

KfK 3535
April 1983

Jahresbericht 1982 der Hauptabteilung Sicherheit

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

Kernforschungszentrum Karlsruhe

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE
Hauptabteilung Sicherheit

KfK 3535

Jahresbericht 1982
der Hauptabteilung Sicherheit

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

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

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

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
ISSN 0303-4003

Zusammenfassung

Der Sicherheitsbeauftragte und der Sicherungsbeauftragte sind für die Gewährleistung des Strahlenschutzes und der technischen Sicherheit auf konventionellem und nuklearem Gebiet, für die Objektsicherung und die Überwachung der Kernmaterialien und radioaktiven Stoffe innerhalb der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH zuständig. Zur Durchführung dieser Aufgaben bedienen sie sich der Hauptabteilung Sicherheit.

Die Aufgabenstellung der Hauptabteilung umfaßt sowohl alle Strahlenschutz-, Sicherheits- und Sicherungsaufgaben für die Anlagen der KfK GmbH und die Umgebungsüberwachung für das gesamte Kernforschungszentrum Karlsruhe als auch Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, die überwiegend im Rahmen des Arbeitsschwerpunktes Nukleare Sicherheit durchgeführt werden. Schwerpunkte der F+E-Arbeiten sind: Untersuchung der Ausbreitung nuklearer Schadstoffe im Nah- und Fernbereich, Ermittlung der Folgen von großen Unfällen an Reaktoren unter probabilistischen Gesichtspunkten, Untersuchungen des physikalischen und chemischen Verhaltens biologisch besonders wirksamer Radionuklide in der Umwelt, Verbesserungen in der Strahlenschutzmeßtechnik.

Der vorliegende Bericht informiert über die einzelnen Aufgabengebiete, gibt die Ergebnisse der Routineaufgaben im Jahre 1982 wieder und berichtet über Untersuchungsergebnisse und Entwicklungen der verschiedenen Arbeitsgruppen der Hauptabteilung.

Safety Department, Annual Report 1982

Summary

The Safety Officer and the Security Officer are responsible for radiation protection and technical safety, both conventional and nuclear, for the physical protection as well as the safeguards of nuclear materials and radioactive substances within the Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH (KfK). To fulfill these functions they rely on the assistance of the Safety Department.

The duties of this Department cover tasks relative to radiation protection, safety and security on behalf of the institutes and departments of KfK and environmental monitoring for the whole Karlsruhe Nuclear Research Center as well as research and development work, mainly performed under the Nuclear Safety Project. The centers of interest of r + d activities are: investigation of the atmospheric diffusion of nuclear pollutants on the micro- and meso-scales, evaluation of the radiological consequences of accidents in reactors under probabilistic aspects, studies of the physical and chemical behavior of radionuclides with particularly high biological effectiveness in the environment, improvements in radiation protection measurement technology.

This report gives details of the different duties, indicates the results of 1982 routine tasks and reports about results of investigations and developments of the working groups of the Department.

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

| Inhaltsverzeichnis | Seite |
|--|-------|
| 1. Aufgabengebiete und Organisation der Hauptabteilung Sicherheit | 1 |
| 2. Technisches Sicherheitsbüro | 12 |
| 2.1 Strahlenschutz | 13 |
| 2.1.1 Betriebsüberwachung | 13 |
| 2.1.2 Unterstützung der Strahlenschutzbeauftragten | 13 |
| 2.1.3 Neueinstufung der beruflich strahlenexponierten Personen in Überwachungskategorien | 14 |
| 2.1.4 Personendosiskartei, Mikroverfilmung | 20 |
| 2.1.5 EDV-Einsatz für administrative Strahlenschutzaufgaben | 21 |
| 2.1.6 Ergebnisse der Personendosisüberwachung | 23 |
| 2.1.7 Durchführung der Bestimmungen des § 20 a der Strahlenschutzverordnung | 28 |
| 2.1.8 Durchführung der Röntgenverordnung | 30 |
| 2.1.9 Erfassung und Überprüfung von Notstromversorgungsanlagen | 31 |
| 2.2 Arbeitsschutz | 32 |
| 2.2.1 Betriebsüberwachung | 32 |
| 2.2.2 Sicherheitsinformationen und Sicherheitsausbildung | 33 |
| 2.2.3 Unfallgeschehen | 34 |
| 2.2.4 Arbeitsplatzüberwachungen | 36 |
| 2.2.5 Arbeitsschutzausschuß | 37 |
| 2.2.6 Betrieblicher Normendienst | 37 |
| 2.3 Kernmaterialüberwachung | 38 |
| 2.3.1 Gesetzliche Grundlagen und Struktur der Kernmaterialüberwachung der KfK | 38 |
| 2.3.2 Inspektionen durch EURATOM und IAEO | 39 |
| 2.3.3 Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung von Kernmaterial | 40 |
| 2.3.4 Erfassung und Überwachung von Kernmaterialtransporten | 42 |
| 2.3.5 Erfassung und Meldung sonstiger radioaktiver Stoffe | 44 |
| 2.4 Einsatzplanung für Störfälle und Unfälle und Einsatzleitung | 46 |
| 2.4.1 Der Einsatzleiter vom Dienst | 46 |
| 2.4.2 Analyse der EvD-Einsätze | 48 |
| 2.4.3 Einsatzunterlagen und Einsatzhilfsmittel | 54 |
| 2.4.4 Ausbildung und Weiterbildung der EvD | 55 |
| 2.4.5 Alarmübungen | 56 |
| 2.4.6 Räumungsübung | 58 |
| 2.4.7 Die neue Melderegelung für besondere Vorkommnisse und meldepflichtige Ereignisse | 60 |
| 2.5 Abfallwirtschaft | 63 |
| 2.5.1 Entsorgung von inaktiven Sonderabfällen | 63 |
| 2.5.2 Rückführung von Abfallstoffen in den Wirtschaftskreislauf | 64 |
| 2.5.3 Internes Abgabeverfahren | 65 |
| 3. Sicherung | 67 |
| 3.1 Objektsicherungsdienst | 67 |
| 3.2 Ermittlungsdienst | 69 |
| 3.3 Güterkontrolle | 70 |
| 3.4 Ausweisbüro | 70 |
| 3.5 Personenüberprüfung, Ausländerbetreuung | 70 |
| 3.5.1 Personenüberprüfung | 70 |
| 3.5.2 Ausländerbetreuung | 72 |
| 3.6 Verkehrsdienst | 72 |
| 3.7 Technischer Koordinator | 75 |
| 3.8 Objektsicherungsmaßnahmen | 77 |
| 3.9 Ausbildung | 77 |

| | Seite |
|---------|-------|
| 4. | 79 |
| 4.1 | 80 |
| 4.1.1 | 81 |
| 4.1.2 | 81 |
| 4.1.3 | 81 |
| 4.1.4 | 83 |
| 4.2 | 83 |
| 4.3 | 88 |
| 4.4 | 90 |
| 4.5 | 90 |
| 4.6 | 92 |
| 5. | 94 |
| 5.1 | 96 |
| 5.1.1 | 96 |
| 5.1.2 | 102 |
| 5.1.3 | 106 |
| 5.1.3.1 | 106 |
| 5.1.3.2 | 133 |
| 5.1.4 | 137 |
| 5.1.5 | 138 |
| 5.2 | 141 |
| 5.2.1 | 141 |
| 5.2.2 | 142 |
| 5.2.2.1 | 142 |
| 5.2.2.2 | 144 |
| 5.2.2.3 | 147 |
| 5.2.2.4 | 152 |
| 5.2.3 | 155 |
| 5.2.4 | 156 |
| 5.2.5 | 158 |
| 5.2.6 | 159 |
| 5.2.7 | 161 |
| 5.2.7.1 | 162 |
| 5.2.7.2 | 165 |
| 5.2.7.3 | 167 |
| 5.2.7.4 | 173 |
| 5.2.7.5 | 173 |
| 5.2.7.6 | 175 |
| 5.2.7.7 | 178 |
| 5.2.8 | 182 |
| 5.2.8.1 | 182 |
| 5.2.8.2 | 186 |
| 5.2.8.3 | 188 |
| 5.2.8.4 | 189 |

| | Seite |
|--|-------|
| 5.2.8.5 Messungen zur natürlichen Radioaktivität in Umweltproben | 191 |
| 6. Dosimetrie | 201 |
| 6.1 Dosismessung | 201 |
| 6.1.1 Personendosimetrie | 202 |
| 6.1.2 Ortsdosimetrie | 203 |
| 6.2 Photonendosimetrie | 203 |
| 6.2.1 Herabsetzung des Streulichtanteiles zur Verringerung der Vordosis von Flachglasdosimetern | 203 |
| 6.2.2 Relative empirische Standardabweichung als Funktion der Dosis für drei verschiedene Phosphatglasauswertegeräte | 204 |
| 6.2.3 Zulässige Fehlerbreite des amtlichen Personendosimeters für Monatsauswertung und Langzeitüberwachung | 206 |
| 6.2.4 Praktische Erfahrungen mit automatischen TLD-Systemen | 208 |
| 6.3 Neutronendosimetrie | 210 |
| 6.3.1 Neutronenkalibrierung des Einkugel-Albedomeßsystems bei der PTB | 210 |
| 6.3.2 Erweiterung der Einkugel-Albedomeßtechnik auf die Bestimmung der Neutronenfluenz, der Energiedosis und des Qualitätsfaktors | 211 |
| 6.3.3 Experimentelle Untersuchung des Neutronenstreustrahlungsfeldes am HPRR in Oak Ridge mit der Einkugel-Albedomeßtechnik | 215 |
| 6.3.4 Vorläufige Ergebnisse der Euratom-Neutronenvergleichsmessung 1982 | 219 |
| 6.3.5 Albedo-Neutronendosimeter zur Personenüberwachung in β - γ -Neutronenstreustrahlungsfeldern | 220 |
| 6.3.6 Verbesserung der Reproduzierbarkeit von CR-39-Kernspurätzdetektoren zum Nachweis neutroneninduzierter Rückstoßkerne | 222 |
| 6.4 Radon-Dosimetrie | 223 |
| 6.4.1 Strahlenbelastung der Bevölkerung durch Radon in Wohnhäusern | 223 |
| 6.4.2 Kalibrierung des passiven Radondosimeters | 224 |
| 6.5 Inkorporationsmessung | 225 |
| 6.5.1 Routine- und Sondermessungen | 225 |
| 6.5.2 Abschätzung der internen Dosisbelastung durch unbemerkte Inkorporationen | 227 |
| 6.5.3 Neues Programm für die routinemäßige Inkorporationsüberwachung im KfK | 229 |
| 6.5.4 Cs-137-Erhebungsmessungen | 231 |
| 6.5.5 Kalibrierung des neuen Ganzkörperzählers | 232 |
| 6.5.6 Neues Verfahren zur Analyse der Photopeaks in den Spektren von NaI(Tl)-Detektoren | 234 |
| 6.5.7 Unterscheidung zwischen innerer und äußerer Kontamination bei der In-vivo-Messung | 235 |
| 6.5.8 Kalibrierung des Plutonium-Lungenzählers mit dem neuen Torsophantom | 236 |
| 6.6 Strahlenschutzmeßgeräte | 239 |
| 6.6.1 Aufgaben | 239 |
| 6.6.2 Wartung und Reparatur | 239 |
| 6.6.3 Routinekalibrierung | 240 |
| 6.6.4 Amtliche Eichabfertigungsstelle | 241 |
| 6.6.5 Dichtigkeitsprüfungen | 242 |
| 6.6.6 Entwicklung und Bau eines tragbaren Kontaminationsmonitors mit anwenderspezifisch geformter Meßsonde zur gleichzeitigen Messung von α - und β -Teilchen | 242 |
| 7. Umweltmeteorologie | 244 |
| 7.1 Auswertung meteorologischer Messungen | 244 |
| 7.1.1 Ausbreitungsstatistik | 244 |
| 7.1.2 Weitergabe meteorologischer Daten | 247 |

| | Seite | |
|-------|---|-----|
| 7.2 | Meßwerterfassung und -verarbeitung | 247 |
| 7.2.1 | Laufender Betrieb des Meteorologischen Informations Systems (MIS) | 247 |
| 7.2.2 | Hardware des neuen MIS | 248 |
| 7.2.3 | Software des MIS | 248 |
| 7.2.4 | Neue Meßgeräte | 250 |
| 7.3 | Doppler-SODAR | 252 |
| 7.3.1 | Allgemeines | 252 |
| 7.3.2 | SODAR-R | 253 |
| 7.3.3 | SODAR-B | 253 |
| 7.4 | Ausbreitungsexperimente | 254 |
| 7.4.1 | Planung und Durchführung | 254 |
| 7.4.2 | Auswertung von Experimenten der Kategorie A | 255 |
| 7.4.3 | Anwendung von SPALT auf Schwachwindlagen | 256 |
| 7.5 | Tetroonflüge | 256 |
| 7.5.1 | Meßkampagnen | 256 |
| 7.5.2 | Auswerteprogramme | 258 |
| 7.5.3 | Auswertung | 260 |
| 7.6 | Überlagerung von Kühlturm und Abgasfahnen | 261 |
| 7.6.1 | Windkanalversuche | 261 |
| 7.6.2 | Dynamische Überlagerung einer Abgasfahne mit Auftrieb | 261 |
| 7.6.3 | Chemische Umwandlung in der Abgasfahne | 262 |
| 7.7 | Unfallfolgenmodell der Deutschen Risikostudie Kernkraftwerke (DRS) | 263 |
| 7.7.1 | Arbeiten im Rahmen der Phase B | 263 |
| 7.7.2 | Vergleich von Unfallfolgenmodellen | 263 |
| 7.7.3 | Datenbeschaffung | 264 |
| 7.7.4 | Weitergabe des Rechenprogramms UFOMOD | 265 |
| 7.8 | Strahlenbelastung der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe | 266 |
| 7.8.1 | Strahlenbelastung im Jahre 1982 auf Grund der mit der Abluft abgeleiteten Aktivität | 266 |
| 7.8.2 | Vorausgeschätzte Strahlenbelastung auf Grund des Abluftplanes 1983 | 269 |
| 7.8.3 | Strahlenbelastung auf Grund der mit der Abluft der WAK im Jahre 1981 abgeleiteten Aktivität | 271 |
| 7.8.4 | Strahlenbelastung nach einem angenommenen Störfall in der WAK | 278 |
| 8. | Bibliographie, Beratertätigkeit | 279 |
| 8.1 | Veröffentlichungen 1982 | 279 |
| 8.2 | Beratertätigkeit | 287 |

