

**KfK 4830**  
**April 1991**

# **Jahresbericht 1990 der Hauptabteilung Sicherheit**

**Redaktion:**  
**W. Koelzer, M. Urban**  
**Hauptabteilung Sicherheit**

**Kernforschungszentrum Karlsruhe**



**KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE  
Hauptabteilung Sicherheit**

**KfK 4830**

**Jahresbericht 1990  
der Hauptabteilung Sicherheit**

**Redaktion: W. Koelzer, M. Urban**

**An der Erarbeitung dieses Berichtes waren alle  
Mitarbeiter der Hauptabteilung beteiligt.**

**Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe**

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

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH  
Postfach 3640, 7500 Karlsruhe 1

ISSN 0303-4003

## Zusammenfassung

Der Sicherheits- und Sicherungsbeauftragte ist für die Gewährleistung des Strahlenschutzes und der technischen Sicherheit auf konventionellem und nuklearem Gebiet, für die Objektsicherung und für die Überwachung der Kernmaterialien und radioaktiven Stoffe innerhalb der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH (KfK) zuständig. Zur Durchführung dieser Aufgaben bedient er 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: Verhalten biologisch besonders wirksamer Radionuklide und inaktiver Schwermetalle in der Umwelt, Biophysik multizellulärer Systeme, Verhalten von Tritium im System Luft/Boden-Pflanze sowie Verbesserungen in der Strahlenschutzmeßtechnik.

Der vorliegende Bericht informiert über die einzelnen Aufgabengebiete, gibt die Ergebnisse der Routineaufgaben im Jahr 1990 wieder und berichtet über Untersuchungsergebnisse und Entwicklungen der verschiedenen Arbeitsgruppen der Hauptabteilung.

Central Safety Department, Annual Report 1990

## Summary

The Safety and Security Officer is 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 he relies 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 research and development work concentrates on the following aspects: physical and chemical behavior of trace elements in the environment, biophysics of multicellular systems, behavior of tritium in the air/soil-plant system, improvement in radiation protection measurement and personnel dosimetry.

This report gives details of the different duties, indicates the results of 1990 routine tasks and reports about results of investigations and developments of the working groups of the Department.

The reader is referred to the English translation of the Table of Contents and of Chapter 1 describing the duties and organization of the Central Safety Department.

## Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabengebiet und Organisation der Hauptabteilung Sicherheit .....	1
2	Arbeitsschutz und Sicherheit .....	13
2.1	Strahlenschutz .....	15
2.1.1	Die Organisation des Strahlenschutzes im KfK und die Aufgaben der Gruppe Strahlenschutz .....	15
2.1.2	Betriebsüberwachung .....	15
2.1.3	Durchführung der Röntgenverordnung .....	16
2.1.4	Von HS/AS zentral erfaßte zu „überwachende Personen“ i. S. der StrlSchV .....	16
2.1.5	Ergebnisse der Personendosisüberwachung .....	17
2.1.6	Fremdes Personal in Strahlenschutzbereichen des KfK .....	18
2.2	Arbeitsschutz .....	19
2.2.1	Betriebsüberwachung .....	19
2.2.2	Unfallgeschehen .....	20
2.2.3	Arbeitsplatzüberwachung .....	22
2.2.4	Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen .....	23
2.2.5	Ergonomische Arbeitsplatzgestaltung am Beispiel von Manipulator- und Bildschirmarbeitsplätzen .....	23
2.2.6	Wiederkehrende Prüfungen .....	24
2.2.7	Verantwortlichkeiten im Umweltschutz .....	27
2.2.8	Arbeitsschutzausschuß .....	28
2.3	Kernmaterialüberwachung .....	28
2.3.1	Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung von Kernmaterial .....	28
2.3.2	Aufsichtsbesuche durch EURATOM und IAEO .....	30
2.3.3	Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung „sonstiger radioaktiver Stoffe“ .....	30
2.3.4	Kontrolle der genehmigten Umgangsmengen radioaktiver Stoffe .....	31
2.4	Einsatzleitung und Einsatzplanung .....	31
2.4.1	Aufgaben .....	31
2.4.2	Statistik und Analyse der EvD-Einsätze .....	32
2.4.3	Meldepflichtige Ereignisse .....	34
2.4.4	Übungen der Einsatzdienste .....	34
2.4.5	Allgemeine Sicherheitsregelung des KfK .....	36
2.5	Werkfeuerwehr .....	36
2.5.1	Ausbildung .....	36
2.5.2	Baumaßnahmen .....	37
2.5.3	Umweltschutz-Gerätewagen „Gefahrgut“ .....	37

2.5.4	Feuerwehrtechnische Aufgaben	39
2.5.5	Atemschutzzentrale	39
2.6	Abfallwirtschaft	40
2.6.1	Entsorgung von inaktiven Abfällen	40
2.6.2	Ausfuhr- und Nachweisregelungen	42
2.7	Rechnernetzwerk	43
3	Sicherung	45
3.1	Objektsicherung	45
3.1.1	Objektsicherungsdienst	45
3.1.2	Alarmzentrale	45
3.1.3	Güterkontrolle	46
3.1.4	Diensthundestaffel	47
3.2	Technische Sicherungssysteme	47
3.3	Ermittlungsdienste	47
3.4	Schließwesen	48
3.5	Verkehrsdienste	48
3.6	Buskontrollen	49
3.7	Personelle und administrative Sicherungsfragen	50
3.7.1	Personensicherheitsüberprüfung	50
3.7.2	Ausweisbüro	50
3.7.3	Empfangsdienst	51
4	Strahlenschutzüberwachung	53
4.1	Arbeitsplatzüberwachung im KfK	55
4.1.1	Personendosimetrie mit Taschenionisationskammern	55
4.1.2	Oberflächenkontaminationen	57
4.1.3	Raumluftaktivitäten	59
4.1.4	Überweisungen an die Medizinische Abteilung	59
4.2	Summendosen	60
4.3	Strahlenschutzmeßlabor	61
4.4	Transporte radioaktiver Stoffe	62
4.5	Programmpflege und -neuentwicklung	64
4.6	Strahlenschutzüberwachung im Zyklotron	64
4.7	Dichtheitsprüfungen	66

5	Umweltschutz	69
5.1	Fortluftüberwachung	70
5.1.1	Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft 1990	73
5.1.2	Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit der Fortluft 1990	80
5.1.3	Strahlenexposition in der Umgebung durch die mit der Fortluft abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1990	82
5.2	Abwasserüberwachung	91
5.2.1	Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1990	95
5.2.2	Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1990	96
5.2.3	Strahlenexposition in der Umgebung durch die mit dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1990	98
5.3	Umgebungsüberwachung	99
5.3.1	Ergebnisse der Routineüberwachung 1990	101
5.3.2	Ergänzende Überwachungsmaßnahmen	105
5.3.3	Radionuklide und Schwermetalle in Bodenproben aus den Hauptausbreitungssektoren der Verbrennungsanlage der HDB	106
5.4	Spektrometrie und chemische Analytik	113
5.4.1	Spektrometrische Untersuchungen	113
5.4.2	Radiochemische Arbeiten	114
5.4.3	Aktinidenableitungen mit der Fortluft der WAK 1990	116
5.4.4	Plutonium- und Strontiumableitungen mit dem Abwasser des KfK 1990	118
5.4.5	Plutoniumkonzentrationen der bodennahen Luft 1990	119
5.4.6	Chemisches Verfahren zur Bestimmung von C-14 im Rahmen der Fortluftüberwachung	120
5.4.7	Kalibrierung eines Probenahmesystems zur C-14-Überwachung der Fortluft kerntechnischer Anlagen	121
5.4.8	Entwicklung einer Bestimmungsmethode für C-14 in Abwasserproben	123
5.4.9	Bestimmung von Plutonium in kontaminierten Altölproben	124
5.4.10	Optimierung eines Bestimmungsverfahrens für Uran in Umweltproben	125
6	Dosimetrie	127
6.1	Amtliche Personendosimetrie	127
6.1.1	Photolumineszenzdosimetrie	128
6.1.2	Thermolumineszenzdosimetrie	130
6.1.3	Sonstige Personen- und Ortsdosimeter	130
6.1.4	Bauartprüfungen und Vergleichsbestrahlungen	131
6.2	Photonendosimetrie	132
6.2.1	Vorort-Vergleich der Anzeigen verschiedener Umgebungsdosimeter	132
6.2.2	Akkumulierung kleiner Dosen mit Phosphatglasdosimetern	133
6.2.3	Dünnschichtige Detektoren zur Messung von H(0,07) in der Teilkörperdosimetrie	134

6.2.4	Photonen-Energiekompensationsfilter für das Albedoneutronendosimeter-System Alnor .....	137
6.2.5	Messung der betriebsbedingten Röntgenstrahlung von Bildschirmgeräten .....	139
6.3	Neutronendosimetrie .....	141
6.3.1	Neutronendosimetrie mit Kernspurätzdetektoren .....	141
6.3.2	Albedoneutronendosimetrie .....	143
6.4	Strahlenexposition durch Radon-Zerfallsprodukte .....	146
6.4.1	Messungen in untertägigen Arbeitsbereichen .....	146
6.4.2	Messungen in übertägigen Betrieben .....	147
6.4.3	Optimierung der Ätzbedingungen für Radondetektoren .....	148
6.5	Inkorporationsmessung .....	152
6.5.1	Routine- und Sondermessungen .....	152
6.5.2	Cs-137-Referenzmessungen .....	155
6.5.3	Neues Stoffwechselmodell für Plutonium .....	158
6.5.4	Untersuchung einer Plutonium-Americium-Wundkontamination .....	160
6.5.5	Zur Nachweisgrenze bei der Messung von Transuranen in Urinausscheidungen .....	163
6.6	Strahlenschutzmeßtechnik .....	165
6.6.1	Aufgaben .....	165
6.6.2	Wartung und Reparatur .....	166
6.6.3	Routinekalibrierung .....	167
6.6.4	Amtliche Eichabfertigungsstelle .....	167
7	Biophysik und Ökologie .....	169
7.1	Einführung .....	169
7.2	Mechanismen der Proliferationskontrolle in Sphäroiden .....	169
7.2.1	Einleitung .....	169
7.2.2	Untersuchungsmethoden .....	170
7.2.3	Ergebnisse und Folgerungen .....	170
7.2.4	Zusammenfassung und Ausblick .....	172
7.3	Krebsbegünstigende Wirkungen niederfrequenter Magnetfelder .....	174
7.3.1	Einleitung .....	174
7.3.2	Bisherige experimentelle Befunde .....	174
7.3.3	Arbeitskonzept von HS/B .....	175
7.3.4	Orientierende Vorversuche .....	176
7.4	Untersuchungen zum Fremdstoffwechsel von Sphäroiden aus Ratten-Hepatozyten .....	178
7.4.1	Einleitung .....	178
7.4.2	Cytochrom-P450 und -abhängige Isoenzyme in SPH und ihre Induzierbarkeit durch PB und MC. ....	178
7.4.3	Weiteres Vorgehen .....	179

7.5	Verhalten von Tritium im System Luft-Pflanze-Boden .....	180
7.5.1	HT-Deposition auf Pflanzen .....	180
7.5.2	Tageszeitliche Schwankungen der HTO-Aufnahme in Pflanzen .....	181
7.5.3	NET-Literaturstudie .....	181
7.6	Untersuchung des Boden-Pflanzen-Transfers biologisch besonders wirksamer Schadstoffe .....	182
7.6.1	Einleitung .....	182
7.6.2	Silberexperimente .....	182
7.6.3	Molybdänexperimente .....	183
7.6.4	Chromexperimente .....	183
7.6.5	Der Transfer Boden - Bodenwasser .....	184
7.6.6	Iod .....	186
7.6.7	Elektrofilterstäube .....	186
8	Mitwirkung von Mitarbeitern der Hauptabteilung Sicherheit in Gremien und fachspezifischen Arbeitskreisen von Verbänden .....	189
9	Veröffentlichungen .....	191

Contents

1	Duties and Organization of the Central Safety Department (in english)	1
2	Industrial Health and Safety	13
2.1	Radiation Protection	15
2.1.1	Responsibilities for Radiation Protection at KfK and Functions of the Radiation Protection Group	15
2.1.2	Inspection of Facilities and Operations	15
2.1.3	Filing Service for Persons Monitored	16
2.1.4	Results of Personnel Dose Monitoring	17
2.1.5	External Staff in Controlled Areas of KfK Installations	18
2.2	Industrial Safety	18
2.2.1	Inspection of Facilities and Operations	18
2.2.2	Work Place Monitoring	19
2.2.3	Examination of Manipulator Activities at the Hot Cell Laboratory	20
2.2.4	Occupational Accidents	20
2.2.5	Industrial Safety Committee	22
2.3	Nuclear Material Safeguards	23
2.3.1	Central Accountancy for Nuclear Material Recording and Reporting	23
2.3.2	Inspections by EURATOM and IAEA	24
2.3.3	Central Accountancy for Recording and Reporting of Other Radioactive Materials	25
2.4	Emergency Planning and Emergency Management	26
2.4.1	Tasks	26
2.4.2	Statistics of Interventions by Squad Leader in Charge	26
2.4.3	Notifiable Events	28
2.4.4	Squad Drills	29
2.4.5	Revision of KfK Emergency Planning	29
2.4.6	Fire Brigade	29
2.5	Non-Radioactive Waste Management	31
2.5.1	Disposal of Non-Radioactive Waste	31
2.5.2	Proof of Delivery	33
3	Security	45
3.1	Plant Security	45
3.1.1	Plant Security Police	45
3.1.2	Alarm Center	45
3.1.3	Goods Inspection	46
3.1.4	Watch Dogs	47

3.2	Technical Security Systems	47
3.3	Investigation Office	47
3.4	Key Service	48
3.5	Traffic Service	48
3.6	Bus Control Service	49
3.7	Personal and Administration Security	50
3.7.1	Personal Security Investigation	50
3.7.2	Identity Office	50
3.7.3	Reception Office	51
4	Radiation Protection	53
4.1	Radiation Protection of Working Places in the KfK	55
4.1.1	Personal Monitoring by Pocket Ionization Chambers	55
4.1.2	Surface Contamination	57
4.1.3	Room Air Contamination	59
4.1.4	Assignment to the Ambulance	59
4.2	Collective Dose	60
4.3	Radiation Protection Laboratory	61
4.4	Transport of Radioactive Material	62
4.5	Computer Programs	64
4.6	Radiation Protection at the Cyclotron Laboratory	64
4.7	Leakage Tests	66
5	Environmental Protection	69
5.1	Vent Air Monitoring	70
5.1.1	Release of Radioactive Substances with the Vent Air in 1990	73
5.1.2	Release of Non-Radioactive Substances with the Vent Air in 1990	80
5.1.3	Radiation Exposure in the Vicinity of KfK Resulting from Radioactive Substances Released with the Vent Air in 1990	82
5.2	Liquid Effluent Monitoring	91
5.2.1	Release of Radioactive Substances with Liquid Effluents in 1990	95
5.2.2	Release of Non-Radioactive Substances with Liquid Effluents in 1990	96
5.2.3	Radiation Exposure in the Vicinity of KfK Resulting from Radioactive Substances Released with Liquid Effluents in 1990	98
5.3	Environmental Monitoring	99
5.3.1	Results of Routine Monitoring in 1990	101
5.3.2	Supplementary Monitoring Measures	105
5.3.3	Radionuclides and Heavy Metals in Soil Samples Taken from the Main Diffusion Sectors of the HDB Incineration Plant	106

5.4	Spectrometry and Chemical Analytics	113
5.4.1	Spectrometric Investigations	113
5.4.2	Radiochemistry Work	114
5.4.3	Actinide Releases with the Vent Air of WAK (Reprocessing Plant) in 1990	116
5.4.4	Plutonium and Strontium Releases with Liquid Effluents of KfK in 1990	118
5.4.5	Plutonium Concentrations of Near-Ground Level Air in 1990	119
5.4.6	Chemical Procedure for C-14 Determination within the Framework of Vent Air Monitoring	120
5.4.7	Calibration of a Sampling System for C-14 Monitoring of the Vent Air of Nuclear Facilities	121
5.4.8	Development of a Method of C-14 Determination in Liquid Effluent Samples	
5.4.9	Optimization of a Procedure of Uranium Determination in Environmental Samples	124
5.4.10	Determination of Plutonium in Contaminated Waste Oil Samples	125
6	Dosimetry	127
6.1	Official Personnel Monitoring	127
6.1.1	Photoluminescent Dosimetry	128
6.1.2	Thermoluminescent Dosimetry	130
6.1.3	Other Personnel and Area Dosemeters	130
6.1.4	Type Tests and Intercomparison Irradiations	131
6.2	Photon Dosimetry	132
6.2.1	Local Intercomparison of Readings from Various Dosemeters for Environmental Monitoring	132
6.2.2	Accumulation of Low Doses Using Phosphat Glass Dosemeters	133
6.2.3	Thin layered Detectors for the Measurement of H (0.07) for Extremity Dosimetry	134
6.2.4	Photon Energy Compensation Filters for the Albedo Neutron Dosemeter System Alnor	137
6.2.5	Measurement of the Operational X-ray Emission from Video Display Terminals	139
6.3	Neutron Dosimetry	141
6.3.1	Neutron Dosimetry using Track Etch Detectors	141
6.3.2	Albedo Neutron Dosimetry	143
6.4	Radiation Exposure due to Radon Decay Products	147
6.4.1	Measurements in Underground Working Areas	147
6.4.2	Measurements in Overground Plants	147
6.4.3	Optimization of Etching Conditions for Radon Detectors	148
6.5	Incorporation Measurements	152
6.5.1	Routine and Special Measurements	152
6.5.2	Cs-137 Reference Measurements	155
6.5.3	New Metabolic Modell for Plutonium	158
6.5.4	Investigation of a Plutonium/Americium Wound Contamination	160

6.5.5	Detection Limit for the Measurement of Transuranium Radionuclides in Urine Excretions .....	163
6.6	Radiation Protection Measuring Technique .....	165
6.6.1	Tasks .....	165
6.6.2	Maintenance and Repair .....	166
6.6.3	Routine Calibration .....	167
6.6.4	Official Calibration Service .....	167
7	Biophysics and Ecology .....	169
7.1	Introduction .....	169
7.2	Mechanisms of Proliferation Control in Spheroids .....	169
7.2.1	Introduction .....	169
7.2.2	Experimental Methods .....	170
7.2.3	Results and Consequences .....	170
7.2.4	Summary and Conclusions .....	172
7.3	Cancer Promoting-Effects of Low Frequency Magnetic Fields .....	174
7.3.1	Introduction .....	174
7.3.2	Preliminary Results .....	174
7.3.3	Working Hypothesis at HS/B .....	175
7.3.4	Orientating First Experiments .....	176
7.4	Investigations upon the Xenobiotic Metabolism of Rat Hepatocyte Spheroids .....	178
7.4.1	Introduction .....	178
7.4.2	Cytochrom-P450 and -dependent Isoenzymes in Spheroids and their Inducibility by PB and MC .....	178
7.4.3	Further Investigations .....	179
7.5	Behaviour of Tritium in the Atmosphere-Soil-Plant System .....	180
7.5.1	HT Deposition on Plants .....	180
7.5.2	Diurnal Fluctuations of the HTO-Uptake in Plants .....	181
7.5.3	NET-Review .....	181
7.6	Investigation of the Soil-Plant Transfer of biologically very effective Agents .....	182
7.6.1	Introduction .....	182
7.6.2	Experiments with Silver .....	182
7.6.3	Experiments with Molybdenum .....	183
7.6.4	Experiments with Chromium .....	183
7.6.5	Transfer from soil to soilwater .....	184
7.6.6	Iodine .....	186
7.6.7	Fly Ashes from Waste Combustion .....	186

8	Consulting Activities .....	189
9	Publications .....	191

## Verzeichnis der Abkürzungen

AbfBestV	Abfallbestimmungsverordnung
AbfG	Abfallbeseitigungsgesetz
AbfNachwV	Abfallnachweisverordnung
AbfRestÜberV	Abfall- und Restüberwachungsverordnung
ASiG	Arbeitssicherheitsgesetz
AtG	Atomgesetz
AVV	Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 45 der Strahlenschutzverordnung
AZ	Alarmzentrale
BAT	Biologischer Arbeitsstofftoleranzwert
BAW	Bundesanstalt für gewerbliche Wirtschaft
BFE	Bundesforschungsanstalt für Ernährung
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BG	Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften
BGA	Bundesgesundheitsamt
BGBI	Bundesgesetzblatt
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BKA	Bundeskriminalamt
BMFT	Bundesministerium für Forschung und Technologie, Bonn
BMI	Bundesministerium des Innern
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BOS	Behörden Organisation Sicherheit
CEA	Commissariat à l'Energie Atomique
DIN	Deutsche Industrie Norm
DRS	Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EISA	Extented Industry Standard Architecture
EKM	Hauptabteilung Einkauf und Materialwirtschaft
ENS	European Nuclear Society
ESN	Entsorgungsnachweis
EURATOM	Europäische Atomgemeinschaft Brüssel
EvD	Einsatzleiter vom Dienst
FIZ	Fachinformationszentrum Energie, Physik, Mathematik GmbH
FR2	Forschungsreaktor 2
GAA	Gewerbeaufsichtsamt
GefahrgutV See	Gefahrgutverordnung See
GefStoffV	Gefahrstoffverordnung

GGVS	Gefahrgutverordnung Straße
GMBI	Gemeinsames Ministerialblatt
GKN	Gemeinschaftskernkraftwerk Neckar GmbH, Neckarwestheim
GRS	Gesellschaft für Reaktorsicherheit mbH, Köln
GSF	GSF - Forschungsstelle für Umwelt und Gesundheit GmbH, Neuherberg
GSJ	Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH, Darmstadt
GW-G	Gerätewagen,- Gefahrgut
HBAU	Hauptabteilung Bauwesen
HBT	Hauptabteilung Betriebstechnik
HBT/BI	Hauptabteilung Betriebstechnik/Betriebsinstandhaltung
HBT/BW	Hauptabteilung Betriebstechnik/Betriebswerkstätten und Montage
HBT/FT	Hauptabteilung Betriebstechnik/Hauptwerkstatt
HBT/IH	Hauptabteilung Betriebstechnik/Instandhaltung Haus-, Maschinen- und Elektrotechnik
HBT/IH-M	Hauptabteilung Betriebstechnik/Instandhaltung Zentraler Manipulatorservice
HBT/QS	Hauptabteilung Betriebstechnik/Qualitätssicherung
HBT/VB	Hauptabteilung Betriebstechnik/Versorgungsbetriebe
HDB	Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe
HDB I-Wä	Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe/Wäscherei
HDI	Hauptabteilung Datenverarbeitung und Instrumentierung
HF	Hauptabteilung Finanz- und Rechnungswesen
HFk	Hand-Fuß-Kleider-Monitor
HIT	Hauptabteilung Ingenieurtechnik
HPRR	Health Physics Research Reactor
HPS	Hauptabteilung Personal und Soziales
HS	Hauptabteilung Sicherheit
HS/AS	Hauptabteilung Sicherheit/Arbeitsschutz und Sicherheit
HS/AS-Fw	Hauptabteilung Sicherheit/Arbeitsschutz und Sicherheit/Feuerwehr
HS/B	Hauptabteilung Sicherheit/Biophysik und Ökologie
HS/D	Hauptabteilung Sicherheit/Dosimetrie
HS/S	Hauptabteilung Sicherheit/Sicherung
HS/Ü	Hauptabteilung Sicherheit/Strahlenschutzüberwachung
HS/US	Hauptabteilung Sicherheit/Umweltschutz
HVT	Hauptabteilung Versuchstechnik
HVT/EA	Hauptabteilung Versuchstechnik/Experimentieranlagen
HVT/HZ	Hauptabteilung Versuchstechnik/Heiße Zellen
IAEO	Internationale Atomenergie Organisation Wien
ICRP	International Commission on Radiological Protection

IDT	Institut für Datenverarbeitung in der Technik
IEC	International Electrotechnical Commission
IGT	Institut für Genetik und für Toxikologie von Spaltstoffen
IHCh	Institut für Heiße Chemie
IHK	Industrie- und Handelskammer
IK	Institut für Kernphysik
IK-III/RTM	Institut für Kernphysik III/Radionuklidtechnik im Maschinenbau
IK-III/Zykl	Institut für Kernphysik III/Zyklotron
IMF	Institut für Material- und Festkörperforschung
IMK	Institut für Meteorologie und Klimaforschung
IMT	Institut für Mikrostrukturtechnik
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
ISH	Institut für Strahlenhygiene des Bundesamtes für Strahlenschutz
ITP	Institut für Technische Physik
KAZ	Karlsruher Kompaktzyklotron
KBG	Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft mbH, Leopoldshafen
KFA	Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich
KfK	Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe
KGV	Koordinationsstelle Genehmigungsverfahren
KHG	Kerntechnische Hilfsdienst GmbH, Leopoldshafen
KIZ	Karlsruher Isochronzyklotron
KKP	Kernkraftwerk Philippsburg, Philippsburg
KKW	Kernkraftwerk
KNK	Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage
KWO	Kernkraftwerk Obrigheim GmbH, Obrigheim
KWU	Kraftwerk Union AG, Erlangen
LA	Literaturabteilung
LAF	Laboratorium für Aerosolphysik und Filtertechnik
LAN	Local Area Network
LAVA	Lager- und Verdampfungsanlage für hochaktive Flüssigkeiten
LAW	Low Activity Waste
LFU	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe
LIT	Laboratorium für Isotopentechnik

LKA	Landeskriminalamt
LLL	Lawrence Livermore Laboratory
LWR	Leichtwasserreaktor
MAK	Maximale Arbeitsplatzkonzentration
MAW	Medium Activity Waste
MBZ	Materialbilanzzone
MED	Medizinische Abteilung
MED/Tox	Medizinische Abteilung/Toxikologisches Labor
MPBB	Maximum Permissible Body Burden
MPI	Max-Planck-Institut
MS-DOS	Microsoft-Disk operation system
mSv	Millisievert
MZFR	Mehrzweckforschungsreaktor
NEA	Nuclear Energy Agency
NET	Next European Torus
NRPB	National Radiological Protection Board, Chilton, UK
NV-Vertrag	Nichtverbreitungsvertrag
NWG	Nachweisgrenze
OBT	Organisch gebundenes Tritium
OKD	Stabsabteilung Organisation und Kaufmännische Datenverarbeitung
ORNL	Oak Ridge National Laboratory
OSD	Objektsicherungsdienst
PC	Personal Computer
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PFT	Projektträgerschaft Fertigungstechnik
PHDR	Projekt Heißdampfreaktor-Sicherheitsprogramm
PL	Photolumineszenz
PLD	Photolumineszenzdosimeter
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig
PWR	Pressurized Water Reactor
RestBestV	Reststoffbestimmungsverordnung
RöV	Röntgenverordnung
RP	Regierungspräsidium
RVO	Reichsversicherungsordnung
SKT	Schule für Kerntechnik
SM	Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung Baden-Württemberg
SSB	Strahlenschutzbeauftragter
SSV	Strahlenschutzverantwortlicher

StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
SUR	Siemens-Unterrichts-Reaktor
TA	Technische Anleitung
TAMARA	Testanlage zur Müllverbrennung, Abgasreinigung, Rückstandsverwertung und Abwasserbehandlung
TEKO	Technikumshalle zur Komponentenerprobung
TIK	Taschenionisationskammer
TL	Thermolumineszenz
TLD	Thermolumineszenzdosimeter
TOSKA	Toroidale Spulentestanlage Karlsruhe
TRGS	Technische Regeln für Gefahrstoffe
TRK	Technische Richtkonzentration
TU	Europäisches Institut für Transurane
TÜV	Technischer Überwachungs-Verein e. V.
UI	Umweltschutzlehrgang I
UM	Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
UVV	Unfallverhütungsvorschriften
VBG	Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften
VDSI	Verein Deutscher Sicherheitsingenieure e. V.
VE	Vollentsalztes Wasser
VGB	Technische Vereinigung der Großkraftwerksbetreiber e. V., Essen
WAK	Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Betriebsgesellschaft mbH, Eggenstein-Leopoldshafen
WL	Working Level
WWA	Wasserwirtschaftsamt

## 1 Aufgabengebiet und Organisation der Hauptabteilung Sicherheit

W. Koelzer, M. Urban

Die Hauptabteilung Sicherheit ist für die Gewährleistung des Strahlenschutzes und der technischen Sicherheit auf konventionellem und nuklearem Gebiet sowie für den Objektschutz und die Sicherung der Kernmaterialien und radioaktiven Stoffe zuständig. Ihr Leiter ist gleichzeitig als Sicherheitsbeauftragter und als Sicherungsbeauftragter des Kernforschungszentrums Karlsruhe GmbH (KfK) bestellt.

Die Aufgabenstellung der Hauptabteilung Sicherheit umfaßt Strahlenschutz-, Sicherheits- und Sicherungsaufgaben für die Institute und Abteilungen der KfK GmbH sowie die Abluft-, Abwasser- und Umgebungsüberwachung für das gesamte Kernforschungszentrum Karlsruhe einschließlich der Gastinstitutionen sowie die Durchführung von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten. Schwerpunkte der F + E-Arbeiten sind: Boden-Pflanzen-Transfer biologisch besonders wirksamer Schadstoffe, Biophysik multi-zellulärer Systeme, biologische Wirkungen von Strahlung und elektromagnetischer Felder, Verhalten von Tritium im System Luft-Boden-Pflanze sowie Verbesserungen dosimetrischer Meßverfahren bei externer und interner Strahlenexposition.

Am 31.12.1990 waren in der Hauptabteilung Sicherheit 30 Akademiker, 40 Ingenieure, 271 technische und administrative Mitarbeiter, 1 Gastwissenschaftler, 3 Doktoranden und 12 Mitarbeiter zur Ausbildung als Strahlenschutzingenieur tätig.

### Abteilung Arbeitsschutz und Sicherheit

Die Abteilung „Arbeitsschutz und Sicherheit“ (HS/AS) hat beratende, kontrollierende und administrativ steuernde Funktionen auf allen Gebieten des Strahlenschutzes, der Kernmaterialüberwachung, der Arbeitssicherheit, der Abfallwirtschaft und des betrieblichen Katastrophenschutzes. Sie überprüft die Einhaltung angeordneter Maßnahmen zur Erfüllung gesetzlicher Pflichten, behördlicher Auflagen und sonstiger Vorschriften zur technischen Sicherheit. Zu ihren Aufgaben gehört die zentrale Erfassung und Dokumentation sicherheitsrelevanter Daten, Fakten und Vorgänge.

Die Gruppe „Strahlenschutz“ führt die Bestellungen der Strahlenschutzbeauftragten durch und unterstützt deren Tätigkeit sowie den praktischen Strahlenschutz durch Information, Beratung und Behördenkontakte. Sie überprüft die Einhaltung der Strahlenschutz- und der Röntgenverordnung sowie behördlicher Auflagen bei Betriebsbegehungen, führt EDV-gestützte Dateien mit den persönlichen Meßdaten der beruflich strahlenexponierten Personen und verfolgt die Termine für Strahlenschutzbelehrungen und arbeitsmedizinische Untersuchungen. Sie schafft die Voraussetzungen für den Einsatz von Fremdfirmenpersonal (Abgrenzungsverträge gem. § 20 StrlSchV) und stellt die Strahlenpässe für Mitarbeiter aus, die in fremden Anlagen tätig werden.

Der Gruppe „Kernmaterialüberwachung“ obliegt die zentrale Buchhaltung für KfK GmbH zur Erfassung und Überwachung von Kernmaterial und sonstigen radioaktiven Stoffen. Sie erstattet alle Bestandsänderungs- und Materialbilanzberichte für die Materialbilanzzonen, erledigt die Korrespondenz mit Euratom, bereitet die Inspektionen und Inventuren durch Euratom vor und begleitet die Inspektoren von Euratom und IAEA bei deren Aufsichtsbesuchen.

Die Gruppe „Arbeitsschutz“ wird auf allen Gebieten der konventionellen Sicherheit im Rahmen von Betriebsbegehungen kontrollierend und beratend tätig. Sie führt Lärm- und Schadstoffmessungen sowie ergonomische Untersuchungen an Arbeitsplätzen durch. Sie führt eine Gefahrenstoffdatenbank und schlägt Schutzmaßnahmen aufgrund von Arbeitsplatzanalysen vor. Ihr obliegt die Registrierung und Meldung von Arbeitsunfällen und die Bestellung der Personen, die im nicht atomrechtlich begründeten Teil der Sicherheitsorganisation der KfK besondere Funktionen übernehmen. Sie sorgt für die ordnungsgemäße Reststoffverwertung und Entsorgung inaktiver Abfälle.

Die Gruppe „Einsatzleitung und Einsatzplanung“ stellt „rund um die Uhr“ den Einsatzleiter vom Dienst (EvD) für die Sicherheitsorganisation des Kernforschungszentrums Karlsruhe, sie erarbeitet und aktualisiert Einsatzunterlagen, organisiert Alarmübungen der Einsatztrupps, erstattet Einsatzberichte und meldet sicherheitstechnisch bedeutsame Ereignisse den Aufsichtsbehörden.

Die Gruppe „Werkfeuerwehr“ ist mit einer Schicht ständig auf dem KfK-Gelände einsatzbereit. Die Aufgaben der Werkfeuerwehr umfassen neben Löscheinsätzen, vorbeugenden Brandschutzmaßnahmen und vielfältigen technischen Hilfeleistungen auch den Betrieb der Atemschutzzentrale und die Durchführung von Prüfungen, Instandsetzungen und Wartungsarbeiten an allen in der KfK benutzten Atemschutztechnischen Geräten.

#### Abteilung Biophysik und Ökologie

Zu den Aufgaben der Abteilung Biophysik und Ökologie gehört die experimentelle Bearbeitung von Fragestellungen des Strahlenschutzes, der medizinischen Strahlenanwendung ebenso wie die Erforschung von strahlenbedingten und konventionellen Gesundheitsrisiken. Die Abteilung setzt sich aus einem interdisziplinären Team von Wissenschaftlern aus den Bereichen Physik, Chemie, Biologie und Agrar- und Bodenwissenschaft zusammen. Sie gliedert sich in drei Arbeitsgruppen, die den Arbeitsbereichen Sphäroide und Zellinteraktion, biologische Wirkung von Strahlung und Feldern, Umweltverhalten von Spurenelementen und Tritiumverhalten in Pflanzen zugeordnet sind.

Die multizellulären Sphäroide sind ein wirklichkeitsnahes und vielseitig einsetzbares Kultursystem für die Wirkungs- und Gefährdungsforschung. Ihre strukturelle und funktionelle Nähe zu biologischen Geweben und Organen sind wesentlich bedingt durch die Etablierung eines natürlichen interzellulären Kommunikationsmusters im dreidimensionalen Zellverband. Durch gezielte Erforschung der noch weitgehend unverstandenen Mechanismen der Zellkommunikation leistet dieser Arbeitsbereich zugleich einen Beitrag zur Nutzung der Zellkommunikation bzw. ihrer Inhibierung als Wirkungsindikator für eine Klasse von chemischen Noxen (Tumor-Promotoren).

Die mit Sphäroiden gewonnenen Daten geben die Reaktion von tierischen und menschlichen Zellen auf diese Agenzien unter dem Aspekt wieder, daß in einer konkreten Expositionssituation die Zellen Bestandteil eines differenzierten Gewebes sind. Dies markiert einen bedeutenden Fortschritt gegenüber den bisher verwendeten Monolayer-Kulturen, bei denen im wesentlichen die Reaktionen isolierter Zellen erfaßt werden.

Das Umweltverhalten von Spurenelementen ist ein weiterer Arbeitsschwerpunkt dieser Abteilung. Ziel der Arbeiten ist die Bestimmung des Transfers wichtiger Schwermetalle zum Menschen, insbesondere die Aufnahme aus dem Boden in Nahrungs- und Futtermittelpflanzen. Als Metalle werden vorwiegend Cr, Mo, Se, Te, Ni, Co, Mn, Ag und Cu untersucht, über die bisher wenig bekannt ist, die aber physiologisch bedeutsam sind. Dabei werden auch Industriestäube einbezogen.

Im Rahmen des Projektes Kernfusion werden Untersuchungen zur Aufnahme von Tritium in Pflanzen in einer Klimakammer durchgeführt. Die Tritium-Aufnahme hängt entscheidend von der chemischen Form des Tritiums (HT oder HTO) ab. Ziel der Untersuchungen ist die Ermittlung der Depositionsrate und die Aufnahme in das Gewebewasser bzw. als organisch gebundenes Tritium. Außerdem wird die Rolle des Bodenwassers untersucht, d. h. die Umwandlung von HT in HTO im Boden und dessen Aufnahme über Wurzeln und Blätter. Zusätzlich werden auch die Einflüsse der Photosynthese, der Transpirationsrate und der meteorologischen Bedingungen studiert. Die Ergebnisse werden in Modellrechnungen zur Dosisabschätzung für Tritium-Freisetzungen einfließen.

#### Abteilung Dosimetrie

Die Abteilung Dosimetrie ist zuständig für die Auswahl und Anwendung dosimetrischer Meßverfahren sowie für die Durchführung von Inkorporationsdirektmessungen. Weitere Aufgaben sind die Kalibrierung und die Reparatur der Strahlenschutzmeßgeräte zur Luft- und Pegelüberwachung. Ein Schwerpunkt der Abteilung Dosimetrie ist die Bereitstellung, Erprobung und Anwendung neuer Strahlenschutzmeßverfahren mit dem besonderen Gewicht auf der Neutronendosimetrie, der Messung geringer Dosen sowie der Messung geringer Nukliddepositionen im Körper. Dazu werden ein Ganzkörperzähler sowie zwei spezielle Teilkörperzähler eingesetzt.

Im Aufgabenbereich „Externe Dosimetrie“ werden Meßverfahren weiterentwickelt und für eine Routineanwendung bereitgestellt. Schwerpunkt der Entwicklungsarbeiten sind Meßverfahren für Neutronenstreustrahlungsfelder die Weiterentwicklung und Anwendung von Kernspurätzdetektoren, die Messung kleiner Dosen sowie die Verbesserung der Meßverfahren zur Teilkörperdosimetrie.

Im Aufgabenbereich „Interne Dosimetrie“ werden Verfahren zur Bestimmung der Äquivalentdosis bei innerer Strahlenexposition weiterentwickelt. Im Vordergrund steht dabei die Verbesserung der Verfahren zum Nachweis von Thorium, Uran, Plutonium und Americium in der Lunge, der Leber und im Skelett sowie die Bereitstellung von geeigneten Stoffwechselmodellen zur Interpretation der Meßergebnisse. Zur Verbesserung des Nachweises von niederenergetischen Photonenstrahlern wird im Rahmen eines vom BMU geförderten Forschungsvorhabens ein neuartiger Teilkörperzähler mit Reinstgermanium-Teleskopdetektoren in Antikoinzidenztechnik aufgebaut.

Der Aufgabenbereich „Strahlenschutzmeßgeräte“ führt Reparaturen und Kalibrierungen an Anlagen zur Raum- und Abluftüberwachung durch, wie auch an den festinstallierten Gammapegel-Meßstellen zur Überwachung von Arbeitsplätzen und der Umwelt. Weitere Aufgaben sind die Eingangskontrolle neu angeschaffter Geräte, der Test von neu auf dem Markt angebotenen Meßgeräten sowie der Betrieb von Bestrahlungsanlagen zur routinemäßigen Kalibrierung von Festkörperdosimetriesystemen und von Dosis- und Dosisleistungsmeßgeräten. Die Anlagen werden von der amtlichen Eichabfertigungsstelle des Landes Baden-Württemberg auch zur Eichung von Personen- und Ortsdosimetern eingesetzt.

Für die Personenüberwachung in Baden-Württemberg wird eine amtliche Meßstelle für Festkörperdosimeter betrieben, die auf Anforderung auch Aufgaben im Bereich der nichtamtlichen Dosimetrie durchführt.

## Abteilung Sicherung

Der Abteilung Sicherung obliegt mit den Arbeitsgebieten „Objektsicherungsdienst“, „Sicherungstechnik und Ermittlungsdienst“ sowie „Personelle und administrative Sicherungsfragen“ die Gewährleistung der Basissicherung für das gesamte Kernforschungszentrum.

Der „Objektsicherungsdienst“ ist für die Sicherung des Kernforschungszentrums Karlsruhe verantwortlich. Zu den Aufgaben gehören 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, plant und kontrolliert das Schließwesen und ist für den ordnungsgemäßen Ablauf des Straßenverkehrs im Bereich des Kernforschungszentrums Karlsruhe zuständig.

Das Arbeitsgebiet „Sicherungstechnik und Ermittlungsdienst“ ist mitverantwortlich für Auswahl, Einsatz und Funktionssicherheit der technischen Sicherheitssysteme. Mit Hilfe des Ermittlungsdienstes werden die Einhaltung der Ordnungs- und Kontrollbestimmungen der Kernforschungszentrums, die Aufklärung von Schadensfällen sowie die Sicherung von Regreßansprüchen betrieben.

Im Arbeitsgebiet „Personelle und administrative Sicherungsfragen“ werden Zutrittsberechtigungen nach aufsichtsbehördlichen Auflagen ausgestellt. Die Erstellung von Werksausweisen erfolgt im Ausweisbüro.

## Abteilung 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 Dosisimeter sowie nach Bedarf Teilkörper- oder Neutronendosisimeter ausgegeben. In den Gebäuden und Anlagen werden nach vorgegebenem Plan routinemäßig Kontaminations- und Dosisleistungsmessungen durchgeführt und die Aktivitätskonzentration in der Raumluft der Arbeitsräume überwacht. Die Strahlenschutzmitarbeiter veranlassen bei Personenkontaminationen die Durchführung der Dekontamination.

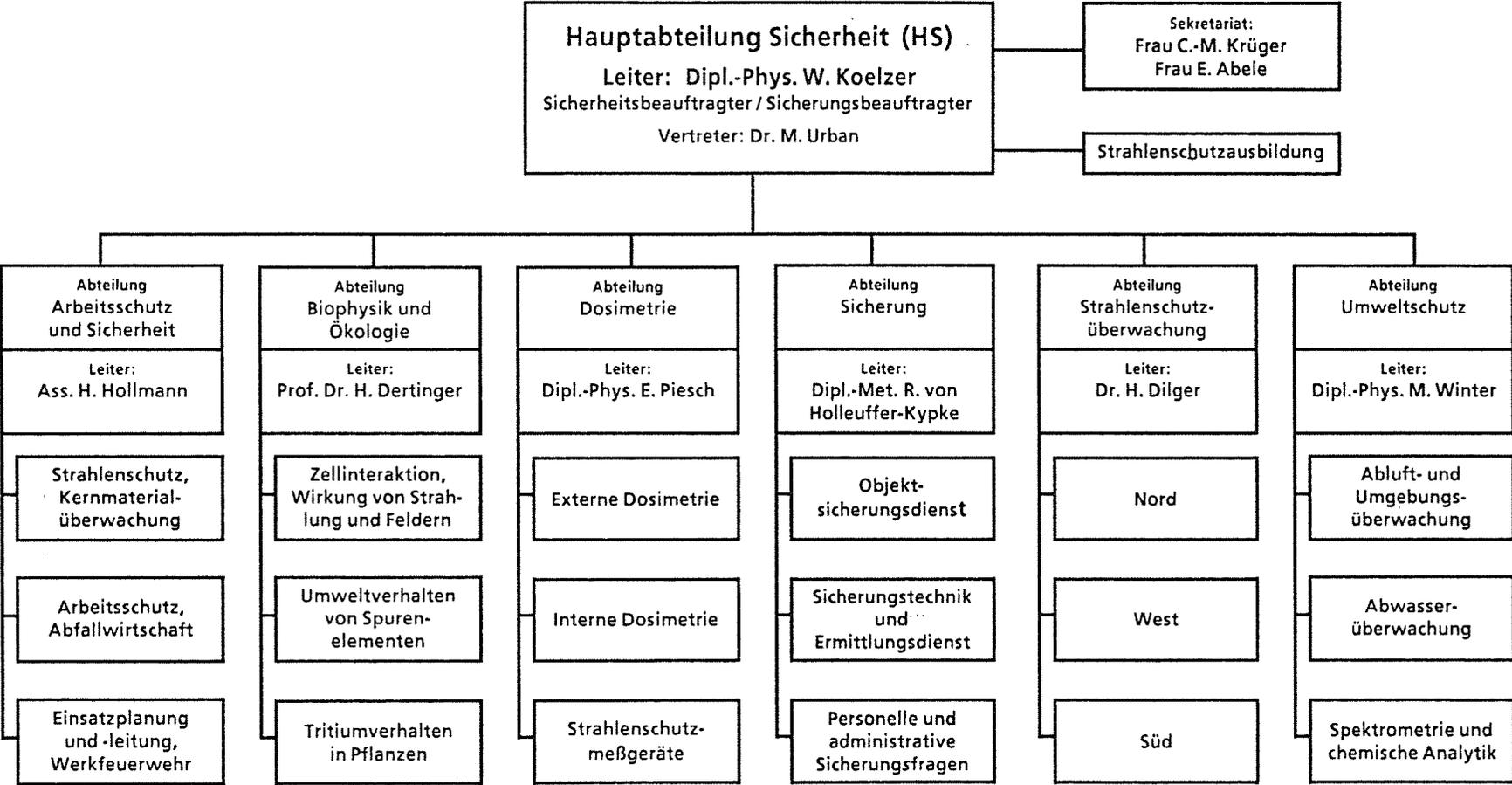
Die Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung überwachen den Materialtransport aus den Kontrollbereichen in den betrieblichen Überwachungsbereich des Kernforschungszentrums und aus dem Gelände des Kernforschungszentrums hinaus. Sie ermitteln, ob die von den Verordnungen vorgegebenen Grenzwerte für die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

## Abteilung Umweltschutz

Die Aufgaben der Abteilung Umweltschutz umfassen die Überwachung der Emissionen radioaktiver Stoffe mit Abluft und Abwasser aus den kerntechnischen Einrichtungen und Instituten des Kernforschungszentrums Karlsruhe und die Überwachung der Immissionen in seiner Umgebung. Überwachungsziel ist die möglichst lückenlose Erfassung aller Emissionen und Immissionen und der auf Messungen und begleitende Berechnungen gestützte Nachweis der Einhaltung der durch die Strahlenschutzverordnung vorgegebenen Grenzwerte und darüber hinausgehender Auflagen der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde.

Die Gruppe Abluft- und Umgebungsüberwachung kontrolliert und koordiniert die Aktivitätsableitungen in die Atmosphäre aus dem gesamten Kernforschungszentrum. Sie ermittelt die Strahlenexposition der Umgebung. Die Umgebung des Kernforschungszentrums und des Betriebsgeländes wird mit Hilfe von Zählrohrstationen und Festkörperdosimetern überwacht. Zur Bestimmung des Radioaktivitätsgehaltes in Luft, Wasser, Boden, Sediment, Fisch und landwirtschaftlichen Produkten werden regelmäßig Proben aus der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe gemessen.

Die Messung aller im Zuständigkeitsbereich des Kernforschungszentrums Karlsruhe GmbH zur Abluftüberwachung anfallenden Proben erfolgt in der Gruppe Spektrometrie und chemische Analytik. Die Gruppe Abwasserüberwachung mißt die Aktivitätskonzentrationen der Abwässer aus den Abwassersammelstationen zur Entscheidung, ob diese dekontaminiert werden müssen oder direkt der Kläranlage zugeführt werden dürfen, sowie die Aktivitätskonzentrationen der aus der Kläranlage zum Vorfluter abzuleitenden Abwässer.



## 1 Duties and Organization of the Central Safety Department

W. Koelzer, M. Urban

The Central Safety Department is responsible for ensuring radiation protection and nuclear safety, both in conventional and nuclear fields, for security and surveillance of nuclear materials and radioactive substances. The head of the department at the same time is Safety Officer and Security Officer of the Karlsruhe Nuclear Research Center (Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH).

The Central Safety Department is responsible for handling all problems of radiation protection, safety and security of the institutes and departments of the KfK GmbH, for waste water activity measurements and environmental monitoring of the whole area of the Center and for research and development work on the following aspects: Behaviour of trace elements in the environment, behavior of tritium in the air/soil/plant system, biophysics of multicellular systems, biological effects of radiation and electromagnetic fields, improvement of radiation protection measurement and personnel dosimetry.

On December, 31, 1990 the Central Safety Department employed 30 graduated staff members, 40 engineers and 271 other staff members, 1 foreign guest scientist, 3 candidates for doctor's degree and 12 staff members undergoing training as radiation protection engineers.

### "Industrial Health and Safety"

The Division "Industrial Health and Safety" (HS/AS) has consulting, monitoring, and administrative control functions in all areas of radiation protection, nuclear material safeguards, industrial safety, waste management, and in-plant emergency protection. It verifies the observance of measures prescribed in discharging legal obligations, conditions 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 appoints the Radiation Protection Officers and supports their activities as well as practical radiation protection efforts by offering information and consultancy and through contacts with public authorities. It makes sure, on plant inspection tours, 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 arranges the time schedules of radiation protection instruction courses and industrial medicine examinations. It concludes and manages contracts with outside companies under Section 20 of the Radiation Protection Ordinance and issues radiation passports to staff members delegated to work in outside facilities.

The Nuclear Material Safeguards Group is responsible for the central accountancy for KfK GmbH, recording and safeguarding nuclear material and other radioactive substances. It writes all inventory change and material balance reports for the material balance areas of KfK, handles the correspondence with Euratom, prepares inspections and physical inventory verifications by Euratom, and accompanies the inspectors of Euratom and IAEA on their inspection tours of KfK.

The Industrial Safety Group has a controlling and consulting function in all areas of conventional safety, which is exercised in the course of plant inspection tours. It performs noise and pollutant measurements and conducts ergonomic investigations at workplaces. It runs a dangerous chemicals data base and proposes protective measures in the light of workplace analyses. It is responsible for registering and reporting accidents at work and for appointing persons charged with safety functions. It ensures the safe use of waste materials and the management of non-radioactive waste.

The Emergency Planning and Management Group provides the squad leader in charge of the safety organization of KfK GmbH "around the clock". The group prepares and updates intervention documents, organizes alarm drills of the task forces, writes reports about interventions, and reports to the supervisory authorities any events which are relevant in terms of safety.

The Fire Brigade of KfK is permanent in standby, ready to start if there is an alarm. The Fire Brigade is responsible for firefighting, taking preventive measures of fire protection, for rendering many kinds of technical assistance, and also for operating the respiration protection center and performing tests and repair and maintenance work on all respiration protection gear used at KfK.

#### "Biophysics and Ecology"

The Division Biophysics and Ecology is engaged in experimental work related to problems of biological radioprotection, medical applications of radiation, conventional health risks and adjacent fields. The department consists of an interdisciplinary team of scientists from fields such as physics, chemistry, biology and agricultural and soil sciences. It is organized in three groups, cell interaction and biological effects of radiation and electromagnetic fields, behaviour of trace elements in the environment, behaviour of Tritium in plants.

Multicellular spheroids are useful multipurpose systems for the research work on biological effects and risks. The inter cellular communication in the three dimensional cell formation is one of the main reasons for the similarity of spheroids to organs and tissues. Knowledge of mechanisms of cell communication is important to use it as an indicator of cell effects of chemical noxes (tumor promoters) and radiation.

Cultured spheroids of animal and human cells provide adequate modelling of the most frequent exposure situation where the cells are constituents of a differentiated tissue. From experiments with conventional monolayer cultures only the reaction of isolated cells to the toxic agent can be inferred.

The behaviour of trace elements in the environment is investigated especially under the aspect of the transfer of heavy metal elements to man. Of special interest in this work are the elements Cr, Mo, Se, Te, Ni, Co, Mn, Ag and Cu as well as industrial dusts.

As part of the KfK research project on nuclear fusion the uptake of tritium into plants is investigated. The tritium uptake is different for HT and HTO. The aim is to investigate deposition rates, the uptake into tissue water or as organically bound tritium. In addition the influences of soil water as the oxidation of HT to HTO, the uptake of it through the roots and into leaves is of interest. The results are used as input data for model calculations to estimate radiation doses from tritium releases of the Karlsruhe Tritium Laboratory and future nuclear fusion plants.

## "Dosimetry"

The Dosimetry Division is responsible for selecting and applying dosimetry techniques for measurement and also for carrying out direct incorporation measurements. Other activities relate to the repair and calibration of air and gamma level monitors. A major activity of the Dosimetry Division is to provide, to test and to apply new radiation protection techniques, special attention being paid to neutron dosimetry, low dose measurements, and measurements of minor nuclide deposits in the body with a whole body counter and two special partial body counters.

In the group "External Dosimetry" measuring methods are improved and provided for routine application. Special attention is devoted to in neutron dosimetry, especially the application of albedo measuring techniques in stray neutron fields, the application and advancement of track etching techniques and the measurement of low doses in the region of the natural background radiation level.

In the group "Internal Dosimetry" the methods for assessment of dose equivalent due to internal exposure are improved. Major activities are related to the development of measuring techniques for detection of Thorium, Uranium, Plutonium and Americium in lungs, liver and skeleton, respectively, and to the improvement of metabolic models for better understanding of measured data. In the framework of a research program funded by the Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Federal Ministry for Environment, Nature Conservation and Reactor Safety) a new partial body counter with hyperpure Germanium telescope detectors is developed using anticoincidence techniques for high sensitive detection of actinides.

The group "Radiation Protection Measurement Devices" repairs and calibrates all equipment for air and gamma level monitoring. It also operates the irradiation facilities for calibration of dosimeters and dose rate meters used for radiation protection. The facilities are also used by the Office of Weights and Measures of Baden-Württemberg for the official calibration of personal and area dosimeters.

For the purpose of personnel monitoring an official Monitoring Service for Solid State Dosimeters is established. The service distributes and evaluates official phosphate glass dosimeters, thermoluminescent finger ring dosimeters and albedo neutron dosimeters.

## "Security"

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

The Physical Security Service is responsible for security within the Nuclear Research Center. Its activities include the protection of the whole site by patrol and surveillance services and guards protecting access at the main gates. The Technical Security and Investigation Service is responsible for selecting, using and ensuring the functional reliability of technical security systems.

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

### "Radiation Protection Monitoring"

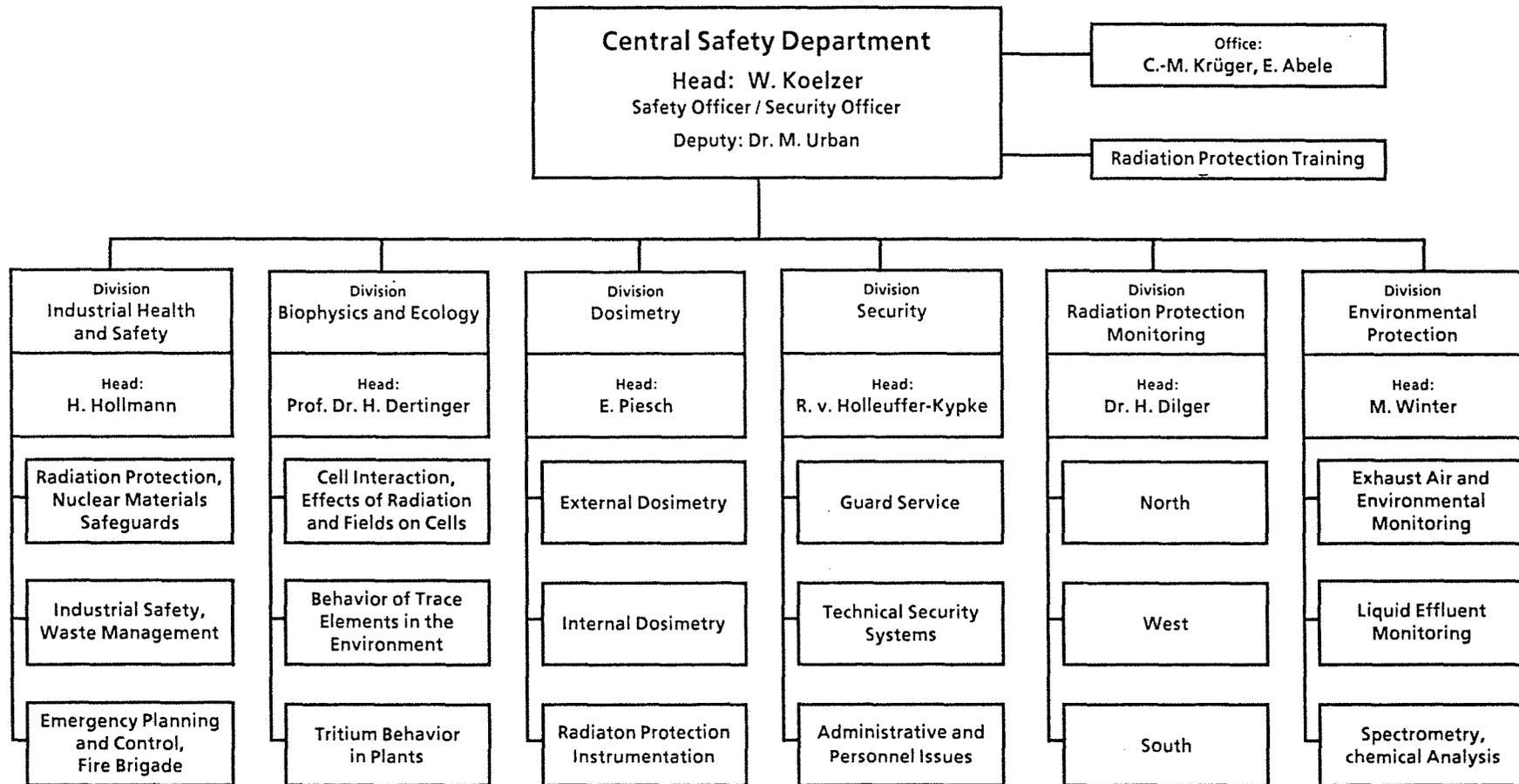
The Radiation Protection Monitoring Division is mainly responsible for protection of the personnel of the Karlsruhe Nuclear Research Center handling radioactive substances or exposed to ionizing radiation. As a result of these duties, the members of this Division work in a decentralized system in the 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.

The Radiation Protection Monitoring Division carries out the daily evaluation of pen dosimeters and records the personnel doses received. The official film dosimeters or neutron dosimeters are distributed if required. Routine contamination and dose rate measurements are performed in buildings and facilities in accordance with a plan. Radiation protection staff members 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 exceeding limits, protective measures are recommended. Material transports from controlled areas into the supervised area of the Nuclear Research Center and out of the Nuclear Research Center are monitored.

### "Environmental Protection"

The Environmental Protection Division is responsible for measuring and recording, respectively, the radioactive emissions from the Karlsruhe Nuclear Research Center, for monitoring environmental burdens and investigating the radiological impacts of such emissions. The environment is monitored by  $\beta$ - and  $\gamma$ -radiation measurements and by activity measurements of various samples. Samples are taken regularly to determine the radioactivity contents of air, water, soil, sludge, fish and agricultural products. Physical and chemical methods are applied in the determination of radionuclides and other elements.

State as of 31.12.1990





## 2 Arbeitsschutz und Sicherheit

H. Hollmann

Die Abteilung „Arbeitsschutz und Sicherheit“ (HS/AS) hat beratende, kontrollierende und administrativ steuernde Funktionen auf allen Gebieten des Strahlenschutzes, der Kernmaterialüberwachung, der Arbeitssicherheit, der Abfallwirtschaft und des betrieblichen Katastrophenschutzes. Sie überprüft die Einhaltung angeordneter Maßnahmen zur Erfüllung gesetzlicher Pflichten, behördlicher Auflagen und sonstiger Vorschriften zur technischen Sicherheit im Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH (KfK). Zu ihren Aufgaben gehören die zentrale Erfassung und Dokumentation sicherheitsrelevanter Daten, Fakten und Vorgänge.

Die Gruppe „Strahlenschutz“ führt die Bestellungen der Strahlenschutzbeauftragten durch und unterstützt deren Tätigkeit sowie den praktischen Strahlenschutz durch Information, Beratung und Behördenkontakte. Sie überprüft die Einhaltung der Strahlenschutz- und der Röntgenverordnung sowie behördlicher Auflagen bei Betriebsbegehungen, führt EDV-gestützte Dateien mit den persönlichen Meßdaten der beruflich strahlenexponierten Personen und verfolgt die Termine für Strahlenschutzbelehrungen und arbeitsmedizinische Untersuchungen. Sie schafft die Voraussetzungen für den Einsatz von Fremdfirmenpersonal (Abgrenzungsverträge gem. § 20 StrlSchV) und stellt die Strahlenpässe für Mitarbeiter aus, die in fremden Anlagen tätig werden.

Der Gruppe „Kernmaterialüberwachung“ obliegt die zentrale Buchhaltung für die KfK zur Erfassung und Überwachung von Kernmaterial und sonstigen radioaktiven Stoffen. Sie erstattet alle Bestandsänderungs- und Materialbilanzberichte für die Materialbilanzzonen der KfK, erledigt die Korrespondenz mit Euratom, bereitet die Inspektionen und Inventuren durch Euratom vor und begleitet die Inspektoren von Euratom und IAE0 bei deren Aufsichtsbesuchen in der KfK.

Die Gruppe „Arbeitsschutz“ wird auf allen Gebieten der konventionellen Sicherheit im Rahmen von Betriebsbegehungen kontrollierend und beratend tätig. Sie führt Lärm- und Schadstoffmessungen sowie ergonomische Untersuchungen an Arbeitsplätzen durch. Sie führt eine Gefahrenstoffdatenbank und schlägt Schutzmaßnahmen aufgrund von Arbeitsplatzanalysen vor. Ihr obliegt die Registrierung und Meldung von Arbeitsunfällen und die Bestellung der Personen, die in dem nicht atomrechtlich begründeten Teil der Sicherheitsorganisation der KfK besondere Funktionen übernehmen. Sie sorgt für die ordnungsgemäße Reststoffverwertung und Entsorgung inaktiver Abfälle.

Die Gruppe „Einsatzleitung und Einsatzplanung“ stellt „rund um die Uhr“ den Einsatzleiter vom Dienst (EvD) für die Sicherheitsorganisation der KfK, sie erarbeitet und aktualisiert Einsatzunterlagen, organisiert Alarmübungen der Einsatztrupps, erstattet Einsatzberichte und meldet sicherheitstechnisch bedeutsame Ereignisse den Aufsichtsbehörden.

Die Gruppe „Werkfeuerwehr“ ist mit einer Schicht „rund um die Uhr“ auf dem KfK-Gelände einsatzbereit. Die Aufgaben der Werkfeuerwehr umfassen neben Löscheinsätzen, vorbeugenden Brandschutzmaßnahmen und vielfältigen technischen Hilfeleistungen auch den Betrieb der Atemschutzzentrale und die Durchführung von Prüfungen, Instandsetzungen und Wartungsarbeiten an allen in der KfK benutzten atemschutztechnischen Geräten.

Die vielfältigen Aufgaben der Abteilung „Arbeitsschutz und Sicherheit“ sind in dem folgenden Organigramm (Tab. 2/1) dargestellt.

**Abteilungsleitung**

- Koordination
- Einzelaufgaben

Strahlenschutz Gruppe 1	Arbeitsschutz Gruppe 2	Kernmaterial- überwachung Gruppe 3	Einsatzleitung und Einsatzplanung Gruppe 4	Werkfeuerwehr Gruppe 5
<p><b>1. Umsetzen und Kontrollieren strahlenschutzrechtlicher Bestimmungen (StrlSchV/RöV)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bestellen der SSB</li> <li>- Aktualisieren des internen Regelwerkes</li> <li>- Beratungen, Informationen</li> <li>- Strahlenschutzbegehungen</li> <li>- Behördenverkehr (Meldungen i. R. der Aufsicht)</li> </ul> <p><b>2. Betreuung der Fremdfirmen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Strahlenpässe,</li> <li>- Abgrenzungsverträge</li> </ul> <p><b>3. Personendosisdatei</b></p> <p><b>4. Terminüberwachung von</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Untersuchungen,</li> <li>- Inkorporationsüberwachung</li> <li>- Belehrungen</li> </ul> <p><b>5. Dokumentation</b></p> <p><b>6. HS/AS-Rechnernetzwerk</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Betrieb</li> <li>- Pflege der Standardsoftware</li> <li>- Entwickeln und Einführen von Anwendungsprogrammen</li> <li>- Unterstützung bei EDV-Beschaffungen</li> </ul>	<p><b>1. Umsetzen und Kontrollieren arbeitsschutz- und unfallverhütungsrechtlicher Bestimmungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bestellwesen</li> <li>- Aktualisieren des internen Regelwerkes</li> <li>- Beratungen, Informationen, Schulungen</li> <li>- Arbeitsplatzbegehungen einschl. Messungen</li> <li>- Behördenverkehr (einschl. Unfallmeldungen)</li> </ul> <p><b>2. Umsetzen der Gefahrstoff VO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gefahrstoffdatenbank</li> <li>- Arbeitsplatzanalysen</li> </ul> <p><b>3. Wiederkehrende Prüfungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prüflisten</li> <li>- Terminüberwachung</li> </ul> <p><b>4. Terminüberwachung von</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vorsorgeuntersuchungen</li> </ul> <p><b>5. Abfallwirtschaft</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Organisieren der Entsorgung</li> <li>- Überwachen der Entsorgung</li> <li>- Dokumentation</li> </ul> <p><b>5. Betreuen der Bibliothek</b></p>	<p><b>1. Umsetzen und Kontrollieren der kernmaterialspezifischen Bestimmungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aktualisieren des internen Regelwerkes</li> <li>- Beratungen, Informationen</li> </ul> <p><b>2. Kernmaterialbuchführung einschl. Dokumentation</b></p> <p><b>3. Behördenverkehr</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Meldewesen</li> <li>- Begleiten bei Euratom- und IAEO-Begehungen</li> </ul> <p><b>4. sonstige EDV-Anwendungen</b></p>	<p><b>1. Umsetzen und Aktualisieren der einsatzspezifischen Unterlagen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alarmplan, allgemeine Sicherheitsregelung</li> <li>- Einsatzpläne einschl. Anschlußpläne und Brandbekämpfungspläne</li> <li>- Katastropheneinsatzpläne</li> </ul> <p><b>2. Betreuen der EvD-Ausrüstung</b></p> <p><b>3. Betreuen der Einsatztrupps</b></p> <p><b>4. Betreuen der Werkfeuerwehr</b></p> <p><i>Alle bestellten EvD (alternierend):</i></p> <p><b>5. Einsatzleitung einschl. Berichte und Meldungen</b></p> <p><b>6. Alarmübungen</b></p> <p><b>7. Ortseinweisungen</b></p>	<p><b>1. Feuerwehrspezifische Aufgaben</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einsätze einschl. technischer Hilfe</li> <li>- Warten der Geräte</li> <li>- Schulungen, Weiterbildung</li> <li>- Übungen</li> <li>- Fitneßtraining</li> </ul> <p><b>2. Zusatzaufgaben</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Feuerlöscherprüfungen</li> <li>- Atemschutzzentrale (Reinigen und Reparieren von Atemschutzgeräten, Masken und Vollschutzanzügen)</li> <li>- Fahrradwerkstatt</li> </ul> <p><b>Dosiermittlung* Gruppe 6</b></p> <p><b>1. in-vivo-Messung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entwickeln von Standardverfahren zur Interpretation</li> <li>- Optimierung des Meßverfahrens von Aktiniden</li> </ul> <p><b>2. Modellrechnungen zur Bestimmung von Dosisbelastungen</b></p> <p><b>3. Entwickeln von Detektorsystemen</b></p>

\*Seit dem 01.11.90 von HS/D zu HS/AS gewechselt. Berichtsteil bei HS/D!

## 2.1 Strahlenschutz

I. Hillebrand, II. Hollmann, W. Tachlinski

### 2.1.1 Die Organisation des Strahlenschutzes im KfK und die Aufgaben der Gruppe Strahlenschutz

Das Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH (KfK) ist als juristische Person Genehmigungsinhaber aller atomrechtlichen Genehmigungen des KfK und somit Strahlenschutzverantwortlicher (SSV) i. S. der Strahlenschutzverordnung (§ 29 StrlSchV). Die sich hieraus ergebenden Aufgaben sind vom Vorstand als dem Vertretungsorgan der juristischen Person wahrzunehmen.

Der SSV hat zur Leitung und Beaufsichtigung der atomrechtlich relevanten Tätigkeiten Strahlenschutzbeauftragte (SSB) zu bestellen. Der SSV und der SSB sind für die Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen und der jeweiligen Genehmigungen verantwortlich. Bei der Bestellung des SSB ist sicherzustellen, daß alle sich aus den atomrechtlichen Bestimmungen und der jeweiligen Genehmigung ergebenden Aufgaben mit der erforderlichen Sachkunde abgedeckt sind. Hierbei sind die Aufgaben der SSB voneinander abzugrenzen, um Doppelverantwortlichkeiten auszuschließen. Die vielen unterschiedlichen Bereiche des KfK und die ständig erforderlichen Aktualisierungen bedingen einen erheblichen organisatorischen Aufwand. Für KfK sind (nach StrlSchV und RöV) 238 SSB in 888 eigenständigen Funktionen bestellt.

Für die mit der Bestellung der SSB und ihrer Betreuung verbundenen Aufgaben und die übrigen, mit der Umsetzung der atomrechtlichen Bestimmungen verbundenen Arbeiten bedient sich der SSV der Hauptabteilung Sicherheit und hier insbesondere für die administrative Umsetzung der Abteilung „Arbeitsschutz und Sicherheit“ (HS/AS).

Die Gruppe „Strahlenschutz“ bemüht sich um eine einheitliche Umsetzung der KfK-internen Regeln, indem sie die SSB berät, die Betriebsstätten begeht und an Aufsichtsbesuchen der Behörden teilnimmt. Sie hält den Strahlenschutzordner in Form einer Loseblattsammlung auf dem neuesten Stand. Dieser Ordner ist eine Arbeitsunterlage für die SSB, in der alle wesentlichen Gesetze, Verordnungen, Richtlinien sowie das KfK-interne Regelwerk enthalten sind. Darüber hinaus verwaltet die Gruppe „Strahlenschutz“ die zentrale Dosisdatei mit Überwachungs- (Grenzwerte, Termine) und Dokumentationsfunktionen (vgl. 2.1.3) und nimmt die zentralisierten Aufgaben im Zusammenhang mit der Fremdfirmenproblematik (§ 20 StrlSchV) wahr. Die Betreuung des EDV-Netzwerkes der Abteilung ist ebenfalls in dieser Gruppe angesiedelt.

### 2.1.2 Betriebsüberwachung

Neben der Beratung erfolgt die Betriebsüberwachung, zu der der SSV verpflichtet ist, durch Begehungen der atomrechtlich relevanten Arbeitsstätten durch einen Strahlenschutzingenieur. Hierbei soll überprüft werden, ob die einschlägigen Bestimmungen wie

- Genehmigungsauflagen,
- Atomgesetz,
- Strahlenschutzverordnung,

- Röntgenverordnung
- sowie das KfK-interne Regelwerk

beachtet werden. Dies kann neben allgemeinen Begehungen auch durch Schwerpunktprüfungen erfolgen, die sich auf Teilbereiche oder Teilaspekte erstrecken.

Zu den Begehungen werden der verantwortliche SSB des Bereiches, die Abteilung Strahlenschutzüberwachung, die Medizinische Abteilung und ein Vertreter des Betriebsrates eingeladen. Die Ergebnisse der Begehungen und - soweit erforderlich - die Meldung, daß ein festgestellter Mangel beseitigt ist, werden dokumentiert. Die 1990 festgestellten Mängel stellen keine akute Gefährdung dar und konnten in der Regel von den Verantwortlichen kurzfristig abgestellt werden.

### 2.1.3 Durchführung der Röntgenverordnung

Mit der neuen Röntgenverordnung (Januar 1987) wurde für Röntgeneinrichtungen die Pflicht zu Wiederkehrenden Prüfungen eingeführt. Die Übergangsfrist für Röntgeneinrichtungen, die bereits bei Inkrafttreten der neuen RöV betrieben wurden, lief gemäß der Übergangsvorschrift (§45 Abs.3 RöV) Ende 1990 ab. Fast alle Einrichtungen im KfK wurden bis dahin einer Sachverständigenprüfung unterzogen. Anfang 1991 können auf Grundlage dieser neuen Prüfdaten sämtliche Röntgeneinrichtungen in das bei HS/AS zentral geführte Terminüberwachungssystem der Wiederkehrenden Prüfungen aufgenommen werden.

Auf der Basis KfK-weiter Erhebungen wurde das alte Gerätekataster vollständig überarbeitet. Gleichzeitig wurden die Zuständigkeiten und die vorgelegten Fachkundenachweise sämtlicher SSB überprüft. Eine neue Geräteübersicht samt SSB-Zuständigkeiten wird im Januar 1991 in den Strahlenschutzordner integriert.

Die zuständige Behörde handhabt die Anwendung der im Januar 1988 veröffentlichten „Fachkunde-Richtlinie Technik“ seit 1990 restriktiver als vorher. Das führt dazu, daß bei Genehmigungsanträgen für Röntgeneinrichtungen und Störstrahler keine "Alt-SSB" mehr akzeptiert werden, die den formellen Fachkundenachweis nicht vorgelegt haben. In enger Abstimmung mit der Behörde bemüht sich KfK, den formellen Fachkundenachweis für die bereits bestellten SSB durch spezielle Weiterbildungsmaßnahmen zu bekommen.

### 2.1.4 Von HS/AS zentral erfaßte zu „überwachende Personen“ i. S. der StrlSchV

Nach der StrlSchV unterliegen Personen der Strahlenschutzüberwachung, wenn sie sich in Strahlenschutzbereichen aufhalten. Dies ist vorrangig die Aufgabe des jeweiligen zuständigen SSB in enger Zusammenarbeit mit der Abteilung Strahlenschutzüberwachung. Alle Dosiswerte für die „beruflich strahlenexponierten Personen“ werden an HS/AS übermittelt und EDV-gestützt auf Grenzwertüberschreitungen überprüft. Die gesetzlich vorgeschriebene Dokumentation der Dosiswerte erfolgt in der Gruppe „Strahlenschutz“.

Für „beruflich strahlenexponierte Personen“ sind zu erfassen:

- persönliche Daten,
- Angaben zum Ort und zur Art des Arbeitsplatzes,
- Angaben zur möglichen äußeren Strahlenexposition,
- Angaben zur möglichen inneren Strahlenexposition (durch Inkorporation) sowie dagegen getroffene Schutzmaßnahmen.

Mit der Erfassung unterliegt die betroffene Person je nach Kategorie (A oder B) der routinemäßigen administrativen Strahlenschutzüberwachung:

- rechtzeitige medizinische Untersuchungen,
- rechtzeitige Strahlenschutzbelehrungen,
- Dosimetrie,
- Dokumentation der Dosiswerte,
- Prüfung, ob die jeweiligen Grenzwerte eingehalten sind.

Die Routine endet mit der Abmeldung durch den zuständigen SSB. Die Daten sind 30 Jahre aufzubewahren. Hierzu ist ein umfangreiches „Personenregister“ erforderlich und zu warten. 1990 wurden ca. 3800 Personen überwacht, hiervon ca. 1500 Fremdfirmenangehörige. Personen, die mehrfach an und abgemeldet wurden, sind auch mehrfach gezählt.

Für Personen, die nicht „beruflich strahlenexponiert“ sind, aber ebenfalls einer - modifizierten - Überwachung unterliegen (z. B. Besucher), erfolgt die gesetzlich vorgeschriebene Kontrolle und Dokumentation durch den zuständigen SSB und nicht bei HS/AS.

#### 2.1.5 Ergebnisse der Personendosisüberwachung

In Tab. 2/2 sind für die überwachten Mitarbeiter der KfK die prozentualen Häufigkeitsverteilungen der Jahresdosiswerte, die Jahresmittelwerte und die höchste für einen Mitarbeiter festgestellte Jahresdosis aus externer Bestrahlung angegeben. Für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A wurden die Ergebnisse der amtlichen Meßstellen zugrunde gelegt, für Personen der Kategorie B wurden die monatlichen Dosissummen der nichtamtlichen Dosimetrie (Taschenionisationskammer) herangezogen. In beiden Fällen sind die angegebenen Dosiswerte jeweils die Summe aus Photonen- und - soweit gemessen - Neutronendosis. Außerdem enthält die Tabelle die gleichen Angaben für die reine Neutronendosis, unabhängig von der Überwachungskategorie.

KfK-Mitarbeiter insgesamt			
Dosisintervall in mSv	<u>Externe Dosis</u>		<u>Neutronendosis</u>
	Häufigkeitsverteilungen der Jahresdosiswerte 1990 in %		Häufigkeitsverteilungen der Jahresdosiswerte 1990 in %
	Kategorie A	Kategorie B	alle Überwachten
H = 0,0	61,81	70,1	97,0
H = 0,2	13,4	17,1	0,3
H = 0,4	4,3	6,7	1,0
0,4 < H ≤ 1,0	6,3	4,2	0,8
1,0 < H ≤ 2,0	8,2	1,5	0,5
2,0 < H ≤ 5,0	5,1	0,3	0,5
5,0 < H ≤ 10,0	1,7	0	0
H > 10,0	0	0	0
Anzahl erfaßter Jahresdosiswerte	704	1 513	395
Jahresmittelwert in mSv	0,5	0,1	0,04
höchste Jahresdosis in mSv	9,6	2,4	2,4

Tab. 2/2: Ergebnisse der Personendosisüberwachung bei äußerer Bestrahlung

Bei den Häufigkeitsverteilungen wurden auch die Jahresdosen von Personen berücksichtigt, die nur Teile des Jahres beruflich strahlenexponierte Personen waren. Zeiten der Nichtexposition wurden gleich Null gesetzt. Jahresmittelwerte, die aus diesen personenbezogenen Jahresdosen berechnet würden, führen durch die Einbeziehung solcher Nullsetzungen zu einer Unterbewertung der tatsächlichen mittleren Dosis. Die angegebenen Jahresmittelwerte wurden deshalb aus den Mittelwerten der tatsächlich vorhandenen Monatswerte, multipliziert mit 12 Monaten, berechnet.

Für das gesamte KfK wurden 0,5 mSv als Durchschnittswert der Jahresdosis 1990 für Personen der Kategorie A ermittelt. Die mittlere Jahresdosis für Personen der Kategorie B betrug wie im Vorjahr 0,1 mSv. Die mittlere Strahlenexposition der beruflich strahlenexponierten KfK-Mitarbeiter blieb damit 1990 auf unverändert niedrigem Niveau, sie betrug nur rund 1 % des jeweiligen Jahresgrenzwertes der Strahlenschutzverordnung. Auch die Höchstwerte der Individualdosis blieben mit 9,6 mSv bei Kategorie A und 2,4 mSv bei Kategorie B deutlich unter den jeweiligen Grenzwerten von 50 bzw. 15 mSv. Es kam zu keiner Grenzwertüberschreitung.

#### 2.1.6 Fremdes Personal in Strahlenschutzbereichen des KfK

Die Schutzvorschriften der Strahlenschutzverordnung unterscheiden nicht zwischen fremdem und eigenem Personal des Betreibers einer kerntechnischen Anlage. Da sowohl der Arbeitgeber, der seinen Mitarbeiter in einer fremden Anlage tätig werden läßt, als auch der Betreiber dieser Anlage den Schutz des tätigwerdenden Arbeitnehmers sicherzustellen haben, sind die Strahlenschutzverantwortlichkeiten und die daraus resultierenden Aufgaben genau abzugrenzen.

Wer seine Mitarbeiter in fremden kerntechnischen Einrichtungen tätig werden läßt oder selbst tätig wird, bedarf einer Genehmigung (§ 20 StrlSchV). Diese Genehmigungen machen zur Auflage, daß zwischen der Fremdfirma und dem Betreiber der kerntechnischen Anlage ein „Abgrenzungsvertrag über die Strahlenschutzaufgaben“ abgeschlossen wird. Diese Abgrenzungsverträge werden von HS/AS abgeschlossen und verwaltet. Zur Zeit bestehen Verträge mit 221 Fremdfirmen.

HS/AS übermittelt allen Fremdfirmen monatlich die für die jeweiligen Mitarbeiter festgestellten nicht-amtlichen Personendosen.

Das KfK verfügt über eine Genehmigung nach § 20 StrlSchV. HS/AS schließt bei Bedarf die erforderlichen Abgrenzungsverträge ab, damit Mitarbeiter in Fremdanlagen arbeiten dürfen, stellt Strahlenpässe aus, aktualisiert sie und dokumentiert die ihr von Fremdinstitutionen übermittelten Daten im Dosisregister.

## 2.2 Arbeitsschutz

### 2.2.1 Betriebsüberwachung

#### K. Umstadt

Das KfK ist als Arbeitgeber verpflichtet, die Betriebsstätten so einzurichten und die Arbeitsmittel so auszuwählen und instandzuhalten, daß die Arbeitnehmer keine Schäden erleiden können und vor Gefährdungen - soweit wie vernünftigerweise machbar - geschützt sind. Die Konkretisierung dieser allgemeinen Forderung erfolgt im Arbeitsschutzrecht und im Unfallverhütungsrecht in einer Vielzahl von Gesetzen, Verordnungen, Technischen Regeln usw. Die Einhaltung dieser Bestimmungen ist im KfK die Aufgabe der Leiter der Organisationseinheiten.

Die Gruppe „Arbeitsschutz“ hat die Aufgabe,

- die Verantwortlichen bei der Umsetzung dieser vielschichtigen, ständig wachsenden Aufgaben zu beraten,
- für den Arbeitgeber zu überwachen, ob die betriebliche Wirklichkeit mit den gesetzlichen Anforderungen in Einklang steht,
- für den Arbeitgeber abteilungsübergreifende Konzepte zu erarbeiten und zusammen mit den Verantwortlichen umzusetzen.

Neben Beratungen im Einzelfall sind daher die Betriebsbegehungen das wichtigste Instrument, um

- sich vom jeweiligen Zustand der vielen Einrichtungen mit ständig wechselnden Anforderungen ein Bild zu machen,
- mit den Verantwortlichen in Kontakt zu kommen,
- auf eine im Zentrum einheitliche Umsetzung einzelner Vorschriften hinwirken zu können,
- Mängel aufzuzeigen und Lösungswege abzustimmen.

