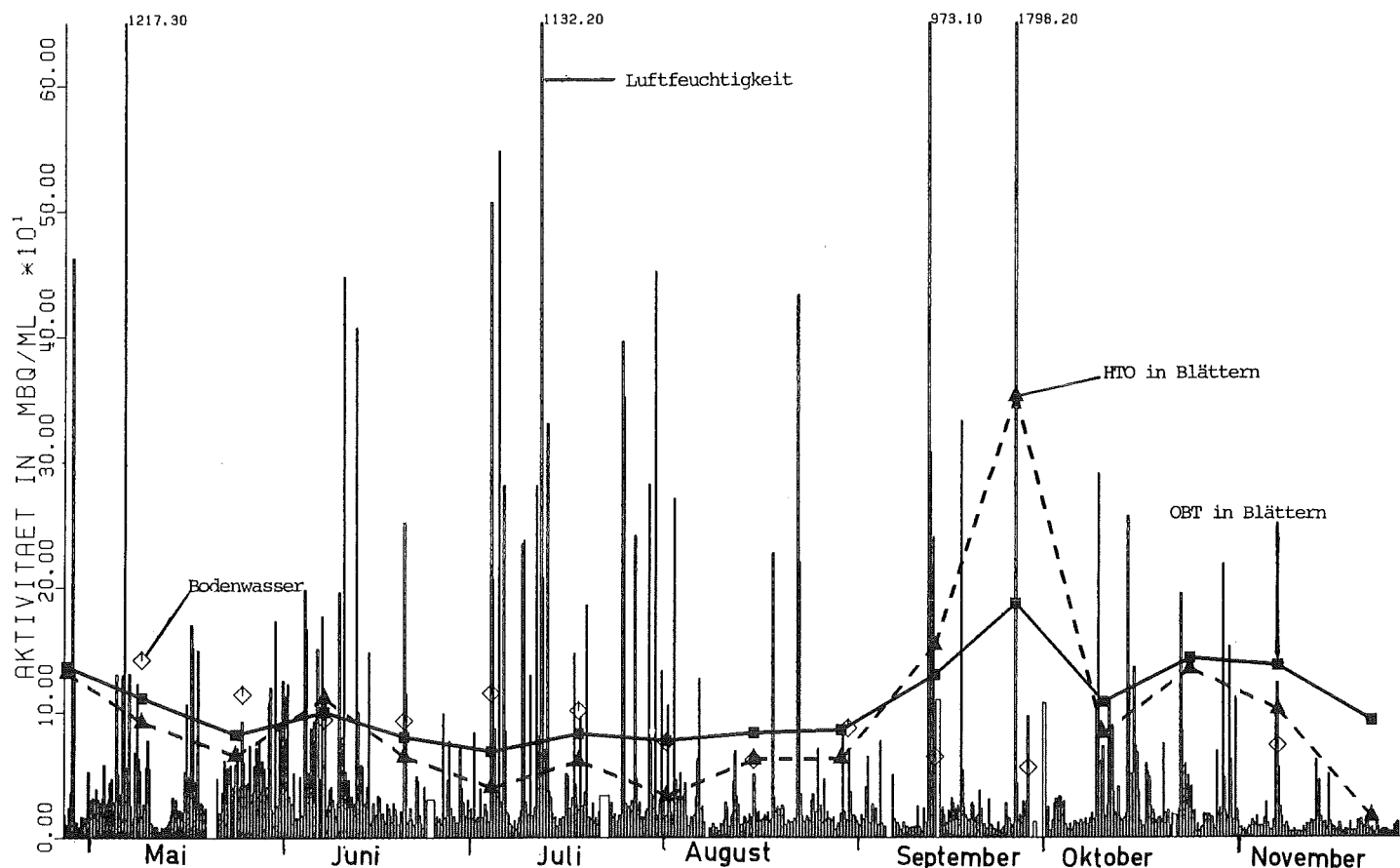


Abb. 5/4: Gemessene Tritiumkonzentrationen während der Vegetationsperiode 1984 am Standort der Buche

5.2.1.4 Untersuchungen der Wasserversorgung von gesunden und erkrankten Bäumen

H. Unger, P. Acker, S. Strack

Im Rahmen des PEF-Forschungsvorhabens wurden seit Juli 1984 Untersuchungen zur Thematik des Waldsterbens durchgeführt. Ziel der eigenen Arbeiten ist es, durch vergleichende Untersuchungen des Wasserhaushaltes und des Stofftransports von geschädigten und nichtgeschädigten Bäumen einen Beitrag zur Erweiterung der Kenntnisse über den Verlauf und die Ursachen des Baumsterbens zu leisten.

Untersuchungen mit HTO

Für die Messungen mit Tritium an lebenden Nadelbäumen mußten zunächst die methodischen Voraussetzungen erarbeitet werden. Aus pflanzenphysiologischen Gründen sowie aus Gründen der eingeschränkten Verfügbarkeit von Nadeln bei der Messung an kleinen Topfpflanzen stand die Frage im Vordergrund, wie man die nach der üblichen Methode (Gewinnung des Gewebewassers durch Gefrier-trocknung) relativ hohe Menge der benötigten Nadelproben reduzieren kann. Folgende Methode wurde erarbeitet:

Eine Probe, bestehend aus zwei auf gleiche Längen segmentierten Nadeln (bei Laubbäumen runde Blattsegmente) eines kontaminiertes Baumes bzw. Zweiges wurde zum Austauschen in ein Fläschchen mit 10 ml tritiumfreiem H₂O gebracht. Gemessen wurde die Aktivität des Austauschwassers.

Nach Abb. 5/5 stellt sich bei den Blättern der Buche früher ein Gleichgewicht ein als bei der Fichte. Offensichtlich besitzen die Fichtennadeln aufgrund ihres xeromorphen Baus höhere Diffusionswiderstände als die Buchenblätter. Die Verwendung von anderen Austauschmedien (z. B. Szintillatorflüssigkeit, gesättigte Zuckerlösung, 5 %ige KCl-Lösung) brachte im Vergleich zur Verwendung von deionisiertem H₂O keine wesentlich höhere Aktivitätsausbeute im Austauschmedium.

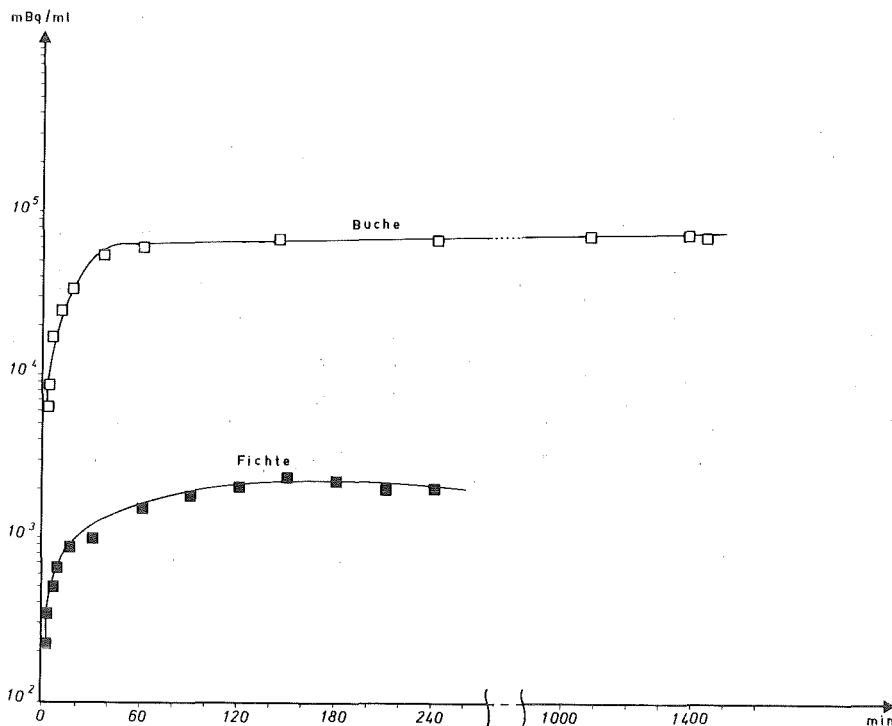


Abb. 5/5: Austauschkinetik von Fichtennadel- und Buchenblattsegmenten. Die Segmente stammen von abgeschnittenen Zweigen, die mit HTO (96 000 Bq/ml) bewässert wurden.

In Abb. 5/6 ist der Verlauf der Tritiumaufnahme in die Nadeln in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Nadelentnahme nach Applikation des Tritiums im Gießwasser dargestellt. Schon nach ca. 2,5 Stunden ist Aktivität in den Nadeln nachweisbar; eine vollständige Durchmischung des gesamten Gewebewassers mit HTO ist aber trotz warmer Witterung erst nach ca. 26 Stunden erreicht.

Um die gasförmige Aufnahme von HTO über die Nadeln zu messen, wurden zwei Fichtenzweige mit gasförmigem HTO (6 613 Bq/ml) in einer Klimakammer exponiert. In Abb. 5/7 ist die Aufnahme von HTO aus der Luftfeuchtigkeit in die Nadeln wiedergegeben. Um sicherzustellen, daß die Messungen nicht durch oberflächige Kontamination der Nadeln verfälscht werden, wurde ein Zweig nach Ende des Versuchs (drei Stunden) "trockengeföhnt". Anschließend wurde in beiden Fällen die Proben gefriergetrocknet und das Tritium sowohl im Gewebewasser als auch in der organischen Substanz bestimmt (Tab. 5/27).

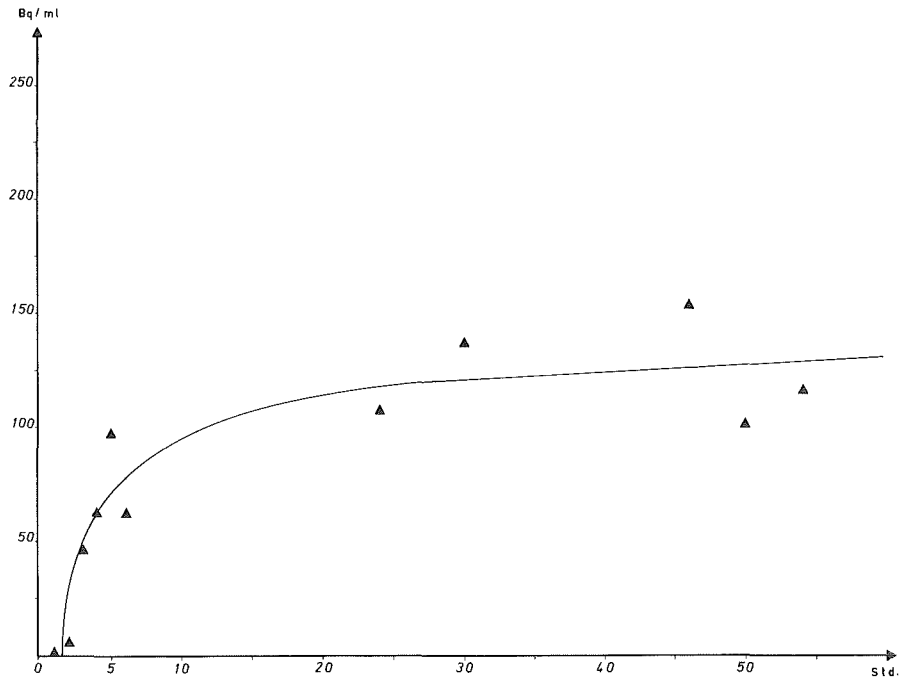


Abb. 5/6: Verlauf der Aktivitätskonzentrationen in Fichtennadelsegmenten bei Bewässerung des Zweiges mit HTO (96 000 Bq/ml)

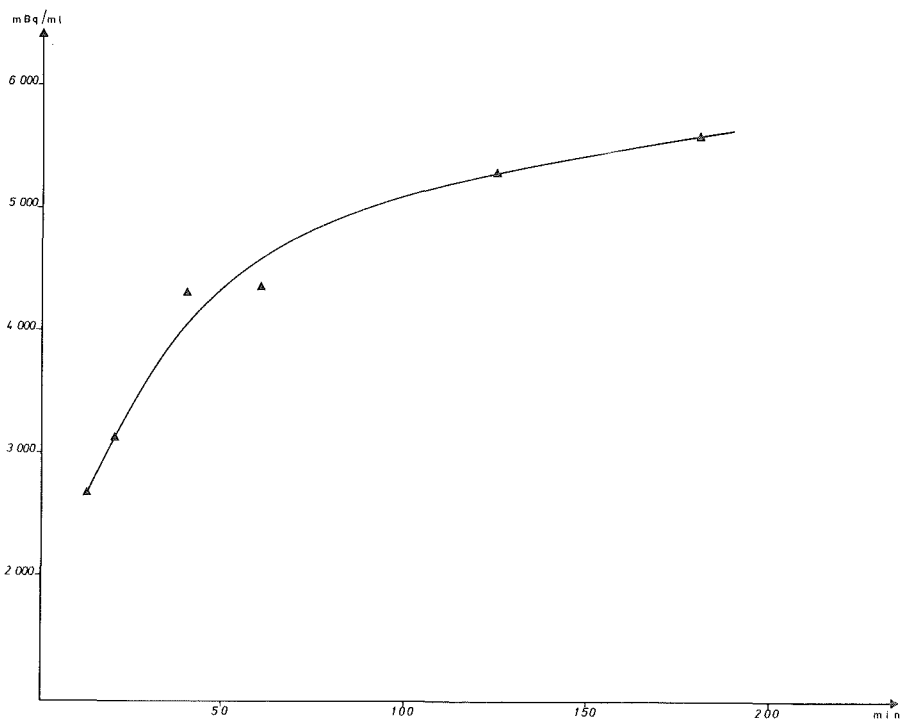


Abb. 5/7: Zeitlicher Verlauf der Tritiumkonzentrationen im Gewebewasser der Fichtennadelsegmente nach HTO-Aufnahme aus der Atmosphäre

Probe	HTO-Kammer	HTO		OBT
		in Bq/ml		
unbehandelt	6 613	825		163
gefönt	6 613	932		176

Tab. 5/27: HTO- und OBT-Werte nach Begasung in der Klimakammer

Der Vergleich mit der unbehandelten Probe zeigt keine wesentlichen Unterschiede. Angesichts der kurzzeitigen Exposition der Zweige in der Kammer (drei Stunden) überraschen die hohen OBT-Werte bei beiden Proben.

In einem weiteren Versuch wurden nach der oben beschriebenen Methode abgeschnittene Zweige einer gesunden Fichte (Schadklasse "0") und einer kranken Fichte (Schadklasse "3") von der "Kälbelescheuer" (gemeinsamer Versuchsstandort der PEF-Forschungsvorhaben) für 26 Stunden in Tritiumwasser gestellt und anschließend Nadelproben entnommen. Der zeitliche Verlauf der Tritiumkonzentration im Austauschwasser zeigt Abb. 5/8. Die Nadeln des gesunden Baumes weisen eine deutlich höhere Tritiumaktivität auf als die leicht vergilbten Nadeln des kranken Baumes. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, daß der Wasserumsatz der kranken Bäume infolge herabgesetzter Transpiration gestört ist. In weiteren Versuchen dieser Art soll die Eignung dieser Methode im Hinblick auf eine Früherkennung der Krankheit untersucht werden.

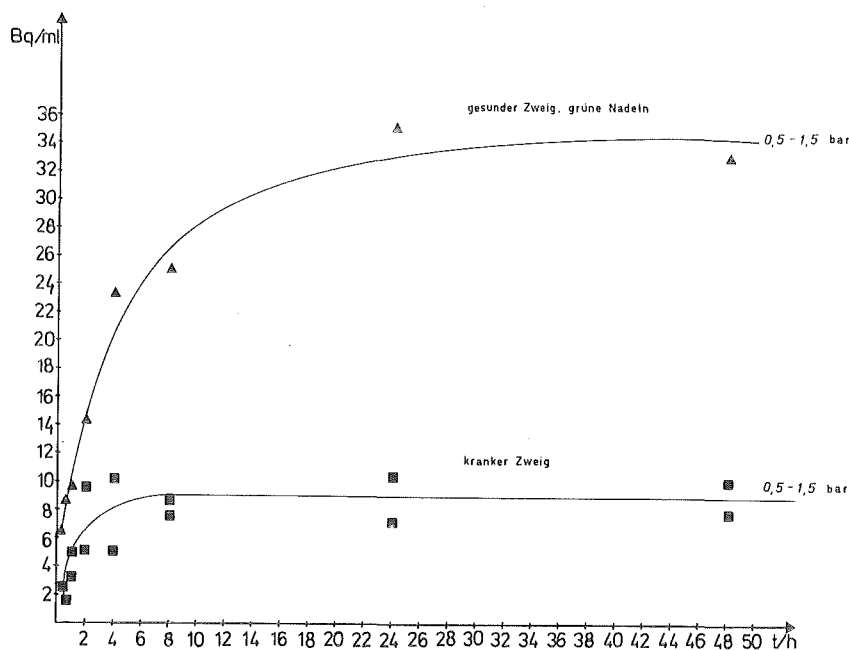


Abb. 5/8: Austauschkinetik von Nadeln unterschiedlicher Schädigung

Messungen des Wasserpotentials

Beim Studium des Wasserhaushaltes von Pflanzen erwies sich in den letzten Jahren die Modellvorstellung des Boden-Pflanzen-Atmosphären-Kontinuums als sehr nützlich. In diesem Kontinuum, in dem die Pflanze das Bindeglied zwischen Boden und Atmosphäre bildet, fließt Wasser entlang eines energetischen Potentialgefälles. Der energetische Zustand des Wassers an einem beliebigen Ort des Kontinuums kann mit Hilfe des Wasserpotentials eindeutig charakterisiert werden. Das Wasserpotential ist eine thermodynamisch definierbare Größe und wird in der Regel in Druckeinheiten angegeben.

Für die Messung des Wasserpotentials im Xylem von Blättern, Nadeln und Zweigen wird die Druckkammermethode nach Scholander benutzt.

Auf der Versuchsfläche "Kälbelescheuer" wurden die Tagesgänge des Wasserpotentials von unterschiedlich geschädigten Fichten gemessen. Die Bäume (ca. 8- bis 14jährig) standen an einem Südwesthang in unmittelbarer Nachbarschaft zueinander, so daß man von vergleichbaren Standortbedingungen ausgehen kann. Gemessen wurden die jüngsten Triebe des 7. bis 8. Quirls. Die in Abb. 5/9 gezeigten Tagesgänge zeigen den typischen Verlauf des Wasserpotentials mit einem ausgeprägten Minimum z. Z. höchster Beanspruchung in der Mittagszeit. Auf eine höhere Streßbelastung der geschädigten Bäume weisen der Verlauf am frühen Vormittag und am späten Nachmittag bzw. Abend hin. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, daß es den kranken Bäumen nicht mehr so gut gelingt, ihren durch die Transpiration entstandenen Wasserverlust so schnell zu regenerieren wie das noch bei der gesunden Fichte (Schadklasse "0") der Fall ist.

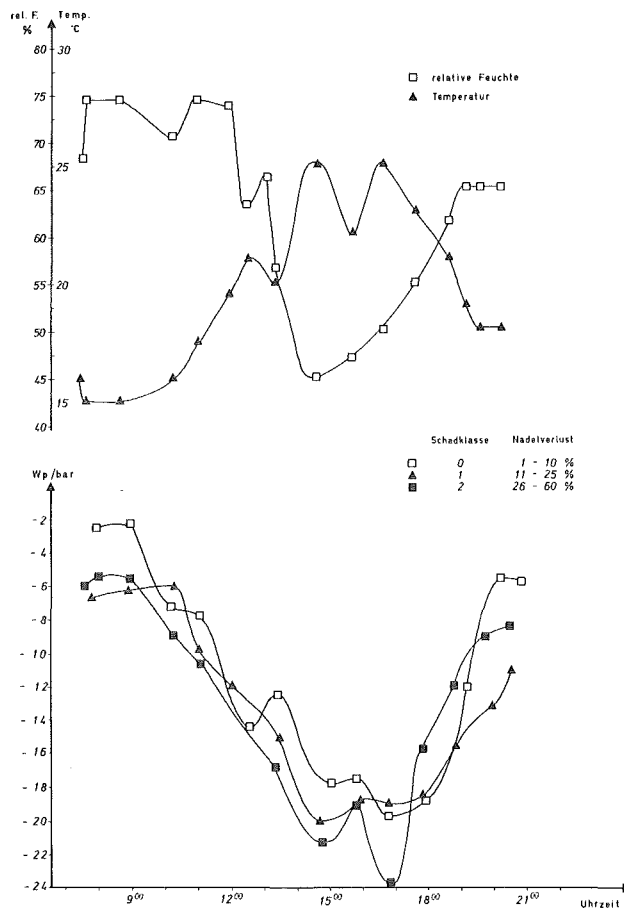


Abb. 5/9: Tagesgänge des Wasserpotentials unterschiedlich geschädigter Fichten

Erste Ergebnisse von Wasserpotentialmessungen an Nadeln am frühen Morgen (Pre-dawn-Messungen) bei Fichten der Schadklasse "0" und "3" könnten ebenfalls auf eine Störung des Wasserhaushaltes hindeuten. Die niedrigeren Werte der Schadklasse "3" weisen auf einen höheren Wasserstreß dieser Bäume hin (s. Tab. 5/28). Allerdings reichen diese Unterschiede nicht aus, um einen ursächlichen Zusammenhang zwischen dem äußeren Erscheinungsbild des "Waldsterbens" und dem Zustand des Wasserhaushaltes herzustellen.

Wasserpotential/bar			
1. Nadeljahrgang		2. Nadeljahrgang	
Schadklasse 0	Schadklasse 3	Schadklasse 0	Schadklasse 3
-4,5	-10	-7,5	-9,0
-5,5	-9,5	-6,0	-7,0
-6,0	-10	-4,5	-10,5
-5,0	-10,5	-7,5	-10,5
-6,5	-7,5	-7,5	-9,5
			-9,0
			-7,0
$\bar{X} = -5,5 \pm 0,8$	$-8,8 \pm 1,6$	$-6,6 \pm 1,3$	$-8,9 \pm 1,5$

Tab. 5/28: Pre-dawn-Messungen des Wasserpotentials von Fichten-nadeln an 20jährigen Fichten bei Moosbronn (\bar{X} = Mittelwert)

5.2.2 Mikrobiologischer Einfluß auf das Retentionsverhalten von I-125 in humusreichem Waldboden

S. Strack, A. Müller, A. Riedl

Die 1982 im Rahmen des Projektes Nukleare Sicherheit und eines EG-Forschungsvorhabens (EG-BIO-B-484-82 D) begonnene Forschungsarbeit zu dem Thema "Mikrobiologische Aspekte bei Verhalten und Kontrolle von Radionukliden in terrestrischen und aquatischen Ökosystemen" wurde weitergeführt. Die bisher durchgeführten Laboruntersuchungen zielen auf die Beobachtung des Einflusses der Bodenmikroflora auf das Migrations- und Retentionsverhalten von I-125 (Applikationsform: Iodidionen) in humusreichem Waldboden, der den unter einem Kiefern/Buchenwaldbestand gebildeten Humusaufgeschichten entnommen wurde (Landhumusform).

Kleine Bodensäulen, die mit 4 g l. unbehandeltem, 2. autoklaviertem und 3. autoklaviertem/wiederbeimpftem Bodenmaterial gepackt worden waren, wurden mit geträgerter $Na^{125}I$ -Lösung markiert (ca. 500 - 830 Bq pro Säule) und mit sterilem, deionisiertem Wasser beregnet. Nach unterschiedlichen Standzeiten wurden die Bodensäulen mit deionisiertem Wasser extrahiert. Der im Bodenextrakt enthaltene, wasserlösliche I-125-Anteil wurde im Flüssigszintillationsspektrometer gemessen.

In vergleichbaren Parallelansätzen mit unbehandeltem, autoklaviertem und autoklaviertem/mit einer Bakterien/Pilz-Mischpopulation wiederbeimpftem Boden wurde die zeitabhängige Iodfixierung über längere Zeiträume (max. ca. 550 h) verfolgt. In Abbn. 5/10 und 5/11 ist jeweils die wasserlösliche Fraktion (in Prozent des aufgegebenen I-125) in halblogarithmischem Maßstab gegen die Säulenstandzeit aufgetragen.

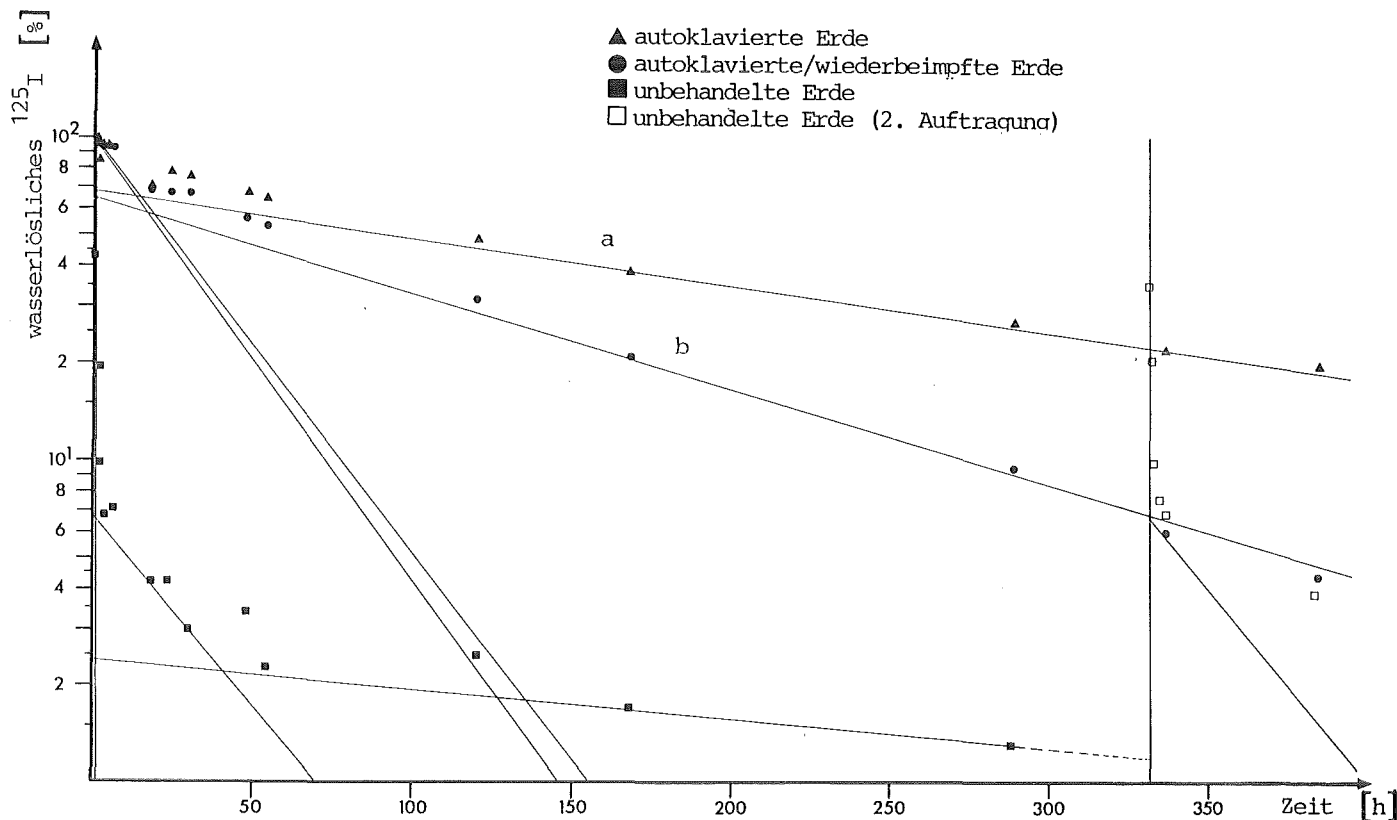


Abb. 5/10: Immobilisierung von I-125

In allen bisherigen Säulenversuchen wurde beobachtet, daß beim unbehandelten, mit natürlichem Mikroorganismenbesatz besiedelten Boden ca. 99 % des aufgegebenen I-125 in kürzester Zeit immobilisiert wurde und mit deionisiertem Wasser nicht mehr extrahiert werden konnte (Abbn. 5/10 und 5/11 Kurve u). In Versuchen an autoklavierten Bodensäulen konnte gezeigt werden, daß der Anteil an nicht fixiertem Iod zunächst etwa um eine Zehnerpotenz erhöht war (Abbn. 5/10 und 5/11 Kurve a). Längerfristig wurde jedoch auch hier der größte Teil des aufgetragenen I-125 in der Bodenmatrix festgelegt (in ca. 400 h zwischen 80 % und 90 % der verabreichten Iodidmenge). Diese deutliche Iodfixierung in mikrobiologisch totem Boden könnte entweder auf chemische Umsetzungen des Iodids in oder an Bodenstrukturen zurückzuführen sein (z. B. durch Redoxreaktionen oder Austausch gegen stabiles im Boden gebundenes Iod) oder auf enzymatische Umwandlung in fixierbare Iodverbindungen, wofür möglicherweise hitzeresistente mit Bodenpartikeln assoziierte Enzyme oder Enzymsysteme verantwortlich sein könnten. Die Immobilisierung der eingesetzten Iodidionen in wiederbeimpftem Bodenmaterial erfolgte nicht so rasch wie im unbehandelten Boden, ist aber im Vergleich zu autoklaviertem, unbelebtem Boden stärker ausgeprägt (Abbn. 5/10 und 5/11 Kurve b).

Der Verlauf der Immobilisierungskurven deutet an, daß sich die Fixierung vereinfacht durch eine Summe von Exponentialfunktionen beschreiben läßt, entsprechend der Gleichung:

$$Y_t = C_s \cdot e^{-\frac{\ln 2}{\tau_s} t} + C_m \cdot e^{-\frac{\ln 2}{\tau_m} t} + C_l \cdot e^{-\frac{\ln 2}{\tau_l} t} \quad (1)$$

Eine graphische Analyse der der Abb. 5/11 zugrundeliegenden Meßdaten in Verbindung mit einer mathematischen Regressionsanalyse führte zu den Parametern, die in Tab. 5/29 wiedergegeben sind.

	C _x Kompartimentgröße (%)			τ _x Halbwertszeit (h)		
	schnell	mittel	langsam	schnell	mittel	langsam
unbehandelt	93,4	4,2	2,4	0,37	26	330
autoklaviert	-	32	68	-	23	205
autoklaviert/ wiederbeimpft	3	32	65	0,37	22	102

Tab. 5/29: Kompartimentgrößen (Achsenabschnitte) und Halbwertszeiten der Iodimmobilisierung in behandeltem und unbehandeltem Boden

Danach sind zur Beschreibung der Immobilisierung im unbehandelten Boden mindestens drei Exponentialterme notwendig. Für den wiederbeimpften Boden erhält man die beste Anpassung, wenn für einen kleinen Teil des applizierten Iods ebenfalls ein schneller Fixierungsprozeß angenommen wird. Im autoklavierten Boden ist der schnelle Fixierungsvorgang nicht nachweisbar. Diese Beobachtung kann 1. durch eine Ausschaltung von Bioabsorptions- oder Aufnahmeprozessen bzw. enzymatischen Umsetzungen, die an die Anwesenheit von lebensfähigen Mikroorganismen (z. B. extrazelluläre Enzyme) gebunden sind, 2. durch Änderungen der physikalischen und chemischen Bodeneigenschaften, die die Anheftung von Iodidionen oder ihrer Umwandlungsprodukte an die Bodenmatrix beeinflussen oder 3. durch ein Zusammenspiel beider Faktoren erklärt werden.

Die in Abb. 5/11 dargestellten, in einem längerfristig angelegten Extraktionsversuch an unbehandelten, autoklavierten und autoklavierten/wiederbeimpften Bodensäulen ermittelten zeitabhängigen Fixierungskurven zeigen für autoklavierten und unbehandelten Boden ähnliche I-Immobilisierungscharakteristika wie in Abb. 5/10 (Kurven a und b). Bemerkenswert ist jedoch die beim autoklavierten/wiederbeimpften Boden, nach anfänglich langsamer I-Fixierung in den ersten 50 h auftretende schnelle Fixierungsphase (mit der Oberflächenplattierungsmethode erfaßte Keimdichte war doppelt so hoch wie im zu Abb. 5/10 zugehörigen Versuch). Dieser Vorgang war bereits, obwohl noch freie, wasserlösliche Iodidionen oder ihre Umwandlungsprodukte in Lösung vorlagen, nach weiteren 120 h weitgehend abgeschlossen.

Die Versuchsergebnisse machen deutlich, daß es sich bei der Immobilisierung des Radioiods im Boden um das Resultat von komplexen, sich überlagernden Prozessen mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten handelt, wobei offensichtlich sowohl biotische als auch abiotische Vorgänge ablaufen. Während einerseits im sterilen Boden mit größerer Wahrscheinlichkeit abiotische Reaktionen stattfinden, ist andererseits der mikrobiologische Einfluß in der signifikant beschleunigten Fixierung des Iods nach der Wiederbeimpfung des sterilen Bodens direkt zu erkennen. Darüber hinaus gibt es deutliche Anzeichen dafür, daß der schnelle Fixierungsvorgang in unbehandeltem Boden auf biotische Ursachen zurückzuführen ist und nicht auf veränderte chemisch-physikalische Eigenschaften des Bodens. Zieht man in Erwägung, daß durch die Hitzewirkung beim Autoklavieren der Boden in seinen chemisch-physikalischen Absorptionseigenschaften für Iod verändert worden sein könnte, so läßt sich dem entgegen, daß von anderen Autoren

(Bors, Martens, Kühn, 1984) bei der Sterilisation mit γ -Strahlen (2,5 Mrad) sinngemäß die gleichen Beobachtungen gemacht wurden. Gerade hier ist bekannt, daß in bestrahlten Stoffen mit dieser Dosis praktisch keine chemischen Veränderungen nachweisbar sind.

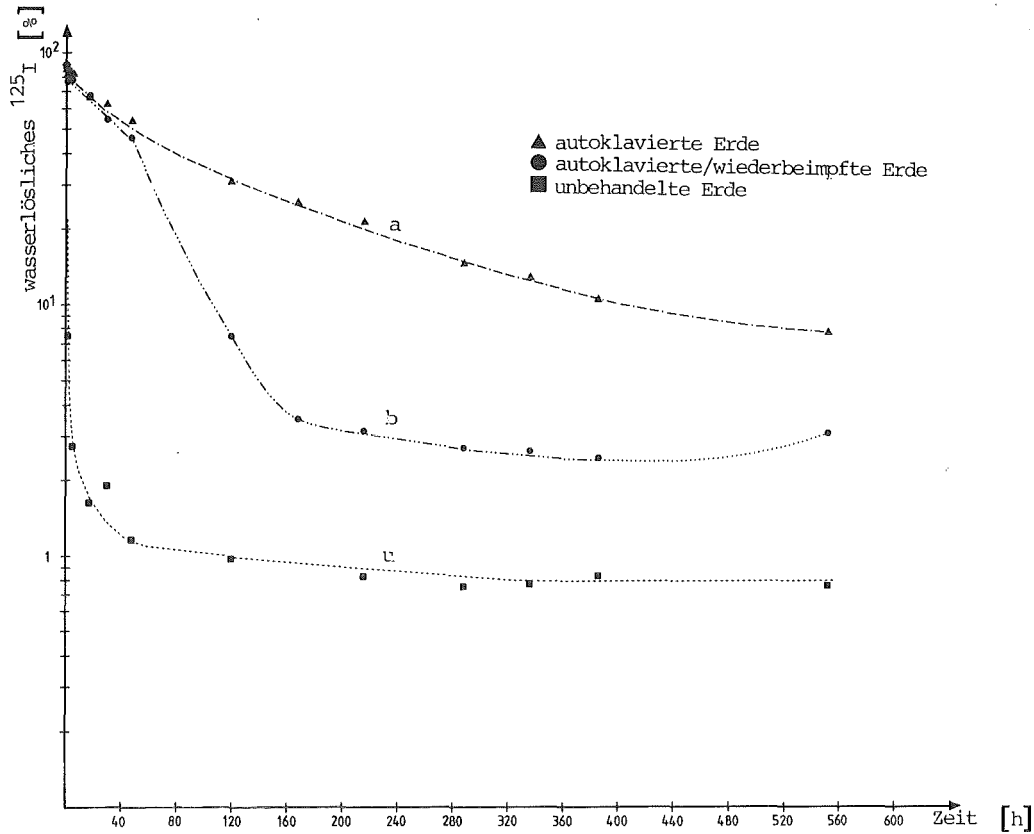


Abb. 5/11: Immobilisierung von I-125

5.2.3 Die Radioökologie von Transuranen, Technetium, Blei und Aktivierungsprodukten und natürlichen Radionukliden

H. Schüttelkopf

Radioökologische Untersuchungen wurden 1984 vor allem zu den Transuranen Pu, Am, Cm und Np, zum Tc und zum Verhalten von Pb, Co und Cr durchgeführt. Der vorliegende Bericht enthält Meß- und Analysemethoden, Immissions- und Emissionsmessungen und radioökologische Messungen.

Voraussetzung für die Untersuchung der Tc-99-Emissionen mit Abluft und Abwasser kerntechnischer Anlagen war die Möglichkeit, den reinen, relativ niederenergetischen Betastrahler Tc-99 von vielen anderen Radionukliden quantitativ abzutrennen und mit hoher Empfindlichkeit zu messen. Ein entsprechendes radiochemisches Verfahren sowie eine Meßmethode wurde bereits 1983 ausgearbeitet und 1984 für Prozeß- und Uranlösungen erweitert. Die hohen Kosten der Bestimmung von Radionukliden im Boden wie z. B. für Pb-210, Sr-90 usw. legten es nahe, einen Teil der radioökologischen Untersuchungen zum Transfer Boden/Pflanze mit natürlichen stabilen Spuren durchzuführen. Neben der beachtlichen Verminderung der Analysenkosten hat man den Vorteil, daß

diese Spurenelemente seit langem mit der Erde im Gleichgewicht stehen. Dies ist bei Zusatz eines radioaktiven Tracers für eine unbekannte Zeit, die evtl. Jahre betragen kann, nicht gegeben. Aus diesem Grund wurden ein ICP-Emissionsspektrometer und ein Atomabsorptionsspektrometer für die Messung von z. Z. über 50 Elementen in Umweltproben kalibriert. Um Anionen in Boden- und Pflanzenproben schnell und genügend empfindlich messen zu können, wurde ein Ionenchromatograph eingefahren und für mehrere Anionen kalibriert. Analysenmethoden für U, Th, Ra-226, Pb-210 und Po-210 wurden extrem sorgfältig kalibriert und auf Standards verschiedener Organisationen angewandt. Ziel war dabei, die Methoden in Zukunft für Alternativbestimmungen einzusetzen.

Pu-241 wurde in Abluft-, Abwasser- und vielen Umweltproben bestimmt. Ebenso wurden neben dem Routineprogramm der Umgebungsüberwachung viele Messungen der natürlichen Radioaktivität in Proben aus verschiedenen Teilen der Bundesrepublik Deutschland durchgeführt.

Eine wichtige Voraussetzung für das Studium des Verhaltens von Radioelementen in der Umwelt ist die Kenntnis der Emissionsraten dieser Elemente. Mit der neu erarbeiteten Tc-99-Methodik wurde Tc-99 in der Abluft der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe, der Verbrennungsanlage für brennbare radioaktive Abfälle und in einigen anderen Abluftsystemen gemessen. In der Abluft der WAK wurden außerdem 1984 die Isotope von Pu, Am und Cm wie schon seit 1982 bestimmt. Die Messung der gleichen Isotope und des Sr-90 erfolgte in der Abluft der Veraschungsanlage des KfK. Im Abwasser des KfK, das gleichzeitig das dekontaminierte und geklärte Abwasser der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe enthält, wurde 1984 neben den üblichen Messungen von Plutonium- und Strontiumisotopen die seit 1983 aufgenommene Messung von Tc-99 abgeschlossen.

Die radioökologischen Untersuchungen waren gekennzeichnet durch die Fortsetzung des "radioaktiven Betriebes" des vollklimatisierten Glashauses, in dem Transfermessungen Boden/Pflanze für Aktiniden und andere radioökologisch wichtige Elemente durchgeführt werden. In insgesamt drei Vegetationsperioden wurden Transferfaktormessungen für Pu, Am, Cm und Np für Weizen, Kartoffeln, Mais, Weidebewuchs und viele andere Nutzpflanzen abgeschlossen. Außerdem wurden der konzentrationsabhängige Transfer von Np vom Boden in eine Standard-Graskultur untersucht. Eine neue sichere und homogene Aktivitätseinbringung in den Boden wurde erarbeitet.

Eine wichtige Frage ist die Migration von Aktiniden und anderen Elementen. Nach dem Abschluß der Durchflußmessungen von Wasser durch Bodensäulen war 1984 die Oberfläche der Säulen mit Aktiniden, Tc-99 und H-3 versetzt und die Migrationsprozesse bei Anwesenheit von starken Komplexbildnern studiert worden. Die Experimente zur biologischen Mobilisierung von Schadstoffen im Boden wurden erfolgreich abgeschlossen. Es wurde dabei überprüft, in welchem Ausmaß Regenwürmer aus einer schadstoffhaltigen Schicht diese in Abhängigkeit von der Zeit in die Umgebung austragen können. Als Schadstoffe wurden verschiedene Metalle hoher Toxizität verwendet. Zur Simulation wichtiger Radionuklide wurden der Transfer von Cr, Co und Pb in Abhängigkeit von ihrer Konzentration im Boden und von der Topfgröße an Graskulturen studiert. Der Einfluß der genannten Metalle auf die Aufnahme vieler anderer Elemente wurde gemessen.

5.2.3.1 Der Boden/Pflanzen-Transfer von Aktiniden

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 1984 weitergeführt. Nach der ersten Vegetationsperiode, die von Mai bis Oktober 1983 dauerte, wurde von November 1983 bis März 1984 und von April bis Oktober 1984 die zweite und dritte Vegetationsperiode durchgeführt. Auf zwei Böden aus dem Raum Schwandorf - einem Kreideverwitterungs- und einem Granitverwitterungsboden - wurden Kartoffeln der Sorte "Saphir", Mais der Sorte "Cargill" und Sommerweizen der Sorte "Kolibri" unter Einhalten eines Fruchtwechsels angebaut. Zu jedem zur Aufzucht verwendeten Kulturgefäß wurde im November 1984 wieder die gleiche Frucht wie zu Beginn der Versuche im Mai 1983 ausgesät. In einem mit Gley-Boden aus Schwandorf gefüllten Lysimeter wurde außerdem der Aktinidentransfer von Boden in Gras über drei Vegetationsperioden gemessen. Nach jeder Vegetationsperiode wurden die Kartoffeln nach dem vollständigen Absterben des Krautes geerntet, Weizen und Mais zum Zeitpunkt der Vollreife. Das Erntegut wurde bei 105 °C getrocknet, mit Salpetersäurezusatz bei 550 °C vollständig verascht und zur radiochemischen Analyse gebracht. Die veraschten Pflanzenproben der ersten und zweiten Vegetationsperiode wurden 1984 analysiert.

Die in den Pflanzen gemessenen Konzentrationsbereiche für Np, Pu, Am und Cm sind in Tab. 5/30 zusammengefaßt. Zum Vergleich sind die Konzentrationsbereiche in den Böden mit aufgeführt. Der Transferfaktor für jede Pflanzenprobe wurde durch Division der gemessenen Nuklidkonzentration der Pflanzentrockensubstanz durch die in dem jeweiligen Pflanzungsgefäß vorhandenen Nuklidkonzentration in trockenem Boden erhalten. Die Mittelwerte der so erhaltenen Transferfaktoren sind zusammen mit den Standardabweichungen in Tab. 5/31 aufgeführt.

	Konzentrationsbereich in Bq/g TS			
	Np-237	Pu-238	Am-241	Cm-244
Gras	< 0,007 - 376	< 0,07 - 6	< 0,06 - 13	< 0,01 - 6
Weizen, Körner	0,7 - 65	< 0,01 - 0,09	< 0,01 - 0,6	< 0,02 - 0,2
Mais, ganze Pflanze	0,7 - 476	0,1 - 1	0,1 - 14	0,02 - 11
Kartoffel, Knolle	0,8 - 113	0,8 - 265	1 - 25	0,4 - 18
Boden	1 180 - 10 500	7 550 - 19 100	4 900 - 20 300	1 850 - 8 100

Tab. 5/30: In Pflanzen aus dem Gewächshaus gemessene Konzentrationen von Np, Pu, Am und Cm

Pflanze	Boden	N	Mittlerer Transferfaktor $\pm \sigma$ · 10 ⁵			
			Np-237	Pu-238	Am-241	Cm-244
Gras	Gley	3	4900±400*	21 ± 4	61 ± 2	70 ±12
Sommerweizen, Körner	Kreideverwitterung	26	78± 10	3,0± 0,4	4,0± 0,5	<2,6
	Granitverwitterung	22	1120±140	0,9± 0,1	2,4± 0,3	2,4± 0,3
Mais, ganze Pflanze	Kreideverwitterung	14	670±160	21 ± 10	15 ± 5	10 ± 4
	Granitverwitterung	12	9000±980	12 ± 1	99 ±12	92 ± 8
Kartoffel, Knolle	Kreideverwitterung	18	360± 50	380 ±140	120 ±12	86 ±12
	Granitverwitterung	21	1630±190	66 ± 1	86 ±16	66 ±14

*) $\sigma^2 = (\sum(\bar{x} - x_i)^2) / (N(N-1))$, \bar{x} = Mittelwert; x_i = einzelner Meßwert, N = Anzahl der Bestimmungen

Tab. 5/31: Mittlere Transferfaktoren für Nutzpflanzen, die im Gewächshaus auf kontaminierten Böden aufgezogen wurden

Nach zwei Vegetationsperioden zeichnen sich folgende Trends im Transferverhalten von Np, Pu, Am und Cm ab:

Wurzelaufnahme der verschiedenen Nutzpflanzen

Vergleicht man die Aufnahme in die verwendeten Nutzpflanzen, so findet man den höchsten Transfer bei Gras. Geringer ist die Wurzelaufnahme in Mais, sehr geringe Transferfaktoren werden für Weizenkörner gemessen. Dieses Ergebnis deckt sich mit Literaturangaben.

Einfluß des Bodens auf die Wurzelaufnahme

Der Transfer von Np aus dem Granitverwitterungsboden in die Pflanzen ist nennenswert höher als aus Kreideverwitterung - im Mittel um den Faktor 15. Der Grund hierfür könnte der unterschiedliche pH-Wert der Böden sein: pH = 5,2 bei Granitverwitterung und pH = 6,8 bei Kreideverwitterung. Während eine Literaturoauswertung keine Hinweise auf eine Abhängigkeit des Transferfaktors vom pH des Bodens gibt, zeigen Extraktionsuntersuchungen für Aktiniden eine höhere Pflanzenverfügbarkeit bei pH = 5 als bei pH = 7.

Transferverhalten der einzelnen Nuklide

Der Transferfaktor der einzelnen Aktiniden steigt in der Reihenfolge Pu < Am = Cm < Np an. Für Am und Cm kann aus den vorliegenden Daten kein signifikanter Unterschied im Transfer abgeleitet werden. Der für Np gemessene Transferfaktor ist bis zum Faktor 1 000 höher als bei Pu.

Einfluß des Kontaminationsverfahrens auf den Transfer

Die unterschiedlichen Techniken zum homogenen Einbringen der Nuklide in den Boden zeigen eine große Auswirkung auf die Wurzelaufnahme. Bei Verwendung der Gießtechnik ist der Transferfaktor bei allen Versuchspflanzen um eine Größenordnung höher als bei der konventionellen Mischtechnik. Ursache hierfür ist vermutlich die Kontamination einer wesentlich größeren Fläche (ca. 15fach) gegenüber den normalen Mischverfahren, so daß mehr Wurzeln direkten Kontakt mit kontaminierten Partikeln haben. Es bleibt abzuwarten, ob Alterungsprozesse und mechanische Bodendurchmischung im Verlauf der nächsten Vegetationsperioden die unterschiedliche Pflanzenverfügbarkeit als Folge der verschiedenen Kontaminationsverfahren nivellieren.

Einfluß der Gefäßgröße und der Düngung

Aufgrund der wenigen bisher zur Verfügung stehenden Daten ist keine eindeutige Aussage hinsichtlich des Einflusses der Gefäßgröße auf das Transferverhalten der betrachteten Aktiniden möglich. Zwischen den in Töpfen gemessenen Transferfaktoren und den in Lysimetern erhaltenen ist kein signifikanter Unterschied feststellbar, obwohl während der Vegetationsperiode sehr große Unterschiede im Wasserverbrauch und im Nährstoffangebot bestanden.

5.2.3.2 Die Neptuniumaufnahme in Gras (*Lolium multiflorum*)

W. Schmidt, M. Pimpl, E. Vianna

Bei den experimentellen Untersuchungen zur Aufnahme von Aktiniden aus dem Boden in die Pflanze werden Transferdaten für Np, Pu, Am und Cm ermittelt. Als Versuchsgefäße dienten u. a. auch Kick-Brauckmann-Töpfe für ca. 10 kg Boden. Als bei der Anlage solcher Töpfe die Erdbeerpflanzen in dem kontaminierten Versuchsboden - im Gegensatz zum nicht kontaminierten Boden - nicht anwachsen, sondern trotz ausreichender Wasserzufuhr vertrockneten, stellte sich die Frage nach den Ursachen des Pflanzensterbens. Dabei war es denkbar, daß die toxische Schwermetallwirkung eines dieser Elemente ein Anwachsen der Erdbeeren verhindert hat. Np hat gegenüber den anderen Elementen Pu, Am und Cm eine höhere Löslichkeit und damit auch eine höhere Pflanzenverfügbarkeit. Da darüber hinaus ein Gleichgewicht zwischen Boden und zugegebener Aktinidenlösung unmittelbar nach der Kontamination nicht zu erwarten war, könnte dies einen "toxischen Schub" in der Anwuchsphase erklären.

Um diesen Sachverhalt zu prüfen, wurde eine Versuchsreihe mit steigender Np-Konzentration angelegt und zwar 150, 300, 600, 1500 und 3000 Bq Np/g trockenen Boden bei jeweils fünf Wiederholungen. Np wurde als Nitrat zugeführt. Der Aufbau der Töpfe besteht aus 500 g Kiessand, 5000 g nichtkontaminiertem Boden und 5000 g Boden der kontaminierten Schicht. Die Einbringung der Aktivität erfolgte über die Gießmethode mit acht Schichten zu 500 g Boden und zwei inaktiven Abdeckschichten. Als Versuchsboden diente eine sandige Braunerde. *Lolium multiflorum* der Sorte "Lema" wurde mit 1,5 g pro Topf ausgesät. Die Düngung bestand in der dritten Woche nach Versuchsbeginn aus 3 g Phosphatkali 15/20, in der sechsten Woche aus 3 g Kalkammonsalpeter pro Topf. Eine Nachsaat mit 1 g Saatgut erfolgte in der 15. Woche. Der Boden wurde bei einer Feldkapazität von 60 % feucht gehalten. Um den pH-Wert abzusenken und damit eventuell eine höhere Pflanzenverfügbarkeit für Np zu erreichen, wurde ab der 19. Versuchswoche eine saure Bewässerung vorgenommen (0,001 N H₂SO₄).

Die Beurteilung einer eventuellen toxischen Wirkung von Np auf Pflanzen am Beispiel von *Lolium multiflorum* erfolgte indirekt über den Wasserverbrauch und die Ertragsbildung des Grasses. Danach lassen geringerer Wasserverbrauch und geringeres Erntegewicht auf eine Beeinträchtigung des Wachstums schließen.

Die Produktion der Erntefrischsubstanz ist in Tab. 5/32 aufgeführt. Danach deutet sich an, daß im ersten Versuchsabschnitt geringere Np-Konzentrationen im Boden zu einer höheren Grasproduktion führten. Das ergibt sich auch aus den Erntetrockengewichten (Abb. 5/12). Bis zum vierten Schnitt in der 13. Woche ist bei 150 Bq Np/g Boden der höchste Zuwachs gegenüber den anderen Varianten mit höheren Np-Konzentrationen erzielt worden; ab dem fünften Schnitt lassen sich keine Unterschiede mehr feststellen. Die Tendenz, daß in der ersten Versuchsphase Np das Pflanzenwachstum geringfügig negativ beeinflußt ergibt sich andeutungsweise auch aus den in Tab. 5/33 dargestellten Wasserverbrauchswerten. Ab der 11. Versuchswoche sind dann überhaupt keine Unterschiede mehr erkennbar.

Wenn man überhaupt eine Beziehung zwischen Np-Gehalt und reduziertem Graswachstum unmittelbar nach der Kontamination herstellen kann, dann kommt als Ursache hierfür nur das nichteingestellte Gleichgewicht zwischen dem zugeführten Np und dem Boden in Frage. In dieser Phase ist Np in vergleichsweise hohem Maße pflanzenverfügbar, während es später mehr und mehr immobil wird. Aus anderen Versuchen wird für den Zeitraum der Gleichgewichtseinstellung drei bis sechs Monate angegeben, während aus den hier vorliegenden Ergebnissen eine kürzere Zeit angenommen werden kann, nämlich zwei bis vier Monate. Für weitere Versuche wäre es vorteilhaft, die Ein- und Aussaat bzw. Bepflanzung der Versuchsgefäße nicht unmittelbar nach der Kontamination vorzunehmen.

Ernte in Woche	Np-Konzentration in Bq/g Boden				
	150	300	600	1500	3000
3	25 ± 2	26 ± 2	18 ± 3	19 ± 2	16 ± 2
6	40 ± 3	37 ± 3	40 ± 4	37 ± 5	33 ± 3
9	52 ± 4	40 ± 3	30 ± 4	34 ± 6	43 ± 10
13	50 ± 18	37 ± 9	16 ± 7	20 ± 5	21 ± 6
16	15 ± 5	19 ± 5	14 ± 4	20 ± 6	25 ± 5
19	22 ± 4	24 ± 5	21 ± 4	28 ± 4	33 ± 5
22	40 ± 6	43 ± 9	41 ± 12	49 ± 9	53 ± 9
24	45 ± 8	42 ± 3	46 ± 5	54 ± 6	47 ± 4

Tab. 5/32: Erntefrischsubstanz (g) bei *Lolium multiflorum* bei verschieden hohen Np-Konzentrationen im Boden

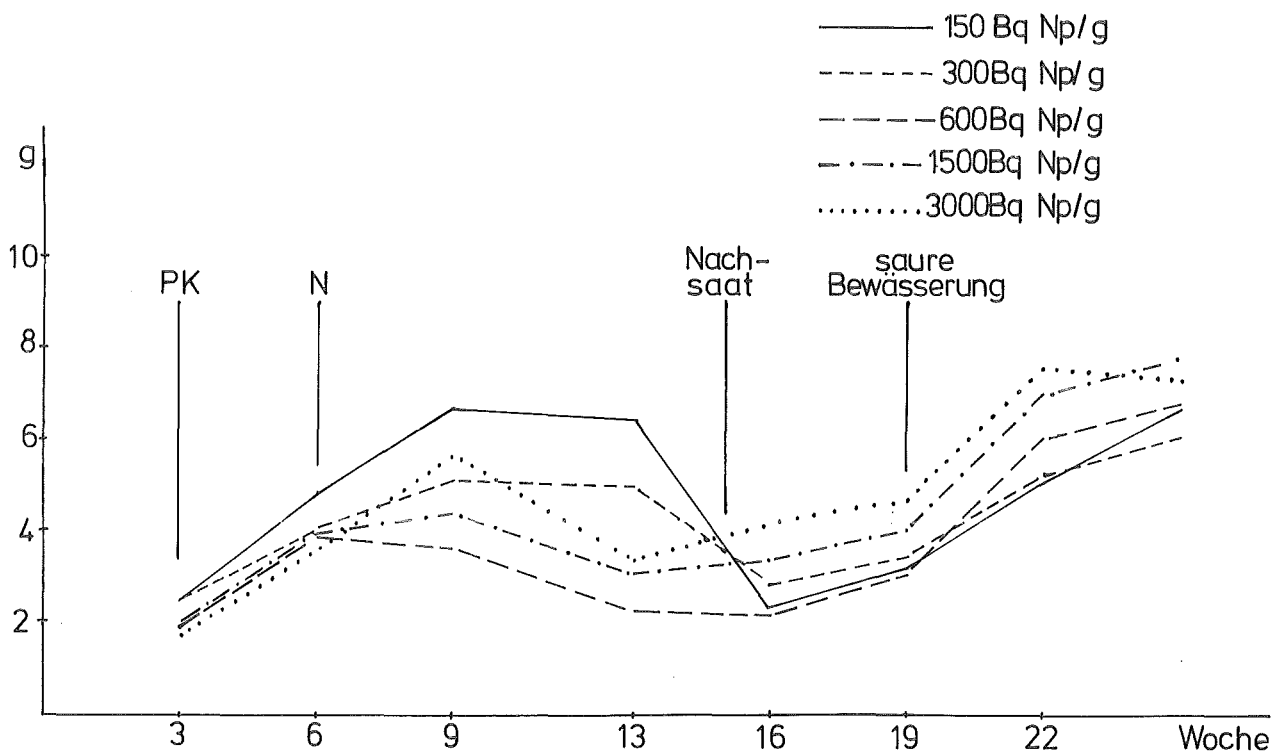


Abb. 5/12: Erntetrockensubstanz bei *Lolium multiflorum* mit verschieden hohen Np-Zugaben zum Boden

Im weiteren Verlauf des Versuchs - auch bei durch saure Bewässerung reduziertem pH-Wert - ergaben sich keine Anzeichen für eine toxische Schwermetallwirkung des Np mehr.

Von Interesse in diesem Versuch ist auch die zeitliche Veränderung des pH-Wertes selbst. 19 Wochen nach Versuchsbeginn wurde der pH-Wert in 0 - 10 cm und 10 - 20 cm Tiefe gemessen, wobei die pH-Werte mit 6,0 und 6,6 deutlich voneinander und gegenüber dem Ausgangswert von 6,8 abweichen. Bedingt durch den hohen Wasserdurchsatz bei Pflanzenversuchen in Kick-Brauckmann-Töpfen ist innerhalb eines kurzen Zeitraumes mit einer zunehmenden Versauerung des Bodens zu rechnen. Die saure Beregnung mit 0,001 N H₂SO₄ reduzierte den pH-Wert innerhalb von sechs Wochen in 0 - 10 cm Tiefe auf 5,6, während in 10 - 20 cm Tiefe der Wert mit 6,0 unverändert blieb.

Ernte in Woche	Np-Konzentration in Bq/g Boden				
	150	300	600	1500	3000
1	770 ± 70	700 ± 110	790 ± 70	890 ± 40	770 ± 20
2	950 ± 130	850 ± 90	790 ± 40	850 ± 80	670 ± 70
3	740 ± 70	770 ± 60	680 ± 40	770 ± 60	680 ± 160
4	1100 ± 80	1100 ± 30	900 ± 30	940 ± 50	890 ± 130
5	1620 ± 110	1500 ± 140	1260 ± 90	1470 ± 190	1340 ± 230
6	1150 ± 30	930 ± 70	850 ± 80	890 ± 70	860 ± 90
7	1160 ± 70	880 ± 70	660 ± 70	700 ± 80	790 ± 120
8	1360 ± 390	1280 ± 60	940 ± 150	1010 ± 160	1170 ± 220
9	920 ± 30	860 ± 50	660 ± 100	740 ± 60	800 ± 90
10	680 ± 50	720 ± 110	430 ± 60	420 ± 70	490 ± 100
11	780 ± 70	810 ± 70	720 ± 140	740 ± 90	810 ± 80
12	340 ± 40	370 ± 30	340 ± 30	390 ± 60	440 ± 50
13	410 ± 60	460 ± 50	380 ± 40	450 ± 80	510 ± 60
14	540 ± 80	580 ± 70	440 ± 40	530 ± 80	620 ± 40
15	340 ± 10	390 ± 70	340 ± 20	330 ± 10	350 ± 20
16	750 ± 80	830 ± 100	720 ± 50	800 ± 90	850 ± 200
17	510 ± 80	550 ± 70	520 ± 90	550 ± 70	610 ± 120
18	530 ± 60	530 ± 60	500 ± 30	520 ± 60	520 ± 80
19	660 ± 90	680 ± 130	610 ± 60	650 ± 120	720 ± 150
20	720 ± 110	740 ± 120	710 ± 80	750 ± 130	780 ± 170
21	500 ± 60	490 ± 50	450 ± 50	490 ± 30	520 ± 20
22	780 ± 120	740 ± 70	730 ± 100	760 ± 70	800 ± 40
23	920 ± 160	880 ± 80	910 ± 130	960 ± 80	950 ± 30
24	520 ± 90	450 ± 50	510 ± 60	520 ± 60	520 ± 60

Tab. 5/33: Wasserverbrauch (ml) von *Lolium multiflorum* bei verschieden hohen Np-Konzentrationen im Boden

5.2.3.3 Zur Migration von H-3, Tc-99, Np-237, Pu-238, Am-241 und Cm-244 in Erdsäulen

M. Pimpl, G. Lancsarics, B. Bohn

Als Folge eines allerdings extrem unwahrscheinlichen, schweren Unfalles in einer Wiederaufarbeitungsanlage muß mit der Freisetzung von radioaktiven Substanzen, darunter Aktiniden, gerechnet werden, die zu einer ausgedehnten Kontamination der Umgebung führen können. Um eine schleichende Ausdehnung des Kontaminationsraumes zu verhindern, muß nach heutigem Kenntnisstand entweder die kontaminierte Erde abgetragen werden, oder aber mit einer dicken Schicht nichtkontaminierter Mutterbodens oder einer Betonschicht bedeckt werden.