| Contents | page |
|---|------|
| 1. Duties and Organization of the Central Safety Department | 5 |
| 2. Technical Safety Bureau | 12 |
| 2.1 Radiation Protection | 13 |
| 2.1.1 Inspection of Facilities and Operations | 13 |
| 2.1.2 Assistance to Radiological Protection Supervisors | 13 |
| 2.1.3 Regrouping the Radiation Workers into Monitoring Categories | 14 |
| 2.1.4 Personnel Dose File, Recording on Microfilm | 20 |
| 2.1.5 EDP in Administrative Work Associated with Radiation Protection | 21 |
| 2.1.6 Results of Personal Dose Monitoring | 23 |
| 2.1.7 Implementation of Provisions of Sec. 20 a of the Radiation Protection Ordinance | 28 |
| 2.1.8 Implementation of X-ray Ordinance | 30 |
| 2.1.9 Recording and Inspection of Emergency Power Generating Systems | 31 |
| 2.2 Industrial Safety | 32 |
| 2.2.1 Inspection of Facilities and Operations | 32 |
| 2.2.2 Safety Information and Safety Instructions | 33 |
| 2.2.3 Occupational Accidents | 34 |
| 2.2.4 Working Place Monitoring | 36 |
| 2.2.5 Industrial Safety Committee | 37 |
| 2.2.6 Internal Standard Service | 37 |
| 2.3 Nuclear Material Safeguards | 38 |
| 2.3.1 Legal Basis and Organization of Nuclear Material Safeguards at KfK | 38 |
| 2.3.2 Inspections by EURATOM and IAEA | 39 |
| 2.3.3 Central Accountancy for Nuclear Material Recording and Reporting | 40 |
| 2.3.4 Recording and Monitoring Nuclear Material Transports | 42 |
| 2.3.5 Recording and Reporting other Radioactive Substances | 44 |
| 2.4 Emergency Planning for Incidents and Accidents and Emergency Management | 46 |
| 2.4.1 The Squad Leader in Charge | 46 |
| 2.4.2 Analysis of Interventions by Squad Leader in Charge | 48 |
| 2.4.3 Intervention Documents and Means | 54 |
| 2.4.4 Training and In-career Training of Squad Leader in Charge | 55 |
| 2.4.5 Alarm Exercises | 56 |
| 2.4.6 Evacuation Exercise | 58 |
| 2.4.7 The New Regulation for Reporting Unusual Occurrences and Reportable Events | 60 |
| 2.5 Waste Economy | 63 |
| 2.5.1 Disposal of Inactive Specific Waste | 63 |
| 2.5.2 Returning Wastes into the Industrial Production Cycle | 64 |
| 2.5.3 Internal Procedure of Delivery | 65 |
| 3. Security | 67 |
| 3.1 Plant Security Police | 67 |
| 3.2 Investigation Office | 69 |
| 3.3 Material Control Office | 70 |
| 3.4 Identity Office | 70 |
| 3.5 Personal Security Investigation/Foreign Bureau | 70 |
| 3.5.1 Personal Security Investigation | 70 |
| 3.5.2 Foreign Bureau | 72 |
| 3.6 Traffic Service | 72 |
| 3.7 Technical Coordinator | 75 |
| 3.8 Plant Security Measures | 77 |
| 3.9 Instruction | 77 |

| | page |
|--|------|
| 4. Radiation Protection | 79 |
| 4.1 Radiation Protection at the Working Place | 80 |
| 4.1.1 Personal Monitoring by Pocket Ionization Chambers | 81 |
| 4.1.2 Surface Contaminations | 81 |
| 4.1.3 Room Air Contaminations | 81 |
| 4.1.4 Contaminations of Persons | 83 |
| 4.2 Radiation Protection at the Decontamination Plant | 83 |
| 4.3 Measurements at the Radiation Protection Laboratory | 88 |
| 4.4 Transports of Radioactive Materials under approvals issued by Kernforschungs- zentrum Karlsruhe GmbH | 90 |
| 4.5 Ideas on Lower Detection Limits | 90 |
| 4.6 Computer Assisted Emission Monitoring for Gaseous Effluents | 92 |
| 5. Radioecology | 94 |
| 5.1 Reports on Routine Monitoring | 96 |
| 5.1.1 Exhaust Air | 96 |
| 5.1.2 Liquid Effluents | 102 |
| 5.1.3 Environment | 106 |
| 5.1.3.1 Routine Monitoring Required by Authorities | 106 |
| 5.1.3.2 Supplementary Monitoring Measures | 133 |
| 5.1.4 Spectrometric Investigations | 137 |
| 5.1.5 Radiochemical Investigations | 138 |
| 5.2 Results of Radioecological Research Work | 141 |
| 5.2.1 Gamma-spectrometric Measurement of Radioactive Aerosols Discharged with the Vent Air | 141 |
| 5.2.2 Activities of the Biology Group | 142 |
| 5.2.2.1 Tritium Concentrations in Plant Food Grown in the Main Dispersion Sectors | 142 |
| 5.2.2.2 Radioecological Studies in the Environment of the Rheinniederungskanal | 144 |
| 5.2.2.3 Radioecological Long-term Studies Concerning Tritium in Trees | 147 |
| 5.2.2.4 Microbiological Influences on the Mobility and Bioavailability of Radionuclides in Soils and Sediments | 152 |
| 5.2.3 Radioecological Consequences of Many Years of Operation of Nuclear Facilities at the Karlsruhe Nuclear Research Center | 155 |
| 5.2.4 The Tritium Concentrations in Precipitations, Surface, Ground and Drinking Waters | 156 |
| 5.2.5 Measurements on a Slag Granulate Sample | 158 |
| 5.2.6 Dynamic Behavior of the Activity Inventory in a Special Three-compartment System | 159 |
| 5.2.7 The Radioecology of Pu, Am, Cm and Np | 161 |
| 5.2.7.1 A Quick and Sensitive Analytical Method for Pu | 162 |
| 5.2.7.2 The Pu and Sr-90 Emissions with the Exhaust Air from the HDB and WAK Incineration Facilities and with the Liquid Effluents from KfK | 165 |
| 5.2.7.3 Plutonium in the Environment of KfK | 167 |
| 5.2.7.4 Pu, Am and Cm in Plant Foods | 173 |
| 5.2.7.5 The Pu, Am and Cm Migrations in Soil Columns | 173 |
| 5.2.7.6 Preparatory Investigations for Measurement of the Soil + Plant Transfer of Actinides in the Greenhouse | 175 |
| 5.2.7.7 Soil Analysis | 178 |
| 5.2.8 The Radioecology of Natural Radionuclides | 182 |
| 5.2.8.1 A Quick Analytical Method for the Determination of Ra, Pb, Po, U and Th in Environmental Samples | 182 |
| 5.2.8.2 Radioecological Investigations at Wittichen | 186 |
| 5.2.8.3 Radioecological Investigations at Großschloppen | 188 |
| 5.2.8.4 R-226 in Hard Shelled Dried Fruit and Oleaginous Fruits | 189 |
| 5.2.8.5 Measurements of Natural Radioactivity in Environmental Samples | 191 |

VIII

| | | |
|-------|---|-----|
| 6. | Dosimetry | 201 |
| 6.1 | Dose Measurement | 201 |
| 6.1.1 | Personal Dosimetry | 202 |
| 6.1.2 | Local Dosimetry | 203 |
| 6.2 | Photon Dosimetry | 203 |
| 6.2.1 | Reduction of the Scattered Light Portion to Diminish the Predose of Plate Glass Dosimeters | 203 |
| 6.2.2 | Relative Empirical Standard Deviation as a Function of the Dose for Three Different Phosphate Glass Evaluation Instruments | 204 |
| 6.2.3 | Admissible Error Band of the Official Personal Dosimeter for Monthly Evaluations and Long-term Monitoring | 206 |
| 6.2.4 | Practical Experience with Automated TLD Systems | 208 |
| 6.3 | Neutron Dosimetry | 210 |
| 6.3.1 | Neutron Calibration of the Single-sphere Albedo Measuring System at PTB | 210 |
| 6.3.2 | Extension of Single-sphere Albedo Measuring Technique to Include the Determination of the Neutron Fluence, Absorbed Dose and Quality Factor | 211 |
| 6.3.3 | Experimental Investigation into the Neutron Scattered Radiation Field at HPRR, Oak Ridge, Using the Single-sphere Albedo Measuring Technique | 215 |
| 6.3.4 | Preliminary Results from the Euratom Neutron Intercomparison Measurement 1982 | 219 |
| 6.3.5 | Albedo Neutron Dosimeter for Personal Monitoring in β - γ -Neutron Scattered Radiation Fields | 220 |
| 6.3.6 | Improvement of Reproducibility of CR-39 Nuclear Track Etching Induced Recoil Nuclei | 222 |
| 6.4 | Radon Dosimetry | 223 |
| 6.4.1 | Radiation Exposure of the Population by Radon in Residential Dwellings | 223 |
| 6.4.2 | Calibration of the Passive Radon Dosimeter | 224 |
| 6.5 | Incorporation Measurement | 225 |
| 6.5.1 | Routine and Special Measurements | 225 |
| 6.5.2 | Estimate of the Internal Exposure Dose Due to Unnoticed Incorporations | 227 |
| 6.5.3 | New Program for Routine Incorporation Monitoring at KfK | 229 |
| 6.5.4 | Cs-137 Statistic Measurements | 231 |
| 6.5.5 | Calibration of the New Body Counter | 232 |
| 6.5.6 | New Method of Analyzing the Photopeaks in the Spectra of NaI(Tl)-Detectors | 234 |
| 6.5.7 | Discrimination between Internal and External Contaminations in In-vivo Measurements | 235 |
| 6.5.8 | Calibration of the Plutonium Lung Counter Using the New Torso Phantom | 236 |
| 6.6 | Radiation Protection Measuring Equipment | 239 |
| 6.6.1 | Tasks | 239 |
| 6.6.2 | Maintenance and Repair | 239 |
| 6.6.3 | Routine Calibration | 240 |
| 6.6.4 | Calibration Office | 241 |
| 6.6.5 | Leak Tests | 242 |
| 6.6.6 | Development and Construction of a Portable Contamination Monitor with the Measuring Probe Shaped to Conform with Users' Requirements for the Simultaneous Measurement of Alpha and Beta Particles | 242 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 7. | Meteorology of the Environment | 244 |
| 7.1 | Evaluation of Meteorological Measurements | 244 |
| 7.1.1 | Diffusion Statistics | 244 |
| 7.1.2 | Transmission of Meteorological Data | 247 |
| 7.2 | Recording and Evaluation of Measured Values | 247 |
| 7.2.1 | Current Operation of the Meteorological Information System (MIS) | 247 |
| 7.2.2 | Hardware of the New MIS | 248 |
| 7.2.3 | Software of MIS | 248 |
| 7.2.4 | New Measuring Instruments | 250 |
| 7.3 | Doppler SODAR | 252 |
| 7.3.1 | Generalities | 252 |
| 7.3.2 | SODAR-R | 253 |
| 7.3.3 | SODAR-B | 253 |
| 7.4 | Diffusion Experiments | 254 |
| 7.4.1 | Planning and Implementation | 254 |
| 7.4.2 | Evaluation of Category A Experiments | 255 |
| 7.4.3 | Application of SPALT to Low Wind Conditions | 256 |
| 7.5 | Tetroon Flights | 256 |
| 7.5.1 | Measuring Campaigns | 256 |
| 7.5.2 | Evaluation Programs | 258 |
| 7.5.3 | Evaluation | 260 |
| 7.6 | Superposition of Cooling Tower and Off-gas Plumes | 261 |
| 7.6.1 | Wind Tunnel Tests | 261 |
| 7.6.2 | Dynamic Superposition of an Offgas Plume with Buoyancy | 262 |
| 7.6.3 | Chemical Transformation in the Offgas Plume | 262 |
| 7.7 | Accident Consequence Model of the German Risk Study on Nuclear Power Stations (DRS) | 263 |
| 7.7.1 | Work in Phase B | 263 |
| 7.7.2 | Comparison of Accident Consequence Models | 263 |
| 7.7.3 | Data Acquisition | 264 |
| 7.7.4 | Transfer of the UFOMOD Computer Code | 265 |
| 7.8 | Radiation Exposure in the Vicinity of the Karlsruhe Nuclear Research Center | 266 |
| 7.8.1 | Radiation Exposure in 1982 as a Result of Activity Discharged with the Exhaust Air | 266 |
| 7.8.2 | Radiation Exposure Estimated on the Basis of the 1983 Exhaust Air Plan | 269 |
| 7.8.3 | Radiation Exposure on the Basis of the Activity Discharged with the WAK Exhaust Air in 1981 | 271 |
| 7.8.4 | Radiation Exposure after a Hypothetical Accident at WAK | 278 |
| 8. | Bibliography, Advisory Board | 279 |
| 8.1 | Publications 1982 | 279 |
| 8.2 | Advisory Board | 287 |

Verzeichnis der Abkürzungen

| | |
|--------|---|
| ANS | American Nuclear Society |
| AKD | Arbeitskreis "Dosismessung externer Strahlung" des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V. |
| BAU | Hauptabteilung Bauwesen |
| BAW | Bundesamt für gewerbliche Wirtschaft |
| BFE | Bundesforschungsanstalt für Ernährung |
| BGA | Bundesgesundheitsamt |
| BKA | Bundeskriminalamt |
| BMFT | Bundesministerium für Forschung und Technologie |
| BMI | Bundesministerium des Innern |
| CALAS | Computer Aided Laboratory Automation System |
| CAMAC | Computer Application Measurement and Control |
| DRS | Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke |
| DWD | Deutscher Wetterdienst |
| DV | Datenverarbeitung |
| EEC | Electronic Enterprise Corporation |
| EKM | Hauptabteilung Einkauf und Materialwirtschaft |
| EKM/FK | Hauptabteilung Einkauf und Materialwirtschaft/Fertigungskontrolle |
| EKM/MW | Hauptabteilung Einkauf und Materialwirtschaft/Materialwirtschaft |
| EKS | Entwicklungsgruppe Kernmaterialsicherung |
| ELMA | Einrichtung zur Lagerung mittelaktiver Abfälle |
| ENS | European Nuclear Society |
| Evd | Einsatzleiter vom Dienst |
| FR-2 | Forschungsreaktor 2 |
| FIZ/4 | Fachinformationszentrum Energie, Physik, Mathematik GmbH |
| GAA | Gewerbeaufsichtsamt |
| GMBL | 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 |
| GWK | Gesellschaft zur Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen mbH, Leopoldshafen |
| GZ | Ganzkörperzähler |
| HDB | Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe |
| HDI | Hauptabteilung Datenverarbeitung und Instrumentierung |
| HFK | Hand-Fuß-Kleider-Monitor |
| HPRP | Health Physics Research Reactor |
| HS | Hauptabteilung Sicherheit |
| HS/D | Hauptabteilung Sicherheit/Dosimetrie |
| HS/M | Hauptabteilung Sicherheit/Umweltmeteorologie |
| HS/R | Hauptabteilung Sicherheit/Radioökologie |
| HS/S | Hauptabteilung Sicherheit/Sicherung |
| HS/TSB | Hauptabteilung Sicherheit/Technisches Sicherheitsbüro |
| HS/Ü | Hauptabteilung Sicherheit/Strahlenschutzüberwachung |
| HTR | Hochtemperaturreaktor |
| IAEA | International Atomic Energy Agency |
| IAEO | Internationale Atomenergie-Organisation (amtliche deutsche Übersetzung für IAEA) |
| ICRP | International Commission on Radiological Protection |
| IAK | Institut für Angewandte Kernphysik |
| IDT | Institut für Datenverarbeitung in der Technik |
| IGT | Institut für Genetik und Toxikologie |