Die Begehungen werden protokolliert. Die Beseitigung eventuell festgestellter Mängel durch die Verantwortlichen wird von der Gruppe „Arbeitsschutz“ überwacht. 1990 erfolgten 46 Begehungen. Die festgestellten Mängel stellten keine akute Gefährdung dar und konnten in der Regel von den Verantwortlichen kurzfristig abgestellt werden. Soweit Verbesserungen mit Baumaßnahmen verbunden sind (z. B. Brandschutz), erfolgt dies in enger Abstimmung mit HS/AS.

## 2.2.2 Unfallgeschehen

### K. Umstadt

1990 wurden dem Badischen Gemeindeunfallversicherungsverband Karlsruhe, dem für das KfK zuständigen Unfallversicherungsträger, 33 anzeigepflichtige Arbeitsunfälle gemeldet. 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.

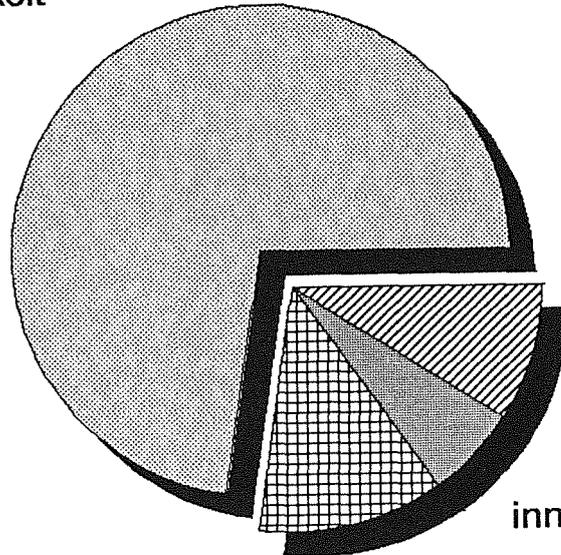
Abb. 2/1 zeigt in einem Kreisdiagramm die anzeigepflichtigen Arbeitsunfälle, unterteilt nach Unfallarten. Die Gesamtzahl der Arbeitsunfälle war im Berichtsjahr rückläufig gegenüber dem Jahre 1989.

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 besondere Meßziffern entwickelt worden. Die Darstellung der Unfallhäufigkeit bezogen auf 1 000 Vollarbeiter (Tausend-Mann-Quote) gibt einen schnellen Überblick über die Wirksamkeit der Unfallverhütung in einem Betrieb. Sie gestattet, mehrere Tätigkeitsgruppen einer Organisationseinheit untereinander, Unternehmen derselben Branche oder anderer Wirtschaftszweige zu vergleichen. Diese allgemein gebräuchlichen Vergleichswerte werden nach den vom Internationalen Arbeitsamt empfohlenen Regeln ermittelt. Diese statistischen Meßziffern sind einschließlich ihrer Definition für das Unfallgeschehen des KfK 1990 in Tab. 2/3 wiedergegeben. Außerdem enthält die Tabelle die Unfallmeßziffern der gewerblichen Wirtschaft für 1989 (Daten für 1990 sind noch nicht verfügbar), die vom Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften veröffentlicht wurden.

betriebl. Tätigkeit

24



Sportunfälle

3

innerb. Verkehr

2

Wegeunfälle

4

Abb. 2/1: Anzeigepflichtige Arbeitsunfälle 1990

Statistischer Begriff	Definition	Statistische Meßziffer	
		KfK GmbH	gewerbliche Wirtschaft
		1990	1989
Meldepflichtige Arbeitsunfälle (Tausend-Mann-Quote)	Zahl der anzeigepflichtigen Arbeitsunfälle (ohne Berücksichtigung der Wege- und Sportunfälle) bezogen auf 1 000 Vollarbeiter	6,1	51,6
Meldepflichtige Wegeunfälle (Tausend-Mann-Quote)	Zahl der anzeigepflichtigen Wege- und Sportunfälle bezogen auf 1 000 Vollarbeiter	1,7	5,3

Tab. 2/3: Statistische Meßziffern zum Unfallgeschehen im KfK 1990

### 2.2.3 Arbeitsplatzüberwachung

W. Winkelmann

Unabhängig von der oben beschriebenen Betriebsüberwachung erfolgt je nach Anforderung eine Überwachung einzelner, ausgesuchter Arbeitsplätze, um aufgrund von Messungen oder Abschätzungen ganz konkrete Belastungen einzelner Mitarbeiter oder Gruppen zu erfassen. Hierbei handelt es sich im wesentlichen um Lärmpegelmessungen und Konzentrationsbestimmungen gesundheitsgefährdender Gase und Dämpfe. Die Bewertung der Arbeitsplätze ist die Basis für eventuell erforderliche Vorsorgeuntersuchungen der Mitarbeiter, Optimierungen des Arbeitsplatzes und der persönlichen Schutzausrüstungen. 1990 wurden 48 Arbeitsplatzüberwachungen durchgeführt (Lärm: 23, gefährliche Arbeitsstoffe: 20; Arbeitsplatzklima: 2; Staub: 2; Beleuchtung: 1).

Ferner wurde im Berichtszeitraum die Fortbildung der Mitarbeiter im Zusammenarbeit mit der Schule für Kerntechnik des Kernforschungszentrums Karlsruhe unterstützt. Themenschwerpunkte hierbei waren:

- Arbeits- und Brandschutz,
- Baulicher Brandschutz,
- Gasmess-technik mit Prüfröhrchen,
- Lagerung gefährlicher Stoffe,
- Der Beauftragte im Umweltschutz,
- Der Betriebsbeauftragte für Gewässerschutz,
- Der Betriebsbeauftragte für Abfall,
- Der Betriebsbeauftragte für Immissionsschutz.

HS/AS selbst hat die Ausbildung der KfK-Mitarbeiter zu Kranführern, Anschlägern und Flurförderzeugfahrern fortgesetzt und intensiviert. Insgesamt wurden im Berichtsjahr in vier Kursen 74 Kranführer und Anschläger und in zwei Kursen 28 Flurförderzeugfahrer ausgebildet.

Ein weiterer Aufgabenschwerpunkt der Abteilung war die Unterstützung der Institute und Hauptabteilungen bei der Erstellung von Betriebsanweisungen. Dabei wurden allgemeine Betriebsanweisungen für den Umgang mit verschiedenen Gefahrstoffen, mit kraftbetriebenen Arbeitsmitteln sowie für Arbeiten an elektrischen Anlagen und Ausrüstungen erstellt und ausgegeben, die, um die spezifischen örtlichen Verhältnisse ergänzt, brauchbare Betriebsanweisungen für die nach der Gefahrstoffverordnung und den Unfallverhütungsvorschriften geforderten mündlichen und arbeitsplatzbezogenen Belehrungen und Unterweisungen ergaben.

## 2.2.4 Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen

M. Creutzmann

Im § 28 und Anhang V der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) sind die gefährlichen Stoffe und Zubereitungen aufgeführt, mit denen ohne vorherige Untersuchung nicht umgegangen werden darf, wenn die Auslöseschwelle überschritten wird.

HS/AS hat in Abstimmung mit der Medizinischen Abteilung, das für die Meldung zur Arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchung notwendige Formular überarbeitet. Das neue Meldeformular beinhaltet alle untersuchungspflichtigen Stoffe und Zubereitungen.

Verschiedene Einzelstoffe konnten in Stoffgruppen zusammengefaßt werden, andere bisher angegebene Stoffe wurden gestrichen, da sie laut GefStoffV nicht oder nicht mehr untersuchungspflichtig sind. Es werden 127 verschiedene Stoffe bzw. Zubereitungen berücksichtigt, während im Anhang V der GefStoffV nur 48 Stoffe aufgeführt sind. Der neue Erhebungsbogen enthält auf einem Blatt, doppelseitig beschriftet, alle erforderlichen Angaben. Es wurde von HS/AS mit einer Anleitung verteilt. Verstärkte Arbeitsplatzanalysen (vgl. 2.2.1) geben den Verantwortlichen wichtige Entscheidungshilfen für die Bewertung der Einwirkung von gefährlichen Stoffen.

Ein weiterer Komplex der Untersuchungsarten ist neben den gefährlichen Arbeitsstoffen die Meldung über Tätigkeiten bzw. Einwirkungen nach den Berufsgenossenschaftlichen Grundsätzen. Hierbei ist die steigende Zahl an Untersuchungen bei Tätigkeiten an Bildschirmarbeitsplätzen zu nennen. (vgl. 2.2.5 Bildschirm- und Manipulatorarbeitsplätze). Bei den Meldungen über Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten wurden zusätzlich speziell die Fahrer von Kleinbussen erfaßt.

## 2.2.5 Ergonomische Arbeitsplatzgestaltung am Beispiel von Manipulator- und Bildschirmarbeitsplätzen

D. Bukovansky-Meissner

### - Manipulatorarbeitsplätze

Wie bereits im Jahresbericht 1989 berichtet, führten die Ergebnisse der von HS/AS durchgeführten arbeitswissenschaftlichen Untersuchung an Manipulator-Arbeitsplätzen der Heißen Zellen zu Ansätzen und konkreten Vorschlägen für eine ergonomische Arbeitsplatzgestaltung zur Verbesserung der Belastungs- und Beanspruchungssituation an diesen Arbeitsplätzen. In einem Arbeitskreis, bestehend aus Vertretern des Arbeitgebers (HS, HVT, Med.), der betroffenen Mitarbeiter und des Betriebsrates wurden die Arbeitsbedingungen an den Manipulatorarbeitsplätzen diskutiert und ein den Erfordernissen entsprechender Maßnahmenkatalog erstellt. Die vorgeschlagenen und vom Vorstand gebilligten technischen und organisatorischen Neuerungen werden z. Zt. in die Praxis umgesetzt. So werden z. B. fünf alte A-100-Manipulatoren durch neue ersetzt, die vom Institut für Radiochemie zur Verfügung gestellt werden. Außerdem werden fünf A-110-Manipulatoren auf den A-100-Typ umgebaut. Dieser Umbau wird wegen ergonomischer Nachteile des A-110-Typ notwendig. Durch diese Maßnahmen werden insgesamt zehn neue Manipulatoren im Jahr 1991 im Heiße Zellen-Bereich zur Verfügung gestellt, wodurch eine eindeutige Verbesserung der bestehenden Arbeitsplatzbedingungen erzielt werden kann. Weitere praktische Erleichterungen werden durch Ver-

besserungen von Teilkomponenten des A-100-Manipulator in Zusammenarbeit mit dem Hersteller geschaffen. Ergänzend konnten eine Reihe von modifizierten Werkzeugen beschafft werden, die sich z. Zt. in der Erprobungsphase befinden. Die arbeitsplatzgerechte Raumgestaltung besonders im Bereich des Bedienungsganges wurde durch Farbgebung von Wänden und Boden bereits umgesetzt, lichttechnische Maßnahmen sind in konkreter Planung. Durch regelmäßiges Konditionstraining für die Mitarbeiter (Start Januar 1991) soll die Atemschutztauglichkeit aufrecht erhalten werden. Dieses Angebot wurde auf alle KfK-Mitarbeiter ausgeweitet, die evtl. unter schwerem Atemschutz arbeiten müssen. Begleitend wurde für die Heißen Zellen eine Begrenzung der Arbeitszeit unter Atemschutz in die Praxis umgesetzt. Für besonders beanspruchte Muskelgruppen führen die Mitarbeiter der Heißen Zellen unter Anleitung Übungen in arbeitsintegrierten Pausen durch.

- 1991 soll durch eine Nachbefragung der Mitarbeiter der Grad der Arbeitszufriedenheit aufgrund der Neuerungen aus technisch/organisatorischer Sicht geprüft werden.

- Bildschirmarbeitsplätze

Anknüpfend an die Ergebnisse der Bildschirmschwerpunktsaktion von HS/AS 1988 wurden eine Reihe weiterer gezielter Begehungen im Bildschirm-Arbeitsbereich 1989 und 1990 durchgeführt. Es konnten zahlreiche Mängel hinsichtlich der ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung - wie bereits 1988 klassifiziert - erkannt und in gezielter Zusammenarbeit mit den betroffenen Instituten und den für Beschaffung und Bauausführung zuständigen Fachabteilungen behoben werden. Trotz der oft schwierigen räumlichen Situation gelang es in vielen Fällen durch Beratung und entsprechende Umgestaltung, zufriedenstellende Arbeitsplatzbedingungen zu erreichen. Besondere Erfolge konnten erwartungsgemäß erzielt werden, wenn HS/AS bereits in der Planungsphase auf die Arbeitsplatzgestaltung einwirken konnte. Durch die Breitenwirkung dieser Aktion konnte das Problembewußtsein der Mitarbeiter gestärkt und die Akzeptanz für die Umgestaltungsmaßnahme gefördert werden. Anfang 1991 kann jedem Mitarbeiter an einem Bildschirmarbeitsplatz als weitere spezifische Informationsquelle eine von HS/AS erarbeitete "Unterweisungshilfe für Arbeitnehmer an Bildschirmarbeitsplätzen" zur Verfügung gestellt werden.

#### 2.2.6 Wiederkehrende Prüfungen

P. Kaul

Aus sicherheitstechnischen Gründen sind bestimmte Anlagengegenstände nach vorgegebenen Zeitintervallen einer Prüfung zu unterziehen. Wiederkehrende Prüfungen werden für KfK GmbH durch Auflagen in verschiedensten Genehmigungen und Unfallverhütungsvorschriften festgelegt.

Die formalisierten wiederkehrenden Prüfungen sollen die technische Sicherheit verbessern und durch ein einheitliches System der Terminüberwachung die Nachweisführung gegenüber den Behörden erleichtern. Wiederkehrende Prüfungen sind in allen Organisationseinheiten des KfK durchzuführen. Zur Vorbereitung und Dokumentation der Prüfungen werden von HS/AS Prüfprotokolle erstellt und an die verantwortlichen Organisationseinheiten bzw. die prüfenden Fachabteilungen verschickt.

Die verantwortlichen Organisationseinheiten und die prüfenden Fachabteilungen erhalten jährlich einen Prüfkalender und bei Bedarf pro Monat eine Mahnliste zugeschickt.

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

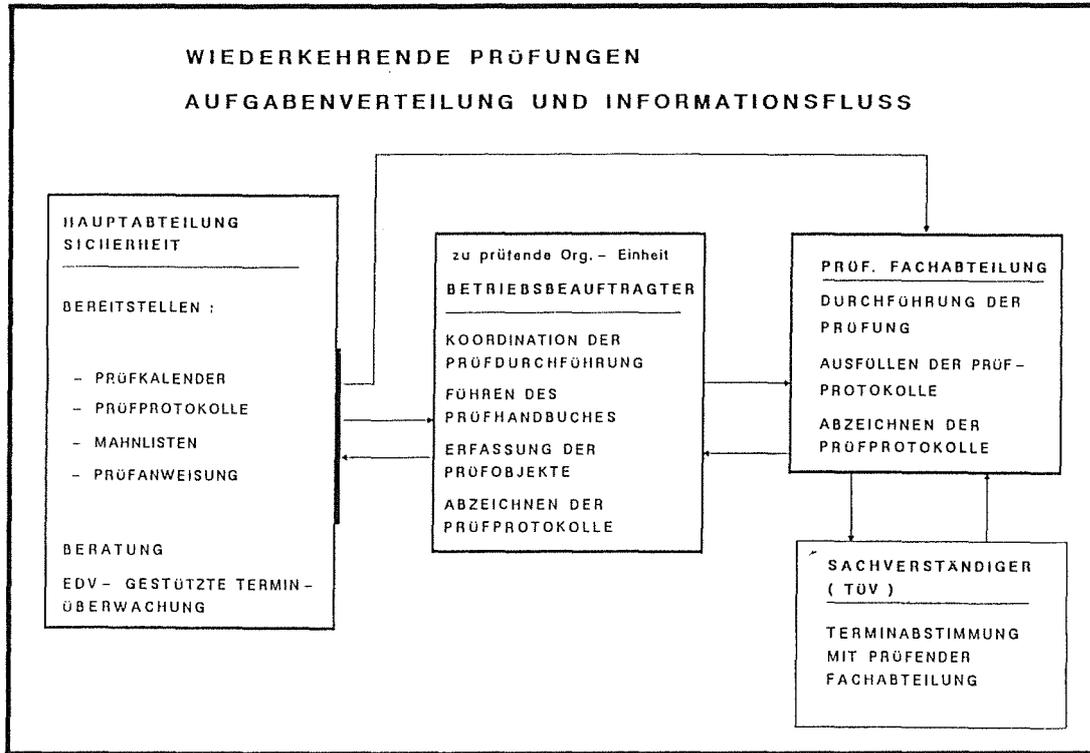


Abb. 2/2: Wiederkehrende Prüfungen, Aufgabenverteilung und Informationsfluß

Die Tab. 2/4 zeigt die Aufteilung der Prüfobjekte auf unterschiedliche Sachgebiete und den Arbeitsaufwand bei der Prüfungsdurchführung, der sich in der Anzahl der erforderlichen anlagenspezifischen Einzelprüfungen ausdrückt.

Die Tab. 2/5 (Stand: 31.12.1990) zeigt den Anteil der Prüfobjekte aufgeschlüsselt nach Prüfintervallen in Monaten.

Nach vorsichtiger Einschätzung sind zum Stichtag 31.12.1990 ca. 95 % aller prüfpflichtigen Anlagenteile des KfK im zentralen System bei HS/AS erfaßt und werden entsprechend dem o. a. Ablauf regelmäßig geprüft. Durch eine bereits veranlaßte Optimierung des bestehenden EDV-Programmes wird der mit den Eingaben erforderliche Arbeitsaufwand erheblich verringert werden. Ein Nachholbedarf besteht noch in der Erstellung von Prüfungsanweisungen für einzelne Prüfobjekte (z. B. Blitzschutzanlagen). Seit 1987 haben sich die bei HS/AS erfaßten prüfpflichtigen Anlagen von 4 845 auf 14 220 Stück erhöht.

Objekt Nr.	Sachgebiet	Anzahl der Prüfobjekte		
		Insgesamt	Strahlenschutz	Arbeitschutz
01	Bauanlagen	159	26	133
02	Verfahrenstechnische Anlagen	2 104	189	1 915
03	Strahlenschutzmeßgeräte	1 096	1 096	0
04	Elektrotechnik	1 644	592	1 052
05	Lufttechnische Anlagen	719	561	158
06	Medienversorgung und -Entsorgung	130	4	126
07	Kommunikationsanlagen	272	44	228
08	Brandschutzeinrichtungen	4 523	385	4 138
09	Notfalleinrichtungen	880	106	774
10	Objektsicherung	915	640	275
11	Hebe- und Fördermittel	718	14	704
12	Fahrzeuge	222	0	222
13	Betriebstechnische Einrichtungen	838	650	157
	Summe absolut	14 220	4 317	9 903
	in %	100	30	70

Tab. 2/4: Verteilung der erfaßten Prüfobjekte auf Sachgebiete und Prüfgrundlagen (Stand: 31.12.1990)

Prüfintervall in Monaten	Anzahl der Prüfobjekte in %	Anzahl der Prüfobjekte
1	5	686
3	13	1 796
6	5	667
12	49	6 970
24	7	1 026
36	1	145
48	7	1 067
60	8	1 090
> 60	5	773
Summe	100	14 220

Tab. 2/5: Prüfintervalle, Anteil der Prüfobjekte und Anzahl der Prüfobjekte

## 2.2.7 Verantwortlichkeiten im Umweltschutz

### K. Umstadt

#### - Gewässerschutz:

- Infolge der Novellierung der wasserrechtlichen Vorschriften hat der Umfang und die Bedeutung des Gewässerschutzes in den letzten Jahren erheblich zugenommen. Der Zuständigkeitsbereich der Betriebsbeauftragten in den Organisationseinheiten mußte deshalb diesen veränderten rechtlichen Rahmenbedingungen angepaßt werden.

Um die damit verbundenen Aufgaben transparenter zu machen und im gesamten Zentrum zu vereinheitlichen, wurden diese in einer Dienstanweisung zusammengefaßt und auf die Betriebsbeauftragten der jeweiligen Organisationseinheiten übertragen.

Die Aufgaben ergeben sich aus dem Wasserhaushaltsgesetz und gliedern sich in zwei Bereiche:

- Die Kontrolle aller mit der Einleitung von Kühl- und Abwässern zusammenhängenden Tätigkeiten.
- Die Überwachung der ordnungsgemäßen Lagerung und des rechtmäßigen Umganges mit wassergefährdenden Stoffen.

#### - Gefahrgutbeauftragter:

Zur Erhöhung der Sicherheit beim Transport gefährlicher Güter hat am 12. Dezember 1989 der Bundesminister für Verkehr die „Verordnung über die Bestellung von Gefahrgutbeauftragten“ erlassen. Entsprechend dieser gesetzlichen Regelung hat das KfK in den betroffenen Organisationseinheiten Gefahrgutbeauftragte bestellt. Sie haben die Aufgabe, die Einhaltung der Vorschriften über die Beförderung gefährlicher Güter in ihrer Organisationseinheit zu überwachen und Mängel, die die Sicherheit beim Transport beeinträchtigen, dem zuständigen Leiter anzuzeigen.

#### - Ausblick:

Im Zuge einer gesteigerten Sensibilität im Bereich des Arbeits- und Umweltschutzes müssen die Anforderungen an die Verantwortlichen und insbesondere die Transparenz der Aufgabenübertragung erhöht werden. Hierzu ist eine Information aller Mitarbeiter über Zuständigkeiten und Organisationsabläufe im KfK eine wichtige Voraussetzung.

Bei den umweltrelevanten Aufgaben wurde in Zusammenarbeit mit der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe ein erster Schritt in einem allgemein erläuternden Vorspann zum "Abwasser-Ordner" (Stand Oktober 1990) gemacht. Eine Übersicht über alle betroffenen Bereiche soll in einem Handbuch "Umweltschutz und Arbeitssicherheit" zusammengestellt werden.

Eine Überprüfung bzw. Neubewertung der Aufgaben, Pflichten und Rechte von Beauftragten des KfK wird im Jahre 1991 fortgesetzt.

## 2.2.8 Arbeitsschutzausschuß

### E. Windbühl

Der Arbeitgeber ist verpflichtet, Fragen des Arbeitsschutzes im Arbeitsschutzausschuß zu beraten, in dem Vertreter des Arbeitgebers, der Arbeitnehmer, des Betriebsrates sowie der Betriebsarzt und die Fachkräfte für Arbeitssicherheit zusammenkommen (§ 11, Abs. 3 Arbeitssicherheitsgesetz). Der Arbeitsschutzausschuß gibt dem Arbeitgeber Empfehlungen zu den einzelnen Fragen. Dies können sowohl Lösungsvorschläge als auch Hinweise auf noch abzuklärende Aspekte sein.

In den Sitzungen des Arbeitsschutzausschusses im Jahre 1990 wurden zahlreiche Einzelfragen behandelt, die von seiten des Betriebsrates, Mitgliedern des Ausschusses oder Mitarbeitern eingebracht wurden.

Von besonderer und grundsätzlicher Bedeutung waren:

- Neue Aufgabenstruktur in der Abteilung Arbeitsschutz und Sicherheit,
- Umsetzung der Gefahrstoffverordnung,
- Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen,
- Vorsorge für leistungsgeminderte Mitarbeiter und Umsetzungsprobleme,
- Konditionstraining für Atemschutzträger,
- Belastungspaß für Arbeitnehmer,
- Neubewertung von Inkorporationsdaten für beruflich strahlenexponierte Mitarbeiter,
- Verfahren und Probleme bei der Umnutzung und des Umbaus eines Gebäudes wegen festgestellter asbesthaltiger Baustoffe,
- Ausführungsregeln für Materialien aus Strahlenschutzbereichen,
- Entsorgung von Haus- und Sondermüll,
- Verkehrsprobleme auf den Zufahrtsstraßen im Nahbereich des Kernforschungszentrums.

## 2.3 Kernmaterialüberwachung

W. Burck, H. Hollmann

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

Aufgrund verschiedener internationaler Bestimmungen ist der Besitz von Kernmaterial von der Beschaffung bis zur Abgabe lückenlos zu erfassen. Bestandsänderungen sind - je nach Einzelfall - den unterschiedlichen Behörden zu melden:

- EURATOM, IAEO,
- Umweltministerium Baden-Württemberg, Stuttgart,

- Bundesamt für gewerbliche Wirtschaft, Eschborn,
- Bundesministerium für Forschung und Technologie, Bonn.

Um auch Bewegungen innerhalb des KfK erfassen zu können, hat EURATOM die Einrichtungen des KfK in zehn Materialbilanzonen aufgeteilt. Die Organisationseinheiten des KfK melden monatlich alle Bestands- und Chargenänderungen an die zentrale Buchhaltung der Gruppe „Kernmaterialüberwachung“. Hier werden die Meldungen geprüft (z. B. anhand von Lieferscheinen), verbucht und rechnergestützt erfaßt. Auf dieser Grundlage werden dann die monatlichen Bestandsänderungsberichte an die Aufsichtsbehörden erstellt und EDV-gerecht übermittelt. 1990 waren 1 074 Änderungen zu bearbeiten.

Zu den Aufgaben der Gruppe „Kernmaterialüberwachung“ gehört auch die Überwachung von Kernmaterialtransporten. Alle KfK-externen Transporte werden bei der Einfahrt in bzw. der Ausfahrt aus dem Zentrum mit einem „Durchlaß-Passierschein für radioaktive Stoffe“ von der Güterkontrolle der zentralen Buchhaltung bei HS/AS gemeldet.

Die Zahl der 1990 erfaßten Kernmaterialbewegungen zeigt Tab. 2/6.

Materialkategorie	KfK-intern	KfK-extern	Gesamt
Natururan	285	49	334
abgereichertes Uran	134	13	147
Thorium	13	2	15
angereichertes Uran	44	11	55
Plutonium	75	55	130
Gesamt	551	130	681

Tab. 2/6: Anzahl der Kernmaterialbewegungen 1990, geordnet nach Materialkategorien

Grundlage dieser Erfassung waren die Liefer- und Versandscheine. Die Anzahl der Kernmaterialbewegungen ist jedoch weder mit der Anzahl von Kernmaterialtransporten noch mit der Anzahl der ausgewerteten Liefer- und Versandscheine identisch. Zwar gehört zu jedem einzelnen Versandstück ein Liefer- oder Versandschein, jedoch werden bei einem Transport oft mehrere Versandstücke gleichzeitig transportiert. Ferner kann ein sogenanntes Versandstück aus mehreren Positionen (z. B. Proben) bestehen, und zudem kann das jeweilige Versandgut gleichzeitig Kernmaterial verschiedener Kategorien enthalten.

Aufgrund der Novellierung der „Gefahrgut-Verordnung-Straße“ (GGVS) wurde der Versandschein (Beförderungspapier) für den Versand von radioaktiven Stoffen den veränderten Anforderungen angepaßt.

### 2.3.2 Aufsichtsbesuche durch EURATOM und IAE0

Im Jahre 1990 haben die EURATOM-Kommission, Luxemburg und die Internationale Atomenergie-Organisation, Wien, im KfK 10 Inventuren und 11 Routineinspektionen in den 10 Materialbilanzzonen durchgeführt. Ferner fanden in diesem Zeitraum 21 Buchprüfungen bei HS/AS statt.

Für die Inventuren und Routineinspektionen waren die realen Kernmaterialbestände vom jeweiligen Betreiber in enger Zusammenarbeit mit der Gruppe „Kernmaterialüberwachung“ zu erheben.

Hierzu war im einzelnen zu liefern:

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

Die Aufsichtsbeamten wurden bei ihren Inspektionen von der Gruppe „Kernmaterialüberwachung“ betreut und durch die zu kontrollierenden Anlagen begleitet. Alle Überprüfungen durch EURATOM und IAE0 ergaben keine Beanstandungen.

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

Aufgrund der sich aus § 78 der StrlSchV und aus speziellen behördlichen Auflagen ergebenden Buchführungs- und Anzeigepflichten muß das KfK in bestimmten Zeitintervallen den zuständigen Behörden Gewinnung, Erzeugung, Erwerb und sonstigen Verbleib von radioaktiven Stoffen anzeigen.

Diese Meldeverpflichtung wird zentral für das KfK von der Gruppe „Kernmaterialüberwachung“ wahrgenommen. Hierzu sind entsprechende Meldungen der Strahlenschutzbeauftragten der einzelnen Organisationseinheiten an HS/AS erforderlich.

Verantwortlich für die richtigen und rechtzeitigen KfK-internen Meldungen von radioaktiven Stoffen an HS/AS ist der Strahlenschutzbeauftragte der jeweiligen Organisationseinheit des KfK. Die erforderlichen Formblätter zur Erstellung der einzelnen Meldungen werden ihm jeweils termingerecht von HS/AS zugesandt.

Im Berichtsjahr wurde die Bearbeitung, Prüfung und zum Teil rechnergestützte Erfassung von 1 772 internen und externen Bestandsänderungen an sonstigen radioaktiven Stoffen durchgeführt. Um die in Tab. 2/7 aufgeführten Berichte erstellen zu können, sind oft Rückfragen innerbetrieblich sowie bei externen Absendern/Lieferanten erforderlich. Alle Meldungen sind termingebunden.

Art der Berichte	Anzahl der Berichte und Berichtsempfänger			
	EURATOM	UM	GAA	Gesamt
Monatsberichte				
- Erwerb, Erzeugung und Abgabe			12	12
- Bestand an Schwerwasser	12			12
- Auslastung von Genehmigungen		12		12
Halbjahresberichte				
- Erzeugung radioaktiver Stoffe		2	2	4
- Zugang an radioaktivem Abfall		2	2	4
Jahresberichte				
- Bestand an offenen radioaktiven Stoffen		1	1	2
- Bestand an umschlossenen radioaktiven Stoffen		1	1	2
- Bestand an radioaktivem Abfall		1	1	2
- Bestand an Schwerwasser		1	1	2
Gesamt	12	20	20	52

Tab. 2/7: Umfang der Berichterstattung 1990

#### 2.3.4 Kontrolle der genehmigten Umgangsmengen radioaktiver Stoffe

Um zu gewährleisten, daß die genehmigten Umgangsmengen an Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen eingehalten werden, hat HS/AS einen Überwachungsmechanismus installiert. Die Inhaber von radioaktiven Stoffen sind verpflichtet, unter Benutzung der von HS/AS entwickelten Formblätter die Summe der Buchwerte den genehmigten Werten gegenüber zu stellen.

1990 wurden insgesamt 280 Meldungen einer Plausibilitätsprüfung unterzogen. Ferner wurden stichprobenweise die von den einzelnen Organisationseinheiten an HS/AS gemeldeten Bestände (vgl. 2.3.3) den genehmigten Werten gegenübergestellt. Es konnten keine Überschreitungen festgestellt werden.

#### 2.4 Einsatzleitung und Einsatzplanung

H.-A. Ammermann, H. Hollmann

##### 2.4.1 Aufgaben

Die Gruppe „Einsatzleitung und Einsatzplanung“ hat die Aufgaben,

- für den Alarmfall einsatzspezifische Unterlagen (z. B. Alarmplan, allgemeine Sicherheitsregelung) zu erstellen,
- die Einsatztrupps und die Werkfeuerwehr zu betreuen und
- im Alarmfall als Einsatzleiter vom Dienst (EvD) die verschiedenen Einsatztrupps und sonstige, zur Hilfeleistung erforderliche Mitarbeiter der KfK zusammenzuführen und die erforderlichen Arbeiten anzuweisen.

Die Funktion des EvD wird „rund um die Uhr“ von einem Sicherheitsingenieur von HS/AS wahrgenommen, der während seines Dienstes im Zentrum anwesend sein muß.

Der EvD übernimmt im Alarmfall die Einsatzleitung. Er kann einen Einsatzstab berufen, der ihn fachlich über die zu treffenden Einsatzmaßnahmen berät. Der EvD ist verantwortlich für die Durchführung aller Maßnahmen, die bei drohender Gefahr, Personenschäden, Brandunfällen, Strahlenunfällen oder sonstigen Schadensfällen zur Hilfeleistung und zur Wiederherstellung der technischen Sicherheit der KfK ergriffen werden müssen.

#### 2.4.2 Statistik und Analyse der EvD-Einsätze

Im Berichtsjahr 1990 fielen in der Alarmzentrale 2 818 Meldungen an, die registriert und bearbeitet wurden. Hiervon erforderten 219 Meldungen einen Einsatz des EvD, um die Wiederherstellung der technischen Sicherheit durchzuführen oder anzuordnen. In allen Fällen haben die Einsatzkräfte der KfK die Störungen sicher beherrscht und in ausreichender Weise beseitigen können.

Als EvD-Einsätze zählen alle Vorgänge, bei denen sich der EvD aufgrund einer Alarmierung ohne Ansehen des Alarmierungsgrundes zum Einsatzort begibt.

In Tab. 2/8 werden die Daten der EvD-Einsätze der letzten 6 Jahre miteinander verglichen. Die Tabelle zeigt über diesen Zeitraum eine Abnahme der Einsätze um 20 %, wobei die Anzahl der Einsätze außerhalb der normalen Arbeitszeit ungefähr um 1/3 höher ist als die Anzahl der Einsätze während der normalen Arbeitszeit.

Die Ursachen für die EvD-Einsätze waren im Schwerpunkt:

- Feueralarme 92 (davon Fehlalarme 88),
- Sandfangalarme 50 (davon Fehlalarme 19),
- Technische Hilfe 44.

Jahr	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Anzahl der Einsätze	288	338	310	307	250	219
Gesamteinsatzzeit in Stunden	177	194	177	194	158	122
Mittlere Einsatzdauer in Stunden	0,61	0,57	0,57	0,63	0,63	0,56
Anzahl der Einsätze während der normalen Arbeitszeit	103	112	118	135	113	93
Anzahl der Einsätze außerhalb der normalen Arbeitszeit	185	226	192	172	137	126
Alarmübungen	8	10	8	12	11	11

Tab. 2/8: EvD-Einsätze 1985 bis 1990

#### Einsatzschwerpunkt „Feueralarm“

Hierzu zählen alle Einsätze, die im Zusammenhang mit der Alarmart „Feuer“ ein Tätigwerden des EvD erforderlich gemacht haben, unabhängig davon, ob es tatsächlich gebrannt hat oder nur ein „Fehlalarm“ vorgelegen hat. Als „Fehlalarm“ wird hier nicht das Versagen der Brandmeldeanlagen verstanden, sondern solche Alarme, bei denen es tatsächlich nicht gebrannt hat.

Die große Zahl der Fehlalarme ist darauf zurückzuführen, daß nahezu alle Gebäude und Anlagen des KfK mit automatischen Brandmeldeanlagen ausgestattet sind, die sehr sensibel sind (Ionisationsdetektoren). Schweiß-, Löt- und Innenarbeiten im Rahmen von Umbaumaßnahmen und bereits die Abgase von Verbrennungsmotoren der in Gebäude einfahrenden Transportfahrzeuge haben schon zu „Fehlalarmen“ geführt.

Bei den vier tatsächlichen Bränden handelte es sich ausnahmslos um Entstehungsbrände oder Kleinfelder, die zum Teil schon vom Betreiber selbst oder von der Werkfeuerwehr mittels Handfeuerlöschern gelöscht werden konnten. In allen Fällen war der Sachschaden nur minimal.

#### Einsatzschwerpunkt „Sandfangalarm“

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

Ungefähr 25 % der EvD-Einsätze im Berichtsjahr standen im Zusammenhang mit der Überwachung der sechs Sandfänge, über die Regen- und Kühlwasser in den Hirschkanal abfließen. Hiervon waren  $\frac{2}{5}$  der Einsätze Fehlalarme, d. h., es waren keine Sofortmaßnahmen notwendig, weil die Verschmutzungen entweder so gering waren, daß sie von den Ölwehren zurückgehalten wurden, oder natürlichen Ursprungs (z. B. Blütenstaub) waren. In vier Fällen war eine Verständigung der wasserrechtlichen Auf-

sichtsbehörde erforderlich. Die meldepflichtigen Vorfälle in den Wassereinzugssystemen beruhen auf Verunreinigungen durch Verfärbungen oder Trübungen, die teilweise in den Hirschgraben übergingen.

#### Einsatzschwerpunkt „Technische Hilfeleistung“

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

Während der regulären Dienstzeit werden auftretende Störungen vom Betriebspersonal in der Regel schnell erkannt und mit Hilfe der Wartungsdienste rechtzeitig behoben und somit in ihren Auswirkungen begrenzt. Störungen außerhalb der normalen Arbeitszeit werden jedoch erst durch Ansprechen von sicherheitstechnischen Meldeeinrichtungen bzw. bei Routinekontrollgängen durch Mitarbeiter des Objektsicherungsdienstes bekannt. Die technischen Einsatzdienste, Rufbereitschaften, Werkfeuerwehr und der EvD garantierten eine qualifizierte Behebung der Störung.

#### 2.4.3 Meldepflichtige Ereignisse

Nach § 36 der StrlSchV ist der Eintritt eines Unfalles, eines Störfalles oder eines sonstigen sicherheitstechnisch bedeutsamen Ereignisses unverzüglich der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde anzuzeigen. Einzelheiten sind in der Melderegelung der KfK konkretisiert.

Im Jahre 1990 waren den Aufsichtsbehörden 10 sicherheitstechnisch bedeutsame Ereignisse (Meldestufe II) zu melden. Meldestufe II bedeutet: Erstmeldung unverzüglich, Ergänzungsmeldung innerhalb von drei Tagen. Bei den hier zu meldenden Ereignissen handelte es sich um Ausfälle von Lüftungsanlagen.

Die technischen Mängel konnten jeweils innerhalb weniger Stunden behoben werden.

#### 2.4.4 Übungen der Einsatzdienste

Aufgabe der Einsatzdienste ist es, die zur sofortigen Gefahrenabwehr notwendigen Maßnahmen durchzuführen, um Schaden für Mensch und Umwelt so gering wie möglich zu halten. Zu diesem Zweck unterhält das Kernforschungszentrum Karlsruhe ständige Einsatzdienste, die im Bedarfsfall durch Einsatztrupps (z. B. Absperrtrupp, Dekontaminationstrupp, Strahlenmeßtrupp) verstärkt werden können. Von diesen bereits seit Jahren bestehenden Einsatztrupps wurde der Absperr- und Sanitätstrupp neu zusammengestellt, personell aufgestockt und die Aus- und Fortbildung aktiviert.

Im Berichtsjahr wurden drei Alarmübungen veranstaltet. Daneben wirkten Einsatzleiter und Einsatzdienste des KfK an acht Alarmübungen mit, die von anderen Institutionen (KNK II, MZFR, TU und WAK) auf dem Gelände des KfK durchgeführt wurden.

- Alarmübung I/90, HBT, am 15.10.1990

Im Gebäude Nr. 606, Raum Z002 (VE-Wasseraufbereitung) kommt es bei Reparaturarbeiten am Ventil eines Säurebehälters zum Bruch einer Leitung. Dabei strömen ca. 2 m<sup>3</sup> 33%ige Salzsäure aus. Zwei Personen werden verätzt.

- Alarmübung II/90 im HVT/HZ am 13.11.1990

- Im Deko-Labor, Raum 148, von Gebäude Nr. 701 (HVT/HZ) wurde beim Befüllen eines Abfallfasses ein Folienbeutel mit einer kontaminierten Doppeldeckel-Schleuse beschädigt und dadurch Radioaktivität freigesetzt. Ein Mitarbeiter erlitt durch das Herabfallen der Doppeldeckel-Schleuse am linken Bein Verletzungen. Bei einer weiteren Person, die sich im Raum befand, bestand die Gefahr der Inkorporation.

- Alarmübung III/90 im ITP am 27.11.1990

Bei Wartungsarbeiten an der Hochspannungsanlage im Geb. 406/1 kommt es zu einem Unfall, wobei eine Person durch einen Stromschlag verletzt wird. Die hierbei aufgetretene Spannung wird auf ca. 1 000 V geschätzt. Der Verletzte ist ohne Bewußtsein. Nach erster ärztlicher Versorgung und Abtransport des Verletzten wird infolge des Stromausfalls die Sauerstoffzufuhr in die Grube der Versuchsanlage TOSCA im Geb. 406/2 unterbrochen und dadurch Alarm ausgelöst. Eine Person wird vermißt.

Übungszwecke waren:

- Alarmierung und Kommunikation,
- Zusammenwirken der Einsatzkräfte,
- Menschenrettung unter schwierigen Bedingungen,
- Versorgung der Verletzten durch die medizinische Abteilung,
- Absperren von gefährdeten Bereichen, Zu- und Abfahrten zum Gebäude,
- Umgang mit Gefahrstoffen (Salzsäure, Chlorgase),
- Strahlenschutz- und Meßaufgaben.

Einsatzkräfte waren neben dem EvD, der Werkfeuerwehr, der Medizin und dem Absperrrtrupp, das betroffene Personal der jeweiligen Organisationseinheiten, in denen die Übung stattfand.

Alle Übungen haben gezeigt, daß die Einsatzkräfte des KfK schnell und zuverlässig ihren Aufgaben gerecht werden.

#### 2.4.5 Allgemeine Sicherheitsregelung des KfK

Im Rahmen mehrerer Organisations- und Namensänderungen im KfK wurde die „Allgemeine Sicherheitsregelung“ überarbeitet und neu gestaltet. Die „Allgemeine Sicherheitsregelung“ ist eine Betriebsanweisung für alle Mitarbeiter. Sie soll eine schnelle Orientierungshilfe sein. Sie enthält in Kurzform die wichtigsten Vorgaben für den Arbeits- und Umweltschutz sowie für Alarmfälle.

#### 2.5 Werkfeuerwehr

H.-A. Ammermann, H. Hollmann, A.-F. Joß

Zum vorbeugenden Brandschutz, zur aktiven Brandbekämpfung sowie zur Behebung sonstiger akuter Notsituationen unterhält das Kernforschungszentrum Karlsruhe eine Werkfeuerwehr. Für alle feuerwehrtechnischen Aufgaben, für die Atemschutzzentrale und für die Ausbildung der Feuerwehrmänner ist ein Oberbrandmeister als Kommandant verantwortlich. Die technische Einsatzleitung bei Einsätzen an Anlagen oder Einrichtungen des Kernforschungszentrums, die den Bestimmungen des Atomgesetzes sowie der Strahlenschutzverordnung unterliegen, hat der Einsatzleiter vom Dienst (s. Kap. 2.4.1).

Die Mitarbeiter der Werkfeuerwehr sind in zwei „Schichten“ eingeteilt und sind im Wechsel „rund um die Uhr“ auf dem Gelände des KfK anwesend. Während des Tagesdienstes ist der Leiter der Werkfeuerwehr für die Schichten verantwortlich. Außerhalb der üblichen Dienstzeit übernehmen „Schichtführer“ diese Aufgabe.

Die Personalstärke der Werkfeuerwehr wurde im I. Quartal um vier Mitarbeiter erhöht; damit wurde eine Personalstärke von 24 Mitarbeitern erreicht.

Ergänzt wird die Werkfeuerwehr durch den Feuerwehrtrupp, der vorwiegend aus Mitarbeitern besteht, die in den Versorgungsbetrieben und Werkstätten der Hauptabteilung Betriebstechnik tätig sind. Die Ausbildung der Mitglieder des Feuerwehrtrupps erfolgt bei der Werkfeuerwehr, ihre Teilnahme an Alarmübungen ist obligatorisch.

##### 2.5.1 Ausbildung

1990 wurde die Ausbildung der Feuerwehrleute weiter intensiviert und fortgesetzt. Tab. 2/9 gibt die Anzahl der im einzelnen absolvierten Kurse wieder. Von 1988 bis 1990, seit Übernahme der Werkfeuerwehr durch die Hauptabteilung Sicherheit, wurden von den Mitarbeitern der Werkfeuerwehr 123 Kurse, Seminare und Lehrgänge absolviert. Für weitere 49 Fortbildungsmaßnahmen sind zur Zeit Mitarbeiter der Werkfeuerwehr angemeldet.

Kursart	Anzahl der Absolventen	Kursart	Anzahl der Absolventen
Truppmann	2	Strahlenschutz	3
Truppführer	1	Atenschutzgerätewart	4
Zugführer	3	Prüfer von Handfeuerlöschern	6
Gruppenführer	1	Umweltschutz	2
Maschinisten	4	Gefahrgutfahrer (U I)	2
Erste Hilfe	3	Führerschein Kl 2	2

Tab. 2/9: 1990 von KfK-Feuerwehmännern absolvierte Kurse

### 2.5.2 Baumaßnahmen

Es wurde ein Brandübungsplatz errichtet, damit die Löschmittel aufgefangen und umweltfreundlich entsorgt werden können. An dem Brandübungsplatz sollen die „Ersthelfer“ den Umgang mit Handfeuerlöschern praxisgerecht üben. Die Planung für die Erweiterung der Feuerwache, Geb. 315, ist abgeschlossen, der Baubeginn ist für das I. Quartal 1991 geplant.

### 2.5.3 Umweltschutz-Gerätewagen „Gefahrgut“

Am 6. Dezember 1990 erhielt die Werkfeuerwehr einen Gerätewagen „Gefahrgut“. Dieser ist zum Einsatz bei Schadensfällen mit gefährlichen Stoffen und Gütern ausgerüstet. Er stellt die Geräte bereit, die zur Durchführung von Sofortmaßnahmen, z. B. bei Säure- und/oder Mineralölnfällen, bei denen Schäden für Personen und Umwelt befürchtet werden müssen, notwendig sind.

Der neue Gerätewagen „Gefahrgut“ (Ausrüstung gem. DIN 14 555, Teil 12) wurde den besonderen Verhältnissen des KfK angepaßt und zusätzlich mit Rettungsgeräten z. B., wie einer hydraulischen Schere ausgerüstet.

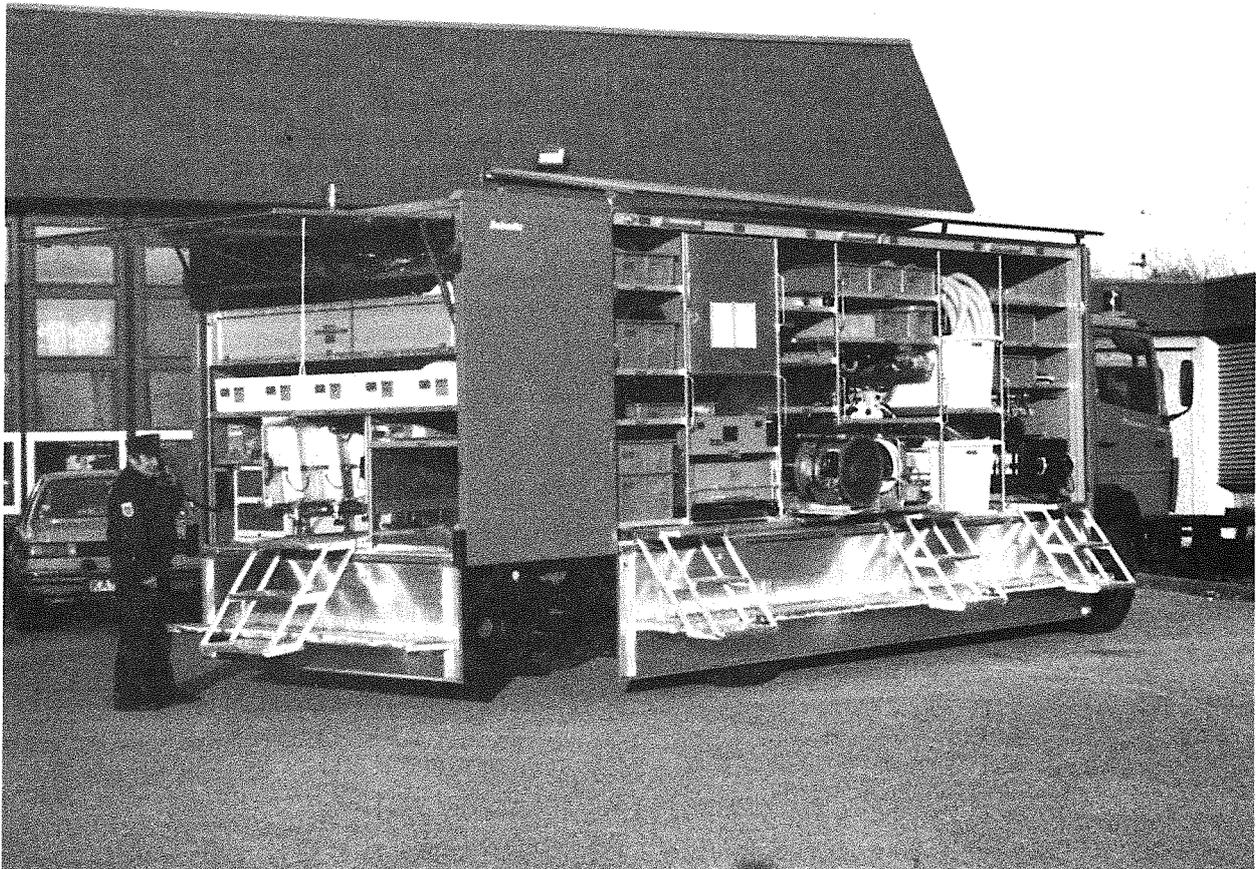


Abb. 2/3: Gerätewagen „Gefahrgut“

**Ausstattung des Gerätewagens:**

Schutzkleidung:	Vollschutzanzüge, schwerer und leichter Atemschutz, Handsprechfunkgeräte (BOS-Funk im Fahrerhaus und am Heck des GW-G) und Sprechgarituren, leichte Schutzanzüge, Gesichts-, Hand- und Fußschutz;
Meßgeräte:	Explosimeter, Gasspürgeräte u. a.;
Pumpen:	Faß-, Tauch-, Handmembran-, Schlauch- und Kreiselpumpe;
Schläuche:	Öl- und säurefest, elektrisch leitfähig, mit Edelstahllarmaturen;
Edelstahllarmaturen:	Übergangsstücke, Kugelhähne, Saugkorb u. a.;
Auffanggeräte:	Edelstahl- und Kunststoffbehälter, Rinnen, Eimer, Trichter;
Beleuchtungsgerät:	Stromerzeuger, Kabeltrommeln, Scheinwerfer;
Sonstiges:	Abdicht-, Räum- und Löschgeräte, Werkzeuge (u. a. nicht funkenreißend); Bindemittel, Rettungs- und Sanitätsgeräte, Signal- und Absperngeräte.
Rettungsgeräte:	Hydraulische Schere und Spreizer, Seilwinde, Hebekissen

#### 2.5.4 Feuerwehrtechnische Aufgaben

Die Hauptaufgaben der KfK-Werkfeuerwehr umfassen Lösch- und Hilfsdienste, Instandsetzungs- und Wartungsarbeiten, die Durchführung von Übungen und das Abhalten von Kursen zur Atemschutztechnik und zur Handhabung von Handfeuerlöschern. Die Tätigkeiten der Werkfeuerwehr 1990 werden im einzelnen in Tab. 2/10 wiedergegeben.

<b>Geleistete Lösch- und Hilfsdienste</b>	
4	Löscheinsätze
88	Feuerfehlalarme
10	Brandwachen bei Schweiß- und Dachdeckerarbeiten
32	Ölspurenbeseitigungen
46	Technische Hilfeleistungen
38	Hilfeleistungen bei Verkehrsunfällen
<b>Instandsetzungen, Wartungsarbeiten und wiederkehrende Prüfungen</b>	
3 200	Handfeuerlöscher gewartet und geprüft
200	Wandhydranten gespült
213	Über- und Unterflurhydranten überprüft
<b>Durchgeführte Übungen und Kurse</b>	
11	Alarmübungen
34	Feuerwehrübungen mit dem KfK-Feuerwehrrupp
25	Atemschutzkurse zur Fortbildung im Umgang mit der Maske im leichten und schweren Atemschutz und in der Handhabung der Vollschutzanzüge
11	Theoretische und praktische Übungen mit Handfeuerlöschern für 105 Mitarbeiter

Tab. 2/10: Leistungsumfang der Werkfeuerwehr 1990

#### 2.5.5 Atemschutzzentrale

In der Atemschutzzentrale der Werkfeuerwehr werden die Atemschutz-Geräte, -Masken und -Vollschutzanzüge aus den Instituten und Abteilungen des Kernforschungszentrums und der Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft mbH betreut. In einer modernen Ultraschall-Reinigungsanlage werden die Halb- und Vollmasken gereinigt und desinfiziert. Die Vollschutzanzüge werden konventionell behandelt. Eventuelle Reparaturen und der Einbau von Ersatzteilen sowie die wiederkehrenden Prüfungen der Atemschutzgeräte, -Masken und -Vollschutzanzüge erfolgen kontinuierlich durch ausgebildete und geprüfte Atemschutzgerätewarte. Die Bevorratung und die Ausgabe von Atemschutzfiltern, Staub-, Halb- und Vollmasken mit Zubehör sowie der Vollschutzanzüge erfolgen durch die Werkfeuerwehr (siehe Tab. 2/11).

Leistungen der Atemschutzzentrale	
10 988	Atemschutzmasken gereinigt, desinfiziert, gewartet und geprüft
168	Preßluftatmer gewartet und geprüft
365	Druckluftflaschen (Volumen bis 50 l) gefüllt
217	Druckluftflaschen dem TÜV zur wiederkehrenden Prüfung vorgeführt und gefüllt

Tab. 2/11: Leistungsumfang der Werkfeuerwehr 1990

## 2.6 Abfallwirtschaft

E. Linß (R. Buchen GmbH), E. Windbühl

### 2.6.1 Entsorgung von inaktiven Abfällen

Die Konzeption der Abfallwirtschaft und der damit verbundene Abrufrahmenvertrag mit einer Entsorgungsfirma haben sich auch im vergangenen Berichtsjahr bewährt. So konnte 1990 mit 237 Entsorgungsaktionen der größte Teil der angefallenen nachweispflichtigen, inaktiven Sonderabfälle einer ordnungsgemäßen Beseitigung zugeführt werden. Die Einzelmengen dieser Abfallarten sind in Tab. 2/12 aufgelistet.

Durch das Bereitstellungs-lagers für inaktive Reststoffe, Geb. 604, konnten die einzelnen Organisationseinheiten weitgehend entlastet werden. Die Verbringung dieser Reststoffe zu geeigneten Beseitigungsanlagen gestaltete sich jedoch weiterhin schwierig. Begründet wird dieser Sachverhalt einerseits durch die begrenzte Aufnahmekapazität der vorhandenen Anlagen, andererseits fehlen in Baden-Württemberg weiterhin Verbrennungsanlagen für Sonderabfälle.

Es war nicht möglich, eine geeignete Anlage in den angrenzenden Bundesländern ausfindig zu machen, die kurzfristig alle hier anfallenden Mengen annehmen und ordnungsgemäß beseitigen kann.

Aufgrund der längeren Verweilzeit bestimmter Abfallarten im KfK, wurde - wie bereits im Vorjahr angekündigt - das Bereitstellungs-lagers erweitert. Die Arbeiten sind zwischenzeitlich so weit fortgeschritten, so daß von einer geordneten Betriebsaufnahme im ersten Quartal 1991 ausgegangen werden kann.

Abfallart	Abfallschlüssel-Nr.	Menge
Inhalt von Fettabscheidern	12501	113,68 t
Papierfilter, sonstig verunreinigt	18710	0,28 t
Kesselschlacke	31307	24,54 t
ölverunreinigtes Erdreich	31423	1,00 t
sonstige verunreinigte Böden	31424	18,02 t
Glas- und Keramikabfälle mit produktions-spezifischen Beimengungen	31433	12,12 t
verbrauchte Filter- und Aufsaugmassen	31435	1,91 t
Asbestabfälle	31436	157,03 t
Säuren, Säuregemische	52102	53,77 t
Chromschwefelsäure	52105	0,24 t
sonstige Konzentrate	52725	7,46 t
Altöl verunreinigt	54102	21,90 t
PCB-haltige Abfallstoffe	54107	0,82 t
Emulsionsgemische	54402	11,58 t
Öl- und Benzinabscheiderinhalte	54702	158,92 t
Paraffin	54706	4,04 t
Lack- und Farbschlamm	55503	0,72 t
Leim- und Klebemittelabfälle	55901	0,76 t
Harze (nicht ausgehärtet)	55903	0,63 t
Polyethylenabfälle	57106	1,22 t
verunreinigte Polyethylenabfälle	57128	3,75 t
Filtertücher	58111	1,00 t
Laborchemikalienreste	59302	3,18 t
Kondensatoren, PCB gefüllt	59901	6,44 t
Küchen- und Kantinenabfälle	91102	36,50 t
Baustellenabfälle	91206	2,46 t
Straßenkericht	91501	22,50 t
Faulschlamm	94502	70,62 t
	Summe:	737,09 t
Holzemballagen, verunreinigt	17118	0,60 m <sup>3</sup>
verbrauchte Ölbindemittel	31428	3,20 m <sup>3</sup>
Verbrauchte Aufsaugmassen	31434	0,52 m <sup>3</sup>
Metalleballagen mit Reststoffen	35106	24,00 m <sup>3</sup>
Laugen, Laugengemische	52402	2,29 m <sup>3</sup>
Ammoniak	52403	0,54 m <sup>3</sup>
feste, mineralische und ölhaltige Werkstattabfälle	54299	72,00 m <sup>3</sup>
Lösemittelgemische, halogenhaltig	55220	4,85 m <sup>3</sup>
Lösemittelgemische, halogenfrei	55370	15,19 m <sup>3</sup>
Kunststoffemballagen mit Reststoffen	57127	16,00 m <sup>3</sup>
	Summe:	139,19 m <sup>3</sup>

Tab. 2/12: Nachweispflichtige Abfallstoffe 1990

## 2.6.2 Ausfuhr- und Nachweisregelungen

Im vergangenen Berichtsjahr gab es im Bereich der Abfallgesetzgebung entscheidende Veränderungen. So wurden entsprechend dem 4. Änderungsgesetz, "Gesetz über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen" (AbfG) von 1986, zuletzt geändert am 11.05.90, drei Rechtsverordnungen verabschiedet und eine allgemeine Verwaltungsvorschrift erlassen, die mit Wirkung vom 01.10.1990 in Kraft traten.

Im einzelnen handelt es sich hierbei um die

- Verordnung zur Bestimmung von Abfällen nach § 2 Abs. 2 AbfG, Abfallbestimmungsverordnung (AbfBestV), vom 03.04.90,
- Verordnung über die Bestimmung von Reststoffen nach § 2 Abs. 3 AbfG, Reststoff-Bestimmungsverordnung (RestBestV) vom 03.04.90,
- Verordnung über das Einsammeln und Befördern sowie über die Überwachung von Abfällen und Reststoffen nach § 2 Abs. 3, § 12 AbfG, Abfall- und Reststoffüberwachungsverordnung (AbfRestÜberwV),
- zweite allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Abfall, Teil 1) vom 10.04.90 nach § 4 Abs. 5 AbfG.

Durch diese Neuregelungen werden neben den Sonderabfällen nun auch solche Reststoffe bestimmt und überwacht, die verwertet werden sollen, wenn von ihnen bei einem unsachgemäßen Befördern, Behandeln oder Lagern eine erhebliche Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit ausgehen kann. Kernstück dieser Bestimmungen ist der neu eingeführte Entsorgungsnachweis (ESN). Der Abfallerzeuger deklariert und beschreibt seinen Rest-/Abfallstoff, der Verwerter/Beseitiger erteilt seine Annahmestätigung und leitet den ESN an seine zuständige Behörde weiter. Diese überprüft, ob hinsichtlich Art, Menge und Zusammensetzung die Entsorgung in der beschriebenen Vorgehensweise durchgeführt werden kann. Erst nach der positiver Überprüfung bestätigt die Behörde die Zulässigkeit der Entsorgung/Verwertung. Die TA Abfall regelt den gesamten Entsorgungsablauf von der Zuordnung der Entsorgungswege, über das Lenken der Abfallströme bis hin zur Lagerung, chemisch - physikalischen bzw. biologischen Behandlung und Verbrennung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen.

Innerhalb des Verantwortungsbereiches des abfallerzeugenden Betriebes obliegt die Pflicht zur Überwachung der Abfallwege, und zwar von deren Entstehung über das Einsammeln und Befördern bis zur ordnungsgemäßen Entsorgung, gemäß § 11b AbfG weiterhin dem Betriebsbeauftragten für Abfall.

Die Nachweisführung aller Entsorgungsvorgänge erfolgt bei KfK GmbH zentral bei HS/AS mittels EDV. Die Daten sind nach § 20 AbfRestÜberwV drei Jahre vom Datum der letzten Eingabe an gerechnet, aufzubewahren.

## 2.7 Rechnernetzwerk

D. Bosch, W. Tachlinski

HS/AS ist in ihrer Aufgabenerfüllung (Strahlenschutzdaten, Terminverfolgung von Vorsorgeuntersuchungen und wiederkehrenden Prüfungen, Sonderabfallerfassung) heute stark vom Funktionieren der EDV abhängig. Als Daten- und Programmbasis für alle Anwendungen und für die Textverarbeitung wird ein zentraler Server verwendet. Im Berichtszeitraum fand eine grundsätzliche Erneuerung dieser zentralen EDV-Anlage statt. Der etwa vier Jahre alte Netzwerk-Server wurde durch eine aktuelle System-Generation ersetzt. Im folgenden soll ein kurzer Überblick über Gründe und Ergebnisse dieser Umstellung gegeben werden.

Das ursprünglich eingeführte Konzept der zentrumsweiten Vernetzung von institutseigenen LANs wies im PC-Bereich in der Praxis erhebliche Sicherheitsmängel auf. Gewollte Eigenständigkeit in der Administration von Teilnetzen im KfK-LAN wurde durch logische Trennung dieser Netze bei gleichzeitiger Hardwareverbindung angestrebt. Die damals verfügbare und im gesamten KfK eingesetzte Software unterstützte dieses Konzept jedoch nur teilweise. Dadurch war es unter Umständen möglich, vorgegebene Zugriffsbeschränkungen zu umgehen und auf Datenbestände in fremden Instituts-Netzen ungehindert und unbemerkt zuzugreifen. Als Konsequenz mußte HS/AS sein Netz vom KfK-LAN physisch getrennt betreiben und somit auf diese Art der Kommunikation verzichten.

Der bei HS/AS bis dahin eingesetzte Netzwerk-Server arbeitete bereits an der Grenze seiner Leistungsfähigkeit. Sein Betriebssystem, MS-DOS, konnte nur eine Hauptspeichergröße von 640 kByte verwalten. Die auf DOS aufsetzende Netzwerk-Software "3+Share" belegte in ihren neueren Versionen bereits so viel Hauptspeicher, daß einige Programmteile nicht mehr installierbar waren. Der Speicher war nahezu vollständig belegt, so daß es zu herabgesetzter Systemleistung und Instabilitäten des Netzwerkbetriebs kam.

Erfreulicherweise war am Markt bereits ein neues Netzwerksystem vorhanden, welches den Wünschen und Bedürfnissen hinsichtlich Datensicherheit und Einbindung in ein zentrumsweites Netzwerk gerecht zu werden schien. Es handelt sich hierbei um das Produkt "3+Open" der Firma 3Com, das auf den Microsoft LAN-Manager und das Betriebssystem OS/2 aufsetzt. Dieses Betriebssystem unterstützt größere Arbeitsspeicher und Festplatten und eignet sich durch die integrierte Multitaskingfähigkeit gerade für den Server-Betrieb besonders. Die neue Software ist jedoch auf der bisherigen Hardware nicht lauffähig, sodaß für ihren Einsatz ein Totalersatz des Servers Voraussetzung war.

Zur adäquaten Unterstützung der Netzwerk-Software werden als Server heute nur noch leistungsfähige Systeme mit großem Arbeitsspeicher und schneller Bus-Architektur (EISA, Mikrokanal) eingesetzt. Bei dem neu beschafften Server handelt es sich um einen Compaq-Systempro mit EISA-Architektur. Bei diesem läßt sich zur Leistungssteigerung der Zentralprozessor einfach durch zukünftige Generationen ersetzen sowie ein zweiter Prozessor einbauen, der dann beispielsweise für Datenbank-Server-Funktionen genutzt werden kann.

Nach Erkennen der oben geschilderten Mängel und der Verfügbarkeit anderer Hard- und Software, machte die Arbeitsgruppe "LAN-Projektkoordination" deshalb die klare Vorgabe, zentrumsweit das bisherige Konzept aufzugeben und "3+Open" als neuen KfK-Standard einzuführen.

Nach umfangreichen Tests konnte in der zweiten Jahreshälfte der neue HS/AS-Server in Betrieb genommen werden. Durch fehlerhafte System-Software kam es anfänglich zu einigen Server-Abstürzen. Dieses Ärgernis konnte durch Software-updates schnell behoben werden und führte nicht zu ernsthaften Behinderungen der Benutzer. Allerdings gibt es auch in der heutigen Version noch ungelöste Probleme mit Schnittstellen und der Datensicherung.

Durch gute Vorbereitung konnte der totale Ersatz der Hard- und Software in nur einem Arbeitstag erledigt werden. Vereinzelt Störungen wurden in der Folgezeit rasch behoben und blockierten einzelne Benutzer in Summe nicht mehr als einige Stunden. Die Umstellungen in diesem zentralen Bereich waren für die LAN-Benutzer ohne nennenswerten zusätzlichen Arbeitsaufwand. Die bei HS/AS eingesetzten Anwendungen blieben ohne größere Anpassungen auf dem neuen Server funktionsfähig. Die Arbeitsplatzrechner arbeiten weiterhin unter dem Betriebssystem DOS. Durch kleinere Netzwerk-Treiber in den PCs steht dort nunmehr ein größerer freier Arbeitsspeicher zur Verfügung.

Positives Ergebnis der Umstellung waren erhebliche Performance-Gewinne bei umfangreichen Datenbankanwendungen, die durch die leistungsfähigere Hardware aber auch durch neue Software-Konzepte, wie die Multitaskingfähigkeit des Servers, zu erklären sind. Durch 3 + Open blieb die eigenständige Administration des HS/AS-inhouse-LANs gewahrt, bei gleichzeitiger Kommunikationsmöglichkeit mit anderen Organisationseinheiten im KfK-LAN. Benutzer fremder LANs können durch Namenseintrag und Vergabe von Zugriffsrechten auf dem Netzwerk-Server Zugriff auf für sie bestimmte Daten und Anwendungen erhalten; unautorisierter Zugriff wird so verhindert.

Die für Netzwerke erforderliche Verkabelung wird bei HS/AS sowohl vom eigenen 3-Com Netzwerk als auch vom Rank-Xerox Bürokommunikationssystem genutzt. Die Datenübertragung läuft parallel, aber ohne Verbindung der beiden Systeme untereinander. HS/AS wartet an dieser Stelle, insbesondere im Bereich "electronic-mail" und "file-transfer" (Texte und Grafik), auf generelle Lösungen der Betreiber des KfK-LAN.

### 3 Sicherung

R. von Holleuffer-Kypke, G. Beck, E. Duran, F. Gergele, R. Günther, E. Karbstein,  
G. Körner, F. Paltian, B. Ritz, D. Schäfer, M. Schwall

Im Berichtsjahr 1990 standen kerntechnische Anlagen nach der sich anbahnenden Vereinigung der beiden deutschen Staaten im Zusammenhang mit Sicherheitsfragen nicht im Blickfeld der Öffentlichkeit. Die noch 1989 für das kommende Jahr angekündigten Kundgebungen und Demonstrationen fanden nicht statt.

Da die Forschung mit kerntechnischer Fragestellung im Kernforschungszentrum schwerpunktmäßig auf einzelne Bereiche reduziert wird, wurden entsprechende Planungen zur Anpassung der geforderten Objektsicherungsmaßnahmen in Angriff genommen.

#### 3.1 Objektsicherung

##### 3.1.1 Objektsicherungsdienst

Der Objektsicherungsdienst (OSD) kontrolliert den Zugang zum Kernforschungszentrum Karlsruhe und führt Streifen in Gebäuden, Lagerbereichen und im Freigelände sowie Kontrollen von Versuchsanlagen durch. Außerhalb der normalen Dienstzeit überprüft der OSD im Rahmen der Streifentätigkeiten in regelmäßigen Abständen zur Überwachung angemeldete wissenschaftlich-technische Experimente. Es werden Sicherungsalarmübungen in verschiedenen Sicherungsbereichen und Alarmübungen in Zusammenarbeit mit den Objektsicherungsdiensten der WAK, KBG und TU abgehalten.

##### 3.1.2 Alarmzentrale

Im Jahr 1990 sind in der Alarmzentrale die in der Abbildung 3/1 aufgeführten Alarm- und Störmeldungen und bearbeitet worden. Im Vergleich zum Vorjahr sind die Alarmmeldungen bis auf die Alarme aus Überwachungsanlagen zurückgegangen.

Im Berichtszeitraum wurden in der Alarmzentrale die in der Tabelle 3/1 ausgewiesenen Einsätze dokumentiert.

Alle in der Alarmzentrale tätigen Mitarbeiter wurden praxisbezogen fortgebildet, um sie stets auf dem aktuellen technischen und administrativen Stand zu halten, so daß in diesem Bereich ein fachkundiger Umgang mit den hochentwickelten technischen Systemen garantiert ist.

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

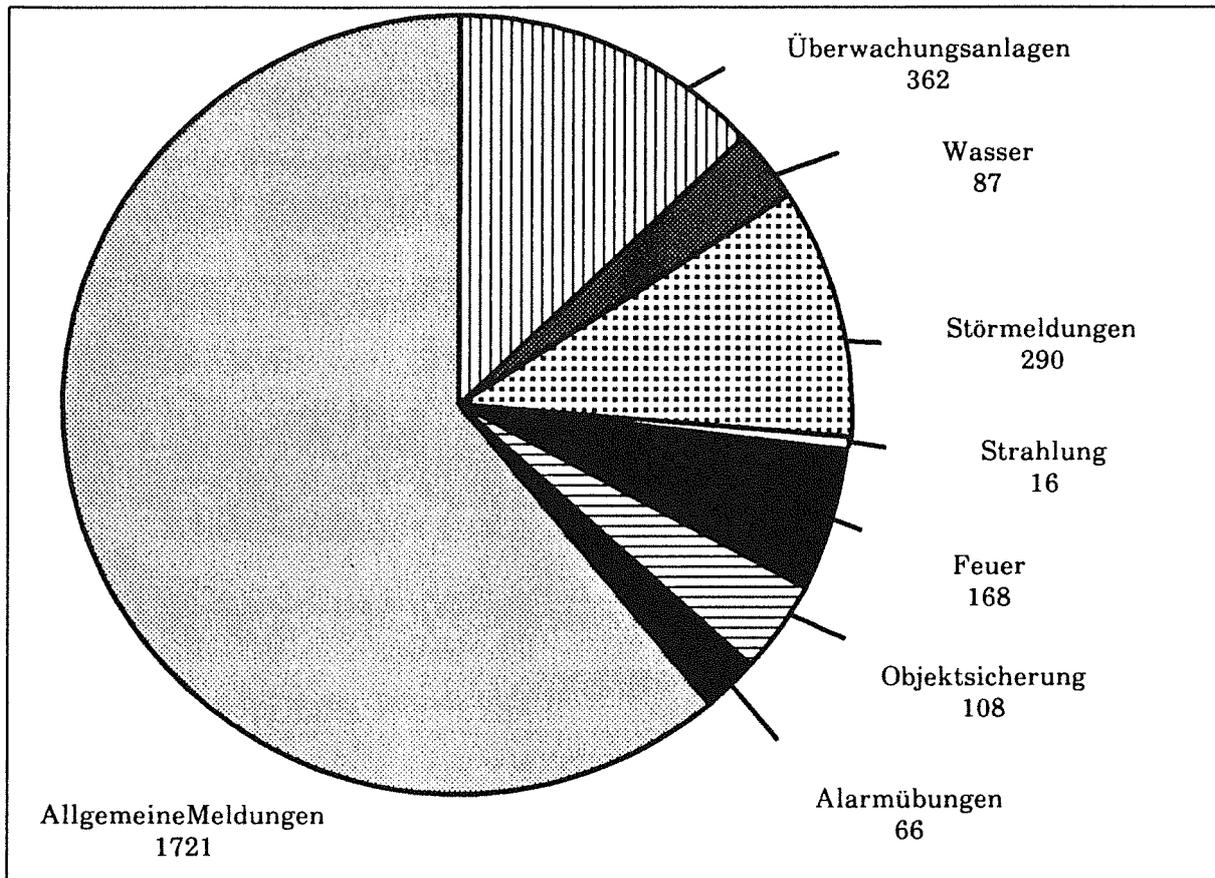


Abb. 3/1: Eingegangene Alarm- und Störmeldungen 1990

HBT-Wartungsdienst	1 017
Rufbereitschaften	499
Einsatzleiter vom Dienst	219
Feuerwehr	216
Strahlenschutz	163
Betriebsverantwortliche	147
Sankra-Deko	132
HDB-Klärwerkspersonal	67
Versuchsleiter	42

Tab. 3/1: Registrierte Einsätze 1990

### 3.1.3 Güterkontrolle

An der zentralen Güterkontrolle wurden im Berichtszeitraum für Fremdfirmen und Anlieferer Warendurchlaßscheine einschließlich solcher für Anlieferung und Abholung von Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen ausgestellt. Zusätzlich erfolgten Schrottverwiegungen und -begleitungen sowie Papiertransportbegleitungen nach Karlsruhe.

### 3.1.4 Diensthundestaffel

Im Berichtszeitraum haben 32 Hundeführer ein Programm von acht Schutzhunde-Lehrgänge mit Erfolg abgeschlossen. Bei der 11. KfK-Schutzhundeprüfung erzielten die zehn Teilnehmer mit ihren Diensthunden hervorragende Noten. Fünf Hundeführer nahmen zusätzlich an Prüfungen der Ortsvereine teil.

### 3.2 Technische Sicherungssysteme

Für kerntechnische Einrichtungen im Kernforschungszentrum Karlsruhe wurden Sicherungskonzepte ausgearbeitet und mit den Gutachtern und Genehmigungsbehörden abgestimmt. Einige technische Sicherungssysteme wurden in Zusammenarbeit mit anderen Organisationseinheiten weiterhin vervollständigt.

Auf der Grundlage behördlicher Rahmenvorgaben für wiederkehrende Prüfungen an Objektsicherungseinrichtungen in kerntechnischen Einrichtungen wurden Prüfanweisungen entwickelt, die mit einem elektronischen Datenverarbeitungssystem verwaltet werden können. Die unterschiedlichen Prüfanweisungen für Funktions- und Sichtprüfungen werden je nach Prüfintervall und Gebäude individuell mit ihren Prüfschritten aufgelistet. Bei baulich-technischen Änderungen der Prüfobjekte ist dadurch ein schnelles Anpassen der Prüfanweisungen an den aktuellen Sachverhalt einfach zu realisieren.

### 3.3 Ermittlungsdienste

Die im Kernforschungszentrum tätigen Fremdfirmen hielten sich weitgehend an die Ordnungs- und Kontrollbestimmungen. Im Jahr 1990 wurden 98 Verstöße gegen die im KfK geltenden Ordnungs- und Kontrollbestimmungen registriert und bearbeitet. Die Zahl liegt damit unter dem Vorjahresniveau. Es kam zu 18 Sicherstellungen von Werkzeugen, Geräten und Materialien, da die Ausführenden zum Zeitpunkt der Ausfuhr nicht die erforderlichen Ausfuhrpapiere vorweisen konnten. Nach Prüfung der Eigentumsverhältnisse wurde das sichergestellte Gut an die Eigentümer zurückgegeben.

Die Zahl der bekanntgewordenen und dem Ermittlungsdienst gemeldeten Sachbeschädigungen liegt mit 109 Fällen fast doppelt so hoch, wie im Vorjahr. Lediglich in drei Fällen konnte der Schadensverursacher nicht ermittelt werden. Der aus den Sachbeschädigungen entstandene Gesamtschaden beläuft sich auf ca. 349 000 DM und ist somit erheblich höher als im Jahr 1989. Die Höhe des Gesamtschadens wurde durch 32 Sturmschäden stark beeinflusst.

Die Anzahl der gemeldeten Diebstähle ist auffallend zurückgegangen. Von den gemeldeten 36 Diebstählen konnten lediglich elf Delikte aufgeklärt werden, da die Anzeigen meist viel zu spät beim Ermittlungsdienst eingingen, so daß die Ermittlungen von Anfang an zum Scheitern verurteilt waren. In Zusammenarbeit mit den zuständigen Fachabteilungen wurden im Berichtsjahr 132 Betriebsunfälle bzw. sonstige Unfälle innerhalb des Zentrums untersucht.

Beschädigte Gegenstände	Jahr	bekannt- gewordene Fälle	aufgeklärte Fälle	geschätzter Schaden in TDM
Kabelschäden	1988	4	4	4
	1989	11	11	44
	1990	7	7	36
Lichtmasten	1988	0	0	0
	1989	2	2	4
	1990	4	4	6
Tore, Einzäunungen	1988	6	5	5
	1989	2	2	2
	1990	8	8	35
Gebäude-/Sachschäden	1988	11	11	434
	1989	10	10	86
	1990	13	13	74
Dienst-Kfz	1988	53	52	67
	1989	25	25	30
	1990	40	40	68
Verschiedenes (Fenster, Türen, Bedachungen, Transport -, Sturmschäden)	1988	11	9	18
	1989	6	4	3
	1990	37	34	130
Summe	1988	85	81	528
	1989	56	54	169
	1990	109	106	349

Tab. 3/2: Sachbeschädigungen; Einsatz des Ermittlungsdienstes

### 3.4 Schließwesen

Mit ihrer Vielzahl von Gebäuden ist die KfK GmbH hinsichtlich der Schließebenen in General-, Haupt-, Obergruppen-, Gruppen- und Einzelschließungen unterteilt. Aus allen Schließsystemen ergibt sich ein Bestand von ca. 25 200 Schließzylindern und etwa 86 500 Einzelschlüsseln. Nach der Neukonzeption von Schließanlagen, die sich wegen der Errichtung von Neubauten oder durch Änderungen in Arbeitsabläufen ergaben, mußten im Jahr 1990 268 Schließzylinder und entsprechende Schlüssel neu beschafft werden. Eine große Anzahl von Schließzylindern und Schlüsseln war defekt oder abgenutzt und mußte erneuert oder ausgewechselt werden.

### 3.5 Verkehrsdienste

Mit 93 Verkehrsunfällen lag die Zahl der vom Verkehrsdienst aufgenommenen und bearbeiteten Verkehrsunfälle nur geringfügig unter der des Vorjahres (s. Tab. 3/3). Bei 30 Unfällen entstand nur leichter Sachschaden, während bei 63 Unfällen der geschätzte Schaden über 1 000 DM lag. Darüber hinaus waren drei Unfälle mit Verletzungen von Personen zu bearbeiten. Die häufigsten Unfallursachen waren wie auch in den vergangenen Jahren:

- Nichtbeachten der Vorfahrt,
- zu geringer Sicherheitsabstand,
- Unachtsamkeit beim Rückwärtsfahren,
- nicht witterungsgerechtes Fahrverhalten in der Winterzeit,
- überhöhte Geschwindigkeit.

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

Monat	Anzahl der Verkehrsunfälle			Sachschaden < 1 000 DM 1990	Sachschaden > 1 000 DM 1990	Personen- schaden 1990
	1988	1989	1990			
Januar	3	8	10	5	5	1
Februar	4	6	7	4	3	-
März	11	9	5	0	5	-
April	9	5	9	2	7	-
Mai	6	5	6	1	5	-
Juni	5	13	11	3	8	-
Juli	9	15	5	1	4	1
August	10	7	5	1	4	-
September	12	5	14	4	10	1
Oktober	10	12	5	3	2	-
November	14	10	6	2	4	-
Dezember	11	4	10	4	6	-
Gesamt	104	99	93	30	63	3

Tab. 3/3: Verkehrsunfälle

### 3.6 Buskontrollen

Im Berichtsjahr sind in den KfK-Zubringerbussen bei 10 364 Fahrgästen Fahrausweiskontrollen durchgeführt worden (siehe Tabelle 3/4). Bei 31 Personen wurde der Pauschalbetrag in Höhe von DM 10,- erhoben, da bei der Kontrolle kein Fahrausweis vorgezeigt werden konnte und eine nachgelöste Fahrkarte nicht in der vorgegebenen Frist vorgelegt wurde.

Kontrollzeiten	Anzahl der kontrollierten Busse	Anzahl der kontrollierten Fahrgäste	davon ohne Fahrausweis angetroffen
Januar	30	1 065	25
Februar	31	1 105	17
März	28	998	25
April	33	1 176	26
Mai	37	1 004	14
Juni	-	-	-
Juli	21	715	10
August	37	678	41
September	36	650	17
Oktober	31	797	25
November	28	1 104	11
Dezember	25	1 072	28
Gesamt	337	10 364	239

Tab. 3/4: Anzahl der Buskontrollen

### 3.7 Personelle und administrative Sicherungsfragen

#### 3.7.1 Personensicherheitsüberprüfung

Von der Gruppe Personensicherheitsüberprüfung wurden gemäß den atomrechtlichen Auflagen die Anträge zur Personensicherheitsüberprüfungen bei den Behörden eingereicht. Es handelte sich dabei um Zutrittsersuchen zu inneren und äußeren Sicherheitsbereichen. Die Behörden haben bis auf wenige Einzelfälle den Zutrittsersuchen stattgegeben. Die Betroffenen wurden über den Sachverhalt informiert. Für 4 820 Personen wurden Anträge auf Zutritt zum KfK-Gelände außerhalb der normalen Arbeitszeit bearbeitet.

#### 3.7.2 Ausweisbüro

Im Jahr 1990 wurden im Ausweisbüro 5 541 Ausweise ausgestellt und 4 708 Ausweise eingezogen. Instituts-, Abteilungs- und Namenswechsel sowie Änderungen von Personen- und Firmennamen machte in 276 Fällen eine Ausweisneuausstellung erforderlich. 230 Ausweise mußten wegen Unbrauchbarkeit, 195 Ausweise wegen Verlust ersetzt werden. Die Gesamtzahl der im Umlauf befindlichen Ausweise belief sich für 1990 auf 11 158 Ausweise.