Eine weitere Lösung dieses Problems könnte darin bestehen, daß eine Dekontamination der Erdoberfläche durch Verlagern der Aktiniden in tiefere Erdschichten auf chemischem Wege erfolgt. Durch Beregnen der Erdoberfläche mit komplexierenden Lösungen sollte es möglich sein, die Mobilität der Aktiniden im Boden drastisch zu erhöhen und sie mit dem Sickerwasser in tiefere Erdschichten oberhalb des Grundwasserspiegels zu verdrängen.

In einer ersten Versuchsreihe wurde das Sorptions-/Desorptions-Verhalten von Pu, Am und Cm an verschiedenen Böden in Gegenwart von verschiedenen Komplexbildnern untersucht. Die Ergebnisse zeigten, daß die stärkste Verschiebung des Adsorptions-/Desorptions-Gleichgewichts für Aktiniden in Richtung Desorption und damit eine maximale Mobilität mit konzentrierter DTPA-Lösung (DTPA = Diethylentriaminpentaacetat) zu erreichen ist. Daraufhin wurden in einem Vorversuch zwei Plexiglassäulen von 30 cm Durchmesser und 40 cm Höhe mit Sandboden aus dem Gelände des KfK gefüllt, mit Pu-239, Am-241 und Cm-244 an der Oberfläche kontaminiert und acht Wochen lang mit 0,1 M DTPA-Lösung von pH = 7 gegossen. Nach acht Wochen waren bereits 75 % der aufgegebenen Aktivität mit dem Sickerwasser ausgespült worden, bei Verdopplung der Gießmenge sogar 90 %.

Aufbauend auf diesen Voruntersuchungen wurde nun die Verlagerung von Aktiniden in Bodensäulen von 80 cm Länge und 34,5 cm Durchmesser untersucht, die neun verschiedene Böden in ungestörter Lagerung von zehn Stellen im Umkreis von maximal 150 km um das KfK enthielten. Die wichtigsten Kenndaten der verwendeten Böden sind in Tab. 5/34 zusammengestellt.

Auf der Oberfläche der Bodensäulen wurde Gras angesät. Von März 1983 bis Mai 1984 wurden die Säulen dreimal pro Woche gegossen, wobei die Wasserzufuhr entsprechend 750 mm Niederschlag pro Jahr bemessen wurde, um eine Wiedereinstellung des bodenphysikalischen Gleichgewichts zu erreichen. Anschließend wurde die Wasserzufuhr um das 10fache erhöht, da eine Dekontamination des Bodens nur im wassergesättigten Zustand möglich ist.

Als erstes wurden die Bodensäulen 3 cm unter der Oberfläche mit HTO versetzt, das mit dem Gießwasser durch die Säulen wanderte und im aufgefangenen Eluat gemessen wurde. Nachdem so sichergestellt war, daß die Erdsäulen keine Spalten und Risse aufwiesen, wurden nun die Säulen mit Tc, Np, Pu, Am und Cm 4 cm unter der Oberfläche kontaminiert. Durch Gießen mit Wasser wurde zunächst das Elutionsverhalten von Tc untersucht, bevor dem Gießwasser DTPA zugegeben wurde, um die Aktiniden zu mobilisieren. Im Eluat der Säulen wurde durch Alpha-Brutto-Messung überprüft, welcher Anteil der auf die Säulen aufgegebenen Aktiniden mit der DTPA-Lösung ausgespült wurde.

Säule Nr.	Entnahmeort	Bodenart	pH (CaCl ₂)	org. Substanz %	Abschlammbar %	Gesamt N %	Austauschkap. in meq/100 g		Ca meq/100 g	Nährstoffgehalt in ppm (einst.Extrakt)							
							T	S		P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	B	Na	Cu	Mn	Mo
1 2	Limburgerhof	Sand	6,3	0,8	18	0,05	4,8	4,0	3,8	180	50	40	0,35	8	8	161	0,10
3 4	Langenalb	Löß	4,1	0,3	25	0,02	6,1	1,7	1,7	30	30	20	0,13	7	1	85	0,14
5 6	Mühlacker	Muschelkalk	7,4	2,2	54	0,15	13,6	13,6	12,5	90	170	60	0,63	20	11	94	0,04
7 8	Sandhofen	Sand	4,3	2,0	9	0,07	2,5	0,5	0,5	230	90	10	0,13	4	9	79	0,14
9 10	KfK	Sand	4,7	0,2	15	0,01	8,4	5,9	5,0	20	30	90	0,12	14	1	35	0,12
11 12	KfK	Sand	4,6	0,3	15	0,02	2,0	0,1	0,1	20	10	10	0,1	4	0,2	34	0,12
13 14	Pfungstadt	Lehm	7,1	1,4	34	0,09	15,6	15,6	14,4	230	100	110	0,63	33	10	25	0,16
15 16	Neuhofen	Ton	7,3	1,9	51	0,11	10,6	10,6	9,2	300	340	30	0,79	8	9	100	0,17
17 18	Grötzingen	Löß	7,2	1,8	20	0,12	11,4	11,4	10,1	350	250	50	0,86	8	17	68	0,18
19 20	Durbach	Granitverwitterung	6,0	3,3	30	0,18	13,6	9,0	8,2	150	140	60	0,58	18	15	494	0,07

Tab. 5/34: Kenndaten der verwendeten Böden

Als Beispiel für die durchgeführten Untersuchungen sind in Abb. 5/13 die Ergebnisse der Aktivitätsmessungen in den aufgefangenen Sickerwasserproben der Säulen 7 und 8 aufgezeichnet. Die oberen Abbildungen zeigen für die einzelnen Säulen die im Sickerwasser gemessenen Aktivitätskonzentrationen in Abhängigkeit von der Zeit. Dabei ist zu beachten, daß die Kontamination der Säulen mit HTO, Tc und Aktiniden zeitlich versetzt durchgeführt wurde. HTO wurde am 23.06.1984 auf die Säulen aufgegeben und die Konzentration im Sickerwasser wurde bis 10.07.1984 gemessen. Tc wurde zusammen mit den Aktiniden am 27.06.1984 auf die Säulen gebracht und ab diesem Tag wurde die Tc-Konzentration und die Alpha-Brutto-Aktivität im Sickerwasser gemessen. Da die Tc-Bestimmung eine chemische Aufarbeitung der Proben erfordert und deshalb nicht alle Proben gemessen wurden, wurden in der Darstellung nur die bis dahin vorliegenden Ergebnisse berücksichtigt. In den Abbildungen in der Mitte ist für jede Säule die mit fortdauernder Versuchszeit insgesamt ausgespülte Aktivitätsmenge, bezogen auf die aufgegebenene Aktivität A_0 , als Funktion des insgesamt durch die Säule durchgelaufenen Wassers aufgetragen. Als Startpunkt wurde für HTO und Tc der Zeitpunkt der Kontamination festgelegt, für die Aktiniden der Beginn der Bewässerung mit DTPA-Lösung am 12.07.1984. Um den Austrag der einzelnen Nuklide mit dem Perkolationswasser vergleichen zu können, wurde die in einem Liter Eluat enthaltene Aktivitätsmenge, bezogen auf die zur Kontamination verwendeten, gegen die insgesamt durch jede Säule perkolierte Flüssigkeitsmenge aufgetragen. Die unteren Abbildungen zeigen diese normierten Darstellungen.

Elution von HTO

Die Markierung der Säulen mit HTO und das anschließende Ausspülen mit Wasser zeigte, daß in keiner der Säulen ein direktes Durchlaufen des Gießwassers durch die Säule in das aufgefangene Sickerwasser erfolgte, da im Eluat erst einige Tage nach der Kontamination HTO in meßbarer Konzentration gefunden wurde. Die Wanderung des HTO mit dem Gießwasser durch die einzelnen Säulen erfolgt sehr unterschiedlich und wird durch die Art des Bodens stark beeinflusst. Während bei Sandboden ein Elutionsprofil zu beobachten ist, wie es bei chromatographischen Prozessen auftritt, ist der Elutionspeak bei Ton und Lehm sehr viel schwächer ausgeprägt. Bei Muschelkalk, Granitverwitterung und Löß ist nur eine gleichmäßige HTO-Ausspülung aus den Säulen zu beobachten. Die Ursachen für dieses nicht einheitliche Wanderungsverhalten von HTO in den verschiedenen Böden sind mit den Kenndaten der Böden nicht zu erklären. Nach Abschluß der Versuche müssen beim Zerlegen der Säulen weitere Bodenparameter wie Porenverteilung, Lagerungsdichte und Korngrößenverteilung bestimmt werden. Aus dem Elutionsprofil von HTO wird für jede Säule die Wanderungsgeschwindigkeit des Sickerwassers durch den wassergesättigten Boden bestimmt werden. In den wenigen Fällen, wo dies nicht möglich ist, wird die Markierung mit HTO wiederholt und das Elutionsprofil erneut aufgenommen werden.

Elution von Tc

Aus den wenigen bisher vorliegenden Daten kann der Schluß gezogen werden, daß Tc - wenn es als TcO_4^- auf die Säulen gegeben wird - sich völlig analog dem HTO verhält, da die Elutionsprofile identisch sind. Erst die Analyse von Bodenproben wird Aufschluß darüber geben, ob ein Teil des TcO_4^- im Boden reduziert und als Tc(IV) adsorbiert wird.

Elution von Aktiniden

Die Aktiniden wurden zusammen mit Tc auf die Säulen aufgegeben. Während der Elution von Tc mit dem Gießwasser wurde keine Erhöhung der α -Aktivität im Sickerwasser gemessen. Erst einige Zeit nach Beginn des Gießens mit DTPA-Lösung stieg die α -Aktivität im Eluat der Säulen an. Die für die α -Aktivität gemessenen Elutionsprofile der einzelnen Säulen gleichen denen, die für HTO und Tc gemessen wurden. In Abb. 5/13 ist deutlich zu erkennen, daß die Peakmaxima der α -Akti-

vitätsmessung deutlich später auftreten als bei HTO und Tc, also eine gegenüber dem Sickerwasser verzögerte Ausspülung der Aktiniden erfolgt. Weiterhin ist festzustellen, daß bei höherer DTPA-Konzentration im Gießwasser (Säule 8) die Auswaschung von Aktiniden schneller erfolgt als beim Gießen mit der verdünnten DTPA-Lösung (Säule 7). Dies ist auf die Verschiebung des Adsorptions-/Desorptions-Gleichgewichts in Richtung Desorption durch die höhere Komplexbildnerkonzentration zurückzuführen. Aus dem gleichen Grund wurden auch aus den Säulen, die mit der höher konzentrierten DTPA-Lösung gegossen wurden, ein höherer Anteil der insgesamt aufgegebenen Aktiniden eluiert. Lediglich bei leichten Sandböden ist der Elutionsvorgang für Aktiniden so vollständig, daß kein Konzentrationseinfluß mehr feststellbar ist.

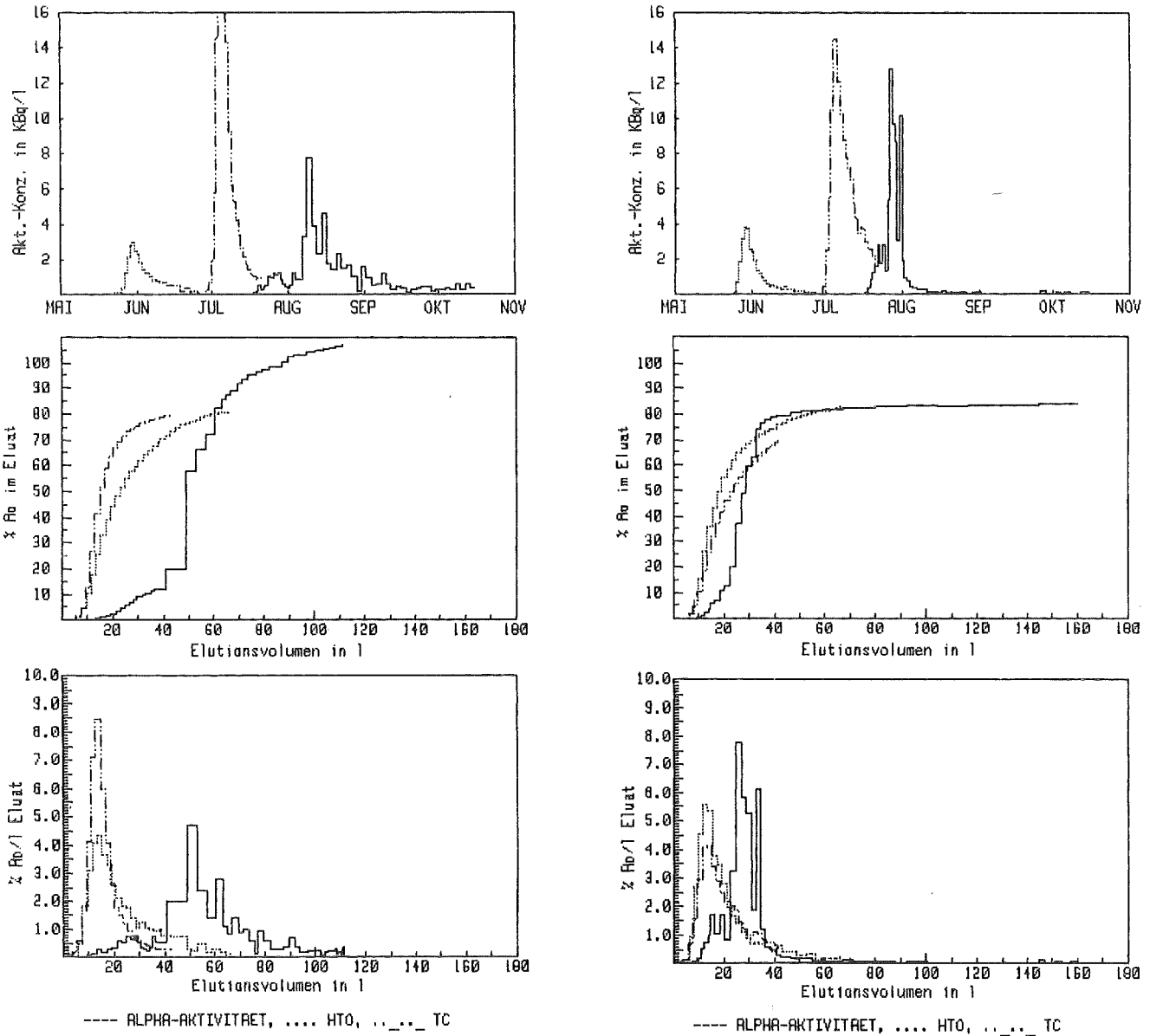


Abb. 5/13: Alpha-Brutto, HTO und Tc im Eluat von Säule Nr. 7 und 8

Im Anschluß an die Beregnung mit DTPA-Lösung werden die Bodensäulen nun so lange mit Wasser gegossen, bis das Komplexon vollständig aus dem Boden ausgewaschen ist. Durch gezielte Düngergaben werden dann die ausgelaugten Böden so konditioniert werden, daß sich wieder eine gesunde Graskultur entwickeln kann. Als Abschluß der experimentellen Untersuchungen werden die Säulen in Schichten von 3 - 5 cm zerlegt und die Konzentrationen an Tc und Aktiniden in den einzelnen Schichten gemessen werden. Die Verteilungsprofile im Boden und das Elutionsverhalten mit der Komplexbildnerlösung werden eine Aussage darüber zulassen, ob es möglich ist, im Feldversuch größere Bodenoberflächen durch Berieseln mit Komplexbildnern zu dekontaminieren, oder ob man mit einem solchen Vorgehen das Gefährdungspotential von der Erdoberfläche in den Grundwasserbereich verlagert.

5.2.3.4 Die Aktiniden- und Sr-90-Emissionen mit der Abluft wichtiger Emittenten des KfK und der WAK sowie mit dem Abwasser des KfK

S. Erat, K. Bender, P. Perchio

Die Verbrennungsanlage und die WAK als die wichtigsten Plutoniumemittenten des KfK sind von vordringlicher Bedeutung bei radioökologischen Untersuchungen von Pu. Die Messung von Monatsmischproben aus der Verbrennungsanlage der HDB auf abgeleitete Aerosolaktivität wurde bereits 1972 aufgenommen. Von den mit der Abluft der Verbrennungsanlage täglich bestaubten Aerosolfiltern werden seit 1976 nuklidspezifische Analysen durchgeführt. Die bei der Aktinidenanalyse durch Elektroplattieren erhaltenen Präparate werden α -spektrometrisch gemessen. Zur Ausbeuteberechnung der Aktiniden dient zugesetztes Pu-236 bzw. Am-243. Sr-90 wird als SrSO₄-Präparat im Low-level- β -Meßplatz gemessen.

Die Überwachung der Abgabe der Aerosolaktivität der WAK erfolgt in der WAK selbst. Die Aktinidenanalysen der Aerosolfilter werden in der HS/R durchgeführt. Hierzu werden Teilfilter der in der WAK bestaubten Aerosolfilter monatlich auf ihren Aktinidgehalt analysiert. Die Messung erfolgt im α -Spektrometer wie oben beschrieben.

Die Ergebnisse der Messungen der Abluftemissionen sind in Tab. 5/35 bis 5/37 wiedergegeben.

Monat	Emissionsraten in der Abluft in kBq/Monat					
	WAK			Verbrennungsanlage		
	Am-241	Cm-242	Cm-244	Am-241	Cm-242	Cm-244
März	343	< 2	191	-	-	-
April	1 938	16,3	1 531	-	-	-
September	3,1	< 0,2	< 0,5	134	0,4	46
Oktober	28	< 1,2	5,8	172	< 0,3	16
November	206	< 1,0	39	7,4	< 0,1	0,6
Dezember	71	< 0,6	11	203	< 0,1	17

Tab. 5/35: Aktinidenemission mit der Abluft der WAK und der Verbrennungsanlage 1983

In monatlichen Mischproben des Abwassers des KfK werden die Radionuklide Sr-90 sowie Pu-238 und Pu-239+240 bestimmt. Die Messung des Sr-90-Präparates erfolgt in einem Low-level- β -Meßplatz. Die Pu-Isotope werden α -spektrometrisch gemessen. Die Emissionsraten mit dem Abwasser für 1984 sind Tab. 5/38 zu entnehmen.

Monat	Emissionsraten in der Abluft in kBq/Monat				
	Pu-238	Pu-239+240	Am-241	Cm-242	Cm-244
Januar	79	125	76	111	40
Februar	160	261	173	78	38
März	113	187	141	230	44
April	144	235	20	65	15
Mai	64	108	18	20	5
Juni	0,8	1,0	0,7	< 0,1	< 0,2
Juli	0,3	0,4	0,7	< 0,2	< 0,1
August	1,7	1,1	1,0	< 0,1	< 0,1
September	< 0,4	1,1	0,3	< 0,1	< 0,1
Oktober	< 0,5	< 0,5	-	-	-
November	0,4	0,3	-	-	-
Dezember	-	-	-	-	-

Tab. 5/36: Emissionsraten mit der Abluft der WAK 1984

Monat	Emissionsraten in der Abluft in kBq/Monat			
	Pu-238	Pu-239+240	Sr-89	Sr-90
Januar	84	14	3,6	3,8
Februar	14	12	< 4,1	79
März	10 320	480	< 10	326
April	16	2,2	< 2,7	2,8
Mai	11	0,8	< 1,1	< 1,4
Juni	24	21	10	14

Tab. 5/37: Emissionsraten mit der Abluft der Verbrennungsanlage 1984

Monat	Emissionsraten in MBq/Monat		
	Pu-238	Pu-239+240	Sr-90
Januar	0,52	0,41	11,69
Februar	0,44	0,48	2,26
März	1,11	1,04	2,52
April	0,56	0,59	62,72
Mai	0,22	0,30	94,05
Juni	0,37	0,48	< 1,96
Juli	0,33	0,68	15,62
August	0,40	0,48	15,09
September	0,32	0,23	5,79
Oktober	0,44	0,33	6,55
November	0,24	0,29	4,83
Dezember	< 0,54	0,59	1,07

Tab. 5/38: Emissionsraten von Pu-238, Pu-239+240 und Sr-90 mit dem Abwasser des KfK 1984

5.2.3.5 Pu-241 in Emissionen und in der Umgebung des KfK

S. Erat, K. Bender, P. Perchio

Pu-241 ist ein schwacher β -Strahler ($E_{\max} = 20$ keV; HWZ = 14,4 a), der in abgebranntem Kernbrennstoff in hoher spezifischer Aktivität auftritt. Die Messung von Pu-241-Aktivitätskonzentrationen in der Umgebung des KfK sowie in der Abluft und dem Abwasser wichtiger Emittenten

ist daher von Bedeutung. Die in der HS/R entwickelte Methode erlaubt die Pu-241-Messung in einem Flüssigszintillationsspektrometer nach Elektrodeposition des Plutoniums auf einem Edelmetallplättchen. Die so ermittelten Pu-241-Gehalte sind in den nachfolgenden Tabellen wiedergegeben.

Institut	Pu-241-Emissionsraten in kBq/Quartal			
	1. Quartal	2. Quartal	3. Quartal	4. Quartal
HDB 545	30	< 135	< 59	< 63
HDB 555	< 8	< 52	< 17	< 16
HDB 548 Ost	< 60	60	< 69	< 47
HDB 548 West	< 12	< 25	< 73	< 69

Tab. 5/39: Pu-241-Emissionsraten in der Abluft der HDB 1982

Monat	Pu-241-Emissionen in MBq/Monat						
	WAK			Verbrennungsanlage		Endbecken KfK	
	1982	1983	1984	1983	1984	1983	1984
Januar	-	7,8	9	6,9	0,9	< 31	< 50
Februar	-	0,7	20	0,5	0,5	160	< 38
März	-	1,1	16	37,7	45	50	< 36
April	-	10,1	13	28,0	0,1	80	< 28
Mai	-	13,3	8	0,7	23	60	< 28
Juni	0,1	8,6	0,1	0,6	1,9	430	< 24
Juli	< 0,1	4,2	0,1	< 0,1	-	110	< 31
August	< 0,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	-	90	< 25
September	0,2	0,4	< 0,1	1,0	-	29	< 18
Oktober	740	7,5	< 0,1	2,4	-	40	< 236
November	4,6	27,1	< 0,3	2,4	-	40	< 28
Dezember	8	13,6	-	8,2	-	< 72	-

Tab. 5/40: Pu-241-Emissionen mit der Abluft der WAK, der Verbrennungsanlage der HDB und dem Abwasser des KfK

Probenahmeort und -datum der Pu-241-Aktivität in mBq/g TS					
Boden		Seston		Schlamm	
Augustenberg, 9/83	< 4,1	Altrhein, 2/83	270	Altrhein, 2/83	40
WAK-Südwest, 9/83	< 3,3	Altrhein, 5/83	2 200	Altrhein, 5/83	60
WAK-Nordost, 9/83	< 4,9	Altrhein, 8/83	3 300	Altrhein, 8/83	600
Augustenberg, 9/84	< 4,6	Altrhein, 11/83	1 300	Altrhein, 11/83	600
WAK-Südwest, 9/84	< 5,3	Altrhein, 2/84	150	Altrhein, 2/84	9
WAK-Nordost, 9/84	< 6,9	Altrhein, 5/84	150	Altrhein, 5/84	40
		Altrhein, 8/84	700	Altrhein, 8/84	30
		Altrhein, 11/84	420	Altrhein, 11/84	< 5,6

Tab. 5/41: Pu-241 in Umgebungsproben des KfK 1983 und 1984

Probenahmezeitraum	Pu-241-Aktivität auf Luftstaubfiltern in mBq/m ³		
	Forsthaus	Hütte West	Hütte Nord-Ost
03.01.-31.01.	< 0,07	< 0,09	< 0,07
03.02.-28.02.	< 0,09	< 0,06	< 0,09
03.03.-31.03.	< 0,07	< 0,09	< 0,08
05.04.-28.04.	< 0,06	< 0,09	< 0,08
02.05.-30.05.	< 0,20	< 0,05	< 0,09
03.06.-30.06.	< 0,25	< 0,05	< 0,07
04.07.-28.07.	< 0,06	< 0,08	< 0,08
01.08.-29.08.	< 0,06	< 0,06	< 0,07
01.09.-29.09.	< 0,07	< 0,05	< 0,08
03.10.-31.10.	< 0,05	< 0,05	< 0,06
03.11.-28.11.	< 0,06	< 0,07	< 0,16
01.12.-29.12.	< 0,06	< 0,06	< 0,09

Tab. 5/42: Pu-241-Aktivität auf Luftstaubfiltern von den Meßhütten des KfK 1983

Probe	Pu-241-Aktivität in mBq/g TS
1. Boden, NUKEM, Hanau (1. März 1983, Meßstelle 4)	5 ± 2
2. Boden, NUKEM, Hanau (1. März 1983, Meßstelle 4)	9 ± 2
3. Boden, NUKEM, Hanau (1. März 1983, Geißberg)	< 6,3
Tintenfisch Rückenschild (19. September 1983, Atlantik)	< 3,7
Austernschalen (19. September 1983, Atlantik)	1,9 ± 0,4

Tab. 5/43: Sonderproben 1983

5.2.3.6 Die konventionelle Analytik von Boden- und Pflanzenproben

5.2.3.6.1 Die Bestimmung von Elementen in Pflanzen- und Bodenproben mittels Atomemissionspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma und Atomabsorptionsspektrometrie

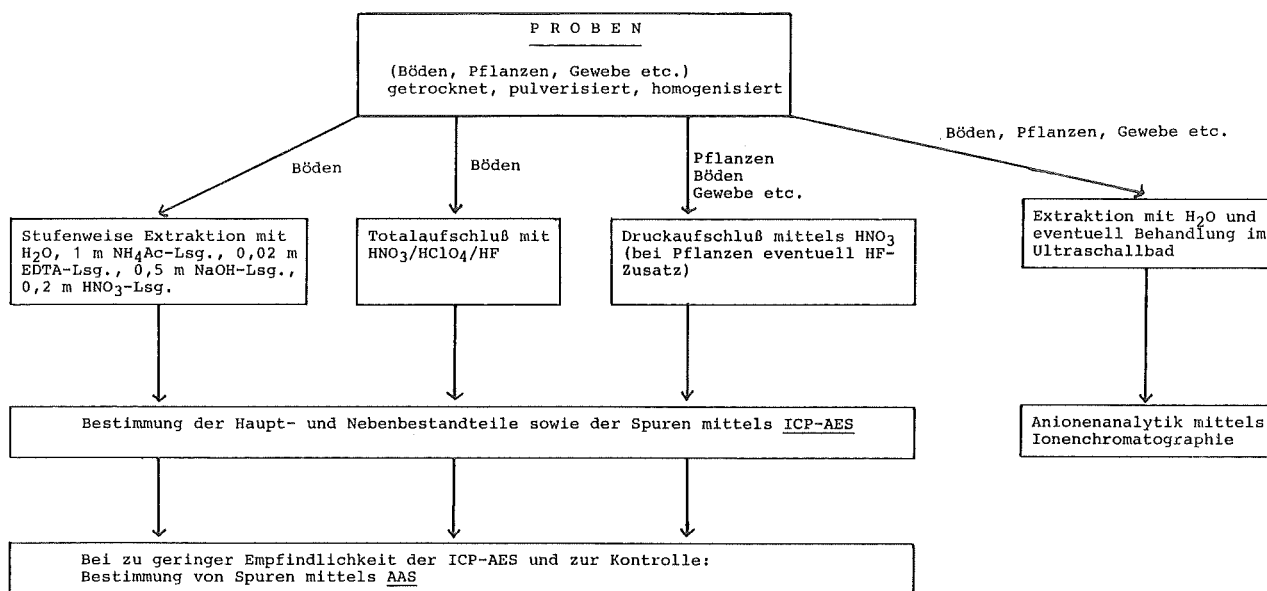
T. Liese, J. Hiller

Die Messung von Transferfaktoren Boden/Pflanze wird häufig mit radioaktiven Tracern durchgeführt. Die Messung mit inaktiven, natürlichen Spuren in Boden und Pflanze hat den Vorteil, daß die Meßtechnik für viele Elemente wesentlich billiger ist und die Spuren mit der Erde sich bereits im chemischen Gleichgewicht befinden. Zusätzlich zu der radiochemischen Analytik wurden und werden - soweit möglich - Vorversuche mit entsprechenden inaktiven Elementen bzw. Proben gemacht. Dies betrifft zum Beispiel die Überprüfung der erreichbaren Homogenität bei Zugabe von Elementen zu Böden, die Ermittlung des Einflusses der Gefäßgröße auf die Ergebnisse, die Erarbeitung von Extraktionsverfahren, Ermittlung der notwendigen Anzahl von Parallelbestimmungen und das Auswählen der geeigneten Aufschlußmethoden zum Lösen der Pflanzenprobe. Das inaktive Arbeiten dient außerdem der Vorbereitung entsprechender aktiver Versuche bzw. der Klärung des Verhaltens dieser radioaktiven Elemente in der Umwelt. Bei der Bestimmung des Transfers Boden/Pflanze hat man sich in vielen Fällen damit begnügt, die Konzentration des betrachteten Elementes in diversen Pflanzenteilen und im Boden zu bestimmen. Für ein besseres Verständnis des Verhaltens der betreffenden Elemente im Boden und in der Pflanze ist es jedoch auch wichtig zu wissen, wie sich simultan zur Aufnahme eines Schadstoffes die Gehalte bzw. Aufnahmen der anderen Elemente ändern. Man erhält so tiefergehende Aussagen über die möglichen Wirkungen, Angriffsorte und Konkurrenzreaktionen.

Ein wesentlicher Gesichtspunkt ist auch das Verhalten der Elemente im Boden selbst. Je nach Art und chemischer Konstitution des Bodens ist die Bindung an den Boden, die Pflanzenverfügbarkeit und Neigung zur Auswaschung unterschiedlich. Um darüber Kenntnisse zu erlangen, ist die Erarbeitung und der Einsatz gezielter Auslaugeverfahren sowie eine Kenntnis der Gesamtzusammensetzung des Bodens (Kationen und Anionen) notwendig. Aufgrund der Vielzahl an Einzelmessungen eignen sich für solche Untersuchungen nur schnelle Meßverfahren wie z. B. die ICP-AES und die AAS. Seit 1983 wurden in der HS/R geeignete Meßmethoden eingeführt, kalibriert und auf verschiedene Fragen angewandt.

Die folgende Darstellung zeigt schematisch die Analysengänge zur Bestimmung von Elementen in Pflanzen- und Bodenproben (zur Beschreibung der Meßmethoden siehe /21/).

Schema der konventionellen Analytik



ICP-AES

Für die ICP-AES wurden bisher 22 Meßabläufe erstellt, die insgesamt 53 Elemente erfassen. Für einen Teil dieser Elemente ist jedoch noch Entwicklungsarbeit zu leisten, oder die Bestimmung dieser Elemente in Pflanzen- und Bodenproben ist wegen zu geringer Empfindlichkeit der ICP-AES nicht möglich. In diesen Fällen wird, sofern möglich, eine Analyse mit der AAS bzw. der Flammenphotometrie durchgeführt. Die für Pflanzen wichtigen Elemente können jedoch mit wenigen Ausnahmen (Kalium, Stickstoff) aufgrund der vorhandenen Analysenverfahren mittels ICP-AES und/oder AAS bestimmt werden. Neben den 22 auf umweltrelevante Matrices bezogenen Meßabläufen wurde im Rahmen eines Ringversuchs noch ein Verfahren zur Bestimmung von 16 Elementen in HAW-Simulat entwickelt.

Die Überprüfung der Meßverfahren geschah und geschieht durch direkten Vergleich der ICP-AES mit der AAS, durch Teilnahme an Ringversuchen sowie durch die Analyse von Standardreferenzmaterialien.

Tab. 5/44 gibt die momentane Elementpalette sowie die erzielten Nachweisgrenzen bei der ICP-AES wieder und zeigt an, für welches Element in Pflanzen- und Bodenproben die Empfindlichkeit im allgemeinen ausreichend ist.

Element	NWG* für Böden (µg/g TG)	NWG ausreichend zur Bestimmung in		Element	NWG* für Böden (µg/g TG)	NWG ausreichend zur Bestimmung in	
		a) Pflanzen	b) Böden			a) Pflanzen	b) Böden
Fe	3,5	ja	ja	La	0,86	nein	ja
Al	8,6	ja	ja	Ce	11	nein	ja
Ca	2,4	ja	ja	K	6600	nein	nein
Mg	0,23	ja	ja	Rb	600	nein	nein
Na	5	ja	ja	Li	1,3	nein	ja
Mn	0,15	ja	ja	In	23,5	nein	ja
Zn	0,24	ja	ja	Dy	1,02	nein	ja
Sr	0,06	ja	ja	Er	1,4	nein	ja
Ba	0,1	ja	ja	Nd	10,7	nein	ja
Cd	0,3	nein	unsicher	Sm	3,3	nein	ja
Co	1,5	nein	ja	Y	0,14	nein	ja
Cr	2,4	nein	ja	Th	3,6	nein	ja
Cu	0,5	unsicher	ja	Eu	0,42	nein	ja
Ni	2	nein	ja	Sc	0,17	nein	ja
Pb	6,6	unsicher	ja	Ga	5,7	nein	ja
S	8,6	ja	ja	Gd	2,0	nein	ja
P	7,2	ja	ja	Zr	1,3	nein	ja
Ti	0,2	unsicher	ja	Te	11,0	nein	nein
As	6	nein	unsicher	Ru	2,6	nein	nein
V	2,4	unsicher	ja	Rh	8,0	nein	nein
Be	0,05	nein	ja	Yb	3,0	nein	unsicher
B	2,4	unsicher	ja	Hf	49	nein	nein
Mo	0,2	nein	ja	Re	1,6	nein	nein
Sb	22	nein	nein	Hg	0,240	nein	nein
Si	17	ja	ja	Se	1,05	nein	unsicher
Bi	7,7	nein	nein	Tl	1,3	nein	unsicher
Sn	39	nein	nein				

* Nachweisgrenze hier als $3 \sigma/s$ (s = Empfindlichkeit) $\times 100$ (Verdünnungsfaktor für Bodenproben). Diese Nachweisgrenze stellt somit die qualitative Grenze dar (LOD = Limit of Detection). Die Grenze zum sicheren quantitativen Nachweis (LOQ = Limit of Quantitation) liegt 3,3mal höher. Die entsprechenden Nachweisgrenzen für Pflanzen sind ca. 30 % niedriger, da der Verdünnungsfaktor geringer ist.

Tab. 5/44: Elemente, die aufgrund der vorhandenen Meßabläufe mittels ICP-AES bestimmt werden können bzw. deren Bestimmung vorbereitet wird

In der Tab. 5/45 wird am Beispiel dreier Standardreferenzmaterialien die Leistungsfähigkeit der ICP-AES demonstriert.

AAS

Die Atomabsorptionsspektrometrie wird in erster Linie als Ergänzung zur ICP-AES eingesetzt. Dies geschieht einerseits, um mittels ICP-AES erzielte Ergebnisse zu überprüfen, andererseits zur Durchführung von Analysen, die aufgrund der Nachweisgrenze mittels ICP-AES nicht möglich sind. Beispiele hierfür wäre die Bestimmung von Cadmium, Chrom, Cobalt und Blei in Pflanzenproben. Da bei der konventionellen Spurenanalytik die Kontaminationsgefahr groß ist und mit zunehmender Anzahl der Arbeitsschritte steigt, ist man bemüht, leistungsfähige Methoden, welche Anreicherungs- und Extraktionsschritte überflüssig machen, einzusetzen. Die Atomabsorptionsspektrometrie mit Anregung im Graphitrohrföfen ist so eine Methode. Mittels dieser Methode wurden bisher die Elemente Arsen, Cadmium, Cobalt, Chrom, Blei, Selen, Kupfer und Antimon in Pflanzen und Bodenproben bestimmt.

Element	BCR 144 ¹⁾		BCR 143 ²⁾		BCR 141 ³⁾	
	gefunden	"Soll"	gefunden	"Soll"	gefunden	"Soll"
Fe	46400±700	(47700±1700) ⁴⁾	25300±900	(21400±2500)	22600±700	(23600±2600)
Al	16200±100	(18500)	49200±2000	(50400±1700)	51100±2500	(54200)
Ca	38000±800	(41000)	62300±1400	(35000)	118200±3600	(113000)
Mg	4960±95	(4400±400)	25100±430	(25000)	5700±200	(6000)
Na	1047±16	(700±300)	3116±34	(200/3100)	3100±100	(3000)
Mn	423±9	449±13	1013±10	999±62	494±9	(547)
Zn	3188±42	3143±103	1291±8	1272±30	81±2	81,3±3,7
Sr	97±2	---	145±1	(136/140)	397±5	(470)
Ba	561±14	---	981±7	(920/940)	214±5	(251/235)
Cd	4,9±0,3	4,82±0,97	32,7±1,5	31,1±1,2	1,5±0,1	0,36±0,1
Co	10,4±0,6	9,06±0,6	14,2±0,7	11,8±1,2	12±0,4	(9,2)
Cr	450±8	(485±44)	204±21	228±19	66,4±0,1	(75)
Cu	686±11	713±26	232±1	236,5±8,2	30,8±2,4	32,6±1,4
Ni	897±18	942±22	93,2±3	99,5	28,6±0,2	(30,9)
Pb	451±10	495±19	1249±19	1333±39	27,4±2,1	29,4±2,6
S	6129±99	---	2128±38	---	1372±24	---
P	21400±350	(22200)	4212±145	---	632±17	(700)
Ti	1160±30	(1230)	4093±32	(3580)	2847±101	(2800)
As	11,1±3,2	(6,7±0,7)	18,1±0,1	(18,5/16,1/19,6/15)	9±1,4	7,9±1,3
V	---	(14,1±3)	87,1±1,3	---	81±2,1	---
Be	0,5±0,01	(0,66±0,03)	1,73±0,23	---	2±0,1	---

*Alle Angaben in µg/g TG (n = 3)

- 1) Klärschlamm häuslichen Ursprungs
- 2) Mit Klärschlamm beaufschlagter Boden
- 3) Kalkhaltiger Lehm Boden
- 4) Werte in Klammern sind lediglich Informationswerte. Teilweise sind mehrere im Report angegebene Einzelwerte zu einem Mittelwert zusammengefaßt

Tab. 5/45: Überprüfung des ICP-Meßverfahrens mit Standardreferenzmaterialien

Für die Atomabsorptionsspektrometrie mit Anregung im Graphitrohr wurden in Böden folgende Nachweisgrenzen erreicht: Cr 0,024; Co 0,2; Cu 0,06; Ni 0,08; Pb 0,022; Cd 0,003; Se 0,032; As 0,013; Sb 0,02. Alle Angaben beziehen sich auf µg/g TG und stellen die Nachweisgrenze im Sinne der LOD dar (s. Tab. 5/44). Bei den Elementen Se, As und Sb wurde mit elektrodenlosen Entladungslampen und der Plattform-Technik gearbeitet.

5.2.3.6.2 Analytik von Anionen mittels Ionenchromatographie

Th. Liese, J. Hiller

Im Rahmen der im Gewächshaus des KfK durchgeführten Versuche zum Thema Transferfaktoren Boden/Pflanze sowie zu Wirkung und Einfluß von Radionukliden und Schwermetallen auf Pflanzen ist es zur besseren Interpretation der Ergebnisse notwendig, parallel zur Kationenbestimmung eine Anionenbestimmung durchzuführen. Anionen sind nicht nur entsprechende Begleitelemente der Kationen, sondern auch für die Ernährung der Pflanzen von Bedeutung (z. B. Nitrat, Phosphat) oder können als Schadstoffe wirken (z. B. Fluorid).

Bisher wurden geringe Konzentrationen an Anionen meist photometrisch oder mit ionensensitiven Elektroden bestimmt. Zusätzlich zu der teilweise hohen Anfälligkeit beider Methoden in bezug auf Störungen ist der Arbeitsaufwand besonders bei der Photometrie bezogen auf die Einzelelementbestimmung groß.

Die Ionenchromatographie brachte hier entscheidende Verbesserungen, da sie nicht nur die sequentielle Bestimmung mehrerer Anionen in einem Analysengang ermöglicht, sondern zusätzlich für viele Anionen ein hervorragendes Nachweisvermögen besitzt. Heute gibt es bereits mehrere Methoden und Techniken der Ionenchromatographie, wobei man grundsätzlich Einsäulen- und Zweisäulensysteme unterscheidet. Das von uns verwendete Gerät arbeitet nach dem Zweisäulensystem. Durch Kopplung einer Ionenaustausch-Trennsäule mit einer zweiten Ionenaustauschsäule, die den Elektrolyten im Elutionsmittel "neutralisiert", d. h. die Untergrundleitfähigkeit vermindert, kann ein Leitfähigkeitsdetektor zur Bestimmung von Ionen verwandt werden. Heute erfolgt die Neutralisation des Eluenten, wie auch bei dem von uns betriebenen Gerät, mittels eines Hohlfasermembransuppressors. Der Eluent gelangt über eine Hohlfasermembran mit einem entsprechenden Neutralisationsmittel in Kontakt, welches ständig erneuert wird. Eine den Analysenbetrieb unterbrechende Regeneration der Suppressorsäule entfällt also.

Durch Wahl der entsprechenden Ionenaustauschmaterialien und des Eluenten ist entweder eine Kationen- oder eine Anionenbestimmung möglich. In der Anionenanalytik wird ein Harz mit quarternären Ammoniumgruppen eingesetzt. Als Elutionsmittel dient ein Gemisch von Natriumkarbonat und Natriumhydroxid (Karbonat- und Hydrogenkarbonationen). Das Verhältnis dieser beiden Anionen bestimmt die Elutionsstärke. Im Hohlfasermembransuppressor werden die Natriumionen gegen Wasserstoffionen ausgetauscht. Es entsteht kaum dissoziierte Kohlensäure. Die Hintergrundleitfähigkeit ist also äußerst gering, so daß eine empfindliche konduktometrische Messung möglich wird.

Die Leitfähigkeitsmessung bietet den Vorteil, daß sie universell ist, in einem Analysengang also mehrere Ionen sequentiell bestimmt werden können. Die heute verwendeten Leitfähigkeitsdetektoren (Zellvolumen meist im Bereich von einigen μl) haben oft einen linearen Arbeitsbereich von einigen ng/ml bis hin zu $100 \mu\text{g/ml}$.

Heute wird die Ionenchromatographie bereits in einem weiten Feld eingesetzt. Meist bei der Bestimmung von Ionen in Wässern aller Art, aber auch in Gesteinen und Böden, zur Reinheitskontrolle bei Lebensmitteln, pharmazeutischen und kosmetischen Produkten sowie in der technischen und klinischen Analytik.

Zur Ermittlung von Parametern wie Stabilität, Nachweisgrenze, Temperaturabhängigkeit, Reproduzierbarkeit usw. wurde eine Serie von Trinkwasserproben aus der Umgebung des KfK untersucht. Die Tab. 5/46 gibt die Ergebnisse wieder. Die für das Nitrat gefundenen Werte bestätigen die von anderen Autoren veröffentlichten Daten, die in Gegenden hohen Weinanbaus (Brunnen in Fließrichtung unterhalb des Weinbaus) und intensiver landwirtschaftlicher Nutzung ebenfalls erhöhte Nitratgehalte fanden. Da jeweils nur eine Probe gezogen wurde, sind die angegebenen Daten lediglich Informationswerte.

Hinsichtlich des Fluorids muß angemerkt werden, daß bei der in diesem Fall verwendeten Säulen/Eluent-Kombination auch andere Ionen (Acetat, Formiat) mit ähnlicher Retentionszeit eluiert werden. Versuche zur Trennungsoptimierung und gezielteren Erfassung des Fluorids in Pflanzen und Böden werden derzeit durchgeführt.

Entnahmestelle	Anionenkonzentrationen in µg/kg			
	F ⁻	Cl ⁻	NO ₃	SO ₄ ²⁻
Karlsruhe 1	0,34 ± 0,01	16,8 ± 0,2	3,6 ± 0,4	86,3 ± 0,2
Karlsruhe 2	0,32 ± 0,03	22,4 ± 0,2	5,9 ± 0,1	92,6 ± 0,7
Neureut	0,37 ± 0,06	18,0 ± 0,2	5,4 ± 0,1	103,6 ± 0,9
Linkenheim	0,17 ± 0,01	33,7 ± 0,2	10,1 ± 0,6	91 ± 1
Hochstetten	0,3 ± 0,1	36,2 ± 0,0	9,9 ± 0,4	99 ± 2
Liedolsheim	0,3 ± 0,1	5,1 ± 0,6	0,57 ± 0,07	15 ± 2
Liedolsheim/Br	0,6 ± 0,3	27 ± 1	11 ± 1	80 ± 4
Rheinhausen	0,6 ± 0,4	19 ± 1	0,67 ± 0,01	96,7 ± 0,9
Rheinhausen/Br	1,7 ± 0,3	27 ± 1	1,6 ± 0,1	184 ± 1
Philippsburg	1,0 ± 0,7	32,2 ± 0,4	12,8 ± 0,1	120,6 ± 0,5
Weingarten	1,5 ± 0,1	28,6 ± 0,2	50 ± 1	98 ± 3
Bruchsal	1,2 ± 0,2	37 ± 1	39 ± 2	147 ± 3
Langenbrücken	0,88 ± 0,01	25,6 ± 0,5	46,2 ± 0,2	85 ± 1
Heidelsheim	1,9 ± 0,1	44 ± 1	51 ± 2	68 ± 2
Neuthard/Br	0,8 ± 0,3	70,6 ± 0,3	129 ± 2	120 ± 1
Neuthard	0,64 ± 0,03	33,9 ± 0,6	65,9 ± 0,7	112,7 ± 0,1
Blankenloch	1,3 ± 0,1	27,5 ± 0,6	31 ± 0,9	117 ± 3
Jockgrim	0,74 ± 0,01	5,2 ± 0,0	0,5 ± 0,3	5,3 ± 0,7
Jockgrim/Br	0,79 ± 0,07	31,8 ± 0,8	-	5,0 ± 0,1
Rheinzabern	-	4,3 ± 0,2	0,66 ± 0,02	5,2 ± 0,1
Neupotz	0,28 ± 0,03	4,0 ± 0,1	0,8 ± 0,1	5,2 ± 0,1

Tab. 5/46: Bestimmung von Anionen im Trinkwasser (Mittelwert aus zwei Messungen ± Standardabweichung, Br bezeichnet einen privaten Brunnen)

5.2.3.7 Aufnahme von Cobalt, Blei und Chrom in Gras in Abhängigkeit von der Topfgröße und der Schwermetallkonzentration

T. Liese, W. Schmidt

Es wurde überprüft, inwieweit der Transferfaktor Boden/Pflanze der radioökologisch relevanten Elemente Cobalt, Blei und Chrom von der Bodenkonzentration der Elemente und der Topfgröße abhängt. Ferner war von Interesse, in welchem Maß die chemische Wirkung der Schwermetalle sich auch in einer Konzentrationsänderung von z. B. essentiellen Elementen niederschlägt. Zur Versuchsanlage siehe /21/. Bis zum Absterben des Grasses erfolgten in 14tägigem Rhythmus elf Schnitte, von denen bisher neun gemessen wurden.

Zu einer ersten Auswertung sind die Schnitte 1 bis 6 zusammengefaßt worden. Bestimmt wurden in jeder Probe die Elemente Schwefel, Phosphor, Eisen, Aluminium, Kalzium, Magnesium, Natrium, Mangan, Zink, Cobalt, Chrom, Blei und Kalium. Aus den bisher ausgewerteten Meßergebnissen läßt sich folgendes ableiten: Durch Zugabe von Schwermetallen zum Boden reduziert sich der Wasserverbrauch und der Ertrag gegenüber der Vergleichsprobe. Einzige Ausnahme ist im Falle der geringsten Cobaltkonzentration zu verzeichnen, wo sich eher eine positive Spurenelementwirkung bemerkbar machte. Die Aufnahme durch die Pflanze ist für alle drei Elemente unterschiedlich hoch. Der mit Abstand höchste Transfer wird bei Cobalt gefunden. So führt die Zugabe von 200 µg Cobalt/g Boden zu einem Gehalt von bis zu 100 µg Cobalt/g Gras TS, wohingegen bei Zugabe von 900 µg Blei/g Boden nur wenig mehr als 10 µg/g Gras TS gefunden werden. Nur wenig niedriger als der Transferfaktor für Blei ist jener für Chrom. Die hohe Aufnahme von Cobalt schlägt sich dann auch deutlich in der Auswirkung auf das Gras nieder. Die Zugabe von 400 µg Cobalt/g Boden führte in kurzer Zeit zum Absterben der Kultur und auch die auf mit 200 µg bzw. 50 µg Cobalt/g Boden kontaminierten Böden wachsenden Pflanzen zeigten deutliche Schäden.

Interessant ist auch die Wirkung der Schwermetalle auf die Gehalte des Grases an anderen Elementen. Während sich für Eisen, Aluminium und Zink keine nachweisbaren Veränderungen ergaben, waren besonders bei den Pflanzen mit den höchsten Schwermetallgehalten die Konzentrationen einiger Elemente verändert. Die Abbn. 5/14 und 5/15 zeigen dies am Beispiel des 5. und 6. Schnittes (70 bzw. 84 Tage nach der Aussaat) der mit Chrom kontaminierten Töpfe. Die Darstellung erfolgte doppeltlogarithmisch. Während bei der Kontrollprobe vom 2. Schnitt an (28 Tage nach der Aussaat) Kalzium, Phosphor, Magnesium und Mangan eine fallende Tendenz zeigten, ist bei Chromzugabe für Kalzium und Magnesium eine Zunahme zu verzeichnen. Die schwankenden Chromwerte beim 6. Schnitt sind auf Kontaminationen bzw. Fehler beim Aufschluß zurückzuführen.

Hinsichtlich der Variation der Topfgrößen zeigt sich kein bedeutender Einfluß, doch muß hier erst noch eine genauere Auswertung der Ergebnisse erfolgen.

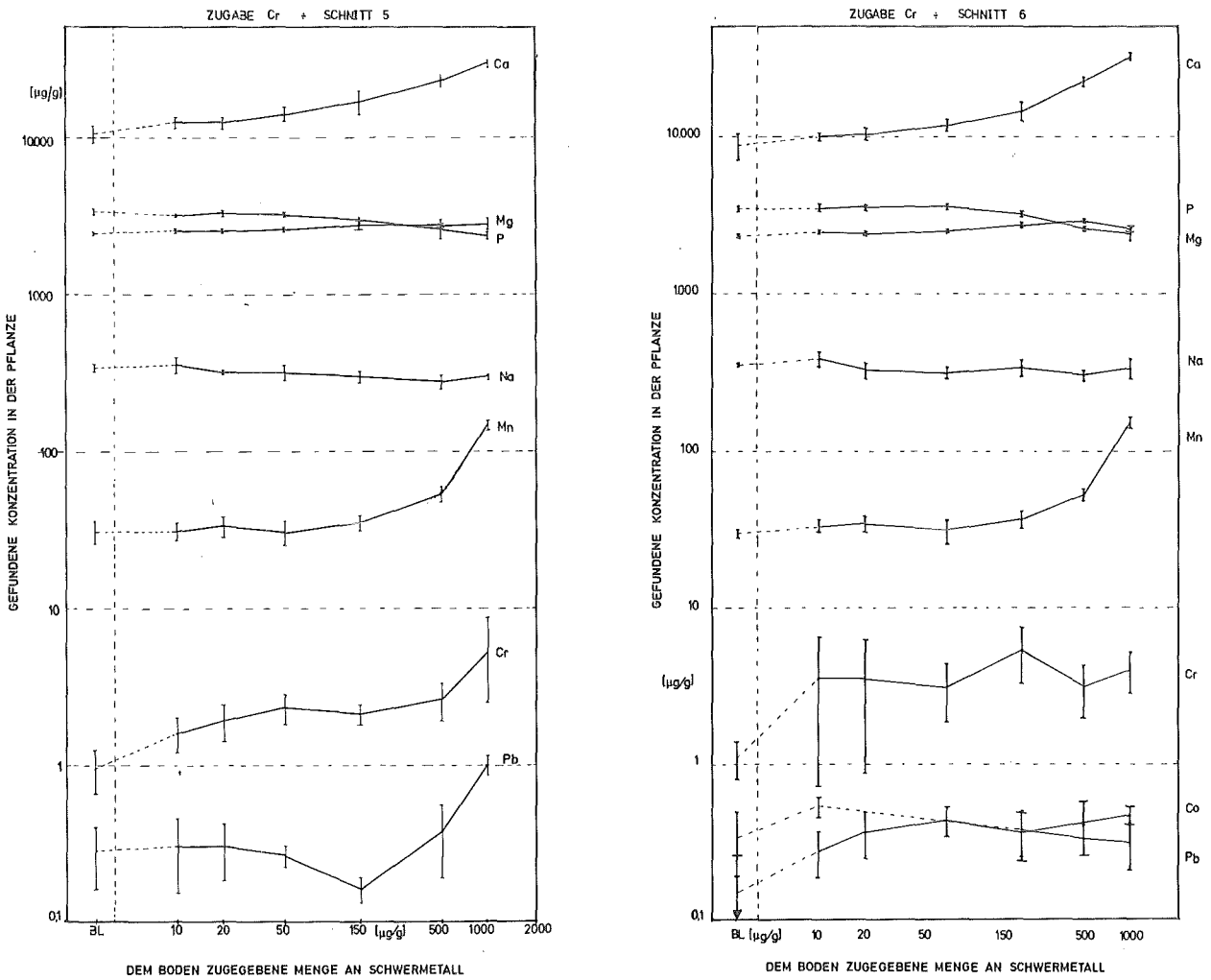


Abb. 5/14 und 5/15: Abhängigkeit des Elementgehaltes (Kalzium, Phosphor, Magnesium, Natrium, Mangan, Chrom, Cobalt und Blei) in *Lolium multiflorum* von der dem Boden zugefügten Menge an Schwermetall (BL bezeichnet die Kontrollprobe)

5.2.3.8 Die Verteilung von Schwermetall im Boden durch Regenwürmer

W. Schmidt, T. Sollich, T. Liese

1984 wurde ein Versuch abgeschlossen, bei dem die Verteilung von Schadstoffen im Boden durch Regenwürmer der Art *Lumbricus terrestris* untersucht wurde. Von Interesse waren die Verteilung der Schadstoffe im Boden, die Konzentrationen in den Regenwurmlosungen auf der Bodenoberfläche sowie mögliche Anreicherungen im Regenwurmgewebe. Im wesentlichen als Mittel zur Optimierung der Versuchsanlage für spätere radioökologische Untersuchungen wurden die inaktiven Elemente Pb, Cr, Co, Ni und Cd dem als Nahrung dienenden Rindermist beigemischt, der in verschiedenen Lagen in die Bodensäulen eingebracht wurde. Eine Beschreibung der Versuchsanlage findet sich in /20/.

Bisher lassen sich folgende Ergebnisse zusammenfassen: Die Anzahl der Würmer sowie deren Einzelgewicht war bei Versuchsende gegenüber dem Versuchsbeginn teilweise stark reduziert. Ob die Ursachen hierfür in der schädigenden Wirkung der Schwermetalle liegen, muß noch geklärt werden. Die An- bzw. Abreicherungs-faktoren der Schadstoffe im Wurmgewebe gegenüber dem als Regenwurmfutter eingelagerten kontaminierten Rindermist mit 600 µg Pb/g, 30 µg Cr/g, 60 µg Co/g, 60 µg Ni/g und 6 µg Cd/g, auf das Trockengewicht bezogen, waren nur bei Cd > 1. Wurden die Konzentrationen im Wurmgewebe auf den nichtkontaminierten Boden bezogen, dann ergaben sich für alle untersuchten Schadstoffe Anreicherungs-faktoren mit Werten von durchschnittlich 2 bei Pb, 26 bei Cr, 24 bei Co, 5 bei Ni und 85 bei Cd in den Regenwürmern. Dabei läßt sich eine Reihenfolge der Anreicherung im Wurm von Cd >> Cr ≈ Co >> Ni > Pb festlegen.

Setzt man die Konzentrationen in den Ausscheidungen der Würmer in Relation zum Boden, so findet sich hier eine teilweise wesentlich höhere Anreicherung in den Wurmaggregaten mit Faktoren, die durchweg > 10 sind. Eine Reihung der Elemente ergibt dabei Cr >> Ni ≈ Pb ≈ Cd > Co. Im Vorgriff auf die noch auszuwertenden Schadstoffprofile in den einzelnen Säulen ist in allen Schichten ein teilweise deutlich höherer Schadstoffgehalt gegenüber dem Ausgangsboden festzustellen. In Abhängigkeit von der Tiefe der eingebauten, kontaminierten Futterschicht sind Zonen mit erhöhter Schadstoffablagerung zu erwarten. Dies läßt darauf schließen, daß es in den Säulen Zonen mit relativ häufigem oder zeitlich längerem Aufenthalt gibt, in denen - ähnlich wie auf der Bodenoberfläche - vermehrt mit Schadstoffen angereicherte Ausscheidungen abgelagert werden.

5.2.3.9 Entwicklung einer Methode zur homogenen und sicheren Einbringung von Radioaktivität in den Boden

E. Bräuer, W. Schmidt

Für die Bestimmung von Transferfaktoren Boden/Pflanze für radioaktive Elemente ist es notwendig, daß diese homogen im Boden verteilt sind. Aus diesem Grunde wurde eine Methode entwickelt, die eine homogene und sichere Einbringung von Radioaktivität in den Boden gewährleistet. Nachforschungen über Mischtechniken auf dem Markt in der Bundesrepublik Deutschland, Frankreich, Schweiz und USA ergaben, daß sich zwar mit Hilfe herkömmlicher Mischer eine ausreichende Homogenität beim Einbringen der Aktivität in den Boden erreichen läßt, daß aber ein hohes Kontaminationsrisiko, insbesondere beim Entleeren und Reinigen des Mischers, besteht.

Eine Kontamination der Luft und des Gerätes während des Einmischens der Radioaktivität in den Boden kann dann vermieden werden, wenn die Aktivität feinkörnig eingekapselt wird und mit einer zweiten inaktiven Schicht abgedeckt wird. Für das Aufbringen der Schichten wird ein Ver-

fahren aus der Pharmazie (Dragierung) verwendet. Im Versuch haben sich als Trägermaterial Glaskügelchen mit einem Durchmesser von 0,65 bis 0,7 mm als vorteilhaft erwiesen. Durch die Einbringung der Glaskügelchen in den Boden werden die Transferfaktoren nicht beeinflusst, da durch sie, chemisch betrachtet, dem Boden kein Fremdstoff zugeführt wird. Physikalisch wird die Zusammensetzung der Bodenfraktionen nur geringfügig geändert. Außerdem finden keine chemischen Reaktionen zwischen den Kügelchen und dem Boden statt.

Die Anlage besteht aus einem Dragierkessel, in dem sich die Glaskügelchen befinden. Die Luft im Dragierkessel wird auf 70 °C aufgeheizt. Damit wird eine optimale Verdunstung des Lösungsmittels erzielt. Zum Versprühen der Lacklösung wird eine Spritzpistole verwendet, die eine sehr feine Versprühung erlaubt. Die Lacklösung für die Umhüllung der Kügelchen besteht aus einem Filmbildner, einem Lösungsmittel, einem Neutralisator (H_2SO_4) und Hilfsstoffen. Der Filmbildner ist in Wasser und organischen Lösungsmitteln gut löslich und unflüchtig, so daß auf dem Weg zwischen Verlassen der Spritzpistole und Berührung des Granulats keine Lösung verdunstet.

Die Einkapselung der Radioaktivität wurde bisher mit dem Nuklid Tc-99m erprobt. Tc-99m wurde deswegen ausgewählt, weil es den Vorteil einer kurzen Halbwertszeit (6 h), einer niedrigen Gammaenergie und einer guten Löslichkeit hat. Der Lösung wird die Radioaktivität zugesetzt und auf die Kügelchen aufgesprüht. Die Abluft wird über ein Filter zum Abzug geleitet und gemessen. Nach ca. 2 h, wenn die Radioaktivität der Abluft konstant ist, wird mit dem Aufsprühen der inaktiven Schicht begonnen. Diese zweite Schicht wird als Schutzschicht über die erste zum Abdecken aufgesprüht, wobei der radioaktive Zusatz entfällt und ein anderer Farbstoff genommen wird, um die Abdeckung unterschiedlich zu kennzeichnen. Um eine Inhalation von Tc-99m zu vermeiden, wurde eine Schutzvorrichtung konstruiert, die den ganzen Dragierkessel abdeckt. Messungen ergaben keine Kontamination der Raumluft während des Aufsprühens der Aktivität.

Die homogene Verteilung der Kügelchen im Boden wurde mit inaktiv eingefärbtem Material untersucht. Die Glaskügelchen wurden mit einem Schüttelmischer, einem Betonmischer und einem Walzenmischer in dem Boden gemischt. Dabei stellte sich der Walzenmischer als ungeeignet heraus, da einzelne Kugeln zerbrachen und der Filmüberzug zersprang. Bei den anderen Mixern konnte kein Abrieb bis zur zweiten Schicht festgestellt werden. Der Anteil der Kügelchen im Boden wurde so gering wie möglich gehalten, damit die Zusammensetzung des Bodens und damit die Transferfaktoren nicht beeinflusst werden.