| | |
|----------|---|
| IHCh | Institut für Heiße Chemie |
| IK | Institut für Kernphysik |
| IKVT | Institut für Kernverfahrenstechnik |
| IMF | Institut für Material- und Festkörperforschung |
| INE | Institut für Nukleare Entsorgungstechnik |
| INR | Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik |
| IRB | Institut für Reaktorbauelemente |
| IRCh | Institut für Radiochemie |
| IRE | Institut für Reaktorentwicklung |
| IT | Hauptabteilung Ingenieurtechnik |
| ITP | Institut für Technische Physik |
| JRC | Joint Research Center, Ispra, Italien |
| KBG | Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft mbH, Leopoldshafen |
| KFA | Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Jülich |
| KfK | Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe |
| KHG | Kerntechnische Hilfsdienst GmbH |
| KKP-I | Kernkraftwerk Philippsburg, Block I, Philippsburg |
| KNK | Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage |
| KTB | Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe |
| KTB/EA | Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe/Experimentieranlage |
| KTB/FR-2 | Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe/Forschungsreaktor 2 |
| KTB/HZ | Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe/Heiße Zellen |
| KWO | Kernkraftwerk Obrigheim GmbH, Obrigheim |
| LA | Literaturabteilung |
| LAF | Laboratorium für Aerosolphysik und Filtertechnik |
| LAW | Low Activity Waste |
| LfU | Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe |
| LIT | Laboratorium für Isotopentechnik |
| LKA | Landeskriminalamt |
| LLL | Lawrence Livermore Laboratory |
| LZ | Lungenzähler |
| MAW | Medium Activity Waste |
| MBVR-120 | Mobiles Ballon-Verfolgungs-Radar-120 |
| MBZ | Materialbilanzzone |
| Med | Medizinische Abteilung |
| MIS | Meteorologisches Informations-System |
| MPI | Max-Planck-Institut |
| MZFR | Mehrzweckforschungsreaktor |
| NRPB | National Radiological Protection Board |
| NTA | Kernspurfilm der Firma Kodak |
| NWG | Nachweisgrenze |
| OGT | organisch gebundenes Tritium |
| OMW | Oberrheinische Mineralölwerke |
| ORNL | Oak Ridge National Laboratory |
| OSD | Objektsicherungsdienst |
| P/AV | Hauptabteilung Personalwesen und Allgemeine Verwaltung |
| P/AV/FD | Hauptabteilung Personalwesen und Allgemeine Verwaltung/Fahrdienst |
| PHDR | Projektbereich Heißdampfreaktor-Sicherheitsprogramm |
| PNS | Projekt Nukleare Sicherheit |
| PTB | Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig |
| PUKK | Projekt zur Untersuchung des Küsten-Klimas |
| PWR | Pressurized Water Reactor |
| RÖV | Röntgenverordnung |
| RPL | Radiophotolumineszenz |

| | |
|----------|---|
| RVO | Reichsversicherungsordnung |
| SKT | Schule für Kerntechnik |
| SM | Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung Baden-Württemberg, Stuttgart |
| SNEAK | Schnelle Null-Energie-Anordnung Karlsruhe |
| SODAR | Sonic Detection and Ranging |
| SPALT | Modell der Schadstoffpuff-Ausbreitung längs Trajektorien |
| SSB | Strahlenschutzbeauftragter |
| StrlSchV | Strahlenschutzverordnung |
| SUA | Siemens-Unterrichts-Anordnung |
| SUR | Siemens-Unterrichts-Reaktor |
| TEKO | Technikumshalle zur Komponentenerprobung |
| TIK | Taschenionisationskammer |
| TL | Thermolumineszenz |
| TLD | Thermolumineszenzdosimeter |
| TU | Europäisches Institut für Transurane |
| TÜV | Technischer Überwachungs-Verein |
| UFOMOD | Unfallfolgenmodell |
| UVV | Unfallverhütungsvorschriften |
| US-DOE | US-Department of Energy |
| VAK | Versuchsatomkraftwerk Kahl |
| VBG | Verband der Berufsgenossenschaften |
| VBW | Hauptabteilung Versorgungsbetriebe und Werkstätten |
| VBW/BW | Hauptabteilung Versorgungsbetriebe und Werkstätten/Betriebswerkstätten und Montage |
| VBW/E | Hauptabteilung Versorgungsbetriebe und Werkstätten/Stromversorgung, Elektro- und Fernmeldeanlagen |
| VBW/HW | Hauptabteilung Versorgungsbetriebe und Werkstätten/Hauptwerkstatt |
| VBW/VB | Hauptabteilung Versorgungsbetriebe und Werkstätten/Versorgungs- und Hilfsbetriebe |
| VDE | Verband Deutscher Elektrotechniker |
| Verbr. | Verbrennungsanlage der HDB (neue Bezeichnung für FERAB) |
| WAK | Wiederaufbereitungsanlage Karlsruhe |
| WALKÜRE | Simulation der Wirbelstruktur der Abluftströmung aus Kühltürmen mit einem Rechenprogramm |
| WF-100/4 | Wind-Finding-100/4-Radar |
| WL | Working level |
| Z/OSD | Zentraler Objektsicherungsdienst |
| Zykl. | Zyklotron |

1. Aufgabengebiete und Organisation der Hauptabteilung Sicherheit

H. Kiefer, W. Koelzer

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

Die Aufgabenstellung der Hauptabteilung Sicherheit umfaßt sowohl alle Strahlenschutz-, Sicherheits- und Sicherungsaufgaben für die einzelnen Institute und Abteilungen der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH und die Umgebungsüberwachung für das gesamte Kernforschungszentrum Karlsruhe als auch Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, die überwiegend im Rahmen des Arbeitsschwerpunktes Nukleare Sicherheit durchgeführt werden. Schwerpunkte der F+E-Arbeiten sind: Untersuchung der Ausbreitung nuklearer Schadstoffe im Nah- und Fernbereich, Ermittlung der Folgen von großen Unfällen an Reaktoren unter probabilistischen Gesichtspunkten, Untersuchungen des physikalischen und chemischen Verhaltens biologisch besonders wirksamer Radionuklide in der Umwelt, Verbesserungen in der Strahlenschutzmeßtechnik.

Am 31.12.1982 waren in der Hauptabteilung Sicherheit 30 Akademiker, 37,5 Ingenieure, 266 sonstige Mitarbeiter, 4 ausländische Gastwissenschaftler, 1 Doktorand und 12 Mitarbeiter zur Ausbildung als Strahlenschutzingenieur beschäftigt.

"Radioökologie"

Die Abteilung Radioökologie ist zuständig für die Messung bzw. Erfassung der radioaktiven Emissionen des KfK, für die Überwachung der Umgebungsexposition und die experimentelle Untersuchung radioökologischer Auswirkungen dieser Emissionen. Im Auftrag werden solche Messungen auch für andere kerntechnische Anlagen durchgeführt. Als radioökologische Forschungsarbeit wird das Verhalten von Tritium und Transuranen in der Umwelt untersucht.

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

Die Gruppe "Spektrometrie" ist zuständig für praktisch alle bei HS/R anfallenden quantitativen spektrometrischen Messungen. Insbesondere mißt sie alle in die Zuständigkeit von HS/R fallenden Filter zur Abluftüberwachung, viele im Rahmen der Forschungsarbeiten anfallenden Proben und einen Teil der Abwasserproben.

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

Die Gruppe "Umgebungsüberwachung" ist federführend bei der Durchführung der Immissionsüberwachung in der Umgebung des KfK. Die Direktstrahlung wird mit Hilfe von Zählrohrstationen und Festkörperdosimetern auf dem Betriebsgelände und in der Umgebung überwacht. Zur Bestimmung des Radioaktivitätsgehaltes in Luft, Wasser, Boden, Schlamm und landwirtschaftlichen Produkten werden in der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe regelmäßig Proben genommen. Ferner war die Gruppe an dem vom BMI geförderten Forschungsvorhaben "Radioökologische Studien über die Auswirkungen des langjährigen Betriebs der kerntechnischen Anlagen des KfK auf den Nahbereich ihrer Umgebung" beteiligt.

Die Gruppe "Biologie" bearbeitet innerhalb der Routineüberwachung aufgeworfene Fragen zum Radionuklidtransfer in Ökosystemen mit biologischem und mikrobiologischem Charakter. Zur Zeit führt sie den biologischen Teil des vom BMI geförderten Forschungsvorhabens "Radioökologische Studien der Auswirkungen von ³H-Emissionen am Beispiel des KfK - befristete Einzeluntersuchungen in Erweiterung und Ergänzung eines seit Jahren laufenden Meßprogramms" durch. Die Ausbreitungsuntersuchungen im Rahmen dieses Programms werden von den Gruppen "Emissionsüberwachung" und "Umgebungsüberwachung" übernommen.

"Dosimetrie"

Die Abteilung Dosimetrie ist zuständig für die Auswahl und Anwendung dosimetrischer Meßverfahren und für die Durchführung von Inkorporations-Direktmessungen. Weitere Aufgaben sind die Betreuung und routinemäßige Wartung aller bei der KfK GmbH eingesetzten Strahlenschutzmeßgeräte sowie deren Kalibrierung. Eine Hauptaufgabe der Abteilung Dosimetrie ist die Entwicklung und Erprobung von Strahlenschutzmeßverfahren mit dem besonderen Schwerpunkt Neutronendosimetrie, Messung geringer Dosen sowie Messung geringer Nukliddepositionen im Körper.

Die Gruppe "Dosismessung" betreibt eine Auswertestelle für Thermolumineszenz- und Phosphatglasdosimeter und ist für die in freiwilliger Eigenüberwachung erfolgende Ermittlung der Personendosis von Mitarbeitern im Kernforschungszentrum Karlsruhe zuständig. Eingeschlossen sind Dosismessungen mit Festkörperdosimetern in der Umgebung kerntechnischer Anlagen. Besondere Schwerpunkte sind Entwicklungsarbeiten in der Neutronendosimetrie, insbesondere die Anwendung von Albedo-Meßmethoden zur Ausmessung von Neutronenstreustrahlungsfeldern, die Anwendung und Weiterentwicklung von Kernspürätzmethoden und die Messung kleiner Dosen im Bereich des natürlichen Strahlungspegels. In dem vom BMI geförderten Forschungsvorhaben "Erhebungsmessungen in Wohnhäusern" wird die zivilisatorische Strahlenexposition des Menschen durch Radon-Folgeprodukte ermittelt. Ziel eines Technologie-Transfer-Vorhabens ist die Entwicklung und Fertigstellung eines kommerziellen automatischen Auswertegerätes für Phosphatglasdosimeter.

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

Die Gruppe "Strahlenschutzmeßgeräte" betreut alle bei der KfK eingesetzten Strahlenschutzmeßgeräte durch regelmäßige elektronische Wartung, Reparatur und Kalibrierung der tragbaren Dosisleistungsmeßgeräte, aller Hand- und Fußkontaminationsmonitoren sowie der ortsfesten Meßstellen zur Pegel- und Abluftüberwachung. Weitere Aufgaben sind die Dichtigkeitsprüfung umschlossener radioaktiver Stoffe, die Eingangskontrolle neu angeschaffter Geräte, der Test von

neu auf dem Markt angebotenen Meßgeräten sowie die Entwicklung kommerziell nicht erhältlicher Geräte für den Eigenbedarf. In einem Technologie-Transfer-Vorhaben wird ein mit Stickstoffzählgas arbeitendes Großflächenproportionalzählrohr entwickelt.

Die Gruppe "Kalibrierung" betreibt Kalibrieranlagen zur routinemäßigen Kalibrierung von Festkörperdosimetersystemen und aller Arten von Dosis- und Dosisleistungsmeßgeräten für den Strahlenschutz. Die Anlagen werden von der amtlichen Eichabfertigungsstelle des Landes Baden-Württemberg auch zur Eichung von Personen- und Ortsdosimetern eingesetzt. Die Einhaltung der Meßgenauigkeit wird durch regelmäßige Teilnahme an verschiedenen nationalen und internationalen Kontrollbestrahlungen gewährleistet.

"Umweltmeteorologie"

In der Abteilung Umweltmeteorologie bearbeitet ein Team von Meteorologen, Physikern und Ingenieuren neben meteorologischen Routineaufgaben für den Umgebungsschutz die Probleme der Ausbreitung nuklearer Schadstoffe in der Atmosphäre. Die Gruppe "Meteorologie" führt die Messung meteorologischer Parameter durch. Dazu dient vor allem ein 200 m hoher Meßmast, der auf zehn Meßböden mit zahlreichen Meßinstrumenten ausgerüstet ist. Vergleichsmessungen mit zwei SODAR-Geräten wurden 1981 begonnen. Die Meßwerte werden elektronisch gespeichert und liefern nicht nur Daten, die zu statistischen Zwecken aufbereitet werden, sondern sie dienen auch der Erarbeitung von Modelltheorien, welche die atmosphärische Ausbreitung beschreiben.

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

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

"Technisches Sicherheitsbüro"

Die Abteilung Technisches Sicherheitsbüro befaßt sich mit zentraler Planung und Administration auf allen Gebieten des Strahlenschutzes und des Arbeitsschutzes. Sie trifft Regelungen und überprüft angeordnete Maßnahmen zur Erfüllung gesetzlicher Pflichten, Auflagen und Vorschriften zur technischen Sicherheit im Kernforschungszentrum Karlsruhe. Zu ihren Aufgaben gehören Koordinierung und Dokumentation sicherheitsrelevanter Vorgänge und die durch sie ausgelöste Korrespondenz mit Aufsichtsbehörden.

Die Gruppe "Strahlenschutz" unterstützt die Tätigkeit der Strahlenschutzbeauftragten und den praktischen Strahlenschutz durch Beratung und Behördenkontakte. Sie formuliert atomrechtliche Genehmigungsanträge, sorgt für die Einhaltung behördlicher Auflagen, führt zentrale Dateien aller Strahlenexponierten und deren persönlicher Meßdaten und verfolgt Termine.

Die Gruppe "Arbeitsschutz" wird auf allen Gebieten der konventionellen Sicherheit am Arbeitsplatz kontrollierend, beratend und aufklärend tätig und fördert so das Sicherheitsbewußtsein. Sie erledigt Meldung, Registrierung und Berichterstattung von Arbeitsunfällen, ordnet vorsorgliche Maßnahmen an und bestellt sicherheitsbeauftragte Personen. Sie berät in allen Fragen der ordnungsgemäßen Beseitigung inaktiver Abfälle.

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

Die Gruppe "Einsatzplanung und Einsatzleitung" stellt den Einsatzleiter vom Dienst (EvD) für die Sicherheitsorganisation der KfK GmbH, sie aktualisiert und erarbeitet Einsatzunterlagen, organisiert Alarmübungen der Einsatztrupps, erstattet Einsatzberichte bei Störfällen und Unfällen und meldet sicherheitstechnisch bedeutsame Ereignisse den Aufsichtsbehörden.

"Sicherung"

Der Abteilung Sicherung obliegt mit ihren Gruppen "Objektsicherungsdienst", "Technische Objektsicherung und Ermittlungsdienst", "Personelle und administrative Sicherheitsfragen" sowie "Verschlußsachen" die Gewährleistung der Basissicherung für das gesamte Kernforschungszentrum.

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

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

Die Gruppe "Personelle und administrative Sicherheitsfragen" ist für die Ausstellung von Zutrittsberechtigungen nach aufsichtsbehördlichen Auflagen verantwortlich. Dieser Gruppe untersteht auch der Betrieb des Ausweisbüros.

"Strahlenschutzüberwachung"

Die Abteilung Strahlenschutzüberwachung ist vor allem für den Schutz der mit radioaktiven Stoffen umgehenden oder ionisierender Strahlung ausgesetzten Personen der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH zuständig. Aus dieser Aufgabenstellung heraus sind die Mitarbeiter dezentral in den einzelnen Organisationseinheiten des Kernforschungszentrums tätig. Die Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung unterstützen die jeweiligen Strahlenschutzbeauftragten in der Wahrnehmung ihrer Aufgaben nach der Strahlenschutzverordnung. Sie sind die Ansprechpartner für die jeweiligen Instituts- oder Abteilungsangehörigen und achten auf strahlenschutzgerechtes Verhalten.

