

KfK 4730
April 1990

Jahresbericht 1989 der Hauptabteilung Sicherheit

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

Kernforschungszentrum Karlsruhe

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE
Hauptabteilung Sicherheit**

KfK 4730

**Jahresbericht 1989
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 vervielfältigt
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 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: Untersuchungen des physikalischen und chemischen Verhaltens von Spurenelementen in der Umwelt, Verhalten von Tritium im System Luft/Boden/Pflanze, die Biophysik multizellulärer Systeme sowie Verbesserungen in der Strahlenschutzmeßtechnik.

Der vorliegende Bericht informiert über die einzelnen Aufgabengebiete, gibt die Ergebnisse der Routineaufgaben im Jahr 1989 wieder und berichtet über Untersuchungsergebnisse und Entwicklungen der verschiedenen Arbeitsgruppen der Hauptabteilung.

Central Safety Department, Annual Report 1989

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, behavior of tritium in the air/plant/soil system, biophysics of multicellular systems, improvement in radiation protection measurement and personnel dosimetry.

This report gives details of the different duties, indicates the results of 1989 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	Abteilung „ 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	Von HS/AS zentral erfaßte zu „überwachende Personen“ i. S. der StrlSchV	16
2.1.4	Ergebnisse der Personendosisüberwachung	17
2.1.5	Fremdes Personal in Strahlenschutzbereichen der KfK	18
2.2	Arbeitsschutz	18
2.2.1	Betriebsüberwachung	18
2.2.2	Arbeitsplatzüberwachung	19
2.2.3	Untersuchung der Manipulatorarbeitsplätze im Bereich der Heißen Zellen	20
2.2.4	Unfallgeschehen	20
2.2.5	Arbeitsschutzausschuß	22
2.3	Kernmaterialüberwachung	23
2.3.1	Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung von Kernmaterial	23
2.3.2	Aufsichtsbesuche durch EURATOM und IAEO	24
2.3.3	Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung „sonstiger radioaktiver Stoffe“	25
2.4	Einsatzleitung und Einsatzplanung	26
2.4.1	Aufgaben	26
2.4.2	Statistik und Analyse der EvD-Einsätze	26
2.4.3	Meldepflichtige Ereignisse	28
2.4.4	Übungen der Einsatzdienste	29
2.4.5	KfK-Alarmplan	29
2.4.6	Werkfeuerwehr	29
2.5	Abfallwirtschaft	31
2.5.1	Entsorgung von inaktiven Abfällen	31
2.5.2	Ausfuhr- und Nachweisregelungen	33
3	Sicherung	35
3.1	Objektsicherung	35
3.1.1	Objektsicherungsdienst	35
3.1.2	Alarmzentrale	35
3.1.3	Güterkontrolle	37

3.1.4	Diensthundestaffel	37
3.1.5	Ausbildung	37
3.2	Technische Sicherungssysteme	38
3.3	Ermittlungsdienste	38
3.4	Schließwesen	39
3.5	Verkehrsdienste	39
3.6	Buskontrollen	40
3.7	Personelle und administrative Sicherungsfragen	40
3.7.1	Personensicherheitsüberprüfung	40
3.7.2	Ausweisbüro	41
3.7.3	Empfangsdienst	41
4	Strahlenschutzüberwachung	43
4.1	Arbeitsplatzüberwachung im KfK	45
4.1.1	Personendosimetrie mit Taschenionisationskammern	45
4.1.2	Oberflächenkontaminationen	47
4.1.3	Raumluftaktivitäten	49
4.1.4	Überweisungen an die Medizinische Abteilung	49
4.2	Summendosen	50
4.3	Strahlenschutzmeßlabor	51
4.4	Transporte radioaktiver Stoffe	52
4.5	Programmpflege und -neuentwicklung	54
4.6	Dichtheitsprüfungen	54
5	Umweltschutz	57
5.1	Fortluftüberwachung	58
5.1.1	Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft 1989	61
5.1.2	Ableitung nicht-radioaktiver Stoffe mit der Fortluft 1989	67
5.1.3	Strahlenexposition in der Umgebung durch die mit der Fortluft abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1989	69
5.2	Abwasserüberwachung	77
5.2.1	Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1989	80
5.2.2	Ableitung nicht-radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1989	82
5.2.3	Strahlenexposition in der Umgebung durch die mit dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1989	84
5.3	Umgebungsüberwachung	86

5.3.1	Ergebnisse der Routineüberwachung 1989	87
5.3.2	Ergänzende Überwachungsmaßnahmen	90
5.3.3	In-situ-Spektrometrie	91
5.3.4	Zur Berechnung der C-14- und Kr-85-Konzentrationen in der bodennahen Luft während der Auflösung abgebrannter Brennelemente in der WAK	92
5.4	Spektrometrie und chemische Analytik	93
5.4.1	Spektrometrische Untersuchungen	93
5.4.2	Radiochemische Arbeiten	94
5.4.3	Aktinidenableitungen mit der Fortluft der WAK 1989	96
5.4.4	Plutonium- und Strontiumableitungen mit dem Abwasser der KfK 1989	98
5.4.5	Plutoniumkonzentrationen der bodennahen Luft 1989	99
6	Dosimetrie	101
6.1	Amtliche Personendosimetrie	101
6.1.1	Photolumineszenzdosimetrie	102
6.1.2	Teilkörperdosimetrie mit Thermolumineszenzdosimetern	104
6.1.3	Personendosimetrie mit Albedoneutronendosimetern	104
6.1.4	Sonstige Personen- und Ortsdosimeter	104
6.2	Photonendosimetrie	105
6.2.1	Phosphatglasdosimetrie mit optimierter Auswertemethode	105
6.2.2	Analyse typischer Beta-Photonen-Mischstrahlungsfelder im Brennstoffkreislauf	108
6.3	Neutronendosimetrie	109
6.3.1	Neutronendosimetrie mit Kernspurdetektoren	109
6.3.2	Albedoneutronendosimetrie	111
6.4	Vergleichsbestrahlungen	113
6.5	Strahlenexposition durch Radon-Zerfallsprodukte	113
6.5.1	Messungen an untertägigen Arbeitsbereichen	113
6.5.2	Messungen in Thermalbädern	115
6.5.3	Radon-Vergleichsmessungen, Strahlenschutz- und Umweltmessungen	115
6.5.4	Messung der Radonkonzentration in der Luft	117
6.6	Inkorporationsmessung	119
6.6.1	Routine- und Sondermessungen	119
6.6.2	Cs-137-Referenzmessungen	121
6.6.3	K-40-Referenzmessungen	126
6.6.4	Zur Kalibrierung des Teilkörperzählers für Am-241-Depositionen im Skelett	128
6.6.5	Entwicklung des neuen Teilkörperzählers zur In-vivo-Messung von Aktiniden	129
6.6.6	Neue Software zur Simulierung des Stoffwechsels inkorporierter Radionuklide	131
6.6.7	Neue Software zur internen Dosimetrie	132

6.6.8	Neue Schrittmotorsteuerung für den Ganzkörperzähler	133
6.6.9	Programm zur Verwaltung der radioaktiven Stoffe bei HS/D	134
6.7	Strahlenschutzmeßtechnik	134
6.7.1	Aufgaben	134
6.7.2	Wartung und Reparatur	135
6.7.3	Routinekalibrierung	136
6.7.4	Amtliche Eichabfertigungsstelle	136
7	Biophysik	137
7.1	Einführung	137
7.2	Regulation der Zellvermehrung in Sphäroiden	137
7.2.1	Einleitung	137
7.2.2	Proliferationsmuster in Sphäroiden und Monolayern	138
7.2.3	cAMP und Proliferation	138
7.2.4	Zusammenfassung und Deutung der Ergebnisse	139
7.2.5	Weiteres Vorgehen	139
7.3	Entwicklung eines hormonell definierten Nährmediums für die Kultur von Sphäroiden aus Ratten-Hepatozyten	141
7.3.1	Einleitung	141
7.3.2	Ergebnisse	141
7.3.3	Weiteres Vorgehen	142
7.4	Ökologische Untersuchungen zum Boden-Pflanzen-Transfer von Spurenelementen	142
7.4.1	Keimversuche	142
7.4.2	Versuche zum Boden-Pflanzen-Transfer von Silber	143
7.4.3	Untersuchung von Sickerwässern nach Bodenkontamination	148
7.4.4	Vergleich von gewaschener und ungewaschener Flugasche aus einer Müll- verbrennungsanlage auf den Boden-Pflanzen-Transfer von Schwermetallen in Mais	148
7.4.5	Vorversuch mit Molybdän	149
7.4.6	Der Boden-Pflanzen-Transfer von stabilem Iod	149
7.4.7	Die Messung von $^{14}\text{CO}_2$ in der Abluft der Verbrennungsanlage der HDB	150
7.5	Verhalten von Tritium im System Luft-Pflanze-Boden	153
7.5.1	Expositionsversuche mit HT	153
7.5.2	HT- und HTO-Konzentrationen in Umgebungsluft	153
8	Beratertätigkeit	155
9	Literatur	157

Contents

1	Duties and Organization of the Central Safety Department	6
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	35
3.1	Plant Security	35
3.1.1	Plant Security Police	35
3.1.2	Alarm Center	35

3.1.3	Goods Inspection	37
3.1.4	Watch Dogs	37
3.1.5	Instruction	37
3.2	Technical Security Systems	38
3.3	Investigation Office	38
3.4	Key Service	39
3.5	Traffic Service	39
3.6	Bus Control Service	40
3.7	Personal and Administration Security	40
3.7.1	Personal Security Investigation	40
3.7.2	Identity Office	41
3.7.3	Reception Office	41
4	Radiation Protection	43
4.1	Radiation Protection of Working Places in the KfK	45
4.1.1	Personal Monitoring by Pocket Ionization Chambers	46
4.1.2	Surface Contamination	47
4.1.3	Room Air Contamination	49
4.1.4	Assignment to the Ambulance	49
4.2	Collective Dose	50
4.3	Radiation Protection Laboratory	51
4.4	Transport of Radioactive Material	52
4.5	Computer Programs	54
4.6	Leakage Tests	54
5	Environmental Protection	57
5.1	Exhaust Air Monitoring	58
5.1.1	Release of Radioactive Substances with the Exhaust Air in 1989	61
5.1.2	Release of Non-radioactive Substances with the Exhaust Air in 1989	67
5.1.3	Radiation Exposure in the Vicinity of KfK Resulting from Radioactive Substances Released with the Exhaust Air in 1989	69
5.2	Liquid Effluent Monitoring	77
5.2.1	Release of Radioactive Substances with Liquid Effluents in 1989	80
5.2.2	Release of Non-radioactive Substances with Liquid Effluents in 1989	82
5.2.3	Radiation Exposure in the Vicinity of KfK Resulting from the Radioactive Substances Released with Liquid Effluents in 1989	84
5.3	Environmental Monitoring	86
5.3.1	Results of Routine Monitoring in 1989	87

5.3.2	Supplementary Monitoring Measures	90
5.3.3	In-situ Spectrometry	91
5.3.4	On the Calculation of the C-14 and Kr-85 Concentrations in Near Ground Level Air During Dissolution of Spent Fuel Elements at WAK	92
5.4	Spectrometry and Chemical Analysis	93
5.4.1	Spectrometric Investigations	93
5.4.2	Radiochemistry Work	94
5.4.3	Actinide Release with the Exhaust Air of WAK in 1989	96
5.4.4	Plutonium and Strontium Releases with Liquid Effluents of KfK in 1989	98
5.4.5	Plutonium Concentrations of Near Ground Level Air in 1989	99
6	Dosimetry	101
6.1	Official Personnel Monitoring	101
6.1.1	Photoluminescent Dosimetry	102
6.1.2	Partial Body Dosimetry Using Thermoluminescent Dosemeters	104
6.1.3	Personnel Dosimetry Using Albedo Neutron Dosemeters	104
6.1.4	Other Personnel and Area Dosemeters	104
6.2	Photon Dosimetry	105
6.2.1	Phosphate Glass Dosimetry Using an Optimized Read-out Technique	105
6.2.2	Analysis of Typical Mixed Beta and Photon Radiation Fields in the Nuclear Fuel Cycle	108
6.3	Neutron Dosimetry	109
6.3.1	Neutron Dosimetry Using Track Etch Detectors	109
6.3.2	Albedo Neutron Dosimetry	111
6.4	Intercomparison Experiments	113
6.5	Radiation Exposure due to Radon Decay Products	113
6.5.1	Measurements in Underground Working Areas	113
6.5.2	Measurements in Thermal Bathes	115
6.5.3	Intercomparison Experiments, Radiation Protection and Environmental Measurements	115
6.5.4	Measurements of Radon Concentration in Air	117
6.6	Incorporation Measurements	119
6.6.1	Routine and Special Measurements	119
6.6.2	Cs-137 Reference Measurements	121
6.6.3	K-40 Reference Measurements	126
6.6.4	Calibration of the Partial Body Counter for Am-241 Depositions in the Skeleton	128
6.6.5	Development of the New Partial Body Counter for In-vivo Measurements of Actinides	129

6.6.6	New Software for the Simulation of the Metabolism of Incorporated Radionuclides	131
6.6.7	New Software for Internal Dosimetry	132
6.6.8	New Stepping Motor Control for the Whole Body Counter	133
6.6.9	Program for the Administration of Radioactive Substances at HS/D	134
6.7	Radiation Protection Measuring Technique	134
6.7.1	Tasks	134
6.7.2	Maintenance and Repair	135
6.7.3	Routine Calibration	136
6.7.4	Official Calibration Service	136
7	Biophysics	137
7.1	Introduction	137
7.2	Regulation of Cell Proliferation in Spheroids	137
7.2.1	Introduction	137
7.2.2	Proliferation Studies in Spheroids and Monolayers	138
7.2.3	cAMP and Cell Proliferation	138
7.2.4	Summary and Conclusions	139
7.2.5	Further Investigations	139
7.3	Optimizing a Chemically Defined Medium for Spheroid Culture of Rat Hepatocytes with Respect to Hormone Supplementation	141
7.3.1	Introduction	141
7.3.2	Results	141
7.3.3	Further Investigations	142
7.4	Ecological Research upon Soil to Plant Transfer of Trace Elements	142
7.4.1	Investigations on Germination Capacity	142
7.4.2	The Soil to Plant Transfer of Silver	143
7.4.3	Analysis of Percolation Water after Soil Contamination by Heavy Metals	148
7.4.4	Comparison of HCl-washed and Untreated Fly Ash with Respect to Soil to Plant Transfer of Heavy Metals - Studies on Maize	148
7.4.5	First Experiments on the Effects of Molybdenum	149
7.4.6	Soil to Plant Transfer of Stable Iodine	149
7.4.7	Measuring $^{14}\text{CO}_2$ in the Gaseous Effluents of the HDB Incinerator	150
7.5	Behaviour of Tritium in the Atmosphere-Soil-Plant System	153
7.5.1	HT Exposure of Plants	153
7.5.2	Concentrations of HT and HTO of the Ambient Air	153
8	Consulting Activities	155
9	Bibliography	157

Verzeichnis der Abkürzungen

AbfG	Abfallbeseitigungsgesetz
AbfNachwV	Abfallnachweisverordnung
ASiG	Arbeitssicherheitsgesetz
AtG	Atomgesetz
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	Bundesimmissionsschutzgesetz
BKA	Bundeskriminalamt
BMFT	Bundesministerium für Forschung und Technologie, Bonn
BMI	Bundesministerium des Innern
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
CEA	Commissariat à l'Energie Atomique
DRS	Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke
EKM	Hauptabteilung Einkauf und Materialwirtschaft
ENEA	European Nuclear Energy Agency
ENS	European Nuclear Society
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	Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH, Neuherberg
GSI	Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH, Darmstadt
HBAU	Hauptabteilung Bauwesen
HBT	Hauptabteilung Betriebstechnik

HBT/BI	Hauptabteilung Betriebstechnik/Betriebsinstandhaltung
HBT/BW	Hauptabteilung Betriebstechnik/Betriebswerkstätten und Montage
HBT/ET	Hauptabteilung Betriebstechnik/Stromversorgung, Elektro- und Fernmeldeanlagen
HBT/HW	Hauptabteilung Betriebstechnik/Hauptwerkstatt
HBT/VB	Hauptabteilung Betriebstechnik/Versorgungs- und Hilfsbetriebe
HDB	Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe
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/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
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
IT	Hauptabteilung Ingenieurtechnik
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	Kernteknische 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
MZFR	Mehrzweckforschungsreaktor
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
PFT	Projekträgerschaft Fertigungstechnik
PHDR	Projekt Heißdampfreaktor-Sicherheitsprogramm
PL	Photolumineszenz
PLD	Photolumineszenzdosimeter
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig
PWR	Pressurized Water Reactor
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
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.
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.
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 der Kernforschungszentrum 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. Bei einer organisatorischen Änderung innerhalb der Hauptabteilung Sicherheit wurden zum 01.05.1989 alle F + E-Arbeiten mit Ausnahme der Arbeiten zur Strahlenschutzmeßtechnik schwerpunktmäßig in der Abteilung Biophysik und Ökologie zusammengefaßt. In dieser Abteilung werden Untersuchungen des Boden-Pflanzen-Transfers biologisch besonders wirksamer Schadstoffe, der mikrobiologischen Einflüsse auf die Mobilität und Bioverfügbarkeit von Radionukliden in Böden und Sedimenten, zur Biophysik multizellulärer Systeme sowie zum Verhalten von Tritium im System Luft-Boden-Pflanze durchgeführt.

Am 31.12.1989 waren in der Hauptabteilung Sicherheit 29 Akademiker, 40 Ingenieure, 254 technische und administrative Mitarbeiter, 1 Gastwissenschaftler, 3 Doktoranden und 13 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 der KfK GmbH. 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 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 IAEO bei deren Aufsichtsbesuchen in der KfK GmbH.

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 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 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 vier 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) und Strahlung.

Bei der Untersuchung der biologischen Wirkung von Strahlung und elektromagnetischer Felder werden die Vorteile multizellulärer Sphäroide gezielt genutzt. Die hier 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. Insbesondere bei ionisierender Bestrahlung ergeben sich hierbei Abweichungen bezüglich der Strahlenempfindlichkeit gegenüber isolierten Zellen, wie sie aus Untersuchungen mit Monolayern resultieren.

Das Umweltverhalten von Spurenelementen ist ein weiterer Arbeitsschwerpunkt in 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 und in relevanten Konzentrationen auftreten. 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 Depositionsrates 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 sollen auch die Einflüsse der Photosynthese, der Transpirationsrate und der meteorologischen Bedingungen studiert werden. Die Ergebnisse werden in Modellrechnungen zur Dosisabschätzung für Tritium-Freisetzungen aus dem Tritiumlabor Karlsruhe und späteren Fusionsanlagen 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 bei der KfK GmbH eingesetzten 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.

Der Aufgabenbereich „Routineüberwachung“ umfaßt die Auswertung von Thermolumineszenz- und Phosphatglasdosimetern sowie von Kernspurdetektoren zur Ermittlung der Personendosis von Mitarbeitern im Kernforschungszentrum. Eingeschlossen sind Dosismessungen mit Festkörperdosimetern in der Umgebung kerntechnischer Anlagen. Für die Personenüberwachung externer Stellen in Baden-Württemberg wird eine amtliche Meßstelle für Festkörperdosimeter betrieben. Außerdem werden ein Ganzkörperzähler sowie zwei spezielle Teilkörperzähler zur routinemäßigen Inkorporationskontrolle von Mitarbeitern des Kernforschungszentrums eingesetzt, die mit offenen radioaktiven Stoffen umgehen. Darüber hinaus werden auch für externe Stellen Inkorporationsmessungen durchgeführt.

Der Aufgabenbereich „Strahlenmeßgeräte“ führt Reparaturen und Kalibrierungen an allen bei der KfK installierten 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 allen Arten von Dosis- und Dosisleistungsmeßgeräten für den Strahlenschutz. Die Anlagen werden von der amtlichen Eichabfertigungsstelle des Landes Baden-Württemberg auch zur Eichung von Personen- und Ortsdosimetern eingesetzt.

Im Aufgabenbereich „Dosimetrische Untersuchungen“ werden Meßverfahren weiterentwickelt und für eine Routineanwendung bereitgestellt. Schwerpunkt der Entwicklungsarbeiten sind Meßverfahren für Neutronenstreustrahlungsfelder, in Zusammenarbeit mit der PTB und EURADOS/CENDOS die Weiterentwicklung und Anwendung von Kernspurätzdetektoren, die Messung kleiner Dosen im Bereich des natürlichen Strahlenpegels sowie die Verbesserung der Meßverfahren zur Teilkörperdosimetrie. Zusammen mit einem Industriepartner wird für ein im KfK entwickeltes Flachglasdosimeter ein automa-

tisches Auswertesystem mit UV-Laseranregung entwickelt. Ein vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) gefördertes Forschungsvorhaben sieht die Routineerprobung des neuen Glasdosimetriesystems vor. Im Aufgabenbereich „Dosimetrische Untersuchungen“ werden außerdem auch die 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.

Abteilung Sicherung

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

Der „Objektsicherungsdienst“ ist für die Sicherung des Kernforschungszentrums Karlsruhe verantwortlich. Zu den Aufgaben 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.

Die Gruppe „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.

Die Gruppe „Personelle und administrative Sicherungsfragen“ ist für die Ausstellung von Zutrittsberechtigungen nach aufsichtsbehördlichen Auflagen verantwortlich. Diese Gruppe betreibt auch das 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 Filmdosisimeter, die internen Thermolumineszenzdosisimeter 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 Messung aller im Zuständigkeitsbereich der KfK 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.

Die Umgebung des Kernforschungszentrums und des Betriebsgeländes wird mit Hilfe von Zählrohrstationen und Festkörperdosisimetern überwacht. Zur Bestimmung des Radioaktivitätsgehaltes in Luft, Wasser, Boden, Sediment, Fisch und landwirtschaftlichen Produkten werden regelmäßig Proben aus der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe gemessen.

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. Reorganisation of the Central Safety Department in May 1989 resulted in a concentration of the research and development work in the Division of Biophysics and Ecology. Topics of the work in that department are behaviour of trace elements in the environment, behavior of tritium in the air/soil/plant system and biophysics of multicellular systems. Research and development work in the field improvement of radiation protection measurement and personnel dosimetry is done in the Dosimetry Division

On December, 31, 1989 the Central Safety Department employed 29 graduated staff members, 40 engineers and 254 other staff members, 1 foreign guest scientist, 3 candidates for doctor's degree and 13 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 a 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 four groups, spheroids and cell interaction, 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 and radiation.

The advantages of multicellular spheroids are used in the studies on biological effects of radiation and electromagnetic fields. The received data describes the reaction of animal and human cells on these noxes. Especially for ionising radiation differences in the reaction of such differentiated cells exist compared to monolayer cells.

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.

The field of activity "Routine Monitoring" concerns the evaluation of thermoluminescent and phosphate glass dosimeters for determining the personnel doses of all staff members of the Karlsruhe Nuclear Research Center. This includes dose measurements conducted by means of solid state dosimeters in the environment of nuclear facilities. For the purpose of external personnel monitoring an official Monitoring Service for Solid State Dosimeters was established. The service distributes and evaluates official phosphate glass dosimeters, thermoluminescent finger ring dosimeters and albedo neutron dosimeters. Besides, a whole body counter and two special partial body counters are operated for routine and special incorporation monitoring of all staff members handling unscaled radioactive substance. In addition also for external users special incorporation measurements are performed.

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 any kind of dosimeters and dose rate meters used for radiation protection. The facilities are also used by the Office of Weights and Measures of Baden-Württemberg for the official calibration of personal and area dosimeters.

In the field of activity "Dosimetric Investigations" 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 in cooperation with PTB and EURADOS/CENDOS, and the measurement of low doses in the region of the natural background radiation level. In cooperation with an industrial partner an automatic readout system with laser excitation has been developed. A research program funded by the Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Federal Ministry for Environment, Nature Conservation and Reactor Safety) is going to test the operational features of the new phosphate glass dosimetry system. Besides, in the field of activity "Dosimetric Investigations" 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 a new partial body counter with hyperpure Germanium telescope detectors is developed using anticoincidence techniques for high sensitive detection of actinides.

"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.

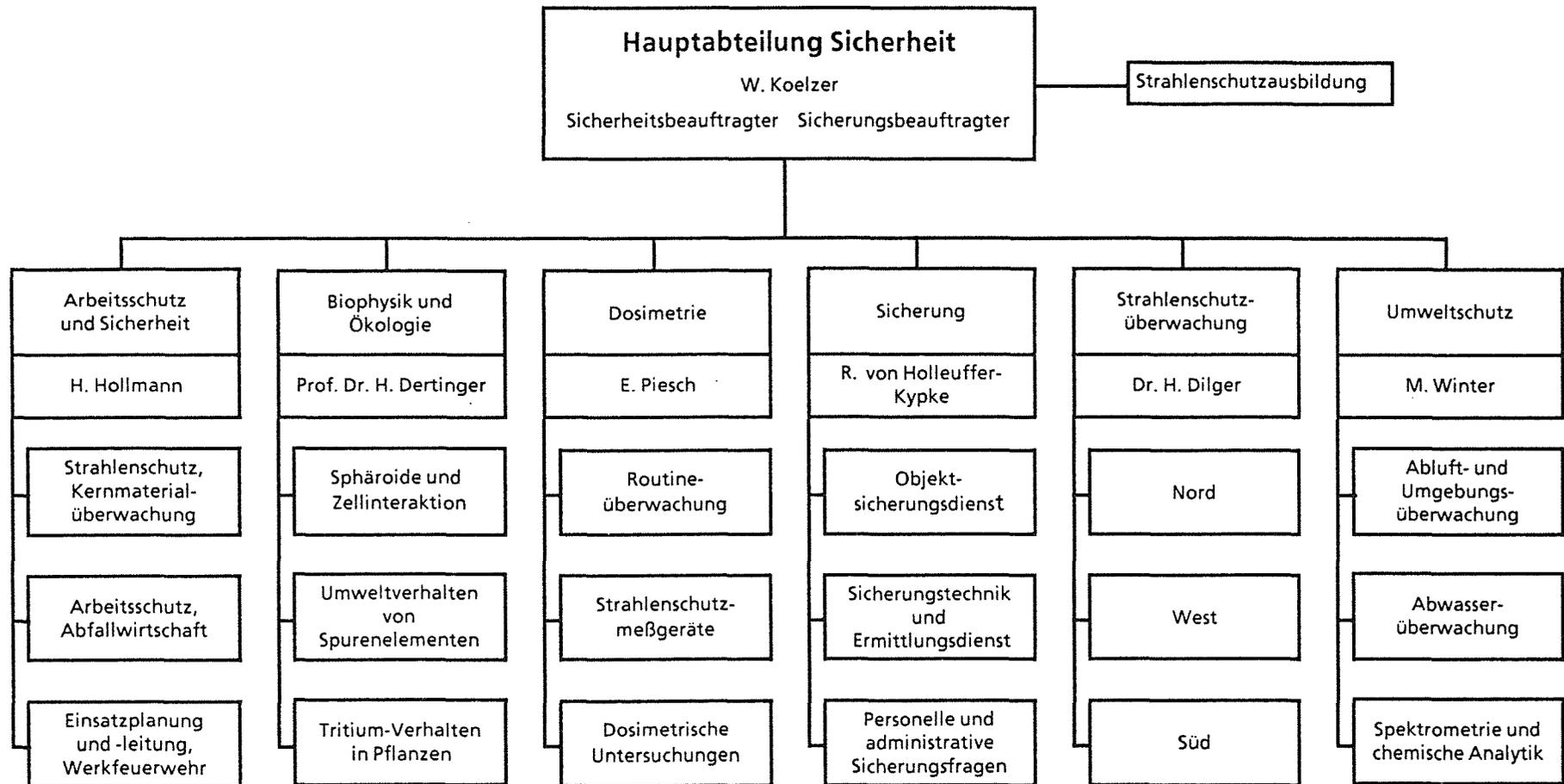
"Radiation Protection Monitoring"

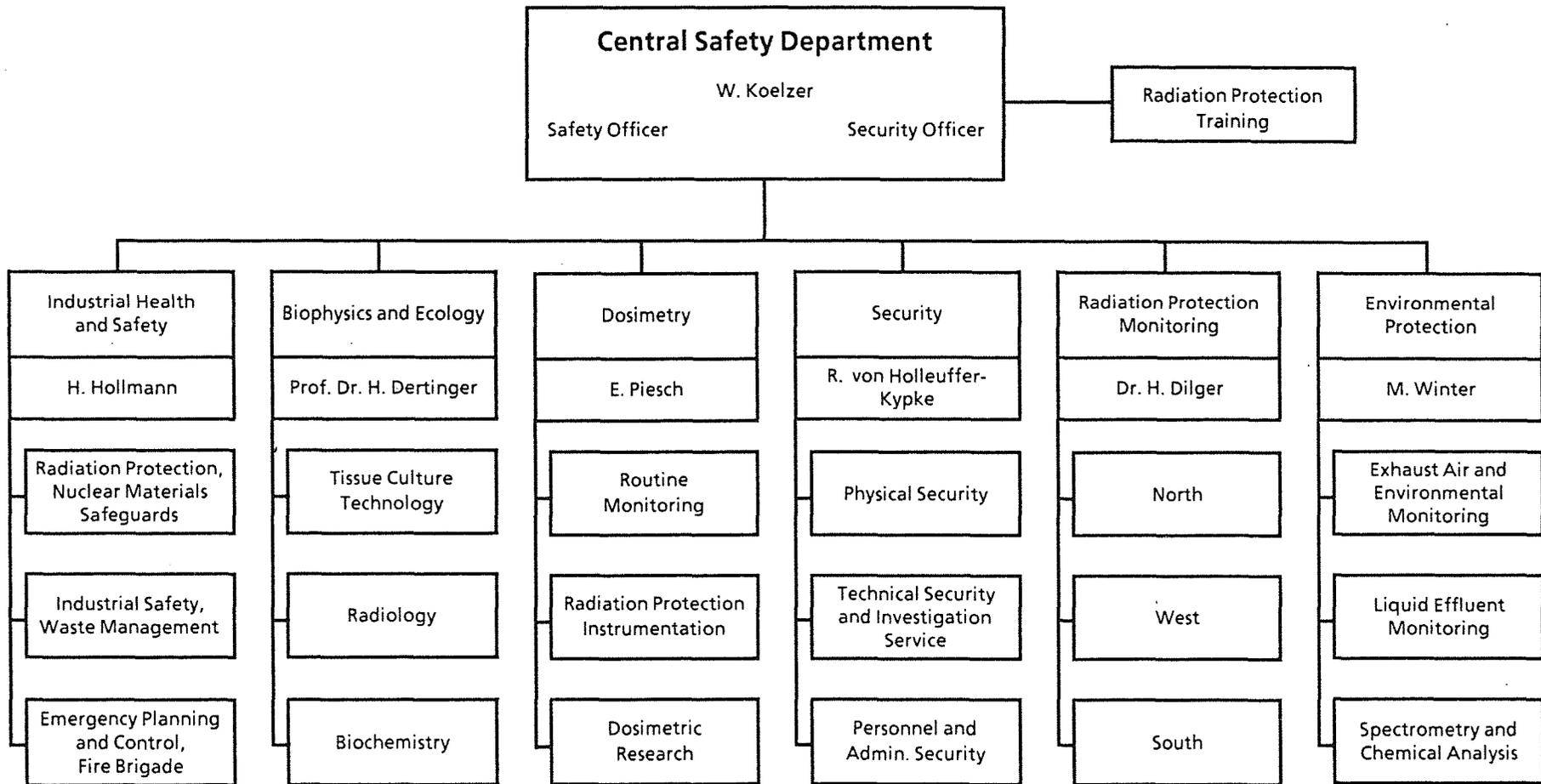
The Radiation Protection Monitoring Division is mainly responsible for protection of the personnel of the Karlsruhe Nuclear Research Center handling radioactive substances or exposed to ionizing radiation. As a result of these duties, the members of this Division work in a decentralized system in the 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 too high, protective measures are recommended. Material transports from controlled areas into the supervised area of the Nuclear Research Center and out of the Nuclear Research Center are monitored.

"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 of the Center is monitored by β - and γ -radiation measurements and by activity measurements of various samples. Samples are taken regularly in the environment of the Karlsruhe Nuclear Research Center to determine the radioactivity contents of air, water, soil, sludge, fish and agricultural products. Physical and chemical methods are applied in the determination of radionuclides and other elements.





State as of Jan. 1, 1990

2 Abteilung „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 Strahlenschutzbegehungen 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 einem Organigramm (Tab. 2/1) zusammengefaßt.

*Neue Abteilungsbezeichnung seit 01.05.1989, früher „Technisches Sicherheitsbüro“.

Abteilungsleitung

- Koordination
- Einzelaufgaben

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

2.1 Strahlenschutz

H. Hollmann, W. Tachlinski

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

Die Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH (KfK) ist als juristische Person Genehmigungsinhaber aller atomrechtlichen Genehmigungen der 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 der KfK und die ständig erforderlichen Aktualisierungen bedingen einen erheblichen organisatorischen Aufwand. Für die KfK sind (nach StrlSchV und RöV) ca. 270 SSB 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

- Genehmigungsaufgaben,
- Atomgesetz,
- Strahlenschutzverordnung (StrlSchV),

- Röntgenverordnung (RöV)
- 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. 1989 wurden 35 Begehungen im Bereich der StrlSchV durchgeführt. Die festgestellten Mängel stellten keine akute Gefährdung dar und konnten in der Regel von den Verantwortlichen kurzfristig abgestellt werden.

2.1.3 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. 1989 wurden ca. 3 700 Personen überwacht, hiervon ca. 1 400 Fremdfirmenangehörige.

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.

2.1.4 Ergebnisse der Personendosisüberwachung

In Tab. 2/2 werden 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 1989 in %		Häufigkeitsverteilungen der Jahresdosiswerte 1989 in %
	A	B	alle Überwachten
H = 0,0	60,8	71,8	97,9
H = 0,2	12,2	15,1	0
H = 0,4	4,1	5,8	1,2
0,4 < H ≤ 1,0	5,9	4,7	0,9
1,0 < H ≤ 2,0	7,9	2,0	0
2,0 < H ≤ 5,0	5,6	0,3	0
5,0 < H ≤ 10,0	1,4	0	0
> 10,0	0	0	0
Anzahl erfaßter Jahresdosiswerte	659	1 588	330
Jahresmittelwert in mSv	0,48	0,14	0,01
höchste Jahresdosis in mSv	8,8	3,6	0,6

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 Dosisbelastung. Die angegebenen Jahresmittelwerte wurden deshalb aus den Mittelwerten der tatsächlich vorhandenen Monatswerte, multipliziert mit 12 Monaten, berechnet.

Für die gesamte KfK wurden 0,5 mSv als Durchschnittswert der Jahresdosis 1989 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 1989 fast unverändert auf niedrigem Niveau. Sie betrug rund 1 % des Jahresgrenzwertes für Personen der Kategorie A und rund 0,9 % des Jahresgrenzwertes für Personen der Kategorie B. Auch bei Einzelpersonen kam es zu keiner Grenzwertüberschreitung.

2.1.5 Fremdes Personal in Strahlenschutzbereichen der 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 n. F.). 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 225 Fremdfirmen.

HS/AS übermittelt den Fremdfirmen, mit denen ein Abgrenzungsvertrag besteht, die nichtamtlichen Personendosen für den jeweiligen Kalendermonat. 1989 wurden 1 030 in diesem Jahr tätig gewordene Fremdfirmenmitarbeiter im Dosisregister geführt. Wenn KfK-Mitarbeiter in fremden Einrichtungen tätig werden, werden auch diese von HS/AS betreut.

Die KfK verfügt über eine Genehmigung nach § 20a StrlSchV a. F. 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

D. Bukovansky, H. Hollmann, E. Windbühl

2.2.1 Betriebsüberwachung

Die 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 in der 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.

Bei diesen Begehungen arbeiten die Sicherheitsingenieure der Gruppe „Arbeitsschutz“ mit den Verantwortlichen der Organisationseinheiten, den Sicherheitsbeauftragten gem. § 719 RVO, dem Betriebsrat und den Aufsichtsbehörden eng zusammen.

Die Begehungen werden protokolliert. Die Beseitigung eventuell festgestellter Mängel durch die Verantwortlichen wird von der Gruppe „Arbeitsschutz“ überwacht. 1989 erfolgten 89 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 Arbeitsplatzüberwachung

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 um Lärmpegelmessungen und Konzentrationsbestimmungen gesundheitsgefährdender Gase und Dämpfe. Die Erfassung gefährlicher Arbeitsstoffe wird auch in der nächsten Zeit eine wichtige Aufgabe bei der Umsetzung der „Gefahrstoffverordnung“ sein. Die Bewertung der Arbeitsplätze ist die Basis für eventuell erforderliche Vorsorgeuntersuchungen der Mitarbeiter, Optimierungen des Arbeitsplatzes und persönliche Schutzausrüstungen. 1989 wurden 48 Arbeitsplatzüberwachungen durchgeführt (Lärm: 13; gefährliche Arbeitsstoffe: 30; Beleuchtung: 5).

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

- Praktischer Umweltschutz und Arbeitssicherheit am Arbeitsplatz,
- sicherer Umgang mit technischen Gasen,
- Bürokommunikation,
- Arbeits- und Brandschutz,
- Gasmeßtechnik mit Prüfröhrchen,
- Maßnahmen zur Brandverhütung.

HS/AS selbst hat die Ausbildung der KfK-Mitarbeiter zu Kranführern, Anschlägern und Flurförderzeugfahrern fortgesetzt und intensiviert. Insgesamt wurden im Berichtsjahr 65 Mitarbeiter ausgebildet.

2.2.3 Untersuchung der Manipulatorarbeitsplätze im Bereich der Heißen Zellen

Die Manipulatorarbeitsplätze der Heißen Zellen wurden nach arbeitswissenschaftlichen Grundsätzen untersucht, um die Belastung der Mitarbeiter zu ermitteln und eine Basis für noch zu überprüfende Verbesserungsmöglichkeiten zu entwickeln.

Anlaß der Untersuchung sind gesundheitliche Beschwerden der Mitarbeiter, die insbesondere muskuloskeletale Beschwerden in Arm-/Schulter- und Rückenbereich angeben. Als Ursache hierfür wird eine Arbeitsbelastung mit Häufung von ergonomisch ungünstiger Zwangshaltung und statischen Muskelarbeiten vermutet.

Bei der Untersuchung finden sich hohe Anteile an beanspruchenden feinmotorischen Tätigkeiten sowie ein zum Teil hoher Krafteinsatz und Zwangshaltung (16 bis 22 % der Gesamtzeit) bei kombinierten Bewegungsabläufen mit 18 bis 21 % der Gesamtzeit. Ferner finden sich ungünstige Arbeitsabläufe, die durch teilweise wenig aufwendige Maßnahmen modifiziert werden können. Insbesondere konnte gezeigt werden, wie durch Arbeitshilfen (zusätzliches Werkzeug oder vereinfachte Arbeitsabläufe) die Belastungen verringert werden können.

Aus jetziger Sicht erscheint es möglich, durch eine ergonomische Arbeitsplatzgestaltung eventuellen gesundheitlichen Schäden vorzubeugen (langfristige Prophylaxe). Diese technischen und organisatorischen Maßnahmen sollen in die Praxis umgesetzt und nach entsprechender Zeit auf ihre Wirkung untersucht werden.

2.2.4 Unfallgeschehen

1989 wurden dem Badischen Gemeindeunfallversicherungsverband Karlsruhe, dem für die KfK zuständigen Unfallversicherungsträger, 35 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 1988.

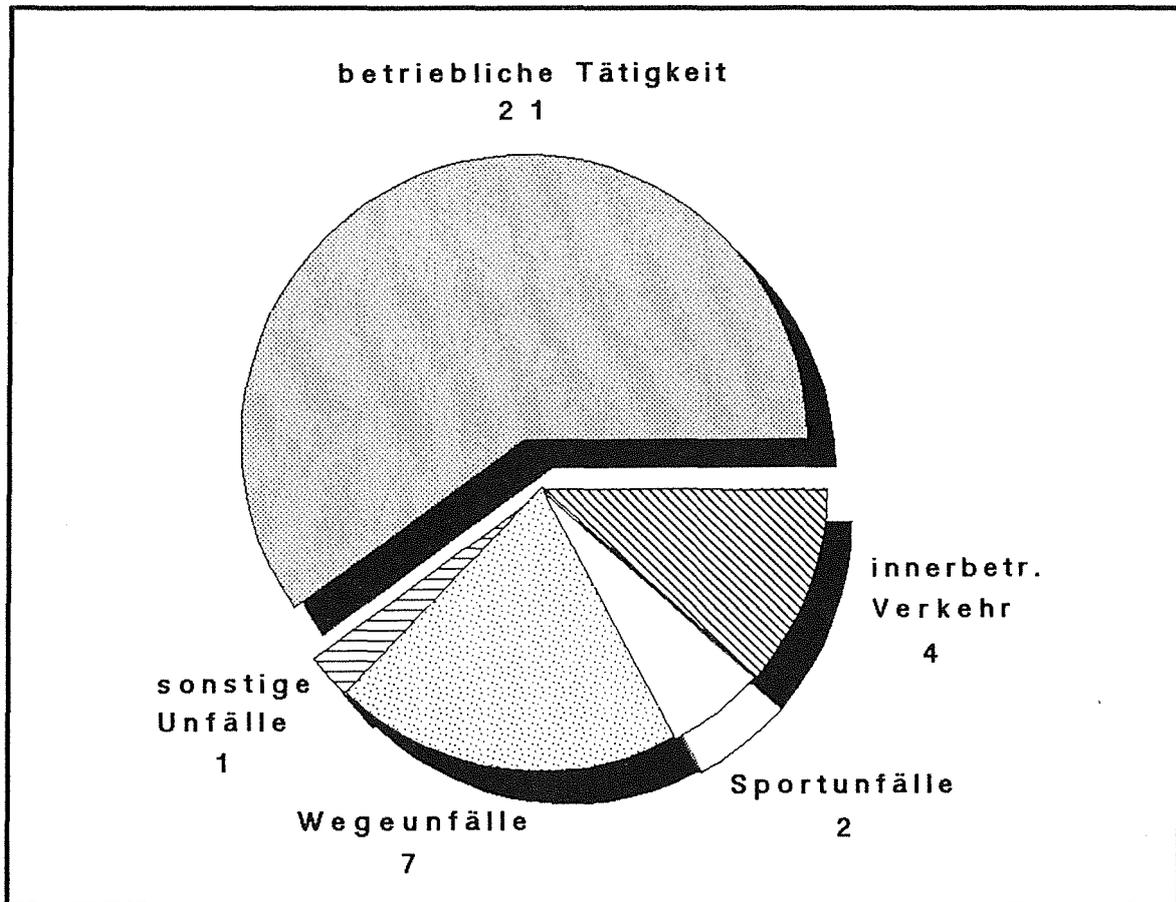


Abb. 2/1: Anzeigepflichtige Arbeitsunfälle 1989

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. Tausend-Mann-Quote und Unfallhäufigkeit sind geeignete Maßstäbe zur Beurteilung der Wirksamkeit der Unfallverhütung in einem Betrieb. Sie gestatten, 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 der KfK 1989 in Tab. 2/3 wiedergegeben. Außerdem enthält die Tabelle die Unfallmeßziffern der gewerblichen Wirtschaft für 1988 (Daten für 1989 sind noch nicht verfügbar), die vom Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften veröffentlicht wurden.

Statistischer Begriff	Definition	Statistische Meßziffer	
		KfK GmbH	gewerbliche Wirtschaft
		1989	1988
Tausend-Mann-Quote	Zahl der anzeigepflichtigen Arbeitsunfälle (ohne Berücksichtigung der Wege- und Sportunfälle) bezogen auf 1 000 Vollarbeiter	6,2	52
Unfallhäufigkeit	Zahl der anzeigepflichtigen Arbeitsunfälle (ohne Berücksichtigung der Wege- und Sportunfälle) bezogen auf 1 000 000 geleistete Arbeitsstunden	3,2	32

Tab. 2/3: Statistische Meßziffern zum Unfallgeschehen in der KfK 1988 und 1989

2.2.5 Arbeitsschutzausschuß

Der Arbeitgeber ist verpflichtet, Fragen des Arbeitsschutzes im sog. 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.

1989 fanden drei Sitzungen des Arbeitsschutzausschusses statt. Hierbei wurden zahlreiche Einzelfragen behandelt, die von seiten des Betriebsrates, Mitgliedern des Ausschusses oder Mitarbeitern eingebracht wurden.

Von besonderer und grundsätzlicher Bedeutung waren:

- Das Durchführen gefährlicher Arbeiten außerhalb der normalen Dienstzeiten (Alleinarbeiten) und die Randbedingungen für deren Zulassung.
- Der bauliche und vorbeugende Brandschutz, Brandschutzzonen, Angriffswege der Feuerwehr, Kennzeichnungen, Freihaltungen.
- Das Verfahren und die Meldekriterien für die arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen beim Umgang mit gefährlichen Arbeitsstoffen, Arbeiten im Bereich statischer Magnetfelder und bei Tätigkeiten an Bildschirmarbeitsplätzen.
- Die Durchführung einer Arbeitsplatzanalyse an Manipulatorarbeitsplätzen aufgrund von gesundheitlichen Beschwerden bei länger dort tätigen Mitarbeitern.

- Die Entsorgung von Sonderabfällen und weitere Vorsortierungen auf dem Hausmüllsektor.
- Parkverhalten der Mitarbeiter, Vorfahrtsregelungen nach § 42 Abs. 6 der StVO und Verfahrensweisen bei Verkehrsunfällen innerhalb des KfK.
- Sanierung von Deckenverkleidungen mit Spritzasbest.

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 der KfK erfassen zu können, hat EURATOM die Einrichtungen der KfK in elf Materialbilanzonen aufgeteilt. Die Organisationseinheiten der 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. 1989 waren 999 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 1989 erfaßten Kernmaterialbewegungen zeigt Tab. 2/4.

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

Materialkategorie	KfK-intern	KfK-extern	Gesamt
Natururan	68	60	128
abgereichertes Uran	73	38	111
Thorium	7	3	10
angereichertes Uran	35	43	78
Plutonium	81	98	179
Gesamt	264	242	506

Tab. 2/4: Anzahl der Kernmaterialbewegungen 1989, geordnet nach Materialkategorien

1989 wurden verschiedene Liefer-, Versand- und Begleitscheine für Kernmaterial und sonstige radioaktive Stoffe an zwischenzeitlich veränderte Anforderungen angepaßt. Hierbei sind nationale und internationale atomrechtliche Bestimmungen sowie die Anforderungen der „Gefahrgut-Verordnung-Straße“ (GGVS) zu beachten. Ferner wurde der Ordner für die Erfassung von „Kernmaterial und sonstigen radioaktiven Stoffen“ neu gestaltet. Der Ordner enthält gesetzliche Bestimmungen und Formblätter, die beim Umgang mit Kernmaterial und sonstigen radioaktiven Stoffen zu beachten sind. Er dient als Nachschlagewerk für SSB und für Mitarbeiter, die mit diesen Stoffen umgehen.

2.3.2 Aufsichtsbesuche durch EURATOM und IAE0

Im Jahre 1989 haben die EURATOM-Kommission, Luxemburg und die Internationale Atomenergie-Organisation, Wien, in der KfK 11 Inventuren und 12 Routineinspektionen in den 11 Materialbilanzonen durchgeführt. Ferner fanden in diesem Zeitraum 23 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 die KfK in bestimmten Zeitintervallen den zuständigen Behörden Gewinnung, Erzeugung, Erwerb und sonstigen Verbleib von radioaktiven Stoffen anzeigen.

Diese Meldeverpflichtung wird zentral für die 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 der 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 2 146 internen und externen Bestandsänderungen an sonstigen radioaktiven Stoffen durchgeführt. Um die in Tab. 2/5 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
Halbjahresberichte				
- Erzeugung radioaktiver Stoffe		2	2	4
- Zugang an radioaktivem Abfall		2	2	4
Jahresberichte				
- Bestand an offenen radioaktiven Stoffen		1	1	2
- Bestand an umschlossenen radioaktiven Stoffen		1	1	2
- Bestand an radioaktivem Abfall		1	1	2
- Bestand an Schwerwasser		1	1	2
Gesamt	12	8	20	40

Tab. 2/5: Umfang der Berichterstattung 1989

2.4 Einsatzleitung und Einsatzplanung

H.-A. Ammermann, H. Hollmann

2.4.1 Aufgaben

Die Gruppe „Einsatzleitung und Einsatzplanung“ hat die Aufgabe,

- 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

H.-A. Ammermann, H. Hollmann

Im Berichtsjahr 1989 fielen in der Alarmzentrale 1 902 Meldungen an, die registriert und bearbeitet wurden. Hiervon erforderten 250 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. 2/6 werden die Daten der EvD-Einsätze der letzten 6 Jahre miteinander verglichen. Die Tabelle zeigt über diesen Zeitraum eine nahezu gleichbleibende Anzahl von Einsätzen, wobei die Anzahl der Einsätze außerhalb der normalen Arbeitszeit ungefähr doppelt so hoch ist wie die Anzahl der Einsätze während der normalen Arbeitszeit.

Jahr	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Anzahl der Einsätze	265	288	338	310	307	250
Gesamteinsatzzeit in Stunden	167	177	194	177	194	158
Mittlere Einsatzdauer in Stunden	0,63	0,61	0,57	0,57	0,63	0,63
Anzahl der Einsätze während der normalen Arbeitszeit	112	103	112	118	135	113
Anzahl der Einsätze außerhalb der normalen Arbeitszeit	153	185	226	192	172	137
Alarmübungen	9	8	10	8	12	11

Tab. 2/6: EvD-Einsätze 1984 bis 1989

Die Ursachen für die EvD-Einsätze waren im Schwerpunkt

- Feueralarme 78 (davon Fehlalarme 75),
- Sandfangalarme 63 (davon Fehlalarme 25),
- Technische Hilfe 70.