Die Untersuchung zeigte, daß bei einer Gewichtszugabe an Kügelchen von 0,4 % des eingesetzten Bodens und einer Mischzeit von 30 min unabhängig von der Bodenart eine ausreichende Homogenität der Mischung zu erreichen ist. Bei den im Gewächshaus verwendeten Kick-Brauchmann-Versuchsgefäßen bedeutet dies z. B., daß für jeweils 10 kg Boden 40 g Glaskügelchen einzumischen sind.

Im Verlauf der weiteren Entwicklungsarbeit müssen folgende Probleme gelöst werden:

- Es ist zu prüfen, ob die Transferfaktoren Boden/Pflanze durch diese Methode im Vergleich zu anderen Mischtechniken verändert sind.
- Es muß technisch gelöst werden, daß bei einem Ausfall der Abluft im Kessel kein Rückstau und damit die Gefahr einer Raumkontamination entsteht, weil die angewärmte Zuluft und die einzuspritzende Aktivitätslösung weiterhin zugeführt werden.
- Um beim zentralen Vorgang der Pelletierung dem Aufsprühen ein Tropfen und Verstopfen der Düse zu vermeiden, muß die herkömmliche Spritzpistole durch eine Spezialdüse mit Selbstreinigung ersetzt werden.

5.2.3.10 Radiochemische Bestimmung von Tc-99 und Emissionen von Tc-99 aus kerntechnischen Anlagen

H.J. Luxenburger, B. Bohn, H. Bailer

Technetium ist radioökologisch vor allem aus folgenden Gründen interessant:

Die experimentelle Bestimmung der für die Berechnung der Dosisbelastung der Bevölkerung wichtigen Boden/Pflanzen-Transferfaktoren ergibt gegenüber dem angenommenen Iodkonzept unerwartet hohe Werte. Für den Transfer Wasser/Lebewesen ergeben sich für einige Algenarten (Braunalgen) Werte bis $7 \cdot 10^4$, für Hummer 1160, für Schnecken bis zu 205 und für Fische bis zu 75. Zur Untersuchung des Ausmaßes der Freisetzung von Tc aus kerntechnischen Anlagen (Wiederaufarbeitungsanlagen, Brennstofffabriken und Verglasungsanlagen) wurde daher eine Methode entwickelt, Technetium in Abwasser und Abluft in geringen Konzentrationen zu bestimmen.

Die Analysenmethode für Tc-99 in Abluft und Abwasser wird in Abb. 5/16 schematisch dargestellt. Zur Bestimmung der chemischen Ausbeute wird Tc-95m vor der Analyse als Tracer zugesetzt. Zur Zeit werden 15 Analysen pro Woche durchgeführt. Die Bestimmung der Tc-99-Aktivität und der chemischen Ausbeute mit Tc-95m erfolgt mit Hilfe eines Flüssigszintillationsspektrometers. Die optimale Kanaleinstellung wurde aus den Spektren der beiden Nuklide Tc-95m und Tc-99 ermittelt. Danach wurden die Quenchkurven bestimmt. Mit einer chemischen Ausbeute von 75 %, einem Zusatz von 30 dpm Tc-95m und 600 min Meßdauer wird eine Nachweisgrenze von 0,04 Bq/Probe erreicht.

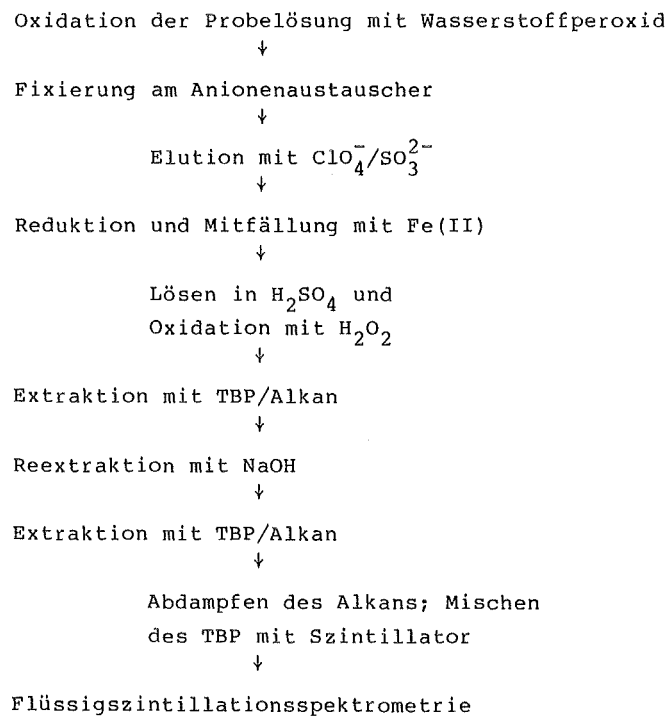


Abb. 5/16: Schematische Darstellung der Analysenmethode für Tc-99 in Abluft und Abwasser

Untersucht wurde die Emission von Tc-99 aus den Anlagen von KfK, WAK, GKN und KWO. Dazu wurde gasförmiges Tc-99 in der Abluft von WAK, Verbrennungsanlage, MAW-Verdampfer der HDB, KWO und GKN bestimmt. Außerdem wurden Abluftfilter von WAK und KWO analysiert. Die Tc-Abgabe des gesamten KfK mit dem Abwasser der Kläranlage sowie der Tc-Gehalt im Destillat des LAW-Verdampfers vor Abgabe in die Endbecken wurde gemessen. Die Aktivität von Tc in Proben aus Endbecken und Abluft der Verbrennungsanlage, des KWO und des GKN überschreitet nur selten die Nachweisgrenze von 37 bis 74 mBq/Probe. Dies entspricht einer Aktivitätskonzentration von 11 Bq/m³ Abwasser bzw. 11 mBq/m³ Abluft. In der Abluft des MAW-Verdampfers lassen sich Aktivitäten von maximal 52 mBq/m³ Abluft feststellen. Die Aktivitätskonzentration in den Abluftproben der WAK wird in Abb. 5/17 dargestellt. Die Maxima liegen bei 259 mBq/m³ Abluft der WAK und 74 Bq/m³ im Destillat des LAW-Verdampfers.

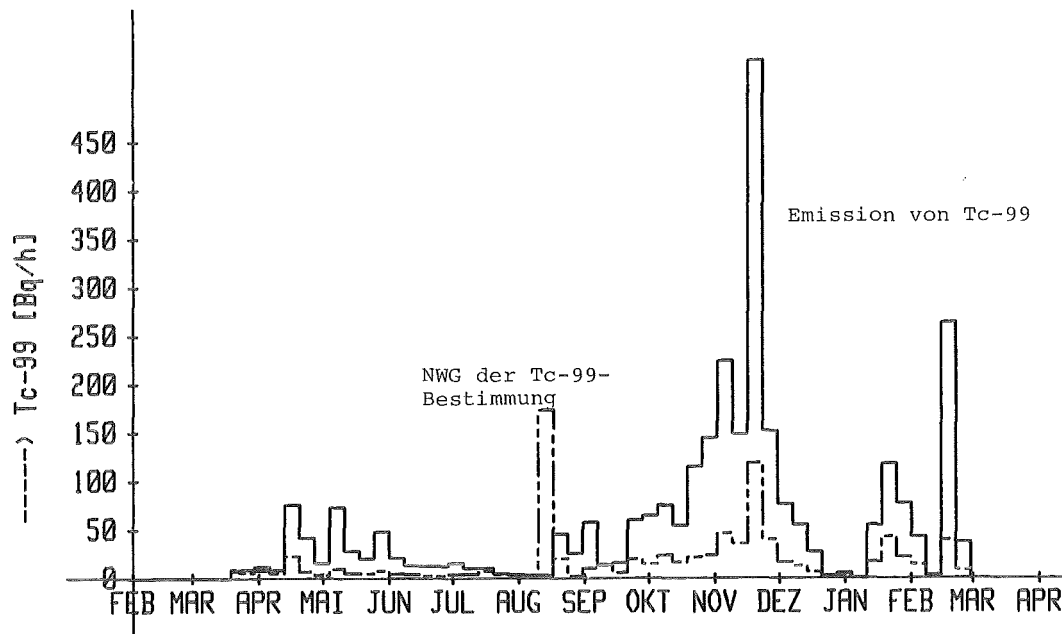


Abb. 5/17: Emission von Tc-99 mit der Abluft der WAK von Januar 1983 bis Februar 1984

Erste Tc-99-Konzentrationen wurden in Prozeßlösungen und in Uranprodukten der WAK gemessen (Tab. 5/47). Um eine gute Dekontamination von den Spaltprodukten zu erreichen, mußte die Analysenmethode modifiziert werden. Nach der Oxidation der Probe mit H₂O₂ werden die kationischen Spaltprodukte im Batchverfahren an einem Kationenaustauscher adsorbiert. Das Anionenaustauscherharz wird auf eine Säule überführt und mit 0,1 Mol/l HNO₃ gewaschen. Danach erfolgt der Anionenaustausch wie gewohnt. Vor der Elution mit NaClO₄/SO₃ wird der Anionenaustauscher mit 400 ml 1 Mol/l HCl und 400 ml H₂O gewaschen. Nach der zweiten Extraktion mit TBP/Alkan wird eine zweite Reextraktion mit NaOH durchgeführt. Die Lösung wird mit HCl angesäuert und ein drittes Mal mit TBP/Alkan extrahiert. Danach wird das Alkan mit dem Rotationsverdampfer abgezogen und das verbleibende TBP wie üblich im Szintillator gelöst. Die Bestimmung der chemischen Ausbeute erfolgte bei diesen Analysen mit Tc-99m. Die höchste Aktivitätskonzentration von Tc-99 lag bei 500 ppb/g Uran. Diese Konzentration liegt weit unter dem Wert von 20 rel.-% des Tc-Inventars, der bisher in der Literatur angenommen wurde.

Kampagne	Abbrand in MWd/t	Masse Uran in g pro Probe	Tc-Gehalt in ppb/g Uran	Standard- abweichung	Tc-Gehalt be- stimmt durch ICP ¹⁾ in ppb/g Uran
HDR	300	0,586	0,7	5,7	< 33
KWO II	24 500	0,474	5,9	4,0	< 33
KRB II	17 600	0,484	27	4,0	< 33
KWO V	29 200	0,461	80	3,6	< 33
KWO V/VI	28 900	0,442	98	3,9	75
3. MZFR	6 900	0,476	150	4,2	130
4. MZFR	10 500	0,460	360	4,1	230
2. FR-2	13 950	0,463	350	4,0	230
3. VAK	17 100	0,461	230	3,8	180
5. MZFR	12 000	0,478	230	3,6	-
3. FR-2	12 000	0,495	500	3,8	-
KWO VII	28 000	0,481	315	3,7	-
OH(UPII)	29 100 ²⁾	0,571	40	3,7	-

- 1) Die Bestimmungen von Tc-99 mittels Emissionsspektralanalyse mit Anregung durch induktiv gekoppeltes Plasma wurden vom Betriebslabor der WAK durchgeführt.
- 2) Die abgebrannten Brennelemente der "Otto Hahn" enthielten ca. 3 % U-235. Zur Herabsetzung der Kritikalität wurde im Auflöser Gd als Neutronengift zugesetzt und zusätzlich die Lösung mit abgereichertem Uran verschnitten. Der Gehalt an U-235 wurde hierdurch unter 2 % gesenkt.

Tab. 5/47: Tc-99-Gehalt von Uranendprodukten der WAK

5.2.3.11 Natürliche Radionuklide in Umweltproben

S. Erat, W. Wünschel

Im Rahmen von Untersuchungen bei der Uranerzgrube Großschloppen wurden zwei Forellen aus dem dortigen Klärbecken auf natürliche Radionuklide analysiert. Es zeigten sich die in Tab. 5/48 wiedergegebenen Gehalte.

Nuklid	Aktivitätsgehalt in mBq/g Frischfisch							
	Haut/Flossen/Sud		Gräten/Kopf		Eingeweide		Fischfleisch	
	1	2	1	2	1	2	1	2
U-234	3,4	12	5,9	20	3,3	92	0,22	0,49
U-238	2,8	9,9	5,2	16	2,5	77	0,14	0,39
Ra-226	16	30	2,3	36	1,6	120	1,0	0,33
Pb-210	18	22	26	25	7,4	23	2,7	1,5
Th-230	0,08	0,10	0,05	0,08	0,15	7,1	0,05	0,02
Th-228	0,22	1,1	0,76	0,77	0,05	2,1	0,03	0,04

Tab. 5/48: Radionuklidgehalte von zwei Forellen aus dem Klärbecken der Uranerzgrube Großschloppen

Aus den Radionuklidkonzentrationen im Sedimentierbecken für den Zeitraum des Forellenbesatzes (Tab. 5/49) und den gefundenen Radionuklidkonzentrationen im Fisch lassen sich Transferfaktoren (Tab. 5/50) für die einzelnen Nuklide ermitteln.

Monat	Aktivitätsgehalt in mBq/l					
	U-238		Ra-226		Pb-210	
	1982	1983	1982	1983	1982	1983
Januar	-	9 250	-	30	-	18
Februar	-	5 920	-	25	-	21
März	5 180	7 400	44	22	< 11	41
April	2 997	9 620	48	27	< 13	24
Mai	3 700	5 920	59	33	18	41
Juni	4 440	4 810	44	41	22	37
Juli	2 997	7 030	52	28	17	30
August	5 180	1 998	34	44	32	70
September	3 108	3 404	34	41	59	67
Oktober	5 550	2 812	29	48	16	56
November	6 068	5 180	28	36	48	44
Dezember	9 990	6 660	27	37	31	-
Mittelwerte	5 418,8		36,9		34,1	

Tab. 5/49: Radionuklidkonzentrationen im Sedimentierbecken der Uranerzgrube Großschloppen für den Zeitraum des Forellenbesatzes 3/82 bis 12/83

Nuklid	Transferfaktoren für Forellen in mBq/kg Fisch / mBq/kg Wasser							
	Haut/Flossen/Sud		Gräten/Kopf		Eingeweide		Fischfleisch	
	1	2	1	2	1	2	1	2
U-238	0,5	1,8	0,9	3,0	0,5	14	0,03	0,07
Ra-226	449	837	63	980	45	3 367	29	9,1
Pb-210	522	652	750	739	217	663	79	45

Tab. 5/50: Transferfaktoren für die Forellen (1/2) aus dem Sedimentierbecken der Uranerzgrube Großschloppen (Zeitraum: 3/82 bis 12/83)

Ergänzend hierzu wurden weitere Proben aus der Umgebung von Großschloppen auf natürliche Radionuklide analysiert. Die Ergebnisse sind aus Tab. 5/51 ersichtlich.

Probe	Aktivitätsgehalt in mBq/l				
	U-234	U-238	Th-230	Ra-226	Pb-210
Milch	6,59	5,77	6,11	5,55	< 81
Grubenwasser	6 564	6 601	8,95	-	-
Aktivitätsgehalt in mBq/g TS					
Weizen	0,24	0,29	0,44	3,15	1,15
Aktivitätsgehalt in mBq/g FS					
Kartoffeln	0,78	0,78	0,78	2,41	1,07

Tab. 5/51: Natürliche Radionuklidgehalte in Nahrungsmitteln 1984 aus der Umgebung von Großschloppen

Auch 1984 wurden wieder eine Boden- und eine Milchprobe aus Menzenschwand/Schwarzwald genommen und auf Ra-226 analysiert. Nachfolgend die Ergebnisse:

- Boden (Bachrand unterhalb der Grube): (217±27) mBq·g⁻¹ TS
- Milch (Mischprobe): (96±13) mBq·l⁻¹

Zur Analytik der natürlichen Radionuklide wurden 1984 umfangreiche Vorarbeiten durchgeführt. Mit Hilfe von IAEA-Standards wurden zu den Radionukliden Uran, Thorium, Radium, Blei und Polonium Analysenvarianten getestet und die Bedingungen optimiert. Als ein Erfolg dieser Bemühungen kann nun mit einem U-232-Standard die U/Th-Analytik durchgeführt werden mit extrem kleinen Standardabweichungen und hohen chemischen Ausbeuten. Umfangreiche Kalibrierungen wurden außerdem für Pb-210, Ra-226 und Po-210 in Erde und Keramik durchgeführt.

5.2.4 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
- ΔT_1 = Zeit zwischen Ende der Sammelperiode und Messung der Mischprobe
- ΔT_2 = Zeit zwischen Anfang der Sammelperiode und Ende der Sammelperiode
- \dot{V}_K = Volumenstrom im Fortluftkamin
- \dot{V}_B = Volumenstrom im Bypass

Anlage	Nuklid	Emissionsrate in kBq /Quartal			
		I/1984	II/1984	III/1984	IV/1984
HDB, Geb. 534 Geb. 545 Geb. 555 Geb. 548 Ost	Cs-137	< 1,3	1,35	< 1,9	< 1,4
	Te-125m	2 800	640	1 560	5 560
	Cs-137	< 0,7	1,8	< 2,3	< 2,5
	Co-60	< 9,7	33	< 13	< 8,4
	Cs-137	< 7,0	36	< 9,9	< 8,7
IHCh, Geb. 726	Cs-137	5,2	< 0,5	< 2,3	< 1,0
KTB/HZ	Co-60	< 2,0	18	< 3,5	< 6,3
	Sb-125	520	420	330	1 080
	Cs-137	4,0	44	< 3,2	< 5,9

Tab. 5/52: γ -spektrometrisch ermittelte Radionuklidemissionen mit der Fortluft wichtiger kerntechnischer Anlagen des KfK

6. Dosimetrie

6.1 Dosismessung zur Orts- und Personenüberwachung

B. Burgkhardt

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

Zur Personen- und Ortsdosimetrie werden vor allem Phosphatglasdosimeter und Thermolumineszenzdosimeter eingesetzt. Die Zahl der jährlichen Auswertungen von Glas- und TL-Dosimetern seit 1969 ist in Abb. 6/1 wiedergegeben. Im Berichtszeitraum wurden insgesamt 13 266 Gläser und 27 264 TLD routinemäßig ausgewertet.

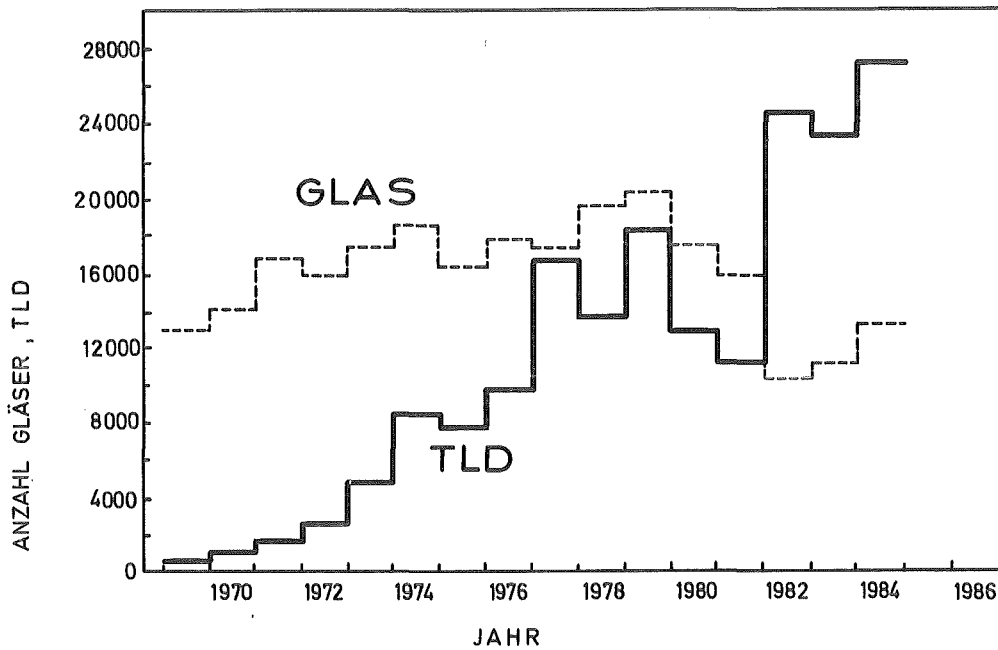


Abb. 6/1: Anzahl der jährlichen Routineauswertungen von TL- und Glasdosimetern zur Personen- und Umgebungsüberwachung

Seit Januar 1982 erfolgt im Kernforschungszentrum Karlsruhe die Eigenüberwachung der Personen in der Dosimetergruppe A mit TLD und in der Gruppe B neben Stabdosimetern mit Glasdosimetern. Von dieser Regelung nicht betroffene Mitarbeiter werden ebenfalls mit Glasdosimetern überwacht. Die TLD werden monatlich, die Gläser jährlich bei HS/D ausgewertet.

Zur Personenüberwachung in Neutronenfeldern wurde mit Jahresbeginn 1982 der bisher von der amtlichen Meßstelle ausgegebene NTA-Film durch das universelle Albedoneutronendosimeter ersetzt, welches jetzt in Eigenüberwachung monatlich ausgewertet wird.

In Tab. 6/1 wird die Anzahl der Auswertungen von Personen- und Ortsdosimetern für auswärtige Stellen im Vergleich zum Auswertumfang der Eigenüberwachung wiedergegeben.

Anlagen	Zahl der Anlagen	Anzahl der Auswertungen 1984			
		Personendosimetrie		Ortsdosimetrie	
		TLD	Glas	TLD	Glas
KfK-Eigenüberwachung	-	18900	3700	1516	2840
Für auswärtige Stellen: Reaktoren, kerntechnische Betriebe	13	741	3470	910	377
Forschungseinrichtungen	9	2158	24	2394	527
Medizin, sonstige	7	581	-	-	125

Tab. 6/1: Anzahl der Routineauswertungen von Personen- und Ortsdosimetern für die Eigenüberwachung und für auswärtige Stellen

6.1.1 Personendosimetrie

Im Kernforschungszentrum wurden im Jahre 1984 insgesamt etwa 2 780 Personen mit Phosphatglasdosimetern überwacht. Die Phosphatgläser in der perforierten Zinnkugel weisen Photonenstrahlung im Bereich 45 keV bis 1,2 MeV praktisch energieunabhängig nach. Die Auswertung dieser Dosimeter erfolgt bei Bedarf sofort, für einige auswärtige Stellen monatlich, im allgemeinen jährlich.

Thermolumineszenzdosimeter werden innerhalb der Personenüberwachung besonders zum Nachweis von Beta-Strahlung, zur Teilkörperdosimetrie sowie zur Bestimmung der Neutronendosis mit dem Albedoneutronendosimeter eingesetzt. Als Personendosimeter zur Überwachung in Beta/Gamma-Mischstrahlungsfeldern werden LiF:Mg,Ti-Detektoren (TLD700) hinter 50 mg/cm² und 500 mg/cm² Abdeckung in einer Dosimeterhalterung verwendet, die in einem automatischen Auswertesystem ausgewertet werden. Für Teilkörperdosimetrie stehen Edelstahl-Fingerringe und Dosimeter mit den gleichen Detektoren und einer Abdeckung von 7 mg/cm² zur Verfügung. Im Berichtszeitraum wurden insgesamt 990 Fingerringdosimeter und 100 Teilkörperdosimeter ausgewertet. Fingerringdosimeter werden u.a. auch im Auftrag von Krankenhäusern ausgewertet. Sie können ohne Verfälschung des Meßwertes gassterilisiert werden.

An den jährlichen Photonenkontrollbestrahlungen der amtlichen Meßstellen bei der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig hat sich HS/D auch 1984 beteiligt. Die mittlere relative Anzeige, bezogen auf die Referenzdosis der PTB-Bestrahlungen im Energienennbereich, lag für die Gläser bei $1,02 \pm 15 \%$ (1- σ -Wert) und für die TLD bei $1,13 \pm 12 \%$.

Innerhalb der Personenüberwachung erhalten etwa 100 Personen zusätzlich das universelle Albedoneutronendosimeter, das monatlich ausgewertet wird. 1984 wurden in insgesamt 19 Fällen Neutronenäquivalentdosen von $> 0,2$ mSv gefunden, die auf den Umgang mit Cf-252-Quellen zurückzuführen sind. Der Maximalwert der Neutronenäquivalentdosis betrug 2,6 mSv monatlich und bei einer Person 11,2 mSv pro Jahr. Das Neutronen-Photonen-Dosisverhältnis lag im Bereich 0,8 bis 5,5.

Die Neutronenüberwachung von 16 Personen beim Brennelementwechsel im KNK ergab Gammadosen im Bereich des natürlichen Strahlenpegels und Neutronenäquivalentdosen unterhalb der hier anzusetzenden Nachweisgrenze von 0,05 mSv.

Im Auftrag von fünf auswärtigen Stellen wurden von HS/D etwa 90 Personen mit Albedoneutronendosimetern überwacht. Im Berichtsjahr wurden in 26 Fällen Neutronendosen oberhalb 0,2 mSv gefunden.

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.

6.1.2 Ortsdosimetrie

Im Kernforschungszentrum Karlsruhe werden seit 21 Jahren Glasdosimeter und seit 13 Jahren TL-Dosimeter im Freien zur Ermittlung der natürlichen Strahlenexposition sowie eines zusätzlichen Einflusses der kerntechnischen Anlagen exponiert. In der Umgebung des Kernforschungszentrums werden an 234 Meßstellen je zwei Gläser in der Kugelkapsel bzw. zwei TLD700-Dosimeter in einer Polyäthylenkapselung von etwa 500 mg/cm² Wandstärke ausgehängt und halbjährlich, an Sonderstellen auch vierteljährlich, ausgewertet.

Die 1984 im Auftrag von Kernkraftwerken und kerntechnischen Anlagen durchgeführten Dosismessungen zur Umgebungsüberwachung belaufen sich auf 1 900 TLD-Auswertungen und rund 1 050 Glasauswertungen. Die Dosimeterauswertungen zur Umgebungsüberwachung werden in zunehmendem Maße nach den detaillierten Vorschriften durchgeführt, die in den "Technischen Empfehlungen für Festkörperdosimeter zur Umgebungsüberwachung" vom AKD des Fachverbandes für Strahlenschutz erarbeitet werden und als DIN-Norm vorbereitet werden.

Auch 1984 wurden im Auftrag auswärtiger Stellen 584 Glas- und TL-Dosimeter für Messungen im Hochdosisbereich (≈ 100 Gy) ausgewertet. Die Anwendung der Dosimeter im Hochdosisbereich erfordert eine besondere Kalibrierung u.a. zur Korrektur von Sättigungseffekten bzw. Supralinearität.

6.2 Photonendosimetrie

6.2.1 Untersuchungen der Thermolumineszenz von Polykarbonatdetektoren nach Gammabestrahlung

E. Piesch, K.A.R. Khazal

Die Eigenschaft von Polymeren, nach Bestrahlung mit ionisierender Strahlung oder UV-Licht bei Erwärmung Licht im sichtbaren Spektralbereich auszusenden, könnte auch in der Dosimetrie praktische Anwendung finden. Untersuchungen des Thermolumineszenzverhaltens von Polymeren beschränkten sich bisher auf Polyäthylen insbesondere im Temperaturbereich unterhalb 20 °C. Beim wärmebeständigeren Polykarbonat können hingegen höhere Ausheiztemperaturen angewandt werden. Es war daher von Interesse, die Thermolumineszenzeigenschaften des als Kernspurätzdetektor verwendeten Makrofol bis zu Temperaturen von 220 °C zu untersuchen. Verwendet wurden Detektoren der Größe 12 mm Durchmesser und 300 µm Dicke. Die Auswertung erfolgte in einem Harshaw-Auswertegerät Typ 2000 A+B. Für die Bestrahlung im Dosisbereich 0,1 bis 10 kGy stand die Co-60-Bestrahlungsanlage des IGT zur Verfügung. Die in Abb. 6/2 wiedergegebenen Glowkurven von unbestrahlten und bestrahlten Makrofol-Detektoren zeigen Maxima bei Temperaturen von 80 °C, 115 °C, 136 °C, 166 °C und 198 °C. Der zur Dosismessung sich anbietende TL-Peak 2 bei 115 °C macht jedoch wegen des zu erwartenden Fadings die Anwendung einer Wärmebehandlung vor und nach der Bestrahlung erforderlich. Durch entsprechende Optimierung von Temperatur und Dauer dieser Wärmevorbehandlungen war es möglich, das Fading nach Bestrahlung auf einen annehmbaren Wert zu reduzieren. Abb. 6/3 zeigt die Änderung des Meßwertes im Zeitraum zwischen Bestrahlung und Messung in Abhängigkeit von Lagerungsdauer und Umgebungstemperatur. Angewandt wurde hierbei eine Wärmevorbehandlung von 3 Stunden bei 100 °C vor bzw. 40 Minuten bei 60 °C nach Bestrahlung. Das trotz Wärmebehandlung insbesondere bei höheren Umgebungstemperaturen und längeren Lagerungszeiten immer noch vorhandene Fading der TL-Detektoren könnte durch alleinige Messung der TL-Peaks 3, 4 und 5 allerdings mit

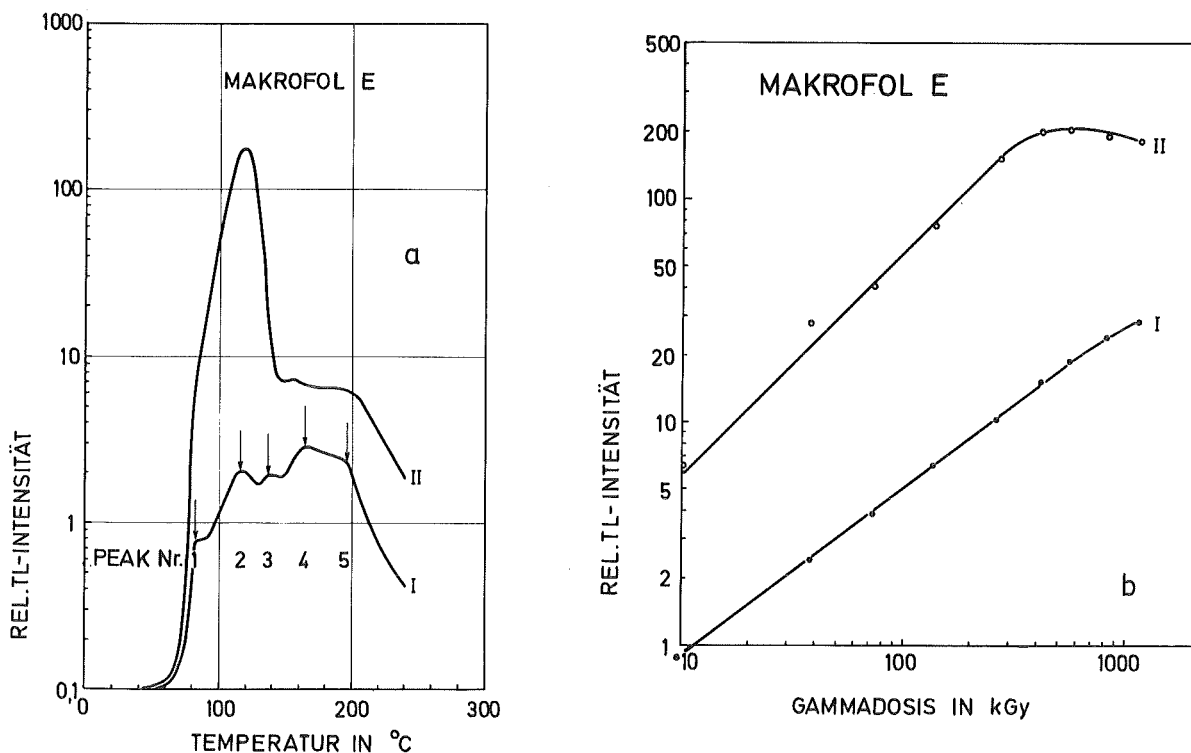


Abb. 6/2: TL-Intensität von Makrofol-E in Abhängigkeit von:
 (a) der Aufheiztemperatur für unbestrahlte (I) und mit einer Gammadosis von 2,7 kGy bestrahlte Detektoren (II)
 (b) der Gammadosis für eine Wärmebehandlung der Detektoren vor und nach der Bestrahlung (I) bzw. nur vor der Bestrahlung (II)

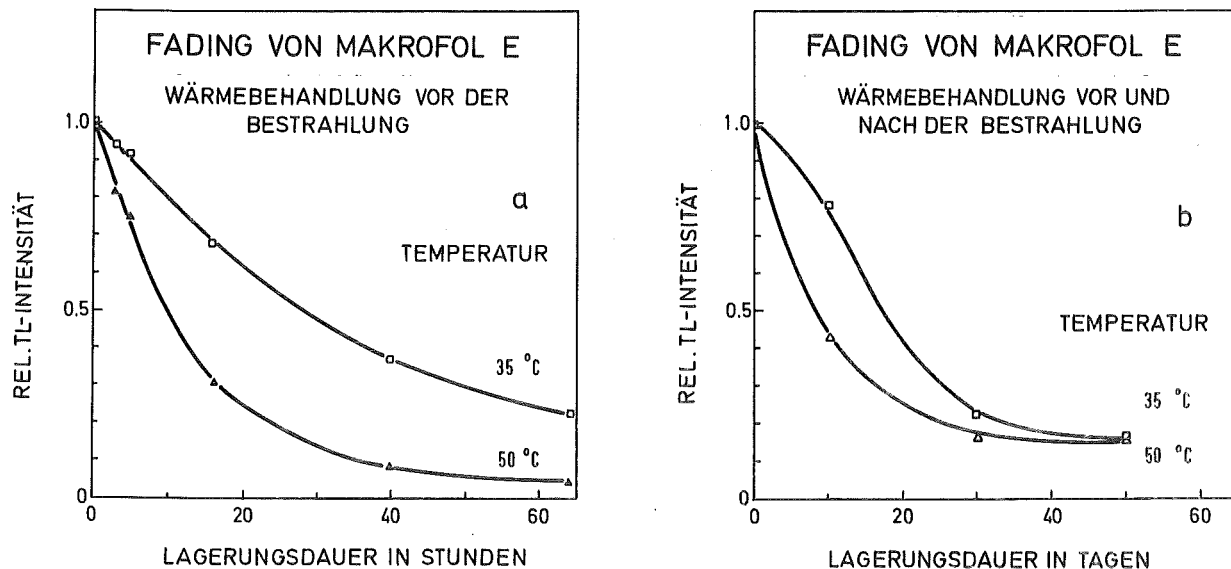


Abb. 6/3: Änderung der TL-Intensität in Abhängigkeit von der Lagerungszeit bei einer Umgebungstemperatur von 30 °C und 50 °C für Makrofol bei einer Wärmebehandlung vor der Bestrahlung (a) bzw. Wärmebehandlung vor und nach der Bestrahlung (b)

entsprechendem Empfindlichkeitsverlust weiter verringert werden.

Mit TL-Makrofol-Plättchen sind Dosismessungen bis zu Dosen von 10 kGy möglich (Abb. 6/2b). Eine Wärmebehandlung vor bzw. nach der Bestrahlung erhöht zwar die Empfindlichkeit, führt jedoch zu einer vorzeitigen Sättigung des TL-Meßwertes. Die relative empirische Standardabweichung für eine Einzelmessung wurde mit 10 Detektoren bestimmt und betrug 2 % bis 6 % im Dosisbereich von 0,1 - 10 kGy.

6.2.2 Dosimetrische Untersuchungen von natürlichen Thermolumineszenzmaterialien

Th. Reddmann

Verschiedene natürliche Minerale zeigen dosisabhängige Thermolumineszenz, die beispielsweise zur Messung der natürlichen Umgebungsstrahlung oder in der Unfalldosimetrie genutzt werden kann. Ziel der in diesem Jahr begonnenen Arbeiten ist es zunächst, das Thermolumineszenzverhalten geeigneter Materialien zu untersuchen. Hierbei kommen in erster Linie mineralische Einschlüsse in bei hohen Temperaturen ($T > 800 \text{ }^\circ\text{C}$) gebrannten Baustoffen in Frage, wie z.B. Quarz und Feldspat in Tonziegeln, da hier die durch Umgebungsstrahlung in geologischen Zeiträumen akkumulierte Thermolumineszenz durch den Herstellungsprozess gelöscht ist.

Die 1984 durchgeführten Arbeiten galten insbesondere dem Aufbau eines rechnergestützten Meßplatzes, der Aufbereitung des Ausgangsmaterials und Untersuchungen an Quarz. Da das Thermolumineszenzmaterial im allgemeinen in Pulverform vorliegt und Glowkurvenmaxima bei Temperaturen jenseits von $400 \text{ }^\circ\text{C}$ ausgewertet werden müssen, können für Thermolumineszenzmessungen keine Routinemeßgeräte eingesetzt werden. Es war deshalb ein Meßgerät beschafft worden, das Proben verschiedenster Art bis in den $700 \text{ }^\circ\text{C}$ -Bereich auswerten kann. Zudem ist die Meßkammer evakuierbar. Nach kleineren Änderungen am Photomultipliergehäuse übertrifft nun das ermittelte Signal-Rausch-Verhältnis des auf Photocountingbasis arbeitenden Gerätes die Werte der Routinemeßgeräte, obwohl diese nur halb so große Photokathoden benutzen. Zusammen mit S. Ugi wurde für dieses Gerät ein rechnergestütztes Kontrollsystem erstellt, das mit HP-Rechnern der Serie 200 über den HP-IB-Bus arbeitet. Das Kontrollprogramm läßt halbautomatisierte Messungen zu; ferner können Temperaturrampenfunktionen frei programmiert werden, was für Untersuchungen der Kinetik der Thermolumineszenz erforderlich ist. Für die Analyse der auf Disketten gespeicherten Daten wurde ein Programm entwickelt, das in recht allgemeiner Weise interaktive Operationen mit den Glowkurven erlaubt.

Da die Minerale im allgemeinen für dosimetrische Zwecke nicht in geeigneter Form vorliegen, kommt der Probenaufbereitung eine recht große Bedeutung zu. Sie besteht bei Quarz in Bauziegeln im Aufbrechen des Materials, Auswaschen der feinsten Teilchen in der Tonmatrix, Sieben auf einheitliche Größe und Abtrennen der sonstigen Minerale mit Magnetscheidung und HF-Ätzung. Endprodukt der einzelnen Schritte ist dann farbloser Quarz einheitlicher Größe mit einem Korndurchmesser um $100 \text{ } \mu\text{m}$. Als Beispiel von Untersuchungen an natürlichem Quarz ist in Fig. 6/4 die Glowkurve nach Bestrahlung mit 8 Gy gezeigt mit den Maxima bei $210 \text{ }^\circ\text{C}$, $325 \text{ }^\circ\text{C}$ und $370 \text{ }^\circ\text{C}$.

6.2.3 Anwendung eines Einelement-Personendosimeters zur Eigenüberwachung und amtlichen Kontrollmessung

E. Piesch, B. Burgkhardt

Unterschiede in den Anzeigen des amtlichen und eines in Eigenüberwachung abgelesenen Personendosimeters können bei der Interpretation der Meßwerte insbesondere nach Überschreiten der zulässigen Grenzwerte zu Meinungsverschiedenheiten zwischen der Aufsichtsbehörde und dem Betreiber führen. Dies könnte jedoch vermieden werden, wenn zur Routineüberwachung nur ein einziges Personendosimeter eingesetzt wird, das auch während des Überwachungszeitraumes vom Betreiber

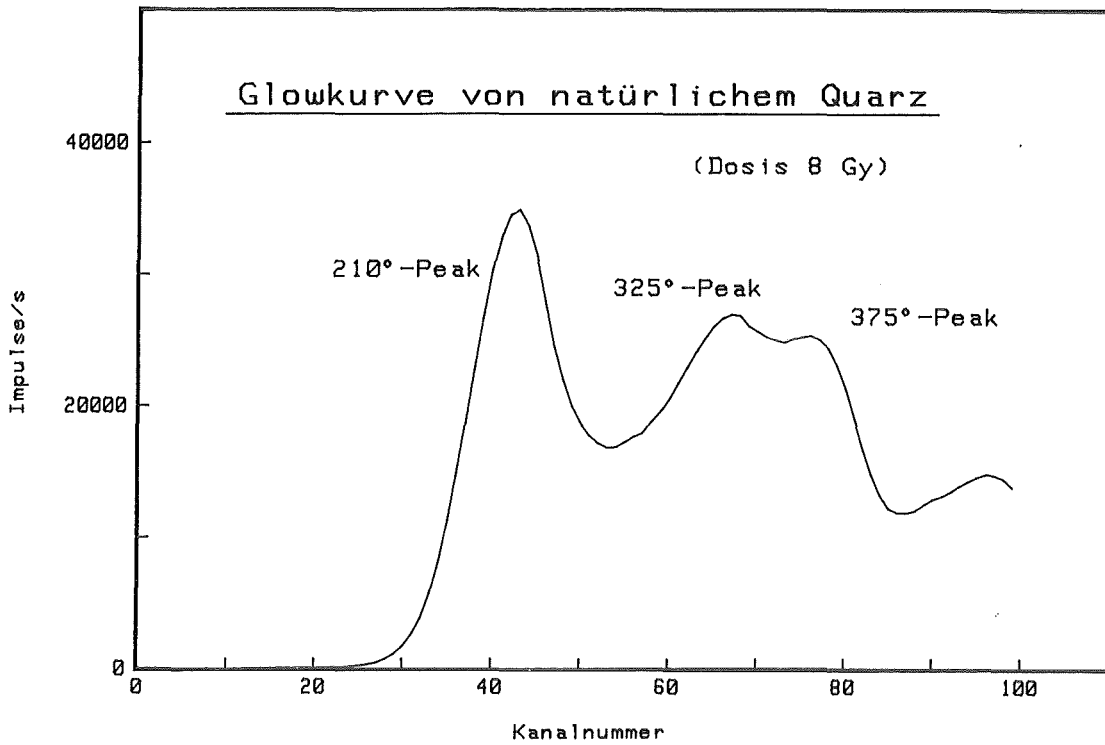


Abb. 6/4: Glowkurve von aus Bauziegeln extrahiertem Quarz

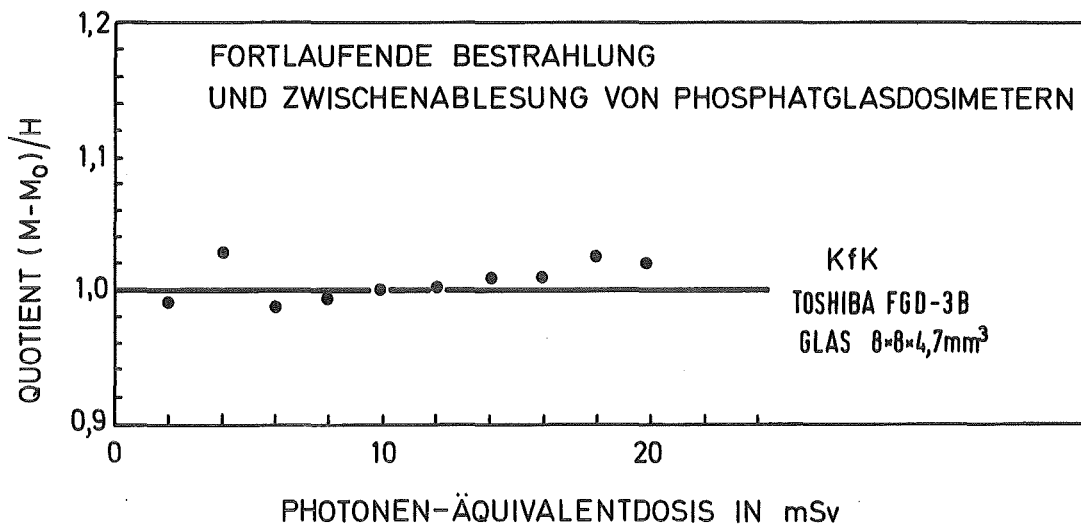


Abb. 6/5: Ansprechvermögen des Phosphatglaskugeldosimeters in Abhängigkeit von der Bestrahlungsdosis für eine fortlaufende Bestrahlung mit 2 mSv und Messung unmittelbar nach der Bestrahlung nach Subtraktion der Vordosis M_0

zwischenzeitlich ausgemessen werden kann und am Ende des Überwachungszeitraumes zur Ermittlung der langfristig aufsummierten Personendosis durch eine autorisierte unabhängige Meßstelle ausgewertet wird. Diese Verhältnisse wurden in einem gemeinsamen Programm zwischen KfK und GSF simuliert, in dem Phosphatglasdosimeter von jeder Meßstelle mehrfach bestrahlt und täglich bzw. wöchentlich ausgewertet wurden. Die Kontrollbestrahlung am Ende des Überwachungszeitraumes erfolgte nach Auswechseln der Dosimeter ohne Kenntnis der Vorbestrahlung durch die jeweils andere

Meßstelle. Zur Verwendung kamen insbesondere Phosphatglaskugeldosimeter. Das Phosphatglas der Größe 8 x 8 x 4,7 mm³ wurde jeweils in Toshiba-Auswertegeräten vom Typ FGD-3B und FGD-6B ausgemessen. Zwischenablesungen erfolgten im Mehrtageszyklus jeweils nach einer Bestrahlung mit 2 mSv. Die individuelle Vordosis der Gläser von etwa 0,5 bzw. 2 mSv wurde hierbei vor Beginn der Meßreihen bestimmt und von der Dosimeteranzeige subtrahiert. Die Routineauswertung berücksichtigte auch eine Reinigung der Gläser vor dem Messen.

Die Abb. 6/5 zeigt am Beispiel der KfK-Auswertung den jeweiligen Quotienten aus Dosimeteranzeige und akkumulierter Dosis, wobei die Dosimeteranzeige den Mittelwert von 10 Dosimetern darstellt. Für die relative empirische Standardabweichung ermittelt aus den 10 Meßwerten ergaben sich im Dosisbereich 1 - 10 mSv Werte zwischen 10 % und 1,5 %.

Ein Vergleich der Meßwerte, die am Ende des Überwachungszeitraumes vom jeweiligen "Betreiber" und der "unabhängigen Meßstelle" erhalten wurden, ist in Tab. 6/2 wiedergegeben. Der Meßwert, der von der "unabhängigen Meßstelle" angegeben wurde, unterscheidet sich vom Meßwert des "Betreibers" um weniger als 3 %. In dieser Größenordnung erwartet man aber auch die Meßunsicherheiten bei der Kalibrierung der Dosimetersysteme. Die herausragenden Vorteile einer kombinierten Personenüberwachung mit Einelement-Personendosimetern sind in der erzielbaren Meßwertübereinstimmung zwischen "Betreiber" und "unabhängiger Meßstelle", aber auch in einer höheren Meßsicherheit zu sehen, die sich aus der zweifachen unabhängigen Dosimetermessung ergeben.

SOLLDOSIS (mSv)	ROUTINEDOSIS ¹⁾	KONTROLLDOSIS ²⁾	KONTROLLDOSIS
	SOLLDOSIS	SOLLDOSIS	ROUTINEDOSIS
20	1,022 (KfK)	1,036 (GSF)	1,014
24	0,984 (GSF)	1,006 (KfK)	1,022

¹⁾ Eigenüberwachung durch den "Betreiber"

²⁾ Kontrollmessung durch "unabhängige Meßstelle"

Tab. 6/2: Ergebnisse eines KfK/GSF-Vergleiches mit Phosphatglas-Kugeldosimetern. Bei der Auswertung des Einelementdosimeters übernahmen KfK/GSF jeweils die Rolle des "Betreibers" und der "unabhängigen Meßstelle" [54]

6.2.4 Kalibrierung von Dosisleistungsmeßgeräten im Bereich des natürlichen Strahlenpegels

B. Burgkhardt, M. Hauser

Vom 24. bis 29. Juni 1984 beteiligte sich HS/D an einer EG-Pilotstudie zur Kalibrierung von Dosisleistungsmeßgeräten im Bereich der natürlichen Umgebungsstrahlung, die von der PTB in Braunschweig organisiert wurde und an der Vertreter aus fünf europäischen Ländern teilnahmen. Folgende Orte standen den Teilnehmern zur Kalibrierung ihrer Geräte zur Verfügung:

- Eine Steinsalzhöhle in 700 m Tiefe im Salzbergwerk Asse. Wegen der geringen Dosisleistung von nur 1,3 nSv/h war es hier möglich, die vom äußeren Strahlungsfeld unabhängige interne Backgroundanzeige und das Ansprechvermögen der Dosisleistungsmeßgeräte oberhalb 10 nSv/h unter Verwendung von kalibrierten Cs-137-Quellen zu bestimmen.
- Ein ausgewählter Moorbereich mit relativ großer Schichtdicke und mit einem geringen terrestrischen Anteil der natürlichen Umgebungsstrahlung.
- Ein Tonnenlegerschiff auf der Nordsee über einer Wassertiefe von mindestens 20 m, auf dem der Strahlungsanteil durch das Schiff gegenüber der kosmischen Komponente vernachlässigbar ist.

- Ein Tal im Harz mit vergleichbar hoher Dosisleistung aufgrund des K-40-Gehaltes der zutage tretenden Gesteinsschichten.

HS/D beteiligte sich mit fünf kommerziellen Geräten der Firmen Labor Berthold und Münchner Apparatbau, jeweils zwei Typen von Proportionalzählern und GM-Zählern mit den dazugehörigen Impuls-zählgeräten für den Einsatz als ODL-Systeme sowie einem tragbaren batteriebetriebenen Szintillationszähler.

Die von HS/D benutzten Gerätetypen und die Ergebnisse der Pilotstudie sind in Tab. 6/3 wieder-gegeben.

Geräte	Detektor Ansprechvermögen		Anzeige ¹⁾ in nSv/h \pm U _G			
			M ₀	M ₁ Nordsee	M-M ₁ Moor	M-M ₁ Harz
LB 6123	H	Proportionalzähler	14,3 \pm 3 %	66,1 \pm 1 %	3,3 \pm 56 %	192 \pm 2 %
	V	132 Imp./nSv		48,8 \pm 2 %	3,8 \pm 39 %	187 \pm 1 %
LB 6005	H	Proportionalzähler	0,56 \pm 13 %	65,3 \pm 0,5 %	11,2 \pm 8 %	202 \pm 1 %
	V	713 Imp./nSv		46,4 \pm 0,5 %	7,9 \pm 8 %	200 \pm 1 %
BZ 120	H	GM-Zählrohr	15,5 \pm 4 %	78,3 \pm 1 %		188 \pm 2 %
	V	136 Imp./nSv		60,8 \pm 2 %		189 \pm 2 %
LB 6500-4	H	GM-Zählrohr	59,9 \pm 8 %	78,1 \pm 9 %		220 \pm 6 %
	V	6 Imp./nSv		61,1 \pm 10 %		215 \pm 7 %
MAB 604	H	Szintillationszähler	7,64 \pm 12 %	9,7 \pm 12 %	1,8 \pm 57 %	134 \pm 2 %
	V	0,1 Skt/nSv·h ⁻¹		7,9 \pm 14 %		127 \pm 2 %

¹⁾ Hierbei ist: M₀ interne Backgroundanzeige
M₁ Anzeige in Meereshöhe durch kosmische Strahlung nach
Subtraktion von M₀
M Anzeige nach Subtraktion von M₀

²⁾ Detektorlage horizontal (H) und vertikal (V)

Tab. 6/3: KfK-Ergebnisse einer EG-Pilotstudie bezogen auf die Kalibrierung im Salzbergwerk Asse

Das zugrundegelegte Ansprechvermögen der Geräte wurde im Salzbergwerk bestimmt. Im Dosisbereich oberhalb 10 nSv/h zeigten alle Geräte Linearität in der Anzeige von besser als 10 %, so daß die routinemäßige Kalibrierung der Geräte durchaus bei höheren Dosisleistungen durchgeführt werden kann. Die interne Backgroundanzeige liegt im Bereich von 0,6 - 60 nSv/h und ist am höchsten für die Detektoren geringen Ansprechvermögens.

Die Geräteanzeigen auf der Nordsee unterscheiden sich trotz einheitlicher Kalibrierung der Geräte und nach Korrektur des internen Backgrounds um den Faktor 4, d.h. die Geräte haben ein erheblich unterschiedliches Ansprechvermögen gegenüber kosmischer Strahlung. Die Richtungsabhängigkeit dieses Ansprechvermögens ergibt sich aus dem Vergleich der Anzeigen in horizontaler und vertikaler Detektorlage.

Die Geräteanzeigen im Moor liegen etwas höher als die Werte auf der Nordsee. Gamma-Spektrums-messungen ergaben einen erhöhten Cs-137-Wert, der wahrscheinlich auf Akkumulierungseffekte der

Zerfallsprodukte des Fall-out in den oberen Pflanzenschichten zurückzuführen ist.

Die Meßergebnisse im Harz stimmen nach Korrektur des kosmischen Anteiles durch Subtraktion der Nordseeanzeige für die Proportional- und GM-Zähler innerhalb der Meßgenauigkeit gut überein. Die deutlich geringere Anzeige des MAB 604 läßt sich durch die Energieabhängigkeit des Gerätes für K-40 gegenüber Cs-137 erklären.

Die Pilotstudie hat bestätigt, daß bei Anwendung verschiedener Typen von Dosisleistungsmeßgeräten in der Umgebungsüberwachung nur dann vergleichbare Ergebnisse erwartet werden können, wenn die Anzeige dieser Geräte hinsichtlich des internen Backgrounds und des Ansprechvermögens gegenüber kosmischer Strahlung korrigiert wird.

6.2.5 Messung der betriebsbedingten Strahlenemission von Bildschirmgeräten

H. Doerfel, H. Graffunder

Bei der betriebsbedingten Strahlung von Bildschirmgeräten handelt es sich um eine Röntgen-Bremsstrahlung, die bei der Abbremsung der Kathodenstrahlen im Leuchtstoff an der Bildschirminnenwand entsteht. Bedingt durch die starke Strahlenabsorption in der Bildröhrenwandung ist außerhalb der Geräte im allgemeinen nur eine sehr schwache Restkomponente des hochenergetischen Ausläufers des Bremsstrahlungskontinuums nachweisbar. Die mittlere Energie dieser Restkomponente beträgt bei Schwarz-Weiß-Geräten etwa 10 keV und bei Farb-Geräten je nach Beschleunigungspotential etwa 20 keV bis 25 keV.

Zum Nachweis dieser Strahlung wurde ein großflächiger Phoswich-Detektor benutzt, der speziell im Energiebereich zwischen 10 keV und 30 keV eine hohe Empfindlichkeit und einen sehr geringen Null-effekt hat. Der Detektor wurde mit Hilfe einer Fahrmechanik in 5 cm Abstand zentral vor dem Bildschirm der zu untersuchenden Geräte angeordnet. Um die betriebsbedingte Strahlenemission von der durch die natürliche Radioaktivität bedingten gerätespezifischen Strahlenemission separieren zu können, wurden die Geräte jeweils 5 min in angeschaltetem und in abgeschaltetem Zustand gemessen. Dabei zeigte sich in einigen Fällen, daß die Detektorzählrate bei abgeschaltetem Gerät signifikant größer ist als bei angeschaltetem Gerät. Hieraus muß geschlossen werden, daß die gerätespezifische Strahlenemission nicht konstant ist. Eine Analyse der Impulshöhenspektren ergab, daß die Variation der gerätespezifischen Strahlenemission in den Spektralbereichen der Radon-Folgeprodukte am größten ist. Weitere Untersuchungen zeigten, daß die Unterschiede bei Geräten mit großer Hochspannung stärker ausgeprägt sind als bei Geräten mit geringerer Hochspannung. Alle Ergebnisse deuten darauf hin, daß der Effekt durch die Radium-Aktivität im Leuchtstoff an der Bildschirminnenwand verursacht wird. Diese Radium-Aktivität erzeugt eine konstante Radon-Aktivität im Innern der Bildröhre. Da die Folgeprodukte des Radon bei ihrer Entstehung positiv geladen sind, driften sie bei eingeschalteter Hochspannung in Richtung auf die Kathode. Dadurch entfernt sich der Aktivitätsschwerpunkt der Radon-Folgeprodukte vom Detektor. Das hat dann zur Folge, daß die entsprechende Spektralkomponente bei eingeschaltetem Gerät geringer ist als bei abgeschaltetem Gerät. Dieser Effekt tritt prinzipiell bei allen Geräten auf und muß daher bei der Auswertung der Meßergebnisse berücksichtigt werden.

Die Untersuchungen erstreckten sich auf die folgenden drei Gerätegruppen: Schwarz-Weiß-Monitore (Bildschirmdiagonale 33cm, Bildröhren-Hochspannung $11,6 \pm 0,3$ kV), Farb-Monitore (33cm, $24,7 \pm 0,4$ kV) und Farb-Fernsehempfänger (67 cm, $27,3 \pm 0,6$ kV). Zur Gewährleistung reproduzierbarer und untereinander vergleichbarer Meßergebnisse wurde auf den Bildschirmen der Geräte mit Hilfe eines Video-Recorders jeweils ein weißes Referenz-Testbild erzeugt. Die Messungen wurden bei allen Kombinationsmöglichkeiten von minimaler und maximaler Helligkeits- bzw. Kontrasteinstellung vorgenommen. Soweit die Einstellmöglichkeiten der Geräte dies zuließen, wurden außerdem auch Messungen bei mittlerer Helligkeit und mittlerem Kontrast durchgeführt.

Bei Berücksichtigung aller Fehlerquellen ergibt sich für die untere Nachweisgrenze der betriebsbedingten Ortsdosisleistung bei der hier gewählten Meßzeit von 5 min ein Wert von etwa 0,1 nSv/h. Da an jedem Gerät mindestens vier Messungen in den verschiedenen Betriebszuständen durchgeführt werden, reduziert sich die Nachweisgrenze bei Zusammenfassung der Einzelmessungen auf etwa 0,05 nSv/h. In der Gruppe der Schwarz-Weiß-Monitoren konnte bei keinem der untersuchten Geräte eine Röntgen-Emission nachgewiesen werden. Demnach ist die betriebsbedingte Ortsdosisleistung in dieser Gerätegruppe bei jedem Betriebszustand kleiner als 0,1 nSv/h und gemittelt über alle Betriebszustände kleiner als 0,05 nSv/h. In der Gruppe der Farb-Monitoren wurde bei einem von insgesamt fünf untersuchten Geräten eine betriebsbedingte Ortsdosisleistung von etwa 0,12 nSv/h nachgewiesen (Tab. 6/4). Der Maximalwert lag bei diesem Gerät (M 1) bei etwa 0,19 nSv/h. Bei einem weiteren Gerät (M 2) lag der Maximalwert mit 0,13 nSv/h knapp über der Nachweisgrenze.

Gerät	Betriebsbedingte Ortsdosisleistung in nSv/h	
	Mittelwert	Maximalwert
M 1	0,12	0,19
M 2	0,07	0,13
M 3	<0,05	<0,1
M 4	<0,05	<0,1
M 5	<0,05	<0,1
F 1	0,05	0,1
F 2	2,21	3,93
F 3	2,69	3,88
F 4	3,29	6,51
F 5	0,79	1,60
F 6	4,78	9,99

Tab. 6/4: Betriebsbedingte Ortsdosisleistungen in 5 cm Bildschirmabstand von verschiedenen Farb-Monitoren (M 1 - M 5) und verschiedenen Farb-Fernsehempfängern (F 1 - F 6)

Ein ganz anderes Bild ergab sich in der Gruppe der Farb-Fernsehempfänger. Hier wurden bei fünf von insgesamt sechs untersuchten Geräten in nahezu allen Betriebszuständen signifikante Röntgen-Emissionen nachgewiesen. Die mittleren Ortsdosisleistungen liegen zwischen etwa 0,8 nSv/h und etwa 4,8 nSv/h ; die Maximalwerte sind jeweils etwa doppelt so groß (Tab. 6/4). Die Abb. 6/6 verdeutlicht an zwei Beispielen, wie sich die betriebsbedingte Ortsdosisleistung mit der Geräteeinstellung verändern kann. In diesen zwei Beispielen nimmt die Ortsdosisleistung linear mit der Helligkeit und linear mit dem Kontrast zu, so daß die maximale Ortsdosisleistung bei größter Helligkeit und größtem Kontrast erreicht wird. Bei den übrigen Geräten ist dies infolge von Strahlstrombegrenzungseffekten nicht der Fall.