Die Abteilung Strahlenschutzüberwachung übernimmt die tägliche Auswertung der Stabdosisimeter und die Registrierung der erhaltenen Personendosis. Monatlich werden die amtlichen Filmdosisimeter, die internen Thermolumineszenzdosisimeter sowie nach Bedarf Teilkörper- oder Neutronendosisimeter ausgegeben. In den Gebäuden und Anlagen werden nach vorgegebenem Plan routinemäßige Kontaminations- und Dosisleistungsmessungen durchgeführt. Strahlenschutzmitarbeiter veranlassen bei etwaigen Personenkontaminationen die Durchführung der Dekontamination. Weiterhin wird die Aktivitätskonzentration in der Raumluft der Arbeitsräume überwacht. Bei erhöhten Raumluftaktivitäten werden zu ergreifende Schutzmaßnahmen empfohlen.

Die Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung überwachen den Materialtransport aus den Kontrollbereichen in den betrieblichen Überwachungsbereich des Kernforschungszentrums und aus dem Gelände des Kernforschungszentrums in das allgemeine Staatsgebiet. Sie ermitteln, ob die von der Strahlenschutzverordnung vorgegebenen Grenzwerte für die Oberflächenkontamination oder Aktivität von Gegenständen eingehalten sind und erteilen gegebenenfalls die Freigabe.

1. Duties and Organization of the Central Safety Department

H. Kiefer, W. Koelzer

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

The Central Safety Department is responsible for handling all problems of radiation protection, safety and security of the institutes and departments of the Karlsruhe Nuclear Research Center, for environmental monitoring of the whole area of the Center, and for research and development work mainly focusing on nuclear safety and radiation protection measures. The r+d work concentrates on the following aspects: studies of the diffusion of nuclear pollutants over short and long distances, assessment of the consequences of major reactor accidents under probabilistic aspects, studies of the physical and chemical behavior of biologically particularly active radionuclides, improvement in radiation protection measurement and personnel dosimetry.

On December 31, 1982, the Central Safety Department employed 30 graduate staff members, 37.5 engineers and 266 other staff members, 4 foreign guest scientists and 12 staff members undergoing training as radiation protection engineers.

"Radioecology"

The Radioecology Department is responsible for measuring and recording, respectively, the radioactive emissions from KfK and for monitoring environmental burdens and experimentally investigating the radiological impacts of such emissions. Measurements of this type are also carried out on behalf of other nuclear facilities. Radioecological research work is devoted to investigating the environmental behavior of tritium and transuranium elements.

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

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

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

The Environmental Monitoring Group is responsible for performing pollution monitoring services in the environment of the Karlsruhe Nuclear Research Center. Direct radiation is monitored on the plant site and in its environment by means of counter tube stations and solid state dosimeters. Samples are taken regularly in the environment of the Karlsruhe Nuclear Research Center to determine the radioactivity contents of air, water, soil, sludge and agricultural products. The group was also involved in carrying out the research project funded by the Federal Ministry of the Interior on "Radioecological studies of the short-range environmental impacts of many years of operation of the nuclear facilities of KfK."

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

"Dosimetry"

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

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

the Federal Minister of the Interior. Within the Technology-Transfer-Project the group is involved in the development of an automatic glass dosimeter reader.

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

The Radiation Protection Measurement Group is responsible for managing all radiation protection measuring instruments installed at KfK, which includes regular electronic maintenance, repair and calibration of portable dose rate meters, all contamination monitors, and stationary measuring installations for level and emission control. Other duties of this Group include the leak tests of sealed radioactive emitters, acceptance tests of equipment newly purchased, tests of measuring equipment new in the market, and the development for in-house needs of equipment not available commercially.

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

"Environmental Meteorology"

In the Environmental Meteorology Department a team of meteorologists, physicists and engineers, in addition to working on routine meteorological problems of environmental protection, are involved in studying the problems of the atmospheric diffusion of nuclear pollutants. The Meteorology Group measures meteorological parameters. For this purpose, a measuring tower 200 m high has been built whose ten measuring platforms carry numerous measuring instruments. Two SODAR instruments have been installed and a measurement campaign has been started in 1981 for comparison purposes. The readings are stored electronically and supply not only data processed for statistical purposes, but also those data which serve for model theories to be developed to describe atmospheric diffusion.

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

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

"Technical Safety Bureau"

The Technical Safety Bureau Department is responsible for central planning and administration in all areas of radiation protection and industrial safety. It sets up rules and verifies measures prescribed in discharging legal obligations, meeting requirements and regulations within the framework of technical safety in the Karlsruhe Nuclear Research Center. The Technical Safety Bureau is also responsible for the coordination and documentation of safety relevant events and for the resulting correspondence with supervisory authorities.

The Radiation Protection Group supports the activities of the Radiation Protection Officers as well as practical radiation protection through consultancy work and maintaining contacts with public authorities. It formulates applications for permits under the Atomic Energy Act, ensures that any conditions imposed by the authorities are met, keeps central files of all persons exposed to radiation and their personnel readings recorded, and controls the necessary deadlines.

The Industrial Safety Group is active in all matters pertaining to conventional safety at work as a controlling, consulting and training group and thus promotes the safety consciousness. It is responsible for accepting reports, for registration and reporting about accidents at work, for ordering precautionary measures to be taken and for nominating persons responsible for safety. It gives advice in all matters related to the proper disposal of inactive wastes.

The Nuclear Material Safeguards Group is responsible for central accountancy for KfK GmbH, in order to record, monitor and report nuclear material and other radioactive substances, and for preparatory and administrative work in the context of inspections by international agencies.

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

"Security"

The Security Department with its groups responsible for Security Service, Technical Security and Detection Services, Personnel and Administrative Security and Management of Confidential and Secret Documents, ensures basic security throughout the Nuclear Research Center.

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

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

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

"Radiation Protection Monitoring"

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

The Radiation Protection Monitoring Department carries out the daily evaluation of pen dosimeters and records the personnel doses received. The official film dosimeters are issued monthly just as partial body dosimeters or neutron dosimeters if required. Routine contamination and dose rate measurements are performed in accordance with a plan in buildings and facilities. Staff members in radiation protection organize decontamination procedures in cases of contamination of persons. Moreover, radioactivity concentrations in the air of working rooms are monitored. If these airborne radioactivity levels in rooms are too high, protective measures are recommended. Materials transports from controlled areas into the plant monitoring area of the Nuclear Research Center and out of the Nuclear Research Center are monitored.

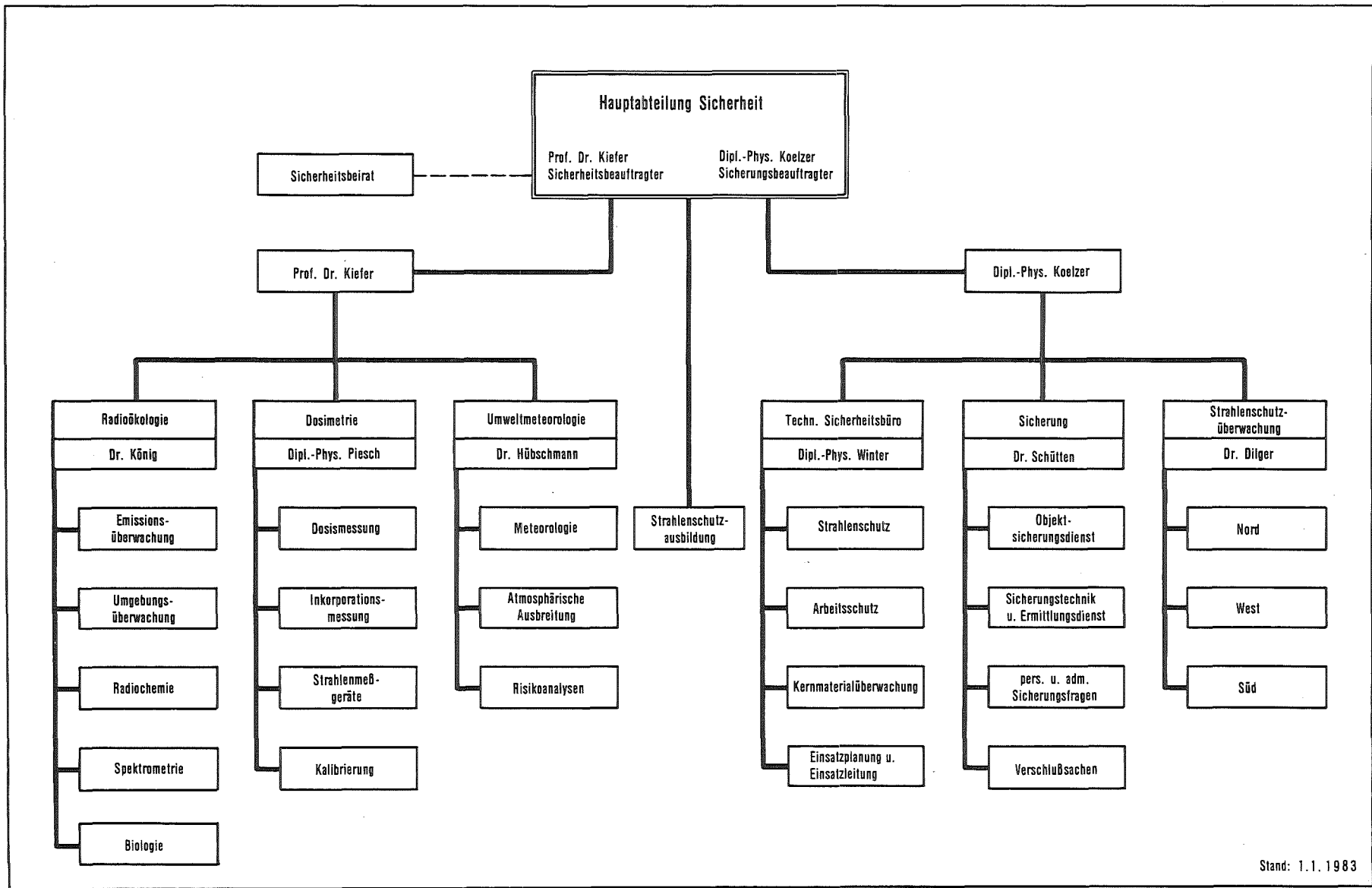


Abb. 1/1: Organisationsplan der Hauptabteilung Sicherheit

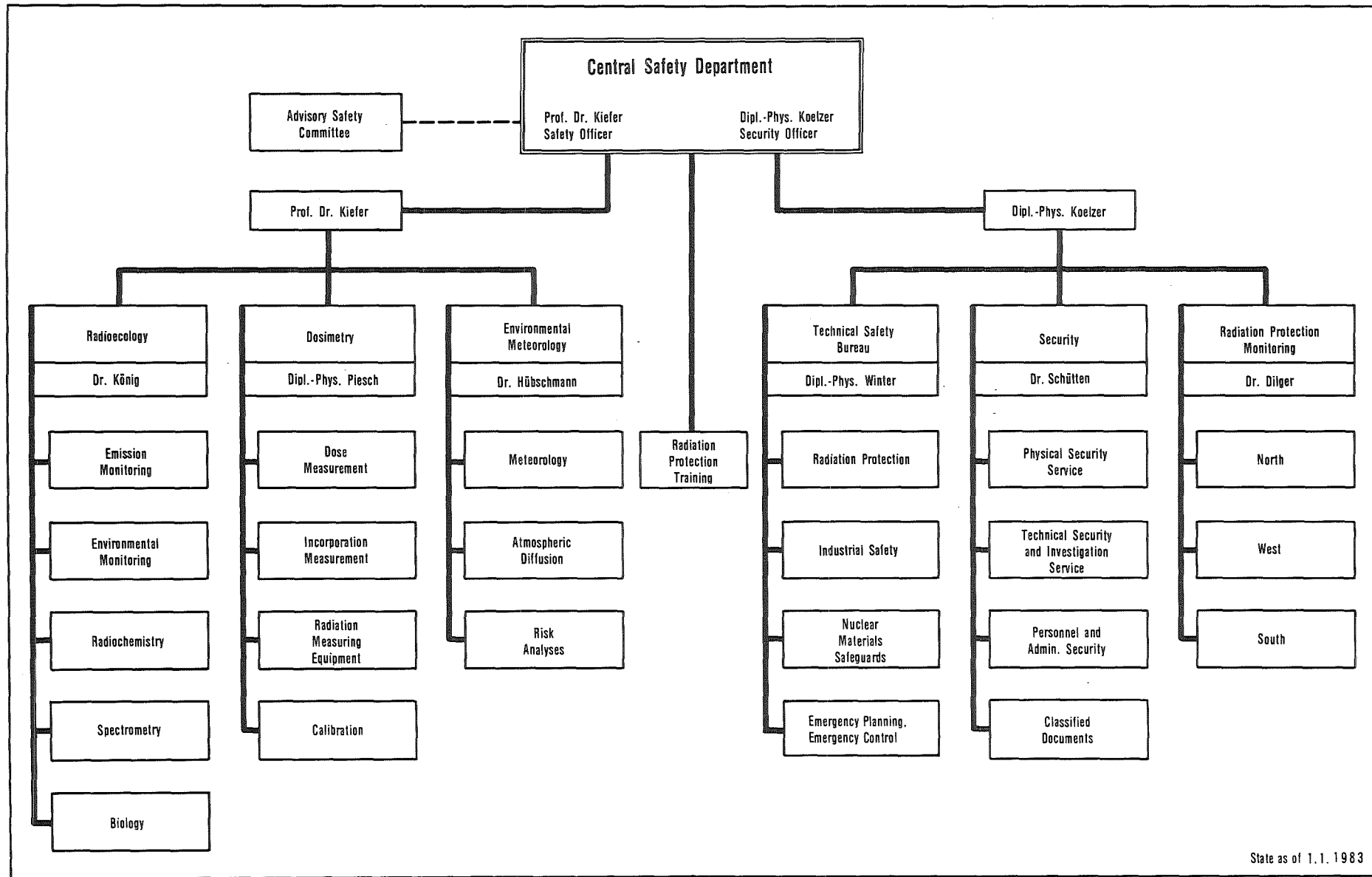


Fig. 1/1: Organization scheme of the Central Safety Department

2. Technisches Sicherheitsbüro

M. Winter

Die Abteilung "Technisches Sicherheitsbüro" befaßt sich mit zentraler Planung und Administration auf allen Gebieten des Strahlenschutzes und des Arbeitsschutzes. Sie trifft Regelungen und überprüft angeordnete Maßnahmen zur Erfüllung gesetzlicher Pflichten, Auflagen und Vorschriften zur technischen Sicherheit im Kernforschungszentrum Karlsruhe. Zu ihren Aufgaben gehören Koordinierung und Dokumentation sicherheitsrelevanter Vorgänge und die durch sie ausgelöste Korrespondenz mit Aufsichtsbehörden.

Die Gruppe "Strahlenschutz" unterstützt die Tätigkeit der Strahlenschutzbeauftragten und den praktischen Strahlenschutz durch Beratung und Behördenkontakte. Sie formuliert atomrechtliche Genehmigungsanträge, sorgt für die Einhaltung behördlicher Auflagen, führt zentrale Dateien aller Strahlenexponierten und deren persönlicher Meßdaten und verfolgt Termine.

Die Gruppe "Arbeitsschutz" wird auf allen Gebieten der konventionellen Sicherheit am Arbeitsplatz kontrollierend, beratend und ausbildend tätig und fördert so das Sicherheitsbewußtsein. Sie erledigt Meldung, Registrierung und Berichterstattung von Arbeitsunfällen, ordnet vorsorgliche Maßnahmen an und bestellt sicherheitsbeauftragte Personen. Sie berät in allen Fragen der ordnungsgemäßen Beseitigung inaktiver Abfälle.