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 der 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 drei tatsächlichen Bränden handelte es sich ausnahmslos um Entstehungsbrände oder Kleinf Feuer, 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 Ab-

fallstoffe von Bauarbeiten auf dem Betriebsgelände und durch Leckagen an geschlossenen Kühlsystemen.

Ungefähr 15 % der EvD-Einsätze im Berichtsjahr standen im Zusammenhang mit der Überwachung der sechs Sandfänge, über die Regen- und Kühlwässer in den Hirschkanal abfließen. Hiervon war fast jeder zweite Einsatz ein Fehlalarm, 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 Aufsichtsbehörde erforderlich. Die meldepflichtigen Vorfälle in den Wassereinzugssystemen beruhten 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

H.-A. Ammermann

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

Im Jahre 1989 waren den Aufsichtsbehörden 11 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:

- Ausfall Lüftungsanlage (2 mal)
- Ausfall Abluftmeßstelle (8 mal),
- geringfügige Handkontamination (1 mal).

Die technischen Mängel konnten jeweils innerhalb weniger Stunden behoben werden.

2.4.4 Übungen der Einsatzdienste

H.-A. Ammermann

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 (z. B. MED, Werkfeuerwehr), die im Bedarfsfall durch Einsatztrupps (z. B. Absperrtrupp, Dekontaminationstrupp, Strahlenmeßtrupp) verstärkt werden können. Im Berichtsjahr wurden zwei Alarmübungen in der KfK veranstaltet. Daneben wirkten Einsatzleiter und Einsatzdienste der KfK an neun Alarmübungen mit, die von Fremdinstitutionen (KNK II, MZFR, ITU und WAK) auf dem Gelände der KfK durchgeführt wurden.

Die Alarmübung I/89 fand nördlich der WAK-Wache Nord statt. Die gemeinsame Übung der KfK-Werkfeuerwehr und der Freiwilligen Feuerwehr Linkenheim-Hochstetten hatte folgende Übungsziele:

- Zusammenarbeit beider Wehren beim Aufbau der Löschwasserstrecke (30 Feuerwehrmänner),
- Ermittlung der verfügbaren Löschwassermenge bei Brandeinsätzen in der Nähe der KfK.

Die Alarmübung II/89 fand im Abfallager Geb. 604 statt. Übungszweck war die Demonstration der Einsatzfähigkeit der Werkfeuerwehr unter Atemschutz und die Überprüfung der technischen Ausrüstung. Außerdem wurde die Effektivität bei der Menschenrettung aus der Gefahrenzone, die Versorgung des Brandverletzten durch die Sanitäter und die Hilfestellung durch Absperr- und Feuerwehrtrupp getestet.

2.4.5 KfK-Alarmplan

H.-A. Ammermann

Im Rahmen mehrerer Organisations- und Namensänderungen im Kernforschungszentrum Karlsruhe wurde der Alarmplan für die Sicherheitsorganisation redaktionell überarbeitet.

2.4.6 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 sowie 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 2 „Schichten“ eingeteilt und sind im Wechsel „rund um die Uhr“ auf dem Gelände der KfK anwesend. Während des Tagesdienstes ist der Leiter der Werkfeuerwehr für die Schichten verantwortlich. Außerhalb der üblichen Dienstzeit übernehmen „Schichtführer“ diese Aufgabe. 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. 1989 wurde die Ausbildung der Feuerwehrleute weiter intensiviert und fortgesetzt. Tab. 2/7 gibt die Anzahl der im einzelnen absolvierten Kurse wieder.

Kursart	Anzahl der Absolventen	Kursart	Anzahl der Absolventen
Truppmann	2	Strahlenschutz	16
Truppführer	2	Fachlehrgang Handfeuerlöscher	4
Gruppenführer	2	Umweltschutz	3
Maschinisten	2	Gefahrgutfahrer	3
Erste Hilfe	20	Führerschein K1 2	1

Tab. 2/7: 1989 von KfK-Feuerwehmännern absolvierte Kurse

Die Hauptaufgaben der KfK-Werkfeuerwehr umfassen Lösch- und Hilfsdienste, Instandsetzungs- und Wartungsarbeiten, die Durchführung von Übungen und die Abhaltung von Kursen zur Atemschutztechnik und zur Handhabung von Handfeuerlöschern. Die Tätigkeiten der Werkfeuerwehr 1989 werden im einzelnen in Tab. 2/8 wiedergegeben.

Geleistete Lösch- und Hilfsdienste	
3	Löscheinsätze
75	Feuerfehlalarme diverse Brandwachen bei Schweiß- und Dachdeckerarbeiten
25	Ölspurenbeseitigungen
46	Technische Hilfeleistungen
10	Hilfeleistungen bei Verkehrsunfällen
Instandsetzungen, Wartungsarbeiten und wiederkehrende Prüfungen	
370	Handfeuerlöscher gewartet und geprüft
200	Wandhydranten gespült
Durchgeführte Übungen und Kurse	
7	Alarmübungen
40	Feuerwehrrübungen mit dem KfK-Feuerwehrtrupp
8	Atemschutzkurse zur Fortbildung im Umgang mit der Maske im leichten und schweren Atemschutz und in der Handhabung der Vollschutzanzüge
8	Theoretische und praktische Übungen mit Handfeuerlöschern für 105 Mitarbeiter

Tab. 2/8: Leistungsumfang der Werkfeuerwehr 1989

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. 2/9).

Leistungen der Atemschutzzentrale	
7 085	Atemschutzmasken gereinigt, desinfiziert, gewartet und geprüft
200	Vollschutzanzüge gereinigt, desinfiziert, gewartet und geprüft
200	Preßluftatmer gewartet und geprüft
372	Druckluftflaschen (Volumen von 50 bis 4 l) gefüllt
237	Druckluftflaschen dem TÜV zur wiederkehrenden Prüfung vorgeführt und gefüllt

Tab. 2/9: Leistungsumfang der Werkfeuerwehr 1989

2.5 Abfallwirtschaft

E. Linß (R. Buchen GmbH), E. Windbühl

2.5.1 Entsorgung von inaktiven Abfällen

Die Konzeption der Abfallwirtschaft mit der Einbindung einer Entsorgungsfirma hat sich auch im vergangenen Berichtsjahr bewährt. So konnte 1989 mit 209 Entsorgungsaktionen der größte Teil der angefallenen nachweispflichtigen inaktiven Sonderabfälle einer ordnungsgemäßen Beseitigung zugeführt werden. Die Einzelmengen dieser Abfallart sind in Tab. 2/10 aufgelistet.

Durch das vorhandene Bereitstellungslager für inaktive Reststoffe konnten die einzelnen Organisationseinheiten weitgehend von der Verpflichtung einer eigenen Zwischenlagerung entlastet werden. Die Entsorgung der Reststoffe in geeigneten Beseitigungsanlagen ist auch weiterhin mit erheblichen zeitlichen Verzögerungen verbunden. Dies ist auf die begrenzte Aufnahmekapazität der einzelnen Beseitigungsanlagen zurückzuführen.

Abfälle, die bisher der Hohe-See-Verbrennung zugeführt wurden, dürfen in Zukunft nur noch durch die Landverbrennung beseitigt werden. Die diesbezüglichen Kapazitäten sind insbesondere in Baden-Württemberg sehr knapp. Aufgrund längerer Verweilzeiten der Abfallstoffe in der KfK ist eine Erweiterung des Bereitstellungslagers unumgänglich. Die Vorarbeiten sind abgeschlossen; es kann davon ausgegangen werden, daß die Um- bzw. Erweiterungsbaumaßnahmen bis Ende 1990 beendet werden und somit eine ordnungsgemäße erhöhte Zwischenlagerkapazität vorhanden sein wird.

Abfallart	Abfallschlüssel-Nr.	Menge
Spül- und Waschwasser, organisch belastet	11421	10,28 t
Inhalt von Fettabscheidern	12501	58,62 t
Kesselschlacke	31307	60,55 t
Flugaschen und -stäube	31309	1,70 t
Mineralfaserabfälle	31416	11,64 t
Aktivkohle-Abfälle	31417	1,04 t
ölverunreinigtes Erdreich	31423	6,09 t
sonstige verunreinigte Böden	31424	9,10 t
Glas- und Keramikabfälle mit produktions-spezifischen Beimengungen	31433	19,83 t
Akku-Säuren	52101	7,80 t
Säuren, Säuregemische	52102	20,02 t
Chromschwefelsäure	52105	0,18 t
sonstige Konzentrate	52725	25,16 t
Altöl verunreinigt	54102	24,63 t
Altöl zur Verwertung	54114	13,18 t
Emulsionsgemische	54402	11,90 t
Öl- und Benzinabscheiderinhalte	54702	167,49 t
Paraffin	54706	1,21 t
Bitumenabfälle	54912	30,02 t
Lösemittelgemische, halogenhaltig	55220	2,91 t
Äthylenglykol	55303	2,74 t
Lösemittelgemische, halogenfrei	55370	9,18 t
Leim- und Klebmittelabfälle	55901	0,18 t
Harze (nicht ausgehärtet)	55903	0,06 t
Abfälle ausgehärteter Formmassen (Durop)	57107	1,04 t
Ionenaustauscherharze	57124	3,50 t
Laborchemikalienreste	59302	5,50 t
Gase in Stahldruckflaschen	59802	0,06 t
Kondensatoren, PCB gefüllt	59901	0,18 t
Schlamm aus Eisenfällung	94103	32,26 t
Faulschlamm	94502	77,56 t
Rückstände aus Siel- und Kanalreinigung	94702	9,38 t
	Summe:	624,99 t
Asbestabfälle	31436	0,40 m ³
Metalleballagen mit Reststoffen	35106	48,00 m ³
Trockenbatterien, Trockenzellen	35325	1,20 m ³
feste, mineralische und ölhaltige Werkstattabfälle	54299	104,00 m ³
Altlacke, Altfarben	55502	0,06 m ³
PVC-Abfälle	57116	0,60 m ³
Kunststoffballagen mit Reststoffen	57127	8,00 m ³
	Summe:	161,72 m ³

Tab. 2/10: Nachweispflichtige Abfallstoffe 1989

2.5.2 Ausfuhr- und Nachweisregelungen

Die Entsorgung von Abfällen unterliegt nach dem Abfallgesetz (§ 11 Abs. 1 AbfG) der Überwachung der zuständigen Behörde. Diese kann von Besitzern solcher Abfälle, die nicht mit dem ortsüblichen Haus- und Sperrmüll entsorgt werden dürfen, den Nachweis über deren Art, Menge und Entsorgung sowie die Führung von Nachweisbüchern, das Einbehalten von Belegen und deren Aufbewahrung verlangen. Auch ohne besonderes Verlangen der Behörde sind Betreiber von Anlagen, in denen sogenannte Sonderabfälle anfallen, zur Führung eines Nachweisbuches verpflichtet (§§ 2 Abs. 2, 11 Abs. 3 AbfG i. V. mit der Abfallnachweisverordnung). Die Nachweisführung für alle Entsorgungsvorgänge und die Dokumentation erfolgt zentral bei der HS/AS mittels EDV.

Die KfK ist verpflichtet, einen „Betriebsbeauftragten für Abfall“ zu bestellen (§ 11 AbfG), der die Aufgabe hat, die Abfallwege zu überwachen, und zwar von deren Entstehung über das Einsammeln und Befördern bis zur ordnungsgemäßen Entsorgung. Diese Aufgabe ist in der HS/AS angesiedelt.

3 Sicherung

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

Im Berichtsjahr 1989 standen kerntechnische Anlagen weiterhin im Blickfeld der Öffentlichkeit. Neuen Auftrieb erreichten die Aktionen durch die Entscheidung, die Wiederaufarbeitungsanlage in Wackersdorf nicht weiter zu bauen. Im Zuge dieser Entscheidung kam es am 07.05.1989 zu einer Demonstration mit 600 bis 700 Teilnehmern am Außenzaun der KfK.

3.1 Objektsicherung

3.1.1 Objektsicherungsdienst

Der Objektsicherungsdienst (OSD) führte Streifen in Gebäuden und Freigelände, in Lagerbereichen und Anlagen einschließlich Sicherungsbereichen sowie Kontrollen von Versuchsanlagen durch.

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

Am Nord- und Südtor des Zentrums führten die OSD-Mitarbeiter Kontrollen bei KfK-Mitarbeitern, Fremdfirmenangehörigen und Besuchern durch.

3.1.2 Alarmzentrale

Im Jahr 1989 sind in der Alarmzentrale weniger Alarm- und Störmeldungen (unter Berücksichtigung der Fehlalarme) eingegangen als in den Vorjahren. Eine Aufschlüsselung der Meldungen ist in Abb. 3.1 dargestellt.

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

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

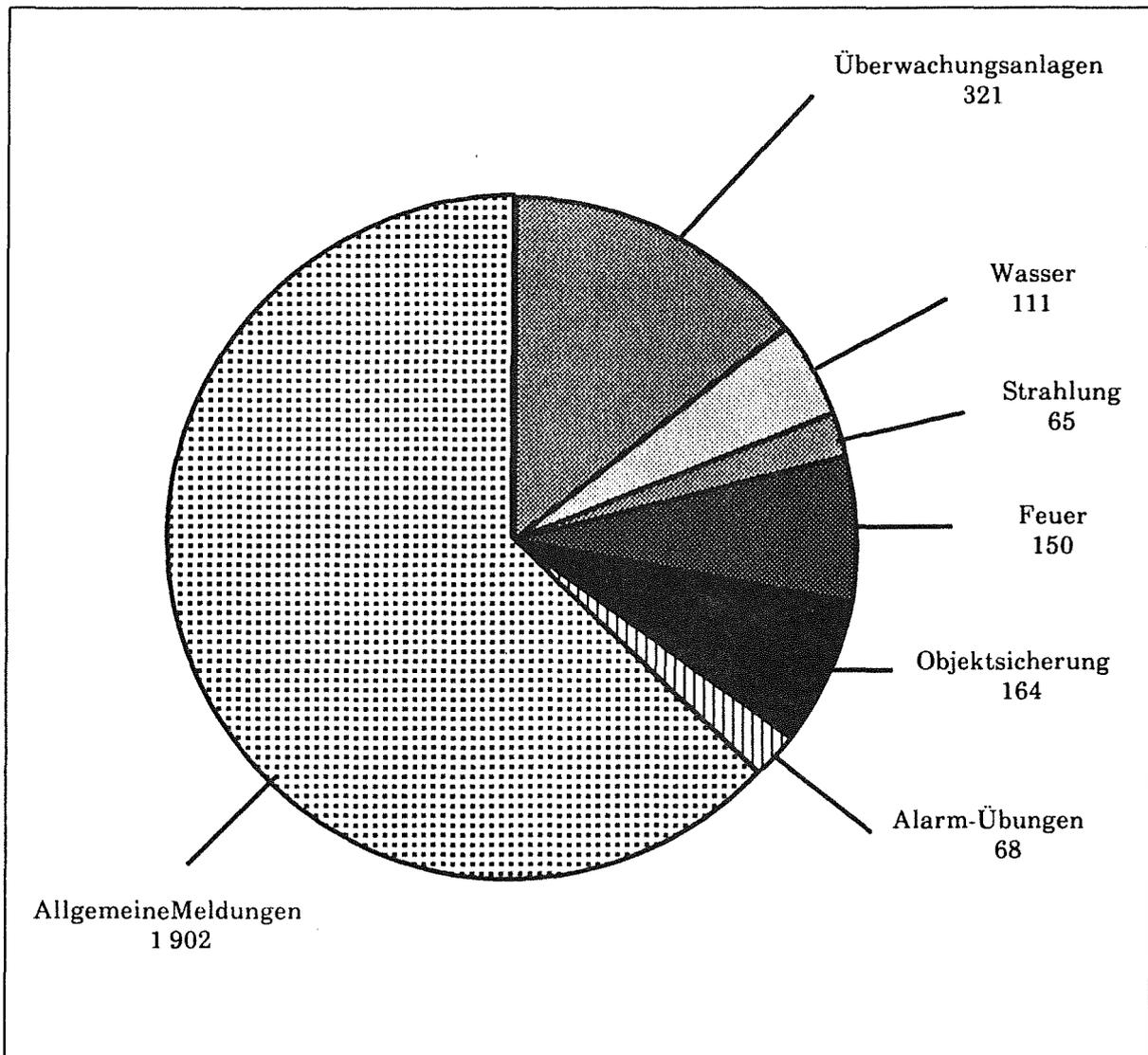


Abb. 3/1: Eingegangene Alarm- und Störmeldungen 1989

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

Einsatzleiter vom Dienst	305
Feuerwehr	214
Rufbereitschaften	579
Strahlenschutz	247
Versuchsleiter	75
HBT-Wartungsdienst	1 177
HDB-Klärwerkpersonal	73
Betriebsverantwortliche	210
Sankra-Deko	162

Tab. 3/1: Registrierte Einsätze 1989

3.1.3 Güterkontrolle

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

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

3.1.4 Diensthundestaffel

Im Berichtszeitraum haben 28 Hundeführer ein Programm von 8 Schutzhunde-Lehrgängen mit Erfolg abgeschlossen. Bei der 10. KfK-Schutzhundeprüfung erzielten die 6 Teilnehmer mit ihren Diensthunden wiederum hervorragende Noten. Ein Hundeführer nahm zusätzlich an Prüfungen der Ortsvereine teil.

3.1.5 Ausbildung

Die dienstbegleitende Aus- und Weiterbildung der OSD-Mitarbeiter wurde im vergangenen Jahr im Hause durchgeführt. Unterrichtsschwerpunkt war die Schulung gemäß den behördlichen Auflage zu den Themen:

- Aufgaben des OSD in kerntechnischen Anlagen,
- Melde- und Berichtswesen,
- waffenlose Selbstverteidigung.

Neben dieser Schulung besuchten Mitarbeiter externe Lehrgänge zu den Themen:

- Werkschutzlehrgänge I bis IV,
- Technik I,
- Technik II.

Alle Objektschutzdienstmitarbeiter, die an der IHK-Prüfung zur Werkschutzfachkraft teilnahmen, haben mit Erfolg abgeschlossen.

3.2 Technische Sicherungssysteme

Für verschiedene kerntechnische Einrichtungen im Kernforschungszentrum Karlsruhe wurden technische Sicherungssysteme hauptsächlich bei Backfitting-Anlagen in Zusammenarbeit mit anderen Organisationseinheiten weiterhin vervollständigt.

Zur Feststellung der Zugangsberechtigung von Fremdfirmenmitarbeitern für den überwachten Bereich des KfK-Geländes außerhalb der regulären Dienstzeit wurde ein rechnergestütztes Zugangskontrollsystem installiert und in Betrieb genommen. Über Ausweisleser an den Zugängen zum KfK-Gelände wird die Zutrittsberechtigung kontrolliert.

3.3 Ermittlungsdienste

Im Jahr 1989 wurden 112 Verstöße gegen die im KfK geltenden Ordnungs- und Kontrollbestimmungen registriert und bearbeitet. Die Zahl liegt geringfügig unter dem Vorjahresniveau. Es kam zu 23 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.

Beschädigte Gegenstände	Jahr	bekanntgewordene Fälle	aufgeklärte Fälle	geschätzter Schaden in TDM
Kabelschäden	1987	7	7	10
	1988	4	4	4
	1989	11	11	44
Lichtmasten	1987	5	4	10
	1988	0	0	-
	1989	2	2	4
Tore, Einzäunungen	1987	7	6	7
	1988	6	5	5
	1989	2	2	2
Gebäude-/Sachschäden	1987	11	11	526
	1988	11	11	434
	1989	10	10	86
Dienst-Kfz	1987	13	13	20
	1988	53	52	67
	1989	25	25	30
Verschiedenes (Fenster, Türen, Bedachungen, Transport-, Sturmschäden)	1987	21	19	3
	1988	11	9	18
	1989	6	4	3
Summe	1987	63	59	576
	1988	85	81	528
	1989	56	54	169

Tab. 3/2: Sachbeschädigungen: Einsatz des Ermittlungsdienstes

Die Zahl der bekanntgewordenen und dem Ermittlungsdienst gemeldeten Sachbeschädigungen liegt mit 56 Fällen erheblich niedriger als im Vorjahr. Lediglich in 2 Fällen konnte der Schadensverursacher nicht ermittelt werden, alle anderen Fälle konnten ermittelt und dem KfK-Versicherungsreferat gemeldet werden. Der aus den Sachbeschädigungen entstandene Gesamtschaden beläuft sich auf ca. 170 000 DM und ist somit erheblich geringer als Jahr 1988.

Von den gemeldeten 51 Diebstählen konnten lediglich 23 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 138 Betriebsunfälle bzw. sonstige Unfälle innerhalb des Zentrums untersucht.

3.4 Schließwesen

Mit ihrer Vielzahl von Gebäuden ist die KfK GmbH hinsichtlich der Schließebenen in General-, Haupt-, Obergruppen-, Gruppen- und Einzelschließungen unterteilt. Der jeweils übergeordnete Schlüssel beschließt sämtliche Schließzylinder der betreffenden Ebene. Aus allen Schließsystemen ergibt sich ein Bestand von ca. 24 500 Schließzylindern und etwa 84 000 Einzelschlüsseln. Nach der Neukonzeption von Schließanlagen, die sich wegen der Errichtung von Neubauten oder durch Änderungen in Arbeitsabläufen ergaben, mußten im Jahr 1989 wie auch schon in den vorangegangenen Jahren ca. 677 Schließzylinder und entsprechende Schlüssel neu beschafft werden. Eine große Anzahl von Schließzylindern und Schlüsseln waren defekt oder abgenutzt und mußte daher ebenfalls erneuert oder ausgewechselt werden.

3.5 Verkehrsdienste

Mit 99 Verkehrsunfällen, davon 84 auf dem Gelände des Kernforschungszentrums, lag die Zahl der vom Verkehrsdienst aufgenommenen und bearbeiteten Verkehrsunfälle nur geringfügig unter der des Vorjahres (s. Tab. 3/3). Bei 36 Unfällen entstand nur leichter Sachschaden, während bei 63 Unfällen der geschätzte Schaden über 1 000 DM lag. Darüber hinaus waren 4 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 bei Regen in der Winterzeit,
- überhöhte Geschwindigkeit.

Bei 9 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	Sachschaden > 1 000 DM	Personenschaden
	1987	1988	1989	1989	1989	1989
Januar	8	3	8	3	5	-
Februar	6	4	6	2	4	-
März	3	11	9	0	9	-
April	4	9	5	0	5	-
Mai	7	6	5	4	1	-
Juni	2	5	13	8	5	-
Juli	4	9	15	7	8	2
August	6	10	7	3	4	-
September	5	12	5	2	3	-
Oktober	5	10	12	4	8	1
November	8	14	10	2	8	1
Dezember	10	11	4	1	3	-
Gesamt	68	104	99	36	63	4

Tab. 3/3: Verkehrsunfälle

3.6 Buskontrollen

Im Berichtsjahr sind in den KfK-Zubringerbussen bei 13 026 Fahrgästen Fahrausweiskontrollen durchgeführt worden (siehe Tabelle 3/4). Bei 59 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.

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 4 450 Personen wurden Anträge auf Zutritt zum KfK-Gelände außerhalb der normalen Arbeitszeit bearbeitet.

Kontrollzeiten	Anzahl der kontrollierten Busse	Anzahl der kontrollierten Fahrgäste	davon ohne Fahrausweis angetroffen
Januar	41	1289	14
Februar	52	1471	33
März	36	1393	41
April	40	1284	25
Mai	36	911	16
Juni	15	907	15
Juli	60	864	31
August	52	867	36
September	46	751	21
Oktober	55	1025	39
November	38	1497	23
Dezember	25	767	33
Gesamt	496	13026	327

Tab. 3/4: Anzahl der Buskontrollen

3.7.2 Ausweisbüro

Das Ausweisbüro stellte im Berichtszeitraum bis zum 30.09.1989 4 534 Ausweise her. Ab 01.10.1989 wurden wegen der Gleitzeiteinführung ca. 4 000 neue Ausweise gefertigt. Die Fertigung der sogenannten "Gleitzeitausweise" setzt sich im Jahr 1990 fort. Wegen Instituts-, Abteilungs- und Namenswechsel bzw. Änderung von Personen und Firmennamen mußten insgesamt 585 Ausweise neu gefertigt werden. 206 Ausweise wurden verloren gemeldet; für 1 104 Personen wurden vorläufige Ausweise ausgegeben. Die Zahl der Ausweisbesitzer der KfK GmbH und die der Gastinstitutionen belief sich auf 5 844 Stück; die der Fremdfirmenmitarbeiter auf 4 236 Stück. Im Jahr 1989 waren 10 080 Ausweise in Umlauf.

3.7.3 Empfangsdienst

Die Anzahl der Besucher lag im Berichtszeitraum auf dem gleichen Niveau wie im Jahr zuvor. So wurden insgesamt 32 750 Besucher, davon 4 250 Ausländer, registriert. Für kurzfristig im KfK eingesetzte Fremdfirmenangehörige wurde 3 900 befristete Passierscheine ausgestellt.

Beim Empfangsdienst wurden im Berichtsjahr 85 Fundgegenstände abgegeben; 10 Fundgegenstände konnten an die rechtmäßigen Besitzer ausgehändigt werden, 75 Fundsachen sind zur Zeit noch archiviert.

4 Strahlenschutzüberwachung

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

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

1	2	3	4	5
Gruppe	<u>Bereich</u> Überwachte Institutionen	Anzahl der Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung	Anzahl der überwachten Personen (Dezember 1989)	Fläche des überwachten Bereichs in m ²
Nord	1. " <u>IHCh</u> ": IHCh, INE	8,5°	289	16 300
	2. " <u>HVT/HZ</u> ": HVT/HZ, IMF III (Bau 573/74), HDB I-Wä	8	124	11 500
	3. " <u>FR2</u> ": HVT/EA, HBT/BI, HIT, IRE, IMF I, II, III (Bau 681) HBT/E, HBT/BW, HS/US (Bau 620-622), IMT (Bau 691)	3+7# 1*	459	12 600
West	4. " <u>HDB I</u> ": HDB (Bau 510-516,543,545, 553, 555),INE (Bau. 547) IK III/Zykl.	6,5+4+	256	7 000
	5. " <u>HDB II</u> ": HDB (Bau 519, 526, 531-536, 548, 563, 570)	8,5 1*	315	27 200
Süd	6. " <u>IRCh</u> ": IRCh, LAF I, HBAU, IGT, SKT, HS (Bau 123,221), MED, IMT, HPS,HS/AS-Fw	7	249	5 000
	7. " <u>Inst./Meßl.</u> ": INFP, HDI, INR, LIT, IRB, LAF II, IK, ITP, HS (Bau 436, 439), HS/S, HBT/VB-Bh, HBT/QS,HBT/HW	6,5 1*	696	6 800
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 1989), einschließlich Fremdfirmenangehörigen, ist in Spalte 4 von Tab. 4/1 aufgeführt. Diese Anzahl hat sich gegenüber dem Vorjahr um ca. 120 erniedrigt. In den physikalischen Instituten konnte eine größere Anzahl von Personen aus der Strahlenschutzüberwachung genommen werden; andererseits erhöhte sich der Fremdfirmenpersonalstand. 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 Raumluftmessungen 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.

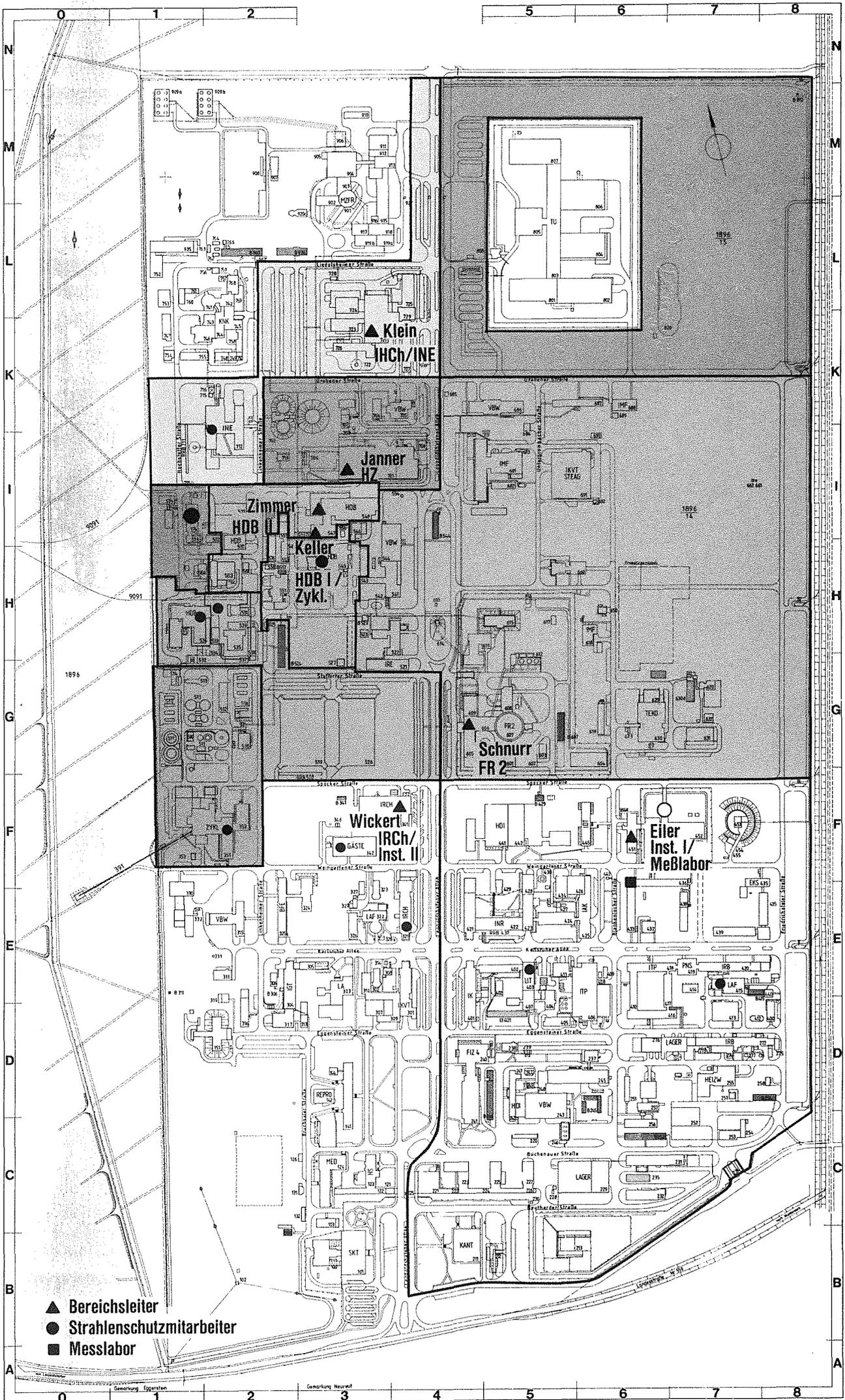
Die Kontaminationskontrolle von Personen am Ausgang von Bereichen, in denen genehmigungspflichtig mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird, geschieht in der Regel in Eigenüberwachung unter Zuhilfenahme von Hand-Fuß-Kleidermonitoren mit automatisiertem Meßablauf.

Die 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. 2500 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 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. in Zwischenfallsituationen die Strahlenschutzmaßnahmen auf Anweisung des EvD 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 zwei Rufbereitschaften zur Verfügung. Die sieben Angehörigen der Rufbereitschaft II sowie jeweils zwei Personen von zwei Einsatzfahrzeugen bilden 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. 4.6). 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 Sicherung bestellt. Der Abteilungsleiter ist als stellvertretender Sicherheitsbeauftragter der KfK GmbH benannt.



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. Ein Mitarbeiter legte 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, HDB (LAW-Eindampfung, Verbrennung), HVT/HZ (Lüftung, Sicherungsmaßnahmen), IMF III (Bau 574), IMT (Bau 691, 310), HS (Bau 123) überwacht und die Materialflüsse kontrolliert.

Ein neuer Strahlenschutzbereich kam im Berichtsjahr durch den Kontrollbereich von HS in Bau 439 hinzu. In einer Reihe von Gebäuden konnten einige Laborräume und Technikumshallen aus der Strahlenschutzüberwachung entlassen 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 der KfK in fünf Gruppen zusammengefaßt, die sich nicht mit den in Tab. 4/1 aufgeführten Bereichen decken.

4.1.1 Personendosimetrie mit Taschenionisationskammern

Die Tab. 4/2 zeigt, daß in den Einrichtungen des KfK im Jahre 1989 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 1989 betrug 16. Insgesamt wären nur 0,7 % der überwachten Personen im KfK als 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/BI, INE)	Institutionen mit niedrigerem Aktivitätsinventar (IMF, HIT, LAF II)	Dekontamination und Abfallbehandlung (HDB)	sonstige Institutionen	KfK
Personendosis in mSv	Anzahl der Personen					
$0 < H \leq 5$	253	513	233	507	866	2372
$5 < H \leq 15$	8	0	0	8	0	16
$15 < H \leq 50$	0	0	0	0	0	0
Oberflächenkontamination in Vielfachen der KfK-internen Interventionswerte	Anzahl der Fälle					
$10^0 < K_\alpha \leq 10^1$	0	57	0	54	1	112
$10^1 < K_\alpha \leq 10^2$	0	30	3	13	1	47
$10^2 < K_\alpha \leq 10^3$	0	5	0	8	0	13
$10^3 < K_\alpha$	0	3	0	1	0	4
$10^0 < K_\beta \leq 10^1$	13	83	3	36	13	148
$10^1 < K_\beta \leq 10^2$	5	40	3	13	3	64
$10^2 < K_\beta \leq 10^3$	0	10	0	0	0	10
$10^3 < K_\beta$	0	6	1	1	0	8
$10^0 < K_{H3} \leq 10^1$	0	0	0	0	0	0
$10^1 < K_{H3} \leq 10^2$	0	0	0	0	1	1
$10^2 < K_{H3} \leq 10^3$	0	0	0	0	0	0
$10^3 < K_{H3}$	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/BI, INE)	Institutionen mit niedrigerem Aktivitätsinventar (IMF, HIT, LAF II)	Dekontamination und Abfallbehandlung (HDB)	sonstige Institutionen	KfK
Raumluftaktivitäten in Vielfachen von abgeleiteten Grenzwerten	Anzahl der Fälle					
$0,015 < R_\alpha \leq 1$	0	161	5	2 175	1	2 342
$1 < R_\alpha \leq 20$	0	7	0	101	0	108
$20 < R_\alpha$	0	3	0	4	0	7
$0,015 < R_\beta \leq 1$	0	23	0	43	0	66
$1 < R_\beta \leq 20$	0	2	0	1	0	3
$20 < R_\beta$	0	0	0	0	0	0
$0,015 < R_{H3} \leq 1$	0	0	0	0	0	0
$1 < R_{H3} \leq 20$	0	0	0	0	0	0
$20 < R_{H3}$	0	0	0	0	0	0
Überweisung an die Medizinische Abteilung	Anzahl der Personen					
	5	33	1	15	1	55

Tab. 4/2 Fortsetzung: Strahlenschutzmeßergebnisse im Kernforschungszentrum Karlsruhe

4.1.2 Oberflächenkontaminationen

In Tab. 4/2 sind weiterhin die gemessenen Oberflächenkontaminationen, aufgeschlüsselt nach α -, β - und H-3-Kontaminationen, aufgeführt. Es werden Kontaminationen von Gebäudeoberflächen, Arbeitsplätzen, Arbeitsgegenständen und Material angegeben. Die Kontaminationen werden dabei in Vielfache 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 der KfK GmbH dar. Maßgebend für die Zoneneinteilung ist die Umgangsmenge an offenen radioaktiven Stoffen in Vielfachen der Freigrenze gemäß StriSchV. Die Interventionswerte stellen die Obergrenzen der in den jeweiligen Zonen zugelassenen Oberflächenaktivitäten dar.

Zone	Schutzkleidung	Oberflächenaktivitäten in Bq/cm ²	Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen
Zone I - weiß - (Betrieblicher Überwachungsbereich/ Kontrollbereich)	ohne Kennzeichnung	$\alpha \leq 0,037$ $\beta \leq 0,37$	\ll Freigrenze
Zone II - grau - (Betrieblicher Überwachungsbereich/ Kontrollbereich)	ohne Kennzeichnung Arbeitsschuhe oder Privatschuhe mit Überschuhen	$\alpha \leq 0,037$ $\beta \leq 0,37$	\leq Freigrenze
Zone III - grau/gelb - (Betrieblicher Überwachungsbereich/ Kontrollbereich)	weiß oder grau mit gelber Kennzeichnung oder Berufsmantel gelb Arbeitsschuhe oder Privatschuhe mit Überschuhen	$\alpha \leq 0,37$ $\beta \leq 3,7$	\leq 1 000fache Freigrenze
Zone IV - gelb - (Kontrollbereich/ Sperrbereich)	gelbe Kleidung Berufsmantel nur in Verbindung mit Dienstkleidung Arbeitsschuhe, gelb	$\alpha \leq 3,7$ $\beta \leq 37$	gemäß Genehmigungsumfang
Zone V - rot - (Kontaminationsbereich im Kontrollbereich/ Sperrbereich)	gelbe Kombis Arbeitsschuhe gelb und Überschuhe Sonderschutzkleidung	$\alpha > 3,7$ $\beta > 37$	gemäß Genehmigungsumfang

Tab. 4/3: Kleider- und Zonenordnung in der KfK GmbH

Werte aus der Zone V, die bestimmungsgemäß kontaminiert ist, werden nicht aufgeführt. Die interne Kleider- und Zonenordnung wird ab 1990 den durch die Novellierung der StrlSchV geänderten Werten der Anlage IX angepaßt.

α - und β -Kontaminationen traten vor allem in den "Institutionen mit höherem Aktivitätsinventar" und bei der "Dekontamination und Abfallbehandlung" auf. Die Anzahl der Oberflächenkontaminationen insgesamt nahm gegenüber dem Vorjahr bei der α -Aktivität etwa um 20 % ab, bei der β -Aktivität blieb sie etwa konstant.

4.1.3 Raumluftaktivitäten

Weiter sind in Tab. 4/2 die Ergebnisse der Raumlufmessungen, wiederum aufgeschlüsselt nach α -, β - und H-3-Aktivitäten, aufgeführt. Die Aktivitätskonzentrationen werden dabei in Vielfache von abgeleiteten Interventionswerten eingeteilt. Diese abgeleiteten Interventionswerte werden aus den Grenzwerten der Jahresaktivitätszufuhr gemäß Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A und dem Jahresinhalationsvolumen von 2 500 m³ berechnet. So wird in den Anlagen der KfK für α -Aktivitätsgemische 0,063 Bq/m³ (Leitnuklid Pu-239), für β -Aktivitätsgemische 43 Bq/m³ (Leitnuklid Sr-90) und für Tritium-Aktivität 0,18 MBq/m³ (als HTO) festgelegt. Ab November wurden die Werte aufgrund der Novelle zur StrlSchV neu festgelegt: α -Aktivitätsgemische 0,04 Bq/m³ (Leitnuklid Pu-239, löslich), β -Aktivitätsgemisch 40 Bq/m³ (Leitnuklid Sr-90, löslich/unlöslich), Tritium-Aktivität 1 MBq/m³ (als HTO). Bei Raumluftaktivitätskonzentrationen oberhalb dieser Interventionswerte dürfen Arbeiten in den Anlagen der KfK nur mit Atemschutzfiltergeräten bzw. fremdbelüfteten, gasdichten Schutzanzügen beim Auftreten von Tritium durchgeführt werden. Die Raumluftaktivitätskonzentrationen werden nur oberhalb des 0,015fachen der abgeleiteten Werte erfaßt, weil bei kleineren Konzentrationen auch für Personen der Kategorie B eine regelmäßige Inkorporationskontrolle gemäß der "Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle" nicht notwendig ist. Eine weitere Einteilungsschranke stellt das 20fache der abgeleiteten Interventionswerte dar, weil oberhalb dieser Werte im Falle von aerosolförmigen Raumluftaktivitäten mit Atemschutzisoliergeräten gearbeitet werden muß.

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 Aktivitätszufuhr vorgenommen. Aus den Meßdaten zwischen dem 0,015fachen und dem einfachen der abgeleiteten Interventionswerte werden für die betroffenen Arbeitsgruppen die maximal möglichen Aktivitätszufuhren abgeschätzt.

Die Mehrzahl der α - und β -Aktivitäten oberhalb der angegebenen Schranken traten bei der "Dekontamination und Abfallbehandlung" auf. Gegenüber dem Vorjahr ist die Anzahl der α -Kontaminationen um ca. 20 % angestiegen, die Anzahl der β -Kontaminationen halbierte sich. Bei den Instituten mit höherem Aktivitätsinventar nahm die Anzahl der α -Kontaminationen um ca. 25 % gegenüber dem Vorjahr ab, die Anzahl der β -Kontaminationen blieb etwa konstant. Raumluftaktivitäten oberhalb der aufgeführten Schranken traten bei Tritium nicht auf.

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 Raumluftaktivitätskonzentrationen oberhalb der Interventionswerte (s. Kap. 4.1.3). Diese Darstellung weicht von der früherer Jahre ab, bei der nur Vorgänge mit Personen- und Kleiderkontaminationen erfaßt wurden. Die überwiegende Zahl der jetzt aufgeführten 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 1,13 Sv. Der Wert ist um ca. 20 % niedriger als im Vorjahr. Dies ist vor allem auf eine Reduktion der Dosen in der HDB und allgemein verringertem Umgang mit radioaktiven Stoffen in den Anlagen mit höherem Aktivitätsinventar zurückzuführen. Die Auswertungen zeigten, daß von allen überwachten Personen nur 1 322 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.

Institution	Summendosen in mSv im Jahr 1989	exponierte Personen im Jahr 1989	mittlere Individualdosis in mSv pro exponierte Person
HDB	566	546	1,0
IK III/Zykl.	171	79	2,2
HBT	59	132	0,4
IHCh	55	57	1,0
HVT/HZ	55	62	0,9
HS/Ü	48	52	0,9
INE	30	73	0,4
IRCh	20	27	0,7
HIT	18	40	0,5
IK III/RTM	15	9	1,7
HS/S	15	61	0,2
HVT/EA	14	35	0,4
IMF II	13	15	0,9
alle übrigen	52	134	0,4

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

4.3 Strahlenschutzmeßlabor

D. Beier, K. Schuhmacher

Im Berichtszeitraum wurden im Strahlenschutzmeßlabor 35 800 Raumlufffilter mittels Alpha-Beta-Pseudokoinzidenzanlagen auf künstliche α - und β -Aktivität ausgemessen. Die gefundenen Luftstaubaktivitäten sind in Tab. 4/5 nach Raumluffkonzentrationen aufgegliedert. Die Werte $0,063 \text{ Bq/m}^3$ für α -Strahler bzw. 43 Bq/m^3 für β -Strahler werden von den Grenzwerten der Jahresaktivitätszufuhr über Luft für Personen der Kategorie A abgeleitet (vgl. Kap. 4.1). Die Werte $0,95 \text{ mBq/m}^3$ für α -Strahler bzw. $0,65 \text{ Bq/m}^3$ für β -Strahler sind das 0,015fache der abgeleiteten Werte. Bei Einhaltung dieser Grenzwerte entfällt das Erfordernis einer regelmäßigen Inkorporationsüberwachung auch für Personen der Kategorie B.

Aktivität	Aktivitätsgrenzen in Bq/m^3	Anzahl der Filter	Anteil an der Gesamtzahl in %
α -Aktivität	$A > 0,063$	115	0,32
	$0,063 \geq A \geq 0,00095$	2 342	6,54
	$A < 0,00095$	33 343	93,14
β -Aktivität	$A > 43$	3	< 0,01
	$43 \geq A \geq 0,65$	66	0,18
	$A < 0,65$	35 731	99,81

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

Mittels γ -Spektroskopie wurden im Strahlenschutzmeßlabor 1510 Proben untersucht. Davon entfielen auf Kohlefilter 694, auf Luftfilter 5, auf Wischtests 12, auf kontaminierte bzw. aktivierte Gegenstände 627 und auf Dichtheitsprüfungen 172 Proben. Die identifizierten Nuklide sind in Tab. 4/6 aufgeführt. Die Erhöhung der Anzahl der Proben in der γ -Spektroskopie ist darauf zurückzuführen, daß ab Mitte des Jahres Schmelzproben der EIRAM im Meßlabor ausgewertet wurden. Aufgrund dieser Proben mußten vorher zeitaufwendige Messungen zur Bestimmung der Kalibrierfaktoren gemacht werden.

Mittels α -Spektroskopie wurden 31 Proben untersucht. Davon entfielen 17 Proben auf Wischtests, 10 Proben auf Luftfilter und 4 Proben auf Präparate. 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 102 Beschaffungsanforderungen. Darunter fielen 14 Dosisleistungsmeßgeräte, 10 Kontaminationsmeßgeräte, 6 IIFK-Monitoren, 5 fahrbare Luftstaubsammler, 3 Rechner mit Floppy und Drucker, 1 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	EIRAM	Summe
Co-60	-	5	-	-	-	326	331
I-123	133	-	-	-	-	-	133
I-131	-	33	50	-	1	-	84
Cs-137/Ba-137m	-	5	-	5	1	33	44
Eu-152	-	-	-	-	-	33	33
Rb-81	20	-	-	-	-	-	20
I-129	-	-	-	15	-	-	15
Am-241	-	7	1	6	-	-	14
Ru-106/Rh-106	-	-	-	6	-	-	6
Cs-134	-	1	-	3	2	-	6
I-125	-	-	-	4	-	-	4
Sb-125/Te-125m	1	-	-	3	-	-	4
Ra-226 + Folgepr.	-	1	-	-	-	3	4
Cd-109/Ag-109m	-	-	-	2	1	-	3
U + Th-Folgepr.	-	3	-	-	-	-	3
Zn-65	1	1	-	-	-	-	2
Na-22	-	-	1	-	-	-	1
Mn-54	-	1	-	-	-	-	1
Co-56	1	-	-	-	-	-	1
Co-57	1	-	-	-	-	-	1
Co-58	1	-	-	-	-	-	1
Am-241 + Pu-238	-	5	1	19	-	-	25
Pu-239	-	5	1	17	-	-	23
Pu-240	-	1	-	-	-	-	1
Pu-242	-	1	-	-	-	-	1
Th-228 + Folgepr.	-	1	-	-	-	-	1
U _{nat}	-	1	-	-	-	-	1

Tab. 4/6: Durch γ -Spektroskopie (oben) und α -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 der KfK GmbH in Anspruch genommen werden oder der Fahrdienst die Transporte durchführt. Das gleiche gilt für die vom Fahrdienst auf Werksstraßen des Kernforschungszentrums durchgeführten Transporte radioaktiver Stoffe.

Bei der Durchführung dieser Aufgaben wurden im Rahmen der vorgeschriebenen Buchführung über die durchgeführten Transporte 128 Beförderungspapiere nach Rn 2002 GGVS und 61 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 3 Strahlenschutzbelehrungen durchgeführt. Die 128 (1988: 144) 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 Methyljodid in Form von Prüfgas, beladenen Meßadsorbern und kontaminierten Geräten). Die 61 (1988: 90) auf Werksstraßen durchgeführten Transporte sind in Tab. 4/8 nach Aktivitätsinventar und Transportart aufgegliedert.

Ferner wurden vier Vortragsreihen an der Landespolizeischule durchgeführt, die der Einführung der Gefahrgutkontrolltruppe in die Probleme beim Transport radioaktiver Stoffe dienen. Darüber hinaus waren wiederholt Mitarbeiter des Kernforschungszentrums und Mitarbeiter fremder Firmen und Behörden bei der Vorbereitung von Transporten radioaktiver Stoffe zu beraten. Die Transporte sollten teils auf öffentlichen Verkehrswegen, teils nur auf Werksstraßen durchgeführt werden.

Transporte mit Aktivitätsinventar A in GBq			
A < 0,37 und Leerbehälter	$0,37 \leq A < 37$	$37 \leq A < 3700$	$A \geq 3700$
119 (125)	9 (19)	0 (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	$0,37 \leq A < 37$	$37 \leq A < 3700$	ohne Aktivitäts- angabe
28 (51)	22 (24)	10 (13)	1 (0)

Tab. 4/8: Aktivitätsinventar und Transportmodus 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

Im Berichtszeitraum wurden Programme zu folgenden HS/Ü-Dateien neu erstellt oder weiterentwickelt:

- Personendosisdatei (TIK-Werte)
Durch die neue Strahlenschutzverordnung mußten in der Personendosisdatei und in den entsprechenden Programmen der Begriff der Lebensdosis und der Dosis von 3 aufeinanderfolgenden Monaten eingeführt werden.
- Aerosol-Raumluftaktivitätsdatei
Zur Weiterbearbeitung der auf Diskette gelieferten Meßwerte der Alpha-Beta-Pseudokoinzidenzanlage des HS/Ü-Meßlabors wurde ein Programm zur Erstellung des Anhangs 4 des Monatsberichts an die Strahlenschutzbeauftragten (Überschreitung der Grenzwerte Spalte I und II siehe Kapitel 4.1.3) entwickelt.
- Präparatedatei
Das Programm, das schon längere Zeit im HS/Ü-Meßlabor zur Präparatebuchführung benutzt worden ist, wurde ausgebaut und an alle HS/Ü-Bereiche verteilt. Das Programm bietet außer den üblichen Routinen wie Neueingabe und Ändern
 - die Ausgabe von bestimmten Präparaten oder Nukliden mit aktueller Aktivität auf Drucker oder Bildschirm,
 - die monatliche Bestandsänderung einschließlich des vorgeschriebenen Formulars,
 - den Vergleich des Bestandes mit dem Genehmigungsumfang,
 - die Jahresmeldung über den Bestand offener radioaktiver Stoffe.