Zur Berechnung der Äquivalentdosisleistungen in den interessierenden Organen wurden die in 5 cm Bildschirmabstand gemessenen mittleren Ortsdosisleistungen zunächst auf die Bildschirmabstände der verschiedenen Organe umgerechnet. Bei den Farb-Monitoren wurde dabei die vom Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften in den "Sicherheitsregeln für Bildschirmarbeitsplätze

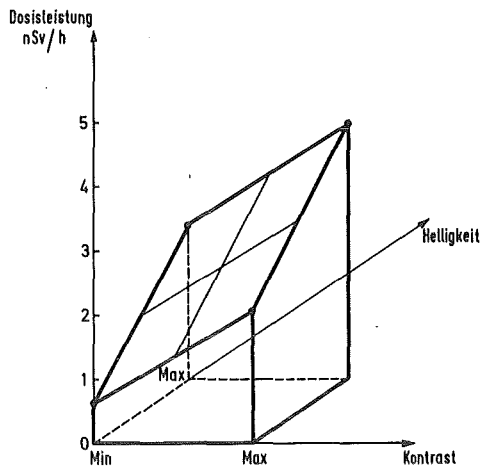


Abb. 6/6a: Betriebsbedingte Ortsdosisleistung in Abhängigkeit von der Helligkeits- und Kontrasteinstellung beim Farbfernsempfänger F 2

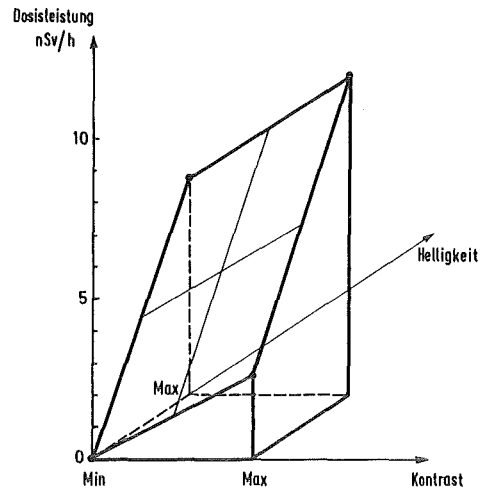


Abb. 6/6b: Betriebsbedingte Ortsdosisleistung in Abhängigkeit von der Helligkeits- und Kontrasteinstellung beim Farbfernsempfänger F 6

	Betriebsbedingte Äquivalentdosisleistung ¹⁾ in pSv/h							
	Farb-Monitoren		Farb-Fernsempfänger					
	M 1	M 2-5	F 1	F 2	F 3	F 4	F 5	F 6
Organe:								
Schilddrüse	17	<7	<1	37	45	56	13	81
Lunge (Mann)	5	<2	<1	12	15	18	4	27
Lunge (Frau)	2	<1	<1	6	7	9	2	13
Brust (Frau)	20	<8	<1	43	53	64	15	94
Ovarien	2	<1	<1	5	7	8	2	12
Testes	16	<7	<1	48	58	71	17	103
Haut	14	<6	<1	44	53	65	16	94
Skelett	6	<3	<1	20	25	30	7	44
R. Knochenm.	1	<1	<1	2	3	3	1	5
Ganzkörper ²⁾ :								
Mann	6	<3	<1	19	23	28	7	40
Frau	6	<3	<1	14	17	21	5	30

¹⁾ Zugrundegelegt wird eine vom Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften empfohlene Sitzposition für Bildschirmarbeitsplätze bzw. eine Zuschauerentfernung von 2,5 m; Konversionsfaktoren zur Bestimmung der Organdosen aus den Ortsdosen nach R. Kramer, GSF (GSF-Bericht-S-556, Februar 1979)

²⁾ Effektive Äquivalentdosisleistung

Tab. 6/5: Betriebsbedingte Äquivalentdosisleistungen in Organen bzw. effektive Äquivalentdosisleistungen für Personen an Bildschirmarbeitsplätzen (Farb-Monitoren M 1 bis M 5) und für Fernsehzuschauer (Farb-Fernsempfänger F 1 bis F 6)

im Bürobereich" empfohlene Sitzposition zugrundegelegt. Bei den Fernsehempfängern wurde ein Zuschauerabstand von 2,5 m angenommen. Die auf diese Weise erhaltenen Ortsdosisleistungswerte wurden dann mit Hilfe geeigneter Konversionsfaktoren in die entsprechenden Äquivalentdosisleistungen in den Organen umgerechnet. Nach diesen Berechnungen ist die betriebsbedingte Äquivalentdosisleistung an den meisten Bildschirmarbeitsplätzen sowohl bei männlichen als auch bei weiblichen Operateuren kleiner als 3 pSv/h (Tab. 6/5). Am Farb-Monitor M 1 beträgt die betriebsbedingte Äquivalentdosisleistung etwa 6 pSv/h. Bei 2 000 Arbeitsstunden ergibt sich hieraus eine jährliche Äquivalentdosis von ca. 12 nSv. Dieser Wert liegt etwa fünf Größenordnungen unter dem natürlichen Strahlungspegel.

Bei den Farbfernsehgeräten sind die betriebsbedingten Äquivalentdosisleistungen etwas größer. Allerdings sind die Expositionszeiten im allgemeinen wohl niedriger. Geht man beispielsweise von einer Fernsehdauer von 500 h/a aus, so ergibt sich bei dem Gerät mit der größten Emission (F 6) eine jährliche Äquivalentdosis von 20 nSv bei männlichen Zuschauern bzw. 15 nSv bei weiblichen Zuschauern. Auch diese Werte liegen etwa fünf Größenordnungen unter dem natürlichen Pegel.

6.3 Neutronendosimetrie

6.3.1 Energieunabhängige Messung der Neutronenäquivalentdosis mit einem Dreidetektorsystem

E. Piesch, B. Burgkhardt

Zur Messung von Neutronenstreustrahlungsfeldern werden heute vorwiegend Äquivalentdosisleistungsmesser mit einem Detektor für thermische Neutronen im Zentrum eines Polyäthylenmoderators eingesetzt. Für eine möglichst genaue Kalibrierung von Neutronenpersonendosimetern an Arbeitsplätzen müssen hier jedoch bedingt durch die Energieabhängigkeit des Ansprechvermögens Meßunsicherheiten bis zu einem Faktor 3 in Kauf genommen werden.

Das Einkugelalbedomeßverfahren, welches zwei zusätzliche Detektoren an der Moderatoroberfläche verwendet, verbessert diese Meßbedingungen. Mit dem erst jetzt berechneten Neutronenansprechvermögen der Detektor-Absorber-Kombinationen konnte das Meßverfahren dahingehend verbessert werden, daß aus der Linearkombination der drei Meßwerte bei Verwendung unterschiedlicher Wichtungsfaktoren k_i eine energieunabhängige Messung wahlweise der Neutronenfluenz Φ , der Energiedosis D und der Äquivalentdosis H möglich ist [46].

$$\Phi = k_1 \cdot \alpha(a) + k_2 \cdot \alpha(i) + k_3 \cdot \alpha(c)$$

$$D = k_4 \cdot \alpha(a) + k_5 \cdot \alpha(i) + k_6 \cdot \alpha(c)$$

$$H_{MADE} = k_7 \cdot \alpha(a) + k_8 \cdot \alpha(i) + k_9 \cdot \alpha(c)$$

Die Wichtungsfaktoren k_i wurden innerhalb eines Least-Square-Fit-Verfahrens unter Zugrundelegung des Neutronenansprechvermögens als Funktion der Neutronenenergie ermittelt (Tab. 6/6). Im Hinblick auf die Einführung neuer Meßgrößen anstelle der bisher gültigen maximalen Äquivalentdosis H_{MADE} wurden die entsprechenden Wichtungsfaktoren auch für die Neutronenäquivalentdosis H_{10} in einer Gewebetiefe von 10 mm der ICRU-Kugel und direkt für die effektive Äquivalentdosis H_E ermittelt.

Abb. 6/7 zeigt die Energieabhängigkeit der aus der Linearkombination von drei Detektoranzeigen ermittelten Äquivalentdosis als Funktion der Neutronenenergie. Im Vergleich zu monoenergetischen

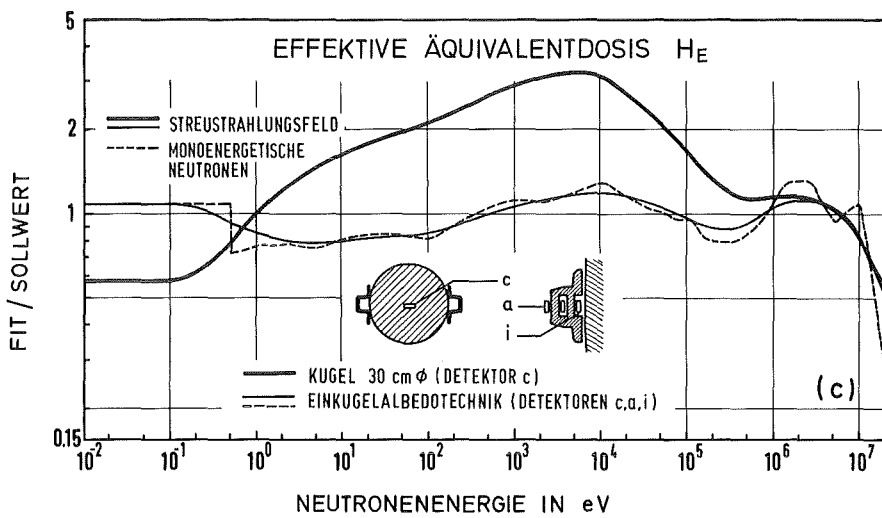
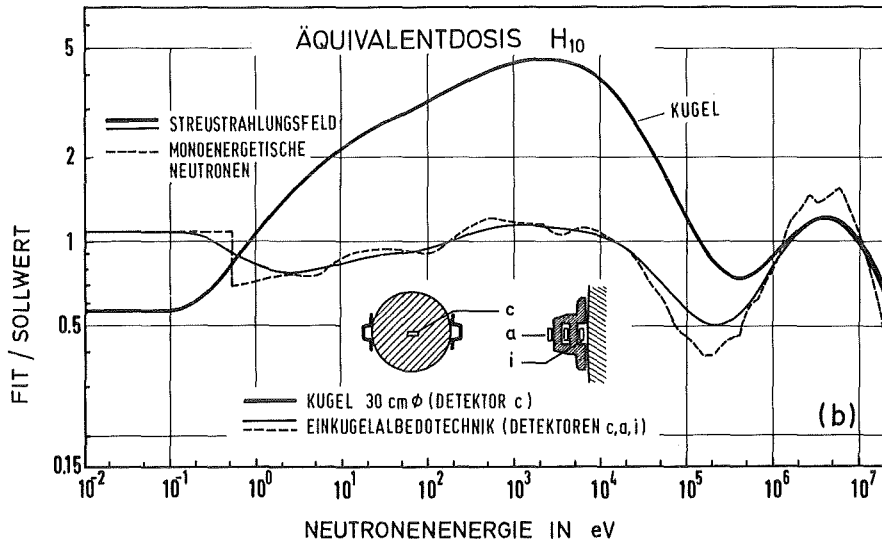
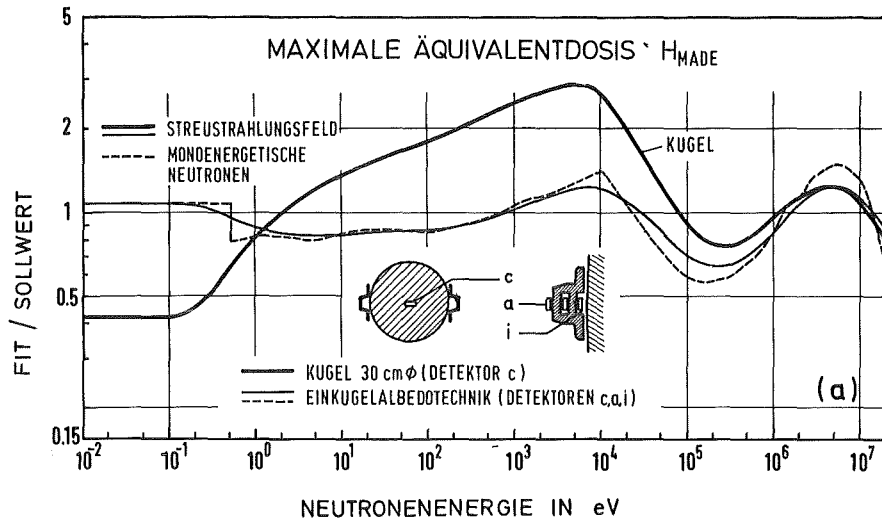


Abb. 6/7: Relatives Ansprechvermögen der Kugel von 30 cm Durchmesser und der Linearkombination aus drei Meßwerten nach der Einkugel-Albedomeßtechnik für die Meßgrößen H_{MADE} (a), H_{10} (b) und H_E (c)

Neutronen- detektor	Wichtungsfaktoren k_i				
	ϕ (10^{-6} cm^2)	D (10^{-2} mGy)	H_{MADE} (10^{-1} mSv)	H_{10} (10^{-1} mSv)	H_E (10^{-1} mSv)
a	$k_1 = 1,1$	$k_4 = 0,62$	$k_7 = 0,16$	$k_{13} = 0,13$	$k_{10} = 0,084$
i	$k_2 = 5,9$	$k_5 = 1,4$	$k_8 = -1,2$	$k_{14} = -1,5$	$k_{11} = -0,9$
c	$k_3 = 1,4$	$k_6 = 8,8$	$k_9 = 8,3$	$k_{15} = 8,3$	$k_{12} = 5,8$

Tab. 6/6: Wichtungsfaktoren k_i für Linearkombinationen zur Ermittlung von Neutronenfeldgrößen mit der Einkugelalbedotechnik

Neutronen erwartet man bei Neutronenspektren in Streustrahlungsfeldern eine geringere Energieabhängigkeit wie dies hier für Neutronenspektren mit einer Halbwertsbreite des Cf-252-Spektrums dargestellt ist. Die Einkugelalbedomeßtechnik zeigt im Vergleich zur 30-cm-Polyäthylen-Kugel eine wesentlich geringere Energieabhängigkeit der Dosisanzeige von etwa $\pm 25 \%$. Insbesondere H_E zeigt die geringste Energieabhängigkeit.

Der praktische Einsatz der neuen Meßtechnik in der Umgebung verschiedener Neutronenquellen und am Health Physics Research Reactor in Oak Ridge bestätigt die geringe Energieabhängigkeit des Meßverfahrens. Tab. 6/7 vergleicht die aus dem Neutronenspektrum errechneten Sollwerte für die Neutronenfeldgrößen ϕ , D und H mit den Ergebnissen, die durch Linearkombination unter Verwendung berechneter und gemessener Detektoranzeigen ermittelt wurden. Abweichungen bei zwei HPRR-Spektren sind offensichtlich auf Ungenauigkeiten im berechneten Neutronenspektrum zurückzuführen.

Mit den vorliegenden Ergebnissen werden die langjährigen Arbeiten zur Entwicklung der Einkugelalbedomeßtechnik abgeschlossen. Für die Meßaufgaben, die Äquivalentdosis möglichst genau zu messen und Kalibrierfaktoren von Personendosimetern im Streustrahlungsfeld zu erhalten, erscheint es besonders aussichtsreich, anstelle passiver TL-Detektoren aktive Neutronendetektoren einzusetzen. Die Bereitstellung eines aktiven Meßgerätes würde eine empfindliche Lücke in der Neutronendosimetrie schließen.

Neutronenspektrum	Quotient FIT/Sollwert ¹⁾					
	Detektoranzeigen berechnet			Detektoranzeigen gemessen		
	ϕ	D	H_{MADE}	ϕ	D	H_{MADE}
Am-Be (KfK)	1,26	1,19	1,33	1,11	0,98	1,08
Cf-252 (KfK)	1,23	1,16	1,14	1,11	1,02	1,00
Cf-252 + D ₂ O (NBS)	1,29	1,15	1,06	0,97	1,00	0,98
HPRR						
NO SHIELD SP1	1,07	1,10	1,03	1,00	0,96	0,88
SP2	1,07	1,10	1,02	1,03	1,01	0,93
LUCITE	1,05	1,12	1,09	1,26	1,33	1,29
CONCRETE	1,03	1,08	1,02	0,79	0,84	0,81

¹⁾ Sollwert aus berechnetem Neutronenspektrum, berechnete Detektoranzeigen über Detektoransprechvermögen und Neutronenspektrum

Tab. 6/7: Vergleich von Neutronenfeldgrößen ermittelt mit der Einkugelalbedotechnik aus der Linearkombination (FIT) von drei Meßwerten

6.3.2 Passives Neutronendosimeter zum Messen des natürlichen Neutronenstrahlungspegels

B. Burgkhardt, E. Piesch, J. Jasiak

Die langzeitige Kontrolle kleiner Neutronenstrahlungspegel von etwa $20 \mu\text{Sv}$ pro Jahr erfordert den Einsatz passiver, hochempfindlicher und gammadiskriminierender Neutronendetektoren. Hierzu eignen sich bevorzugt Kernspurätzdetektoren, die spaltbares Material oder (n,α) -Radiatoren benutzen. TL-Detektoren zeigen hingegen nur in Neutronenstreustrahlungsfeldern höherer Neutronendosisleistung eine ausreichende Gammadiskriminierung, ergänzen Kernspurdetektoren jedoch hinsichtlich des erforderlichen Dosisbereiches.

Das unter den KfK-Dosimetersystemen vorgesehene Dosimeter für eine langzeitige Messung kleiner Neutronendosen zur Anlagen- und Umgebungsüberwachung besteht aus einer Kombination von Neutronendetektoren im Zentrum einer Polyäthylen-Moderatorkugel von 30 cm Durchmesser (Abb. 6/8). Der über einen Plastikzylinder auswechselbare Detektorteil enthält einen Makrofol-Polykarbonatdetektor vom $300 \mu\text{m}$ Dicke in Kontakt mit zwei borhaltigen (n,α) -Radiatoren und einem Thermolumineszenzdetektorpaar aus TLD600 und TLD700. Nach elektrochemischem Ätzen der Makrofol-Detektoren werden die Kernspuren bei geringen Spurendichten in einfacher Weise in einem Bildschirmgerät bei 20facher Vergrößerung in einem Gesichtsfeld von etwa $0,6 \text{ cm}^2$ ausgezählt. Für die automatische Auszählung hoher Spurendichten steht ein Zeiss-Mikrovideomat zur Verfügung. Bei Verwendung eines BN 1 - Radiators mit Bor in natürlicher Zusammensetzung ergibt sich ein Neutronenan-sprechvermögen von $2,7 \text{ Spuren/cm}^2 \cdot \mu\text{Sv}$, das sich mit zusätzlichem Absorber auf $0,3 \text{ Spuren/cm}^2 \cdot \mu\text{Sv}$ verringert [19].

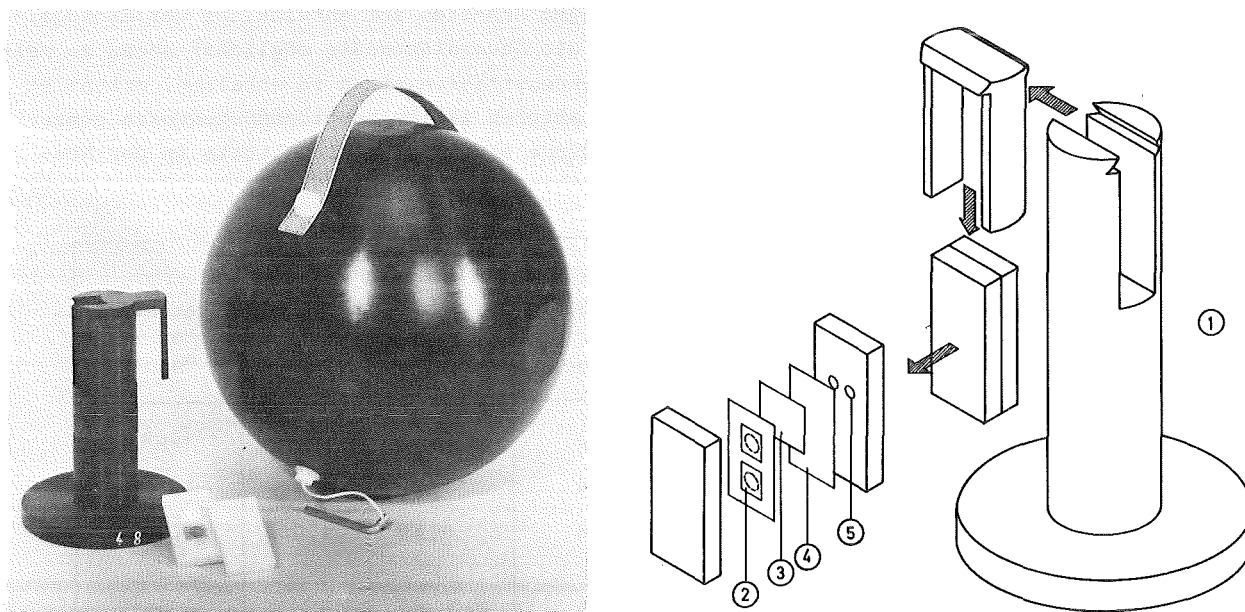


Abb. 6/8: Passiver Neutronenäquivalentdosismesser mit TL-Detektor (5), Kernspurätzdetektor (4), Absorberfolie (3) und (n,α) -Radiator (2) in einem Einsatz im Zentrum einer Polyäthylenkugel (1) von 30 cm Durchmesser

Die Untersuchung der relativen empirischen Standardabweichung (Abb. 6/9) im interessierenden Dosisbereich ergibt bei einem Detektoruntergrund von 8 Spuren/cm^2 eine kleinste nachweisbare

Neutronendosis von etwa 5 μSv beim BN 1 - Radiator und 50 μSv für die Radiator-Absorber-Kombination. Der ausnutzbare Dosisbereich beträgt 5 μSv bis 10 mSv für den Kernspurdetektor und 0,1 mSv bis 10 Sv für die TL-Detektoren.

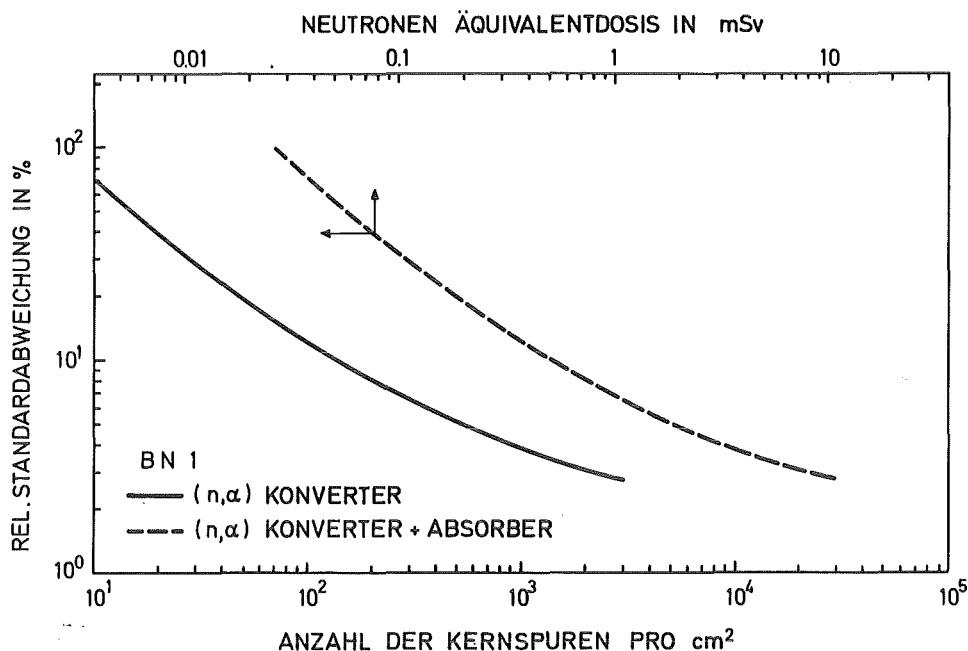


Abb. 6/9: Relative empirische Standardabweichung einer Einzelmessung ermittelt aus 10 Meßwerten in Abhängigkeit von der Kernspurdichte bzw. Neutronenäquivalentdosis für zwei verschiedene Radiatoren

Tab. 6/8 zeigt am Beispiel von langzeitigen Überwachungsergebnissen im KfK die Vorzüge des gamma-diskriminierenden Kernspurdetektors bei der Messung kleiner Neutronendosen im Bereich des natürlichen Strahlungspegels.

MEßORT	MEßDAUER	H_n (mSv)		$\frac{H_n}{H_\gamma}$	$H_n \pm U_\sigma$ (mSv/a)
		KERNSPURDETEKTOR	TLD		
Transportbehälter für Brennelemente					
Ort 1	3 Monate	0,81	0,75	0,48	$3,57 \pm 2 \%$
Ort 2		0,44	0,69	0,07	$1,65 \pm 4 \%$
Ort 3		0,21	0,97	0,01	$0,78 \pm 6 \%$
Ort 4		0,11	0,05	0,06	$0,49 \pm 8 \%$
Eichhalle	6 Monate	1,01	0,28	1,4	$1,88 \pm 2 \%$
Meßhütte KfK West		0,034		0,11	$0,063 \pm 18 \%$
Gebäude 123		0,01		0,03	$0,019 \pm 20 \%$
Natürliche Neutronenuntergrundstrahlung (UNSCEAR 1982)					0,023

Tab. 6/8: Ergebnisse der Neutronenüberwachung mit passiven Dosimetern im KfK

6.3.3 Einfluß von Streustrahlung auf den Kalibrierfaktor von Neutronendosimetern

E. Piesch, B. Burgkhardt, D. Singh

Neutronendosimeter werden im gerichteten Strahlenfeld einer Am-Be- bzw. Cf-252-Neutronenquelle möglichst unter rückstrefreien Bestrahlungsbedingungen kalibriert. Unterschiede der Energieverteilung und Strahleneinfallrichtung führen im Streustrahlungsfeld jedoch zu größeren Meßunsicherheiten, da Neutronendosimeter im allgemeinen eine ausgeprägte Energieabhängigkeit haben. Für den Einsatz von Äquivalentdosisleistungsmeßgeräten an Reaktoren wird beispielsweise eine Kalibrierung mit D₂O-moderierten Cf-252-Neutronen empfohlen, die die Energieabhängigkeit im Vergleich zu einer Kalibrierung mit unmoderierten Cf-252-Neutronen bis zu einem Faktor 2 verbessert. Die verbleibende Energieabhängigkeit kann nur durch den Einsatz energieunabhängiger Meßgeräte wie der Einkugelalbedomeßtechnik verbessert werden.

Zusätzliche Meßunsicherheiten ergeben sich aber auch bei der Kalibrierung energieabhängiger Neutronendetektoren, die energiearme rückgestreute Neutronen aus der Umgebung der Kalibrierquelle im allgemeinen mit einem höheren Ansprechvermögen nachweisen. Der Kalibrierfaktor C, definiert als Quotient von Äquivalentdosis H und Anzeige M, kann je nach Korrektion des Streustrahlungsbeitrages der Äquivalentdosis H_{Sto} bzw. der Anzeige M_{Sto} in unterschiedlicher Weise bestimmt werden [57]:

- Bei der Standardkalibriertechnik wird sowohl die Dosimeteranzeige als auch der Äquivalentdosisreferenzwert gegenüber Streustrahlung korrigiert:

$$C_1 = (H - H_{Sto}) / (M - M_{Sto})$$

- Bei der Routinekalibrierung wird der Streustrahlungsbeitrag der Dosimeteranzeige nicht subtrahiert und die Äquivalentdosis beispielsweise aus der Quellstärke berechnet:

$$C_2 = (H - H_{Sto}) / M$$

- Bei der Feldkalibrierung bleiben Dosimeteranzeige und Äquivalentdosis unkorrigiert:

$$C_3 = H / M$$

Die Überempfindlichkeit des Albedodosimeters i gegenüber energiearmen Neutronen führt beispielsweise dazu, daß das Ansprechvermögen $R = 1/C$ mit der Entfernung zur Neutronenquelle ansteigt (Abb. 6/10), was auf einen energiearmen Rückstreuanteil zurückzuführen ist. Im Hinblick auf eine Personenüberwachung an einer Cf-252-Neutronenquelle würde eine Standardkalibrierung demnach einen falschen Kalibrierfaktor ergeben. Zur Korrektion des Ansprechvermögens innerhalb der Personendosimetrie kann beispielsweise der thermische Neutronendetektor a bzw. das Meßwertverhältnis a/i unter Zugrundelegung von Feldkalibrierfaktoren herangezogen werden. Bei energieabhängigen Detektoren ist das Ansprechvermögen daher über eine Feldkalibrierung zu ermitteln.

Wie Tab. 6/9 zeigt, können im Strahlungsfeld einer Cf-252-Quelle unter Umständen auch bei Äquivalentdosisleistungsmeßgeräten Kalibrierfehler von 20 % bzw. einem Faktor 2 auftreten, wenn wie bei der Routinekalibrierung nur der Streustrahlungsbeitrag der Referenzdosis korrigiert wird. Die Untersuchungen ergaben, daß Äquivalentdosisleistungsmeßgeräte mit vergleichbar geringer Energieabhängigkeit sinnvollerweise unter Standardbedingungen möglichst in geringem Abstand von der Neutronenquelle unter Benutzung eines Schattenkegels kalibriert werden sollen, der zur Korrektion des Streustrahlungsbeitrages dient. Bei energieabhängigen Dosimetern ist eine Standardkalibrierung jedoch unzumutbar, da sie in der Praxis zu Fehlmessungen führt. Auch bei Vergleichsmessungen von Personendosimetern sollten die Detektoren unter den gleichen Bedingungen

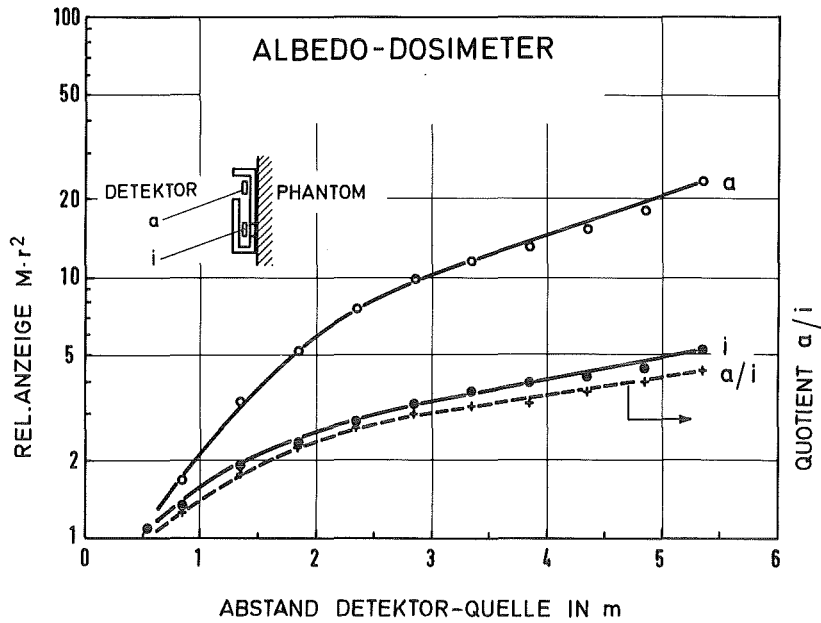


Abb. 6/10: Mit dem Quadrat des Abstandes multiplizierte Anzeige des Albedodetektors i , des thermischen Neutronendetektors a sowie des Quotienten a/i in Abhängigkeit von Detektor-Quellenabstand für eine Cf-252-Neutronenquelle in 1,25 m Höhe über Boden

Neutronendetektor	Relativer Kalibrierfaktor ¹⁾		
	Standardkal.	Routinekal. C_2/C_1	Feldkal. C_3/C_1
<u>Cf-252-Quelle in Raummitte</u>			
Anderson-Braun	1	0,73	0,91
Kugel 30 cm \emptyset	1	0,80	1,0
Albedodosimeter	1	0,44	0,52
<u>Cf-252-Quelle in Raumecke (1,25 m von Wand)</u>			
Anderson-Braun	1	0,59	0,88
Kugel 30 cm \emptyset	1	0,57	0,83
Albedodosimeter	1	0,31	0,45

¹⁾ Relativer Kalibrierfaktor bezogen auf den Standardkalibrierfaktor C_1 , Korrektur der Streustrahlungsanteile mit der Schattenkegeltechnik, Detektor-Quellenabstand 2,5 m bzw. 1,25 m in Raumecke.

Tab. 6/9: Relative Änderung des Kalibrierfaktors von Neutronendosimetern an einer Cf-252-Neutronenquelle entsprechend der angewandten Kalibriertechnik

des Streustrahlungsfeldes, d.h. ohne Korrektion des Streustrahlungsanteiles bevorzugt in geringer Bodenhöhe, bestrahlt werden. "Routinekalibrierungen" sollten möglichst vermieden werden, da sie auch bei Äquivalentdosisleistungsmeßgeräten in Streustrahlungsfeldern zu größeren Meßfehlern führen als eine direkte Feldkalibrierung.

6.4. Strahlenexposition durch Radon und Zerfallsprodukte

6.4.1 Entwicklung eines passiven Radondosimeters zur gleichzeitigen Messung der Radon- und Thoronkonzentration sowie der Gleichgewichtsfaktoren

M. Urban

Die natürliche Strahlenexposition des Menschen setzt sich aus externen und internen Strahlungskomponenten zusammen. Verantwortlich für eine zivilisatorisch bedingte Erhöhung der internen Strahlenexposition ist die Inhalation des Edelgases Radon und seiner kurzlebigen Zerfallsprodukte. Der überwiegende Anteil der Dosis ist auf den Beitrag der Zerfallsprodukte zurückzuführen. Bei Meßreihen zur Abschätzung der Strahlenexposition durch Radon ist es von entscheidender Bedeutung, die Zerfallsprodukte und nicht nur das Edelgas selbst zu messen. Wegen unterschiedlicher Dosiswirksamkeit bei gleicher Ausgangskonzentration in Luft ist außerdem ein getrennter Nachweis der Isotope Rn-222 und Rn-220 wünschenswert.

Zur Bestimmung der momentanen Konzentration der interessierenden Radionuklide in Luft steht eine Vielzahl mehr oder weniger aufwendiger Meßverfahren zur Verfügung. Ein preisgünstiges, langfristig integrierendes Meßverfahren war bisher nur für die Edelgasisotope, nicht jedoch für deren Zerfallsprodukte bekannt. Das neu entwickelte passive Radondosimeter ermöglicht jetzt erstmalig neben Radon auch dessen Zerfallsprodukte integrierend zu messen.

Die bisher gebräuchlichen Dosimeter zur Messung der Konzentration von Rn-222 und Rn-220 sind alle Diffusionskammern, die einen Kernspurdetektor enthalten und die durch eine Diffusionsmembran zur Abtrennung der Aerosole aus der Umgebungsluft abgeschlossen sind. Das entwickelte Dosimeter arbeitet ohne Diffusionsmembran und ist damit auch für Zerfallsprodukt-Aerosole offen.

Für den getrennten Nachweis der Radionuklide aufgrund ihrer verschiedenen α -Energien wurde ein für alle möglichen Dosimetergeometrien anwendbares mathematisches Modell erstellt. Eingangsgrößen für das Modell sind Radon- und Thoronkonzentrationen, die Konzentration der an Aerosole angelagerten und der freien Zerfallsprodukte sowie die Aerosol-Daten der Umgebungsluft. Der erste Teil des Modells berücksichtigt die Teilchentransportvorgänge aus der Umgebungsluft in das Dosimeter und im Dosimeter. Das Ergebnis ist die Nuklidkonzentration im Volumenbereich und die Flächendichte der an Oberflächen deponierten Nuklide im Dosimeter. Der zweite Teil des Modells ermittelt durch Monte-Carlo-Simulation am Ort des Detektors die Ansprechwahrscheinlichkeit in einzelnen Energieklassen für die α -Energien der Nuklide, die aus dem Kammervolumen und den Innenoberflächen einfallen. Durch Kombination beider Teile erhält man als Ausgangsgröße des Modells das α -Energiespektrum an der Oberfläche des Kernspurdetektors. In Abb. 6/11 ist das Modell schematisch dargestellt.

Um ein möglichst empfindliches Dosimeter zu erhalten, wurde der maximale vom Detektor erfaßte Raumwinkelbereich für verschiedene Zylinder und kegelförmige Geometrien untersucht. Wie zu erwarten, erreicht nur ein halbkugelförmiges Dosimeter annähernd den maximalen Raumwinkel von 2π und läßt damit die größte Empfindlichkeit erwarten. Aus diesem Grund wurde diese Geometrie für das Dosimeter gewählt.

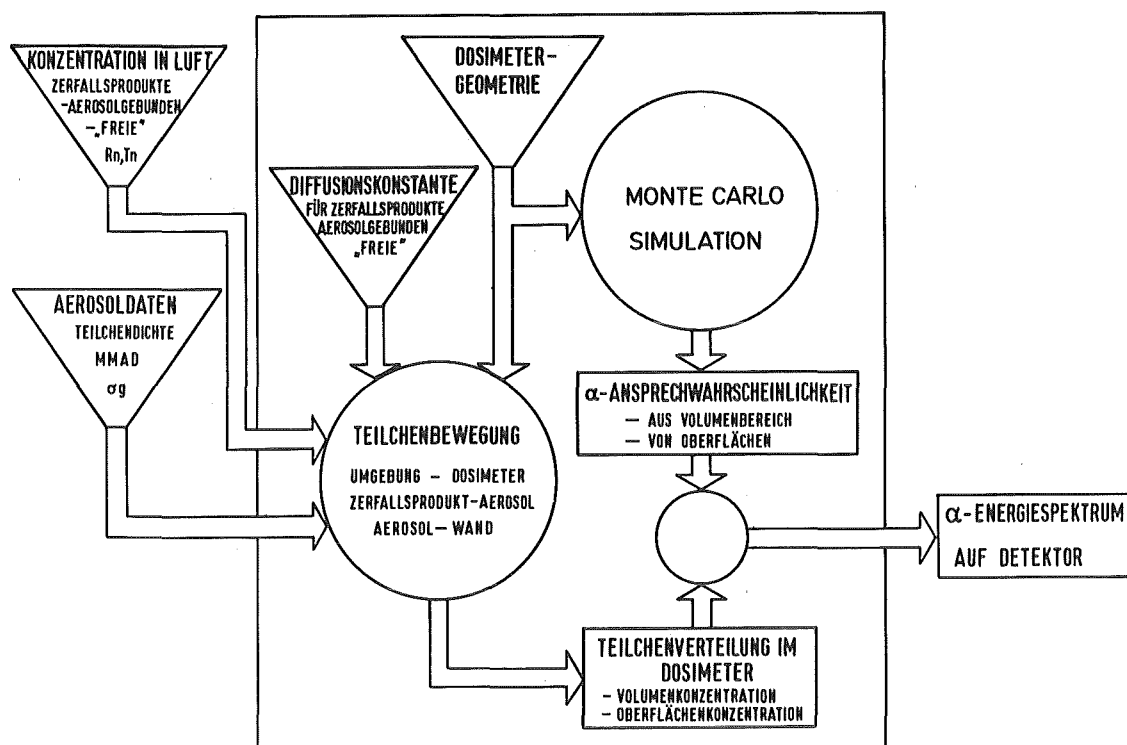


Abb. 6/11: Schematische Darstellung des mathematischen Modells zur Berechnung eines Radondosimeters [63]

Das entwickelte Dosimeter (Abb. 6/12) ist erheblich kleiner als die bisherige Radondiffusionskammer. Es besteht grundsätzlich die Möglichkeit, das neue Dosimeter als offenes Dosimeter zum Nachweis von Edelgas und Zerfallsprodukten und als geschlossenes Dosimeter zum Radonnachweis, beispielsweise bei schwierigen Umgebungsbedingungen im Bergwerk, zu benutzen. 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 Oberflächenladung und dadurch inhomogene Aerosolabscheidung im Dosimeter möglich ist. Das Dosimeter kann insbesondere auch als Personendosimeter eingesetzt werden.

Durch Anwendung eines elektrochemischen Ätzverfahrens werden die durch α -Teilchen verursachten Kernspuren im Detektor vergrößert. Bei der Konzeption des Ätzsystems wurde besonderer Wert auf eine rationelle Handhabung und die Tauglichkeit zur Auswertung großer Serien gelegt.

Die Meßmethode basiert auf der Bestimmung des Kernspurdurchmessers, der ein Maß für die Energie des α -Teilchens ist. Die Auswertung der Detektoren erfordert die Messung des Kernspurgrößenpektrums. Die Auswertung wurde mit Hilfe des Bildauswertegerätes Microvideomat II der Firma Zeiss, Oberkochen, und einem HP 9835 Tischrechner automatisiert. Die Zuordnung von Kernspurgröße und α -Energie geschieht durch gleichzeitige Auswertung von Dosimeterfolien, die zuvor mit kollimierten α -Teilchen bestrahlt worden sind (Abb. 6/13). Zur Bestimmung der Kernspurgrößenpektren wird bei den kalibrierten Detektoren eine Trennung von Mehrfachkernspuren durch ein Korrelationsverfahren durchgeführt, um eine Verfälschung der Kernspurgrößen-Energie-Relation zu verhindern. Zur Berechnung der Konzentrationen von Radon, Thoron und deren kurzlebigen Zerfallsprodukten wird das Minimum-Varianz-Schätzverfahren angewendet. Die Beobachtungsmatrix setzt sich zusammen aus der Transformationsmatrix Kernspurgröße-Energie, der Korrektionsmatrix für unterschiedliche Detektorwirkungsgrade einzelner α -Energien sowie der Systemmatrix des

mathematischen Modells.

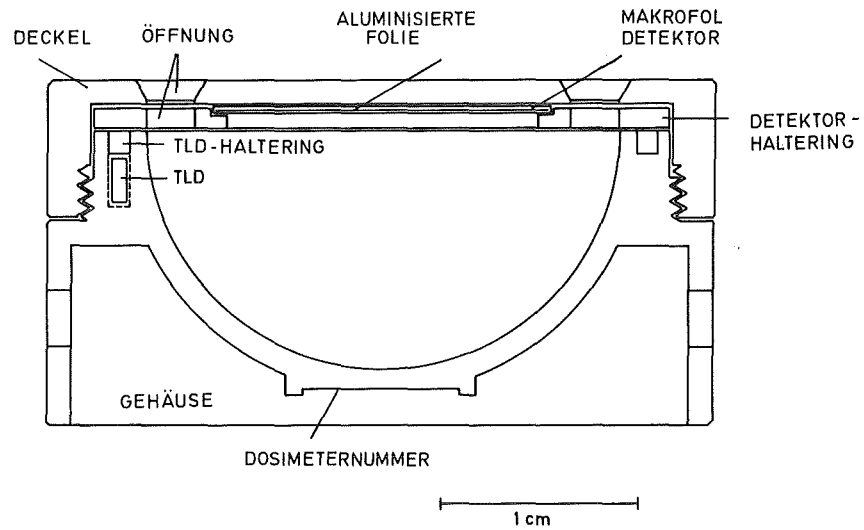


Abb. 6/12: KfK-Radondosimeter zur gleichzeitigen Messung von Radon und Thoron sowie der Gleichgewichtsfaktoren

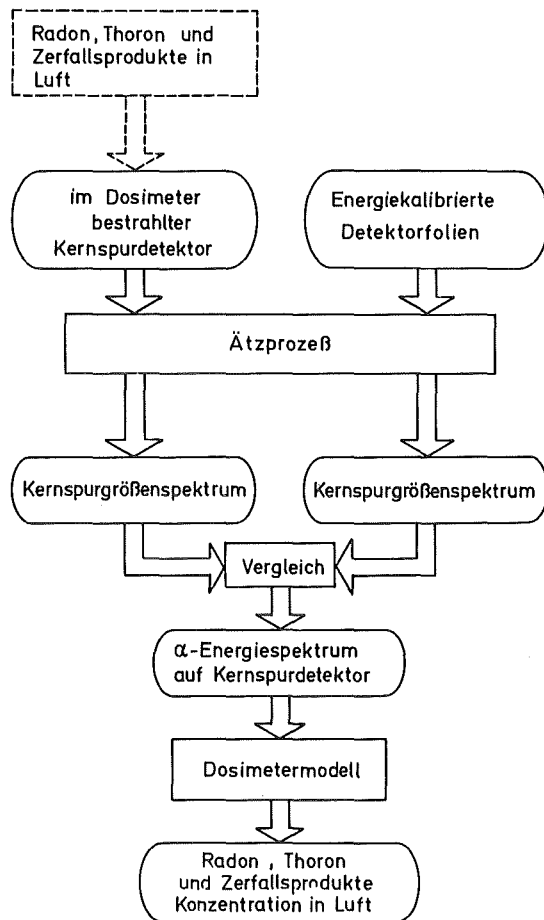


Abb. 6/13: Schematischer Verlauf der Dosimetrauswertung

Zum Test des Dosimeters wurde eine Meßreihe in 12 Wohnräumen durchgeführt. Die mittlere Konzentration für beide Edelgasisotope war 50 Bq/m^3 . Der über alle 12 Messungen gemittelte Gleichgewichtsfaktor betrug 0,3. Die Expositionszeiten lagen zwischen drei und sechs Monaten. Daß die generelle Annahme eines mittleren Gleichgewichtsfaktors von 0,3 in Wohnhäusern, wie sie bei dem bisherigen Meßverfahren gemacht wurden, zu erheblichen Fehlern bei der Dosisabschätzung im Einzelfall führen kann, deutet eine zweite Spitze der Häufigkeitsverteilung bei 0,7 an, die sich in Räumen mit erhöhter Aerosolkonzentration ("Rauchern") findet.

Das Dosimeter bietet erstmals die Möglichkeit, alle dosisrelevanten Größen, d.h. sowohl die Konzentrationen der Edelgasisotope als auch die Konzentrationen der Zerfallsprodukte in Luft zu messen. Damit ist die Hauptunsicherheit des bisherigen Verfahrens, nämlich die Annahme eines mittleren Gleichgewichtsfaktors zwischen den Edelgasisotopen und deren Zerfallsprodukten, eliminiert.

6.4.2 Erprobung eines im Helm integrierten Dosimeters zur Bestimmung der Strahlenexposition der Lunge von Bergarbeitern

M. Urban, J. Schmitz

Neuere epidemiologische Untersuchungen und die Erkenntnis, daß das Verhalten des Radons und seiner Zerfallsprodukte in einem Grubengebäude äußerst vielschichtig und schwer voraussehbar sind, führen zu einer steigenden Beachtung der Lungenbelastung bei Bergarbeitern und resultieren letztlich in einer drastischen Herabsetzung der ICRP-Grenzwertempfehlungen. Als Folge gewinnt die Personendosimetrie unter Tage wachsende Bedeutung.

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 zeitlichen Änderungen der Konzentration berücksichtigt, eine genaue Zeiterfassung ist in der Praxis jedoch nach wie vor schwierig durchzuführen.

Die zweite und die beste Möglichkeit, die diese Nachteile nicht mit sich bringt, ist die Verwendung von Personendosimetern. Die bisher einzigen für den Bergbau geeigneten Personendosimeter sind aktiv arbeitende Dosimeter wie das CEA-Personendosimeter oder das Dosimeter von Alpha Nuclear. Aktive Meßverfahren benötigen zum Betrieb eine externe Energieversorgung, weil sie mit Pumpen oder integrierter Auswerteelektronik arbeiten. Bei hoher Staub- und Feuchtigkeitsbelastung der Umgebung sind diese Filterverfahren stark störanfällig. So können Schwankungen des Luftdurchsatzes durch das Filter das Meßergebnis beliebig verfälschen. Darüberhinaus verlangen diese Geräte einen Aufwand an Wartung.

Diesen Nachteil hat das neu entwickelte passive Personendosimeter nicht. Das Dosimeter wird in den Schutzhelm so eingebaut, daß die Dosimeteröffnung, durch die der Gas- bzw. Aerosolaustausch stattfindet, in das Innere des Helmes zeigt (Abb. 6/14). Dadurch ist das Dosimeter mechanisch und gegen direkte Staub- und Spritzwassereinwirkungen geschützt. Bei hoher Staub- oder Feuchtigkeitsbelastung der Umgebung kann das Dosimeter durch ein hydrophobes Glasfaserfilter abgeschlossen werden, das ein Benetzen des Dosimeterinnern ebenso verhindert wie das Eindringen von Staub.

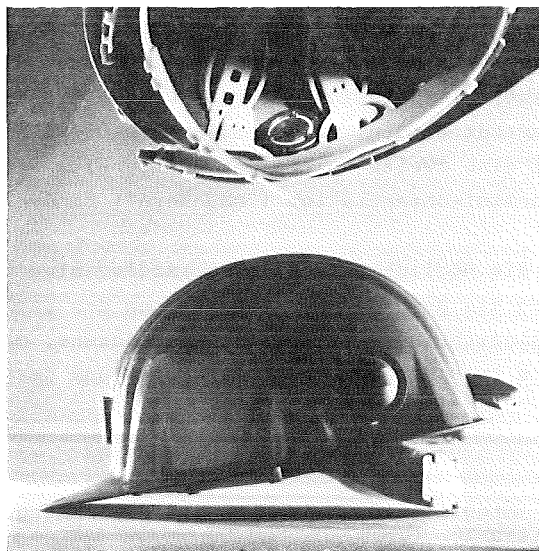


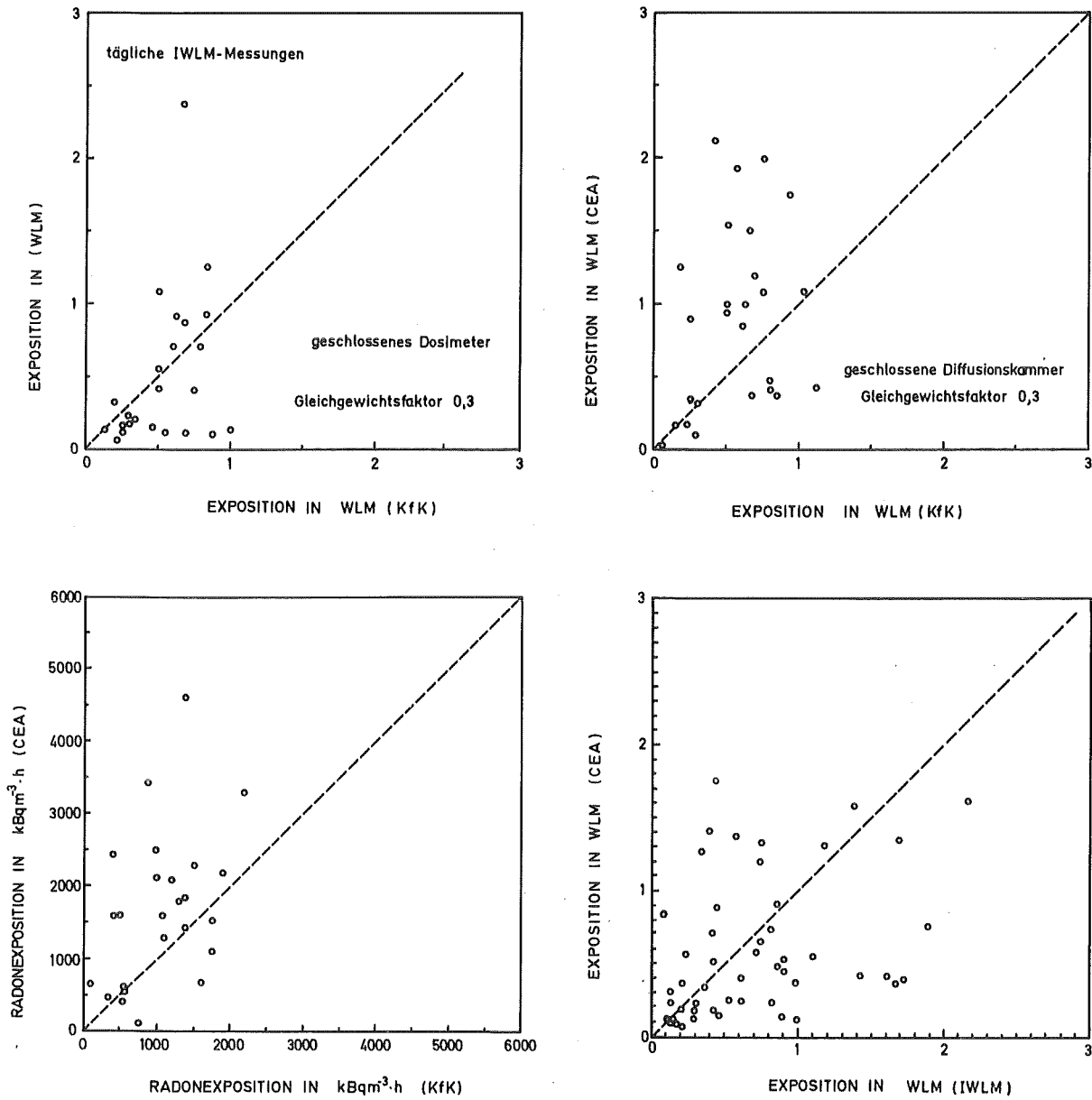
Abb. 6/14: Im Schutzhelm von Bergarbeitern integriertes passives Radondosimeter

Dadurch wird auch unter rauen Arbeitsbedingungen eine sichere Messung gewährleistet. Nachteilig bei der Verwendung eines Filters ist, daß nur die Radonkonzentration gemessen wird und die Konzentration der Zerfallsprodukte unter Verwendung von aus Momentanmessungen gewonnenen Gleichgewichtsfaktoren umgerechnet werden muß. Momentanmessungen sind auch bei Verwendung von Personendosimetern, beispielsweise zur Freigabe von Arbeitsplätzen nach Änderung der Wetterführung oder nach Lüfterausfall notwendig.

In einer Uranexplorationsgrube wurden zehn Bergarbeiter zunächst mit CEA-Personendosimetern ausgestattet. Parallel dazu wurden täglich Kurzzeitmessungen mit einem Zerfallsproduktmeßgerät, dem INSTANT-WORKING-LEVEL-METER (IWLM), an den Arbeitsplätzen in der Grube durchgeführt. Ab August 1984 erhielten die Arbeiter zusätzlich das neue KfK-Personendosimeter. Damit standen drei unabhängige Verfahren zur Bestimmung der Strahlenexposition durch Radon und Zerfallsprodukte in der Grube zur Verfügung. In Abb. 6/15 sind die ersten Ergebnisse der einzelnen Verfahren gegenübergestellt. Sie weichen zum Teil erheblich voneinander ab. Das Verfahren, die individuelle Strahlenexposition aus der täglichen Messung der Arbeitsplatzkonzentration und der Aufenthaltsdauer an diesem Platz zu bestimmen, birgt erfahrungsgemäß die größte Fehlermöglichkeit. Die Versuche, das KfK-Dosimeter ohne Filter zu betreiben und die dosisbestimmenden Zerfallsprodukte direkt zu messen, waren unter den vorliegenden, sehr schwierigen Umgebungsbedingungen der Versuchsgrube mit vielen Ausfällen durch Verschmutzung bzw. Kontamination der Detektoren verbunden. Kaum Ausfallraten gibt es bei dem mit einem Filter abgeschlossenen Dosimeter. Ihr Nachteil, daß nur das Edelgas und nicht die Zerfallsprodukte gemessen werden, führt bei der Übernahme eines Gleichgewichtsfaktors aus den IWLM-Messungen zu einer Erhöhung der Meßunsicherheit. Die CEA-Dosimeter besitzen zwar den Vorteil, die belastenden Zerfallsprodukte direkt zu bestimmen, ihr Nachteil ist der nicht stabile Luftdurchsatz. Die Filter sind oft verschmutzt und müssen häufig ausgetauscht werden.

Die Erprobungsversuche sollen weitergeführt werden und auf andere Gruben mit geringerer Arbeitsplatzexposition ausgedehnt werden. Ferner sind Vergleichsmessungen in Frankreich, USA und Kanada vorgesehen. Dabei ist zu erwarten, daß das neue KfK-Dosimeter wegen seiner Wartungsfreiheit, seines geringen Gewichts und der niedrigen Kosten einen festen Platz bei der Bestimmung der individuellen Lungenexposition im Bergbau einnehmen wird, auch wenn unter besonderen Umständen

zur Bestimmung der Strahlenbelastung der Bergarbeiter die Annahme eines mittleren Gleichgewichtsfaktors nötig sein wird.



Tab. 6/15: Vergleich der mit verschiedenen Verfahren ermittelten Radon- bzw. Zerfallsproduktexpositionen von Bergarbeitern (CEA-Personendosimeter, KfK-Personendosimeter, INSTANT-WORKING-LEVEL-METER)

6.4.3 Abschluß der Radonerhebungsmessungen

M. Urban, A. Wicke, H. Kiefer

Bereits in den Jahren 1972-1975 wurden im Auftrag des Bundesministers des Innern Erhebungsmessungen in Häusern und im Freien durchgeführt mit dem Ziel, die aus der natürlichen externen terrestrischen Strahlung resultierende Strahlenexposition der Bevölkerung und deren Schwankungsbreite für die Bundesrepublik Deutschland zu ermitteln. Bei dieser Untersuchung wurde durch Messungen in ca. 30 000 Häusern eine mittlere Strahlenexposition der Bevölkerung von ca. 0,5 mSv/a effektive Äquivalentdosis ermittelt. Die Frage nach dem Beitrag, den Radon zur Strahlenbelastung liefert, war damals ausgeklammert worden. Dies wurde in den Jahren 1980-1984 in erneuten bundesweiten Erhebungsmessungen nachgeholt.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden mehr als 20 000 Einzelmessungen in ca. 6 000 Wohnungen und im Freien durchgeführt (Ergebnisbericht des BMI in Vorbereitung). Bei der Durchführung waren neun Institutionen beteiligt. Die zentrale Auswertung der Dosimeter wurde dabei vom KfK, die zentrale Erfassung der Daten vom Bundesgesundheitsamt in Neuherberg durchgeführt. Die wichtigsten Ergebnisse sollen im folgenden kurz zusammengefaßt werden. Die Radonkonzentration unterliegt - stärker als die externe Gammastrahlung - ausgeprägten zeitlichen und regionalen Schwankungen. Wichtigste Radonquellen in Häusern sind das Erdreich unter dem Gebäude und teilweise die verwendeten Baumaterialien. Ein bedeutender Einflußfaktor auf die Höhe der Radonkonzentration ist die Luftaustauschrate, abhängig von der Bauweise und den Lebensgewohnheiten der Hausbewohner.

Die Häufigkeitsverteilung (Abb. 6/16) der Radonkonzentrationswerte in den 5 970 ausgemessenen Wohnungen folgt weitgehend einer logarithmischen Normalverteilung mit einem Medianwert von 40 Bq/m³ und einem Streufaktor von 1,8. Der höchste in der Bundesrepublik ermittelte Radonwert in einer Wohnung liegt über 1 000 Bq/m³.

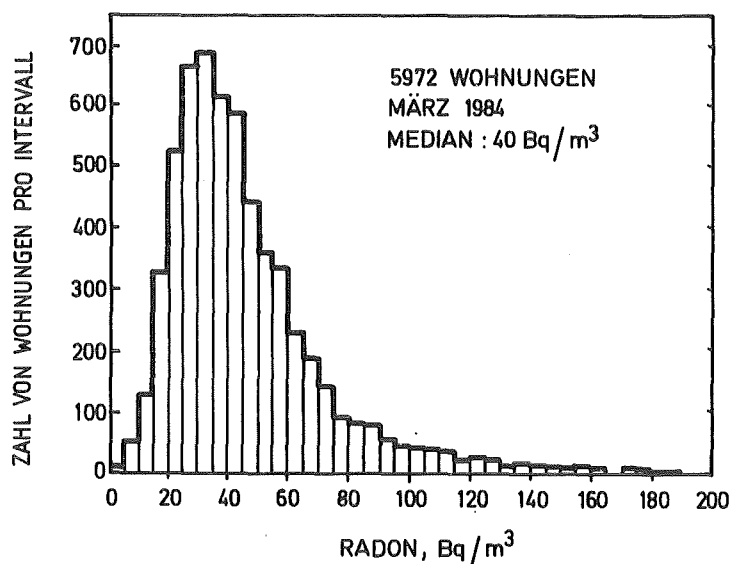


Abb. 6/16: Radon-Häufigkeitsverteilung in Wohnungen

Deutliche regionale Unterschiede (Abb. 6/17) ergeben sich aus den verschiedenen geologischen Verhältnissen in der Bundesrepublik. So findet man u.a. hohe Werte in den ostbayerischen Granitgebieten und im Bereich der tertiären Vulkanite des Neuwieder Beckens. Dagegen sind in Nord-

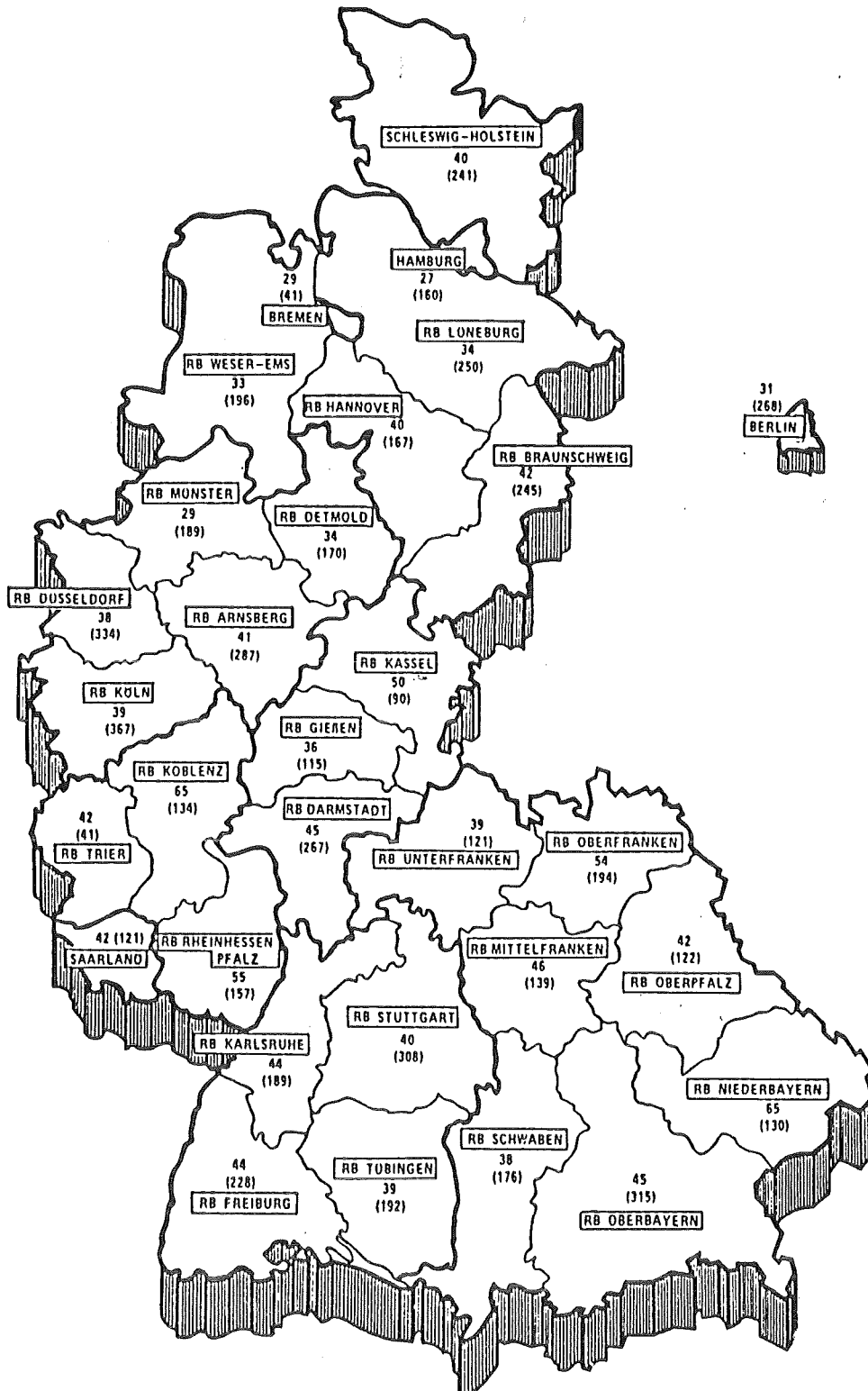


Abb. 6/17: Radonkonzentration in Wohnhäusern, Medianwerte in Bq m⁻³, nach Regierungsbezirken. In Klammern ist die Anzahl der Meßwerte angegeben

deutschland verhältnismäßig geringe Radonwerte anzutreffen. Weiterhin ergeben sich Anhaltspunkte dafür, daß die Radonkonzentrationen bei Häusern in Großstädten deutlich niedriger liegen als in ländlichen Gebieten.