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

Die Gruppe "Einsatzplanung und Einsatzleitung" stellt den Einsatzleiter vom Dienst (EvD) für die Sicherheitsorganisation der KfK GmbH, sie aktualisiert und erarbeitet Einsatzunterlagen, organisiert Alarmübungen der Einsatztrupps, erstattet Einsatzberichte bei Störfällen und Unfällen und meldet sicherheitstechnisch bedeutsame Ereignisse den Aufsichtsbehörden.

| | |
|-----------------------------------|---|
| Technisches Sicherheitsbüro | <ul style="list-style-type: none">- Leitung und Koordinierung- Behördenkontakte- Dokumentation und Planung- Korrespondenz |
| Strahlenschutz | <ul style="list-style-type: none">- Genehmigungen, Auflagen, Bestellungen- Personendosiskartei und EDV- Sicherheitstechnische Unterlagen und Beratung- Durchführung der Röntgenverordnung |
| Arbeitsschutz | <ul style="list-style-type: none">- Betriebs- und Arbeitsplatzüberwachung- Sicherheitsinformationen, Beratung und Ausbildung- Sekretariat des Arbeitsschutzausschusses- Unfallanalysen |
| Kernmaterialüberwachung | <ul style="list-style-type: none">- Erfassung und Meldung von Kernmaterial- Begleitung der Inspektionen durch EURATOM und IAEO- Erfassung und Meldung sonstiger radioaktiver Stoffe- Transportüberwachung |
| Einsatzplanung und Einsatzleitung | <ul style="list-style-type: none">- Sicherheitsorganisation und Sicherheitsregeln- Einsatzunterlagen und Einsatzberichte- Ausbildung, Alarmübungen der Einsatztrupps- Einsatzleitung bei Störfällen und Unfällen |
| Abfallwirtschaft | <ul style="list-style-type: none">- Regelungen zur Beseitigung inaktiver Abfälle- Überwachung der Abfallwege und der Art der Beseitigung- Einwirkung auf Reduzierung und Verwertung- Informationen und Berichterstattung |

2.1 Strahlenschutz

2.1.1 Betriebsüberwachung

H. Roock

Zur Überprüfung der vor Ort getroffenen Strahlenschutzmaßnahmen, der Einhaltung von Verordnungen, Genehmigungsaufgaben und Vorschriften sowie aufgrund von Zwischenfällen und bei behördlichen Aufsichtsbesuchen wurden im Berichtsjahr 18 Begehungen in den Instituten und Abteilungen des Kernforschungszentrums Karlsruhe durchgeführt, in denen mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird. Routinebegehungen, die nach Terminabsprache im Beisein eines Strahlenschutzbeauftragten und des örtlichen Strahlenschutzes erfolgten und zu denen der Betriebsrat und die Medizinische Abteilung eingeladen wurden sowie die Begehungen im Rahmen der behördlichen Aufsichtsbesuche führten im wesentlichen zu folgenden Beanstandungen:

Unzureichende oder fehlende Kennzeichnung, ungenügende Wartung von Erste-Hilfe-Schränken, Aufbewahrung von über den Tagesbedarf hinausgehenden Mengen an brennbaren Flüssigkeiten, nicht befestigte Druckgasflaschen, verbesserungsbedürftige Abschirmungen von Einzelkomponenten in Handschuhkästen und Mängel an Differenzdruckmessern von Handschuhkästen.

Es wurden jedoch keine schwerwiegenden sicherheitsrelevanten Mängel festgestellt.

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

Die 1982 dem Technischen Sicherheitsbüro gemeldeten personen-, raum- und sachbezogenen Vorkommnisse mit radioaktiven Stoffen zeigt Tab. 2/1, wobei nicht jede Einzelperson bei einem mehrere Personen betreffenden Vorkommnis gesondert aufgeführt wurde. Die Aufgliederung nach Ursachen der insgesamt 21 erfaßten Vorkommnisse erfolgte nach dem jeweils überwiegend vorherrschenden Merkmal (Grenzwertüberschreitungen bei Ableitungen über den Wasser- oder Luftpfad sind hier nicht miterfaßt).

| Ursache | Betroffenes Objekt | Bei Personen überwiegend betroffen |
|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|
| Technische Mängel 29 % | Personen 67 % | Kopf 14 % |
| Organisatorische Mängel 9 % | Gegenstände 24 % | Hände 50 % |
| Verhaltensmängel 62 % | Raumluft 9 % | Ganzkörper 36 % |

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

2.1.2 Unterstützung der Strahlenschutzbeauftragten

H. Roock, W. Winkelmann

Der in 242 Exemplaren an alle Strahlenschutzverantwortung tragenden Personen ausgegebene Strahlenschutzordner mußte auch 1982 ergänzt und aktualisiert werden. Hier sind insbesondere zu nennen:

- Die Neufassung der "Empfehlungen zur Auswahl von Mitarbeitern, die sich aufgrund ihres Umganges mit offenen radioaktiven Stoffen Inkorporationskontrollen unterziehen sollen",

- die Regelung zur "Meldung von sicherheitstechnisch bedeutsamen Ereignissen" an die atomrechtliche Aufsichtsbehörde,
- die Aufstellung "Fachkundige Personen für die Beförderung radioaktiver Stoffe",
- der "Erhebungsbogen zur Einstufung beruflich strahlenexponierter Personen" mit Erläuterungen,
- die "Richtlinien zur Kontrolle der Ein- und Ausfuhr von Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen",
- die Strahlenschutzanweisung "Verhalten bei einer Überdosis nach § 70 (1) der StrlSchV".

1982 wurden bei den zuständigen Behörden 19 Anträge auf Genehmigungsänderung oder auf Erteilung einer neuen Genehmigung nach § 9 AtG oder §§ 3, 15 und 16 der StrlSchV gestellt. In 5 Fällen wurde den Behörden der Umgang mit radioaktiven Stoffen unterhalb der 10-fachen Freigrenzen gemäß § 4, Abs. 1 und 3 der StrlSchV angezeigt.

Eine Erfassung sämtlicher Genehmigungsaufgaben für umschlossene radioaktive Stoffe und deren Prüffristen durch HS/TSB hatte zum Zweck, den Strahlenschutzbeauftragten ein besseres Instrument zur Einhaltung der Genehmigungsaufgaben zu geben. Diese Aufstellung wurde in Form eines standardisierten Textes mit betreffender Genehmigungsnummer und den Prüfaufgaben an die SSB der jeweiligen Institute versandt. Das Gewerbeaufsichtsamt Karlsruhe ist die zuständige Aufsichtsbehörde für umschlossene radioaktive Strahler. Die Durchführung der Prüfung auf Dichtigkeit und Unversehrtheit der Umhüllung obliegt zu unterschiedlichen Prüfterminen der Hauptabteilung Sicherheit und der Landesanstalt für Umweltschutz (LfU). In einigen Genehmigungen wurde auch der Technische Überwachungsverein e. V. (TÜV) als mögliches Prüfinstitut genannt.

Aufgrund von Umorganisationen wurden 25 Neubestellungen und 16 Änderungen der Zuständigkeiten (ohne Entlastungen und ohne Änderungen von Raumzuständigkeiten in der gleichen Organisationseinheit) von Strahlenschutzbeauftragten bzw. deren Stellvertretern erforderlich. Ende 1982 gab es bei der KfK GmbH 54 Strahlenschutzbeauftragte und 178 Stellvertreterfunktionen. Bei den Neubestellungen waren jeweils Strahlenschutzfachkunde und persönliche Zuverlässigkeit nachzuweisen.

Die Beantwortung telefonischer Anfragen über allgemeine Strahlenschutzfragen, Beratung bei der Neueinrichtung von Kontroll- und Sperrbereichen sowie bei der Erfüllung von Behördenaufgaben, die Durchsicht von Sicherheitsbetrachtungen und Sicherheitsberichten und die Teilnahme an den Sitzungen des Arbeitsschutzausschusses und des Sicherheitsausschusses der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe bildeten auch 1982 einen wesentlichen Teil der Routineaufgaben.

2.1.3 Neueinstufung der beruflich strahlenexponierten Personen in Überwachungskategorien

H. Roock

Am 1. Januar 1982 trat die Neuregelung der Personendosimetrie für beruflich strahlenexponierte Personen in Kraft, nachdem durch den Bescheid des Sozialministeriums Baden-Württemberg vom 20.11.1981 das Verfahren zur Ermittlung der Körperdosen nach den §§ 62 und 63 StrlSchV und zur Messung der Personendosen nach § 40 RöV für die Mitarbeiter der KfK GmbH neu festgelegt wurde. An die Stelle der bisherigen Dosimetergruppen I bis IV traten zunächst versuchsweise die Kategorien A 1, A 2 und B. Diese vorläufigen Neueinstufungen der beruflich strahlenexponierten Personen wurden, entsprechend der für sie aus den vorangegangenen Jahren vorliegenden Jahres-Äquivalentdosiswerten, in Zusammenarbeit zwischen der Hauptabteilung Sicherheit und den zuständigen Strahlenschutzbeauftragten noch im Dezember 1981 durchgeführt.

HS / Technisches Sicherheitsbüro

Erhebungsbogen

zur Einstufung beruflich strahlenexponierter Personen in Überwachungskategorien

Organisationseinheit SSB

1. Angaben zur betroffenen Person

Name Vorname

Geb.-Datum KfK-Pers.-Nr. Kostenstelle

Wenn nicht KfK, Firma Strahlenpaßinhaber?

2. Angaben zum Arbeitsplatz

Der ständige Arbeitsplatz befindet sich

- bei der KfK, im Gebäude Nr.
- in einer anderen Anlage in der Bundesrepublik Deutschland
- im Ausland

Die berufliche Tätigkeit wird ganz oder zeitweise ausgeübt im / an

- Kontrollbereich Sperrbereich Röntgenanlagen

Im Rahmen der Tätigkeit kommt es zu einem Umgang mit

- umschlossenen radioaktiven Stoffen offenen radioaktiven Stoffen
- offenen Transuranen oberhalb der 10^3 -fachen Freigrenzen
- α - β - γ - n - - Strahlern

3. Angaben zur äußeren Strahlenexposition

| Art des Arbeitsplatzes | zu erwartende Jahres-Äquivalentdosis in cSv (rem) | | | |
|------------------------|---|------|--------------|----------|
| | Ganzkörper | Haut | Extremitäten | n-Anteil |
| Beschleuniger | | | | |
| Handschuhkasten | | | | |
| Heiße Zelle | | | | |
| Labor | | | | |
| Technikumshalle | | | | |
| Röntgenanlage | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

14.02.82/ne

Abb. 2/1: Erhebungsbogen zur Einstufung beruflich strahlenexponierter Personen (Vorderseite)

4. Angaben zur inneren Strahlenexposition

| Nuklid | Aktivität A in Bq | Masse M in g | Sicherheits- faktor F | Umgang | | Schutz- vorricht. |
|---------------|----------------------|-----------------|--------------------------|--------|--------|----------------------|
| | | | | häufig | selten | |
| H - 3 | | | | | | |
| Sr - 90 | | | | | | |
| Uran (nat.) | | | | | | |
| Uran (anger.) | | | | | | |
| Plutonium | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

5. Einstufungsvorschlag durch den SSB

Die Einstufung erfolgt überwiegend aufgrund von

Körperdosis Strahlenpaß Röntgenanlagen

Einsatz bei Interventionsarbeiten

Überwachungskategorie A B

.....
Datum, Unterschrift des SSB für die Angaben unter Ziffer 1 bis 5

6. Hinweis für die zentrale Dosiskartei

Aufgrund der Angaben des SSB und der Prüfung durch HS sind in die Personendosiskartei einzutragen:

Überwachungskategorie A B

Überwachung nach § 67 StrlSchV einmalig jährlich

.....
Datum, Unterschrift (HS)

7. Festsetzung der Inkorporationsüberwachung

| Nuklide | Kategorie | | Überwachungsart | | | Überwachungshäufigkeit |
|---------|-----------|----|-----------------|----|----|------------------------|
| | I1 | I2 | BC | LC | Aa | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

.....
Datum, Unterschrift (HS/D)

.....
Datum, Unterschrift (Med/Tox)

Abb. 2/1: Erhebungsbogen zur Einstufung beruflich strahlenexponierter Personen (Rückseite)

Erläuterungen zum Erhebungsbogen

Einzustufender Personenkreis

1. Mitarbeiter der KfK-GmbH.
2. Angehörige der Universität Karlsruhe, die
 - a) ihren ständigen Arbeitsplatz in Einrichtungen der KfK-GmbH haben,
 - b) vom Strahlenschutz der KfK ständig betreut werden, sich den Anweisungen der Strahlenschutzbeauftragten der KfK unterwerfen und deren Strahlenschutzkartei im Kernforschungszentrum geführt wird.
3. Ausländische Gastwissenschaftler, entsprechend den Bedingungen unter 2., sofern sie innerhalb der Bundesrepublik Deutschland nur bei der KfK-GmbH tätig werden.
4. Fremdfirmenangehörige, soweit sie Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen haben und nicht nur gelegentlich tätig sind.

Hinweise zur Verwendung des Erhebungsbogens

- Legen Sie für jede unter Ihrer Verantwortung als SSB stehende beruflich strahlenexponierte Person einen Erhebungsbogen an.
- Füllen Sie die Abschnitte 1 bis 5 sorgfältig aus und senden Sie den ausgefüllten Erhebungsbogen an HS/TSB.
- Die Abschnitte 6 und 7 werden von HS und Med bearbeitet.
- Nach Bearbeitung der Abschnitte 6 und 7 werden der SSB und alle betroffenen Stellen mit einer Kopie des vollständig ausgefüllten Erhebungsbogens zur Einleitung der erforderlichen Überwachungsmaßnahmen unterrichtet.
- Die Beendigung der Tätigkeit als beruflich strahlenexponierte Person teilen Sie HS/TSB schriftlich mit.
- Wesentliche Veränderungen der Angaben zu den Ziffern 2, 3 und 4 des Erhebungsbogens teilen Sie durch Ausfüllen eines neuen Bogens HS/TSB mit.

Hinweise zum Ausfüllen des Erhebungsbogens

zu 2. Angaben zum Arbeitsplatz

Es sollen die überwiegenden Tätigkeitsmerkmale aufgeführt werden.

zu 3. Angaben zur äußeren Strahlenexposition

Hier sind gegebenenfalls Angaben für mehrere Arbeitsplätze erforderlich.

zu 4. Angaben zur inneren Strahlenexposition (siehe Strahlenschutzordner Register Nr. 12/3)

Wählen Sie für die Angaben in der Tabelle den für ein bestimmtes Nuklid risikoreichsten Umgang aus, d. h. den Umgang mit der höchsten gehandhabten Aktivität bei gleichzeitig kleinster Masse und kleinstem Sicherheitsfaktor.

Spalte „Aktivität A“

Geben Sie bei dem in Frage kommenden Umgang die höchste gehandhabte Aktivität an. Bei häufigem Umgang kann ein über die Woche gemittelter Wert angegeben werden.

14.02.82/mg

Abb. 2/2: Erläuterungen zum Erhebungsbogen
(Vorderseite)

Spalte „Masse M“

Geben Sie die Masse des Stoffes an, in dem die Aktivität A enthalten ist, also die Masse der Aktivität plus der Masse der Matrix.