4.6 Dichtheitsprüfungen

H. Dilger

Auch im Berichtsjahr 1989 hat die Abteilung HS/Ü Dichtheitsprüfungen an umschlossenen Strahlern, die sich im Besitz der 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 StriSchV 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 β -Strahler die Wischprüfung, für α - und n-Strahler die Tauchprüfung angewandt. Die Auswertung geschieht entweder im Proportionalzähler oder durch γ -Spektroskopie. Der Strahler gilt als dicht, wenn die abgewischte oder gelöste Aktivität ≤ 200 Bq ist. Konnte die Wischprüfung nur an einer Ersatzfläche durchgeführt werden, so gilt der Strahler nur dann als dicht, wenn die abgewischte Aktivität ≤ 20 Bq ist. Im Berichtsjahr wurden 153 Strahler geprüft. Es wurde ein korrodierter Strahler gefunden, der aber noch nicht undicht im Sinne der Norm war. Die Anzahl der geprüften Strahler ist in Tab. 4/9 nach Nuklid und Institution sortiert aufgeführt.

	Sr-90	Am-241	Cs-137	Cf-252	Ra-226 Be-9	Am-241 Be-9	Co-60	Sm-151	Kernbr./ Spaltpr.	Pu-238	Np-237	Fe-55	Ni-63	Tl-204	Cd-109	Pb-210	Ges.
HS/D	17	6	16	1	2		3							1			46
SKT	5	1	7	9	1		1									1	25
LIT		16	2				1			3							22
INR				5	5	4			3		1						18
IHCh	1	6	4					2			1						14
HS/Ü	10		4														14
IK	1	3				2											6
IK III		4				2											6
IRCh	3			2									1				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
KfK	42	37	34	17	10	9	7	3	3	3	2	1	1	1	1	1	172

Tab. 4/9: Anzahl der im Jahr 1989 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 einzelnen 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 der 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 HDB 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

Die Ableitung radioaktiver Stoffe aus dem KfK in die Atmosphäre erfolgt nach Grundsätzen, die zuletzt 1983 aktualisiert und von der Aufsichtsbehörde genehmigt wurden. Danach hat die Abteilung „Umweltschutz“ der Hauptabteilung Sicherheit die Aktivitätsabgaben der einzelnen Emittenten zu koordinieren und für jedes Jahr im voraus einen „Abluftplan“ zu erstellen, der dem Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg (UM) zur Genehmigung vorzulegen ist. Dieser Abluftplan enthält für die einzelnen Emittenten des KfK die höchstzulässigen Jahres- und Kurzzeitabgaben, aufgeschlüsselt nach Radionukliden und Radionuklidgruppen. Die jeweiligen Werte sind so festgelegt, daß die in § 45 Strahlenschutzverordnung vorgeschriebenen Dosisgrenzwerte für die Exposition der Bevölkerung in der Umgebung des KfK in jedem Fall deutlich unterschritten werden.

Im Abluftplan und bei der Bilanzierung der radioaktiven Ableitungen werden die folgenden 7 Nuklidgruppen und die Einzelnuclide H-3 und C-14 unterschieden:

A _{AK}	α-Aerosole ($T_{1/2} \leq 8$ d)
A _{AL}	α-Aerosole ($T_{1/2} > 8$ d)
A _{BK}	β-Aerosole ($T_{1/2} \leq 8$ d)
A _{BL}	β-Aerosole ($T_{1/2} > 8$ d)
E	Radioaktive Edelgase
G _K	Kurzlebige radioaktive Aktivierungsgase
I	Radioaktives Iod: gas- 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. 5.1.1 näher erläutert.

Von den insgesamt 39 Emittenten (vgl. Lageplan Abb. 5/1) gehören 34 zur 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 von der KfK GmbH betrieben werden, erfolgt durch die zuständigen Betreiber. Die Meßergebnisse werden der bilanzierenden Stelle bei HS/US regelmäßig mitgeteilt.

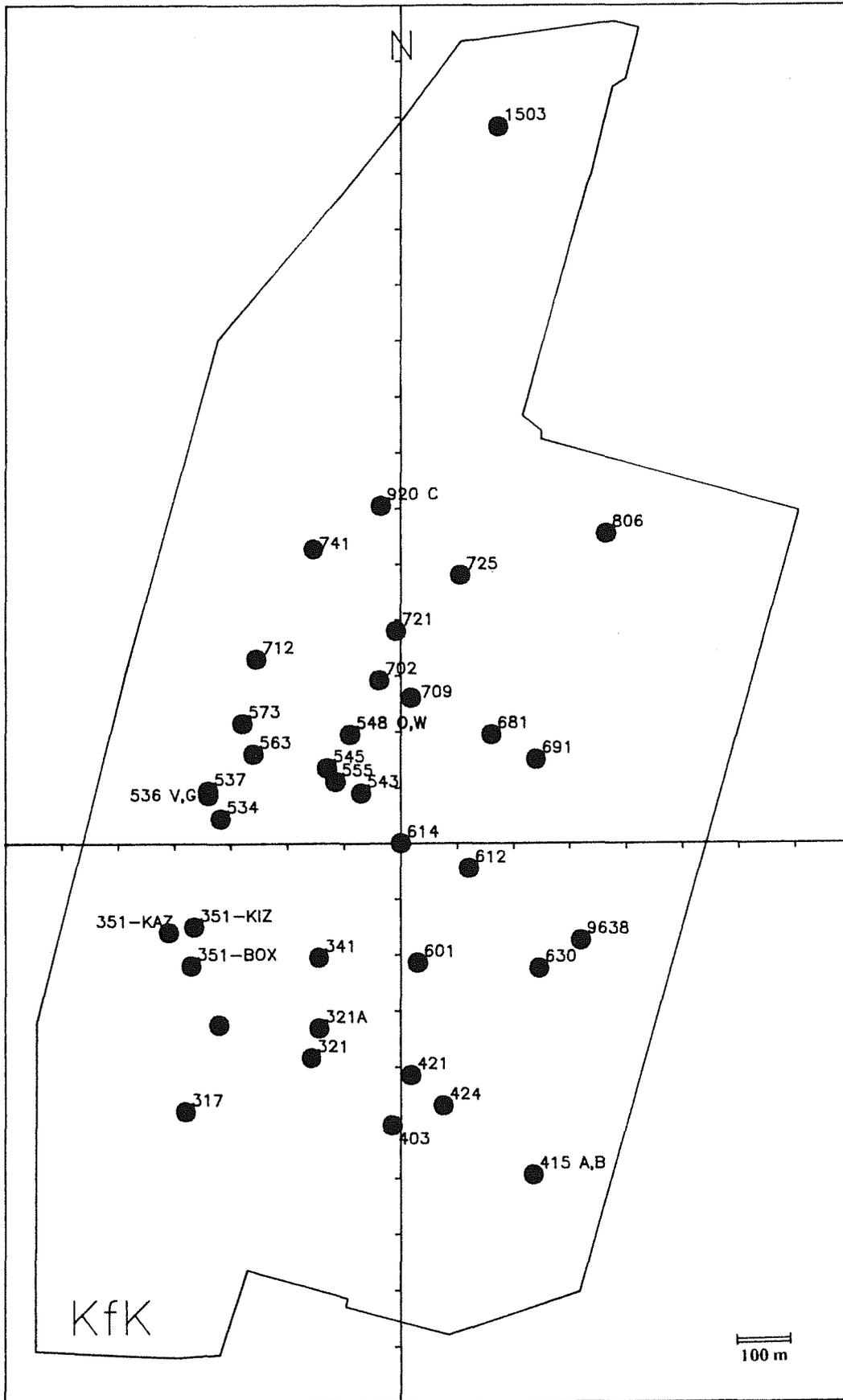


Abb. 5/1: Lageplan der Emittenten des KfK mit Angabe der Gebäudenummern

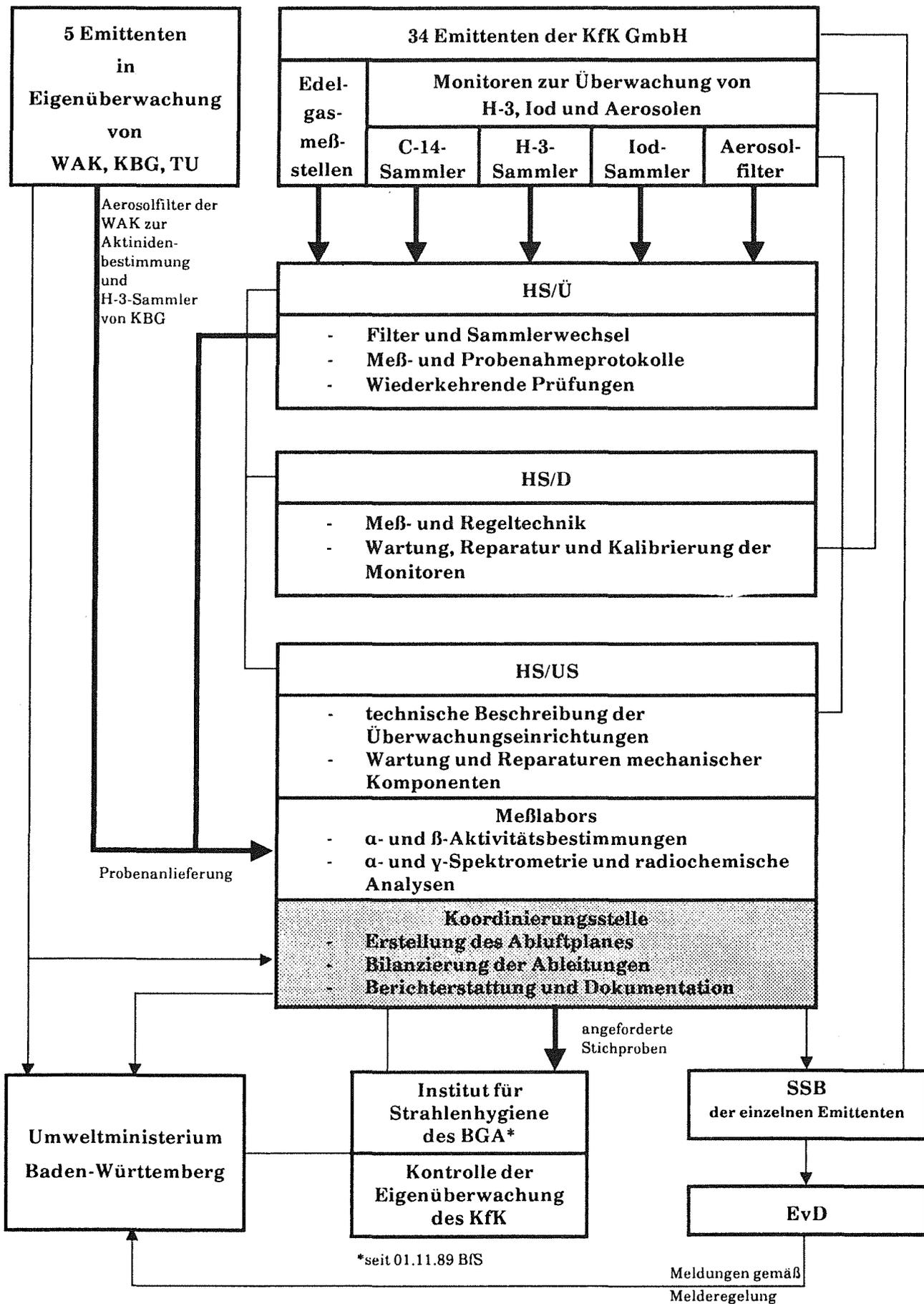


Abb. 5/2: Schematische Darstellung der Fortluftüberwachung im KfK

— 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 zu erwartende Strahlenexposition wird in Kap. 5.1.3 berichtet.

Darüber hinaus erfolgt in Kap. 5.1.2 erstmals eine Berichterstattung über die Ableitungen nicht-radioaktiver 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 1989

S. Rinn, 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 Molekularsieb eingesetzt. Eine Ausnahme bilden die radioaktiven Edelgase, deren Bilanzierung durch Direktmessung erfolgt. 1989 waren insgesamt 4 865 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 über der nach KTA-Regel 1503.1 geforderten Nachweisgrenze lagen. Die Bilanzierungswerte für radioaktive Aerosole werden durch Messung der Gesamt- α - bzw. Gesamt- β -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. Unter Verwendung der neuen Dosisfaktoren (Bundesanzeiger 185a, Sept. 1989) und der „Allgemeinen Berechnungsgrundlage für die Strahlenexposition bei radioaktiven Ableitungen mit der Abluft oder in Oberflächen-gewässer“ (ABG) des BMI (Gemeinsames Ministerialblatt, A 30, 369 (1979) und A 33, 735 (1982)) wurden die in Tab. 5/1 angegebenen Wichtungsfaktoren errechnet:

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	$1,2 \cdot 10^1$
I-130	$8,9 \cdot 10^{-3}$
I-131	1,0
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 1989 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.

Emittent Geb.-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen		Bilanzierte Ableitungen 1989	Bilanzierte Ableitungen 1988	Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten 1989 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	1,85 E03	8,87 E04	
IRCh Geb. 321 16 m	AAL	-	1,0 E05	-	-	< 0,01
	ABL	-	2,0 E07	-	-	
	E	-	1,0 E12	5,60 E09	2,66 E10	
	H-3	-	4,0 E12	5,42 E09	8,70 E08	
	I	-	6,0 E06	5,28 E06	-	
IRCh Geb. 321A 15 m	AAL	1,0 E04	2,0 E05	1,44 E03	-	0,01
	ABL	1,0 E07	2,0 E08	4,86 E03	1,52 E04	
	E	2,0 E12	4,0 E13	1,16 E12	1,75 E11	
	H-3	2,0 E11	4,0 E12	1,32 E09	1,11 E09	
	I	2,0 E06	4,0 E07	1,95 E06	-	
IRCh Geb. 341 15 m	AAL	-	1,0 E05	-	-	0,02
	ABL	-	1,0 E07	-	-	
	E	-	2,0 E11	-	9,81 E09	
	H-3	-	2,0 E12	6,76 E10	5,50 E08	
	I	-	6,0 E06	-	-	
IK III (KIZ) Geb. 351 36 m	E	-	1,0 E13	1,46 E12	3,70 E12	< 0,01
IK III (KAZ) Geb. 351 15 m	ABK	5,0 E08	1,0 E10	5,47 E05	1,72 E07	0,01
	ABL	5,0 E06	1,0 E08	1,18 E05	9,76 E04	
	E	5,0 E12	1,0 E14	2,33 E12	3,91 E12	
	I	5,0 E05	1,0 E07	1,12 E05	1,24 E04	
IK III (KIZ- Boxenabluft) Geb. 351 11 m	ABK	-	1,0 E10	4,84 E06	7,27 E06	< 0,01
	ABL	-	1,0 E08	1,85 E05	1,18 E05	
	I	-	2,0 E06	-	0,29 E00	
LIT Geb. 403 10 m	ABL	-	1,0 E08	-	-	-
LAF II Geb. 415 A 8 m	I	Bq/Tag 1,0 E05	1,0 E07	1,65 E04	-	< 0,01
LAF II Geb. 415 B 10 m	I	Bq/Tag 1,0 E05	1,0 E07	1,46 E05	2,99 E04	< 0,01

Tab. 5/2: Ableitungen radioaktiver Stoffe der einzelnen Emittenten des KfK in die Atmosphäre in den Jahren 1989 und 1988
(Bilanziert wurden nur Meßwerte, die über der nach KTA-Regel 1503.1 geforderten Nachweisgrenze lagen.)

Emittent Geb.-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen		Bilanzierte Ableitungen 1989	Bilanzierte Ableitungen 1988	Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten 1989 µSv
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	
INR Geb. 421/423 5 m	H-3	-	2,0 E12	3,7 E11	5,32 E11	0,12
INFP und IK III Geb. 424-426 und 434 10 m	E GK H-3	- - -	3,0 E11 3,0 E11 2,0 E11	- - -	- - -	-
HDB Geb. 534 8 m	AAL ABL H-3 I	- - - -	4,0 E04 4,0 E07 8,0 E10 1,0 E06	- 4,49 E04 6,28 E09 6,54 E04	- 8,12 E04 7,10 E09 1,24 E05	< 0,01
HDB Geb. 536 (Verbren- nungsanlage) 70 m	AAL ABL H-3 I C-14	Bq/Tag 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	4,24 E06 1,61 E08 8,48 E10 5,22 E07 1,02 E10	7,89 E06 1,05 E09 1,56 E12 4,85 E07 -	0,24
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	- 1,21 E05 - 4,30 E04	- 5,47 E05 1,70 E08 -	< 0,01
HDB Geb. 543 8 m	AAL ABL	-	4,0 E05 4,0 E07	3,29 E02 2,79 E04	2,06 E02 4,29 E04	< 0,01
HDB Geb. 545/553 19 m	AAL ABL H-3 I	5,0 E04 2,5 E07 1,0 E11 3,0 E06	1,0 E06 5,0 E08 2,0 E12 6,0 E07	- 4,86 E06 6,38 E10 2,08 E07	- 5,88 E06 7,30 E08 1,58 E07	0,10
HDB Geb. 548 Ost, und INE, Geb. 547 15 m	AAL ABL H-3 I	6,0 E04 1,0 E07 1,0 E11 1,0 E06	1,2 E06 2,0 E08 2,0 E12 2,0 E07	8,90 E04 2,41 E06 2,60 E08 1,07 E05	1,28 E05 1,58 E05 2,47 E10 3,37 E06	0,07
HDB Geb. 548 West 15 m	AAL ABL H-3 I	3,0 E04 1,0 E07 1,0 E11 1,0 E06	7,0 E05 2,0 E08 2,0 E12 2,0 E07	5,60 E05 1,91 E05 2,50 E09 8,57 E06	1,07 E05 5,24 E05 5,10 E08 9,17 E05	0,19
HDB Geb. 555 19 m	AAL ABL H-3 I	5,0 E04 2,5 E07 1,0 E11 2,5 E06	1,0 E06 5,0 E08 2,0 E12 5,0 E07	- 4,90 E03 1,40 E09 8,08 E06	1,22 E03 2,79 E04 2,74 E09 1,68 E07	0,02

Tab. 5/2: Fortsetzung

Emittent Geb.-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen		Bilanzierte Ableitungen 1989	Bilanzierte Ableitungen 1988	Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten 1989 µSv
		Bq/Woche	Bq/a	Bq	Bq	
HDB Geb. 563 14 m	AAL	-	1,0 E06	-	-	-
	ABL	-	1,0 E07	-	6,12 E04	
	H-3	-	8,0 E11	-	-	
IMF III Geb. 573/574 5 m	AAL	-	2,0 E05	-	-	-
	ABL	-	2,0 E07	-	-	
	H-3	-	6,0 E11	-	-	
HIT Geb. 601/605 22 m	AAL	-	8,0 E05	2,51 E01	-	< 0,01
	ABL	-	3,0 E06	8,40 E03	-	
	H-3	-	1,0 E08	-	-	
HVT/FR2 Geb. 614 99 m	AAL	-	1,0 E06	-	-	< 0,01
	ABL	-	1,0 E08	4,20 E03	-	
	H-3	-	2,0 E11	6,37 E09	2,34 E09	
	I	-	2,0 E06	-	-	
HVT/Gallex Geb. 712 10 m	ABK	-	5,0 E03	-	-	-
TEKO Geb. 630 10 m	ABL	-	5,0 E05	-	-	-
IMF I Geb. 681 9 m	AAL	-	5,0 E05	-	-	-
	ABL	-	1,0 E07	-	-	
IMT (IKVT) Geb. 691 15 m	AAL	-	1,0 E03	-	-	-
HVT/HZ Geb. 702 60 m	AAL	1,0 E06	2,0 E07	-	-	0,01
	ABL	4,0 E08	8,0 E09	3,11 E06	2,08 E06	
	E	2,0 E12	4,0 E13	7,58 E11	3,84 E12	
	H-3	4,0 E10	8,0 E11	1,43 E11	5,05 E09	
	I	7,5 E06	1,5 E08	2,51 E06	1,96 E06	
HVT/HZ Geb. 709 60 m	AAL	-	3,0 E06	-	-	-
	ABL	-	4,0 E08	-	-	
INE Geb. 712 60 m	AAL	-	1,0 E06	-	-	< 0,01
	ABL	-	1,0 E08	1,63 E03	-	
IHCh Geb. 721- 724/726 60 m	AAL	-	3,0 E06	1,22 E05	-	0,01
	ABL	-	3,0 E08	9,88 E04	3,36 E03	
	E	-	8,0 E12	1,87 E10	6,03 E11	
	H-3	-	2,0 E11	-	-	
	I	-	4,0 E07	1,54 E07	1,16 E07	

Tab. 5/2: Fortsetzung

Emittent Geb.-Nr. Emissions- höhe	Nuklid/ Nuklid- gruppe	Zulässige Ableitungen		Bilanzierte Abteilungen 1989 Bq	Bilanzierte Abteilungen 1988 Bq	Effektivdosis am Immissions- maximum des Emittenten 1989 µSv
		Bq/Woche	Bq/a			
IHCh Geb. 725 10 m	AAL	-	1,0 E05	-	-	< 0,01
	ABL	-	1,0 E07	5,10 E04	2,89 E04	
	I	-	1,0 E06	-	6,16 E03	
KBG/KNK Geb. 741 99 m	AAL	2,8 E05	1,1 E07	-	-	0,06
	ABL	1,4 E08	5,6 E09	1,10 E05	1,83 E05	
	E	9,3 E12	1,5 E14	1,74 E12	1,59 E12	
	H-3	2,0 E11	4,0 E12	7,36 E10	1,54 E11	
	I	9,3 E06	3,7 E08	-	-	
TU Geb. 802, 806, 807 50 m	AAL	-	1,0 E06	1,06 E04	8,46 E03	< 0,01
	ABL	-	4,0 E08	5,14 E04	3,64 E04	
KBG/MZFR Geb. 920c 99,5 m	AAL	5,0 E04	1,0 E06	-	-	0,07
	ABL	5,0 E07	1,0 E09	1,90 E04	9,49 E04	
	E	5,0 E11	1,0 E13	-	-	
	H-3	5,0 E12	1,0 E14	7,25 E12	1,26 E13	
	I	5,0 E06	1,0 E08	-	-	
	C-14	5,0 E08	1,0 E10	-	-	
WAK Geb. 1503/ 1532/1533 60 m		Bq/Tag				0,94
	AAL	3,7 E06	3,7 E08	7,91 E05	8,21 E05	
	ABL	7,4 E08	7,4 E10	3,55 E07	5,52 E07	
	Pu-241*	-	7,4 E09	2,58 E07	2,53 E07	
	Sr-90*	-	3,7 E09	1,29 E06	4,56 E06	
	E (Kr-85)	1,3 E14	1,3 E16	7,60 E14	1,66 E15	
	H-3	3,7 E11	3,7 E13	2,16 E12	4,16 E12	
	I-129	2,4 E06	2,4 E08	7,61 E07	1,13 E08	
	I-131	1,48 E07	1,48 E09	4,87 E06	1,67 E07	
	I	-	-	9,18 E08	6,99 E08	
C-14	6,1 E09	6,1 E11	3,52 E10	8,01 E10		
HS/B Geb. 9638 10 m	H-3	-	4,0 E07	1,17 E04	-	< 0,01

* Bei WAK wurden gemäß Auflage 93, 18. NT, 3. TBG die Pu-241- und Sr-90-Werte explizit mit in die Tabelle aufgenommen. Die Emissionswerte für Pu-241 und Sr-90 sind im Wert für die Nuklidgruppe ABL enthalten.

Tab. 5/2: Fortsetzung

5.1.2 Ableitung nicht-radioaktiver Stoffe mit der Fortluft 1989

H. Wilker

Die 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 Test-Anlage 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 der KfK, bestehend aus vier Einzelkesselanlagen (Fernheizwerk) und einem Blockheizkraftwerk (Gasturbinenanlage mit Abhitzekeessel). 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

Das System zur Verbrennung fester, β -kontaminierter Reststoffe wurde im März 1989 zur Durchführung von Umrüstmaßnahmen außer Betrieb genommen, da das System nicht mehr den Anforderungen der TA-Luft 1986 gerecht wurde. Für das System zur Verbrennung fester, α -kontaminierter Reststoffe und für das System zur Verbrennung flüssiger, kontaminierter Reststoffe besteht die behördliche Auflage zur kontinuierlichen Messung folgender mit dem Abgas emittierten Schadstoffe: Staub, Gesamtkohlenstoff, HCl, SO₂ und CO. Die ermittelten Schadstoffkonzentrationen sind bezogen auf einen Sauerstoffanteil von 11 Vol.-% und trockenes Rauchgas.

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 Eichkurve erstellt werden. Staubanalysen ergaben einen sehr großen Korrosionsanteil aus dem Material der Rauchgasleitung nach den Abgasreinigungskomponenten. Deshalb sollen die stählernen Rauchgasleitungen durch solche aus glasfaserverstärktem Kunststoff ersetzt werden.

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, die Anzahl der Halbstunden- und Tagesmittelwerte, die unterhalb der Konzentrationsgrenzwerte lagen und die Gesamtableitungen 1989. Die Emissionsdaten für 1989 haben jedoch lediglich orientierenden Charakter, da sich die Verbrennungsanlagen der HDB im vergangenen Jahr noch im Versuchsbetrieb befanden und 1990 noch technische Änderungen vorgenommen werden.

Schadstoff	Konzentrationsgrenzwert in mg/Nm ³	Jahresemission in Mg
HCl	50	0,08
SO ₂	100	0,27
CO	100	0,16
Staub	5	-
Gesamt-C	20	0,007

Tab. 5/3: Emissionsdaten 1989

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, SO₂ 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 1989 eingehalten wurden.

Emissionsintervalle 1989	O ₂ Vol.-%	Gemessene Schadstoffkonzentrationen									
		bei unterschiedlichen O ₂ -Gehalten in mg/Nm ³ trocken					normiert auf einen O ₂ -Gehalt von 17 Vol.-% in mg/Nm ³ trocken				
		HF	HCl	SO ₂	CO	Staub	HF	HCl	SO ₂	CO	Staub
13.-16.03.	11,7	0,6	< 10	25	< 10	45,1	< 0,5	< 10	11	< 10	19,4
20.-22.03.	11,5	< 0,5	< 10	45	13	47,1	< 0,5	< 10	19	< 10	19,8
28.-30.03.	11,9	< 0,5	< 10	25	28	61,6	< 0,5	< 10	11	13	27,1
17.-21.04.	10,3	< 0,5	< 10	16	36	25,6	< 0,5	< 10	< 10	15	9,6
24.-27.04.	10,6	< 0,5	< 10	16	< 10	33,0	< 0,5	< 10	< 10	< 10	12,7
05.-09.06.	11,5	0,5	< 10	21	10	20,3	< 0,5	< 10	< 10	< 10	8,5
11.-14.09.	12,3	< 0,5	< 10	28	39	30,4	< 0,5	< 10	13	17	14,0
18.-22.09.	12,2	< 0,5	< 10	24	< 10	22,2	< 0,5	< 10	11	< 10	10,1
06.-10.11.	11,6	< 0,5	< 10	21	21	22,0	< 0,5	< 10	< 10	10	9,4
13.-17.11.	12,0	< 0,5	< 10	27	< 10	42,1	< 0,5	< 10	12	< 10	18,7
Genehmigungswerte:							2	50	200	100	50

Tab. 5/4: Schadstoffkonzentrationen im Abgas der TAMARA 1989

Heizwerk

Das Blockheizkraftwerk und das Fernheizwerk werden prinzipiell mit dem Brennstoff Erdgas „H“ betrieben. Nur an Wintertagen bei extrem tiefen Außentemperaturen oder 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 Auswerteinrichtung ausgestattet. Die Anlage besteht aus zwei Klassiergeräten mit Bezugswertrechner und wird jährlich vom TÜV überprüft. Folgende Emissionen sind laut behördlicher Auflage zu messen: CO, NO₂ und Staub. Die SO₂-Werte bei Ölbetrieb werden errechnet. Die Jahresemissionen können der Tab. 5/5 entnommen werden.

Schadstoff	Blockheizkraftwerk Jahresemission in Mg	Fernheizwerk Jahresemission in Mg
NO ₂	22,6	10,25
SO ₂	2,05	1,06
CO	10,3	5,63
Staub	0,5	0,26

Tab. 5/5: Emissionsdaten 1989

5.1.3 Strahlenexposition in der Umgebung durch die mit der Fortluft abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1989

D. Papadopoulos, A. Wicke

Berechnungsgrundlagen

Entsprechend den „Grundsätzen für die Ableitung radioaktiver Stoffe aus dem KfK“ vom Mai 1983 wurde bei der Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung des KfK von der „Allgemeinen Berechnungsgrundlage“ (ABG) ausgegangen. Eingangsdaten für die Dosisberechnungen waren die bilanzierten Aktivitätsableitungen der 1989 zu berücksichtigenden Emittenten (s. Tab. 5/2). Von den in der ABG beschriebenen Verfahren und Parametern wird in folgenden Punkten abgewichen:

- Es wurden die durch Experimente des KfK ermittelten standortspezifischen Ausbreitungsparameter σ_y und σ_z verwendet.
- Bei der Berechnung des Langzeitausbreitungsfaktors wurde eine azimutale Gleichverteilung nicht der Aktivitätskonzentration - wie empfohlen -, sondern der Windrichtung innerhalb eines Sektors angenommen. Das ist sachlich richtiger und vermeidet Sprünge an den Sektorgrenzen.
- Es wurden die dem Stand der Wissenschaft entsprechenden Dosisfaktoren aus dem Bundesanzeiger 185a vom Sept. 1989 entnommen.

- Die Einzelorgan- bzw. Teilkörperdosen - unter Dosis wird hier stets die 50-Jahre-Folgeäquivalentdosis verstanden - wurden entsprechend der Neufassung der Strahlenschutzverordnung vom 30. Juni 1989 gewichtet und für alle Expositionspfade zu einer Effektivdosis zusammengefaßt. Dazu war es erforderlich, viele Organ- bzw. Teilkörperdosen einzeln zu berechnen. Diese Rechenoperationen leistet das Programm EFFDOS.
- Die Ausbreitungsrechnung erfolgte auf der Grundlage der monatlichen Ableitungswerte und der monatlichen meteorologischen Statistik.

Meteorologische Parameter

Die für die Ausbreitungsrechnung benötigten meteorologischen Parameter wurden am 200 m hohen Meßturm des Institutes für Meteorologie und Klimaforschung gemessen. Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Ausbreitungskategorie werden halbstündlich gemittelt; ihre Häufigkeit wird in der Ausbreitungsstatistik zusammengefaßt. Die Windrose wird in 12 Sektoren zu je 30° eingeteilt. Windgeschwindigkeit und -richtung werden aus den Messungen in 60 m Höhe bestimmt. Die Geschwindigkeit in dieser Höhe ist für Emissionen in 100 m Höhe repräsentativ. Für andere Emissionshöhen wird die Windgeschwindigkeit entsprechend dem Windgeschwindigkeitsprofil interpoliert. Die Ausbreitungsparameter σ_y und σ_z wurden für den Standort des KfK bei Ausbreitungsversuchen für Emissionshöhen von 60 m und 100 m ermittelt.

Dosisfaktoren

Die zur Berechnung der Einzelorgan-, Teilkörper- bzw. Effektivdosen durch Inhalation, Ingestion und externer Bestrahlung benötigten Dosisfaktoren wurden - wie bereits erwähnt - dem Bundesanzeiger 185a vom Sept. 1989 entnommen. Um die Auswahl relevanter Inhalations- und Ingestionsklassen zu ermöglichen, wurden für die Emittenten Annahmen über die in den Aerosolemissionen jeweils dominierenden oder typischen chemischen Verbindung gemacht. Bei der Berechnung wurden die Dosisbeiträge durch Tochternuklide mitberücksichtigt.

Erläuterungen zu den Nuklidgruppen

Für die Dosisberechnung ist es erforderlich, die in Kap. 5.1 angegebenen Definitionen der Nuklidgruppen anlagenbezogen zu spezifizieren.

- Nuklidgruppe A_{AK}

Die Emission von α -aktiven Aerosolen mit einer Halbwertszeit ≤ 8 d war laut Abluftplan 1989 nicht vorgesehen.

- Nuklidgruppe A_{AL}

Filteranalysen zeigten, daß unter den von den Instituten abgegebenen Nukliden der Gruppe A_{AL} das Pu-239 als Leitnuklid gelten kann. Es wurde daher bei allen Emittenten - mit Ausnahme der HDB, der WAK, des IMT und des IMF I - angenommen, daß die Aktivität der Gruppe A_{AL} als Pu-239 abgegeben wird. Das ist eine konservative Annahme, obwohl theoretisch durch andere α -Strahler wie z. B. Am-241, Pa-231, Th-232, Cm-248 oder Cf-249 noch geringfügig höhere Äquivalentdosen verursacht werden könnten. Davon abweichend wurde für die Emittenten IMT und IMF I die Emission von U-238, für HDB und WAK die Emission eines α -aktiven Nuklidgemisches angenommen, welches sich zu gleichen Teilen aus Pu-238, Pu-239 und Am-241 zusammensetzt.

- Nuklidgruppe A_{BK}

Für die Emittenten kurzlebiger β -Aktivität wurden jeweils charakteristische Leitnuklide angenommen: Cl-38 für IK III (KIZ), Rb-81 für IK III (KAZ und Boxenabluft), Mn-52 für LIT und Ge-69 für HVT/GALLEX-Experimente.

- Nuklidgruppe A_{BL}

Die in Gruppe A_{BL} zu berücksichtigenden Nuklide sind meist Spaltprodukte, deren Alter die Zusammensetzung bestimmt. Es wurde der längerlebige Anteil ($T_{1/2} > 8$ d) eines Spaltproduktgemisches mit 0 h Kühlzeit (ohne Berücksichtigung des Sr-Anteils) angenommen. Für die HDB und die WAK wurde von der Zusammensetzung eines β -aktiven Spaltproduktgemisches bei folgenden Brennstoffeigenschaften ausgegangen: auf 3 % U-235 angereichertes Uran, leichtwassermoderierter Reaktor, Abbrand 34 GWd/t Schwermetall, Kühlzeit drei Jahre. Für IK III (KIZ) sind Be-7 und für IK III (KAZ) und IK III/Boxenabluft Tl-201 die Leitnuklide. Zusätzlich wurden für alle Emittenten, mit Ausnahme des IK III/Zyklotron, 10 % der Emissionsrate der Nuklidgruppe A_{BL} als Sr-90 angenommen. Außerdem wurden bei der Verbrennungsanlage der HDB, beim IHCh und ITU 10 % der Emissionsrate als Pu-241 berücksichtigt. Sr-90 und Pu-241 sind bei der Festlegung der Nuklidgemischzusammensetzung der WAK bereits berücksichtigt. Abweichend hiervon wurden bei der WAK die gemessenen Sr-90- und Pu-241-Emissionen berücksichtigt.

- Nuklidgruppen E und G_K

Leitnuklid beider Nuklidgruppen ist für die WAK Kr-85. Hier wird zusätzlich 0,1 % der Emissionsrate der Gruppe E als Ar-41 angenommen. Leitnuklid für das IK III/Zyklotron ist N-13, für das ITU und KBG/KNK Ar-41.

- Radioaktives Iod

Das Alter der Spaltprodukte bestimmt das radiologisch überwiegende Iodisotop. Bei den Reaktoren kann die Zusammensetzung der Iodisotope in weiten Grenzen variieren. In der WAK werden so alte Brennelemente aufgearbeitet, daß dort und in der HDB das Nuklid I-129 dominiert. 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).

Dosisberechnung

Die Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung des KfK erfolgt auf der Grundlage der bilanzierten Aktivitätsableitungen (s. Tab. 5/2). Da die Emissionen z. T. stark schwanken, wurde mit monatlich unterschiedlichen, allerdings über einen Monat konstanten Emissionsraten gerechnet. Für diesen Zweck liegen über die Angaben in Tab. 5/2 hinaus monatliche Ableitungswerte vor. Die Dosen durch Inhalation, Ingestions, β -Submersion und Gammabodenstrahlung werden im allgemeinen als proportional zur Aktivitätskonzentration in der Nähe des Aufpunktes angenommen. Das Berechnungsverfahren für diese Dosen bzw. Dosisleistungen ist daher das gleiche. Das Rechenprogramm ISOLA III berechnet für diese Expositionspfade die Teilkörperdosen und die Effektivdosis.

Wegen der geringen Schwächung der Gammastrahlung in Luft kann das oben genannte Verfahren für die Berechnung der Gammadosis aus der radioaktiven Wolke nicht angewendet werden. Hier muß man für jeden Aufpunkt die Gammadosis als Summe der Dosisbeiträge der im Raum verteilten Gammaaktivität berechnen. Zur Berechnung der Gammadosis langzeitiger radioaktiver Emissionen in die Atmosphäre wurde das Rechenprogramm WOLGA 1 entwickelt. Es gibt die Gammadosis an einem beliebigen Aufpunkt in der Umgebung eines oder mehrerer Emittenten als Summe der Dosisbeiträge der Aktivität im Raum an.

Die Strahlenexposition wurde durch Überlagerung der Auswirkungen aller zu berücksichtigenden Emittenten mit ihren unterschiedlichen Emissionshöhen und für die jeweiligen Expositionspfade ermittelt. Bei den berechneten externen β - und Gammastrahlendosen handelt es sich um Ortsdosen, die am Aufpunkt als Dosis zusätzlich zur natürlichen Strahlung an diesem Ort maximal zusätzlich auftreten konnten. Bei der Ermittlung der Dosiswerte wurde nicht berücksichtigt, daß sich eine Person nicht die ganze Zeit am selben Ort aufhält und daß Gebäude und Kleidung die Strahlung teilweise abschirmen. Die berechneten Schilddrüsendosen können nur dann entstehen, wenn an dem betreffenden Ort Weidewirtschaft mit Kühen betrieben wird und die Milch dieser Kühe unvermischt kurz nach der Produktion konsumiert wird. Ähnlich konservative Annahmen gelten für die übrigen berechneten Ingestionsdosen.

Ergebnisse

Die unter den oben beschriebenen Randbedingungen berechneten Teilkörper- und Effektivdosen für 1989 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 1989 für Erwachsene außerhalb des KfK-Betriebsgeländes für die verschiedenen Expositionspfade folgende maximale Beiträge zur effektiven Dosis:

- durch Inhalation 0,29 μSv ,
- durch Ingestion 0,85 μSv ,
- durch Gammasubmersion 0,31 μSv ,
- durch Gammabodenstrahlung 0,04 μSv .

Nach der „Allgemeinen Berechnungsgrundlage“ ist für die ungünstigste Einwirkungsstelle die Summe der Dosisbeiträge aus äußerer Bestrahlung und Inhalation radioaktiver Stoffe zu ermitteln. Hierfür ergibt sich ein Wert von 0,64 $\mu\text{Sv/a}$. 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 0,85 $\mu\text{Sv/a}$. Die auf diesem Wege aus den Emissionsdaten für 1989 berechnete Effektivdosis beträgt 1,49 $\mu\text{Sv/a}$.

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. Die bei der Ableitung von Iodisotopen maximal zu erwartende Schilddrüsendosis eines Kleinkindes berechnet sich zu 63,8 $\mu\text{Sv/a}$. Dabei wurde unterstellt, daß in der näheren Umgebung des KfK tatsächlich Milchwirtschaft betrieben wird. Insgesamt zeigen die Berechnungsergebnisse, daß die Dosisgrenzwerte des § 45 StrlSchV im Jahr 1989 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 1989 ergibt sich eine mittlere Effektivdosis der Bevölkerung im Umkreis von 3 bzw. 20 km um das Kernforschungszentrum Karlsruhe von 0,17 μSv bzw. 0,04 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 μSv für Erwachsene im Jahr 1989						
	Keimdrüsen	Brust	rotes Knochenmark	Lunge	Schilddrüse	Knochenoberfläche	Beitrag zur effektiven Dosis
Graben	0,01	-	0,02	0,02	0,01	0,24	0,02
Neudorf	-	-	0,02	0,02	0,01	0,17	0,01
Friedrichstal	0,01	-	0,02	0,02	0,01	0,26	0,02
Spöck	-	-	0,01	0,01	-	0,15	0,01
Neuthard	-	-	0,02	0,02	0,01	0,17	0,01
Karlsdorf	-	-	0,01	0,01	-	0,12	0,01
Staffort	-	-	0,01	0,01	-	0,08	0,01
Blankenloch	-	-	0,01	0,01	-	0,07	0,01
Hagsfeld	-	-	0,01	-	-	0,06	-
Karlsruhe (Marktplatz)	-	-	0,01	-	-	0,06	-
Neureut	-	-	0,01	-	-	0,13	0,01
Eggenstein	0,01	-	0,03	0,02	0,01	0,34	0,02
Leopoldshafen	0,01	-	0,05	0,04	0,01	0,51	0,04
Linkenheim	0,01	-	0,03	0,03	0,01	0,35	0,02
Hochstetten	0,01	-	0,02	0,02	0,01	0,26	0,02
Liedolsheim	-	-	0,01	0,01	0,01	0,16	0,01
Rußheim	-	-	0,01	0,01	-	0,11	0,01
Leimersheim	-	-	0,01	0,01	-	0,12	0,01
ungünstigste Einwirkungsstelle für KfK insgesamt	0,07	0,02	0,40	0,21	0,07	4,80	0,29
x/y-Koordinaten in m, bezogen auf FR2-Kamin	-565/0	520/1483	-565/0	200/750	520/1483	-565/0	-565/0
ungünstigste Einwirkungsstelle für WAK allein	0,02	0,01	0,06	0,01	0,06	0,67	0,05
x/y-Koordinaten in m, bezogen auf FR2-Kamin	520/1483	-173/1083	520/1483	-173/1483	520/1483	520/1483	520/1483

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 μSv für Erwachsene im Jahr 1989						
	Keimdrüsen	Brust	rotes Knochenmark	Lunge	Schilddrüse	Knochenoberfläche	Beitrag zur effektiven Dosis
Graben	0,06	0,06	0,07	0,06	1,08	0,11	0,10
Neudorf	0,04	0,04	0,05	0,04	0,77	0,08	0,07
Friedrichstal	0,05	0,05	0,07	0,05	0,88	0,10	0,08
Spöck	0,03	0,03	0,04	0,03	0,52	0,06	0,05
Neuthard	0,04	0,04	0,05	0,04	0,65	0,07	0,06
Karlsdorf	0,03	0,03	0,04	0,03	0,48	0,05	0,05
Staffort	0,02	0,02	0,02	0,02	0,31	0,03	0,03
Blankenloch	0,02	0,02	0,02	0,02	0,32	0,03	0,03
Hagsfeld	0,01	0,01	0,02	0,01	0,24	0,02	0,02
Karlsruhe (Marktplatz)	0,02	0,01	0,02	0,01	0,23	0,02	0,02
Neureut	0,03	0,03	0,04	0,03	0,48	0,05	0,05
Eggenstein	0,07	0,07	0,09	0,07	1,07	0,13	0,11
Leopoldshafen	0,12	0,12	0,15	0,12	1,92	0,21	0,19
Linkenheim	0,06	0,06	0,08	0,06	1,34	0,12	0,10
Hochstetten	0,05	0,05	0,07	0,05	1,00	0,10	0,09
Liedolsheim	0,04	0,03	0,04	0,03	0,63	0,06	0,06
Rußheim	0,03	0,02	0,03	0,03	0,44	0,05	0,04
Leimersheim	0,03	0,03	0,03	0,03	0,47	0,05	0,04
ungünstigste Einwirkungsstelle für KfK insgesamt	0,49	0,49	0,58	0,49	10,69	1,01	0,85
x/y-Koordinaten in m, bezogen auf FR2-Kamin	520/1483	520/1483	520/1483	520/1483	520/1483	200/750	520/1483
ungünstigste Einwirkungsstelle für WAK allein	0,36	0,36	0,38	0,36	9,37	0,43	0,65
x/y-Koordinaten in m, bezogen auf FR2-Kamin	520/1483	520/1483	520/1483	520/1483	520/1483	520/1483	520/1483

Tab. 5/6: Fortsetzung

Expositionspfade Gammabodenstrahlung, Gammasubmersion und Betasubmersion				alle Expositionspfade
Ort-	Maximale Körper-Folgedosen in μSv für Erwachsene im Jahr 1989			
	Beitrag der Gammaboden- strahlung zur effektiven Dosis	Beitrag der Gammasubmersion zur effektiven Dosis	Hautdosis durch Betasubmersion*	Effektive Dosis
Graben	-	0,01	1,10	0,13
Neudorf	-	0,01	0,79	0,09
Friedrichstal	-	0,01	0,78	0,12
Spöck	-	0,01	0,47	0,07
Neuthard	-	0,01	0,60	0,08
Karlsdorf	-	0,01	0,44	0,06
Staffort	-	-	0,30	0,04
Blankenloch	-	-	0,33	0,04
Hagsfeld	-	-	0,24	0,03
Karlsruhe (Marktplatz)	-	-	0,24	0,03
Neureut	-	-	0,52	0,06
Eggenstein	0,01	0,01	1,10	0,15
Leopoldshafen	0,01	0,02	2,10	0,25
Linkenheim	-	0,02	1,02	0,15
Hochstetten	-	0,01	0,96	0,12
Liedolsheim	-	0,01	0,61	0,08
Rußheim	-	-	0,42	0,05
Leimersheim	-	0,01	0,47	0,06
ungünstigste Einwirkungsstelle für KfK insgesamt	0,04	0,31	10,0	1,49**
x/y-Koordinaten in m, bezogen auf FR2-Kamin	200/750	0/1290	520/1483	-
ungünstigste Einwirkungsstelle für WAK allein	0,01	0,23	9,89	0,94**
x/y-Koordinaten in m, bezogen auf FR2-Kamin	520/1483	420/1480	520/1483	-

*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 1989

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 nicht-radioaktiven 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 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 nicht-radioaktiver 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 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.)

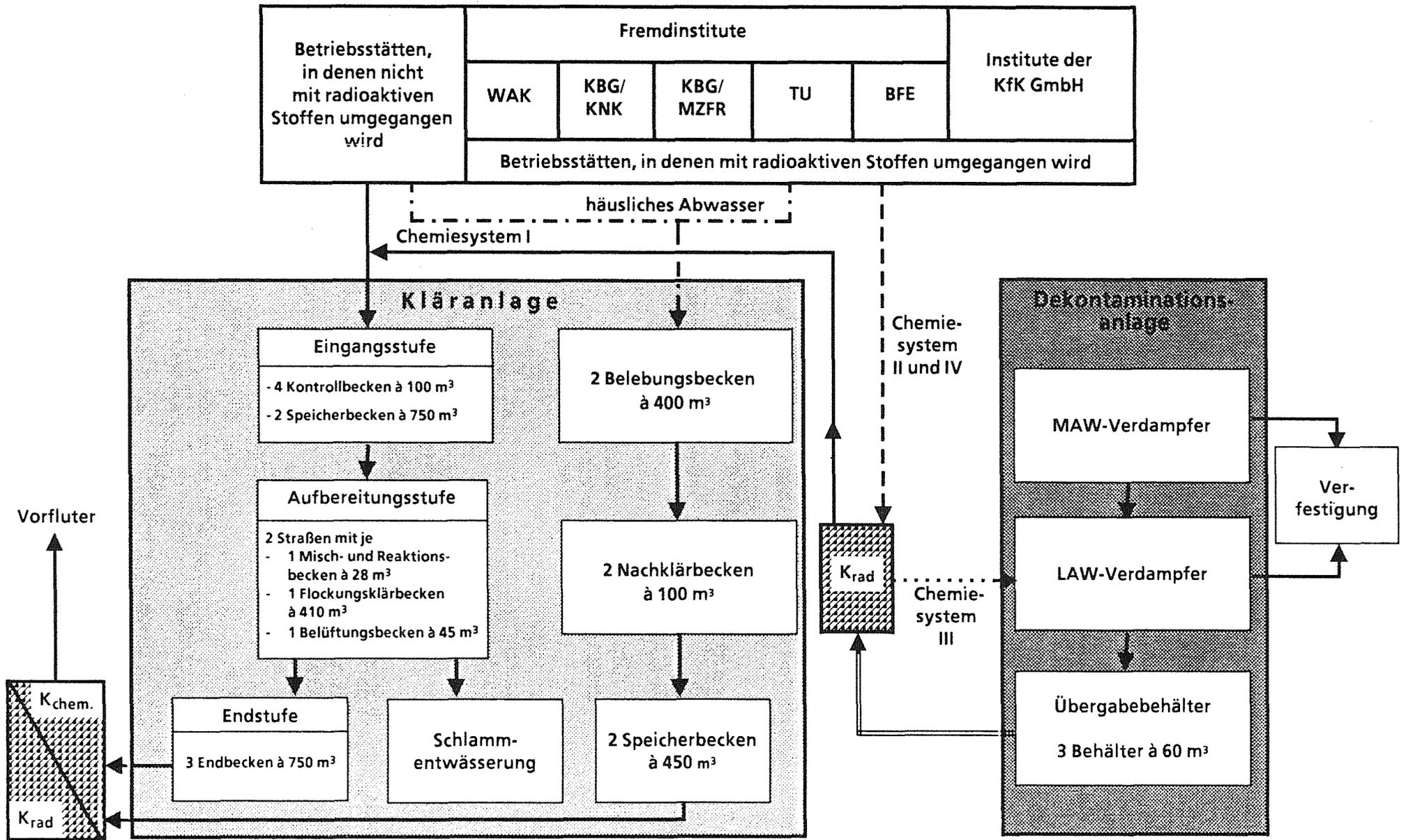


Abb. 5/4: Vereinfachtes Fließschema der Abwässer im KfK (K_{rad.}: Kontrollmessung radioaktiver Stoffe; K_{chem.}: Kontrollmessung nicht-radioaktiver Stoffe).

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 Aktivitätskonzentration 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.

Das in die Chemie-Kläranlage 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^3 Fassungsvermögen gesammelt. Im gereinigten Abwasser werden dann die Konzentrationen der radioaktiven und bestimmter nicht-radioaktiver 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, ehe sie - über eine Distanz von 23,6 km gemischt mit Oberflächenwasser - den Rhein erreichen.