Die Gesamtzahl setzt sich zusammen aus:

- 4 192 Ausweise für Mitarbeiter der KfK-GmbH,
- 2 762 Ausweise für Mitarbeiter der Gastinstitutionen,
- 4 204 Ausweise für Mitarbeiter beauftragter Fremdfirmen.

### 3.7.3 Empfangsdienst

Die Anzahl der Besucher lag im Berichtszeitraum auf dem gleichen Niveau wie im Jahr zuvor. So wurden insgesamt 31 520 Besucher, davon 4 850 Ausländer, registriert. Für kurzfristig im KfK eingesetzte Fremdfirmenangehörige wurde 4 500 befristete Passierscheine ausgestellt.

Beim Empfangsdienst wurden im Berichtsjahr 42 Fundgegenstände abgegeben; ein Fundgegenstand konnte an den rechtmäßigen Besitzer ausgehändigt werden, 41 Fundsachen sind zur Zeit noch archiviert.



4 Strahlenschutzüberwachung

H. Dilger, D. Beier, H.-U. Berger, A. Reichert

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

1 Gruppe	2 <u>Bereich</u> Überwachte Institutionen	3 Anzahl der Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung	4 Anzahl der überwachten Personen (Dezember 1990)	5 Fläche des überwachten Bereichs in m <sup>2</sup>
Nord	1. " <u>IHCh</u> ": IHCh, INE	8,5 °	284	16 300
	2. " <u>HVT/HZ</u> ": HVT/HZ, IMF III (Bau 573/74), HDB I-Wä	7,5	140	10 100
	3. " <u>FR2</u> ": HVT/EA, HIT, IRE, IMF I, II, III (Bau 681), HBT-IH, HS/B (Bau 620-622), IMT (Bau 691)	3+7# 1*	417	12 400
West	4. " <u>HDB I</u> ": HDB (Bau 510-516, 543, 545, 553, 555), INE (Bau 547) IK III-Zykl.	6,5+4+ 1*	308	10 700
	5. " <u>HDB II</u> ": HDB (Bau 519, 526, 531-536, 548, 563, 570)	8,5	238	33 900
Süd	6. " <u>IRCh</u> ": IRCh, LAF I, HBAU, IGT, SKT, HS (Bau 123, 221), MED, IMT, HPS, HS/AS-Fw	6	281	7 400
	7. " <u>Inst./Meßl.</u> ": INFP, HDI, INR, LIT, IRB, LAF II, IK, ITP, HS (Bau 436, 439), HS/S, HBT/VB, HBT/QS, HBT/FT	7 1*	751	4 100
Abteilungsleitung / Sekretariat		1,5	-	-

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

Eine wichtige Aufgabe ist die Durchführung der Personendosimetrie. Jede beruflich strahlenexponierte Person erhält neben anderen Dosimetern eine Taschenionisationskammer. Die Anzahl der Personen, die mit selbstablesbaren Taschenionisationskammern ausgerüstet wurden (Stichmonat Dezember 1990), einschließlich Fremdfirmenangehörigen, ist in Spalte 4 von Tab. 4/1 aufgeführt. Diese Anzahl hat sich gegenüber dem Vorjahr um ca. 30 erhöht. Dies ist auf den verstärkten Einsatz von Fremdfirmenpersonal zurückzuführen. 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 Expositionsbedingungen, weitere Dosimetertypen wie Thermolumineszenz- oder Albedodosimeter verwendet.

Die Gebäude und Anlagen werden routinemäßig durch Oberflächenkontaminations-, Wischproben-, Dosisleistungs- und Raumlufmessungen überwacht. Die Fläche der betrieblichen Überwachungs-, Kontroll- und Sperrbereiche ist in Spalte 5 von Tab. 4/1 angegeben. Vom betrieblichen Überwachungsbereich werden nur die Bereiche aufgeführt, in denen eine Aktivität oberhalb der Freigrenze gehandhabt wird.

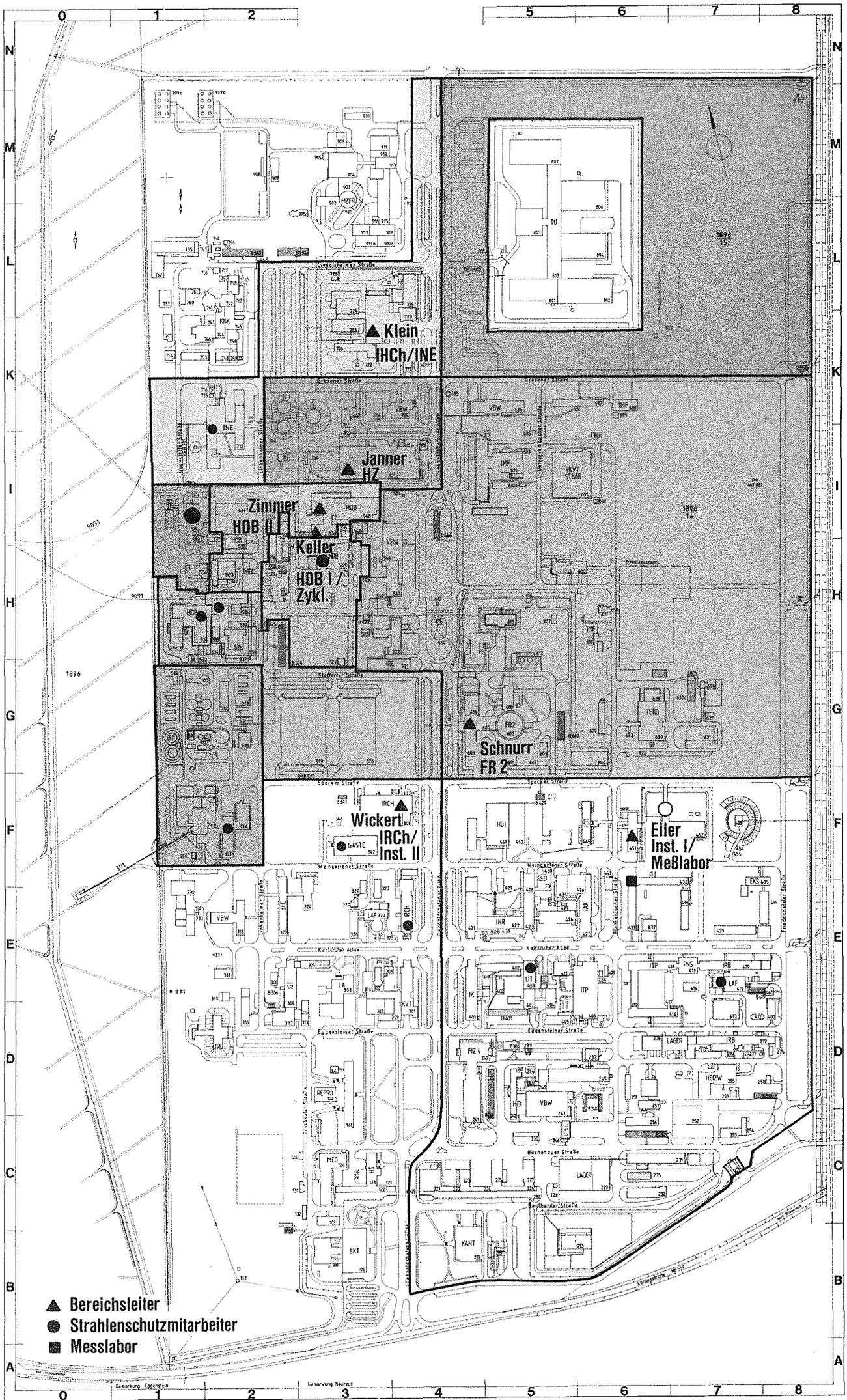
Die Kontaminationskontrolle von Personen am Ausgang von Bereichen, in denen genehmigungspflichtig mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird, geschieht in der Regel in Eigenüberwachung unter Zuhilfenahme von Hand-Fuß-Kleidermonitoren mit automatisiertem Meßablauf. Die Alarmwerte sind auf  $0,05 \text{ Bq/cm}^2$  für  $\alpha$ -Aktivität und auf  $0,5 \text{ Bq/cm}^2$  für  $\beta$ -Aktivität eingestellt.

Die Mitarbeiter überwachen auf Anforderung des zuständigen Strahlenschutzbeauftragten die Durchführung von Arbeiten mit erhöhtem Kontaminations- oder Strahlenrisiko. Autorisierte Mitarbeiter legen bei der Ausstellung von Interventionserlaubnissen die Strahlenschutzauflagen fest. Insgesamt wurden ca. 2300 Vorgänge bearbeitet. Weiterhin führen Mitarbeiter die Strahlenschutzkontrolle bei der Ausfuhr von Material aus den Kontrollbereichen in den das ganze Gelände des KfK umfassenden betrieblichen Überwachungsbereich und aus dem KfK in das allgemeine Staatsgebiet durch. Bei dem Material handelt es sich um weiterverwendbare Gegenstände, wiederverwertbare Reststoffe oder gewöhnliche Abfälle.

Die Abteilung unterhält ein zentrales Meßlabor, in dem die Radioaktivität von Raumluftfiltern gemessen wird und nuklidspezifische Analysen oder Sondermessungen durchgeführt werden. Von Mitarbeitern des Meßlabors werden alle Geräte der Abteilung verwaltet und die Neubestellungen vorgenommen (s. Kap. 4.3).

Die Abteilung unterhält einen Wechselschichtdienst, der außerhalb der regulären Arbeitszeit u. a. die Überprüfung von Meldungen vornimmt, in Zwischenfallsituationen Strahlenschutzmaßnahmen ergreift, Transportkontrollen durchführt oder Proben aus den Abwassersammelstationen ausmißt und gegebenenfalls zum Transport in die HDB freigibt. Zur fachlichen Beratung und zur Verstärkung des Wechselschichtdienstes stehen außerhalb der Regelarbeitszeit zwei Rufbereitschaften zur Verfügung. Während der Regelarbeitszeit bilden die sieben Angehörigen der Rufbereitschaft II sowie jeweils zwei Personen von zwei Einsatzfahrzeugen den Strahlenmeßtrupp.

Die wiederkehrenden Prüfungen an Strahlenschutzmeßgeräten werden von den Mitarbeitern nach festgelegten Prüfplänen vorgenommen. Von autorisierten Mitarbeitern werden die Dichtheitsprüfungen an umschlossenen Strahlern im Rahmen einer Umgangsgenehmigung in den einzelnen Institutionen durchgeführt (s. Kap. 4.7). Der Abteilungsleiter und sein Stellvertreter sind als Strahlenschutzbeauftragter bzw. Stellvertreter für diese Genehmigung bestellt. Die Gruppenleiter der Abteilung haben als Strahlenschutzbeauftragte oder stellvertretende Strahlenschutzbeauftragte für den Fahrdienst die ordnungsgemäße Durchführung von Transporten radioaktiver Stoffe im Rahmen der Transportgenehmigungen der KfK GmbH zu überwachen (s. Kap. 4.4), außerdem sind sie als Strahlenschutzbeauftragter oder stellvertretende Strahlenschutzbeauftragte für den Reinigungsdienst und die Abteilung Sicherheit bestellt. Der Abteilungsleiter ist als stellvertretender Sicherheitsbeauftragter des KfK GmbH benannt.



- ▲ Bereichsleiter
- Strahlenschutzmitarbeiter
- Messlabor

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. Sechs Mitarbeiter legten die Prüfung zur Strahlenschutzfachkraft bei der Industrie- und Handelskammer Aachen mit Erfolg ab.

Für die Mitarbeiter im Wechselschichtdienst und der Rufbereitschaften wurden monatlich Begehungen von Gebäuden mit Fort-, Raumluft- und sonstigen dauernd betriebenen Strahlenschutzmeßgeräten durchgeführt.

Größere Umbauarbeiten wurden bei IHCh, IRCh (Bau 321), HDB (LAW-Eindampfung, Verbrennung), HVT-HZ (Abwasser), IMF III (Bau 574), IMT (Bau 691, 310) überwacht und die Materialflüsse kontrolliert.

Vom IRCh konnten einige Räume im 2. OG des Baus 321, der gesamte Bau 691 des IMT, das IMF III Bau 573 bis auf einen Raum und im IMF I Bau 681 zwei Abschnitte aus der Strahlenschutzüberwachung herausgenommen werden.

#### 4.1 Arbeitsplatzüberwachung im KfK

H. Dilger

Die Art und Menge der gehandhabten radioaktiven Stoffe und auftretenden Strahlenarten sind in den einzelnen Institutionen unterschiedlich. Bei der folgenden Aufstellung werden die Einrichtungen des KfK in fünf Gruppen zusammengefaßt: Beschleuniger, Institutionen mit höherem und niedrigerem Aktivitätsinventar, Dekontamination und Abfallbeseitigung sowie sonstige Institutionen (vgl. Tab. 4/2).

##### 4.1.1 Personendosimetrie mit Taschenionisationskammern

Die Tab. 4/2 zeigt, daß in den Einrichtungen des KfK im Jahre 1990 keine Person eine Jahresdosis von mehr als 15 mSv erhalten hat. Die Anzahl der Personen mit einer Jahresdosis zwischen 5 und 15 mSv im Jahr 1990 betrug 18. Insgesamt wären also nur 0,7 % der überwachten Personen im KfK als beruflich strahlenexponierte Personen anzusehen. Bei einem Vergleich mit den Daten der Personendosisüberwachung in Kap. 2 sind die unterschiedlichen Meßverfahren - Film- und TL-Dosimeter einerseits und Ionisationskammer andererseits - zu berücksichtigen, die wegen der unterschiedlichen Empfindlichkeiten bei verschiedenen Strahlenarten zu differierenden Meßwerten führen können.

	1	2	3	4	5	6
Gruppe	Beschleuniger  (IK, INR, INFP)	Institutionen mit höherem Aktivitätsinventar (IHCh, IRCh, HVT/HZ, HVT/EA, HBT-IH/M, Bau 701, INE)	Institutionen mit niedrigerem Aktivitätsinventar (IMF, HIT, LAF II)	Dekontamination und Abfallbehandlung  (HDB)	sonstige Institutionen	KfK
Personendosis in mSv	Anzahl der Personen					
$0 < H \leq 5$	268	488	224	481	940	2 401
$5 < H \leq 15$	12	0	0	6	0	18
$15 < H$	0	0	0	0	0	0
Oberflächenkontamination in Vielfachen der KfK-internen Interventionswerte	Anzahl der Fälle					
$10^0 < K_\alpha \leq 10^1$	1	29	0	66	0	96
$10^1 < K_\alpha \leq 10^2$	0	11	0	16	0	27
$10^2 < K_\alpha \leq 10^3$	0	5	0	1	0	6
$10^3 < K_\alpha$	0	0	0	0	0	0
$10^0 < K_\beta \leq 10^1$	7	31	0	25	1	64
$10^1 < K_\beta \leq 10^2$	8	20	0	4	2	34
$10^2 < K_\beta \leq 10^3$	2	2	0	1	0	5
$10^3 < K_\beta$	5	2	0	0	0	7
$10^0 < K_{H3} \leq 10^1$	1	0	0	0	0	1
$10^1 < K_{H3} \leq 10^2$	3	0	0	0	0	3
$10^2 < K_{H3}$	0	0	0	0	0	0

Tab. 4/2: Strahlenschutzmeßergebnisse im Kernforschungszentrum Karlsruhe

	1	2	3	4	5	6
Gruppe	Beschleuniger  (IK, INR, INFP)	Institutionen mit höherem Aktivitätsinventar (IHCh, IRCh, HVT/HZ, HVT/EA, HBT-IH/M, Bau 701, INE)	Institutionen mit niedrigerem Aktivitätsinventar (IMF, HIT, LAF II)	Dekontamination und Abfallbehandlung  (HDB)	sonstige Institutionen	KfK
Raumluftaktivitätskonzentrationen in Vielfachen von abgeleiteten Grenzwerten	Anzahl der Fälle					
$0,025 < R_{\alpha} \leq 1$	0	126	2	2 278	0	2 406
$1 < R_{\alpha} \leq 20$	0	11	0	95	0	106
$20 < R_{\alpha}$	0	2	0	13	0	15
$0,015 < R_{\beta} \leq 1$	0	9	0	42	0	51
$1 < R_{\beta} \leq 20$	0	0	0	1	0	1
$20 < R_{\beta}$	0	0	0	0	0	0
$0,025 < R_{H3}$	0	0	0	0	0	0
Überweisung an die Medizinische Abteilung	Anzahl der Personen					
	1	18	1	18	3	41

Tab. 4/2 Fortsetzung: Strahlenschutzmeßergebnisse im Kernforschungszentrum Karlsruhe

#### 4.1.2 Oberflächenkontaminationen

In Tab. 4/2 sind weiterhin die gemessenen Oberflächenkontaminationen, aufgeschlüsselt nach den Strahlenarten, aufgeführt. Es werden Kontaminationen von Gebäudeoberflächen, Arbeitsplätzen, Arbeitsgegenständen und Material angegeben. Die Kontaminationen werden dabei in Vielfachen der durch die interne Kleider- und Zonenordnung vorgegebenen Interventionswerte eingeteilt. Die interne Kleider- und Zonenordnung nach Tab. 4/3 stellt eine Konkretisierung der Strahlenschutzverordnung nach den Gegebenheiten des KfK GmbH dar. Maßgebend für die Zoneneinteilung ist die Umgangsmenge an offenen radioaktiven Stoffen in Vielfachen der Freigrenze gemäß StrlSchV. Die Interventionswerte stellen die Obergrenzen der in den jeweiligen Zonen zugelassenen Oberflächenaktivitäten dar. Meßwerte aus der Zone V, die bestimmungsgemäß kontaminiert ist, werden nicht aufgeführt.  $\alpha$ - und  $\beta$ -Kontaminationen traten vor allem bei der "Dekontamination und Abfallbehandlung" auf. Die Anzahl der Oberflächenkontaminationen insgesamt nahm gegenüber dem Vorjahr bei der  $\alpha$ -Aktivität etwa um 20 %, bei der  $\beta$ -Aktivität um etwa 50 % ab.

Zone	Schutzkleidung	Grenzwert für Oberflächenkontamination in Bq/cm <sup>2</sup>	Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen
Zone I - weiß -  (Betrieblicher Überwachungsbereich/ Kontrollbereich)	Arbeitsmantel ohne farbliche Kennzeichnung	$\alpha \leq 0,05$ $\beta \leq 0,5$ <sup>1)</sup> $n_i \leq 5$ <sup>2)</sup>	<< Freigrenze
Zone II - grau -  (Betrieblicher Überwachungsbereich/ Kontrollbereich)	Arbeitsmantel ohne farbliche Kennzeichnung  Arbeitsschuhe oder Privatschuhe mit Überschuhen	$\alpha \leq 0,05$ $\beta \leq 0,5$ <sup>1)</sup> $n_i \leq 5$ <sup>2)</sup>	$\leq$ Freigrenze
Zone III - grau/gelb -  (Betrieblicher Überwachungsbereich/ Kontrollbereich)	Arbeitsmantel weiß oder grau mit gelber Kennzeichnung  Arbeitsschuhe oder Privatschuhe mit Überschuhen	$\alpha \leq 0,5$ $\beta \leq 5,0$ <sup>1)</sup> $n_i \leq 50$ <sup>2)</sup>	$\leq 1\,000$ fache Freigrenze
Zone IV - gelb -  (Kontrollbereich/ Sperrbereich)	gelbe Kleidung  Berufsmantel nur in Verbindung mit Dienstkleidung, Arbeitsschuhe gelb	$\alpha \leq 5,0$ $\beta \leq 50$ <sup>1)</sup> $n_i \leq 500$ <sup>2)</sup>	gemäß Genehmigungsumfang
Zone V - rot -  (Kontaminationsbereich im Kontrollbereich/ Sperrbereich)	Kombinationsschutzkleidung gelb  Arbeitsschuhe gelb und Überschuhe oder Sonderschutzkleidung	$\alpha > 5,0$ $\beta > 50$ <sup>1)</sup> $n_i > 500$ <sup>2)</sup>	gemäß Genehmigungsumfang

1)  $\beta$ -Strahler einschließlich  $\gamma$ -Strahler ohne <sup>2)</sup>

2)  $n_i$  = niederenergetische und niedertoxische Strahler gemäß Anlage IX der StrlSchV

Tab. 4/3: Kleider- und Zonenordnung des Kernforschungszentrums Karlsruhe

#### 4.1.3 Raumlufaktivitaten

Die Kontrollbereiche der Institutionen mit höherem Aktivitätsinventar und der HDB werden mit einem Netz von stationären Aktivitatssammlern überwacht, die mit einem Luftdurchsatz von 20 m<sup>3</sup>/h arbeiten. Die Filter werden arbeitstäglich gewechselt. Daneben werden an Arbeitsplätzen, an denen eventuell mit Freisetzungen zu rechnen ist, anzeigende Geräte mit Alarmgebern eingesetzt. In Tab. 4/2 sind die Ergebnisse der Raumlufmessungen, wiederum aufgeschlselt nach  $\alpha$ -,  $\beta$ - und H-3-Aktivitäten, aufgeführt. Aus den Grenzwerten der Jahresaktivitatzufuhr gemäß StrlSchV für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A und dem Jahresinhalationsvolumen von 2 500 m<sup>3</sup> werden abgeleitete Interventionswerte berechnet.

So werden in den Anlagen des KfK für  $\alpha$ -Aktivitatsgemische 0,04 Bq/m<sup>3</sup> (Leitnuklid Pu-239, löslich), für  $\beta$ -Aktivitatsgemische 40 Bq/m<sup>3</sup> (Leitnuklid Sr-90, löslich/unlöslich) und für Tritium-Aktivität 1 MBq/m<sup>3</sup> (als HTO) festgelegt. Bei Raumlufaktivitatskonzentrationen oberhalb dieser Interventionswerte dürfen Arbeiten in den Anlagen der KfK nur mit Atemschutzfiltergeraten bzw. beim Auftreten von Tritium mit fremdbelfteten, gasdichten Schutzanzügen durchgeführt werden. Eine weitere Einteilungsschranke stellt das 20fache der abgeleiteten Interventionswerte dar, weil oberhalb dieser Werte im Falle von aerosolfrmigen Raumlufaktivitaten mit Atemschutzisoliergeraten gearbeitet werden muß.

Als untere Meschwelle wurde bei der  $\alpha$ -Aktivität 1 mBq/m<sup>3</sup> und bei der  $\beta$ -Aktivität 0,65 Bq/m<sup>3</sup> gewählt. Damit ist bei einem nach der StrlSchV angenommenen Jahresinhalationsvolumen von 2 500 m<sup>3</sup>, das aber in der Praxis weit unterschritten wird, eine  $\alpha$ -Aktivität von 2,5 % und eine  $\beta$ -Aktivität von 1,6 % des Grenzwerts der Jahresaktivitatzufuhr nachweisbar.

Falls die Messungen ergeben, daß ein abgeleiteter Interventionswert im Tagesmittel überschritten und kein Atemschutz getragen wurde, werden bei den betroffenen Mitarbeitern Inkorporationsmessungen aus besonderem Anlaß durchgeführt, und es wird eine spezielle Abschätzung der Aktivitatzufuhr vorgenommen. Aus den Meßdaten zwischen der Meschwelle und dem einfachen der abgeleiteten Interventionswerte werden für die betroffenen Arbeitsgruppen die maximal möglichen Aktivitatzufuhren und daraus die effektiven Dosen abgeschätzt.

#### 4.1.4 Überweisungen an die Medizinische Abteilung

Hier werden alle Personen erfaßt, die aus Strahlenschutzbereichen an die Medizinische Abteilung überwiesen werden. Dazu gehören Vorgänge mit Personenkontaminationen, die vor Ort nicht durch einfaches Waschen beseitigt werden können, mit Verletzungen sowie mit Inhalationsverdacht aufgrund von Raumlufaktivitatskonzentrationen oberhalb der Interventionswerte, falls kein Atemschutzgerät benutzt wurde (s. Kap. 4.1.3). Die überwiegende Anzahl der aufgefhrtten Personen wurde wegen Verletzungen an die Medizinische Abteilung überwiesen.

4.2 Summendosen

H. Dilger

Aus den Meßwerten der Taschenionisationskammern wurden die Summendosen und die mittleren Individualdosen für das Berichtsjahr in den verschiedenen Institutionen zusammengestellt. Diese Werte enthalten auch die Dosen der Fremdfirmenangehörigen. In Tab. 4/4 sind alle Institutionen mit Summendosen größer 10 mSv in der Reihenfolge fallender Summendosen aufgeführt. Insgesamt beträgt die Summendosis im Kernforschungszentrum 960 mSv. Dieser Wert ist um ca. 15 % niedriger als im Vorjahr. Dies ist vor allem auf eine Dosisreduktion in der HDB zurückzuführen. Die Auswertungen zeigten, daß von allen überwachten Personen - rund 2 450 im Monatsmittel - nur 1 169 Personen eine Dosis ab der monatlichen Entscheidungsgrenze von 0,1 mSv erhalten haben. Dies wirkt sich aus, wenn die Individualdosis nicht über alle überwachten Personen, sondern nur über die exponierten Personen gemittelt wird. Die höchsten mittleren Individualdosen erhielten danach die exponierten Personen von IK III-Zykl mit 3 mSv (s. Kap. 4.6). Es folgen in größerem Abstand HDB und IHCh mit jeweils 1 mSv mittlere Individualdosis pro exponierter Person.

Institution	Summendosen in mSv im Jahr 1990	exponierte Personen im Jahr 1990	mittlere Individualdosis in mSv pro exponierte Person
HDB	382	378	1,0
IK III-Zykl.	218	73	3,0
HBT	63	144	0,4
IHCh	55	58	1,0
HVT/IIZ	55	77	0,7
HS/S	45	133	0,3
HS/Ü	41	51	0,8
HIT	18	56	0,3
IRCh	13	21	0,6
INE	10	25	0,4
alle übrigen	60	153	0,6

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

4.3 Strahlenschutzmeßlabor

D. Beier, K. Schuhmacher

Im Berichtszeitraum wurden im Strahlenschutzmeßlabor 37 100 Raumluftfilter mittels Alpha-Beta-Pseudokoinzidenzanlagen auf künstliche  $\alpha$ - und  $\beta$ -Aktivität ausgemessen. Die gefundenen Luftstaubaktivitäten sind in Tab. 4/5 nach Raumluftkonzentrationen aufgliedert. Die Werte  $0,04 \text{ Bq/m}^3$  für  $\alpha$ -Strahler bzw.  $40 \text{ Bq/m}^3$  für  $\beta$ -Strahler werden von den Grenzwerten der Jahresaktivitätszufuhr über Luft für Personen der Kategorie A abgeleitet (vgl. Kap. 4.1). Die Werte  $1 \text{ mBq/m}^3$  für  $\alpha$ -Strahler bzw.  $0,65 \text{ Bq/m}^3$  für  $\beta$ -Strahler sind das 0,025fache bzw. das 0,016fache der abgeleiteten Werte.

Aktivität	Aktivitätsgrenzen in $\text{Bq/m}^3$	Anzahl der Filter	Anteil an der Gesamtzahl in %
$\alpha$ -Aktivität	$\Lambda > 0,04$	121	0,33
	$0,04 \geq \Lambda \geq 0,001$	2 406	6,49
	$\Lambda < 0,001$	34 573	93,18
$\beta$ -Aktivität	$\Lambda > 40$	1	< 0,01
	$40 \geq \Lambda \geq 0,65$	51	0,14
	$\Lambda < 0,65$	37 048	99,85

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

Mittels  $\gamma$ -Spektroskopie wurden im Strahlenschutzmeßlabor 1 081 Proben untersucht. Davon entfielen auf Kohlefilter 797, auf Luftfilter 2, auf Wischtests 9, auf kontaminierte bzw. aktivierte Gegenstände 153 und auf Dichtheitsprüfungen 124 Proben. Die identifizierten Nuklide sind in Tab. 4/6 aufgeführt. Der zeitliche Aufwand für die  $\gamma$ -Spektroskopie war trotz geringerer Probenanzahl durch unübliche Meßgeometrien größer als im Vorjahr.

Mittels  $\alpha$ -Spektroskopie wurden 22 Proben untersucht. Davon entfielen 14 Proben auf Wischtests, 6 Proben auf Luftfilter und 2 Proben auf Metallplättchen. Die identifizierten Nuklide sind ebenfalls in Tab. 4/6 aufgeführt.

Vom Strahlenschutzmeßlabor wird außer den bereits aufgeführten Messungen auch die Neu- und Ersatzbeschaffung für HS/Ü durchgeführt. Das waren im Berichtszeitraum 131 Beschaffungsanforderungen. Darunter fielen 17 HPK-Monitoren, 16 Kontaminationsmeßgeräte, 15 fahrbare Luftstaubsammler, 14 Dosisleistungsmeßgeräte, 4 Rechner mit Drucker, 3 Zehnfach-Probenwechsler, 1 Aerosolmonitor und Präparate für wiederkehrende Prüfungen der Meßgeräte. Besondere Aufmerksamkeit erfordert die Verfolgung von Reparaturaufträgen.

Nuklid	Beschleuniger	Einrichtungen mit höherem Aktivitätsinventar	Einrichtungen mit niedrigerem Aktivitätsinventar	HDB	Sonstige Institutionen	Fremde Institutionen	Summe
I-123	219	-	-	-	-	-	219
Co-60	-	1	1	3	4	47	56
I-131	-	-	47	-	-	-	47
Cs-137 + Ba-137m	-	4	-	18	3	3	28
Ba-133	-	-	-	-	-	22	22
I-129	-	-	-	11	-	-	11
Hg-203	-	11	-	-	-	-	11
Eu-152	-	-	1	-	-	8	9
Cs-134	-	3	-	3	-	2	8
Am-241	-	3	-	3	-	2	8
Na-24	-	-	-	-	-	5	5
Sb-122	-	-	-	-	-	5	5
U <sub>nat</sub>	-	2	1	-	2	-	5
Co-57	-	1	-	-	-	2	3
F-18	2	-	-	-	-	-	2
Ru-106 + Rh-106	-	2	-	-	-	-	2
Ra-226 + Folgepr.	-	1	-	1	-	-	2
Cd-109	-	-	-	1	-	-	1
Sb-125 + Te-125m	-	1	-	-	-	-	1
Ce-144 + Pr-144	-	1	-	-	-	-	1
Pm-147	-	-	1	-	-	-	1
Eu-154	-	1	-	-	-	-	1
Eu-155	-	1	-	-	-	-	1
Th-228 + Folgepr.	-	1	-	-	-	-	1
Am-241 + Pu-238	-	2	-	15	-	1	18
Pu-239 + Pu-240	-	2	-	11	-	1	14
U <sub>nat</sub>	-	1	-	-	-	1	2
Cm-243 + Cm-244	-	1	-	1	-	-	2
Cm-242 + Cf-252	-	-	-	1	-	-	1

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

#### 4.4 Transporte radioaktiver Stoffe

H.-U. Berger

Neben seinen sonstigen Aufgaben hat der Verfasser die Verpflichtung, als Strahlenschutzbeauftragter des Fahrdienstes die ordnungsgemäße Durchführung der Transporte radioaktiver Stoffe auf öffentlichen Straßen zu überwachen, sofern dabei Beförderungsgenehmigungen des KfK GmbH in Anspruch genommen werden oder der Fahrdienst die Transporte durchführt. Das gleiche gilt für die vom Fahrdienst auf Werksstraßen des Kernforschungszentrums durchgeführten Transporte radioaktiver Stoffe.

Bei der Durchführung dieser Aufgaben wurden im Rahmen der vorgeschriebenen Buchführung über die durchgeführten Transporte 101 Beförderungspapiere nach Rn 2002 GGVS und 55 Begleitpapiere nach Absatz 7.1 der internen Transportordnung durchgesehen. Wegen unvollständiger oder unklarer Angaben in den Begleitpapieren waren in einigen Fällen Rückfragen erforderlich. Für das Fahrpersonal wurden zwei Strahlenschutzbelehrungen durchgeführt. Die 101 (1989: 128) auf öffentlichen Straßen durchgeführten Transporte radioaktiver Stoffe sind in Tab. 4/7 nach Aktivitätsinventar aufgegliedert. Es handelte sich überwiegend um Transporte, die zum Zwecke der Prüfung von Iodfilteranlagen in Kernkraftwerken erfolgen (Beförderung von I-131 als Methyliodid in Form von Prüfgas, beladenen Meßadsorbern und kontaminierten Geräten). Die 55 (1989: 61) auf Werksstraßen durchgeführten Transporte sind in Tab. 4/8 nach Aktivitätsinventar aufgegliedert.

In 24 (1989: 27) Fällen wurden für innerbetriebliche Transporte flankierende Maßnahmen festgelegt. Außerdem wurden für eine Reihe von im wesentlichen gleichartigen innerbetrieblichen Transporten die Transportmodalitäten festgelegt. Diese Transporte standen im Zusammenhang mit der Entsorgung des FR2 von aktivierten Experimentiereinrichtungen.

Erheblichen Zeitaufwand erforderte die Umsetzung neuer Vorschriften, die die Beförderung radioaktiver Stoffe betreffen: Zwischen Dezember 1989 und Juli 1990 wurden die 2. und die 3. Änderungsverordnung zur GGVS und die Gefahrgutbeauftragten-Verordnung veröffentlicht, die zum Teil sehr kurzfristig in Kraft traten. Um überhaupt wieder einen lesbaren Text der GGVS in der jeweils gültigen Fassung zu erhalten, mußten zunächst 294 Seiten Änderungstext in den alten Text eingearbeitet werden. Danach wurden die Änderungen in eine umfangreiche Informationsnotiz für Strahlenschutzbeauftragte und "Fachkundige Personen für Beförderung radioaktiver Stoffe" aufgenommen und die Manuskripte und Unterlagen einschlägiger Vorträge und Strahlenschutzbelehrungen geändert.

Transporte mit Aktivitätsinventar A in GBq			
A < 0,37 und Leerbehälter	$0,37 \leq A < 37$	$37 \leq A < 3700$	$A \geq 3700$
89 (119)	11 (9)	1 (0)	0 (0)

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

Transporte mit Aktivitätsinventar A in GBq				
A < 0,37	$0,37 \leq A < 37$	$37 \leq A < 3700$	$A \geq 3700$	ohne Aktivitäts- angabe
16 (28)	24 (22)	14 (10)	1 (0)	0 (1)

Tab. 4/8: Aktivitätsinventar der innerhalb des eingezäunten KfK-Geländes durchgeführten Transporte radioaktiver Stoffe. Die Vorjahreszahlen sind in Klammern angegeben.

#### 4.5 Programmpflege und -neuentwicklung

D. Beier, G. Nagel, K. Schuhmacher

Im Berichtszeitraum wurden eine Datei neu aufgebaut und Programme dazu erstellt, des weiteren wurden Programme für vorhandene HS-Ü-Dateien weiterentwickelt.

- **Gerätedatei**  
Für die von HS/Ü betriebenen Geräte, insbesondere Strahlenschutzmeßgeräte, wurde eine dBASE-Datei "GERÄTE" erstellt. Zur Bearbeitung der Datei wurden Programme und Masken für die üblichen Routinen wie Neueingabe, Ändern, Bestandslisten usw. entwickelt. Die Eingabe der ca. 2 200 Geräte erforderte beträchtlichen Zeitaufwand.  
  
Da zum Suchen von Geräten für bestimmte Aufgaben, wie z. B. Dosisleistungsmessung im niederenergetischen Strahlungsfeld, die allgemein üblichen Bezeichnungen oder die Handelsbezeichnungen nicht ausreichen, wurde damit begonnen, für jeden Gerätetyp einen Katalog mit Suchkriterien anzulegen.
- **Aerosol-Raumluftaktivitätsdatei**  
Aus den Meßwerten der Raumluft-Aktivitätskonzentration wird eine Inhalationsdosis unter Berücksichtigung von Aufenthaltszeit und Atemschutzart bestimmt, die dann einzelnen Personen oder Personengruppen zugeordnet werden (s. Kap. 4.1.3). Dazu wurden mehrere Programme zur Erfassung, Bearbeitung und Darstellung dieser Werte erstellt.  
  
Die Bearbeitung der von der Alpha-Beta-Pseudokoinzidenzanlage im Meßlabor gelieferten Meßwerte wurde weiter ausgebaut, wie z. B. Ausdrucke für die HDB sortiert nach Gebäude, Meßstelle und Raum.
- **Personendosisdatei (TIK-Werte)**  
Neu erstellt wurde ein Programm zur Übernahme der TIK-Werte des AUTORAD (automatisches Stabdosismeterauswertegerät) in die Personendatei.
- **Präparatedatei**  
Für die halbjährliche Meldung über die Ausschöpfung der genehmigten Umgangsmengen wurde ein neues Programm zur Berechnung und zur Ausgabe, einschließlich des Formblattes, erstellt.

#### 4.6 Strahlenschutzüberwachung im Zyklotron

A. Reichert

Das Institut für Kernphysik (IK III) betreibt im Gebäude 351 zwei Beschleunigeranlagen, das Karlsruher-Isochron-Zyklotron (KIZ) und das Karlsruher-Kompakt-Zyklotron (KAZ).

Einsatzschwerpunkte dieser Anlagen sind:

- KIZ - Materialforschung für die Fusion,
- Dünnschichtaktivierung von Maschinenteilen,
- Aktivierungsanalysen.

- KAZ - Aktivierung von Maschinenteilen für die Verschleißmessung,
- routinemäßige Isotopenproduktion für die Medizin (I-123 und Rb-81),
  - Materialforschung für die Fusion.

Die Strahlenschutzüberwachung des Zyklotrons obliegt innerhalb der Abteilung HS/Ü der Gruppe West. Eine der Hauptaufgaben der Strahlenschutzüberwachung stellt die Personendosisüberwachung dar. Die Personendosiserfassung erfolgt unter Verwendung verschiedener Dosimetertypen. Zur Messung der amtlichen Dosis werden Thermolumineszenzdosimeter ( $\beta$ -/ $\gamma$ -Tiefendosis) und Albedodosimeter (n-Dosis) eingesetzt. Die Messung der nichtamtlichen Dosis erfolgt mittels Taschenionisationskammern (TIK) und Thermolumineszenzdosimeter ( $\beta$ -/ $\gamma$ -Oberflächendosis).

Im Rahmen der internen, nichtamtlichen Personendosisüberwachung wurden 1990 81 Personen überwacht, bei 73 Personen konnte eine Personendosis von  $>0,1$  mSv festgestellt werden.

Die strahlenexponierten Personen wurden in fünf, für das Zyklotron typische Arbeitsgruppen zusammengefaßt, die Ergebnisse sind in Tab. 4/9 dargestellt. Ein Vergleich gegenüber 1989 zeigt eine Zunahme der Gesamtdosis von ca. 28 %, wobei die Zunahme in der Arbeitsgruppe "Operateure und Betriebsgruppe" am signifikantesten erscheint.

Die Zunahme der Kollektivdosis für die Arbeitsgruppe "Operateure und Betriebsgruppe" ist auf zwei außerplanmäßige Reparaturen am KIZ und KAZ zurückzuführen. Im Februar/März 1990 war es erforderlich, eine defekt gewordene Haupterregerspule im KAZ auszutauschen. Insbesondere der Ausbau der Vakuumkammer und die anschließenden Justierarbeiten führten zu höheren Personendosiswerten.

Im August 1990 mußte die Vakuumkammer des KIZ ausgebaut werden, was auch hier mit einer erhöhten Dosisaufnahme verbunden war.

Die weiteren Arbeitsgruppen zeigten keine signifikante Zunahme der Kollektivdosis, bei der Arbeitsgruppe "Isotopenproduktion" war ein Rückgang der Kollektivdosis zu verzeichnen.

Arbeitsgruppe	Personenzahl	Anteil %	TIK-Dosis 1990 in mSv		Anteil %
			kollektiv	individual (Mittelwert)	
Isotopenproduktion	18	24,7	69	3,8	31,7
Operateure und Betrieb	17	23,3	91	5,4	41,8
Werkstätten	12	16,4	18	1,5	8,2
Strahlführungssystem	12	16,4	21	1,8	9,6
Sonstige	14	19,2	19	1,4	8,7
Summe / Mittel	73	100	218	3,0	100

Tab. 4/9: Dosisverteilung auf Arbeitsgruppen im IK III-Zyklotron

#### 4.7 Dichtheitsprüfungen

H. Dilger

Im Berichtsjahr 1990 hat die Abteilung HS/Ü Dichtheitsprüfungen an umschlossenen Strahlern, die sich im Besitz des KfK GmbH befinden, durchgeführt. Die Prüfungen erfolgen für sonstige radioaktive Stoffe bis zum  $1 \cdot 10^{10}$ fachen der Freigrenzen im Rahmen einer atomrechtlichen Genehmigung für HS, für Kernbrennstoffe im Rahmen der atomrechtlichen Genehmigungen der entsprechenden Institution und einer Bestätigung des UM, daß HS eine anerkannte Prüfstelle gemäß §75 StrlSchV ist. Als Prüfgrundlage dient die DIN 25 426 T4. Danach müssen alle umschlossenen Strahler oberhalb dem 100fachen der Freigrenze jährlich einer Dichtheitsprüfung unterzogen werden. Für Strahler, die geschützt in Apparaturen eingebaut, nur gelagert oder besonders stabil gebaut sind, können Verlängerungen der Prüf Fristen bei der Aufsichtsbehörde verlangt werden. Hierzu ist ein entsprechendes Gutachten der PTB erforderlich. Als Prüfverfahren werden für  $\beta$ -Strahler die Wischprüfung, für  $\alpha$ -, n- und niederenergetische  $\beta$ -Strahler die Tauchprüfung angewandt. Die Auswertung von Wischproben geschieht im Proportionalzähler. Die Flüssigkeitsproben werden entweder  $\gamma$ -spektrometrisch oder durch Szintillationsmeßtechnik ausgewertet. Der Strahler gilt als dicht, wenn die abgewischte oder gelöste Aktivität  $\leq 200$  Bq ist. Kann die Wischprüfung nur an einer Ersatzfläche durchgeführt werden, so gilt der Strahler nur dann als dicht, wenn die abgewischte Aktivität  $\leq 20$  Bq ist. Die Anzahl der geprüften Strahler ist in Tab. 4/10 nach Nuklid und Institution sortiert aufgeführt. Im Berichtsjahr wurde kein undichter Strahler gefunden.

	Sr-90	Cs-137	Am-241	Ra-226 Be-9	Co-60	Cf-252	Am-241 Be-9	Sm-151	Kernbr./ Spaltpr.	Pu-238	Np-237	Tl-204	Fe-55	Cd-109	Ges.
HS/D	16	17	5		2	2						2			44
IHCh	1	4	6					2			1				14
HS/Ü	9	2	2												13
LIT		2	5		1					3					11
INR				5		1			3		2				11
IK III			5	1			2								8
IRCh	3				1	2									6
IGT	2			1	2										5
IRE	3			1			1								5
HBT/QS													1	1	2
HVT/HZ		1													1
MED			1												1
INFP								1							1
HDB		1													1
LAF I			1												1
KfK	34	27	25	8	6	5	3	3	3	3	3	2	1	1	124

Tab. 4/10: Anzahl der im Jahr 1990 durchgeführten Dichtheitsprüfungen an umschlossenen Strahlern



## 5 Umweltschutz

M. Winter

Die Aufgaben der Abteilung „Umweltschutz“ (HS/US) umfassen die Überwachung der Emissionen radioaktiver Stoffe mit Abluft und Abwasser aus den kerntechnischen Einrichtungen und Instituten des Kernforschungszentrums Karlsruhe und die Überwachung der Immissionen in seiner Umgebung. Überwachungsziel ist die möglichst lückenlose Erfassung aller Emissionen und Immissionen und der auf Messungen und begleitende Berechnungen gestützte Nachweis der Einhaltung der durch die Strahlenschutzverordnung vorgegebenen Grenzwerte und darüber hinausgehender Auflagen der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde.

Die von den Emittenten des Kernforschungszentrums geplanten Ableitungen radioaktiver Stoffe in die Atmosphäre werden von HS/US koordiniert. Dies geschieht durch die jährliche Erstellung eines Abluftplanes, in dem die von den verschiedenen Emittenten, entsprechend ihrer Zweckbestimmung und ihren Forschungsaufgaben beantragten Planungswerte nach Möglichkeit berücksichtigt werden. Dieser Abluftplan ist dem Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg jährlich im voraus zusammen mit einer Prognoserechnung für die sich aus den Antragswerten maximal ergebende Strahlendosis für die Bevölkerung zur Genehmigung vorzulegen. Zur Kontrolle der Einhaltung der Bestimmungen des Abluftplanes und zur Bilanzierung der abgeleiteten Radioaktivität werden alle im Bereich des KfK GmbH anfallenden Proben bei HS/US gemessen. Struktur, Umfang und Ergebnisse der routinemäßigen Abluftüberwachung sowie die Ergebnisse der Dosisberechnungen für die Umgebung des KfK auf der Grundlage der für das vergangene Jahr bilanzierten radioaktiven Ableitungen werden in Kap. 5.1 dargestellt.

Die Überwachung des Radioaktivitätsgehaltes aller im KfK anfallenden Abwässer erfolgt zentral durch HS/US. Die Radioaktivitätskonzentrationen der von der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe aus den einzelnen Abwassersammelstationen gezogenen Abwasserproben werden bei HS/US gemessen. Durch Vergleich der Meßergebnisse mit genehmigten Grenzwerten wird in jedem Einzelfall über das Erfordernis einer Dekontamination der Abwässer entschieden. Die Bilanzierung der mit dem Abwasser insgesamt in den Vorfluter abgeleiteten Radioaktivität erfolgt anhand der Meßergebnisse für mengenproportionale Mischproben aus den Endbecken der Kläranlage. Über den Umfang und die Ergebnisse der routinemäßigen Abwasserüberwachung und eine Abschätzung der Strahlenexposition an den ungünstigsten Einwirkungsstellen der mit dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe in der Umgebung des KfK wird in Kap. 5.2 berichtet.

Eine zusammenfassende Darstellung des Programms und der Ergebnisse der Umgebungsüberwachung wird in Kap. 5.3 gegeben. Kontrollierende und ergänzende Messungen in der Umgebung des KfK werden von der Landesanstalt für Umweltschutz durchgeführt.

Der Umfang der zur Erfüllung der Aufgaben der Abteilung erforderlichen spektroskopischen und radiochemischen Arbeiten wird in Kap. 5.4 dargestellt.

Ausführliche Berichte über die Ergebnisse der Abluft-, Abwasser- und Umgebungsüberwachung werden dem Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg vierteljährlich übersandt. Die erforderliche Qualitätskontrolle der eingesetzten Meßverfahren und der mit ihnen erzielten Ergebnisse wird durch die regelmäßige Teilnahme an Ringversuchen gewährleistet, die von den Leitstellen des Bundes zur Überwachung der Umweltradioaktivität organisiert werden. Zur Kontrolle der Eigenüberwachung der Emissionen des KfK führen amtliche Meßstellen Vergleichsanalysen mit angeforderten Stichproben durch.

## 5.1 Fortluftüberwachung

### A. Wicke

Im Rahmen der Überwachungsaufgaben der Abteilung Umweltschutz sind entsprechend den aktualisierten „Grundsätzen für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus dem KfK (Stand: November 1990)“ die Aktivitätsabgaben der einzelnen Emittenten zu kontrollieren und zu bilanzieren. Als Grundlage für diese Aufgabe wird für jedes Jahr im voraus ein „Abluftplan“ erstellt, der dem Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg (UM) zur Genehmigung vorzulegen ist. Dieser Abluftplan enthält für die einzelnen Emittenten des KfK die höchstzulässigen Jahresabgaben, aufgeschlüsselt nach Radionukliden und Radionuklidgruppen. Die jeweiligen Werte sind so festgelegt, daß die daraus errechnete Strahlenexposition der Bevölkerung in der Umgebung des KfK die in § 45 Strahlenschutzverordnung vorgeschriebenen Dosisgrenzwerte in jedem Fall deutlich unterschreitet.

Im Abluftplan und bei der Bilanzierung der radioaktiven Ableitungen werden die folgenden sieben Nuklidgruppen und die Einzelnuklide H-3 und C-14 unterschieden:

A <sub>AK</sub>	α-Aerosole ( $T_{1/2} \leq 8$ d)
A <sub>AL</sub>	α-Aerosole ( $T_{1/2} > 8$ d)
A <sub>BK</sub>	β-Aerosole ( $T_{1/2} \leq 8$ d)
A <sub>BL</sub>	β-Aerosole ( $T_{1/2} > 8$ d)
E	Radioaktive Edelgase
G <sub>K</sub>	Kurzlebige radioaktive Aktivierungsgase
I	Radioaktives Iod: elementares, organisches und aerosolförmiges Iod als I-131-Äquivalent
H-3	Tritium
C-14	Radioaktiver Kohlenstoff

Die Einführung von Nuklidgruppen bedeutet 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 höchstzulässige Ableitungen vorgegeben werden müssen. Die für die Messung, die Bilanzierung und die Dosisberechnung erforderlichen Definitionen der Nuklidgruppen werden in Kap. 5.1.3 näher erläutert.

Von den insgesamt 39 Emittenten (vgl. Lageplan Abb. 5/1) gehören 34 zum KfK GmbH. Die Ableitungen werden in Zusammenarbeit mit den Mitarbeitern der HS-Abteilung „Strahlenschutzüberwachung“ (HS/Ü) ermittelt. Dabei werden die zur Bilanzierung benutzten Filter, Iodkohlepatronen, C-14- und Tritiumsammler durch HS/Ü-Personal gewechselt und HS/US zur Auswertung zugeleitet (s. Abb. 5/2). Die Ergebnisse der Edelgasmeßstellen werden vor Ort registriert und HS/US übermittelt. Wartung, Reparatur und Kalibrierung der für die Fortluftüberwachung eingesetzten Geräte werden durch eine Arbeitsgruppe der HS-Abteilung „Dosimetrie“ durchgeführt.

Die Fortluftüberwachung der Anlagen des KfK, die nicht vom KfK GmbH betrieben werden, erfolgt durch die zuständigen Betreiber. Die Meßergebnisse werden der bilanzierenden Stelle bei HS/US regelmäßig mitgeteilt.

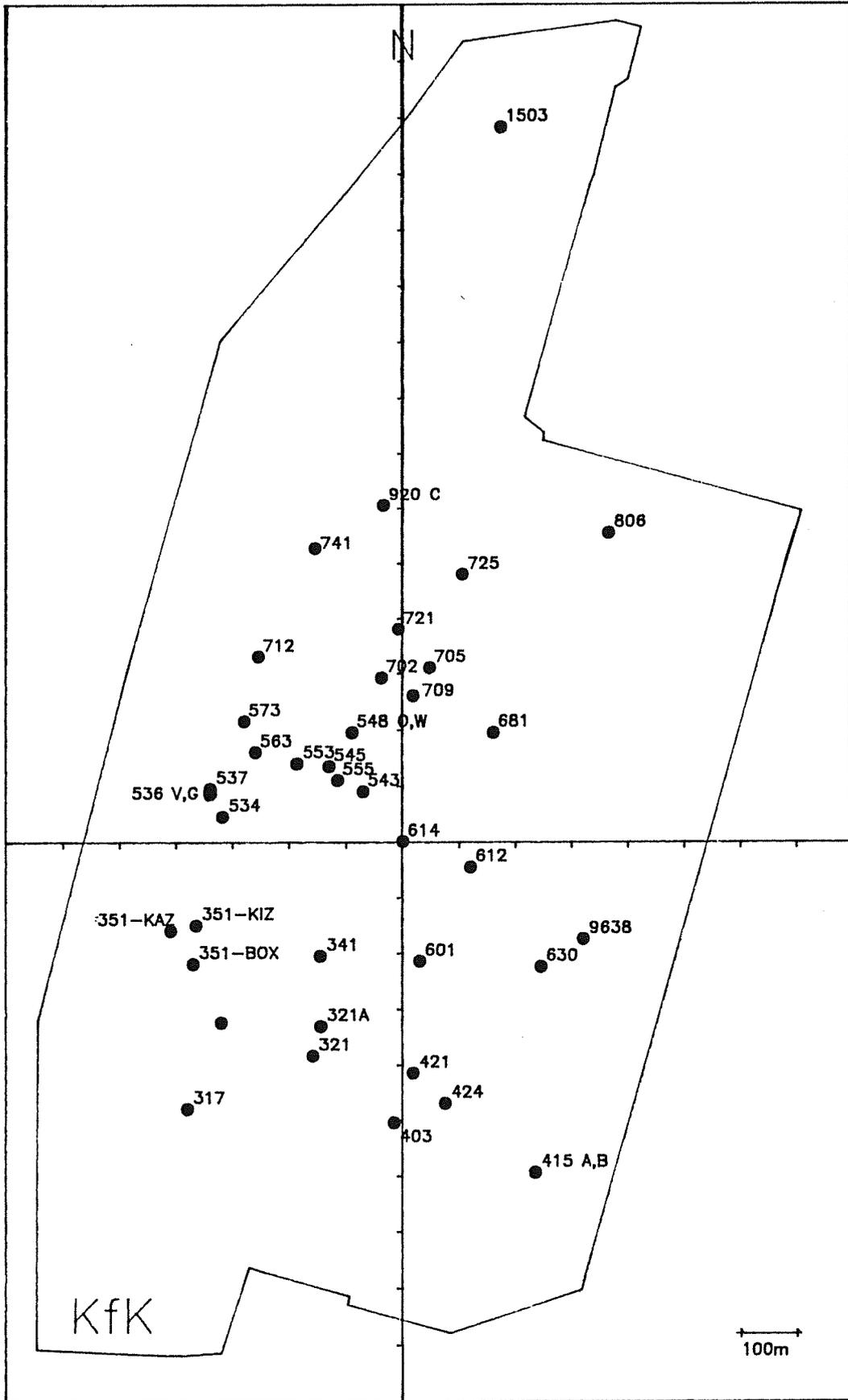


Abb. 5/1: Lageplan der Emittenten des KfK mit Angabe der Gebäudenummern

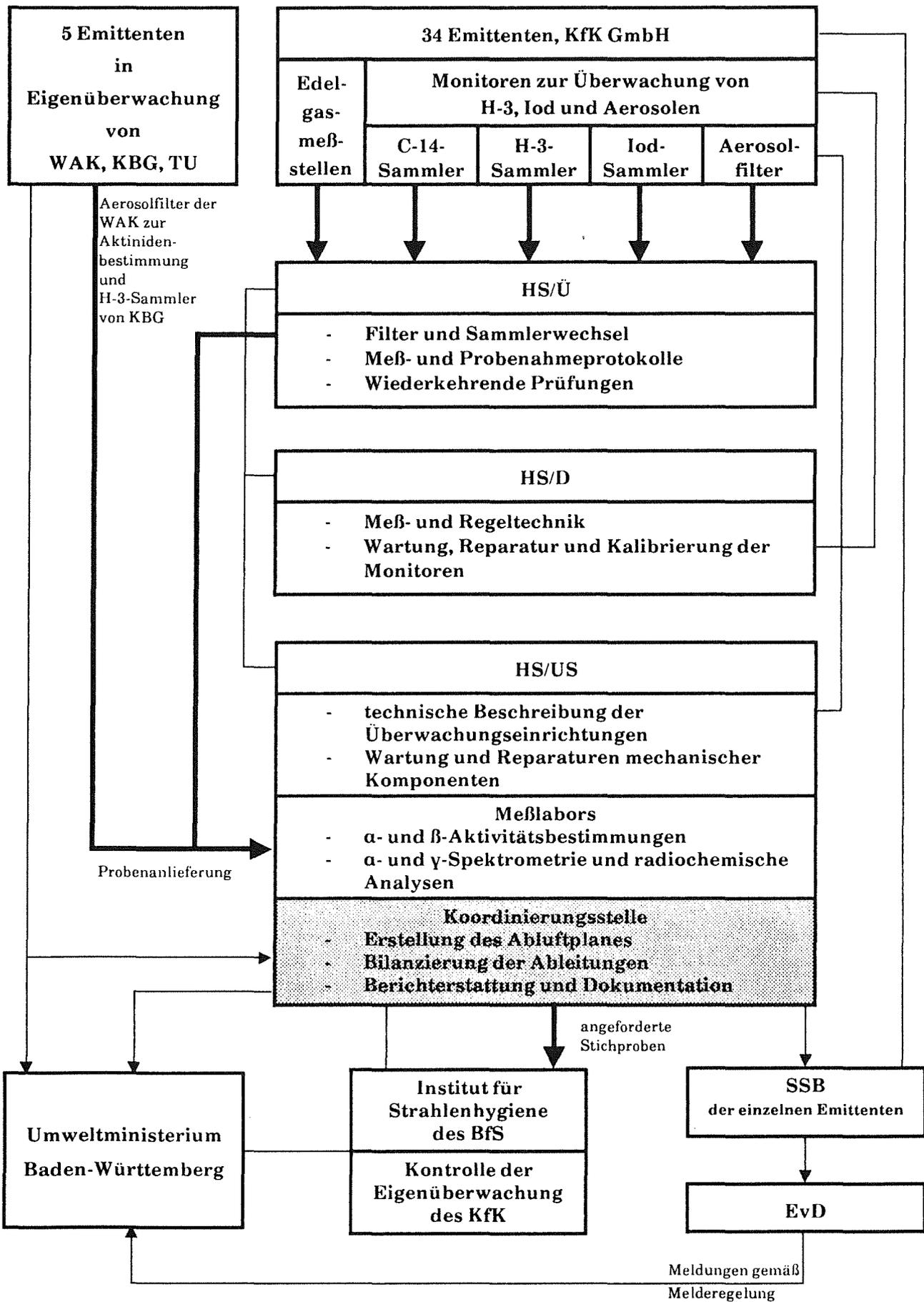


Abb. 5/2: Schematische Darstellung der Fortluftüberwachung im KfK

— Proben und Meßprotokolle      — Kommunikationswege und Berichterstattung

Einzelheiten zur Messung und Bilanzierung von radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft sind aus Kap. 5.1.1 ersichtlich. Über die aufgrund dieser Ableitungen in der Umgebung des KfK rechnerisch ermittelte Strahlenexposition wird in Kap. 5.1.3 berichtet. Bei der Dosisberechnung wurde erstmals die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 45 Strahlenschutzverordnung (AVV) angewandt.

Darüber hinaus erfolgt in Kap. 5.1.2 eine Berichterstattung über die Ableitungen nichtradioaktiver Stoffe mit der Fortluft für die Anlagen, deren Betrieb nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) zu genehmigen war.

### 5.1.1 Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft 1990

B. Messerschmidt, H. Wilker, A. Wicke, D. Papadopoulos

Die Bilanzierung der radioaktiven Ableitungen erfolgt durch Auswertung der in den Fortluftmeßstellen eingesetzten Sammler. Für die Überwachung der Aerosole werden Glasfaserfilter, für Iod Aktivkohle und für Tritium bzw. C-14 Molekularsiebe eingesetzt. Eine Ausnahme bilden die radioaktiven Edelgase, deren Bilanzierung durch Direktmessung erfolgt. 1990 waren insgesamt 5 239 Proben zu analysieren. Alle Meßergebnisse werden auf der Grundlage einer wöchentlichen Bilanzierung dokumentiert und der Behörde in Form von Tages-, Wochen-, Quartals- und Jahresberichten mitgeteilt.

Zur Bilanzierung werden Meßwerte herangezogen, die oberhalb der nach KTA-Regel 1503.1 geforderten Nachweisgrenze lagen. Die Bilanzierungswerte für radioaktive Aerosole werden durch Messung der Gesamt- $\alpha$ - bzw. Gesamt- $\beta$ -Aktivität ermittelt. In den Fällen, bei denen sich Hinweise darauf ergeben, daß bei erhöhten Kurzzeitabgaben die maximal zulässigen Wochen- bzw. Tagesgrenzwerte erreicht worden sein könnten, werden nuklidspezifische Messungen vorgenommen.

Die Radioiodableitungen werden durch gammaspektrometrische Analyse der Aktivkohlefilter ermittelt. Neben den radiologisch relevanten Iodisotopen wird gelegentlich auch I-123 und I-125 nachgewiesen. Für die Bilanzierung werden die Ableitungen verschiedener Iodisotope entsprechend ihrer radiologischen Bedeutung gewichtet summiert und so zu einem sogenannten I-131-Äquivalent zusammengefaßt:

$$A_I = \sum w_i \cdot A_i \leq A_{I(zul.)}$$

Dabei bedeuten:

$A_I$	I-131-Äquivalent
$A_{I(zul.)}$	gemäß Abluftplan maximal zulässige Aktivitätsabgabe
$A_i$	Aktivitätsabgabe für das Iodisotop i
$w_i$	Wichtungsfaktor für das Iodisotop i

Der jeweilige Wichtungsfaktor  $w_i$  gibt das Verhältnis der im kritischen Organ hervorgerufenen Dosis durch das Isotop i zu der entsprechenden Dosis durch I-131 für den Fall an, daß vom gleichen Emittenten von beiden Isotopen jeweils die gleiche Aktivitätsmenge in die Umwelt abgeleitet wird. Die für den Abluftplan 1990 gültigen Wichtungsfaktoren sind in der nachfolgenden Tab. 5/1 angegeben:

Iodisotop	Wichtungsfaktor $w_i$
I-120m	$2,5 \cdot 10^{-5}$
I-120	$1,1 \cdot 10^{-4}$
I-121	$5,5 \cdot 10^{-5}$
I-122	$4,7 \cdot 10^{-9}$
I-123	$1,0 \cdot 10^{-3}$
I-124	$3,8 \cdot 10^{-1}$
I-125	$9,6 \cdot 10^{-1}$
I-126	1,6
I-128	$1,3 \cdot 10^{-6}$
I-129	12
I-130	$8,9 \cdot 10^{-3}$
<b>I-131</b>	<b>1,0</b>
I-132m	$1,1 \cdot 10^{-4}$
I-132	$1,8 \cdot 10^{-4}$
I-133	$3,8 \cdot 10^{-2}$
I-134	$1,2 \cdot 10^{-5}$
I-135	$2,4 \cdot 10^{-3}$

Tab. 5/1: Wichtungsfaktoren zur Berechnung von I-131-Äquivalent

In Tab. 5/2 werden für die einzelnen Emittenten des KfK, geordnet nach aufsteigenden Gebäudenummern und den jeweils zu berücksichtigenden Nukliden und Nuklidgruppen, die 1990 gemäß Abluftplan maximal zulässigen Ableitungen (pro Tag, pro Woche und pro Jahr) mit den im Berichtsjahr und im Vorjahr bilanzierten Ableitungen verglichen. In keinem Fall wurde der jeweils zulässige Jahreswert überschritten. Die letzte Spalte von Tab. 5/2 enthält die für die anlagenbezogene ungünstigste Einwirkungsstelle (Immissionsmaximum des Emittenten) aus den bilanzierten Aktivitätsableitungen berechnete Effektivdosis.

Bei den Angaben zu den Iodableitungen sind neben dem I-Äquivalent die bilanzierten Einzelnuclide aufgeführt. Für die WAK wurden gemäß Auflage die Pu-241- und Sr-90-Ableitungen explizit in Tab. 5/2 aufgenommen. Die Emissionswerte für diese Isotope sind im Wert für die Nuklidgruppe  $A_{BI}$  enthalten. Die Pu-241-Werte wurden auf der Grundlage der gemessenen Gesamt- $\alpha$ -Emissionen aus dem Pu-241-Anteil im jeweiligen Kernbrennstoff errechnet. Diese Angaben sind deutlich höher als die durch radiochemische Analyse der Bilanzierungsfilter ermittelten Emissionswerte (s. Kap. 5.4.3). Die Ableitungen von Kr-85 und C-14 wurden nach KORIGEN aus dem Spaltproduktinventar des aufgelösten Kernbrennstoffs berechnet.

Emittent Geb.-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen		Bilanzierte Ableitungen 1990	Bilanzierte Ableitungen 1989	Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten 1990 µSv
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	
IGT Geb. 317 14 m	AAL	-	1,0 E05	-	1,38 E03	< 0,01
	ABL	-	1,0 E06	-	-	
	I	-	1,0 E06	4,64 E05	1,85 E03	
	I-125	-	-	4,83 E05	-	
IRCh Geb. 321 16 m	AAL	-	1,0 E05	-	-	< 0,01
	ABL	-	2,0 E07	-	-	
	E	-	1,0 E12	1,80 E08	5,60 E09	
	H-3	-	4,0 E12	8,89 E09	5,42 E09	
IRCh Geb. 321A 15 m	AAL	1,0 E04	2,0 E05	9,96 E02	1,44 E03	< 0,01
	ABL	1,0 E07	2,0 E08	-	4,86 E03	
	E	2,0 E12	4,0 E13	2,58 E11	1,16 E12	
	H-3	2,0 E11	4,0 E12	5,59 E09	1,32 E09	
IRCh Geb. 341 15 m	AAL	-	1,0 E05	-	-	< 0,01
	ABL	-	1,0 E07	3,25 E04	-	
	E	-	2,0 E11	3,60 E08	-	
	H-3	-	2,0 E12	5,49 E09	6,76 E10	
IK III (KIZ) Geb. 351 36 m	ABL	-	5,0 E09	-	-	< 0,01
	E + G <sub>K</sub>	-	1,0 E13	2,49 E12	1,46 E12	
	ABL	-	5,0 E07	-	-	
IK III (KAZ) Geb. 351 15 m	ABL	5,0 E08	1,0 E10	4,40 E05	5,47 E05	< 0,01
	E	5,0 E12	1,0 E14	2,09 E12	2,33 E12	
	I	5,0 E05	1,0 E07	1,11 E05	1,12 E05	
	I-123	-	-	7,95 E07	-	
	I-125	-	-	3,24 E04	-	
IK III (Boxen- abluft) Geb. 351 11 m	ABL	-	1,0 E10	1,05 E06	4,84 E06	< 0,01
	I	-	1,0 E08	3,46 E04	1,85 E05	
	I-123	-	2,0 E06	8,03 E03	-	
	I-126	-	-	1,64 E02	-	
LIT Geb. 403 10 m	ABL	-	1,0 E09	-	-	-
	ABL	-	1,0 E08	-	-	

Tab. 5/2: Ableitungen radioaktiver Stoffe der einzelnen Emittenten des KfK in die Atmosphäre in den Jahren 1990 und 1989 (Bilanzierung entsprechend KTA-Regel 1503.1)

Emittent Geb.-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen		Bilanzierte Ableitungen 1990 Bq	Bilanzierte Ableitungen 1989 Bq	Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten 1990 µSv
		Bq/Woche	Bq/a			
LAF II Geb. 415 A 8 m	I	2,5 E05	5,0 E06	-	1,65 E04	-
LAF II Geb. 415 B 10 m	I (I-131)	2,5 E05	5,0 E06	2,18 E05	1,46 E05	< 0,01
INR Geb. 421/423 5 m	E H-3	- -	2,0 E10 2,0 E12	1,0 E07 4,48 E11	- 3,7 E11	0,03
INFP und IK III Geb. 424-426 und 434 10 m	G <sub>K</sub> H-3	- -	3,0 E11 2,0 E11	- -	- -	-
HDB Geb. 534 8 m	AAL ABL H-3 I I-129	- - - - -	4,0 E04 4,0 E07 8,0 E10 1,0 E06 -	- 4,07 E04 5,39 E09 5,14 E05 4,28 E04	- 4,49 E04 6,28 E09 6,54 E04 -	< 0,01
HDB Geb. 536 (Verbren- nungsanlage) 70 m	AAL ABL H-3 I I-125 I-129 I-131 C-14	2,0 E06 7,5 E08 1,0 E12 2,0 E07 - - - 2,0 E10	4,0 E07 1,5 E10 2,0 E13 4,0 E08 - - - 4,0 E11	2,43 E05 3,56 E06 3,45 E11 1,39 E07 5,38 E05 1,07 E06 4,90 E05 3,11 E10	4,24 E06 1,61 E08 8,48 E10 5,22 E07 - - - 1,02 E10	0,02
HDB Geb. 536 (Gebäude- abluft) 16,5 m	AAL ABL H-3 I	- - - -	1,0 E05 2,0 E07 1,0 E10 1,0 E06	- 3,18 E04 2,30 E08 -	- 1,21 E05 - 4,30 E04	< 0,01
HDB LfU-Lager Geb. 537 16,5 m	H-3	-	1,0 E11	1,11 E09	-	< 0,01
HDB Geb. 543 8 m	AAL ABL H-3 I (I-131)	- - - -	4,0 E05 4,0 E07 1,0 E10 2,0 E05	1,92 E02 8,58 E03 5,00 E05 2,30 E02	3,29 E02 2,79 E04 - -	< 0,01

Tab. 5/2: Fortsetzung

Emittent Geb.-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen		Bilanzierte Ableitungen 1990	Bilanzierte Ableitungen 1989	Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten 1990 µSv
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	
HDB Geb. 545 19 m	AAL ABL H-3 I I-129 C-14	5,0 E04 2,5 E07 9,5 E10 3,0 E06 - 5,0 E08	1,0 E06 5,0 E08 1,9 E12 6,0 E07 - 1,0 E10	- 1,21 E06 5,83 E10 2,39 E07 1,99 E06 -	- 4,86 E06 6,38 E10 2,08 E07 - -	0,01
HDB Geb. 548 Ost, und INE, Geb. 547 15 m	AAL ABL H-3 I I-129	6,0 E04 1,0 E07 1,0 E11 1,0 E06 -	1,2 E06 2,0 E08 2,0 E12 2,0 E07 -	7,80 E03 1,75 E05 - 1,60 E05 1,33 E04	8,90 E04 2,41 E06 2,60 E08 1,07 E05 -	< 0,01
HDB Geb. 548 West 15 m	AAL ABL H-3 I I-125 I-129	6,0 E04 1,0 E07 1,0 E12 1,0 E06 - -	1,2 E06 2,0 E08 2,0 E13 2,0 E07 - -	2,72 E04 1,22 E06 6,56 E10 3,23 E06 1,69 E04 2,68 E05	5,60 E05 1,91 E05 2,50 E09 8,57 E06 - -	< 0,01
HDB LAW-Lager Geb. 553 8,5 m	AAL ABL H-3 I I-129	- - - - -	1,0 E05 1,0 E07 1,0 E11 1,0 E06 -	- - 1,78 E10 5,70 E03 4,75 E02	- - - - -	< 0,01
HDB Geb. 555 19 m	AAL ABL H-3 I I-129	5,0 E04 2,5 E07 1,0 E11 2,5 E06 -	1,0 E06 5,0 E08 2,0 E12 5,0 E07 -	- - 3,27 E09 8,73 E06 7,28 E05	- 4,90 E03 1,40 E09 8,08 E06 -	0,01
HDB Geb. 563 14 m	AAL ABL H-3	- - -	1,0 E06 1,0 E07 8,0 E11	- - -	- - -	-
IMF III Geb. 573/574 5 m	AAL ABL	- -	2,0 E05 2,0 E07	- -	- -	-
HIT Geb. 601/605 22 m	AAK AAL ABL H-3 GK	- - - - -	6,0 E08 8,0 E05 3,0 E06 1,0 E08 1,0 E06	- - 9,32 E01 - -	- 2,51 E01 8,40 E03 - -	< 0,01

Tab. 5/2: Fortsetzung

Emittent Geb.-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen		Bilanzierte Abteilungen 1990	Bilanzierte Abteilungen 1989	Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten 1990 µSv
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	
HVT/FR2 Geb. 614 99 m	A <sub>AL</sub> A <sub>BL</sub> H-3 I E	- - - - -	1,0 E06 1,0 E08 5,0 E11 2,0 E06 2,0 E08	- - 7,59 E09 - -	- 4,20 E03 6,37 E09 - -	< 0,01
TEKO Geb. 630 22,5 m	A <sub>AL</sub>	-	5,0 E05	-	-	-
IMF I Geb. 681 9 m	A <sub>AL</sub> A <sub>BL</sub>	- -	5,0 E05 1,0 E07	- -	- -	-
HVT/HZ Geb. 702 60 m	A <sub>AL</sub> A <sub>BL</sub> E H-3 I I-129	1,0 E06 4,0 E08 2,0 E12 4,0 E10 7,5 E06 -	2,0 E07 8,0 E09 4,0 E13 8,0 E11 1,5 E08 -	- 1,87 E06 2,80 E11 2,73 E10 4,16 E05 3,46 E04	- 3,11 E06 7,58 E11 1,43 E11 2,51 E06 -	< 0,01
HDB- Wäscherei Geb. 705 5,5 m	A <sub>AL</sub> A <sub>BL</sub>	- -	1,0 E06 1,0 E08	2,64 E01 6,78 E03	- -	< 0,01
HVT/HZ Geb. 709 60 m	A <sub>AL</sub> A <sub>BL</sub> H-3	1,5 E05 2,0 E07 5,0 E10	3,0 E06 4,0 E08 1,0 E12	- - 9,29 E10	- - -	< 0,01
INE Geb. 712 60 m	A <sub>AL</sub> A <sub>BL</sub> H-3	5,0 E04 5,0 E06 5,0 E07	1,0 E06 1,0 E08 1,0 E09	- - -	- 1,63 E03 -	-
IHCh Geb. 721- 724/726 60 m	A <sub>AL</sub> A <sub>BL</sub> E H-3 I I-129 I-131 C-14	- - - - - - - -	3,0 E06 3,0 E08 8,0 E12 2,0 E11 4,0 E07 - - 4,0 E09	2,07 E03 2,61 E04 - 1,28 E10 2,34 E07 1,95 E06 2,80 E04 -	1,22 E05 9,88 E04 1,87 E10 - 1,54 E07 - - -	< 0,01
IHCh Geb. 725 10 m	A <sub>AL</sub> A <sub>BL</sub> I E H-3 C-14	- - - - - -	1,0 E05 1,0 E07 1,0 E06 1,0 E11 4,0 E09 4,0 E08	- 4,98 E03 - - - -	- 5,10 E04 - - - -	< 0,01

Tab. 5/2: Fortsetzung

Emittent Geb.-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen		Bilanzierte Abteilungen 1990	Bilanzierte Abteilungen 1989	Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten 1990 µSv
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	
KBG/KNK Geb. 741 99 m	A <sub>AL</sub>	2,8 E05	1,1 E07	-	-	0,03
	A <sub>BL</sub>	1,4 E08	5,6 E09	1,01 E05	1,10 E05	
	E	9,3 E12	1,5 E14	3,45 E12	1,74 E12	
	H-3	2,0 E11	4,0 E12	7,84 E11	7,36 E10	
	I	9,3 E06	3,7 E08	-	-	
TU Geb. 802, 806, 807 50 m	A <sub>AK</sub>	1,6 E10	3,2 E11	-	-	< 0,01
	A <sub>AL</sub>	5,0 E04	1,0 E06	1,59 E03	1,06 E04	
	A <sub>BL</sub>	2,0 E07	4,0 E08	4,17 E04	5,14 E04	
	E	1,0 E11	2,0 E12	-	-	
	I	1,0 E06	2,0 E07	-	-	
	C-14	1,0 E09	2,0 E10	-	-	
KBG/MZFR Geb. 920c 99,5 m	A <sub>AL</sub>	5,0 E04	1,0 E06	-	-	0,09
	A <sub>BL</sub>	5,0 E07	1,0 E09	5,76 E04	1,90 E04	
	E	5,0 E11	1,0 E13	-	-	
	H-3	5,0 E12	1,0 E14	5,88 E12	7,25 E12	
WAK Geb. 1503/ 1532/1533 60 m		Bq/Tag				1,36
	A <sub>AL</sub>	3,7 E06	3,7 E08	2,80 E05	7,91 E05	
	A <sub>BL</sub>	7,4 E08	7,4 E10	1,82 E07	3,55 E07	
	Pu-241	-	7,4 E09	9,62 E06*	2,58 E07*	
	Sr-90	-	3,7 E09	1,32 E06	1,29 E06	
	E (Kr-85)	1,3 E14	1,3 E16	9,36 E14	7,60 E14	
	H-3	3,7 E11	3,7 E13	2,18 E12	2,16 E12	
	I-129	2,4 E06	2,4 E08	9,03 E07	7,61 E07	
	I-131	1,48 E07	1,48 E09	1,20 E07	4,87 E06	
	I	-	-	1,10 E09	9,18 E08	
C-14	6,1 E09	6,1 E11	3,74 E10	3,52 E10		
HS/B Geb. 9638 10 m	H-3	-	4,0 E07	5,0 E04	1,17 E04	< 0,01

\*Zahlenwert aus dem Wert von A<sub>AL</sub> errechnet

Tab. 5/2: Fortsetzung

### 5.1.2 Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit der Fortluft 1990

H. Wilker

Das KfK GmbH ist Genehmigungsinhaber für den Betrieb von mehreren Verbrennungsanlagen mit unterschiedlicher Aufgabenstellung:

1. Die Verbrennungsanlagen für feste und flüssige radioaktive Abfälle. Die Anlagen werden von HDB betrieben.
2. Die Testanlage zur Müllverbrennung, Abgasreinigung, Rückstandsverwertung und Abwasserbehandlung (TAMARA). Die Verbrennungsanlage hat eine maximale Leistung von 300 kg/h. Die TAMARA wird vom LIT betrieben.
3. Das Heizwerk des KfK, bestehend aus vier Einzelkesselanlagen (Fernheizwerk) und einem Blockheizkraftwerk (Gasturbinenanlage mit Abhitzeessel). Die gesamte installierte Feuerungswärmeleistung beträgt etwa 100 MW. Das Heizwerk wird von HBT betrieben.

Für alle drei Anlagen wurden die nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) erforderlichen Genehmigungen erteilt. Die Genehmigungsbescheide enthalten Auflagen zur Überwachung der Emissionen. Die Informationen und die Emissionsdaten für die folgenden Tabellen wurden dem Berichtersteller von den Betreibern zur Verfügung gestellt.

#### *Verbrennungsanlagen der HDB*

Für alle drei Verbrennungsanlagen der HDB, zwei Feststoff- und eine Lösemittelverbrennungsanlage, besteht die behördliche Auflage zur kontinuierlichen Messung folgender mit dem Abgas emittierter Schadstoffe: Staub, Gesamtkohlenstoff, HCl, SO<sub>2</sub> und CO. Die ermittelten Schadstoffkonzentrationen sind bezogen auf einen Sauerstoffanteil von 11 Vol.-% und trockenes Rauchgas. Das System zur Verbrennung fester, betakontaminierter Reststoffe wurde Mitte 1990 zur Probe betrieben, insbesondere zur Optimierung des Verbrennungsteiles mit der nachgerüsteten 2stufigen Rauchgaswäsche und erforderte häufige An- und Abfahrvorgänge.

Zur Messung der einzelnen Schadstoffe und Bezugswerte werden Meßgeräte unterschiedlicher Hersteller eingesetzt. Auswertung und Dokumentation der Meßwerte erfolgen mit einem Klassiergerät mit Bezugswertrechnung und mit einem nachgeschalteten Speicher- und Verteilerrechner. Die Überwachungsgeräte zur Emissionsmessung wurden im Juni 1989 vom TÜV Baden kalibriert und abgenommen. Für das Staubmeßgerät konnte wegen des vorliegenden sehr weiten Korngrößenspektrums noch keine Kalibrierkurve erstellt werden. Staubanalysen ergaben einen sehr großen Korrosionsanteil an Eisenoxyd aus dem Material der Rauchgasleitung nach den Abgasreinigungskomponenten. Deshalb werden die stählernen Rauchgasleitungen z. Z. durch solche aus glasfaserverstärktem Kunststoff ersetzt.

Für jeden Schadstoff wird täglich ein Protokoll erstellt, in dem die Häufigkeitsverteilung der Halbstunden- und Tagesmittelwerte für Konzentration und Massenstrom sowie Angaben über Betriebszeiten und Anlagenzustände enthalten sind. Tab. 5/3 gibt einen Überblick über die maximal zulässigen Schadstoffkonzentrationen und die Gesamtableitungen im Jahre 1990.

Schadstoff	Konzentrationsgrenzwert in mg/Nm <sup>3</sup>	Jahresemission in Mg
HCl	50	0,306
SO <sub>2</sub>	100	0,138
CO	100	1,097
Staub	5	0,173
Gesamt-C	20	0,036

Tab. 5/3: Emissionsdaten 1990

Versuchsanlage TAMARA

Für die TAMARA besteht die behördliche Auflage zum Nachweis folgender mit dem Abgas emittierten Schadstoffe: Feststoffanteil, der als Staub enthalten ist, und Schadgasanteile von HF, HCl, SO<sub>2</sub> und CO. Die Massenkonzentrationen der genannten Stoffe sind auf das Abgasvolumen im Normzustand nach Abzug des Feuchtegehalts zu beziehen. Neben diesen gemessenen Emissionswerten und den gemessenen prozentualen Sauerstoffgehalten des Abgases sind die rechnerisch auf einen Sauerstoffgehalt von 17 Vol.-% normierten Schadstoffkonzentrationen anzugeben. In der nachfolgenden Tab. 5/4 sind die Konzentrationen im Abgas als Mittelwerte über jeweils zusammenhängende Betriebsphasen angegeben. Beginn und Ende jeder Betriebsphase sind aufgeführt. Die genehmigten Werte können der letzten Zeile der Tabelle entnommen werden. Die Werte der Schadstoffkonzentrationen in der Tab. 5/4 belegen, daß die maximal zulässigen Emissionswerte der TAMARA im Jahre 1990 eingehalten wurden.