Spalte „Sicherheitsfaktor F“

Der Faktor F repräsentiert die Beschaffenheit des radioaktiven Stoffes sowie die speziellen Gegebenheiten der Handhabung. Seine Verwendung ergibt sich aus der folgenden Zusammenstellung (Auszug aus der Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle, GMBI Nr. 22/1978)

Die Faktoren sind im folgenden zusammengestellt:

| | fest (kompakt) geringer Abrieb | fest (körnig) flüssig | gas-, dampf- oder pulverförmig |
|--|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| einfache Manipulation in Gefäßen (z. B. Aktivität bestimmen, Umfüllen, Verdünnen) | 1000 | 100 | 10 - 1 |
| schwierige Manipulation (z. B. Zerlegen, Zerkleinern) | 100 | 10 | 1 - 0,1 |
| sehr schwierige Manipulation (z. B. chem. Reaktion unter erhöhter Temperatur, Ausglühen, Verdampfen, Kochen) | 10 | 1 | 0,1 - 0,01 |

Die angegebenen Faktoren gelten für die Handhabung ohne besondere Schutzmaßnahmen; der Faktor F kann bei Benutzung besonderer Schutzvorrichtungen (z. B. Abzüge) bis zum 100-fachen erhöht werden.

Spalte „Umgang“

Die Angaben in dieser Spalte haben Einfluß auf die Durchführung der Überwachung. Sollte ein Mitarbeiter häufig oder gelegentlich mit radioaktiven Stoffen umgehen, ordnen Sie ihn der Spalte „häufig“ zu. Eine Zuordnung zur Spalte „selten“ sollte nur erfolgen, wenn im Jahr nur in wenigen und zeitlich abgrenzbaren Fällen mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen wird. Eine eventuell erforderliche Inkorporationsüberwachung wird in diesen Fällen nur auf Veranlassung des SSB durchgeführt.

Spalte „Schutzvorrichtungen“

K: keine; A: Abzug; G: Glove-Box; H: Heiße Zellen; F: Arbeit mit Filtermaske; P: Preßluftatmer mit Gesichtsmaske; V: belüfteter Vollschutzanzug.

zu 5. Einstufungsvorschlag durch SSB

- Bei der Einstufung in die Überwachungskategorien sind ausschließlich die in der StrlSchV festgelegten Merkmale, die sich auch aus der den Erläuterungen beigefügten Übersichtstabelle auf Seite 3 entnehmen lassen, unter Berücksichtigung von Inkorporationsmöglichkeiten anzuwenden.

Nicht durch Meßwerte oder andere Strahlenschutzgesichtspunkte begründbare Einstufungen verursachen unnötigen Arbeitsaufwand und sind nicht gerechtfertigt.

- Zu beachten sind folgende zusätzliche Einstufungskriterien für die Kategorie A:
 - a) Mitarbeiter, bei denen die durch den Anteil an Röntgenstrahlung bewirkte Körperdosis im Kalenderjahr 0,5 cSv (0,5 rem) überschreiten kann.
 - b) Mitarbeiter, für die wegen ihres Einsatzes in einer KfK-GmbH-fremden, genehmigungsbedürftigen Anlage ein Strahlenpaß benötigt wird (gilt nicht bei ausschließlicher Tätigkeit im Ausland).
 - c) Mitarbeiter, bei denen im Rahmen von Interventionsarbeiten (z. B. Einsätze in Heißen Zellen) Tagesdosen von > 0,2 cSv (200 mrem) auftreten können.

Anmerkungen

Rückfragen zu den Ziffern 2 und 3 des Erhebungsbogens sind an HS / Ü (Dr. Dilger, Tel. 4863) zu richten.
Rückfragen zu Ziffer 4 des Erhebungsbogens sind an Med./Tox (Dr. Schieferdecker, Tel. 2077) bzw. HS / D (Dr. Doerfel, Tel. 2083) zu richten.

Abb. 2/2: Erläuterungen zum Erhebungsbogen
(Rückseite)

| Kategorienmerkmale | Kategorie A | | Kategorie B | |
|---|--|--|---|-----------------------------------|
| Gesamtkörperdosis ¹ $H = H_{\gamma} + H_{\gamma_u} + H_{R\ddot{O}} + H_n + H_I$ | 15 mSv < H ≤ 50 mSv 5 mSv < H _n ≤ 50 mSv | | 5 mSv < H ≤ 15 mSv 5 mSv < H _n ≤ 15 mSv H _{R\ddot{O}}} ≤ 5 mSv H _{\gamma_u} ≤ 5 mSv | |
| Hautdosis H _β | 30 mSv < H _β ≤ 300 mSv | | H _β ≤ 30 mSv | |
| Extremitätendosis H _E | 200 mSv < H _E ≤ 600 mSv | | 60 mSv < H _E ≤ 200 mSv | |
| Kombination gleichzeitig zu tragender Dosimeter und Häufigkeit der Dosimeterauswertung | Film ² Stab TLD - | monatlich täglich monatlich - | - Stab - Glas | - wöchentlich - jährlich |
| Zusatzdosimeter im Bedarfsfall und Auswertehäufigkeit | Extremitäten- dosimeter Albedodosi- meter | monatlich monatlich | Extremitäten- dosimeter Albedodosi- meter | monatlich monatlich |
| Häufigkeit der ärztlichen Untersuchung | vor Beginn der Tätigkeit und weiterhin in jährlichem Abstand | | - einmalig vor Beginn der Tätigkeit - weiterhin jährlich nur bei Umgang mit offenen Transuranen oberhalb des 10 ³ -fachen der Freigrenzen | |

¹ H = Jahresäquivalentdosis
 γ = Photonenstrahlung ≥ 45 keV
 γ_u = Photonenstrahlung < 45 keV
Rö = Röntgenstrahlung ≥ 5 keV
n = Neutronenstrahlung
I = Ganzkörperbestrahlung durch Inkorporation

Für die Einstufung können auch die Grenzwerte der Teilkörperdosen gemäß Anlage X StrlSchV für äußere Bestrahlung und Inkorporation maßgebend sein.

² Ausgabe und Auswertung durch die LfU.

Tab. 2/2: Einstufungskriterien und die den Kategorien zugeordneten Personendosimeter

Bis spätestens 30.06.1982 waren Beschreibungen der Expositionsbedingungen an den Aufenthaltsorten der zu überwachenden Personen zu erstellen, um die vorgenommenen Einstufungen zu begründen und nachprüfbar zu machen. Dies erfolgte anhand der Erhebungsbogen (s. Abb. 2/1).

Die Erhebungsbogen waren von den Strahlenschutzbeauftragten (SSB) der KfK-Organisationseinheiten bis einschließlich Abschnitt 5 unter Beachtung der Erläuterungen (s. Abb. 2/2) ausgefüllt an das Technische Sicherheitsbüro zurückzugeben. Nach Festsetzung der Inkorporationsüberwachung erfolgte die Festlegung der jetzt auf A und B reduzierten Kategorieneinteilung und der Häufigkeit der Überwachung nach § 67 StrlSchV. Differenzen bei der Einstufung zwischen dem zuständigen Strahlenschutzbeauftragten und der Hauptabteilung Sicherheit konnten meist telefonisch bereinigt werden. Die Einstufungskriterien und die den Kategorien A und B zugeordneten Personendosimeter zeigt Tab. 2/2.

2.1.4 Personendosiskartei, Mikroverfilmung

H. Roock, M. Egler

In der Personendosiskartei werden sowohl die von der amtlichen Meßstelle als auch alle in Eigenüberwachung ermittelten Personendosen und Inkorporationsmeßergebnisse registriert und 30 Jahre lang aufbewahrt. Bei festgestellten Grenzwertüberschreitungen erfolgen Meldungen, damit die jeweils erforderlichen Maßnahmen eingeleitet werden können. Ferner werden Belehrungs- und Untersuchungstermine registriert und ihre Einhaltung überwacht.

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

Für die Institute und Abteilungen, die eine Terminverfolgung wünschen, werden deren Mitarbeiter von HS/TSB in festgelegten regelmäßigen Abständen zur ärztlichen Untersuchung gemeldet. Ergeben sich bei der Untersuchung Einschränkungen für den Umgang mit radioaktiven Stoffen, so wird dies in der Kartei vermerkt. Der zuständige Strahlenschutzbeauftragte sowie der Betriebsrat werden hierüber umgehend unterrichtet. Die Ergebnisse von Inkorporationsmessungen gehen den Strahlenschutzbeauftragten direkt zu. Sie werden ebenfalls in der Personendosiskartei verbucht.

Aufgrund der Genehmigung nach § 20 a StrlSchV werden für KfK-Mitarbeiter, die in fremden kerntechnischen Anlagen tätig werden müssen, Strahlenpässe ausgestellt und die Eintragungen im Bedarfsfall auf den neuesten Stand gebracht. Zur Zeit sind 146 KfK-Angehörige im Besitz eines gültigen Strahlenpasses.

Neben den vorstehend aufgeführten Routinearbeiten mußte die Neueinstufung der beruflich strahlenexponierten Personen abgewickelt werden. Hierzu mußten alle Einzelangaben und die von den SSB vorgeschlagenen Einstufungen auf ca. 2 100 Erhebungsbogen geprüft werden. Korrekturen, Ergänzungen und für nicht beruflich strahlenexponierte Personen ausgefüllte Formulare führten zu Rücksprachen mit den SSB und teilweise zur Rücksendung der Erhebungsbogen. Nach Abschluß dieser Vorarbeiten erfolgte die entsprechende Umstellung der Personendosiskartei. Zusätzlich wurden Kopien der Formulare, bei denen der Vorgang abgeschlossen war, den SSB, HS/D und HS/U zugestellt, um erfolgte Umstufungen in die Strahlenschutzpraxis umsetzen zu können.

Gemäß § 66 der StrlSchV müssen alle Körperdosen der zu überwachenden Personen 30 Jahre lang aufbewahrt werden. Die archivierten Dosiskarteien bei HS/TSB nehmen dadurch zwangsläufig einen so großen Raum ein, daß eine bessere Aufbewahrungsart gefunden werden mußte. Hier bot sich die Mikroverfilmung als Lösung an.

Zunächst wurde die Personendosiskartei der ausgeschiedenen Mitarbeiter, bestehend aus 36 000 Belegen, verfilmt. Weitere Karteien werden zur Verfilmung vorbereitet.

2.1.5 EDV-Einsatz für administrative Strahlenschutzaufgaben

A. Antoni, P. Meyer

Seit 1975 wird zur Durchführung von Teilaufgaben der Strahlenschutzüberwachung elektronische Datenverarbeitung eingesetzt. Dazu stehen zwei voneinander unabhängige EDV-Anlagen zur Verfügung:

- Zentraleinheit mit einem Arbeitsspeicher von 16 kBytes und kompaktem Kleinplattensystem,
- Zentraleinheit mit einem Arbeitsspeicher von 32 kBytes, externem Betriebssystem, Wechselplattenspeicher mit drei Laufwerken und Ausbaumöglichkeit auf ein Mehrplatzsystem.

Beide Anlagen erlauben es, mehrere periphere Einheiten anzuschließen.

Zur Zeit werden folgende Hauptprogramme verfügbar gehalten und ständig aktualisiert:

| | |
|---------|---|
| ADRESS | Externes Anschriftenverzeichnis für HS/TSB |
| DATASCH | Externes Anschriftenverzeichnis der Hauptabteilung Sicherheit |
| DIN | Datei aller in der Literaturabteilung vorhandenen DIN-Normen |
| DON | Dosisdatei aller Institute und Abteilungen der KfK und von Fremdfirmenangehörigen |
| ETRU | Datei aller Mitglieder von Einsatztrupps |
| GEN | Atomrechtliche Genehmigungen der Institute und Abteilungen |
| HS | Personaldaten von Mitarbeitern der Hauptabteilung Sicherheit |
| INNA | Datei aller Institute und Abteilungen der KfK |
| MAUS | Meßwertaustausch mit HS/Ü und HDB |
| UEBO | Überwachungsbogen für die amtliche und interne Personendosimetrie |
| UKW | Verzeichnis der Personenrufempfänger |
| VIP | Datei wichtiger interner Kontaktpersonen für HS/TSB |
| ZAG | Verzeichnis der Firmen mit Genehmigung nach § 20 a StrlSchV |

Für alle Hauptprogramme gibt es Subroutinen, die Ergänzungen, Tilgungen und Korrekturen in den Dateien erlauben.

Zur Berichterstattung von Dosismesswerten, zur Terminverfolgung für ärztliche Untersuchungen oder Strahlenschutzbelehrungen, zur Bekanntmachung wichtiger Informationen oder administra-

tiver Maßnahmen und zur Abwicklung der internen und externen Korrespondenz müssen unterschiedliche Personenkreise und Institutionen angeschrieben werden. Zur Rationalisierung des umfangreichen Schriftverkehrs können Formblätter, Listen und Verzeichnisse, die unterschiedlichen Ordnungskriterien unterliegen, maschinell erstellt werden. Die hierzu verwendeten Ausgaberroutinen für die Hauptprogramme sind in Tab. 2/3 zusammengestellt.

| Programmkurzbezeichnung | Leistung | Nutzungsfrequenz |
|-------------------------|--|---|
| ADRESS | Alphabetisches Verzeichnis der Anschriften Adressenaufkleber | nach Bedarf " |
| DATASCH | Alphabetisches Verzeichnis der Anschriften Adressenaufkleber Telefonnummernverzeichnis | nach Bedarf " " |
| DIN | Liste der in der Literaturabteilung vorhandenen Normen Liste der ungültig gewordenen Normen Aufkleber zur Durchführung des Änderungsdienstes | nach Bedarf monatlich monatlich |
| DON | Auflistung von Strahlenschutzdaten der Mitarbeiter aller Institute und Abteilungen der KfK und von Fremdfirmenangehörigen Untersuchungstermine für beruflich strahlenexponierte Personen Termine für Strahlenschutzbelehrungen Alphabetische Liste der Fremdfirmenangehörigen Nach Fremdfirmen sortierte Namensliste Liste der Stabdosiswerte von Fremdfirmenangehörigen, alphabetisch geordnet Mitteilung der Stabdosiswerte an Fremdfirmen mit Genehmigung nach § 20 a StrlSchV Strahlenschutzdaten von ausgeschiedenen Fremdfirmenangehörigen, alphabetisch geordnet Unterschriftenliste für Strahlenschutzbelehrungen Dosisstatistik (Häufigkeitsverteilungen, Summen- und Mittelwertbildungen von Personendosiswerten für unterschiedliche Überwachungszeiträume) | monatlich " " " " " " jährlich nach Bedarf " |
| ETRU | Liste der Truppmitglieder aller Einsatztrupps mit Privatadressen | halbjährlich |
| GEN | Auflistung aller atomrechtlichen Genehmigungen - chronologisch nach Jahren - geordnet nach Instituten und Abteilungen | nach Bedarf " " |

Tab. 2/3: Ausgaberroutinen der Hauptprogramme

| Programmkurz- bezeichnung | Leistung | Nutzungs- frequenz |
|------------------------------|--|---|
| HS | Personaldaten von Mitarbeitern der Hauptabteilung Sicherheit - Auflistung der Personaldaten - Gesamtliste, alphabetisch geordnet - Listen der Abteilungen, alphabetisch geordnet - Auflistung der Privatadressen - Gesamtliste, alphabetisch geordnet - Listen der Abteilungen, alphabetisch geordnet | nach Bedarf " " " |
| INNA | Liste aller Institute und Abteilungen der KfK Adressenaufkleber | nach Bedarf " |
| MAUS | Wechselseitige Übertragung und Ergänzung von Dosismesswerten der beruflich strahlenexponierten Personen in der HDB auf Datenträger von HS/TSB und HS/Ü | monatlich |
| UEBO | Überwachungsbogen, geordnet nach Instituten und Abteilungen - für Filmdosimeter - für amtliche Glasdosimeter - für Thermolumineszenzdosimeter | monatlich vierteljährlich monatlich |
| UKW | Liste der Personenrufempfänger - geordnet nach steigenden Rufnummer - geordnet nach Instituten und Abteilungen | nach Bedarf " |
| VIP | Alphabetische Gesamtliste wichtiger interner Kontaktpersonen für HS/TSB Listen bestimmter Personengruppen, abrufbar nach 15 verschiedenen Auswahlmerkmalen - alphabetisch geordnet - nach Instituten und Abteilungen geordnet Adressenaufkleber zu allen Listen | nach Bedarf " " " |
| ZAG | Anschriftenverzeichnis der Firmen mit Genehmigung nach § 20 a StrlSchV Adressenaufkleber | nach Bedarf " |

Tab. 2/3: Ausgaberroutinen der Hauptprogramme (Fortsetzung)

2.1.6 Ergebnisse der Personendosisüberwachung

A. Antoni, P. Meyer

Nachdem bereits in den letzten Jahren die Strahlenschutzdaten der Mitarbeiter von HS/Ü, IHCH, IRCH, HDB und von Fremdfirmen mit Hilfe der EDV erfasst worden waren, wurde die Dosiserfassung mittels EDV 1982 auf alle Institute und Abteilungen der KfK ausgedehnt. Damit wurde

die Möglichkeit geschaffen, auf einfache Weise die vorhandenen Daten statistisch zu verarbeiten. Dosiserfassung und Auswertung sind Bestandteile des EDV-Programmes mit der Kurzbezeichnung "DON".