Zusätzlich zu den Entscheidungsmessungen, die vor Abgabe des Abwassers aus den Abwassersammelstationen und den Endbecken durchzuführen sind, wird die mit dem Abwasser 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. 5/7 gibt eine Übersicht über Herkunft, Art und Anzahl der Proben, die 1989 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 - Abwassersammelstationen - Endbecken - Endbecken (Mischproben)	4 911 371 64	4 942 380 64	4 942 380 64	1 459 373 64	119	2 043 402	459 113	13 964 1 648 192
Klärschlammüberwachung (Chemie- und Schmutzwasserschlamme)	30	30	30	-	-	-	-	60
Betriebliche Überwachung der Abwassereinzugsysteme	238	226	226	132	-	95	15	694
Beseitigung radioaktiver Abfälle	187	139	139	20	-	193	-	491
Betriebliche Überwachung der HVT/EA und HDB III	138	54	54	137	-	52	1	298
Tritiumüberwachung der Fortluft (s. Kap. 5.1.1)	858	-	-	858	-	-	-	858
Entwicklungsprogramme	341	-	-	341	-	-	-	341
Umgebungsüberwachung	470	15	15	470	-	15	-	515
Externe Aufträge	10	-	-	33	-	-	-	33
Qualitätskontrolle (Kalibrierungen, Ringversuche usw.)	692	2 018	2 018	2 646	24	742	912	8 360
Summe 1989	8 310	7 868	7 868	6 533	143	3 542	1 500	27 454
Summe 1988	8 614	8 927	8 955	6 081	318	4 027	1 105	29 413

Tab. 5/7: Art und Anzahl der Proben sowie der 1989 im Abwasserlabor durchgeführten Einzelmessungen

5.2.1 Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1989

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 Gesamttaktivitätsmessungen 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. 5/8 werden die anhand von Monatsmischproben ermittelten Gesamtableitungen radioaktiver Stoffe für 1989 wiedergegeben. Zum Vergleich sind die Vorjahreswerte und die Genehmigungswerte für Einzelnuclide angegeben. Zur Einhaltung der atomrechtlichen Genehmigung der KfK ist für mehrere Radionuclide oder ein Radionuclidgemisch zu gewährleisten, daß die Summe der Verhältniszahlen aus der gemessenen Aktivitätsabgabe und den Genehmigungswerten der einzelnen Radionuclide kleiner 1 ist.

Art der Aktivität, Radionuclid	Genehmigungswerte für die Aktivitätsabgaben in Bq/a	Bilanzierte Ableitungen in Bq/a	
		1989	1988
α-gesamt	-	1,50 E + 07	9,00 E + 06
β-gesamt (ohne H-3)	-	3,67 E + 08	7,86 E + 08
H-3	1,70 E + 14	5,77 E + 13	5,53 E + 13
Co-60	1,24 E + 11	2,96 E + 06	0
Rb-83	8,00 E + 09	0	1,11 E + 07
Sr-90	1,42 E + 09	1,83 E + 07	1,01 E + 07
Sb-125	3,60 E + 11	1,21 E + 07	0
Cs-134	3,00 E + 10	0	1,16 E + 07
Cs-137	5,40 E + 10	2,34 E + 07	5,76 E + 07
Pu-238	1,70 E + 10	1,11 E + 06	1,10 E + 06
Pu-239 + 240	3,20 E + 10	1,17 E + 06	9,00 E + 05
Pu-241	8,00 E + 11	0	4,70 E + 07
aus dem KfK abgeleitete Abwassermenge in m ³	-	221 000	222 854

Tab. 5/8: 1989 aus dem KfK in den Vorfluter abgeleitete Abwassermenge und -aktivität sowie Genehmigungswerte gemäß atomrechtlicher

Einen Überblick über die Entwicklung der mit dem Abwasser des KfK in den letzten 21 Jahren in den Vorfluter abgeleiteten Radioaktivität gibt Abb. 5/5.

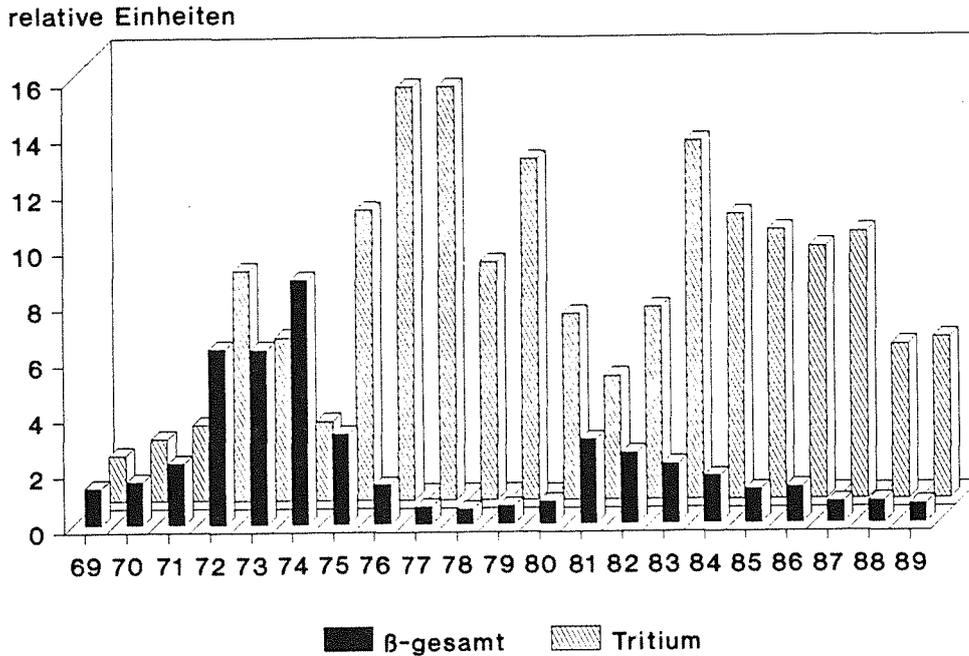


Abb. 5/5: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem KfK jährlich abgeleiteten Beta-gesamt- und Tritiumaktivität seit 1969

5.2.2 Ableitung nicht-radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser 1989

K.-G. Langguth

Die Überwachung der aus den Endbecken der Kläranlagen für häusliches Abwasser und für Chemieabwasser in den Vorfluter eingeleiteten Abwässer hinsichtlich nicht-radioaktiver 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. 5/9 sind die bilanzierten Ableitungen mit dem häuslichen Abwasser und dem Chemieabwasser im Jahre 1989 wiedergegeben. Zusätzlich wurden in die Tabelle die errechneten Jahresmittelwerte aufgenommen. Die Konzentrationsgrenzwerte wurden in keinem Fall überschritten.

Die Daten über Schadstofffrachten und abgeleitete Wassermengen für die folgende Tabelle wurden dem Berichtersteller von HDB zur Verfügung gestellt.

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

Tab. 5/9: 1989 mit dem Chemieabwasser (162 000 m³) und dem häuslichen Abwasser (59 000 m³) in den Vorfluter abgeleitete nicht-radioaktive Stoffe sowie Genehmigungswerte gemäß wasserrechtlicher Erlaubnis

5.2.3 Strahlenexposition in der Umgebung durch die mit dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe 1989

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 Berechnungsgrundlage“ (ABG), GMBI 30, Nr. 21, 369-436 (1979), zu unterstellenden Ernährungsgewohnheiten und Verzehrmenngen verwendet. Es wurde ferner angenommen, daß eine Bevölkerungsgruppe existiert, die das Trinkwasser und die gesamte Nahrung aus dem Bereich des Rheinniederungskanals bezieht. Zur Berechnung der effektiven 50-Jahre-Folgeäquivalentdosis wurden die im Bundesanzeiger Nr. 185a (1989) bekanntgemachten Effektivdosisfaktoren benutzt.

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 Trinkwasser an den in Frage kommenden Orten 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 ist für alle in der ABG angegebenen Lebensmittel die spezifische Tritiumaktivität aus Messungen bekannt. Für Fleisch wurde die spezifische Tritiumaktivität nach dem Modell der ABG berechnet. In Tab. 5/10 sind die der Dosisberechnung zugrunde liegenden Tritiumgehalte für Trinkwasser, für Fisch und landwirtschaftliche Produkte für das Jahr 1989 eingetragen. Diese Werte weichen von den in früheren Jahren gemessenen Werten kaum ab.

Für Trinkwasser wurde die größte monatliche Tritiumkonzentration (Variationsbereich 20 bis 220 Bq/l), der 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 (3,3 Bq/kg), Cs-137 (20 Bq/kg) und Sr-90 (0,04 Bq/kg) nachgewiesen. Die Cs-134-Aktivität in Fisch ist vollständig, die Cs-137-Aktivität ist zu einem großen Teil auf den Fallout aus Kernwaffentests und den Tschernobyl-Unfall zurückzuführen. Nach Angaben des Bundesamtes für Strahlenschutz ist für die durch diesen Fallout verursachte spezifische Cs-137-Aktivität ein Wert von 15 Bq/kg anzusetzen. Für die auf die KfK-Ableitungen zurückzuführenden spezifischen Aktivitäten in Fisch errechnet sich ein Beitrag zur effektiven Äquivalentdosis von 2,7 µSv/a. Für das Gewebewasser im Fischfleisch wurde die Tritiumkonzentration gleich dem größten Monatsmittelwert der Tritiumkonzentration, der 1989 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, Möhren und Salat gemessen. Die Meßwerte für diese Produkte weichen voneinander nicht stark ab (Variationsbereich: 6 bis 26 Bq/kg Frischsubstanz). Der höchste Meßwert wurde für die Berechnung verwendet.

Die Tritiumkonzentration in Milch aus den landwirtschaftlichen Betrieben am Rheinniederungskanal wird jährlich gemessen. 1989 betrug sie 30 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 die Meßwerte für Trinkwasser und für Bewuchs verwendet (s. Tab. 5/10).

Die Effektivdosisbeiträge der verschiedenen Lebensmittel und die zu ihrer Berechnung verwendeten Tritiumgehalte und die angenommenen jährlichen Konsummengen sind in Tab. 5/10 eingetragen. Als Summe der Dosisbeiträge ergibt sich für 1989 eine effektive Äquivalentdosis für den Expositionspfad Abwasser von rund 12 µSv.

Nahrungsmittel	Tritiumgehalt	Konsum	Effektive Dosis µSv
Trinkwasser	220 Bq/l	880 l/a	3,1
Fisch	8 400 Bq/kg	39 kg/a	8,0*
Milch	30 Bq/l	330 l/a	0,2
Fleisch	204 Bq/kg	150 kg/a	0,5
Pflanzliche Produkte	26 Bq/kg	462 kg/a	0,2
Summe:			12*

*einschließlich Sr-90, Cs-134 und Cs-137, aber ohne Cs-134 und Cs-137 aus Fallout

Tab. 5/10: Tritiumgehalt in Lebensmitteln, Konsum und effektive Äquivalentdosis für den Expositionspfad Abwasser 1989

5.3 Umgebungsüberwachung

S. Hempelmann, 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 km². 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 km² 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 seit 1986 gültige Umgebungsüberwachungsprogramm umfaßt die Ermittlung der direkten Strahleneinwirkung von außen sowie die Messung der Aktivität von Probenmaterialien aus verschiedenen Umweltmedien. Zum Training des Einsatzpersonals bei besonderen Vorkommnissen werden monatliche Meßfahrten durchgeführt. Das auflagenbedingte Routineüberwachungsprogramm des KfK, das bei besonderen Vorkommnissen durch zusätzliche Messungen ergänzt wird, hat folgende Struktur:

1. Direktmessung der Strahlung

- 1.1 Zählrohrraußenstationen
- 1.2 Zählrohrmonitoranlage zur Überwachung des Betriebsgeländes
- 1.3 Dosisleistungsmeßanlagen
- 1.4 Festkörperdosimeter

2. Radioaktivitätsmessungen

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

3. Meßfahrten zum Training des Personals (Störfallmeßprogramm)

- 3.1 γ -Ortsdosis
- 3.2 Bodenoberfläche
- 3.3 Aerosole
- 3.4 Radioiod

5.3.1 Ergebnisse der Routineüberwachung 1989

S. Hempelmann, E. Däuble, F. Werner

Direktmessung der Strahlung

Zur Direktmessung der Strahlung befinden sich zwei On-line-Systeme im Einsatz. Das eine System, die sogenannten Zählrohrraußenstationen, dient der Überwachung der umliegenden Ortschaften, das zweite, die sogenannte Zählrohrmonitoranlage, dient der Überwachung des betrieblichen Überwachungsbereichs. Es wurden im Jahr 1989 an keiner dieser Meßstellen erhöhte Dosisleistungen festgestellt. In Abb. 5/6 sind die Ortsdosen entlang des Betriebsgeländezauns des KfK dargestellt. Die Ortsdosis entlang des Zauns liegt innerhalb der Schwankungsbreite (0,59 bis 0,81 mSv) der Meßwerte der 38 Umgebungsdosimeter aus den umliegenden Ortschaften.

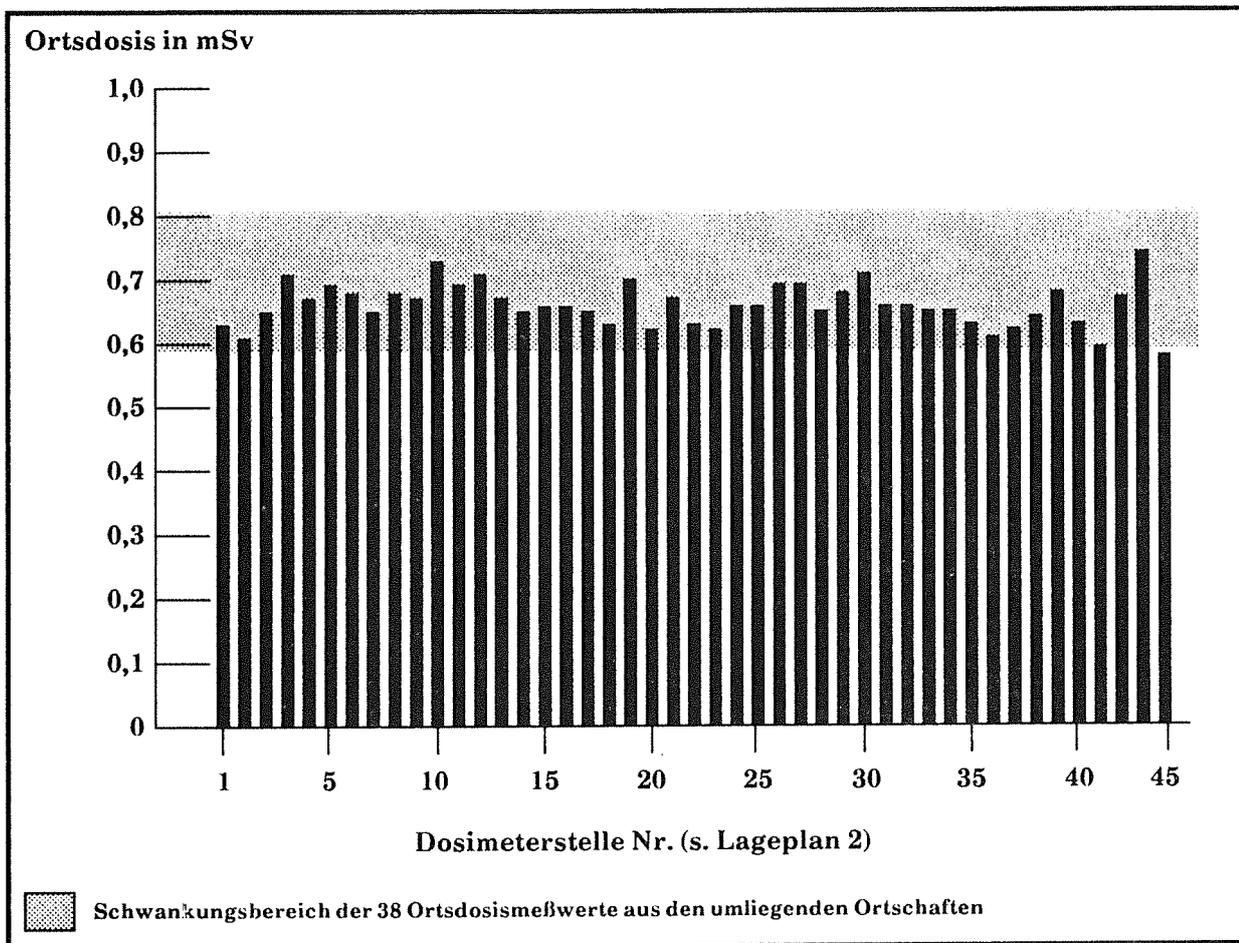


Abb. 5/6: Ortsdosis entlang des Betriebsgeländezauns der KfK. Expositionszeitraum: Oktober 1988 bis Oktober 1989

Radioaktivitätsmessungen

Der Tab. 5/11 sind für 1988 und 1989 die mittleren, sowie die gemessenen maximalen und minimalen Aktivitätskonzentrationen in der Luft zu entnehmen. Gemessen wurden die Aerosolfilter, die in den drei Meßhütten kontinuierlich bestaubt werden. Es wurden nur solche künstlichen Nuklide genannt, für die mindestens ein Meßwert im Jahr über der Erkennungsgrenze lag. Be-7 ist ein natürliches Radionuklid, das als Leitnuklid für den atmosphärischen Austausch angesehen werden kann und dessen Aktivitätskonzentration je nach Jahreszeit schwankt. Die höheren Cs-134- und Cs-137-Meßwerte des Jahres 1988 sind mit großer Wahrscheinlichkeit auf den Reaktorunfall in Tschernobyl zurückzuführen. In den Monaten Mai, September und Oktober 1989 wurden geringe Plutoniumaktivitätskonzentrationen oberhalb der Erkennungsgrenze in der Luft gemessen (s. Kap. 5.4.5). Ein Einfluß von Emissionen des KfK kann nicht ausgeschlossen werden, obwohl die Meßwerte dem Falloutlevel entsprechen.

Nuklid	Aktivitätskonzentration in $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$					
	1988			1989		
	Mittelwert	Minimum	Maximum	Mittelwert	Minimum	Maximum
Be-7	2800	1900	4100	2900	2100	4700
Cs-134	< 8	< 3	20	< 7	< 4	< 10
Cs-137	< 20	< 8	140	< 13	8	30
Pu-238	< 0,14	< 0,08	< 0,3	< 0,25	< 0,04	< 1
Pu-239 + 240	< 0,13	< 0,04	0,6	< 0,15	0,03	0,6

Tab. 5/11: Aktivitätskonzentrationen in der bodennahen Luft

Im Niederschlag wurde bei der γ -spektrometrischen Bestimmung der künstlichen Radionuklide keine Aktivitätskonzentration oberhalb der Erkennungsgrenze festgestellt. Die H-3-Aktivitätsflächenbelastung schwankte zwischen 4,4 und 8,7 kBq/m².

In Boden-, Bewuchs- und Schlammproben wurde 1989 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 20 und 60 Bq/kg Trockensubstanz und die Cs-134-Aktivität zwischen 3 und 11 Bq/kg Trockensubstanz. Bei der Referenzstelle in Durlach betrug die Cs-137-Aktivität 23 Bq/kg Trockensubstanz und die Cs-134-Aktivität 7 Bq/kg Trockensubstanz. Im Bewuchs wurde nur bei einer Probe eine Cs-134-Aktivität oberhalb der Erkennungsgrenze gemessen. Die Cs-137-Aktivität schwankte zwischen der Erkennungsgrenze (0,14 Bq/kg Frischsubstanz) und 1 Bq/kg Frischsubstanz. Die Aktivität im Schlamm aus dem Rheinniederungskanal und dem Hirschkanal ist zum Teil auf Emissionen der KfK zurückzuführen, da der Rheinniederungskanal als Vorflutkanal für die Abwässer des KfK dient und in den Hirschkanal die Regen- und Kühlwässer eingeleitet werden. Die spezifische Cs-137-Aktivität im Schlamm aus dem Rheinniederungskanal schwankte zwischen 7 und 46 Bq/kg Trockensubstanz und im Schlamm aus dem Hirschkanal zwischen 150 und 1800 Bq/kg Trockensubstanz. Im Hirschkanal-Schlamm wurden außerdem noch Spuren der künstlichen Nuklide Co-60, Ru/Rh-106, Sb-125, Cs-134 und Am-241 festgestellt.

Tab. 5/12 enthält eine Übersicht über den Schwankungsbereich der 1988 und 1989 gemessenen spezifischen Aktivitäten in Nahrungsmitteln. Die landwirtschaftlichen Produkte wurden in den beiden Hauptausbreitungssektoren angebaut. Der Fisch stammt aus dem Rheinniederungskanal in der Höhe von Linkenheim. Auch hier wurden nur solche künstlichen Nuklide genannt, für die in den Jahren 1988 und 1989 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 Meßergebnisse wird für jedes Quartal den zuständigen Aufsichtsbehörden zugeleitet.

Überwachtes Medium	Nuklid	spezifische Aktivität in Bq/kg Frischsubstanz			
		1988		1989	
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Wurzelgemüse	K-40	50	140	50	110
	Cs-137	< 0,03	0,6	< 0,05	0,1
	Sr-90	< 0,01	< 0,02	0,02	0,04
Getreide	K-40	100	150	110	170
	Cs-137	< 0,06	< 0,2	< 0,06	0,1
	Sr-90	< 0,03	< 0,04	< 0,04	< 0,05
Blattgemüse	K-40	40	150	33	240
	Cs-137	< 0,03	1,3	0,02	0,2
	Sr-90	< 0,04	0,3	0,06	0,2
Fisch	K-40	95	100	100	120
	Cs-134	0,7	2,0	0,7	3,3
	Cs-137	3,3	8,4	5	20
	Sr-90	0,02	0,03	< 0,01	0,04

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 (5 bis 15 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 220 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 1989 schwankten zwischen 50 und 17 000 Bq/l. In Abb. 5/7 ist der zeitliche Verlauf der Aktivitätskonzentration im Rheinniederungskanal dargestellt.

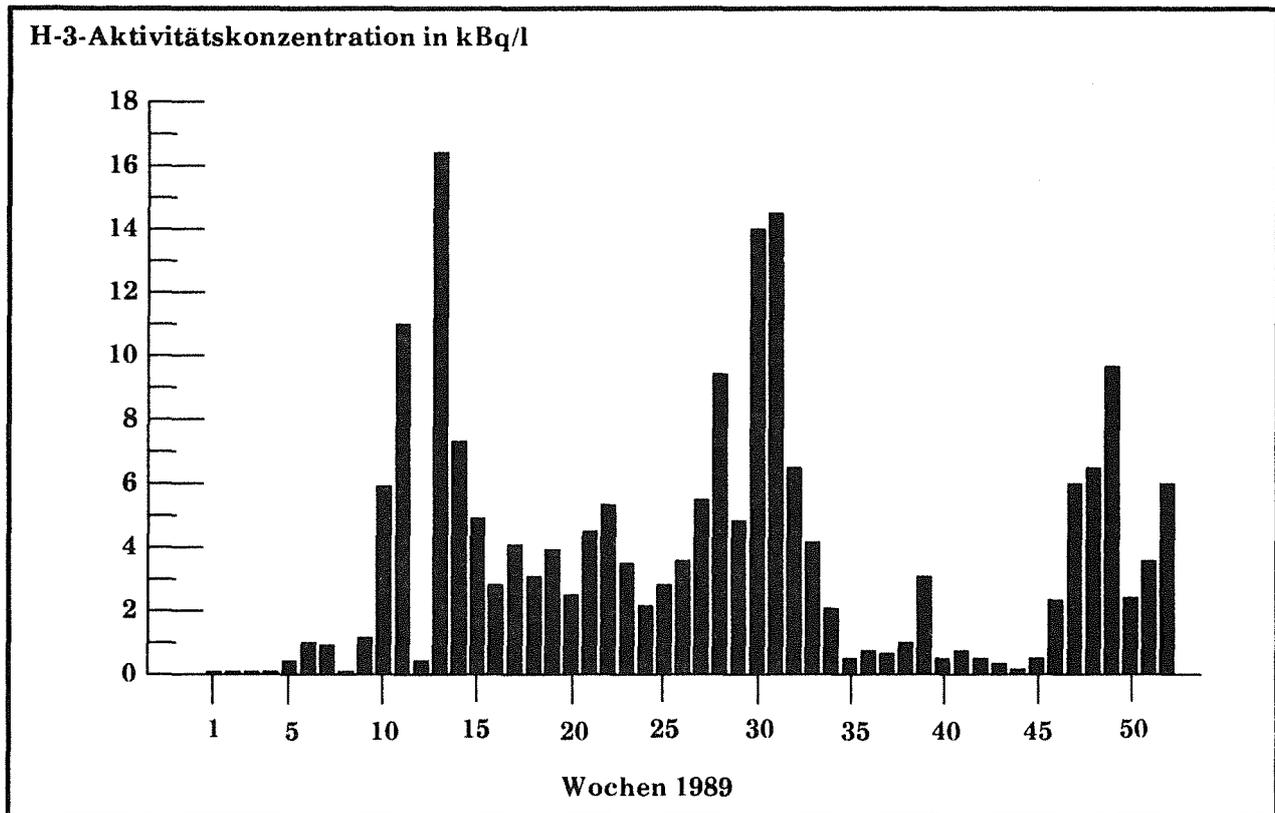


Abb. 5/7: H-3-Aktivitätskonzentration im Rheinniederungskanal

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. Hempelmann

Im Jahr 1989 wurden zusätzlich zum Routineprogramm 15 Probenahmen und Messungen aufgrund von besonderen Vorkommnissen durchgeführt. Mit Ausnahme von drei Fällen waren Verfärbungen oder pH-Wertveränderungen der Regen- und Kühlwässer in den Sandfängen Anlaß für die zusätzlichen Überwachungsmaßnahmen. Zwei Messungen wurden infolge von Überschwemmungen in Gebäuden, verursacht durch undichte Rohre, erforderlich. Es wurden jeweils Wasserproben entnommen und die H-3- sowie die α - und β -Aktivitätskonzentration bestimmt. Eine zusätzliche Probenahme war aufgrund einer defekten Chemieabwasserleitung notwendig. Es wurden Boden- und Wasserproben entnommen, von denen eine H-3-Messung und die γ -spektrometrische Bestimmung von Einzelnucliden durchgeführt wurde. In keinem Fall wurde erhöhte Radioaktivität in den Proben festgestellt, so daß weitere Messungen nicht notwendig wurden.

Neben dem Routineprogramm der Umgebungsüberwachung bestehen Auflagen, die in anderen Genehmigungen festgelegt sind. Zum Beispiel werden aufgrund der HDB-Genehmigung K 95/83 regelmäßig 30 Grundwasserpegel beprobt. In Abb. 5/8 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 5 und 70 Bq/l.

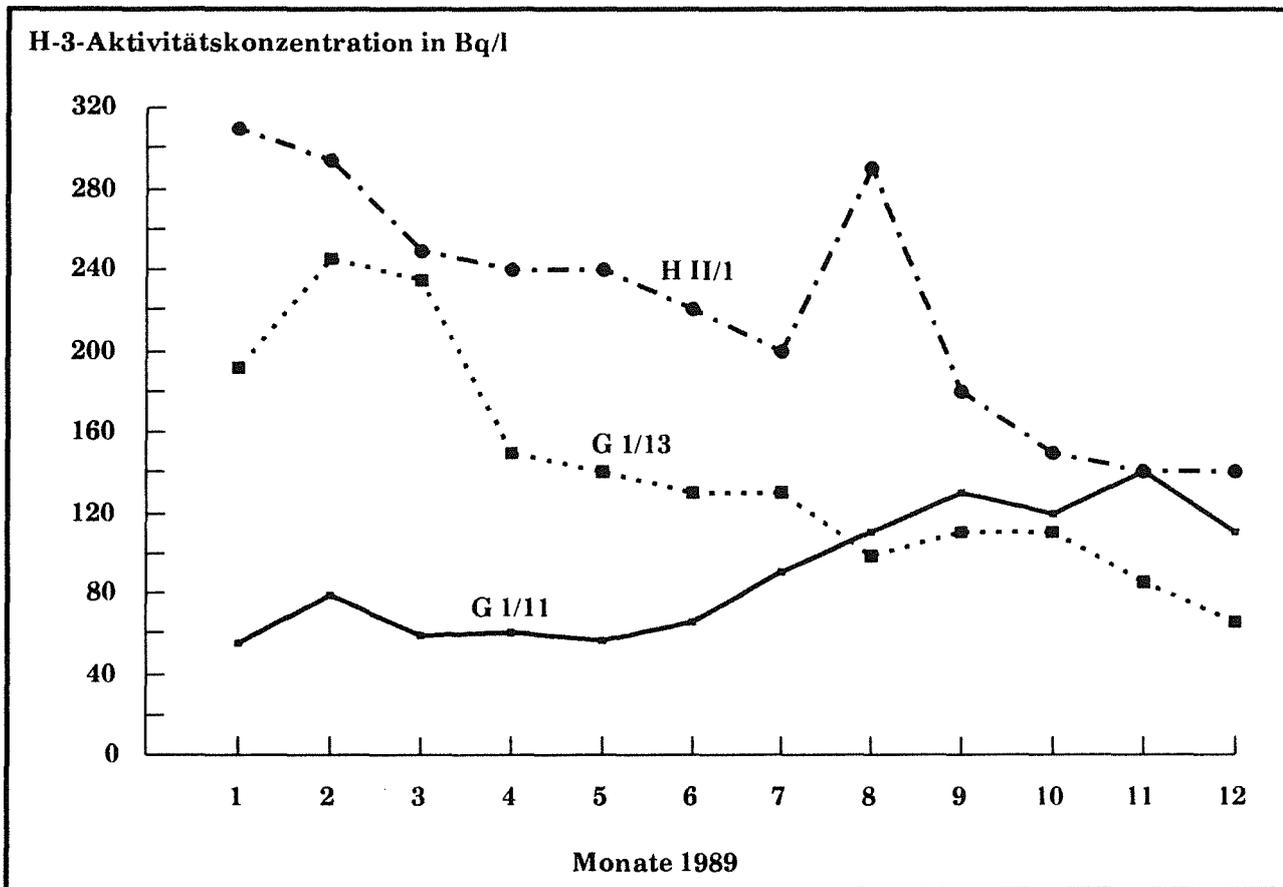


Abb. 5/8: H-3-Aktivitätskonzentration der Pegel H II/1, G 1/11 und G 1/13

5.3.3 In-situ-Spektrometrie

S. Hempelmann, A. Wicke

Wie im letzten Jahr schon berichtet, wurde 1988 das Verfahren der In-situ-Spektrometrie eingeführt. Zur Überprüfung der Kalibrierung und der bisher gewonnenen Meßergebnisse wurden Vergleichsmessungen mit dem Institut für Strahlenhygiene (ISH) des Bundesgesundheitsamtes in Neuherberg durchgeführt. Das ISH war in Deutschland Vorreiter für diese Meßmethode und wendet dieses Verfahren schon seit einigen Jahren erfolgreich an.

Drei Messungen fanden zur gleichen Zeit auf dem Gelände des ISH, der sogenannten „Referenzwiese“ statt. Die Meßzeit betrug jeweils 30 Minuten. An dieser Stelle werden vom ISH seit Jahren regelmäßig Bodenproben gemessen, so daß dort auch die genaue Verteilung der Cs-134- und Cs-137-Aktivität im Boden bekannt ist. Für die Berechnung konnte eine exponentielle Cs-Verteilung mit einer Relaxationslänge von 3 cm zugrunde gelegt werden. Die Relaxationslänge gibt an, in welcher Tiefe die Aktivität auf das 1/e-fache der Oberflächenkontamination abgenommen hat. Die Ergebnisse (s. Tab. 5/13) stimmen innerhalb der Meßgenauigkeit gut überein.

Meßort	spezifische Aktivität in Bq/kg			
	Cs-134		Cs-137	
	KfK	ISH	KfK	ISH
1	3,7	3,5	14	13
2	3,7	3,5	15	12
3	3,7	3,5	14	13

Tab. 5/13: Ergebnisse der Vergleichsmessungen mittels In-situ-Spektrometrie

5.3.4 Zur Berechnung der C-14- und Kr-85-Konzentrationen in der bodennahen Luft während der Auflösung abgebrannter Brennelemente in der WAK

D. Papadopoulos

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

Die Messungen der mittleren C-14-Aktivitätskonzentration in den wöchentlichen Mischproben führte das „Institut für Umweltphysik der Universität Heidelberg“, die Kr-85-Messungen das „Bundesamt für Zivilschutz, Meßstelle Freiburg“ durch. Parallel zu diesen Messungen wurden Berechnungen der nach den Ausbreitungsmodellen zu erwartenden mittleren Aktivitätskonzentrationen von HS/US durchgeführt. Die Berechnungen basieren auf den Emissionsdaten der WAK und auf den meteorologischen Daten des Institutes für Meteorologie und Klimaforschung. Für jede halbe Stunde eines Auflösungs Vorganges der WAK wurden die bodennahen Aktivitätskonzentrationen von C-14 und Kr-85 durch das Rechenprogramm ISOLA-IV (KfK-4146 (1986)) berechnet. Aus diesen Aktivitätskonzentrationswerten und den Durchflußdaten der Probenahmestellen wurde dann die erwartete C-14- und Kr-85-Aktivität der kontinuierlich während einer Woche gesammelten Proben ermittelt. Im Jahr 1989 wurden die Berechnungen für 32 Auflösungs Vorgänge der WAK aus der Zeit vom 01.02. bis 21.04.1988 durchgeführt. Der Vergleich der Meßergebnisse mit den Rechenergebnissen für die Überprüfung der Rechenmodelle wird im Abschlußbericht zum BMU-Vorhaben St.Sch. 993 „Experimentelle Bestimmung der Langzeitausbreitungsfaktoren durch simultane C-14- und Kr-85-Messungen in der Umgebung der WAK“ veröffentlicht werden.

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 1989 an verschiedenen Ringversuchen teilgenommen, wobei durchweg sehr gute Ergebnisse erzielt werden konnten.

5.4.1 Spektrometrische Untersuchungen

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

Die Arbeitsgruppe Spektrometrie führt für alle Arbeitsgruppen der Abteilung Umweltschutz Messungen durch. Für die Gammaspektrometrie stehen 5 koaxiale und 5 planare Germaniumdetektoren sowie 8 Alphameßplätze 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 3 Vielkanalanalysatorsystemen (2 ND-66 und 1 ND-76) erfolgt, und welche zudem genügend freie Rechnerkapazität zur Speicherung und Auswertung der Spektren besitzt. Zusätzlich sind an die Anlage zwei IBM-kompatible 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 α - und β -Bruttoaktivitäten in Filterproben, wie sie bei der Fortluftüberwachung in großer Zahl anfallen, werden 2 Proportionalzähler mit Pseudokoinzidenzanlage und Probenwechsler eingesetzt, für die Messung von Gasproben wird zur Zeit ein Innenzähler aufgebaut.

Die 1989 insgesamt durchgeführten Messungen sind in Tab. 5/14 aufgelistet. Gegenüber dem Vorjahr ist die Zahl der Messungen etwas zurückgegangen. Dies ist in erster Linie darauf zurückzuführen, daß 1989 der Betrieb einiger alter Probenahmestellen, die im Zuge der Sanierung der Fortluftüberwachung parallel zu neu eingerichteten betrieben wurden, aus dem Überwachungsprogramm gestrichen wurden.

Meßgut	Meßmethode	Probenanzahl	eingesetzte Detektoren
Messungen für Emissions- und Umgebungsüberwachung			
Abwasser aus Endbeckenmischproben	γ -Spektrometrie α -Spektrometrie	64 14	koaxiale Germaniumdetektoren Silizium-Sperrschichtdetektoren
Fortluftfilter (radiochemisch aufgearbeitet)	α -Spektrometrie	42	Silizium-Sperrschichtdetektoren
Aktivkohleproben (Fortluftüberwachung)	γ -Spektrometrie γ -Spektrometrie und Röntgen-Spektrometrie	1 660 760	koaxiale Germaniumdetektoren planare Germaniumdetektoren
Fortluftfilter (direkte Messung ohne radiochemische Aufarbeitung)	γ -Spektrometrie γ -Spektrometrie und Röntgen-Spektrometrie $\alpha + \beta$ -Bruttomessung	293 115 1 587	koaxiale Germaniumdetektoren planare Germaniumdetektoren Pseudokoinzidenzanlage
Fortluftfilter (Quartalsmischproben)	γ -Spektrometrie	4	koaxiale Germaniumdetektoren
Aerosol- und Iodfilter aus Meßhütten	γ -Spektrometrie α -Spektrometrie	84 36	koaxiale Germaniumdetektoren Silizium-Sperrschichtdetektoren
Boden-, Schlamm- und biologische Proben	γ -Spektrometrie α -Spektrometrie	90 16	koaxiale Germaniumdetektoren Silizium-Sperrschichtdetektoren
Messungen für Forschungsprogramme, Auftragsmessungen, Qualitätskontrolle, etc.			
Proben mit unterschiedlicher Matrix	γ -Spektrometrie α -Spektrometrie	220 203	koaxiale Germaniumdetektoren Silizium-Sperrschichtdetektoren

Tab. 5/14: Spektrometrische Messungen 1989

5.4.2 Radiochemische Arbeiten

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

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 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 wurden in der neueren Literatur beschriebene Verfahren zur Bestimmung von Sr-89/Sr-90 geprüft und modifiziert, wobei festzustellen ist, daß der Einsatz dieser Methoden in unseren Labors gegenüber der zur Zeit verwendeten Methode keinen Vorteil bringt. Ein sehr empfindliches Verfahren zur Bestimmung von Pu-241 wurde weiterentwickelt und bis auf den abschließenden Test, die Parallelanalyse von Überwachungsproben, fertiggestellt. Die Erarbeitung eines Verfahrens zur Bestimmung von C-14 in Abwasserproben wurde weitergeführt, wobei insbesondere die quantitative Überführung von C-14 aus organischen Verbindungen in Kohlenstoffdioxid untersucht wurde. Darüber hinaus wurde eine Analysenmethode zur Bestimmung von Uranisotopen in Umweltproben überprüft und verbessert. Durch die Teilnahme an einem Ringversuch wurde diese verbesserte Methode getestet. Das erzielte Ergebnis bestätigte die Zuverlässigkeit des Verfahrens und die Eignung zum Einsatz im Routinebetrieb.

Zusätzlich wurden Auftragsarbeiten für kerntechnische Anlagen durchgeführt, die nach einer aufwandsbezogenen Gebührentabelle in Rechnung gestellt werden.

Die im Laufe des Jahres 1989 insgesamt in der Arbeitsgruppe Chemie durchgeführten Laborarbeiten sind in Tab. 5/15 aufgelistet. Abb. 5/9 vermittelt einen Überblick über den zeitlichen Aufwand für einzelne radiochemische Arbeiten.

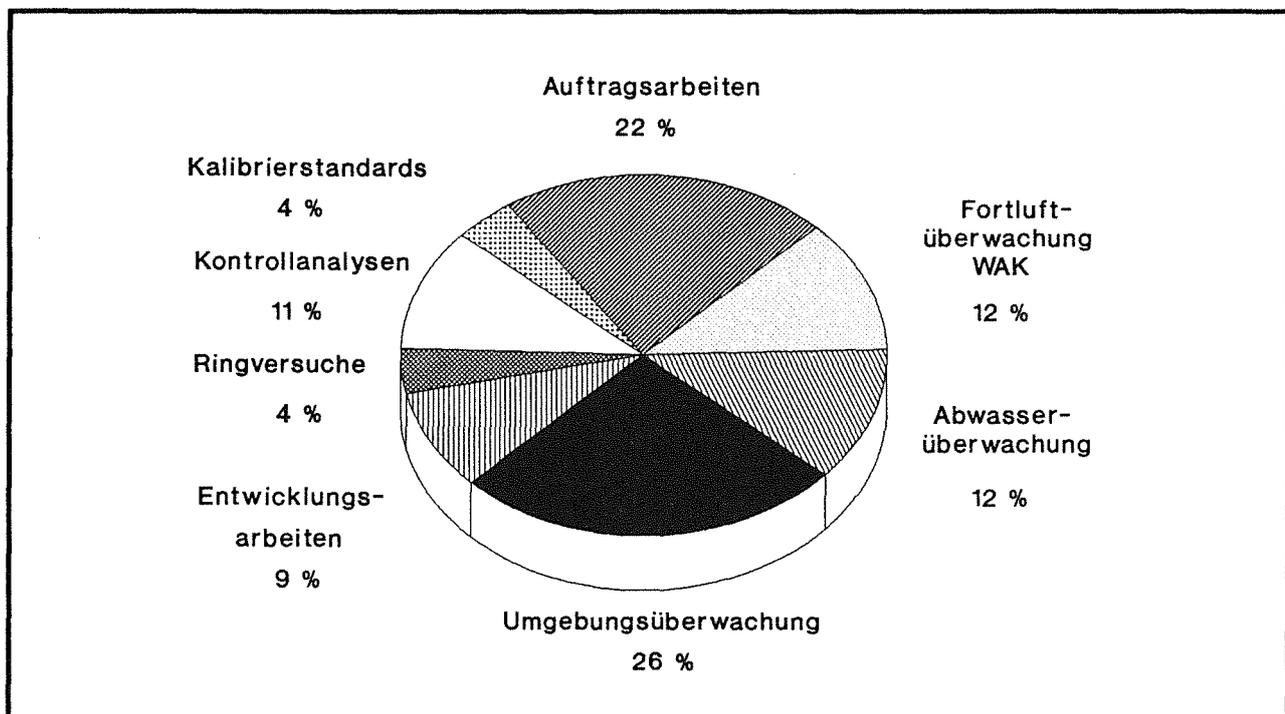


Abb. 5/9: Aufteilung der radiochemischen Arbeiten nach Zeitaufwand im Jahr 1989

Tätigkeitsgebiet	Art der Analysen	Anzahl der Bestimmungen
Umgebungsüberwachung	Pu-238, Pu-239 + 240	47
	Sr-89, Sr-90	19
	K-40	59
	Ra-226	1
Abwasserüberwachung	Pu-238, Pu-239 + 240	13
	Pu-241	12
	Sr-89, Sr-90	55
	α - β -Bruttomessungen	10
	Am-241, Cm-242, Cm-244	1
Abluftüberwachung	Pu-238, Pu-239 + 240	18
	Pu-241	12
	Am-241, Cm-242, Cm-244	12
	α - β -Bruttomessungen	9
	U-234, U-235, U-238	13
Kalibrierstandards	C-14, K-40, U-232, Pu-239, I-131, Pb-210, Sr-90, Am-241	30
Kontrollanalysen	U, Pu, Sr, Pb, K	34
	Blindelektrolysen	70
Ringversuche	U, Pu, Sr, K	16
Entwicklungsarbeiten	Pu-241	64
	C-14 (inklusive 90 Probenvorbereitungen)	98

Tab. 5/15: Arbeiten der Gruppe Radiochemie im Jahr 1989

5.4.3 Aktinidenableitungen mit der Fortluft der WAK 1989

K. Bender, M. Pimpl

Zur Messung der Aktinidenkonzentrationen in der Kaminabluft der WAK 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 1989 ermittelten Abluftemissionen der WAK zusammengefaßt, Abb. 5/10 zeigt die zeitliche Entwicklung der Plutoniumableitungen mit der Fortluft der WAK von 1977 bis 1989.

Monat	Emissionsraten in kBq/Monat					
	Pu-238	Pu-239+240	Pu-241	Am-241	Cm-242	Cm-244
Januar	0,79	0,44	48	0,39	≤ 0,01	≤ 0,01
Februar	0,17	0,10	≤ 7	0,39	≤ 0,01	≤ 0,02
März	0,22	0,15	≤ 17	0,17	≤ 0,01	0,05
April	0,23	≤ 0,13	≤ 23	0,11	≤ 0,01	≤ 0,01
Mai	0,25	0,18	≤ 15	0,18	≤ 0,01	≤ 0,03
Juni	2,5	0,97	133	0,58	0,02	0,14
Juli	3,0	1,02	230	0,26	0,06	0,10
August	0,35	0,22	17	0,15	≤ 0,01	≤ 0,02
September	0,65	0,47	31	0,49	≤ 0,01	0,03
Oktober	0,45	0,17	22	0,15	0,03	0,10
November	7,2	2,0	104	0,43	0,30	≤ 0,02
Dezember	0,67	1,4	42	0,30	0,03	≤ 0,01

Tab. 5/16: Aktiniden-Emissionen mit der Fortluft der WAK 1989

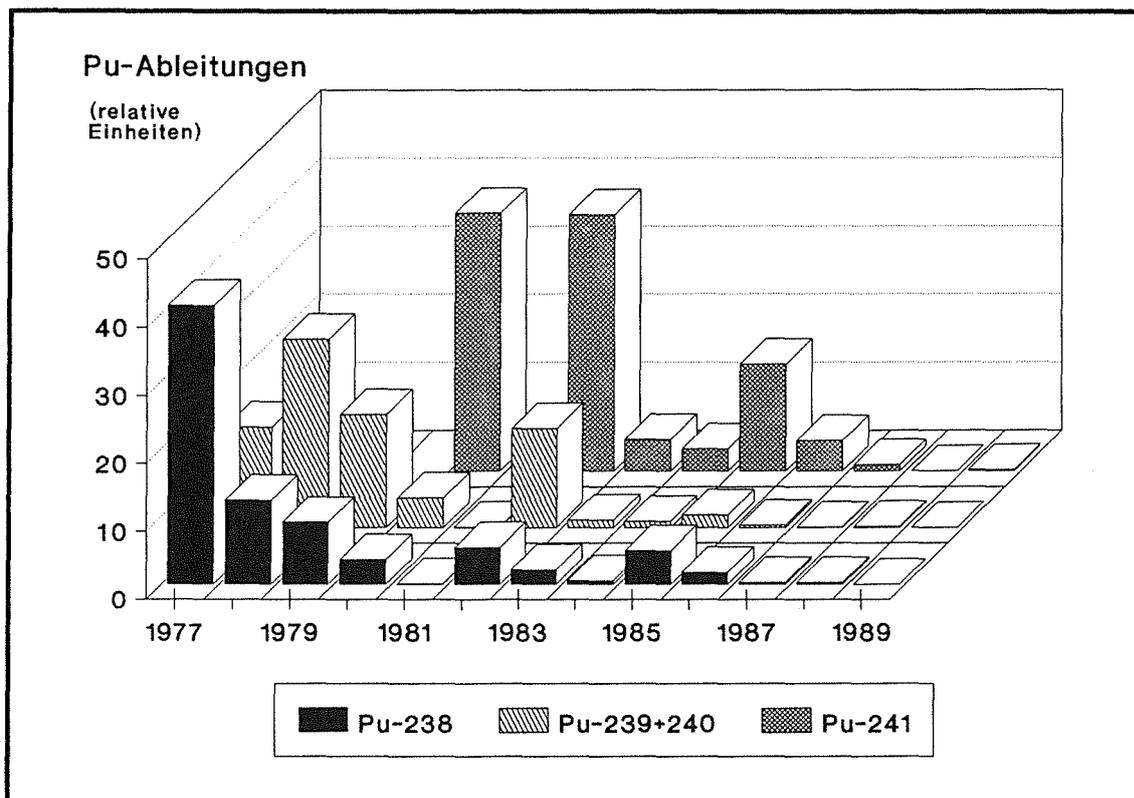


Abb. 5/10: Plutoniumableitungen aus der WAK mit der Fortluft 1977-1989

5.4.4 Plutonium- und Strontiumableitungen mit dem Abwasser der KfK 1989

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- β -Meßplatz gemessen. Die Plutoniumisotope werden gemeinsam aus der Probe extrahiert, radiochemisch gereinigt und in einer Elektrolysezelle durch Elektrodeposition auf Edelstahlplättchen abgeschieden. Die α -Strahler Pu-238 und Pu-239 + 240 werden α -spektrometrisch bestimmt, der niederenergetische β -Strahler Pu-241 wird im Flüssigszintillationsspektrometer gemessen.