Emissionsintervalle 1990	O <sub>2</sub> Vol.-%	Gemessene Schadstoffkonzentrationen									
		bei unterschiedlichen O <sub>2</sub> -gehalten in mg/Nm <sup>3</sup> trocken					normiert auf einen O <sub>2</sub> -Gehalt von 17 Vol.-% in mg/Nm <sup>3</sup> trocken				
		HF	HCl	SO <sub>2</sub>	CO	Staub	HF	HCl	SO <sub>2</sub>	CO	Staub
19.-20.03.	11,8	< 0,5	< 10	13	10	33,3	< 0,5	< 10	< 10	< 10	14,5
26.-30.03.	12,5	< 0,5	17	60	< 10	23,7	< 0,5	< 10	28	< 10	11,2
07.-11.05.	11,8	< 0,5	< 10	31	< 10	24,4	< 0,5	< 10	14	< 10	10,6
14.-18.05.	12,1	< 0,5	< 10	32	< 10	29,4	< 0,5	< 10	14	< 10	13,2
18.-22.06.	11,4	< 0,5	< 10	49	< 10	36,5	< 0,5	< 10	20	< 10	15,2
25.-29.06.	12,0	< 0,5	< 10	45	< 10	34,0	< 0,5	< 10	20	< 10	15,1
24.-28.09.	12,1	< 0,5	< 10	22	< 10	16,0	< 0,5	< 10	< 10	< 10	< 10
01.-05.10.	11,7	< 0,5	< 10	30	< 10	26,0	< 0,5	< 10	13	< 10	11,2
26.-30.11.	12,7	< 0,5	< 10	17	18	20,7	< 0,5	< 10	< 10	< 10	10,0
03.-07.12.	11,2	< 0,5	< 10	34	11	41,8	< 0,5	< 10	14	< 10	17,1
Genehmigungswerte:							2	50	200	100	50

Tab. 5/4: Schadstoffkonzentrationen im Abgas der TAMARA 1990

### Heizwerk

Das Blockheizkraftwerk und das Fernheizwerk werden prinzipiell mit dem Brennstoff Erdgas „H“ betrieben. Bei Gasabschaltung müssen beide Anlagen mit Heizöl „EL“ befeuert werden.

Das Fernheizwerk ist für den Betrieb mit Erdgas und Heizöl „EL“ mit einer Meß- und Auswerteeinrichtung ausgestattet. Die Anlage besteht aus zwei Klassiergeräten mit Bezugswertrechner und wird jährlich vom TÜV überprüft. Folgende Emissionen sind laut behördlicher Auflage zu messen: CO, NO<sub>2</sub> und Staub. Die SO<sub>2</sub>-Werte bei Ölbetrieb werden errechnet. Die Jahresemissionen können der Tab. 5/5 entnommen werden.

Schadstoff	Blockheizkraftwerk Jahresemission in Mg	Fernheizwerk Jahresemission in Mg
NO <sub>2</sub>	16,05	8,83
SO <sub>2</sub>	1,60	0,88
CO	8,83	4,85
Staub	0,40	0,22

Tab. 5/5: Emissionsdaten 1990

#### 5.1.3 Strahlenexposition in der Umgebung durch die mit der Fortluft abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1990

A. Wicke, D. Papadopoulos

#### Berechnungsgrundlagen

Die Dosisberechnung erfolgte auf der Grundlage der monatlich bilanzierten Ableitungswerte der im Jahr 1990 zu berücksichtigenden Emittenten (s. Tab. 5/2). Dabei wurden die Körperdosen gemäß der „Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 45 der Strahlenschutzverordnung: Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen, Bundesanzeiger 64a, 42 (1990)“ (AVV) berechnet. Mit Körperdosen sind im folgenden stets die über 50 Jahre integrierten Folgeäquivalentdosen gemeint.

Insbesondere wurde geprüft, ob die nach AVV errechnete maximal mögliche Individualdosis für die jeweils ungünstigste Einwirkungsstelle in der Umgebung des Standortes KfK unter Berücksichtigung sämtlicher relevanter Expositionspfade im Einklang mit den in § 45 der Strahlenschutzverordnung festgelegten Grenzwerten der Körperdosen steht. Die Berechnung nach der AVV ist im Gesamtergebnis konservativ. Sie geht u. a. von der Annahme besonderer Verzehrsgewohnheiten einer Referenzperson aus. Dabei wird angenommen, daß sich diese Person ausschließlich von Nahrungsmitteln ernährt, deren landwirtschaftliche Ausgangsprodukte am Ort der höchsten Kontamination erzeugt wurden, unabhängig davon, ob an dieser Stelle landwirtschaftliche Nutzung möglich ist.

Bei der Berechnung blieb außer Betracht, ob an den ungünstigsten Einwirkungsstellen tatsächlich die Möglichkeit eines ständigen Aufenthalts gegeben war und ob die betrachteten Nahrungsmittel tatsächlich am Ort der höchsten Kontamination erzeugt wurden.

Die zur Berechnung der Teilkörperdosen und der Effektivdosis durch Inhalation, Ingestion und externer Bestrahlung benötigten Dosisfaktoren wurden - wie in AVV vorgesehen - dem Bundesanzeiger 185a vom September 1989 entnommen. Um die Auswahl relevanter Klassen für die Lungenretention und Löslichkeit bei Ingestion radioaktiver Aerosole zu ermöglichen, wurden für die verschiedenen Emittenten die bei den Aerosolableitungen jeweils dominierenden oder typischen chemischen Formen zugrundegelegt oder, falls unbekannt, jeweils konservative Annahmen gemacht. Bei der Berechnung der Dosiswerte wurden die Tochternuklide grundsätzlich mitberücksichtigt.

Die Anwendung der AVV wird im folgenden spezifiziert, und die dazu benutzten Rechenprogramme werden kurz charakterisiert.

#### *Meteorologische Daten*

Die für die Ausbreitungsrechnung benötigten meteorologischen Daten werden am 200 m hohen Meßturm auf dem Betriebsgelände des KfK gemessen. Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Ausbreitungskategorie werden halbstündlich gemittelt. Ihre Häufigkeitsverteilungen werden in der Ausbreitungsstatistik zusammengefaßt. Die Windrose wird in zwölf 30°-Sektoren eingeteilt. Windgeschwindigkeit und -richtung werden in 60 m Höhe gemessen.

Für andere Emissionshöhen als die Bezugshöhe von 60 m wird die Windgeschwindigkeit aus dem Windgeschwindigkeitsprofil entsprechend Abschn. 4.5.3 AVV berechnet. Dazu werden die Exponenten des vertikalen Windgeschwindigkeitsprofils aus der AVV übernommen.

Die doppelte Gebäudehöhe der KfK-Institute beträgt im Mittel ca. 30 m. Unterhalb einer Emissionshöhe von 30 m wird deshalb der Gebäudeeinfluß berücksichtigt und gemäß Abschn. 4.6.2 AVV die effektive Emissionshöhe berechnet. Oberhalb von 30 m werden die Kaminhöhen als effektive Emissionshöhen betrachtet.

Die horizontalen und vertikalen Ausbreitungsparameter  $\sigma_y$  und  $\sigma_z$  werden entsprechend AVV Anhang 7 aus den dort angegebenen Ausbreitungskoeffizienten ermittelt.

#### *Ausbreitung und Ablagerung*

Bei der Ausbreitungsberechnung wird - abweichend von AVV - eine azimutale Gleichverteilung nicht der Aktivitätskonzentration, sondern der Windrichtungshäufigkeit innerhalb eines Sektors angenommen. Das ist sachlich richtiger und vermeidet Sprünge an den Sektorgrenzen.

Bei der Ermittlung der Ablagerung radioaktiver Stoffe durch Trockendeposition werden die in der AVV angegebenen Depositionsgeschwindigkeiten für elementares Iod, organisch gebundenes Iod und Aerosole berücksichtigt. Bei der Berechnung der Ablagerung durch Niederschlag kommt das vereinfachte Verfahren gemäß Abschn. 4.2.2.2 zur Anwendung. Die durch Niederschläge bewirkte Aktivitätsabreicherung in der Abluftfahne bleibt unberücksichtigt.

Die Berechnung von Ausbreitung und Ablagerung erfolgt auf der Grundlage der monatlichen Ableitungswerte und der monatlichen meteorologischen Statistik. Bei der Ingestion wird gemäß AVV die auf der Pflanze abgelagerte Aktivität nur im Sommerhalbjahr berücksichtigt.

### *Rechenprogramme*

Die Dosisbeiträge durch  $\beta$ -Submersion, Inhalation, Ingestion und Gammabodenstrahlung sind im allgemeinen proportional zur Aktivitätskonzentration in der Nähe des Aufpunktes. Das Berechnungsverfahren für diese Expositionspfade ist daher prinzipiell gleich. Das FORTRAN-Programm ISOLA leistet in Verbindung mit dem FORTRAN-Programm EFFDOS die erforderlichen Rechenoperationen, indem die Dosisbeiträge der Einzelemittenten überlagert und für alle Expositionspfade und Organe ermittelt werden.

Wegen der geringen Schwächung der  $\gamma$ -Strahlung in Luft muß bei der Berechnung der  $\gamma$ -Submersionsdosis die Aktivitätsverteilung in der Wolke berücksichtigt werden. Dazu ist für jeden Aufpunkt die  $\gamma$ -Dosis als Summe der Dosisbeiträge der im Raum verteilten  $\gamma$ -Aktivität zu berechnen. Für diesen Zweck wurde das FORTRAN-Programm WOLGA entwickelt. Es gibt die  $\gamma$ -Dosis für einen beliebigen Aufpunkt in der Umgebung eines oder mehrerer Emittenten als Summe der Dosisbeiträge der Aktivität im Raum an. Diese Berechnung wird, über die Forderung in der AVV hinausgehend, unter genauerer Berücksichtigung der  $\gamma$ -Energien der dosisrelevanten Radionuklide durchgeführt.

### *Einteilung der radioaktiven Emissionen in Nuklidgruppen und Einzelnuclide*

Zur Dosisberechnung ist es erforderlich, für die in Kap. 5.1 angegebenen Nuklidgruppen Leitnuclide oder charakteristische Nuklidgemische festzulegen. Die erforderlichen anlagenspezifischen Festlegungen wurden 1990 unter Berücksichtigung der Ergebnisse einer umfassenden Umfrage unter allen Anlagenebetreibern und Institutionen des KfK aktualisiert.

- Nuklidgruppe  $A_{AK}$ : Aerosole mit kurzlebiger  $\alpha$ -Aktivität ( $T_{1/2} \leq 8$  d)

Die Abgabe kurzlebiger Rn-220-Folgeprodukte durch das HIT und das TU wurde durch das Leitnuclid Pb-212 berücksichtigt. Die chemische Form der Aerosolaktivität ist unbekannt. Für die Lungenretentionsklasse und für die Löslichkeit wurden daher konservative Annahmen getroffen.

- Nuklidgruppe  $A_{AL}$ : Aerosole mit langlebiger  $\alpha$ -Aktivität ( $T_{1/2} > 8$  d)

Die Analysen von Filtern zeigten, daß bei der Mehrzahl der Institute Pu-239 als Leitnuclid gelten kann. Ausnahmen bilden folgende Institute, bei denen aufgrund des Umgangs mit radioaktiven Stoffen andere Leitnuclide in Frage kommen:

IGT:	Pu-238	HIT:	U-nat	IMF I:	U-238
IRCh, Geb. 321:	Am-241	HVT/FR2:	U-nat		

Für die HDB und die WAK wurde ein konservatives Gemisch aus Pu-238 (46 %), Pu-239 (7 %), Pu-240 (10 %) und Am-241 (37 %) angenommen. Die relativen Anteile wurden nach KORIGEN für den Umgang mit kernbrennstoffhaltigen Resstoffen mit einem mittleren Abbrand von 30 000 MWd/t und einer Kühlzeit von drei Jahren berechnet. Die Ableitung erfolgte in nitroser Form. Lediglich bei der Verbrennungsanlage der HDB (Geb. 536) und der Wäscherei (Geb. 705) werden Oxide bzw. Hydroxide abgeleitet.

- Nuklidgruppe A<sub>BK</sub>: Aerosole mit kurzlebiger  $\beta$ -Aktivität ( $T_{1/2} \leq 8$  d)

Für die Ableitung kurzlebiger  $\beta$ -Aktivität wurden anlagenspezifisch folgende Leitnuklide angenommen:

IRCh, Geb. 321a:	Mo-99
Zyklotron-KIZ:	Cl-38
Zyklotron-KAZ und -Boxenabluft:	Rb-81
LIT:	Mn-56

- Nuklidgruppe A<sub>BL</sub>: Aerosole mit langlebiger  $\beta$ -Aktivität ( $T_{1/2} > 8$  d)

Bei der Ableitung langlebiger  $\beta$ -aktiver Aerosole wurden bei der Mehrzahl der Emittenten Spaltproduktgemische berücksichtigt. Bei wenigen Instituten beschränkt sich der Umgang bzw. die Produktion auf spezifische  $\beta$ -Strahler:

IGT:	S-35
Zyklotron-KIZ:	Be-7
Zyklotron-KAZ und -Boxenabluft:	Tl-201
LIT:	Fe-59

Bei Einrichtungen, die mit Kernbrennstoffen umgehen, wurde die Zusammensetzung des  $\beta$ -aktiven Spaltproduktgemisches nach KORIGEN unter Annahme eines mittleren Abbrandes von 30 000 MWd/t und einer Kühlzeit  $< 1$  Jahr errechnet. Bei diesen Emittenten wurden 10 % der Ableitung der Gruppe A<sub>BL</sub> als Sr-90 berücksichtigt. Außerdem wurde angenommen, daß beim IRCh, Geb. 321a, beim IHCh und bei TU 10 % der Emission der Gruppe A<sub>BL</sub> als Pu-241 abgeleitet wird. Bei der WAK werden Sr-90 und Pu-241 separat berücksichtigt.

Bei den Anlagen der HDB wurde - bis auf die Verbrennungsanlage, HDB 536, und die LAW, HDB 545 - bei der Ableitung die durch Messungen belegte mittlere Zusammensetzung des MAW-Destillats als charakteristisch angenommen (als Nitrat). Bei der Verbrennungsanlage wurden die Deklarationsscheine für die zu verarbeitenden Reststoffe zugrundegelegt. Die Verbrennungsprodukte wurden als Oxid emittiert. Für HDB 545 wurde die Nuklidgemischzusammensetzung entsprechend wiederholter Analysen des LAW-Destillats festgelegt. Abweichend von den übrigen Anlagen der HDB ist hier der Anteil von  $\beta$ -Strahlern, die nicht aus dem Kernbrennstoffzyklus stammen, wie z. B. P-32, S-35 und Ca-45, relativ hoch (zusammen 66 %). Die Ableitung der Aerosole erfolgte in nitroser Form.

- Nuklidgruppe E: Radioaktive Edelgase und Nuklidgruppe G<sub>K</sub>: kurzlebige Aktivierungsgase

Das Leitnuklid ist grundsätzlich Kr-85. Lediglich beim Zyklotron-KIZ, INR, INFP und KNK wurden die Emissionen radioaktiver Edelgase als Ar-41 berücksichtigt. Beim Zyklotron-KAZ wurde das kurzlebige Aktivierungsgas N-13 als Leitnuklid angenommen.

- Nuklidgruppe I: Radioaktives Iod

Das Alter der Spaltprodukte bestimmt, welches Iodisotop überwiegend auftritt. Bei den Reaktoren kann die Emission aller Spaltiodisotope angenommen werden. In der WAK werden jedoch so alte Brennelemente aufgearbeitet, daß dort und in der HDB das Nuklid I-129 dominiert. Die zulässige Ableitung ( $A_{zul}$ ) ist auf I-131 ausgerichtet (I-Äquivalent). Da nicht die Aktivität, sondern die Dosis in der Umgebung begrenzt werden soll, wird im Abluftplan und bei der Bilanzierung - mit Ausnahme der WAK - das I-131-Äquivalent angegeben (vgl. Kap. 5.1.1).

- Tritium

Grundsätzlich wird angenommen, daß Tritium als tritiiertes Wasser bzw. Wasserdampf (HTO) abgeleitet wird. Wird H-3 in Form von HT emittiert, wird in der Regel konservativerweise ebenfalls eine Ableitung in vollständig oxidiertes Form angenommen.

- C-14

Bei der Ableitung von C-14 wird radioaktiver Kohlenstoff in Form von CO<sub>2</sub> zugrundegelegt.

*Ergebnisse der Dosisberechnung*

Die unter den oben beschriebenen Randbedingungen berechneten Teilkörper- und Effektivdosen für 1990 in den umliegenden Ortschaften und an den ungünstigsten Einwirkungsstellen nach § 45 StrlSchV enthält Tab. 5/6. Die Dosiswerte werden darin aufgeschlüsselt nach den betrachteten Expositionspfaden und den in Tab. X2 der StrlSchV aufgeführten Organen und Geweben. Demnach ergeben sich für 1990 für Erwachsene außerhalb des KfK-Betriebsgeländes für die verschiedenen Expositionspfade folgende maximale Beiträge zur effektiven Dosis:

- durch Inhalation	0,04 µSv,
- durch Ingestion	1,03 µSv,
- durch Gammasubmersion	0,36 µSv,
- durch Gammabodenstrahlung	0,03 µSv.

Nach der AVV ist für die ungünstigste Einwirkungsstelle die Summe der Dosisbeiträge aus äußerer Bestrahlung und Inhalation radioaktiver Stoffe zu ermitteln. Hierfür ergibt sich ein Wert von 0,43 µSv. Zu diesem Dosiswert ist die Dosis durch Ingestion von Nahrungsmitteln von dem Ort zu addieren, für den sich der höchste Wert errechnet. Hierfür ergibt sich ein Wert von 1,03 µSv. Die auf diesem Wege aus den Emissionsdaten für 1990 berechnete Effektivdosis beträgt 1,46 µSv. Die maximal zu erwartende Schilddrüsendosis eines Kleinkindes berechnet sich zu 23,4 µSv.

Die Verteilung der Effektivdosen in der Umgebung des KfK ist als Summe der Dosisbeiträge der o. g. Expositionspfade in Abb. 5/3 in Form von Isodosislinien dargestellt. Insgesamt zeigen die Berechnungsergebnisse, daß die Dosisgrenzwerte des § 45 StrlSchV im Jahr 1990 deutlich unterschritten wurden.

Obwohl die Dosisberechnung bereits die Emissionen der WAK mitberücksichtigt, wird eine gesonderte Berechnung der Strahlenexposition der Umgebung des KfK durch die mit der Abluft der WAK abgeleitete Aktivität durchgeführt. In Tab. 5/6 (unten) sind die so errechneten Teilkörper- und Effektivdosen an der jeweils ungünstigsten Einwirkungsstelle außerhalb des Betriebsgeländes der KfK aufgeführt.

Für 1990 ergibt sich eine mittlere Effektivdosis der Bevölkerung im Umkreis von 3 bzw. 20 km um das Kernforschungszentrum Karlsruhe von 0,09 µSv bzw. 0,03 µSv. Der Berechnung wurde folgende Beziehung zugrundegelegt:

$$H = \sum p_i \cdot H_i / \sum p_i$$

Dabei bedeutet  $p_i$  die Einwohnerzahl und  $H_i$  die errechnete Effektivdosis am Ort  $i$ .

Expositionspfad Inhalation							
Ort	Maximale Körper-Folgedosen in $\mu\text{Sv}$ für Erwachsene durch Emissionen in 1990						
	Keimdrüsen	Brust	rotes Knochenmark	Lunge	Schilddrüse	Knochenoberfläche	Beitrag zur effektiven Dosis
Graben	-	-	-	-	-	0,02	-
Neudorf	-	-	-	-	-	0,01	-
Friedrichstal	-	-	-	-	-	0,02	-
Spöck	-	-	-	-	-	0,01	-
Neuthard	-	-	-	-	-	0,01	-
Karlsdorf	-	-	-	-	-	0,01	-
Staffort	-	-	-	-	-	0,01	-
Blankenloch	-	-	-	-	-	0,01	-
Hagsfeld	-	-	-	-	-	0,01	-
Karlsruhe (Marktplatz)	-	-	-	-	-	-	-
Neureut	-	-	-	-	-	0,01	-
Eggenstein	-	-	-	-	0,01	0,02	-
Leopoldshafen	0,01	-	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01
Linkenheim	-	-	0,01	-	0,01	0,03	0,01
Hochstetten	-	-	-	-	0,01	0,02	-
Liedolsheim	-	-	-	-	-	0,01	-
Rußheim	-	-	-	-	-	0,01	-
Leimersheim	-	-	-	-	-	0,01	-
ungünstigste Einwirkungsstelle für KfK insgesamt	0,03	0,02	0,05	0,03	0,07	0,32	0,04
x/y-Koordinaten in m, bezogen auf FR2-Kamin	420/1480	420/1480	420/1480	420/1480	420/1480	420/1480	420/1480
ungünstigste Einwirkungsstelle für WAK allein	0,02	0,01	0,03	0,01	0,05	0,24	0,03
x/y-Koordinaten in m, bezogen auf FR2-Kamin	420/1480	420/1480	420/1480	420/1480	420/1480	420/1480	420/1480

Tab. 5/6: Ergebnisse der Dosisberechnung für verschiedene Orte in der näheren Umgebung des KfK (Das Zeichen „-“ bedeutet, daß die errechneten Dosiswerte unter  $0,005 \mu\text{Sv}$  liegen.)

Expositionspfad Ingestion							
Ort	Maximale Körper-Folgedosen in $\mu\text{Sv}$ für Erwachsene durch Emissionen in 1990						
	Keimdrüsen	Brust	rotes Knochenmark	Lunge	Schilddrüse	Knochenoberfläche	Beitrag zur effektiven Dosis
Graben	0,02	0,02	0,02	0,02	1,15	0,02	0,05
Neudorf	0,01	0,01	0,01	0,01	0,80	0,02	0,04
Friedrichstal	0,02	0,02	0,02	0,02	1,04	0,02	0,05
Spöck	0,01	0,01	0,01	0,01	0,54	0,01	0,03
Neuthard	0,01	0,01	0,01	0,01	0,64	0,01	0,03
Karlsdorf	0,01	0,01	0,01	0,01	0,47	0,01	0,02
Staffort	0,01	0,01	0,01	0,01	0,44	0,01	0,02
Blankenloch	0,01	0,01	0,01	0,01	0,46	0,01	0,02
Hagsfeld	0,01	0,01	0,01	0,01	0,35	0,01	0,02
Karlsruhe (Marktplatz)	-	-	0,01	-	0,29	0,01	0,01
Neureut	0,01	0,01	0,01	0,01	0,55	0,01	0,03
Eggenstein	0,02	0,02	0,02	0,02	1,14	0,02	0,05
Leopoldshafen	0,03	0,03	0,03	0,03	2,24	0,04	0,10
Linkenheim	0,02	0,02	0,03	0,02	2,04	0,03	0,08
Hochstetten	0,02	0,02	0,02	0,02	1,38	0,02	0,06
Liedolsheim	0,01	0,01	0,01	0,01	0,70	0,01	0,03
Rußheim	0,01	0,01	0,01	0,01	0,43	0,01	0,02
Leimersheim	0,01	0,01	0,01	0,01	0,58	0,01	0,02
ungünstigste Einwirkungsstelle für KfK insgesamt	0,27	0,67	0,28	0,27	25,53	0,35	1,03
x/y-Koordinaten in m, bezogen auf FR2-Kamin	420/1480	420/1480	420/1480	420/1480	420/1480	420/1480	420/1480
ungünstigste Einwirkungsstelle für WAK allein	0,23	0,24	0,25	0,23	25,38	0,30	0,99
x/y-Koordinaten in m, bezogen auf FR2-Kamin	420/1480	420/1480	420/1480	420/1480	420/1480	420/1480	420/1480

Tab. 5/6: Fortsetzung

Expositionspfade Gammabodenstrahlung, Gammasubmersion und Betasubmersion				alle Expositions- pfade
Ort-	Maximale Körper-Folgedosen in µSv für Erwachsene durch Emissionen in 1990			
	Beitrag der Gammaboden- strahlung zur effektiven Dosis	Beitrag der Gammasubmersion zur effektiven Dosis	Hautdosis durch Betasubmersion*	Effektive Dosis
Graben	-	0,02	0,63	0,07
Neudorf	-	0,01	0,43	0,05
Friedrichstal	-	0,01	0,54	0,06
Spöck	-	0,01	0,28	0,03
Neuthard	-	0,01	0,35	0,04
Karlsdorf	-	0,01	0,26	0,03
Staffort	-	-	0,21	0,03
Blankenloch	-	-	0,24	0,03
Hagsfeld	-	-	0,18	0,02
Karlsruhe (Marktplatz)	-	-	0,15	0,02
Neureut	-	0,01	0,30	0,03
Eggenstein	-	0,01	0,65	0,07
Leopoldshafen	-	0,03	1,37	0,13
Linkenheim	-	0,02	1,29	0,11
Hochstetten	-	0,01	0,87	0,07
Liedolsheim	-	0,01	0,43	0,04
Rußheim	-	0,01	0,26	0,03
Leimersheim	-	0,01	0,36	0,01
ungünstigste Einwirkungsstelle für KfK insgesamt	0,03	0,36	15,92	1,46**
x/y-Koordinaten in m, bezogen auf FR2-Kamin	420/1480	0/1290	420/1480	-
ungünstigste Einwirkungsstelle für WAK allein	0,03	0,31	15,87	1,36**
x/y-Koordinaten in m, bezogen auf FR2-Kamin	420/1480	0/1290	420/1480	-

\*gemäß Anlage X StrlSchV kein Beitrag zur effektiven Dosis.

\*\*Summe der Dosisbeiträge aller Expositionspfade für die jeweils ungünstigste Einwirkungsstelle.

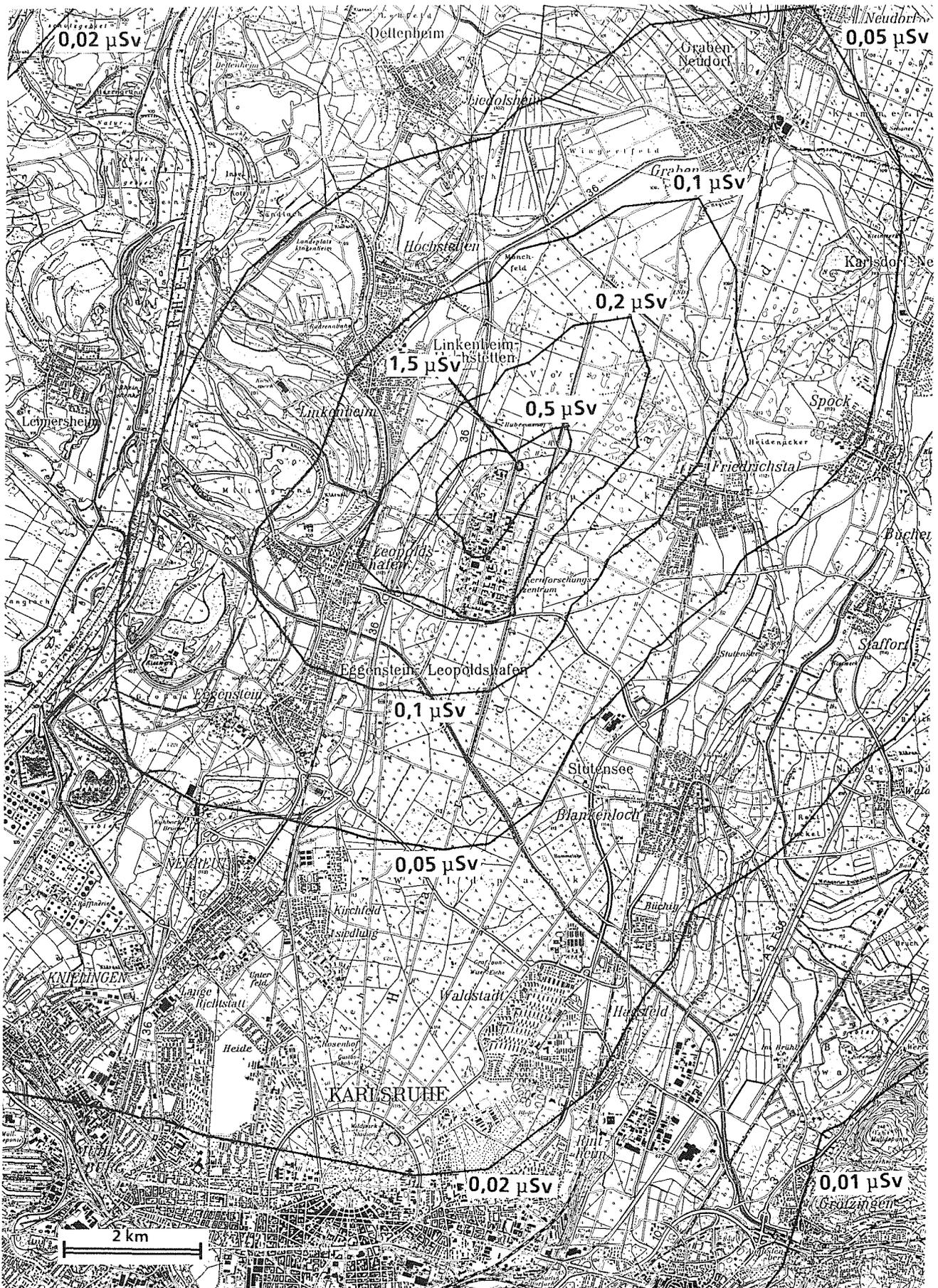


Abb. 5/3: Effektivdosen in der Umgebung des KfK, 50-Jahre-Folgedosis aufgrund der Emissionen 1990

## 5.2 Abwasserüberwachung

K.-G. Langguth

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

Das Abwasser setzt sich aus Niederschlagswasser, häuslichem Abwasser, Kühlwasser und Chemieabwasser zusammen. Das Niederschlagswasser, das häusliche Abwasser und das Chemieabwasser werden innerhalb des Betriebsgeländes in getrennten Kanälen abgeleitet.

Das unschädliche Kühlwasser wird nach behördlicher Zulassung zusammen mit dem Niederschlagswasser in den unmittelbar an das KfK angrenzenden Hirschkanal eingeleitet. Von dem eingeleiteten Wasser werden kontinuierlich die Temperatur, Leitfähigkeit und der pH-Wert gemessen und die Meßwerte in der Schaltwarte angezeigt, um bei Überschreitung vorgegebener Grenzwerte unmittelbar Gegenmaßnahmen ergreifen zu können. Die Aktivitätskonzentration im Wasser des Hirschkanals wird unterhalb der Einleitungsstelle des KfK durch kontinuierliche Probenahme überwacht (s. Kap. 5.3.1).

Die häuslichen Abwässer werden der biologischen Kläranlage zugeführt, in mehreren Verfahrensschritten gereinigt und schließlich in den Endbecken für häusliches Abwasser gesammelt (s. Abb. 5/4). Nach Messung der Konzentration nichtradioaktiver Stoffe und nach einer Aktivitätskontrollmessung wird anhand der Ergebnisse über die Ableitung des Abwassers in den Vorfluter entschieden.

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

Liegt die Aktivität aus genehmigungsbedürftigem Umgang je Kubikmeter unter dem 150fachen der in der Strahlenschutzverordnung von 1977 genannten Jahresingestionsgrenzwerte, so werden die Abwässer über das Chemieabwassernetz I der Kläranlage zugeführt. Bei Aktivitätskonzentrationen zwischen dem 150- und dem  $10^8$ -fachen (LAW) wird es in das Chemieabwassersystem III eingeleitet oder mit Tankwagen in die LAW-Verdampfer der Dekontaminationsanlage eingespeist. (Bei Radionuklidgemischen bekannter Zusammensetzung sind die Grenzwerte als Summe der Nuklidanteile nach der Summenformel zu ermitteln.)

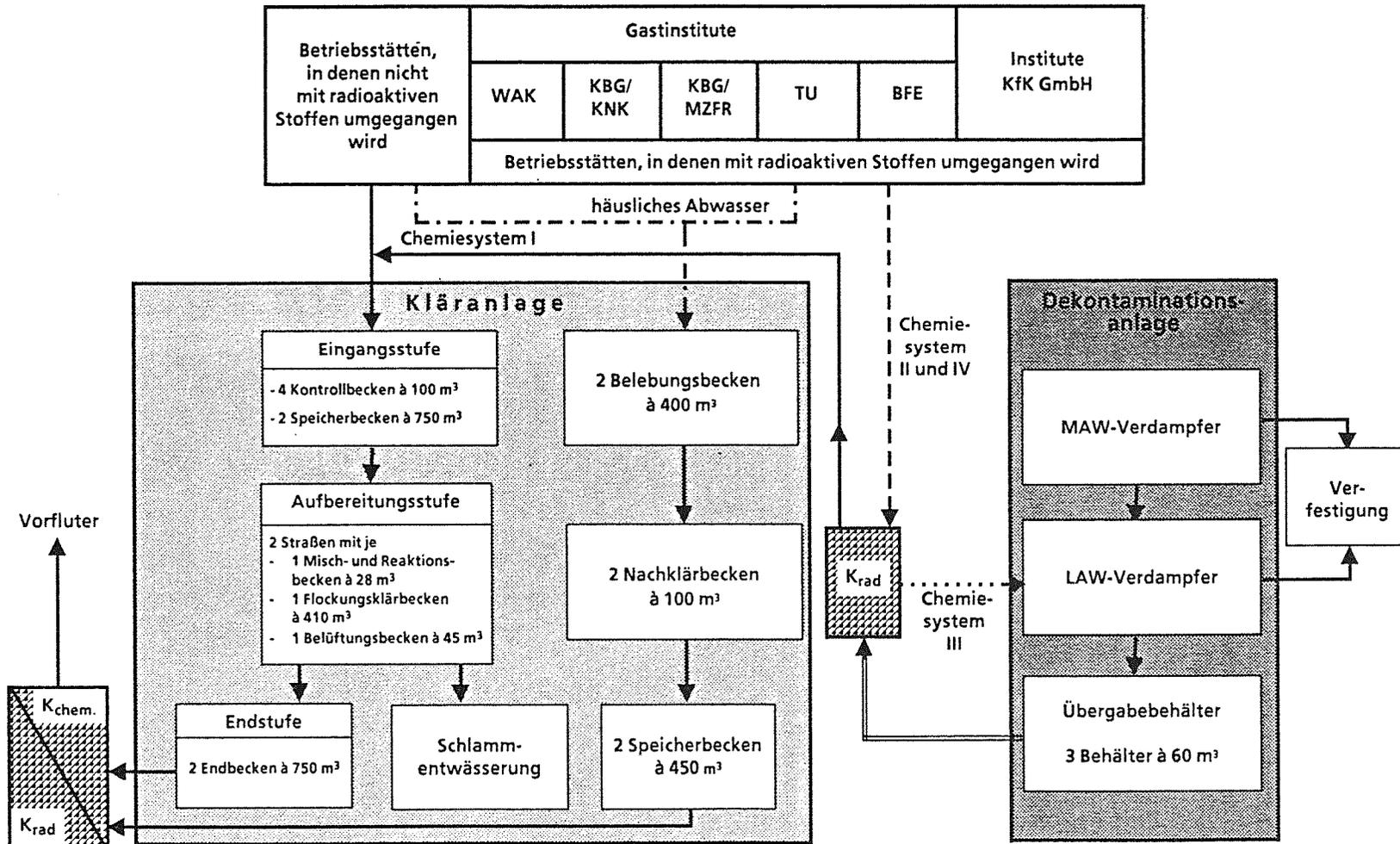


Abb. 5/4: Vereinfachtes Fließschema der Abwässer im KfK  
(K<sub>rad</sub>: Kontrollmessung radioaktiver Stoffe; K<sub>chem</sub>: Kontrollmessung nichtradioaktiver Stoffe).

Abwässer mit Aktivitäten pro Kubikmeter zwischen dem  $10^8$ - und dem  $10^{11}$ fachen der Jahresingestionswerte (MAW) werden ausschließlich mit speziellen, abgeschirmten Tankwagen in die Dekontaminationsanlage für MAW überführt. Liegt die Aktivität je Kubikmeter des dekontaminierten Abwassers bei Tritium unterhalb des 30 000fachen und bei den übrigen Radionukliden unter dem 1 000fachen der Jahresingestionsgrenzwerte, so wird es ebenfalls der Kläranlage für Chemieabwasser zugeführt.

Chemieabwässer, die möglicherweise organische Lösungsmittel enthalten (Chemieabwasser IV), werden in speziellen Behältern gesammelt und bei Herkunft aus Kontrollbereichen oder Betriebsstätten, in denen mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen wird, auch hinsichtlich Radioaktivität überwacht. Bestätigt die chemische Analyse das Vorhandensein von Lösungsmitteln, so werden diese Abwässer gesondert entsorgt.

In Tab. 5/7 ist die Verteilung der 1990 im Chemieabwasser II der verschiedenen Institute und Betriebsstätten auf dem Betriebsgelände des KfK nachgewiesenen Aktivität wiedergegeben.

Institut/ Betriebs- stätte	Nachgewiesene $\alpha$ -Aktivität		Nachgewiesene $\beta$ -Aktivität		Abwassermenge	
	MBq	%	MBq	%	m <sup>3</sup>	%
KNK	1,7 E + 07	0,2	2,7 E + 10	51,6	57	0,1
HVT/HZ	1,4 E + 09	13,1	1,1 E + 10	21,0	340	0,6
HDB II*	7,9 E + 09	75,0	1,0 E + 10	19,2	813	1,3
TU	1,0 E + 09	9,9	3,6 E + 09	6,8	2 817	4,7
restliche Institute	1,9 E + 08	1,8	7,4 E + 08	1,4	56 211	93,3
Summe	1,1 E + 10	100	5,3 E + 10	100	60 238	100

\*Behandlung fester radioaktiver Reststoffe

Tab. 5/7: Herkunft und Anteil der 1990 im Chemieabwasser II auf dem Betriebsgelände des KfK angefallenen Aktivität

Das in die Chemiekläranlage eingeleitete Chemieabwasser wird dort ebenfalls in einem mehrstufigen Prozeß gereinigt (s. Abb. 5/4) und schließlich in den zwei Endbecken für Chemieabwasser mit je 750 m<sup>3</sup> Fassungsvermögen gesammelt. Im gereinigten Abwasser werden dann die Konzentrationen der radioaktiven und bestimmter nichtradioaktiver Stoffe ermittelt und anhand der Genehmigungswerte der atomrechtlichen Genehmigung und der wasserrechtlichen Erlaubnis über die Ableitung entschieden. Über einen 2,9 km langen Rohrkanal gelangen die Abwässer in den als Vorfluter dienenden Rheinniederungskanal, bis sie nach 23,6 km den Rhein erreichen.

Zusätzlich zu den Entscheidungsmessungen, die vor Abgabe des Abwassers aus den Abwassersammelstationen und den Endbecken durchzuführen sind, wird die mit dem Abwasser des KfK abgeleitete Aktivität durch nuklidspezifische Analysen von Wochen- und Monatsmischproben, die mengenproportional aus Teilmengen der einzelnen abgeleiteten Abwasserchargen aus den Endbecken herzustellen sind, bilanziert.

Die Eigenüberwachung der radioaktiven Emissionen mit dem Abwasser aus dem KfK wird durch Messungen behördlich beauftragter Sachverständiger kontrolliert. Aufgrund behördlicher Anordnung 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 Berlin, das als beauftragter Sachverständiger von der zuständigen Behörde beigezogen wurde, Kontrollmessungen an Wochen- und Monatsmischproben durchgeführt.

Neben den Messungen im Rahmen des Überwachungskonzeptes, das durch die atomrechtliche Genehmigung und durch Auflagen vorgegeben ist, werden Messungen mit unterschiedlicher Zielsetzung an Wasser- und Feststoffproben verschiedenster Art und Herkunft von der Gruppe „Abwasserüberwachung“ durchgeführt.

Tab. 5/8 gibt eine Übersicht über Herkunft, Art und Anzahl der Proben, die 1990 von der Gruppe „Abwasserüberwachung“ bearbeitet wurden, sowie über Art und Anzahl der daran durchgeführten Einzelmessungen.

Meßzweck	Anzahl der Proben	Anzahl der durchgeführten Messungen						Summe der Einzelmessungen
		α	β	H-3	α-Spektroskopie	γ-Spektroskopie	β-Energiebestimmung	
Abwasserüberwachung	4 719	4 719	4 719	1 248	32	2 275	265	13 258
- Abwassersammelstationen	388	388	388	388	-	590	36	1 790
- Endbecken	64	64	64	64	-	-	-	192
- Endbecken (Mischproben)								
Klärschlammüberwachung (Chemie- und Schmutzwasserschlamm)	34	34	34	-	-	-	-	68
Betriebliche Überwachung der Abwassereinzugs-systeme	222	222	222	140	4	148	4	740
Beseitigung radioaktiver Abfälle	210	157	157	3	-	202	-	519
Betriebliche Überwachung der HVT/EA und HDB III	181	52	52	181	-	52	-	337
Tritiumüberwachung der Fortluft (s. Kap. 5.1.1)	946	-	-	946	-	-	-	946
Entwicklungsprogramme	500	-	-	500	-	-	-	500
Umgebungsüberwachung	481	26	26	481	-	26	-	559
Externe Aufträge	79	-	-	79	-	4	-	83
Qualitätskontrolle (Kalibrierungen, Ringversuche usw.)	693	2 046	2 046	2 682	48	845	1 050	8 717
Summe 1990	8 517	7 708	7 708	6 712	84	4 142	1 355	27 709
Summe 1989	8 310	7 868	7 868	6 533	143	3 542	1 500	27 454

Tab. 5/8: Art und Anzahl der Proben sowie der 1990 im Abwasserlabor durchgeführten Einzelmessungen

5.2.1 Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1990

T. Knoch, Ch. Stickel, H. R. Goebel, H. Genzer

Die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser wird anhand von Mischproben bilanziert. Dazu werden mengenproportionale Proben der einzelnen Endbeckenfüllungen zu Wochen- und Monatsmischproben vereinigt und am Ende des Sammelzeitraumes analysiert. Neben den Gesamtaktivitätsmessungen werden auch nuklidspezifische Messungen mittels Gammaskopie durchgeführt. Bei Monatsmischproben werden diese Messungen durch eine chemische Aufbereitung der Proben zur getrennten Bestimmung der Konzentration von Strontium- und Plutoniumisotopen ergänzt.

In der Tab. 5/9 werden die anhand von Monatsmischproben ermittelten Gesamtableitungen radioaktiver Stoffe für 1990 wiedergegeben. Zum Vergleich sind die Vorjahreswerte und die Genehmigungswerte für Einzelnuklide angegeben. Zur Einhaltung der atomrechtlichen Genehmigung des KfK ist für mehrere Radionuklide oder ein Radionuklidgemisch zu gewährleisten, daß die Summe der Verhältniszahlen aus der gemessenen Aktivitätsabgabe und den Genehmigungswerten der einzelnen Radionuklide kleiner als eins ist.

Art der Aktivität, Radionuklid	Genehmigungswerte für die Aktivitätsabgaben in Bq/a	Bilanzierte Ableitungen in Bq/a	
		1990	1989
α-Bruttomessung	-	0*	1,50 E + 07
β-Bruttomessung (ohne H-3)	-	5,28 E + 08	3,67 E + 08
H-3	1,70 E + 14	3,10 E + 13	5,77 E + 13
Co-60	1,24 E + 11	0*	2,96 E + 06
Sr-90	1,42 E + 09	2,91 E + 06	1,83 E + 07
Sb-125	3,60 E + 11	0*	1,21 E + 07
Cs-137	5,40 E + 10	0*	2,34 E + 07
Pu-238	1,70 E + 10	2,81 E + 05	1,11 E + 06
Pu-239 + 240	3,20 E + 10	6,81 E + 05	1,17 E + 06
aus dem KfK abgeleitete Abwassermenge in m <sup>3</sup>	-	220 000	221 000

\*Bilanzierung entsprechend KTA-Regel 1504, Werte < NWG werden nicht berücksichtigt.

Tab. 5/9: 1990 aus dem KfK in den Vorfluter abgeleitete Abwassermenge und -aktivität sowie Genehmigungswerte gemäß atomrechtlicher Genehmigung

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

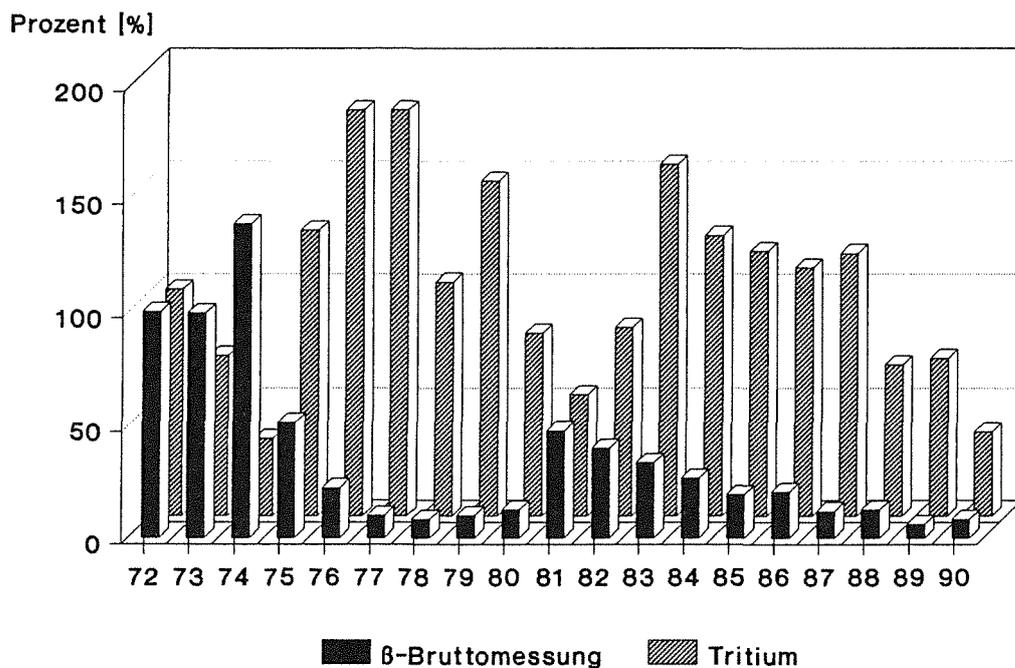


Abb. 5/5: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem KfK jährlich abgeleiteten Beta-Brutto- und Tritiumaktivität seit 1972 (1972 = 100 %)

### 5.2.2 Ableitung nichtradioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1990

K.-G. Langguth

Die Überwachung der aus den Endbecken der Kläranlagen für häusliches Abwasser und für Chemieabwasser in den Vorfluter eingeleiteten Abwässer hinsichtlich nichtradioaktiver Stoffe wird von der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB) durchgeführt. Zur Ermittlung der Jahresabgaben dienen dabei die Ergebnisse der Messungen, die an den einzelnen Endbeckenfüllungen mit dem Ziel vorgenommen werden, gemäß der wasserrechtlichen Erlaubnis über ihre Abgabe zu entscheiden. Darüber hinaus wurden zahlreiche weitere Stoffe als Eigenkontrolle des KfK in die Überwachung einbezogen.

In Tab. 5/10 sind die bilanzierten Ableitungen mit dem häuslichen Abwasser und dem Chemieabwasser im Jahre 1990 wiedergegeben. Zusätzlich wurden in die Tabelle die errechneten Jahreskonzentrationsmittelwerte aufgenommen. Die Konzentrationsgrenzwerte wurden in keinem Fall überschritten.

Bei der Messung der Schwermetallkonzentrationen konnten nur Eisen und Zink nachgewiesen werden. Die Konzentrationen der übrigen Schwermetalle lagen unter den jeweiligen Nachweisgrenzen. Durch Inbetriebnahme der neuen biologischen Kläranlage für häusliche Abwässer wurden die Konzentrationen von CSB, BSB-5, Ammonium und Stickstoff erheblich gesenkt. Die Daten über Schadstofffrachten und abgeleitete Wassermengen für die folgende Tabelle wurden von HDB zur Verfügung gestellt.

Bezeichnung der Stoffe	Chemieabwasser		häusliches Abwasser	
	Ableitung kg	Mittelwert g/m <sup>3</sup>	Ableitung kg	Mittelwert g/m <sup>3</sup>
biochem. Sauerstoffbedarf (BSB-5)	-	-	2,3 E+02	2,9 E+00
Trockenrückstand	1,4 E+05	1,0 E+03	5,5 E+04	7,0 E+02
chem. Sauerstoffbedarf (CSB)	4,9 E+03	3,5 E+01	3,2 E+03	4,0 E+01
adsorbierbare organ. Halogenverb. (AOX)	1,1 E+01	8,0 E-02	4,0 E+00	5,0 E-02
mineralölhaltige Kohlenwasserstoffe	2,1 E+01	1,5 E-01	9,6 E+00	1,2 E-01
flüchtige organ. Halogenverb. (POX)	2,4 E+00	1,7 E-02	-	-
organ. Gesamtkohlenstoff (TOC)	1,1 E+03	7,9 E+00	8,2 E+02	1,0 E+01
Gesamt-Stickstoff	-	-	2,3 E+03	2,9 E+01
organisch gebundener Stickstoff	-	-	2,3 E+02	2,9 E+00
Chlorid	4,9 E+04	3,5 E+02	1,3 E+04	1,7 E+02
Nitrat	4,2 E+03	3,0 E+01	9,6 E+03	1,2 E+02
Nitrit	3,1 E+02	2,2 E+00	7,9 E+01	1,0 E+00
Phosphat	3,9 E+02	2,8 E+00	2,1 E+03	2,7 E+01
Sulfat	3,2 E+04	2,3 E+02	6,2 E+03	7,8 E+01
Ammonium	4,7 E+02	3,4 E+00	9,7 E+01	1,2 E+00
Cadmium	< 7,5 E-01	< 5,0 E-03	< 4,0 E-01	< 5,0 E-03
Chrom	< 1,4 E+00	< 1,0 E-02	< 8,0 E-01	< 1,0 E-02
Eisen	9,4 E+01	6,7 E-01	1,4 E+01	1,8 E-01
Quecksilber	< 1,9 E-02	< 1,4 E-04	< 8,0 E-03	< 1,0 E-04
Blei	< 5,6 E+00	< 4,0 E-02	< 3,2 E+00	< 4,1 E-02
Kobalt	< 2,8 E+00	< 2,0 E-02	< 1,6 E+00	< 2,0 E-02
Kupfer	< 3,2 E+00	< 2,3 E-02	< 2,9 E+00	< 3,7 E-02
Mangan	< 3,7 E+00	< 2,6 E-02	< 2,0 E+00	< 2,5 E-02
Nickel	< 5,5 E+00	< 4,0 E-02	< 1,9 E+00	< 2,4 E-02
Zink	6,4 E+00	4,6 E-02	2,0 E+01	2,5 E-01

Tab. 5/10: Bilanzierte Mengen und Jahreskonzentrationsmittelwerte der 1990 mit dem Chemieabwasser (141 000 m<sup>3</sup>) und dem häuslichen Abwasser (79 000 m<sup>3</sup>) in den Vorfluter abgeleiteten nichtradioaktiven Stoffe

### 5.2.3 Strahlenexposition in der Umgebung durch die mit dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1990

D. Papadopoulos, K.-G. Langguth

Für eine konservative Abschätzung der Strahlenexposition als Folge der Ableitung radioaktiver Stoffe mit den Abwässern aus dem KfK wird das Altrheingebiet westlich und nordwestlich des KfK betrachtet, da der in diesem Gebiet verlaufende Rheinniederungskanal für die Abwässer des KfK als Vorfluter dient, bevor sie den Rhein selbst erreichen. Die ungünstigsten Einwirkungsstellen im Sinne von § 45 StrlSchV bei Ingestion von Trinkwasser, Fisch und landwirtschaftlichen Produkten sind deshalb in diesem Gebiet zu finden. Die Beiträge aller anderen Expositionspfade zur effektiven Äquivalentdosis, wie z. B. der äußeren Strahlung, können vernachlässigt werden.

Die Äquivalentdosis durch Ingestion radioaktiver Stoffe ist nicht direkt meßbar. Sie kann aber als Produkt der aufgenommenen Aktivität und des zugehörigen Dosisfaktors berechnet werden. Für diese Berechnung wurden die nach der „Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 45 Strahlenschutzverordnung: Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen, Bundesanzeiger 42, Nr. 64a (1990)“ (AVV) zu unterstellenden Ernährungsgewohnheiten und Verzehrmenen verwendet. Es wurde ferner angenommen, daß eine Bevölkerungsgruppe existiert, die das Trinkwasser und die gesamte Nahrung aus dem Bereich des Rheinniederungskanals bezieht.

Die Berechnung basiert auf den von HS/US gemessenen Aktivitätskonzentrationen im Trinkwasser und in Lebensmitteln. Bei allen Messungen der Aktivität von Trinkwasser wurde nur Tritium nachgewiesen. Da das aus dem Grundwasser gewonnene Trinkwasser auch zur Viehtränke und zur Beregnung verwendet wird, kann angenommen werden, daß dort erzeugte landwirtschaftliche Produkte außer Tritium keine anderen Radionuklide aus dem Abwasser des KfK enthalten. Mit Ausnahme von Fleisch und Fisch ist für alle in der AVV angegebenen Lebensmittel die spezifische Tritiumaktivität aus Messungen bekannt. Für Fleisch wurde die spezifische Tritiumaktivität nach dem Modell der AVV berechnet. In Tab. 5/11 sind die der Dosisberechnung zugrunde liegenden Tritiumgehalte für Trinkwasser, für Fisch und landwirtschaftliche Produkte für das Jahr 1990 eingetragen.

Für Trinkwasser wurde die größte monatliche Tritiumkonzentration (Variationsbereich 23 bis 180 Bq/l), die sich bei der routinemäßigen Überwachung der Eigenwasserversorgungen der landwirtschaftlichen Betriebe am Rheinniederungskanal ergab, in die Rechnung eingesetzt.

Bei Messungen von Fisch aus dem Rheinniederungskanal wurden geringe Mengen von Cs-134 (0,11 Bq/kg), Cs-137 (1,4 Bq/kg) und Sr-90 (0,03 Bq/kg) nachgewiesen. Obwohl der Cs-137-Meßwert 1,4 Bq/kg im Schwankungsbereich der auf den Unfall von Tschernobyl zurückzuführenden Cs-137-Gehalte von Fisch aus Flußgewässern liegt, wurde er ohne Abzug für die Dosisberechnung verwendet. Für die spezifischen Aktivitäten dieser Nuklide in Fisch errechnet sich ein Beitrag zur effektiven Äquivalentdosis von 0,5 µSv/a. Für das Gewebewasser im Fischfleisch wurde die Tritiumkonzentration gleich dem größten Monatsmittelwert der Tritiumkonzentration, der 1990 für das Wasser des Vorfluters ermittelt wurde, gesetzt. Daraus wurde die spezifische Tritiumaktivität in Fisch ermittelt.

Zur Bestimmung des Tritiumgehaltes pflanzlicher Produkte wurde die spezifische Aktivität von Getreide, Kartoffeln und Weißkohl gemessen. Die Meßwerte für diese Produkte weichen voneinander nicht stark ab (Variationsbereich: 7 bis 8 Bq/kg Frischsubstanz). Der höchste Meßwert wurde für die Berechnung verwendet. Die Tritiumkonzentration in Milch aus den landwirtschaftlichen Betrieben am Rhein-niederungskanal wurde halbjährlich gemessen. 1990 betrug der höhere Wert 37 Bq/l. Dieser Wert wurde in die Rechnung eingesetzt. Da das Trinkwasser auch zur Viehtränke und zur Beregnung benutzt wird, wurden für die Berechnung der Tritiumkonzentration im Fleisch (s. Tab. 5/11) die jeweils höchsten Meßwerte für Trinkwasser und für das Gewebewasser von Bewuchs (10 Bq/l) verwendet.

Die Effektivdosisbeiträge der verschiedenen Lebensmittel, die zu ihrer Berechnung verwendeten Tritiumgehalte und die angenommenen jährlichen Konsummengen sind in Tab. 5/11 eingetragen. Als Summe der Dosisbeiträge ergibt sich für 1990 eine effektive Äquivalentdosis für den Expositionspfad Abwasser von rund 5,5 µSv.

Nahrungsmittel	Tritiumgehalt	Konsum	Effektive Dosis µSv
Trinkwasser	180 Bq/l	800 l/a	2,3
Fisch	5 200 Bq/kg**	20 kg/a	2,2*
Milch	37 Bq/l	330 l/a	0,2
Fleisch	283 Bq/kg	150 kg/a	0,7
Pflanzliche Produkte	8 Bq/kg	500 kg/a	0,1
Summe:			5,5*

\*einschließlich Sr-90, Cs-134 und Cs-137

\*\*ermittelt aus H-3-Konzentration des Wassers

Tab. 5/11: Tritiumgehalt in Lebensmitteln, Konsum und effektive Äquivalentdosis für den Expositionspfad Abwasser 1990

### 5.3 Umgebungsüberwachung

S. Allers, A. Wicke

Die Umgebung des KfK wird gemäß § 48 StrlSchV nach einem vom Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg genehmigten Routinemeßprogramm überwacht. Bei der Erstellung des Überwachungsprogramms wurden die in der Richtlinie für Emissions- und Immissionsüberwachung enthaltenen Vorschriften sowie spezielle Auflagen der zuständigen Aufsichtsbehörde beachtet. Das routinemäßig überwachte Gebiet umfaßt eine Fläche von ca. 300 km<sup>2</sup>. Die meisten Meß- und Probenahmestellen liegen jedoch innerhalb eines Kreises von ca. 6 km Radius um das KfK. Innerhalb des gesamten Überwachungsbereichs bildet der sogenannte betriebliche Überwachungsbereich des KfK selbst - das ist die ca. 2 km<sup>2</sup> große Fläche innerhalb des Zauns - einen besonderen Bereich. Das Meßstellennetz ist hier (s. Lageplan Nr. 2) wesentlich dichter als in der eigentlichen Umgebung (s. Lageplan Nr. 1).

Das bisher gültige Umgebungsüberwachungsprogramm wurde Anfang 1990 mit Zustimmung der Aufsichtsbehörde geändert. Wesentliche Änderungen waren die Reduzierung der Anzahl der Meßstellen der Monitoranlage von 34 auf 21 und die Verlegung einiger Meßstellen an neue Standorte. Eine weitere Veränderung war die Versetzung der Meßhütten „Nordost“ und „Südwest“. Eine Veränderung der Standorte wurde notwendig, da sich die Emissionsschwerpunkte des KfK in den letzten Jahren durch die Stilllegung von Reaktoren und anderen Anlagen verlagert haben. Die Umsetzung der Meßstellen der Monitoranlage sowie der Neubau der Meßhütte „Nordost“ an dem neuen Standort konnte 1990 vollzogen werden. Die Meßhütte „Südwest“ wird voraussichtlich im 1. Quartal 1991 fertiggestellt werden.

Da ein Teil der Änderungen des neuen Überwachungsprogramms erst im Laufe des Jahres 1990 umgesetzt werden konnte, galt in diesem Jahr ein Übergangsprogramm. Das 1990 gültige, auflagenbedingte Überwachungsprogramm umfaßt wie bisher die Ermittlung der direkten Strahleneinwirkung von außen sowie die Messung der Aktivität von Probenmaterialien aus verschiedenen Umweltmedien. Wenn sich im Rahmen der Routineüberwachung gegenüber bekannten Schwankungsbereichen signifikant erhöhte Radioaktivitätsmeßwerte ergeben, werden grundsätzlich ergänzende, zeitlich befristete Überwachungsmaßnahmen durchgeführt. Ein weiterer Programmpunkt sind die monatlichen Störfallmeßfahrten, die dem Training des Einsatzpersonals dienen. Das Routineüberwachungsprogramm zur Überwachung der Umgebung des KfK hat folgende Struktur:

### *1 Direktmessung der Strahlung*

- 1.1 Außenstationen
- 1.2 Monitoranlage zur Überwachung des Betriebsgeländes einschließlich WAK
- 1.3 Festkörperdosimeter

### *2 Radioaktivitätsmessungen*

- 2.1 Luft
- 2.2 Niederschlag
- 2.3 Boden
- 2.4 Bodenoberfläche
- 2.5 Bewuchs
- 2.6 Pflanzliche Nahrungsmittel
- 2.7 Oberflächenwasser
- 2.8 Grund- und Trinkwasser
- 2.9 Schlamm
- 2.10 Fisch
- 2.11 Milch

### *3 Meßfahrten (Störfalltrainingsprogramm)*

- 3.1  $\gamma$ -Ortsdosisleistung
- 3.2 Aerosole
- 3.3 gasförmiges Iod
- 3.4 Bodenoberfläche
- 3.5 Boden

### 5.3.1 Ergebnisse der Routineüberwachung 1990

S. Allers, E. Däuble, F. Werner

#### *Direktmessung der Strahlung*

Zur Direktmessung der Strahlung befinden sich zwei On-line-Systeme im Einsatz. Das eine System, die sogenannte Monitoranlage, dient der Überwachung des betrieblichen Überwachungsbereichs, das andere, die sogenannten Außenstationen, dient der Überwachung der umliegenden Ortschaften. 1990 wurden durch die Monitoranlage vier Überschreitungen der Warnschwelle von 10  $\mu\text{Sv/h}$  registriert. Ursachen der erhöhten Dosisleistungen auf dem Gelände des KfK waren radioaktive Transporte und Brennelementauflösungen der WAK. Bei den Außenstationen wurden keine erhöhten Dosisleistungsmeßwerte registriert. In Abb. 5/6 sind die mittleren Ortsdosisleistungen an den Außenstationen der nächstgelegenen Ortschaften dargestellt. Die Meßwerte liegen innerhalb des Schwankungsbereichs der durch natürliche Strahlung verursachten Ortsdosis.

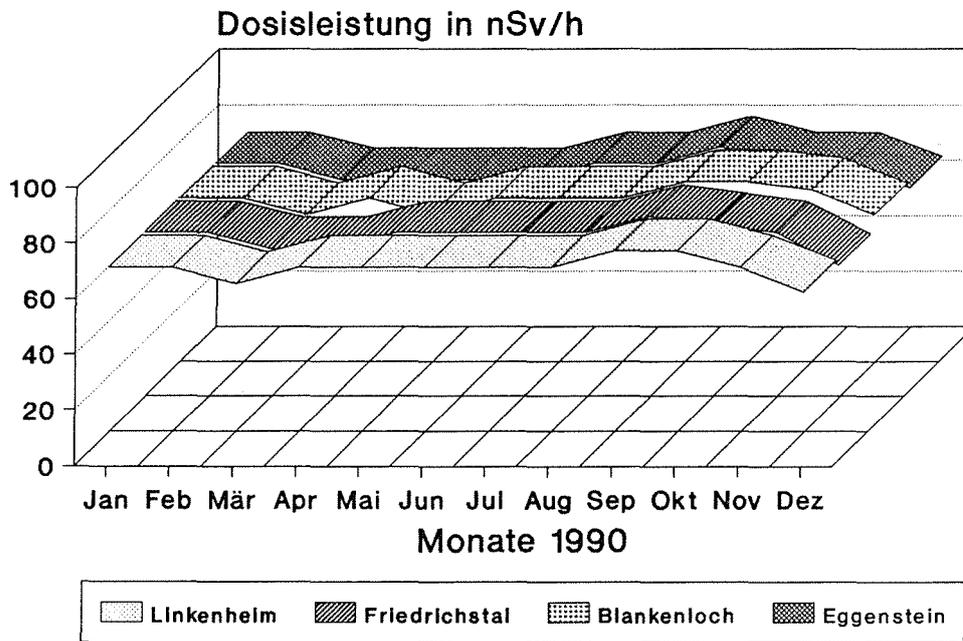


Abb. 5/6: Mittlere monatliche  $\gamma$ -Ortsdosisleistung in den vier nächstgelegenen Ortschaften

#### *Radioaktivitätsmessungen*

Zweimal wöchentlich werden die Aerosolfilter, die in den drei Meßhütten kontinuierlich bestaubt werden, gewechselt.  $\gamma$ -spektrometrische Untersuchung und Plutoniumanalyse der Filter erfolgen monatlich. 1990 lagen alle durch  $\gamma$ -Spektrometrie bestimmten Aktivitätskonzentrationen künstlicher Radionuklide unter der Erkennungsgrenze. Die Be-7-Aktivitätskonzentration schwankte zwischen 1,5 und 3,9  $\text{mBq/m}^3$ . Be-7 ist ein natürliches Radionuklid, das als Leitnuclid für den atmosphärischen Aus-

tausch angesehen werden kann und dessen Aktivitätskonzentration je nach Jahreszeit schwankt. Die mittlere Pu-238-Aktivitätskonzentration betrug  $0,09 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$  und die mittlere Pu-239 + 240-Aktivitätskonzentration  $0,06 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ . Die Einzelmeßergebnisse werden in Kap. 5.4.5 berichtet. Im Niederschlag wurde bei der  $\gamma$ -spektrometrischen Bestimmung der künstlichen Radionuklide keine Aktivitätskonzentration oberhalb der Erkennungsgrenze festgestellt. Die Monatswerte der H-3-Aktivitätskonzentration sowie die H-3-Flächenbelegung wurden in Abb. 5/7 dargestellt. Die mit „Südwest“ und „Nordost“ bezeichneten Probenahmestellen befinden sich innerhalb des Betriebsgeländes des KfK an den künftigen Standorten der Meßhütten „Südwest“ und „Nordost“ (s. Lageplan 2). Als Referenzstelle dient ein Niederschlagssammler in Durlach bei der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Augustenberg.

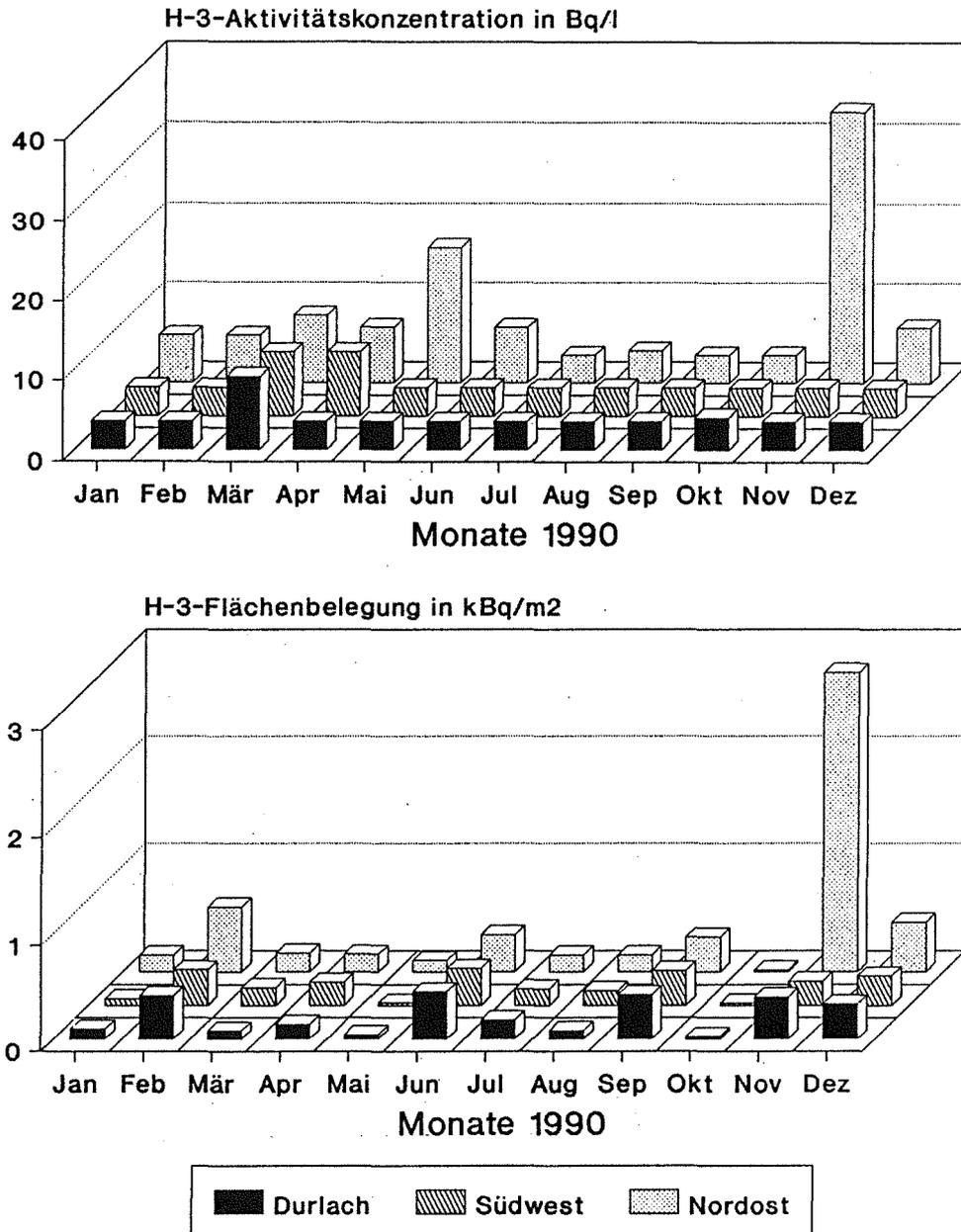


Abb. 5/7: Monatliche H-3-Aktivitätskonzentration im Niederschlag und H-3-Flächenbelegung

In Boden-, Bewuchs- und Sedimentproben wurde 1990 keine erhöhte spezifische Aktivität gegenüber dem Vorjahr festgestellt. Die gemessenen Cs-134- und Cs-137-Aktivitäten beruhten zum größten Teil auf dem Fallout vom Reaktorunfall in Tschernobyl im Jahr 1986. Bei einer Probenahmetiefe von 5 cm schwankte die spezifische Cs-137-Aktivität zwischen 14 und 43 Bq/kg Trockensubstanz und die Cs-134-Aktivität zwischen 0,5 und 4 Bq/kg Trockensubstanz. Bei der Referenzstelle in Durlach betrug die Cs-137-Aktivität 33 Bq/kg Trockensubstanz und die Cs-134-Aktivität 4 Bq/kg Trockensubstanz. Im Bewuchs wurde bei zwei Proben eine Cs-134-Aktivität oberhalb der Erkennungsgrenze gemessen. Die Cs-137-Aktivität schwankte zwischen 0,17 Bq/kg Frischsubstanz und 3 Bq/kg Frischsubstanz. Die Aktivität im Sediment wird im Rheinniederungskanal und im Hirschkanal gemessen. Die spezifische Cs-137-Aktivität im Sediment aus dem Rheinniederungskanal schwankte zwischen 12 und 27 Bq/kg Trockensubstanz und im frischen Sediment aus dem Hirschkanal zwischen 260 und 1100 Bq/kg Trockensubstanz. Im Hirschkanal-Sediment wurden außerdem noch Spuren der künstlichen Nuklide Co-60, Zn-65, Ru/Rh-106, Sb-125, Cs-134 und Am-241 festgestellt.

Tab. 5/12 enthält eine Übersicht über den Schwankungsbereich der 1989 und 1990 gemessenen spezifischen Aktivitäten in Nahrungsmitteln. Aufgeführt wurden nur solche künstlichen Nuklide, für die in den Jahren 1989 und 1990 mindestens ein Meßergebnis über der Erkennungsgrenze lag. Bei K-40 handelt es sich um ein natürliches Radionuklid, dessen Aktivitätskonzentration in den Umweltmedien verschieden ist. Die sehr umfangreiche Zusammenstellung aller Einzelmessergebnisse wird für jedes Quartal den zuständigen Aufsichtsbehörden zugeleitet. Die landwirtschaftlichen Produkte wurden in den beiden Hauptausbreitungssektoren angebaut. Der Fisch stammt aus dem Rheinniederungskanal in der Höhe von Linkenheim. Die mittlere spezifische Cs-137- und Cs-134-Aktivität im Fisch hat gegenüber dem Vorjahr sehr deutlich abgenommen. Dieser Befund entspricht der generell abnehmenden Tendenz der durch den Unfall in Tschernobyl verursachten Cäsiumkontamination. Im Laufe der Jahre 1989 und 1990 ging der mittlere Cäsiumgehalt von Fischen aus Fließgewässern in Bayern und Baden-Württemberg etwa um den Faktor 6 auf ca. 1 Bq/kg zurück.

Überwachtes Medium	Nuklid	spezifische Aktivität in Bq/kg Frischsubstanz			
		1989		1990	
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Wurzelgemüse	K-40	50	110	42	110
	Cs-137	< 0,05	0,1	< 0,02	< 0,06
	Sr-90	0,02	0,04	0,08	0,3
Getreide	K-40	110	170	92	140
	Cs-137	< 0,06	0,1	< 0,04	< 0,1
	Sr-90	< 0,04	< 0,05	0,6	0,7
Blattgemüse	K-40	33	240	55	180
	Cs-137	< 0,02	0,2	< 0,02	0,6
	Sr-90	< 0,06	0,2	0,1	0,2
Fisch	K-40	100	120	21	76
	Cs-134	0,7	3,3	0,08	0,1
	Cs-137	5	20	0,7	1
	Sr-90	< 0,01	0,04	0,03	0,05

Tab. 5/12: Schwankungsbereich der spezifischen Aktivität in Nahrungsmitteln

Die H-3-Aktivitätskonzentration des Grund- und Trinkwassers der Wasserwerke Linkenheim, Leopoldshafen, Hardtwald, des KfK und der Beobachtungsbrunnen zwischen dem KfK und Linkenheim lag im Schwankungsbereich des Nullpegels (7 bis 21 Bq/l). Bei Aussiedlerhöfen, die sich in der Nähe des Rheinniederungskanals bei Rheinhausen befinden, wird regelmäßig die H-3-Aktivitätskonzentration im Grundwasser bestimmt. Die H-3-Aktivitätskonzentration schwankte zwischen 20 und 180 Bq/l.

Unterhalb der Einleitungsstelle für die Abwässer des KfK werden Wasserproben aus dem Rheinniederungskanal kontinuierlich über eine Woche gesammelt. Die Wochenwerte der H-3-Aktivitätskonzentration im Jahr 1990 schwankten zwischen 17 und 9800 Bq/l. In Abb. 5/8 ist der zeitliche Verlauf der Aktivitätskonzentration im Rheinniederungskanal dargestellt.

Vierteljährlich werden vier Baggerseen und Tümpel, die zum Teil eine direkte Verbindung zum Rheinniederungskanal haben, beprobt. Im Januar 1990 wurde im Tümpel „Neuloch“ eine erhöhte H-3-Aktivitätskonzentration festgestellt. Im Sinne der ergänzenden Sondermessungen wurde das „Neuloch“ vorsorglich monatlich beprobt. Die H-3-Aktivitätskonzentration schwankte zwischen 47 und 1200 Bq/l.

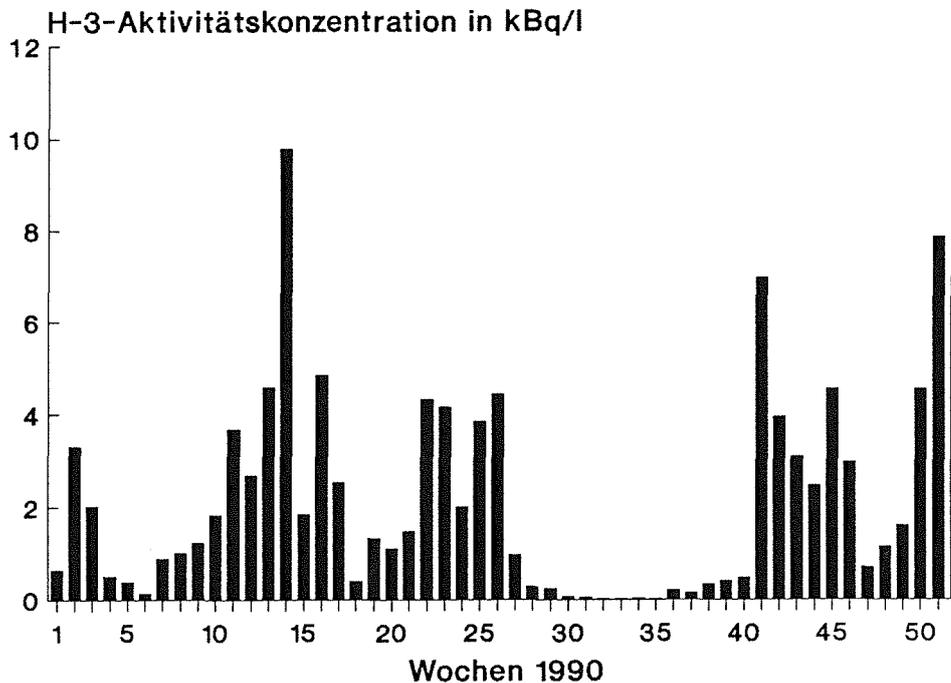


Abb. 5/8: H-3-Aktivitätskonzentration im Rheinniederungskanal

Eine weitere Auflage der Behörde für die Routineüberwachung des KfK sind die monatlichen Meßfahrten zu wechselnden Meß- und Probenahmeorten. Die anzufahrenden Stellen wurden in der Zentralzone gemäß dem „Besonderen Katastropheneinsatzplan für die Umgebung des KfK“ festgelegt. Ziel dieser Meßfahrten ist das Training des Rufbereitschaftspersonals der HS/US.

### 5.3.2 Ergänzende Überwachungsmaßnahmen

S. Allers

Im Jahr 1990 wurden zusätzlich zum Routineprogramm 13 Probenahmen und Messungen aufgrund von besonderen Vorkommnissen durchgeführt. Mit Ausnahme von einem Fall waren Verfärbungen oder pH-Wertveränderungen der Regen- und Kühlwässer in den Sandfängen Anlaß für die zusätzlichen Überwachungsmaßnahmen. Es wurden jeweils Wasserproben entnommen und die H-3- sowie die  $\alpha$ - und  $\beta$ -Aktivitätskonzentration bestimmt. Probenahmen und Messungen von Bewuchsproben wurden aufgrund eines Zwischenfalls bei der HDB-Verbrennungsanlage erforderlich. Hier wurde Dämmaterial durch die Luftströmung über den Kamin ausgetragen. Ursache war die Korrosion der Halteplatte eines Schalldämpfers. Bei der  $\gamma$ -spektrometrischen Bestimmung der Einzelnuklide wurden außer Cs-137 keine künstlichen Radionuklide oberhalb der Erkennungsgrenze gemessen. Die Meßergebnisse der Bewuchsproben schwankten zwischen 1,1 und 2,6 Bq/kg Frischsubstanz und lagen damit innerhalb des Schwankungsbereichs der im Rahmen der Routineüberwachung ermittelten Werte (s. Kap. 5.3.1).

Neben dem Routineprogramm der Umgebungsüberwachung bestehen Auflagen, die in anderen Genehmigungen festgelegt sind. Zum Beispiel werden aufgrund der Genehmigung für die Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe regelmäßig 30 Grundwasserpegel beprobt. In Abb. 5/9 sind die H-3-Aktivitätskonzentrationen von den drei Pegeln dargestellt, die monatlich überwacht werden. Die Pegel G 1/11 und G 1/13 befinden sich dicht bei den alten Endbecken der KfK-Kläranlage, der Pegel H II/1 ca. in 1 km Entfernung in Grundwasserfließrichtung. Die H-3-Aktivitätskonzentration des Grundwassers der anderen Pegel lag zwischen rund 7 und 87 Bq/l.

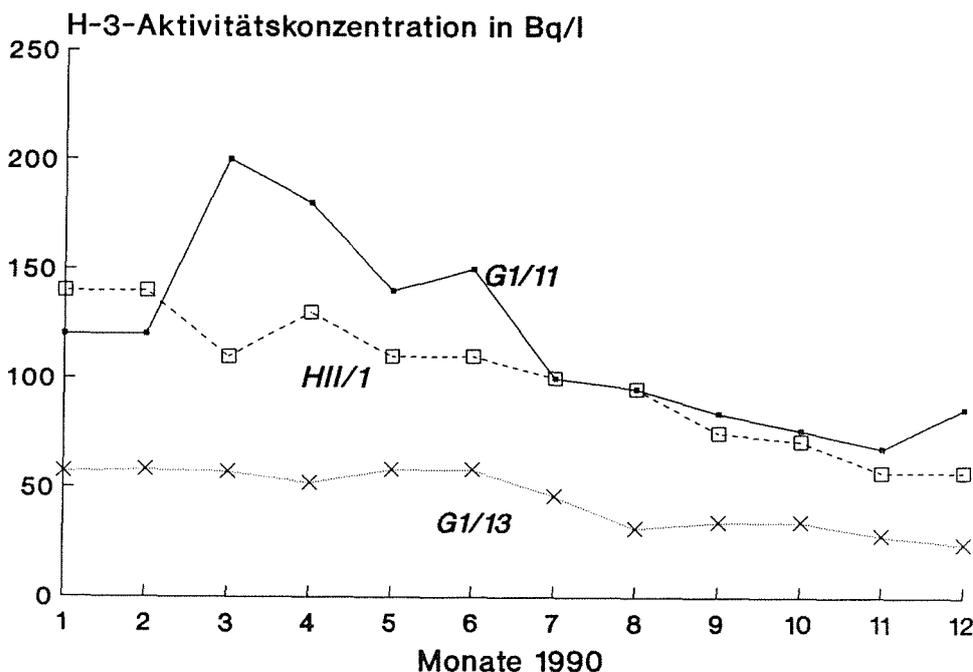


Abb. 5/9: H-3-Aktivitätskonzentration der Pegel H II/1, G 1/11 und G 1/13

### 5.3.3 Radionuklide und Schwermetalle in Bodenproben aus den Hauptausbreitungssektoren der Verbrennungsanlage der HDB

M. Pimpl, I. Yordanova, S. Allers, J. Hiller

Bei der Verbrennung radioaktiver Reststoffe in der Verbrennungsanlage der HDB kann aufgrund der hohen Verbrennungstemperaturen nicht ausgeschlossen werden, daß geringe Mengen an Schwermetallen und Radionukliden, an Aerosole gebunden, mit der Fortluft emittiert werden. Im Gegensatz zu den radioaktiven Stoffen wird für Schwermetalle die Emissions- und Immissionsüberwachung nicht routinemäßig durchgeführt. Bisher durchgeführte Messungen zeigten, daß die Schwermetallkonzentrationen in der Fortluft unter den in der TA-Luft als zulässig eingestuften Werten lagen. Um nun zu prüfen, ob durch den Betrieb der Verbrennungsanlage im Laufe der Jahre durch Schwermetallemissionen ein nennenswerter Eintrag in die Umgebung der Anlage erfolgt ist, wurden aus den Hauptausbreitungssektoren Bodenproben entnommen und ausgemessen.