Große Bedeutung haben offensichtlich konstruktive Merkmale eines Hauses. So findet man hohe Radonwerte bevorzugt in Einzelhäusern, teilunterkellert oder ohne Keller sowie in alten Häusern mit Naturstein oder Lehm als Wandbaustoff. Deutlich erniedrigt sind die Radonpegel in Leichtbau-Fertighäusern. Eine entsprechende Beobachtung wurde bereits bei den Erhebungsmessungen zur externen Strahlenexposition gemacht. Unterschiede zwischen verschiedenen Heizungs- und Fenstersystemen sind von untergeordneter Bedeutung. Lediglich bei Wohnungen mit Einscheibenfenstern findet man leicht erniedrigte Radonwerte. Innerhalb eines Hauses nimmt die Radonkonzentration vom Keller zu höheren Etagen hin ab. Dies ist wiederum ein Hinweis auf die Bedeutung des Erdbodens als Radonquelle.

Für die Radonkonzentration ergibt sich ein jahreszeitlicher Gang mit einem Minimum im Sommer und einem Maximum in den frühen Wintermonaten.

Die mittlere Radonkonzentration im Freien ist etwa um den Faktor 3 kleiner als der Medianwert in Häusern. Mit 14 Bq/m^3 liegt er deutlich über den bislang publizierten Konzentrationsangaben. Für die Bundesrepublik ist ein deutlicher Nord-Süd-Anstieg erkennbar (Abb. 6/18), der sowohl durch unterschiedliche geologische Verhältnisse als auch durch meteorologische Einflüsse bestimmt sein kann.

Aus den mittleren Konzentrationswerten (Median) lassen sich unter Berücksichtigung der unterschiedlichen relativen Aufenthaltsdauer in Gebäuden (80 %) und im Freien (20 %) sowie unter Anwendung eines Gleichgewichtsfaktors von 0,35 die in Tab. 6/10 angegebenen Dosiswerte ableiten:

Strahlenexposition	Äquivalentdosis (mSv/a)		
	50 %	10 %	1 %
Tracheobronchialbereich	14	28	77
pulmonärer Bereich	2	4	11
Gesamtlunge	8	16	44
Beitrag zur effektiven Äquivalentdosis	1	2	5

Tab. 6/10: Durch Radon und Zerfallsprodukte verursachte Strahlenexposition der Bevölkerung dargestellt als Fraktile der gemessenen Häufigkeitsverteilung

Vergleichbare Erhebungsmessungen im Ausland ergaben für skandinavische Länder und die Schweiz höhere, in England und in den Niederlanden deutlich niedrigere Radonkonzentrationen.

Eine Korrelation der Radonkonzentration in Häusern mit der externen terrestrischen Gammastrahlung konnte nachgewiesen werden. Gut erkennbar ist dieser Zusammenhang bei der regionalen Verteilung der Meßwerte. Der Beitrag der Radonzerfallsprodukte zur effektiven Äquivalentdosis ist im Mittel etwa doppelt so hoch wie der entsprechende Beitrag der externen terrestrischen Gammastrahlung.

Das mittlere durch Radonzerfallsprodukte hervorgerufene Lungenkrebsrisiko läßt sich durch lineare Extrapolation der bei Uranbergarbeitern beobachteten Lungenkrebshäufigkeit abschätzen. Es liegt gemittelt über die Gesamtbevölkerung bei etwa 0.1 - 0.2 %. Für die deutsche Bevölkerung

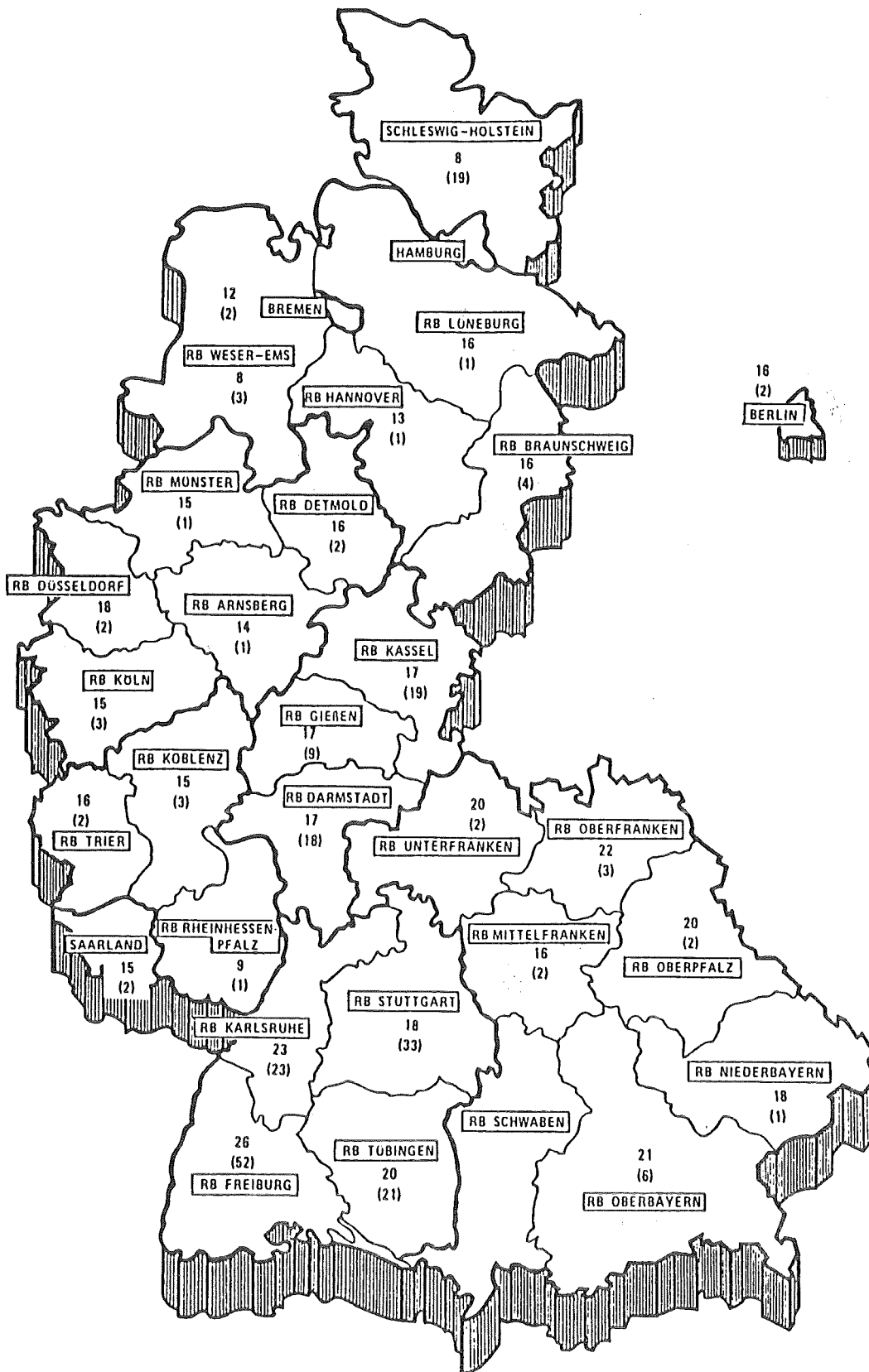


Abb. 6/18: Radonkonzentration im Freien, Medianwerte in Bqm⁻³, nach Regierungsbezirken. In Klammern ist die Anzahl der Meßwerte angegeben

bedeutet dies, daß von den jährlich beobachteten ca. 32 000 tödlich verlaufenden Lungenkrebsen ca. 1 000 - 1 500 durch Radonzerfallsprodukte verursacht sind. Eine Anwendung des ICRP-Konzepts zur Begrenzung der natürlichen Strahlenexposition würde etwa 20 000 - 25 000 bestehende Wohnungen (0,1 %) in der Bundesrepublik betreffen (KfK 3805 in Vorbereitung).

6.4.4 Untersuchungen der Wirksamkeit baulicher Maßnahmen zur Reduzierung der 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.

Ziel des Meßprogramms ist es, aus diesen komplexen Zusammenhängen den spezifischen Einfluß der Hausbauweise herauszufiltern. Dazu gehört die Beurteilung der Baumaterialien bezüglich ihres Emaniervermögens wie auch bezüglich ihres Diffusionswiderstandes. Viele bauliche Maßnahmen zielen ab auf eine Verringerung des Energieverbrauchs. Ein häufig begangener Weg ist die Verminderung des Luftaustausches mit der Umgebung durch Isolierung und Abdichtung. Diese Maßnahmen beeinträchtigen jedoch die Luftqualität insbesondere durch Erhöhung der Radonkonzentration.

Die Strahlenbelastung des Menschen wird hauptsächlich durch die Radonfolgeprodukte Po-218, Pb-214, Bi-214 sowie Pb-212 und Bi-212 verursacht, deren Konzentration ebenfalls gemessen werden soll (Bestimmung des Gleichgewichtsfaktors).

Um klimatische und geologische Unterschiede zu eliminieren, werden Häuser unterschiedlicher Bauart in enger Nachbarschaft in Gebieten erhöhter Radonaktivität gesucht. Da es aus organisatorischen Gründen nicht immer leicht ist, geeignete Häuserpaare bzw. Häusergruppen zu finden, wurden auch einzelne Häuser ins Programm aufgenommen.

Bei den Messungen werden passive integrierende Kernspurdetektoren verwendet. Die Expositionsdauer beträgt drei Monate. In der ersten Phase wurden Dosimeter mit Filter benutzt. Später wurden zusätzlich offene Dosimeter zur Bestimmung des Gleichgewichtsfaktors eingesetzt. Diese sind zum Teil mit LiF-Thermolumineszenzdetektoren ausgerüstet, um die Gammadosis zu messen. An einigen Stellen wurden zusätzliche Bodenproben genommen, die jedoch noch nicht analysiert sind.

Zur Charakterisierung der Häuser wurde ein vorläufiger Fragebogen entworfen. Es liegen noch nicht alle Angaben zu bereits untersuchten Wohnungen vor. Deshalb ist eine Analyse der bis jetzt vorliegenden Daten noch nicht sinnvoll.

Besonderes Augenmerk richtet sich auf Energiesparhäuser verschiedener Fertighaushersteller, welche mit Lüftungsanlagen ausgestattet sind. Die Wärme der Abluft wird über Wärmetauscher, teilweise unterstützt durch eine Wärmepumpe, zurückgewonnen. Die Lüftungsanlage ist mit Filtern bestückt. Durch den ständigen Luftaustausch wird nicht nur die Radon- bzw. Thoronkonzentration

erniedrigt; die Filtrierung der Luft bewirkt auch eine Änderung des Aerosolspektrums, was sich auf den Gleichgewichtsfaktor auswirkt. Nach ersten Messungen der Radonkonzentration in zwei solchen Häusern in Oberstetten (Kreis Reutlingen) finden zur Zeit vergleichende Messungen der Radonkonzentration, des Gleichgewichtsfaktors sowie der Gammadosis statt. Vergleichsobjekte sind konventionelle Fertighäuser und Massivhäuser.

6.4.5 Untersuchung bergmännischer und industrieller Rückstandshalden in Niedersachsen

J. Schmitz, H. Klein

In den Jahren 1983 und 1984 wurden in Niedersachsen etwa 240 Aufhaldungen von Rückständen aus Bergbau, Aufbereitung und Energiegewinnung begangen, kartiert, ausgemessen und teilweise beprobt mit dem Ziel, sie im Hinblick auf ihre Umweltbelastung durch eventuell vorhandene natürliche Radionuklide zu beurteilen. Die den vorangegangenen Untersuchungen in Baden-Württemberg entsprechenden Aufnahmen wurden mit den Vorkommen (überwiegend Blei-Zink) des Harzes begonnen und über die Wealden-Kohlevorkommen zum Eisenerzrevier von Salzgitter fortgeführt. Den Abschluß bildeten die Aufnahmen industrieller Rückstandsdeponien aus Fremderzaufbereitungen und Flugascheeinspülungen. Nicht miteinbezogen wurden die Halden des Kalibergbaus.

Mit Unterstützung des Oberbergamtes, des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe war es möglich, eine praktisch vollständige Auflistung von Aufhaldungen zu erarbeiten. Die Häufigkeitsverteilung der Deponiegrößen (Abb. 6/19) und der Ortsdosisleistung (Abb. 6/20) gibt daher ein repräsentatives Bild für das Land Niedersachsen.

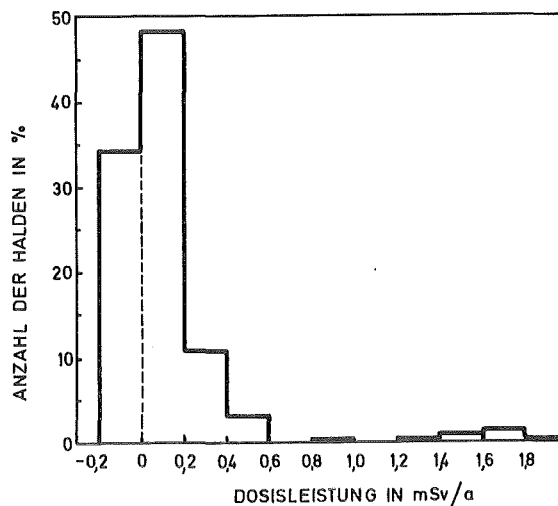
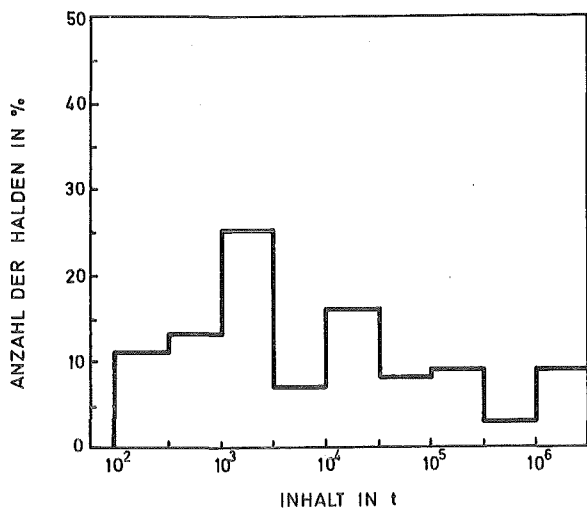


Abb. 6/19: Häufigkeitsverteilung der Haldengrößen

Abb. 6/20: Häufigkeitsverteilung der Dosisleistung auf den Halden

Etwa 50 % aller Halden haben weniger als 5 000 t Inhalt und stammen vornehmlich aus dem Harzer Bergbau vor dem ersten Weltkrieg. Die ca. 10 % Großdeponien und Auflandeteiche mit mehreren 10⁶ t Inhalt stellen die Rückstände moderner Aufbereitungsanlagen dar: Kohle, Eisenerz, Fremderze. Diese waren für die Untersuchungen von besonderem Interesse, da ein eventuelles Recycling des Materials nicht auszuschließen ist und sie teilweise bereits eine Sekundärnutzung, z.B. als

Bauzuschlagstoff erfahren oder auf eingeebneten Halden neues Bauland gewonnen wird.

Im Gegensatz zu den mehr schwerpunktartigen Erfassungen in Baden-Württemberg und Bayern ist die Gamma-Ortsdosis auf niedersächsischen Halden gering. Das Land besitzt außer in den Hardechser Tonen und einigen kleineren Phosphoritvorkommen keine vergleichbaren Urananomalien. Mehr als 30 % der untersuchten Halden zeigten negative Dosiswerte, d.h. durch höhere Dichte oder auch andere mineralogische Zusammensetzung ergibt sich gegenüber der Umgebung auf den Halden eine niedrigere Ortsdosis. Weitere 60 % der Halden besitzen Dosisleistungen von weniger als 0,4 mSv/a. Zu den niedrigen Gruppen gehören vor allem die hydrothermalen Pb-Zn-Rückstände, die Abraumhalden der Tagebaue und die Abgänge der Eisenerzaufbereitung. Zwei größere Deponien aus der Bauxitlaugung und der Phosphatgewinnung zeigen die höchsten Werte mit ca. 1,8 mSv/a und könnten von daher mit den Granit- und Porphyrsteinbrüchen des Schwarzwaldes verglichen werden. Eine besondere Stellung nehmen die Flugaschen und Hochofenschlacken ein, die je nach Herkunft der Kohle oder der verwendeten Zuschläge Ortsdosen zwischen 0,6 und 1,6 mSv/a ergeben. Hierbei ist zu beachten, daß eine Wiederverwendung als Bauzuschlagstoff häufig praktiziert wird.

Neben den reinen Ortsdosismessungen auf den Halden in 1 m Höhe mit dem Urtec-Szintillometer, welches sich als sehr zuverlässig und handlich im Gelände erwies und gegenüber verschiedenen, amtlich geeichten Dosisleistungsmessern Abweichungen von weniger als 20 % zeigte, wurden von allen Halden mit höherer Ortsdosisleistung oder mit Sekundärnutzung sowie von Haldensickerwässern und Abgaben an einen Vorfluter Einzelproben gezogen und auf Uran, Ra-226, Pb-210 und K-40 sowie die Elemente As, Cd, Hg und Pb analysiert.

Bei den Wässern zeigte lediglich die Wasserversorgung von Lehrbach einen leicht erhöhten Ra-226 Wert von 40 mBq/l, und Pb-210 fand sich in erwähnenswerter Konzentration nur in den Wasserlösungsstollen des Harzer Bergbaus und im Überlauf einer großen Pb-Zn-Flotation. Die Werte lagen etwa bei der abgeleiteten Trinkwasserkonzentration nach StrlSchV. Die spezifische Ra-226-Aktivität der Feststoffproben erreichte in den alten Kohlerückständen, den Hochofenschlacken und den Flugstäuben aus der Steinkohle Werte von 0,1 - 0,3 Bq/g; bei den Aufbereitungsrückständen wurden im Phosphatgips und Rotschlamm ca. 0,2 Bq/g gefunden. Die höhere Aktivität einiger Hochofenschlacken ist offensichtlich einem erhöhten Thoriumgehalt zuzuschreiben. Höhere Pb-210-Werte wurden in den Schlacken und Flugstäuben (ca. 0,1 Bq/g) und im Phosphatgips (0,4 Bq/g) analysiert. Nur bei einer Flugasche konnte ein Extremwert gefunden werden: 1,9 Bq/g Pb-210. Der Gips aus den Entschwefelungsanlagen der Kraftwerke war durchweg inaktiv.

Die Untersuchung praktisch aller niedersächsischen Deponien aus Bergbau-, Mineralaufbereitungs- und Verbrennungsrückständen hat gezeigt, daß vom derzeitigen Zustand kein nennenswerter Beitrag zur Umgebungsexposition durch natürliche Radionuklide ausgeht. Inwieweit die Sekundärnutzung zu weiteren Anreicherungen und Umwandlungen in flüchtige Verbindungen führt, müßte bei den weiterverwendbaren Rückständen mit höheren Konzentrationen gesondert ermittelt werden. Bei der Weiterverwendung von Aschen und Schlacken als Zuschlagstoffe im Wohnungsbau sollten gelegentliche Kontrollanalysen auf den Gehalt an natürlichen radioaktiven Elementen in die Freigabebestimmungen aufgenommen werden.

6.5 Inkorporationsmessung

6.5.1 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 rich-

tet 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 zwölf 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 darüberhinaus 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.

Die Tab. 6/11 vermittelt zunächst einen Überblick über die mit dem Ganzkörperzähler durchgeführten Inkorporationsmessungen. Bedingt durch die Neufestsetzung der routinemäßigen Inkorporations-

Überwacher Bereich	Anzahl der überwachten Mitarbeiter	Routinemäßige Inkorporationsmessungen		Inkorporationsmessungen aus besonderem Anlaß	
		Gesamtanzahl der Messungen	Anzahl der Messungen mit pos. Befund	Gesamtanzahl der Messungen	Anzahl der Messungen mit pos. Befund
HDB	418	598	82	16	16
HS	40	12	-	39	1
INFP	2	1	1	-	-
IGT	1	1	-	-	-
IHCh	21	41	-	6	3
IK	5	2	-	2	2
IMF I	11	10	-	1	-
INE	8	8	2	1	-
IRCh	5	8	4	-	-
KTB	74	138	-	2	2
LAF II	13	27	18	-	-
LIT	20	20	-	-	-
SKT	2	2	-	-	-
VBW	38	37	11	9	-
ZYKL	5	7	-	-	-
KNK	130	130	-	-	-
MZFR	135	107	37	-	-
WAK	406	646	28	21	5
TU	51	58	-	1	1
PHDR	1	1	-	-	-
Gesamt	1386	1854	183	96	30

Tab. 6/11: Ergebnisse der Inkorporationsüberwachung im Ganzkörperzähler

Überwacher Bereich	Anzahl der überwachten Mitarbeiter	Routinemäßige Inkorporationsmessungen		Inkorporationsmessungen aus besonderem Anlaß	
		Gesamtanzahl der Messungen	Anzahl der Messungen mit pos. Befund	Gesamtanzahl der Messungen	Anzahl der Messungen mit pos. Befund
HDB	32	33	-	-	-
HS	2	1	-	1	-
IGT	8	8	-	-	-
IHCh	121	103	-	18	-
IK	7	7	-	-	-
IMF I	11	11	-	-	-
INE	7	7	-	-	-
INR	2	2	-	-	-
IRCh	16	16	-	-	-
IT	4	4	-	-	-
KTB	1	1	-	-	-
VBW	1	1	-	1	-
TU	34	44	-	-	-
Gesamt	246	238	-	20	-

Tab. 6/12: 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 % MPBB
Co-58	9	-	-	-	-
Co-60	91	25	1	-	-
Nb/Zr-95	3	-	-	-	-
Ru/Rh-106	-	3	9	2	-
Sb-125	3	-	-	-	-
I-131	-	9	5	3	-
Cs-137	111	4	-	-	-
Gesamt	217	41	15	5	-

Tab. 6/13: Übersicht über die im Ganzkörperzähler nachgewiesenen Inkorporationen in Prozenten der maximal zulässigen Körperbelastung (MPBB)

rationsüberwachung hat sich die Anzahl der überwachten Mitarbeiter bereits im Jahr 1983 um 25 % auf 1 624 verringert. Im Berichtsjahr ist eine weitere Verringerung um 14 % auf nunmehr 1 401 überwachte Mitarbeiter zu verzeichnen. Dementsprechend ist auch die Anzahl der routinemäßigen Inkorporationsmessungen im Berichtsjahr weiter zurückgegangen (- 18 %). Trotzdem hat sich die Anzahl der bei den Routinemessungen nachgewiesenen Inkorporationen im Berichtsjahr nochmals erhöht (+ 28 %). Dies ist zumindest teilweise auf eine nochmalige Erhöhung der Überwachungseffizienz zurückzuführen.

Die Anzahl der im Lungenzähler untersuchten Mitarbeiter (siehe Tab. 6/12) hat sich durch die Neufestsetzung der Inkorporationsüberwachung gegenüber dem Vorjahr um etwa 53 % auf 246 erhöht. Die Anzahl der Routinemessungen ist etwa um den gleichen Prozentsatz auf 238 gestiegen. Die Anzahl der Messungen aus besonderem Anlaß hat sich um 67 % auf 20 erhöht.

Die Tab. 6/13 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.

6.5.2 Cs-137-Erhebungsmessungen

H. Doerfel

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 Nachweisgrenze 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. 6/14 sind die im Berichtsjahr

Monat	Anzahl der untersuchten Personen	Spezifische Körperaktivität in Bq Cs-137 pro kg	
		Mittelwert	Standardabw.
Januar	5	0.26	0.15
Februar	6	0.29	0.15
März	7	0.46	0.25
April	4	0.34	0.05
Mai	6	0.30	0.12
Juni	5	0.37	0.12
Juli	3	0.57	0.08
August	7	0.29	0.20
September	5	0.30	0.13
Oktober	4	0.33	0.12
November	3	0.41	0.08
Dezember	2	0.27	0.16
Gesamt	57	0.344	0.141

Tab. 6/14: Ergebnisse der Cs-137-Erhebungsmessungen

gewonnenen Ergebnisse zusammengestellt. Der Mittelwert der spezifischen Cs-137-Körperaktivität liegt mit 0,35 Bq/kg etwa 5 % unter dem Vorjahreswert. Angesichts der relativ hohen Streubreite der Meßergebnisse ist diese Annahme jedoch nicht signifikant.

Die Abb. 6/21 vermittelt einen Überblick über die Meßergebnisse der letzten 24 Jahre (ausgezo- genes Balkendiagramm). Um diese Ergebnisse mit dem Cs-137-Fallout vergleichen zu können, sind in Abb. 6/21 auch Schätzwerte für die Gesamtsprengkraft der jährlichen Kernwaffentests in der Atmosphäre dargestellt (gestricheltes Balkendiagramm nach UNSCEAR 82). Es wird dabei zwischen Kernwaffentests in der nördlichen Hemisphäre (U.S.A., UdSSR, China) und in der südlichen Hemi- sphäre (Frankreich) unterschieden. Die im UNSCEAR-Bericht angegebenen Daten reichen bis zum Jahr 1980. Die Abb. 6/21 bestätigt qualitativ die Ergebnisse früherer Untersuchungen, nach denen alle größeren Kernwaffentests in der Atmosphäre der nördlichen Hemisphäre nach etwa 2 bis 4 Jahren zu einer signifikanten Erhöhung der spezifischen Cs-137-Körperaktivität in der Bevölke- rung führen. So hatte auch die letzte größere Serie von chinesischen Kernwaffentests aus dem Jahr 1976 (drei Tests mit einer Gesamtsprengkraft von insgesamt 2,37 Mt) eine deutliche Erhöhung der Cs-137-Körperaktivität in den Jahren 1979 und 1980 zur Folge.

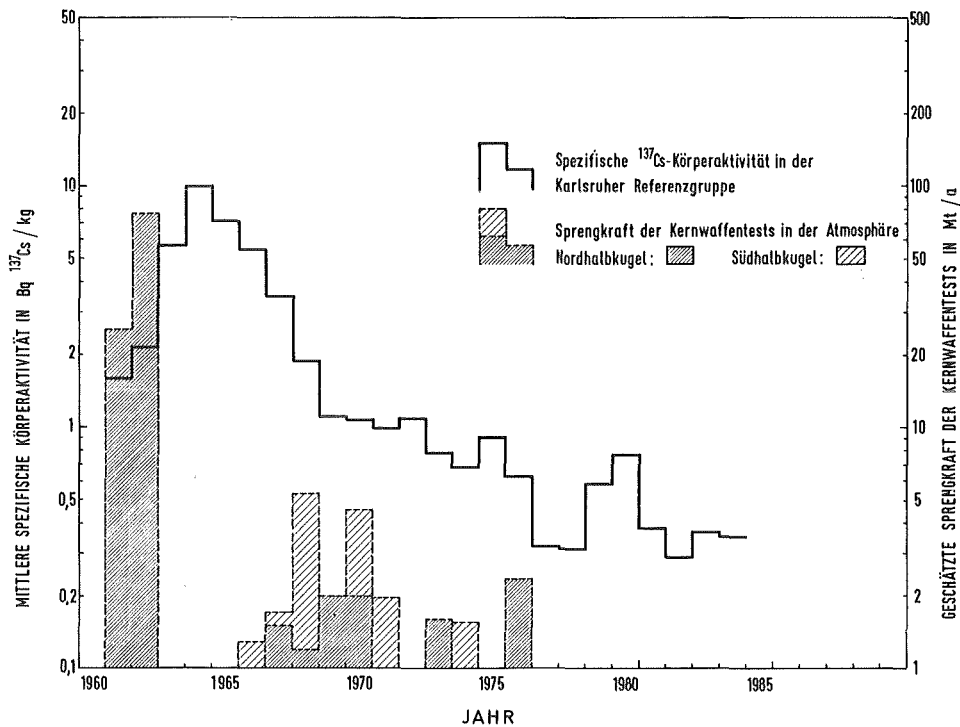


Abb. 6/21: Jahresmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität in der Karlsruher Referenzgruppe von 1961 bis 1984 im Vergleich zur Gesamtsprengkraft der jährlichen Kernwaffentests in der Atmosphäre

Integriert man die in der Karlsruher Referenzgruppe von 1961 bis 1984 gemessenen spezifischen Cs-137-Körperaktivitäten über die Zeit auf, so erhält man einen Wert von 47,9 Bq·a/kg. Dieser Wert entspricht einer mittleren Cs-137-Körperaktivität von etwa 140 Bq beim Referenzmenschen. ICRP (Publikation 2) führt eine konstante Cs-137-Körperaktivität von 1 Bq zu einer jährlichen Äquivalentdosis von 45 nSv. Demnach beläuft sich die durch den Cs-137-Fallout in der Zeit von 1961 bis 1984 verursachte Äquivalentdosis insgesamt auf etwa 0,15 mSv. Nach dem UNSCEAR-Bericht ist die Gesamtsprengkraft der in diesem Zeitraum in der Atmosphäre getesteten Kernwaffen etwa halb so groß (52 %) wie die Gesamtsprengkraft aller in der Atmosphäre gezündeten Kernwaffen. Hieraus kann man folgern, daß die durch den Cs-137-Fallout insgesamt bewirkte Folgeäquivalent-

dosis etwa 0,29 mSv beträgt. Dieser Wert bestätigt in sehr guter Näherung den im UNSCEAR-Bericht angegebenen Wert von 0,28 mSv, der mit Hilfe von Transfer-Faktoren aus dem Cs-137-Fallout für die nördliche Hemisphäre berechnet wurde.

6.5.3 Neue Innenauskleidung für die Meßzelle des Lungenzählers

H. Doerfel

Die Meßzelle des Lungenzählers ist mit einer 3 mm starken Innenauskleidung aus Blei ausgestattet. In dieser Bleiauskleidung wird durch die Umgebungsstrahlung eine charakteristische Röntgen-Strahlung angeregt. Die Röntgen-Strahlung setzt sich aus einer relativ energiearmen L-Strahlungs-komponente (ca. 15 keV) und einer vergleichsweise energiereichen K-Strahlungskomponente (ca. 75 keV) zusammen. Während die L-Strahlung nahezu vollständig im Wandmaterial absorbiert wird, tritt die K-Strahlung zum Teil aus der Wand aus und trägt so zum Nulleffekt des Lungenzählers bei. Dies wirkt sich insbesondere auf die In-vivo-Messung von Am-241 und Uran sehr störend aus, da die individuelle Abschirmung der K-Strahlung durch den Körper des Probanden nur schwer re-produziert werden kann. Um diesen Störfaktor zu beseitigen, wurde die Meßzelle mit einer zu-sätzlichen Innenauskleidung aus 1,5 mm Zinn und 0,5 mm Kupfer versehen. Die Zinnauskleidung soll dabei zur Abschirmung der Blei-K-Strahlung dienen und die Kupferauskleidung zur Abschir-mung der Zinn-K-Strahlung.

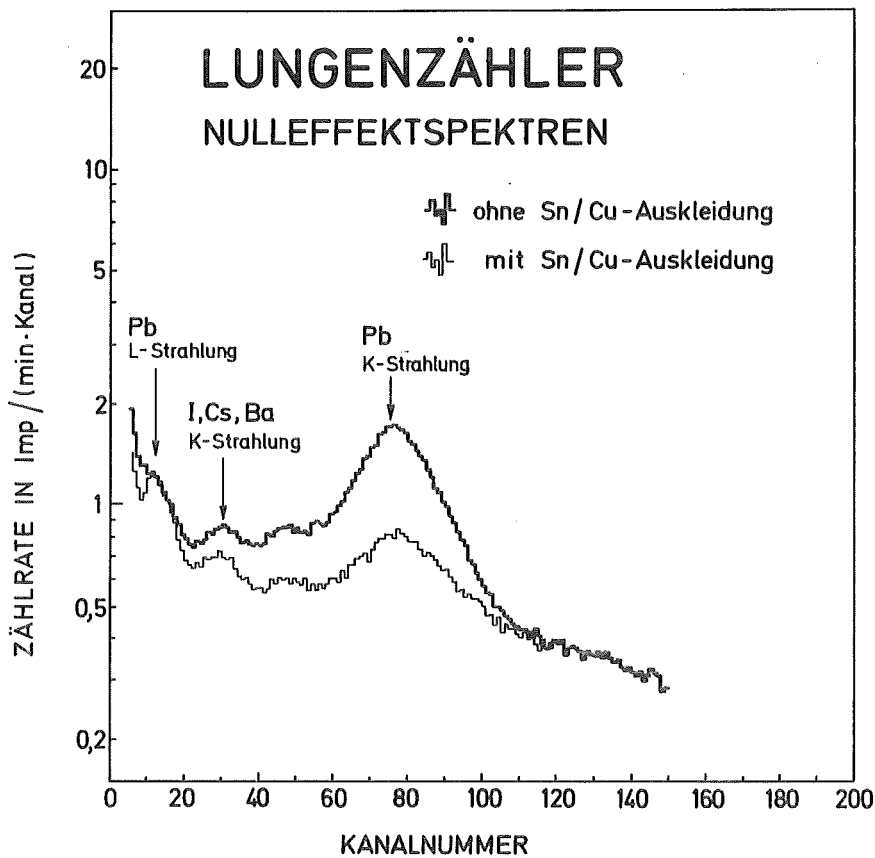


Abb. 6/22: Nulleffektspektren des Lungenzählers (NaI(Tl)-Kri-stalle beider Phoswichdetektoren) vor und nach der Installation der zusätzlichen Zinn-Kupfer-Ausklei-dung der Meßzelle

Die Abb. 6/22 zeigt die Nulleffektspektren des Lungenzählers vor und nach Anbringen der zusätzlichen Zinn-Kupfer-Auskleidung. Man erkennt in diesen Spektren mehrere signifikante Peaks, die auf die Röntgen-Strahlung von Blei, Iod, Cäsium und Barium zurückzuführen sind. Die K-Strahlung von Iod und Cäsium stammt aus den Basismaterialien der NaI(Tl)- und CsI(Tl)-Kristalle der Detektoren, während die Barium-K-Strahlung auf Cs-137-Verunreinigungen in den CsI(Tl)-Kristallen zurückzuführen ist. Wider Erwarten wird die Blei-K-Strahlung durch die zusätzliche Zinn-Kupfer-Auskleidung der Meßzelle nicht vollständig beseitigt.

Durch Verbesserung der Impulsform-Diskriminierung konnte das von den Photomultipliern im untersten Spektralbereich erzeugte Rauschkontinuum etwas reduziert werden. Bedingt dadurch erkennt man nach Anbringen der zusätzlichen Zinn-Kupfer-Auskleidung im niederenergetischen Spektralbereich einen Peak, der auf die L-Strahlung von Blei zurückzuführen ist. Die Existenz dieses Peaks spricht dafür, daß sich die Quellen der verbleibenden Blei-Röntgen-Strahlung in den Detektoren selbst oder in deren unmittelbarer Nähe befinden. Ergänzende Messungen weisen darauf hin, daß die Quellen wahrscheinlich im Berylliumfenster der Detektoren enthalten sind.

Die Intensität der verbleibenden Restkomponente der Blei-K-Strahlung hängt folglich in erster Linie nur noch von der Energie und der Intensität der durch das Berylliumfenster einfallenden Strahlung ab. Die individuellen Unterschiede in der Strahlenabsorption durch den Probanden spielen demgegenüber keine Rolle mehr. Dies führt insgesamt zu einer wesentlichen Verbesserung der Reproduzierbarkeit der Lungenzählermessungen.

6.5.4 Bestimmung von Absorberdicken aus den Spektren von NaI(Tl)-Detektoren

H. Doerfel, H. Graffunder

Im Rahmen der Weiterentwicklung von Verfahren zur Analyse von Ganzkörperzählerspektren wurde eine Methode bereitgestellt, mit deren Hilfe unter bestimmten Voraussetzungen die Dicke des Absorbermaterials zwischen der Strahlenquelle und dem Detektor aus dem Compton-Kontinuum des Spektrums ermittelt werden kann. Das Compton-Kontinuum setzt sich generell aus einer detektor-spezifischen Komponente (Compton-Streuung im Detektor) und einer umgebungsspezifischen Komponente (Compton-Streuung in der Umgebung) sowie einer Mischkomponente zusammen. Die detektor-spezifische Komponente und die Mischkomponente erstrecken sich von der Energie Null bis zur Compton-Kante, während die umgebungsspezifische Komponente vom Backscatter-Peak bis zum Photo-Peak reicht. Demnach existiert zwischen der Compton-Kante und dem Photo-Peak ein rein umgebungsspezifischer Spektralbereich. Man kann zeigen, daß bei primären Gamma-Energien zwischen etwa 150 keV und 2 000 keV innerhalb dieses Spektralbereichs ein spezieller Teilbereich existiert, in dem das Compton-Kontinuum ausschließlich durch Streuungen unter kleinen Streuwinkeln bestimmt wird. Dieser Teilbereich, der im vorliegenden Zusammenhang als Vorwärtsstreubereich bezeichnet wird, kann daher Informationen über das Streumedium zwischen der Strahlenquelle und dem Detektor liefern.

Die Abb. 6/23 zeigt an einem einfachen Beispiel eines mit Wasser gefüllten Becherglases wie sich die Impulsrate im Vorwärtsstreubereich mit der Dicke des Absorbers zwischen der Strahlenquelle und dem Detektor verändert. Zum besseren Vergleich sind die verschiedenen Spektren in der Abstiegsflanke des Vollabsorptionspeaks auf gleiche Impulsraten normiert. Erwartungsgemäß ist die Variation der Spektren im Vorwärtsstreubereich zwischen der Compton-Kante und dem Vollabsorptionspeak am größten. In diesem Bereich variiert die normierte Impulsrate um etwa den Faktor 50, während sie im übrigen Compton-Kontinuum nur um etwa den Faktor 6 variiert.

Zur Quantifizierung der Vorwärtsstreuung wurde das Verhältnis der Impulsrate in der Mitte des Vorwärtsstreubereiches R_V zur Impulsrate im Photopeak R_P eingeführt. Zur Bestimmung des Zusam-

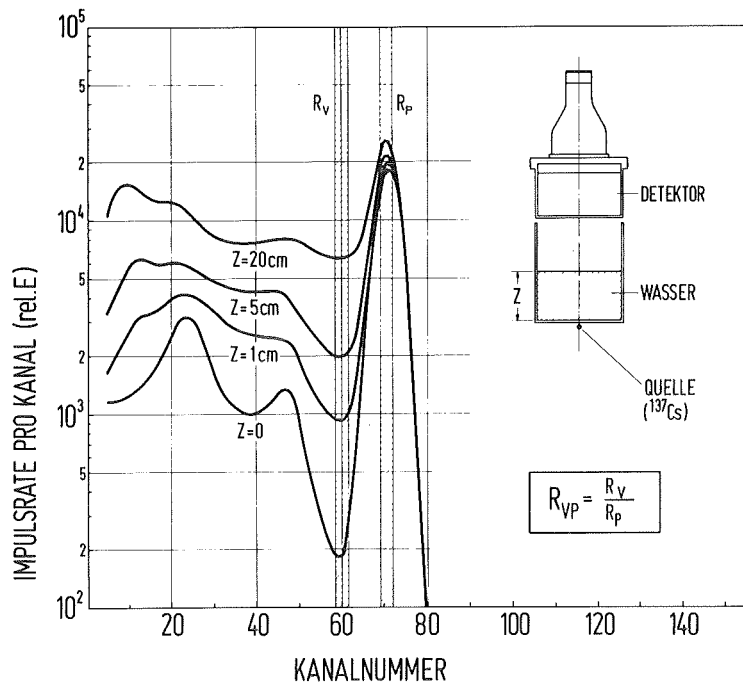


Abb. 6/23: Spektren eines NaI(Tl)-Detektors für Cs-137-Punktstrahler hinter verschieden hohen Wassersäulen

menhangs zwischen diesem sogenannten Valley-Peak-Verhältnis R_{VP} und der Absorberdicke z wurden zunächst in planparalleler Meßgeometrie umfangreiche Messungen mit verschiedenen Gamma-Quellen (Hg-203, Cs-137, Mn-54, Na-22, Y-88) und Absorbermaterialien (Wasser, Paraffin, Aluminium, Kupfer) durchgeführt. Die Abb. 6/24 zeigt als Beispiel die auf diese Weise bestimmte Funktion $R_{VP}(z)$ für die Gamma-Quellen Hg-203, Cs-137 und Na-22 hinter einem Wasserabsorber. Die Meßwerte

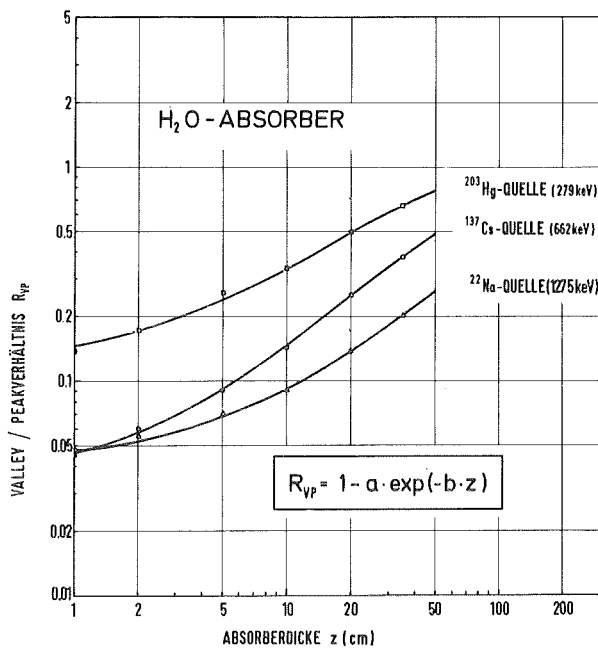


Abb. 6/24: Abhängigkeit des Valley-Peak-Verhältnisses von der Absorberdicke für Wasserabsorber und verschiedene Strahlenquellen

lassen sich in allen drei Fällen sehr gut durch die in der Abbildung angegebene empirische Formel beschreiben.

Der Modellparameter b ist im vorliegenden Zusammenhang von zentraler Bedeutung, da in ihm die Material- und Energieabhängigkeit der Vorwärtsstreuung enthalten ist. Entsprechende Untersuchungen haben gezeigt, daß der Parameter b in sehr guter Näherung proportional zur Materialdichte ρ und zum Compton-Streustrahlungskoeffizienten σ_s sowie umgekehrt proportional zur Halbwertsbreite des Vollabsorptionspeaks FWHM ist. Mit Hilfe dieser Proportionalität und der in Abb. 6/24 angegebenen Beziehung konnte der folgende allgemeine Zusammenhang zwischen der Absorberdicke z und dem Valley-Peak-Verhältnis R_{VP} hergestellt werden.

$$z = C \cdot \frac{\text{FWHM}}{\sigma_s \cdot \rho} \cdot \ln \left\{ \frac{1 - R_{VP}(z=0)}{1 - R_{VP}(z)} \right\}$$

Umfangreiche Testmessungen haben gezeigt, daß dieser Zusammenhang in guter Näherung für alle Gamma-Energien zwischen 279 keV (Hg-203) und 1 836 keV (Y-88) und für alle Materialdichten zwischen 1 g/cm^3 und $8,96 \text{ g/cm}^3$ gilt. Die Tests erstreckten sich dabei auf Flächenbelegungen bis zu 40 g/cm^2 . In diesem Bereich kann beispielsweise die Dicke eines Wasserabsorbers mit einer Genauigkeit von 5 mm bestimmt werden. Bei Kupferabsorbern wird sogar eine Genauigkeit von 0,5 mm erreicht. Allgemein kann festgestellt werden, daß mit dem hier vorgestellten Verfahren die Flächenbelegung in planparalleler Meßgeometrie mit einer Genauigkeit von $0,5 \text{ g/cm}^2$ bestimmt werden kann.

Die Anwendungsmöglichkeiten des Verfahrens sind sehr vielfältig. So kann man beispielsweise die Aktivität einer Strahlenquelle in einem Absorber ohne spezifische Kalibrierungen direkt messen. Voraussetzung ist dabei lediglich, daß die Dichte des Absorbermaterials und das Ansprechvermögen des Detektors bekannt ist. Das Verfahren ist bis zu einem gewissen Grad additiv, d.h. man kann auf die gleiche Weise auch die Gesamtaktivität von mehreren räumlich verteilten Strahlenquellen abschätzen. Dies ist insbesondere bei der In-vivo-Messung von Bedeutung. Unter bestimmten Voraussetzungen kann das Verfahren auch zur Unterscheidung zwischen innerer und äußerer Kontamination herangezogen werden.

6.5.5 Unterscheidung zwischen innerer und äußerer Kontamination bei der In-vivo-Messung

H. Doerfel

Die aus dem Valley-Peak-Verhältnis ermittelte Absorberdicke (Abschn. 6.5.4) kann unter bestimmten Voraussetzungen zur Unterscheidung zwischen innerer und äußerer Kontamination herangezogen werden. Dabei muß allerdings berücksichtigt werden, daß der aus dem Valley-Peak-Verhältnis ermittelte Wert nur in planparalleler Meßgeometrie die tatsächliche Absorberdicke wiedergibt. Bei anderen Meßgeometrien stellt dieser Wert lediglich einen Modellparameter dar, der sowohl von der Form des Absorbers als auch von der Energie der Strahlung abhängen kann. Dieser Modellparameter, der im vorliegenden Zusammenhang als effektive Absorberlänge L bezeichnet wird, kann für beliebige Meßgeometrien entweder experimentell bestimmt oder rechnerisch aus den Gesetzmäßigkeiten für planparallele Meßgeometrie abgeleitet werden. Die Abb. 6/25 zeigt als Beispiel einen Vergleich von berechneten und gemessenen Werten von L für zylindrische Wasserabsorber mit einer homogenen Cs-137-Volumenkontamination bzw. einer homogenen Cs-137-Oberflächenkontamination. Die durchgezogenen Kurven repräsentieren die berechneten Werte und die Dreiecke die Meßwerte. Die grau unterlegten Bänder geben jeweils den durch den Meßfehler bedingten Schwankungsbereich von L an. Wie man der Abb. 6/25 entnehmen kann, stimmt die Rechnung im gesamten erfaßten Bereich sehr gut mit der Messung überein. Weiterhin kann man entnehmen, daß bei allen zylindrischen Quellen mit einem Probenradius von mehr als 2,5 cm (Grenzradius R_0) anhand von L eindeutig zwischen einer inneren und einer äußeren Kontamination unterschieden werden kann.

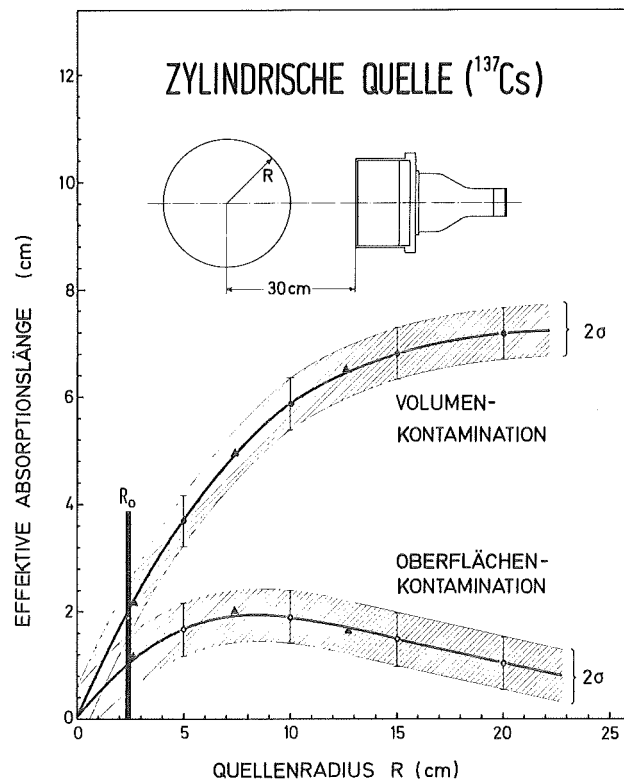


Abb. 6/25: Effektive Absorptionslänge für zylindrische Volumen- bzw. Oberflächenquellen (^{137}Cs) in Abhängigkeit vom Zylinder-radius (Dichte des Zylindermaterials: 1 g/cm^3)

Der in Abb. 6/25 dargestellte Funktionsverlauf gilt qualitativ auch für homogene Quellen mit elliptischem Querschnitt, wenn in der Abzisse anstelle des Radius das geometrische Mittel aus den beiden Halbachsen der Ellipse (Effektivradius) steht. Es zeigt sich, daß der kleinste Effektivradius, bei dem eine Unterscheidung zwischen innerer und äußerer Kontamination noch möglich ist, innerhalb der durch den Meßfehler bedingten Schwankungsbreite mit dem Grenzzadius R_0 für kreisförmige Querschnitte übereinstimmt. Das gleiche gilt auch für Quellen, deren Querschnitt durch Ellipsen angenähert werden kann, wie z.B. der menschliche Thorax oder der menschliche Unterleib.

Der Grenzzadius R_0 hängt in erster Linie von der Gamma-Energie und bis zu einem gewissen Grad auch vom Abstand zwischen dem Detektor und dem Zentrum der Quelle ab. Die Abb. 6/26 zeigt als Beispiel die Energieabhängigkeit von R_0 für den bei Ganzkörpermessungen üblichen Detektorabstand von 30 cm. Der grau unterlegte Bereich repräsentiert die Wertepaare von Radius und Photonenenergie, bei denen prinzipiell eine Unterscheidung zwischen innerer und äußerer Kontamination möglich ist. Dieser Bereich wird nach unten durch den Grenzzadius R_0 (stark ausgezogene Kurve) und nach links bzw. nach rechts durch die Grenzenenergien des Vorwärtsstrebereiches (gestrichelte Linien) abgeschlossen.

Bei einem durchschnittlich proportionierten Menschen ergibt sich beispielweise für den Effektivradius des Thorax ein Wert von etwa 15 cm. Wie aus der Abb. 6/26 hervorgeht, ist dieser Radius so groß, daß im gesamten Energiebereich von 150 keV bis 1 900 keV prinzipiell eine Unterscheidung zwischen innerer und äußerer Kontamination möglich ist. Das gleiche gilt auch für den Unterleib mit einem Effektivradius von 13 cm. Bei kleineren Radien ist eine Unterscheidung nur in schmalere Energiebereichen möglich, so z.B. bei den Armen im Energiebereich zwischen 300 und 1 400 keV.

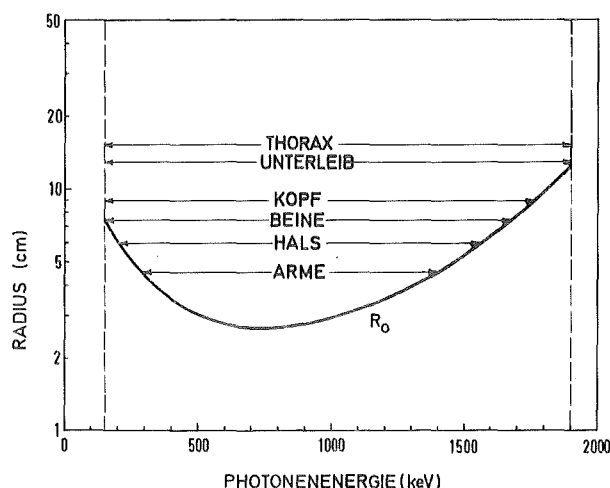


Abb. 6/26: Grenzradius R_0 in Abhängigkeit von der Photonenenergie

Das Verfahren ist in dieser Form allerdings nur dann anwendbar, wenn entweder eine innere oder eine äußere Kontamination vorliegt. Bei gemischten Kontaminationen müssen zur Separierung der inneren und der äußeren Komponente zusätzliche Annahmen bezüglich des Effektivradius des kontaminierten Körperteils gemacht werden. Das Verfahren wird in dieser Richtung noch weiterentwickelt.

6.5.6 Aktivitäten im Nasen-Rachen-Abstrich und in den Stuhlausscheidungen bei Inhalation

H. Doerfel

Nach dem ICRP-Lungenmodell wird bei Inhalation von radioaktiven Aerosolen mit durchschnittlichen Korngrößen zwischen $1 \mu\text{m}$ und $5 \mu\text{m}$ (AMAD) etwa 30 % bis 70 % der zugeführten Aktivität im Nasen-Rachen-Raum abgelagert. Wenn etwa vier Stunden nach der Zufuhr ein Nasen-Rachen-Abstrich mit einem Sammelwirkungsgrad zwischen 5 % und 20 % genommen wird, so beträgt die Aktivität auf dem Nasen-Rachen-Abstrich etwa 1 % bis 10 % der zugeführten Aktivität. Bei mäßig und schwer transportablen Verbindungen (Löslichkeitsklasse W bzw. Y) wird etwa 50 % bis 85 % der zugeführten Aktivität über den Stuhl ausgeschieden, der größte Teil davon in den ersten drei Tagen nach der Zufuhr. Demnach sollte das Verhältnis der Aktivitäten in den Stuhlausscheidungen und im Nasen-Rachen-Abstrich zwischen etwa 5 und 85 liegen (geometrisches Mittel: 21).

Dies wurde anhand der zwischenfallsbedingten Inkorporationen von Transuranen aus dem Jahr 1984 überprüft. Bei insgesamt 19 Zwischenfällen wurden sowohl im Nasen-Rachen-Abstrich als auch in den Stuhlausscheidungen nach radiochemischer Aufarbeitung im Toxikologischen Labor der Medizinischen Abteilung Alpha-Aktivitäten oberhalb der Nachweisgrenze von $1,5 \text{ mBq}$ gefunden. Aus diesen Fällen ergibt sich für das Verhältnis der Aktivitäten in der Stuhlausscheidung und im Nasen-Rachen-Abstrich die in Abb. 2/27 dargestellte Häufigkeitsverteilung. Es handelt sich hierbei in sehr guter Näherung um eine logarithmische Normalverteilung mit dem Mittelwert 29,8. Die Standardabweichung entspricht einer mittleren Streuung der Einzelwerte um den Faktor 10,1.

Der Mittelwert des Aktivitätsverhältnisses liegt recht nahe an dem nach dem ICRP-Lungenmodell zu erwartenden Mittelwert. Allerdings streuen die Einzelwerte in einem sehr viel weiteren Bereich. Dies kann bis zu einem gewissen Grad auf eine größere Streuung des Sammelwirkungsgrades bei den Nasen-Rachen-Abstrichen zurückzuführen sein. Weitere Gründe können Husten, Niesen oder Schneuzen vor der Probennahme oder auch überlagerte Ingestionskomponenten sein.

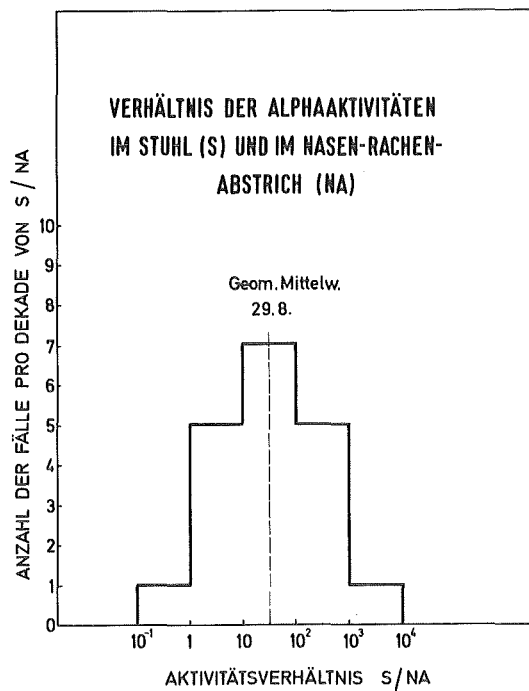


Abb. 6/27: Häufigkeitsverteilung für das Verhältnis der Aktivitäten in den Stuhlausscheidungen und im Nasen-Rachen-Abstrich bei Inhalation mittel- und schwerlöslicher Radionuklide

Bedingt durch die große Streubreite des Aktivitätsverhältnisses kann der Nasen-Rachen-Abstrich in erster Linie nur als qualitativer Indikator für kurz zurückliegende Inkorporationen dienen. Für quantitative Abschätzungen müßte man davon ausgehen, daß die Aktivitätszufuhr etwa um den Faktor 6 000 größer ist als die Aktivität im Nasen-Rachen-Abstrich (konservative Abschätzung mit einer Vertrauensgrenze von 95 %). Eine solche Abschätzung ist nicht praktikabel, da sie wegen des außerordentlich hohen Überschätzungspotentials in nahezu allen Fällen, in denen im Nasen-Rachen-Abstrich eine Alpha-Aktivität nachgewiesen wird, zu meldepflichtigen Aktivitätszufuhren führt.

Dennoch ist der Nasen-Rachen-Abstrich bei allen zwischenfallsbedingten Inkorporationsmessungen von großer Bedeutung, da er wichtige Informationen über das Verhältnis der Aktivitäten von Alpha-Strahlern und Gamma-Strahlern in dem inkorporierten Nuklidgemisch liefern kann. Mit Hilfe dieses Verhältnisses kann die Aktivität der im Ganzkörperzähler nicht direkt meßbaren Alpha-Strahler anhand der Aktivität der Gamma-Strahler abgeschätzt werden. Eine solche Abschätzung birgt auch bei konservativer Betrachtungsweise ein vergleichsweise geringes Überschätzungspotential.

6.6 Strahlenschutzmeßtechnik

6.6.1 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 Eichabfertigungsstelle,
- 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 jeweilig zweckmäßigste Meßverfahren und die Geräteauswahl und geht über die Abwicklung der Bestellung bis zur Kalibrierung und Abnahme.

6.6.2 Wartung und Reparatur

A. Schmitt

Kontrollen auf Funktionstüchtigkeit werden vor Ort vom Personal der Arbeitsplatzüberwachung regelmäßig durchgeführt. Defekte Geräte werden soweit wie möglich in der Elektronikwerkstatt instandgesetzt. Die Tab. 6/15 zeigt den Umfang an Wartungs- und Reparaturarbeiten dieser Werkstatt an tragbaren Strahlenschutzmeßgeräten, HFK-Monitoren und Aktivitätsmeßplätzen, die Tab. 6/16 die Art der Reparatur.

In der Elektronikwerkstatt wurde auch eine Reihe von Umbauarbeiten an HFK- und Kontaminationsmonitoren durchgeführt. Ein automatischer Wäschemonitor wurde überholt, seine Elektronik erweitert und in einem Geräteschrank zusammengefaßt. Weiterhin wurden einige kleinere Entwicklungsarbeiten ausgeführt, z.B. die Verbesserung von Hochspannung-NF-Generatoren zur elektrolytischen Ätzung von Detektorfolien. Als Ersatzbestückung wurden zehn Zählrohrmeßköpfe gefertigt.

Zur kontinuierlichen Registrierung von Strahlungspegel und Luftaktivität werden von der Hauptabteilung Sicherheit z.Z. rund 215 Meßstellen betreut, die in 30 Gebäuden des Kernforschungszentrums installiert sind, weiterhin 43 Meßstellen zur Umgebungsüberwachung. Zur Instandhaltung dieser Meßstellen waren im Berichtsjahr rund 400 Reparatursätze erforderlich. An zwei Abluftüberwachungsanlagen wurden größere Umbauten vorgenommen, eine Beta-Gas-Meßstelle wurde mit Ar-41 kalibriert.

Kontaminationsmonitoren	287
HFK-Monitoren	104
Fußbodenmonitoren	4
Wäschemonitoren	11
Aktivitätsmeßplätze	32
Probenwechsler	34
Dosisleistungsmeßgeräte	33
Taschenwarngeräte	2
Neutronenmonitoren	-
sonstige Geräte	21
Summe	528

Tab. 6/15: Reparatur- und Wartungsarbeiten an Strahlenschutzmeßgeräten, Art der Geräte

Folie	199
Zähl draht	66
Elektronik	191
Kabel	31
mechanische Reparatur	52
Batterie	27
Summe	566

Tab. 6/16: Reparatur- und Wartungsarbeiten an Strahlenschutzmeßgeräten, Art der Reparatur

6.6.3 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. 6/17 wiedergegeben. Seit der Beschaffung eichfähiger Geräte und Durchführung der amtlichen Eichung hat er entsprechend abgenommen.