Die 1989 erfolgten monatlichen Aktivitätsabgaben mit dem Abwasser des KfK in den Vorfluter sind Tab. 5/17 zu entnehmen. Abb. 5/11 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	0,038	0,054	≤ 16	0,87
Februar	0,16	0,11	≤ 50	2,6
März	0,1	0,094	≤ 45	2,5
April	0,026	0,019	≤ 22	0,78
Mai	0,065	0,054	≤ 98	1,2
Juni	≤ 0,072	≤ 0,049	≤ 26	2,0
Juli	≤ 0,067	0,08	≤ 28	5,5
August	0,36	0,30	≤ 20	0,73
September	0,067	≤ 0,047	≤ 27	0,62
Oktober	≤ 0,06	0,075	≤ 30	0,56
November	≤ 0,084	≤ 0,065	≤ 47	0,32
Dezember	0,29	0,38	≤ 74	0,74

Tab. 5/17: Plutonium- und Strontiumemissionen mit dem Abwasser des KfK 1989

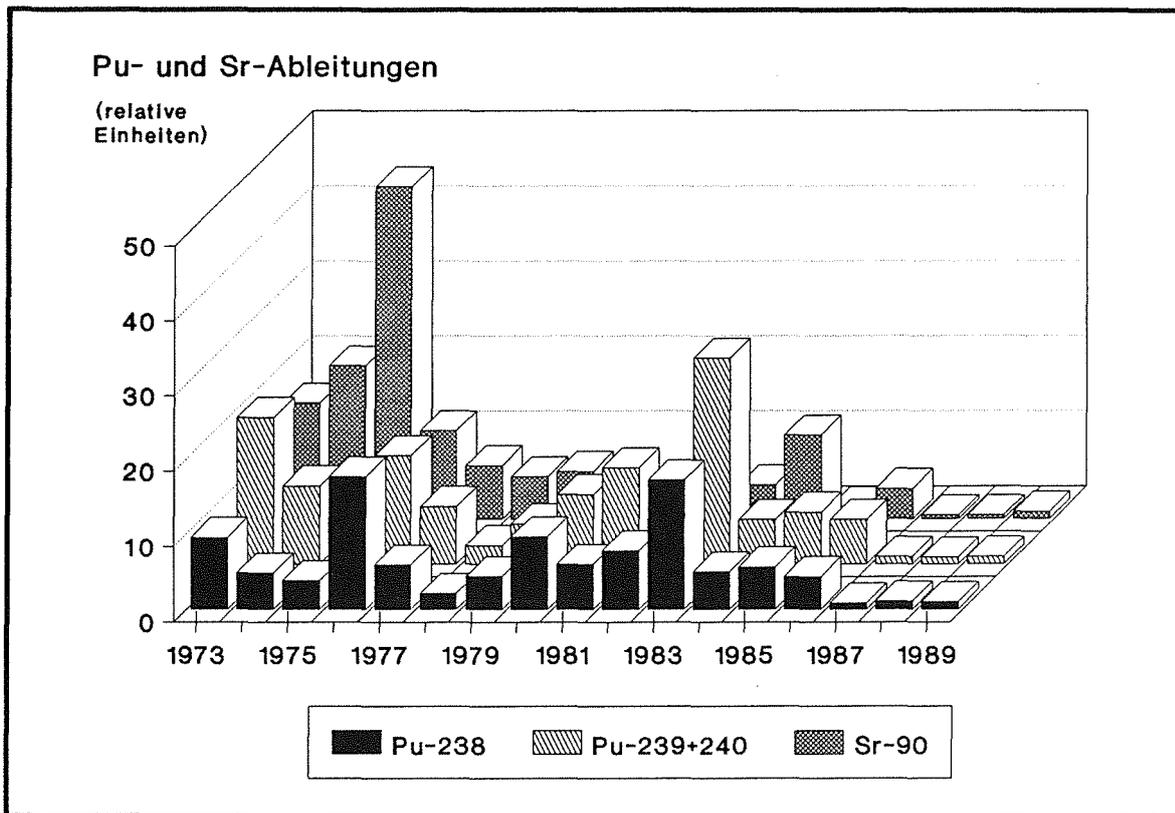


Abb. 5/11: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem KfK abgeleiteten Aktivitäten an Pu-238, Pu-239 + 240 und Sr-90 von 1973-1989

5.4.5 Plutoniumkonzentrationen der bodennahen Luft 1989

P. Perchio, M. Pimpl, E. Sadri

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 m³ Luft durch Aerosolfilter von 20 cm Durchmesser gesaugt und die in einem Monat gesammelten Filter der jeweiligen Meßstelle auf Plutonium analysiert. Die 1989 monatlich gemessenen Plutoniumaktivitätskonzentrationen sind in Tab. 5/18 zusammengestellt. Die Werte zeigen, daß 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		Hütte Nordost		Hütte West	
	Pu-238	Pu-239 + 240	Pu-238	Pu-239 + 240	Pu-238	Pu-239 + 240
Januar	$\leq 0,14$	$\leq 0,09$	$\leq 0,12$	$\leq 0,09$	$\leq 0,13$	0,15
Februar	$\leq 0,10$	$\leq 0,06$	$\leq 0,26$	$\leq 0,05$	$\leq 0,08$	$\leq 0,04$
März	$\leq 0,15$	$\leq 0,04$	$\leq 0,29$	$\leq 0,11$	$\leq 0,42$	$\leq 0,05$
April	$\leq 0,12$	$\leq 0,05$	$\leq 0,18$	$\leq 0,06$	$\leq 0,12$	$\leq 0,07$
Mai	$\leq 0,70$	0,28	$\leq 1,1$	0,34	$\leq 0,40$	0,24
Juni	$\leq 0,96$	$\leq 0,23$	$\leq 0,72$	$\leq 0,14$	$\leq 0,34$	$\leq 0,14$
Juli	$\leq 0,10$	$\leq 0,06$	$\leq 0,13$	$\leq 0,11$	$\leq 0,86$	$\leq 0,65$
August	$\leq 0,10$	$\leq 0,11$	$\leq 0,07$	$\leq 0,04$	$\leq 0,05$	$\leq 0,06$
September	0,18	$\leq 0,13$	0,24	0,36	$\leq 0,07$	$\leq 0,08$
Oktober	$\leq 0,07$	$\leq 0,09$	$\leq 0,19$	0,25	$\leq 0,08$	$\leq 0,06$
November	$\leq 0,10$	$\leq 0,07$	$\leq 0,12$	$\leq 0,14$	$\leq 0,09$	$\leq 0,04$
Dezember	$\leq 0,04$	0,034	$\leq 0,04$	0,26	0,09	0,61

Tab. 5/18: Plutoniumkonzentrationen der bodennahen Luft 1989

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 TLD700-Detektor in einem Edelstahl-Fingerring hinter einer Abdeckung von 15 mg/cm². 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 Atomenergie zum Jahresende 1986 zugestimmt wurde. Dieses Dosimeter löste das bisherige Neutronenfilmdosimeter der Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) ab. Mit der Überwachung wurde im Jahr 1987 begonnen. Im Februar 1988 hat die LfU die Überwachung mit Neutronenfilmdosimetern endgültig eingestellt. Zum Einsatz kommt das von KfK entwickelte universelle Albedoneutronendosimeter, Type ALNOR, mit TLD600 (⁶LiF:Mg,Ti)- und TLD700 (⁷LiF:Mg,Ti)-Thermolumineszenzdetektoren zur Personenüberwachung in Neutronen-Beta-Gamma-Mischstrahlungsfeldern. Für spezielle Überwachungsaufgaben können die Albedodosimeter auch mit gammastrahlungsunempfindlichen Kernspurätzdetektoren sowohl anstelle der TL-Detektoren als auch zum getrennten Nachweis schneller Neutronen eingesetzt werden.

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 Berichtszeitraum 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.

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

Amtliche Auswertung	Auswertezahl	Kundenzahl
Phosphatglas-Ganzkörperdosimeter	62 108	74
Thermolumineszenz-Teilkörperdosimeter	15 459	175
Albedo-Neutronendosimeter Ganzkörper	13 274	52
Nichtamtliche Auswertung		
Phosphatglas-dosimeter	2 972	7
Thermolumineszenzdosimeter	2 096	13
Radondosimeter	2 702	27
Bereitstellung Kernspurdetektoren	10 000	1

Tab. 6/1: Serviceleistungen der amtlichen Meßstelle 1989

6.1.1 Photolumineszenzdosimetrie

A. Baier, A. Köhler

Die Anzahl der mit Photolumineszenz-Glasdosimetern überwachten Betriebe blieb im Berichtszeitraum konstant, wobei sich die Auswertezahlen um ca. 14 % von 54 582 auf 62 108 erhöhten (Tab. 6/1). Die Entwicklung der Auswertezahlen in den letzten vier 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 35 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.

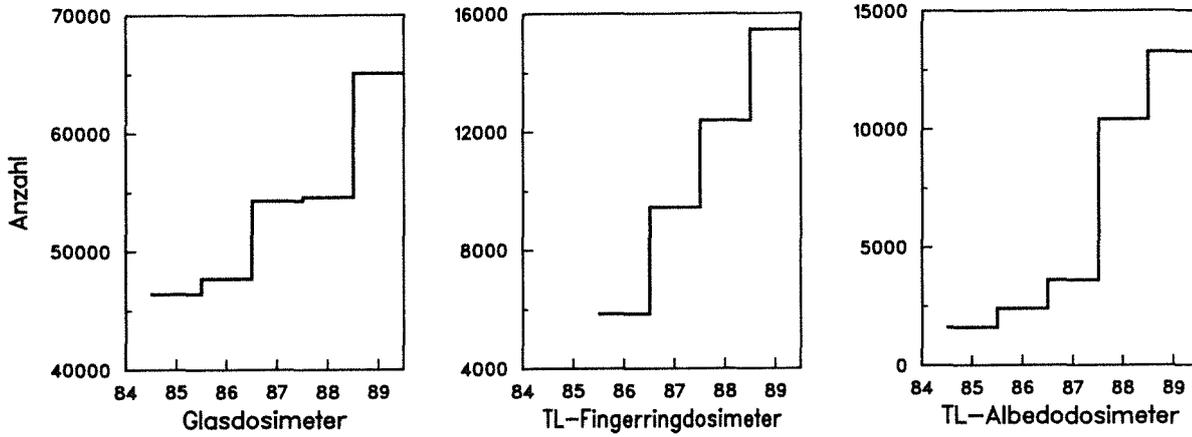


Abb. 6/1: Entwicklung der Auswertezahlen pro Jahr seit 1985

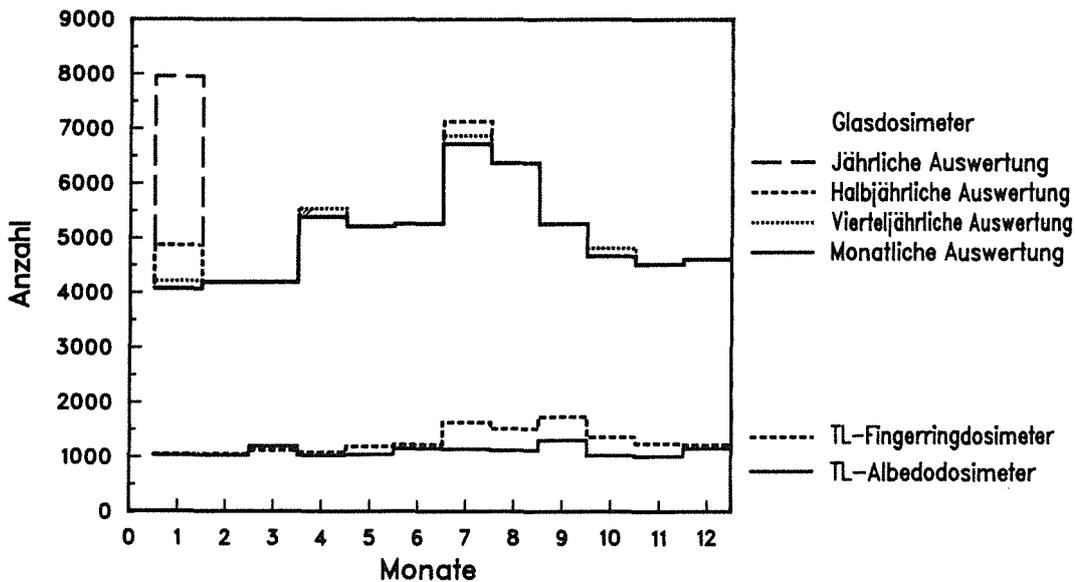


Abb. 6/2: Verlauf der Auswertezahlen pro Monat im Jahr 1989

6.1.2 Teilkörperdosimetrie mit Thermolumineszenzdosimetern

E. Pawlik

Die Auswertezahlen bei der im Januar 1986 begonnenen Teilkörperdosimetrie stiegen von anfänglich 400 auf derzeit ca. 1 300 im Monat. Die Erhöhungen beruhen großteils auf der verstärkten Nachfrage aufgrund einer durchgeführten Informationsaktion. 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 β -Dosisanteil ermittelt werden. Die Anzahl der Auswertungen stieg von 12 391 im Jahr 1988 auf 15 459 im Berichtszeitraum (Tab. 6/1). Diese Steigerung um rund 25 % konnte nur durch die Übernahme einzelner Organisations- und Verwaltungsaufgaben in die elektronische Datenverarbeitung bewältigt werden.

6.1.3 Personendosimetrie mit Albedoneutronendosimetern

W. Schwarz

Nach Einstellung der Neutronenfilmdosimetrie durch die Landesanstalt für Umweltschutz in Karlsruhe im Februar 1988 hat sich im Berichtszeitraum die Anzahl der Auswertungen von Albedoneutronendosimetern bei etwa 1 100 Dosimetern pro Monat eingependelt. Die Anzahl der Auswertungen erhöhte sich gegenüber dem Vorjahr um ca. 30 % (Tab. 6/1, Abb. 6/1).

6.1.4 Sonstige Personen- und Ortsdosimeter

W. Schwarz

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

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

- Thermolumineszenzdosimeter zur Personenüberwachung in Beta-Gamma-Mischstrahlungsfeldern. Es werden neutronenunempfindliche TLD700 (${}^7\text{LiF:Mg,Ti}$) in einer Kapsel der Firma Alnor hinter einer Abdeckung von 30 mg/cm² und 450 mg/cm² verwendet und in einem automatischen Auswertesystem ausgewertet.
- Thermolumineszenzdosimeter zur Umgebungsüberwachung bestehend aus TLD700-Detektoren in einer Polyäthylenkapsel entsprechend einer Abdeckung von 500 mg/cm².

- 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 (Abb. 6/12).
- Passive Neutronen-Äquivalentdosismesser, bestehend aus einer Polyäthylenkugel von 30 cm \varnothing mit einem thermischen Neutronendetektor im Zentrum. Als Detektoren können Thermolumineszenzdetektoren oder Kernspurdetektoren im Kontakt mit einem (n, α)-Konverter verwendet werden. Mit letzteren läßt sich die natürliche Neutronenstrahlung bei Expositionszeiten von einigen Monaten nachweisen.
- Thermolumineszenzdosimeter zur Ortsdosismessung im Gray-Dosisbereich. Bevorzugt werden $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ -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.

6.2 Photonendosimetrie

6.2.1 Phosphatglasdosimetrie mit optimierter Auswertemethode

B. Burgkhardt, M. Vilgis, E. Piesch

Bei dem in Zusammenarbeit zwischen KfK und Toshiba Glass entwickelten Auswertesystem für Phosphatglasdosimeter wurde die Optimierung des Meßverfahrens abgeschlossen. Neu für Festkörperdosimeter ist die gleichzeitige energie- und richtungsunabhängige Anzeige verschiedener Meßgrößen sowie die Möglichkeit, unabhängig von der Dosismessung durch eine zusätzliche Auswertung des Glasdetektors oberhalb eines vorgegebenen Dosiswertes Aussagen über Strahlenqualität und unter Umständen Strahleneinfallrichtung zu erhalten [10, 38].

Die Standardauswertung ermöglicht bei UV-Anregung im Gesamtglas die energieunabhängige Dosismessung der Meßgrößen Photonen-Äquivalentdosis H_x frei in Luft und der Richtungs-Äquivalentdosis $H'(10)$ an der Person (Abb. 6/3). Oberhalb eines vorgegebenen Dosiswertes wird über eine Zusatzauswertung die Strahlenqualität bestimmt und mit dem Meßwert angezeigt.

Für die neue Zusatzauswertung kennzeichnend ist die Anwendung einer vertikalen und horizontalen Abtastung des Flachglasdetektors. Dies wird durch Blenden vor dem Flachglasdetektor bzw. dem Photomultiplier erreicht. Die Zusatzauswertung erfolgt im vorderen bzw. hinteren Glasvolumen über eine vertikale Änderung der UV-Lichtblende und in sieben Teilbereichen des Glases über eine horizontale Bewegung der Blende vor dem Photomultiplier. Die Zusatzauswertung ermittelt die Strahlenqualität, die sich im Energiebereich unterhalb 30 keV und 100 keV aus dem Meßwertverhältnis $M(\text{hinten})$ zu $M(\text{vorn})$ bzw. $M(\text{max.})$ zu $M(\text{min.})$ der vertikalen bzw. horizontalen Abtastung ergibt (Abb. 6/4).

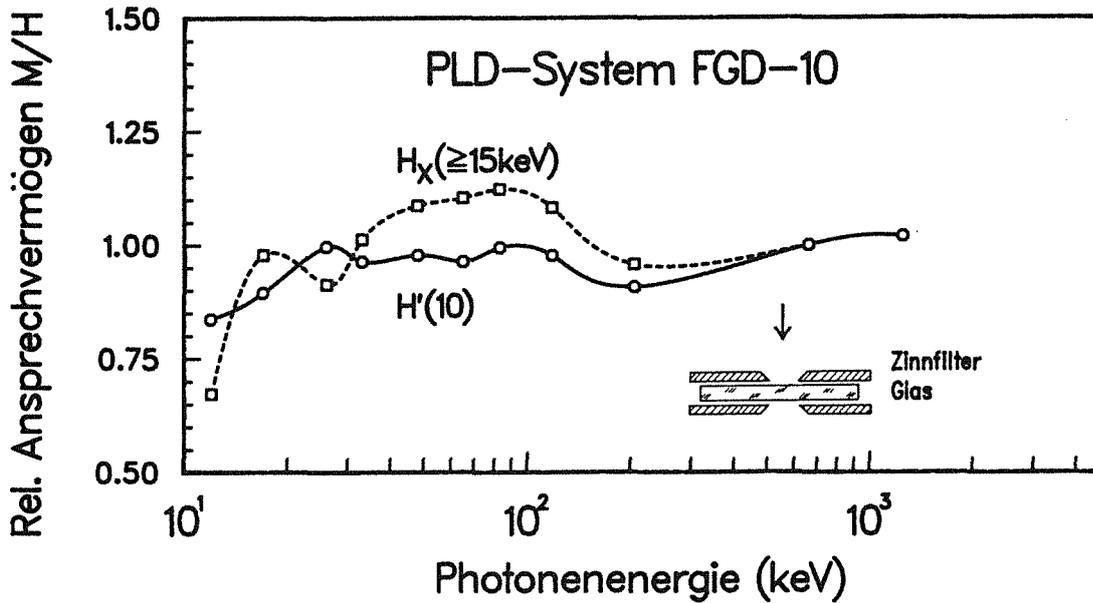


Abb. 6/3: Relatives Ansprechvermögen des Flachglasdosimeters für die Richtungs-Äquivalentdosis $H'(10)$ und die Photonen-Äquivalentdosis $H_x \geq 15 \text{ keV}$

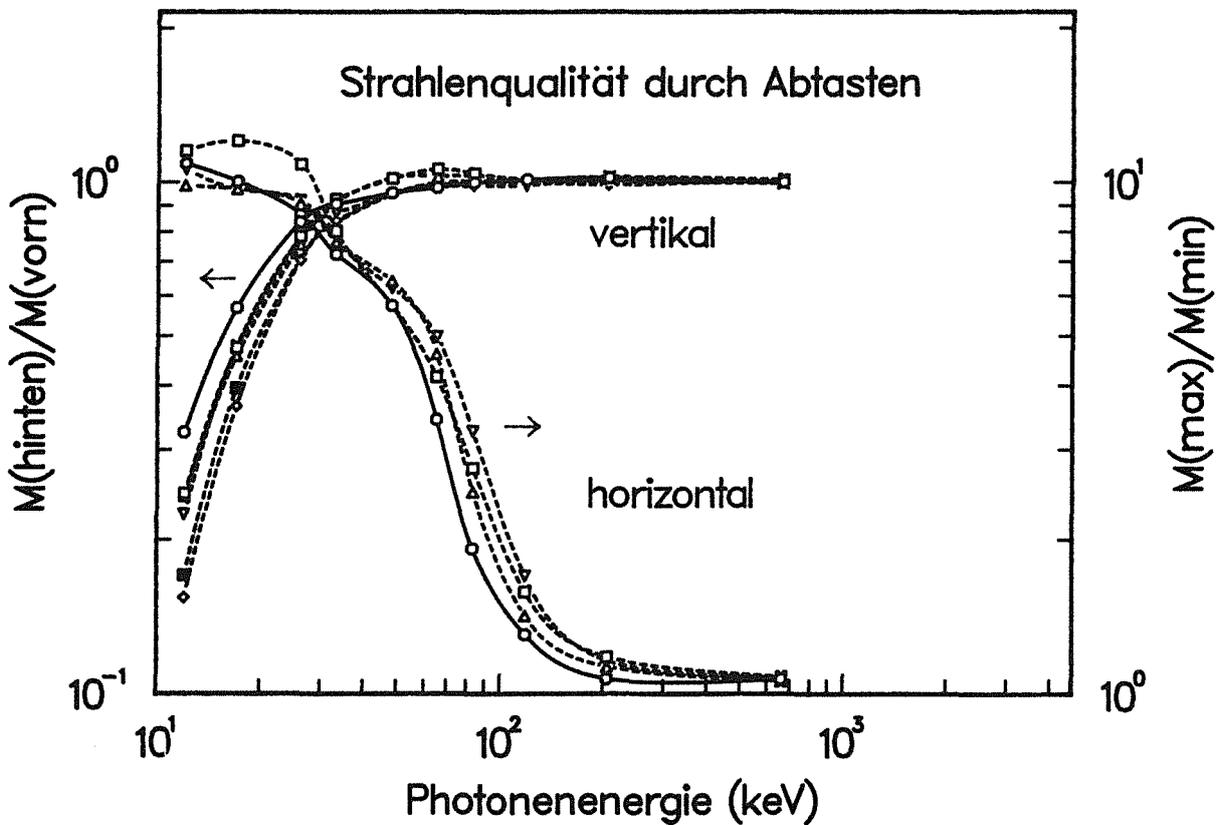


Abb. 6/4: Ermittlung der Strahlenqualität über die vertikale und horizontale Abtastung des Flachglasdetektors aus den entsprechenden Meßwertverhältnissen bei automatischer Zusatzauswertung für Senkrechteinstrahlung (O-O) und für verschiedene Strahleneinfallrichtungen unter 45° (\square - \square ; Δ - Δ ; ∇ - ∇) und 60° (\diamond - \diamond ; \blacksquare - \blacksquare)

Das in Abb. 6/5 beschriebene Auswerteverfahren verdeutlicht, daß auf der Grundlage einer Cs-137-Freiluftkalibrierung des Flachglasdosimeters, die den Kalibrierfaktor N_{Cs} ergibt, durch meßgrößen-spezifische relative Kalibrierfaktoren $n(T) = N_{Cs}(T)/N_{Cs}$ grundsätzlich auch eine ausreichend energieunabhängige Anzeige von Körperdosen im Photonenenergiebereich oberhalb 50 keV möglich wird. Mit Hilfe der bei der Zusatzauswertung bestimmten Strahlenqualität können die effektive Äquivalentdosis H_E bzw. Organdosen H_T auch im Photonenenergiebereich unterhalb 50 keV bewertet werden [34, 38]. Dies trifft insbesondere für Organdosen zu, die zur Definition von H_E zugrundegelegt werden. Bei Verdacht auf Überschreiten des Grenzwertes erhält man damit innerhalb der Personendosimetrie u. a. auch eine Aussage über die interessierenden Organdosen, wenn bei gleichmäßiger Einstrahlung aus dem vorderen Halbraum der Meßwert des Personendosimeters repräsentativ für die Strahlenexposition ist. Dies ist im Hinblick auf die zu erwartende Änderung der H_E -Definition durch die ICRP von besonderer Bedeutung.

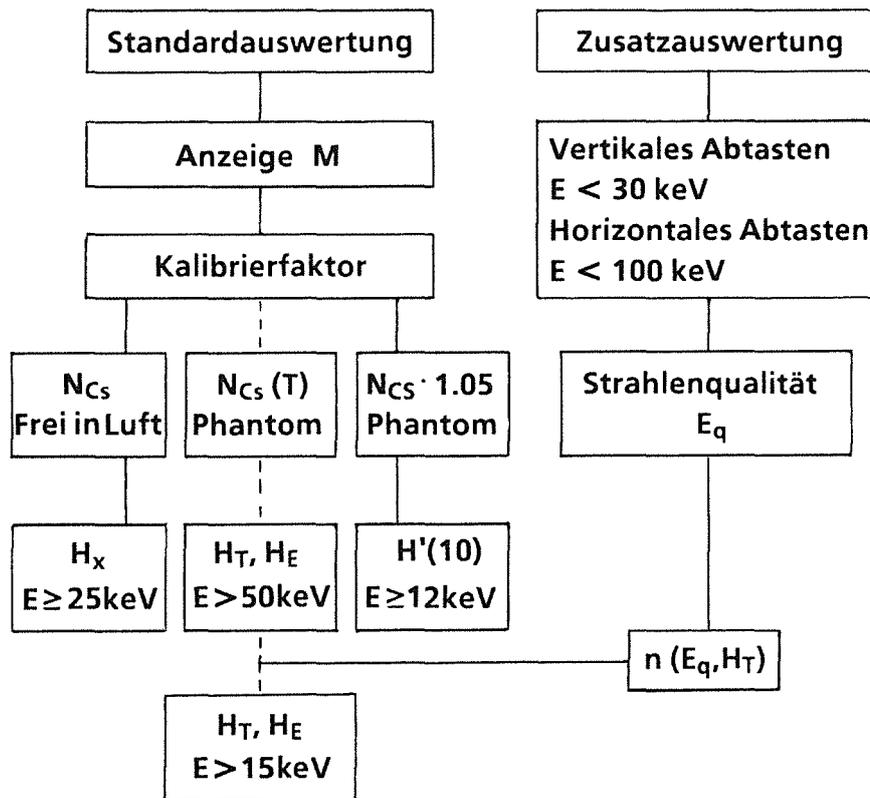


Abb. 6/5: Schema der Ermittlung verschiedener Meßgrößen (H_x , $H'(10)$, H_T und H_E) bei Anwendung der Standard- und Zusatzauswertung von Flachglasdosimetern in den automatischen Auswertesystemen FGD-10 und FGD-20

Anläßlich der 9th International Conference on Solid State Dosimetry im November 1989 wurde das neue PLD-System, realisiert in den kommerziellen Auswertegeräten FGD-10 und FGD-20, erstmalig der Öffentlichkeit vorgestellt [10, 38]. Im Vergleich zum Auswertegerät FGD-10 mit einer Magazinkapazität von 500 Dosimetern bietet das einfachere FGD-20 bei gleicher automatischer Auswertemethode (Standardauswertung und Zusatzauswertung) unter Verzicht auf Wechselmagazine und On-line-Rechner die Auswertung von 20 Dosimetern bei einer Meßzeit von 10 s pro Dosimeter.

In dem seit 1986 laufenden Entwicklungsprojekt war für 1989 die PTB-Bauartprüfung des neuen Dosimetriesystems vorgesehen. Aufgabe eines unterstützenden BMU-Forschungsvorhabens war u. a. auch die gleichzeitige Routineerprobung des Dosimetriesystems innerhalb der amtlichen Personendosimetrie. Das erste Auswertegerät wird voraussichtlich 1990 zur Verfügung stehen, so daß mit einem Routine-

einsatz durch die amtliche Meßstelle frühestens in der zweiten Jahreshälfte 1991 gerechnet werden kann. Es ist beabsichtigt, innerhalb der amtlichen Personendosimetrie das veraltete Kugeldosimeter durch das neue Flachglasdosimeter zu ersetzen.

6.2.2 Analyse typischer Beta-Photonen-Mischstrahlungsfelder im Brennstoffkreislauf

B. Burgkhardt, E. Piesch

In den vergangenen Jahren wurden von HS/D in Zusammenarbeit mit verschiedenen Betreibern kern-technischer Anlagen, u. a. auch in Zusammenarbeit mit dem 1. Physikalischen Institut der Universität Gießen im Rahmen eines von den Gewerkschaften initiierten Meßprogrammes, umfangreiche Meßreihen in Beta-Photonen-Mischstrahlungsfeldern innerhalb des Brennstoffkreislaufs durchgeführt. Im Vordergrund dieser Studien stand die Ermittlung des Äquivalentdosisbeitrages durch Betastrahlung und der zu erwartenden Teilkörperdosis. Zur Analyse des Strahlungsfeldes wurde insbesondere die Tiefendosisverteilung im Gewebe herangezogen, die mit LiF-Thermolumineszenzdetektoren unterschiedlicher Dicke und Abdeckung ermittelt wurde.

Kerntechnische Anlage	Dominante β -Emitter	R_{\max} (mg-cm ⁻²)	H'(0,07) (mSv/h)	$\frac{H'(0,07)}{H'(10)}$
SWR Kontaminiertes Teil	Co-60	90	30	30
DWR Nr. 1 Dichtscheibe Nr. 1	Co-58/Co-60	160/90	520	20
Dichtscheibe Nr. 2			1 490	25
DWR Nr. 2 Pumpenlager	Sb-124	1100	100	29
Brennelement-Fertigung UO ₂ -Pellets	Th-234/Pa-234	40/1090	1,8	90
Wiederaufarbeitung Ultraschallbad	Ru-106/Rh-106	3/1740	170	57

Tab. 6/2: Kennzeichnung der untersuchten Beta-Photonen-Mischstrahlungsfelder in 5 cm Abstand von den kontaminierten Oberflächen

Die Bewertung dieser Meßreihen zeigt, daß vier typische Strahlungsfelder auftreten, die sich entsprechend dem dominanten Beta-Radionuklid in der mittleren Betaenergie, dem Gammadosisanteil und in den Beiträgen von Teilkörperdosis und Ganzkörperdosis unterscheiden (Tab.6/2) [11]. So ist die Teilkörperdosis H'(0,07) in 0,07 mm Gewebe in einem Abstand von 5 cm von der kontaminierten Fläche um einen Faktor 20 bis 90 höher als die Richtungs-Äquivalentdosis H'(10) in 10 mm Gewebe. Andererseits wird z. B. die niederenergetische Betastrahlung von Co-58/Co-60 bereits in einer Schichtdicke von 100 mg-cm⁻² bzw. 1 m Luft absorbiert.

Die Ermittlung der Äquivalentdosen in der Augenlinse H(3) bzw. in den Gonaden H_{G0} ergab in 1 m Quellenabstand Werte, die im Vergleich zur Ganzkörperdosis H'(10) um einen Faktor 5 bis 14 für H(3) und um einen Faktor 1,1 bis 1,3 für H_{G0} höher sind. Insbesondere an Arbeitsplätzen der Brennelementfertigung und Wiederaufarbeitung ist das Tragen von Schutzgläsern erforderlich. Die im Rahmen dieses Vorhabens begonnenen Arbeiten zur Verbesserung des Betaansprechvermögens von Teilkörperdosimetern werden fortgesetzt.

6.3 Neutronendosimetrie

6.3.1 Neutronendosimetrie mit Kernspurdetektoren

E. Piesch, B. Burgkhardt

Die Untersuchungen mit CR-39-Kernspurdetektoren wurden in Zusammenarbeit mit der PTB sowie innerhalb eines Eurados-Cendos-Programmes fortgesetzt. Ziel einer Studie war die Untersuchung der Backgroundspurenzahl und deren Streuung innerhalb einer Detektorfolie sowie einer bzw. verschiedener Fertigungschargen [36]. Die relativ hohen Schwankungen der Backgroundspurenzahl bestimmen die untere Nachweisgrenze der Neutronendosismessung. Die KfK-Ergebnisse zeigten bei Einzelfolien eine untere Nachweisgrenze von besser als 0,1 mSv, bei schlechten Chargen bis zu 0,5 mSv. Die von uns untersuchte Abhängigkeit der Backgroundspurenzahl von der elektrischen Feldstärke bestätigte, daß im Vergleich zur bisher angewandten Feldstärke von $25 \text{ kV}\cdot\text{cm}^{-1}$ die Anzahl von Backgroundspuren bei $20 \text{ kV}\cdot\text{cm}^{-1}$ nur halb so groß, d. h. unter $30 \text{ Spuren}\cdot\text{cm}^{-2}$ ist.

Die Optimierung der Ätztechnik durch eine Verringerung der elektrischen Feldstärke [35] führte bei zwei CR-39 Materialien unterschiedlicher Hersteller wie erwartet zu einem kleineren Neutronenansprechvermögen im Bereich von 100 keV und damit zu einer annähernd energieunabhängigen Anzeige im Dosisbereich 100 keV - 14 MeV (Abb. 6/6).

Innerhalb des Eurados-Cendos Programms wurden erstmalig Bestrahlungen mit 28 MeV-Neutronen beim Paul-Scherer-Institut, Villigen (Schweiz), durchgeführt und hierbei ein Neutronenansprechvermögen vergleichbar mit dem bei 15 MeV erhalten.

Im Vergleich zu CR-39 sind Polykarbonatdetektoren als Neutronendosimeter unattraktiv, insbesondere wegen der um mehr als eine Größenordnung geringeren Empfindlichkeit und einer Energieschwelle oberhalb 1 MeV. Oberhalb 5 MeV könnte jedoch ein Makrofol-DE-Detektor mit einem höheren Neutronenansprechvermögen den bisher favorisierten CR-39-Detektor hinsichtlich Energieunabhängigkeit, Reproduzierbarkeit und Fading überlegen sein. Daher wurden die im KfK im Jahre 1978 begonnenen Arbeiten zur elektrochemischen Ätzung von Polykarbonatdetektoren wieder aufgenommen und das bisher nur bei CR-39-Detektoren angewandte zweistufige Ätzverfahren auf Makrofol DE übertragen [18, 19]. Bereits die ersten Ergebnisse führten im Vergleich zur bisher angewandten Kombination einer chemischen Vorätzung und einer daran anschließenden elektrochemischen Ätzung zu einem um den Faktor 3 erhöhten Neutronenansprechvermögen von $40 \text{ Spuren}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{mSv}^{-1}$ bei gleichzeitiger Verbesserung der Energieschwelle und einer unteren Nachweisgrenze von 0,1 mSv (Abb. 6/7) (siehe auch Kap. 6.3.2 und Tab. 6/3).

In Zusammenarbeit mit CERN wurden 1989/90 KfK-Makrofol-Kernspurdetektoren zusammen mit CR-39-Detektoren und dem NTA-Kernspurfilm zu Testzwecken über einen viermonatigen Zeitraum u. a. auch innerhalb der Personenüberwachung in Streustrahlungsfeldern an Hochenergiebeschleunigern eingesetzt. Makrofoldetektoren zeigten im Vergleich günstige Ergebnisse beim Langzeiteinsatz.

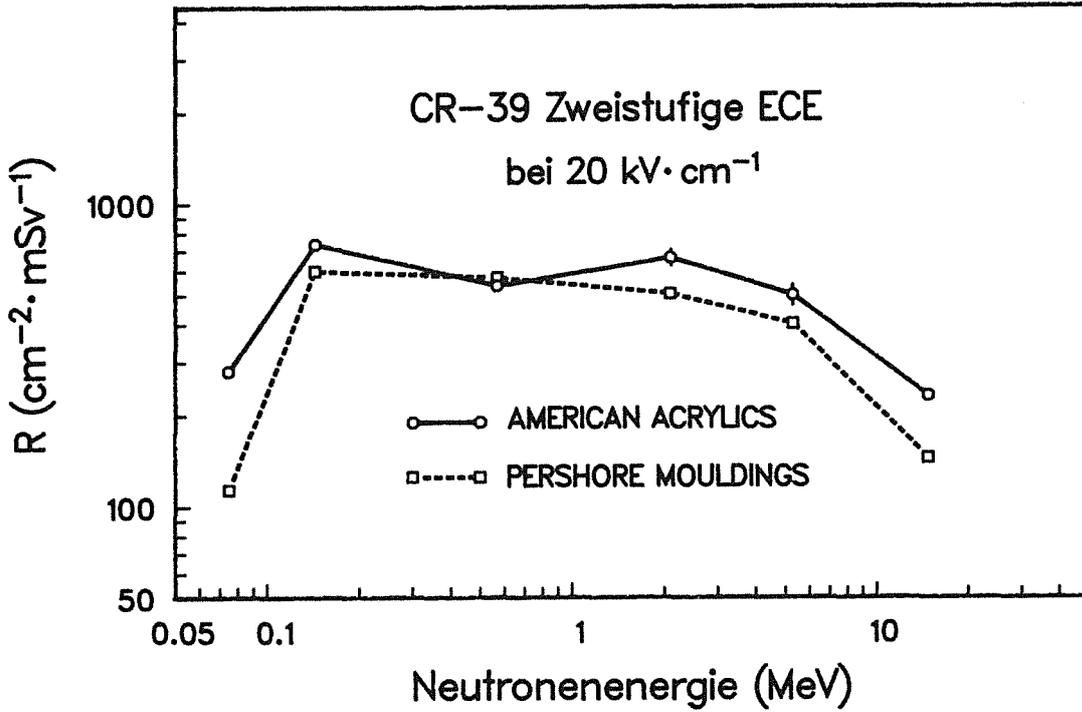


Abb. 6/6: Neutronen-Ansprechvermögen R in Abhängigkeit von der Neutronenenergie für CR-39 verschiedener Hersteller bei zweistufiger elektrochemischer Ätzung (ECE) und einer Feldstärke von 20 kV·cm⁻¹

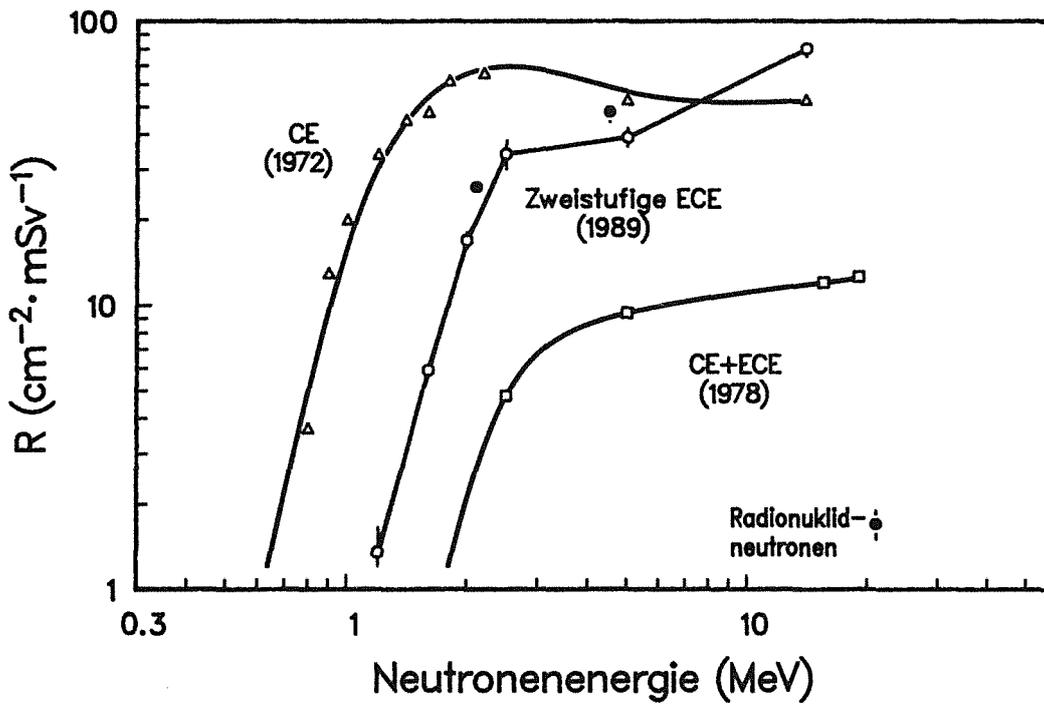


Abb. 6/7: Vergleich des energieabhängigen Neutronen-Ansprechvermögens R von Makrofol DE bei Anwendung verschiedener Ätzverfahren

6.3.2 Albedoneutronendosimetrie

B. Burgkhardt, W. Schwarz, M. Vilgis

Bei der Routineauswertung des universellen Albedoneutronendosimeters werden entsprechend den Anwendungsbereichen N1 bis N4 unterschiedliche Kalibrierfaktoren zugrundegelegt, welche insbesondere mit den bei KfK eingesetzten Alnor-Dosimetern in verschiedenen Streustrahlungsfeldern über eine Feldkalibrierung ermittelt wurden. Vergleichsbestrahlungen u. a. bei der PTB zeigten, daß die Kalibrierfaktoren auch auf andere TLD-Systeme der Hersteller Harshaw, Panasonic und Vinten übertragbar sind [5, 8, 33].

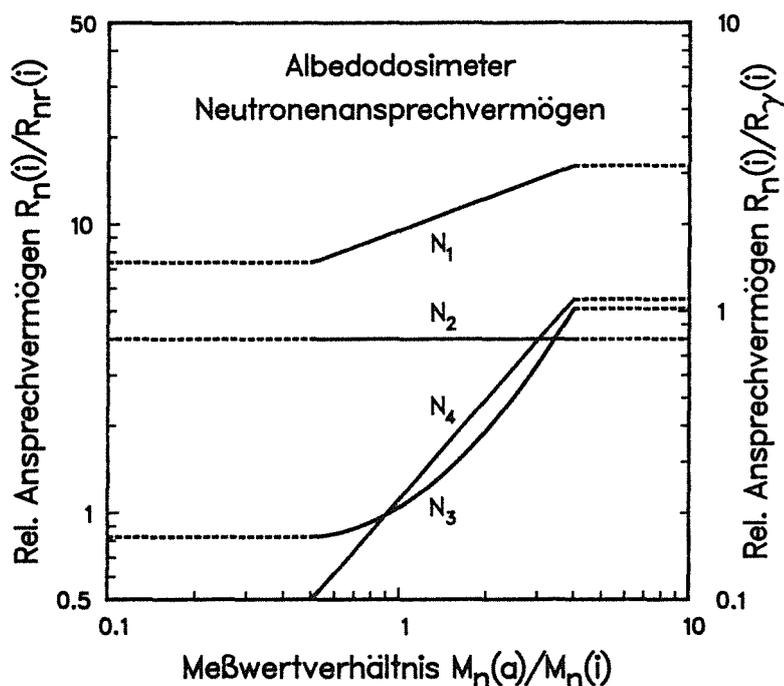


Abb. 6/8: Relatives Ansprechvermögen $R_n(i)/R_{nr}(i)$ oder $R_n(i)/R_\gamma(i)$, bezogen auf eine Kalibrierung in einem Cf-252-Neutronen- bzw. Cs-137-Photonen-Referenzfeld, ermittelt aus dem Meßwertverhältnis $M(a)/M(i)$ des Albedoneutronendosimeters für die Anwendungsbereiche N1 bis N4

Anstelle der bisherigen Vorgabe eines konservativen mittleren Neutronenansprechvermögens [8, 33] wird jetzt zur genaueren Ermittlung des Kalibrierfaktors insbesondere in den Anwendungsbereichen N1 und N4 die genaue funktionelle Abhängigkeit des Neutronenansprechvermögens vom Meßwertverhältnis $M(a)/M(i)$ herangezogen. Hierbei bedeuten (a) bzw. (i) die Detektorpositionen, die im Albedodosimeter zur Messung thermischer Neutronen aus dem Strahlungsfeld (a) und der vom Körper rückgestreuten Albedoneutronen (i) vorgesehen sind. Abb. 6/8 zeigt das relative, auf ein Cf-252-Neutronenreferenzfeld bzw. auf eine Cs-137-Photonenbestrahlung bezogene Ansprechvermögen in den verschiedenen Anwendungsbereichen in Abhängigkeit vom Meßwertverhältnis $M(a)/M(i)$. Die Ermittlung des Kalibrierfaktors wird wegen der erforderlichen Angabe des Anwendungsbereiches im Verwaltungsrechner durchgeführt, wenn der ermittelte relative 1s-Wert des Meßwertverhältnisses 30 % unterschreitet. $R_n(i)/R_{nr}(i)$ ist bei Verwendung des universellen Albedodosimeters weitgehend unabhängig vom ein-

gesetzten TLD-System. Die Neufestlegung der Kalibrierkurve führte zu geringfügigen Änderungen im Anwendungsbereich N1 insbesondere in Strahlungsfeldern von Elektronen-Linearbeschleunigern, wo bisher ein vom Meßwertverhältnis unabhängiger konstanter Kalibrierfaktor vorgegeben wurde, sowie im Anwendungsbereich N3 und N4, in dem jetzt anstelle eines mittleren ein gewichteter Wert zugrundegelegt wird.

Bei der ersten PTB-Vergleichsbestrahlung 1988 von Albedodosimetern wurden jeweils sechs Dosimeter in Neutronenstrahlungsfeldern der Anwendungsbereiche N1 und N3 bestrahlt. Die abschließende PTB-Bewertung zeigte, daß die KfK-Meßergebnisse bei Vorgabe des entsprechenden Anwendungsbereiches N1 und N3 um weniger als 4 % bzw. 23 % vom Sollwert abwichen. Die entsprechenden Standardabweichungen liegen bei 3 % und 11 %.

Nr.	Bestrahlung	H _n (ref) (mSv)	H _n /H _n (ref) ± 1s		
			Albedo- dosimeter ¹⁾ TLD600/700	Makrofol ³⁾⁴⁾ Makrofol- konverter	CR-39 ³⁾⁴⁾ Polyäthylen- konverter
	²⁵² Cf				
1	+ 15 cm D ₂ O	0,82	N1 0,99 ± 6%	0,78 ± 20%	1,04 ± 3 %
2	+ 15cm D ₂ O	2,58	N1 1,06 ± 5%	0,81 ± 10%	1,03 ± 2%
3	+ D ₂ O + Cd	2,63	N1 0,83 ± 5%	0,82 ± 10%	1,10 ± 2%
4	+ D ₂ O, unter 60°	2,58	N1 0,62 ± 6%	0,34 ± 20%	0,42 ± 4%
5	+ 15 cm PE ⁵⁾	0,60	N3 0,73 ± 24%	0,72 ± 25%	0,95 ± 4%
6	²³⁸ Pu-Be	0,44	N3 0,80 ± 40%	0,95 ± 20% ²⁾	0,89 ± 5%

- 1) Anwendungsbereiche N1-N4 zur Ermittlung der Neutronen-Äquivalentdosis
- 2) Kalibrierung mit Am-Be-Neutronen
- 3) Kalibrierung mit ²⁵²Cf-Neutronen
- 4) Zählfläche A = 4,6 cm² zur Herabsetzung der Zählstatistik
- 5) Zusätzliche Bestrahlung mit ¹³⁷Cs-Photonen, H_v = 1,47 mSv

Tab. 6/3: KfK Ergebnisse der 14. PDIS-ORNL-Vergleichsbestrahlung Mai 1989, Dosimeterbestrahlung auf Polyäthylenzylinder

Neutronenvergleichsbestrahlungen im ORNL Oak-Ridge in Radionuklidstrahlungsfeldern zeigten vergleichbare Ergebnisse für die KfK-Albedodosimeter und Kernspurdetektoren (Tab. 6/3). Die größten Abweichungen vom Sollwert ergaben sich bei Makrofol-Kernspurdetektoren wegen ihrer relativ geringen Empfindlichkeit und hohen Schwellwertenergie. Das Albedodosimeter zeigt die geringsten Maximalabweichungen. Die erhöhten Standardabweichungen der Neutronendosismeßwerte finden sich hier beim Bestrahlungsexperiment mit zusätzlichem Photonenanteil und im unmoderierten Pu-Be-Strahlungsfeld, für das das Albedodosimeter-Ansprechvermögen klein ist. Im Vergleich zu Kernspurdetektoren zeigen Albedodosimeter die geringste Richtungsabhängigkeit.

6.4 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 erfüllt HS damit auch einen Teil der behördlichen Auflage zur Genehmigung der Eigenüberwachung von KfK-Mitarbeitern und ab 1985 auch die entsprechenden Anforderungen im Zusammenhang mit dem Betrieb einer amtlichen Meßstelle.

1988 wurden von jeder teilnehmenden Dosimeterart jeweils 30 Dosimeter im Photonenenergiebereich von 20 keV bis 1,2 MeV und im Dosisbereich 0,4 mSv bis 933 mSv bestrahlt. HS/D beteiligte sich mit dem Phosphatglaskugeldosimeter, dem Albedoneutronendosimeter und dem Fingerringdosimeter. Beim Phosphatglaskugeldosimeter lag der Mittelwert aller auf den Sollwert bezogenen relativen Anzeigen bei 1,13 mit einer relativen Standardabweichung von ca. 12 %. Die Ergebnisse unserer Auswertungen für das Fingerring- und Albedoneutronendosimeter wurden hauptsächlich durch die Energieabhängigkeit der LiF-Thermolumineszenzdetektoren bestimmt, die in diesen Dosimetern ohne zusätzliche Energiekompensationsfilter benutzt werden. Diese beiden Dosimeterarten lagen im Mittel um den Faktor 1,24 über dem Sollwert bei einer relativen Standardabweichung kleiner 16 %. Eine Verbesserung der Energieabhängigkeit des Albedoneutronendosimeters für die Anzeige der Photonen-Äquivalentdosis soll durch die Änderung der Dosimeterkapsel erreicht werden.

Die Ergebnisse der Neutronenvergleichsbestrahlung 1989 für Albedoneutronendosimeter bei der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig liegen noch nicht vor. Im Berichtszeitraum beteiligte sich HS/D mit Albedoneutronendosimetern und verschiedenen Kernspurätzdetektoren an der 14. PDIS-Vergleichsbestrahlung im ORNL Oak Ridge (siehe auch Abschn. 6.3.2).

Innerhalb einer internationalen Zusammenarbeit mit Jugoslawien und Ungarn wurde ein Ringvergleich von Festkörperdosimetern in der Umgebungsüberwachung durchgeführt. Ziel dieses Vorhabens ist die Abstimmung der Kalibriertechnik und der Vergleich von Meßergebnissen, die innerhalb der Umgebungsüberwachung mit verschiedenen Meßsystemen gefunden wurden [39].

Erstmals wurde die europäische Vergleichsbestrahlung für passive Radondosimeter durchgeführt. Diese Veranstaltung, die von der EG initiiert ist, soll künftig jährlich stattfinden, wobei die Durchführung an die NRPB übertragen wurde. Die amtliche Meßstelle für Festkörperdosimeter nahm mit drei Dosimeterserien teil. Die Ergebnisse (relative Anzeige $\pm 1 \sigma$ -Wert) mit $0,98 \pm 24 \%$, $0,93 \pm 15 \%$ und $0,83 \pm 22 \%$ bestätigten unsere Kalibrierung.

6.5 Strahlenexposition durch Radon-Zerfallsprodukte

6.5.1 Messungen an untertägigen Arbeitsbereichen

J. Schmitz, R. Fritsche

Seit Ende 1988 werden im Rahmen eines BMU-geförderten Forschungsvorhabens (St.Sch. 1.087) Radon- und Folgeproduktmessungen an solchen Arbeitsplätzen untertage durchgeführt, die nicht unter die

Strahlenschutzverordnung fallen. In Betracht kommen neben dem aktiven Bergbau vor allem Besucherbergwerke und Schauhöhlen, aber auch Kavernenkraftwerke, sekundär genutzte Stollen und Bunker. An über 90 untertägigen Arbeitsstellen wurden vor allem mit Unterstützung der Bergämter zunächst in Rheinland-Pfalz, Hessen, Bayern und Baden-Württemberg mehrere hundert Messungen vorgenommen. Die Anzahl der Einzelmessungen von Radon und Folgeprodukten richtete sich nach Größe der Grube und Anzahl der Beschäftigten. Zusätzlich wurden γ -Ortsdosis und wettertechnische Einflußgrößen, wie Temperatur, Luftfeuchte und Wettergeschwindigkeit, zusammen mit den realen Aufenthaltszeiten der Beschäftigten festgehalten. Eine Reihe von Arbeitsplätzen wurde mit integrierenden Radon-Ortsdosimetern ausgerüstet, um auch in niedriger exponierten Bereichen, deren Radonkonzentrationen unterhalb der Erfassungsgrenze der Momentanmessung lagen, zuverlässige Meßwerte zu erhalten. Etwa die Hälfte der zu erwartenden Objekte in der Bundesrepublik wurde erfaßt, und die Fortsetzung der Untersuchungen in Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen und Nordost-Bayern ist für 1990 vorgesehen.