Die erste Meßkampagne erfolgte im März 1990. In den beiden Hauptausbreitungssektoren Nordost und Südwest der Verbrennungsanlage der HDB (Abluftkamin von Gebäude 536) wurden 16 Bodenproben genommen und zusätzlich eine Bodenprobe von einer Referenzstelle im Südosten des Emittenten. Im September 1990 wurde eine zweite Kampagne durchgeführt, wobei an den gleichen Stellen wie im März Bodenproben entnommen wurden, zusätzlich an zwei weiteren Orten im nördlichen Hauptausbreitungssektor und einer zweiten Referenzstelle im Süden. Die Auswahl der Probenahmestellen erfolgte anhand der berechneten Konzentrationsverteilung am Boden infolge trockener und nasser Ablagerung in den beiden Hauptausbreitungssektoren der Verbrennungsanlage der HDB, wobei die langjährige Wetterstatistik ab 1973 zugrundegelegt wurde. Abb. 5/10 zeigt diese berechnete Konzentrationsverteilung, Abb. 5/11 den Lageplan der Probenahmeorte. In Tab. 5/13 ist zusammengefaßt, in welchem Abstand vom Emittenten die Proben genommen wurden und ob die einzelnen Entnahmestellen im Wald oder im freien Gelände lagen. Pro Probenahmeort erfolgten längs einer Linie 10 zylindrische Einstiche von 8 cm Durchmesser in Abständen von 20 cm bis 30 cm. Die Einstichtiefe betrug im März 5 cm, im September 3 cm und 10 cm, wobei jeweils zuvor die Grasnarbe bzw. die sogenannte lose Spreu (Laub und Nadeln) bei Waldboden entfernt wurden. Das Probenmaterial aus den 10 Einstichen pro Probenahmeort wurde vereint, durch manuelles Mischen homogenisiert und anschließend bei 110 °C im Trockenschrank getrocknet. Das getrocknete Probengut wurde durch ein Prüfsieb mit 2 mm Maschenweite gesiebt und nochmals homogenisiert. Für die verschiedenen durchzuführenden Bestimmungen wurden repräsentative Probenanteile entnommen und separat weiterverarbeitet.

Zur nuklidspezifischen Bestimmung von  $\gamma$ -Strahlern wurden 1-Liter-Ringschalen mit Probenmaterial gefüllt und mit einem Ge-Detektor 1000 min lang  $\gamma$ -spektroskopisch gemessen. Zur Bestimmung des Gehalts an den Schwermetallen Cadmium, Kobalt, Chrom, Nickel, Blei, Kupfer, Zink und Molybdän wurden in parallelen Ansätzen jeweils 0,3 g Probenmaterial mit Salpetersäure in Teflongefäßen unter Druck aufgeschlossen. Die Schwermetallkonzentrationen in den salpetersauren Lösungen wurde mittels Atomemissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-AES) gemessen.

Zur Bestimmung von Plutonium und Uran wurden etwa 150 g trockener Boden über Nacht bei 550 °C verascht, anschließend mit konzentrierter Salpetersäure befeuchtet und erneut verascht. Für die Plutoniumbestimmung wurden zwischen 50 und 100 g veraschter Boden eingesetzt. Die Plutoniumisotope wurden mit Salpetersäure/Aluminiumnitrat/Flußsäure-Mischungen in Lösung gebracht und durch Extraktion mit TOPO/Cyclohexan von Matrixelementen getrennt. Nach reduktiver Rückextraktion mit Ascorbinsäure in Salzsäure wurde die Plutoniumfraktion mittels Mitfällung an Lanthanfluorid und Ionenaustausch radiochemisch gereinigt und danach aus Oxalatlösung elektrolytisch auf Edelmetallplättchen abgeschieden. Die Aktivitätsbestimmung erfolgte  $\alpha$ -spektrometrisch mit Hilfe von Oberflächensperrschicht-Detektoren.

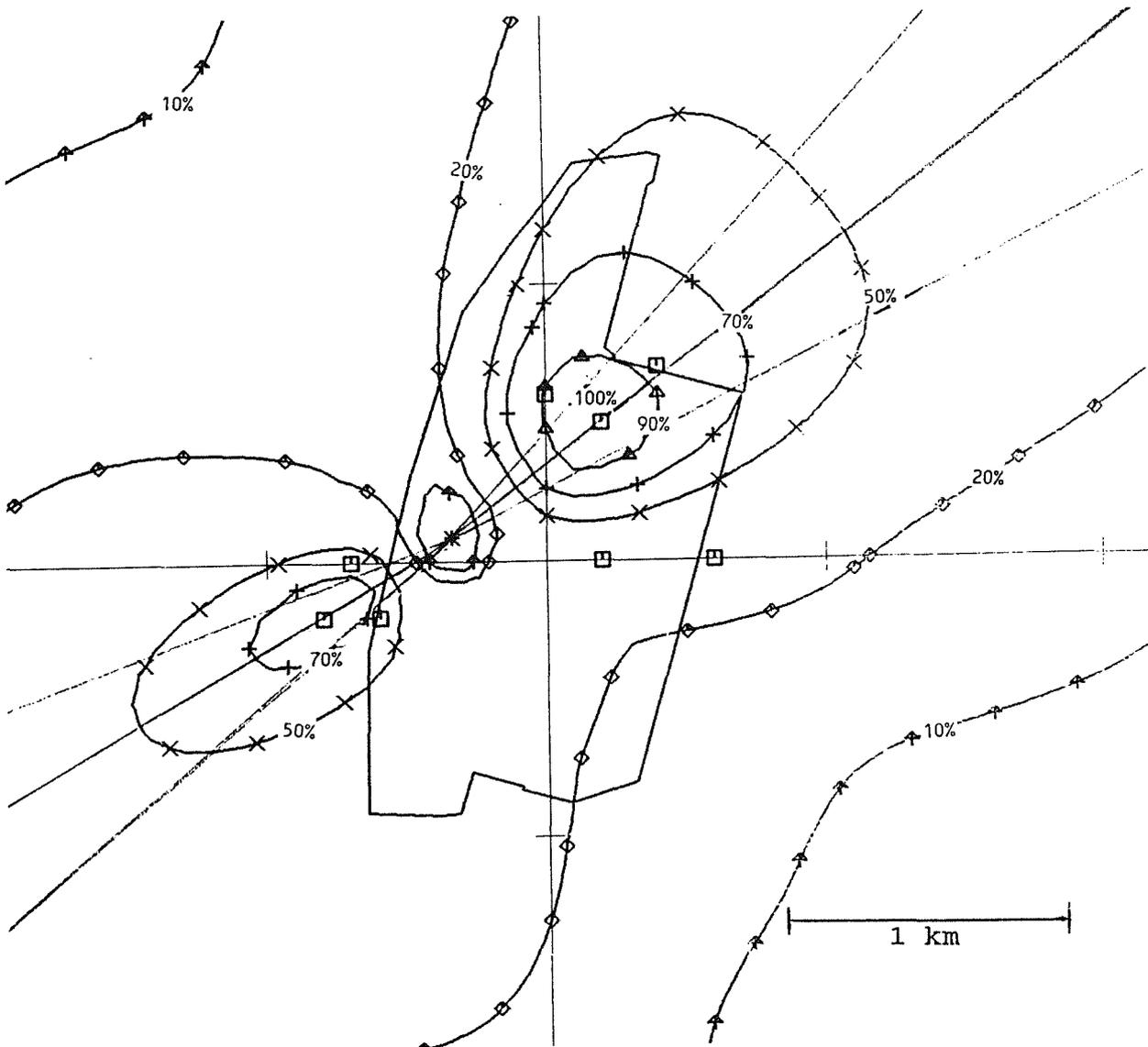


Abb. 5/10: Berechnete Konzentrationsverteilung am Boden durch trockene und nasse Ablagerung in den beiden Hauptausbreitungssektoren der Verbrennungsanlage der HDB unter Zugrundelegung der langjährigen Wetterstatistik ab 1973 (Die berechnete Konzentration im Maximum ist gleich 100 % gesetzt.)

Zur Uranbestimmung wurden zwischen 20 und 50 g veraschter Boden eingesetzt. Die Uranisotope wurden ebenfalls mit Salpetersäure/Aluminiumnitrat/Flußsäure-Mischungen in Lösung gebracht und durch Extraktion mit TOPO/Cyclohexan von Matrixelementen getrennt. Nach Rückextraktion mit Ammoniumfluorid in Salzsäure wurden die Uranisotope mit Titantrichlorid reduziert und durch Mitfällung an Lanthanfluorid gereinigt. Nach Oxidation mit Wasserstoffperoxid erfolgte ein weiterer radiochemischer Reinigungsschritt mittels Ionenaustausch. Anschließend wurden die Uranisotope aus Oxalatlösung elektrolytisch auf Edelstahlplättchen abgeschieden. Die Aktivitätsbestimmung erfolgte ebenfalls  $\alpha$ -spektrometrisch mit Hilfe von Oberflächensperrschicht-Detektoren.

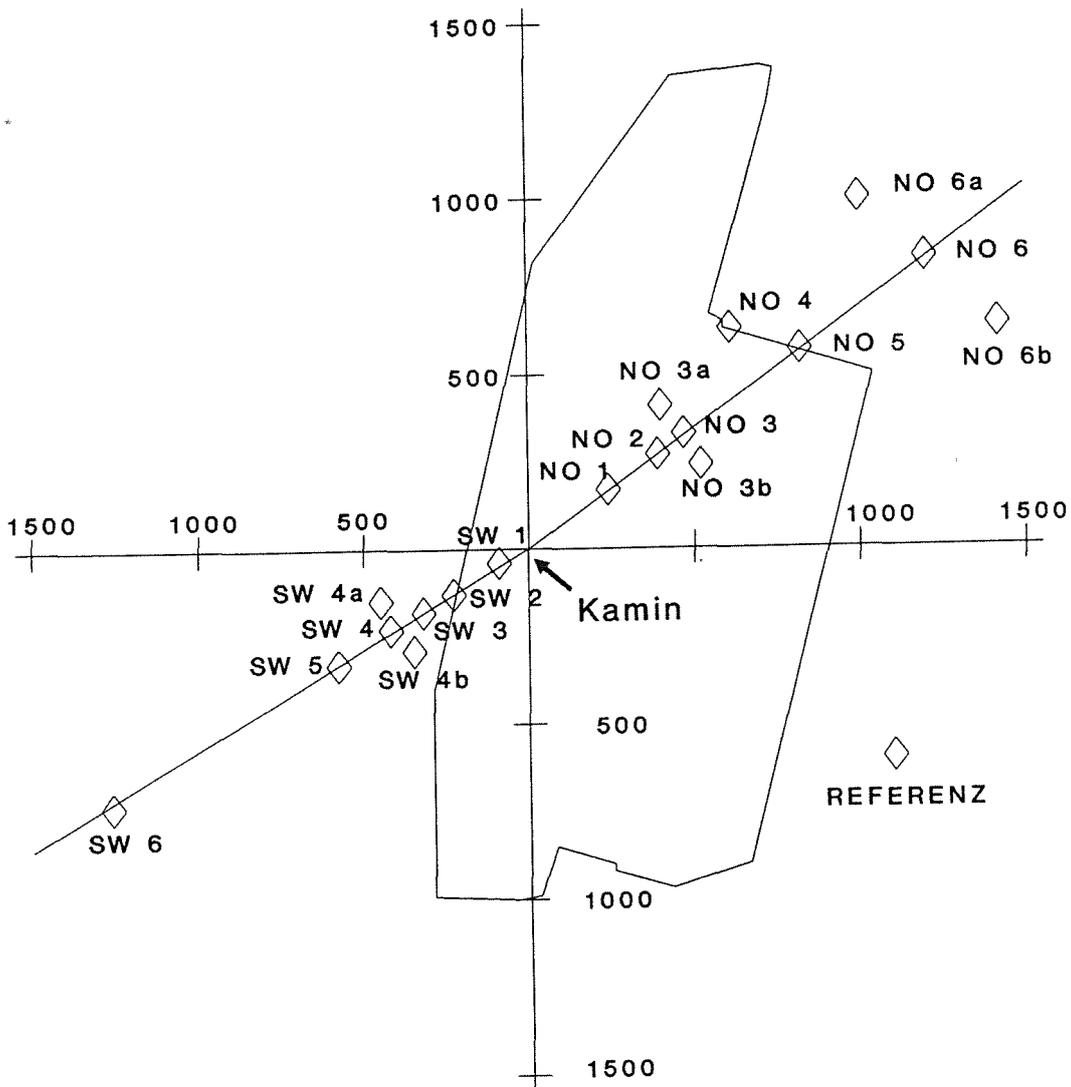


Abb. 5/11: Lageplan der Probenahmeorte für die Bodenproben aus den beiden Hauptausbreitungssektoren der Verbrennungsanlage der HDB (März 1990: Alle Probenahmeorte außer NO 6a und NO 6b. August 1990: Alle Probenahmeorte außer NO 2 und NO 4.)

Die Ergebnisse der  $\gamma$ -spektroskopisch gemessenen Cs-137-Konzentrationen in den Bodenproben aus beiden Meßkampagnen sind in Abb. 5/12 zusammengefaßt. Die spezifische Cs-137-Aktivität lag in den im März genommenen Proben zwischen 9 und 140 Bq/kg, in den Proben vom August bei 10 cm Einstichtiefe zwischen 11 und 63 Bq/kg, bei 3 cm Einstichtiefe zwischen 22 und 103 Bq/kg, jeweils bezogen auf trockenen Boden. Im Vergleich zu den Cäsiumkonzentrationen an den Referenzstellen wird deutlich, daß die spezifische Cs-137-Aktivität auch in der unmittelbaren Umgebung der HDB im Schwankungsbereich der Kontamination infolge der Kernwaffentests und des Reaktorunfalls von Tschernobyl liegt. Das als Folge des Reaktorunfalls von Tschernobyl verteilte Cs-134 konnte in allen Bodenproben gemessen werden. Etwa vier Jahre nach der Freisetzung liegen die Cs-134-Konzentrationen zwischen 0,5 und 7,1 Bq/kg.

Probenahmeort	Entfernung zum Abluftkamin der Verbrennungsanlage der HDB in m	Geländeform
SW 1	100	Wald
SW 2	280	Wald
SW 3	380	Wald
SW 4	480	Wald
SW 4a	480	Wald
SW 4b	480	Wald
SW 5	680	Wald
SW 6	1 500	Gras
NO 1	300	Gras
NO 2	500	Gras
NO 3	600	Gras
NO 3a	580	Gras
NO 3b	580	Gras
NO 4	900	Gras
NO 5	1 000	Wald
NO 6	1 500	Wald
NO 6a	1 450	Wald
NO 6b	1 600	Wald
Referenz I	1 300	Wald
Referenz II	2 650	Wald

Tab. 5/13: Probenahmeorte (s. auch Lageplan, Abb. 5/11) in den beiden Hauptausbreitungssektoren der Verbrennungsanlage der HDB

Die an den einzelnen Probenahmestellen in den beiden Hauptausbreitungssektoren gemessenen Schwermetallkonzentrationen der im März durchgeführten Untersuchung sind in Abb. 5/13 zusammengefaßt. Als Vergleich sind Konzentrationswerte aus Literaturangaben (Fiedler und Rösler: „Schwermetalle in der Umwelt“, G. Fischer Verlag, Jena 1987) aufgeführt, die in normal belasteten mitteleuropäischen Acker- und Waldböden anzutreffen sind. Die Ergebnisse der im August genommenen Bodenproben liegen im gleichen Bereich. Zusammenfassend ist festzustellen, daß die gemessenen Schwermetallkonzentrationen in der Umgebung der Verbrennungsanlage der HDB im Bereich der überwiegend geogen bedingten Konzentrationswerte liegen. Ein zusätzlicher Eintrag durch Emissionen aus der Verbrennungsanlage der HDB ist nicht erkennbar.

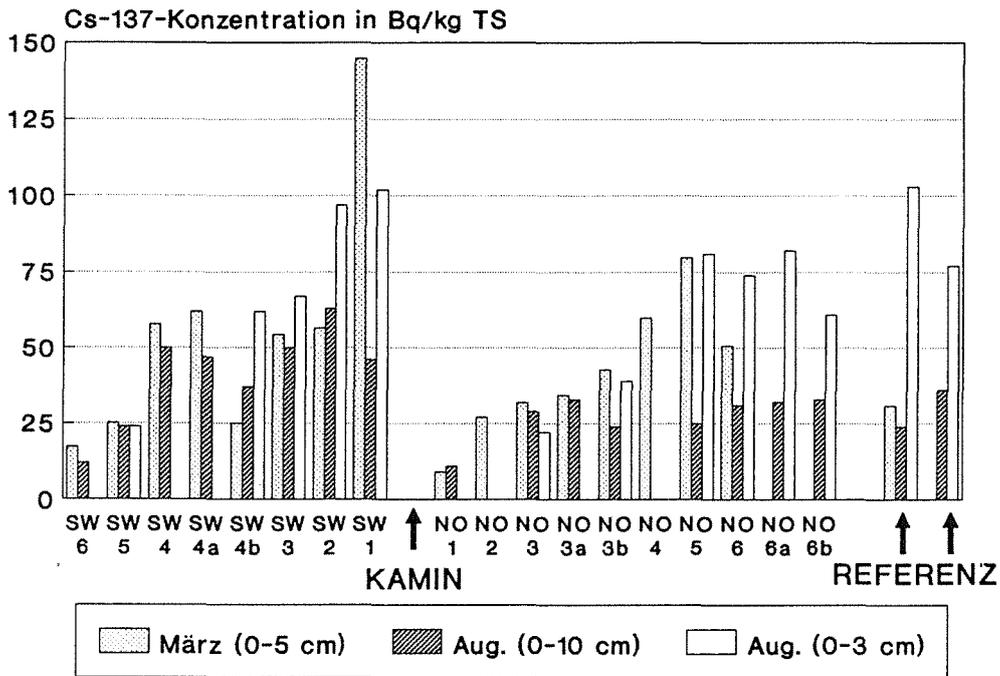


Abb. 5/12: Cs-137-Konzentrationen in Bodenproben aus den Hauptausbreitungssektoren der Verbrennungsanlage der HDB

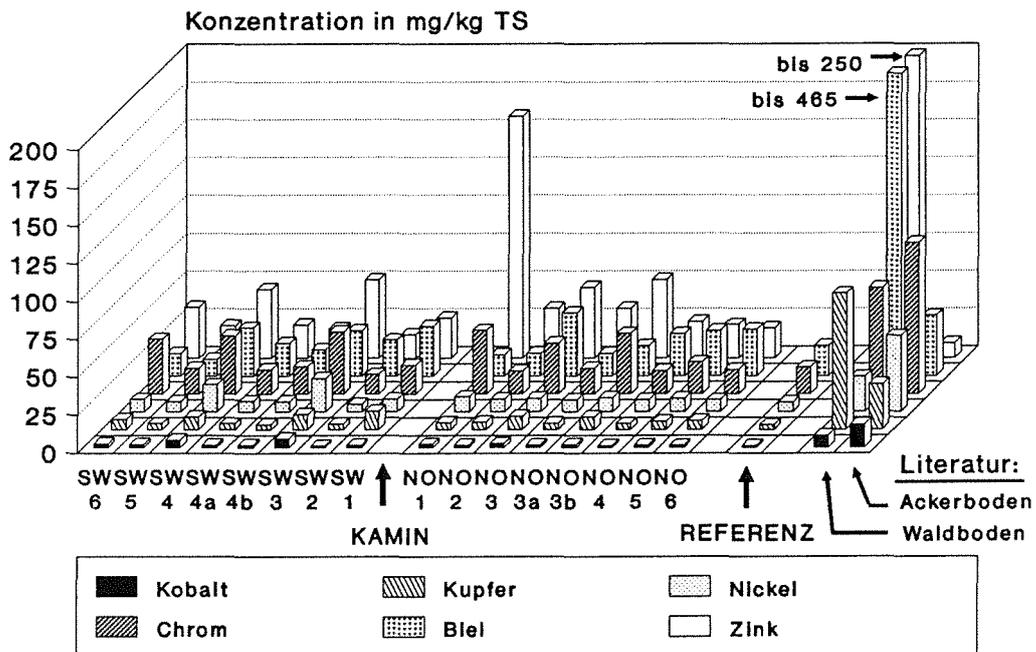


Abb. 5/13: Schwermetallkonzentrationen in Bodenproben aus den Hauptausbreitungssektoren der Verbrennungsanlage der HDB (März 1990, Einstichtiefe 0 - 5 cm)

Die gemessenen Plutoniumkonzentrationen sind in Abb. 5/14 dargestellt. Die auf die Trockensubstanz bezogenen Werte liegen für Pu-238 zwischen 0,02 und 0,55 Bq/kg, für Pu-239 + 240 zwischen 0,3 und 1,2 Bq/kg. Lediglich an einer Probenahmestelle wurden höhere Konzentrationswerte gemessen: 2,8 Bq/kg für Pu-238 und 5,1 Bq/kg für Pu-239 + 240. Das bei oberirdischen Atomwaffenexperimenten in die Atmosphäre freigesetzte Plutonium und das durch Verglühen der Energieversorgungseinheiten von Satelliten zusätzlich in die Atmosphäre freigesetzte Pu ist inzwischen fast vollständig auf der Erdoberfläche abgelagert worden. Durch diesen Fallout ist weltweit die oberste Bodenschicht mit Plutonium kontaminiert. In mittleren nördlichen Breiten liegt die Plutoniumkonzentration im Boden im Bereich von 0,03 bis 0,3 Bq/kg für Pu-238 und zwischen 0,4 und 4 Bq/kg für Pu-239 + 240. Das mittlere Isotopenverhältnis Pu-238/Pu-239 + 240 in falloutkontaminierten Böden beträgt 0,08.

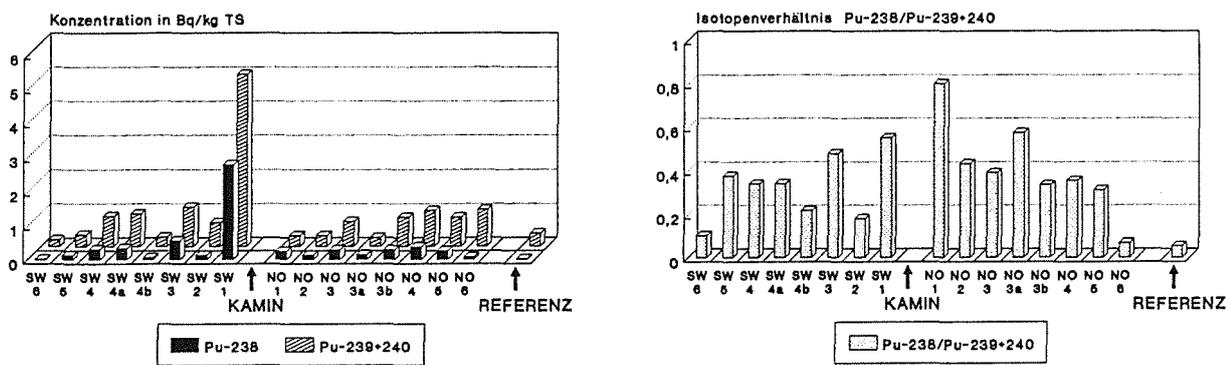


Abb. 5/14: Konzentrationen und Isotopenverhältnisse von Pu-238 und Pu-239 + 240 in Bodenproben (0 - 5 cm) aus den Hauptausbreitungssektoren der Verbrennungsanlage der HDB

Die Isotopenverhältnisse Pu-238/Pu-239 + 240 in den einzelnen Bodenproben (s. Abb. 5/14) weisen in unmittelbarer Nähe des Abluftkamins der Verbrennungsanlage der HDB den höchsten Wert von 0,8 auf und nehmen dann mit zunehmender Entfernung stark ab, bis sie den Schwankungsbereich des falloutbedingten Wertes von 0,08 erreicht haben. Geringe Plutoniumimmissionen durch die Verbrennungsanlage sind damit nachweisbar. Vergleicht man jedoch die in der Umgebung des Kernforschungszentrums gemessenen Plutoniumkonzentrationen im Boden mit den Konzentrationen, die infolge des Fallouts zu erwarten sind, so stellt man fest, daß die gemessenen Werte im Schwankungsbereich derjenigen Konzentrationen liegen, die durch den Fallout vorgegeben sind.

Ein Vergleich der Cs-137-Konzentrationen mit den Plutoniumkonzentrationen (s. Abb. 5/15) zeigt für beide Radionuklide das gleiche Verteilungsmuster in den Hauptausbreitungssektoren der Verbrennungsanlage der HDB. Daraus kann geschlossen werden, daß geringe Mengen Cäsium zusammen mit Plutonium an Aerosole gebunden emittiert werden und nach dem gleichen Mechanismus auf der Erdoberfläche in der Umgebung abgelagert werden. Die gemessenen Konzentrationen für Cäsium liegen gleichwohl innerhalb des Schwankungsbereiches der Kontamination infolge der Kernwaffentests und des Reaktorunfalls von Tschernobyl.

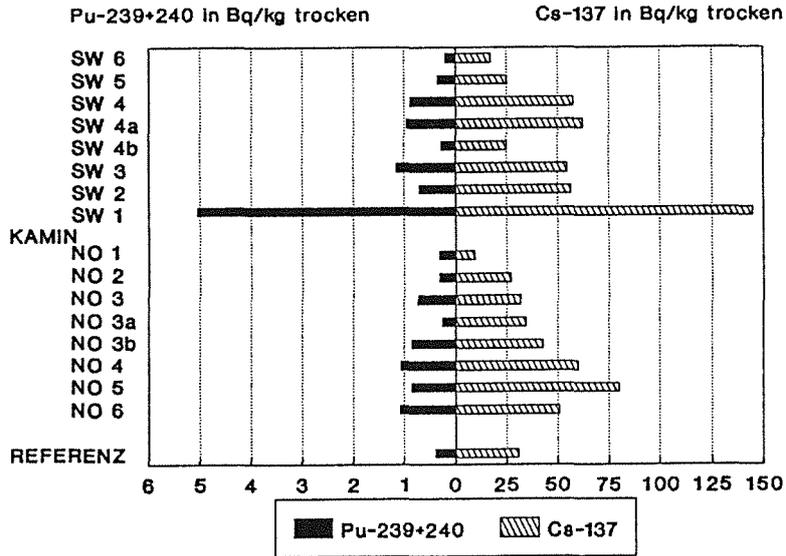


Abb. 5/15: Vergleich der Konzentrationen an Pu-239 + 240 und Cs-137 in Bodenproben (0 - 5 cm) aus den Hauptausbreitungssektoren der Verbrennungsanlage der HDB

Durch Auslaugen der Bodenproben wurde der lösliche Urananteil bestimmt. Die erhaltenen U-234- und U-238-Konzentrationen sind in Abb. 5/16 zusammengefaßt. Es zeigt sich eine ziemlich homogene Verteilung von löslichem Uran im Boden in der Umgebung der Verbrennungsanlage mit Konzentrationen zwischen 3 und 7,5 Bq/kg sowohl für U-234 als auch für U-238. Alle untersuchten Proben enthielten nur sehr geringe Mengen an U-235, im Mittel 4,2 % bezogen auf die U-238-Aktivitätskonzentration (dies entspricht im Mittel 0,65 Gew.-% U-235), so daß man davon ausgehen kann, daß nur Uran natürlichen Ursprungs im beprobten Bereich vorliegt. Das Isotopenverhältnis U-234/U-235 liegt im Mittel bei 0,9. Dieses Defizit an U-234 von maximal 10 % in Bodenmaterial aus der Umgebung des KfK und die Größenordnung der gemessenen Urankonzentrationen stimmen mit Literaturangaben gut überein (O. Frindik, Landwirtsch. Forschung 39 (1986), 75 - 86).

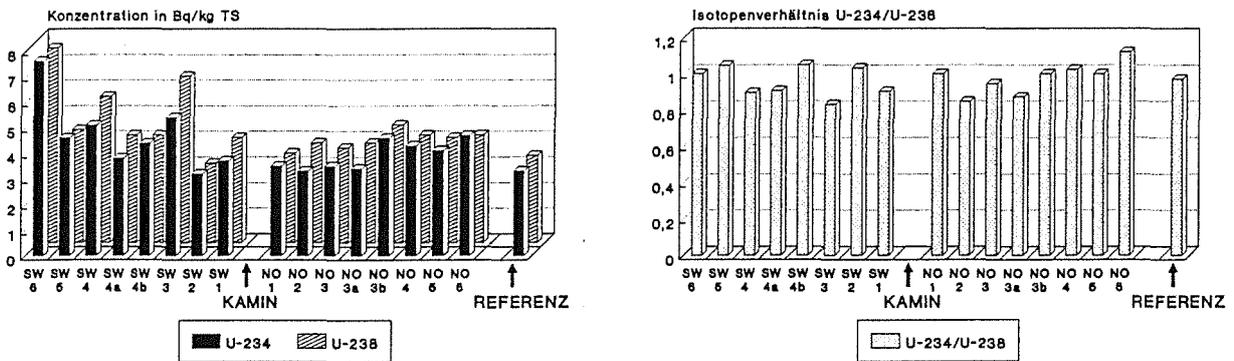


Abb. 5/16: Konzentrationen und Isotopenverhältnisse von U-234 und U-238 in Bodenproben (0 - 5 cm) aus den Hauptausbreitungssektoren der Verbrennungsanlage der HDB

## 5.4 Spektrometrie und chemische Analytik

M. Pimpl

Die Gruppe Spektrometrie und chemische Analytik führt die nuklidspezifischen Bestimmungen des Radioaktivitätsgehaltes in Luft, Wasser, Boden, Schlamm, Fisch und landwirtschaftlichen Produkten aus, die für die Emissions- und Immissionsüberwachung des KfK notwendig sind. Zusätzlich zu diesen Routineaufgaben werden, soweit es die Personalkapazitäten zulassen, nuklidspezifische Bestimmungen gegen Berechnung auch für externe Auftraggeber durchgeführt. Zur Überprüfung von Geräten und Methoden hat die Gruppe auch 1990 an verschiedenen Ringversuchen teilgenommen, wobei durchweg sehr gute Ergebnisse erzielt werden konnten.

### 5.4.1 Spektrometrische Untersuchungen

H. Fessler, M. Mache, S. Rinn

Die Arbeitsgruppe Spektrometrie führt für alle Arbeitsgruppen der Abteilung Umweltschutz Messungen durch. Für die Gammaskpektrometrie stehen fünf koaxiale und fünf planare Germaniumdetektoren sowie acht  $\alpha$ -Meßplätze mit Halbleiterdetektoren zur Verfügung, die zur Steuerung der Betriebsabläufe und zur Auswertung über Vielkanalanalysatorsysteme mit einer zentralen Rechen- und Speichereinheit verknüpft sind. Als zentrale Recheneinheit wird eine Genie-Workstation benutzt, über die die Steuerung von drei Vielkanalanalysatorsystemen (zwei ND-66 und ein ND-76) erfolgt, und welche zudem genügend freie Rechnerkapazität zur Speicherung und Auswertung der Spektren besitzt. Zusätzlich sind an die Anlage zwei Personalcomputer als intelligente Terminals angeschlossen. Damit wird im normalen Betriebsablauf die Auswertung von Spektren durch mehrere Mitarbeiter parallel ermöglicht. In besonderen Fällen, wenn beispielsweise viele Proben mit sehr kurzen Meßzeiten bewältigt werden müssen, erlaubt diese modifizierte Anlage einen dezentralen Betrieb, indem die Steuerung der Meßplätze direkt durch die Personalcomputer vorgenommen werden kann. Für die Messung von  $\alpha$ - und  $\beta$ -Bruttoaktivitäten in Filterproben, wie sie bei der Fortluftüberwachung in großer Zahl anfallen, werden zwei Proportionalzähler mit Pseudokoinzidenzanlage und Probenwechsler eingesetzt, für die Messung von Gasproben steht ein Füllzählrohr mit Antikoinzidenzschirm zur Verfügung.

Die 1990 insgesamt durchgeführten Messungen sind in Tab. 5/14 aufgelistet. Gegenüber dem Vorjahr ist die Anzahl der Messungen etwa gleich geblieben. Während die Anzahl der Messungen mittels  $\gamma$ - und Röntgenspektroskopie geringfügig abgenommen hat, ist eine Zunahme der alphaspektroskopischen Messungen zu beobachten, die auf die von Gastwissenschaftlern in der radiochemischen Gruppe durchgeführten Entwicklungsarbeiten zurückzuführen ist.

Meßgut	Meßmethode	Probenanzahl	eingesetzte Detektoren
Messungen für Emissions- und Umgebungsüberwachung			
Abwasser aus Endbeckenmischproben	γ-Spektrometrie	59	koaxiale Germaniumdetektoren Silizium-Sperrschichtdetektoren
	α-Spektrometrie	15	
Fortluftfilter (radiochemisch aufgearbeitet)	α-Spektrometrie	28	Silizium-Sperrschichtdetektoren
Aktivkohleproben (Fortluftüberwachung)	γ-Spektrometrie	1 330	koaxiale Germaniumdetektoren planare Germaniumdetektoren
	γ-Spektrometrie und Röntgen-Spektrometrie	837	
Fortluftfilter (direkte Messung ohne radiochemische Aufarbeitung)	γ-Spektrometrie	269	koaxiale Germaniumdetektoren planare Germaniumdetektoren
	γ-Spektrometrie und Röntgen-Spektrometrie	91	
Fortluftfilter (Quartalsmischproben)	α + β-Bruttomessung	1 645	Pseudokoinzidenzanlage
	γ-Spektrometrie	4	
Aerosol- und Iodfilter aus Meßhütten	γ-Spektrometrie	52	koaxiale Germaniumdetektoren Silizium-Sperrschichtdetektoren
	α-Spektrometrie	36	
Boden-, Schlamm- und biologische Proben	γ-Spektrometrie	122	koaxiale Germaniumdetektoren Silizium-Sperrschichtdetektoren
	α-Spektrometrie	9	
Messungen für Entwicklungsarbeiten, Auftragsmessungen, Qualitätskontrolle, etc.			
Proben mit unterschiedlicher Matrix	γ-Spektrometrie	208	koaxiale Germaniumdetektoren Silizium-Sperrschichtdetektoren
	α-Spektrometrie	356	

Tab. 5/14: Spektrometrische Messungen 1990

#### 5.4.2 Radiochemische Arbeiten

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

Für die Abluft-, Abwasser- und Umgebungsüberwachung des KfK und der WAK führt die Arbeitsgruppe Radiochemie radiochemische Low-level-Bestimmungen in verschiedenen Probenmaterialien wie Aerosolfiltern, Pflanzen, Boden, Sedimenten, Fischen, Lebensmitteln und Wasser durch. Routinemäßig werden die Radionuklide Pu-238, Pu-239 + 240, Pu-241, Am-241, Cm-242, Cm-244, Sr-89, Sr-90, C-14 und K-40 erfaßt. Zu den Routineaufgaben der Arbeitsgruppe Radiochemie gehören des weiteren die Beschaffung der benötigten radioaktiven Stoffe, die Herstellung von Kalibrierstandards und die Bilanzierung des Bestands an radioaktiven Stoffen für die Abteilung HS/US. Neben begleitenden Arbeiten zur Qualitätssicherung werden Entwicklungsarbeiten zur Verbesserung bestehender Verfahren und zur Einführung neuer Methoden geleistet.

Im Berichtszeitraum wurde die Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung von C-14 in Abwasserproben weitergeführt (s. Kap. 5.4.8). Zur Messung von Plutonium und Uran in Altölproben, die in größeren Mengen beim Ölwechsel aus Maschinen anfallen, die zur Behandlung radioaktiver Reststoffe in der HDB eingesetzt werden, wurde ein neues Analysenverfahren eingeführt (s. Kap. 5.4.9). Eine Analyse-methode zur Bestimmung von Uranisotopen in Umweltproben wurde fertiggestellt (s. Kap. 5.4.10) und zur Messung des löslichen Urangehaltes in Bodenproben aus der Umgebung des KfK eingesetzt (s. Kap. 5.3.3). Schließlich wurde das zur Bestimmung von C-14 in der Fortluft verwendete Verfahren im Laborversuch mit bekannter C-14-Aktivität kalibriert (s. Kap. 5.4.7).

Zusätzlich wurden Auftragsarbeiten für kerntechnische Anlagen durchgeführt, die nach einer aufwandsbezogenen Gebührentabelle in Rechnung gestellt werden. Im Jahr 1990 entfielen auf Auftragsarbeiten folgende Analysen:

- Monatliche Aktinidenanalysen von Aerosolfiltern der WAK.
- Monatliche Sr-89-/Sr-90-Analysen sowie Alphabruttomessungen von Abwasserproben der Kernkraftwerke Obirgheim, Neckarwestheim Block I und Block II.
- Plutonium- und Americiumanalysen von Primärwasserproben des Kernkraftwerks Obirgheim.

Die im Laufe des Jahres 1990 insgesamt in der Arbeitsgruppe Radiochemie durchgeführten Laborarbeiten sind in Tab. 5/15 aufgelistet, wobei zu berücksichtigen ist, daß bei den Entwicklungsarbeiten drei Gastwissenschaftler mit insgesamt 1,7 Mannjahren mitgearbeitet haben und eine Ingenieursarbeit mit 0,3 Mannjahren anzurechnen ist. Abb. 5/17 vermittelt einen Überblick über den zeitlichen Aufwand für die einzelnen radiochemischen Arbeiten, wobei hier der Anteil der Gastwissenschaftler und Auszubildenden außer acht blieb.

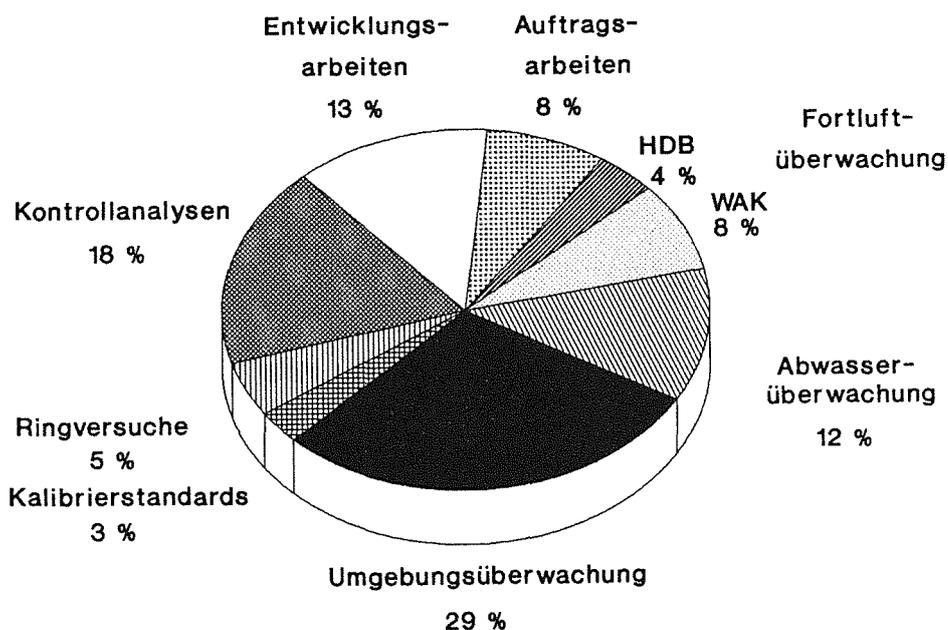


Abb. 5/17: Aufteilung der radiochemischen Arbeiten nach Zeitaufwand im Jahr 1990

Tätigkeitsgebiet	Art der Analysen	Anzahl der Bestimmungen
Umgebungsüberwachung	Pu-238, Pu-239 + 240	43
	Sr-89, Sr-90	16
	K-40	60
Abwasserüberwachung	Pu-238, Pu-239 + 240	14
	Pu-241	12
	Sr-89, Sr-90	62
	α-Bruttomessungen	12
	Am-241, Cm-242, Cm-244	2
Fortluftüberwachung	Pu-238, Pu-239 + 240	13
	Pu-241	12
	Am-241, Cm-242, Cm-244	12
	C-14	52
Kalibrierstandards	C-14, K-40, U-232, Pu-239, I-131, Sr-90, Am-241	40
Kontrollanalysen	U, Pu, Sr, K, Am	48
	Blindelektrolysen	55
Ringversuche	U, Pu, Sr	12
Entwicklungsarbeiten	Pu-241	4
	C-14 (inaktive Versuche)	40
	C-14 (mit Aktivitätszusatz)	20
	C-14 (Kalibrierung der Fortluftüberwachung)	86
	U-234, U-238	117
	Pu-238, Pu-239 + 240	45
	Sr (inaktive Versuche)	80

Tab. 5/15: Arbeiten der Gruppe Radiochemie im Jahr 1990

#### 5.4.3 Aktinidenableitungen mit der Fortluft der WAK 1990

K. Bender, M. Pimpl

Zur Messung der Aktinidenkonzentrationen in der Kaminabluft der WAK (Fortluft aus dem Prozeßgebäude und Behälterabgas) wird ein konstanter Volumenstrom im Bypass über ein Aerosolfilter geleitet. Die täglich entnommenen Filter werden zu einer Monatsmischprobe zusammengefaßt, die dann nuklidspezifisch analysiert wird. Die Messung der Aktiniden erfolgt mittels α-Spektrometrie. In Tab. 5/16 sind die für 1990 ermittelten Abluftemissionen der WAK zusammengefaßt, Abb. 5/18 zeigt die zeitliche Entwicklung der Plutoniumableitungen mit der Fortluft der WAK von 1977 bis 1990.

Monat	Emissionsraten in kBq/Monat					
	Pu-238	Pu-239+240	Pu-241	Am-241	Cm-242	Cm-244
Januar	0,50	0,36	18	0,67	≤ 0,01	0,02
Februar	0,24	0,31	20	0,33	≤ 0,01	≤ 0,02
März	0,18	0,22	54	0,14	≤ 0,01	≤ 0,02
April	19,7	14,5	790	21,9	0,01	0,19
Mai	0,93	0,99	36	0,19	≤ 0,01	≤ 0,01
Juni	0,41	0,38	28	≤ 0,03	≤ 0,01	0,47
Juli	0,31	0,28	11	0,23	≤ 0,01	0,02
August	0,30	0,23	18	0,08	≤ 0,01	0,03
September	0,60	0,61	42	0,14	0,02	≤ 0,02
Oktober	3,98	9,33	472	0,18	≤ 0,01	≤ 0,01
November	76,3	33,9	980	6,4	0,1	3,4
Dezember	14,8	15,9	1 320	3,0	≤ 0,01	0,28

Tab. 5/16: Aktinidenemissionen mit der Fortluft der WAK 1990

Plutonium-Ableitungen in %

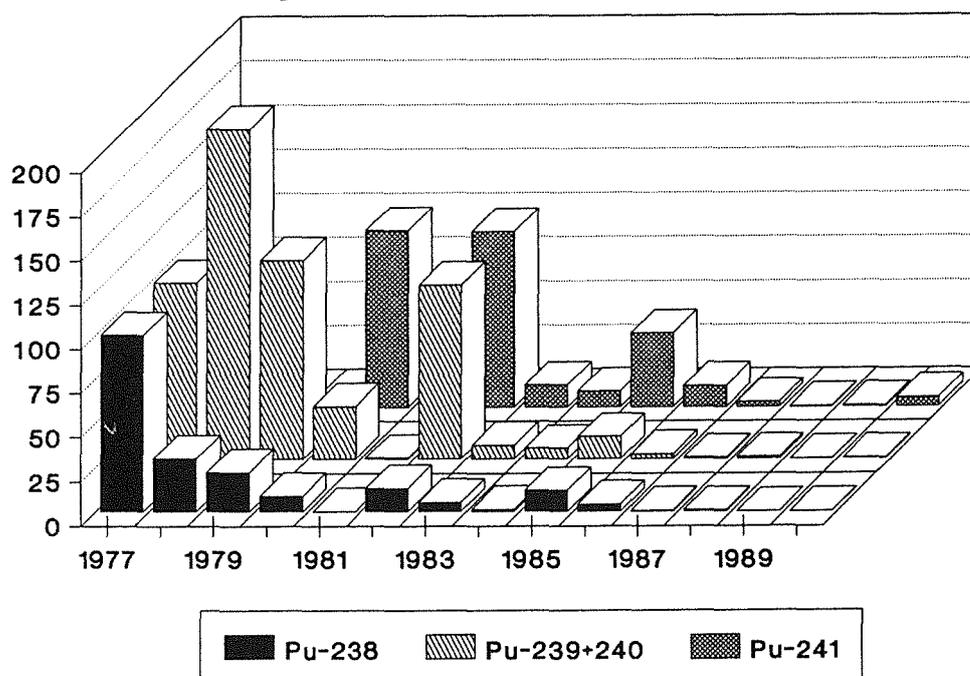


Abb. 5/18: Entwicklung der Plutoniumableitungen aus der WAK mit der Fortluft 1977-1990 (Die Ableitungen für Pu-238 und Pu-239 + 240 im Jahr 1977 sind gleich 100 % gesetzt, für Pu-241 die des Jahres 1980.)

5.4.4 Plutonium- und Strontiumableitungen mit dem Abwasser des KfK 1990

K. Bender, M. Pimpl

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

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

Die 1990 erfolgten monatlichen Aktivitätsabgaben mit dem Abwasser des KfK in den Vorfluter sind Tab. 5/17 zu entnehmen. Abb. 5/19 gibt einen Überblick über die Entwicklung der Plutonium- und Strontiumableitungen in den Vorfluter seit Beginn der nuklidspezifischen Überwachung im zweiten Halbjahr 1973.

Monat	Emissionsraten in MBq/Monat			
	Pu-238	Pu-239 + 240	Pu-241	Sr-90
Januar	0,12	0,093	≤ 17	0,45
Februar	≤ 0,15	0,32	≤ 25	≤ 0,34
März	0,094	0,090	≤ 70	≤ 0,45
April	≤ 0,16	≤ 0,16	≤ 122	≤ 0,45
Mai	≤ 0,15	≤ 0,19	≤ 37	0,83
Juni	≤ 0,15	0,054	≤ 25	≤ 0,32
Juli	≤ 0,054	0,057	≤ 34	≤ 0,39
August	0,067	0,067	≤ 15	0,66
September	≤ 0,091	≤ 0,091	≤ 27	0,56
Oktober	≤ 0,069	≤ 0,068	≤ 19	≤ 0,29
November	≤ 0,054	≤ 0,054	≤ 21	0,41
Dezember	≤ 0,13	≤ 0,13	≤ 104	≤ 0,23

Tab. 5/17: Plutonium- und Strontiumemissionen mit dem Abwasser des KfK 1990

Strontium- und Plutonium-  
Ableitungen in %

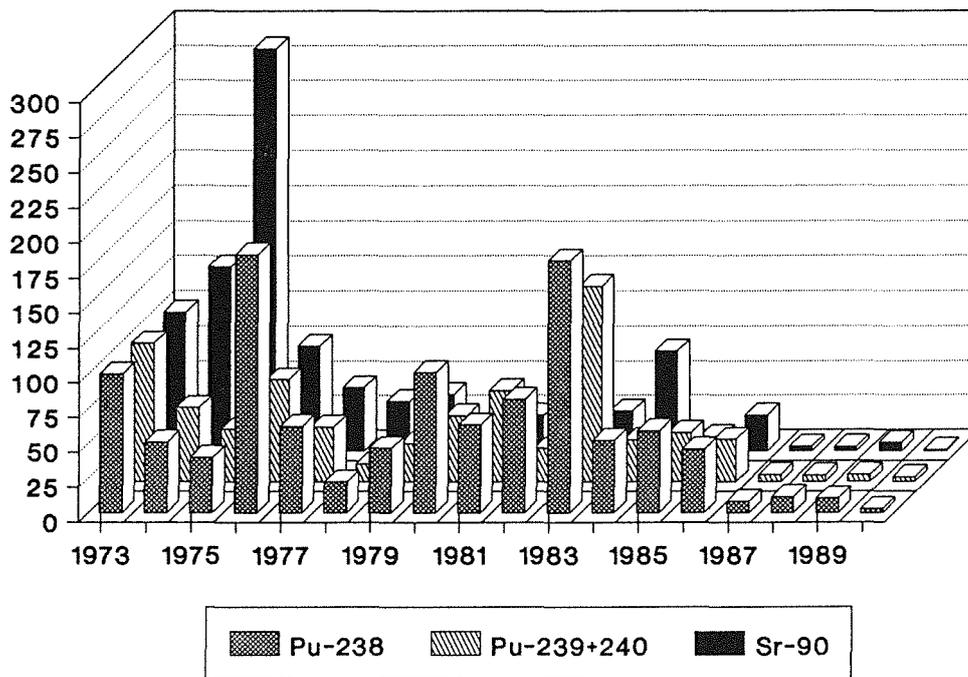


Abb. 5/19: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem KfK abgeleiteten Aktivitäten an Pu-238, Pu-239 + 240 und Sr-90 von 1973 - 1990 (Für Plutonium und Strontium sind die Ableitungen von 1973 gleich 100 % gesetzt.)

#### 5.4.5 Plutoniumkonzentrationen der bodennahen Luft 1990

P. Perchio, M. Pimpl

Seit Mitte 1977 wurde an der Probenahmestelle Forsthaus in der Hauptausbreitungsrichtung in der Umgebung der WAK in der bodennahen Umgebungsluft die Aktivitätskonzentration an Plutoniumisotopen gemessen. Ab 1979 wurden an den Meßstellen Hütte „Nordost“ und Hütte „West“ die gleichen Messungen durchgeführt. Bei der Probenahme werden pro Monat mindestens 10 000 m<sup>3</sup> Luft durch Aerosolfilter von 20 cm Durchmesser gesaugt und die in einem Monat gesammelten Filter der jeweiligen Meßstelle auf Plutonium analysiert. Die 1990 monatlich gemessenen Plutoniumaktivitätskonzentrationen sind in Tab. 5/18 zusammengestellt. Die Werte zeigen, daß 1990 der Gehalt an Plutoniumisotopen in der Umgebungsluft des KfK sehr niedrig war und den Plutoniumkonzentrationen in der bodennahen Luft als Folge des Kernwaffenfallouts entspricht.

Monat	Aktivitätskonzentration in $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$					
	Forsthaus		Meßhütte „Nordost“		Meßhütte „West“	
	Pu-238	Pu-239 + 240	Pu-238	Pu-239 + 240	Pu-238	Pu-239 + 240
Januar	$\leq 0,04$	$\leq 0,05$	$\leq 0,07$	0,12	$\leq 0,12$	$\leq 0,06$
Februar	0,06	$\leq 0,03$	0,05	0,06	$\leq 0,03$	$\leq 0,03$
März	$\leq 0,11$	$\leq 0,11$	$\leq 0,09$	$\leq 0,09$	0,08	0,07
April	$\leq 0,09$	$\leq 0,09$	$\leq 0,09$	0,09	$\leq 0,09$	0,32
Mai	$\leq 0,13$	$\leq 0,13$	$\leq 0,11$	0,14	$\leq 0,11$	$\leq 0,11$
Juni	$\leq 0,09$	$\leq 0,09$	$\leq 0,10$	$\leq 0,10$	$\leq 0,11$	$\leq 0,11$
Juli	$\leq 0,13$	$\leq 0,13$	$\leq 0,12$	$\leq 0,11$	$\leq 0,12$	$\leq 0,12$
August	$\leq 0,05$	$\leq 0,05$	$\leq 0,04$	$\leq 0,04$	$\leq 0,05$	$\leq 0,05$
September	$\leq 0,10$	$\leq 0,10$	$\leq 0,08$	$\leq 0,08$	$\leq 0,12$	$\leq 0,12$
Oktober	$\leq 0,11$	$\leq 0,11$	$\leq 0,09$	$\leq 0,09$	$\leq 0,11$	$\leq 0,11$
November	$\leq 0,10$	$\leq 0,10$	$\leq 0,13$	$\leq 0,13$	$\leq 0,13$	$\leq 0,13$
Dezember	$\leq 0,10$	$\leq 0,09$	$\leq 0,11$	$\leq 0,11$	$\leq 0,11$	$\leq 0,11$

Tab. 5/18: Plutoniumkonzentrationen der bodennahen Luft 1990

#### 5.4.6 Chemisches Verfahren zur Bestimmung von C-14 im Rahmen der Fortluftüberwachung

E. Sadri, S. Vater

Seit Beginn des Jahres 1990 wird die Fortluft der Verbrennungsanlage der HDB auf C-14 überwacht. Auf Grund der Betriebsbedingungen der Anlage kann C-14 nur als Kohlenstoffdioxid in die Fortluft gelangen. Zur Probenahme wird Fortluft aus einem Bypass mit 4 l/h durch ein Sammelgerät geleitet, das aus drei hintereinandergeschalteten, gasdichten Patronen besteht, die mit Molekularsieb gefüllt sind. In der ersten Patrone, die Molekularsieb 3 A enthält, wird die Luftfeuchte abgeschieden. Die beiden nächsten Patronen, gefüllt mit Molekularsieb 13 X, dienen zur Absorption von Kohlenstoffdioxid, wobei bei normalen Betriebsabläufen die zuerst angeströmte Patrone zur Abscheidung von  $\text{CO}_2$  vollständig ausreicht. Sollte unter extremen Bedingungen die Kapazität dieser ersten Patrone nicht ausreichen, so stellt die nachgeschaltete  $\text{CO}_2$ -Absorberpatrone sicher, daß alles in der Probenluft vorhandene C-14 bei dem Sammelvorgang im vorgegebenen Überwachungszeitraum von einer Woche erfaßt wird.

Das im Molekularsieb abgeschiedene  $\text{CO}_2$  wurde im Labor in einer geschlossenen Apparatur durch Versetzen mit 1 M Salzsäure freigesetzt und im Stickstoffstrom in eine mit 1 M Natronlauge bestückte Vorlage übergetrieben. Zur Bestimmung von C-14 wurde ein Aliquot aus dieser Vorlage mit einem Szintillationscocktail (Quickzint 401 der Firma Zinsser oder Ultima Gold der Firma Canberra-Packard) vermischt und das gebildete Gel im Flüssigszintillationsspektrometer gemessen. Die Nachweisgrenze liegt bei etwa 7 Bq/Probe. Bezogen auf einen Luftdurchsatz von 4 l/h bei der Probenahme und einer Probenahmedauer von einer Woche entspricht dies einer Nachweisgrenze von 10 Bq/m<sup>3</sup>.

#### 5.4.7 Kalibrierung eines Probenahmesystems zur C-14-Überwachung der Fortluft kerntechnischer Anlagen

B. Dres, M. Pimpl

Zur C-14-Überwachung der Fortluft kerntechnischer Anlagen werden überwiegend Sammelgeräte eingesetzt, bei denen C-14 in Form von CO<sub>2</sub> an Molekularsieb 13 X abgeschieden wird. Organische Kohlenstoffverbindungen werden vor der Abscheidung durch katalytische Oxidation in CO<sub>2</sub> überführt, störende Luftfeuchte wird durch eine vorgeschaltete Patrone, die mit Molekularsieb 3 A gefüllt ist, dem Probengasstrom entzogen.

Im Laborversuch wurde ein Sammelgerät, wie es zur C-14-Fortluftüberwachung der Verbrennungsanlage der HDB verwendet wird, unter Simulation von verschiedenen Betriebszuständen kalibriert. Ziel der Arbeiten war es, festzustellen, ob die gesamte im Probengasstrom während einer Sammelperiode enthaltene C-14-Aktivität an Molekularsieb abgeschieden wird, und sicherzustellen, daß mit der verwendeten Methode das gesammelte C-14 wieder vollständig desorbiert und gemessen werden kann. Zusätzlich sollte überprüft werden, wie sich Änderungen in der Zusammensetzung des Probengases (Aktivitätskonzentration und Gehalt an inaktivem CO<sub>2</sub>) und Variationen der Probenahmeparameter (Durchflußgeschwindigkeit und Sammelzeit) auswirken.

Für die notwendigen Versuche wurde die in Abb. 5/20 schematisch dargestellte Apparatur verwendet, durch die mit einer Pumpe Raumluft gezogen wurde. Mit einem Flowmeter konnte der Luftstrom sehr genau im gewünschten Bereich zwischen 4 und 30 l/h geregelt werden. Die Raumluft wurde durch eine CO<sub>2</sub>-Absorberpatrone angesaugt, so daß das in der Umgebungsluft mit etwa 330 ppm vorhandene CO<sub>2</sub> abgeschieden wurde. Die CO<sub>2</sub>-freie Luft wurde nun durch verdünnte Salzsäure geleitet. Mit einem Tropftrichter wurden bekannte Mengen C-14-haltiger Karbonatlösung in die Säure eingebracht. Das freigesetzte CO<sub>2</sub> wurde mit dem Gasstrom durch eine Patrone geleitet, die Molekularsieb 3 A zur Feuchtigkeitsabscheidung enthielt, und danach durch eine CO<sub>2</sub>-Absorberpatrone mit nachgeschalteter Intensivwaschflasche, gefüllt mit 1 M Natronlauge, mit der die Vollständigkeit der Abscheidung des CO<sub>2</sub> in der Absorberpatrone überprüft werden konnte.

Zur Bestimmung des in den Absorberpatronen abgeschiedenen C-14 wurde in einer geschlossenen Apparatur das Molekularsieb in verdünnte Salzsäure gegeben und das freigesetzte CO<sub>2</sub> im Stickstoffstrom in eine mit Natronlauge bestückte Vorlage übergetrieben. Ein Aliquot dieser Lösung wurde mit Szintillator-Cocktail (Quicksafe A der Firma Zinsser oder Ultima Gold XR der Firma Canberra Packard) vermischt und im Flüssigszintillationsmeßgerät gemessen. Nach dem gleichen Verfahren wurde in der Intensivwaschflasche abgeschiedenes C-14 bestimmt. Zur Überprüfung dieser Meßmethode wurde C-14 aus der Natronlauge mit Barium oder Calcium als Carbonat gefällt. Der feinkristalline Niederschlag wurde homogen in den Szintillator-Cocktail eingemischt und diese Suspension im Flüssigszintillationspektrometer gemessen.

Die durchgeführten Versuchsreihen brachten folgende Ergebnisse:

- Bei Probenahmezeiten, die so bemessen sind, daß das Probengasvolumen ein Vielfaches des Volumens der Sammelapparatur beträgt, werden ebenfalls 90 - 95 % der zugesetzten C-14-Aktivität wiedergefunden.

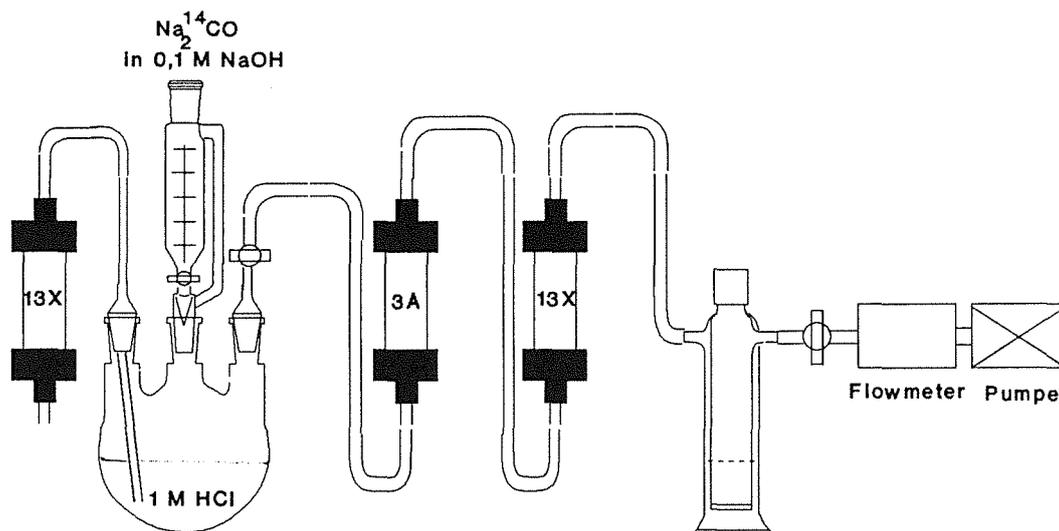


Abb. 5/20: Schematische Darstellung der für die Kalibrierung verwendeten Apparatur

- Molekularsieb 13 X, das ohne Vorbehandlung verwendet wird, weist nur etwa 50 % der vom Hersteller angegebenen Aufnahmekapazität für  $\text{CO}_2$  auf. Für die Probenahme in der Verbrennungsanlage der HDB bedeutet dies, daß unter normalen Bedingungen (Sammelzeit 1 Woche, Durchfluß 4 l/h,  $\text{CO}_2$ -Gehalt der Fortluft 0,4 Vol-%) eine Absorberpatrone für die Sammlung ausreicht. Geringe Abweichungen in den Bedingungen können jedoch zu einem Durchbruch des  $\text{CO}_2$  führen, weshalb es notwendig ist, eine zusätzliche  $\text{CO}_2$ -Absorberpatrone nachzuschalten.
- Bei einer Durchflußgeschwindigkeit des Probengases durch die Sammelapparatur von 4 l/h werden 95 % der eingesetzten C-14-Aktivität wiedergefunden. Eine Erhöhung der Durchflußgeschwindigkeit auf 30 l/h bewirkt, daß in der Absorberpatrone lediglich 79 % der eingesetzten C-14-Aktivität festgehalten werden.
- Wird dem Probengasstrom im Probenahmezeitraum von einer Woche kontinuierlich C-14-Aktivität als  $\text{CO}_2$  zugesetzt, so werden bei einem Durchfluß von 4 l/h mehr als 85 % auf der  $\text{CO}_2$ -Absorberpatrone festgehalten. Beaufschlagt man die Absorberpatrone einmalig zu Beginn des Probenahmezeitraumes und leitet anschließend  $\text{CO}_2$ -freie Luft durch das Sammelgerät, so findet man auf der Absorberpatrone nur 34 % der eingesetzten C-14-Aktivität, 56 % jedoch in der nachgeschalteten Intensivwaschflasche. Dieser  $\text{CO}_2$ -Austrag aus der Absorberpatrone wird beim Durchleiten von  $\text{CO}_2$ -haltiger Luft sicher sehr viel geringer ausfallen, macht jedoch deutlich, daß im Sammelgerät auf die zweite, nachgeschaltete Absorberpatrone nicht verzichtet werden kann.
- Eine Erwärmung des Probengasstromes auf  $60\text{ }^\circ\text{C}$  zeigte, daß etwa 12 % der eingesetzten C-14-Aktivität die Absorberpatrone passierte und in der Intensivwaschflasche abgeschieden wurde, während bei Raumtemperatur dort kein C-14 nachgewiesen werden konnte. Bei der echten Probenahme ist also darauf zu achten, daß das Probengas vor Eintritt in das Sammelgerät auf Raumtemperatur abgekühlt ist.

Zusammenfassend zeigen die durchgeführten Versuche, daß das verwendete Verfahren zur C-14-Überwachung der Fortluft der Verbrennungsanlage der HDB unter den genannten Betriebsbedingungen und Probenahmeparametern geeignet ist. Bei den Kalibrierversuchen wurden 90 - 95 % der eingesetzten C-14-Aktivitäten wiedergefunden mit einer Schwankungsbreite von 5 - 10 %.

#### 5.4.8 Entwicklung einer Bestimmungsmethode für C-14 in Abwasserproben

E. Sadri, M. Pimpl, S. Vater

Das Kohlenstoffisotop C-14 ist ein reiner  $\beta$ -Strahler mit einer Maximalenergie von 156 keV. Eine direkte Messung der C-14-Aktivitätskonzentration in Abwasserproben, die noch andere niederenergetische  $\beta$ -Strahler enthalten, ist nicht möglich. Mit geeigneten Verfahren muß C-14 aus der Probe isoliert und separat gemessen werden. Da in der Literatur keine Verfahren beschrieben sind, die zur routinemäßigen Bestimmung von C-14 in Abwasserproben geeignet sind, wurde eine Methode erarbeitet, mit der C-14 schnell und reproduzierbar aus Abwasser abgetrennt und gemessen werden kann.

Die Abtrennung von C-14 aus dem Probenmaterial erfolgt durch Oxidation kohlenstoffhaltiger Verbindungen zu Kohlenstoffdioxid, Austreibung des CO<sub>2</sub> aus saurer Lösung mit Hilfe eines Inertgases und Auffangen des CO<sub>2</sub> in einer Absorberlösung. Da normalerweise nicht bekannt ist, welche organischen Stoffe im Abwasser vorhanden sind, wurden 20 verschiedene organische Verbindungen, die die unterschiedlichen Stoffgruppen repräsentieren, als Testsubstanzen eingesetzt und jeweils drei verschiedenen naßchemischen Oxidationsverfahren unterworfen: Kaliumpermanganat, Kaliumperoxodisulfat und Kaliumdichromat, jeweils in schwefelsaurer Lösung. Das durch Oxidation gebildete CO<sub>2</sub> wurde im Stickstoffstrom in eine mit Natronlauge beschickte Gaswaschflasche übergetrieben. Nach Beendigung des jeweiligen Versuchs wurde CO<sub>2</sub> mit BaCl<sub>2</sub> als BaCO<sub>3</sub> ausgefällt und ausgewogen.

Die Ergebnisse dieser Versuchsreihen (Tab. 5/19) machen deutlich, daß auf naßchemischem Weg eine vollständige Oxidation organischer Stoffgemische nicht erreicht werden kann. Die besten chemischen Ausbeuten werden mit Kaliumpermanganat erreicht, das im Mittel mehr als 70 % der eingesetzten organischen Substanzen zu CO<sub>2</sub> oxidiert. Niedere Alkohole wie Methanol, Ethanol und Propanol lassen sich nur sehr unvollständig oxidieren, da offensichtlich flüchtige Zwischenprodukte gebildet werden. Um diese Verluste zu vermeiden ist es empfehlenswert, die Gasphase vor der Einleitung in die Absorberlösung einer „katalytischen Nachverbrennung“ zu unterziehen, beispielsweise indem die Gasphase durch ein mit Katalysator gefülltes Glasrohr, aufgeheizt auf 500 - 800 °C, geleitet wird.

Mit Kaliumpermanganat in schwefelsaurer Lösung wurden in weiteren Versuchen Wasserproben mit bekanntem C-14-Gehalt oxidiert. Als Testverbindung wurde C-14-markiertes Thymidin verwendet. Die C-14-Bestimmung erfolgte durch Mischen von Aliquoten der alkalischen Absorberlösungen mit Szintillationscocktail (Ultima Gold oder Picosolve der Firma Canberra Packard) und Messung im Flüssigszintillationspektrometer.

Die Wiederfindung von C-14 lag zwischen 70 und 85 %, unabhängig davon, ob das C-14-markierte Thymidin in destilliertem Wasser mit und ohne Zusatz organischer Stoffe, oder aber in realen Abwasserproben oxidiert wurde.

Zusammenfassend ist festzuhalten, daß die naßchemische Oxidation von Abwasserproben mit KMnO<sub>4</sub> in schwefelsaurer Lösung und das anschließende Auffangen des gebildeten CO<sub>2</sub> in Natronlauge und Messung der C-14-Aktivität mit Flüssigszintillationspektrometrie für die C-14-Überwachung von Abwasserproben geeignet erscheint. Um der unvollständigen Oxidation Rechnung zu tragen, ist das erhaltene Meßergebnis unter konservativen Gesichtspunkten mit einem Faktor von 1,5 zu multiplizieren. Verfälschungen der gemessenen  $\beta$ -Aktivität durch S-35 treten nicht auf, wie durch Versuche mit zugesetztem, S-35-markiertem Cystein nachgewiesen werden konnte. Störungen durch andere  $\beta$ -Strahler sind nicht zu erwarten, können aber gegebenenfalls im Spektrum erkannt und korrigiert werden.

Organische Verbindung	Chemische Ausbeute in Prozent bezogen auf CO <sub>2</sub>		
	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	K <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	KMnO <sub>4</sub>
Adipinsäuredinitril	25	20	50
Ameisensäure	78	61	91
Aceton	18	20	77
2-Aminothiazol	10	20	74
Ascorbinsäure	98	93	94
Benzoessäure	6	27	73
Caprolactam	40	50	87
Citronensäure	72	90	100
Dimethylformamid	37	15	66
Essigsäure	10	49	96
Ethanol	.*	.*	23
Glycin	20	47	79
Glykol	23	5	71
Hexamethylentetramin	61	9	86
Methanol	7	42	33
Natriumacetat	20	2	51
Natriumformiat	73	54	93
Natriumoxalat	100	67	79
Propanol	15	16	28
Thymidin	63	16	94
Mischprobe**	47	57	95

\* CO<sub>2</sub> mit der verwendeten Methode nicht meßbar

\*\* Ameisensäure, Aceton, 2-Aminothiazol, Ascorbinsäure, Benzoessäure, Citronensäure, Dimethylformamid, Glycin, Hexamethylentetramin und Thymidin in gleichen Gewichtsanteilen gemischt

Tab. 5/19: Oxidierbarkeit organischer Verbindungen mit anorganischen Oxidationsmitteln in schwefelsaurer Lösung

#### 5.4.9 Bestimmung von Plutonium in kontaminierten Altölproben

B. Yoo, M. Pimpl

Bei der Handhabung radioaktiver Reststoffe werden im Kontrollbereich Maschinen eingesetzt, bei deren Wartung größere Mengen an Altöl anfallen. Die Entscheidung, ob diese Pumpen- und Hydrauliköle als radioaktive Reststoffe zu betrachten sind oder wie normale Altöle entsorgt werden dürfen, kann nur dann gefällt werden, wenn die Aktivitätskonzentrationen aller möglicherweise vorhandenen Radionuklide bekannt sind. Während die Messung von  $\gamma$ -Strahlern keine Probleme bereitet, sind bisher keine Verfahren bekannt, die zur quantitativen Bestimmung von reinen  $\alpha$ - oder  $\beta$ -Strahlern in Ölproben ge-

eignet sind. Der Grund hierfür liegt darin, daß mit den üblichen Probenvorbereitungsmethoden das Matrixmaterial Öl nicht so vollständig verascht werden kann, daß kein organischer Kohlenstoff mehr in der Probe vorhanden ist. Spuren von Kohlenstoff im Probenmaterial aber verhindern auf Grund der sehr hohen Adsorptionskapazität die quantitative, trägerfreie Isolierung der zu bestimmenden Radionuklide.

Zur vollständigen Veraschung von kontaminierten Mineralölen wurde ein Probenaufschluß nach der Wickbold-Methode durchgeführt. Das Prinzip der Methode besteht darin, daß brennbare organische Proben in der oxidierenden Wasserstoff-Sauerstoff-Flamme verbrannt werden. Die Verbrennungsprodukte werden in einer geeigneten, wäßrigen Absorberlösung abgeschieden, wo sie dann mit üblichen analytischen Verfahren quantitativ bestimmt werden können. Die Methode ist für die extreme Spurenanalyse von Metallgehalten in organischen Matrices geeignet, da wegen der kontinuierlichen Flammenverbrennung problemlos eine größere Substanzmenge aufgeschlossen werden kann.

Als radioaktive Tracer wurden Pu-236 und U-232 in Trioktylamin (TOA)/Xylol verwendet. Nachdem Vorversuche gezeigt hatten, daß eine 10%ige Lösung von TOA in Xylol in der Wasserstoff-Sauerstoff-Flamme rückstandsfrei verbrannt werden kann, wurden Lösungen mit bekanntem Gehalt an Pu-236 und U-232 durch Extraktion dieser Nuklide aus salpetersauren Standardlösungen hergestellt.

Zur Erprobung des Verfahrens wurde ein fabrikrisches Pumpenöl verwendet. 1 ml Öl wurde mit 1 ml TOA/Xylol-Standardlösung versetzt und zur Verringerung der Viskosität mit 4 ml Cyclohexan verdünnt. Diese Mischung wurde durch eine Glaskapillare in die Wickbold-Apparatur eingesaugt und in der Wasserstoff-Sauerstoff-Flamme verbrannt. Die Verbrennungsprodukte wurden durch 4 M Salpetersäure geleitet und dort absorbiert. Zur Verbrennung von 5 ml Probengut benötigt man etwa 10 min. Nach Beendigung des Probenaufschlusses wurde die Quarzglasapparatur mit etwa 20 ml 8 M Salpetersäure ausgespült. Diese Spülflüssigkeit wurde mit der Absorptionslösung vereint. Ohne weitere Probenvorbereitungsschritte konnte aus dieser Lösung die Bestimmung von Plutonium bzw. Uran vorgenommen werden.

Die chemische Ausbeute des Verfahrens inklusive Probenaufschluß liegt sowohl für die Plutonium- als auch für die Uranbestimmung in Mineralöl zwischen 50 und 90 %. Die 3 $\sigma$ -Nachweisgrenze nach DIN 25 482 beträgt etwa 2 mBq pro Probe und Radionuklid. Das Verfahren ist für eine routinemäßige Anwendung gut geeignet. Meßergebnisse für Entscheidungsmessungen können innerhalb von 48 Stunden vorliegen.

#### 5.4.10 Optimierung eines Bestimmungsverfahrens für Uran in Umweltproben

B. Yoo, M. Pimpl

Zur Messung der Uranisotope U-234, U-235 und U-238 in Emissions- und Immissionsproben steht in der HS/US ein Verfahren zur Verfügung, mit dem relativ schnell und mit hoher Nachweisempfindlichkeit die Bestimmung dieser Radioisotope durchgeführt werden kann. Bei Teilnahme an Vergleichsmessungen und bei Analysen von Standardreferenzmaterialien wurden durchweg sehr gute Ergebnisse erzielt, jedoch zeigten sich große Schwankungen in der chemischen Ausbeute, die eine weitere Optimierung des Verfahrens erforderlich machten.

Der Analysengang, der in Abb. 5/21 schematisch dargestellt ist, wurde schrittweise überprüft. Das Herauslösen der Uranisotope aus dem Probenmaterial, die Abtrennung von Matrixelementen mittels Extraktion mit TOPO (Trioktylphosphinoxid) in Cyclohexan und die anschließende Rückextraktion mit Ammoniumfluorid verlaufen quantitativ und reproduzierbar. Nicht reproduzierbare Störungen bei der Methode, die zu den großen Schwankungen in der chemischen Ausbeute führten, zeigten sich beim ersten Schritt der radiochemischen Reinigung. Das Eindampfen der Rückextraktionslösung zur Trockne und das Vertreiben von Ammoniumfluorid in der Hitze auf dem Sandbad sind sehr zeitaufwendig und offenbar treten hierbei Verluste der Uranisotope auf durch Spritzen und Einschluß in Niederschläge, die vor dem nächsten Schritt, dem Anionenaustausch, nicht vollständig in Lösung gebracht werden. Das Ersetzen dieses Analysenschrittes durch eine Mitfällung der Uranisotope an Lanthanfluorid nach vorheriger Reduktion zu dreiwertigem Uran löste dieses Problem. Durch Variation der Salzsäure-, Lanthan- und Fluoridkonzentration wurden die Fällungsbedingungen so optimiert, daß eine quantitative Mitfällung von Uran erreicht wurde. Nach Auflösen des Niederschlags und Oxidation des Urans zu sechswertigem Uran mit Wasserstoffperoxid werden die Uranisotope am Anionenaustauscher quantitativ von Thorium und Plutonium abgetrennt. Bei der Elektrodeposition von Uran mit der Oxalat-Methode treten ebenfalls keine Verluste auf.

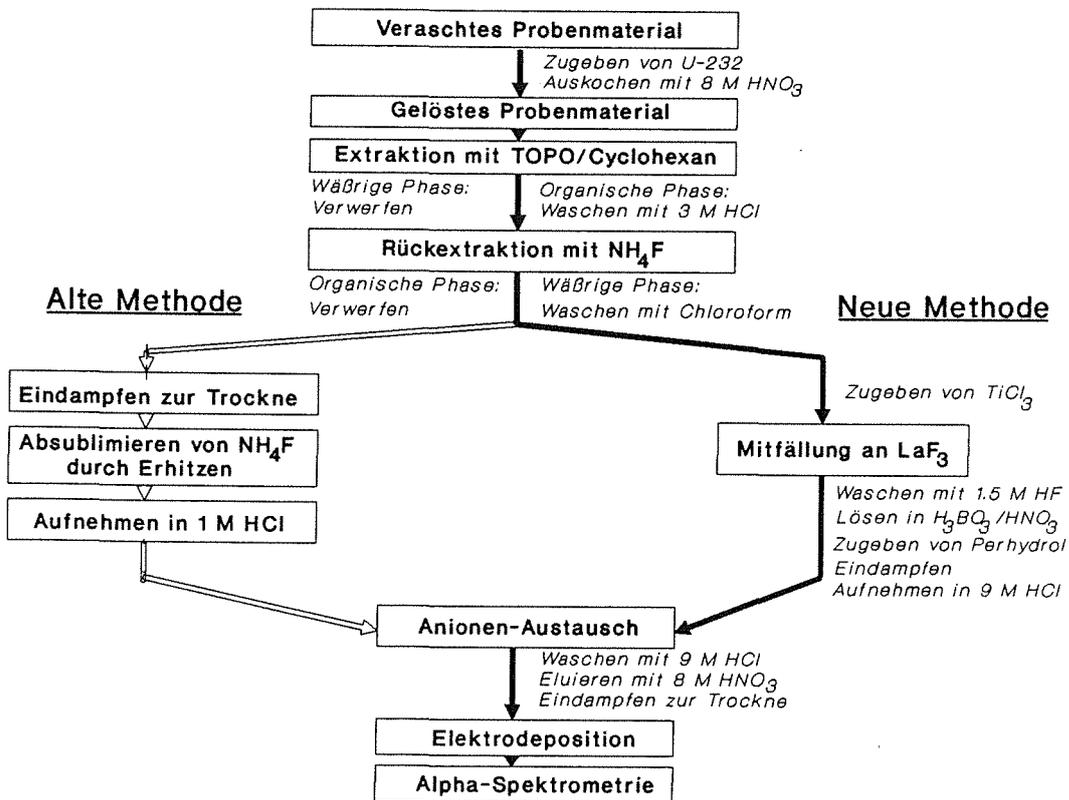


Abb. 5/21: Schematische Darstellung des Analysenganges für die Bestimmung von Uran in Umweltproben

Die chemischen Ausbeuten liegen bei diesem optimierten Verfahren zwischen 60 und 90 %. Die 3σ-Nachweisgrenze nach DIN 25 482 beträgt etwa 2 mBq/Probe für U-234 und U-238. Bei Umgebungsproben, die üblicherweise Uran in natürlich vorkommender Isotopenzusammensetzung enthalten, liegt die Nachweisgrenze für U-235 etwa um den Faktor 2 höher, bedingt durch die Erhöhung des Untergrundes unter dem U-235-Peak infolge des Einflusses des benachbarten U-234-Peaks.

## 6 Dosimetrie

### 6.1 Amtliche Personendosimetrie

S. Ugi

Die für die Personenüberwachung externer Stellen in Baden-Württemberg Ende 1984 eingerichtete amtliche Meßstelle für Festkörperdosimeter wurde nach Inkrafttreten der neuen Strahlenschutzzuständigkeitsverordnung am 01.04.1986 zur sechsten eigenständigen Meßstelle in der Bundesrepublik. Nachdem im zweiten Betriebsjahr die Bedingung der Vollkostendeckung erreicht wurde, ist die Meßstelle als Dauereinrichtung im KfK etabliert.

Amtliches Personendosimeter ist das Photolumineszenz-Phosphatglasdosimeter mit Kugelkapselung. Unter der amtlichen Bezeichnung KfK-PLD-GD1 (Zulassungsnummer 6.21-OPD-89.13) wird es zur Personenganzkörper- und Ortsdosimetrie für Photonenstrahlung im Energiebereich oberhalb 45 keV eingesetzt.

Als zweites amtliches Dosimeter wird mit der amtlichen Bezeichnung KfK-TLD-TD1 (Zulassungsnummer 6.21-PD-89.14) ein Thermolumineszenzdosimeter für die Teilkörperdosimetrie ausgegeben. Das Dosimeter besteht aus einem TLD 700-Detektor in einem Edelstahl-Fingerring hinter einer Abdeckung von 15 mg/cm<sup>2</sup>. Meßgröße ist die Photonen-Äquivalentdosis.

Als drittes amtliches Dosimeter wird ein Neutronendosimeter unter der Bezeichnung KfK-TLD-GD1 (Zulassungsnummer 6.21-PD-89.12) angeboten, dessen bundesweiter Einführung vom Länderausschuß für Atomkernenergie zum Jahresende 1986 zugestimmt wurde. Das vom KfK entwickelte universelle Albedoneutronendosimeter, Type ALNOR, mit TLD 600 (<sup>6</sup>LiF:Mg,Ti)- und TLD 700 (<sup>7</sup>LiF:Mg,Ti)-Thermolumineszenzdetektoren dient zur Personenüberwachung in Neutronen-Beta-Gamma-Mischstrahlungsfeldern. Für spezielle Überwachungsaufgaben können die Albedodosimeter auch mit gammastrahlungsunempfindlichen Kernsprühdetektoren sowohl anstelle der TL-Detektoren als auch zum getrennten Nachweis schneller Neutronen eingesetzt werden.

Bis Ende 1988 waren von amtlich zugelassenen Stellen ausgegebene und ausgewertete Dosimeter von der Eichpflicht freigestellt, wenn sie regelmäßig und erfolgreich an Vergleichsmessungen der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig teilnahmen. Mit Inkrafttreten der neuen Eichordnung vom 12. August 1988 (BGBl, S. 1657) müssen Dosimeter aufgrund einer Bauartprüfung oder einer einmalig durchgeführten erweiterten Vergleichsmessung zugelassen werden.

Im Jahre 1989 erhielt die Meßstelle für die oben genannten Dosimeter eine bis Ende 1990 befristete Zulassung. Voraussetzung für diese Zulassung war die jahrelange erfolgreiche Teilnahme an den Vergleichsmessungen der PTB und die Erstellung von umfangreichen Gebrauchsanweisungen für die einzelnen Dosimeter. Das Verfahren der endgültigen Bauartzulassung im Rahmen einer einmal durchgeführten, erweiterten Vergleichsmessung ist noch nicht abgeschlossen.