In den zu diesem Programm gehörenden Dateien werden pro Mitarbeiter folgende Daten abgespeichert:

Personaldaten:

- Name, Vorname
- Geburtsdatum
- Kostenstelle
- Überwachungskategorie
- Namen von Fremdfirmen bzw. Universitäten oder KfK-Personalnummer
- Institut/Abteilung (bei Fremdfirmen)
- HS/Ü-interne Kenn-Nummer der in der HDB überwachten Personen
- Merkmale für SSB und SSB-Stellvertreter
- Merkmal für ausgeschiedene Mitarbeiter
- Merkmal für Strahlenpaßinhaber
- Merkmal zur Kennzeichnung bestehender ärztlicher Bedenken
- Merkmal für jährliche Untersuchung von Personen der Kategorie B

Meßergebnisse folgender Dosimeterarten:

- Amtliches Filmdosimeter (Gamma und Beta)
- Amtliches Glasdosimeter (nicht mehr ab 1983)
- Internes Glasdosimeter
- Stabdosimeter
- Thermolumineszenzdosimeter (Oberflächendosis)
- Thermolumineszenzdosimeter (Tiefendosis)
- Albedo-Dosimeter (Neutronen)

Dosissumme für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A
(Erfassung mittels amtlicher Dosimeter)

Dosissumme für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie B
(Erfassung mittels interner Glasdosimeter)

Termine:

- Untersuchungstermine
- Belehrungstermine

Zur Durchführung der vielfältigen Aufgaben bei der Dosiserfassung und Dosisauswertung werden im Hauptprogramm "DON" die in Tab. 2/4 aufgeführten Unterprogramme bereitgestellt.

| UNTERPROGRAMME : | |
|--|--|
| /01/ = EINGABE VON DATEN | /02/ = KORREKTUR - SSB |
| /03/ = ERGAENZUNG VON NAMEN | /04/ = MONATSMIT. FA. ... |
| /05/ = GESAMTLISTE | /06/ = TIK LISTE (NAMEN) |
| /07/ = UNTERSUCHUNGSTERMINE | /08/ = BELEHRUNGSTERMINE |
| /09/ = NAMENSLISTE | /10/ = TIK-LISTE (MESSWERTE) |
| /11/ = KORREKTUREN | /12/ = ALPHABETISCH SORTIEREN |
| /16/ = KONTROLLE DES DATEIINHALTES | /17/ = AUTOMATISCHE TIK-EINGABE |
| /18/ = MELDUNG AN MED. ABT. | /19/ = NEUERSTELLUNG DES NAMENSINDEXES |
| /20/ = MESSWERTAUSTAUSCH MIT HS/UE | /21/ = STATISTIK |
| /23/ = MONATSMITTEILUNG (FREMDFIRMEN) | /25/ = JAHRESUEBERTRAG/DATEIEN |
| /26/ = UNTERSCHRIFTENLISTE - BELEHRUNG | /27/ = ERSTELLEN DER SICHERHEITSKOPIE |

Tab. 2/4: Unterprogramme im Hauptprogramm "DON"

Zur Auswertung der gespeicherten Daten stehen drei Programme zur Verfügung:

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

Es können Statistiken für einzelne Institute oder Abteilungen, für alle Institute und Abteilungen zusammen und für bestimmte Gruppen von Organisationseinheiten nach unterschiedlichen Überwachungskategorien und Dosimeterarten abgerufen werden.

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

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

Die Tabellen 2/5 und 2/6 zeigen die Häufigkeitsverteilungen der monatlichen Dosisexpositionen beruflich strahlenexponierter Personen der Kategorien A und B für die vorgegebene Intervallschachtelung zwischen 0 mSv und 50 mSv. Durch das Ausscheiden von Mitarbeitern oder durch Umstufungen von Mitarbeitern in eine andere Überwachungskategorie aufgrund geänderter Arbeitsbedingungen variiert die Zahl der überwachten Personen in den einzelnen Monaten.

In Tab. 2/7 wurden für die hier definierten Gruppen verschiedener Organisationseinheiten und Anlagen der KfK die prozentualen Häufigkeitsverteilungen der Jahresdosiswerte dargestellt. Die Darstellung erfolgte wiederum für die beruflich strahlenexponierten Personen beider Kategorien und für dieselbe Dosisintervallschachtelung. Bei der Summation wurden auch alle die Mitarbeiter mitgezählt, die nur während eines Teils des Jahres beruflich strahlenexponiert waren oder

der betrachteten Gruppierung von Organisationseinheiten angehört haben. Dies bedeutet, daß z. B. die Vierteljahresdosis eines Mitarbeiters in der Kategorie B als Jahresdosis in die Statistik einging, da seine Dosisbelastung während der restlichen 9 Monate des Jahres mit 0 mSv bewertet wurde.

| DOSISINTERVALL IN mSv | | | HAEUFIGKEITSVERTEILUNGEN DER MONATLICHEN FILMDOSISWERTE IN % | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-----|------|--|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | JAN | FEB | MAERZ | APRIL | MAI | JUNI | JULI | AUG | SEP | OKT | NOV | DEZ |
| | H = | 0.0 | 78.5 | 72.4 | 69.5 | 76.7 | 78.1 | 71.0 | 78.4 | 80.3 | 73.8 | 70.8 | 70.2 | 76.4 |
| 0 < | H ≤ | 0.2 | 12.0 | 13.1 | 15.5 | 11.2 | 13.8 | 18.5 | 10.9 | 6.6 | 16.4 | 19.1 | 18.6 | 9.5 |
| 0.2 < | H ≤ | 0.4 | 2.0 | 6.0 | 4.8 | 5.1 | 3.4 | 4.3 | 4.7 | 3.6 | 3.3 | 5.6 | 6.1 | 5.5 |
| 0.4 < | H ≤ | 1.0 | 4.7 | 7.1 | 6.3 | 5.1 | 3.5 | 3.6 | 2.7 | 7.9 | 5.6 | 3.2 | 3.2 | 5.6 |
| 1.0 < | H ≤ | 2.0 | 2.4 | 1.2 | 2.8 | 1.3 | 1.1 | 0.8 | 1.3 | 1.4 | 0.6 | 0.6 | 0.8 | 2.1 |
| 2.0 < | H ≤ | 5.0 | 0.3 | 0.2 | 1.0 | 0.5 | 0.0 | 1.4 | 1.3 | 0.2 | 0.3 | 0.6 | 1.0 | 0.9 |
| 5.0 < | H ≤ | 10.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.2 | 0.3 | 0.8 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.0 |
| 10.0 < | H ≤ | 15.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 15.0 < | H ≤ | 20.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 20.0 < | H ≤ | 25.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 25.0 < | H ≤ | 30.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 30.0 < | H ≤ | 35.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 35.0 < | H ≤ | 40.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 40.0 < | H ≤ | 45.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 45.0 < | H ≤ | 50.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | H > | 50.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| UEBERW. PERSONENZAHL: | | | 590 | 602 | 607 | 623 | 625 | 631 | 633 | 634 | 663 | 660 | 618 | 548 |

Tab. 2/5: Ergebnisse der amtlichen Filmdosimetrie des Jahres 1982 für beruflich strahlenexponierte Personen der KfK in der Kategorie A bei monatlicher Dosimeterauswertung

| DOSISINTERVALL IN mSv | | | HAEUFIGKEITSVERTEILUNGEN DER MONATLICHEN STABDOSISWERTE IN % | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-----|------|--|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | JAN | FEB | MAERZ | APRIL | MAI | JUNI | JULI | AUG | SEP | OKT | NOV | DEZ |
| | H = | 0.0 | 97.9 | 97.6 | 96.7 | 98.8 | 98.0 | 97.4 | 97.2 | 97.5 | 97.2 | 97.5 | 97.3 | 97.8 |
| 0 < | H ≤ | 0.2 | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.5 | 0.4 | 0.3 | 0.6 | 0.1 | 0.5 | 0.7 |
| 0.2 < | H ≤ | 0.4 | 1.1 | 1.6 | 1.8 | 0.6 | 1.2 | 1.4 | 1.5 | 1.9 | 1.4 | 1.4 | 1.0 | 1.0 |
| 0.4 < | H ≤ | 1.0 | 0.5 | 0.5 | 0.7 | 0.2 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.3 | 0.7 | 0.5 | 0.7 | 0.4 |
| 1.0 < | H ≤ | 2.0 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.1 | 0.0 | 0.2 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.4 | 0.1 |
| 2.0 < | H ≤ | 5.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.0 |
| 5.0 < | H ≤ | 10.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 10.0 < | H ≤ | 15.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 15.0 < | H ≤ | 20.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 20.0 < | H ≤ | 25.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 25.0 < | H ≤ | 30.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 30.0 < | H ≤ | 35.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 35.0 < | H ≤ | 40.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 40.0 < | H ≤ | 45.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 45.0 < | H ≤ | 50.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | H > | 50.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| UEBERW. PERSONENZAHL: | | | 1458 | 1520 | 1560 | 1552 | 1548 | 1560 | 1558 | 1567 | 1583 | 1611 | 1639 | 1638 |

Tab. 2/6: Ergebnisse der internen Dosimetrie des Jahres 1982 mittels Stabdosisometern für beruflich strahlenexponierte Personen der KfK in Kategorie B bei monatlicher Dosimeterauswertung

| DOSISINTERVALL IN mSv | HAEUFIGKEITSVERTEILUNGEN DER JAHRESDOSISWERTE 1982 IN % | | | | | |
|--------------------------|---|--------|--|--------|--|--------|
| | A | B | A | B | A | B |
| H = 0.0 | 48.8 % | 79.9 % | 25.6 % | 71.8 % | 59.6 % | 88.7 % |
| 0.0 < H ≤ 0.2 | 2.5 % | 2.3 % | 7.4 % | 3.8 % | 8.5 % | 1.0 % |
| 0.2 < H ≤ 0.4 | 8.8 % | 9.2 % | 10.8 % | 8.8 % | 6.4 % | 5.8 % |
| 0.4 < H ≤ 1.0 | 11.3 % | 2.9 % | 18.2 % | 5.0 % | 19.1 % | 2.4 % |
| 1.0 < H ≤ 2.0 | 3.8 % | 2.9 % | 15.3 % | 5.3 % | 6.4 % | 1.7 % |
| 2.0 < H ≤ 5.0 | 13.8 % | 2.3 % | 11.9 % | 4.1 % | 0.0 % | 0.3 % |
| 5.0 < H ≤ 10.0 | 11.3 % | 0.6 % | 6.8 % | 1.3 % | 0.0 % | 0.0 % |
| 10.0 < H ≤ 15.0 | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % |
| 15.0 < H ≤ 20.0 | 0.0 % | 0.0 % | 0.6 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % |
| 20.0 < H ≤ 25.0 | 0.0 % | 0.0 % | 1.7 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % |
| 25.0 < H ≤ 30.0 | 0.0 % | 0.0 % | 1.1 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % |
| 30.0 < H ≤ 35.0 | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % |
| 35.0 < H ≤ 40.0 | 0.0 % | 0.0 % | 0.6 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % |
| 40.0 < H ≤ 45.0 | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % |
| 45.0 < H ≤ 50.0 | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % |
| H > 50.0 | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % |
| UEBERW. PERSONENZAHL | 80 | 174 | 176 | 319 | 47 | 292 |
| GRUPPE | REAKTOREN UND BESCHLEUNIGER | | INSTITUTIONEN MIT HOHEM AKTIVITAETSINVENTAR | | INSTITUTIONEN MIT NIEDRIGEM AKTIVITAETSINVENTAR | |
| | | | | | | |
| DOSISINTERVALL IN mSv | HAEUFIGKEITSVERTEILUNGEN DER JAHRESDOSISWERTE 1982 IN % | | | | | |
| | A | B | A | B | A | B |
| H = 0.0 | 28.8 % | 61.3 % | 59.8 % | 93.1 % | 44.6 % | 86.6 % |
| 0.0 < H ≤ 0.2 | 4.8 % | 3.2 % | 10.3 % | 1.2 % | 7.6 % | 1.8 % |
| 0.2 < H ≤ 0.4 | 4.0 % | 9.7 % | 6.0 % | 3.2 % | 7.2 % | 5.4 % |
| 0.4 < H ≤ 1.0 | 13.6 % | 12.9 % | 8.9 % | 1.7 % | 13.0 % | 2.7 % |
| 1.0 < H ≤ 2.0 | 11.2 % | 9.7 % | 5.7 % | 0.8 % | 8.9 % | 2.1 % |
| 2.0 < H ≤ 5.0 | 24.0 % | 3.2 % | 9.3 % | 0.0 % | 12.4 % | 1.1 % |
| 5.0 < H ≤ 10.0 | 9.6 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 4.7 % | 0.3 % |
| 10.0 < H ≤ 15.0 | 4.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.7 % | 0.0 % |
| 15.0 < H ≤ 20.0 | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.1 % | 0.0 % |
| 20.0 < H ≤ 25.0 | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.4 % | 0.0 % |
| 25.0 < H ≤ 30.0 | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.3 % | 0.0 % |
| 30.0 < H ≤ 35.0 | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % |
| 35.0 < H ≤ 40.0 | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.1 % | 0.0 % |
| 40.0 < H ≤ 45.0 | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % |
| 45.0 < H ≤ 50.0 | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % |
| H > 50.0 | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % |
| UEBERW. PERSONENZAHL | 125 | 31 | 281 | 933 | 709 | 1749 |
| GRUPPE | DEKONTAMINATION UND ABFALLBEHANDLUNG | | SONSTIGE INSTITUTIONEN | | KfK-GESAMT | |

Tab. 2/7: Ergebnisse der amtlichen Dosimetrie (Filmdosimeter) für Personen der Kategorie A und der internen Dosimetrie (Stabdosimeter) für Personen der Kategorie B. Die Darstellung erfolgte getrennt für die verschiedenen Gruppen von Organisationseinheiten der KfK und für die KfK insgesamt.