Die ermittelten Daten ergaben bisher folgendes Bild: 40 % aller untersuchten Arbeitsstellen weisen Radongehalte von weniger als $1\,000\text{ Bq m}^{-3}$ auf und bei 10 % wurden mehr als $5\,000\text{ Bq m}^{-3}$ gefunden, von diesen ist jedoch ein Teil zur Zeit nicht belegt. In den Kavernenkraftwerken wurden sehr niedrige Radonwerte gemessen, ebenso liegen die Konzentrationen im Kalisalzbergbau und Braunkohlebergbau unter 400 Bq m^{-3} . Ton-, Schiefer- und Eisenerzgruben zeigen Werte von durchschnittlich $1\,000\text{ Bq m}^{-3}$, während bei der Solegewinnung, im Gips-, Kalkstein-, Dolomit- und Metallbergbau $2\,000\text{--}4\,000\text{ Bq m}^{-3}$ auftraten. Die höheren Gehalte finden sich im ehemaligen Flußspatabbau, im Schwerspat- und Graphitbergbau. Der umgehende Bergbau hat aufgrund der vorgeschriebenen guten Wetterführung im allgemeinen niedrigere Konzentrationen als die im aufgelassenen Bergbau eingerichteten Besucherbergwerke. In Schauhöhlen betragen die durchschnittlichen Radongehalte etwa $2\,000\text{ Bq m}^{-3}$, obwohl alle Höhlen im Kalkgebirge liegen. Aufgrund der oft geringen Beschäftigungszeit, vor allem in den Schauhöhlen und Besucherbergwerken, liegen die effektiven Jahreseinzeldosen, als Summe aus externer Exposition und Lungenexposition, nur bei 10 % der Arbeitsplätze über 10 mSv/a und bei 5 % der Arbeitsplätze über 20 mSv/a . In Abb. 6/9 sind die Ergebnisse aus einer Schauhöhle und vier Bergwerken, wo Jahreseinzeldosen von mehr als 40 mSv gefunden wurden, nicht dargestellt.

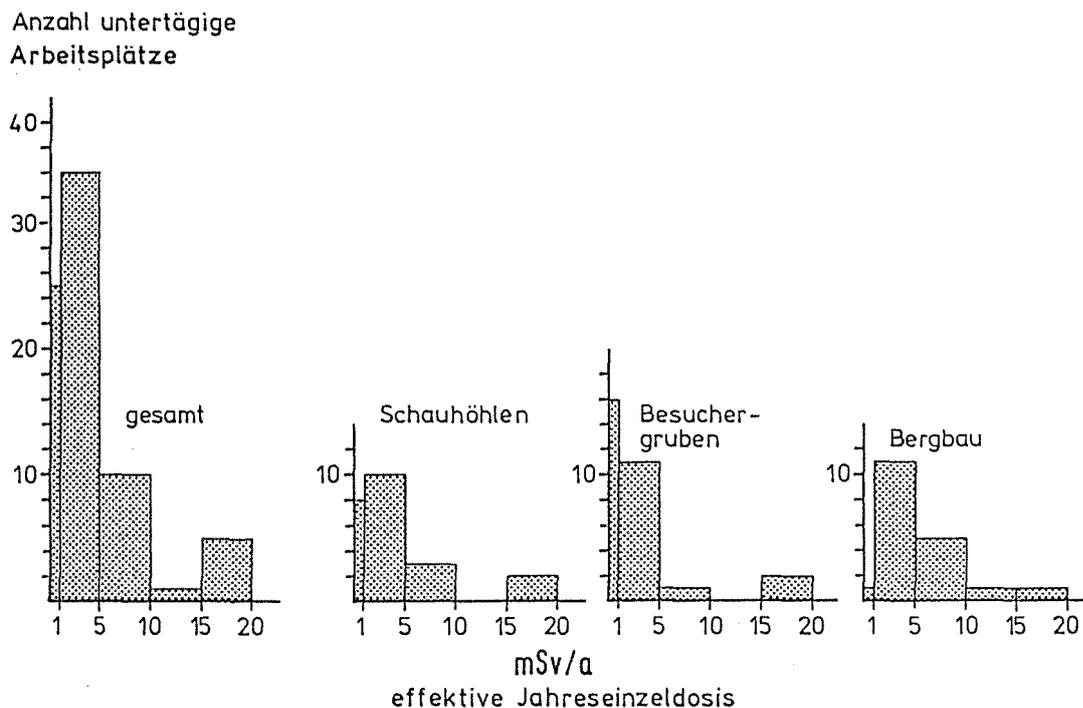
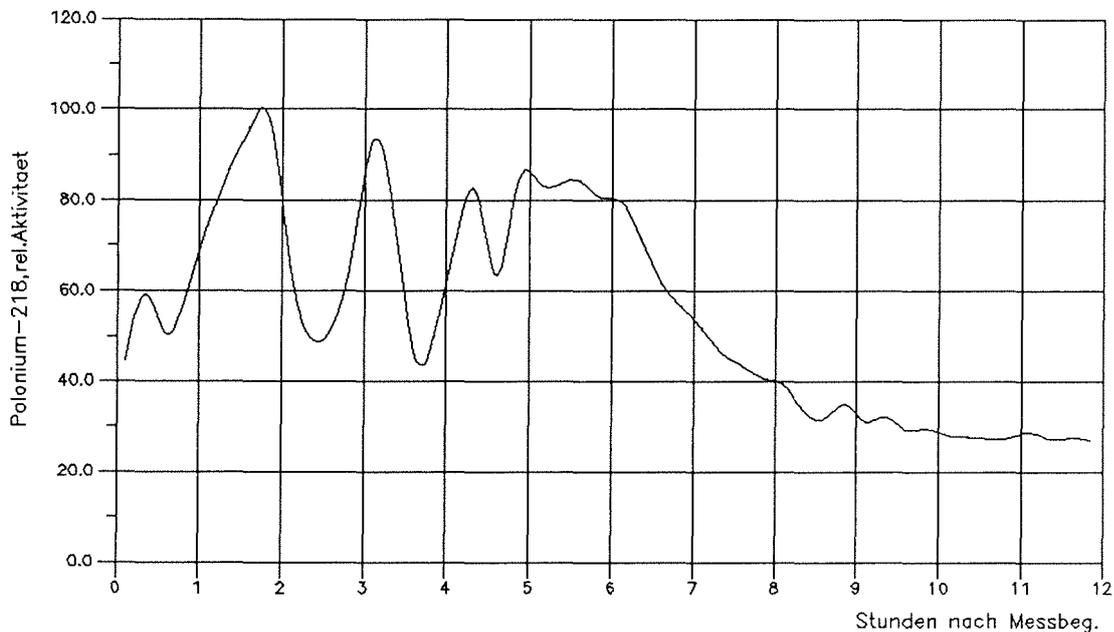


Abb. 6/9: Häufigkeitsverteilung der Exposition an untertägigen Arbeitsplätzen

6.5.2 Messungen in Thermalbädern

Zu den möglicherweise radonbelasteten Arbeitsplätzen gehören auch Bereiche der Balneologie, in denen Mineral- und Thermalwässer angewendet werden oder explizit Radontherapie angeboten wird. Ungleich schwieriger als bei den unter Bergaufsicht stehenden Arbeitsbereichen ist es, die Zustimmung zu Erhebungsmessungen im Bäderbereich zu erhalten. Von etwa 150 Objekten wurden im Rahmen des o. a. BMU-geförderten Forschungsprogrammes bisher sieben Institutionen, sowohl mit Hilfe von Momentanmessungen wie auch mit Langzeitdosimetern, untersucht. Besonders wichtig waren die Radonbäder Bad Steben, Bad Münster und Bad Kreuznach. Sie wurden hier detaillierter aufgenommen. In modernen Bäderabteilungen mit guter Belüftung bzw. Klimatisierung wurden bisher keine nennenswerten Expositionen gefunden. Beachtenswerte Konzentrationen wurden nur in Einzelfällen, z. B. im Bereich der Technik (Quellfassungen) und in der Stollentherapie festgestellt. Ein Teil der Mitarbeiter wurde mit persönlichen Radondosimetern ausgerüstet. Abb. 6/10 zeigt die detaillierte Aufnahme des Konzentrationsverlaufs von Po-218 in Luft (entspricht in etwa dem Mutternuklid Radon) an einem Arbeitsplatz im Bereich der Radontherapie. Aus den gewonnenen Erkenntnissen über den Ablauf des Patientenwechsels und der Abschottung gegen den Therapiebereich und den Einfluß der Belüftung konnten Vorschläge zur Reduzierung der internen Exposition gemacht werden.



Rn-Stollen Kreuznach, Patientenempfang 9.10.11:00

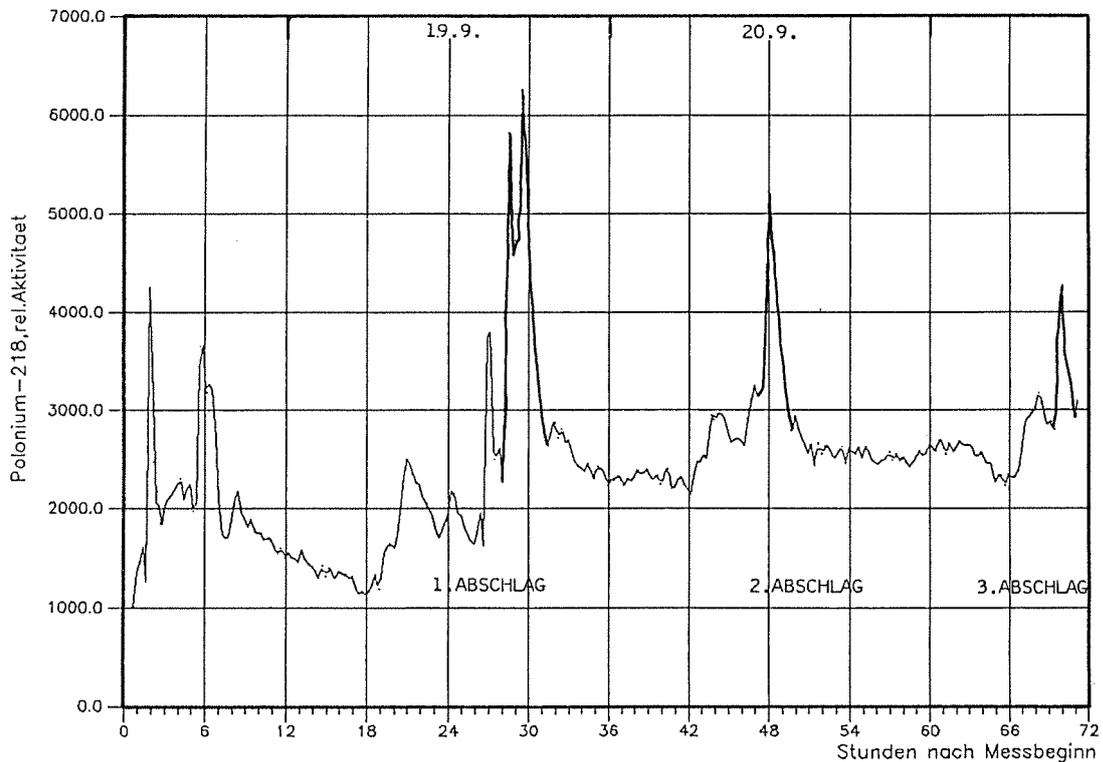
Abb. 6/10: Kontinuierliche Radonfolgeproduktmessung an einem Arbeitsplatz in der Radontherapie

6.5.3 Radon-Vergleichsmessungen, Strahlenschutz- und Umweltmessungen

Der zweite europäische Vergleich in der Radonmeßtechnik fand vom 29.06.-07.07.1989 im Bereich des Bergbaureviere von La Crouzille bei Limoges statt. Mit Unterstützung der EG hatte die CEA-Abteilung "Centre de Radioprotection dans les Mines" in der Urangrube Bellezane der COGEMA ein Untertage-labor aufgebaut, in dem unter den Randbedingungen des Bergbaus ein Methoden- und Instrumentenver-gleich durchgeführt wurde. Zwanzig Wissenschaftler aus dreizehn Ländern nahmen an diesem Meßpro-

gramm teil, in dem neben Neuentwicklungen und Prototypen auch bewährte Strahlenschutzmeßgeräte untereinander im Hinblick auf Meßverhalten, Genauigkeit und praktische Handhabung unter erschwertem Einsatz getestet wurden. HS hatte neben den Passivdosimetern auch die Working-Level-Momentanmessung und die kontinuierliche Alphamessung im Einsatz. Die Gesamtergebnisse des Vergleiches werden zur Zeit von der CEA federführend zusammengefaßt und in Kürze veröffentlicht.

Die Uranexplorationsgrube Menzenschwand ist 1989 in die abschließende Abbauphase eingetreten, in der die explorierten Erzkörper vor der geplanten Auflassung Ende 1990 herausgewonnen werden müssen. Das bedeutet für die Bergleute einen vermehrten Kontakt mit hochwertigem Erz, und Maßnahmen zur Verminderung der Strahlenexposition wurden notwendig. Neben der systematischen Suche nach Kurzschlüssen und Radonkontaminationen im Frischwetterstrom wurde durch detaillierte Analysen die Radonbilanz der Grubenwässer durchgeführt, was zu einer relativ aufwendigen Abdämmung von ca. 500 m aufgelassener Explorationsauffahrung führte. Kontinuierliche Messungen der Rn-Folgeprodukte wurden auch während des Arbeitsablaufes bei der Erzgewinnung durchgeführt (vgl. Abb. 6/11). Dabei konnte u. a. gezeigt werden, daß durch eine Änderung in der Sprengtechnik eine Reduzierung der Radonfreisetzung aus dem bisher geschossenen Haufwerk dadurch erreicht werden kann, daß anstelle eines großen (50-Loch-) Abschlages (Abschlag 1) zwei kleinere Abschläge (z. B. 30- bzw. 20-Loch-Abschlag) gesetzt werden. Die Fläche unter den Peaks der Abluftkonzentrationskurve entspricht der beim Sprengen freigesetzten Radonmenge.



MENZENSCHWAND 18.9.89 12:00 AG2 240/210 ABLUFT

Abb. 6/11: Kontinuierliche Radonfolgeproduktmessung in der Fortluft eines Abbauortes einer Urangrube

Bei Radonbestimmungen mit Passivdosimetern in der Umwelt unterstützte HS eine Reihe von Vorhaben durch Beratung oder eigene Messungen. Bodenluftbestimmungen zur Ermittlung von Radonanomalien, die zu einer erhöhten Radonbelastung von Wohnhäusern führen können, sollten einen Beitrag liefern zur Aufklärung von Wegsamkeiten und Diffusionsvorgängen in Gebieten mit hohen Radonwerten in Häusern (Universität Bonn). Die Universität des Saarlandes untersucht die Radonausbreitung im Bereich der Uranerzaufbereitungsanlage Ellweiler und konnte auf den von HS in diesem Bereich gemachten Erfahrungen aufbauen. Ein umfangreicheres Untersuchungsprogramm zur Radonausbreitung wurde im Rahmen eines IAEA-Vorhabens in Portugal begonnen. In unmittelbarer Umgebung der ehemaligen Radiumfabrik und jetzigen Uranaufbereitung von Urgeiriça wurden auf 300 000 m² Gelände ca. 1,5·10⁶ t Erzurückstände aufgehaldet, die langfristig gesichert werden sollen. Ein Hauptexpositionspfad von diesen Halden führt über das Radon. Mit Hilfe einer größeren Anzahl von Passivdosimetern konnte in einer ersten Versuchsreihe die Radonverteilung auf einem ca. 20 ha großen, landwirtschaftlich genutzten Gelände unterhalb der Aufhaldungen dargestellt werden.

6.5.4 Messung der Radonkonzentration in der Luft

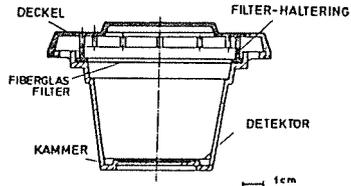
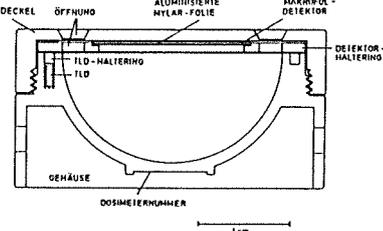
D. Stober, S. Ugi

Innerhalb der Serviceleistungen der amtlichen Meßstelle für Festkörperdosimeter wird auch ein Dosimetriesystem zur Messung der Aktivitätskonzentration von Radon und Folgeprodukten in der Luft angeboten.

Durch Einrichtung eines neuen Labors und Auswerteraumes und die Entwicklung der rechnerkontrollierten elektrochemischen Ätzung konnte der routinemäßige Betrieb weiter ausgebaut werden. Es werden beide von der KfK entwickelten passiven Dosimeter (Tab. 6/4) bereitgestellt und ausgewertet. Damit wird auch dem wachsenden Interesse einer breiten Öffentlichkeit an der Strahlenbelastung in Wohnungen durch Radon Rechnung getragen.

Für folgende Aufgaben wurden Auswertungen durchgeführt:

- Routinemäßige Überwachung der Urangrube Menzenschwand aufgrund amtlicher Auflagen. Dabei wird neben der monatlichen Personendosimetrie für Bergleute auch eine vierteljährliche Umgebungsüberwachung ausgewertet.
- Wie oben beschrieben, Umwelt- und Untertagemessungen im Uranbergbau in Australien,
- Umwelt- und Betriebsmessungen bei der Urananlage in Ellweiler,
- vergleichende Messungen in Frankreich,
- Bereitstellungen und Auswertungen für ein Forschungsprogramm der KfA Jülich. Es handelt sich um Messungen in der Umwelt und in Wohnungen im Fichtelgebirge,
- Umgebungsmessungen im geplanten Zwischenlager Mitterteich,
- Messungen in Wohnungen für Privatpersonen.

<p>Design</p>	 <p>Passives KfK Radon Dosimeter</p>	 <p>Passives KfK Radon (Personen-) Dosimeter</p>
<p>Wirkungsweise</p>	<p>Die Diffusionskammern sind mit Hilfe eines hydrophoben Glasfaserfilters abgeschlossen. Dadurch wird erreicht, daß nur das Edelgas Radon und keine Aerosole in das Innere gelangen. Der Detektor im Innern registriert α-Teilchen von Radon und seinen Zerfallsprodukten, die im Innern durch den Zerfall von Radon neu entstanden sind. Er ist unempfindlich für β- und γ-Strahlung.</p>	
<p>Detektor Material</p>	<p>Polycarbonat MAKROFOL DE 1-4 Dicke: 300 μm</p>	<p>Polycarbonat MAKROFOL DE 1-4 Dicke: 300 μm überzogen mit einer 0,3 mg/cm² dicken elektrisch leitenden Kunststoffolie</p>
<p>Material des Gehäuses</p>	<p>LURANS Kunststoffspritzguß</p>	<p>Kunststoffspritzguß kohlenstoffhaltig elektrisch leitend</p>
<p>Detektorauswertung</p>	<p>elektrochemisches Ätzverfahren</p>	
<p>Empfindlichkeit: Radonkonzentration*) Radonzerfallsproduktkonzentration*)</p>	<p>16,2 $\frac{\text{Spuren} \cdot \text{cm}^{-2}}{\text{kBqm}^{-3} \text{ d}}$ 4,2 $\frac{\text{Spuren} \cdot \text{cm}^{-2}}{\text{kBqm}^{-3} \text{ d}}$</p>	<p>9,4 $\frac{\text{Spuren} \cdot \text{cm}^{-2}}{\text{kBqm}^{-3} \text{ d}}$ nicht überprüft</p>
<p>Meßbereich Radon: <u>Untergrenze:</u> pro Tag: pro Monat: pro Quartal: <u>Obergrenze:**</u> pro Tag: pro Monat: pro Quartal:</p>	<p>600 Bqm⁻³ 20 Bqm⁻³ 7 Bqm⁻³ 100 kBqm⁻³ 3,5 kBqm⁻³ 1,2 kBqm⁻³</p>	<p>960 Bqm⁻³ 32 Bqm⁻³ 10 Bqm⁻³ 160 kBqm⁻³ 5,3 kBqm⁻³ 1,8 kBqm⁻³</p>
<p>Anwendung</p>	<p>Messungen im Freien Messungen in Häusern</p>	<p>Messungen im Freien Messungen in Häusern Personendosimetrie in Uran- und sonstigen Bergwerken und Verarbeitungsbetrieben</p>

*) bei Standardatzbedingungen
**) aufgrund von Kernspurüberlappungen

Tab. 6/4: Passive integrierende KfK-Radondosimeter

6.6 Inkorporationsmessung

6.6.1 Routine- und Sondermessungen

U. Mohr, A. Zieger, H. Doerfel

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

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

Bedingt durch den Reaktorunfall von Tschernobyl wiesen auch 1989 noch alle untersuchten Personen eine erhöhte Cäsium-Körperaktivität auf. Dies führte zu einer 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 (Abschn. 6.6.7) analysiert. Insgesamt wurden 1 887 Mitarbeiter überwacht, bei 78 Personen wurde eine beruflich bedingte Inkorporation festgestellt (Tab. 6/5). Bei 31 Personen sind die 1989 nachgewiesenen Körperaktivitäten mit hoher Wahrscheinlichkeit ausschließlich auf Aktivitätszufuhren in den Vorjahren zurückzuführen. Bei 7 Personen beruhen die nachgewiesenen Körperaktivitäten wahrscheinlich teilweise und bei 23 Personen ausschließlich auf neuen Aktivitätszufuhren in 1989. Bei 17 Personen reichten die verfügbaren Meßergebnisse für eine sinnvolle Interpretation nicht aus. Nimmt man an, daß die 1989 erfolgten Aktivitätszufuhren auf Inhalation zurückzuführen sind, so ergeben sich die in Tab. 6/6 aufgeführten Werte für die resultierende effektive Folgeäquivalentdosis. Die Tab. 6/6 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. Die resultierenden Werte der effektiven Folgeäquivalentdosis entsprechen annähernd einer logarithmischen Normalverteilung mit dem geometrischen Mittelwert 29 μ Sv. Der Maximalwert liegt bei 110 μ Sv, resultierend aus einer Zufuhr von 1,9 kBq Co-60 in schwer transportabler Form.

Nuklid	Anzahl der Personen mit positivem Befund	Wahrscheinliche Ursachen der Körperaktivität		
		ausschließlich Vorbelastung	teilweise Vorbelastung	neue Zufuhr in 1989
Mn-54	1	-	-	1
Co-58	2	-	-	2
Co-60	68	31	7	16
Rb-81	1	-	-	1
Zr-95	1	-	-	1
I-131	5	-	-	2
Gesamt	78 (100 %)	31 (40 %)	7 (9 %)	23 (29 %)

Tab. 6/5: Ursachen für die positiven Meßbefunde des Ganzkörperzählers in 1989 aufgrund einer Analyse der Meßergebnisse nach ICRP 30

Nuklid	Retentionsklasse			Effektive Folgeäquivalentdosis in µSv			
	D	W	Y	≤ 1	> 1 ≤ 10	> 10 ≤ 100	> 100 ≤ 1000
Mn-54	-	1	-	1	-	-	-
Co-58	-	1	1	-	1	1	-
Co-60	-	1	22	-	7	15	1
Rb-81	1	-	-	-	1	-	-
Zr-95	-	1	-	-	1	-	-
I-131	2	-	-	-	1	1	-
Gesamt	3	4	23	1	11	17	1

Tab. 6/6: Schätzwerte für die effektive Folgeäquivalentdosis infolge von Inkorporationen in 1989 aufgrund einer Analyse der Meßergebnisse des Ganzkörperzählers nach ICRP 30

Mit den Teilkörperzählern wurden im Rahmen der Eigenüberwachung 31 Messungen aus besonderen Anlässen durchgeführt, die in zwei Fällen einen positiven Befund lieferten (Tab. 6/7).

Außer den Routinemessungen wurden zahlreiche weitere Untersuchungen durchgeführt. So wurden im Ganzkörperzähler 378 Referenzmessungen zur Bestimmung der Cäsium-Körperaktivität in der Karlsruher Referenzgruppe und in einigen anderen Personengruppen aus Baden-Württemberg durchgeführt (Abschn. 6.6.2). Weitere 250 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 3 300.

Ein ganz erheblicher Anteil der Meßkapazität der Teilkörperzähler wurde auch 1989 wieder durch Inkorporationsmessungen für externe Auftraggeber in Anspruch genommen (Tab. 6/8). Im Vordergrund standen dabei Messungen für KWU, Euratom und Siemens/BW. Die Gesamtanzahl der Teilkörpermessungen beläuft sich auf etwa 630. 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	12	12	0
IHCH	4	5	2
INE	4	4	0
IRCH	2	2	0
HVT/HZ	5	5	0
WAK	3	3	0
Gesamt	30	31	2

Tab. 6/7: Ergebnisse der Inkorporationsüberwachung im Teilkörperzähler

Messung	Phoswich-Detektor	HPGe-Detektor
Fremdauftrag	228	241
Referenz	50	26
Kalibrierung	63	150
Nulleffekt	44	35
Proben	4	1
Sonstige	22	27
Gesamt	411	480

Tab. 6/8: Zusammenstellung der außerhalb der Eigenüberwachung durchgeführten Messungen mit dem Phoswich- und dem HPGe-Teilkörperzähler

6.6.2 Cs-137-Referenzmessungen

U. Mohr, A. Zieger, H. Doerfel

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. Nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl wurde die Referenzgruppe im Mai 1986 um etwa 20 Kinder erweitert. Das Durchschnittsalter der Kinder lag anfangs bei etwa 6,5 Jahren und das durchschnittliche Körpergewicht bei etwa 22 kg. Die kleineren Kinder wurden im Laufe der Zeit wieder aus der Referenzgruppe herausgenommen, so daß sich das Durchschnittsalter bis Ende 1989 auf etwa 9 Jahre und das Durchschnittsgewicht auf etwa 32 kg erhöhte. Bis Ende 1988 wurden die Kinder monatlich gemessen, danach nur noch einmal pro Quartal.

In Tab. 6/9 sind die Monatsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität für das Jahr 1989 aufgelistet. Die Abb. 6/12 vermittelt einen Überblick über die seit dem Reaktorunfall von Tschernobyl für die Erwachsenen und die Kinder der Referenzgruppe gewonnenen Quartalsmittelwerte. Sowohl für die Kinder als auch für die Erwachsenen ergaben sich Maxima um etwa 8 Bq/kg. Bei den Erwachsenen wurde das Maximum im dritten Quartal 1987 erreicht und bei den Kindern - bedingt durch die kürzere biologische Halbwertszeit - bereits im zweiten Quartal 1987. Seit Mitte 1987 wird ein stetiger Abfall der spezifischen Cs-137-Körperaktivität beobachtet, wobei sich die Werte der Erwachsenen und der Kinder mehr und mehr angleichen.

Monat	Mittlere spezifische Cs-137-Körperaktivität in Bq/kg	
	Erwachsene	Kinder
Januar	1,92	-
Februar	1,87	-
März	1,53	1,40
April	1,65	-
Mai	1,30	-
Juni	1,48	-
Juli	1,38	1,20
August	1,23	-
September	1,22	0,58
Oktober	1,25	-
November	1,15	1,11
Dezember	1,26	-

Tab. 6/9: Monatsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität in der Karlsruher Referenzgruppe für 1989 (Erwachsene und Kinder)

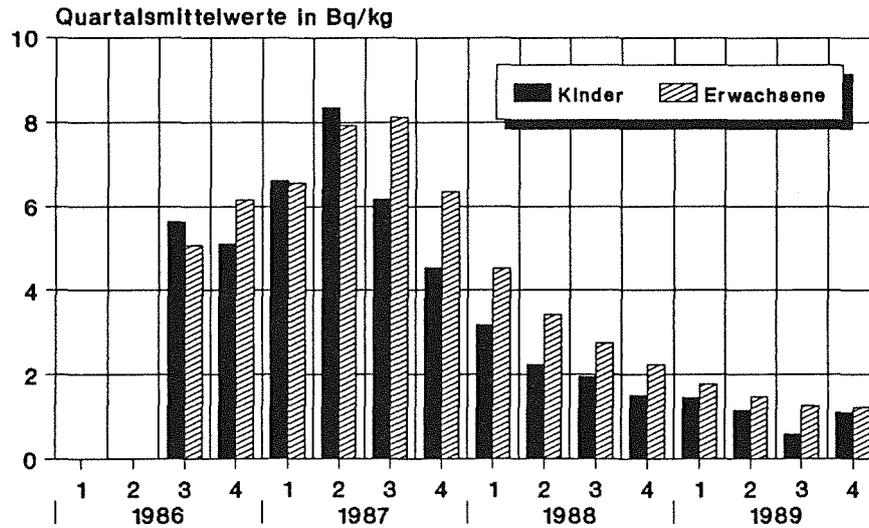
Die Abb. 6/13 zeigt die Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-134-Körperaktivität. Bedingt durch die kürzere physikalische Halbwertszeit von Cs-134 werden die Maxima sowohl bei den Erwachsenen als auch bei den Kindern jeweils ein Quartal früher erreicht, als es bei Cs-137 der Fall ist. Das Verhältnis der Körperaktivitäten von Cs-134 und Cs-137 lag unmittelbar nach dem Unfall von Tschernobyl bei etwa 1:2 und nimmt seitdem entsprechend dem unterschiedlichen physikalischen Zerfall der Isotope ab.

Die Abb. 6/14 und 6/15 zeigen eine Aufschlüsselung der Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität nach dem Geschlecht. Sowohl bei den Kindern als auch bei den Erwachsenen wird beim weiblichen Geschlecht das Maximum etwas früher erreicht als beim männlichen Geschlecht. Dies ist wahrscheinlich auf die geschlechtsspezifischen Unterschiede der biologischen Halbwertszeit von Cäsium zurückzuführen.

Im Mai 1987 wurde eine landesweite Erhebung der Cäsium-Körperaktivität in der Bevölkerung von Baden-Württemberg durchgeführt (HS-Jahresbericht 1987). Im Juni 1989 wurde für einige ausgewählte Kreise eine Folgeuntersuchung durchgeführt. In Abb. 6/16 sind die bei den beiden Erhebungen für die Erwachsenen der jeweiligen Referenzgruppen ermittelten Cs-137-Körperaktivitäten gegenübergestellt. Wie aus dieser Abbildung hervorgeht, sind die im Mai 1987 beobachteten regionalen Unterschiede der Körperaktivität kaum noch feststellbar. Im Rahmen der statistischen Genauigkeit werden nun auch in den anfangs höher belasteten Gebieten die gleichen Körperaktivitäten gemessen wie im Karlsruher Raum. Das gleiche gilt auch für die Kinder aus Baden-Württemberg (Abb. 6/17).

Die Abb. 6/18 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. 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.

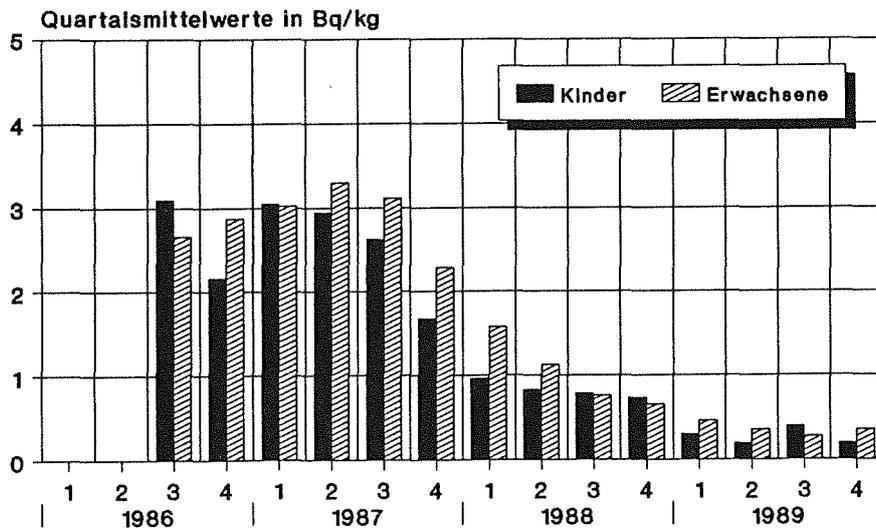
Cs-137-Körperaktivität Karlsruher Referenzgruppe



KfK-Ganzkörperzähler

Abb. 6/12: Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität für die Erwachsenen und die Kinder der Karlsruher Referenzgruppe seit dem Reaktorunfall von Tschernobyl

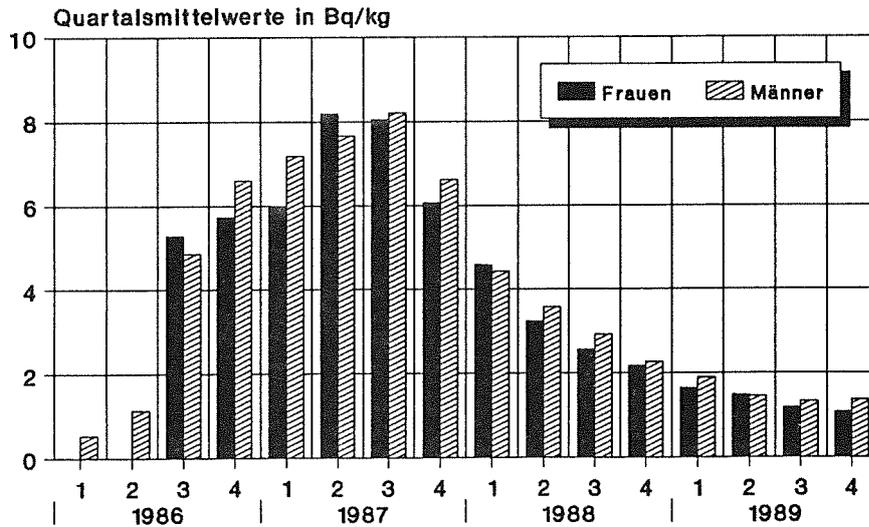
Cs-134-Körperaktivität Karlsruher Referenzgruppe



KfK-Ganzkörperzähler

Abb. 6/13: Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-134-Körperaktivität für die Erwachsenen und die Kinder der Karlsruher Referenzgruppe seit dem Reaktorunfall von Tschernobyl

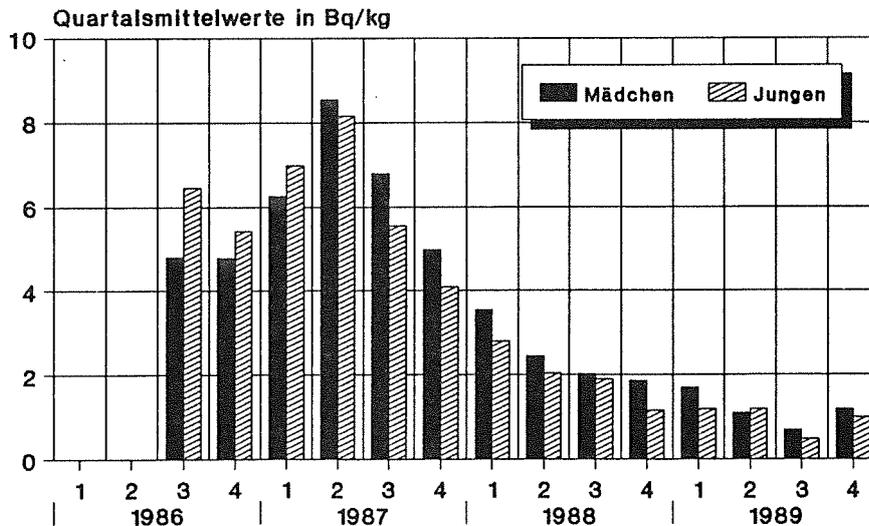
Cs-137-Körperaktivität Karlsruher Referenzgruppe



KfK-Ganzkörperzähler

Abb. 6/14: Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität für die Frauen und die Männer der Karlsruher Referenzgruppe seit dem Reaktorunfall von Tschernobyl

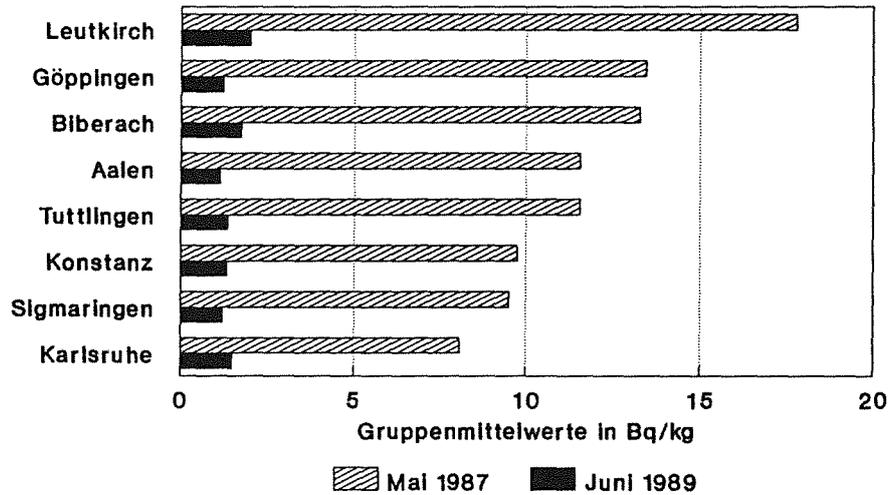
Cs-137-Körperaktivität Karlsruher Referenzgruppe



KfK-Ganzkörperzähler

Abb. 6/15: Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität für die Mädchen und die Jungen der Karlsruher Referenzgruppe seit dem Reaktorunfall von Tschernobyl

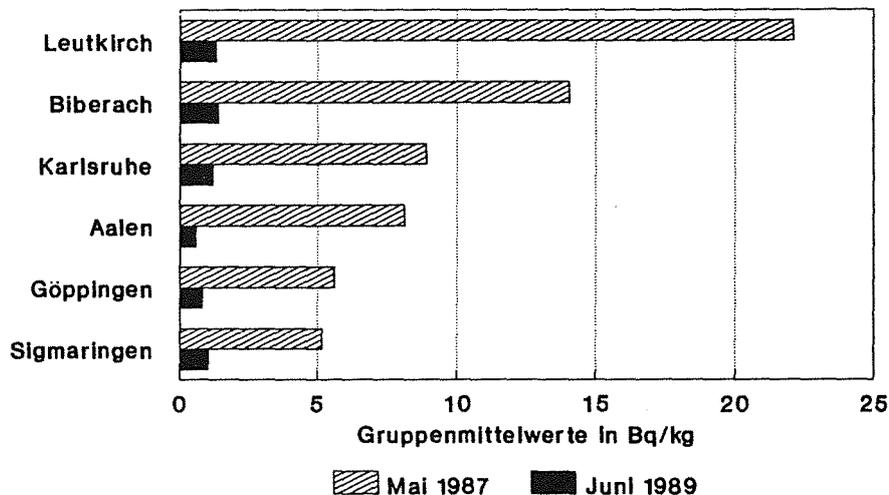
Cs-137-Körperaktivität Erwachsene aus Baden-Württemberg



KIK-Ganzkörperzähler

Abb. 6/16: Mittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität für Erwachsene aus verschiedenen Kreisen von Baden-Württemberg im Mai 1987 und im Juni 1989

Cs-137-Körperaktivität Kinder aus Baden-Württemberg



KIK-Ganzkörperzähler

Abb. 6/17: Mittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität für Kinder aus verschiedenen Kreisen von Baden-Württemberg im Mai 1987 und im Juni 1989

Cs-137-Körperaktivität Karlsruher Referenzgruppe (Erwachsene)

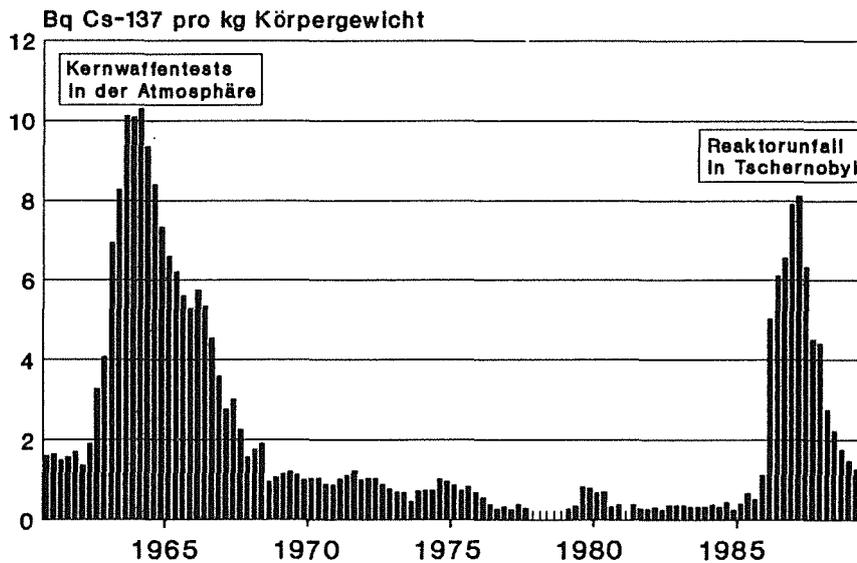


Abb. 6/18: Quartalsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität für die Karlsruher Referenzgruppe (Erwachsene) seit 1961

6.6.3 K-40-Referenzmessungen

U. Mohr, A. Zieger, H. Doerfel

In der Sektion für pädiatrische Nephrologie der Kinderklinik der Ruprecht-Karl-Universität Heidelberg werden im Rahmen eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projekts die Veränderungen der Gewebekomposition bei Kindern mit chronischen Nierenerkrankungen untersucht. Im Vordergrund stehen hierbei die krankheitsbedingten Veränderungen des Verhältnisses von Fett- zu Muskelmasse.

Die Bestimmung dieses Verhältnisses erfolgt im allgemeinen durch Messung der spezifischen K-40-Körperaktivität. Seit kurzem bietet eine englische Firma ein Meßgerät an, mit dessen Hilfe das Verhältnis von Fett- zu Muskelmasse auch durch Messung des elektrischen Widerstandes an der Körperoberfläche bestimmt werden kann. Vergleichende Untersuchungen an gesunden Erwachsenen ergaben eine gute Übereinstimmung der Ergebnisse dieser Methode mit den Ergebnissen der K-40-Messungen.

Um zu überprüfen, inwieweit das Impedanz-Meßverfahren auch bei Kindern anwendbar ist, wurden im Juli und im November 1989 insgesamt etwa 125 gesunde Jungen und Mädchen im Alter zwischen 4 und 19 Jahren im Ganzkörperzähler von HS/D auf K-40 untersucht und gleichzeitig einer Impedanzmessung unterzogen. Im Jahr 1990 sollen entsprechende Vergleichsmessungen mit Kindern mit chronischen Nierenerkrankungen durchgeführt werden. Die statistische Auswertung der Vergleichsmessungen ist noch nicht abgeschlossen.

In einer separaten Studie wurden die Ergebnisse der K-40-Messungen mit den in ICRP 23 angegebenen Referenzdaten verglichen. Die Referenzdaten basieren auf Ganzkörpermessungen von insgesamt etwa 2 960 Personen im Alter von 1 bis 79 Jahren in Los Alamos in den Jahren 1956 und 1961. Zum Vergleich wurden außer den 1989 bei HS/D durchgeführten Kindermessungen auch die in der gleichen Zeit an Erwachsenen durchgeführten Referenzmessungen herangezogen. Dabei wurden die Referenzpersonen einer Altersdekade jeweils zu einer Gruppe zusammengefaßt. Für Frauen oberhalb 40 Jahre und Männer oberhalb 60 Jahre lagen nicht genügend Meßergebnisse vor, so daß diese Werte hier nicht berücksichtigt werden konnten.

Die für die verschiedenen Altersgruppen berechneten Mittelwerte der spezifischen K-40-Körperaktivität sind in Abb. 6/19 zusammen mit den aus ICRP 23 übernommenen Mittelwerten dargestellt. Die Werte sind im großen und ganzen miteinander konsistent, wenngleich die durch die KfK-Messungen gegebene Altersabhängigkeit der spezifischen K-40-Körperaktivität insbesondere bei den Frauen wesentlich stetiger ist als die durch ICRP 23 gegebene Altersabhängigkeit.

Spezifische K-40-Körperaktivität Messungen im KfK-Ganzkörperzähler

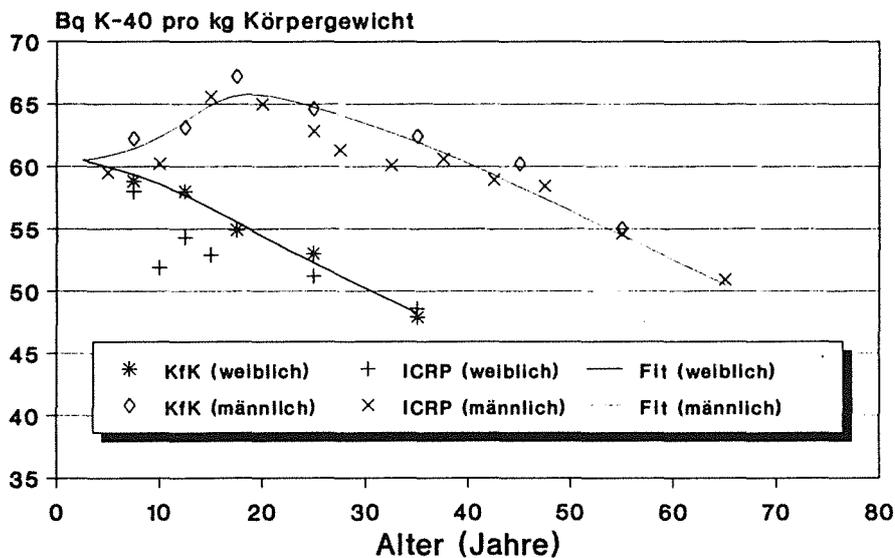


Abb. 6/19: Mittlere spezifische K-40-Körperaktivität für weibliche und männliche Personen verschiedener Altersgruppen nach Messungen im Ganzkörperzähler von HS/D und nach ICRP 23 (Reference Man)

Bei Kindern unterhalb fünf Jahren ergibt sich unabhängig vom Geschlecht eine mittlere spezifische K-40-Körperaktivität von etwa 60 Bq/kg. Bei den Mädchen und Frauen ist mit zunehmendem Alter eine nahezu stetige Abnahme der spezifischen K-40-Aktivität zu beobachten, während bei den Jungen zunächst eine Zunahme eintritt. Bei etwa 15 Jahren wird ein Maximalwert von etwa 67 Bq/kg beobachtet. Danach nimmt die spezifische K-40-Aktivität etwa in der gleichen Weise ab wie bei den weiblichen Personen. Ein entsprechender Fit ergibt bei weiblichen Personen oberhalb 10 Jahren und bei männlichen Personen oberhalb 20 Jahren eine mittlere Abnahme der spezifischen K-40-Körperaktivität um 0,8 % pro Jahr.

Die mittlere Schwankungsbreite der spezifischen K-40-Körperaktivität innerhalb der verschiedenen Altersgruppen liegt bei 10 %. Bei sehr sportlichen Personen wurden Werte gemessen, die bis zu 35 % über dem jeweiligen Altersdurchschnitt lagen.

6.6.4 Zur Kalibrierung des Teilkörperzählers für Am-241-Depositionen im Skelett

U. Mohr, A. Zieger, H. Doerfel

Im Jahr 1987 wurde der Phoswich-Teilkörperzähler von HS/D mit verschiedenen anthropomorphen Knochenphantomen vom Institute of Environmental Medicine des New York University Medical Center (NYUMC) für Am-241-Depositionen im Skelett kalibriert (HS-Jahresbericht 1987). Bei den Knochenphantomen handelte sich um zwei Schädelphantome, ein Thoraxphantom und ein Kniephantom. Die Kalibriermessungen wurden in vier Meßpositionen durchgeführt, wobei die beiden Phoswich-Detektoren symmetrisch zur Medianebene des Körpers über dem Schädel bzw. über der Lunge, der Leber und den Knien angeordnet sind. In jeder dieser Meßpositionen wurden die Kalibrierfaktoren für alle Phantome bestimmt. Diese Werte wurden dann mit Hilfe einer aus Autopsiemessungen abgeleiteten Aktivitätsverteilung auf das Gesamtskelett extrapoliert (Tab. 6/10, alte Kalibrierfaktoren).

Bei den mit diesen Kalibrierfaktoren in der Folgezeit ermittelten Skelettaktivitäten ergaben sich systematische Inkonsistenzen. Und zwar war die aus der Schädelmessung abgeleitete Skelettaktivität stets nahezu doppelt so groß wie die aus der Kniemessung abgeleitete Skelettaktivität.

Im vergangenen Jahr wurden vom U. S. Transuranium Registry die Ergebnisse von drei weiteren Am-241-Autopsien publiziert. Eine Gegenüberstellung der Ergebnisse zeigt, daß die bei der Kalibrierung 1987 zugrundegelegte Aktivitätsverteilung offenbar einen Extremfall darstellt. So ist der Aktivitätsanteil in den Ober- und Unterschenkelknochen in diesem Fall etwa 30 % größer als im Durchschnitt der drei anderen Fälle.

Weitere Recherchen ergaben, daß die Am-241-Aktivität in dem bei der Kalibrierung benutzten Kniephantom nicht wie ursprünglich angenommen homogen auf die gesamte Knochenoberfläche, sondern lediglich auf die von den Detektoren erfaßte Knochenbereiche verteilt ist. Bei Berücksichtigung dieser Erkenntnisse ergeben sich die in Tab. 6/11 angegebenen neuen Kalibrierfaktoren, die insbesondere bei der Kniemessung erheblich von den alten Werten abweichen. Mit diesen neuen Kalibrierfaktoren ergab sich eine sehr gute Konsistenz der Meßergebnisse.