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

Zur Umgebungsüberwachung werden sowohl Phosphatglas- als auch Thermolumineszenzdosimeter eingesetzt. Zur Überwachung der Radonkonzentration in der Luft werden passive Radondosimeter angeboten. Zusätzlich erfolgte die Bereitstellung von Kernspurdetektoren für die Lizenznehmer.

<b>Amtliche Auswertung</b>	Auswertezahl	Kundenzahl
Phosphatglas-Ganzkörperdosimeter	74368	74
Thermolumineszenz-Teilkörperdosimeter	18 063	188
Albedo-Neutronen-Ganzkörperdosimeter	14 175	69
<b>Nichtamtliche Auswertung</b>		
Phosphatglasdosimeter	2 340	7
Thermolumineszenzdosimeter	1 851	10
Radondosimeter	1 706	117

Tab. 6/1: Serviceleistungen der amtlichen Meßstelle 1990

### 6.1.1 Photolumineszenzdosimetrie

N. Biegard, A. Köhler, A. Schwandner, D. Vilgis

Die Anzahl der mit Photolumineszenz-Glasdosimetern überwachten Betriebe blieb im Berichtszeitraum konstant, wobei sich die Auswertezahlen um ca. 17 % von 65 080 auf 76 708 erhöhten (Tab. 6/1). Die Entwicklung der Auswertezahlen in den letzten fünf Jahren ist in Abb. 6/1 dargestellt. Der Einsatz der Phosphatgläser in der Ortsdosimetrie lag mit ca. 1 000 Gläsern in der gleichen Größenordnung wie im Vorjahr.

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

Die in Abb. 6/2 sichtbaren monatlichen Schwankungen der Auswertezahlen sind zum einen die Folge des Zusammentreffens unterschiedlicher Überwachungszeiträume, zum anderen resultieren sie aus der teilweisen Überlappung der Revisionsphasen in den einzelnen Kraftwerken in Jahresmitte.

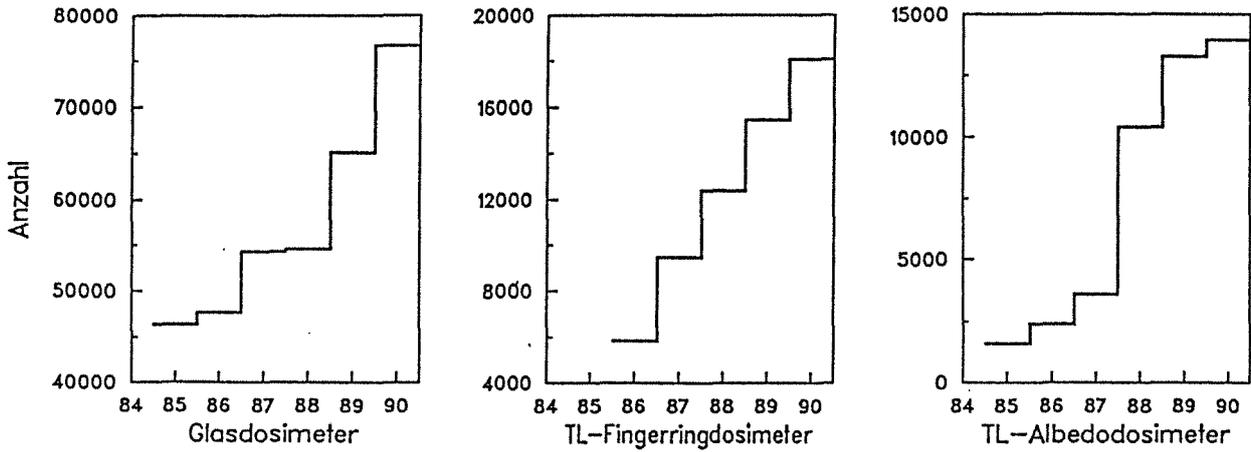


Abb. 6/1: Entwicklung der Auswertezahlen pro Jahr seit 1985

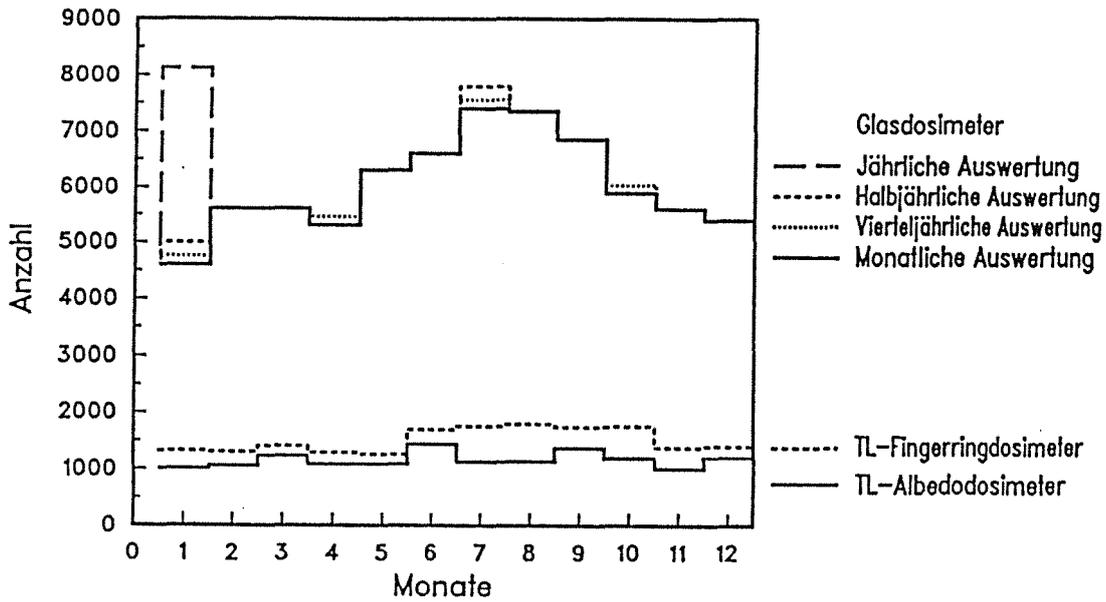


Abb. 6/2: Verlauf der Auswertezahlen pro Monat im Jahr 1990

### 6.1.2 Thermolumineszenzdosimetrie

E. Pawlik

Die Auswertezahlen bei der im Januar 1986 begonnenen Teilkörperdosimetrie stiegen von anfänglich 400 auf derzeit ca. 1 400 im Monat. Während der Revisionsphasen in den Kernkraftwerken besteht Bedarf an Teilkörperdosimetern zur Messung von Betastrahlung. Die Meßstelle bot für diesen Zweck das Fingerringdosimeter bestückt mit zwei TL-Detektoren an. Über die Dosisanzeige in verschiedenen Tiefen konnte mittels Kalibrierkurven der  $\beta$ -Dosisanteil ermittelt werden. Die Anzahl der Auswertungen stieg von 15 459 im Jahr 1989 auf 18 063 im Berichtszeitraum (Tab. 6/1).

Die Anzahl der automatisch ausgewerteten Albedoneutronendosimeter hat sich bei etwa 1 200 Dosimetern pro Monat eingependelt. Damit liegt eine Erhöhung von ca. 9 % (Tab. 6/1, Abb. 6/1) gegenüber dem Vorjahr vor.

### 6.1.3 Sonstige Personen- und Ortsdosimeter

N. Biegard, E. Pawlik, D. Vilgis

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

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

- Thermolumineszenzdosimeter zur Personenüberwachung in Beta-Gamma-Mischstrahlungsfeldern. Es werden neutronenunempfindliche TLD 700 ( ${}^7\text{LiF:Mg,Ti}$ ) in einer Kapsel der Firma Alnor hinter einer Abdeckung von  $30 \text{ mg/cm}^2$  und  $450 \text{ mg/cm}^2$  verwendet und in einem automatischen Auswertesystem ausgewertet.
- Thermolumineszenzdosimeter zur Umgebungsüberwachung bestehend aus TLD 700-Detektoren in einer Polyäthylenkapsel entsprechend einer Abdeckung von  $500 \text{ mg/cm}^2$ .
- Phosphatglasdosimeter zur Umgebungsüberwachung in der Kugelkapselung zum praktisch energieunabhängigen Nachweis der Photonenstrahlung im Energiebereich von 45 keV bis 10 MeV.
- Passive Radondosimeter in zwei Ausführungen, bestehend aus Kernspurätzdetektor und Diffusionsfilter.
- Passive Neutronen-Äquivalentdosismesser, bestehend aus einer Polyäthylenkugel von 30 cm Durchmesser mit einem thermischen Neutronendetektor im Zentrum. Als Detektoren können Thermolumineszenzdetektoren oder Kernspurdetektoren im Kontakt mit einem (n, $\alpha$ )-Konverter verwendet werden. Mit letzteren läßt sich die natürliche Neutronenstrahlung bei Expositionszeiten von einigen Monaten nachweisen.
- Thermolumineszenzdosimeter zur Ortsdosismessung im Gray-Dosisbereich. Bevorzugt werden  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ -Detektoren wegen ihrer relativ geringen Supralinearität und Wiederverwendbarkeit nach Hochdosisbestrahlungen eingesetzt.

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

#### 6.1.4 Bauartprüfungen und Vergleichsbestrahlungen

B. Burgkhardt, W. Schwarz, S. Ugi

Seit 1979 beteiligt sich HS/D an den jährlichen Photonen-Vergleichsbestrahlungen für Personendosimeter bei der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig. Ab 1981 wird damit ein Teil der behördlichen Auflage zur Genehmigung der Eigenüberwachung von KfK-Mitarbeitern und ab 1985 auch die Anforderungen im Zusammenhang mit dem Betrieb einer amtlichen Meßstelle erfüllt.

Nach den Bestimmungen der Eichordnung aus dem Jahre 1988 müssen Personen- und Ortsdosimeter für Photonenstrahlung bauartzugelassen und geeicht sein, wenn sie zur Messung der Personendosis bzw. Ortsdosis / Ortsdosisleistung innerhalb der physikalischen Strahlenschutzkontrolle eingesetzt werden. Vorgesehen ist hier eine wiederkehrende Eichung nach 2 Jahren.

Anstelle einer allgemeinen Bauartzulassung, die vom Gerätehersteller zu beantragen ist, gilt für amtliche und nichtamtliche Personendosimeter als Sonderregelung eine Bauartzulassung aufgrund einer einmal durchgeführten, erweiterten Vergleichsmessung. Dies betrifft Thermolumineszenz-, Photolumineszenz-, Exoelektronen- und Filmdosimeter zur Messung der Personen- oder Ortsdosis. Die Bauartzulassung aufgrund der erweiterten Vergleichsmessung ist von der Meßstelle bei der PTB zu beantragen. Diese Bauartzulassung nach bestandener Bauartprüfung ist nur für die betreffende Meßstelle gültig.

Zu den Bauartanforderungen gehört eine eindeutige Festlegung und Zuordnung der Komponenten des Dosimetriesystems. Hierzu gehören die Dosimetersonde, das Auswertegerät, die zugrundegelegte Meß- und Wärmebehandlungsvorschrift, der angeschlossene Rechner und die Datenausgabe.

Für amtliche bzw. nichtamtliche Personen- und Ortsdosimeter (Thermolumineszenzdosimeter, Photolumineszenzdosimeter, Exoelektronendosimeter, Filmdosimeter) wird die wiederkehrende Eichung durch PTB-Vergleichsmessungen ersetzt. Für diese mindestens einmal jährlich stattfindende Vergleichsmessung erhält die PTB pro Bauart jeden dritten Monat Dosimeter zur Bestrahlung. Nach Bestrahlung erfolgt die Auswertung bei der Dosimetriestelle innerhalb eines Tages im Beisein eines Eichbediensteten, wobei das in der Bauartzulassung festgelegte Routineverfahren überprüft wird. Maximal zulässige Meßwertabweichungen für die Nenngebrauchsbereiche der Einflußgrößen sind in mindestens 90 % der Fälle im Geltungsbereich  $H \geq 0,2$  mSv für Ganzkörper- und  $H \geq 1$  mSv für Teilkörperdosimeter einzuhalten.

Im Berichtszeitraum wurden bei HS/D erstmals im Beisein eines Eichbediensteten Phosphatglaskugeldosimeter, Albedoneutronendosimeter und Fingerringdosimeter ausgewertet. Beim Phosphatglaskugeldosimeter lag der Mittelwert aller auf den Sollwert bezogenen relativen Anzeigen bei 1,09 mit einer relativen Standardabweichung von 14 %. Die Ergebnisse unserer Auswertungen für das Fingerringdosimeter lagen bei  $1,02 \pm 17$  % und für das Albedoneutronendosimeter wurde bei der Photonenmessung  $1,04 \pm 15$  % erreicht. Die Ergebnisse der Neutronenvergleichsbestrahlung für Albedoneutronendosimeter werden in Kap. 6.3.2 behandelt.

## 6.2 Photonendosimetrie

### 6.2.1 Vorort-Vergleich der Anzeigen verschiedener Umgebungsdosimeter

B. Burgkhardt

Die Ergebnisse der langzeitigen Dosismessungen mit fest installierten Dosisleistungsmeßgeräten und akkumulierenden Thermolumineszenzdosimetern im Rahmen der Umgebungsüberwachung des KfK unterschieden sich um etwa 30 %, da der Eigeneffekt und das Ansprechvermögen der Detektoren gegenüber der kosmischen Strahlungskomponente nicht berücksichtigt wurde. Die Anzeige der verschiedenen Dosimetriesysteme wurden deshalb einheitlich mit Cs-137-Photonenstrahlung kalibriert und an einem Meßort in der Umgebung verglichen. Der Eigeneffekt und das Ansprechvermögen gegenüber kosmischer Strahlung wurden zur Korrektur herangezogen.

Die Messungen erfolgten am Standort der stationären Zählrohrmeßstelle Nr. 2 im KfK-Gelände am 31.7.1990. Dort befindet sich in unmittelbarer Nähe die Raster-Meßstelle Nr. 26 mit Thermolumineszenzdosimetern.

Der Vergleich umfaßte folgende Dosimeter bzw. Dosisleistungsmeßgeräte:

- Thermolumineszenzdosimeter (TLD) mit LiF-Detektoren. Die Dosiswerte sind Mittelwerte über vier halbjährliche Überwachungszeiträume von 1988 - 1990.
- Zählrohrmeßstelle mit einem GM-Zählrohr Type BZ 120 der Fa. Berthold, energiekompensiert. Die Meßwerte ergeben sich aus dem Mittelwert der Anzeige über vier Stunden.
- Dosisleistungsmeßgerät der Fa. FAG mit einem Proportionalzähler der Type FMZ 600, energiekompensiert. Die Messung beruht auf dem Mittelwert der Anzeigen über fünf Minuten.
- Dosisleistungsmeßgerät mit einem Szintillationszähler Type H 7907-1 der Firma Halle. Die Messung besteht aus dem Mittelwert von 30 Messungen im Abstand von jeweils zehn Sekunden. Außerdem wurde der normierte Teilkalibrierfaktor für den verwendeten Meßbereich ermittelt und berücksichtigt.

Die unkorrigierte Anzeige  $\dot{M}$  pro Zeiteinheit setzt sich zusammen aus dem terrestrischen Anteil  $\dot{M}_t$ , dem Anteil  $\dot{M}_{kos}$  durch kosmische Strahlung und dem Eigeneffektanteil  $\dot{M}_0$ . Der Äquivalentdosisleistungsmeßwert  $\dot{H}_u$  ergibt sich unter Berücksichtigung des Cs-137-Kalibrierfaktors  $N_{Cs}$  zu

$$\dot{H}_u = N_{Cs} (\dot{M}_t + \dot{M}_{kos} + \dot{M}_0). \quad (1)$$

Die korrigierte Äquivalentdosisleistung  $\dot{H}$  ergibt sich nach Subtraktion des Eigeneffektes  $\dot{H}_0$  und der Fehl Anzeige  $\Delta\dot{H}_{kos}$  des kosmischen Anzeigeanteils zu

$$\dot{H} = \dot{H}_u - \dot{H}_0 - \Delta\dot{H}_{kos}. \quad (2)$$

Experimentelle Werte des Eigeneffektes  $\dot{H}_0$  und des relativen Kalibrierfaktors ( $N_{Cs} \cdot N_{kos}^{-1}$ ) für kosmische Strahlung zur Ermittlung von  $\Delta\dot{H}_{kos}$ , jeweils auf eine Cs-137-Kalibrierung bezogen, wurden der Literatur entnommen. Der Anzeigeanteil durch kosmische Strahlung  $N_{Cs} \cdot \dot{M}_{kos}$  des jeweiligen Detektors ergibt sich zu

$$N_{Cs} \cdot \dot{M}_{kos} = (N_{Cs} \cdot N_{kos}^{-1}) \cdot \dot{H}_{kos}. \quad (3)$$

$\dot{H}_{\text{kos}}$  ist die Äquivalentdosisleistung der ionisierenden Komponente der kosmischen Strahlung am Meßort. In Karlsruhe beträgt  $\dot{H}_{\text{kos}}$  wie in Seehöhe etwa 32 nSv/h (UNSCEAR, 1982). Die Abweichung des Anzeigeanteiles  $N_{\text{Cs}} \cdot \dot{M}_{\text{kos}}$  von der Äquivalentdosisleistung  $\dot{H}_{\text{kos}}$  ist gegeben durch die Differenz:

$$\Delta \dot{H}_{\text{kos}} = \dot{H}_{\text{kos}} - N_{\text{Cs}} \cdot \dot{M}_{\text{kos}} \quad (4)$$

Unter Verwendung von (3) folgt

$$\Delta \dot{H}_{\text{kos}} = \dot{H}_{\text{kos}} \cdot [1 - (N_{\text{Cs}} \cdot N_{\text{kos}}^{-1})] \quad (5)$$

Die Ergebnisse in Tab. 6/2 zeigen nach Korrektur des Eigeneffekts  $\dot{H}_0$  und der Fehlanzeige  $\Delta \dot{H}_{\text{kos}}$  des kosmischen Anteils entsprechend Gleichung (2) eine gute Übereinstimmung der gemessenen Äquivalentdosisleistung am Meßort. Ursache für die verbleibende Streuung der korrigierten Äquivalentdosisleistung ist insbesondere die Exemplarstreuung der Detektoren bezüglich der zu korrigierenden Anteile.

Dosimeter	$\frac{N_{\text{Cs}}}{N_{\text{kos}}}$	Photonen-Äquivalentdosisleistung in nSv/h			
		$\Delta \dot{H}_{\text{kos}}$	$\dot{H}_0$	$\dot{H}_u$	$\dot{H}$
TLD	0,85	- 5	0	73 <sup>1)</sup>	78
BZ 120	1,9	29	16	113	68
FAG FHZ 600A	1,8	26	intern 1,5 s <sup>-1</sup>	104	78
HALLE 7907-1	1,0	0	5	83	78

<sup>1)</sup> Mittelwert der halbjährlichen Messungen von 1988-1990: 0,32 mSv/182 d

Tab. 6/2: Ergebnisse der Vergleichsbestrahlung verschiedener Dosimetriesysteme an einem Meßort im KfK-Gelände

### 6.2.2 Akkumulierung kleiner Dosen mit Phosphatglasdosimetern

M. Vilgis, B. Burgkhardt, E. Piesch

Im Hinblick auf die Bauartprüfung des vollautomatischen Auswertegerätes für Flachglasdosimeter wurden die Eigenschaften dieses Dosimetriesystems mit gepulster UV-Lichtanregung [9, 17, 24] im Meßbereich kleiner Dosen untersucht. Dazu wurden zwei Gruppen von jeweils acht Detektoren über einen Zeitraum von drei Monaten wiederholt mit einer Dosis von 0,05 mSv bzw. 0,1 mSv bestrahlt, eine dritte Gruppe blieb unbestrahlt und akkumulierte nur die natürliche Strahlung. Nach der Messung der nicht strahleninduzierten Voranzeige wurden die Dosimeter auf einen Dosismesswert von 0,1 mSv vorbestrahlt und temperiert. Die Messung der Dosis erfolgte jeweils einen Tag nach der wiederholten Bestrahlung ohne Temperierung. Ziel der Untersuchungen ist die Ermittlung, die untere Nachweisgrenze sowie die Meßgenauigkeit der Teildosis, die sich aus der Differenz zweier aufeinanderfolgender Messungen ergibt, in Abhängigkeit vom akkumulierten Dosismesswert.

Abb. 6/3 zeigt den Zuwachs der Dosismesswerte durch die natürliche Strahlung. Die Treppenkurve gibt für den jeweiligen Zeitpunkt der Messung die erwartete Dosis wieder, die sich unter Annahme einer konstanten, aus den größten Meßwerten ermittelten Dosisleistung ergibt. Die gefundene relative Standardabweichung für alle Dosismittelwerte der jeweils acht Detektoren ist kleiner als 2 %. Damit ist für ein üblicherweise in der Umgebungsüberwachung eingesetztes Dosimeterpaar ein entsprechender Wert von kleiner als 4 % zu erwarten. Die Dosis in zehn Tagen (7. Messung) kann bereits mit einer Meßunsicherheit von weniger als 25 % gemessen werden.

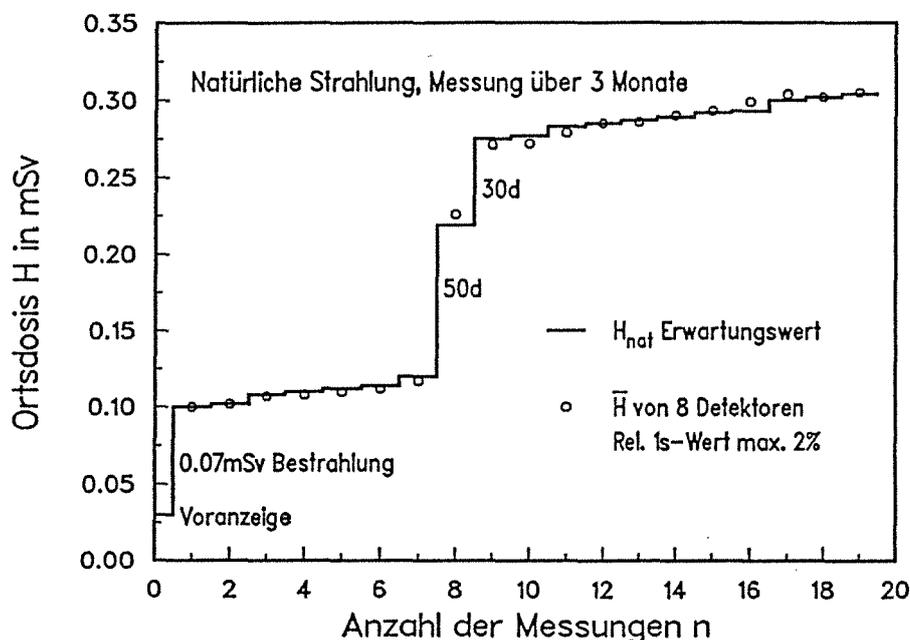


Abb. 6/3: Messung der Ortsdosis mit Flachglasdosimetern bei 18 Zwischenauswertungen

Abb. 6/4a zeigt den mittleren akkumulierten Meßwert von acht Detektoren in Abhängigkeit von der Anzahl der Bestrahlungen jeweils mit einer Referenzdosis von 0,05 mSv bzw. 0,1 mSv. Das Verhältnis des mittleren akkumulierten Dosiswertes  $\bar{H}$  zum Sollwert  $\Sigma H_r$  ist in Abb. 6/4b wiedergegeben. Die maximale Abweichung zum Sollwert beträgt  $\pm 1,3 \%$  über einen Zeitraum von drei Monaten.

### 6.2.3 Dünnschichtige Detektoren zur Messung von $H(0,07)$ in der Teilkörperdosimetrie

B. Burgkhardt

Zur Messung der Teilkörperdosis an den Händen werden Fingerringdosimeter eingesetzt, die bevorzugt LiF:Mg,Ti-Detektoren enthalten. Bei einer Anwendung im medizinischen Bereich können zur Messung der Photonen-Äquivalentdosis überwiegend Detektoren von 0,9 mm Dicke eingesetzt werden. An Teilchenbeschleunigern sowie innerhalb des Brennstoffzyklus ist insbesondere bei Arbeiten an kontaminierten Anlagenteilen und beim Umgang mit Spaltproduktgemischen mit einer Teilkörperexposition durch Betastrahlung und niederenergetische Photonenstrahlung zu rechnen [8]. Für die Meßaufgabe im gemischten Beta-Photonenstrahlenfeldern wird zur Messung energieärmerer Betastrahlung der Einsatz dünnschichtiger Detektoren erforderlich.

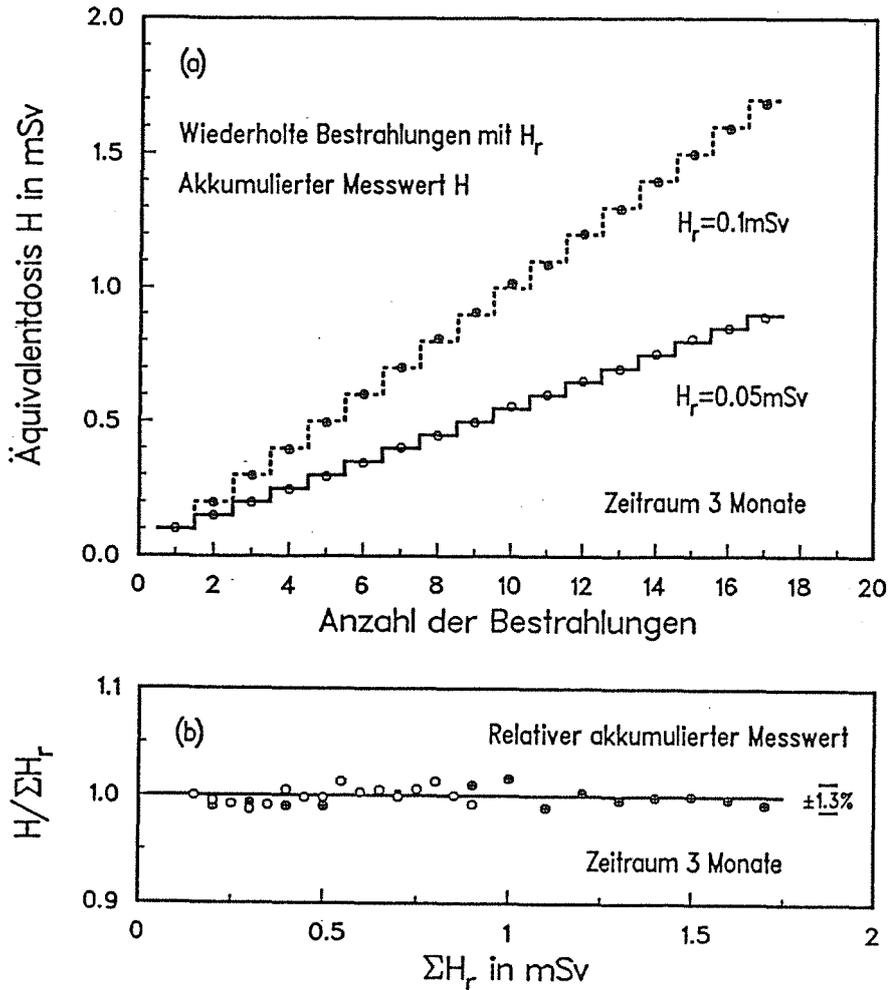


Abb. 6/4: Wiederholte Bestrahlung von Flachglasdosimetern mit einer Referenzdosis  $H_r$   
 a) akkumulierter Dosismesswert, b) relativer Messwert

Wegen ihrer Unhandlichkeit und hohen Voranzeige fanden diese Detektoren in der Teilkörperdosimetrie keine Anwendung. Dagegen zeigen dicke, mit Graphit versetzte LiF-Detektoren mit einer Meßwertanzeige aus einer oberflächennahen Schicht gute dosimetrische Eigenschaften [6]. Neuere, dünnschichtige BeO-Detektoren auf einem Graphitträger, die innerhalb eines Forschungsvorhabens bei der amtlichen Meßstelle des Materialprüfungsamtes Dortmund/Applerbeck hergestellt wurden, bieten über eine thermisch stimulierte Exoelektronenemission (TSEE) ein vergleichbares Ansprechvermögen für energiearme Betastrahlung.

Zur Bestimmung der Teilkörperdosis  $H(0,07)$  wurden insbesondere diese Detektoren ausgesucht, da sie in gemischten Beta-Photonenstrahlenfeldern eine ausreichend energieunabhängige Dosismessung für beide Strahlenarten erwarten lassen. Die in Abb. 6/5 wiedergegebene Energieabhängigkeit des Betaansprechvermögens verdeutlicht die günstigen Eigenschaften des BeO-Detektors und der LiF-Detektoren mit unterschiedlichem Graphitanteil gegenüber 0,4 mm und 0,9 mm dicken LiF-Detektoren. Für den Einsatz in der Routinedosimetrie wird der Detektor mit einer Schrumpfschlauchfolie von etwa  $10 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$  Flächengewicht abgedeckt. Mit einer Detektorabdeckung von etwa  $4 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$  bei einem Detektor-Graphitanteil von 1 % wird das günstigste Betaansprechvermögen erwartet.

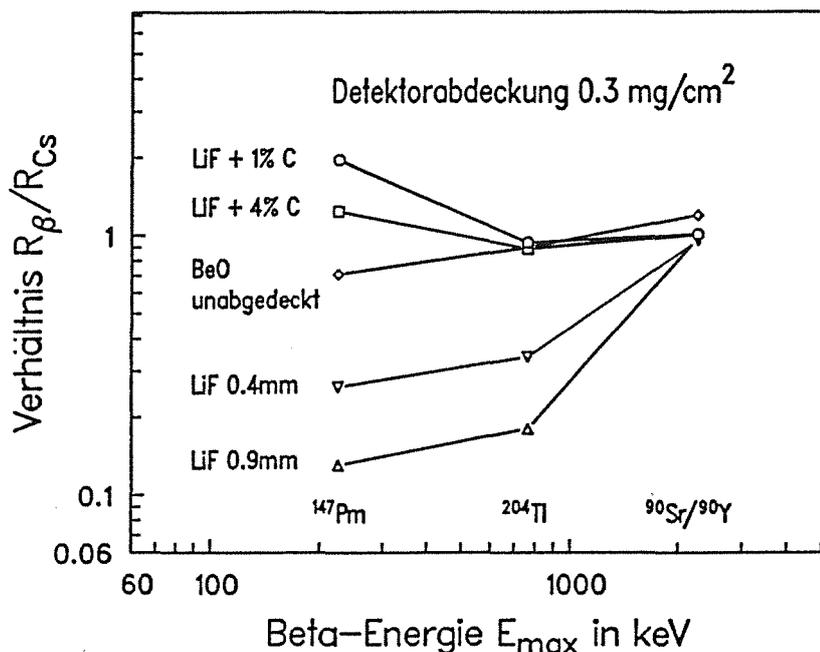


Abb. 6/5: Energieabhängigkeit des relativen Beta-Ansprechvermögens dünn-schichtiger Detektoren im Vergleich zu 0,9 mm dicken LiF-Detektoren

Die Untersuchungen des Photonen-Ansprechvermögens mit LiF-Detektoren im Edelstahl-fingerring ergaben jedoch ein erhöhtes Photonen-Ansprechvermögen im Energiebereich 30-80 keV. Abb. 6/6 zeigt die Energieabhängigkeit der Photonen-Äquivalentdosisanzeige des Fingerringdosimeters bei Einsatz des bisherigen TLD 700-Detektors und des graphitierten LiF-Graphitdetektors mit 1 % Graphitanteil.

Im Vergleich zum Ansprechvermögen bei Cs-137-Photonenstrahlung erhält man eine erhöhte Anzeige bis zu 88 % beim Graphitdetektor gegenüber 35 % beim TLD 700-Detektor. Unsere Untersuchungen zeigten, daß bei dünn-schichtigen Detektoren in hohem Maße Sekundärelektronen aus dem Umgebungsmaterial zum Ansprechvermögen beitragen. Die außerhalb des Detektors erzeugten Sekundärelektronen mit geringer Reichweite erhöhen nur die Anzeige dünn-schichtiger Detektoren.

Der bisher verwendete Edelstahl-Fingerring kann daher nicht mit einem LiF-Graphit-Detektor zur Teilkörperdosimetrie eingesetzt werden. Zur Herabsetzung der Energieabhängigkeit wird eine Änderung des Edelstahl-fingerring im Bereich des Detektors erforderlich. Im Vergleich zum graphitierten LiF-Detektor zeigt der dünn-schichtige TSEE-Detektor aus BeO auf einem Graphitträger ein ähnliches Beta-Ansprechvermögen, unterbewertet jedoch die Photonen-Äquivalentdosis im unteren Photonenenergiebereich bis zu 40 %.

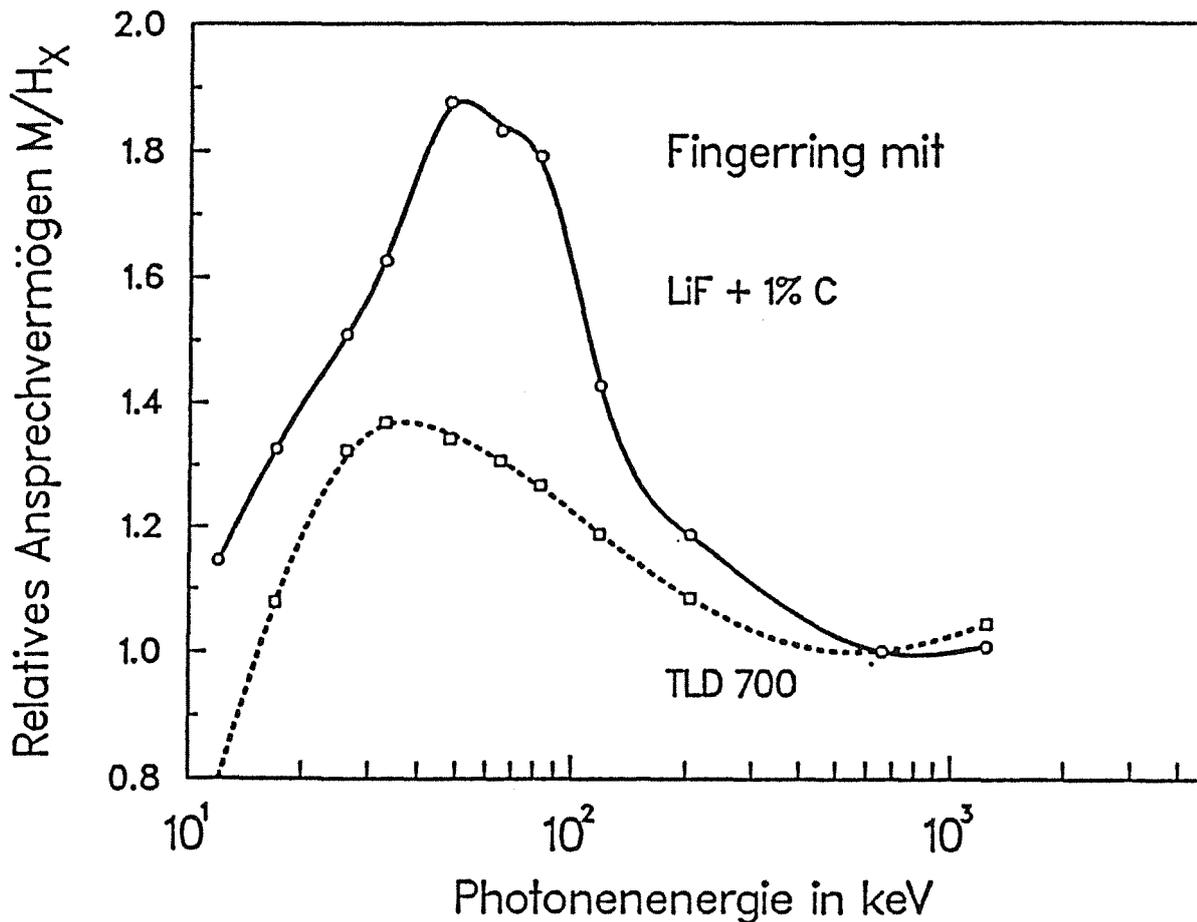


Abb. 6/6: Energieabhängigkeit des Photonen-Ansprechvermögens graphitierter LiF- und TLD 700-Detektoren im Edelstahlring mit Schrumpfschlauchabdeckung

#### 6.2.4 Photonen-Energiekompensationsfilter für das Albedoneutronendosimeter System Alnor

B. Burgkhardt, H.-G. Röber

Albedoneutronendosimeter verwenden zur Dosismessung von Photonen und Neutronen Thermolumineszenzdetektoren aus LiF:Mg,Ti. In der universellen Albedoneutronendosimeterkapsel aus Borplastik zeigen diese Detektoren im Photonenenergiebereich von etwa 50 keV eine bis zu 50 % überhöhte Anzeige (siehe Abb. 6/7). Die Anforderungen an die PTB-Bauartzulassung von Personendosimetern lassen für die Einflußgrößen Photonenenergie und Strahleneinfallrichtung eine Änderung der Dosisanzeige bis zu  $\pm 35\%$  zu.

Dieser Forderung kann nur entsprochen werden, wenn bei der Kalibrierung des Dosimetriesystems anstelle einer Cs-137-Photonenstrahlung eine Bezugsenergie bei 118 keV gewählt wird. Das bisher konservative Ansprechvermögen der Photonen-Äquivalentdosis von  $+50\%$  ändert sich dadurch auf  $\pm 20\%$  mit einer Unterbewertung von  $-20\%$  im oberen Photonenenergiebereich.

Zur Herabsetzung der Energieabhängigkeit können in der für die Detektoren vorgesehene Alnor-Halterung beispielsweise Filter aus Metallscheiben vorgesehen werden. Mit Aluminiumfiltern von 1 mm, 1,5 mm und 2 mm Dicke und 2 mm Durchmesser konnte jedoch keine Reduzierung der Überempfindlichkeit bei 50 keV erzielt werden. Erst der Einsatz zentrischer Zinnfilter von 0,5 mm Dicke und 1 mm Durchmesser führte zum Ziel, wobei der Randbereich des Detektors ungefiltert bleibt.

Zur Befestigung des Zinnfilters wurde im Alnor-Plastikgehäuse ein Sackloch eingebracht, sodaß die mit dem Filter bestückte Plastikhalterung wie bisher zur automatischen Auswertung eingesetzt werden kann. Die so optimierte Filterperforierung ergibt gegenüber einer Filterung mit zentraler Öffnung und gleichzeitiger Gesamtabdeckung des restlichen Detektors eine günstigere Richtungsunabhängigkeit der Dosisanzeige.

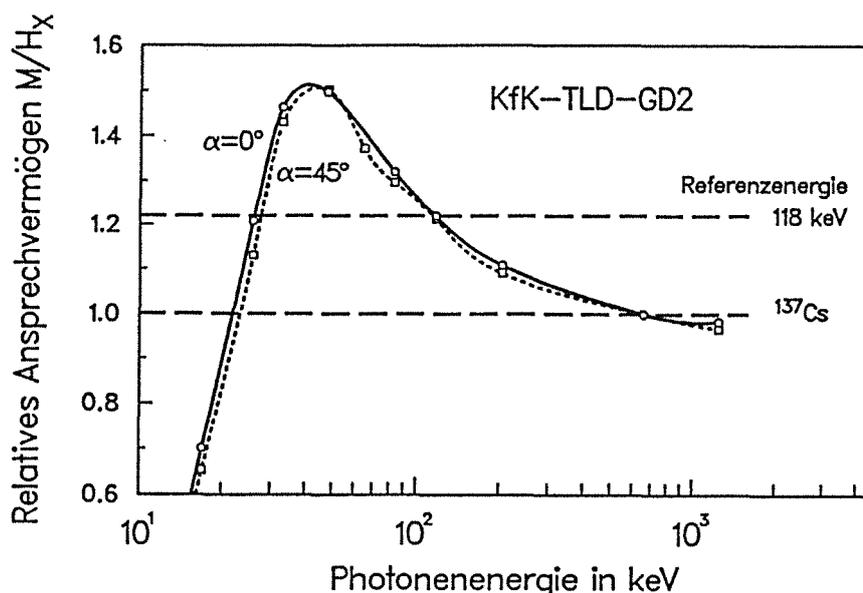


Abb. 6/7: Relatives Ansprechvermögen von LiF-Detektoren im Albedoneutronendosimeter für die Anzeige Photonen-Äquivalentdosis  $H_x$  in Abhängigkeit von der Photonenenergie für verschiedene Strahleneinfallrichtungen

Abb. 6/8 zeigt für das optimierte Energiekompensationsfilter die Energieabhängigkeit der Photonen-Äquivalentdosisanzeige bei Freiluftbestrahlung für verschiedene Strahleneinfallrichtungen. Bei Frontaleinstrahlung wird im Photonenenergiebereich 30 keV bis 660 keV, der für Photonen-Neutronen-Mischstrahlenfeldern von besonderem Interesse ist, eine geringfügig bessere Energieabhängigkeit von etwa  $\pm 17\%$  gegenüber  $\pm 20\%$  für das Dosimeter ohne Energiekompensationsfilter erhalten, jedoch entfällt die Unterbewertung von  $-20\%$  im oberen Energiebereich. Beim nichtamtlichen PTB-Vergleich im Jahre 1990 zeigte dieses Dosimeter eine mittlere Abweichung von nur  $+6\%$  vom Sollwert bei einer Standardabweichung von  $5\%$ .

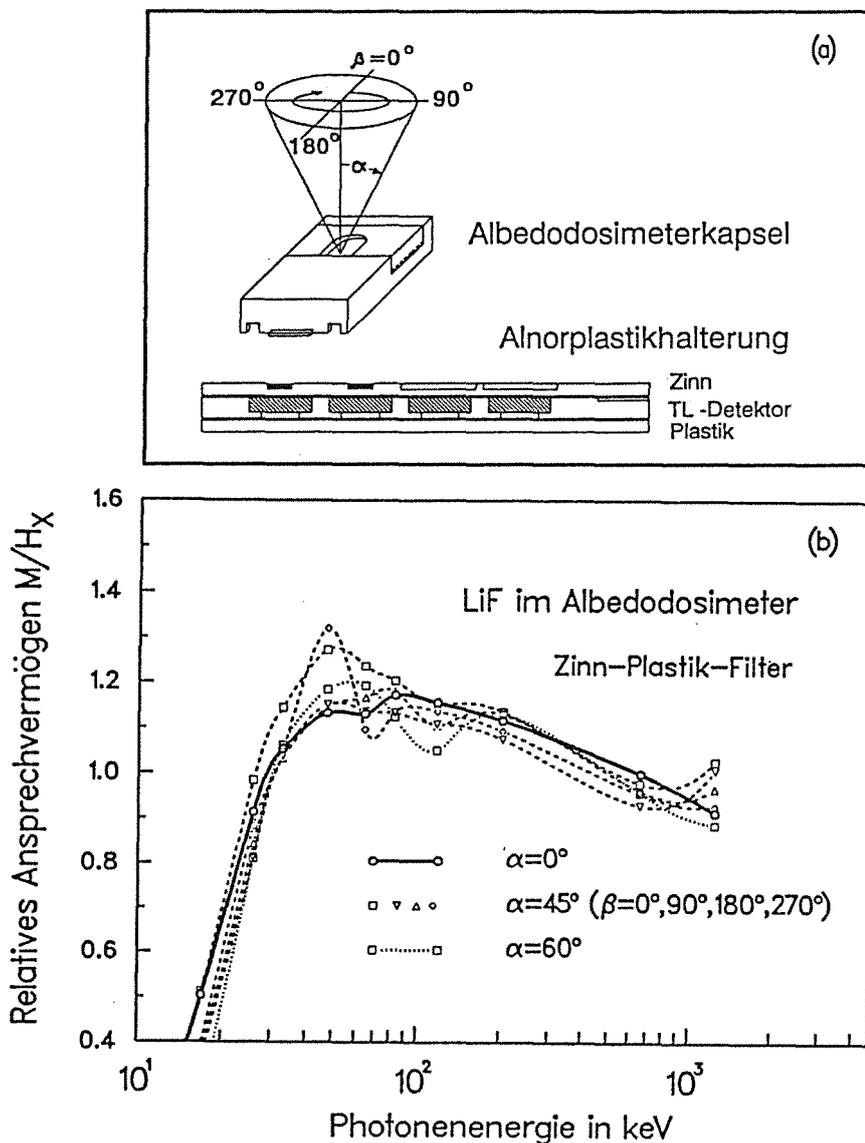


Abb. 6/8: Energie- und Richtungsabhängigkeit des relativen Ansprechvermögens von LiF-Detektoren im Albedoneutronendosimeter bei Verwendung von Energiekompensationsfiltern in der Alnor-Halterung für die Anzeige der Photonen-Äquivalentdosis  $H_x$

### 6.2.5 Messung der betriebsbedingten Röntgenstrahlung von Bildschirmgeräten

H. Doerfel

Im Auftrag der Deutschen Bundespost wurden im März 1990 Messungen der betriebsbedingten Röntgenstrahlung von Bildschirmgeräten beim Leitplatz Funk des Fernmeldeamtes Mainz durchgeführt. Für diese Messungen wurde ein Großflächen-Proportionalzähler mit Xenon-Füllung verwendet, der im

Energiebereich der Röntgen-Strahlung von Bildschirmgeräten ein besonders hohes Ansprechvermögen und gleichzeitig einen relativ geringen Nulleffekt hat. Der Zähler wurde jeweils in 10 cm Abstand zentral vor dem Bildschirm des zu untersuchenden Gerätes angeordnet.

Die untere Nachweisgrenze des Meßverfahrens wird im wesentlichen durch die Eigenaktivität der Bildschirmgeräte bestimmt. Hierbei spielt der folgende Effekt eine besondere Rolle: Die im Leuchtstoff enthaltene Radium- bzw. Thorium-Aktivität erzeugt im Innern der Bildröhre eine konstante Radon- bzw. Thoron-Aktivität. Da die Folgeprodukte des Radon und Thoron bei ihrer Entstehung positiv geladen sind, driften sie bei eingeschalteter Hochspannung in Richtung auf die Kathode der Bildröhre. Dadurch verschiebt sich der Aktivitätsschwerpunkt der Folgeprodukte in den hinteren Bereich der Bildröhre und damit vom Zähler weg. Dies hat zur Folge, daß der vom Zähler registrierte gerätespezifische Nulleffekt bei eingeschaltetem Bildschirmgerät niedriger sein kann als bei abgeschaltetem Gerät. Der Effekt kann aufgrund von früheren Untersuchungen quantitativ abgeschätzt und dementsprechend korrigiert werden. Der hierbei auftretenden Fehler bestimmt zusammen mit dem zählstatistischen Fehler die untere Nachweisgrenze des Meßverfahrens. Bei einer Meßzeit von fünf Minuten liegt diese Nachweisgrenze bei einer Netto-Impulsrate von 200 Impulsen. Dieser Impulsrate entspricht in der Standard-Meßgeometrie eine betriebsbedingten Ortsdosisleistung in Höhe von 0,13 nSv/h.

Es wurden stichprobenartig insgesamt 12 Monochrom- und Farb-Monitoren mit Bildschirmdiagonalen zwischen 13 cm und 66 cm und Betriebsspannungen zwischen 16,5 kV und 27,5 kV untersucht. Bei allen untersuchten Geräten lag die ermittelte Netto-Impulsrate unter der Nachweisgrenze (Abb. 6/9). Im zweiten Schritt wurden zum Ausschluß von eventuellen Kumulationseffekten raumspezifische Messungen an verschiedenen Arbeitsplätzen mit einer größeren Anzahl von Bildschirmgeräten durchgeführt. Auch diese Messungen ergaben keinerlei Hinweise auf eine betriebsbedingte Röntgenstrahlung. Die Messungen bestätigen die bereits bei früheren Untersuchungen gewonnenen Erfahrungen, nach denen bei neueren Bildschirmgeräten (Baujahr ab etwa 1980) mit keiner signifikanten Röntgenstrahlungsemission zu rechnen ist.

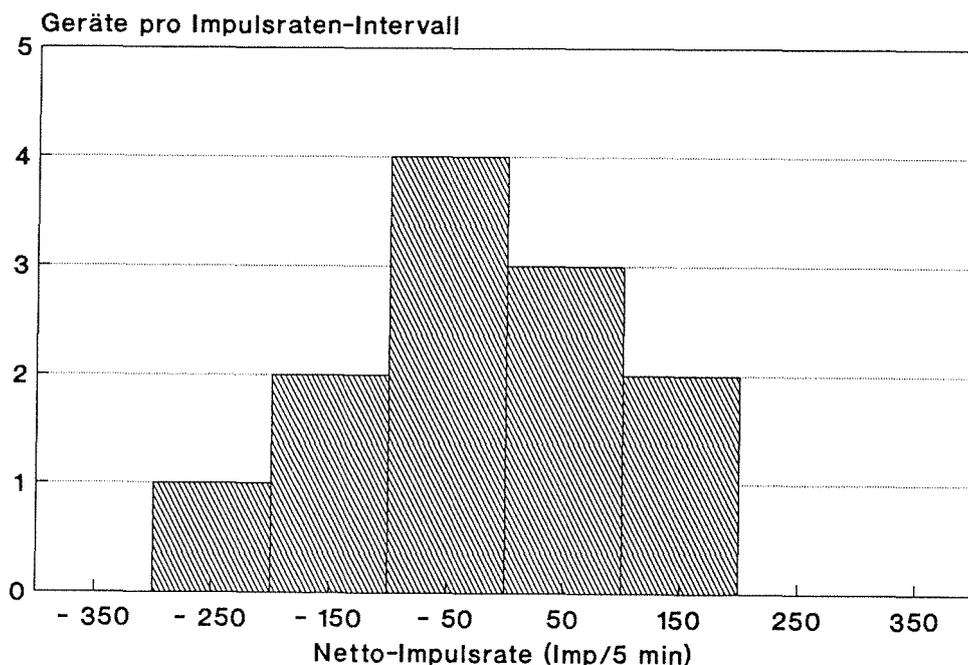


Abb. 6/9: Häufigkeitsverteilung der Netto-Impulsraten bei Messung der betriebsbedingten Röntgenstrahlung mit einem Großflächenproportionalzähler an verschiedenen Bildschirmgeräten bei der Leitstelle Funk im Fernmeldeamt Mainz

### 6.3 Neutronendosimetrie

#### 6.3.1 Neutronendosimetrie mit Kernspurätzdetektoren

M. Vilgis, B. Burgkhardt, E. Piesch

Die Optimierung des zweistufigen elektrochemischen Ätzverfahrens für CR-39-Detektoren durch KFK ergab bei einer elektrischen Feldstärke von  $20 \text{ kV}\cdot\text{cm}^{-1}$  eine Verringerung der Backgroundspurenzahl sowie eine annähernd energieunabhängige Dosismessung im Neutronenenergiebereich 100 keV bis 5 MeV [1, 13]. Die Untersuchungen des Energieansprechvermögens von CR-39 wurden im Berichtszeitraum in Zusammenarbeit mit der PTB fortgesetzt [2, 16]. Da CR-39-Materialien in verschiedener Zusammensetzung und mit unterschiedlicher Wärmeverbehandlung sowie mit Detektordicken von 0,3 bis 0,9 mm angeboten werden, war die Frage von Interesse, inwieweit unterschiedliche Materialien ein vergleichbares Energieansprechvermögen erwarten lassen. Ziel eines umfangreichen Meßprogrammes war die Anwendung des optimierten Ätzverfahrens auf alle kommerziell erhältlichen CR-39-Materialien. Neben den Herstellern American Acrylics, Pershore Mouldings, Intercast, Landauer, Vinten stand auch das neue deutsche Material Patras (Unabhängiges Laboratorium für Strahlungsmessung, ehemals VEB Rathenower Optische Werke) zur Verfügung. Die Ergebnisse dieser Studie zeigten für das Neutronenansprechvermögen der meisten CR-39-Materialien eine vergleichbare Energieabhängigkeit. Das kleinere Ansprechvermögen bei Lantrak und Patras im Bereich von 570 keV (Abb. 6/10) könnte hingegen durch eine Verringerung der kritischen Energien und Winkel für Protonen erklärt werden, wodurch energiearme, schrägeinfallende Protonen schon beim ersten Ätzprozeß überätzt werden.

Für den Einsatz von Kernspurätzdetektoren in der Routinedosimetrie von besonderem Interesse ist die zu erwartende Gesamtmeßunsicherheit, die sich aus der Zufallsunsicherheit und einer Reihe verschiedener systematischer Fehler ergibt. Eine entsprechende Studie untersuchte für die Detektormaterialien CR-39 und Makrofol getrennt die Beiträge der Einflußgrößen Temperatur und Konzentration der Ätzflüssigkeit, elektrische Feldstärke sowie herstellungsbedingte Einflüsse wie die Streuung der Detektordicke bzw. die Änderung des Ansprechvermögens innerhalb einer Detektorfolie [23].

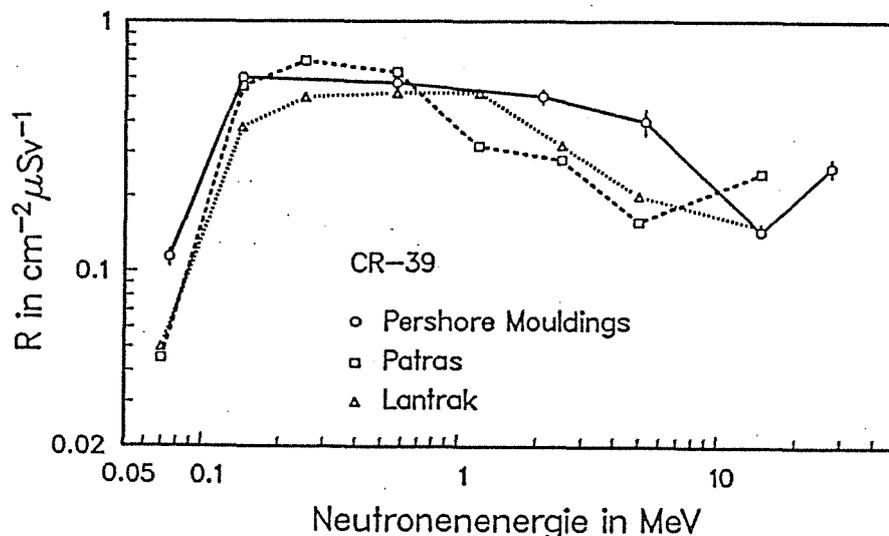


Abb. 6/10: Energieabhängigkeit des Ansprechvermögens von CR-39-Materialien nach einer zweistufigen elektrochemischen Ätzung mit einer Feldstärke von  $20 \text{ kV}\cdot\text{cm}^{-1}$  (Patras  $26 \text{ kV}\cdot\text{cm}^{-1}$ )

Einflußgröße	Änderung	Systematische Meßunsicherheit des Ansprechvermögens R <sup>1)</sup>	
		CR-39	Makrofol DE 1-4
Konzentration der Ätzlösung	± 1 wt%	± 6 %	± 11 %
Temperatur der Ätzlösung	± 1 %	± 1 %	± 3 %
Hochspannung	± 10 V	± 2 %	± 2 %
Feldstärke	± 1 kV·cm <sup>-1</sup>	± 9 %	± 9 %
Dicke, Fertigungsstreuung	± 35 µm	± 13 %	
dickenselektiert auf	± 15 µm	± 6 %	
herstellungsbedingte Streuung von R <sup>2) 3)</sup>		± 11 %	± 2 %
System. Gesamt-Meßunsicherheit,		± 19 %	± 11 %
dickenselektiert auf ± 15 µm		± 15 %	
Zufallsunsicherheit bei 1 000 cm <sup>-2</sup>		± 10 %	± 5 %

<sup>1)</sup> Meßunsicherheit für Detektoren derselben Herstellungsfolie und verschiedener Ätzungen für eine Dosismessung mit einem Detektor nach Bestrahlung mit Am-Be-Neutronen.

<sup>2)</sup> Erhöht die Zufallsunsicherheit, die experimentell aus dem Variationskoeffizienten in Abhängigkeit von der Dosis ermittelt wird.

<sup>3)</sup> nach Dickenkorrektion für CR-39

Tab. 6/3: Experimentell ermittelte Meßunsicherheiten für den Neutronennachweis mit Kernspurdetektoren bei zweistufiger elektrochemischer Ätzung

Die experimentell ermittelten Beiträge zur systematischen Meßunsicherheit sind für die verschiedenen Einflußgrößen in Tab. 6/3 wiedergegeben. Wesentliche Unterschiede zwischen CR-39 und Makrofol sind auf die herstellungsbedingten Unterschiede des Materials zurückzuführen. Die Ätzung von CR-39-Teilchargen, die nach Detektordicken vorselektiert werden, können den Einfluß der Detektordicke herabsetzen. Den größten Beitrag von 11 % zur Meßunsicherheit liefert die herstellungsbedingte Streuung des Ansprechvermögens bei gleicher Detektordicke.

Bei einer Spurendichte von 1000 cm<sup>-2</sup> läßt die Zählstatistik einen Variationskoeffizienten von etwa 3 % erwarten. Dieser erhöht sich durch die systematischen Fehlereinflüsse des Ätzverfahrens und der Materialeigenschaften auf 5 % bei Makrofol und 10 % bei CR-39. Der in Abb. 6/11 wiedergegebene, mit zehn Detektoren experimentell ermittelte Variationskoeffizient für beide Detektormaterialien wird nicht allein durch die Zählstatistik bestimmt. Bei kleinen Meßwerten dominiert der Einfluß der Standardabweichung des Backgrounds und bei hohen Meßwertanzeigen vor allem bei CR-39 die systematischen, herstellungsbedingten Fehlereinflüsse durch das Material.

Innerhalb des Eurados-Cendos-Programmes wurden die Vergleichsbestrahlungen von CR-39-Detektoren mit monoenergetischen Neutronen fortgesetzt. Untersucht wurden die Energieabhängigkeit des Neutronenansprechvermögens, die Linearität der Dosisanzeige sowie die untere Nachweisgrenze.

In Zusammenarbeit mit CERN wurden die Versuche mit KfK-Makrofoldetektoren und CERN-Kernspurfilm über einen viermonatigen Zeitraum in Streustrahlungsfeldern an Hochenergiebeschleunigern

innerhalb der Personendosimetrie fortgesetzt. Makrofol-Detektoren zeigten im Vergleich günstigere Ergebnisse. Wegen der Alphaempfindlichkeit des Detektors insbesondere gegenüber dem Edelgas Radon wurden die Makrofol-Detektoren in einer Aluminium-Kunststoffolie eingeschweißt.

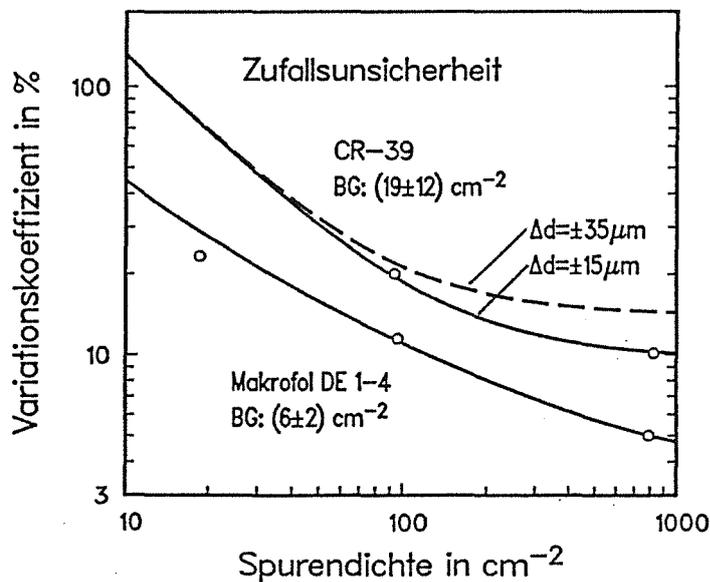


Abb. 6/11: Zufallsunsicherheit der Kernspurzählung von Makrofol, CR-39 und dickenselektierter CR-39

### 6.3.2 Albedoneutronendosimetrie

B. Burgkhardt, M. Vilgis, S. Ugi, E. Piesch

Bei der Routineauswertung des universellen Albedoneutronendosimeters werden entsprechend den Anwendungsbereichen N1 bis N4 unterschiedliche Kalibrierfaktoren zugrundegelegt, welche in verschiedenen Streustrahlungsfeldern über eine Feldkalibrierung ermittelt wurden [19]. Die beiden Anwendungsbereiche N1 und N3 umfassen den Bereich der praktisch vorkommenden Strahlungsfelder. Bei Vergleichsbestrahlungen werden deshalb kalibrierte Cf-252-, Pu-Be- und Am-Be-Neutronenquellen benutzt, um Neutronenfelder des Anwendungsbereiches N3 und N1, letztere in Verbindung mit D<sub>2</sub>O-Quellabschirmungen, zu erzeugen. Auch die jährlichen PTB-Vergleichsmessung für Albedoneutronendosimeter werden im Anwendungsbereich N1 und N3 durchgeführt. Die Auswertung im KfK erfolgt nach dem routinemäßig eingeführten Verfahren über das Meßwertverhältnis der beiden Neutronendetektoren im Albedoneutronendosimeter.

Die Ergebnisse der Vergleichsbestrahlung für 1989 zeigen ein mittleres Verhältnis des Meßwertes zum Sollwert der Neutronen-Äquivalentdosis von  $0,9 \pm 5 \%$  ( $1 \sigma$ -Wert). Dieser Wert gilt generell auch für den Anwendungsbereich N3. Hier konnte für Neutronenäquivalentdosen  $< 0,4 \text{ mSv}$  jedoch keine Korrektur über das Meßwertverhältnis der beiden Detektoren als Folge des Meßfehlers angewandt werden, wodurch systematisch nur der halbe Sollwert gefunden wurde. Die Vorgabe eines konservativen anstelle

eines mittleren Kalibrierfaktors ist in der Diskussion, der zu einer Meßwertabweichung von -20 % führen würde. Die PTB-Angaben der Sollwerte sind noch vorläufig, weil die Korrekturfaktoren für das Phantommateriale noch geändert werden könnten. Ohne Berücksichtigung der Phantomkorrektur ergibt sich für alle KfK-Ergebnisse ein mittleres Verhältnis des Meßwertes zum Sollwert von  $1,06 \pm 12\%$ .

Die Ergebnisse der jährlichen Neutronenvergleichsbestrahlung im ORNL in Oak Ridge (Tab. 6/4) zeigen für das Albedoneutronendosimeter im Anwendungsbereich N1 sehr gute Übereinstimmung zum Sollwert. Bemerkenswert ist die Übereinstimmung der Anzeigen für die unterschiedlichen Bestrahlungen des Albedodosimeters an der Oberfläche eines Kugelphantoms von 30 cm Durchmesser bzw. eines Quaderphantoms der Größe 40·40·15 cm<sup>3</sup> aus Plexiglas. Für den Anwendungsbereich N3 an einer unmoderierten Pu-Be-Neutronenquelle in 60 cm Abstand wird wegen des geringen Neutronenrückstreuteiles und des damit verbundenen kleinen Ansprechvermögens des Albedoneutronendosimeters ein größerer Meßfehler erwartet. Für die unbekannte Mischbestrahlung in den Anwendungsbereichen N1 und N3 (Bestrahlung Nr. 4) lagen zum Zeitpunkt der Auswertung keine Angaben über den entsprechenden Anwendungsbereich vor. Dies mußte zu einer Unterbewertung der Anzeige für die vorliegende Bestrahlung führen. Es ist gerade der Sinn der Anwendungsbereiche, solche Mischbestrahlungen durch das Tragen verschiedener Dosimeter zu vermeiden.

Eine Unterbewertung in der gleichen Größenordnung zeigen die Kernspurdetektoren bereits bei einem Strahleneinfallswinkel von 45°. Die Ergebnisse der verschiedenen Kernspurdetektoren sind konsistent, die von Makrofol DE im Anwendungsbereich N1 unerwartet hoch im Vergleich zu den Ergebnissen der vergangenen Vergleichsbestrahlungen.

Nr.	Bestrahlung	H <sub>n,ref</sub> (mSv)	H <sub>n</sub> /H <sub>n,ref</sub> ± 1σ					
			Albedodosimeter 1) TLD 600/700		Makrofol 3) 4)	CR-39 (AA) 3) 4)	CR-39 (PM) 3) 4)	
			Kugelphantom 2)	Quaderphantom 2)	Makrofol-Konverter	PE-Konverter	PE-Konverter	
	<b>Cf-252</b>							
1	+ 15 cm D <sub>2</sub> O	1,40	N1 0,96 ± 3%	1,02 ± 3%	1,28 ± 15%	1,06 ± 4%	1,06 ± 4%	
2	+ D <sub>2</sub> O ohne Cd	1,42	N1 1,03 ± 3%	1,02 ± 3%	1,10 ± 16%	0,85 ± 4%	0,92 ± 5%	
3	+ D <sub>2</sub> O unter 45°	2,05	N1 0,95 ± 3%	0,84 ± 3%	0,65 ± 18%	0,46 ± 5%	0,44 ± 5%	
4	+ ohne Absch. + 15 cm D <sub>2</sub> O	1,55 1,94 3,49	Nx 0,59 ± 3%	0,57 ± 3%	1,04 ± 10%	0,87 ± 3% 5)	0,87 ± 3% 5)	
5	+ D <sub>2</sub> O + Cs-137	0,45 6)	N1 1,02 ± 6%	1,11 ± 7%	1,07 ± 36%	1,07 ± 6%	0,89 ± 8%	
6	<b>Pu-Be</b>	0,38	N3 1,32 ± 85%	1,32 ± 85%	1,24 ± 25% 7)	1,05 ± 7% 7)	1,03 ± 10% 7)	

- 1) Anwendungsbereich N1, N3 bzw. Nx (unbekannt) zur Ermittlung der Neutronen-Äquivalentdosis
- 2) Kugelphantom: PE-Kugel von 30 cm Durchmesser  
Quaderphantom: Plexiglas-Quader 40·40·15 cm<sup>3</sup>
- 3) Kalibrierung mit Cf-252-Neutronen, Background subtrahiert
- 4) Zählfläche A = 2,3 cm<sup>2</sup>
- 5) Korrekturfaktor für Nichtlinearität 1,2
- 6) Zusätzliche Bestrahlung mit Cs-137-Photonen, H<sub>γ</sub> = 1,15 mSv
- 7) Kalibrierung mit Am-Be-Neutronen, Background subtrahiert

Tab. 6/4: KfK - Ergebnisse der 15. PDIS-ORNL-Vergleichsbestrahlung im April 1990

Beim Albedoneutronendosimeter wird zur Korrektur der Energieabhängigkeit des Ansprechvermögens die unterschiedliche, funktionelle Abhängigkeit des Kalibrierfaktors vom jeweiligen Meßwertverhältnis  $M(a)/M(i)$  für die entsprechenden Anwendungsbereiche N1 bis N4 herangezogen. Die Referenzdosis bei Vergleichsmessungen ergibt sich rechnerisch aus der entsprechenden Quellstärke der Neutronen-Radionuklidquelle und einem vorgegebenen, spektrumsabhängigen Konversionsfaktor zur Ermittlung der Neutronenäquivalentdosis aus der Neutronenfluenz. Bei den Kalibrierbestrahlungen werden die Dosimeter an der Phantomoberfläche in geringen Abständen von etwa 50 bis 75 cm von der Neutronenquelle in der Regel unter idealisierten, nahezu rückstreuungsfreien Bestrahlungsbedingungen exponiert. Die für die Routineauswertung zugrundegelegten Kalibrierkurven wurden hingegen in einem Streustrahlungsfeld aus dem Meßwertvergleich mit einem Ortsdosimeter gewonnen, das die Referenzdosis anzeigt. Es war daher von besonderem Interesse, die auf Kalibrierungen im Streustrahlungsfeld zurückgehende funktionelle Abhängigkeit des Kalibrierfaktors vom Meßwertverhältnis anhand der Ergebnisse der Vergleichsmessungen der vergangenen Jahre zu überprüfen.

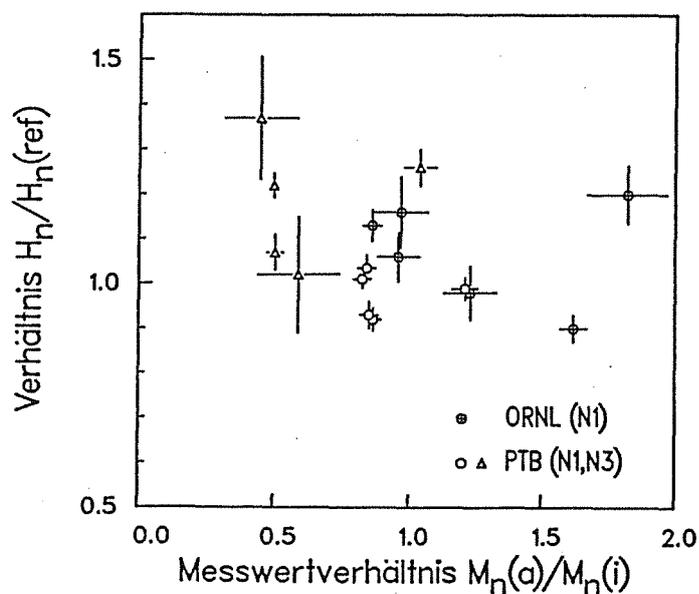


Abb. 6/12: Ergebnisse des KfK-Albedodosimeters bei den Vergleichsbestrahlungen 1990 am ORNL (Plexiglasphantom) und bei der PTB (PE-Phantom)

Die in Abb. 6/12 wiedergegebenen Ergebnisse zeigen, daß die Meßwerte unter Berücksichtigung der relativ großen Zufallsunsicherheit ( $1\sigma$ -Wert) bei kleinen Neutronendosen erwartungsgemäß weniger als  $\pm 30\%$  vom Sollwert abweichen. Auch bei Kalibrierungen im Streustrahlungsfeld wurde eine vergleichbare Streuung der Meßwerte zur Kalibrierkurve gefunden. Die Streuung des Meßwertverhältnisses zwischen 0,5 und 1,8 zeigt, daß bei Vergleichsmessungen unterschiedlich moderierte Neutronenstrahlungsfelder verwendet werden, um die Verhältnisse im Streustrahlungsfeld anzunähern, in denen das Ansprechvermögen von Albedoneutronendosimetern relativ großen Änderungen unterworfen ist.

## 6.4 Strahlenexposition durch Radon-Zerfallsprodukte

### 6.4.1 Messungen in untertägigen Arbeitsbereichen

J. Schmitz, R. Fritsche

1990 wurden die seit Ende 1988 im Rahmen eines BMU-geförderten Forschungsvorhabens (St.Sch. 1087) begonnenen Radon- und Folgeproduktmessungen an untertägigen Arbeitsplätzen (ohne Steinkohlebergbau) weitergeführt. 1990 wurden ca. 50 Bergbaubetriebe, Besuchergruben, Schauhöhlen und sekundär genutzte Stollen vor allem mit Unterstützung der Bergämter in Bayern, Baden-Württemberg und schwerpunktmäßig in Niedersachsen untersucht. Es wurden mehrere hundert Messungen vorgenommen, wobei sich die Anzahl der Einzelmessungen von Radon und Folgeprodukten nach Größe der Grube und Anzahl der Beschäftigten richtet.

Daneben wurden  $\gamma$ -Ortsdosisleistung und wettertechnische Einflußgrößen, Temperatur, Luftfeuchte und Wettergeschwindigkeit zusammen mit den realen Aufenthaltszeiten der Beschäftigten festgehalten. Die meisten Arbeitsplätze wurden zusätzlich mit integrierenden passiven Radon-Ortsdosimetern gemessen, um auch in niedrig exponierten Bereichen, deren Radonkonzentrationen unterhalb der Erfassungsgrenze der Momentanmessung lagen, zuverlässige Radonwerte zu erhalten.

Mit Ausnahme der Betriebe in Nordrhein-Westfalen (bisher konnte nur in drei Betrieben gemessen werden) und einzelner Betriebe in den anderen Bundesländern (bedingt durch nicht kooperatives Verhalten der Grubeneigner) sind praktisch alle untertägigen Objekte unter Bergaufsicht in der "alten Bundesrepublik" untersucht (Gesamtzahl: 145, davon belegt: 132).

Die ermittelten Gesamtdaten führten gegenüber der statistischen Auswertung der 1989er Werte nur zu geringfügigen Verschiebungen. Es zeigt sich nun folgendes Bild: 40 % aller untersuchten Arbeitsstellen weisen Radongehalte von mehr als 1 000 Bq/m<sup>3</sup> auf, und 10 % der Betriebe von mehr als 5 000 Bq/m<sup>3</sup>. Von diesen ist jedoch ein Teil zur Zeit nicht belegt. Die Untersuchungen haben deutlich gezeigt, daß weder geologische Parameter, noch die Größe des Grubengebäudes und die Wetterführung eine Voraussage auf eine zu erwartende Radonexposition erlauben. Lediglich in Kalibergwerken wurden durchweg niedrige Radonkonzentrationen, um 10 Bq/m<sup>3</sup>, gemessen.

Die besonders hohen Konzentrationen von mehr als 5 000 Bq/m<sup>3</sup> sind immer auf unzureichende Bewetterung zurückzuführen. Letzteres betrifft vor allem Besuchergruben und Schauhöhlen, in einem Fall auch den umgehenden Bergbau. Bei Betrieben mit natürlicher Wetterführung schwanken die Radonkonzentrationen mit der Jahreszeit und damit nach Wetterrichtung in Abhängigkeit von der Außentemperatur.

Aufgrund der oft geringen Beschäftigungszeit, vor allem in Schauhöhlen und Besuchergruben, liegen die effektiven Jahreseinzeldosen, als Summe aus externer Exposition und Lungenexposition, insgesamt gesehen nur bei 30 % der Arbeitsplätze über 5 mSv/a, bei 10 % der Arbeitsplätze über 20 mSv/a (Abb. 6/13). Allerdings liegen 40 % der Vollsichtbetriebe über der 5 mSv-Grenze und bei vier Vollsichtbetrieben liegt die effektive Jahreseinzeldosis sogar über 40 mSv/a.

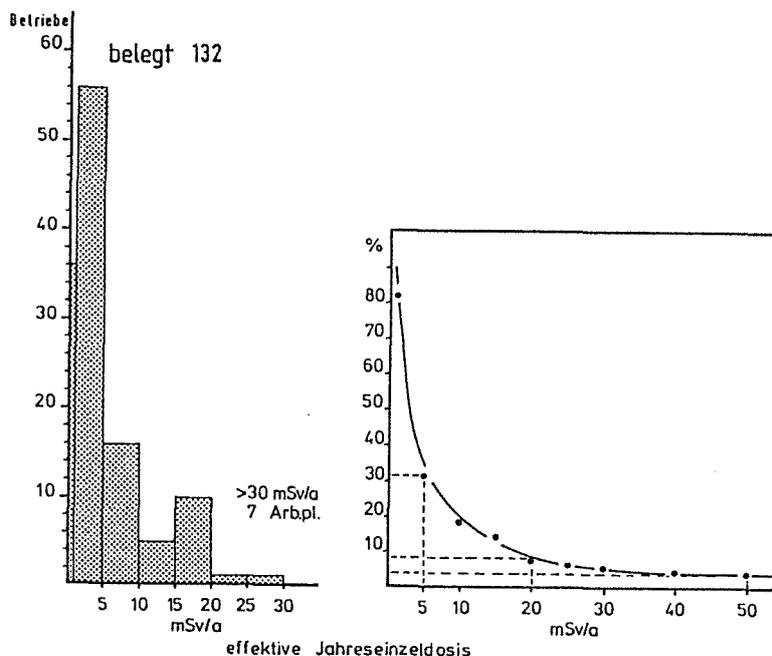


Abb. 6/13: Häufigkeitsverteilung der Radonexposition an untertägigen Arbeitsbereichen

#### 6.4.2 Messungen in übertägigen Betrieben

Zu den möglicherweise radonbelasteten Arbeitsplätzen gehören auch Bereiche der Balneologie, in denen Sole, Mineral- und Thermalwässer angewendet werden oder in denen Radontherapie angeboten wird. Weiterhin gehören hierzu Anlagen zur Sole- und Kohlensäuregewinnung. Die Bergämter haben unter bestimmten Voraussetzungen die Überwachung von Bohrungen und Brunnen unter sich. In diesen Fällen waren dort Messungen möglich und gleichzeitig der Zugang zum eigentlichen Betrieb, der nicht unter Bergaufsicht steht, erleichtert. So konnten neben sieben Sole- und Kohlensäuregewinnungsanlagen bisher 39 balneologische Einrichtungen untersucht werden (therapeutische Anwendung von Radon, Sole, Thermal- bzw. Mineralwässern). Die von den Bädern zur Verfügung gestellten Wasseranalysen gaben keine Auskunft über mögliche Radium- und Radongehalte, da diese Elemente entweder nicht bestimmt worden waren oder ihre Konzentration unter der Nachweisgrenze der angewandten Analysemethoden lagen. Eine Reihe von ergänzenden Radionuklidanalysen wurden deshalb von besonders relevanten Mineralwässern durchgeführt. Wie die 1989 bearbeiteten Radonbäder Bad Steben, Bad Münster und Bad Kreuznach wurden die Bäder Sibyllenbad und Bad Brambach detaillierter untersucht.

In modernen Bäderabteilungen mit guter Belüftung bzw. Klimatisierung wurden bisher keine nennenswerten Expositionen gefunden. Höhere Radon-in-Luft-Konzentrationen wurden nur in Einzelfällen im Bereich der Quelfassungen, der Wasseraufbereitung und in Wasservorratsbehältern sowie in älteren Bäderabteilungen festgestellt. Abb. 6/14 zeigt die detaillierte Aufnahme des zeitlichen Konzentrationsverlaufes von Po-218 in Luft (entspricht in etwa dem des Mutternuklids Radon-222) an einem Arbeitsplatz im Wannenbadbereich eines Radonbades. Eine Exposition des Personals ist danach nur während des eigentlichen Badebetriebes zwischen 6 und 12 Uhr gegeben, was bei Strahlenschutzmessungen und Berechnung der Jahresdosen zu berücksichtigen ist. Schwankungen der Konzentration in diesem Zeitraum sind auf unterschiedliche Vorgänge, wie Öffnen von Türen, Patientenzugang, Befüllen der Wanne usw., zurückzuführen.

Neben den Messungen im Bergbau und in der Balneologie wurden einzelne radonbelastete Bereiche eingehender untersucht, um Hinweise für eine mögliche Sanierung zu erarbeiten. So konnte z. B. durch kontinuierliche Messungen im Laborhaus des Geophysikalischen Observatoriums der Universitäten Karlsruhe und Stuttgart mit genauer Erfassung der Randbedingungen und der möglichen Einflußparameter gezeigt werden, daß die dort vorhandene hohe Radonkonzentration eindeutig aus dem ehemaligen Haldenmaterial stammt, auf dem das Haus gegründet ist. Durch gezieltes Abdichten aller Durchbrüche durch die Bodenplatte und Belüften des Fundamentraumes sind erste Sanierungsmaßnahmen eingeleitet worden.

Im Auftrag der IAEA wurden die 1989 begonnenen Messungen im Bereich der Tailingsaufhaldungen der portugiesischen Uranaufbereitung Urgeiriça fortgesetzt, so daß jetzt ein komplettes Bild der Radonverteilung im Abwindbereich der großen Halden erstellt werden kann. Die inzwischen mit über 50 Gitterpunkten abgesicherte Verteilung ergibt Radonkonzentrationen von 70-110 Bq·m<sup>-3</sup> je nach langfristiger Wetterlage während aus der Hauptwindrichtung Backgroundkonzentrationen von 20-30 Bq·m<sup>-3</sup> eingetragen werden, ein für die granitische Umgebung normaler Konzentrationsbereich.

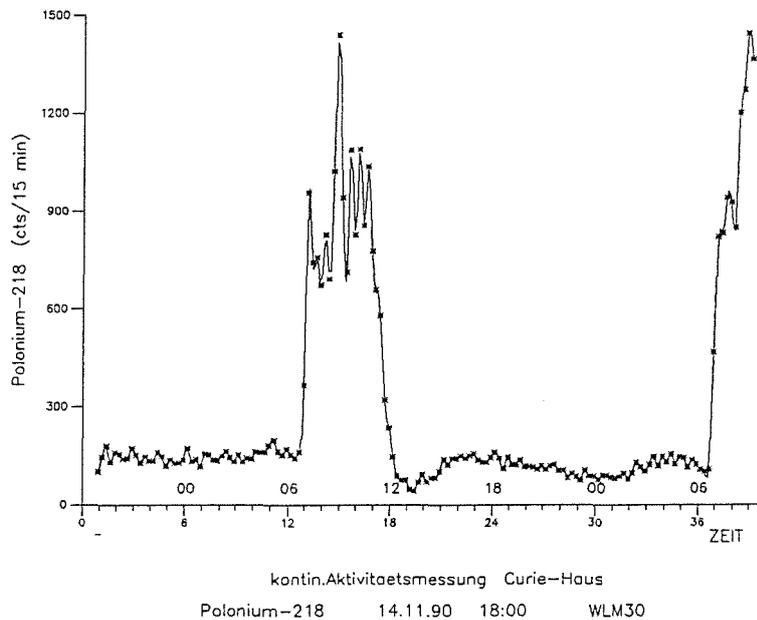


Abb. 6/14: Kontinuierliche Radonfolgeproduktmessung in der Bäderabteilung eines Radonbades

### 6.4.3 Optimierung der Ätzbedingungen für Radondetektoren

J. Schmitz, R. Roloff

Das in der Radonmessung im KfK-Dosimeter verwendete Detektormaterial besteht aus Biphenyl-A-Polycarbonat, eine in Form von Rollen großtechnisch hergestellte, preiswerte und weitverbreitete Kunststoffolie u. a. mit den Handelsnamen MAKROFOL oder LEXAN. Die Einzelchargen sind relativ uniform, die Großproduktion unterliegt jedoch Herstellungsschwankungen. Für die Detektorherstellung stehen als kleinste Handelsmenge 50-kg-Rollen mit ca. 200 m Länge zur Verfügung, woraus sich

Zigtausende von Detektoren stanzen lassen. Neben der Qualitätsprüfung auf möglichst niedrige  $\alpha$ -Spuren des Ausgangsmaterials müssen die Ätzbedingungen und die Kalibrierfaktoren für eine neuinstallierte Charge überprüft und gegebenenfalls neu eingestellt werden. Die mit den Detektoren zu erfassende  $\alpha$ -Strahlung (des Radons und der Radonfolgeprodukte) dringt in die 300  $\mu\text{m}$  starke Kunststoffolie ein und wird nach einer Weglänge von ca. 10-15  $\mu\text{m}$  in einem relativ begrenzten Bereich der Folie total abgebremst. Sie erzeugt hier in ca. 15-20  $\mu\text{m}$  Tiefe einen schmalen Bereich hoher Ionisationschäden. Diese Fehlstellen werden bei der elektrochemischen Ätzung für die Auswertung sichtbar gemacht. Die Lage der Fehlstellenschicht in Bezug auf die Oberfläche ist in erster Linie eine Funktion der auftreffenden  $\alpha$ -Energie, die wiederum bestimmt wird von der begrenzenden Geometrie des Dosimetergehäuses (Luftabsorption) und von der Schwächung beim Durchgang durch die Detektorabdeckung aus aluminiumierter Mylarfolie.