Gerätetyp	Routineüberprüfung und Kalibrierung
Jordankammer	1
Graetz X-10	-
Graetz X-50	39
Graetz X-500	13
Graetz X-1000	3
Total 6150	6
Total 6112	19
Weichstrahlkammer	4
Taschenwarngerät	17
Neutronenmeßgerät	14
sonstige	29
Summe	145

Tab. 6/17: Wartungsarbeiten an tragbaren Dosisleistungsmeßgeräten und Taschenwarngeräten

Die Anzahl der Bestrahlungen für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, die an den Eichständen der Eichhalle durchgeführt wurden, hat beträchtlich zugenommen. Es wurden 648 Gamma- und 148 Neutronenbestrahlungen durchgeführt. Dabei ist erwähnenswert, daß für diese nicht routinemäßigen Bestrahlungen oft umfangreiche Aufbauarbeiten erforderlich sind.

Im Jahre 1984 wurde ein Erweiterungsbau zur Eichhalle errichtet, in dem eine Gamma-Kalibrier-einrichtung und eine Neutronenbestrahlungsanlage installiert wurden.

Kontrollmessungen an den Cs-137-Bestrahlungsanlagen wurden im gesamten interessierenden Dosisleistungsbereich regelmäßig durchgeführt.

6.6.4 Amtliche Eichabfertigungsstelle

A. Schmitt

Aufgrund der 2. Verordnung über die Eichpflicht von Strahlenschutzmeßgeräten ist es Aufgabe des Landes Baden-Württemberg Eichungen von Personen- und Ortsdosimetern vorzunehmen. Entsprechend einem Vertrag zwischen dem Land Baden-Württemberg und der KfK werden hierfür die im Kernforschungszentrum Karlsruhe vorhandenen technischen Einrichtungen zur Verfügung gestellt. Bei der amtlichen Eichabfertigungsstelle werden Beamte der Aufsichtsbehörde hoheitlich tätig. Der Beitrag der Hauptabteilung Sicherheit besteht in der Bereitstellung der Bestrahlungseinrichtungen und der Normaldosimeter wie auch in der Unterstützung bei der Durchführung der Eichungen. Im Jahre 1984 wurden für KfK 2048 Stabdosimeter und 162 Geräte geeicht.

6.6.5 Dichtheitsprüfungen

H. Junker

Aufgrund einer Ermächtigung der Aufsichtsbehörde ist die Abteilung HS/D berechtigt, die nach § 75 der StrlSchV vorgeschriebenen Dichtheitsprüfungen an umschlossenen radioaktiven Stoffen

für den Bereich des KfK in Eigenüberwachung durchzuführen. Diese Dichtheitsprüfungen werden nach den Richtlinien des Fachnormenausschusses Kerntechnik FB2 "Umschlossene, radioaktive Stoffe" durchgeführt.

Im Jahre 1984 wurden insgesamt 391 Dichtheitsprüfungen durchgeführt. Hierbei wurden keine undichten, "umschlossenen radioaktiven Stoffe" festgestellt.

6.7 Arbeiten zur Strahlenschutzmeßtechnik

6.7.1 Tragbarer Kontaminationsmonitor zur gleichzeitigen Messung von α - und β -Teilchen

B. Reinhardt, K. Maurer, H. Kiefer

Die Umsetzung der durch umfangreiche Vorversuche erhärteten Theorie der Möglichkeit der α/β -Trennung im Proportionalzählrohr mittels Pulse-Shape-Diskriminierung in ein einsatzfähiges Meßgerät erfolgte in diesem Jahr. Der tragbare α - β -Monitor setzt sich aus dem eigentlichen Detektor mit integriertem Hochspannungsteil und Impulsverstärker sowie der Auswerte- und Anzeigeeinheit zusammen.

Für die Ausführung des Detektors wurde eine solide Rahmenkonstruktion gewählt, die mit einer polierten Bodenplatte auf der einen Seite und einer Zählerfolie (beidseitig metallisiert, Flächengewicht $0,9 \text{ mg/cm}^2$) auf der anderen Seite versehen wurde. Die Abdichtung erfolgte beidseitig mittels O-Ringen. Diese Konstruktionsausführung gewährleistet die für ein transportables Meßgerät notwendige Dichtigkeit des Detektors. Versuche zeigten, daß nach zwei Monaten kein sichtbarer Gasverlust eingetreten war, womit sichergestellt ist, daß auch bei stundenlangem Betrieb ohne stationäre Gasversorgung die Funktionsfähigkeit des Detektors erhalten bleibt.

Schwierigkeiten bereitete die Minimierung des Hochspannungsteils, das zweckmäßigerweise direkt am Detektor seinen Platz fand. Dadurch entfiel die Hochspannungszuleitung zur Detektor-Auswerteeinheit, wodurch sich die Handhabbarkeit der Meßeinrichtung erhöhte. Außer Isolationsproblemen (Betriebsspg. 2-4 kV) traten auch vom Sperrwandler stammende hochfrequente Störungen auf, die den Rauschpegel auf ca. $300 \text{ mV}_{\text{SS}}$ anhoben. Konstruktive Änderungen reduzierten diesen Rauschanteil um den Faktor 30. Nach entsprechender Verstärkung gelangen die Detektorimpulse über ein 50- Ω -Koaxialkabel zur Auswerteeinheit. Die Registrierung und gleichzeitige Anzeige der α - und β -Impulse geschieht in digitaler Form. Die Meßzeitvorgabe kann zwischen einer Sekunde und neunundneunzig Minuten variiert werden. Zusätzlich ist eine akustische Kontrolle der α - oder β -Zählrate möglich.

Die Flexibilität dieser Meßeinrichtung läßt es zu, daß das Meßsystem als eine Einheit, sozusagen als Tischmonitor Verwendung finden oder getrennt zur Lokalisation von Aktivität benutzt werden kann. In solch einem Fall ist lediglich ein längeres Versorgungskabel anzuschließen und der Detektor mit einem aufsteckbaren Handgriff zu versehen.

Parallel zu dieser Entwicklung wurde im Rahmen einer Diplomarbeit versucht, ein nicht brennbares Gas bzw. Gasgemisch ausfindig zu machen, das in Bezug auf das Pulse-Shape-Verfahren ähnliche Eigenschaften wie das bisher verwendete Methan aufweist. Da die im Durchfluß betriebenen Meßsysteme basierend auf dem Pulse-Shape-Prinzip in Zukunft auch in Kontrollbereichen Verwendung finden sollen, wird aus sicherheitstechnischen Gründen gefordert, ein nicht brennbares Zählgas oder Zählgasgemisch zu verwenden.

Bei dieser Arbeit fanden Edelgase und Stickstoff mit Beimengungen von Methan und Butan als Zählgas Verwendung. Ferner wurden Edelgasgemischungen auf der Basis von Xenon und Krypton auf ihre Verwendbarkeit hin überprüft, ebenso Gasmischungen aus CO_2 und Edelgas.

Die einzelnen Gasmischungen wurden einem im Durchfluß betriebenen Proportionalzähler zugeführt. Als α - und β -Strahlenquellen dienten ein Po-210- bzw. ein Sr-90 / Y-90-Präparat. Die Detektorausgangsimpulse wurden nach entsprechender Verstärkung mit einem Speicheroszilloskop aufgezeichnet und von dort zwecks Dokumentation mit einer Polaroidkamera abfotografiert. Um Vergleichsdaten für die zu untersuchenden Gasgemische zu erhalten, erfolgte zunächst eine genaue Analyse der von einem mit reinem Methan betriebenen Proportionalzähler stammenden Impulse. Ihre Charakteristika wurden festgehalten. Als besonders interessant erwies sich in diesem Zusammenhang die Impulshöhe, die Impulsdauer sowie die Steilheit des Impulsanstieges innerhalb der ersten 10 Nanosekunden.

Die durchgeführten Messungen bestätigten weitgehend die Theorie, daß das unterschiedliche Ionisierungsvermögen von α - und β -Teilchen zu einer unterscheidbaren Anstiegsflanke des jeweiligen Impulses führt.

Aufgrund der speziellen physikalischen Eigenschaften von Gasen, wie z.B. der Gasverstärkung und der davon abhängigen Detektorausgangsimpulse, ist jedoch grundsätzlich nicht jedes untersuchte Gas bzw. Gasgemisch hinsichtlich des Pulse-Shape-Verfahrens anwendbar.

So erwiesen sich bei reinen Edelgasen die erhaltenen Spannungswerte zum Zeitpunkt $t = 10$ ns wegen ungenügender Flankensteilheit für eine meßtechnische Erfassung als zu niedrig. Grundsätzlich gilt dies auch für Edelgas-CO₂-Mischungen, wobei jedoch mit Gemischen aus Argon und CO₂ recht gute Ergebnisse erzielt werden konnten.

Durch ihren häufigen Gebrauch in herkömmlich betriebenen Proportionalzählern ließen Edelgas-Kohlenwasserstoff-Gemische, z.B. P10 (90 % Argon, 10 % Methan) auf bessere Resultate hoffen. Bei den Edelgas-Methan-Mischungen stiegen zwar die Impulsamplituden, der für die meßtechnische Registrierung relevante zeitabhängige Spannungswert des Impulses erwies sich jedoch als immer noch zu gering. Am ehesten brauchbar erscheinen die Meßwerte bei Neon-Methan-Gemischen, welche in ihrer Qualität mit Argon-CO₂ gleichzusetzen sind.

Auch die Edelgas-Butan-Gemische blieben hinter den gestellten Erwartungen zurück. Durch eine Wiederholung der Messungen stellte sich jedoch heraus, daß bei Argon-Butan-Gemischen mit geringsten Methananteilen sehr gute Ergebnisse erzielt werden konnten. Die erhaltenen Spannungswerte lassen eine Trennung von α - und β -Impulsen durch eine Unterscheidung der Anstiegsflanken möglich erscheinen. Welche Rolle Methan bei diesen Edelgas-Butan-Gemischen spielt, ist noch genauer zu untersuchen.

Stickstoff-Kohlenwasserstoff-Gemische sind aufgrund der sehr kleinen Impulsamplituden für eine Anwendung hinsichtlich des Pulse-Shape-Verfahrens nicht geeignet.

Abschließend bleibt festzustellen, daß ein Argon-Butan-Gemisch mit sehr geringen Anteilen von Methan dem Verhalten von reinem Methan entspricht.

6.7.2 Umrüstung der Routinemeßplätze zur Dosimeterauswertung

S. Ugi

Im Hinblick auf die steigende Anzahl von Dosimeterauswertungen und dem Anschluß aller Routinemeßplätze an eine Datenverarbeitungsanlage war es erforderlich, die vorhandenen Auswertegeräte für Thermolumineszenz- und Phosphatglasdosimeter umzurüsten. Weitere Vorarbeiten für den Ausbau der Meßstelle betrafen die Planung für die Dosimeterauswertungen, insbesondere auch die Ausrüstung des umorganisierten Routinemeßraumes sowie der beiden Arbeitsräume für die TL- und PL-Routineauswertung.

Die Erweiterung des TL-Auswertegerätes Harshaw 2000 A+B zum IEEE-488 systemfähigen Meßplatz bedeutet, daß die Fronteinstellungen vom angeschlossenen Rechner übernommen werden. Ebenso können die Ausheiz-Parameter wie Vorheizzeit, Aufheizgeschwindigkeit, Dauer vom Rechner gesteuert werden. In das Gerät wurde eine Interfacekarte mit 8085 Mikroprozessor, zugehöriger Steuerelektronik und Sensorik eingebaut. Der Zählerstand des integrierenden Picoamperemeter kann alle 25 ms abgefragt und damit die Glowkurve dem Rechner übermittelt werden.

Ferner wurde unter Verwendung des PL-Auswertegerätes Toshiba FDG-3B ein rechnergesteuerter Glasdosimetermeßplatz aufgebaut. Als Übergangslösung wurde für den Systemmeßplatz wie bei den bereits ausgebauten TL-Meßplätzen wiederum der HBIB oder IEEE-488 Standardbus verwendet. Zum Anschluß eines Druckers mit RS 232 Schnittstelle wurde außerdem eine Mikrorechnerkarte mit entsprechendem Auffangspeicher eingesetzt. Die für das System erstellte Software bietet nun an diesem Meßplatz folgenden vereinfachten Arbeitsablauf:

- Im Rechner steht eine Liste der ausgegebenen Dosimeter zur Verfügung. Beim Auspacken der Dosimeter wird daraus eine Liste der vorhandenen und zu messenden Dosimeter erstellt.
- In diese Liste wird dann bei der Messung der jeweilige Meßwert direkt vom Auswertegerät übernommen, die Differenz zum Meßwert der letzten Auswertung gebildet und das Ergebnis nach Umrechnung und Rundung in den Überwachungsbogen gedruckt.
- Jede neue Liste wird in einem fortlaufenden Indexfeld angelegt und auf Disk abgespeichert. Damit stehen alle Meßwerte für weitere Rechenvorgänge wie Aufsummierung bzw. Statistik zur Verfügung.

Für die Verarbeitung der an den Routinemeßplätzen anfallenden Meßdaten wurde ein Konzept mit zwei Varianten erarbeitet, auf dessen Grundlage über den Einkauf eine Ausschreibung der Anlage erfolgte. Die Entscheidung fiel für ein 32-Bit-Rechnersystem, das aufgrund seiner Leistungsfähigkeit als Abteilungsrechner auch für andere Meßaufgaben zusätzlich verwendet werden kann.

Das vorhandene Toshiba-Auswertegerät zeigte bei Testläufen in Zeiträumen von bis zu 20 min Schwankungen des Fluoreszenzlichtes. Außerdem zeigten die Lampenlichtleistung sowie der Elektrometerverstärker eine Langzeitdrift. Als Ursache der Instabilität wurden sprunghafte Veränderungen des Lampenlichtbogens in der Hg-Lampe Osram HB 100 erkannt. Bei Projektion des Lichtbogens war deutlich zu erkennen, daß die Fußpunkte des Lichtbogens sich sprunghaft veränderten. Dies hat zur Folge, daß an dem jeweils neuen Ort kurzzeitig ein neuer Einbrennvorgang abläuft bis der alte Gasdruck in der Lampe wieder erreicht ist. Damit ändert sich jedoch auch das abgestrahlte Spektrum, so daß die für den Meßeffect benötigte UV-Linie in ihrer Intensität schwankt und Meßfehler auftreten können. Eine fehlerhafte mechanische Einspannung der Lampe führte außerdem nach kurzer Brennzeit zum Verlust der Elektrodenzentrierung, wodurch die oben genannten Effekte noch verstärkt wurden. Laut Herstellerangabe ist eine bessere Bogenstabilität etwa durch einschnürende Magnetfelder nicht erfolgversprechend, da der Lichtbogenraum bei der vorliegenden Kurzbogenlampe im Verhältnis zum vorhandenen Gasraum sehr klein ist. Abhilfe soll durch einen neuen Spektrallampentyp mit einem großflächigen hochstabilen Lichtbogen geschaffen werden, dessen Lichtleistung jedoch um den Faktor 2 kleiner ist. Entsprechende Testmessungen werden z.Z. noch durchgeführt.

Zur Zeit wird ein zweites PL-Auswertegerät unter Verwendung einer älteren Toshiba-Optik sowie einer neueren Glaszuführung und Elektronik neu aufgebaut. Ziel ist der Einsatz des alten Toshiba-Auswertegerätes und nach entsprechendem Umbau die Bereitstellung von zwei identischen Auswertepätzen. Bei dieser Entwicklung sollen die neuen Erkenntnisse über die UV-Lichtquelle unmittelbar einfließen.

Für die Kugeldosimeter wurde eine Strichcodekennzeichnung mit Leseeinrichtung erprobt. Durch diese Kennzeichnung kann die Listenerstellung beim Dosimeterauspacken wesentlich schneller erfolgen. Die Einführung von wiederverwendbaren Befestigungsklipps erbringt weitere Kostenreduzierung. Der für die Überwachungsbögen vorgesehene Traktordrucker erstellt mit einer Zusatzeinrichtung die Strichcodelabels für die Dosimeterkennzeichnung.

Der Waschvorgang für die Glasauswertung wurde überprüft und eine entsprechende Laborausrüstung geplant und beschafft.

6.7.3 Funktionserweiterungen am PL-Auswertegerät Toshiba FGD-3B

H.-G. Röber

Um den heutigen Anforderungen der Meßtechnik zu genügen, war es notwendig, das alte Toshiba-Auswertegerät für Glasdosimeter bezüglich Meßwerterfassung und Meßwertdokumentation dem neuesten Stand anzupassen.

Für die im Labor eingesetzten Computer wird das Schnittstellensystem Hopp 280 eingesetzt. Dieses System hat sich inzwischen für die Anpassung älterer, nicht systemfähiger Meßgeräte an die vorhandenen Computer bestens bewährt.

Die eigentliche Hardware-Arbeit bestand nun darin, das Toshiba-Auswertegerät FDG-3B und das Schnittstellensystem Hopp 280 hinsichtlich Gerätefunktionen und Meßwertübertragung mit entsprechenden Schaltungsgruppen zu verbinden. Hierzu wurden folgende Bauteile entwickelt und bereitgestellt:

- Eine Schnittstellenplatine ermöglicht, den Meßwert und einige Steuerfunktionen an das Schnittstellensystem Hopp 280 zu übertragen.
- Parallel zum alten Analoganzeigeelement wurde ein 3 1/2-stelliges digitales Meßinstrument eingebaut. Dieses verfügt über BCD-codierte Datenausgänge und kann von einer Meßinitiiierung über den "Hold"-Eingang gesteuert werden. Ob das digitale Meßgerät den Meßwert gerade wandelt oder den Meßwert anzeigt, gibt die Statusfunktion an. Da die "Hold"-Funktion nur bei einem bestimmten Zustand der Statusfunktion erfolgen darf, mußte eigens für das digitale Meßgerät eine Instrumentenplatine mit entsprechenden logischen Verknüpfungen entwickelt werden.
- In der Nähe der Meßkammerverriegelung wurde ein Meßinitiator angebracht. Beim Schließen der Meßkammer schiebt sich der verchromte Riegel vor den Meßinitiator und löst automatisch den Meßvorgang aus. Der Meßinitiator funktioniert nach dem Prinzip der Reflexlichtschranke und ist eine Eigenkonstruktion.
- Das Toshiba-Auswertegerät verfügt über sieben Meßbereiche, die mit Hilfe eines 7-stufigen Drehschalters umgeschaltet werden können. In jeder Meßstellung muß für die Meßwertanzeige ein bestimmter Multiplikator berücksichtigt und auch dem Computer mitgeteilt werden. Diese Aufgabe konnte mit der Platine Bereichs-Identifikation realisiert werden, auf der kreisförmig in äquidistanter Teilung sieben Lichtschranken angeordnet sind und durch die sich eine auf der Schalterachse befestigte Lochscheibe dreht. Eine auf der gleichen Platine befindliche Codierschaltung setzt die Nummer der Schalterstellung in eine der Systemschnittstelle verständlichen Form um. Dieser Umbau des Glasdosimeter-Auswertegerätes Toshiba FDG-3B ist als Zwischenlösung anzusehen.

Bei der endgültigen Lösung, an der zur Zeit gearbeitet wird, soll nur noch der optische Teil des Toshiba-Auswertegerätes FDG-3B Verwendung finden. Die Besonderheiten des neu konzipierten Auswertegerätes sind eine halbautomatische Glasdosimeterzuführung, eine automatische Bereichsumschaltung, die Möglichkeit einer computergesteuerten Hochspannung für den Photo-Multiplier so-

wie ein Terminal für die Eingabe der Dosimeter-Nummern. Die Platine für die computergesteuerte Hochspannung wurde bereits entwickelt und fertiggestellt. Die mechanischen Komponenten für zwei Auswertegeräte für die halbautomatische Glaszuführung, die Strahlengangverschlüsse und der Meßkammerverschluß konnten konstruiert und angefertigt werden.

6.7.4 Ausbau eines TL-Auswertegerätes für Hochtemperaturaufheizung

S. Ugi

Ähnlich wie bei der Erweiterung der Routinemeßplätze "Studsvik", "Harshaw" und "Toshiba" sollte hier eine Rechnersteuerung entwickelt werden, die es ermöglicht, beliebige Geräteeinstellungen vom Rechner vorzunehmen und Statusmeldungen sowie Meßwerte und Betriebsparameter an den Rechner zu übermitteln. Als Kommunikationspfad Rechner-Meßplatz wurde wieder IEEE 488 gewählt; damit wurde in der Dosimetrie ein Standard-Bus festgelegt. Da vom Rechner für die Ausheizprofile analoge Sollwertverläufe vorgegeben werden müssen, aber auch Analogwerte an den Rechner übermittelt werden, wurde ein dreikanaliger Digital-Analog- bzw. Analog-Digital-Wandler mit Businterface eingebaut. Das ursprüngliche Gerät verfügte nur über einen Impulsausgang, daher wurde ein 7-stelliger Zähler aufgebaut, dessen momentaner Zählerstand beliebig auslesbar ist, ohne die Zählung zu beeinflussen. Die BCD-Werte werden dann über ein Parallelinterface mit Busanschluß an den Rechner übertragen. Beim Testbetrieb des Gerätes ergab sich eine schwankende, völlig überhöhte Untergrundzählrate. Untersuchungen ergaben, daß im Multipliergehäuse an der Fassung der Photokathode vermutlich infolge von Materialfehlern Glimmentladungen auftraten. Nach Ersetzen der Fassung durch ein Teflondrehteil waren die Störungen beseitigt.

7. Umweltmeteorologie

W. Hübschmann

In der Abteilung Umweltmeteorologie werden Forschungs- und Dienstleistungsaufgaben im Rahmen des nuklearen Umweltschutzes durchgeführt. Die Arbeiten gliedern sich in die Bereiche:

- Meteorologische Messungen und Datenverarbeitung,
- atmosphärische Ausbreitung,
- Dosisberechnung und Risikoanalysen.

Meteorologische Parameter werden an einem 200-m-Mast und auf einer Meßwiese gemessen und auf Datenträgern gespeichert. Die Meßinstrumente sind an ein eigenständiges DV-System mit zwei Prozeßrechnern angeschlossen. Daneben steht ein SODAR-Gerät zur Verfügung. Dieses dient der Fernmessung des Windvektors bis in über 400 m Höhe.

Zur Untersuchung der Luftströmung und der Schadstoffausbreitung im mesoskaligen Bereich werden Tetroons (Ballone konstanten Volumens) mit Radar verfolgt. Vier solcher Flugserien wurden mit einem Radar des DWD durchgeführt. Gleichzeitig mit diesen Flugserien wurden - in Zusammenarbeit mit den Forschungszentren Ispra und Risö - mesoskalige Ausbreitungsversuche mit SF₆ als Tracer ausgeführt. Das numerische Kühlturm-fahnen-Modell WALKÜRE-C simuliert die Überlagerung einer Abgas- und einer Kühlturm-fahne und die dabei ablaufenden chemischen Schadstoffreaktionen. Das Modell wurde auf eine Anlage mit Naßentschwefelung angewendet.

Auf der Basis der Deutschen Risikostudie Kernkraftwerke, Phase B, wird im Auftrag der Europäischen Kommission eine Methodologie der Unfallfolgenermittlung erarbeitet, und zwar gemeinsam mit dem INR und dem NRPB, England. Die Strahlendosis in der Umgebung des KfK wird in Abstimmung mit der Genehmigungsbehörde - im Vorgriff auf die Novelle der Strahlenschutzverordnung - in Form der effektiven Äquivalentdosis nach ICRP 26 berechnet. Die dafür notwendigen Dosisfaktoren werden u. a. aus ICRP 30 entnommen. In Vergleichsrechnungen wurde bereits früher gezeigt, daß der Abstand der berechneten Dosen vom Dosisgrenzwert sich beim Übergang auf die effektive Äquivalentdosis vergrößert, wenn für diese der Grenzwert der Ganzkörperdosis gilt.

7.1 Auswertung meteorologischer Messungen

S. Vogt

7.1.1 Ausbreitungsstatistik

Zur Berechnung von Langzeitausbreitungsfaktoren sowie von Schadstoffkonzentrationen wurde die Ausbreitungsstatistik des Jahres 1984 erstellt. Tab. 7/1 zeigt die dreiparametrische Häufigkeitsverteilung der Windrichtung, der Windgeschwindigkeit und der Ausbreitungskategorie. Der Windgeschwindigkeit und -richtung liegen Halbstundenmittelwerte der Höhe 60 m zugrunde. Die Windrose ist in 30°-Sektoren eingeteilt, der Sektor 360° enthält die Richtungen von 345° bis 15°. Die Gesamthäufigkeit in den Sektoren ist über jeder Einzeltabelle in Prozent angegeben. Die Ausbreitungskategorie wird mit drei unabhängigen Schemata für jede halbe Stunde ermittelt. Diese beruhen auf der Streuung der vertikalen Windrichtungsfluktuation einer in 100 m Höhe installierten Vektorfahne (σ_φ), der Streuung der horizontalen Windrichtungsfluktuation einer in 100 m installierten Schwertwindfahne (σ_θ) sowie auf dem Temperaturgradienten zwischen 30 m und 100 m in Verbindung mit der Windgeschwindigkeit in 40 m Höhe (TG/u). Für das Jahr 1984 wird primär das Schema TG/u herangezogen. Konnte dieses Schema wegen Datenausfall nicht angewendet werden, so wird das σ_φ -Schema bzw. bei dessen Ausfall das σ_θ -Schema ange-

Windgeschwindigkeitsstufe (Mehöhe 60m) in m/s	Ausbreitungskategorie						Summe	Ausbreitungskategorie						Summe
	A	B	C	D	E	F		A	B	C	D	E	F	
	Windrichtungssektor						Windrichtungshäufigkeit	Windrichtungssektor						Windrichtungshäufigkeit
	30 Grad						6.40 %	210 Grad						21.34 %
0.6- 1.0	0.37	0.09	0.28	0.64	0.46	0.92	2.75	0.03	0.11	0.11	0.47	0.11	0.08	0.91
1.1- 1.5	1.10	0.28	0.28	2.57	1.74	1.29	7.25	0.11	0.06	0.11	0.66	0.41	0.55	1.90
1.6- 2.0	2.02	0.55	0.83	3.49	3.12	0.92	10.93	0.19	0.28	0.28	0.72	0.44	0.47	2.37
2.1- 4.0	4.13	4.13	4.96	15.61	14.88	16.99	60.70	1.38	2.07	2.54	9.15	6.73	4.08	25.94
4.1- 8.0	0.37	0.73	4.50	8.63	2.75	1.38	18.37	0.47	1.87	4.77	34.81	11.38	5.51	58.82
8.1-15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.39	9.59	0.08	0.0	10.06
15.1-30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SUMME	7.99	5.79	10.84	30.95	22.96	21.49	100.00	2.18	4.38	8.19	55.40	19.16	10.69	100.00
	60 Grad						16.80 %	240 Grad						18.25 %
0.6- 1.0	0.07	0.14	0.18	0.88	0.46	0.25	1.96	0.06	0.0	0.06	0.16	0.16	0.19	0.64
1.1- 1.5	0.53	0.28	0.21	1.51	0.60	0.60	3.71	0.16	0.23	0.29	1.00	0.29	0.42	2.38
1.6- 2.0	0.84	0.42	0.60	1.93	1.09	1.44	6.30	0.35	0.39	0.39	1.16	0.77	0.42	3.48
2.1- 4.0	3.68	6.72	7.39	9.31	10.78	13.20	51.09	2.55	2.26	3.00	7.96	5.64	2.09	23.49
4.1- 8.0	0.35	3.96	10.19	14.92	3.92	3.19	36.52	0.64	2.29	6.57	36.66	6.99	1.22	54.38
8.1-15.0	0.0	0.0	0.21	0.21	0.0	0.0	0.42	0.0	0.0	1.16	14.30	0.06	0.0	15.53
15.1-30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.10	0.0	0.0	0.10
SUMME	5.46	11.52	18.77	28.75	16.84	18.66	100.00	3.77	5.15	11.47	61.34	13.92	4.35	100.00
	90 Grad						7.65 %	270 Grad						5.45 %
0.6- 1.0	0.54	0.15	0.31	1.15	0.15	1.08	3.38	0.0	0.11	0.32	0.76	0.65	0.97	2.80
1.1- 1.5	0.77	0.77	0.69	2.31	0.92	1.54	7.00	0.22	0.54	1.19	2.37	0.86	0.97	6.15
1.6- 2.0	1.23	0.62	0.92	2.23	1.69	3.23	9.92	1.83	1.73	0.97	1.62	2.05	1.08	9.28
2.1- 4.0	3.15	4.08	6.15	7.15	7.92	19.00	47.46	6.80	3.78	4.96	9.28	8.52	2.37	35.71
4.1- 8.0	1.69	3.31	8.77	7.92	3.54	6.00	31.23	0.97	2.80	8.41	19.53	4.64	1.19	37.54
8.1-15.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.76	7.12	0.11	0.0	7.98
15.1-30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.54	0.0	0.0	0.54
SUMME	7.38	8.92	17.85	20.77	14.23	30.85	100.00	9.82	8.95	16.61	41.21	16.83	6.58	100.00
	120 Grad						4.04 %	300 Grad						2.89 %
0.6- 1.0	0.0	0.0	0.29	2.04	0.58	1.16	4.08	0.20	0.61	0.81	0.81	1.02	1.83	5.28
1.1- 1.5	1.31	1.02	1.60	2.33	0.87	3.64	10.77	0.81	2.24	3.86	3.66	2.44	0.61	13.62
1.6- 2.0	1.31	0.29	0.58	2.77	1.75	6.70	13.39	4.88	3.25	2.24	2.85	3.25	0.61	17.07
2.1- 4.0	1.60	2.47	2.62	2.04	9.02	37.70	55.46	11.18	5.49	6.10	14.43	9.15	2.24	48.58
4.1- 8.0	0.0	0.44	0.87	1.31	1.89	11.79	16.30	0.20	2.03	3.05	7.72	1.02	0.0	14.02
8.1-15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.42	0.0	0.0	1.42
15.1-30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SUMME	4.22	4.22	5.97	10.48	14.12	60.99	100.00	17.28	13.62	16.06	30.89	16.87	5.28	100.00
	150 Grad						3.13 %	330 Grad						3.41 %
0.6- 1.0	0.94	0.38	0.75	2.63	1.13	1.69	7.52	0.17	0.17	0.0	1.21	1.21	0.86	3.63
1.1- 1.5	0.19	0.38	0.75	3.95	1.13	4.32	10.71	1.55	1.90	1.90	3.80	1.38	1.04	11.57
1.6- 2.0	1.13	0.19	0.94	4.32	2.82	5.45	14.85	3.11	1.38	2.25	4.49	1.90	0.69	13.82
2.1- 4.0	0.94	0.38	0.19	3.38	14.29	32.33	51.50	10.19	8.12	3.80	23.49	8.98	1.21	55.79
4.1- 8.0	0.0	0.0	0.38	0.38	1.69	12.97	15.41	0.52	1.21	2.25	9.33	1.21	0.0	14.51
8.1-15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.69	0.0	0.0	0.69
15.1-30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SUMME	3.20	1.32	3.01	14.66	21.05	56.77	100.00	15.54	12.78	10.19	43.01	14.68	3.80	100.00
	180 Grad						3.59 %	360 Grad						6.00 %
0.6- 1.0	0.33	0.0	0.16	3.11	0.33	0.82	4.75	0.59	0.29	0.20	0.49	0.78	0.39	2.74
1.1- 1.5	0.49	0.33	0.49	4.58	1.15	2.95	9.98	0.29	0.39	0.10	1.96	1.37	0.69	4.80
1.6- 2.0	0.33	0.49	0.65	4.58	0.98	3.93	10.97	1.57	1.37	0.29	3.13	1.67	0.78	8.81
2.1- 4.0	0.33	1.15	1.31	10.15	20.62	23.08	56.63	5.09	6.66	5.58	19.49	5.68	3.92	46.43
4.1- 8.0	0.16	0.0	0.16	1.47	7.53	8.35	17.68	1.76	3.13	5.48	22.82	2.35	0.78	36.34
8.1-15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.49	0.39	0.0	0.0	0.88
15.1-30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SUMME	1.64	1.96	2.78	23.90	30.61	39.12	100.00	9.30	11.85	12.14	48.29	11.85	6.56	100.00

Summiert über alle Windrichtungssektoren einschließlich Windstillen (WG ≤ 0,5 m/s)

WG (m/s)	Ausbreitungskategorie						Summe
	A	B	C	D	E	F	
0.0- 0.5	0.02	0.06	0.12	0.35	0.19	0.31	1.05
0.6- 1.0	0.18	0.12	0.20	0.82	0.39	0.52	2.24
1.1- 1.5	0.45	0.42	0.54	1.78	0.78	1.03	5.00
1.6- 2.0	1.01	0.64	0.64	2.01	1.31	1.45	7.06
2.1- 4.0	3.33	3.75	4.19	9.96	8.76	9.84	39.84
4.1- 8.0	0.62	2.24	5.89	20.88	5.68	3.78	39.08
8.1-15.0	0.0	0.0	0.48	5.17	0.04	0.0	5.68
15.1-30.0	0.0	0.0	0.0	0.05	0.0	0.0	0.05
Summe	5.62	7.23	12.05	41.01	17.15	16.94	100.00

Tab. 7/1: Ausbreitungsstatistik 01.12.1983 - 30.11.1984, Häufigkeit in %
WG = Windgeschwindigkeit

wandt. Durch diese Redundanz ist die Ausbreitungsstatistik mit nur etwa 3,21 % Ausfall behaftet, davon wurden 0,25 % durch Ausfall der Datenerfassung (s. Kap. 7.2.1) verursacht. Die Veränderung der Rangordnung der Schemata wurde aus instrumententechnischen Gründen (Mastsanierung) vorgenommen. Am Ende der Tab. 7/1 ist die Häufigkeitsstatistik auf die Windgeschwindigkeit und Ausbreitungskategorie reduziert, indem über alle Windrichtungssektoren summiert wurde.

Obwohl Spätsommer und Frühherbst 1984 eine unterdurchschnittliche Sonnenscheindauer aufwiesen, ist die Verteilung der Ausbreitungskategorien im Jahresmittel ähnlich wie im Vorjahr. Der Grund liegt an den Monaten Februar bis April sowie Juni und Juli, die eine überdurchschnittlich lange Sonnenscheindauer verzeichneten. So nahmen die sehr labilen Kategorien A und B auf Kosten von Kategorie C zu; alle labilen Situationen einschließlich C traten etwa gleich häufig wie im Vorjahr auf.

7.1.2 Weitergabe meteorologischer Daten

Den KTB/EA wurden die Stundenmittelwerte der Temperatur in 2 m Höhe in einem einjährigen Zeitraum zur Verfügung gestellt. Die Daten bilden die Grundlage für die Berechnung des Wärmeverbrauches im KfK.

Dem IRE wurden Globalstrahlungswerte für mehrere ausgewählte Zeiträume überlassen, um den Wirkungsgrad von Solarkollektoren für die Prozeßdampferzeugung zu bestimmen.

Die Abteilung Objektschutz-Technik der KBG benötigte zur Auswertung und Dokumentation von unerwünschten Alarmen der äußeren Umschließungsanlage Informationen über Windgeschwindigkeiten und Niederschlag für die letzten 1,5 Jahre.

Das Ingenieurbüro Brenk Systemplanung wünschte die Bereitstellung meteorologischer Daten für Untersuchungen zur Deutschen Risikostudie, Phase B, vom Standort Karlsruhe. Es wurde daher ein Magnetband mit folgenden Daten erstellt: Datum, Windgeschwindigkeit und Windrichtung in drei verschiedenen Höhen, horizontale und vertikale Windrichtungsfluktuation, Temperatur, Strahlungsbilanz und Niederschlag (jeweils 10-Minuten-Mittel).

Das Institut für Umweltp Physik der Universität Heidelberg beabsichtigte eine Zuordnung von Schadstoffemissionen zu gemessenen Immissionen. Für insgesamt 13 mehrtägige Zeiträume der letzten drei Jahre wurden Meßwerte der Windrichtung, -geschwindigkeit und solche der Vektorfahnen bereitgestellt.

Im Rahmen der Auswertung der Gasanalyse bei den BETA-Versuchen benötigte die KWU Luftdruckwerte an 11 Tagen.

7.2 Meßwerterfassung und -verarbeitung

R. von Holleuffer-Kypke, P. Thomas

7.2.1 Betrieb des Meteorologischen Informations Systems (MIS)

In der Zeit vom 01.12.1983 bis zum 30.11.1984 gingen durch Reparatur, Wartung und Programmpflege des MIS 134 10-min-Datenblöcke verloren. Das entspricht einer Ausfallrate von 0,25 %.

Die Tab. 7/2 gibt an, wie häufig die Meßwertgeber zusätzlich ausfielen oder fehlerhafte Werte lieferten. Die Zahlen beinhalten auch die Daten, die bei der Kontrolle am Sichtgerät als fehlerhaft erkannt und nachträglich gelöscht wurden.

Instrument	Ausfallrate in %	
	1984	7-Jahres-Mittel
Anemometer	4,1	2,0
Schwertwindfahnen	2,5	0,3
Taupunktfühler	33,2	10,1
Temperaturfühler	2,3	1,1
Vektorfahnen, σ_{θ}	14,2	} 11,4
σ_{φ}	14,6	
horizontale Richtung	20,3	6,1
vertikale Richtung	21,6	14,2
Geschwindigkeit	28,5	26,3
Luftdruck	0,14	2,5
Niederschlag	0,9	1,0
Strahlungsbilanzmesser (Ein- und Ausstrahlung)	0,6	1,1
MIS	0,25	2,3

Tab. 7/2: Mittlere Ausfallraten der meteorologischen Instrumente und des MIS

Die gegenüber früheren Jahren erhöhten Ausfälle der Taupunktfühler und Vektorfahnen entstanden während der Sanierung der Verkabelung am Mast und während eines Ausfalles des Fahrkorbs. Die Sanierungsarbeiten bzw. die Störung gestatteten keine so intensive Wartung der Sensoren, wie sie sonst durchgeführt wird.

Der Erfassungsrechner wurde um einen dritten Impulszähler erweitert. Dieser zählt alle innerhalb des 10-min-Meßintervalles einlaufenden Impulse. Am Ende des Meßintervalles wird die Impulsrate mit einer Gleichung 3. Grades in eine physikalische Größe umgerechnet und der Zähler wieder auf Null gesetzt. Zunächst wird damit der mit einer Wippe gemessene Niederschlag erfaßt.

Zur Vermeidung von Blitzschäden, wie sie 1983 auftraten, wurden sowohl die Schnittstelle Meßmast - Rechner als auch die Datenfernleitungen vom Rechner zu den Sichtgeräten mit einem Blitzschutz versehen (s. Abb. 7/1). Dieser wurde von HDI gemäß den Anforderungen an den Blitzschutz entwickelt. Eine in der Datenleitung induzierte Überspannung wird während des Spannungsaufbaues über eine Überspannungsschutzdiode (D) gegen Erde abgeleitet. Ist die Spannung größer als 90 V, so erfolgt die Ableitung über einen edelgasgefüllten Überspannungsableiter (S). Der zwischengeschaltete Widerstand (R) wirkt wie eine Schmelzsicherung.

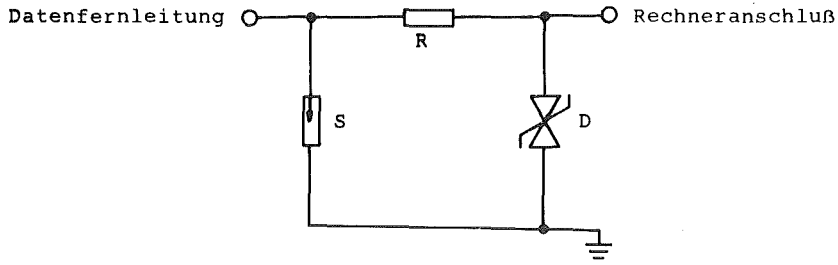
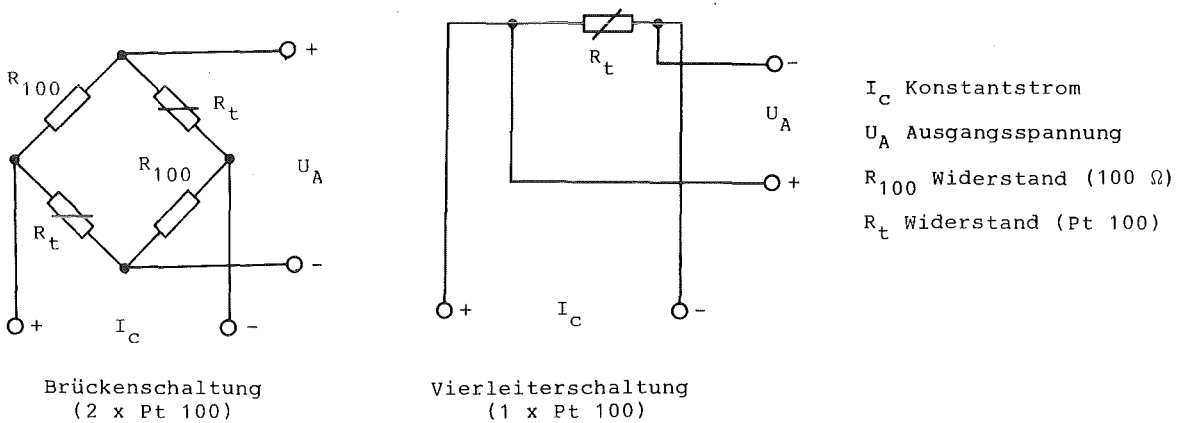


Abb. 7/1: Überspannungsschutz für Datenfernleitungen

7.2.2 Meßeinrichtung

Die bisher eingesetzten Widerstandsthermometer (2 x Pt 100 in Brückenschaltung (s. Abb. 7/2)) wurden gegen Widerstandsthermometer in Vierleiterschaltung ausgetauscht. Die durch unterschiedliches Altern der zwei Pt-100-Sensoren im Doppel-Pt-100 verursachte Nichtlinearität der Kalibrierkurve wird dadurch vermieden, während die höhere Empfindlichkeit der Brückenschaltung bei den heute verfügbaren empfindlichen Voltmetern nicht mehr erforderlich ist.



Brückenschaltung
(2 x Pt 100)

Vierleiterschaltung
(1 x Pt 100)

- I_c Konstantstrom
- U_A Ausgangsspannung
- R_{100} Widerstand (100 Ω)
- R_t Widerstand (Pt 100)

Abb. 7/2: Schaltbilder des Widerstandsthermometers

Um die Frage zu beantworten, ob die Niederschlagsmessungen durch den vom "alten" Meßfeld ca. 20 m entfernten Wald beeinflusst wurden, wurde in ca. 40 m Entfernung vom Waldrand ein "neues" Niederschlagsmeßfeld aufgebaut.

Die monatlichen Niederschläge von 1984, berechnet jeweils aus den täglichen Messungen mit der Sammelkanne (nach Hellmann), sind in Tab. 7/3 eingetragen. Der jährliche Unterschied zwischen beiden Meßfeldern beträgt 0,7 %. Bei einem durchschnittlichen Meßfehler von $\pm 0,1$ mm pro Messung mit der Sammelkanne sind die Differenzen zwischen beiden Meßfeldern bei insgesamt 192 Tagen mit Niederschlag nicht signifikant. Ein größerer Einfluß des Waldes auf die Messung am "alten" Meßfeld kann nicht festgestellt werden.

Monat	Anzahl der Tage mit Niederschlag	Meßwert im Meßfeld		abs. Fehler	Differenz neu - alt
		alt	neu		
Dez	14	35,2	35,5	+ 1,18	0,3
Jan	21	94,5	95,6	+ 1,45	1,1
Feb	16	70,3	71,2	+ 1,26	0,9
März	10	19,2	19,6	+ 1,00	0,4
Apr	11	44,7	45,0	+ 1,05	0,3
Mai	22	112,1	113,0	+ 1,48	0,9
Jun	17	52,6	52,7	+ 1,30	0,1
Jul	14	59,9	60,4	+ 1,18	0,5
Aug	14	41,3	41,4	+ 1,18	0,1
Sep	18	117,1	117,0	+ 1,34	- 0,1
Okt	18	43,1	43,1	+ 1,34	0,0
Nov	17	56,2	57,1	+ 1,30	0,9
Summe	192	746,2	751,6	+ 4,38	5,4

Tab. 7/3: Monatliche Niederschläge 1984 in mm

7.3 Doppler-SODAR

W. Hübschmann, P. Thomas

7.3.1 Allgemeines

Ein Doppler-SODAR (Sonic Detection and Ranging) arbeitet nach dem Prinzip des Echolotes. Kurze hörbare Schallimpulse werden gebündelt in die Atmosphäre abgestrahlt. Aus jeder Höhe wird ein geringer Bruchteil der Schallenergie zurückgestreut und wieder empfangen. Die Frequenz des empfangenen Signals ist gegen die Sendefrequenz auf Grund der Bewegung des Streuvolumens verschoben (Dopplereffekt). Aus der Laufzeit, Intensität und der Frequenzverschiebung des zurückgestreuten Schalls werden die Höhenprofile von Rückstreuamplitude, Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Standardabweichung der vertikalen Windgeschwindigkeit bestimmt.

Der im Auftrag der VGB - Kraftwerkstechnik GmbH, Essen (Vereinigung der Großkraftwerksbetreiber) durchgeführte Test zweier Doppler-SODAR-Geräte wurde Ende 1983 mit dem Test des SODAR-B2 (Typ AO der Firma Remtech) abgeschlossen. Über den Betrieb dieses Gerätes wurde bereits im Jahresbericht 1983 der HS (21) berichtet; die Auswertung der Meßdaten schließt sich im folgenden an. Seit Oktober 1984 steht HS/M wieder ein Gerät dieses Typs zur Verfügung. Der seit herige Betrieb und die gesammelten Meßdaten bestätigen im wesentlichen die bisherigen Erfahrungen.

7.3.2 Vergleich der Meßwerte vom Mast und vom SODAR-B2

Die Meßwerte wurden sowohl direkt als auch statistisch miteinander verglichen. Zum direkten Vergleich werden beispielhaft die Windgeschwindigkeit u und die Standardabweichung σ_w aus 100 m Höhe als Zeitreihe über 24 h in der Abb. 7/3 dargestellt. Es handelt sich um Zeitreihen vom 24.05.1983. An diesem Tag regnete es zeitweise. Die Standardabweichung σ_w der vertikalen Windgeschwindigkeit, die das SODAR unmittelbar liefert, wurde für den Mast angenähert berechnet:

$$\sigma_w = u \tan \sigma_\varphi$$

- u : Mittelwert der horizontalen Windgeschwindigkeit, gemessen mit Schalensternanemometern,
- σ_φ : Mittelwert der vertikalen Windrichtung, gemessen mit Vektorfahne.

Der statistische Vergleich wurde mit Hilfe der linearen Regressionsanalyse durchgeführt. In den Abbn. 7/4 und 7/5 sind als Beispiel die Punktwolken der Wertepaare der Windgeschwindigkeit u und der Standardabweichung σ_w der Höhe 100 m und die daraus berechneten Regressionsgeraden des Zeitabschnittes 6. Mai bis 5. August 1983 dargestellt. In Tab. 7/4 sind für denselben Zeitraum die Ergebnisse der Regressionsanalyse zusammengestellt. Die Standardabweichung σ_θ der horizontalen Windrichtung wurde, ebenso wie σ_φ , am Mast mittels Vektorfahnen gemessen. σ_φ wird für das SODAR angenähert berechnet:

$$\sigma_\varphi = \arctan (\sigma_w/u)$$

- σ_w : Mittelwert der Standardabweichung der vertikalen Windgeschwindigkeit,
- u : Mittelwert der horizontalen Windgeschwindigkeit.

Aus dem direkten Datenvergleich sowie aus der Regressionsanalyse wurden folgende Schlüsse gezogen:

- Die vom SODAR gelieferten Daten werden von atmosphärischen Bedingungen beeinflusst; sie weichen daher gelegentlich stark von den am Mast gemessenen ab. Sie werden allerdings auch nicht - wie das bei den Mastwerten geschieht - durch Plausibilitätsprüfungen in der DV-Anlage oder durch Kontrolle am Bildschirm überprüft, wobei fehlerhafte Meßwerte verworfen werden.
- Die Windrichtung θ wird in allen Höhen zuverlässig gemessen.
- Die mit dem SODAR gemessene Windgeschwindigkeit u ist im Mittel kleiner als die am Mast gemessene; die Unterschiede nehmen mit steigender Höhe ab.
- In 60 m Höhe ist der Meßwert des u durch den benachbarten Wald teilweise beeinträchtigt.
- Ab 80 m Höhe wird u zuverlässig gemessen.
- σ_w ist weniger gut korreliert; der Korrelationskoeffizient der Höhe 100 m ist meist größer als in der Höhe 160 m.
- Die Größen σ_φ und σ_θ sind nur schwach korreliert.

Abb. 7/6 zeigt die Verfügbarkeit der SODAR-Daten in Abhängigkeit von der Höhe während des einjährigen Testbetriebes; sie bezieht sich nur auf Zeiten, in denen das SODAR in Betrieb war. Die geringste Ausfallrate hat die Rückstreuamplitude A_w , denn für diese Meßgröße ist keine Spektralanalyse nötig. Es folgen Windrichtung und -geschwindigkeit und die Standardab-

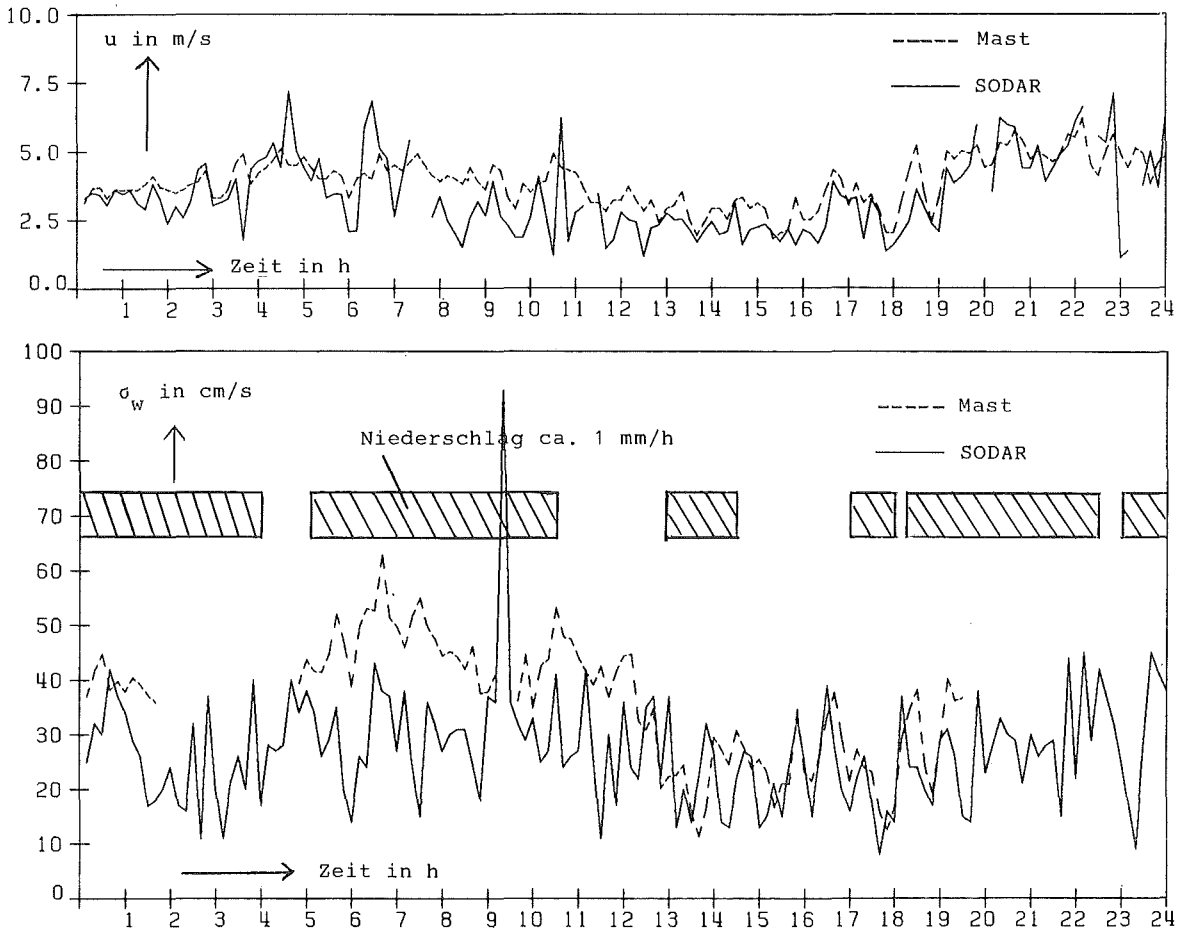


Abb. 7/3: Zeitreihen der Windgeschwindigkeit u und der Standardabweichung σ_w jeweils aus 100 m Höhe am 24.5.83

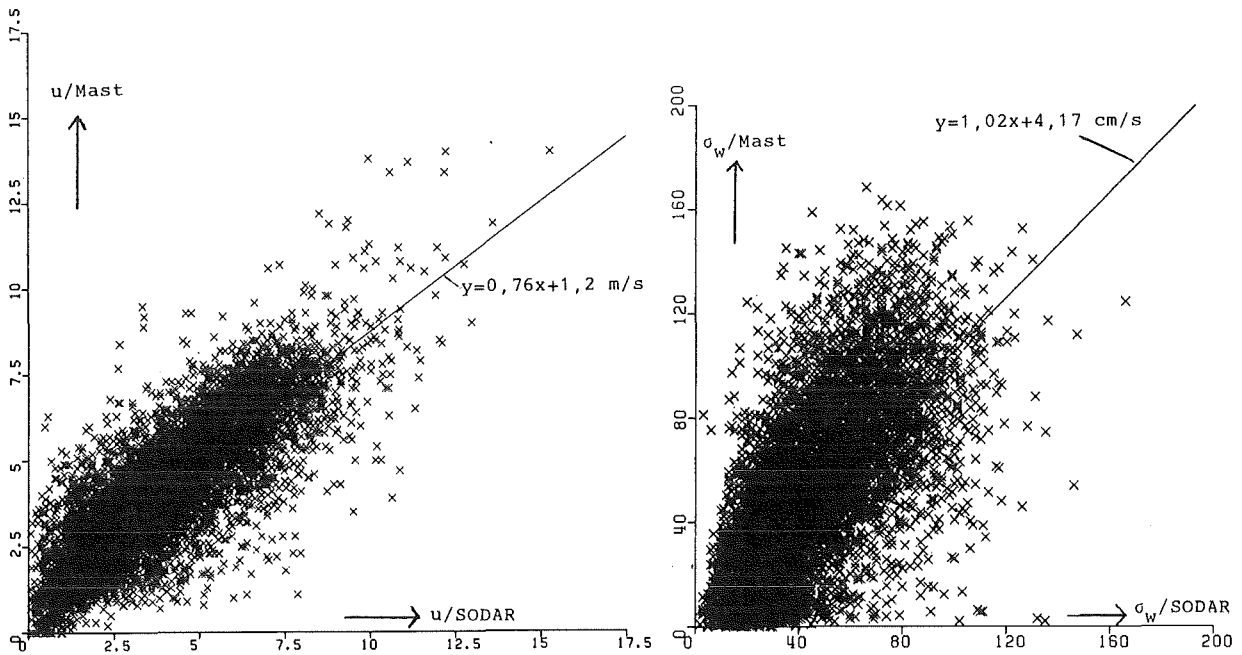


Abb. 7/4: Wertepaare des u in 100 m Höhe in m/s Abb. 7/5: Wertepaare des σ_w in 100 m Höhe in cm/s

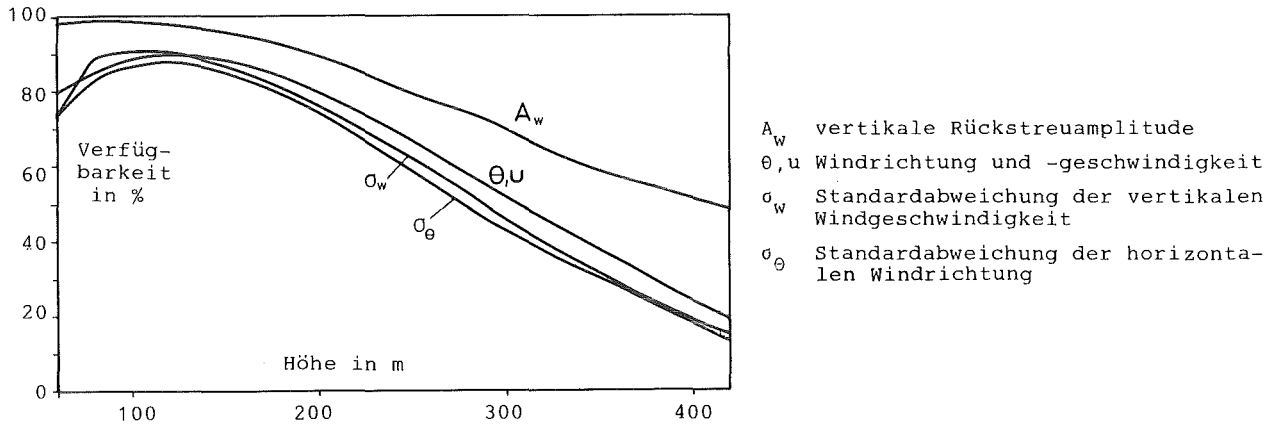


Abb. 7/6: Verfügbarkeit der SODAR-Daten

weichungen σ_w und σ_θ . Das Maximum der Verfügbarkeit der direkten meteorologischen Meßwerte liegt in den Meßhöhen 100 m bis 140 m. Tab. 7/5 zeigt vergleichend die Ausfallraten des SODAR und der Mastinstrumente des KFK. Letztere beziehen sich auf die Jahre 1976 - 1982 und sind unabhängig von der Höhe. Während die Windrichtung und -geschwindigkeit von Mastinstrumenten seltener auffallen als beim SODAR, sind die Ausfallraten der Standardabweichungen σ_w , σ_φ und σ_θ in der Höhe 100 m bei beiden Instrumenten etwa gleich groß.

Höhe	60 m	80 m	100 m	160 m	200 m	
B in m/s	1,9	1,4	1,2	1,0	0,9	Windgeschwindigkeit u
A	0,59	0,74	0,76	0,81	0,84	
R	0,69	0,78	0,82	0,85	0,86	
B in Grad	3	4	3	7	12	Windrichtung θ
A	0,96	0,97	0,97	0,96	0,95	
R	0,95	0,96	0,96	0,96	0,96	
B in cm/s			4	11		σ_w
A			1,02	0,78		
R			0,72	0,65		
B in Grad			4,7	4,0		σ_φ
A			0,22	0,25		
R			0,32	0,36		
B in Grad			6,0	4,5		σ_θ
A			0,07	0,10		
R			0,22	0,30		

Tab. 7/4: Lineare Regression der Mast- und SODAR-Daten, Zeitraum 6. Mai bis 5. August 1983

$$y = Ax + B$$

y: 10-min-Mittelwerte am Mast; x: 10-min-Mittelwerte des SODAR;

R: Korrelationskoeffizient

Meßgröße	S O D A R			Mast
	60 m	100 m	200 m	
Windrichtung Windgeschwindigkeit	20	11	20	0,3 2
σ_w und σ_φ	21	10	24	11
σ_θ	26	13	26	11

Tab. 7/5: Vergleich der Ausfallraten der Meßwerte von SODAR und Mast in %

7.3.3 Bestimmung der Ausbreitungskategorie aus Meßdaten des SODAR-R

Die Ausbreitungskategorie (nach Pasquill mit den Buchstaben A bis F bezeichnet) kann mit Hilfe verschiedener Verfahren bestimmt werden. Dabei werden meteorologische Parameter benutzt, welche die atmosphärische Turbulenz mehr oder weniger direkt charakterisieren. Vorbedingung für die Vergleichbarkeit der Verfahren ist deren "statistische Äquivalenz", d. h. im Vergleichszeitraum liefern alle Verfahren die annähernd gleiche Häufigkeit der einzelnen Ausbreitungskategorien. Als zuverlässigstes Verfahren kann die Kategorienbestimmung nach σ_φ angesehen werden; denn σ_φ ist eine direkte Meßgröße der atmosphärischen Turbulenz. Für das SODAR-R wurde ein Verfahren entwickelt, welches neben dem σ_φ aus 100 m Höhe das Vertikalprofil der Rückstreuamplitude A_w der vertikal gerichteten Antenne verwendet.

Zunächst wird das Vertikalprofil des Quotienten

$$Q(H) = A_w(H) / A_w(H+20 \text{ m})$$

berechnet.

$A_w(H)$: 30-min-Mittelwert aus der Höhe H,
 $Q(H)$ wird berechnet, soweit

$$A_w(H) > 100 \text{ mV}$$

und

$$H \leq 280 \text{ m.}$$

Anschließend wird das Maximum Q_{\max} des $Q(H)$ -Profils gesucht. Die Ausbreitungskategorien werden werden mit Hilfe des Grenzwertes Q_g folgendermaßen festgelegt:

$Q_{\max} < Q_g$: Die Kategorie ist A, B, C oder D.