Nach Lieferung des ersten HPGe-Teleskopdetektors für den neuen Teilkörperzähler wurden seit Beginn 1989 bei allen Probanden mit höheren Am-241-Depositionen vergleichende Messungen mit den Phoswich-Detektoren und den neuen HPGe-Detektoren durchgeführt. Dabei wurde mit den Phoswich-Detektoren sowohl in Lungen- als auch in Lebermeßposition im Mittel eine um den Faktor 165 höhere Photopeak-Impulsrate gemessen als mit dem HPGe-Detektor. Dieser Faktor deckt sich sehr gut mit dem aufgrund der größeren Kristallfläche und des geringeren Abstands zwischen Kristall und Körperoberfläche zu erwartenden Wert. Bei der Schädel- und der Kniemessung ergeben sich Faktoren von 71 bzw. 112. Dies ist in erster Linie darauf zurückzuführen, daß bei diesen Messungen nur etwa 50 % der Fläche der Phoswich-Detektoren genutzt werden kann. Bei Zugrundelegung dieser Faktoren können aus den Phoswich-Kalibrierfaktoren die in Tab. 6/13 aufgeführten Kalibrierfaktoren für den HPGe-Detektor abgeleitet werden. Bis zu einer genaueren Kalibrierung des HPGe-Detektorsystems mit den Knochenphantomen von NYUMC werden diese abgeleiteten Kalibrierfaktoren benutzt.

Meßposition	Extrapolierter Kalibrierfaktor (Imp/s pro kBq Am-241 im Gesamtskelett)	
	alt	neu
Schädelmessung	7,57	7,93
Lungenmessung	2,93	3,50
Lebermessung	2,80	3,50
Kniemessung	12,83	5,93

Tab. 6/10: Extrapolierte Kalibrierfaktoren für homogene Am-241-Depositionen im Skelett (Knochenoberfläche)

Meßposition	Extrapolierter Kalibrierfaktor (Imp/s pro kBq Am-241 im Gesamtskelett)	
	Phoswich	HPGe
Schädelmessung	7,93	0,112
Lungenmessung	3,50	0,021
Lebermessung	3,50	0,021
Kniemessung	5,93	0,053

Tab. 6/11: Extrapolierte Kalibrierfaktoren für homogene Am-241-Depositionen im Skelett (Knochenoberfläche)

6.6.5 Entwicklung des neuen Teilkörperzählers zur In-vivo-Messung von Aktiniden

H. Doerfel

Im Rahmen des Forschungsvorhabens "In-vivo-Messung von Aktiniden" soll ein neuer Teilkörperzähler mit HPGe-Teleskopdetektoren aufgebaut werden. Die im August 1987 mit der Lieferung dieses Teilkörperzählers beauftragte Firma war auch nach mehrfacher Verlängerung der Lieferfrist nicht in der Lage, eine den Anforderungen entsprechende Meßanordnung zu bauen.

Die Hauptschwierigkeit lag in der Herstellung der HPGe-Teleskopdetektoren. Bei diesen Detektoren handelt es sich um eine Doppelkristallanordnung von einem planaren und einem koaxialen Germaniumkristall auf engstem Raum. Die hierbei auftretenden Mikrophonie-Probleme konnten von der Firma auch nach mehrmonatigen Entwicklungsarbeiten nicht gelöst werden. Der Auftrag wurde daher zum 01.03.89 storniert.

Da sich diese Entwicklung bereits ein halbes Jahr vor der Auftragsstornierung abzeichnete, wurden im August 1988 Verhandlungen mit zwei anderen Lieferfirmen (im folgenden A und B genannt) aufgenommen. Allerdings hatten auch diese Firmen bis dahin noch keinen HPGe-Teleskopdetektor mit der ge-

wünschten Kristallkonfiguration geliefert. Aus diesem Grund wurden beide Firmen zunächst mit der Lieferung je eines Prototyp-Detektors beauftragt.

Beide Firmen hatte gewisse Probleme mit dem Beryllium für das Strahleneintrittsfenster der Detektoren. Firma A konnte trotz aller Bemühungen kein hinreichend reines Beryllium auf dem Markt aufreiben. Deshalb hat HS/D der Firma hochreines Beryllium-Blech aus eigenen Beständen zur Verfügung gestellt. Ein entsprechendes Angebot von HS/D an Firma B wurde zunächst ausgeschlagen, da man der Meinung war, über hinreichend sauberes Beryllium zu verfügen. Zwischenzeitlich durchgeführte Vergleichsmessungen zeigten jedoch signifikante Uran-Verunreinigungen im Strahleneintrittsfenster des Detektors. Firma B wird das Fenster daher nun nachträglich gegen hochreines Material aus HS/D-Beständen austauschen.

Die im März und im April 1989 durchgeführten Vergleichsmessungen der Prototyp-Detektoren ergaben unter anderem folgendes:

- Der Nulleffekt des B-Detektors (freistehend ohne Antikoinzidenz) ist 30 % bis 40 % niedriger als der unter gleichen Bedingungen gemessene Nulleffekt des A-Detektors. Wenn das Strahleneintrittsfenster des B-Detektors ausgetauscht wird, ist damit zu rechnen, daß der Nulleffekt des B-Detektors nur etwa halb so groß wie der des A-Detektors ist. Der relativ hohe Nulleffekt des A-Detektors ist bereits bei früheren Vergleichen mit herkömmlichen Low-energy-Detektoren aufgefallen. Zwischenzeitlich ist es der Firma A gelungen, den Nulleffekt durch nicht näher spezifizierte Optimierungen zu reduzieren. Meßergebnisse liegen allerdings noch nicht vor.
- Der A-Detektor hat mit etwa 330 eV FWHM bei 5,9 keV ein hervorragendes Energieauflösungsvermögen. Nach Auskunft handelt es sich hierbei allerdings um einen Glückstreffer bei der Auswahl des Ausgangsmaterials für den Low-energy-Kristall. Für die Serienfertigung der Teleskopdetektoren rechnete man mit einem Energieauflösungsvermögen von <380 eV FWHM. Der Prototyp des Detektors der Firma B hat mit etwa 400 eV FWHM ein deutlich schlechteres Energieauflösungsvermögen. Für die Serienfertigung wurde ein Energieauflösungsvermögen von <420 eV FWHM garantiert.
- Bei dem A-Detektor sind wiederholt Probleme mit der Stickstoff-Kühlung aufgetreten. So konnte insbesondere der Low-energy-Detektor - auch nach mehrtägiger Wartezeit unter flüssigem Stickstoff - nicht auf die Betriebstemperatur herabgekühlt werden. Ähnliche Probleme sind bei dem B-Detektor bislang noch nicht aufgetreten.

Bei der Beurteilung der Vergleichsmessungen haben die folgenden Überlegungen eine besondere Rolle gespielt: Die Konzeption des neuen Lungenzählers zielt in erster Linie auf einen möglichst niedrigen Nulleffekt des Detektorsystems ab. Sowohl die aufwendige Doppelkristallanordnung in den Germanium-Teleskopdetektoren als auch der Plastik-Szintillationsdetektor und die Proportionalzähler dienen allein der Reduzierung des Nulleffekts der Low-energy-Detektoren. Aufgrund der bisherigen Untersuchungen kann insgesamt mit einer Nulleffekt-Reduzierung um den Faktor zwei gerechnet werden. Wenn die A-Detektoren jedoch von vornherein einen doppelt so hohen Nulleffekt mitbringen wie die B-Detektoren, so muß damit gerechnet werden, daß das Detektorsystem der Firma A mit der gesamten aufwendigen Antikoinzidenz-Technik gerade den gleichen Nulleffekt hat wie die B-Detektoren ohne jegliche Antikoinzidenz. Aufgrund dieser Überlegungen sind die B-Detektoren - trotz des schlechteren Energieauflösungsvermögens - den A-Detektoren vorzuziehen.

6.6.6 Neue Software zur Simulation des Stoffwechsels inkorporierter Radionuklide

E. Beleznay, H. Doerfel

In Zusammenarbeit mit dem Forschungsinstitut für Kernenergie des Zentralforschungsinstitutes für Physik (KFKI) der Ungarischen Akademie der Wissenschaften wurde eine neue Software zur mathematischen Simulation des Stoffwechsels inkorporierter Radionuklide entwickelt. Die Software basiert auf den in der ICRP-Publikation 30 angegebenen Stoffwechselmodellen und erlaubt die Berechnung von Retentions- und Ausscheidungsfunktionen für Inhalation, Ingestion oder Wundaufnahme von allen relevanten Radionukliden.

In Abb. 6/20 sind die bei den Modellrechnungen berücksichtigten Kompartimente dargestellt. Es handelt sich dabei um den Magen-Darm-Trakt mit 4 Subkompartimenten, den Atemtrakt mit 10 Subkompartimenten (ICRP-Lungenmodell), das Blut als Transfer-Kompartiment und bis zu 4 nuklidspezifische Organe mit jeweils bis zu 3 Subkompartimenten. Die dicken Pfeile repräsentieren die primäre Deposition und die dünnen Pfeile die nachfolgenden stoffwechselbedingten Übergänge im Körper bis hin zur Ausscheidung über Stuhl und Urin.

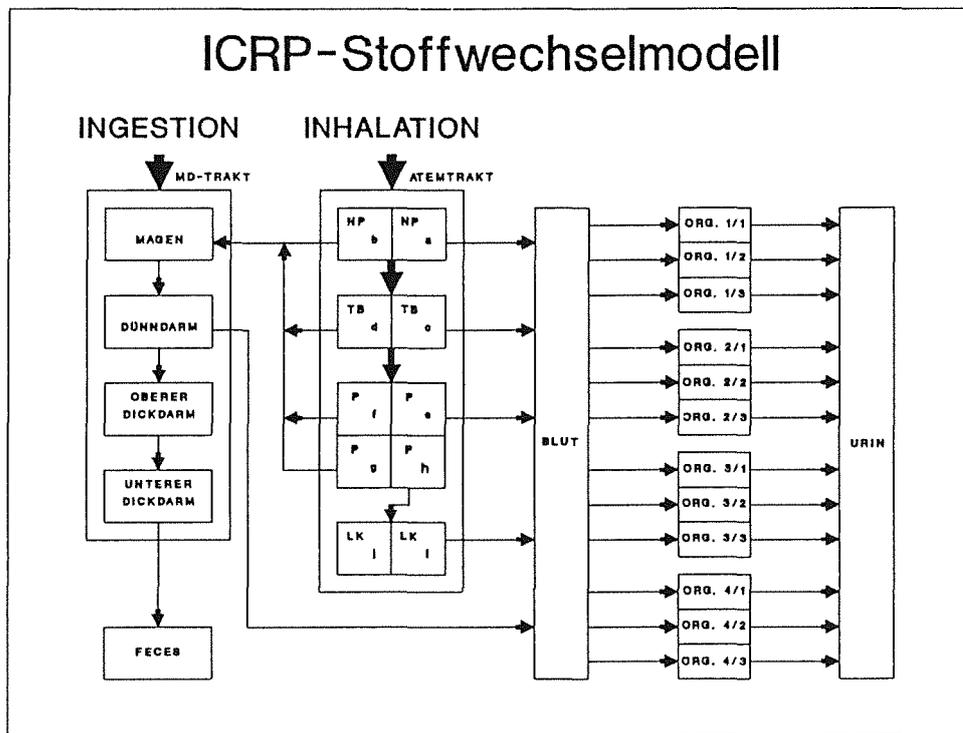


Abb. 6/20: ICRP-Modell zur Simulation des Stoffwechsels inkorporierter Radionuklide

Das Modell kann durch ein lineares Differentialgleichungssystem mit konstanten Koeffizienten beschrieben werden. Zur Lösung des Gleichungssystems wird ein spezielles Eigenwert-Verfahren angewandt, mit dessen Hilfe die Retentionsfunktionen für alle Kompartimente sowie die Ausscheidungsfunktionen für Stuhl und Urin in geschlossener Form dargestellt werden können.

Die Software ist in Programmiersprache C geschrieben. Sie besteht aus einem Hauptprogramm ICRP.EXE, einem Unterprogramm CHEZ.EXE und einem Datensatz ADATOK.DAT. Der Datensatz enthält für jedes Element alle relevanten physikalischen Parameter (Massenzahl und physikalische

Halbwertszeit der verschiedenen Isotope) sowie die metabolischen Modellparameter nach ICRP (Anzahl und Art der involvierten Organe, Anzahl der jeweiligen Subkompartimente mit allen Übergangswahrscheinlichkeiten und biologischen Halbwertszeiten). Das Unterprogramm CHEZ.EXE berechnet auf der Basis dieser Daten die Koeffizienten der Exponentialterme für alle möglichen Retentions- und Ausscheidungsfunktionen. Hierbei werden alle Zufuhrwege sowie alle von ICRP vorgegebenen Darm-Resorptionsfaktoren und Lungen-Retentionsklassen berücksichtigt. Bei Inhalation werden die Funktionen für jeweils 7 Korngrößenverteilungen zwischen 0,25 µm AMAD und 16 µm AMAD (sechsmalige Verdoppelung des AMAD-Wertes) berechnet. Die so berechneten Koeffizienten werden von CHEZ.EXE in einer Datenbank auf dem Festplattenspeicher abgelegt, von wo sie das Hauptprogramm ICRP.EXE jederzeit abrufen kann. Dadurch wird die Rechenzeit für das Hauptprogramm außerordentlich abgekürzt, was insbesondere bei Fit-Rechnungen zur Anpassung der Modellparameter von großer Bedeutung ist.

6.6.7 Neue Software zur internen Dosimetrie

H. Doerfel

Im Zuge der Umrüstung des Datensystems der internen Dosimetrie von dem zwölf Jahre alten DEC-Rechner auf neue IBM-PC-Einheiten wird auf der Basis der bisher erarbeiteten Programm-Komponenten eine neue umfassende Software für die Inkorporationsüberwachung erarbeitet. Die Software gliedert sich in die drei folgenden Programmpakete:

- Paket 1: Verwaltung von Personen- und Meßdaten, Planung von Überwachungsprogrammen, Erstellung von Berichten und Statistiken,
- Paket 2: Steuerung und Auswertung der Inkorporationsmessungen, Ermittlung der Körper- bzw. Organaktivitäten,
- Paket 3: Berechnung der Aktivitätszufuhr und der resultierenden Folgeäquivalentdosen auf der Basis der ICRP-Stoffwechselmodelle.

Alle drei Programmpakete arbeiten in Verbindung mit einer ORACLE-Datenbank. Zur Zeit werden die Inkorporationsmeßdaten der vergangenen Jahre von den alten Datenträgern in diese Datenbank übernommen. Zu diesem Zweck wurde ein spezielles Transferprogramm entwickelt, mit dessen Hilfe aus den Backup-Platten des alten Datensystems der gesamte Datenbestand seit 1980 rekonstruiert werden kann. Das Transferprogramm gestattet außerdem auch die Zuordnung der Daten zu den von der Abteilung Sicherheit und Arbeitsschutz (HS/AS) ausgegebenen persönlichen ID-Nummern. Hierbei wird eine von HS/AS gelieferte Abgleichdiskette benutzt. Alle aufgrund von Nachname, Vorname und Geburtsdatum widerspruchsfrei identifizierten Personen erhalten automatisch die von HS/AS ausgegebene ID-Nummer. Für alle nicht identifizierten Personen wird eine Liste ausgedruckt, die eventuelle Korrekturen in der Namensschreibweise oder die Vergabe von neuen ID-Nummern erlaubt. Die vor 1980 ermittelten Inkorporationsdaten müssen von dem damals benutzten Karteikartensystem manuell in die Datenbank übertragen werden. Mit dieser Arbeit wurde eine Werkstudentin beauftragt.

Nach Fertigstellung von Programmpaket 1 wurde der Entwicklung von Programmpaket 3 die höchste Priorität eingeräumt. Wesentlicher Bestandteil dieses Pakets ist die neue Software zur Simulation des Stoffwechsels inkorporierter Radionuklide auf der Basis der ICRP-Modelle (Abschn. 6.6.6). Die mit dieser Software berechneten Retentions- und Ausscheidungsfunktionen sind in Form von Koeffizientensätzen für alle relevanten Radionuklide in der Datenbank gespeichert. Dabei werden alle Kombinationen folgender Spezifikationen berücksichtigt:

- einmalige Zufuhr, konstante Dauerzufuhr,
- Inhalation, Ingestion, Wundaufnahme,
- alle bei ICRP für das betreffende Nuklid aufgeführten Lungenretentionsklassen,
- alle bei ICRP für das betreffende Nuklid aufgeführten Darmresorptionsfaktoren,
- sieben Korngrößenwerte (0,25 µm, 0,5 µm, 1 µm, 2 µm, 4 µm, 8 µm, 16 µm AMAD).

Die Software ruft zunächst aus der Datenbank alle Inkorporationsdaten für die betreffende Person auf. Die Inkorporationsdaten umfassen einerseits alle primären Meßergebnisse und andererseits die bei früheren Auswertungen ermittelten Aktivitätszufuhren. Danach wählt man die Meßergebnisse aus, die man auswerten möchte. Im nächsten Schritt wird berechnet, welcher Anteil dieser Meßergebnisse auf frühere Aktivitätszufuhren zurückzuführen ist. Nach Subtraktion dieser Anteile wird aus den verbleibenden Komponenten die neue Aktivitätszufuhr abgeschätzt. Hierfür werden die folgenden Vorgaben gemacht:

- Inkorporationsart (einmalige Zufuhr oder konstante Dauerzufuhr),
- Inkorporationszeit (bei einmaliger Zufuhr wird hier der Inkorporationszeitpunkt (sofern bekannt) oder der Zeitraum, in dem die Zufuhr stattgefunden haben kann, eingegeben und bei konstanter Dauerzufuhr der Beginn der Zufuhr und (sofern bekannt) das Ende der Zufuhr oder der Zeitraum, in dem die Zufuhr aufgehört haben kann),
- Inkorporationsweg (Inhalation, Ingestion oder Wundaufnahme),
- inkorporiertes Nuklid,
- Lungenretentionsklasse (sofern bekannt) oder zwei zur Wahl stehende Lungenretentionsklassen,
- Korngröße (sofern bekannt) oder der mögliche Variationsbereich der Korngröße.

Wenn weniger als drei Meßergebnisse zur Auswertung anstehen, müssen alle Parameter definitiv vorgegeben werden. Bei drei bis fünf Meßwerten kann einer der Parameter in dem vorgegebenen Bereich variiert und mit Hilfe eines speziellen Fit-Verfahrens an die Meßergebnisse angepaßt werden. Bei mehr als fünf Meßwerten können zwei Parameter angepaßt werden. Nach Anpassung der Parameter und Berechnung der Aktivitätszufuhr werden die aus dem Modell resultierenden Aktivitäten zurückgerechnet und den Meßwerten gegenübergestellt. Aufgrund dieser Gegenüberstellung kann die Auswertung entweder mit neuen Vorgaben wiederholt oder aber akzeptiert werden. Im letzteren Fall wird die abgeschätzte Zufuhr zusammen mit allen zur Abschätzung benutzten Parametern und mit der resultierenden effektiven Folgeäquivalentdosis in die Datenbank übernommen.

6.6.8 Neue Schrittmotorsteuerung für den Ganzkörperzähler

Th. Reddmann, J. Urban, H.-G. Röber

Eine wichtige Einrichtung des bestehenden Ganzkörperzähler ist die Möglichkeit zu linear-ortsauflösenden Körpermessungen, die genauere Aussagen über Organbelastungen im Körper zulassen. Wegen Problemen mit der für die Wartung zuständigen Firma war die Steuerung dieser Anlage seit längerem nicht mehr funktionsfähig und sollte durch den Übergang auf eine PC-Steuerung wieder lauffähig gemacht werden, gewissermaßen im Vorgriff auf die geplante Umrüstung der Rechnerkomponenten des Ganzkörperzählers auf ein PC-Netz.

In Zusammenarbeit mit dem auf dem Gebiet des Ganzkörper-scannens erfahrenen KFKI, Budapest, wurde ein Konzept für eine PC-Motorsteuerung des KfK-Ganzkörperzählers entworfen. Von KFKI wurde ein spezielles Interface entwickelt, um die Schrittmotoren des KfK-Ganzkörperzählers zu steuern und insbesondere die verschiedenen Kontrollsignale der Scaneinrichtung wie Endstellungsgeber und Positionsmelder zu verarbeiten. Die bei HS/D vorhandene Elektronik wurde an die neue PC-Karte angepaßt, die mechanischen Teile wurden instandgesetzt.

Für die Steuerung der Motoren wurden Programme in QuickBasic geschrieben, die verschiedene Modi der Motorbewegung erlauben (Anfahren der Standardmeßposition, Profilschweifen etc.). Um mit dem vorhandenen System schon Profilmessungen durchführen zu können, wurde eine vorläufige Möglichkeit geschaffen, Motorsteuerung am PC und Messung am Vielkanalanalysator zu synchronisieren.

6.6.9 Programm zur Verwaltung der radioaktiven Stoffe bei HS/D

Th. Reddmann

Das Inkrafttreten einer neuen Umgangsgenehmigung für HS wurde zum Anlaß genommen, die Verwaltung von radioaktiven Stoffen bei HS/D auf elektronische Datenverarbeitung umzustellen. Dazu wurden für die auf dem HS/D-Abteilungsrechner installierte Datenbank ORACLE verschiedene Datenbank-Tabellen entworfen, Eingabemasken konzipiert und Ausdruckprogramme geschrieben. Das Konzept der relationalen Datenbank erwies sich für diese Aufgabe besonders günstig: Zu einem radioaktiven Stoff werden in einer Datenbank-Tabelle die geforderten Daten wie Nuklidname, Aktivität, Bezeichnung etc. festgehalten, dazu aber noch zusätzliche Informationen wie verantwortliche Person, Standort und die Genehmigungsnummer, unter der mit dem Stoff umgegangen wird. Daneben werden in einer Nuklidtabelle die nuklidspezifischen Daten wie Halbwertszeit, Freigrenze etc. und in einer Genehmigungstabelle die relevanten Daten der Umgangsgenehmigung (Umgangsmenge, Umgangsbereich u. ä.) festgehalten. Neben der Erzeugung der monatlichen Bestandsänderungslisten und jährlichen Bestandsmeldungen erlaubt die Verknüpfung der Genehmigungsnummer eines Stoffes mit den entsprechenden Umgangsmengen die aktuelle Berechnung der Ausschöpfungsmenge.

Die Ausgabe der geforderten Meldungen auf die recht unterschiedlichen Formulare erfolgt über Laserdrucker. Eingabemaske und Druckprogramme können über eine Menüoberfläche aufgerufen werden.

6.7 Strahlenschutzmeßtechnik

6.7.1 Aufgaben

A. Schmitt

Nach der Strahlenschutzverordnung wird an Strahlenschutzmeßgeräte generell die Forderung gestellt, daß sie dem Stand der Wissenschaft und Technik entsprechen, den Anforderungen des Meßzweckes genügen, in ausreichender Anzahl vorhanden sind und regelmäßig gewartet werden müssen.

Der Bestand an elektronischen Geräten, der von der Hauptabteilung Sicherheit betreut wird, setzt sich aus einer großen Anzahl von 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 der KfK sowie als Auftragsarbeit für fünf Fremdfirmen,
- Mitarbeit bei der Eichung von Dosisleistungsmeßgeräten und Dosimetern durch die amtliche Eichabfertigungsstelle,
- Bestrahlung von Dosimetern zur Kalibrierung von Auswertegeräten sowie für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten,
- Reparatur und Kalibrierung der Pegel- und Luftüberwachungsanlagen in den verschiedenen Instituten und Abteilungen der KfK und in der Umgebung,
- Reparatur sonstiger elektronischer Geräte aus dem Bereich der Abteilung Dosimetrie.

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

6.7.2 Wartung und Reparatur

A. Schmitt

Im Berichtszeitraum wurden 8 neubeschaffte HF-K-Monitoren und 21 tragbare Kontaminationsmonitoren einer Eingangsprüfung unterzogen, 21 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 544 Reparatursätze erforderlich, für die der Gammapegel-Meßstellen zur Arbeitsplatz- und Umgebungsüberwachung 214. Außerdem waren 102 Reparaturen an sonstigen Geräten durchgeführt worden. 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.

6.7.3 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 80 Gamma-Dosisleistungsmeßgeräte und 35 Neutronendosisleistungsmeßgeräte kalibriert, für fünf Fremdfirmen 55 Gamma-Dosisleistungsmeßgeräte und 17 Neutronenmeßgeräte. Für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten und für die Kontrolle der Auswertegeräte wurden an den Eichständen der Eichhalle 592 Gamma- und 98 Neutronenbestrahlungen durchgeführt. An der Röntgenanlage wurden 190 Dosimeter bestrahlt. Weiterhin wurden acht Kalibrierungen von Referenzionisationskammern und 36 Messungen zur Bestimmung der Energieabhängigkeit von Monitorkammern ausgeführt. Alle Cs-137-Bestrahlungsanlagen der Eichhalle wurden regelmäßig mit einem Sekundärstandard im gesamten Dosisleistungsbereich überprüft. Im Berichtsjahr waren auch einige Tritiummonitoren mit HTO kalibriert worden.

6.7.4 Amtliche Eichabfertigungsstelle

A. Schmitt

Aufgrund der 2. Verordnung über die Eichpflicht von Strahlenschutzmeßgeräten ist es Aufgabe des Landes Baden-Württemberg, Eichungen von Personen- und Ortsdosimetern vorzunehmen. Entsprechend einem Vertrag zwischen dem Land Baden-Württemberg und der KfK werden hierfür die im Kernforschungszentrum Karlsruhe vorhandenen technischen Einrichtungen zur Verfügung gestellt. Bei der amtlichen Eichabfertigungsstelle werden Beamte der Aufsichtsbehörde hoheitlich tätig. Der Beitrag der Hauptabteilung Sicherheit besteht in der Bereitstellung der Bestrahlungseinrichtungen wie auch in der Unterstützung bei der Durchführung der Eichungen. Im Jahre 1989 wurden für das KfK 1 237 Stabdosiometer und 102 Geräte geeicht.

7 Biophysik

7.1 Einführung

H. Dertinger

Zum 01.05.1989 wurden die Forschungsaktivitäten der bisherigen Abteilung HS/R in die Abteilung HS/B integriert. Damit leistet HS/B nun F + E-Beiträge auf den Gebieten Zell- und Strahlen-Biophysik, Ökologie von Spurenelementen und Tritium-Verhalten in Pflanzen. Die Forschungsthematik, die sich in den zurückliegenden Jahren schwerpunktmäßig mit den biologischen und ökologischen Wirkungen von ionisierender Strahlung und Radionukliden befaßt hat, wird sich in Zukunft verstärkt auf nicht-nukleare Gesundheitsrisiken ausrichten. In diesem Zusammenhang sei als Beispiel die vereinbarte Kooperation mit der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik bei der Erforschung möglicher Krebs-begünstigender Wirkungen von 50-Hz-Magnetfeldern erwähnt.

Im Folgenden werden die in 1989 erzielten Ergebnisse der PSU-Vorhaben 12.01.15 (Biophysik multizellulärer Systeme) und 12.03.03 (Boden-Pflanzen-Transfer von Spurenelementen) sowie des PKF-Vorhabens 03.08.03 (Fusionstechnologie und Umwelt) dargestellt. Außerdem wird über die Fortschritte des TT-Vorhabens U314 (Sphäroide als Tierversuchs-Ersatzmodells bei der Arzneimittelentwicklung) berichtet, an dem auch eine IGT-Mitarbeiterin beteiligt ist (B. Buttner).

7.2 Regulation der Zellvermehrung in Sphäroiden

G. Knedlitschek, U. Anderer, H. Dertinger

7.2.1 Einleitung

Das Kultursystem der multizellulären Sphäroide (SPH) zeichnet sich durch eine Reihe von Besonderheiten aus, die nach unseren bisherigen Untersuchungen ihre Ursache hauptsächlich in der natürlichen dreidimensionalen Zellanordnung und in einem gegenüber dem Monolayer (ML) geänderten interzellulären Kommunikationsmuster (Gap Junctions) hat. Zu diesen Besonderheiten zählt beispielsweise die sogenannte Kontakt-Resistenz (KR) gegenüber ionisierender Strahlung. Die nähere Untersuchung dieses Phänomens hat gezeigt, daß das SPH-System auch bezüglich des zellulären Signaltransduktionsmusters vom ML abweicht. Wir konnten im Vorjahr zeigen, daß es in SPH aus kommunizierenden (elektrisch gekoppelten) SV40-3T3-Zellen zu einer gegenüber dem ML stark verminderten Synthese des cyclischen Adenosin-monophosphats (cAMP) kommt. Die Tatsache, daß dieser zelluläre Botenstoff eine Reihe wichtiger Zellfunktionen steuert, läßt deshalb an grundsätzliche und tiefgreifende Unterschiede zwischen ML und SPH denken.

Vor diesem Hintergrund untersuchten wir im Berichtszeitraum detailliert die Kinetik und Regulation der Zellvermehrung (Zellproliferation) in SPH. Das Proliferationsmuster ist nicht nur eine wichtige Determinante der zellulären Strahlenempfindlichkeit; Strahlung und andere Noxen beeinflussen diese Zellfunktion auch direkt.

7.2.2 Proliferationsmuster in Sphäroiden und Monolayern

Einblicke in das Proliferationsmuster von SPH lassen sich mit der Flußzytometrie gewinnen, die jedoch zunächst nur eine 'Momentaufnahme' über die Verteilung der analysierten Zellen auf die 3 Phasen des Zellzyklus (G1, S, G2 + M) liefert. Um zusätzlich eine dynamische Information, etwa bezüglich der DNA-Syntheserate zu erhalten, muß die Einbaurrate von markierten Nukleosiden in die DNA direkt gemessen werden. Wir haben die Proliferation in SPH nach beiden Kriterien untersucht, wobei wir, um die Rolle der interzellulären Kommunikation herauszuarbeiten, die kommunizierenden SV40-3T3-Zellen mit den nicht kommunizierenden L-Zellen verglichen haben.

Für die flußzytometrischen Untersuchungen wurde die Methode der sequentiellen Trypsinierung eingesetzt. Sie ermöglicht eine separate Analyse von Zellen aus verschiedenen SPH-Zellschichten, beginnend mit den äußeren Zellen und fortschreitend bis zu den Zellen im Innern der SPH. Hierbei zeigte sich, daß die Zellzyklusverteilung bei den 3T3-Zellen nicht signifikant von der Lage der Zellen im SPH abhängt. Im Gegensatz hierzu nimmt bei den L-SPH der Prozentsatz der G1-Zellen von außen nach innen stark zu (Tab. 7/1).

Um die DNA-Syntheserate zu bestimmen, wurden SPH mit Brom-desoxyuridin behandelt, das teilungsaktive Zellen anstelle von Thymidin in die DNA einbaut. Von diesen SPH wurden mit einem Cryo-Mikrotom Dünnschnitte angefertigt, die mit monoklonalen Antikörpern gegen Brom-desoxyuridin inkubiert wurden. Das Ergebnis eines solchen Experimentes mit 3T3-SPH ist in Abb. 7/1 dargestellt. Die Antikörper lassen sich nur in DNA-synthetisierende Zellen der äußeren Schichten der SPH nachweisen; die inneren Zellen bleiben unmarkiert. Ein ähnliches Ergebnis erhielten wir für die L-SPH, wo sich nur Zellen der äußersten Schicht anfärben ließen. Dies zeigt, daß - unabhängig von der Zellkommunikation - nur die äußeren SPH-Zellen aktiv proliferieren, während die inneren Zellen in ihrer Vermehrung durch eine Verlängerung der Zellzyklusdauer stark gehemmt sind (Ruhezellen).

Gleichwohl unterscheiden sich die Zyklusverteilungen dieser Zellpopulationen grundlegend (Tab. 7/1), was eine unterschiedliche Verlängerung der einzelnen Zyklusphasen in Abhängigkeit vom interzellulären Kommunikationsvermögen nahelegt. Zum Vergleich wurden flußzytometrische Untersuchungen auch an ML von 3T3- und L-Zellen durchgeführt. Hierbei beobachteten wir für beide Zelllinien eine Zunahme der G1-Population mit zunehmender Zelldichte, d. h. abnehmender Proliferationsrate (Tab. 7/1).

7.2.3 cAMP und Proliferation

Über die Regulation der Proliferation gibt es widersprüchliche Befunde in der Literatur. Aus Untersuchungen an ML wurde dem cAMP eine Funktion bei der Regulation zugewiesen, da eine Erhöhung der zellulären Menge dieses Botenstoffes die Proliferation stimuliert, während im dichten ML gewöhnlich niedrige cAMP-Werte beobachtet werden. Aus diesem Grunde haben wir cAMP auch differentiell an sequentiell trypsinierten SPH-Zellen gemessen und mit unterschiedlich dichten ML verglichen. Für ML waren unsere Ergebnisse in Übereinstimmung mit den Literaturbefunden: die zelluläre cAMP-Menge nahm bei beiden Zelllinien mit zunehmender ML-Zelldichte ab (Tab. 7/1). Ähnlich verhielten sich auch die L-SPH: Wir fanden einen abnehmenden cAMP-Gradienten mit zunehmender Tiefe der Zellen im SPH. Hingegen war cAMP in den SV40-3T3-SPH weitgehend unabhängig von der Lokalisation der Zellen.

7.2.4 Zusammenfassung und Deutung der Ergebnisse

Die Ergebnisse (vgl. Abb. 7/1 und Tab. 7/1) lassen sich folgendermaßen zusammenfassen: In ML kommt es unabhängig vom Kommunikationsvermögen der Zellen zu einer Verringerung des cAMP mit zunehmender Zelldichte und zu einem Anwachsen des Anteils von Zellen in der G1-Phase. In SPH ist der cAMP-Gehalt vom Ausmaß der Zellkommunikation abhängig. Während sich die nicht kommunizierenden L-Zellen ähnlich wie ML verhalten, sehen wir bei den kommunizierenden 3T3-Zellen keine Radialabhängigkeit der cAMP-Konzentration und der G1-Zellpopulation.

Dieses Resultat ist mit folgender Hypothese vereinbar: Das unterschiedliche Kommunikationsvermögen der Zellen wirkt sich bei der Proliferation, ähnlich wie bei der KR, erst auf SPH-Ebene aus. Da der Porendurchmesser der Gap Junctions einen Austausch der cAMP-Moleküle erlaubt, erscheint ein Konzentrationsausgleich zwischen den kommunizierenden Zellen und damit das Fehlen eines radialen cAMP-Gradienten bei den 3T3-SPH plausibel. In den nicht kommunizierenden L-SPH bildet sich dieser Gradient demgegenüber nach Maßgabe der individuellen zellulären cAMP-Synthese aus.

Was eine mögliche Kontrolle der Proliferation durch das cAMP anbetrifft, so erstreckt sich diese nicht auf deren Topologie, denn, unabhängig von der Kommunikation, bauen nur die äußeren Zellschichten im SPH in meßbarem Umfang Brom-desoxyuridin ein. Auffallend ist jedoch die Zunahme der G1-Zellpopulation, sobald eine Dichte- oder Lageabhängigkeit des cAMP beobachtet wird, d. h. im ML oder bei den L-SPH. Dies legt nahe, daß eine cAMP-Verringerung eine weitgehend selektive Verlängerung der G1-Phase bewirkt. Erfolgt über die Gap Junctions ein Ausgleich der cAMP-Konzentration, so scheint die Verlängerung des Zellzyklus gleichmäßig auf alle Phasen zu wirken, so daß sich deren Populationsverhältnis nicht nennenswert ändert.

7.2.5 Weiteres Vorgehen

Diese Ergebnisse liefern einen weiteren Hinweis darauf, daß in SPH unter dem Einfluß der Zellkommunikation Prozesse initiiert werden, die zur Zelldifferenzierung (im weitesten Sinne) führen. Dies läßt die SPH als besonders geeignetes Modellsystem für die Erforschung von Vorgängen im Gewebeverband erscheinen.

Obwohl die erzielten Ergebnisse im Großen und Ganzen schlüssig sind, bedürfen einige Details weiterer Klärung. So haben wir beispielsweise noch keine Erklärung für die Beobachtung, daß in SPH aus kommunizierenden Zellen (SV40-3T3), abgesehen vom Fehlen eines radialen cAMP-Gradienten, die Synthese dieses Botenstoffes gegenüber dem ML abgesenkt ist. Hier sollen Experimente mit Inhibitoren der interzellulären Kommunikation weitere Klärung bringen.

Eine neue zukünftige Perspektive unseres Forschungskonzeptes resultiert aus neueren Publikationen und eigenen vorläufigen Ergebnissen, wonach Strahlung auch direkt auf die zelluläre Signaltransduktion einwirken und damit Zellfunktionen stören kann. Wir möchten deshalb auch die Wirkung ionisierender und nicht ionisierender Strahlungen (vorwiegend niederfrequente Magnetfelder) auf die zelluläre Signaltransduktion studieren. Insbesondere erwarten wir hierdurch Einblicke in eine mögliche cancerogene (tumorpromovierende) Wirkung niederfrequenter Magnetfelder, wie sie aufgrund neuerer epidemiologischer Studien postuliert wird.

		cAMP	G1	S	G2 + M
3T3-ML	Expon.	0,76	41	43	16
	Plateau	0,35	50	36	14
L-ML	Expon.	1,20	51	35	14
	Plateau	0,80	76	15	9
3T3-SPH	außen	0,31	62	27	11
	innen	0,24	62	28	10
L-SPH	außen	0,73	76	14	10
	innen	0,14	93	4	3

Tab. 7/1: cAMP-Gehalt (fmol pro 1000 Zellen) und Prozentsatz der Zellen in den Zyklusphasen für Sphäroide (SPH) und für Monolayer (ML) in der exponentiellen Wachstumsphase bzw. bei maximaler Zelldichte (Plateau). Die Trennung der äußeren von den inneren SPH-Zellen erfolgt durch sequentielle Trypsinierung. Mittlerer SPH-Durchmesser: 0,28 mm.

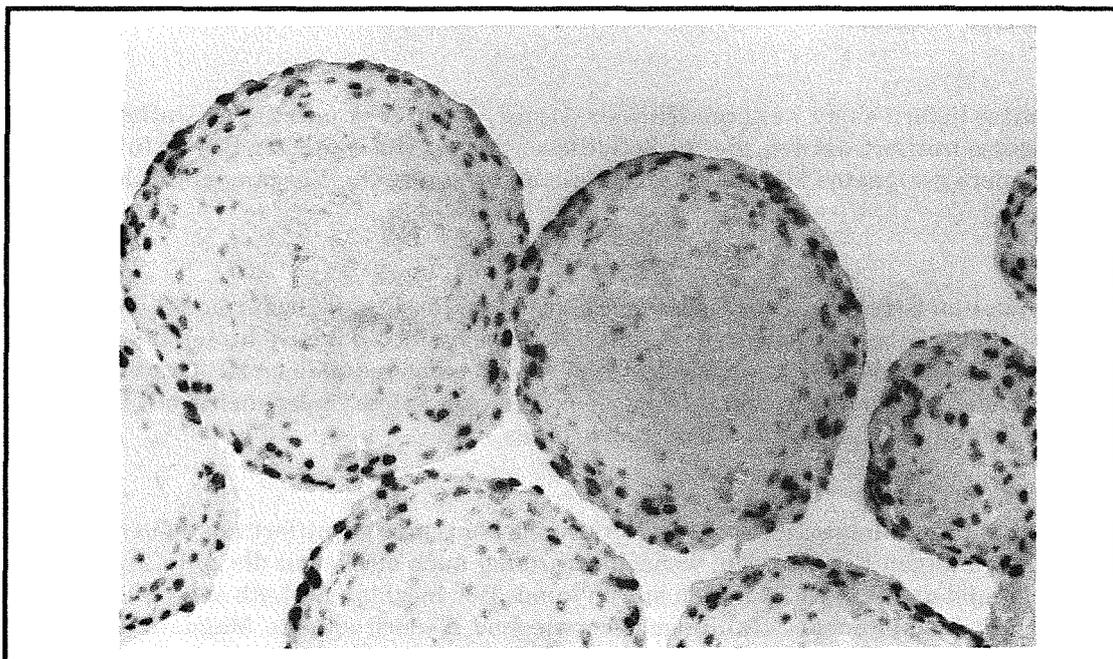


Abb. 7/1 Identifizierung von DNA-synthetisierenden Zellen in Sphäroiden von SV40-3T3-Zellen. Die Sphäroide wurde im Nährmedium mit Brom-desoxyuridin inkubiert. Danach wurden mit einem Cryo-Mikrotom Dünnschnitte angefertigt und mit monoklonalen Antikörpern gegen Brom-desoxyuridin behandelt. Nur die äußeren, teilungsaktiven Zellschichten der Sphäroide bauen Brom-desoxyuridin in ihre DNA ein.

7.3 Entwicklung eines hormonell definierten Nährmediums für die Kultur von Sphäroiden aus Ratten-Hepatozyten

K. F. Weibezahn, B. Walser, B. Jost

7.3.1 Einleitung

Im Rahmen dieses Projektes soll untersucht werden, ob Hepatozyten-Sphäroide (SPH) als Tierversuchs-Ersatzmodell bei der Entwicklung und Testung von Arzneistoffen eingesetzt werden können. Ziele des Projektes sind die Optimierung der Parameter bei der Herstellung und Kultur der SPH, deren biochemische und histochemische Charakterisierung und insbesondere die Erforschung ihrer Fremdstoffwechsel-Leistungen.

7.3.2 Ergebnisse

Im Berichtszeitraum wurde mit der systematischen Erforschung der biochemischen Leistungsfähigkeit, insbesondere des Fremdstoffwechsels von Hepatozyten-SPH der adulten Ratte begonnen. Hierbei konzentrierten wir uns zunächst auf die Formulierung eines hormonell definierten Nährmediums mit dem Ziel einer möglichst hohen Vitalität und biochemischen Stabilität der Sphäroidkultur.

Als biochemischen Vitalitätsindikator wählten wir die prozentuale Freisetzung des Enzyms LDH (Lactat-dehydrogenase) aus Monolayern (ML) und SPH und überprüften zahlreiche Medium-Supplementierungen aus der Literatur über Hepatozyten-ML. Hierbei wurde offenkundig, daß Maßnahmen, die sich in der ML-Kultur als hilfreich erwiesen, nicht auf die SPH-Kultur angewendet werden können. Dies betraf beispielsweise auch den Zusatz von Protease-Hemmern, die in der SPH-Kultur zu einer Verringerung der Vitalität führten.

Neben der LDH wurden auch die Aktivitäten anderer leberspezifischer Enzyme unter verschiedenen Medium-Bedingungen getestet: ALT/GPT (Alanin-aminotransferase), AST/GOT (Aspartat-aminotransferase), GGT (Gamma-glutamyltransferase), GST (Glutathion-S-transferase) und TAT (Tyrosin-aminotransferase). Die Enzymaktivitäten waren in 2 Tage alten SPH bis auf ALT und TAT auf dem ursprünglichen Niveau. Der für diese beiden Enzyme beobachtete Abfall konnte jedoch durch Zugabe von Dexamethason unterdrückt werden.

Diese Tests führten schließlich zu einer Medium-Rezeptur auf der Basis des Waymouth-Mediums, das neben anderen Modifikationen mit dem Serum-Ersatzstoff CPSR sowie Insulin, Glucagon und Dexamethason hormonell supplementiert ist.

Als repräsentativer Test für den Fremdstoffwechsel wurde zunächst die Aktivität des Cytochrom-P450-Systems bestimmt, eines für den Fremdstoffwechsel besonders wichtigen Enzymsystems. In herkömmlichen Monolayerkulturen von Ratten-Hepatozyten fällt, selbst unter optimierten Kulturbedingungen, die P450-Aktivität bereits innerhalb von 3 Tagen Kulturdauer auf weniger als ein Drittel der Ausgangsaktivität ab.

Mit unserem Medium durchgeführte Bestimmungen des microsomalen Cytochrom-P450 in SPH ergaben demgegenüber eine erhebliche Verlängerung der Stabilitätsspanne. In 6 Tage alten SPH waren noch zwischen 33 und 67% der Enzymaktivität nachzuweisen.

Auch das Proliferationsmuster der SPH wurde unter den neuen Medium-Bedingungen nochmals überprüft. Hierbei ergaben flußzytometrische Untersuchungen des Ploidiemusters eine leichte Abnahme der 4N-Hepatozyten zugunsten der 2N-Population. Diese Verschiebung konnte jedoch durch Zugabe von Dexamethason, und in geringerem Maße auch durch Hydrocortison, vermindert werden. (Wie oben erwähnt, verhindert diese Maßnahme auch den Abfall bestimmter Enzymaktivitäten).

Da Inkorporationsmessungen von Brom-desoxyuridin (nach der gleichen Methode wie in Abb. 7/1) keine Anzeichen für eine meßbare DNA-Synthese erkennen ließen, bleibt im Augenblick ungeklärt, wie es zu dieser Verschiebung kommt. In SPH aus Hühnerembryonen konnte demgegenüber Teilungsaktivität festgestellt werden.

7.3.3 Weiteres Vorgehen

Diese Ergebnisse zeigen, daß das SPH-System in bezug auf Vitalität und biochemische Stabilität charakteristischer Leberfunktionen die ML-Kultur deutlich übertrifft. Diese Feststellung gilt trotz beträchtlicher Fortschritte, die zahlreiche Forschergruppen in den letzten Jahren bei der Verbesserung der ML-Kultur erzielen konnten. In Zukunft sollen nun wichtige Details des SPH-Fremdstoffmetabolismus untersucht werden, so beispielsweise die Induzierbarkeit spezifischer Isoenzyme, was für pharmakologische und toxikologische Fragestellungen von besonderer Bedeutung ist. Begleitend hierzu sollen enzymhistochemische Untersuchungen auf SPH-Gefrierschnitten durchgeführt werden, um Informationen über die Verteilung dieser Aktivitäten in Abhängigkeit von der Lage der Zellen im SPH-Verband (Zonierung) zu gewinnen.

Wir wollen ferner auch untersuchen, inwieweit sich die biochemische Aktivität in Abhängigkeit vom Ploidiemuster ändert, d. h. ob das Ausmaß der biochemischen Differenzierung mit dem Ploidiemuster korreliert. Ein solcher Zusammenhang wird durch den beobachteten günstigen Einfluß von Dexamethason auf die Stabilisierung von Enzymaktivität und Ploidiestatus nahegelegt.

7.4 Ökologische Untersuchungen zum Boden-Pflanzen-Transfer von Spurenelementen

H. Schüttelkopf, W. Schmidt, W. Bohn, G. Hefner, J. Hiller, T. Sollich, W. Wünschel

7.4.1 Keimversuche

Die Reihe der Keimversuche zur Überprüfung der Toxizität von Flugasche aus einer Müllverbrennungsanlage wurden fortgesetzt. Ziel dieser Versuche ist es, mit geringem Aufwand die Schadwirkung dieser zur Zeit als Sondermüll zu entsorgenden Flugaschen auf verschiedene Pflanzen mit unterschiedlich hohen Bodenkonzentrationen zu beurteilen. Den größten Einfluß hat der Boden. Der lehmige Boden mit höherer Sorptionskapazität puffert die salzhaltige Flugasche besser ab als dies beim sandigen Boden der Fall ist. Auf dem sandigen Boden führt in der Regel eine Konzentration zwischen 3 und 6 % zu deutli-

chen Ertragseinbußen der geernteten Keimlinge, beim lehmigen Boden erst oberhalb von 6 %. Ein sehr interessantes Ergebnis liegt für Spinat vor. Hier wurde das Aufwuchsgewicht durch geringe Konzentrationen mit Flugasche positiv stimuliert (Abb. 7/2) Diese Tendenz, allerdings statistisch nicht immer signifikant, ist auch bei anderen Pflanzen erkennbar, z. B. bei Hafer (Abb. 7/3).

Die Methode der Keimversuche mit gewichtsmäßigem Erfassen der Aufwuchsgewichte ist in einer ersten Beurteilung der Toxizität allgemein sehr geeignet. Einschränkend ist zu bemerken, daß damit aber keine Aussage über den Schadstoffgehalt im Pflanzenmaterial, ob Schwermetall oder organische Verbindungen, möglich ist. Erst durch eine entsprechende Analyse ist eine spezifische Beurteilung der Toxizität möglich.

7.4.2 Versuche zum Boden-Pflanzen-Transfer von Silber

In einem Podsol-Boden wurden Silberkonzentrationen von 0, 10, 50 und 100 µg/g Boden als Silbernitrat mit 4 Wiederholungen eingemischt. Die verwendeten Pflanzen waren Gras mit 4 Schnitten (Ernteabstand 4 Wochen), Weizen, Mais, Kartoffeln und Salat.

Tabelle 7/2 zeigt einige Erntegewichte. Von den verwendeten Pflanzen reagieren Salat und Weizen offenbar empfindlich auf zunehmende Ag-Konzentrationen von mehr als 10 µg/g im Boden; dies äußert sich durch abnehmende Erträge. Bei Weizen war z. B. zu beobachten, daß die Blätter bei Bodenkonzentrationen von 50 und 100 µg/g krankhaft verändert waren. Dies äußerte sich in korkenzieherartigen Verdrehungen. Silber in Konzentrationen von 50 und 100 µg/g im Boden bewirkte bei Gras nachlassende Erträge, wobei die schädigende Wirkung im Laufe der Zeit etwas nachläßt. Bei Mais, ob Stengel mit Spindel, Blätter oder Körner, wird erst mit Silberkonzentration von > 100 µg/g das Erntegewicht reduziert (Tab. 7/2).