Die resultierenden  $\alpha$ -Energien liegen beim Auftreffen auf die Oberfläche bei 3-5 MeV. Daneben beeinflussen noch Dichte und Vernetzungsgrad des Polymers die Eindringtiefe der  $\alpha$ -Teilchen. Diese beiden Stoffeigenschaften wirken sich aber entscheidend auf die der Exposition folgende chemische Entwicklung des Detektors aus. Bei der Ätzung soll ein möglichst oberflächenparalleler Materialabtrag bis in den Bereich der maximalen  $\alpha$ -Reichweite erfolgen. Das Angreifen der Kalilauge bewirkt ein Aufbrechen der C-O-Polymerverknüpfung, und der Alkohol dient in erster Linie als Lösemittel für die Bruchstücke, im wesentlichen Dimethylbiphenole. Die Abtragratare ist stark abhängig von Temperatur, Alkalität und KOH/ROH-Verhältnis, und aus ihr berechnet sich letztlich die Zeit der Folie in der Ätzzelle bis zum Erreichen des optimalen Abtrags:

Werden die Ätzparameter überprüft und nach Möglichkeit auch optimiert, muß dabei auch der Arbeitsablauf im Labor beachtet werden, wie z. B. Thermostatisieren, Einfüllen der Lösungen, Ausspülen der Zellen, Reinigen und Wiederbeladen und die evtl. zu berücksichtigende Zeit- und Temperaturtoleranzen. Da im zweiten Ätzschritt unter dem Einfluß des Hochspannungswechselfeldes der Oberflächenabtrag weitergeht, müssen auch diese Parameter in die Überlegung miteinbezogen werden, um optisch einfach auswertbare Spuren zu erhalten, die sich nicht überlappen, ohne daß das exponentielle Wachsen der Spuren zum Durchschlagen der Folie führt.

Die Untersuchungen werden in Zusammenarbeit mit dem Institut für Umweltüberwachung des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) in Berlin Karlshorst durchgeführt, wo man sich schon seit einiger Zeit mit der passiven Radonmessung unter der Verwendung von Polycarbonatdetektoren beschäftigt. Als Versuchsmaterial standen ca. 100 Stück gleichmäßig beaufschlagte Folien zur Verfügung die bei einer Radonkonzentration von ca. 90 kBq·m<sup>-3</sup> in einem ehemaligen Bergwerkstollen 12 h exponiert waren. Für die Kalibrierung wurden ca. 40 Folien eingesetzt, die in der Radonkammer der BfS in Berlin und des NRPB in Didcot, England, unter bekannten Bedingungen exponiert waren.

Aus der Reihe der gewonnenen Ergebnisse sind die wichtigsten in Abb. 6/15 dargestellt. Das Volumenverhältnis KOH/ROH führt im Bereich von 40-60 % KOH zu den höchsten Spurendichten bei Ätztemperaturen von 35 und 40 °C. Bei tieferen Temperaturen ist das Ergebnis völlig unzureichend, während bei 30 °C und der hier konstant gehaltenen Ätzdauer von vier Stunden das Maximum nicht erreicht wird. Vorversuche mit anderen starken anorganischen Hydroxiden brachten gegenüber der KOH keine Verbesserung wobei der Umgang und die exakte Einstellung der konzentrierten Lauge nicht ohne Probleme ist.

Die Abhängigkeit von der Laugenkonzentration (35 °C, 4 h, 1:1) geht durch ein deutliches Maximum bei ca. 7 mol·l<sup>-1</sup> (Abb. 6/16). In diesem Bereich ist die Abhängigkeit der Spurendichte von kleineren Konzentrationschwankungen gering. Verwendung findet daher eine fertig eingestellte 6,5 m KOH der Firma Riedel de Häen. Kontrolliert man mit diesen Konzentrationen und der gut realisierbaren Temperatur von 35 °C die notwendige Ätzzeit, so steigt die Spurenausbeute zwischen 2 und 3,5 Stunden steil an, um zwischen 4 und 5 Stunden Ätzzeit relativ konstant zu bleiben (Abb. 6/17).

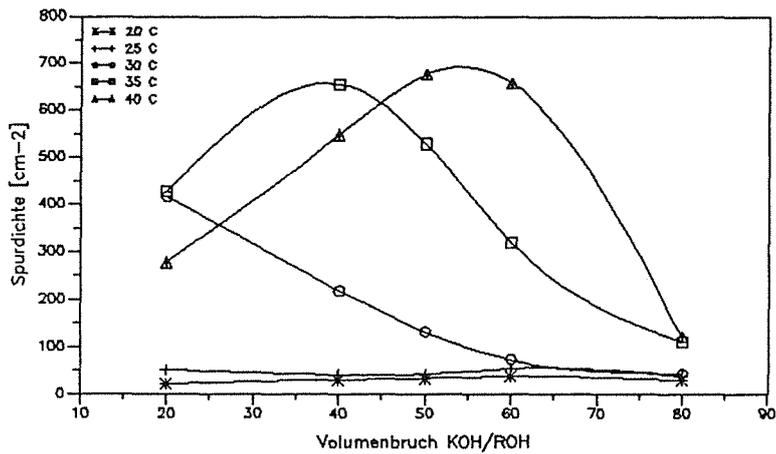


Abb. 6/15: Einfluß von Temperatur und KOH/ROH-Verhältnis auf die Spurdichte

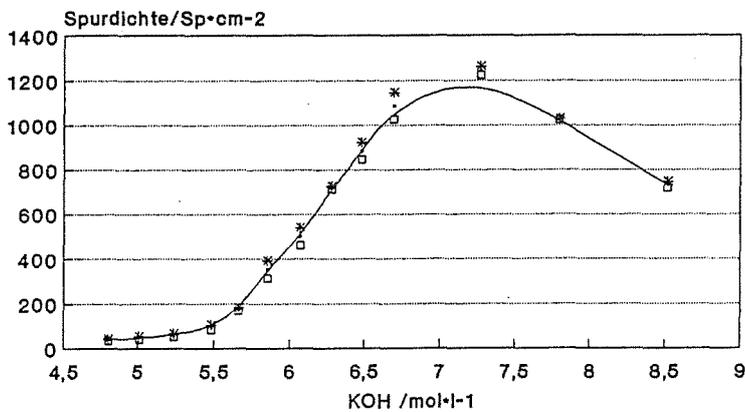


Abb. 6/16: Abhängigkeit der Spurdichte von der KOH-Konzentration

Die elektrochemische Nachätzung dient nur der Auswertbarkeit der Spuren. Unter den Randbedingungen aus der chemischen Ätzung ergaben sich nach Vorversuchen unter Variation von Spannung und Frequenz die Einstellungsparameter 2 h, 3 kHz, 1 kV, die eine gute Bestimmung der Spurenzahl sowohl bei der automatischen Auswertung mit einem MicroVideomat III der Firma Zeiss wie auch bei der Handauswertung mit dem Microfiche-Lesegerät ermöglichen.

Bei der Handauswertung empfiehlt sich eine chemische Nachätzung von 30 Minuten. Hierbei wird der "Mittelpunkt" der Spur geglättet, so daß auch überlappende Spuren sicher identifiziert werden können. Das gilt insbesondere für sehr hohe Spurendichten ( $>1\,500\text{ cm}^{-2}$ ), die von der automatischen Zählung nicht mehr fehlerfrei ausgewertet werden.

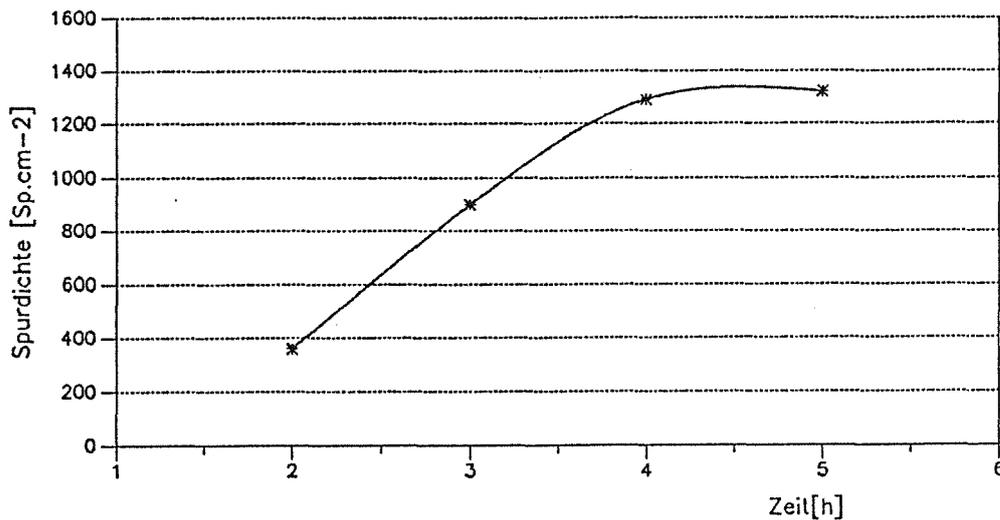


Abb. 6/17: Spurdichte als Funktion der Ätzzeit  
(6,5 n KOH/ROH 50:50, ECE: 2 h, 1 kV, 3 kHz, 35 °C)

Durch die Optimierungsversuche wurden einerseits die Handhabung und das Timing so verbessert, daß eine Ätzung bequem an einem Arbeitstag mit allen Nebenarbeiten durchgeführt werden kann. Andererseits führte sie aber auch zu einer Verbesserung des Signal/Rauschverhältnisses: Bei einem Nullwert von ca. 7 Spuren pro  $\text{cm}^2$  können Spurdichten bis in den Sättigungsbereich von ca. 2 000  $\text{cm}^{-2}$  noch gezählt werden.

Die mit den optimierten Ätzbedingungen ausgewerteten Dektektorfolien ergaben neue Kalibrierfaktoren für das Gesamtsystem: Die Kalibrierung im Bereich 4-12  $\text{kBq}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}$  wie in der Radonkammer des BfS in Berlin eingestellt, ergab 22 Spuren- $\text{cm}^{-2}/\text{kBq}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}$ . Die NRPB-Kalibrierung im Bereich von 5-50  $\text{kBq}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}$  ergab einen Wert von 24 Spuren- $\text{cm}^{-2}/\text{kBq}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}$ . Die Standardabweichung lag bei allen Werten unter 10 %. Damit ändert sich die Empfindlichkeit des Systems von bisher 9 Spuren pro  $\text{cm}^2$  auf 23 Spuren pro  $\text{cm}^2$  und die Erfassungsgrenzen unter realen Expositionsbedingungen (1-100 Tage) von ca. 10  $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  bis 100  $\text{kBq}\cdot\text{m}^{-3}$ . Die Anwendung der integrierenden Passivdosimeter erstreckt sich damit von Radonbestimmungen z. B. in Bodenluft bis zur Messung von Konzentrationen in unbelasteter Umgebungsluft.

Mit Einführung der Vakuumverpackung für gestanzte Folien und geladene Dosimeter ist die Lager- und Versandfähigkeit des Materials ohne Kontaminationsgefahr möglich. Nach einer mehr als halbjährigen Lagerung von fertigen Dosimetern im Labor konnte auf den Detektoren kein Nullwertanstieg gefunden werden. Die natürliche Ra-226-Aktivität der im Dosimeter verwendeten Glasfaserfilter wurde mit 0,3  $\text{mBq}/\text{Filter}$  bestimmt und liefert keinen Beitrag zum Nulleffekt auf der dem Dosimeterraum zugewandten Seite.

Um auch die Dichtigkeit der Vakuumverpackung bei sehr hohen Umgebungskonzentrationen zu testen wurden, eingeschweißte Detektoren einer Konzentration von 90  $\text{kBq}\cdot\text{m}^{-3}$  für mehr als fünf Tage ausgesetzt. Der Nullwert der in die besonders geeigneten Folienbeutel aus 100  $\mu\text{m}$  PU/PAE-Verbundfolie eingeschweißten Dosimeter, die einer Exposition von ca. 500  $\text{kBq}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}$  ausgesetzt waren, stieg von 7 auf 28 Spuren pro  $\text{cm}^2$ .

## 6.5 Inkorporationsmessung

### 6.5.1 Routine- und Sondermessungen

H. Doerfel, U. Mohr, Th. Reddmann, A. Zieger

Alle Mitarbeiter von KfK, KBG, WAK und TU, die mit offenen radioaktiven Stoffen oberhalb einer bestimmten Grenzmenge umgehen, werden routinemäßig auf inkorporierte Radionuklide untersucht. Die Grenzmenge richtet sich sowohl nach der Art der gehandhabten Radionuklide als auch nach dem Inkorporationsrisiko beim Umgang. Die Häufigkeit der Untersuchungen richtet sich in erster Linie ebenfalls nach dem Inkorporationsrisiko und in zweiter Linie auch nach der effektiven Halbwertszeit der Radionuklide im Körper. So genügt bei schwerflüchtigen und langlebigen Stoffen eine Inkorporationsmessung pro Jahr, während bei leichtflüchtigen und kurzlebigen Stoffen bis zu zwölf Routinemessungen erforderlich sein können. Ergeben sich beim Umgang mit radioaktiven Stoffen konkrete Hinweise auf eine mögliche Inkorporation, so werden zusätzlich zu den Routinemessungen sofortige Sondermessungen durchgeführt.

Die Messungen werden mit dem Ganzkörperzähler sowie mit dem Teilkörperzähler von HS/D durchgeführt. Mit dem Ganzkörperzähler können in erster Linie Spalt- und Aktivierungsprodukte nachgewiesen werden, während der Teilkörperzähler hauptsächlich zum Nachweis von Aktiniden in der Lunge sowie in der Leber und im Skelett dient.

Die Tab. 6/5 vermittelt einen Überblick über die mit dem Ganzkörperzähler für die verschiedenen Überwachungsbereiche durchgeführten Inkorporationsmessungen. Bedingt durch den Reaktorunfall von Tschernobyl wiesen auch 1990 noch alle untersuchten Personen eine deutlich erhöhte Cäsium-Körperaktivität auf. Dies führte wie bereits im Vorjahr zu einer signifikanten Erhöhung der unteren Nachweisgrenze für alle im Rahmen der beruflichen Tätigkeit zugeführten Radionuklide. Besondere Schwierigkeiten bereitet die Abschätzung der beruflich bedingten Zufuhr von Cs-137. Schließt man eine beruflich bedingte Zufuhr von Cs-134 aus, so kann man anhand des bekannten Aktivitätsverhältnisses der in Tschernobyl freigesetzten Cäsium-Isotope die beruflich bedingte Körperaktivität von Cs-137 abschätzen. Dies führte in keinem Fall zu einem positiven Befund.

Die auf berufliche Strahlenexposition zurückzuführenden Meßergebnisse der Ganzkörpermessungen wurden mit Hilfe der neuen Software der internen Dosimetrie analysiert. Insgesamt wurden 2 011 Mitarbeiter überwacht (Tab. 6/6). Bei 46 Personen sind die 1990 nachgewiesenen Körperaktivitäten mit hoher Wahrscheinlichkeit ausschließlich auf Aktivitätszufuhren in den Vorjahren zurückzuführen. Bei zwei Personen beruhen die nachgewiesenen Körperaktivitäten wahrscheinlich teilweise und bei 36 Personen ausschließlich auf neuen Aktivitätszufuhren in 1990. Bei 50 Personen reichten die verfügbaren Meßergebnisse für eine sinnvolle Interpretation nicht aus. Nimmt man an, daß die 1990 erfolgten Aktivitätszufuhren auf Inhalation zurückzuführen sind, so ergeben sich die in Tab. 6/7 aufgeführten Werte für die resultierende effektive Folgeäquivalentdosis. Die Tab. 6/7 vermittelt darüber hinaus auch einen Überblick über die bei den Berechnungen zugrundegelegten bzw. die aus den Meßergebnissen resultierenden Lungenretentionsklassen. Die weitaus überwiegende Mehrzahl der Meßbefunde geht auf Inkorporationen von Co-60 in schwer transportabler Form (Lungenretentionsklasse Y) zurück.

Mit den Teilkörperzählern wurden im Rahmen der Eigenüberwachung 23 Messungen aus besonderen Anlässen durchgeführt, die in zwei Fällen einen positiven Befund lieferten (Tab. 6/8).

Überwachungs- bereich	Anzahl der überwachten Mitarbeiter	Routinemäßige Inkorporationsmessungen	Inkorporationsmessungen aus besonderem Anlaß
		Anzahl der Messungen	Anzahl der Messungen
HBAU	2	2	-
HBT	9	9	-
HBT/BI	21	27	-
HBT/BW	38	47	-
HDB	522	900	11
HIT	5	8	-
HS	31	45	-
HPS	1	1	-
HVT	2	2	-
HVT/EA	2	2	-
HVT/HZ	26	33	2
IGT	7	9	3
IHCH	99	128	4
IK III	10	11	1
IMF I	1	1	-
IMF II	6	6	-
INE	17	23	1
INFP	1	1	-
IRCH	19	20	-
KBG-KNK	143	154	-
KBG-MZFR	103	161	-
LAF II	15	24	-
PHDR	9	9	-
SKT	1	2	-
TU	179	194	3
WAK	490	925	3
Sonstige	252	381	1
Gesamt	2 011	3 125	29

Tab.6 /5: Ergebnisse der Inkorporationsüberwachung im Ganzkörperzähler (Befunde ohne Berücksichtigung der Cäsium-Inkorporationen)

Nuklid	Anzahl der Personen mit positivem Befund	wahrscheinliche Ursachen der Körperaktivität		
		ausschließlich Vorbelastung	teilweise Vorbelastung	neue Zufuhr in 1990
Co-60	101	44	-	20
Co-58	13	-	-	6
Mn-54	11	-	2	6
Zr-95	1	-	-	1
Zn-65	3	2	-	1
I-131	5	-	-	2
Gesamt	134 (100 %)	46 (34 %)	2 (1,5 %)	36 (27%)

Tab. 6/6: Ursachen für die positiven Meßbefunde des Ganzkörperzählers in 1990 aufgrund der Analyse der Meßergebnisse nach ICRP 30

Nuklid	Retentionsklasse			Effektive Folgeäquivalentdosis in µSv			
	D	W	Y	≤ 1	>1 ≤10	>10 ≤100	>100 ≤1 000
Co-60	-	-	20	-	-	15	5
Co-58	-	-	6	-	5	1	-
Mn-54	-	6	-	4	2	-	-
Zr-95	-	-	1	-	-	1	-
Zn-65	-	-	1	-	1	-	-
I-131	2	-	-	-	-	1	1
Gesamt	2	6	28	4	8	18	6

Tab. 6/7: Schätzwerte für die effektive Folgeäquivalentdosis infolge von Inkorporationen im Jahr 1990 aufgrund einer Analyse der Meßergebnisse des Ganzkörperzählers nach ICRP 30

Außer den Routinemessungen wurden zahlreiche weitere Untersuchungen durchgeführt. So wurden im Ganzkörperzähler 190 Referenzmessungen zur Bestimmung der Cäsium-Körperaktivität in der Karlsruher Referenzgruppe durchgeführt. Weitere 297 Ganzkörpermessungen galten der Bestimmung von K-40 und anderen Hintergrundstrahlern im Zusammenhang mit Teilkörperuntersuchungen. Zusammen mit verschiedenen Probenmessungen beläuft sich die Gesamtanzahl der Untersuchungen mit dem Ganzkörperzähler auf etwa 3 450.

Ein ganz erheblicher Anteil der Meßkapazität der Teilkörperzähler wurde auch 1990 wieder durch Inkorporationsmessungen für externe Auftraggeber in Anspruch genommen (Tab. 6/9). Im Vordergrund standen dabei Messungen für KWU, Euratom und Siemens/BW. Die Gesamtanzahl der Teilkörpermessungen beläuft sich auf etwa 680. Damit gehört die Inkorporationsmeßstelle von KfK zu den am stärksten ausgelasteten Einrichtungen dieser Art in der Bundesrepublik.

Institut	Anzahl Personen	Messungen aus besonderem Anlaß	
		Anzahl Messungen	Messungen mit Befund
HDB	11	11	2
IGT	1	1	0
IHCH	4	4	0
HVT/HZ	2	2	0
TU	3	3	0
WAK	2	2	0
Gesamt	23	23	2

Tab.6/8: Ergebnisse der Inkorporationsüberwachung im Teilkörperzähler

Messung	Phoswich-Detektor 8"	Phoswich-Detektor 1"	HPGe-Detektor
Fremdauftrag	434	60	160
Referenz	17	-	6
Kalibrierung	8	72	32
Nulleffekt	29	13	17
Sonstige	76	6	4
Gesamt	564	151	219

Tab.6/9: Zusammenstellung der mit den Phoswich- und den HPGe-Detektoren im Teilkörperzähler durchgeführten Messungen (ohne Messungen aus besonderem Anlaß)

### 6.5.2 Cs-137-Referenzmessungen

H. Doerfel, U. Mohr, Th. Reddmann, A. Zieger

Seit der Installation des ersten KfK-Ganzkörperzählers im Jahr 1961 wird in monatlichen Messungen an einer Referenzgruppe von zur Zeit etwa 15 Mitarbeitern von HS die Cs-137-Körperaktivität in der Bevölkerung aus dem Karlsruher Raum ermittelt.

In Tab. 6/10 sind die Monatsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität für das Jahr 1990 aufgelistet. Die Abb. 6/18 vermittelt einen Überblick über die seit dem Reaktorunfall von Tschernobyl für die Erwachsenen der Referenzgruppe gewonnenen Monatsmittelwerte. Bei den Erwachsenen ergab sich im dritten Quartal 1987 ein Maximum um etwa 8 Bq/kg. Seit dem vierten Quartal 1987 wird ein stetiger Abfall der spezifischen Cs-137-Körperaktivitäten beobachtet.

Monat	Mittlere spezifische Cs-137-Körperaktivität in Bq/kg
	Erwachsene
Januar	0,97
Februar	1,22
März	0,89
April	0,90
Mai	0,69
Juni	0,61
Juli	0,83
August	0,57
September	0,94
Oktober	0,70
November	0,74
Dezember	0,91

Tab. 6/10: Monatsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität in der Karlsruher Referenzgruppe für 1990 (Erwachsene)

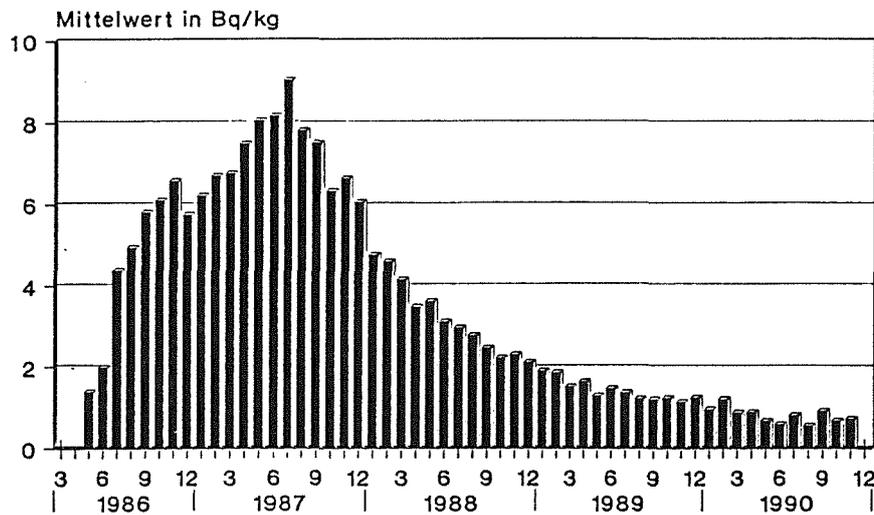


Abb. 6/18: Monatsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität in der Karlsruher Referenzgruppe

Die Abb. 6/19 zeigt eine Aufschlüsselung der Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität nach dem Geschlecht. Bei Frauen wird das Maximum etwas früher erreicht als bei Männern. Dies ist wahrscheinlich auf die geschlechtsspezifischen Unterschiede der biologischen Halbwertszeit von Cäsium zurückzuführen.

Die Abb. 6/20 vermittelt einen Überblick über alle seit 1961 für Erwachsene gemessenen Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität. Das erste Maximum im Jahr 1964 ist auf die umfangreichen Kernwaffentests in der Atmosphäre in den Jahren 1961 und 1962 zurückzuführen.

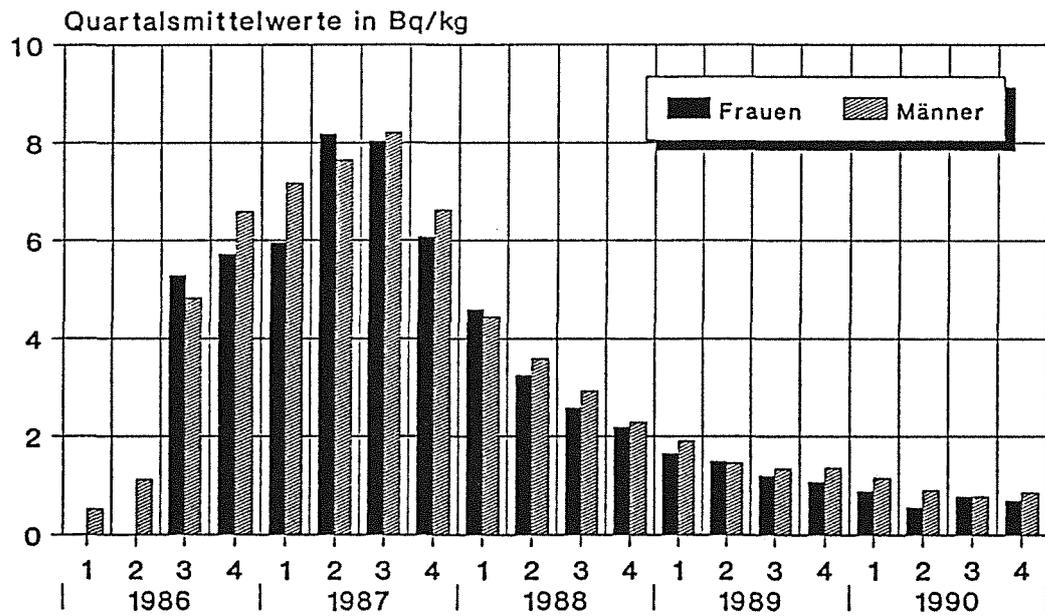


Abb. 6/19: Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität für die Frauen und Männer der Karlsruher Referenzgruppe seit dem Reaktorunfall von Tschernobyl

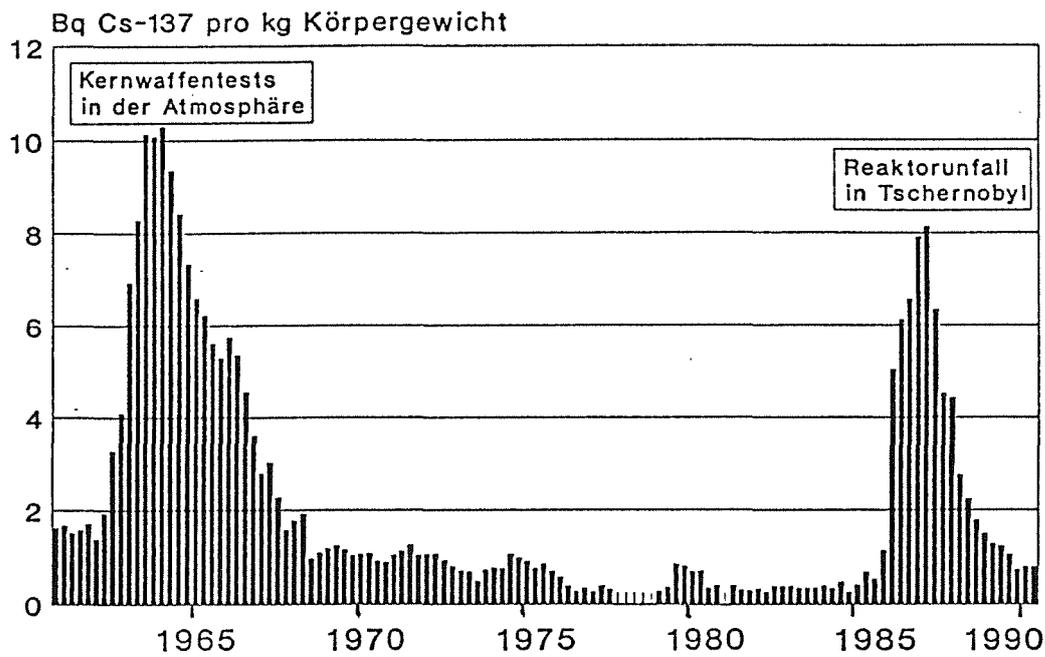


Abb. 6/20: Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität für die Karlsruher Referenzgruppe (Erwachsene) seit 1961

Dieses Maximum liegt rund 25 % über dem nach dem Unfall von Tschernobyl beobachteten Maximum in Höhe von etwa 8 Bq/kg. Ein Vergleich der Flächen der beiden Peaks zeigt, daß die durch die Kernwaffentests in der Atmosphäre verursachte Cs-137-Körperdosis im Karlsruher Raum etwa doppelt so groß war wie die durch den Reaktorunfall von Tschernobyl verursachte Cs-137-Körperdosis.

### 6.5.3 Neues Stoffwechselmodell für Plutonium

H. Doerfel

Die vor drei Jahren begonnenen Arbeiten zur Entwicklung eines neuen Stoffwechselmodells für Plutonium wurden 1990 verstärkt fortgesetzt. Im Vordergrund stand hierbei die Kinetik von Plutonium und Americium bei Wunddepositionen. Die in der Literatur verfügbaren Daten von Personen mit Wunddepositionen von Transuranen sind zum Teil sehr widersprüchlich. So wurden beispielsweise bei Autopsieuntersuchungen von zwei Personen, die beide etwa 20 Jahre vor ihrem Tod eine Am-241-Wundkontamination an der linken Hand erlitten hatten, extrem unterschiedliche Aktivitätsverteilungen ermittelt.

Im ersten Fall befand sich der überwiegende Aktivitätsanteil (80 %) in den axialen Lymphknoten, während im zweiten Fall der Hauptanteil (81 %) im Skelett gefunden wurde. Die Unterschiede zwischen den Aktivitätsverteilungen können auf die unterschiedliche Transportabilität der Aktivität im Weichgewebe zurückgeführt werden. Von besonderer Bedeutung ist hierbei offenbar die unterschiedliche Tendenz zur Bildung diffusionsfähiger Komplexverbindungen im Wunddepot. Hier liegt ein wesentlicher Ansatzpunkt zur Beschreibung der Kinetik der Aktivität im Weichgewebe. Weitere Ansatzpunkte zur Entwicklung des neuen Modells sind unter anderem die bisher kaum berücksichtigten Adsorptionseffekte an den Gefäßwänden sowie die Rezirkulationseffekte im Lungengewebe.

Der gegenwärtige Entwicklungsstand des neuen Modells läßt sich wie folgt charakterisieren:

- Die in der Literatur verfügbaren Daten für die relative Plutonium-Ausscheidung in Urin und Stuhl nach intravenöser Injektion werden durch das Modell im gesamten Zeitbereich bis etwa 2 000 Tage nach der Zufuhr mit einer mittleren Abweichung von weniger als 10 % wiedergegeben. Diese Annäherung ist besser als bei den bislang benutzten Funktionen von Langham, Beach/Dolphin und Durbin.  
Dies wird durch die Abb. 6/21 und 6/22 illustriert, in denen die verschiedenen Ausscheidungsfunktionen mit den aus der Literatur abgeleiteten mittleren Ausscheidungsdaten verglichen werden. Allerdings können auch mit dem neuen Modell bislang noch nicht die relativ hohen Ausscheidungsdaten nach etwa 10 000 Tagen nachvollzogen werden. Möglicherweise handelt es sich hierbei um pathologische Effekte (Osteoporose), die einen beschleunigten Abbau des Skelettdepots bewirken.
- Die Langham-Daten für die Aktivitätskonzentration von Plutonium im Blut werden mit dem neuen Modell im gesamten erfaßten Zeitbereich bis 46 Tage nach der Injektion im Rahmen der statistischen Schwankungsbreite der Meßwerte richtig wiedergegeben (siehe Abb. 6/23).
- Die Autopsie-Daten von Langham für die Aktivitätsdepositionen in Leber, Skelett und im Weichgewebe, die teilweise sehr widersprüchlich sind, werden durch das Modell als "best estimates" wiedergegeben.

Die weiteren Arbeiten konzentrieren sich auf die genauere Anpassung des Modells an die in der Literatur verfügbaren Ergebnisse für inhalationsbedingte Expositionen.

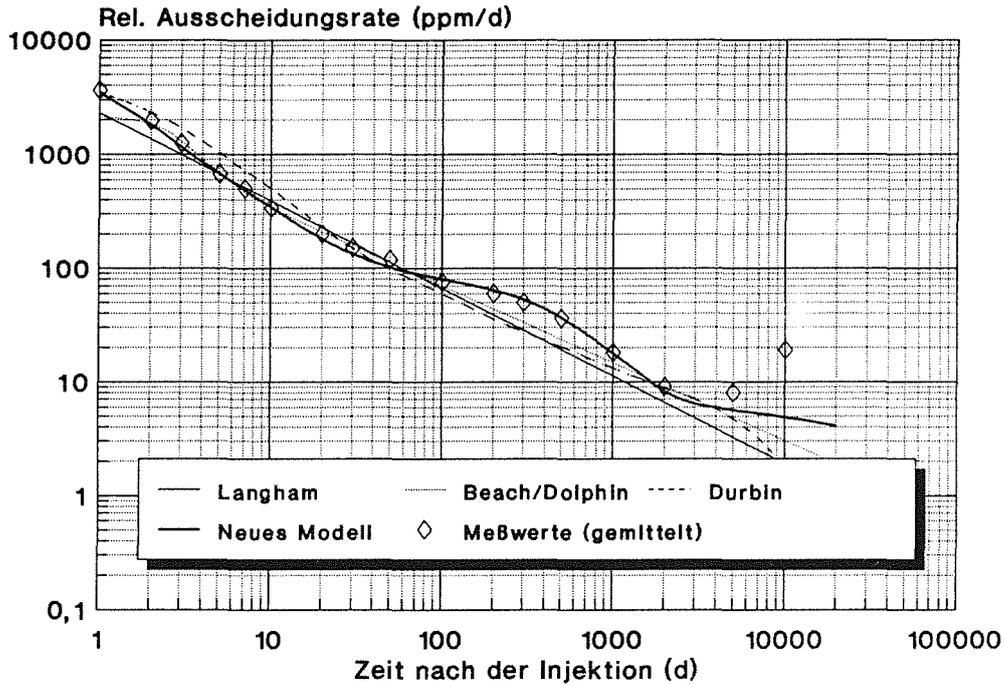


Abb. 6/21: Plutonium-Ausscheidung im Urin nach intravenöser Injektion (Ausscheidungs-raten bezogen auf die Aktivitätszufuhr): Ausscheidungsfunktionen nach Langham, Beach/Dolphin und Durbin sowie nach dem neuen Modell im Vergleich zu den aus der Literatur entnommenen mittleren Meßwerten

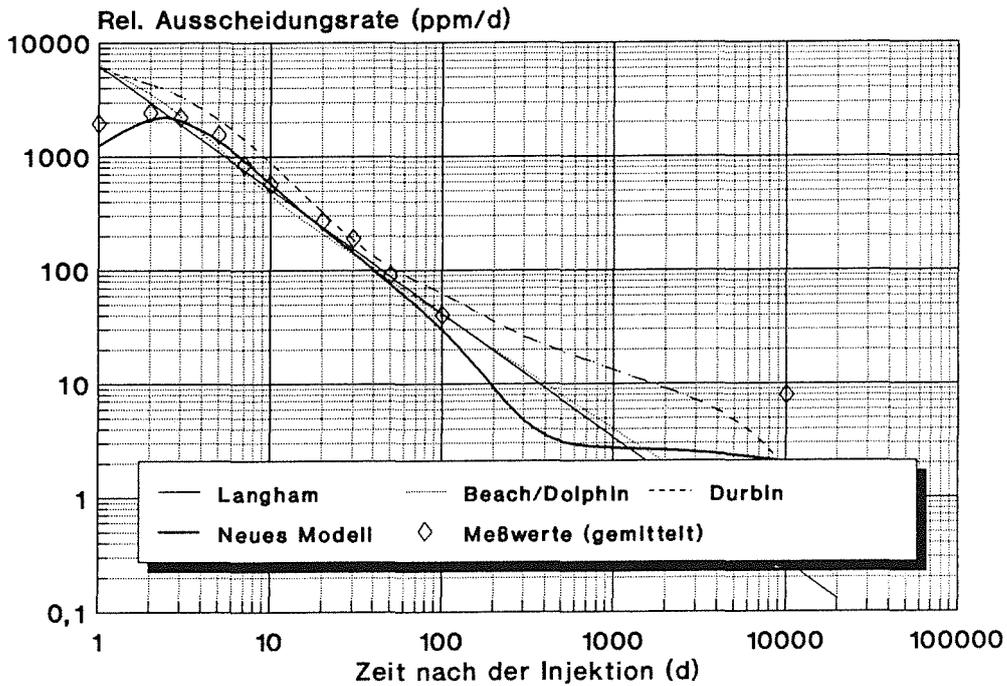


Abb. 6/22: Relative Plutonium-Ausscheidung im Stuhl nach intravenöser Injektion (Ausscheidungs-raten bezogen auf die Aktivitätszufuhr): Ausscheidungsfunktionen nach Langham, Beach/Dolphin und Durbin sowie nach dem neuen Modell im Vergleich zu den aus der Literatur entnommenen mittleren Meßwerten

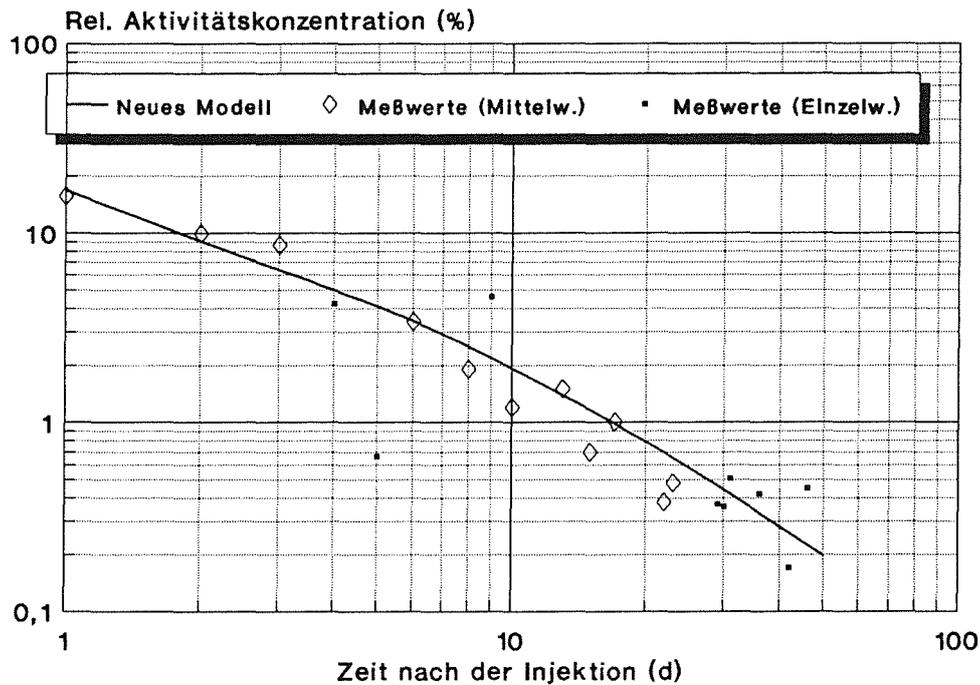


Abb. 6/23: Relative Plutonium-Aktivitätskonzentration im Blut nach intravenöser Injektion (Aktivitätskonzentration bezogen auf die Aktivitätszufuhr): Nach dem neuen Modell berechnete Werte im Vergleich zu den aus der Literatur entnommenen Meßwerten

#### 6.5.4 Untersuchung einer Plutonium-Americium-Wundkontamination

H. Doerfel, A. Zieger, U. Mohr

Im Jahr 1988 zog sich ein Mitarbeiter einer Brennelementfirma bei einem Arbeitsunfall eine 5 cm lange Schnittwunde mit einer erheblichen Plutonium/Americium-Kontamination am linken Daumen zu. Zur genaueren Bestimmung des Wunddepots sowie der aus dem Wunddepot resultierenden Sekundärdepositionen wurde der Mitarbeiter in der Folgezeit mehrmals bei HS/D untersucht. Die Untersuchungen wurden 1990 mit einer zusammenfassenden Bewertung aller Meßergebnisse abgeschlossen.

Die Meßergebnisse beziehen sich auf die Plutonium-Isotope Pu-238, Pu-239 und Pu-240 (Pu-Alpha) sowie auf Am-241. Die Aktivität des beta-strahlenden Plutonium-Isotops Pu-241 wurde bei den Messungen nicht explizit erfaßt, da die Aktivitätsverhältnisse in dem gehandhabten Gemisch bekannt sind (Pu-241/Pu-Alpha = 34,6).

Bei den vorliegenden Werten handelt es sich um die verschiedensten Meßgrößen (Pu-Alpha- und Am-241-Aktivität im Wunddepot, Pu-Alpha-Aktivitätskonzentration im Blut, Am-241-Aktivität in der Leber und in den regionären Lymphknoten, Pu-Alpha- und Am-241-Aktivitätsausscheidung in Stuhl und Urin). Die Interpretation der Meßergebnisse wurde insbesondere durch folgende Faktoren erschwert:

- Verfälschung der Wundmeßergebnisse durch eine anfängliche äußere Restkontamination,
- Veränderung des Wunddepots durch mehrere Operationen mit Gewebeentnahmen,
- Veränderung der Ausscheidungsraten durch DTPA-Injektionen.

Mit Hilfe des neuen biologischen Modells (Kapitel 6.5.3) war es möglich, die Meßergebnisse trotz dieser vielfältigen Einflußfaktoren in ein konsistentes Bild zu bringen. Darüber hinaus konnte das Zeitprofil der durch die DTPA-Injektionen bewirkten Ausscheidungsintensivierung ermittelt werden. Mit Hilfe dieses Zeitprofils konnte der DTPA-Einfluß rechnerisch korrigiert werden.

Die Abb. 6/24 zeigt als Beispiel die auf diese Weise korrigierten Meßwerte der Plutonium-Ausscheidung im Urin im Vergleich zu der durch das Modell gegebenen Ausscheidungsfunktion. Die Ausscheidungsfunktion setzt sich hierbei aus einer Gefäß- und einer Gewebe-Komponente zusammen. Die Gefäß-Komponente wird von derjenigen Aktivität bestimmt, die beim Unfall oder unmittelbar danach durch verletzte Gefäße direkt in den Blutkreislauf übergegangen ist. Die Gewebe-Komponente wird dagegen von derjenigen Aktivität bestimmt, die beim Unfall im Gewebe deponiert und nicht in der Folgezeit exzidiert wurde.

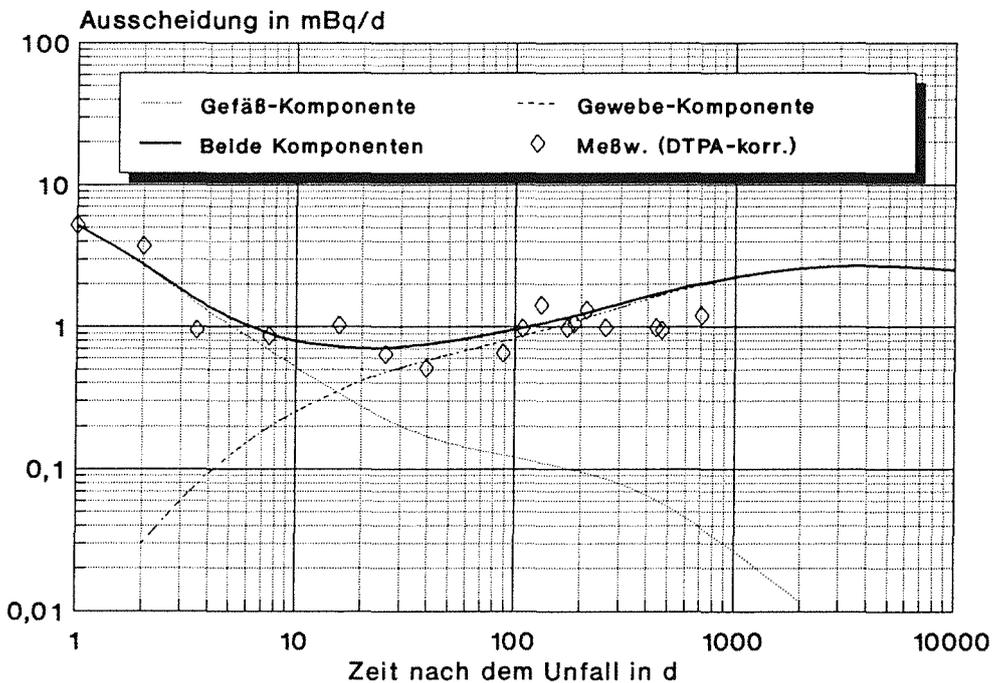


Abb. 6/24: DTPA-korrigierte Meßwerte der Pu-Alpha-Aktivitätsausscheidung im Urin im Vergleich zu den durch das Modell gegebenen Ausscheidungsfunktionen (Gefäß-Komponente: beim Unfall direkt in den Blutkreislauf übergegangene Aktivität; Gewebe-Komponente: beim Unfall im Gewebe deponierte Aktivität)

Eine ähnlich gute Übereinstimmung zwischen Messung und Modelltheorie ergibt sich auch für die Am-241-Aktivität in der Leber (Abb. 6/25) sowie für alle übrigen Meßgrößen. Es ist daher gerechtfertigt, das Modell zur Extrapolation der gemessenen Werte wie auch zur Berechnung der nicht meßbaren Größen heranzuziehen. Auf diese Weise ergibt sich beispielsweise der in Abb. 6/26 dargestellte Verlauf der Pu-Alpha-Aktivität im Skelett.

Aufgrund der Modellrechnungen konnten die Aktivitäten, die beim Unfall im Gewebe deponiert und nicht in der Folgezeit exzidiert wurden, ermittelt werden. Die beim Unfall oder unmittelbar danach durch verletzte Gefäße direkt in den Blutkreislauf übergegangenen Aktivitäten sind mit 1,5 Bq Pu-Alpha und 0,3 Bq Am-241 gering. Dies ist sicher in erster Linie darauf zurückzuführen, daß unmittelbar nach dem Unfall ein Blutstau angelegt wurde.

Das Modell gestattet unter anderem auch eine Abschätzung der durch die DTPA-Injektionen erzielten Dosisreduktion. Hierbei zeigt sich, daß die in den ersten beiden Jahren aufgrund des Modells zu erwartende Aktivitätsdeposition in Skelett und Leber durch die DTPA-Therapie um etwa 10 % reduziert wurde. Bezogen auf die in 50 Jahren zu erwartende Aktivitätsdeposition ergibt sich eine Reduktion um etwa 1 %. Diese Reduktion ist so gering, daß sie bei der Abschätzung der 50-Jahre-Folgeäquivalentdosis vernachlässigt werden kann.

Das Hauptproblem bei der Abschätzung der effektiven 50-Jahre-Folgeäquivalentdosis liegt in der Bewertung der Aktivitätsdeposition in den regionären Lymphknoten, da in den ICRP-Publikationen keine expliziten Wichtungsfaktoren für das lymphatische Gewebe angegeben werden. Hinzu kommt, daß es sich hier um eine extrem ungleichförmige Bestrahlung des lymphatischen Gewebes handelt. Bei Zurechnung der Wichtungsfaktoren von ICRP-Publikation 26 zeigt sich, daß die insgesamt zu erwartende effektive 50-Jahre-Folgeäquivalentdosis zwischen den beiden Eckwerten ohne Berücksichtigung des lymphatischen Gewebes und bei konservativer Berücksichtigung des lymphatischen Gewebes sich wie 1 zu 1,6 verhalten. Das beta-strahlende Plutonium-Isotop Pu-241 trägt über das nachgebildete Am-241 etwa 30 % zu diesen Werten bei.

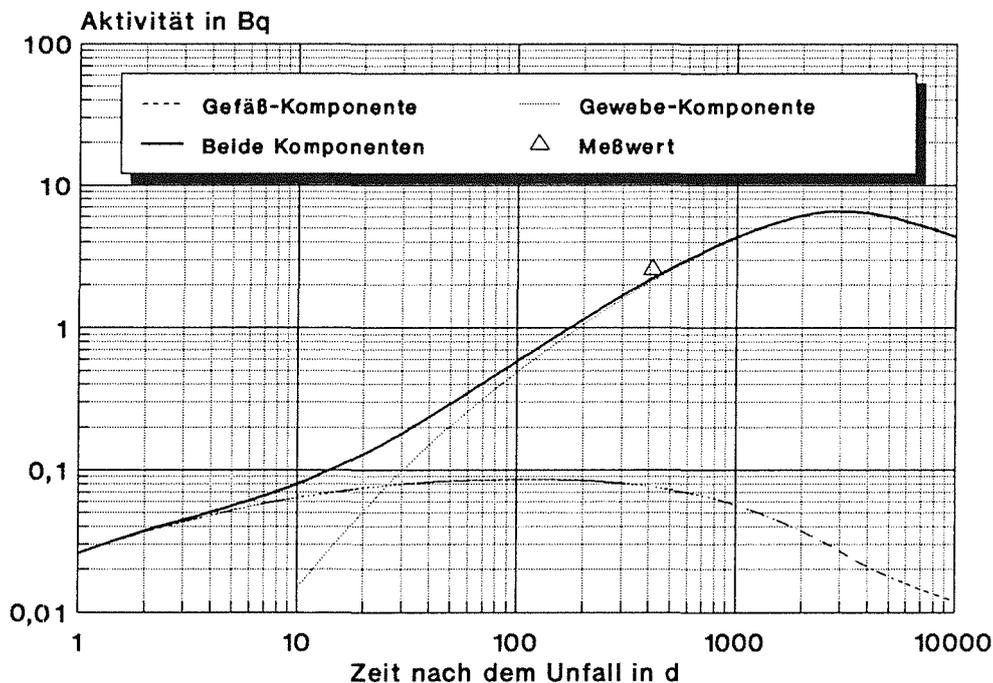


Abb. 6/25: Meßwert der Am-241-Aktivität in der Leber im Vergleich zu den durch das Modell gegebenen Retentionsfunktionen (Gefäß-Komponente: beim Unfall direkt in den Blutkreislauf übergegangene Aktivität; Gewebe-Komponente: beim Unfall im Gewebe deponierte Aktivität)

Zur Präzisierung dieser Erwartungswerte sind weitere Messungen im Bereich der regionären Lymphknoten sowie genauere Recherchen über die Strahlenempfindlichkeit des lymphatischen Gewebes erforderlich.

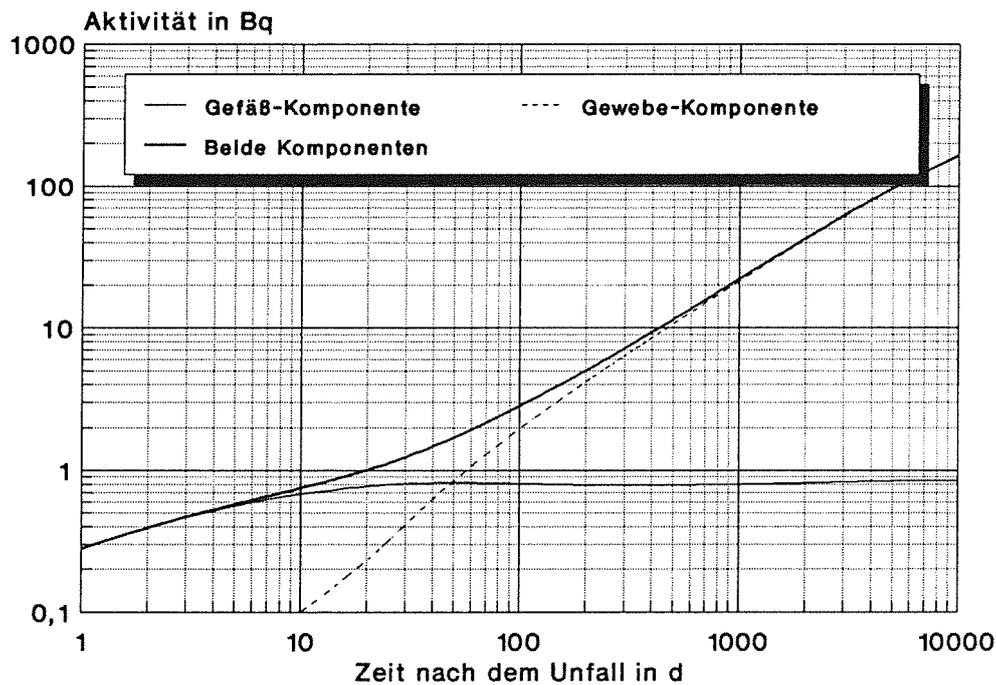


Abb. 6/26: Pu-Alpha-Aktivität im Skelett aufgrund der durch das Modell gegebenen Retentionsfunktionen (Gefäß-Komponente: beim Unfall direkt in den Blutkreislauf übergegangene Aktivität; Gewebe-Komponente: beim Unfall im Gewebe deponierte Aktivität)

#### 6.5.5 Zur Nachweisgrenze bei der Messung von Transuranen in Urinausscheidungen

H. Doerfel

Bei der Inkorporationsüberwachung auf Plutonium und andere Transurane spielen die routinemäßigen Urinuntersuchungen eine besondere Rolle. Die Urinausscheidung ist ein Maß für die metabolisierte Aktivität, und daher im allgemeinen von höherer Aussagekraft hinsichtlich der resultierenden Folgeäquivalentdosis als die Stuhlausscheidung. Allerdings wird die Urinausscheidung von quasistationären Prozessen mit relativ langen Zeitkonstanten bestimmt. Dies hat zur Folge, daß die täglichen Ausscheidungsraten relativ gering sind. Andererseits ergibt sich hieraus aber auch der für die Inkorporationsüberwachung sehr günstige Effekt, daß die täglichen Ausscheidungsraten keinen größeren zeitlichen Schwankungen unterworfen sind.

Im Kernforschungszentrum werden die Urinuntersuchungen wie alle anderen Ausscheidungsmessungen im Toxikologischen Labor der Medizinischen Abteilung durchgeführt. Die Aktivität wird zunächst radiochemisch abgetrennt und danach alphaspektrometrisch bestimmt. Die untere Nachweisgrenze des Meßverfahrens wird mit 1,5 mBq angegeben. Dieser Wert bezieht sich auf eine chemische Ausbeute von 30 % und eine Meßzeit von 1 000 min.

Bei den routinemäßig überwachten Mitarbeitern des Kernforschungszentrum liegen die Urinausscheidungsrate im allgemeinen unter der Nachweisgrenze. Nur in äußerst seltenen Fällen werden Werte von mehr als 1,5 mBq gemessen. In diesen Fällen ist eine Interpretation der Meßwerte allerdings sehr schwierig, da die vorangegangenen und nachfolgenden Meßergebnisse der betreffenden Personen meistens unter der Nachweisgrenze liegen. Folglich ist in diesen Fällen der Erwartungswert der Urinausscheidungsrate kleiner als 1,5 mBq, d. h. die vereinzelt auftretenden signifikanten Meßwerte werden durch die zählstatistischen Schwankungen der Messungen sowie durch die Tagesschwankungen der Urinausscheidung hervorgerufen.

Die Nulleffektzählraten eines Alphaspektrometers mit einem typischen Oberflächensperrschicht-Detektor liegen bei etwa 3 Impulsen pro 1 000 min. Hier wird die Streuung der Einzelmessungen von einer Poisson-Verteilung bestimmt. Bei Meßwerten an der unteren Nachweisgrenze (15 bis 20 Impulse pro 1 000 min) kann dagegen bereits mit hinreichender Genauigkeit mit Normalverteilungen gerechnet werden.

Die Abb. 6/27 zeigt als Beispiel eine Poisson-Verteilung für den Nulleffekt (mittlere Zählrate 3 Impulse pro 1 000 min) und eine Normalverteilung für den Meßeffect bei einer Urinausscheidung von 1,5 mBq (mittlere Zählrate 16,5 Impulse pro 1 000 min). Bei der Normalverteilung des Meßeffects wurde aufgrund einer entsprechenden Analyse der vorliegenden Meßergebnisse angenommen, daß die durch den Tagesgang der Ausscheidungen sowie durch die Variation der chemischen Ausbeute insgesamt bedingte relative Schwankungsbreite des Meßwerts 30 % ausmacht. Aufgrund dieser Verteilungen liegt die Erkennungsgrenze bei 7 Impulsen pro 1 000 min entsprechend einer Ausscheidungsrate von etwa 0,5 mBq/d (Fehler 1. Art: 3,3 %). Weiterhin kann aufgrund der Verteilungen festgestellt werden, daß die Nachweisgrenze von 16,5 Impulsen pro 1 000 min im Sinne der DIN-Norm "Nachweisgrenze und Erkennungsgrenze bei Kernstrahlungsmessungen" (DIN 25 482, Teil 2) durchaus realistisch ist (Fehler 2. Art: 5,4 %).

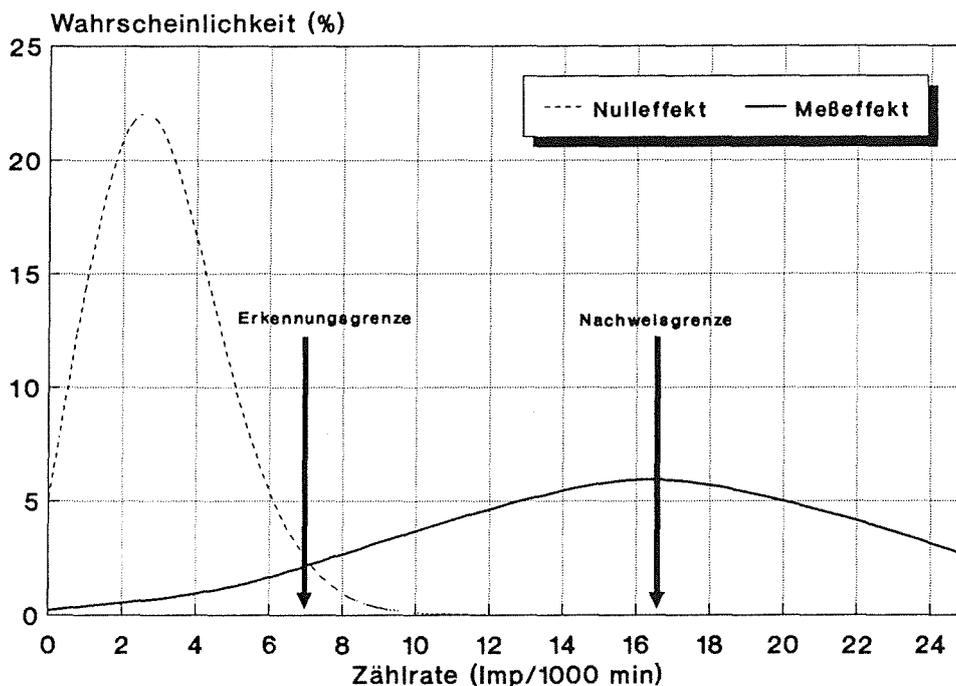


Abb. 6/27: Zählratenverteilungen für ein Alphaspektrometer mit einem typischen Oberflächensperrschicht-Detektor: Gestrichelte Kurve: Poisson-Verteilung für den Nulleffekt (mittlere Zählrate 3 Imp/1 000 min); durchgezogene Kurve: Normalverteilung für den Meßeffect bei einer Urinausscheidung von 1,5 mBq (mittlere Zählrate 16,5 Imp/1 000 min)

Die Verteilungen können auch für weiterführende Betrachtungen herangezogen werden. So kann für jeden Erwartungswert der Urinausscheidung die Wahrscheinlichkeit für einen Meßwert oberhalb der Nachweisgrenze berechnet werden. Umgekehrt kann bei einer bestimmten Person aus dem prozentualen Anteil der Meßwerte oberhalb der Nachweisgrenze der Erwartungswert der Urinausscheidung abgeschätzt werden. Dies gilt allerdings nur, wenn der Erwartungswert im Bereich der Nachweisgrenze liegt und wenn die Ausscheidungsrate in dem betrachteten Zeitraum als konstant angesehen werden kann, d. h. wenn alle Meßwerte der gleichen Gesamtheit zugeordnet werden können.

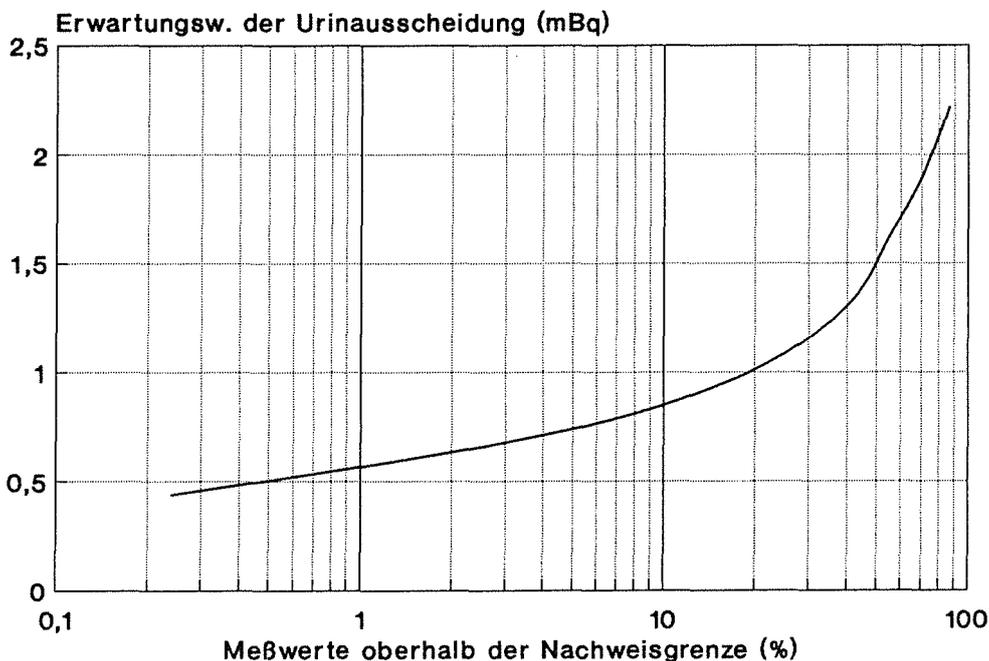


Abb. 6/28: Zusammenhang zwischen dem prozentualen Anteil der Meßwerte oberhalb der Nachweisgrenze und dem Erwartungswert der Urinausscheidung

Die Abb. 6/28 zeigt den für diesen Fall berechneten Zusammenhang zwischen dem Anteil der Meßwerte oberhalb der Nachweisgrenze und dem Erwartungswert der Urinausscheidung. Wenn also bei einer bestimmten Person 20 % der Meßwerte oberhalb der Nachweisgrenze liegen, so kann aus diesem Umstand gefolgert werden, daß der Erwartungswert der Urinausscheidung bei etwa 1 mBq/d liegt. Die Höhe der Meßwerte spielt hierbei keine Rolle. Allerdings sollten die Meßwerte in einem Bereich liegen, der mit mindestens 99%iger Wahrscheinlichkeit von der jeweiligen Verteilung erfaßt wird.

## 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 Dosisleistungs- und Kontaminationsmonitoren, aus Meßplätzen zur Aktivitätsbestimmung, den ortsfesten Anlagen zur Pegel- und Luftüberwachung und wenigen, aber teuren und komplizierten Anlagen zur Spektroskopie zusammen. Da sich diese Geräte weiträumig in den verschiedenen Instituten und Abteilungen des Kernforschungszentrums befinden, ergibt sich zwangsläufig eine gewisse Unterteilung im Service, der soweit wie möglich von den betreffenden Abteilungen selbst durchgeführt wird.

Die Funktionstüchtigkeit der Geräte und Anlagen wird vom Personal der Arbeitsplatzüberwachung regelmäßig, meist täglich, überprüft. Regelmäßig wiederkehrende Prüfungen nach Prüfanweisung und mit Protokollierung werden gemäß den in einem Prüfplan festgelegten Anforderungen durch das Personal der Arbeitsplatzüberwachung, durch Sachkundige einer Service-Firma oder durch hinzugezogene Sachverständige (z. B. TÜV) durchgeführt.

Zur Instandhaltung der Strahlenschutzmeßgeräte erfüllt die Arbeitsgruppe "Geräteelektronik" folgende Aufgaben:

- Kalibrierung der tragbaren Dosisleistungsmeßgeräte des KfK sowie als Auftragsarbeit für fünf Fremdfirmen,
- Mitarbeit bei der Eichung von Dosisleistungsmeßgeräten und Dosimetern durch die amtliche Eichabfertigungsstelle,
- Bestrahlung von Dosimetern zur Kalibrierung von Auswertegeräten sowie für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten,
- Reparatur und Kalibrierung der Pegel- und Luftüberwachungsanlagen in den verschiedenen Instituten und Abteilungen des KfK und in der Umgebung,
- Reparatur sonstiger elektronischer Geräte aus dem Bereich der Abteilung Dosimetrie.

Außerdem werden von der Arbeitsgruppe "Geräteelektronik" Eingangskontrollen neubeschaffter Geräte durchgeführt und gelegentlich auch die Eigenschaften von neuen Detektoren und Geräten untersucht. Die in der Praxis gewonnenen Erfahrungen werden für die Beschaffung und Installation von Geräten und Überwachungsanlagen zur Verfügung gestellt. Schließlich werden auch Umbauten und Anpassungen von Geräten selbst vorgenommen und kommerziell nicht erhältliche Geräte für den Eigenbedarf der Hauptabteilung Sicherheit entwickelt.

## 6.6.2           Wartung und Reparatur

A. Schmitt

Im Berichtszeitraum wurden acht neubeschaffte HFK-Monitoren und vier tragbare Kontaminationsmonitoren einer Eingangsprüfung unterzogen, 20 Kontaminationsmonitoren einer Fremdfirma wurden auf Funktion und Zählwirksamkeit überprüft und soweit nötig repariert.

Zur Instandhaltung der von der Hauptabteilung Sicherheit betreuten kontinuierlich messenden Luftüberwachungsanlagen waren 339 Reparatursätze erforderlich, für die der Gammapegel-Meßstellen zur Arbeitsplatz- und Umgebungsüberwachung ca. 70. Außerdem waren 110 Reparaturen an sonstigen Geräten durchgeführt worden. Für die Ausrüstung der Fortluftmeßstellen mit Grenzwertmeldern wurde ein Prototypgerät gebaut, ein Programm geschrieben und bei der Installation geholfen. Zur Umrüstung

der telefonisch abfragbaren Außenstationen wurden Komponenten untersucht und Unterstützung geleistet. Die Beratung bei der Lösung von Meßproblemen und der Beschaffung von neuen Geräten und Anlagen, die Mitarbeit bei Abnahmeprüfungen durch Aufsichtsbehörden, und nicht zuletzt der Versand von Geräten und die Beschaffung von Ersatzteilen erforderten einen erwähnenswerten Arbeitsaufwand.

### 6.6.3 Routinekalibrierung

B. Burgkhardt, A. Schmitt

Die routinemäßige Kalibrierung von Dosimetern und Dosisleistungsmeßgeräten dient der Gewährleistung der innerhalb der Strahlenschutzüberwachung erforderlichen Meßgenauigkeit der Geräteanzeige. Die für die Strahlenschutzmeßgeräte vorgeschriebene Meßgenauigkeit ergibt sich aus den Anforderungen der PTB an Strahlenschutzdosimeter für die Zulassung zur Eichung und den PTB-Prüfregeln für Strahlenschutzdosimeter.

Innerhalb der Dosimetrie stehen vor allem folgende Aufgaben im Vordergrund:

- Übertragung der Meßgröße vom Primärstandard der PTB und Gewährleistung der Meßgenauigkeit an allen Bestrahlungsanlagen durch den Einsatz von Normaldosimetern sowie durch Teilnahme an internationalen Kontroll- und Vergleichsbestrahlungen,
- Kalibrierung von Dosisleistungsmeßgeräten, Dosimetern, Dosiswarngeräten innerhalb der Routinebetreuung nach einer Reparatur sowie bei neu angeschafften Geräten,
- Bestrahlung von Dosimeterchargen zur Kalibrierung von TL- und PL-Auswertegeräten.

Im Berichtsjahr wurden für KfK 62 Gamma-Dosisleistungsmeßgeräte und 26 Neutronendosisleistungsmeßgeräte kalibriert, für sechs Fremdfirmen 27 Gamma-Dosisleistungsmeßgeräte und 13 Neutronenmeßgeräte. Für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten und für die Kontrolle der Auswertegeräte wurden an den Eichständen der Eichhalle 622 Gamma- und 142 Neutronenbestrahlungen durchgeführt, an der Röntgenanlage 488 Bestrahlungen. Weiterhin wurden 24 Messungen zur Bestimmung der Energieabhängigkeit von Monitorkammern ausgeführt. Alle Cs-137-Bestrahlungsanlagen der Eichhalle wurden regelmäßig mit einem Sekundärstandard im gesamten Dosisleistungsbereich überprüft.

### 6.6.4 Amtliche Eichabfertigungsstelle

A. Schmitt

Aufgrund der Eichordnung ist es Aufgabe des Landes Baden-Württemberg, auch Eichungen von Personen- und Ortsdosimetern vorzunehmen. Entsprechend einem Vertrag zwischen dem Land Baden-Württemberg und des KfK werden hierfür die im Kernforschungszentrum Karlsruhe vorhandenen technischen Einrichtungen zur Verfügung gestellt. Bei der amtlichen Eichabfertigungsstelle werden Beamte der Aufsichtsbehörde hoheitlich tätig. Der Beitrag der Hauptabteilung Sicherheit besteht in der Bereitstellung der Bestrahlungseinrichtungen wie auch in der Unterstützung bei der Durchführung der Eichungen. Im Jahre 1990 wurden für das KfK 2 366 Stabdosimeter und 195 Geräte geeicht.



## 7 Biophysik und Ökologie

### 7.1 Einführung

H. Dertinger

#### Biophysik:

Zusammen mit den im Berichtszeitraum durchgeführten Experimenten erlauben die bisherigen Arbeiten zur Proliferationskontrolle in Sphäroiden nunmehr eine biophysikalische Interpretation in bezug auf die Rolle des cAMP und der Gap-Junction-vermittelten interzellulären Kommunikation (7.2). Zur Vorbereitung des Vorhabens "Krebsbegünstigende Wirkungen niederfrequenter Magnetfelder" wurde mit ersten Experimenten an Zellkulturen begonnen (7.3). Die aus Mitteln des Technologietransfers finanzierten Arbeiten an Sphäroiden aus Leberzellen der Ratte konzentrierten sich auf die Analyse des Fremdstoffwechsels (7.4).

#### Ökologie:

Bei den Untersuchungen zum Verhalten von Tritium im System Luft-Pflanze-Boden wurden u.a. die tageszeitlichen Schwankungen der HTO-Aufnahme in Pflanzen experimentell untersucht und mit den Ergebnissen die Anwendbarkeit eines mathematischen Modells überprüft (7.5). Auf dem Gebiet des Boden-Pflanzen-Transfers wird über Experimente mit Mo, Cr und I, sowie mit Elektrofilterstäuben berichtet. Die Ag-Untersuchungen wurden wegen des geringen Transfers dieses Metalls und seiner niedrigen Konzentration in der Umwelt abgeschlossen (7.6).

### 7.2 Mechanismen der Proliferationskontrolle in Sphäroiden

G. Knedlitschek, J.-C. Stein, K. F. Weibezahn und H. Dertinger

#### 7.2.1 Einleitung

Für zahlreiche Fragestellungen und Anwendungen des Sphäroid-Modells ist das Verständnis der Regulation der Zellvermehrung (Proliferation) in diesem System von grundlegender Bedeutung. Diesbezügliche Vorstellungen liegen bisher nur für die Einschichtkulturen (Monolayer, ML) vor. Die in 1989/90 gewonnenen Ergebnisse erlauben nun erstmalig einen Einblick in mögliche Mechanismen der Proliferationskontrolle unter den Bedingungen des dreidimensionalen Zellverbandes in Sphäroiden (SPH). Diese Vorstellungen sollen im folgenden dargelegt werden.

### 7.2.2 Untersuchungsmethoden

Bei den Untersuchungen in den beiden zurückliegenden Jahren ließen wir uns von zwei Besonderheiten des SPH-Systems leiten:

- Ausgeprägte Zell-Zell-Kontakte und Gap-Junction-vermittelte interzelluläre Kommunikation im dreidimensionalen Zellverband
- Ausbildung radialer Stoffgradienten und Funktionsmuster.

Als Indikator für Zellkontakte untersuchten wir die Verteilung des sekundären Botenstoffes cAMP, der durch das Membran-gebundene Enzym Adenylat-Cyclase synthetisiert wird, mittels eines Radioimmun-Assays. Die interzelluläre Kommunikation wurde mit Hilfe einer elektrophysiologischen Methode und anhand der Ausbreitung des Fluoreszenzfarbstoffes Lucifer Yellow bestimmt. Sowohl die Gap-Junctions wie auch das cAMP gelten als regulatorische Faktoren der Zellproliferation und der Zelldifferenzierung.

Zur Klärung der Rolle der Gap-Junctions wurden die SPH bei einigen Untersuchungen mit dem Tumor-Promotor Mezeerein vorbehandelt. Nach früheren Untersuchungen kommt es hierbei zur Inhibierung der interzellulären Kommunikation (Jahresbericht der Hauptabteilung Sicherheit 1988, KfK).

Das Radialprofil von cAMP und Zellproliferation wurde mit Hilfe der sequentiellen Trypsinierungstechnik an Zellen aus verschiedenen Schichten im SPH untersucht. Zur Messung der Zellproliferation diente die flußzytometrische Analyse. Mit dieser Methode läßt sich der Anteil der Zellen in den verschiedenen Phasen des Zellzyklus bestimmen (G1, S und G2 + M). Da die Wahrscheinlichkeit, eine Zelle in einer bestimmten Phase anzutreffen, ihrer Dauer proportional ist, gibt die Phasenverteilung zugleich das Verhältnis der relativen Phasendauern an. Eine Bestimmung der absoluten Phasenlängen und damit beispielsweise die Ermittlung der DNA-Syntheserate ist mit dieser Methode nicht möglich. Zur Feststellung, in welchen Schichten des SPH DNA-Synthese tatsächlich stattfindet, wurden deshalb die SPH mit Brom-desoxyuridin (BrdU) inkubiert und der Einbau dieses Nukleosid-Analogs in die DNA an SPH-Dünnschnitten mit Hilfe von Anti-BrdU Antikörpern untersucht.

Für die Untersuchungen standen zwei unterschiedlich stark kommunizierende Maus-Zelllinien zur Verfügung, die kommunikationslosen L-Zellen und die kommunizierenden SV40-3T3-Zellen. Zum Vergleich wurden Experimente an unterschiedlich dichten ML dieser Zellen durchgeführt.

### 7.2.3 Ergebnisse und Folgerungen

Aus diesen Arbeiten ergeben sich folgende Erkenntnisse:

1. cAMP und Phasenverteilung zeigten bei ML der beiden Zelllinien ähnliche Dichte-Abhängigkeit: Abnahme des cAMP und Zunahme der G1-Zellen mit zunehmender Zelldichte.

2. In SPH war die zelluläre cAMP-Menge gegenüber den ML bei beiden Zelllinien deutlich verringert.

Diese Verringerung der cAMP-Produktion kann als Folge der Tatsache aufgefaßt werden, daß das cAMP-synthetisierende Enzym Adenylat-Cyclase, welches an der Innenseite der Zellmembran fixiert ist, der Aktivitätssteuerung über stimulierende oder inhibierende Oberflächenproteine (Rezeptoren) der Membran unterliegt. Die Abnahme der zellulären cAMP-Menge in SPH gegenüber den ML läßt auf die Wirksamkeit inhibitorischer Einflüsse im dreidimensionalen Zellverband schließen.

3. In SPH der kommunikationslosen L-Zellen nahm das cAMP mit zunehmender Tiefe im SPH ab; parallel hierzu vergrößerte sich der Anteil der G1-Zellen; der Anteil der S-Zellen verringerte sich. Bei den kommunizierenden SV40-3T3-SPH war weder eine Tiefenabhängigkeit des cAMP-Gehaltes noch der Zyklusverteilung zu beobachten.

Während die Zunahme der G1-Population, d.h. die Verlängerung dieser Zyklusphase, im Innern der L-SPH eine Abnahme der Proliferationsaktivität signalisierte, legte das Fehlen eines solchen radialen Proliferationsgradienten in den SV40-3T3-SPH zunächst die Annahme einer positionsunabhängigen Vermehrungsrate nahe. Um diesen Punkt näher zu untersuchen, wurde die DNA-Syntheserate durch den Einbau von BrdU in die SPH bestimmt. Es zeigte sich hierbei, daß BrdU in nennenswertem Umfang nur in die äußeren Zellagen beider SPH-Typen eingebaut wurde. Diese wichtige Beobachtung zeigt:

4. Die DNA-Syntheserate nimmt unabhängig vom Kommunikationsvermögen der Zellen zum SPH-Zentrum hin ab.

Um die Tiefenunabhängigkeit der Phasenverteilung bei den SV40-3T3-SPH unter Berücksichtigung dieses Ergebnisses zu interpretieren, kann die Hypothese aufgestellt werden, daß es mit zunehmender Tiefe zu einer gleichmäßigen Verlängerung aller Zyklusphasen kommt, wodurch sich das Phasenverhältnis nicht ändert. Dies widerspricht allerdings zahlreichen ML-Befunden, nach denen die Proliferationsinhibition zu einer selektiven Verlängerung der G1-Phase führt und die S-Phasendauer ungeändert läßt, was auch mit den Ergebnissen für die L-SPH und die ML beider Zelllinien (1) vereinbar ist. Obwohl andererseits kaum alternative Interpretationen möglich sind, ohne in Widerspruch mit weiteren, hier nicht aufgeführten, Ergebnisdetails zu kommen, muß die folgende Aussage mit entsprechendem Vorbehalt gemacht werden:

5. Der selektiven Verlängerung der G1-Phase bei den L-SPH steht bei den SV40-3T3-SPH wahrscheinlich eine Verlängerung aller Phasen gegenüber.

Zur weiteren Absicherung dieses Befundes und zur Abklärung der hierbei wirksamen Funktion der Gap-Junctions wurden die SV40-3T3-SPH mit dem Tumor-Promotor Mezerein behandelt. In den hierdurch Kommunikations-inhibierten SPH stellte sich eine Phasenverteilung ein, ähnlich der in den kommunikationslosen L-SPH (Abb. 7/1). Außerdem kam es wie in diesen SPH zur Ausbildung eines radialen cAMP-Gradienten.

Dieses Ergebnis erlaubt die Folgerung, daß die Funktion der Gap-Junctions wahrscheinlich in einer Äquilibration (Abflachung) der radialen cAMP-Verteilung besteht. Da die Gap-Junction-Poren für cAMP permeabel sind, kann gefolgert werden:

6. Der Einfluß der Gap-Junctions auf das Proliferationsverhalten in SPH scheint indirekt zu sein und in einer Regulation des cAMP-Gradienten zu bestehen.

Die beobachtete Korrelation zwischen den Radialprofilen von cAMP und Zyklusverteilung (3) sagt zunächst nichts über den Kausalzusammenhang zwischen den beiden Effekten aus und damit auch nichts über eine mögliche regulatorische Funktion des cAMP. Nimmt man zunächst an, daß primär ein Proliferationsgradient entsteht, der den Zellen in verschiedener Tiefe im SPH ihrer Zyklusverteilung entsprechende cAMP-Mengen zuweist, so widerspricht die beobachtete Korrelation zahlreichen, an ML erhobenen Literaturbefunden. Hiernach haben G1-Zellen durchweg mehr cAMP als S-Phase-Zellen. Man müßte also erwarten, daß die sich im Innern der L-SPH akkumulierenden G1-Zellen einen höheren

cAMP-Gehalt haben als die Zellen nahe der SPH-Oberfläche. Wir finden jedoch eine cAMP-Abnahme mit zunehmender Tiefe. Mithin ist also das cAMP-Profil kausal für die Zyklusverteilung:

7. Die radiale Zyklusverteilung ist eine Folge eines primär entstehenden cAMP-Gradienten.

Diese Folgerung wird durch zahlreiche Untersuchungen an ML gestützt. Hiernach bewirkt eine cAMP-Erhöhung eine Stimulation der DNA-Synthese. Da die äußeren Zellen der L-SPH den höchsten cAMP-Gehalt haben, erfahren sie die stärkste Synthese-Stimulation, haben also die meisten S-Zellen. Bei den inneren Zellen kommt es durch Abnahme der cAMP-abhängigen Proliferationsstimulation, wie beobachtet, zu einer Verlängerung der G1-Phase und damit zu einer Abnahme des Anteils der S-Zellen.