$Q_{\max} \geq Q_g$: Die Kategorie ist E oder F.

Die Grenze Q_g wird "statistisch äquivalent" festgelegt. Dabei wird Q_g so gewählt, daß die nach σ_φ /Vektorfahne bzw. die nach A_w /SODAR ermittelte Summe der Häufigkeiten der Ausbrei-

tungskategorien A bis D im Vergleichszeitraum gleich groß ist. Das heißt, die Unterscheidung zwischen labil bis neutral einerseits und stabil andererseits wird durch Q_g geregelt. Anschließend wird zwischen den Kategorien A, B, C, D einerseits und den Kategorien E, F andererseits mit Hilfe des σ_φ /SODAR unterschieden. Die Kategoriengrenzen des σ_φ /SODAR werden wieder "statistisch äquivalent" so festgelegt, daß jede nach σ_φ /Vektorfahne bzw. nach σ_φ /SODAR ermittelte Ausbreitungskategorie im Vergleichszeitraum gleichhäufig auftritt. Diese Kategoriengrenzen sind in Tab. 7/6 zusammengestellt.

Kategorie	F	E	D	C	B	A	Q_g
σ_φ (Mast, 100 m)	1,5°	3,3°	7,0°	10,5°	14,5°		
σ_φ (SODAR, 100 m)	6,18°	-	10,06°	16,0°	27,0°		1,67

Tab. 7/6: Kategoriengrenzen

Bei diesem Verfahren ist es unvermeidlich, daß mit dem SODAR-R gelegentlich eine andere Ausbreitungskategorie bestimmt wird als vom σ_φ /Mast her vorgegeben. Es wurde nun ausgewählt, wie häufig die nach beiden Schemata bestimmten Kategorien übereinstimmen, wie häufig sie sich um 1 Stufe, um 2 Stufen und mehr unterscheiden.

Schema	Korrelationskoeffizient	Übereinstimmende Kategorien	Kategorienabweichung 1 Stufe	Kategorienabweichung 2 Stufen
σ_θ	0,88	72 %	27 %	1 %
TG/u	0,82	59 %	37 %	4 %
SB/u	0,68	47 %	41 %	12 %
σ_φ/A_w	0,71	46 %	43 %	11 %

Tab. 7/7: Korrelationskoeffizient und Häufigkeit von übereinstimmenden bzw. abweichenden Kategorien verschiedener Schemata in bezug auf das σ_φ -Vektorfahne-Schema

- σ_θ : Standardabweichung der horizontalen Windrichtung (Vektorfahne),
- TG/u: Temperaturgradient und Windgeschwindigkeit (Anemometer),
- SB/u: Strahlungsbilanz und Windgeschwindigkeit (Anemometer),
- σ_φ/A_w : Standardabweichung der vertikalen Windrichtung und Profil der Rückstreumplitude (SODAR)

Das Ergebnis ist in Tab. 7/7 zusammengefaßt und den Ergebnissen anderer Schemata gegenübergestellt, die im KfK Anwendung finden. Die Zahlen der Vergleichsschemata beziehen sich auf den 5jährigen Zeitraum 1973 - 1977. Je zwei dieser Vergleichsschemata werden auch im Entwurf ei-

ner KTA-Regel über die meteorologische Instrumentierung von Kernkraftwerken vorgeschlagen. Zur Berechnung des Korrelationskoeffizienten wurden den Kategorien A bis F die Zahlen 1 bis 6 zugeordnet. Das σ_{φ}/A_w -Schema ist nach Tab. 7/7 etwa vergleichbar mit dem SB/u-Schema. Bei den in Tab. 7/7 aufgeführten Vergleichsschemata ist zu beachten, daß es sich beim Mast um kontrollierte Daten handelt, wie bereits in Kap. 7.3.2 ausgeführt. Eine laufende Überprüfung der SODAR-Daten am Bildschirm fand nicht statt.

7.4 Tetroonflüge und Tracerexperimente

S. Vogt, P. Thomas

7.4.1 Meßkampagnen

Im Jahr 1984 wurden während vier Meßkampagnen insgesamt 33 Tetroons verfolgt (s. Tab. 7/8). Die Verfolgung der Tetroons übernahm das Radar WF 100-4 des Deutschen Wetterdienstes aus Essen. Diese Zusammenarbeit hat sich bewährt. Es war erstmals möglich, zwei Meßkampagnen im Ausland durchzuführen.

Während aller Meßkampagnen fanden gleichzeitig Tracerversuche mit SF₆ statt, und zwar am

- 29. März 1984 zusammen mit der Gemeinsamen Forschungsstelle (GFS) Ispra,
- 4. und 5. Juni 1984 durch das Forschungszentrum Risö,
- 6., 7. und 9. September 1984 durch die GFS Ispra,
- 10. Oktober 1984 zusammen mit der GFS Ispra.

7.4.1.1 Tetroonflüge und Tracerexperiment in der Umgebung des KfK

Am 29. März 1984 fand in Zusammenarbeit mit der GFS Ispra das zweite mesoskalige Experiment statt, bei dem Tracer und Tetroons gleichzeitig eingesetzt wurden. Die Versuchsbedingungen entsprachen weitgehend denjenigen des ersten Experimentes vom 27. April 1983 (20). Bei dem Versuch von 1984 wurden die Probenahmestellen auf den drei Kreisbögen verdichtet, die Zahl der Sammlerperioden auf sieben erhöht und nur noch automatische Sammler eingesetzt. Es wurden vier mit Transpondern ausgerüstete Tetroons verfolgt, deren Verfolgungreichweite zwischen 23 km und 78 km lag. Die gemessene Verteilung der Konzentration und der Transportrichtung sind beispielhaft von Periode 7 in Abb. 7/7 dargestellt. Abb. 7/8 zeigt die mit Tetroons gemessenen Trajektorien.

7.4.1.2 Tetroonflüge beim Öresund-Experiment/Schweden

Die Öresund-Meßkampagne fand Anfang Juni 1984 in Südschweden in der Nähe des Kernkraftwerkes Barsebäck statt. Es war ein breit angelegter meteorologischer Großversuch, die Strömungs- und Ausbreitungsverhältnisse im Gebiet Kopenhagen, Malmö, Landskrona zu untersuchen. Neun Tracerversuche mit SF₆ dienten dazu, die Ausbreitungsverhältnisse über warmem Land und kaltem Wasser experimentell zu erfassen. Die mesoskaligen Strömungsverhältnisse wurden mit unseren Tetroonflügen, sechs Doppler-SODAR-Geräten, vier Struktursonden, zwei Fesselballonsystemen, zwölf meteorologischen Masten, einem Meßflugzeug und zwei Schiffen untersucht. An vier Tagen wurden insgesamt zwölf Tetroons verfolgt. An den beiden ersten Tagen kamen Transponder zum Einsatz. Die mittlere Reichweite betrug hierbei 68 km. Mit passiven Reflektoren betrug die

Nr. des Tetroon	Startplatz	Startzeit in MEZ	mittlere	mittlere	mittlere	Radarkontakt ging		Ortung mit
			Wind- richtung ¹⁾ in Grad	Ge- schwin- digkeit in m/s	Flughöhe bzw. Höhen- bereich ²⁾ in m	verloren bei Entfer- nung in km	Flugzeit in h:min	
MI8401	Min-	29.3. 8:00	228	12,1	300	78	1:50	T004 ³⁾
MI8402	feld/	29.3. 10:00	241	14,6	600	23	0:32	T007
MI8403	Pfalz	29.3. 11:00	246	12,8	400	46	1:04	T027
MI8405	"	29.3. 13:30	260	8,3	350	53	1:34	T024
HX8401	Herx-	11.4. 9:00	14	6,3	700	42	1:53	Reflektor
HX8402	heim/	11.4. 11:00	351	4,8	700-1600	33	1:55	"
HX8403	Pfalz	11.4. 13:00	325	3,0	400	12	1:10	"
Bb8401	Barse-	4.6. 10:00	115	17,3	700	68	1:05	T004
Bb8402	bäck/	4.6. 11:00	109	16,8	800	62	1:03	T024
Bb8403	Schweden	4.6. 12:35	105	17,8	650	63	1:00	T031
Bb8404	Kern-	5.6. 9:38	97	13,7	500	60	1:12	T011
Bb8405	kraft-	5.6. 11:05	93	14,9	700	56	1:02	T005
Bb8406	werk	5.6. 12:35	103	16,4	750	96	1:38	T022
Bb8407	"	7.6. 15:07	36	10,3	650	40	1:07	Reflektor
Bb8408	"	7.6. 16:25	29	10,2	650	48	1:28	"
Bb8409	"	7.6. 18:02	57	12,3	400	49	1:08	"
Bb8410	"	8.6. 9:55	34	9,5	700	65	2:01	"
Bb8411	"	8.6. 11:55	30	7,1	700	47	1:43	"
Bb8412	"	8.6. 13:55	21	8,9	800	59	1:57	"
BRA8401	Versuchs-	6.9. 20:30	220	6,0	-50...+136	6,1	0:18	T030
BRA8402	reaktor	6.9. 21:00	217	7,0	-50...+163	2,9	0:07	T036
BRA8403	Brasi-	6.9. 21:30	228	6,8	-60...+432	6,8	0:21	T040
BRA8404	mone/	6.9. 22:15	213	7,6	-47...+1079	27,0	1:01	T041
BRA8405	Italien	7.9. 23:15	162	2,5	-77...-66	0,7	0:05	T017
BRA8406	"	7.9. 23:45	136	2,3	-76...-58	0,2	0:02	T010
BRA8407	"	9.9. 22:55	190	4,6	-54...+20	2,8	0:10	T038
BRA8408	"	9.9. 23:20	203	6,3	-65...-484	9,8	0:26	T039
BRA8409	"	9.9. 24:00	201	5,5	-71...-118	9,7	0:30	T034
BRA8410	"	10.9. 1:00	196	5,6	-64...-77	5,6	0:18	T025
ST8401	bei Staufen	9.10. 8:00	206	7,8	200	15	0:34	T039
ST8402	bei	10.10. 10:00	190	1,4	225	4,4	0:51	T044
ST8403	Kandern	10.10. 12:00	320	1,7	300	20	3:14	T038

1) berechnet aus der Flugbahn

2) bezogen auf die Höhe des Radar-Standortes

3) Nr. des Transponders

Tab. 7/8: Tetroonflüge im Jahre 1984

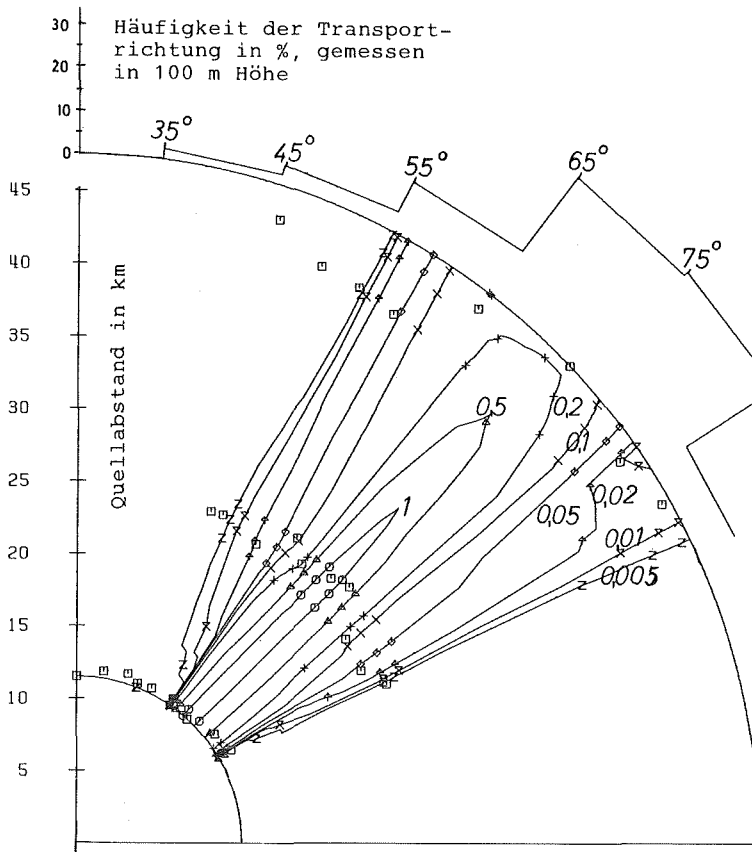


Abb. 7/7: Konzentrationsverteilung in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ der Sammel-
periode 7 vom 29. März 1984

□ Sammelstelle

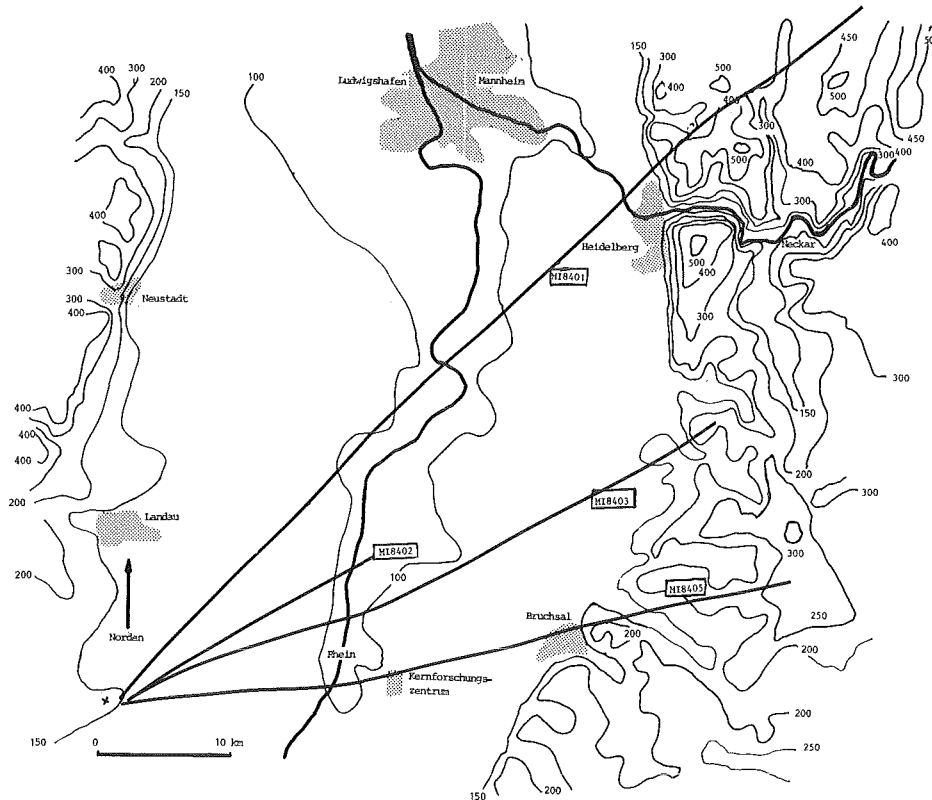


Abb. 7/8: Mit Tetroons gemessene Trajektorien vom 29.3.1984

Reichweite im Mittel 51 km. Abb. 7/9 zeigt die am 4.6.1984 gemessenen Trajektorien. Die aus den Trajektorien bestimmten σ_y entsprechen denjenigen der Karlsruher Tracerversuche mit 160 m und 195 m Quellhöhe bei den Kategorien C bis D.

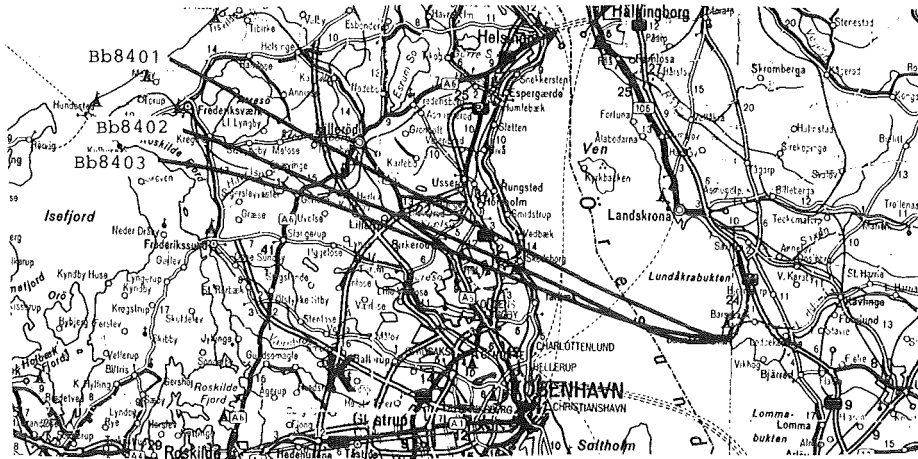


Abb. 7/9: Tetroontrajektorien am 4.6.1984

7.4.1.3 Tetroonflüge bei Brasimone/Italien

Eine weitere Meßkampagne fand Anfang September 1984 im Apennin zwischen Bologna und Florenz statt. Ziel dieses Experiments war die experimentelle Untersuchung der nächtlichen Kaltluftströmung in einem engen Gebirgstal. Das erforderte eine neue Tetroonverfolgungstechnik. Es interessierte keine lange Verfolgungsstrecke, sondern eine Flughöhe von weniger als 50 m über Grund. Wie der Tab. 7/8 und der Abb. 7/10 zu entnehmen ist, flogen die Tetroons meist unterhalb des Radarstandortes. Abb. 7/11 zeigt die auf eine Landkarte projizierten Trajektorien am 9.09.1984. An diesem Tag bildete sich die erwartete Kaltluftströmung talabwärts über die Staumauer des Bacino del Brasimone aus.

7.4.1.4 Tetroonflüge im Südschwarzwald

In Zusammenarbeit mit der Landesanstalt für Umweltschutz und der GFS Ispra wurde im Oktober 1984 eine Meßkampagne bei Staufen/Münstertal durchgeführt. Während der vorgesehenen Experimentiertage wehte der Wind entweder parallel zum westlichen Schwarzwaldrand, oder es war nahezu windstill mit wechselnden Windrichtungen (s. Tab. 7/8). Die Analyse der Ausbreitungsverhältnisse in Zusammenarbeit mit der GFS dauert noch an.

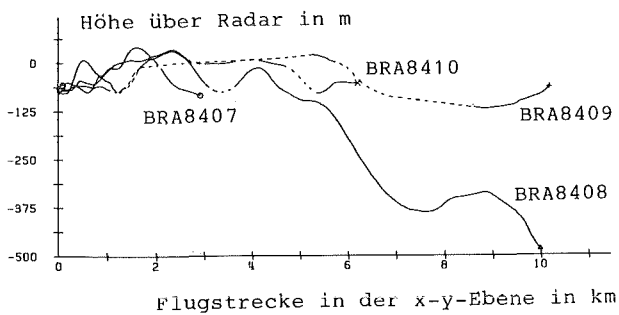


Abb. 7/10: Vertikalprofile der Tetroonflüge am 9.9.84 (---- interpoliert, da Tetroon nicht vom Radar erfaßt)

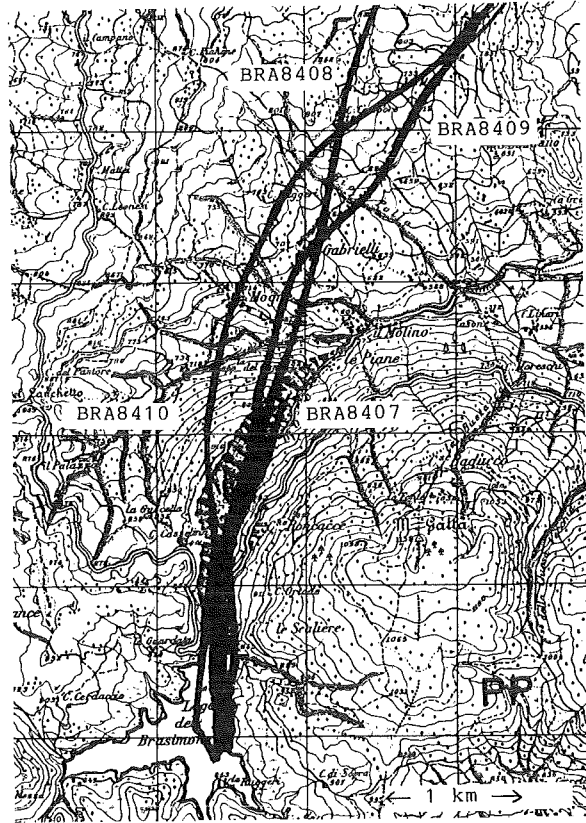


Abb. 7/11: Trajektorien der Tetroonflüge am 9.9.84

7.5 Wechselwirkungen zwischen Kühlturm- und Abgasfahnen

K. Nester, H. Verenkotte

Moderne Wärmekraftwerke sind meist mit Naßkühltürmen ausgerüstet. Bei Abständen von einigen 100 m zwischen Kühlturm und Kamin treten Wechselwirkungen zwischen den Fahnen beider Quellen auf. Zwei Haupteinflüsse sind dabei zu unterscheiden:

1. Der Aufstieg und die Ausbreitung der Abgasfahne werden durch die in der Kühlturmfahne vorhandene Quercirkulation (Doppelwirbel) dynamisch beeinflusst.
2. Die chemischen Reaktionen in der Rauchgasfahne werden durch die höhere Temperatur und Feuchte in der Kühlturmfahne sowie durch die vorhandenen Tröpfchen modifiziert.

7.5.1 Simulation der dynamischen Wechselwirkung im Windkanal

Zur Messung der dynamischen Wechselwirkung wurden Windkanalversuche durchgeführt. Es wurden verschiedene geometrische Anordnungen von Kühlturm ($H = 140$ m) und Kamin ($H = 200$ m) untersucht. Um den Auftrieb des Kühlturmschwadens zu simulieren, wurde aus dem Kühlturm reines Helium abgegeben. Um eine Windgeschwindigkeit in der Natur von $u_g = 7$ m/s nachzubilden, wurde die Geschwindigkeit im Windkanal auf $u_g = 0,85$ m/s abgesenkt. u_g ist dabei die Geschwindigkeit an der Obergrenze der Grenzschicht. Die Abgasfahne wurde durch Zugabe von 10 bis 50 % SF_6 meßbar gemacht.

Der Stackfaktor ist wie folgt definiert:

$$\text{Stackfaktor} = \frac{c \cdot u}{Q} \text{ (m}^{-2}\text{)}$$

- c = normierte Abgaskonzentration an der Meßstelle
 (gemessene Tracerkonzentration/Tracerkonzentration im Kamin)
 u = Windgeschwindigkeit in 420 m Höhe in m/s
 Q = Abgas-Volumenstrom in m³/s

Die Abb. 7/12 zeigt Linien gleichen Stackfaktors in Querschnitten der Abgasfahne für den Fall eines Abstandes von 200 m zwischen Kühlturm und Kamin (y-Richtung). Die Strömung verläuft senkrecht zur Verbindungslinie zwischen beiden Quellen. In 1 km Entfernung vom Kamin ist zu erkennen, daß die Abgasfahne durch den Doppelwirbel der Kühlturmfahne sowohl zum Boden als auch zum Kühlturm hin versetzt wird. Im Abstand von 2 km ist bereits ein Teil der Abgasfahne in die Kühlturmfahne eingesaugt worden. Die Lage des Konzentrationsmaximums liegt zwischen Kamin und Kühlturm. Eine stark vertikal gestreckte Abgasfahne wurde in 3 km Entfernung gemessen. Trotz dieser großen vertikalen Ausdehnung wurde noch eine relativ hohe Konzentration am Boden gefunden.

7.5.2 Simulation der heterogenen Sulfatbildung

Zur theoretischen Behandlung des Problems wurde das Modell WALKÜRE-C entwickelt. Es enthält neben den thermodynamischen Gleichungen auch Ansätze zur Simulation der Bildung von Sulfat, und zwar sowohl der homogenen (in der Gasphase) als auch der heterogenen Sulfatbildung (auf Partikeln und in Tröpfchen). Die Ansätze für die Gleichungen der heterogenen Sulfatbildung wurden aus Experimenten des LAF I abgeleitet. Zur Beurteilung des Einflusses der Kühlturmfahne auf die chemischen Prozesse in der Abgasfahne wurden zwei Fälle untersucht:

- a) Kamin ohne Kühlturm (Referenzfall)
- b) Kamin im Kühlturm.

Der Fall b) liefert den maximalen Effekt bezüglich der chemischen Umwandlungsprozesse. Die Emissionen des Kamins wurden sowohl für ein Kraftwerk mit als auch ohne Naßentschwefelung berechnet.

Es wurden zwei Wetterlagen zugrundegelegt:

Wetterlage	Feuchte	Länge der sichtbaren Kühlturmfahne	Einstrahlung	Schichtung der Atmosphäre
I	hoch (85 %)	4,6 km	gering	neutral
II	gering (55 %)	0,2 km	stark	leicht labil

Der Einfluß der Naßentschwefelung (NE) auf die heterogene Sulfatbildungsrate unter dem Einfluß der Kühlturmfahne ist in Abb. 7/13 oben dargestellt. Ohne NE und bei hoher Feuchte in der Atmosphäre (Wetterlage I) ist bis etwa 400 m Entfernung von der Quelle die Bildungsrate von Sulfat höher als mit NE. In diesem Bereich dominiert die höhere SO₂-Konzentration. Mit zunehmender Sulfatbildung geht die Rate besonders am Rande der Fahne zurück. Dies ist im Fall ohne NE stärker ausgeprägt als im Fall mit NE. Dadurch schneiden sich die Kurven der beiden

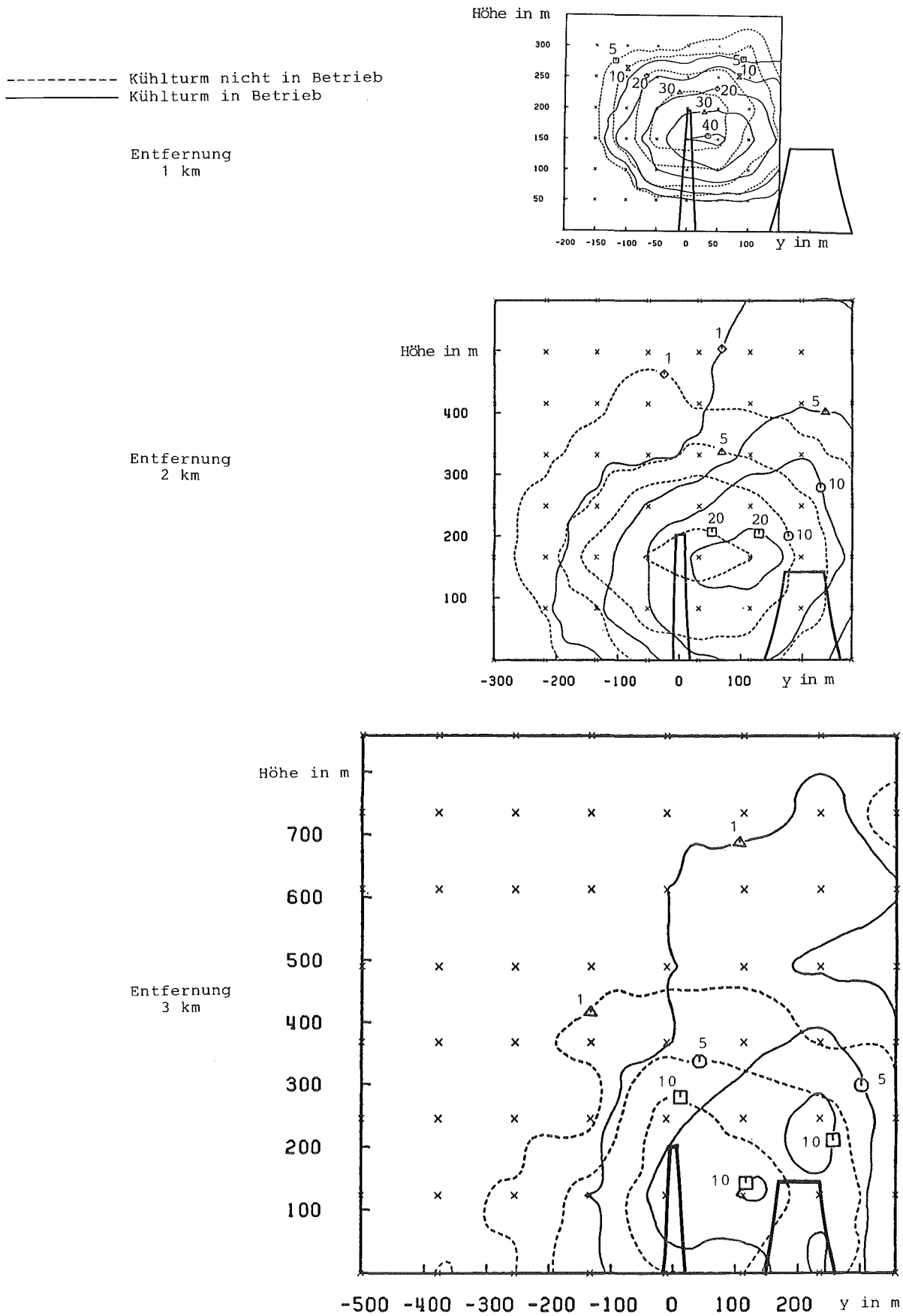


Abb. 7/12: Linien gleichen Stackfaktors (in 10^{-6} m^{-2}) in Entfernungen von 1 bis 3 km

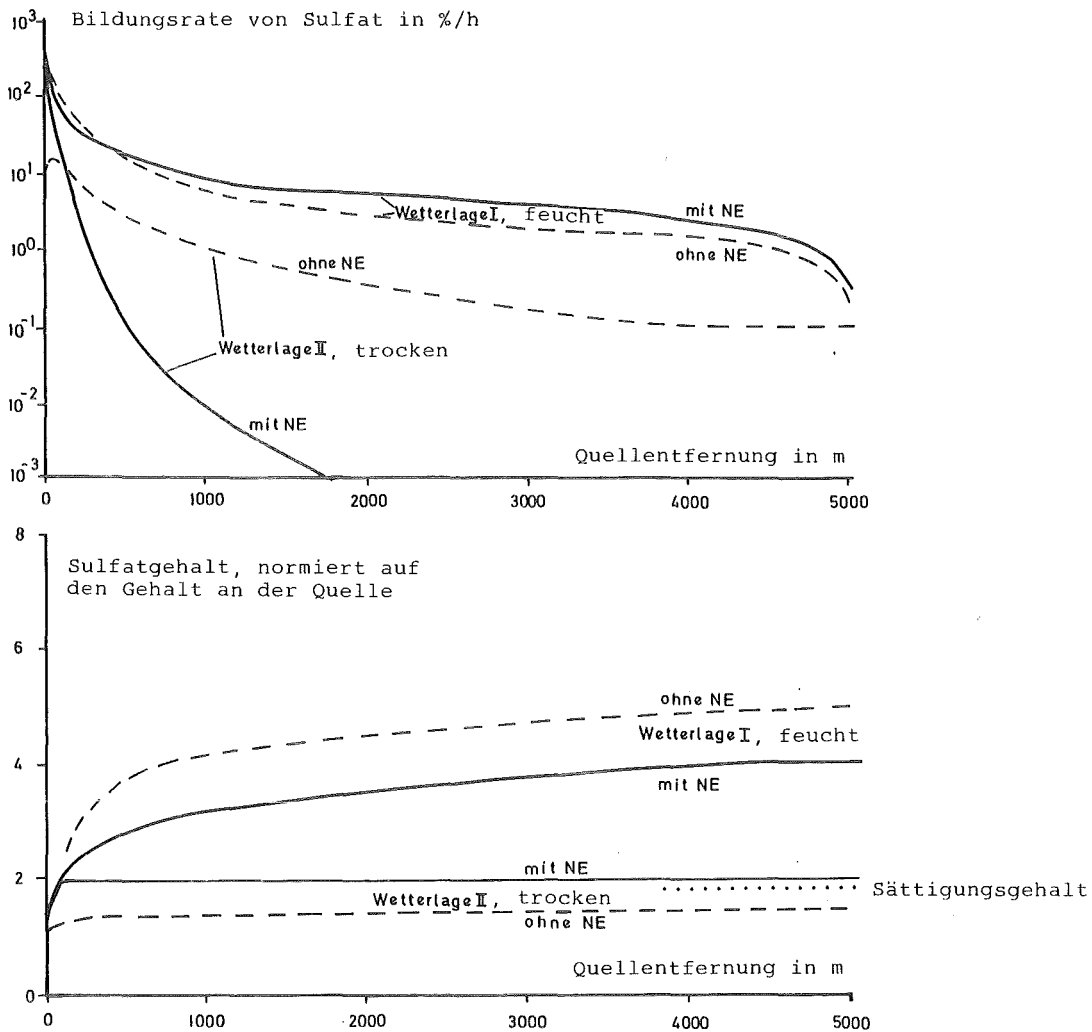


Abb. 7/13: Sulfatbildungsrate (oben) und -gehalt (unten) in der Abluftfahne mit und ohne Naßentschwefelung (NE)

Bildungsraten. Der weitere Verlauf beider Kurven ist ähnlich. Durch die Auflösung des Schwadens ab 4,6 km Entfernung vom Kühlturm geht die Sulfatbildungsrate in beiden Fällen erheblich zurück. Die verbleibenden Partikel haben größtenteils den Sättigungswert für Sulfat erreicht. Mit Annäherung der Feuchte in der Fahne an den Umgebungswert geht die Bildungsrate gegen Null.

Im Fall ohne NE genügt die anfänglich höhere Bildungsrate, um einen etwa 17 % höheren Sulfatgehalt in 5 km Entfernung zu erzielen (s. Abb. 7/13 unten). Nach Auflösung des Schwadens steigt der Sulfatgehalt in den Fahnen beider Fälle noch solange an, bis auf Grund abnehmender Feuchte in der Fahne der Sättigungswert erreicht ist.

Bei Wetterlage II (trocken) unterscheiden sich die Bildungsraten mit und ohne NE erheblich. Auf Grund der hohen Feuchte mit NE ist die Bildungsrate von Sulfat in Quellnähe wesentlich größer als ohne NE. Die kurze Zeit hoher Bildungsrate in Quellnähe genügt, daß das Sulfat auf den Partikeln den Grenzwert entsprechend der Umgebungfeuchte erreicht bzw. überschreitet.

Ohne NE liefert die Kühlturmfahne nur einen geringen Beitrag zur Sulfatbildung, da sie sich bereits vor der intensiven Mischung beider Fahnen aufgelöst hat. Dadurch sinkt die Sulfatbildungsrate wesentlich langsamer ab als mit NE. Auf Grund der anfänglich höheren Bildungsrate mit NE ist der Sulfatgehalt in 5 km Entfernung etwa um den Faktor 1,3 größer als ohne NE. Da

der Sättigungswert entsprechend der Umgebungsfeuchte bei 1,82 liegt, wird der Sulfatgehalt in der Fahne noch über 5 km hinaus langsam bis zum Sättigungswert ansteigen.

Ein wichtiges Ergebnis der Rechnungen ist der pH-Wert der Tröpfchen bei Mischung der Abgasfahne mit der Kühlturmfahne. Er liegt im wesentlichen zwischen 2,5 und 3,5. Nach Mischung beider Fahnen ändert er sich nur noch wenig. Bis auf die direkte Quellnähe sind die Unterschiede mit und ohne NE nur unwesentlich.

7.6 Methodologie der Unfallfolgenermittlung

P. Wittek

Im Rahmen des von der Europäischen Gemeinschaft geförderten Forschungsvorhabens "Methodology for evaluating the radiological consequences of radioactive effluents released in accidents" werden die in (21) aufgelisteten Projekte bilateral vom NRPB (National Radiological Protection Board, U. K.) und vom KfK (HS und INR) bearbeitet. Im folgenden wird über einige neuere Ergebnisse berichtet.

7.6.1 Atmosphärische Ausbreitung unter Berücksichtigung der Topographie

7.6.1.1 Topographische Klassifizierung der Standorte kerntechnischer Anlagen

Ein Gebiet erscheint um so komplexer, je dichter Höhenzüge und Täler aufeinanderfolgen. Eine objektive Charakterisierung des Grades der orographischen Komplexität eines Geländes ist notwendig, um meteorologische Größen wie Windrichtungsfluktuation oder Ausbreitungsparameter (σ_y , σ_z) zuordnen zu können. Dies wird erreicht durch a) die Definition eines Geländevariationskoeffizienten oder b) die Beschreibung der Orographie mittels kumulativer Häufigkeitsverteilung der Steigungswinkel.

Der Geländevariationskoeffizient wird gebildet, indem die Varianz der Höhendifferenzen zwischen den Aufpunkten (im Beispiel 14 400 Aufpunkte) und dem Standort ins Verhältnis gesetzt wird zu einer charakteristischen Länge. Die charakteristische Länge ergibt sich aus dem lichten Abstand zwischen den Bergmassiven in definierten Höhen. Für die Methode b) werden die Steigungswinkel zwischen den Höhen von 252 Punkten im Gelände innerhalb einer Zone mit 30 km Radius und dem Standort ermittelt. Als Kennzahl gilt der Winkel, bei dem das 75. Perzentil erreicht bzw. überschritten wird. In Abb. 7/14 werden die Ergebnisse beider Methoden in Form einer Rangordnung nach Komplexität des Geländes gegenübergestellt. Die Komplexität nimmt mit wachsender Rangnummer ab. Demnach sind die Standorte Borken und Mülheim-Kärlich als gebirgig, die Standorte Krümmel bis Esenshamm als flach einzustufen.

Unterschiede der Rangfolge resultieren daraus, daß die Varianzmethode durch die 14 400 Aufpunkte das gesamte Gelände gleichmäßig bewertet, während die Steigungswinkelmethode die nächste Umgebung des Standortes stärker gewichtet, da die Zahl der Geländepunkte in Standortnähe größer als in Standortferne gewählt wurde. Die Methode b) liefert trotz der wesentlich geringeren Zahl der Aufpunkte eine ähnliche Rangordnung wie a), d. h. auch bei unvollständigen Daten über ein Gelände läßt sich eine solche Klassifizierung vornehmen.

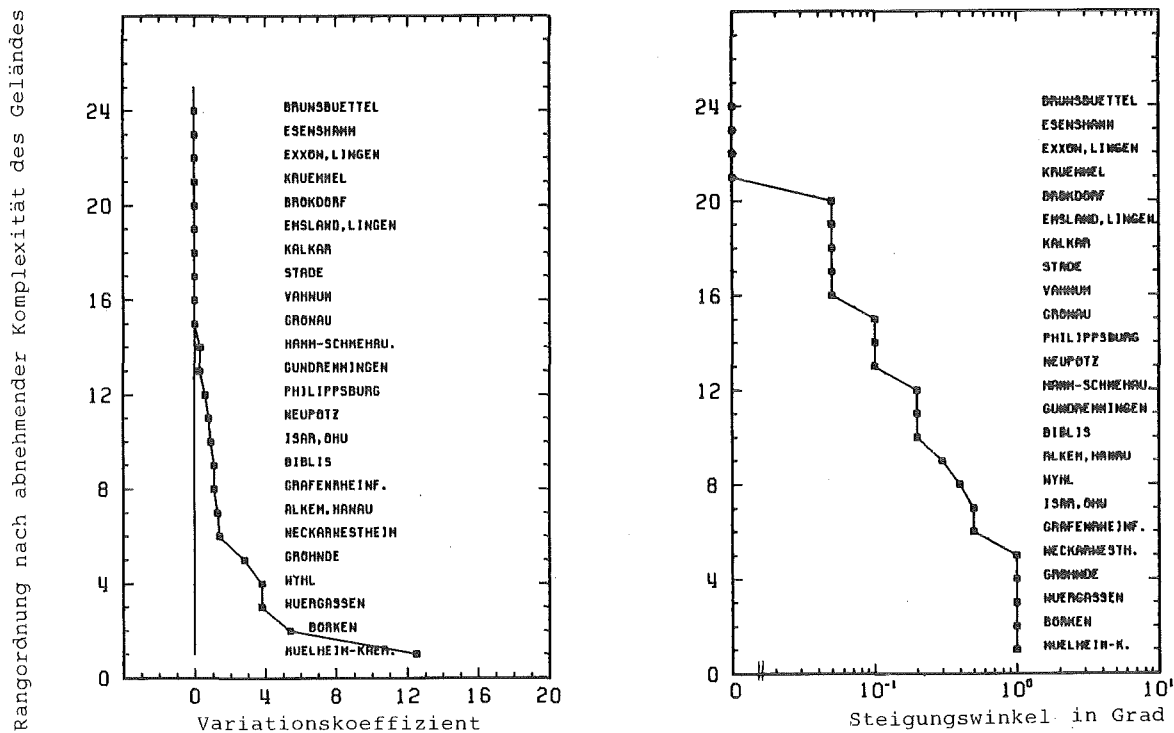


Abb. 7/14: Standortklassifizierung mittels Variationskoeffizient und Steigungswinkel

7.6.1.2 Rechnungen mit dem Unfallfolgenmodell UFOMOD

Die Orographie wird in einfachen Ausbreitungsmodellen berücksichtigt, indem die ursprüngliche effektive Fahnenhöhe H_{eff} durch die Geländehöhe korrigiert wird ("Schrotschußmethode"). Grundsätzlich wird der Abstand zwischen Erdoberfläche und Fahnenachse verringert. So wird H_{eff} bei stabiler Schichtung um die Geländehöhe reduziert. Falls die Reliefhöhe H_{eff} übersteigt, bleibt die Fahnenachse in 1 m Höhe über den Hindernissen. Labile oder neutrale Schichtung bewirkt eine Verminderung von H_{eff} um die halbe Geländehöhe, jedoch höchstens um die halbe ursprüngliche Fahnenhöhe.

Mit der um die Höhenkorrektur erweiterten Version des Unfallfolgenmodells UFOMOD/B4 (72) wurde für zwei Freisetzungskategorien (FK1 und FK2) und für jeweils einen Standort aus den vier Standortregionen der Deutschen Risikostudie die Zahl der Fröhschäden ermittelt. Es gelten dabei u. a. folgende Einschränkungen:

- Die Aktivitätsfahne breitet sich geradlinig aus.
- Die Ausbreitungsgeschwindigkeit wird durch orographische Hindernisse nicht beeinflusst.
- Die Fahne überwindet grundsätzlich jedes Hindernis.
- Die Orographie hat auf die Form der Fahne keinen Einfluß.
- Die erhöhte Turbulenz durch die Geländerauhigkeit wird nicht berücksichtigt.

Unterschiedliche Zahlen der Fröhschäden ergaben sich nur bei stabiler Schichtung. In Tab. 7/9 sind die Ergebnisse bei jeweils einer vorgegebenen Ausbreitungsrichtung aufgeführt. Bei FK1 (Kernschmelzen mit Dampfexplosion) treten ohne Höhenkorrektur keine Fröhschäden auf. Dagegen wird die kritische Schwellendosis für Fröhschäden von 1 Gy bei Berücksichtigung des Geländes

überschritten. Bei FK2 (Kernschmelzen mit großem Leck im Sicherheitsbehälter) ergeben sich Erhöhungen der Anzahl der Frühschäden bis zu einem Faktor 3. Frühschäden werden nun auch in größeren Entfernungen als 20 km berechnet. Ob auf Grund dieser Berechnungsweise ohne Berücksichtigung der erhöhten Turbulenz und dadurch bewirkter Verdünnung der Aktivitätsfahne Frühschäden auch jenseits von 30 km Entfernung auftreten, ließ sich mangels entsprechender Höhen-
daten nicht prüfen.

Standort- region	Terrain, Kurzbe- schreibung	Variations- koeffizient	Höhenkorrektur	Zahl der Frühschäden	
				FK1	FK2
Oberrheinische Tiefebene	durch Berg- ketten	0,6	nein	0	256
	begrenzte Ebene		ja	7	365
Süddeutsche Hochebene	hügelig, wellenförmig, schwach ausge- prägtes Fluß- tal	1,1	nein	0	687
			ja	< 1	1 110
Norddeutsche Tiefebene	gleichförmig ansteigendes Gelände, be- grenzt durch einen Höhenzug	0,3	nein	0	117
			ja	1	160
Tallage	gebirgig	12,5	nein	0	0,6
			ja	8	2

Tab. 7/9: Anzahl errechneter Frühschäden mit und ohne Höhenkorrektur für ausgewählte Wetter-
abläufe mit stabiler Schichtung

7.6.2 Auswahl von Wetterabläufen im Unfallfolgenmodell

Unter einem Wetterablauf versteht man in der Risikostudie die zeitliche Abfolge der stündlich gemessenen meteorologischen Parameter. Die repräsentative Auswahl von Wetterabläufen ist von besonderer Bedeutung für eine realistische Abschätzung der Schadensfolgen hypothetischer Reaktorunfälle. Ein Wetterablauf wird durch seine Startzeit eindeutig festgelegt. Bei dem bisher verwendeten Auswahlverfahren wurde die Startzeit jeweils zyklisch verschoben, wobei aus dem vorhandenen Wetterdatenkollektiv 115 Wetterabläufe ausgewählt wurden. Der Nachteil dieser Methode liegt darin, daß Wetterabläufe mit besonders hoher Schadensfolge möglicherweise unberücksichtigt bleiben, daß ihnen aber andererseits, sofern sie doch berücksichtigt werden, eine unangemessen hohe Eintrittswahrscheinlichkeit (nämlich jeweils 0,87 %) zugeordnet wird.

Amerikanische Untersuchungen mit dem CRAC2-Modell (aus dem Modell CRAC der amerikanischen Risikostudie, WASH-1400, hervorgegangen) haben gezeigt, daß sich dieses Problem durch Auswahl

der Wetterabläufe auf der Basis von Wetterklassen (Weather-Bin-Technik) lösen läßt. Die Anwendung von Auswahl schemata, die von NRPB vorgeschlagen wurden, auf die deutsche Risikostudie zeigt jedoch, daß eine Verbesserung nicht generell erwartet werden kann. Die Erarbeitung eines eigenen Schemas erscheint daher notwendig,

7.7 Strahlenexposition in der Umgebung des KfK

M. Bär, S. Honcu, W. Hübschmann

7.7.1 Berechnungsgrundlagen

Im Jahr 1984 wurde - 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 Sektor-grenzen.
- Es werden die dem Stand der Wissenschaft entsprechenden Dosisfaktoren aus ICRP 30 sowie von D. C. Kocher und anderen neueren Quellen verwendet (s. Kap. 7.7.1.2).
- Die Einzelorgan- bzw. Teilkörperdosen werden nach ICRP 26 gewichtet und für jeden Expositionspfad zu einer Effektivdosis zusammengefaßt.
- Zeitlich ungleichmäßige Emissionen werden durch Einsetzen einer fiktiven, erhöhten Jahres-emission berücksichtigt (s. Kap. 7.7.2).

7.7.1.1 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).

7.7.1.2 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 (2) 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. 7/10 aufgelistet.

Expositionspfad	Organ	Nuklidgruppe bzw. Nuklid	chemische Verbindung	Dosisfaktor in $\frac{\text{Sv m}^3}{\text{Bq s}}$	γ -Dosisfaktor in $\frac{\text{Sv m}^2}{\text{Bq s}}$	
γ -Submersion	effektiv	N -13	-	-	$23,5 \cdot 10^{-18}$	
		Ar-41	-	-	$27,0 \cdot 10^{-18}$	
		Xe-133	-	-	$1,1 \cdot 10^{-18}$	
γ -Bodenstrahlung*	effektiv	β -lang alt	-	$146 \cdot 10^{-12}$		
		β -lang frisch	-	$4,9 \cdot 10^{-12}$		
Inhalation	effektiv	Lunge	α -lang alt	Nitrate oder leicht lösliche Verbindung	$2,45 \cdot 10^{-8}$	
			β -kurz alt	"	$0,12 \cdot 10^{-12}$	
			β -kurz frisch	Oxide	$0,21 \cdot 10^{-12}$	
			β -lang alt	"	$11,3 \cdot 10^{-12}$	
			β -lang frisch	"	$3,9 \cdot 10^{-12}$	
			α -lang alt	"	$4,12 \cdot 10^{-8}$	
		rotes Knochenmark	β -lang alt	"	$79,3 \cdot 10^{-12}$	
			β -lang frisch	"	$23,5 \cdot 10^{-12}$	
		Knochenoberfläche	α -lang alt	Nitrate oder leicht lösliche Verbindung	$3,42 \cdot 10^{-8}$	
			β -lang alt	"	$3,5 \cdot 10^{-12}$	
			β -lang frisch	Oxide	$1,4 \cdot 10^{-12}$	
			α -lang alt	Nitrate oder leicht lösliche Verbindung	$42,9 \cdot 10^{-8}$	
β -lang alt	"		$8,6 \cdot 10^{-12}$			
β -lang frisch	"		$36,1 \cdot 10^{-12}$			
Ingestion*	effektiv	α -lang alt	"	$0,22 \cdot 10^{-8}$		
		β -kurz alt	"	$0,08 \cdot 10^{-12}$		
		β -kurz frisch	Oxide	$0,23 \cdot 10^{-12}$		
		β -lang alt	Nitrate oder leicht lösliche Verbindung	$480 \cdot 10^{-12}$		
		β -lang frisch	Oxide	$43 \cdot 10^{-12}$		
		Schilddrüse Kleinkind	I-131	elementar	$7,11 \cdot 10^{-8**}$	

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

**aus Radiological Protection Bulletin, NRPB, No. 54, 9 (Sep. 1983)

Tab. 7/10: Dosisfaktoren

7.7.1.3 Einteilung der radioaktiven Emissionen in Nuklidgruppen und Einzelnuclide

Im Abluftplan 1985 des KfK sind folgende Nuklidgruppen unterschieden ($T_{1/2}$ = Halbwertszeit):

- α -kurz ($A_{\alpha K}$) alpha-aktive Aerosole mit $T_{1/2}$ kleiner als 8 d
- α -lang ($A_{\alpha L}$) alpha-aktive Aerosole mit $T_{1/2}$ gleich oder größer als 8 d
- β -kurz ($A_{\beta K}$) beta-aktive Aerosole mit $T_{1/2}$ kleiner als 8 d
- β -lang ($A_{\beta L}$) beta-aktive Aerosole mit $T_{1/2}$ gleich oder größer als 8 d
- E radioaktive Edelgase
- G_K kurzlebige aktivierte Gase
- I radioaktives Iod (I-131-Äquivalent).

Im folgenden wird auf die Nuklidzusammensetzung der einzelnen Gruppen eingegangen.

- α -kurz

Die Emission von α -aktiven-Aerosolen mit einer Halbwertszeit unter 8 d ist laut Abluftplan 1985 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 $A_{\alpha L}$ 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 können. Davon abweichend wurde für die Emittenten IKVT und IMF I die Emission von U-238 und für die WAK und HDB die Emission eines α -aktiven Nuklidgemisches angenommen, welches sich zu gleichen Teilen aus Pu-238, Pu-239 und Am-241 zusammensetzt.

- β -kurz

Für die meisten Institute und Reaktoren wird in Gruppe $A_{\beta K}$ 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 Leitnuclid jeweils angegeben wird:

<u>Institut</u>	<u>Gebäude-Nr.</u>	<u>Leitnuclid</u>
IAK III	351	C1-38
LIT	403/404	F-18
IK III	351 (KAZ)	Rb-81

- β -lang

Die in Gruppe $A_{\beta L}$ 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-201 Leitnuclid) und des IGT (Leitnuclid: Pu-241) - wurde der längerle-

bige Anteil eines Spaltproduktgemisches mit 0 h Kühlzeit (ohne Berücksichtigung des Sr-Anteils) angenommen. Für die WAK und 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 3 Jahre).

Zusätzlich werden 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 HDB, IHCh und TU 10 % der Emissionsrate als Pu-241 berücksichtigt.

- E und G_K

Leitnuklid beider Nuklidgruppen ist für den MZFR Xe-133, für die WAK Kr-85 (hier wird zusätzlich 1 Promille der Emissionsrate der Gruppe E als Ar-41 angenommen), für das IK III (Zyklotron, KAZ) N-13, und für alle anderen Reaktoren und Institute Ar-41. Die Gruppe G_K wird mit E zusammengefaßt, da sie im Vergleich zu Gruppe E nur geringfügige Emissionswerte enthält.

- 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 Iod-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 mit 0,01 gewichtet und mit elementarem Iod zusammengefaßt. Zur Berechnung der zulässigen Abgabe eines bestimmten Iodnuklids aus dem Iod-131-Äquivalent s. Kap. 5.1.1.

- Emission von KKP I und KKP II

Für die Nuklidgruppe E wird Xe-133 als Leitnuklid angenommen; für die Gruppen α -lang und β -lang wird bei KKP I ein Siedewasserreaktor-Aerosolgemisch, bei KKP II ein Druckwasserreaktor-Aerosolgemisch entsprechend der Empfehlung des BMI angenommen.

7.7.1.4 Dosisberechnungsverfahren

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 Person nicht die ganze Zeit am selben Ort aufhält (das gilt auch für die Inhalationsdosis) und daß Gebäude und Kleidung die Strahlung teilweise abschirmen. Die berechneten Schilddrüsendosen können nur dann entstehen, wenn an dem betreffenden Ort Weidewirtschaft mit Kühen betrieben wird und die Milch dieser Kühe unvermischt von

Kleinkindern, z. B. in einer der benachbarten Ortschaften, kurz nach der Produktion konsumiert wird. Ähnliche Annahmen gelten für die berechneten Ingestionsdosen.

7.7.2 Vorausgeschätzte Strahlenexposition auf der Basis des vorläufigen Abluftplanes 1985

Tab. 7/11 enthält die auf Grund des vorläufigen Abluftplanes 1985, Fassung vom September 1984, gemeldeten Emissionen. Dieser Abluftplan wurde wegen noch ungeklärter Fragen im Zusammenhang mit der Novellierung der Strahlenschutzverordnung von der Genehmigungsbehörde noch nicht in Kraft gesetzt; gültig ist derzeit der hinsichtlich der N-13-Emission des Zyklotrons modifizierte Abluftplan 1983 (s. KfK 3535).

Nr.	Emittent	Gebäude-Nr.	Kamin H in m	α lang MBq	β		E+G _K TBq	HTO TBq	I _{elem} MBq	C-14 GBq
					kurz GBq	lang GBq				
1	IGT	317	14	0,4	-	0	-	-	40	-
2a	IRCh	321	16	0,2	2	0,1	4	15	10	-
2b	"	321a	15	0	2	0,19	45	0,037	200	-
2c	"	341	15	0,2	0,1	0,09	0	5,6	10	-
3	BFE	324/325	12,5	-	-	-	-	0	-	0,1
4a	Zyklotron	351	36	-	100	1	20	-	3,7	-
4b	"	"	15	-	200	2	200	-	3,7	-
4c	"	"	11	-	-	0,1	-	-	3,7	-
5	LIT	403/404	10	-	1	0,1	0	0	-	1
6	LAF II	415A/415B	8	-	-	-	-	-	20,4	-
7	INR	423	5	-	-	-	0	1,9	-	0
8	INFP	424/5/6,434	10	-	-	-	0	0,2	-	-
9	SNEAK	452	50	7	-	3	7	-	100	-
10	HDB/Betrieb	534	8	0,4	-	0,4	-	0,04	-	-
11	" Verbr.Anl.	536	70	70	-	15	-	30	370	700
12	" Rep.	543	8	0	-	0	-	0,01	0	-
13	" Deko(LAW)	545/553	19	1	-	0,5	-	3	50	50
14	" Deko(MAW)	555	19	1	-	0,5	-	2	50	20
15/16	" Geräte-Deko	547/548	15	1,9	-	0,4	-	2	10	-
17	IMF III	573/574	5	1	-	0,1	-	1	-	-
18a	FR-2	607/608	99	1	-	0,1	0	5	20	-
18b	KTb/IT	601/605	22	0,8	-	0	0	0	4	-
19	TEKO	630	22,6	1,9	-	-	-	-	-	-
20	IMF I	681	9	0,6	-	-	-	-	-	-
22	KTb/HZ	701	60	30	-	10	40	0,8	300	-
23	INE	712	60	30	-	0,3	-	0	-	-
24a	IHCh	721/4/6	60	37	-	3,7	37	0,37	370	3,7
24b	"	725	10	0,37	-	0,37	1,5	0	3,7	0,4
25	KNK	741	99	11	-	5,6	150	-	370	-
26	TU	806	50	1	-	0,4	2	-	70	-
27	MZFR	901	99,5	1	-	1	100	30	100	10
28	WAK	1501/31/2	60	370	-	74	13000	37	2400	610
	KKP I u. II		100/150	-	-	-	4070	-	29600	-

- keine Emission
0 Beitrag zur Nuklidgruppe kleiner als 0,1 %

Tab. 7/11: Emission im Bereich des KfK laut vorläufigem Abluftplan 1985 (Fassung Sept. 84)

Die Berechnung der Dosen basiert auf konstanter Emissionsrate \dot{A} während des Zeitraums ΔT . 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 stattdessen mit einer erhöhten, fiktiven Jahresemission gerechnet. Diese ist gleich der 50fachen Wochenemission bzw. der 200fachen Tagesemission, aber nicht höher als der dreifache Jahresemissionswert. Ist kein Tages- oder Wochenwert angegeben, so ist die fiktive Jahresemission gleich dem dreifachen Jahresemissionswert. Eine Ausnahme bildet die WAK, deren Emissionsspitzen nicht vorwiegend zur gleichen Tageszeit, sondern verteilt über alle Tageszeiten vorkommen. Sie kann deshalb als gleichmäßiger Emittent angesehen werden.

Die Abb. 7/15 bis 7/18 zeigen die Isodosenlinien derjenigen Expositionspfade, deren Maximum sich im Vergleich zum Vorjahr (s. (21)), am deutlichsten änderten. Die effektive γ -Submersionsdosis (Abb. 7/15), die β -Submersionsdosis (Abb. 7/16) sowie die Dosis durch γ -Strahlung über kontaminiertem Boden (Abb. 7/17) sind jeweils unter der Annahme des ständigen Aufenthaltes eines gegenüber der Strahlung ungeschützten Menschen am jeweiligen Aufpunkt errechnet. Zur Berechnung der Schilddrüsen-Ingestionsdosis (Abb. 7/18) 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. 7/12 enthalten.

Expositionspfad	Inhalation*				Ingestion*					γ -Submersion	β -Submersion	γ -Bodenstrahlung*	
	Organ	Lunge	Knochenoberfläche	rotes Knochenmark	effektiv	Knochenoberfläche	rotes Knochenmark	unterer Dickdarm	Schilddrüse Kleinkind				effektiv
	μ Sv	μ Sv	μ Sv	μ Sv	μ Sv	μ Sv	μ Sv	μ Sv	μ Sv	μ Sv	μ Sv	μ Sv	μ Sv
<u>Ort</u>													
Graben	2,0	41,0	3,5	2,7	30,5	16,5	30,2	54,0	10,8	1,7	17,9	2,5	
Neudorf	1,4	29,1	2,5	1,9	22,4	12,1	21,7	40,3	7,8	1,2	12,6	1,9	
Friedrichstal	2,2	34,9	3,1	2,4	31,4	17,0	27,1	59,0	10,5	2,1	14,6	2,1	
Spöck	1,3	20,6	1,8	1,4	18,7	10,0	16,1	33,4	6,2	0,9	8,5	1,4	
Neuthard	1,5	26,4	2,3	1,8	23,0	12,3	20,4	38,3	7,6	1,3	11,1	1,8	
Karlsdorf	1,1	19,2	1,7	1,3	17,0	9,1	15,1	28,0	5,6	0,9	8,1	1,4	
Staffort	0,7	11,5	1,0	0,8	10,4	5,6	9,0	19,8	3,5	0,7	4,8	0,8	
Blankenloch	0,7	11,3	1,0	0,8	9,6	5,2	8,7	18,8	3,3	0,6	4,8	0,8	
Hagsfeld	0,5	8,7	0,8	0,6	7,3	3,9	6,7	14,5	2,5	0,4	3,7	0,7	
Karlsruhe Markt	0,5	8,3	0,8	0,6	6,8	3,7	6,4	14,1	2,4	0,3	3,5	0,6	
Neureut	1,1	17,6	1,6	1,2	13,6	7,5	13,3	28,4	5,0	0,8	7,5	1,0	
Eggenstein	2,8	41,7	3,6	2,9	32,1	17,9	31,4	68,0	12,0	2,8	18,2	2,0	
Leopoldshafen	3,3	67,9	5,8	4,5	44,0	24,4	48,0	89,2	17,1	3,4	31,9	3,0	
Linkenheim	1,9	40,7	3,5	2,7	27,4	15,2	29,1	57,7	10,5	2,0	19,0	2,1	
Hochstetten	1,5	30,9	2,7	2,0	20,9	11,5	22,1	45,1	8,0	1,3	13,9	1,7	
Liedolsheim	1,0	18,9	1,7	1,3	13,1	7,2	13,7	32,8	5,0	0,7	8,4	1,2	
Rußheim	0,7	13,3	1,2	0,9	9,5	5,3	9,8	30,4	3,7	0,4	5,9	1,1	
Leinersheim	0,9	17,2	1,5	1,2	11,9	6,6	12,4	27,9	4,5	0,6	7,6	1,0	
Südtor	10,0	134,5	13,0	10,5	130,1	76,8	114,6	478,3	53,6	20,0	84,5	6,1	
Nordtor	12,3	303,1	25,7	19,3	241,6	130,2	245,5	356,3	85,3	21,3	139,0	23,0	
Maximale Dosis außerhalb des KfK	21	360	31	23	326	181	282	670	114	56	350	23	
Koordinaten des Dosismaximums**													
x in m	200	520	520	200	200	200	200	-600	200	-640	-650	420	
y in m	750	1480	1480	750	750	750	750	-600	750	-370	-250	1480	

*Über 50 Jahre integrierte Folgedosen

**Koordinatenursprung ist der FR-2-Kaminfuß

Tab. 7/12: Ortsdosen in der Umgebung des KfK, berechnet auf der Basis des vorläufigen Abluftplanes 1985 (Fassung Sept. 84)

Die direkte Effektivdosis (Summe der externen und der Inhalationsdosis) erreicht 79 μ Sv/a, die Schilddrüsendosis eines Kleinkindes durch Iod-Ingestion 670 μ Sv/a, jeweils am Zaun des KfK. Damit werden die beiden Grenzwerte von 300 μ Sv/a Effektivdosis sowie 900 μ Sv/a Schilddrüsendosis durch Iod-Ingestion unterschritten. (Dabei ist unterstellt, daß der Grenzwert der Effektivdosis gleich dem bisherigen Grenzwert der Ganzkörperdosis, nämlich 300 μ Sv/a, ist.) In beiden Fällen handelt es sich um fiktive Dosen, da sich an diesen Stellen nicht ständig eine Person aufhält bzw. keine Milchwirtschaft betrieben wird.