Pflanze/ Pflanzenteil	Erntegewicht in g Trockensubstanz/Topf bei der Ag-Konzentration in µg/g			
	0	10	50	100
Salat gesamt	16 ± 2	3 ± 2	2 ± 2	8 ± 2
Weizen, Körner	70 ± 5	38 ± 26	55 ± 4	50 ± 4
Kartoffeln, Knolle	45 ± 25	88 ± 20	33*	5,7*
Gras, Ernte I,	20 ± 3	19 ± 1	12,2 ± 0,4	9,6 ± 0,6
Gras, Ernte II	34 ± 2	35,2 ± 0,8	31,1 ± 0,8	27,2 ± 0,9
Gras, Ernte III	13 ± 1	10,9 ± 0,8	10,6 ± 0,9	6,9 ± 0,5
Gras, Ernte IV	13 ± 1	11 ± 2	10,5 ± 0,6	6,9 ± 0,6
Gras, Ernte V	5,8 ± 0,8	6 ± 1	5,8 ± 0,3	4,1 ± 0,3
Mais				
Stengel, Spindel	54 ± 5	57 ± 3	50 ± 3	43 ± 4
Blätter	44 ± 1	44 ± 2	43 ± 1	39 ± 2
Körner	85 ± 7	96 ± 7	96 ± 3	85 ± 2

*nur ein Ergebnis

Tab. 7/2: Erntegewichte in Abhängigkeit von der Silberkonzentration im Boden

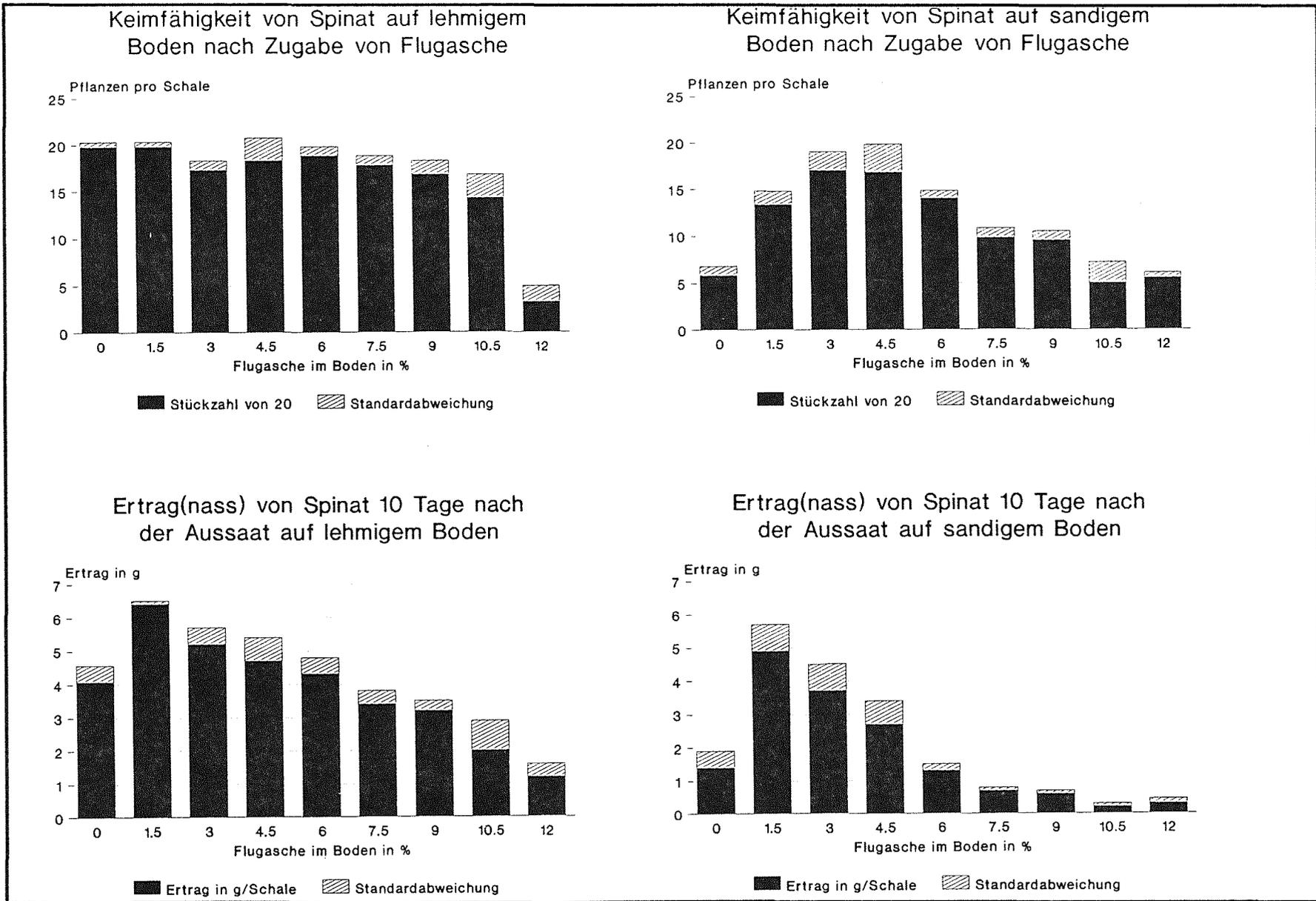


Abb. 7/2: Keimfähigkeit und Keimpflanzenenertrag von Spinat

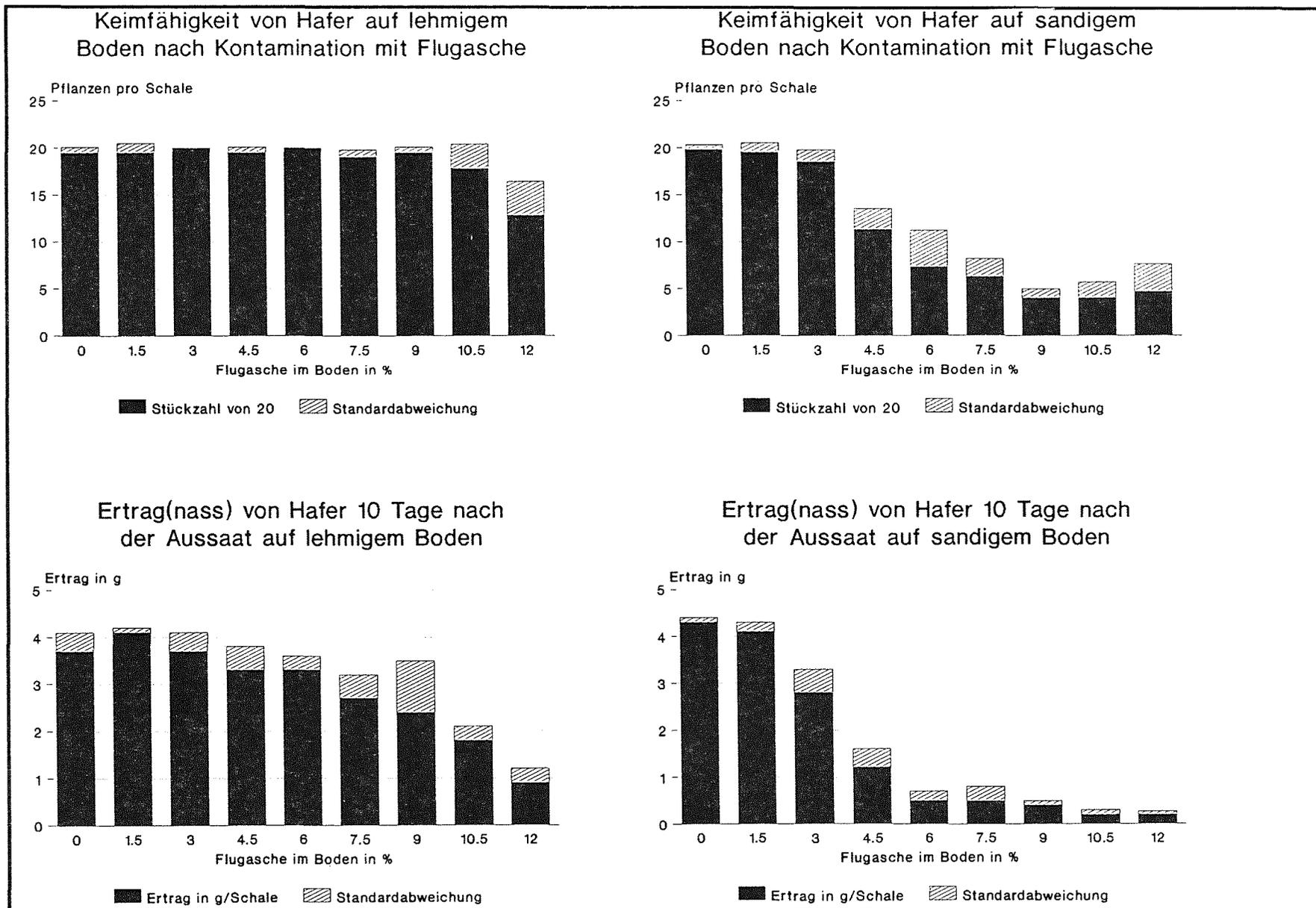


Abb. 7/3: Keimfähigkeit und Keimpflanzenertrag von Hafer

7.4.3 Untersuchung von Sickerwässern nach Bodenkontamination

In einem Lysimeter-Versuch soll über einem längeren Zeitraum geklärt werden, in welchem Ausmaß und in welchem zeitlichen Rahmen Schwermetalle in tiefere Bodenschichten verlagert werden. Zu diesem Zweck wurde Flugasche mit 10 Vol.-% in den Oberboden einer Parabraun-Erde eingemischt und jährlich mit verschiedenen landschaftlichen Kulturen bepflanzt und entsprechend gepflegt. Als weitere Kultur wächst Gras als Dauergrünland.

Parallel dazu wurde die Flugasche als ca. 3 cm dicke Schicht zwischen Ober- und Unterboden eingemischt. In 80 cm Tiefe wurde regelmäßig Sickerwasser entnommen und auf seinen Schwermetallgehalt untersucht. Nach zweijähriger Versuchszeit war im Sickerwasser noch kein erhöhter Schwermetallgehalt festzustellen.

7.4.4 Vergleich von gewaschener und ungewaschener Flugasche aus einer Müllverbrennungsanlage auf den Boden-Pflanzen-Transfer von Schwermetallen in Mais

Flugaschen aus der Müllverbrennung sind wegen ihrer Schadstoffgehalte Sondermüll. Betrachtet man die anorganische Komponente so sind in der Regel die Schwermetalle Cd, Zn und Pb in überhöhten Mengen in der Asche enthalten. Beim Boden-Pflanzen-Transfer sind Cd und Zn für die Pflanze sehr gut verfügbar und werden gut aufgenommen, während Pb für diesen Belastungspfad mit sehr niedrigen Transferfaktoren keine Rolle spielt.

Durch das im KfK entwickelte 3-R-Verfahren werden mit HCl die löslichen Schwermetalle, insbesondere Cd und Zn, aus der Flugasche ausgewaschen. Zurück bleibt - was die anorganische Komponente betrifft - eine Flugasche, die mit einem hohen mineralischen Anteil auch eine Vielzahl an für die Pflanzen essentiellen Spurenelementen enthält. Wenn die Schadstoffe entfernt bzw. die für den Boden-Pflanzen-Transfer relevanten löslichen Anteile abgetrennt werden können, steht die Möglichkeit offen, aus Sondermüll ein verwertbares Produkt herzustellen.

Um die Wirkung von gewaschener und ungewaschener Flugasche auf den Boden-Pflanzen-Transfer vergleichen zu können, wurde eine Topfversuchsreihe angelegt. Einem sandigen und einem lehmigen Boden wurden die gewaschene bzw. ungewaschene Flugasche in Konzentrationen von 0 bis 9 % zugemischt. Als Versuchspflanze diente Mais, der nur mit einer mäßigen Volldüngergabe versehen wurde, um eine mögliche Spurenelementwirkung der Flugasche nicht zu überdecken.

Ein Ergebnis der Bodenuntersuchungen war zum Beispiel, daß der Salzgehalt bei der gewaschenen Flugasche etwa um den Faktor 2 niedriger lag als bei der ungewaschenen Flugasche. Auch beim Wachstumsverhalten der Maispflanzen war der Unterschied beider Flugaschen sehr deutlich erkennbar. Pflanzenschäden und reduziertes Wachstum traten bei der "ungewaschenen" Variante schon bei kleineren Flugaschegehalten im Boden auf, wobei dies auf dem sandigen Boden wegen seiner geringen Pufferkapazität viel deutlicher zu sehen war als bei dem lehmigen Boden. Bei der Variante "gewaschen" war selbst bei höheren Flugaschenkonzentrationen in lehmigem Boden kein reduziertes Wachstum erkennbar. Aber auch auf dem sandigen Boden war ein deutlich besseres Wachstum bei "gewaschen" gegenüber "ungewaschen" festzustellen.

Erste Analysenergebnisse zeigen, daß bei geringeren bis mittleren Bodenkonzentrationen mit gewaschener Flugasche kaum Unterschiede im Schwermetallgehalt der Maispflanzen im Vergleich zur Kontrolle vorliegen.

7.4.5 Vorversuch mit Molybdän

Molybdän ist ein lebensnotwendiges Element mit katalytischer Wirkung in der Biochemie. Hohe Dosen wirken toxisch. Während Erkenntnisse über Mängel in der Molybdänernährung bei einigen Kulturpflanzen vorliegen, ist das Wissen über toxische Mengen gering.

Wegen des vermutlich hohen Boden-Pflanzen-Transfers von Molybdän wurden in einem Topfversuch 19 Kulturpflanzen aufgezogen, um nach einer Bodenkontamination mit 5 µg/g (oberer Orientierungswert für tolerierbare Gesamtgehalte) den Transferfaktor bestimmen zu können.

Anhand der Erntegewichte ist nur für Klee, Gurken und Mais ein geringfügig höheres Erntegewicht der Kontrolle gegenüber der Mo-Variante feststellbar, während Gras, Grünkohl, Spinat, Salat, Hafer, Rüben, Weizen, Möhren, Bohnen, Zwiebeln, Kohlrabi, Kartoffeln, Tomaten, Rettich, Futterrüben und Lauch keinen Einfluß durch die Mo-Kontamination des Bodens im Vergleich zur Kontrolle erkennen lassen. Zur Beurteilung der tatsächlichen Toxizität auf dem Weg zum Menschen, müssen die Analyseergebnisse des Pflanzenmaterials abgewartet werden.

7.4.6 Der Boden-Pflanzen-Transfer von stabilem Iod

Die Pflanzenverfügbarkeit von Iod in Boden wird mit Hilfe von Auslaugexperimenten untersucht. Die zur Untersuchung verwendeten Böden (Jura, J; Kreide, K; Urgesteinsverwitterung, U) wurden 1987 mit I-129 kontaminiert. Um die Auslaugung zu ermitteln, wurden Proben von den oben beschriebenen Böden mit einer Perchlorat und Sulfid enthaltenden Lösung geschüttelt. In den so erhaltenen Auslauglösungen wurde der Gehalt an I-129 bestimmt und auf den Gesamtgehalt an I-129 (γ-spektroskopisch ermittelt) bezogen. Der Zusammenhang zwischen Auslaugzeit und Gehalt an I-129 in der Auslauglösung ist für die drei Bodenarten J, K und U in Abb. 7/4 dargestellt.

Die Böden, die beim vorher beschriebenen Experiment benutzt wurden, wurden auf I-129-Mobilität untersucht. Dazu wurden ein Tiefenprofil erstellt in der Weise, daß in vertikaler Richtung in Abständen von jeweils 10 cm eine Bodenprobe entnommen und diese auf I-129 untersucht wurde. Ein Beispiel für solch ein Tiefenprofil ist in Abb. 7/5 wiedergegeben.

Für die Bestimmung des stabilen Iodes wurde die spektralphotometrische Analysemethode nach Sandell-Kolthoff auf seine Eignung geprüft. Die ersten Analysen von Referenzmaterialien mit zertifizierten Iodgehalten lieferten zufriedenstellende Ergebnisse.

Für weitere Untersuchungen zur Flüchtigkeit und zur Mobilität wurden im November in Spöck und auf dem Michaelsberg Bodenproben, als Lysimeter gestochen, genommen. Der Boden aus Spöck ist ein sandiger, wenig adsorbierender Boden, der Michaelsberger Boden ist ein lehmiger, stärker adsorbierender

Boden. Beide Böden werden mit I-129 kontaminiert, bepflanzt und für weitere Untersuchungen eingesetzt.

7.4.7 Die Messung von $^{14}\text{CO}_2$ in der Abluft der Verbrennungsanlage der HDB

Für die Probenahme von CO_2 aus trockenen Gasen werden seit Jahrzehnten Molekularsiebe eingesetzt. Eine Patrone mit Molekularsieb 3 A wird zur Adsorption der Luftfeuchte benutzt. Dann folgen zwei bzw. drei Patronen mit Molekularsieb 13X, die das CO_2 des Probengasstromes adsorbieren. Mit dieser Probenahmeapparatur wurden Experimente im Labor und unter Benutzung der echten Abluft der Verbrennungsanlage durchgeführt.

Neben den Aktivitätsmessungen wurden dabei regelmäßig Gewichtszunahmen an den einzelnen Patronen bestimmt. Durch diese Gewichtszunahmemessungen konnte gezeigt werden, daß in einigen Fällen der über 20 Probenahmen, die 1988 erfolgten, offensichtlich Unstimmigkeiten im Probengasfluß vorlagen. Als Ursache für diese Unstimmigkeiten wurden durch die Gruppe Abluftüberwachung Undichtigkeiten an den für HTO und $^{14}\text{CO}_2$ benutzten Patronen identifiziert. Durch Dichtigkeitsprüfungen und Verbesserungen an den Patronen wurden diese Störungen beseitigt.

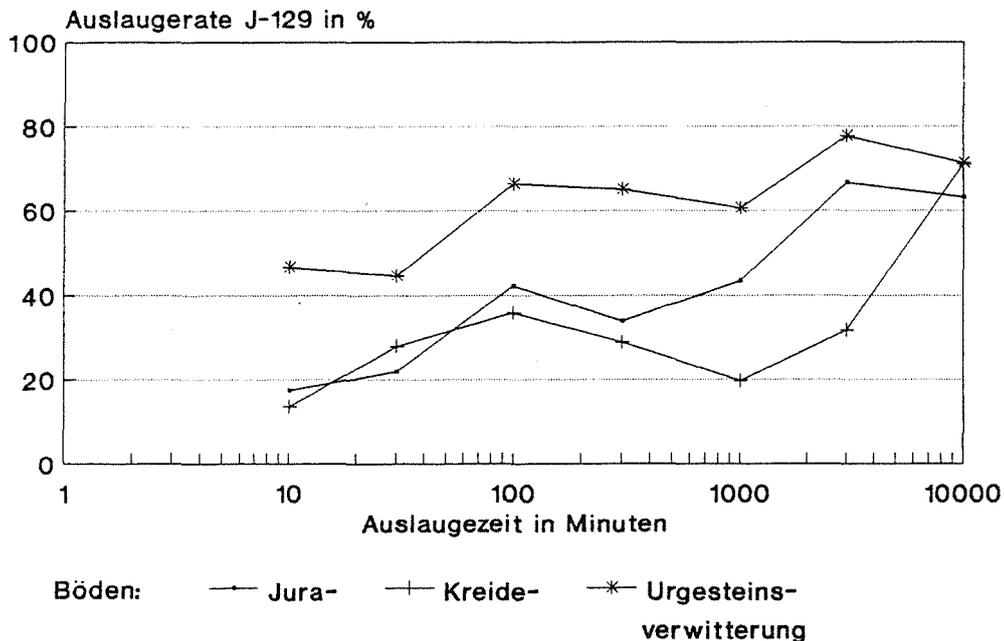


Abb. 7/4: Ausgelaugter I-129-Anteil als Funktion der Kontaktzeit mit $\text{NaClO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3$ -Lösung

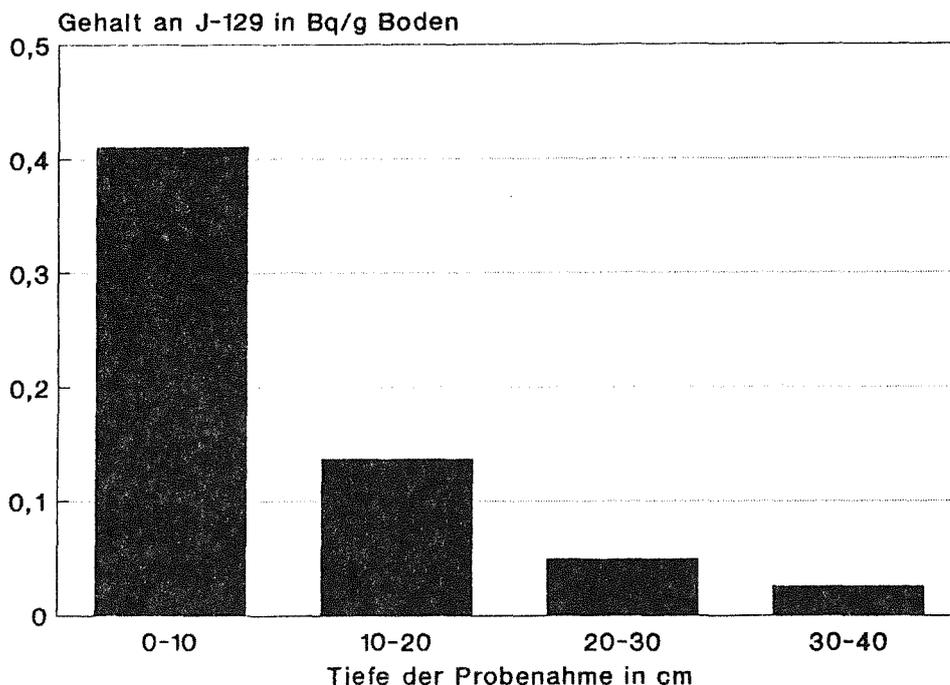


Abb. 7/5: Vertikalprofil von I-129 im Boden

Beim Beginn der Experimente wurde ein Durchfluß von 12 l/h und eine Patronenfüllung von ca. 180 g Molekularsieb 13X eingesetzt. Unter realistischen Bedingungen in der Abluft der Verbrennungsanlage wurden vier Patronen in Reihe installiert. Die erste Patrone wurde zur H₂O-Adsorption mit Molekularsieb 3 A gefüllt. In den 13X-Patronen wurden folgende C-14-Aktivitäten gemessen:

1. Patrone	280 Bq
2. Patrone	<7 Bq
3. Patrone	<7 Bq

Aus diesem Experiment ergab sich, daß bereits eine Patrone ausreicht, um unter realistischen Bedingungen eine quantitative ¹⁴CO₂-Adsorption zu erhalten. Mit 12 l/h maximalem Durchfluß und den angewandten Meßmethoden betrug die Nachweisgrenze etwa 2 ‰ der wöchentlichen maximal zulässigen ¹⁴CO₂-Emission.

Störungen des Systems sind durch folgende Sachverhalte denkbar: Wenn der H₂O-Gehalt der Probenluft wider Erwarten ganz wesentlich über den üblichen mittleren Werten liegen sollte, würde ein Teil des H₂O im ungünstigsten Fall durch die H₂O-Patrone durchbrechen. Dies würde die Kapazität der ersten CO₂-Patrone reduzieren. Daher wird unter keinen Umständen auf eine zweite CO₂-Patrone verzichtet. Hohe Säuregehalte und hohe Temperaturen würden die Effektivität des Probennahmesystems reduzieren. Da die HDB einen Wäscher einsetzt, der die sonst vorhandene Salzsäure aus der Abluft beseitigt, und durch Thermostatisierung und Wäscher die Temperaturen der Abluft der Verbrennungsanlage weitgehend konstant gehalten werden, sind diese Störungen nicht zu erwarten. In jedem Fall werden zwei Patronen hintereinander eingesetzt. Wegen des hohen Abstandes zwischen maximal zulässiger Emission pro Woche und der mit diesem Konzept erreichten Nachweisgrenze, kann der Durchfluß auch von 12 l/h auf 4 l/h reduziert werden.

In einer geschlossenen Apparatur wurden 180 g Molekularsieb 13X mit 229 Bq ^{14}C versetzt, unter N_2 -Durchfluß wurde H_2O bis zur vollständigen Bedeckung des Molekularsiebes zugesetzt und später zum Ansäuern der wäßrigen Lösung HCl . Das mit dem Trägergas ausgeblasene CO_2 wurde in einem Natronlaugewäscher absorbiert. Das Ausblasen wurde nach 30 Minuten beendet und die Natronlauge auf ^{14}C ausgemessen. Die Rückhaltung entspricht 97 %, wobei eine Standardabweichung von $\pm 1,3 \%$ sich aus der Zählstatistik ergibt. Die guten Erfahrungen, die mit $^{14}\text{CO}_2$, HTcO_4 und I_2 bei früheren Experimenten mit den benutzten Wäschern gemacht wurden, wurden also bestätigt.

Danach wurde die Lösung weitere 30 Minuten mit N_2 ausgeblasen. In der neu vorgelegten NaOH wurden $< 2,4 \%$ des ursprünglich zugesetzten ^{14}C gefunden. Dies bedeutet, daß 30 Minuten für das Ausblasen ausreichend Zeit sind, um das $^{14}\text{CO}_2$ aus der Lösung über dem Molekularsieb 13X quantitativ auszutreiben, und daß der Natronlaugewäscher das ausgetriebene $^{14}\text{CO}_2$ praktisch quantitativ absorbiert. Der Stickstoffdurchfluß sollte den optimalen Arbeitsbedingungen des Wäschers entsprechen. Gleiche Ergebnisse wurden später mit der doppelten Menge an Molekularsieb erhalten.

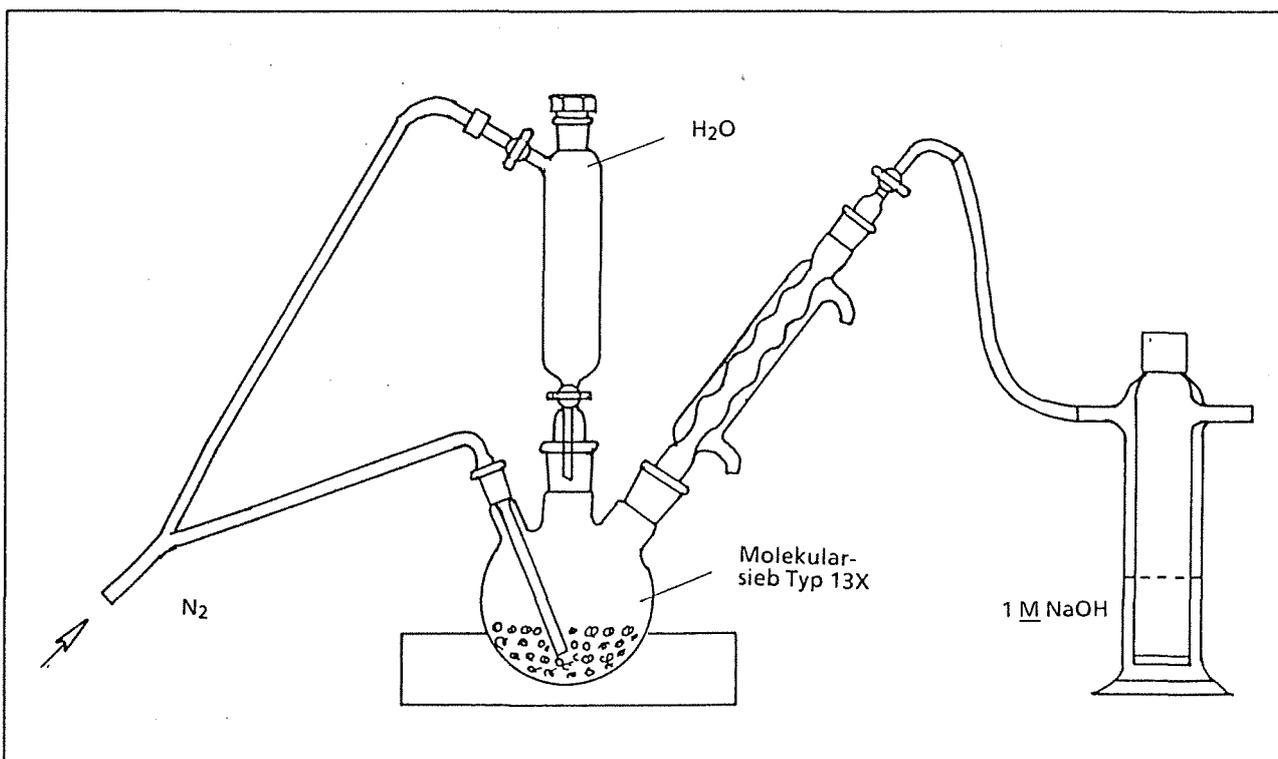


Abb. 7/6: Apparatur zum Austreiben von $^{14}\text{CO}_2$ aus Molekularsieben

Grundsätzlich stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung, um ^{14}C zu messen: Die eine besteht in der Messung der Natronlauge direkt, die andere setzt eine Abtrennung des ^{14}C als BaCO_3 voraus. Letztere Methodik erreicht eine Nachweisgrenze, die noch wesentlich unter dem o. a. Bereich von einigen Promille der maximal zulässigen Wochenemission liegt. Da eine solche Empfindlichkeit nicht notwendig ist, wird die einfachere Technik, nämlich die Direktmessung des ^{14}C in der Natronlauge des Wäschers, benutzt. Zur Verdünnung der Natronlauge werden 2 ml mit 6 ml H_2O versetzt und mit 4 ml Quickszint 401 vermischt. Diese Probe wird im Dunkeln über Nacht stehen gelassen, um die Chemolumineszenz der Probe abklingen zu lassen. Diese Mischung von Wasser und Szintillator liegt in einem Bereich, in dem normalerweise eine Phasentrennung auftreten sollte. In einer umfangreichen Untersuchung wurde der Einsatz von Quickszint 401 im Zusammenhang mit I-129-Arbeiten studiert. Sowohl für I-129-Messungen als auch für die hier beschriebenen ^{14}C -Messungen gilt, daß sich die organische und die wäßrige Phase im Laufe von einigen Wochen trennen können. Aus diesem Grund wird empfohlen, die Messung des ^{14}C innerhalb von wenigen Tagen nach der Herstellung des Präparates durchzuführen.

7.5 Verhalten von Tritium im System Luft-Pflanze-Boden

S. Diabaté, S. Strack, G. Pagliosa, M. Mache

7.5.1 Expositionsversuche mit HT

Beim Betrieb eines Fusionsreaktors kann Tritium in die Atmosphäre gelangen, hauptsächlich in Form von HT bzw HTO. Im Rahmen des Projekts Kernfusion wurden 1989 Experimente zur Untersuchung der Deposition von HT an oberirdischen Pflanzenteilen und der Einlagerung ins Gewebewasser bzw. in die organische Substanz durchgeführt. Die Versuchsanlage zur Exposition von Pflanzen mit HT besteht aus einer Glovebox (Plexiglas, ca. 300 l Rauminhalt), durch die kontinuierlich klimatisierte Luft geleitet wird. HT wird als Gemisch mit Stickstoff an der Luftzufuhrstelle aus einer Druckgasflasche zudosiert. Klima- und Beleuchtungsdaten sowie HT- und HTO-Konzentrationen in der Expositions-kammer werden gemessen und fortlaufend registriert. Während der Vorversuche, bei denen HT in die leere Box eingeleitet wurde, zeigte sich, daß die Umwandlungsrate von HT zu HTO an den Innenflächen der Box relativ klein ist. Die Depositionsgeschwindigkeit von HT auf einer Wasseroberfläche ist mit kleiner als E-06 m/s ebenfalls sehr gering. Die Oxidation von HT an anderen Oberflächen als Pflanzen soll durch ein daraufhin abgestimmtes Versuchskonzept ermittelt und bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden.

In einer ersten Versuchserie wurden in Töpfen angezogene Pflanzen (Gras, Salat, Tomaten, Mais, Kohlrabi und Wirsing) ca. 3 Stunden unter folgenden Bedingungen exponiert:

1. Pflanzen mit unbedecktem Boden, HT-Luftkonzentration: 13 kBq/l, HTO-Luftkonzentration: kontinuierlicher Anstieg bis max. 10 Bq/l
2. Pflanzen mit abgedecktem Boden, HT-Luftkonzentration: 13 kBq/l, durchschnittliche HTO-Luftkonzentration: 0,65 Bq/l
3. Pflanzen mit abgedecktem Boden, kontinuierliche Einleitung von HTO-Dampf zur Einstellung der gleichen HTO-Luftkonzentration wie in Versuch 2.

Das Verhältnis der spezifischen Aktivitäten von Tritium im Gewebewasser der verschiedenen Pflanzen und in Luftfeuchte variierte bei beiden Versuchen zwischen 0,1 und 0,7. Dieses Ergebnis ist auch zu erwarten, wenn in der Atmosphäre nur HTO vorhanden ist. Daß bei gleichzeitiger Anwesenheit der 10 000fachen Menge HT ein ähnliches Ergebnis gefunden wurde, deutet darauf hin, daß der Einfluß von HT bei der Tritiumaufnahme ins Gewebewasser sehr gering ist. Ergebnisse von Tritiumkonzentrationen in der organischen Substanz der Pflanzen liegen noch nicht vor.

Im dritten Versuch sollten die Pflanzen nur mit HTO-Dampf der gleichen Konzentration wie in Versuch 2 exponiert werden. Von den Ergebnissen werden Hinweise zur Beantwortung der Frage erwartet, ob HT direkt in OBT der Pflanzen eingebaut wird oder nicht.

7.5.2 HT- und HTO-Konzentrationen in Umgebungsluft

Zur getrennten Bestimmung von HTO und HT in Umgebungsluft wurde ein Sammler nach einer Methode aufgebaut, die auf eine Arbeit von Östlund und Mason zurückgeht. Hierbei wird zunächst die

Luftfeuchte in zwei Molekularsiebfallen zurückgehalten. Die trockene Luft passiert dann ein mit Palladium imprägniertes Molekularsieb, wobei der Wasserstoff bei Raumtemperatur oxidiert und unmittelbar danach im Trägermaterial adsorbiert wird. Bei einer Sammeldauer von ca. 76 Stunden wurden in einer Meßreihe HTO-Konzentrationen von 80-420 mBq/m³ und HT-Konzentrationen von 50-230 mBq/m³ in der Luft ermittelt (im August 1989 im Kernforschungszentrum Karlsruhe). Die spezifische Aktivität pro Gramm Wasserstoff war bei HT ca. 10 mal höher als bei HTO.

8 Beratertätigkeit

Beirat des Instituts für Strahlenschutz der Berufsgenossenschaften (Koelzer)

„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 (Hempelmann, Winter)

„Strahlenschutztechnik“, Fachbeirat des Normenausschusses Kerntechnik des DIN (Koelzer, Piesch)

„Nachweisgrenzen radioaktiver Stoffe“, Normenausschuß Kerntechnik des DIN (Berger, Winter)

„Oberflächendekontaminationsverfahren“, Normenausschuß Kerntechnik des DIN (Berger)

„Radioaktivitätsüberwachung der Luft“, Normenausschuß Kerntechnik des DIN (Berger)

„Umgebungsüberwachung“, Normenausschuß Kerntechnik des DIN (Piesch)

„Umschlossene Strahler“, Normenausschuß Kerntechnik des DIN (Doerfel)

„Dosimetrie“, Arbeitsausschuß des Normenausschusses Radiologie des DIN (Piesch)

„Neutronendosimetrie“, Normenausschuß Radiologie des DIN (Piesch)

„Thermolumineszenzdosimetrie“, Normenausschuß Radiologie des DIN (Piesch)

„Radioaktivität“, Arbeitskreis der Fachgruppe Wasserchemie in der Gesellschaft Deutscher Chemiker (Pimpl)

„Fachliche Berater der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen“, Regierungspräsidium Karlsruhe (Winter)

„Arbeitssicherheit“, Arbeitskreis des Landesverbandes Südwestdeutschland der gewerblichen Berufsgenossenschaften (Windbühl)

„Durchfluß und Menge“, Gemeinschaftsausschuß der Gesellschaft für Meß- und Regeltechnik (Schmitz)

„Meßgeräte für Radon und Zerfallsprodukte in Luft“, IEC-Arbeitsgruppe (Urban)

„Messung von Pu in der Lunge“, Arbeitsgruppe der Direktion Gesundheitsschutz, Euratom (Doerfel)

„Dosimetry of Beta Particles and Low Energy X-Rays“, Eurados Working Group (Piesch)

„Application of Track Detectors in Neutron Dosimetry“, Eurados Working Group (Piesch)

„Nuclear Tracks and Radiation Measurement“, Pergamon Press, Zeitschrift, Editorial Advisory Board (Piesch)

„Radiation Protection Dosimetry“, Nuclear Technology Publishing, Zeitschrift, Editorial Board (Piesch)

9 Literatur

- [1] AL-JARALLAH, M. I.; Optimization of a single sphere albedo system using ^3He counters for the measurement of neutron dose equivalent rates and the field calibration of personnel albedo neutron dosimeters. KfK-4632, November 1989.

- [2] AL-NAJJAR, S. A. R.; PIESCH, E.; Flat angular response of a fast neutron dosimeter using cylindrical shaped CR-39. 6th Symp. on Neutron Dosimetry, Neuherberg, October 12-16, 1987; Radiation Protection Dosimetry 23, pp. 161-64, 1988.

- [3] AL-NAJJAR, S.A.R.; NINOMIYA, K.; PIESCH, E.; Properties of electrochemically etched CR-39 plastic for fast neutron dosimetry. 6th Symp. on Neutron Dosimetry, Neuherberg, October 12-16, 1987; Radiation Protection Dosimetry 23, pp. 165-69, 1988.

- [4] ANDERER, U.; KNEDLITSCHKE, G.; WEIBEZAHN, K. F.; DERTINGER, H.; cAMP and cell proliferation in communicating and non-communicating mouse cell lines cultured as monolayers and spheroids. Scientific Proc. of the 5th Symp. of the Section of Experimental Cancer Research (SEK) of the German Cancer Society, Heidelberg, April 10-12, 1989; Journal of Cancer Research and Clinical Oncology, 115 Suppl., p. 26 (Abstract), 1989.

- [5] BAUER, B. W.; ALBERTS, W. G.; BURGHARDT, B.; GULDBAKKE, S.; MEDIONI, R.; PIESCH, E.; PORTAL, G.; SIEBERT, B. R. L.; Energy and angle dependence of and phantom influence on readings of neutron individual dosimeters: first results of experiments. Seminar Implementation of Dose-Equivalent Operational Quantities into Radiation Protection Practice, Braunschweig, June 7-9, 1988; Radiation Protection Dosimetry 28, pp. 115-19, 1989.

- [6] BLOCK, J.; PIMPL, M.; Cycling of radiocesium in two forest ecosystems in the state of Rhineland-Palatinate. Workshop 'The Transfer of Radionuclides in Natural and Semi-natural Environments, Passariano, I, September 11-15, 1989.

- [7] BUNZL, K.; DILGER, H.; DOERFEL, H.; GANS, I.; GROSCHE, B.; HAUBELT, R.; JACOBI, W.; KAUL, A.; NOSSKE, D.; SCHIEFERDECKER, H.; STREFFER, C.; Strahlenexposition und Strahlengefährdung durch Plutonium: Eine radiologische Bewertung des Plutoniums durch die Strahlenschutzkommission. Fischer, Stuttgart (Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, 14)1989

- [8] BURGKHARDT, B.; PIESCH, E.; Field calibration technique for albedo neutron dose-meters. 6th Symp. on Neutron Dosimetry, Neuherberg, October 12-16, 1987; Radiation Protection Dosimetry 23, pp. 121-26, 1988.
- [9] BURGKHARDT, B.; VILGIS, M.; SCHWARZ, W.; PIESCH, E.; Photon energy and angular response of individual doseimeters with respect to directional dose equivalent. Seminar Implementation of Dose-Equivalent Operational Quantities into Radiation Protection Practice, Braunschweig, June 7-9, 1988; Proc. Radiation Protection Dosimetry 28, pp. 101-05, 1989.
- [10] BURGKHARDT, B.; PIESCH, E.; VILGIS, M.; ISHIDOYA, T.; IKEGAMI, T.; Modern automatic read-out systems for phosphate glass doseimeters using UV-laser excitation. 9th Internat. Conf. on Solid State Dosimetry, Wien, A, November 6-10, 1989.
- [11] BURGKHARDT, B.; PIESCH, E.; VILGIS, M.; Analysis of beta-radiation fields in the fuel cycle. 9th Internat. Conf. on Solid State Dosimetry, Wien, A, November 6-10, 1989.
- [12] BURGKHARDT, B.; KLIPFEL, A.; Dosimetric properties of carbon loaded LiF detectors for beta photon extremity dosimetry. 9th Internat. Conf. on Solid State Dosimetry, Wien, A, November 6-10, 1989.
- [13] DERTINGER, H.; SONTAG, W.; Mechanismen der biologischen Strahlenschädigung im Energiebereich von 4 bis 200 eV. In: Moser, H. O. (Hrsg.); Anwendungsspektrum moderner supraleitender Kompaktquellen für Synchrotronstrahlung am Beispiel der konzipierten Karlsruher Quelle (KSSQ). KfK-4492, S. 49-51, Juni 1989
- [14] DERTINGER, H.; Dreidimensionale Zellkulturen (Sphäroide) der Rattenleber. Technologietransfer durch Kooperation: 10 Jahre TT-Programm des Kernforschungszentrums Karlsruhe: Tagungsbericht vom Symp., Karlsruhe, 9.-10. Mai 1989; Köln: Verlag TÜV Rheinland, S. 222-29 (Technologie-Transfer, Bd. 15), 1989
- [15] DILGER, H.; DOERFEL, H. R.; SCHIEFERDECKER, H.; Strahlenschutzüberwachung beim Umgang mit Plutonium. In: Koelzer, W.; Plutonium. KfK-4516, S. 82-162, März 1989
- [16] DOERFEL, H.; OLIVEIRA, C. A. N.; In-vivo measurement of Am organ burdens: techniques and results of measurements after an incident in an industrial research institute. Proc. of the EG Workshop 'Biological Assessment of Occupational Exposure to Actinides', Versailles, F, May 30-June 2, 1988; Radiation Protection Dosimetry 26, S. 189-93, 1989.

- [17] HOFMANN, B.; SCHWARZ, W.; BURGKHARDT, B.; PIESCH, E.; Neutronendosimetrie in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren. KfK-4499, Februar 1989
- [18] JOZEFOWICZ, K.; PIESCH, E.; Detection of α -particles and neutrons in electrochemically etched polycarbonate track detectors. KfK-4558, Juli 1989.
- [19] JOZEFOWICZ, K.; PIESCH, E.; Electrochemically etched Makrofol DE as a detector for neutron induced recoils and alpha particles. 9th Internat. Conf. on Solid State Dosimetry, Wien, A, November 6-10, 1989.
- [20] KELLER, C.; SCHÜTTELKOPF, H.; Plutonium - Entdeckung, Chemie, Vorkommen. In: Koelzer, W. (Hrsg.); Plutonium. KfK-4516, S. 9-42, März 1989
- [21] 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(PLA 88/26), 30.11.1989
- [22] KOELZER, W.; URBAN, M. (Hrsg.); Jahresbericht 1988 der Hauptabteilung Sicherheit. KfK-4530, April 1989
- [23] KOELZER, W. (Hrsg.); Plutonium. KfK-4516, März 1989
- [24] KOELZER, W.; Stichwort 'Plutonium'. Energiewirtschaftliche Tagesfragen 39, S. 384-86, 1989
- [25] KOELZER, W.; Erfahrungen beim Umgang mit Plutonium - eine Zusammenfassung. In: Koelzer, W. (Hrsg.); Plutonium. KfK-4516, S. 1-8, März 1989
- [26] KOELZER, W.; Messung von Plutonium im Menschen. gsf - Mensch und Umwelt, Nr. 6, S. 31-36, 1989
- [27] NARROG, J.; HEINEMANN, K.; WINTER, M.; HERRNBERGER, V.; HAAG, J.; CZERWINSKI, N.; Empfehlungen zur Aktualisierung der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen; FS-89-50-AKU, Juli 1989; erschienen in der Publikationsreihe "Fortschritte im Strahlenschutz" des Fachverbands für Strahlenschutz e. V. (Hrsg.)

- [28] NARROG, J.; WINTER, M.; Meßstrategie für die Umgebungsüberwachung bei kerntechnischen Stör- und Unfällen; enthalten in: Empfehlungen zur Überwachung der Umweltradioaktivität, FS-78-15-AKU, Loseblattsammlung, Blatt 3.3.2, 3. Teillieferung, Juni 1989; erschienen in der Publikationsreihe "Fortschritte im Strahlenschutz" des Fachverbands für Strahlenschutz e. V. (Hrsg.)
- [29] NARROG, J.; WINTER, M.; Überwachung der Gamma-Ortsdosis mit Festkörperdosimetern; enthalten in: Empfehlungen zur Überwachung der Umweltradioaktivität, FS-78-15-AKU, Loseblattsammlung, Blatt 3.1.2 und 3.2.1, 3. Teillieferung, Juni 1989; erschienen in der Publikationsreihe "Fortschritte im Strahlenschutz" des Fachverbands für Strahlenschutz e. V. (Hrsg.)
- [30] NECK, C.; Der Transfer von stabilem Iod über den Weide-Kuh-Milch-Pfad. KfK-4517 (Mai 1989), Dissertation, Universität Karlsruhe, 1989
- [31] PAPADOPOULOS, D.; KÖNIG, L. A.; LANGGUTH, K. G.; Calculation model for the impact on soil due to tritium emission into the atmosphere during snowfall. Desmet, G. (Hrsg.); Reliability of Radioactive Transfer Models: Proc. of a Workshop, Athinai, GR, October 5-9, 1987; London u. a.: Elsevier, S. 38-45, 1988.
- [32] PENSKO, J.; WICKE, A.; Measurement techniques for the estimation of Rn-222 concentration and the exhalation rate indoors and outdoors using an activated carbon bed. Postępy Fizyki i Medycznej 23, S. 263-70, 1988.
- [33] PIESCH, E.; BURGKHARDT, B.; Albedo dosimetry system for routine personnel monitoring. 6th Symp. on Neutron Dosimetry, Neuherberg, October 12-16, 1987; Radiation Protection Dosimetry 23, S. 117-20, 1988.
- [34] PIESCH, E.; BURGKHARDT, B.; VILGIS, M.; Can individual dosimeters for the measurement of the directional dose equivalent $H'(10)$ indicate organ doses and the effective dose equivalent? Seminar Implementation of Dose-Equivalent Operational Quantities into Radiation Protection Practice, Braunschweig, June 7-9, 1988; Proc. Radiation Protection Dosimetry 28, S. 21-28, 1989.
- [35] PIESCH, E.; AL-NAJJAR, S.A.; NINOMIYA, K.; Neutron dosimetry with CR-39 track detectors using electrochemical etching: recent improvements, dosimetric characteristics and aspects of routine application. Radiation Protection Dosimetry 27, S. 215-30, 1989.

- [36] PIESCH, E.; AL-NAJJAR, S. A. R.; JOZEFOWICZ, K.; Background properties of CR-39 track etch detectors: results from Karlsruhe Nuclear Research Centre. Lembo, L. (Hrsg.); Results of a Survey of Neutron Dosimetry PADC Background Organized by Eurados-Cendos in 1988. PAS-FIBI-DOSI 1 S.28-31, 1989.
- [37] PIESCH, E.; URBAN, M.J.; Neue Messverfahren zur Radondosimetrie. 53. Physikertagung, gemeinsam mit der Frühjahrstagung DPG, Kern- und Hochenergiephysik, Energietechnik - Physikalische Grundlagen, Fachdidaktik der Physik, Gravitation und Relativitätstheorie, Strahlenwirkung und -schutz, Physiker in der Automatisierungstechnik, Fortbildungsveranstaltung, Bonn, 13.-17.März 1989; Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, R. 6, Bd. 24, SZ-5, 1989
- [38] PIESCH, E.; BURGKHARDT, B.; VILGIS, M.; Photoluminescence dosimetry - progress and present state of the art. 9th Internat. Conf. on Solid State Dosimetry, Wien, A, November 6-10, 1989.
- [39] RANOGAJEC-KOMOR, M.; VEKIC, B.; PIESCH, E.; BURGKHARDT, B.; SZABO, P. P.; Intercomparison of solid state dosimeters within environmental monitoring programs. Radiation Protection - Selected Topics. Proc. of the Internat. Radiation Protection Symp., Dubrovnik, YU, October 2-6, 1989; Beograd: Boris Kidric Institute, pp. 385-90, 1989.
- [40] ROEDLER, H. D.; NOSSKE, D.; OHLENSCHLÄGER, L.; SCHIEFERDECKER, H.; DOERFEL, H.; RENZ, K.; Incorporation of Am: effectiveness of late DTPA chelation therapy. Proc. of the EG Workshop 'Biological Assessment of Occupational Exposure to Actinides', Versailles, F, May 30-June 2, 1988; Radiation Protection Dosimetry 26, pp. 377-79, 1989.
- [41] ROLLER, M.; Untersuchungen zur Aufnahme und zum Umsatz von tritiiertem Wasserdampf (HTO) in Gemüsepflanzen. KfK-4514 (Februar 89), Dissertation, Universität Stuttgart 1989
- [42] SCHIEFERDECKER, H.; DILGER, H.; DOERFEL, H.; Practical experience accumulated at the Karlsruhe Nuclear Research Centre in detecting incorporated plutonium. Proc. of the EG Workshop 'Biological Assessment of Occupational Exposure to Actinides', Versailles, F, May 30-June 2, 1988; Radiation Protection Dosimetry 26, pp. 177-82, 1989.

- [43] WALSER, B.; DROSSELMAYER, E.; WEIBEZAHN, K. F.; Three-dimensional culture system for hepatocytes (spheroids). Tagung der Deutschen Gesellschaft für Zellbiologie, Bielefeld, 13.-17. März 1989 European Journal of Cell Biology, 48 Suppl.26, p. 71 (Abstract) 1989
- [44] Weibezahn, K.F.; Walser, B.; Knedlitschek, G.; Dertinger, H.; Einsatz von multizellulären Sphäroiden zur Entwicklung von Arzneimitteln, KfK-Nachr. Jahrg. 21, 1-2, S. 76-78, 1989