Dieser Kausalzusammenhang zwischen cAMP und Phasenverteilung entzieht sich bei den kommunizierenden SV40-3T3-SPH der direkten Beobachtung. Durch das Fehlen eines cAMP-Gradienten erfahren alle Zellen, unabhängig von ihrer Lokalisation, den gleichen Proliferations-Stimulus. Dennoch zeigen unsere BrdU-Einbaustudien, daß auch hier die äußeren Zellschichten die höchste DNA-Syntheserate haben. Sterische Behinderung oder andere Faktoren scheinen zu bewirken, daß die inneren Zellen nicht oder nur eingeschränkt auf diese Wachstumsstimulierung reagieren können und deshalb, wie oben gefolgert (5), eine Zyklusverlängerung mit möglicher Wirkung auf alle Phasen erfahren.

#### 7.2.4 Zusammenfassung und Ausblick

Diese Befunde und die daraus gezogenen Folgerungen ergeben ein zusammenhängendes Bild von der Steuerung der Zellproliferation in SPH. Hiernach scheint die Zyklusverteilung durch die lokale zelluläre cAMP-Menge festgelegt zu werden (7). Die cAMP-Synthese unterliegt der Regulation über Membran-Interaktionen. Diese ist inhibitorischer Art und nimmt mit dem Ausmaß der Zell-Kontakte zu. Dies erklärt

- (a) die Abnahme der cAMP-Synthese mit zunehmender Zelldichte im ML (1),
- (b) deren weiteres Absinken beim Übergang vom ML zum SPH (2) und
- (c) die zusätzliche Abnahme von den äußeren zu den inneren Zellen der L-SPH (3).

Bei Zellen mit der Fähigkeit zur interzellulären Kommunikation über Gap-Junctions (SV40-3T3) kommt es zur Abflachung (Ausgleich) des radialen cAMP-Gradienten (6) und damit zur Angleichung der Phasenverteilungen in verschiedenen Tiefen.

Unabhängig vom Kommunikationsvermögen der Zellen nimmt die DNA-Syntheserate durch Verlängerung der Zell-Zyklusdauer von außen nach innen ab (4). Bei den nicht kommunizierenden L-SPH geschieht dies auf die generell auch für ML zutreffende Weise durch eine selektive Verlängerung der G1-Phase (5), d. h. die hierdurch bedingte Akkumulation der Zellen in dieser "Ruhephase". Bei den SV40-3T3-SPH muß wahrscheinlich von einer gleichmäßigen Verlängerung aller Phasen ausgegangen werden (5).

Diese Vorstellungen von der Regulation der Proliferation in SPH können als Basis für Untersuchungen möglicher Einflüsse chemischer oder physikalischer Agenzien (Strahlung und Felder) dienen, insbesondere dann, wenn diese in den Bereich der Membran-Interaktionen und damit in die zelluläre Signaltransduktion eingreifen. Vom wissenschaftlichen Standpunkt aus bleiben derzeit jedoch noch einige wichtige Fragen offen, so z. B. der physiologische und funktionelle Differenzierungszustand der inneren Zellen in den kommunizierenden SV40-3T3-SPH. Auch kann nicht völlig ausgeschlossen werden, daß in kommunizierenden SPH das cAMP möglicherweise nicht der entscheidende Proliferationsstimulus ist. Zur Beantwortung dieser Fragen soll in Zukunft unter anderem die Reaktion der SPH auf Modells-substanzen, wie Retinsäure, Hormone und Wachstumsfaktoren studiert werden. Außerdem sollen die bisher erzielten Ergebnisse noch an weiteren Zelllinien verifiziert werden.

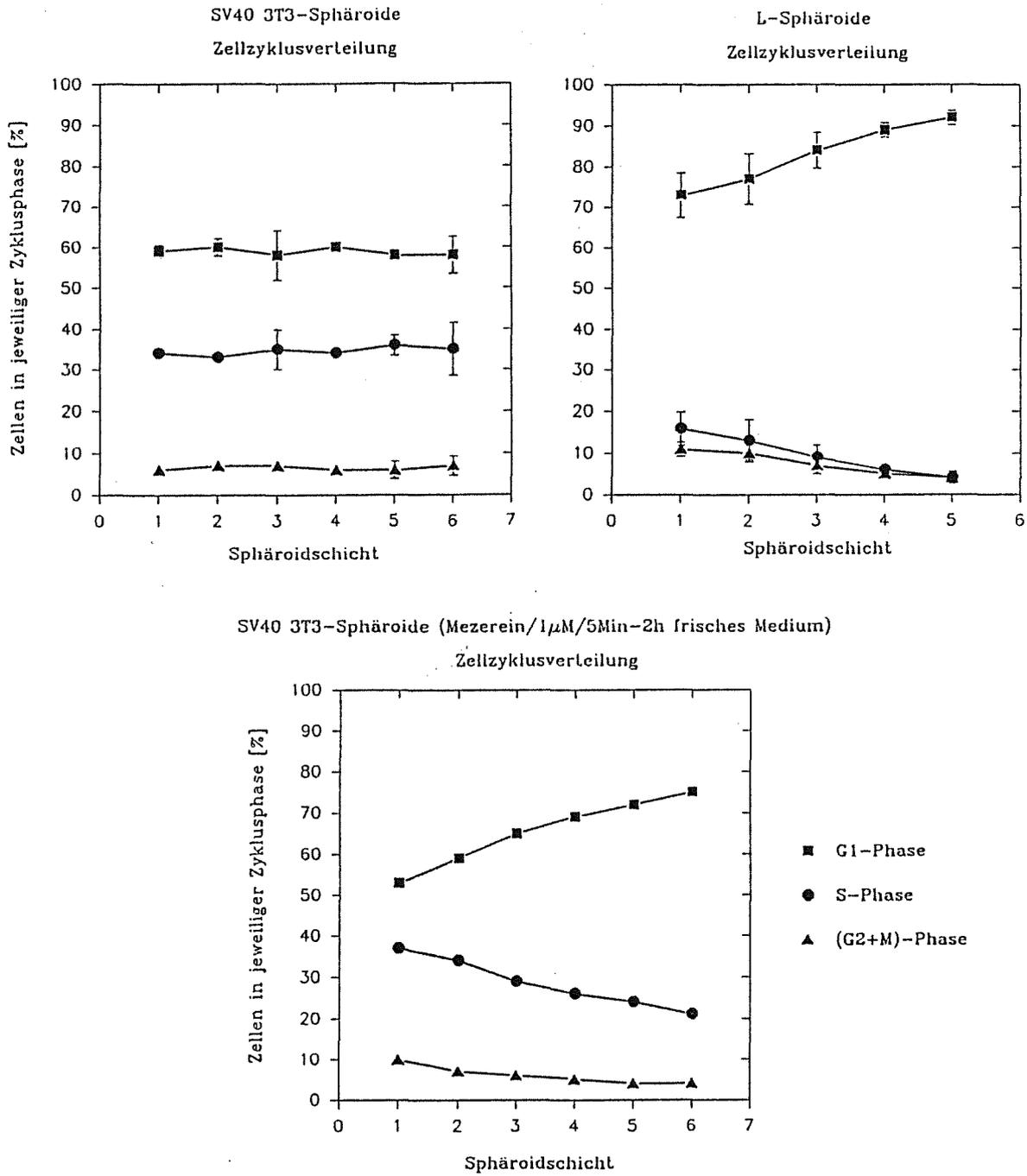


Abb. 7/1: Flußzytometrische Bestimmung der Zyklusphasenverteilung in Sphäroiden kommunizierender SV40-3T3- und kommunikationsloser L-Zellen nach sequentieller Trypsinierung. Abszisse: 1 = äußere, 5 (6) = innere Zellen. Unten: SV40-3T3-Sphäroide 2 Stunden nach Behandlung mit dem Tumor-Promotor Mezerein, einem Inhibitor der interzellulären Kommunikation.

## 7.3 Krebsbegünstigende Wirkungen niederfrequenter Magnetfelder

J. Schimmelpfeng und H. Dertinger

### 7.3.1 Einleitung

Der moderne Mensch ist sowohl im privaten, als auch im beruflichen Bereich, in zunehmendem Maße niederfrequenten Magnetfeldern ausgesetzt. Im Angelsächsischen spricht man bei Frequenzen unterhalb von 300 Hz von ELF (extremely low frequency)-Feldern. So können in der Nähe von Haushaltsgeräten magnetische Flüsse bis zu einem Milli-Tesla (mT) und darüber auftreten. Im technischen Bereich, etwa beim Schweißen oder in der Nähe von Induktionsöfen, werden Flüsse um 10 mT erreicht. Die unter Freileitungen gemessenen Flüsse liegen bei etwa 10  $\mu$ T. Neben dieser zivilisatorischen Exposition ist die natürliche Exposition, etwa bei hoher solarer Aktivität und starken magnetischen Stürmen, ziemlich gering ( $< 1$  fT).

Während ionisierende Strahlung, elektrische Felder und UV-Strahlung natürliche Phänomene sind, gegen die der Organismus im Zuge der Evolution entsprechende Abwehrsysteme bzw. Reparaturmechanismen entwickelt hat, trifft dies für technische magnetische Wechselfelder nicht zu. In verschiedenen epidemiologischen Studien am Menschen trat eine Korrelation zwischen Magnetfeldexposition und der Entstehung von Krebs zu Tage (sehr häufig Leukämie bei Kindern). Obwohl sich aus diesen Erhebungen nicht auf einen monokausalen Zusammenhang schließen läßt, hat dies in der Öffentlichkeit zu erheblicher Unruhe geführt.

In vielen Industrieländern, vor allem in USA, werden deshalb verstärkt die Ursachen für eine mögliche cancerogene Magnetfeldwirkung erforscht. Auch in Deutschland hat sich ein von der Industrie, den Elektrizitätsversorgungsunternehmen, der Berufsgenossenschaft der Elektrotechnik und dem Bundesministerium für Forschung und Technologie geförderter Forschungsverbund formiert, der nach experimentellen Beweisen für die vermutete Cancerogenität suchen soll. Auch das im folgenden vorgestellte HS/B-Projekt wird in diesem Rahmen gefördert. Zunächst soll kurz auf den Stand allgemeiner Untersuchungen zur Magnetfeldwirkung eingegangen werden.

### 7.3.2 Bisherige experimentelle Befunde

Untersuchungen zur Wirkung niederfrequenter Magnetfelder wurden auf verschiedenen Ebenen biologischer Organisation durchgeführt. Eine besonders eingehend untersuchte Wirkung beim Menschen sind die sog. Magnetophosphene. Dies sind subjektive, visuelle Wahrnehmungen, die sich bei magnetischer Exposition der Kopffregion oberhalb etwa 10 mT einstellen. Eine größere Zahl von Untersuchungen befaßt sich mit Feld-induzierten Verhaltensstörungen. Bei verschiedenen Behandlungsweisen wurden bei Menschen Verzögerungen des Reaktionsvermögens, bei Affen Modifikationen motorneuroner Reaktionen und bei Mäusen gesteigerte Motilität und Aggressivität festgestellt. Darüber hinaus zeigten sich in früheren Untersuchungen an Hühnerembryonen deutliche Einflüsse niederfrequenter Magnetfelder auf die Entwicklungsgeschwindigkeit der Embryonen. Die Ergebnisse dieser teilweise sehr komplexen Untersuchungen sind häufig widersprüchlich. Zu viele schwer zu kontrollierende Parameter gestalten die Versuchsdurchführung und die Deutung der Ergebnisse schwierig.

Einen Ausweg aus dieser Situation markieren Experimente mit Zellkulturen. Hier wird derzeit insbesondere der molekulare Mechanismus der Wirkung von niederfrequenten Magnetfeldern auf die Knochenheilung erforscht. Weitere Untersuchungen befassen sich mit der mitogenen Stimulierbarkeit von Lymphozyten. Ferner wurde an Drüsenzellen eine Änderung des Proteinmusters beobachtet. Über die mögliche Krebsentstehung durch niederfrequente Felder gibt es bis jetzt jedoch nur sehr wenige zellbiologische Untersuchungen.

Obwohl bei diesen zellbiologischen Arbeiten durchweg eindeutige Feldwirkungen nachgewiesen wurden, ergeben sich aus ihnen keine klaren Vorstellungen über die Wirkungsmechanismen schwacher, niederfrequenter Magnetfelder. Der Grund hierfür liegt sowohl an der zu geringen Zahl derartiger Untersuchungen, wie auch an der Tatsache, daß meist nur Einzeleffekte studiert wurden. Dies gilt insbesondere auch für Experimente zur Aufklärung von Mechanismen, die einer möglichen Krebsentstehung beim Menschen zu Grunde liegen. Sie liegen noch weitestgehend im Dunkeln.

### 7.3.3 Arbeitskonzept von HS/B

Um Mechanismen im Hinblick auf etwaige cancerogene Wirkungen von 50 Hz-Magnetfelder im Micro- und Milli-Tesla-Bereich aufzeigen zu können, soll im Zuge dieses Projektes an Zellkulturen ein Bündel von Effekten studiert werden, die über ein gemeinsames Wirkungskonzept verknüpft sind. Dieses Konzept ist die Tumor-Promotion und umfaßt insbesondere den Bereich der zellulären Signaltransduktion, wie er auch im Rahmen der F&E-Tätigkeit bearbeitet wird. Im Einzelnen soll die Wirkung niederfrequenter Magnetfelder auf folgende Prozesse der Signaltransduktion untersucht werden:

- Synthese und Freisetzung sekundärer Botenstoffe (cAMP und Calcium-Ionen).
- Gap-Junction-vermittelte interzelluläre Kommunikation.
- Proliferationsverhalten.

Diese Untersuchungen berücksichtigen folgende aktuellen Vorstellungen zur Tumor-Promotion und einer möglichen Feldwirkung:

- Störungen im Signal-Transduktionsmuster der Zelle werden als potentiell Tumor-promovierend aufgefaßt.
- Durch die in den Signalketten vorhandenen natürlichen "Verstärkermechanismen" (Adenylat-Cyclase, G-Proteine) wird ein besonders empfindlicher Weg der sehr schwachen biomagnetischen Wechselwirkung erfaßt.
- Die Rolle der Zellmembran (nach neueren Vorstellungen das wahrscheinlich wichtigste Feldwirkungstarget) erfährt besondere Berücksichtigung.

Von diesen Untersuchungen erhoffen wir zusätzlich Erkenntnisse bezüglich der Targetmoleküle (Membran-gebundene Moleküle oder paramagnetische Enzyme) und über die Art der primären Wechselwirkung zwischen den Feldern und den Zellen (primäre Wirkung des Magnetfeldes oder Induktion von Strömen in der Zelle).

Ergänzt werden diese qualitativen, auf mechanistische Erkenntnis ausgerichteten Untersuchungen, durch quantitative Studien zur Dosis-Wirkungsbeziehung. Durch die Anwendung verschiedener Feldstärken und Wellenformen (kontinuierliches oder gepulstes Feld) soll hierbei unter anderem der Frage nach einer möglichen Schwellendosis nachgegangen werden. Soweit möglich, sollen die Experimente nicht nur mit Monolayer-Kulturen, sondern auch mit multizellulären Sphäroiden durchgeführt werden.

#### 7.3.4 Orientierende Vorversuche

Hierfür wurde zunächst eine zylindrische, in einem Brutschrank zu betreibende Luftspule (Solenoid) konstruiert, in der mehrere Kulturschalen gleichzeitig einem homogenen Magnetfeld ausgesetzt werden können (Abb.7/2). Zur Speisung dient ein Niedervolt-Regeltransformator. Die Spule kann zur besseren Wärmeabführung bei Flußdichten ab 1 mT mit einer Wasserkühlung versehen werden. Die Temperaturkonstanz am Ort der Kulturen beträgt  $\pm 0,1$  °C. Zusätzlich erhielten wir von der Siemens AG einen verlustarmen 50 Hz-Jochmagneten mit Steuergerät, der in einer auf 37 °C gehaltenen Klimabox installiert wurde (Abb.7/3). Im Luftspalt des Magnetjoches können zwei Petrischalen gleichzeitig mit max. 16 mT exponiert werden. Die Messung der magnetischen Flußdichten erfolgte mit einem digitalen Gauss-Meter mit Hall-Sonde.

Die orientierenden Vorversuche sollten zunächst anhand möglicher Störungen des Zellzyklus einen Eindruck von der Stärke der erwarteten Magnetfeld-Effekte vermitteln. Hierzu wurden proliferierende SV40-3T3-Mausfibroblasten verschiedener Zelldichte eine Stunde bei 2 mT im Solenoid exponiert. Die Exposition wurde sowohl bei senkrecht, als auch bei parallel zur Monolayer-Ebene orientiertem Magnetfeld durchgeführt. Nach einer 5-stündigen Pause wurde im Flußzytometer der DNA-Gehalt der Zellen gemessen und die Zell-Anteile in den unterschiedlichen Zellzyklusphasen berechnet.

Unter diesen Versuchsbedingungen ergaben sich geringe, aber reproduzierbare Veränderungen im Zellzyklusmuster. Es zeigte sich, daß diese Veränderungen dichteabhängig sind. Bei 110 000 Zellen/cm<sup>2</sup> war eine Verschiebung der Zellanteile von G1 nach G2+M zu beobachten, gekoppelt mit leicht erhöhten Gesamtzellzahlen. Bei semi-konfluenten Kulturen (200 000 Zellen/cm<sup>2</sup>) waren die G1- und G2+M-Phasenanteile gegenüber unbehandelten Kontrollen leicht erniedrigt. Keine Magnetfeldwirkungen wurden bei konfluenten Kulturen (400 000) und bei der niedrigsten untersuchten Zelldichte (40 000 Zellen/cm<sup>2</sup>) gefunden. Eine Abhängigkeit von der Magnetfeldorientierung (Anisotropie-Effekt) wurde bei diesen Vorversuchen nicht beobachtet.

In weiteren Experimenten soll zunächst das Expositionsprotokoll mit dem Ziel stärkerer Effekte optimiert werden. Hierzu sollen vor allem längere Expositionszeiten und der Einfluß des Zeitpunktes der Zellzyklus-Analyse untersucht werden. Im weiteren Verlauf sollen dann die in 7.3.3 dargestellten Untersuchungen in Angriff genommen werden.

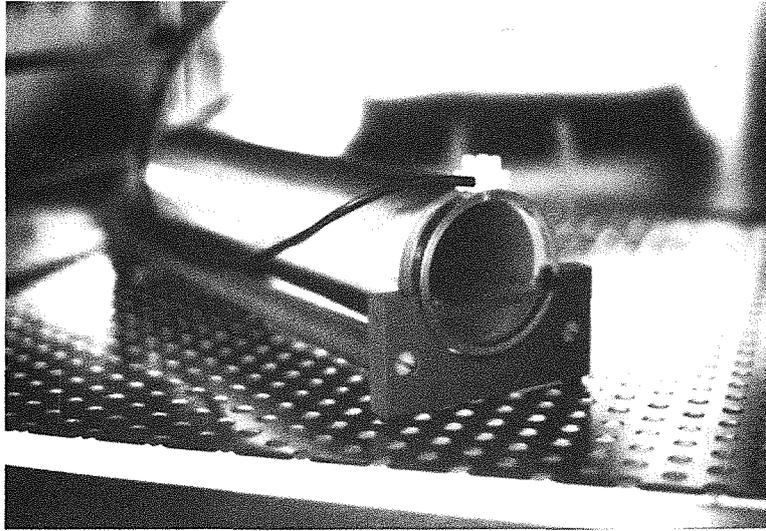


Abb.7/2: Solenoid zur Magnetfeld-Exposition von Zellkulturen bis 2 mT. Länge 38 cm; Innendurchmesser des Spulenkörpers (Plexiglas) 7 cm; Kupferdraht 1,5 mm Dicke, 243 Windungen.

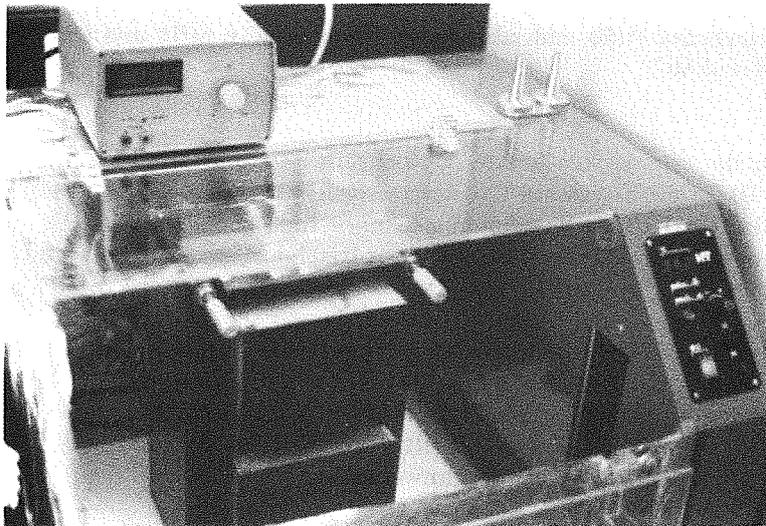


Abb.7/3: Forschungsmagnet mit Luftspalt für Flußdichten bis 16 mT. Durch Resonanz-Anpassung an die Netzfrequenz beträgt die Verlustleistung des Magneten bei 16 mT nur 350 mW.

## 7.4 Untersuchungen zum Fremdstoffwechsel von Sphäroiden aus Ratten-Hepatozyten

B. Walser, K. F. Weibezahn, B. Jost und H. Dertinger

### 7.4.1 Einleitung

Einer der Hauptvorteile des Hepatozyten-Sphäroidsystems gegenüber den herkömmlichen Monolayer-Kulturen ist die weitgehende Unterdrückung der Zellvermehrung. Diese Eigenschaft konnte im zurückliegenden Zeitraum durch die Entwicklung eines Hormon-supplementierten Kulturmediums weiter stabilisiert werden. Damit steht in den Sphäroiden (SPH) nunmehr erstmalig ein Kulturmodell zur Verfügung, mit dem differenzierte biochemische Funktionen nicht proliferierender Hepatozyten, entsprechend der im Leberorgan vorherrschenden Situation, studiert werden können.

Im Berichtszeitraum wurde mit der systematischen Erforschung des Fremdstoffwechsels in Hepatozyten-SPH begonnen. Dieser bewirkt die Umwandlung von aufgenommenen Fremdstoffen in eine für die Ausscheidung (z.B. Harnfähigkeit) geeignete Form. Die hieran beteiligten Enzymsysteme spielen u.a. bei der Wirkung und beim Abbau von Pharmaka eine wesentliche Rolle.

Die Enzyme des xenobiotischen Stoffwechsels werden durch aufgenommene Fremdstoffe spezifisch induziert. Diese Induzierbarkeit ist damit zugleich ein wichtiges Funktionskriterium kultivierter Leberzellen. Als Modellinduktoren werden meist Phenobarbital (PB) und Methylcholanthren (MC) verwendet. Sie induzieren unterschiedliche Abbaumechanismen und Isoenzym-Muster. Im folgenden werden die Ergebnisse von Induktions-Experimenten an 3 Tage alten Hepatozyten-SPH vorgestellt und mit den Leberwerten adulter Ratten verglichen.

### 7.4.2 Cytochrom-P450 und -abhängige Isoenzyme in SPH und ihre Induzierbarkeit durch PB und MC.

Untersucht wurde der mikrosomale Cytochrom-P450-Gehalt und die Aktivitäten der O-Dealkylasen (OD) für die Substrate 7-Ethoxyresorufin (EROD), 7-Ethoxycoumarin (ECOD) und 7-Pentoxyresorufin (PROD). Die basalen Werte (ohne Induktion) für die SPH sind in Tab.7/1 zusammengefaßt und den Werten für die Leber und für frisch isolierte Hepatozyten gegenübergestellt.

Mit Ausnahme der EROD werden in SPH geringere Aktivitäten gemessen als in der Leber. Ein Teil dieser Verluste resultiert jedoch bereits aus der Zellisolation (ECOD und PROD). Die in den SPH zu verzeichnende Aktivitätsreduktion findet wahrscheinlich in der Aggregationsphase statt. Für Cyt-P450 ergibt sich bei längerer Kultur der SPH (6 Tage) eine Stabilisierung auf dem 3-Tage-Wert, d.h. etwa auf 30-50% des Organwertes.

Die in Tab.7/2 zusammengestellten Ergebnisse zeigen, daß es in SPH auch zu einer Induktion der Enzyme kommt. Mit Ausnahme der EROD ist die Spezifität des Induktionsmusters ungefähr mit der intakten Leber vergleichbar. Der Grund, weshalb wir bei diesem MC-spezifischen Enzym eine bevorzugte Induktion durch PB erhalten, ist noch unverstanden.

### 7.4.3 Weiteres Vorgehen

Diese Ergebnisse markieren einen erheblichen Fortschritt gegenüber ML-Kulturen, bei denen es ohne aufwendige Kulturmaßnahmen und den Einsatz kostspieliger Substrate innerhalb von 3-5 Tagen zum Verlust aller biochemischen Funktionen einschließlich des Fremdstoff-Metabolismus kommt.

Für die weitere Charakterisierung des Fremdstoffwechsels soll in Zukunft u.a. auch die Metabolisierung des Modellsubstrates Scoparon herangezogen werden. Scoparon (6,7-dimethoxycoumarin) wird durch Isoenzyme des Cytochrom-P450 positionsspezifisch O-demethyliert. Die hierbei entstehenden Monomethoxy-Metabolite, deren Verhältnis vom Induktionstyp abhängt, können mittels HPLC getrennt und quantifiziert werden. Mit ersten Scoparon-Untersuchungen wurde im Berichtszeitraum bereits begonnen.

	Cyt P-450 pmol/mg	EROD pmol/min/mg	ECOD pmol/min/mg	PROD pmol/min/mg
Leber	760 ± 190 n= 5	150 ± 30 n= 5	1190 ± 150 n= 5	357 ± 195 n= 4
Hepatocyten	705 ± 224 n=11	166 ± 44 n= 5	521 ± 152 n= 5	206 ± 91 n= 4
Sphäroide	314 ± 90 n=14	201 ± 91 n=15	233 ± 123 n=14	50 ± 17 n=10

Tab. 7/1: Mikrosomaler Cytochrom-P450-Gehalt und O-Dealkylierung von 7-Ethoxyresorufin (EROD), 7-Ethoxycoumarin (ECOD) und 7-Pentoxyresorufin (PROD) in Sphäroiden nach 3 Tagen Kulturdauer. Vergleich mit Leberwerten unbehandelter Ratten und mit frisch isolierter Hepatocyten.

		Cyt P-450 %	EROD %	ECOD %	PROD %
Leber	MC <sup>a</sup>	170 ± 32 n=6	420 ± 13 n=6	498 ± 108 n=6	54 ± 29 n=4
	PB <sup>b</sup>	228 ± 28 n=6	173 ± 27 n=6	401 ± 52 n=6	705 ± 652 n=4
Sphäroide	MC <sup>c</sup>	144 ± 25 n=6	398 ± 219 n=8	416 ± 237 n=7	110 ± 12 n=7
	PB <sup>d</sup>	162 ± 27 n=5	459 ± 178 n=5	489 ± 317 n=6	536 ± 304 n=4

- a) 100 mg/kg Methylcholanthren, 3 d
- b) 80 mg/kg Phenobarbital, 3 d
- c) 1,5 mM Methylcholanthren, 2 d
- d) 2 µM Phenobarbital, 2 d

Tab. 7/2: Phenobarbital- und Methylcholanthren-induzierte Erhöhung des Cytochrom-P450-Gehaltes und der Aktivität verschiedener Isoenzyme in Prozent der Kontrollwerte (vgl. Tab.7/1). Bei den Leberwerten der Ratte handelt es sich um Messungen des TT-Kooperationspartners (s. auch Tab.7/1).

7.5 Verhalten von Tritium im System Luft-Pflanze-Boden

S. Diabaté, S. Strack, M. Hettinger, S. Kahmann, J. Müller, G. Pagliosa

7.5.1 HT-Deposition auf Pflanzen

In einer Glovebox aus Plexiglas wurden ernährungsrelevante Versuchspflanzen mit Tritium (HT und/oder HTO) in der Atmosphäre exponiert, wobei definierte Klimabedingungen eingehalten wurden. Ziel der Untersuchungen war, die Depositionsgeschwindigkeiten von HT ins Gewebewasser und in die organische Substanz der Blätter (OBT) zu ermitteln und die Frage zu klären, ob HT direkt in OBT eingebaut wird. Mit dem Begriff OBT wird der Tritiumanteil in der Pflanze bezeichnet, der in der organischen Substanz an Kohlenstoff gebunden und damit nicht mit dem Wasserstoff des umgebenden Wassers austauschbar ist.

In zwei Versuchsserien wurden die oberirdischen Pflanzenteile von Gras, Salat, Tomaten, Mais, Kohlrabi und Wirsing bei ca. 25 °C und 85 % relativer Luftfeuchte für 3 bzw. 6 Stunden mit HT exponiert. Die mittleren HT-Konzentrationen waren 13,0 bzw. 51,5 kBq/l Luft. Um die Oxidation von HT an der Bodenoberfläche zu unterbinden, wurde der Boden mit einer Gelatineschicht abgedeckt und so die Diffusion des HT in den Boden behindert. Trotzdem war eine geringe HTO-Konzentration in der Atmosphäre von 0,26 bzw. 0,18 Bq/l nicht vermeidbar. Die berechneten Depositionsgeschwindigkeiten von HT ins Gewebewasser und ins OBT sind in Tab. 7/3 aufgeführt.

	$v_d$ Gewebewasser (m/s)		$v_d$ OBT (m/s)	
	1. Versuch (13,0 kBq/l HT)	2. Versuch (51,5 kBq/l HT)	1. Versuch (13,0 kBq/l HT)	2. Versuch (51,5 kBq/l HT)
Salat	$19 \cdot 10^{-9}$	$0,5 \cdot 10^{-9}$	$6 \cdot 10^{-11}$	$1,2 \cdot 10^{-11}$
Tomaten	$12 \cdot 10^{-9}$	$1,2 \cdot 10^{-9}$	$10 \cdot 10^{-11}$	$1,3 \cdot 10^{-11}$
Kohlrabi	$23 \cdot 10^{-9}$	$1,6 \cdot 10^{-9}$	$20 \cdot 10^{-11}$	$2,2 \cdot 10^{-11}$
Wirsing	$18 \cdot 10^{-9}$	-	$14 \cdot 10^{-11}$	-
Mais	$8 \cdot 10^{-9}$	$1,0 \cdot 10^{-9}$	< NWG	$1,0 \cdot 10^{-11}$
Gras	$21 \cdot 10^{-9}$	$4,6 \cdot 10^{-9}$	$23 \cdot 10^{-11}$	$4,6 \cdot 10^{-11}$

Tab. 7/3: Depositionsgeschwindigkeit von HT ( $v_d$ ) ins Gewebewasser bzw. ins OBT der Blätter verschiedener Pflanzen bezogen auf die Blattfläche.

Die im Durchschnitt um den Faktor 10 höheren Depositionsgeschwindigkeiten beim ersten Versuch sind durch die höhere HTO-Konzentration relativ zur HT-Konzentration im Vergleich zum zweiten Versuch erklärbar. Dies ist bereits ein Hinweis dafür, daß das Tritium in den untersuchten Pflanzen weniger mit der HT-Konzentration in der Atmosphäre korreliert, sondern eher mit der HTO-Konzentration.

Die gleichen Pflanzenarten wurden jeweils in einem weiteren Versuch mit einer vergleichbaren HTO-Konzentration wie während der HT-Exposition beaufschlagt. Ein Vergleich der berechneten Depositionsgeschwindigkeiten von HTO während der HT-Exposition und während der reinen HTO-Exposition ergab keine signifikanten Unterschiede für Gewebewasser, jedoch etwas höhere Werte für OB<sub>T</sub> in der zweiten Versuchsserie. Wegen der Unsicherheiten der korrekten HTO-Messung in der Atmosphäre bei sehr hoher HT-Konzentration kann noch keine eindeutige Aussage zum Einbau von HT in OB<sub>T</sub> getroffen werden. Dieser Effekt kann jedoch wegen Geringfügigkeit für Modellrechnungen vernachlässigt werden.

#### 7.5.2 Tageszeitliche Schwankungen der HTO-Aufnahme in Pflanzen

Bei der Aufnahme von Tritium in Form von HTO in die Vegetation spielen tageszeitliche Schwankungen klimatischer Parameter eine wichtige Rolle. Um die Tritiumaufnahme aus der Atmosphäre abschätzen zu können, wurde ein mathematisches Modell verwendet, das diurnale Schwankungen berücksichtigt.

Mit einer Gaswechselmeßanlage, bei der ein Blatt oder Blattteile in eine Meßküvette eingeschlossen werden können, wurden die für die Modellierung notwendigen klimatischen Parameter wie Lufttemperatur, Luftfeuchte und Licht sowie die Konzentrationsunterschiede im CO<sub>2</sub>- und H<sub>2</sub>O-Gehalt der Atmosphäre zwischen Lufteingang und Luftausgang der Küvette fortlaufend registriert. Aus diesen Daten wurden mit einem Auswertungsprogramm pflanzenphysiologische Parameter wie Transpirationsrate und Nettphotosyntheserate bezogen auf die Blattfläche berechnet. Die Beziehungen zwischen Photosynthese- und Blattwachstumsrate wurde in einem Wachstumsversuch ermittelt.

Das Modell wurde überprüft, indem Tomaten- und Maispflanzen während eines natürlichen Tagenganges (Juli- und Augusttage) einer konstanten HTO-Konzentration in der Atmosphäre ausgesetzt wurden. Es zeigte sich, daß das Modell für die Tritiumaufnahme ins freie Gewebewasser für die Tomate anwendbar ist. Ebenso läßt sich der Einbau ins organisch gebundene Tritium (nicht-austauschbares OB<sub>T</sub>) modellieren und erklären. Wird das Modell jedoch auf Teile eines Blattes angewandt, wie es sich z. B. bei Mais zeigte, können deutliche Abweichungen vom erwarteten Verlauf festgestellt werden. Das Modell konnte in diesem Fall die Tritiumaufnahme wegen der speziellen Blattmorphologie und Transportvorgänge innerhalb des Maisblattes nur unzulänglich beschreiben.

Da das Modell nur Abschätzungen über die Tritiumkonzentrationen in Blättern liefert, kann es zunächst nur für Blattgemüse angewandt werden. Der Einbau von Tritium in Früchte und Wurzelgemüse bedarf noch entsprechender experimenteller Untersuchungen.

#### 7.5.3 NET-Literaturstudie

Die Literaturstudie über das Verhalten von Tritium in der Vegetation und in der Nahrungskette (NET-Auftrag) wurde abgeschlossen und als KfK-Bericht Nr. 4713 veröffentlicht.

## 7.6 Untersuchung des Boden-Pflanzen-Transfers biologisch besonders wirksamer Schadstoffe

H. Schüttelkopf, W. Schmidt, B. Böckle, W. Bohn, G. Hefner, J. Hiller, E. Pel, Th. Sollich, W. Wünschel

### 7.6.1 Einleitung

Ziel dieses Forschungsprogrammes ist die Bestimmung des Transfers wichtiger Schadstoffe aus dem Boden in Futter- und Nahrungsmittel. Vorwiegend untersucht werden Cr, Mo, Ag, Se, Te, Ni, Co, Mn und Cu. Cd, Zn und Pb werden nur gemessen, wenn sie in höheren Konzentrationen vorhanden sind. Die erstgenannten Elemente wurden bisher wenig untersucht und sind physiologisch bedeutsam. Die benutzten Pflanzen werden aus einer Gruppe von ca. 20 landwirtschaftlichen wichtigen Pflanzen ausgewählt. Für die Untersuchungen werden je ein stark und ein wenig adsorbierender Boden benutzt.

### 7.6.2 Silberexperimente

Experimente mit stabilem Silber und mit Ag-110m mit fünf Pflanzen auf zwei Böden wurden abgeschlossen und ausgewertet (Abb. 7/4). Die Transferfaktoren sind niedrig. Da daher eine Gefährdung durch die in der Umwelt niedrigen Silberkonzentrationen nicht zu erwarten ist, werden die Experimente zum Schwermetall-Silber abgeschlossen.

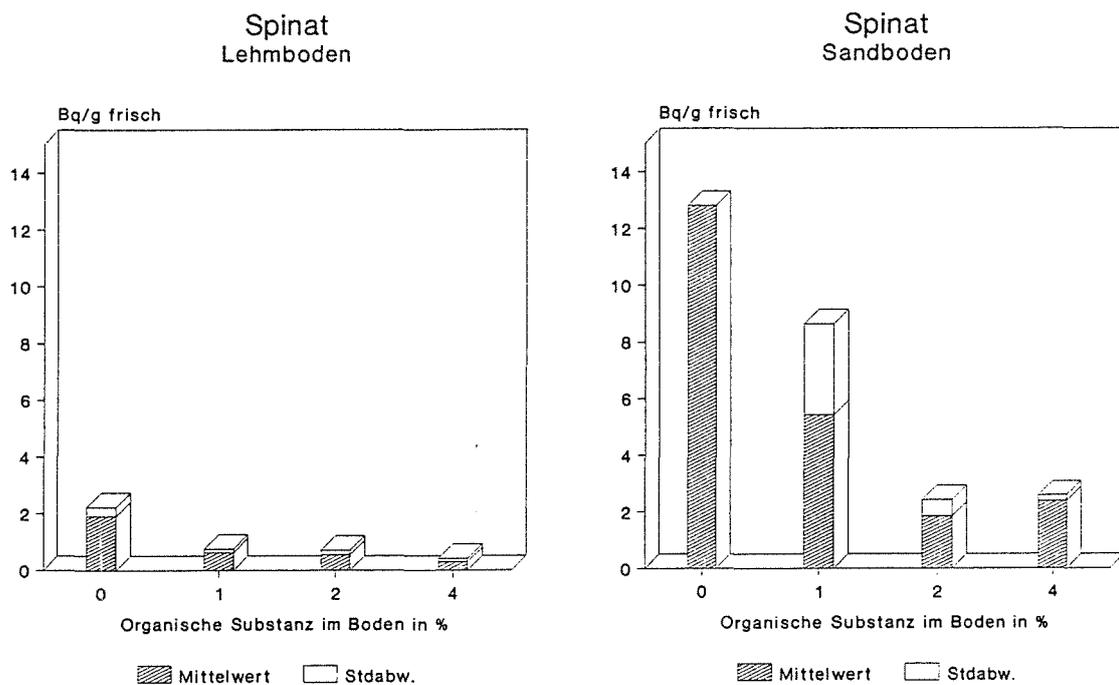


Abb. 7/4: Der Transfer von Ag-110m als Funktion des Humusgehaltes des Bodens. Aktivität zum Zeitpunkt der Ernte 47,13 Bq/g tr.

### 7.6.3 Molybdänexperimente

Experimente zum Boden-Pflanzen-Transfer von Molybdän mit 20 Pflanzenarten auf Böden mit hohem Molybdängehalt wurden ausgewertet. Der Boden-Pflanzen-Transferfaktor ist ganz allgemein hoch. Für Grünteile werden höhere Werte als für Knollen und Wurzeln gemessen (Tab. 7/4). Zur Klärung der Ursachen des hohen Transfers werden Experimente zum Einfluß des pH-Wertes, der Menge des Stickstoffdüngers und der Konzentration des Molybdäns vorbereitet. Um die Veränderung des Verhaltens des frisch eingemischtem Molybdäns zu beobachten, wurden zwei Lysimeter als Langzeitexperimente angelegt.

Kultur/Pflanzenteil	1) Mo-Gehalt in µg/g Proben	2) Mo-Gehalt in µg/g Kontrolle
Mais		
- Stengel	26 ± 4	< 0,5
- Kolben	16 ± 4	< 0,5
- Blätter	153 ± 15	< 0,5
- Körner	5 ± 1	< 0,5
Gras		
- 2. Schnitt	53 ± 14	1,7
- 4. Schnitt	131 ± 4	3,4
Kopfsalat	26 ± 3	1,1
Lauch	118 ± 23	< 0,5
Zwiebeln		
- Zwiebel	13 ± 1	2,6
- Kraut	417 ± 75	< 0,5
Bohnen	319 ± 3	5,9

1) = 3 Wiederholungen    2) = 1 Kontrolltopf

Tab. 7/4: Mo-Gehalte in einigen Pflanzen und Pflanzenteilen nach einer Bodenkontamination mit 70 µg/g

### 7.6.4 Chromexperimente

Der Boden-Pflanzen-Transfer wurde für stabiles und radioaktives Chrom jeweils als Cr(III) und Cr(VI) auf zwei Böden für Kartoffeln, Mais, Gras, Weizen und Spinat gemessen. Der Boden-Pflanzen-Transfer für Cr(VI) ist größer als für Cr(III) (Abb. 7/5). Laborexperimente zeigen, daß Cr(VI) innerhalb von wenigen 100 Minuten zu Cr(III) reduziert wird. Ursache des höheren Transfers ist die Löslichkeit von Cr(VI) und die Unlöslichkeit von Cr(III) im Boden und damit die feinere spätere Verteilung des Chroms, das als Cr(VI) in den Boden eingebracht wurde. Die Messung der Zeitabhängigkeit der Chromaufnahme aus dem Boden in Mais und Salat, die Abhängigkeit der Chromaufnahme in Mais und Salat von der Chromkonzentration im Boden wurden abgeschlossen.

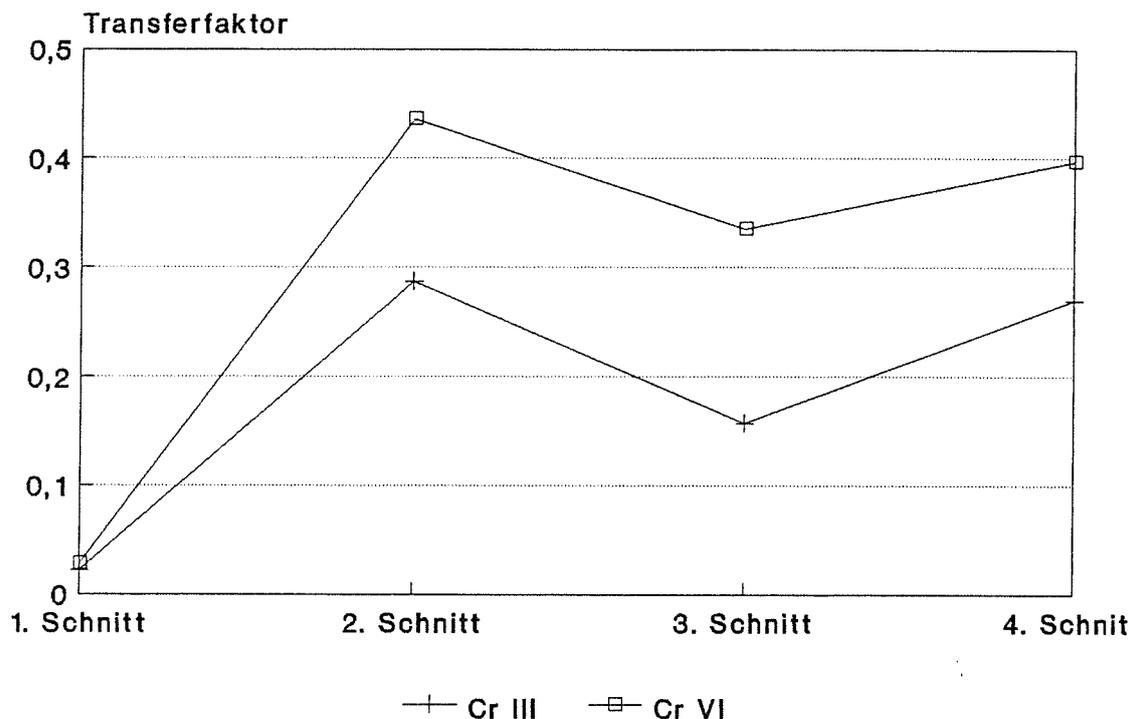


Abb. 7/5: Transferfaktoren von Cr-51 in Gras aus lehmigem Boden

### 7.6.5 Der Transfer Boden - Bodenwasser

Der austauschbare Anteil von im Boden enthaltenen Schwermetallen wurde mit Cr-51, Cd-109, Zn-65 und Co-60 markiert. Die Verfügbarkeit dieses so markierten Schwermetallanteils wurde untersucht in Abhängigkeit von der Zeit, der Konzentration des stabilen Schwermetalls, der Konzentration wichtiger Elemente im Bodenwasser, der Temperatur, dem Verhältnis zwischen Bodenlösung und Boden und in Abhängigkeit von der Konzentration vieler für solche Untersuchungen benutzten Salzlösungen. Eine Meßmethode für chemisch-austauschbares bzw. -verfügbares Schwermetall wurde erarbeitet. Eine Isotopenverdünnungsanalyse zur Messung von Metallkonzentrationen im Bodenwasser in Konzentrationsbereichen, die konventionell nicht mehr erfaßbar sind, wurde ebenfalls erarbeitet. In Abb. 7/6 wird die Extrahierbarkeit des Cr(III) aus dem verfügbaren Chromanteil des Bodens mit DTPA dargestellt. In Tabelle 7/5 wird die Extrahierbarkeit von Cd aus dem verfügbaren Cadmiumanteil im Boden mit verschiedenen Lösungsmitteln wiedergegeben.

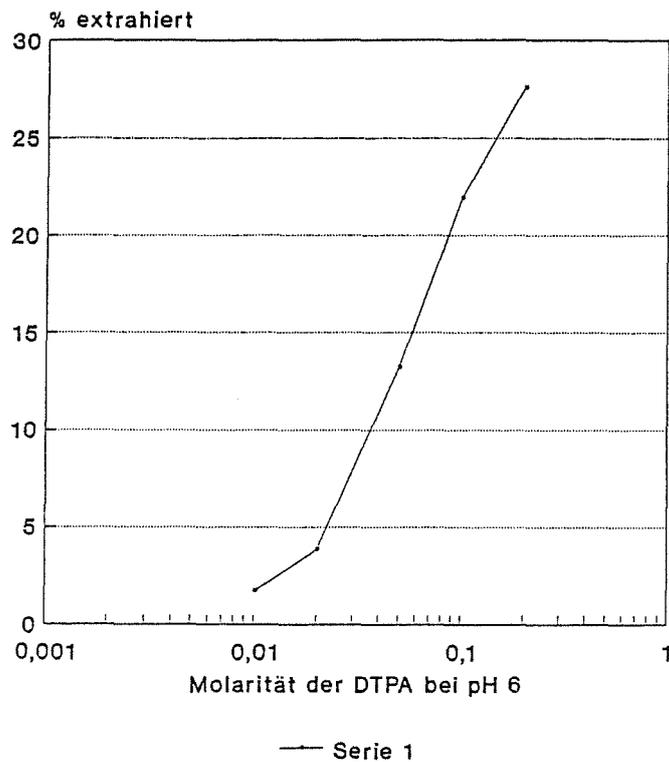


Abb.7/6: Extrahierbarkeit von Cr(III)-51 mit DTPA mit unterschiedlichen Konzentrationen

Extraktionsmittel	% extrahiert
1,0 <u>M</u> KNO <sub>3</sub>	0,54
1,0 <u>M</u> NaNO <sub>3</sub>	0,80
1,0 <u>M</u> Na(C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> )	7,2
1,0 <u>M</u> NH <sub>4</sub> (C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> )	23
1,0 <u>M</u> Ba Cl <sub>2</sub>	8,8
1,0 <u>M</u> Cu Cl <sub>2</sub>	39
1,0 <u>M</u> Ca Cl <sub>2</sub>	41
1,0 <u>M</u> Mg Cl <sub>2</sub>	45
4,0 <u>M</u> Na ClO <sub>4</sub>	0,26
0,1 <u>M</u> NTA + 0,1 M (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , pH 4,0	98
0,1 <u>M</u> EDTA + 0,1 M (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , pH 4,0	99
0,1 <u>M</u> Na <sub>2</sub> -EDTA + 0,1 M (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , pH 8,6	93
0,1 <u>M</u> DCTA + 0,2 M (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , pH 7,0	93
0,1 <u>M</u> DTPA + 0,1 M (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , pH 3,5 - 4,0	97
0,1 <u>M</u> EGTA + 0,2 M (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , pH 8,5	91
0,1 <u>M</u> DTPA pH 6,0	97

Tab. 7/5: Rückextraktion von Cadmium (Cd-109) aus Boden mit verschiedenen Extraktionsmitteln.

### 7.6.6 Iod

Die Entwicklung der Iodanalytik wurde abgeschlossen. Transfermessungen mit I-127 und I-129 wurden fortgesetzt. Der Transfer und das Keimen von Pflanzen auf Iod-haltigen Boden wurde untersucht (Abb. 7/7) und die Extraktion von verschiedenen Iodformen aus dem Boden verbessert.

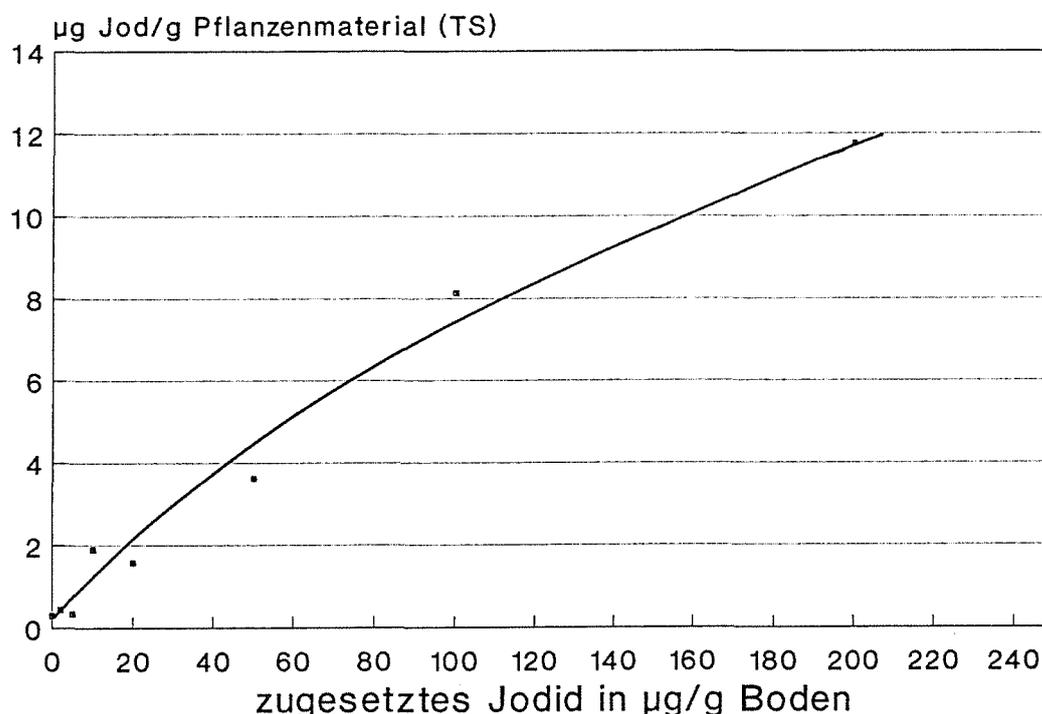
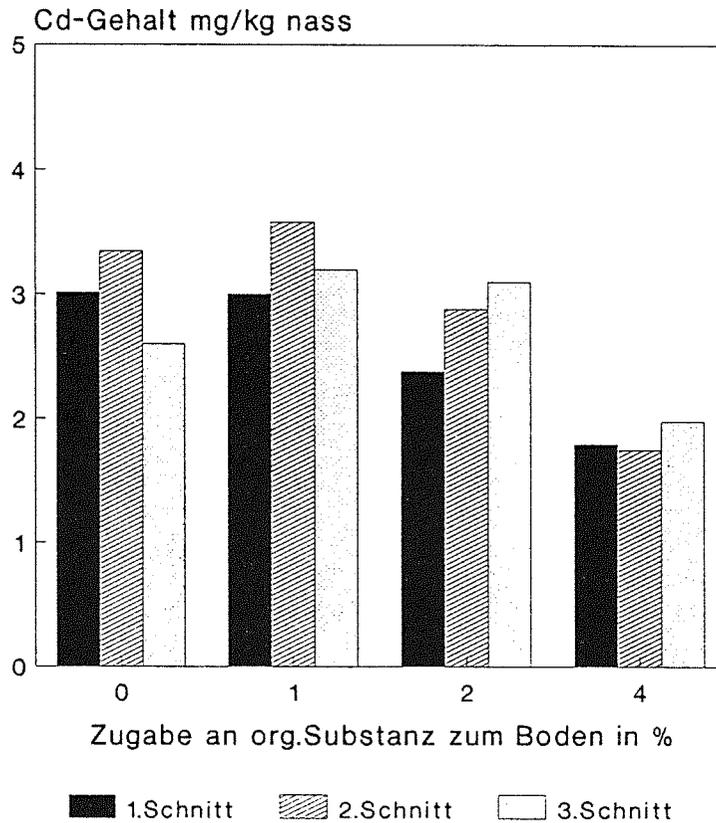


Abb. 7/7: Iodgehalt in Knoblauch in Abhängigkeit vom Iodidzusatz zum Boden

### 7.6.7 Elektrofilterstäube

Die Langzeitexperimente mit acht Lysimetern mit unbehandeltem und sauer extrahiertem Elektrofilterstäuben verschiedener Müllverbrennungsanlagen wurden mit Weizen und Raps fortgesetzt. Es konnten keine Pflanzenschäden festgestellt werden. Der Austrag von Schwermetallen aus mit Elektrofilterstaub und Erde gefüllten Freilandlysimetern wurde durch monatliche Analyse verfolgt. Kein meßbarer Schwermetallaustrag ist zwischen 1987 und 1990 beobachtbar. Es wurde geprüft, ob gewaschener Elektrofilterstaub als Spurenelementdünger benutzt werden kann. Experimente mit Mais und 1990 mit Gras und Salat wurden abgeschlossen. Der Transfer der Schwermetalle ist vernachlässigbar klein. Keimversuche mit ungewaschenen Elektrofilterstaubeinmischungen in den Boden wurden für ca. 15 Pflanzen abgeschlossen. Mit gewaschenem Elektrofilterstaub wurde ein Teil der Pflanzen untersucht. Bei ungewaschenem Elektrofilterstaub treten Pflanzenschäden bei über 5 % Einmischung in den Boden auf. Bei gewaschenem Filterstaub treten auch bei höheren Konzentrationen keine Schäden auf. In Abb. 7/8 werden die Cd-Aufnahmen in Gras als Funktion des Gehaltes von organischer Substanz dargestellt. Abb. 7/9 zeigt die Produktion von Biomasse während eines Kleinexperimentes.

Cd-Gehalt im Gras (lehmiger Boden)  
(E-Filterstaub-Kontamination 3%)



Cd-Gehalt im Gras (sandiger Boden)  
(E-Filterstaub-Kontamination 3%)

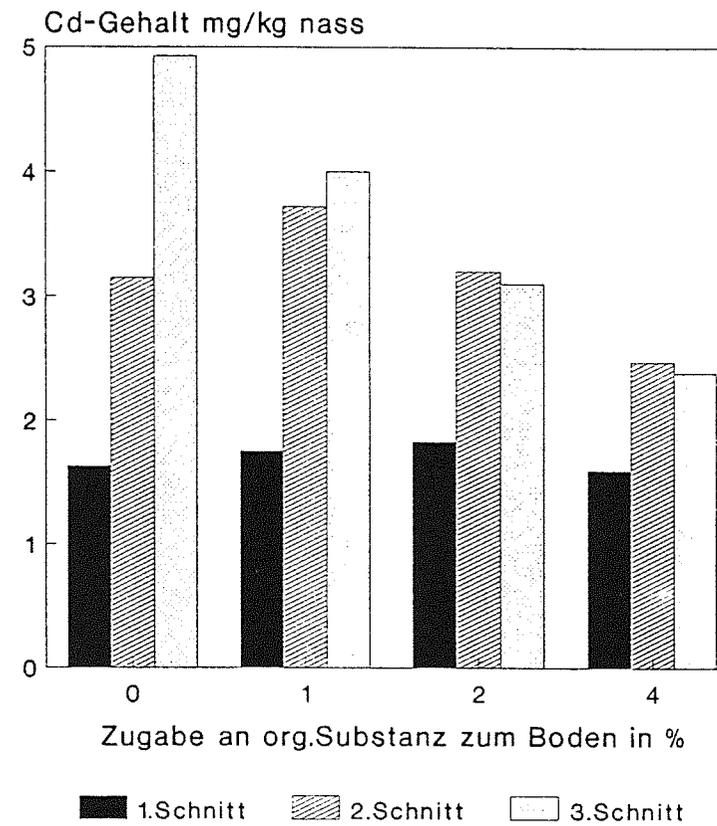
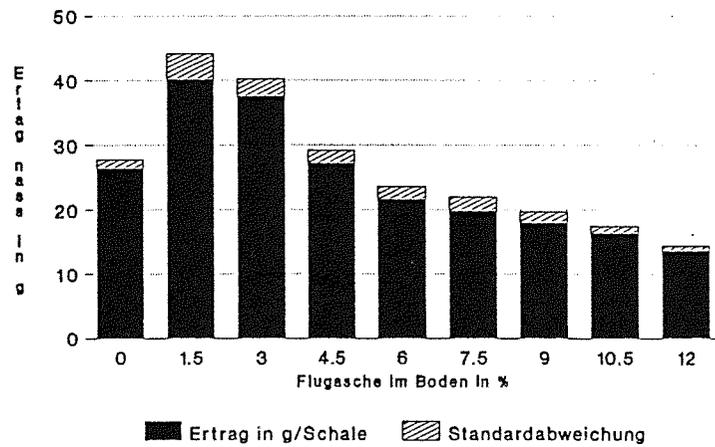


Abb. 7/8: Cd-Gehalt im Gras (lehmiger und sandiger Boden) bei Zusatz von 3 % Elektrofilterstaub

Ertrag(nass) von Kresse 10 Tage nach der Aussaat auf lehmigem Boden



Ertrag(nass) von Kresse 10 Tage nach der Aussaat auf sandigem Boden

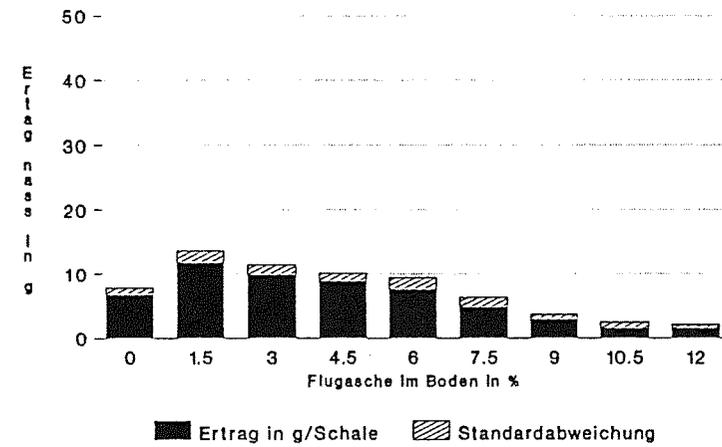


Abb. 7/9: Keimpflanzenenertrag von Kresse

8 Mitwirkung von Mitarbeitern der Hauptabteilung Sicherheit in Gremien und fachspezifischen Arbeitskreisen von Verbänden

Beirat des Instituts für Strahlenschutz der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik (Koelzer)

Fachberater des Instituts für Strahlenschutz der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik (Dilger)

Informationskreis Kernenergie des Deutschen Atomforums (Koelzer)

Informationsausschuß der Kerntechnischen Gesellschaft (Spannagel)

Council Member Eurados-Cendos (Piesch)

"Dosimetry of Beta Particles and Low Energy X-Rays", Eurados Working Group 2 (Piesch)

"Development of Individual Dosemeters for External Penetrating Radiation", Eurados Working Group 8 (Piesch)

"Nuclear Tracks and Radiation Measurement", Editorial Advisory Board (Piesch)

"Radiation Protection Dosimetry", Editorial Board (Piesch)

„Emissions- und Immissionsüberwachung“, Arbeitsgruppe S 419 der Ausschüsse „Radioökologie“ und „Strahlenschutz bei kerntechnischen Anlagen“ der Strahlenschutzkommission (Winter)

„Fachlicher Berater Strahlenschutz“ der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen, Regierungspräsidium Karlsruhe (Winter bis 9/90, Wicke ab 10/90)

„Dosismessung externer Strahlung“, Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz (Burgkhardt, Piesch)

„Entsorgung“, Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz (Dilger)

„Inkorporationsüberwachung“, Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz (Dilger, Doerfel)

„Umweltüberwachung“, Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz (Allers, Winter)

„Strahlenschutztechnik“, Fachbeirat des Normenausschusses Kerntechnik des DIN (Piesch)

„Nachweisgrenzen radioaktiver Stoffe“, Normenausschuß Kerntechnik des DIN (Berger, Winter)

„Oberflächendekontaminationsverfahren“, Normenausschuß Kerntechnik des DIN (Berger)

„Reststofffragen“, Normenausschuß Kerntechnik des DIN (Dilger)

„Passive Radondetektoren“, Normenausschuß Kerntechnik des DIN (Schmitz)

„Dosimetrie“, Normenausschuß Radiologie des DIN (Piesch)

„Neutronendosimetrie“, Normenausschuß Radiologie des DIN (Piesch)

„Arbeitssicherheit“, Arbeitskreis des Landesverbandes Südwestdeutschland der gewerblichen Berufsgenossenschaften (Windbühl)

„Radioaktivität“, Arbeitskreis der Fachgruppe Wasserchemie in der Gesellschaft Deutscher Chemiker (Pimpl)

„Durchfluß und Menge“, Gemeinschaftsausschuß der Gesellschaft für Meß- und Regeltechnik (Schmitz)

„Grundlagen der Meßsysteme“, VDI/VDE-GMA-Fachausschuß (Spannagel)

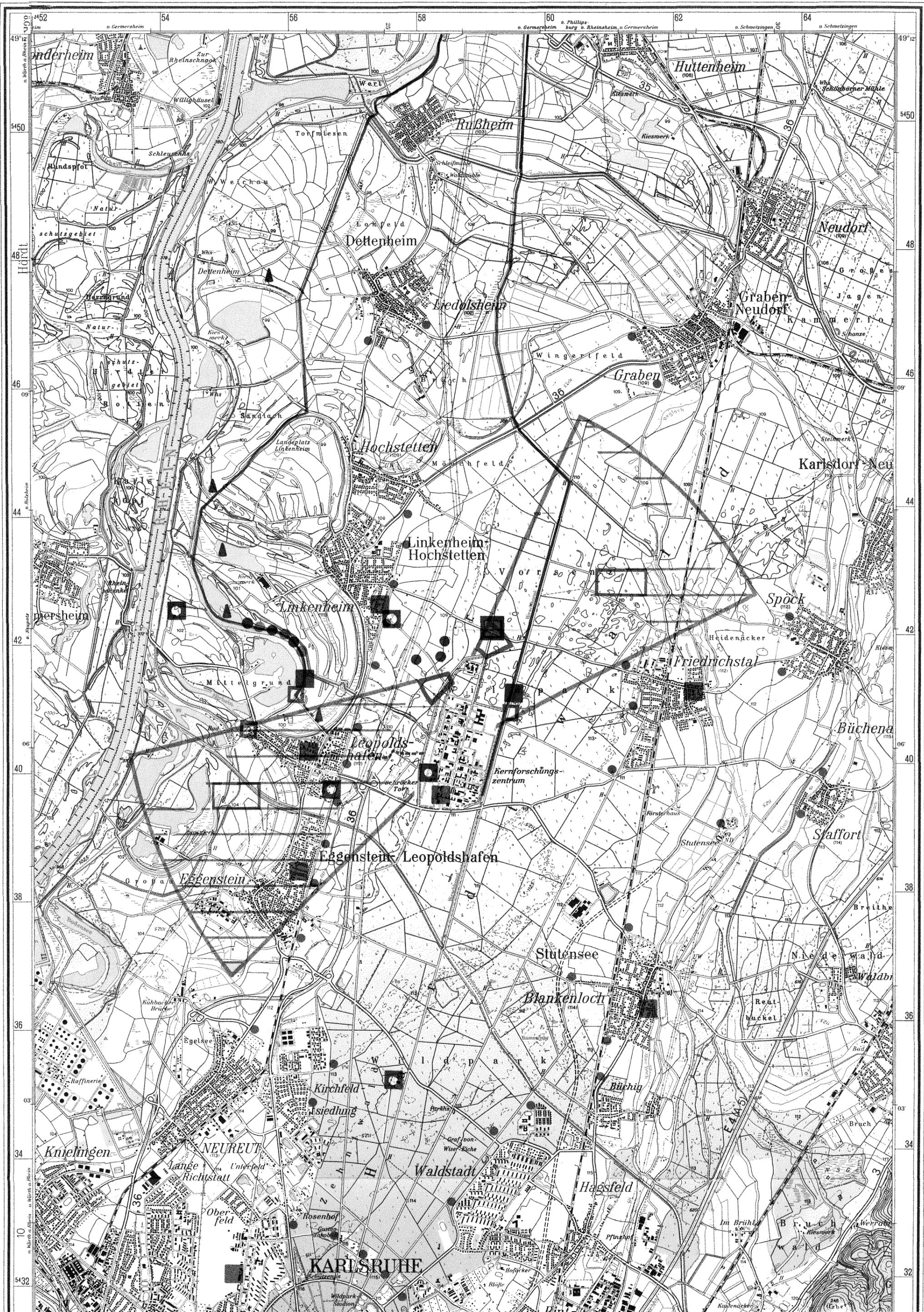
9 Veröffentlichungen

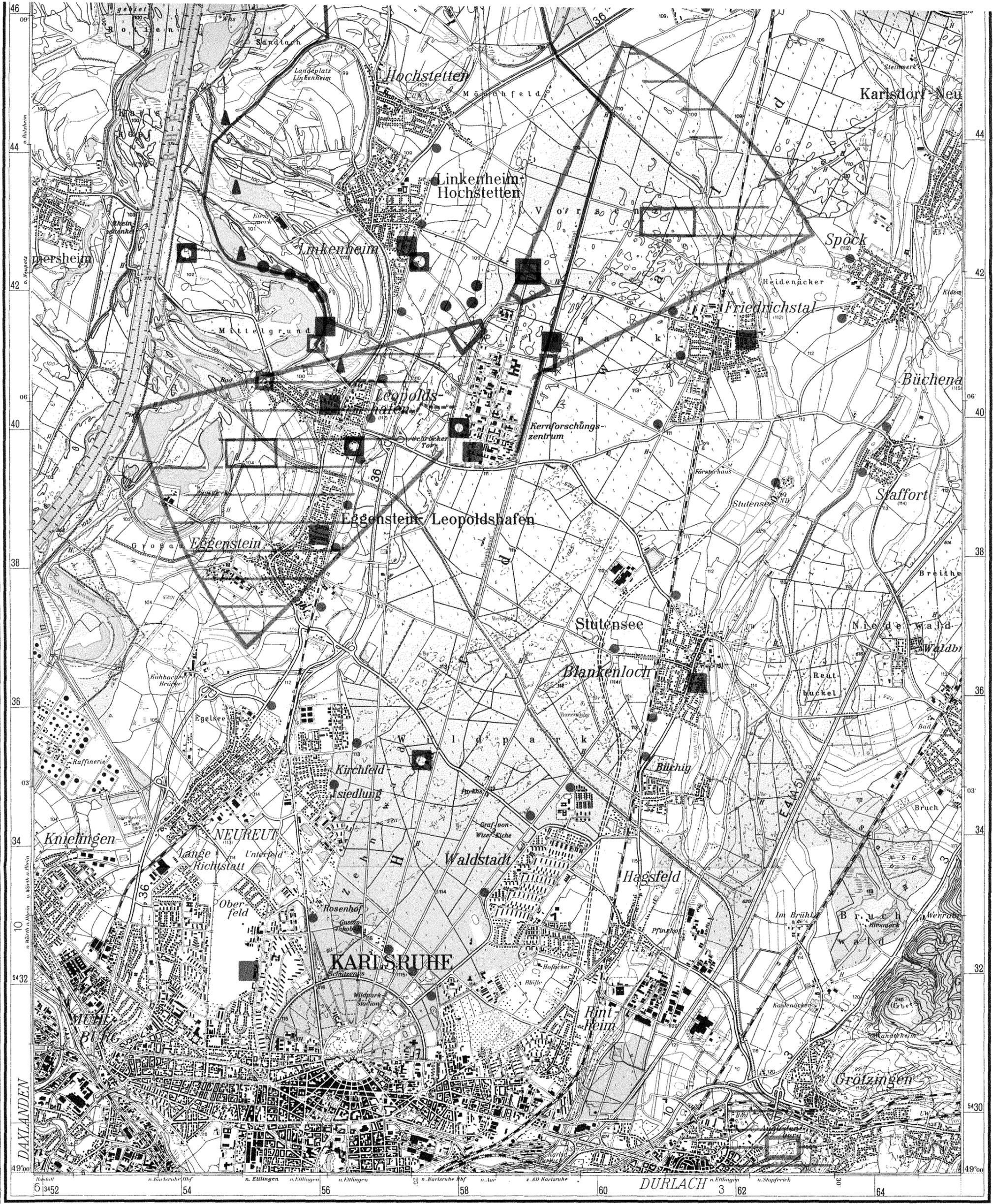
- [1] AL-NAJJAR, PIESCH, E.; JOSEFOWICZ, K; The two-step electrochemical etching technique applied for polycarbonate track etched detectors. 15th Internat. Conf. on Particle Tracks in Solids, Marburg, September 3-7, 1990.
- [2] ALBERTS, W. G.; LUSZIK-BHADRA, M.; PIESCH, E.; VILGIS M.; Fast neutron dosimetry with Cr-39: study of various materials using electrochemical etching. 15th Internat. Conf. on Particle Tracks in Solids, Marburg, September 3-7, 1990.
- [3] ANDERER, U.; KNEDLITSCHKEK, G.; WEIBEZAHN, K. F.; DERTINGER, H.; Radioreistance of rat glioma cell lines cultured as multicellular spheroids. Correlation with electrical cell-to-cell-coupling. *Strahlentherapie und Onkologie*, 166, pp. 164-67, 1990
- [4] BAIXERAS, C.; GARCIA, I.; FERNANDEZ, F.; DOMINGO, C.; VIDAL-QUADRAS, A.; PIESCH, E.; Indoor radon concentration measurements in some spanish houses and dwellings with plastic nuclear track detectors. 15th Internat. Conf. on Particle Tracks in Solids, Marburg, September 3-7, 1990.
- [5] BURGKHARDT, B.; AL-JARALLAH, M. I.; PIESCH, E.; Neutronen-Äquivalentdosisleistungsmesser nach dem Einkugelalbedomeßverfahren. KfK 4631, 1990
- [6] BURGKHARDT, B.; KLIPFEL, A.; Dosimetric properties of carbon loaded LiF detectors for beta photon extremity dosimetry. Proc. of the 9th Internat. Conf. on Solid State Dosimetry, Wien, A, November 6-10, 1989, *Radiation Protection Dosimetry*, 33, Vol. 1, pp. 275-78, 1990.
- [7] BURGKHARDT, B.; PIESCH, E.; RÖBER, H. G.; HEIST, W.; HÄFNER, M.; Dosimeterkapselung mit einem Verschuß. DE-OS 32 02 143 (28.7.1983) DE-PS 32 02 143 (15.2.1990)
- [8] BURGKHARDT, B.; PIESCH, E.; VILGIS M.; Analysis of beta radiation fields in the fuel cycle. Proc. of the 9th Internat. Conf. on Solid State Dosimetry, Wien, A, November 6-10, 1989; *Radiation Protection Dosimetry*, 33 Vol. 2, pp. 137-40, 1990.
- [9] BURGKHARDT, B.; VILGIS, M.; PIESCH, E.; ISHIDOYA, T.; IKEGAMI, T.; Modern automatic readout systems for phosphate glass dosimeters using UV-laser excitation. Proc. of the 9th Internat. Conf. on Solid State Dosimetry, Wien, A, November 6-10, 1989 *Radiation Protection Dosimetry*, 33 Vol. 2, pp. 369-72, 1990.

- [10] DIABATE, S.; STRACK, S.; Doses due to tritium releases by NET-data base and relevant parameters on biological tritium behaviour. KfK 4713, 1990.
- [11] DILGER, H.; Bestimmung der Nachweisgrenze bei Kontaminationsmessungen mit dem Ratemeter. KfK 4762, 1990
- [12] HOLLMANN, H.; Die Aussichten für die Kernenergie werden weltweit besser. Bericht über die ENS/ANS-Foratom-Konferenz (ENC '90) vom 23. bis 28.9.1990 in Lyon. 5. Öffentliche Akzeptanz/Strahlenschutz. Atomwirtschaft-Atomtechnik, 35, S. 560-61, 1990
- [13] JOZEFOWICZ, K.; PIESCH, E.; Electrochemically etched makrofol DE as a detector for neutron induced recoils and alpha particles. Proc. of the 9th Internat. Conf. on Solid State Dosimetry, Wien, A, November 6-10, 1989; Radiation Protection Dosimetry 33 Vol. 2, S. 25-28, 1990.
- [14] KIEFER, H.; REINHARDT, B.; SCHLEICHER, G.; URBAN, M.; Verfahren zum Bestimmen von Strahlendosen durch Auswerten von Kernspuren in bestrahlten und danach geätzten Folien. DE-OS 38 17 659 (30.11.1989), DE-PS 38 17 659 (25.7.1990)
- [15] KOELZER, W.; URBAN, M.; (Hrsg.) Jahresbericht 1989 der Hauptabteilung Sicherheit. KfK 4730, 1990
- [16] LUSZIK-BHADRA, M.; ALBERTS, W. G.; PIESCH, E.; Neutron energy response and background of electrochemically etched nuclear track detectors: study of various Cr-39 materials. Radiation Protection Dosimetry, 32, pp. 99-103, 1990.
- [17] PIESCH, E.; Phosphatglasdosimetrie mit gepulster UV-Laseranregung. 54. Physikertagung gemeinsam mit der Frühjahrestagung DPB, Atomphysik, Energietechnik - Physikalische Grundlagen, Extraterretrische Physik, Gravitation und Relativitätstheorie, Kurzzeitphysik, Massenspektrometrie, Physik und Medizin, Plasmaphysik, Quantenoptik, Strahlenwirkung und Strahlenschutz, Fortbildungsveranstaltung, München, 12.-16. März 1990. Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, R. 6, Bd. 25, 1990
- [18] PIESCH, E.; Requirements for the performance of dose equivalent meters in area and individual monitoring: conclusions of the discussion. Radiation Protection Dosimetry, 29, pp. 149-52, 1989.
- [19] PIESCH, E.; Albedo neutron dosimetry - principles, aspects and experiences in routine monitoring using two-component albedo doseimeters. 22nd Internat. Symp. on Radiation Protection Physics, Dresden, DDR, April 2-6, 1990.

- [20] PIESCH, E.; Zur Ermittlung der Körperdosis in der Personendosimetrie: Probleme und Alternativen. Tagung der Vereinigung für Strahlenforschung und Strahlenschutz "Strahlenanwendung in Wissenschaft und Technik - Konsequenzen und Alternativen", Gotha, DDR, 18.-21. Januar 1990
- [21] PIESCH, E.; Entwicklung in der Beta- und Neutronendosimetrie. 10. Internat. Kolloquium der IVSS Sektion "Elektrizität", Wien, 21.-23. November 1990
- [22] PIESCH, E.; Externe Dosimetrie zur physikalischen Strahlenschutzkontrolle in der Bundesrepublik Deutschland. Gemeinsames Strahlenschutzseminar des Fachverbandes für Strahlenschutz der Bundesrepublik Deutschland und der Schweiz und der Vereinigung für Strahlenforschung und Strahlenschutz der ehemaligen DDR, Berlin, 19.-20. Oktober, 1990
- [23] PIESCH, E.; BURGKHARDT, B.; SAUER, D.; Electrochemical etching of Cr-39 and makrofol DE track detectors: investigation of parameters affecting the overall uncertainty of measurement. 15th Internat. Conf. on Particle Tracks in Solids, Marburg, September 3-7, 1990.
- [24] PIESCH, E.; BURGKHARDT, B.; VILGIS, M.; Photoluminescence dosimetry - progress and present state of the art. Proc. of the 9th Internat. Conf. on Solid State Dosimetry, Wien, A, November 6-10, 1989; Radiation Protection Dosimetry, 33, Vol. 1, pp. 215-26, 1990.
- [25] STRACK, S.; DIABATE, S.; HETTINGER, M.; Tritium behaviour in the soil-plant-atmosphere continuum. 16th Symp. on Fusion Technology (SOFT), London, GB, September 3-7, 1990.
- [26] WALSER, B.; BUTTNER, B.; JOST, B.; WEIBEZAHN, K. F.; KNEDLITSCHKE, G.; DERTINGER, H.; Multicellular spheroid culture system for adult rat hepatocytes: dependence of ploidy pattern and biochemical activities upon culture conditions. Frühjahrstagung der Deutschen Gesellschaft für Zellbiologie, Bremen, 19.-22. März 1990.
- [27] WILDEBOER, B.; WALSER, B.; WEIBEZAHN, K. F.; DERTINGER, H.; Cultured multicellular spheroids of adult rat hepatocytes: a novel system for testing liver metabolism in vitro. Tagung der Gesellschaft für Pharmakologie und Toxikologie, Hannover, 5.-7. Dezember 1990.
- [28] WINTER, M.; Die Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen. Gemeinsames Strahlenschutzseminar des Fachverbandes für Strahlenschutz der Bundesrepublik Deutschland und der Schweiz und der Vereinigung für Strahlenforschung und Strahlenschutz der ehemaligen DDR, Berlin, 19.-20. Oktober 1990.







### Legende

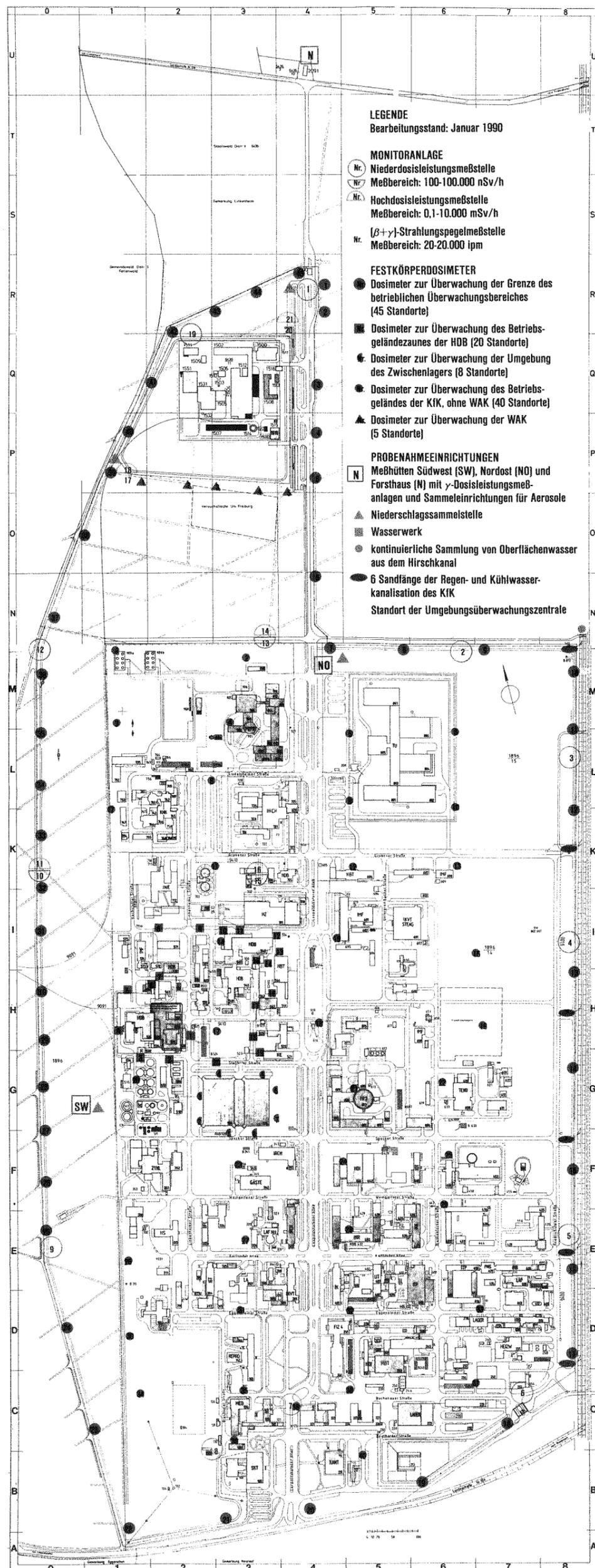
Bearbeitungsstand März 1986

- |  |                     |  |  |  |                   |  |   |  |                              |
|--|---------------------|--|--|--|-------------------|--|---|--|------------------------------|
|  | Zählrohrstation     |  | Trinkwasser (Wasserwerke)                        |  | Oberflächenwasser |  | Vorflutkanal der Abwässer des KfK zum Altrhein          |  | Boden                        |
|  | Festkörperdosimeter |  | Grundwasser (Brunnen)                            |  | Schlamm           |  | Verlauf der als Vorfluter dienenden Oberflächengewässer |  | Landwirtschaftliche Produkte |
|  | Aerosole            |  | kontinuierliche Probenahme von Oberflächenwasser |  | Fisch             |  | Hauptwindrichtungs-sektoren                             |  |                              |



Ausschnitt aus der topographischen Karte L 6916, Karlsruhe-Nord, mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Baden-Württemberg

## Lageplan Nr. 1 der Meß- und Probenahmestellen zur Umgebungsüberwachung des Kernforschungszentrums Karlsruhe



Lageplan Nr. 2: Meßstellen und Probenahmeeinrichtungen innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches des Kernforschungszentrums Karlsruhe