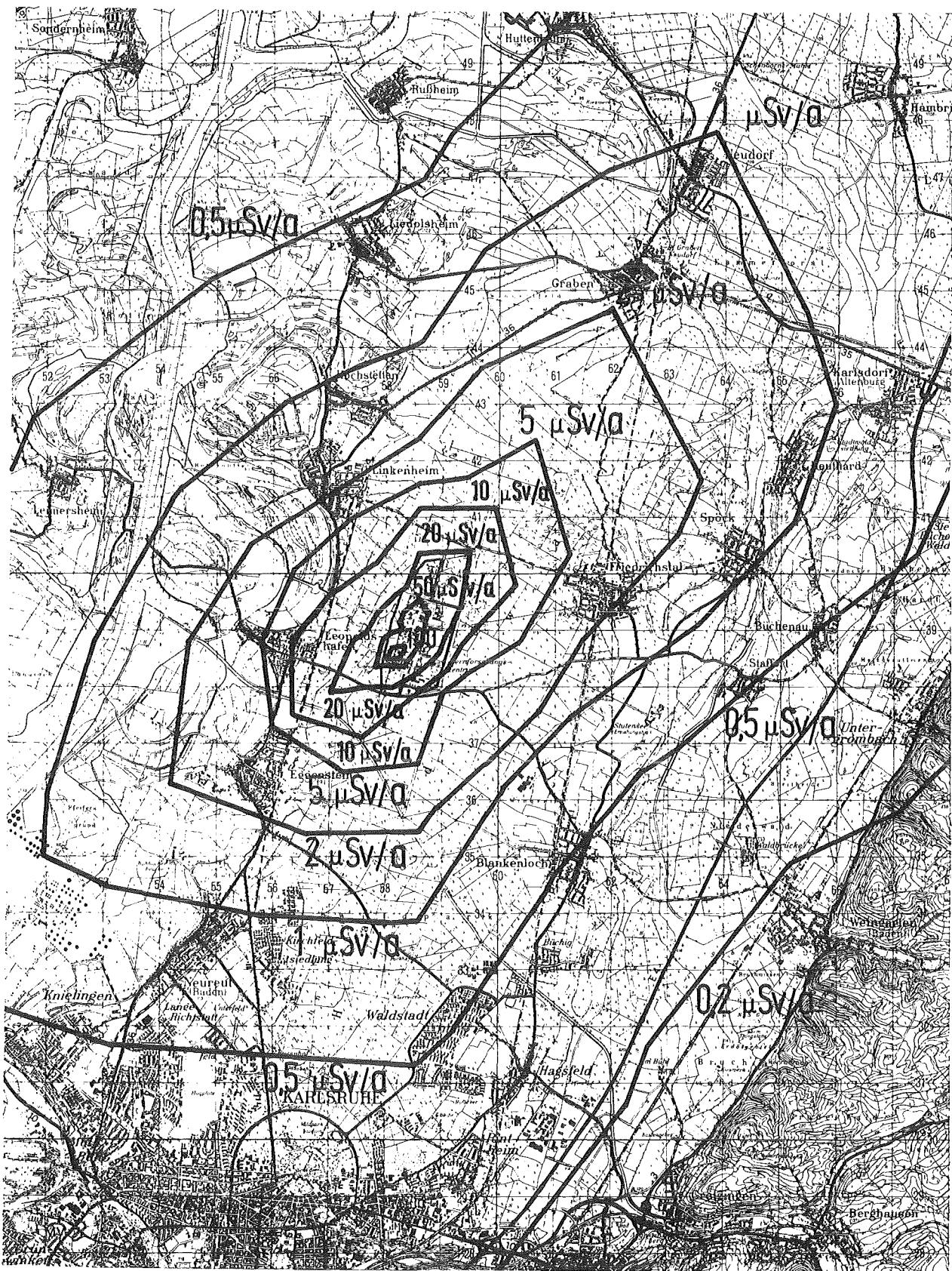


Abb. 7/15: Effektivdosis durch γ -Submersion, Prognose 1985

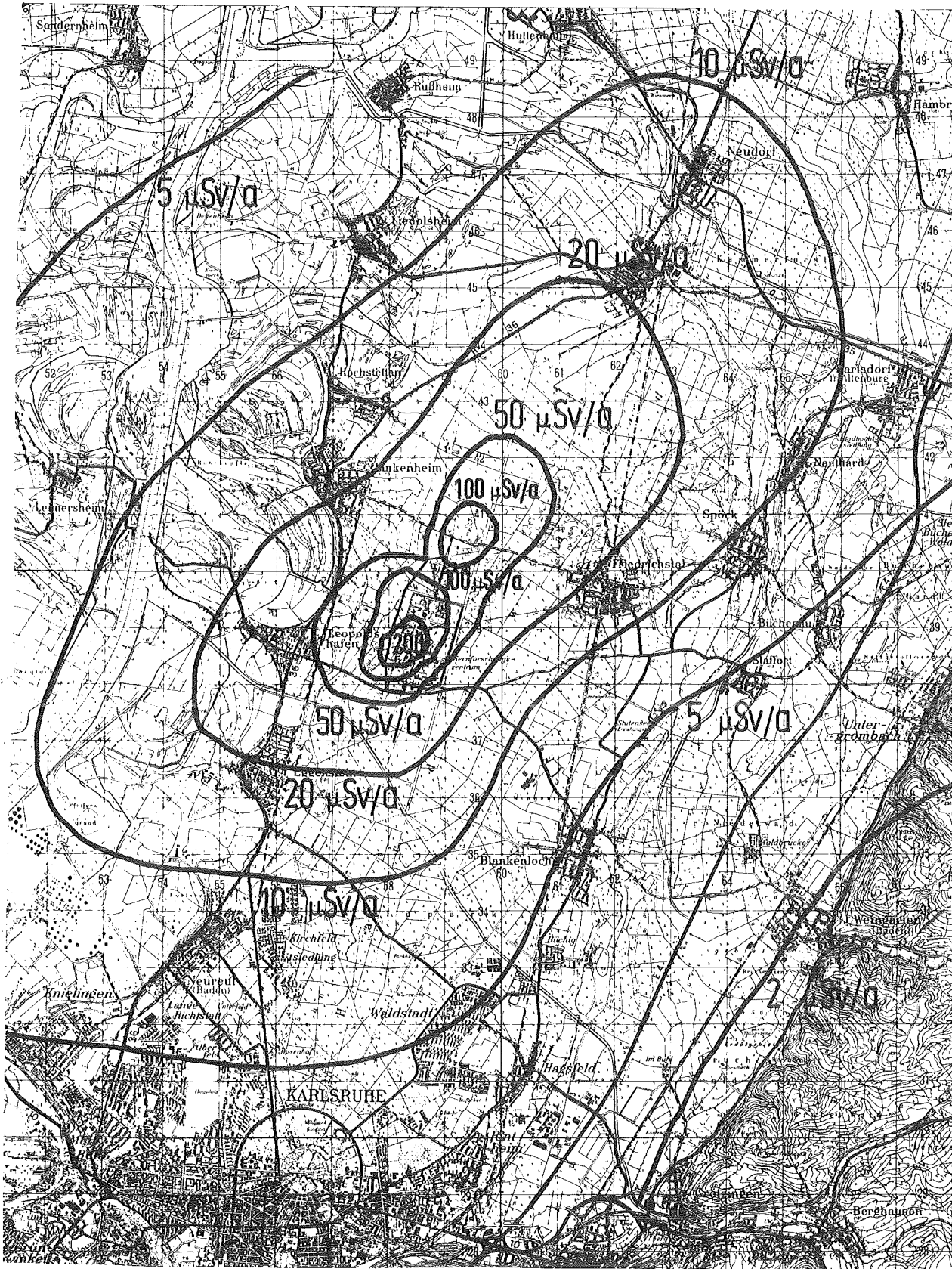


Abb. 7/16: Hautdosis durch β -Submersion, Prognose 1985

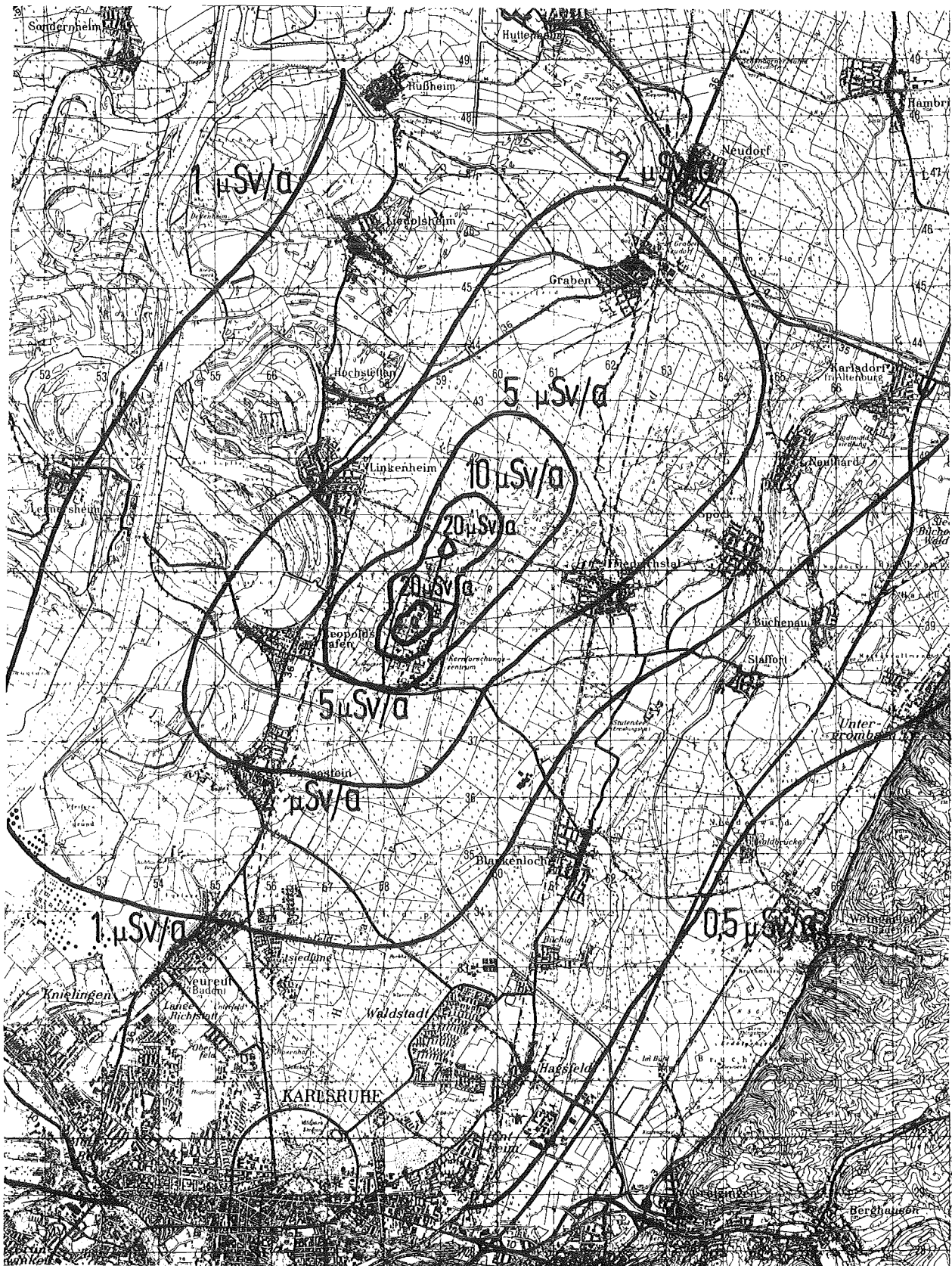


Abb. 7/17: Effektivdosis durch γ -Strahlung vom Boden, Prognose 1985

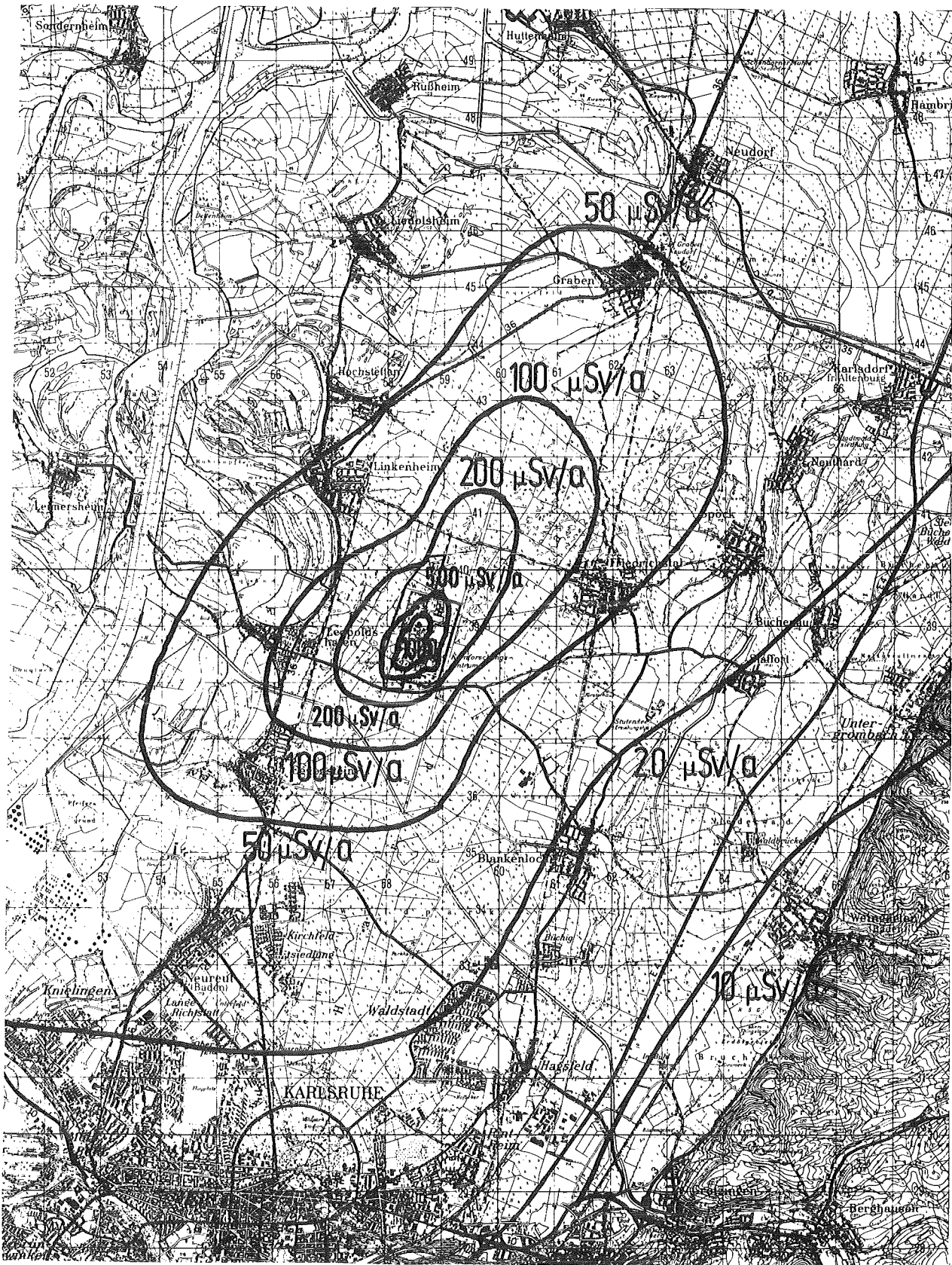


Abb. 7/18: Schilddrüsenedosis durch Iod-Ingestion (Kleinkind), Prognose 1985

Auch unter Berücksichtigung der übrigen Ingestionspfade werden die genannten Dosisgrenzwerte nicht überschritten: Dazu wird zu der höchsten tatsächlich zu erwartenden direkten Effektivdosis (in Leopoldshafen sind $(4,5 + 3,4 + 3) \mu\text{Sv/a} = 10,9 \mu\text{Sv/a}$ zu erwarten) die höchste in der Umgebung zu erwartende effektive Ingestionsdosis addiert. Konservativerweise wird dafür das fiktive Dosismaximum ($114 \mu\text{Sv/a}$) gewählt. Die gesuchte Effektivdosis unter Berücksichtigung des Ingestionspfades ist daher in Leopoldshafen (ungünstigster Ort) kleiner als $125 \mu\text{Sv/a}$. Die mittlere γ -Submersionsdosis (Effektivdosis) der Bevölkerung in der Umgebung des KfK beträgt pro Jahr

$$\bar{D} = \frac{\sum_i P_i D_i}{\sum_i P_i} = \begin{cases} 3,94 \mu\text{Sv im Umkreis von 3 km,} \\ 0,38 \mu\text{Sv im Umkreis von 20 km.} \end{cases}$$

Hier ist P_i die Einwohnerzahl und D_i die errechnete γ -Effektivdosis des Ortes i .

7.7.3 Strahlenexposition durch die im Jahre 1984 mit der Abluft abgeleitete Aktivität

Die Tab. 7/13 enthält die im Jahre 1984 auf dem Gelände des KfK mit der Abluft abgegebene Aktivität. Die Zahlen entsprechen den Messungen im Rahmen der Abluftüberwachung. In Tab. 7/13 wurden nur diejenigen Emittenten berücksichtigt, die zu mehr als 5 Promille zur Gesamtemission eines Nuklides bzw. einer Nuklidgruppe beigetragen haben. Abweichend von Kap. 5.1.1 werden die in Gruppe A bilanzierten radioaktiven Emissionen in Tab. 7/13 unter α -lang, diejenigen der Gruppe B unter β -lang aufgeführt. Bei den in Gruppe β -lang bilanzierten Radionukliden der Emittenten HDB-Deko, Gebäude Nr. 545/555 und KTB/HZ handelt es sich zu über 90 % um Te-125 m (s. Kap. 5.1.1). Für das Zyklotron (KAZ) wurde Br-77 als Leitnuklid angenommen (Anteil an Gruppe β -lang ca. 60 %). Soweit eine Aufschlüsselung der Einzelnuclide für HDB 545/555 und KTB/HZ vorlag, wurden diese in der Diagnose-Rechnung berücksichtigt.

Zur Berechnung der Umgebungsbelastung liegen monatliche Emissionswerte vor. Da diese z. T. stark schwanken, wurde mit monatlich unterschiedlichen, allerdings über einen Monat konstanten Emissionsraten gerechnet. Die berechneten Organ- und Effektivdosen in den umliegenden Ortschaften, am Zaun des KfK sowie die jeweiligen Dosismaxima enthält Tab. 7/14.

Ein Erwachsener in Leopoldshafen erhielt eine Effektivdosis von $5 \mu\text{Sv}$ bei Verzehr von hypothetisch am KfK-Zaun erzeugten Lebensmitteln. Ebenso würde ein Erwachsener am KfK-Zaun eine Effektivdosis von $5 \mu\text{Sv}$ bei Verzehr von in diesen Ortschaften erzeugten Lebensmitteln erhalten haben. Diese Dosismaxima liegen unter der nach Paragraph 45 der Strahlenschutzverordnung zulässigen Ganzkörperdosis von $300 \mu\text{Sv}$. Die mittlere γ -Submersionsdosis der Bevölkerung im Umkreis von 3 km bzw. 20 km um das Kernforschungszentrum Karlsruhe betrug im Jahre 1984 $0,05 \mu\text{Sv}$ bzw. $0,004 \mu\text{Sv}$.

7.7.4 Strahlenexposition durch die mit der Abluft der WAK im Jahre 1983 abgeleitete Aktivität

Die gesonderte Berechnung der Strahlenexposition der Umgebung des KfK durch die mit der Abluft der WAK abgeleitete Aktivität wird von der Genehmigungsbehörde gefordert. Mit Hilfe der monatlichen Emissionswerte und der monatlichen meteorologischen Statistiken des Jahres 1983 wurden die Ortsdosen in der Umgebung des KfK berechnet. Die maximalen Ortsdosen enthält Tab. 7/15.

Emittent ¹⁾	Gebäude Nr.	Emissionshöhe m	α-lang MBq	β-lang GBq	E + G _K TBq	Kr-85 TBq	H-3 TBq	C-14 GBq	Sr-90 ²⁾ MBq	Pu-241 ²⁾ MBq	I-131-Äquivalent elementar MBq
IRCh	321a	15	-	-	1,7	-	-	-	-	-	-
IRCh	321	16	-	-	-	0,19	-	-	-	-	-
IRCh	341	15	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5
INR	423	5	-	-	-	-	0,64	-	-	-	-
Zyklotron(KIZ)	351	36	-	-	0,24	-	-	-	-	-	-
Zyklotron(KAZ)	351	15	-	0,02	4,9	-	-	-	-	-	-
LAF II	415	8	-	-	-	-	-	-	-	-	4,1
SNEAK	452	50	-	-	-	-	-	-	-	-	3,9
HDB-Verbr.Anl.	536	70	160	4,5	-	-	0,16	-	(450)	(450)	120
HDB-Deko-flüss.	545/555	19	-	0,07	-	-	0,11	-	(0,065)	-	21
HDB-Ger.Deko	548	15	-	-	-	-	-	-	-	-	3,3
FR-2	607/8	99	-	-	-	-	0,29	-	-	-	-
KTB/HZ	701	60	-	0,05	0,07	-	0,03	-	(0,002)	-	8,6
IHCh	721/4/6	60	-	-	-	-	-	-	-	-	45
IHCh	725	10	-	-	-	-	-	-	-	-	8
KNK	741	99	-	-	2,54	-	-	-	-	-	-
MZFR	901	99,5	-	-	4,65	-	42,1	9,5	-	-	41,4
WAK	1501	60	26,2	0,84	-	1160	5,03	109	39,8	(83,8)	315

¹⁾ Es werden nur diejenigen Emittenten berücksichtigt, die zu mehr als 5 % zur Emission eines Nuklids bzw. einer Nuklidgruppe beigetragen haben.

²⁾ Die Zahlen in Klammern sind fiktive Emissionen entsprechend dem Abluftplan (1/10 der Emission der Gruppe β-lang bzw. deren Restanteil).

Tab. 7/13: Mit der Abluft im Jahre 1984 emittierte Radioaktivität

Expositionspfad Organ	Inhalation*				Ingestion*					γ-Sub- mersion	β-Sub- mersion	γ-Bodenstrahlung*
	Lunge	Knochen- ober- fläche	rotes Knochen- mark	effektiv	Knochen- ober- fläche	rotes Knochen- mark	unterer Dick- darm	Schild- drüse Klein- kind	effektiv	effektiv	Haut	effektiv
	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv	μSv
<u>O r t</u>												
Graben	0,5	3,5	0,3	0,3	1,3	0,6	1,0	3,0	0,4	-	0,7	0,1
Neudorf	0,4	2,5	0,3	0,2	1,0	0,5	0,8	2,1	0,3	-	0,5	0,1
Friedrichstal	0,6	4,0	0,4	0,3	1,4	0,6	1,1	3,2	0,4	-	0,5	0,1
Spöck	0,4	2,3	0,2	0,2	0,8	0,4	0,6	1,8	0,3	-	0,3	0,1
Neuthard	0,4	2,6	0,3	0,2	1,0	0,4	0,7	2,1	0,3	-	0,4	0,1
Karlsdorf	0,3	1,9	0,2	0,2	0,7	0,3	0,5	1,5	0,2	-	0,3	-
Staffort	0,2	1,4	0,2	0,1	0,5	0,3	0,4	1,2	0,2	-	0,2	-
Blankenloch	0,2	1,4	0,2	0,1	0,5	0,2	0,4	1,2	0,2	-	0,3	-
Hagsfeld	0,2	0,9	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	0,8	0,1	-	0,2	-
Karlsruhe-Markt	0,2	1,0	0,1	0,1	0,3	0,2	0,3	0,8	0,1	-	0,3	-
Neureut	0,4	2,7	0,3	0,2	0,8	0,4	0,6	1,8	0,3	-	0,7	-
Eggenstein	1,0	7,5	0,7	0,6	2,0	0,8	1,5	4,1	0,6	-	1,5	0,1
Leopoldshafen	1,0	9,0	0,8	0,7	2,5	1,1	2,1	6,6	0,9	0,1	3,3	0,2
Linkenheim	0,4	3,6	0,3	0,3	1,2	0,6	1,0	3,6	0,4	-	1,2	0,1
Hochstetten	0,3	2,7	0,3	0,2	0,9	0,4	0,8	2,5	0,3	-	0,7	0,1
Liedolsheim	0,2	1,6	0,2	0,2	0,6	0,3	0,5	1,5	0,2	-	0,4	-
Rußheim	0,2	1,1	0,1	0,1	0,4	0,2	0,4	1,0	0,2	-	0,3	-
Leimersheim	0,3	2,5	0,3	0,2	0,7	0,4	0,6	1,8	0,3	-	0,7	-
Südtor	2,0	14,3	1,2	1,1	3,9	1,7	2,9	13,7	1,3	0,2	2,7	0,2
Nordtor	3,0	26,2	2,2	1,9	9,4	4,1	7,1	26,8	2,9	0,4	6,0	0,6
Maximale Dosis außerhalb des KfK	5	37	3	3	14	6	10	44	4	0,6	16	0,8
Koordinaten des Dosismaximums**												
x in m	200	200	200	200	200	200	200	200	200	-640	-170	200
y in m	750	750	750	750	750	750	750	750	750	-370	1080	750

*Über 50 Jahre integrierte Folgedosen
 **Koordinatenursprung ist der FR-2-Kamin
 - Dosis < 0,05 μSv

Tab. 7/14: Ortsdosen durch die im Jahre 1984 emittierten radioaktiven Stoffe

Expositions-pfad Organ	Inhalation*				Ingestion*					γ-Sub- mersion	β-Sub- mersion	γ-Bodenstrahlung
	Lunge	Knochen- ober- fläche	rotes Knochen- mark	effektiv	Knochen- ober- fläche	rotes- Knochen- mark	unterer Dick- darm	Schild- drüse Klein- kind	effektiv	effektiv	Haut	effektiv*
Maximale Dosis außerhalb des KfK in μSV	0,2	19	1,5	1,1	9,3	5,1	7,0	16	3,7	0,7	36	0,6
Koordinaten des Dosismaximums** x in m y in m	520 1480	520 1480	520 1480	520 1480	520 1480	520 1480	520 1480	520 1480	520 1480	0 1290	520 1480	420 1480

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

Tab. 7/15: Maximale Ortsdosen durch die mit der Abluft der WAK im Jahre 1983 abgeleiteten radioaktiven Stoffe

8. Bibliographie, Beratertätigkeit

8.1 Veröffentlichungen 1984

- (1) Bär, M., Honcú, S., Hübschmann, W.
EFFDOS - Ein FORTRAN-77-Programm zur Berechnung der effektiven Äquivalentdosis.
KfK-3631 (Januar 1984)
- (2) Bär, M., Honcú, S., Hübschmann, W.
Die im Jahr 1984 zu erwartenden effektiven Äquivalentdosen in der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe durch die Emission radioaktiver Stoffe in die Atmosphäre.
KfK-3664 (Januar 1984)
- (3) Bär, M., Hübschmann, W.
Comparison of critical organ and effective dose equivalents.
In: Kaul, A., et al. (Hrsg.), Radiation - Risk - Protection. 6th Internat. Congress, Berlin, May 7-12, 1984. Internat. Radiation Protection Association. Org. by the Fachverband für Strahlenschutz e. V.; Köln: Verlag TÜV Rheinland, 1984, Vol. I, S. 341-43
- (4) Berger, H.-U., Burck, W., Dilger, H.
Strahlenschutzmaßnahmen bei der Sanierung einer Heissen Zelle.
In: Bonka, H. (Hrsg.), Strahlenschutzaspekte bei radioaktiven Kontaminationen. 17. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V., Aachen, 8.-10. Juni 1983; Würzlingen: Eidg. Institut für Reaktorforschung, 1983. S. 255-60
- (5) Bohn, B., Luxenburger, H. J., Schüttelkopf, H.
Radiochemical determination of Tc-99 and release of Tc-99 from nuclear facilities.
Internat. Seminar on the Behaviour of Technetium in the Environment, Cadarache, F, October 23-26, 1984
- (6) Burgkhardt, B., Röber, H. G., Piesch, E.
Phosphate glass energy compensation filters for the measurement of operational dose quantities.
Proc. of the 7th Internat. Conf. on Solid State Dosimetry, Ottawa, CDN, September 27-30, 1983. Radiation Protection Dosimetry, 6 (1984) S. 287-89
- (7) Burgkhardt, B., Piesch, E.
Fading characteristic of LiF and $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ TLD systems dependent on the ambient temperature, the monitoring period and the interval between irradiation and readout.
Radiation Protection Dosimetry, 6 (1984) S. 338-40
- (8) Burgkhardt, B., Piesch, E.
The single sphere albedo technique: a reference instrument for dosimeter calibration and analysis of stray neutron fields.
In: Kaul, A., et al. (Hrsg.), Radiation - Risk - Protection. 6th Internat. Congress, Berlin, May 7-12, 1984. Internat. Radiation Protection Association. Org. by the Fachverband für Strahlenschutz e. V.; Köln: Verlag TÜV Rheinland, 1984, Vol. III, S. 1174-77
- (9) De Bortoli, M., Gaglione, P., Thomas, P., Vogt, S.
Experimental determination of atmospheric dispersion in the mesoscale by tracer and tetraons.
EUR-9598-EN (1984)

- (10) Dertinger, H.
Gewebespezifische Einflüsse auf die Strahlenempfindlichkeit von Zellen.
KfK-Nachrichten, 16 (1984) S. 44-48
- (11) Doerfel, H.
A new technique for discrimination of internal and external contamination in whole-body counting.
In: Kaul, A., et al. (Hrsg.), Radiation - Risk - Protection. 6th Internat. Congress, Berlin, May 7-12, 1984. Internat. Radiation Protection Association. Org. by the Fachverband für Strahlenschutz e. V.; Köln: Verlag TÜV Rheinland, 1984, Vol. III, S. 955
- (12) Fessler, H., Pawelzik, J.
Alpha-spektrometrische Einrichtung mit Halbleitern zur Direktmessung von Transuranen auf großflächigen Filtern.
KfK-3783 (Oktober 1984)
- (13) Godoy, J. M., Schüttelkopf, H., Pimpl, M.
The measurements of Pu-241 in environmental samples and in gaseous and liquid effluents.
5th Internat. Conf. on Nuclear Methods in Environmental and Energy Research, Mayaguez, Puerto Rico, April 2-6, 1984
- (14) Holleuffer-Kypke, R. von, Hübschmann, W., Süß, F., Thomas, P.
Meteorologisches Informationssystem des Kernforschungszentrums Karlsruhe.
Atomkernenergie - Kerntechnik, 44 (1984) S. 300-04
- (15) Holleuffer-Kypke, R. von, Hübschmann, W., Thomas, P.
Meteorologische Messungen mit einem Doppler-SODAR.
KfK-Nachrichten, 16 (1984) S. 14-17
- (16) Hübschmann, W., Bär, M.
Wie wirkt sich die Effektivdosis nach ICRP 26 auf die zulässige Emission radioaktiver Stoffe mit der Abluft aus?
Jahrestagung Kerntechnik 84, Frankfurt, 22.-24. Mai 1984, Kerntechnische Gesellschaft e. V., Deutsches Atomforum e. V.; Eggenstein-Leopoldshafen: Fachinformationszentrum Energie, Physik, Mathematik, 1984, S. 283-86
- (17) Hübschmann, W., Kelly, G. N.
Theoretical and experimental research on the assessment of nuclear accident consequences.
'System Safety and Reliability in Europe', Conf. of the European Safety and Reliability Association, Ispra, I, October 9-12, 1984.
- (18) Hübschmann, W., Thomas, P., Vogt, S.
Untersuchung mesoskaliger Luftströmungen mit Tetroons.
KfK-Nachrichten, 16 (1984) S. 3-8
- (19) Jasiak, J., Burgkhardt, B., Piesch, E.
A passive neutron dose equivalent meter for environmental and area monitoring in the low dose range.
5th Symp. on Neutron Dosimetry, Neuherberg, September 17-21, 1984
- (20) Kiefer, H.
Strahlenexposition durch kerntechnische Anlagen.
Radioaktive Stoffe und ionisierende Strahlung. Quellen, Wirkung, Wertung; Bonn, 27.-28. September 1983; Bonn: Deutsches Atomforum e. V., 1984, S. 91-102

- (21) Kiefer, H., Koelzer, W., König, L. A. (Hrsg.)
Jahresbericht 1983 der Hauptabteilung Sicherheit.
KfK-3663 (April 1984)
- (22) Kiefer, H., Leidner, L., Reinhardt, B., Röber, H. J., Sadri, E., Ugi, S.
Anwendung des Pulse-Shape-Verfahrens bei Meßgeräten mit Großflächenproportionalzählrohren zur einwandfreien Trennung und gleichzeitigen Anzeige der Alpha- und Beta-Impulsrate.
In: Kaul, A., et al. (Hrsg.), Radiation - Risk - Protection. 6th Internat. Congress, Berlin, May 7-12, 1984. Internat. Radiation Protection Association. Org. by Fachverband für Strahlenschutz e. V.; Köln: Verlag TÜV Rheinland, 1984, Vol. III, S. 1151-53
- (23) Koelzer, W.
Kontrola okoline nuklearnih postrojenja u S. R. Nemackoj.
Nuklearna Tehnologija, 1 (1984) S. 13-24
- (24) 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
- (25) König, L. A., Penzhorn, R. D., Schüttelkopf, H.
Kerntechnik und Waldschäden.
KfK-3704 (März 1984)
- (26) König, L. A., Langguth, K. G., Pagliosa, G., Papadopoulos, D., Radziwill, A., Schulte, S., Strack, S.
Radioökologische Studien der Auswirkungen von Tritiumemissionen am Beispiel des KfK. Befristete Einzeluntersuchungen in Erweiterung und Ergänzung eines seit Jahren laufenden Meßprogrammes.
KfK-3715 (Mai 1984)
- (27) König, L. A., Langguth, K. G., Papadopoulos, D., Radziwill, A.
Vertical migration of HTO and Cs-137 in the soil.
In: Kaul, A., et al. (Hrsg.), Radiation - Risk - Protection. 6th Internat. Congress, Berlin, May 7-12, 1984. Internat. Radiation Protection Association. Org. by the Fachverband für Strahlenschutz e. V.; Köln: Verlag TÜV Rheinland, 1984, Vol. I, S. 197-200
- (28) König, L. A., Langguth, K. G., Papadopoulos, D., Strack, S.
Aquatic transfer of tritium.
Seminar on Environmental Transfer to Man of Radionuclides Released from Nuclear Installations, Bruxelles, B, October 17-21, 1983. IAEA-SR-85/16 (1984)
- (29) Leidner, L., Sadri, E.
Stickstoff-Großflächenzähler mit Gasregeneration.
KfK-3780 (Oktober 1984)
- (30) Luxenburger, H. J., Schüttelkopf, H., Bohn, B.
Schnelle radiochemische Analysenmethode zur Bestimmung von Tc-99 in Umwelt, Abwasser und Abluft.
KfK-3784 (August 1984)

- (31) Luxenburger, H. J., Schüttelkopf, H.
Vorkommen und Verhalten von Tc in der Umwelt (Literaturstudie).
KfK-3418 (August 1984)
- (32) Luxenburger, H. J., Schüttelkopf, H., Bohn, B.
Die Emission von Tc-99 aus kerntechnischen Anlagen.
KfK-3795 (November 1984)
- (33) Luxenburger, H. J., Schüttelkopf, H.
A fast radiochemical procedure to measure Tc-99 in environmental samples and gaseous and liquid effluents.
5th Internat. Conf. on Nuclear Methods in Environmental and Energy Research, Mayaguez, Puerto Rico, April 2-6, 1984.
- (34) Nester, K., Hübschmann, W.
Mit dem dreidimensionalen Modell WALKÜRE berechnete Kontur des sichtbaren Schwadens und beobachtete Kontur.
In: Günther, E. et al. (Hrsg.), Naturzug-Naßkühlturm des Kernkraftwerks Philippsburg (Block 1). Ergebnisse der Schadensausbreitungsrechnungen. Düsseldorf: VDI 1984 S. 37-63 (Fortschrittsberichte der VDI-Zeitschriften. Reihe 15. Nr. 30)
- (35) Nester, K., Verenkotte, H., Dlugi, R., Bunz, H., Jordan, S.
Modeling of photochemical and heterogeneous sulfate aerosol formation in plumes.
Aerosols in Science, Medicine and Technology. Abstracts of the 11th Annual Conf. of the Association for Aerosol Research, Neuherberg, September 14-16, 1983
Journal of Aerosol Science, 15 (1984) S. 399-402
- (36) Nester, K., Verenkotte, H., Dlugi, R., Jordan, S.
Entwicklung eines dreidimensionalen Ausbreitungsmodells für Abluftfahnen unter Einbeziehung chemischer Reaktionen.
KfK-Nachrichten, 16 (1984) S. 9-13
- (37) Nester, K., Verenkotte, H., Dlugi, R., Jordan, S.
Interaction of cooling tower and stack plumes.
4th IAHR Cooling Tower Workshop, Interlaken, CH, Oktober 2-5, 1984
- (38) Papadopoulos, D., Bär, M., Honcu, S.
Ausbreitungsfaktoren. Tabellen und Diagramme für den Standort Karlsruhe.
KfK-3629 (Februar 1984)
- (39) Piesch, E.
Neuere Entwicklungen auf dem Gebiet der Strahlenschutzmeßtechnik.
KfK-Nachrichten, 16 (1984) S. 226-30
- (40) Piesch, E.
Neutronenstrahlungsfelder an Kernreaktoren.
PTB-Seminar 'Neutronenmessungen im praktischen Strahlenschutz', Braunschweig, 6.-7. November 1984
- (41) Piesch, E.
Meßverfahren zur Neutronenpersonendosimetrie.
PTB-Seminar 'Neutronenmessungen im praktischen Strahlenschutz', Braunschweig, 6.-7. November 1984

- (42) Piesch, E., Burgkhardt, B.
A universal beta/gamma/neutron albedo dosimeter for personnel monitoring.
Proc. of the 7th Internat. Conf. on Solid State Dosimetry, Ottawa, CDN, September 27-30, 1983.
Radiation Protection Dosimetry, 6 (1984) S. 281-83
- (43) Piesch, E., Burgkhardt, B.
A review of environmental monitoring using solid state dosimeters, and guidelines for technical procedures.
Radiation Protection Dosimetry, 5 (1983) S. 79-84
- (44) Piesch, E., Burgkhardt, B.
Universal beta-gamma-neutron albedo dosimeter for commercial TLD cards and track etch detectors.
In: Kaul, A., et al. (Hrsg.), Radiation - Risk - Protection. 6th Internat. Congress, Berlin, May 7-12, 1984. Internat. Radiation Protection Association. Org. by the Fachverband für Strahlenschutz e. V.; Köln: Verlag TÜV Rheinland, 1984, Vol. III, S. 1147-50
- (45) Piesch, E., Burgkhardt, B.
Environmental monitoring - European interlaboratory test programme for integrating dosimeter systems.
EUR-8932-EN (1984)
- (46) Piesch, E., Burgkhardt, B.
Measurement of neutron field quantities using the single sphere albedo technique.
5th Symp. on Neutron Dosimetry, Neuherberg, September 17-21, 1984.
- (47) Piesch, E., Burgkhardt, B., Röber, H. G.
A modern automatic readout system for phosphate glass dosimeters.
In: Kaul, A., et al. (Hrsg.), Radiation - Risk - Protection. 6th Internat. Congress, Berlin, May 7-12, 1984. Internat. Radiation Protection Association. Org. by the Fachverband für Strahlenschutz e. V.; Köln: Verlag TÜV Rheinland, 1984, Vol. III, S. 1197-1200
- (48) Pimpl, M., Schmidt, W.
Uptake of plutonium, americium, curium and neptunium in plants cultivated under greenhouse conditions.
Meeting of the UIR Workshop on Soil-to-Plant Transfer Factors, Cadarache, F, April 16-17, 1984.
- (49) Pimpl, M., Schmidt, W., Schüttelkopf, H.
Investigation of the soil-to-plant transfer behaviour of Pu, Am, Cm, and Np by aid of a very fast and sensitive radiochemical procedure.
5th Symp. on Nuclear Chemistry, Radiochemistry, and Radiation Chemistry, Guanajuato, MEX, December 4-7, 1984.
- (50) Pimpl, M., Schmidt, W., Schüttelkopf, H.
Messung 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

- (51) Pimpl, M., Schüttelkopf, H.
Das Verhalten von Aktiniden in der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe.
In: Kaul, A., et al. (Hrsg.), Radiation - Risk - Protection. 6th Internat. Congress, Berlin, May 7-12, 1984. Internat. Radiation Protection Association. Org. by the Fachverband für Strahlenschutz e. V.; Köln: Verlag TÜV Rheinland, 1984, Vol. II, S. 886-89
- (52) Pimpl, M., Schüttelkopf, H.
A fast radiochemical procedure to measure neptunium, plutonium, americium and curium in environmental samples for application in environmental monitoring and in radioecology research.
5th Internat. Conf. on Nuclear Methods in Environmental and Energy Research, Mayaguez, Puerto Rico, April 2-6, 1984.
- (53) Pimpl, M., Schüttelkopf, H., Schmidt, W., Liese, T., Hefner, G., Sollich, T., Hiller, J.
Untersuchung des physikalischen und chemischen Verhaltens biologisch besonders wirksamer Radionuklide in der Umwelt. Pu, Am, Cm und Np.
In: Projekt Nukleare Sicherheit. Jahresbericht 1983.
KfK-3450 (Juni 1984) S. 4800/1-4800/23
- (54) Regulla, D. F., Piesch, E.
One-element personal dosimeter for local and centralized evaluation.
7th Internat. Conf. on Solid State Dosimetry, Ottawa, CDN, September 27-30, 1983.
- (55) Schmitz, J., Urban, M.
Mine dumps as a source of radon impact on buildings.
Radiation Protection Dosimetry, 7 (1984) S. 63-67
- (56) Shamsaldin, A.
The meteorological system and the basic parameters required for predicting the transfer of radionuclides released into the atmosphere.
KfK-3751 (Juni 1984)
- (57) Singh, D., Piesch, E., Burgkhardt, B.
Investigation of room scattered neutrons and their importance for the calibration of albedo dosimeters.
5th Symp. on Neutron Dosimetry, Neuherberg, September 17-21, 1984.
- (58) Strack, S.
Behaviour of tritium under environmental non-equilibrium conditions.
In: Kaul, A., et al. (Hrsg.), Radiation - Risk - Protection. 6th Internat. Congress, Berlin, May 7-12, 1984. Internat. Radiation Protection Association. Org. by the Fachverband für Strahlenschutz e. V.; Köln: Verlag TÜV Rheinland, 1984, Vol. I, S. 135-38
- (59) Strack, S.
Messung von Wasserstoffumsätzen in Bäumen mit Hilfe von Tritium.
Vortrag, Botanisches Seminar, Universität Karlsruhe, 6. Dezember 1984
- (60) Strack, S., Müller, A.
Studies of the microbiological influence on the behaviour of iodine-125 in humus soil.
In: Bonnyns-van Gelder, E. (Hrsg.), Role of Microorganisms on the Behaviour of Radionuclides in Aquatic and Terrestrial Systems and their Transfer to Man: Proc. of a Workshop, Bruxelles, B, April 25-27, 1984. Bruxelles: Union Internat. des Radioécologistes, 1984. S. 207-16

- (61) Strack, S., Müller, L., Riedl, A.
Mikrobiologische Einflüsse auf die Mobilität und die Bioverfügbarkeit von Radionukliden in Böden und Sedimenten.
In: Projekt Nukleare Sicherheit. Jahresbericht 1983.
KfK-3450 (Juni 1984) S. 4800/24-4800/30
- (62) Thomas, P., Nester, K.
Experimental determination of the atmospheric dispersion parameters at the Karlsruhe Nuclear Research Center for 160 m and 195 m emission heights. Part 2: Evaluation of measurements.
KfK-3457 (August 1984)
- (63) Urban, M.
Dosisbestimmung durch gleichzeitiges Messen der Radon/Thoronkonzentration und der Gleichgewichtsfaktoren in Luft mit Hilfe eines passiven Dosimeters.
KfK-3726 (März 1984)
Dissertation, Universität Karlsruhe, 1984
- (64) 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
- (65) Urban, M., Schmitz, J.
Applications of passive radon dosimeters in mining areas.
Internat. Conf. on Occupational Radiation Safety in Mining, Toronto, CDN, October 14-18, 1984.
- (66) Vogt, S.
Tetroons explore mesoscale air flows.
Vortrag, Physics Department, Risø National Laboratory, DK, 16. Februar 1984
- (67) Vogt, S.
Tetroon flights performed during the Oeresund experiment in 1984.
Vortrag, Physics Department, Risø National Laboratory, DK, 6. November 1984
- (68) Vogt, S., Thomas, P.
Untersuchung mesoskaliger Luftströmungen in der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe mit radarverfolgten Tetroons.
KfK-3565 (Mai 1984)
- (69) Vogt, S., Wittek, P., Hosemann, P.
Methodologie der Ermittlung der radiologischen Folgen der bei Reaktorunfällen freigesetzten Radioaktivität.
In: Projekt Nukleare Sicherheit. Jahresbericht 1983.
KfK-3450 (Juni 1984) S. 4800/43-4800/44
- (70) Weber, H. W., Schüttelkopf, H.
Verfahren zur Bestimmung der H-3-Konzentration von Luftfeuchte.
DE-OS 33 10 041 (20.09.1984)
EP-OS 0 119 512 (26.09.1984) (PLA 11)

- (71) Wicke, A., Urban, M., Kiefer, H.
Radon concentration levels in homes in the Federal Republic of Germany.
In: Kaul, A., et al. (Hrsg.), Radiation - Risk - Protection. 6th Internat. Congress, Berlin, May 7-12, 1984. Internat. Radiation Protection Association. Org. by the Fachverband für Strahlenschutz e. V.; Köln: Verlag TÜV Rheinland, 1984, Vol. I, S. 77-80
- (72) Wittek, P., Hübschmann, W., Vogt, S.
Influence of the atmospheric dispersion model modifications on the results of the German reactor risk study.
5th Internat. Meeting on Thermal Nuclear Reactor Safety, Karlsruhe, September 9-13, 1984.

8.2 Beratertätigkeit

"Notfallschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen", Ausschuß bei der Strahlenschutzkommission, BMI (Koelzer)

"Radioökologie", Ausschuß bei der Strahlenschutzkommission, BMI (Nester)

"Atmosphärische Ausbreitung", Arbeitsgruppe des Ausschusses Radioökologie bei der SSK, BMI (Nester)

"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)

"Beratergruppe der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Unfällen", BMI (Hübschmann, Kiefer, Koelzer)

"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 (Hübschmann, 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, Hübschmann)

"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", Normenausschuß Radiologie des DIN (Piesch)

"Thermolumineszenzdosimetrie", Normenausschuß Radiologie des DIN (Piesch)

"Instrumentierung zur Ermittlung der Ausbreitung radioaktiver Stoffe in der Atmosphäre", ad hoc-Arbeitskreis zur Regelerstellung, KTA 1508 (Thomas)

"Überwachung der Radioaktivität in der Raumluft von Kernkraftwerken, Teil 2: Kernkraftwerke mit Hochtemperaturreaktor, KTA-Arbeitsgremium zur Regelerstellung, KTA 1502 (Hübschmann)

"Messung gasförmiger, aerosolgebundener und flüssiger radioaktiver Stoffe zur Überwachung der Ableitungen bei Forschungsreaktoren", KTA-Arbeitsgremium zur Regelerstellung, KTA 1507 (König)

"Messen meteorologischer Daten", Ausschuß der VDI-Kommission "Reinhaltung der Luft" (von Holleuffer-Kypke)

"Ausbreitung von Kühlturmmissionen", Arbeitsgruppe des VDI (Nester)

"Grundlagen des Transportes und der turbulenten Diffusion", VDI-Ausschuß (Nester)

"Gaußsche Ausbreitungsmodelle", VDI-Ausschuß (Nester)

"Arbeitsplatzüberwachung", Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz (Berger)

"Dosismessung externer Strahlung", Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz (Burghardt, Piesch)

"Inkorporationsüberwachung", Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz (Dilger, Doerfel)

"Umweltüberwachung", Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz (Winter)

"Nachweisgrenzen", ad hoc-Ausschuß des Arbeitskreises Umweltüberwachung des Fachverbandes für Strahlenschutz (Berger, Winter)

"Standpunkte zu Fragen des Strahlenschutzes", Arbeitsgruppe des Fachverbandes für Strahlenschutz (Kiefer, Koelzer)

"Personendosimetrie", Sachverständigenausschuß der Direktion Gesundheitsschutz, Euratom (Piesch)

"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)

"Geheimchutz in der Wirtschaft - Personeller Geheimchutz", Landesstelle für Betriebsschutz, Stuttgart (Wolf)

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"; Regierungspräsidium Karlsruhe (Thomas, Winter)

LEGENDE

Bearbeitungsstand: Oktober 1984

ZÄHLROHR-MONITOR-ANLAGE

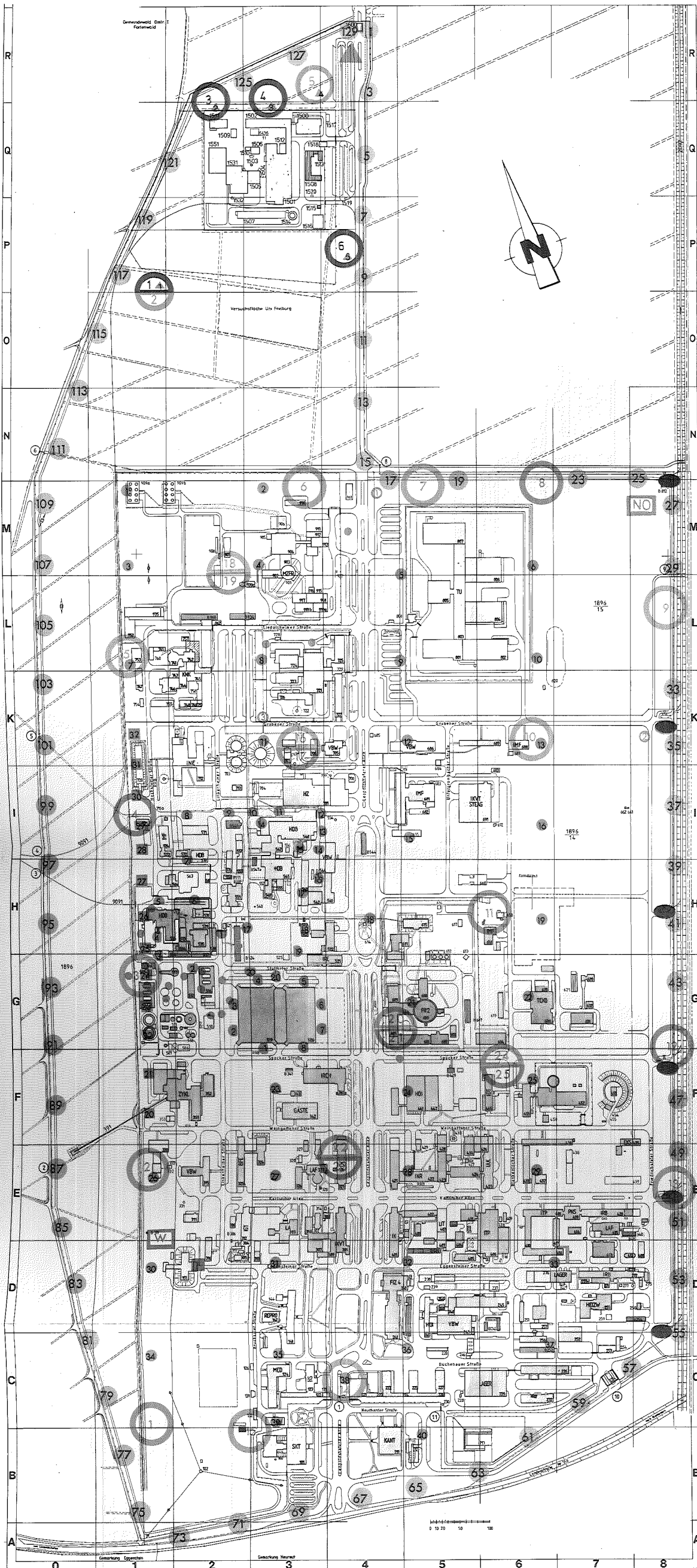
- Niederdosisleistungsmeßstelle
GM-Zählrohr, Meßbereich: $10^{-1} - 10^2 \mu\text{Sv/h}$
- Hochdosisleistungsmeßstelle
GM-Zählrohr, Meßbereich: $10^{-4} - 10 \text{ Sv/h}$
- $(\beta + \gamma)$ -Strahlungspegelmeßstelle
GM-Zählrohr, Meßbereich: $3,3 - 3,3 \cdot 10^3$ Impulse pro Sekunde

FESTKÖRPERDOSIMETER

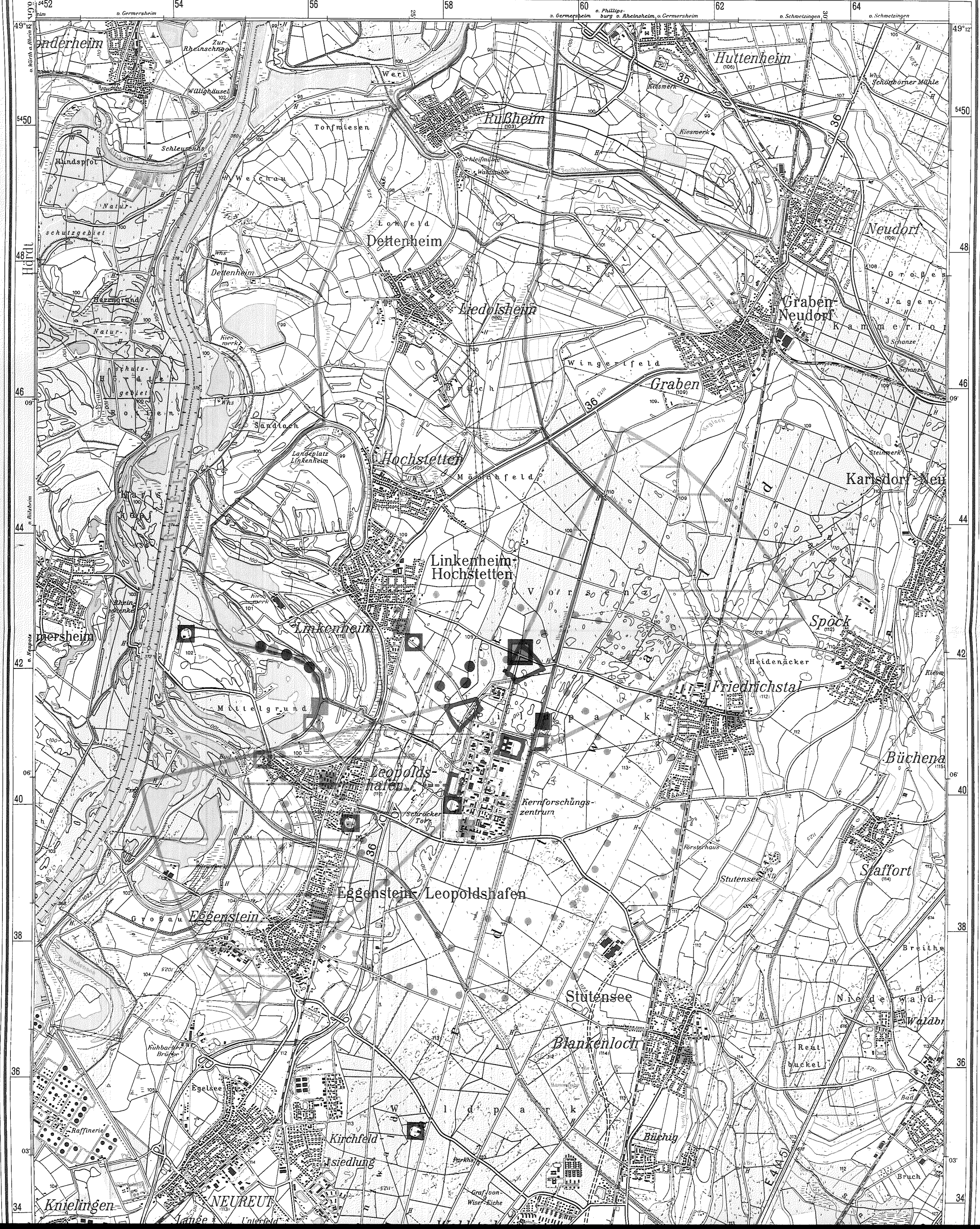
- Dosimeter zur Überwachung der Grenze des betrieblichen Überwachungsbereiches (129 Standorte)
- Dosimeter zur Überwachung der westlichen Betriebsgeländegrenze im Bereich der HDB (13 Standorte)
- Dosimeter zur Überwachung des Betriebsgeländezaunes der HDB (20 Standorte)
- Dosimeter zur Überwachung der Umgebung des Zwischenlagers (8 Standorte)
- Dosimeter zur Überwachung der Betriebsgelände im KfK, ohne WAK (40 Standorte)
- Dosimeter zur Überwachung der WAK (5 Standorte)

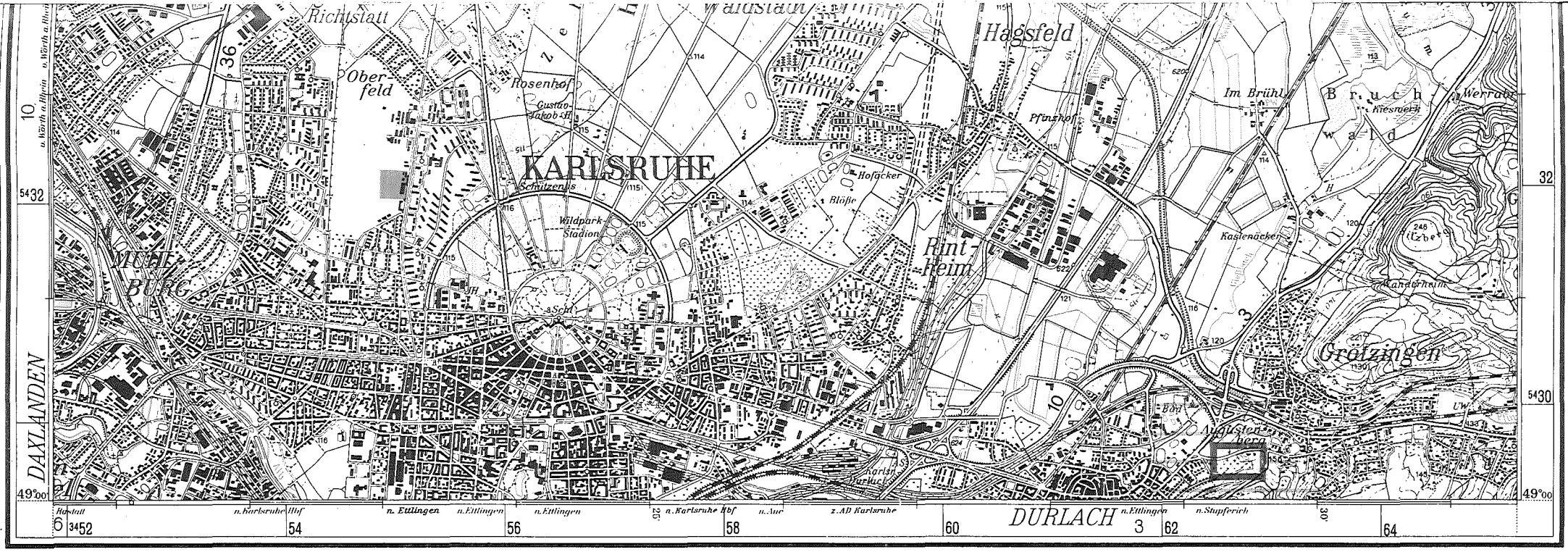
PROBENAHMEEINRICHTUNGEN

- 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



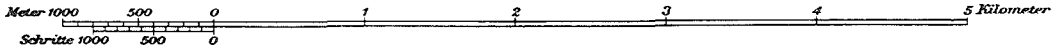
Lageplan der Meßstellen und Probenahmeeinrichtungen innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches des Kernforschungszentrums Karlsruhe





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