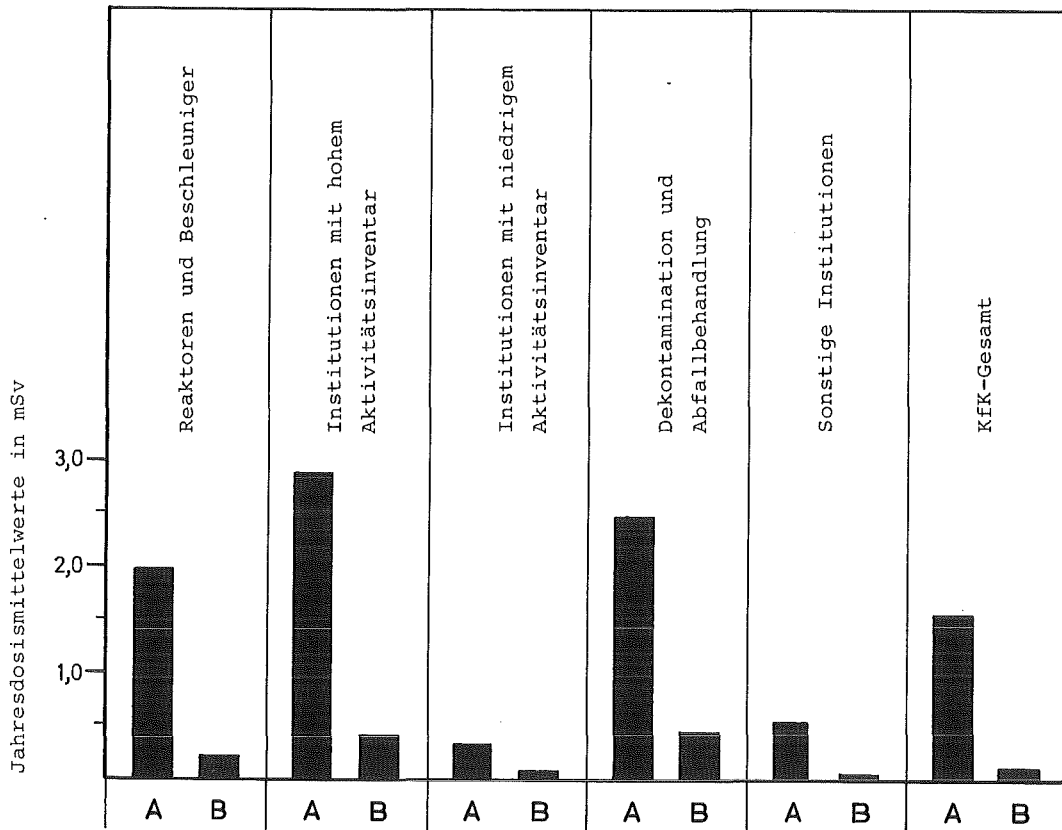


Abb. 2/3: Jahresdosismittelwerte 1982 für Personen der Kategorie A (amtliches Film dosimeter) und der Kategorie B (internes Stabdosisimeter). Die Darstellung erfolgte getrennt für die verschiedenen Gruppen von Organisationseinheiten der KfK und für die KfK insgesamt.

2.1.7 Durchführung der Bestimmungen des § 20 a der Strahlenschutzverordnung

H. Brecht, A. Antoni, H. Roock

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

Fremdfirmen, die Aufträge zur Durchführung von Arbeiten in Strahlenschutzbereichen der KfK GmbH erhalten haben, wünschen häufig fernmündliche Beratung, die sich insbesondere auf die Entscheidung erstreckt, ob eine Genehmigung nach § 20 a erforderlich ist, oder ob es sich um eine gelegentliche Tätigkeit handelt. Die Interpretation des Begriffs "gelegentlich" ist bislang offiziell nicht geklärt. Es kann jedoch festgestellt werden, daß eine Beschäftigung im Sinne von § 20 a StrlSchV, die über 10 % der jährlichen Gesamtarbeitszeit hinausgeht, nicht mehr ohne weiteres als gelegentlich einzuordnen ist. Ferner dürfen bei der vorgesehenen Tätigkeit die Dosisgrenzwerte für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie B nicht überschritten werden.

Von der Möglichkeit des Einsatzes als nicht beruflich strahlenexponierte Personen wird von

den Fremdfirmen wenig Gebrauch gemacht. Hierbei muß sichergestellt sein, daß die betreffende Person nicht mehr als 1/10 der Grenzwerte der Anlage X Spalte 2 der StrlSchV erreichen kann. Dies gilt unter Berücksichtigung aller beruflichen Strahlenbelastungen im Kalenderjahr. Weiterhin sind Fragen aufgetreten bezüglich des Genehmigungsverfahrens, des Abgrenzungsvertrages, des Strahlenpasses und der zu erbringenden Vorleistungen.

Kann von den Ausnahmen kein Gebrauch gemacht werden, so wird im Rahmen des Dienstleistungsvertrages ein Vertrag über die Abgrenzung von Aufgaben von Strahlenschutzbeauftragten (Abgrenzungsvertrag) abgeschlossen. Hierbei wird angestrebt, daß mit allen Fremdfirmen ein einheitlicher von der KfK GmbH angebotener Vertrag zum Abschluß kommt. Voraussetzung für einen Vertragsabschluß ist das Vorliegen der § 20 a-Genehmigung der betreffenden Fremdfirma.

Die sich aus dem Abgrenzungsvertrag ergebenden Aufgaben und Zuständigkeiten für Auftraggeber (Betreiber) und Auftragsfirma (§ 20 a-Firma) sind in Tabelle 2/8 dargestellt.

| Aufgaben nach Abgrenzungsvertrag | |
|--|---|
| für § 20 a-Firmen | für den Betreiber |
| Beschaffen der Genehmigung und Beachten der darin enthaltenen Auflagen | Benennen der Kontaktstelle (HS/TSB) |
| Beschaffen und Führen von Strahlenpässen | Stellen von Schutzkleidung |
| Benennen einer Kontaktperson | Kontrolle Dosisgrenzwerte |
| Bilanz aller Strahlenexpositionen | Kontrolle Inkorporationswerte |
| amtliche Langzeitdosimetrie | Kurzzeitdosimetrie und Übermittlung der Daten |
| Kenntnisvermittlung und Strahlenschutzbelehrung | anlagenbezogene Belehrung |
| ärztliche Untersuchung | |
| Beachtung der Tätigkeitsverbote | |
| Meldung an die Behörde (Bilanz) | Meldung an die Behörde (Einzelereignis) |

Tab. 2/8: Zuständigkeiten nach § 20 a Strahlenschutzverordnung gem. Abgrenzungsvertrag

Die Erfassung der Fremdfirmen (siehe Tab. 2/9) und der Kenndaten des Vertragspartners sowie erforderliche Aktualisierungen erfolgen über EDV-Programme.

Die im Abgrenzungsvertrag zugesagte Übermittlung der vom Strahlenschutz der KfK gemessenen Stabdosiswerte erfolgte monatlich für alle im laufenden Kalenderjahr bei der KfK GmbH nicht nur gelegentlich tätig gewordenen Fremdfirmenangehörigen. Dies waren 1982 insgesamt 378 Personen von 51 Fremdfirmen. Über ein weiteres EDV-Programm wurden postfertige Auszüge der Personendosisdatei monatlich erstellt und diesen Firmen übersandt.

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

| | |
|--|-----|
| Fremdfirmen, im Besitz eines Abgrenzungsvertrages mit der KfK | 130 |
| Fremdfirmen, die Mitarbeiter in Kontrollbereichen der KfK nicht nur gelegentlich tätig werden ließen | 51 |
| Fremdfirmen, die Mitarbeiter nur gelegentlich in der KfK tätig werden ließen | 49 |
| Personendosisüberwachte Fremdfirmenangehörige, insgesamt | 532 |

Tab. 2/9: Erfassung von Fremdfirmen gem. § 20 a StrlSchV im Jahre 1982

2.1.8 Durchführung der Röntgenverordnung

W. Reuble

Röntgeneinrichtungen und Störstrahler im Sinne der Röntgenverordnung (RÖV) dürfen nur betrieben werden, wenn hierzu von der zuständigen Behörde eine Genehmigung nach § 3 RÖV vorliegt. Ausnahmen bezüglich der Betriebsgenehmigung regelt die Röntgenverordnung in ihren §§ 4 und 5. Die innerbetriebliche Überwachung der Einhaltung der RÖV wird für den ganzen Bereich der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH vom Technischen Sicherheitsbüro der Hauptabteilung Sicherheit (HS/TSB) wahrgenommen.

Alle Einrichtungen, die der RÖV unterliegen, werden bei HS/TSB erfaßt. Neubeschaffungen, Veränderungen sowie Außerbetriebsetzung sind an HS/TSB zu melden. Wo dies nicht erfolgt, werden meldepflichtige Geräte durch Zusammenarbeit mit der Hauptabteilung Einkauf und Materialwirtschaft oder bei Inspektionen im Rahmen der Betriebsbegehungen und Ortseinweisungen durch die Sicherheitsingenieure des HS/TSB festgestellt und mit den zugehörigen Datenbelegen in die Registratur aufgenommen. Die eingegangenen Meldungen und Datenbelege dienen als Unterlage für die Anzeige bzw. für den Genehmigungsantrag meldepflichtiger Röntgeneinrichtungen und Störstrahler an die zuständige Aufsichts- und Genehmigungsbehörde durch HS/TSB.

Gerade die Bereitstellung der Zulassungsscheine, Stückprüfungszeugnisse, Gerätebeschreibungen und -anleitungen etc., welche die Betriebsdaten belegen und Geräteart und Verwendungszweck erkennen lassen, findet bei den Betreibern oft nicht die nötige Beachtung. Nicht selten wird durch Umbauten und Abschirmungen das Typenschild mit der Geräte- und Zulassungsnummer unzugänglich und kann mit den vorhandenen Papieren zu Prüfzwecken nur unter unnötig großem Zeitaufwand verglichen werden. Bei den Gerätebetreibern für die in Erfüllung von Gesetzen und Verordnungen erforderliche Administration um Verständnis zu werben und sie durch Auskünfte, Beratung und Bereithaltung von Formularen oder schriftlichen Beispielen zu unterstützen, ist eine der Aufgaben von HS/TSB.

Am Ende des Berichtsjahres waren bei HS/TSB von 22 Organisationseinheiten der KfK GmbH insgesamt 51 Röntgeneinrichtungen erfaßt und der Behörde angezeigt. Nur für 10 dieser Geräte war eine Genehmigung nach § 3 RÖV erforderlich. Von den Störstrahlern sind 14 der Behörde gemeldet, nur 5 bedürften der Genehmigung. Hieraus ergibt sich, daß ein großer Teil der Röntgeneinrichtungen und Störstrahler genehmigungsfrei betrieben werden kann, da sie die Bedingungen gemäß § 4 oder § 5 der RÖV erfüllen.

Für die Erteilung einer Genehmigung zum Betrieb einer nicht bauartgeprüften oder umgebauten Röntgeneinrichtung oder eines Gerätes, für das keine ausreichenden Belege vorhanden sind, ist die Abnahme durch einen behördlich ermächtigten Sachverständigen zu veranlassen. Auftrag und Kosten hierzu übernimmt der Betreiber. Genehmigungsfreier Betrieb einer Röntgeneinrichtung im Sinne von § 4 Abs. 1 der RÖV erfordert ebenfalls eine vorherige Sachverständigen-

digenprüfung und den Erwerb einer Bescheinigung, daß der Röntgenstrahler der Bauart nach zugelassen und ausreichender Schutz vor Strahlenschäden gewährleistet ist.

Wer Röntgeneinrichtungen oder genehmigungsbedürftige Störstrahler betreibt bzw. für die Leitung oder Aufsicht des Betriebes dieser Geräte als Verantwortlicher benannt wird, muß nach den §§ 3.2, 4.3 und 5.1 RÖV die erforderliche Fachkunde im Strahlenschutz besitzen. Dies kann durch entsprechende Zeugnisse oder durch ein vollständig ausgefülltes Formblatt belegt werden, das hierfür von HS/TSB erstellt wurde. Diese Personen sind im Sinne von § 11 Abs. 1 Nr. 2 RÖV als Verantwortliche für den Strahlenschutz nach der Röntgenverordnung (VfS/RÖV) zu bestellen, und zwar völlig unabhängig von entsprechenden Bestellungen nach der Strahlenschutzverordnung. Diese Bestellungen und die damit verbundene Festlegung des jeweiligen Zuständigkeitsbereichs werden von HS/TSB durchgeführt, wofür eigene, den jetzigen Gegebenheiten entsprechende Vordrucke erstellt wurden. Am Ende des Berichtsjahres waren für die Röntgeneinrichtungen und Störstrahler in 22 Organisationseinheiten der KfK GmbH insgesamt 37 Verantwortliche und 22 stellvertretende Verantwortliche für den Strahlenschutz nach RÖV bestellt. Wegen Umsetzungen oder aus anderen Gründen erforderlich gewordene Entlastungen von der Strahlenschutzverantwortung hatten Neubestellungen zur Folge, für die das Einverständnis des jeweiligen Institutsleiters, eine Unbedenklichkeitsbescheinigung der Personalabteilung und der Nachweis der Fachkunde im Strahlenschutz zu erbringen waren.

2.1.9 Erfassung und Überprüfung von Notstromversorgungsanlagen

H.-A. Ammermann

In den Genehmigungsbescheiden nach § 9 AtG der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde wird für 17 Institute und Abteilungen der KfK vorgeschrieben, daß sicherheitstechnisch bedeutsame Einrichtungen bei Netzausfall automatisch auf die Notstromversorgung geschaltet werden. Einige Netzausfälle in jüngster Vergangenheit ließen erkennen, daß hierbei Schwierigkeiten auftreten können. Im Aufsichtsverfahren nach § 19 Abs. 1 AtG zog das Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung den Technischen Überwachungsverein Baden e.V. als Sachverständigen im Sinne von § 20 AtG hinzu und beauftragte ihn mit der folgenden spezifizierten Begutachtung:

1. Gegenstand und Zweck der Begutachtung

Die Notstromsysteme derjenigen Institute und Abteilungen der KfK GmbH, in denen Tätigkeiten nach § 9 AtG ausgeübt werden, sind dahingehend zu begutachten, ob sie im Anforderungsfall die Energieversorgung sicherheitstechnisch bedeutsamer Einrichtungen in der erforderlichen Zeit und im erforderlichen Maße sicherstellen können. Sicherheitstechnische Einrichtungen in diesem Sinne sind Einrichtungen, die dem sicheren Einschluß, der Rückhaltung und der kontrollierten Ableitung radioaktiver Stoffe dienen, einschließlich der zugehörigen Überwachungseinrichtungen.

Die gutachterliche Stellungnahme muß es der Aufsichtsbehörde ermöglichen, zu beurteilen, ob die Voraussetzung nach § 9 Abs. 2 Nr. 3 AtG noch vorliegt.

2. Leistungsumfang der Begutachtung

Der Gutachter hat im einzelnen mindestens zu prüfen, ob

- die Liste der sicherheitstechnisch bedeutsamen Einrichtungen vollständig ist,
- der Leistungsbedarf dieser Einrichtungen im Anforderungsfall richtig angegeben ist,
- die Leistungsdimensionierung der Notstromeinrichtungen ausreichend ist (insbesondere wenn mehrere Institute von einem Aggregat versorgt werden) und welche Leistungsreserve ggf. vorhanden ist,

- die Lastschalter ausreichend dimensioniert sind,
- schädliche gegenseitige Beeinflussungen möglich sind, wenn mehrere Institute im Anforderungsfall dasselbe Notstromaggregat beanspruchen,
- die Treibstoffversorgung der Diesellaggregate und das Nachladen der Batterien gesichert ist (insbesondere im Winter),
- die Schaltpläne mit den aktuellen Verhältnissen übereinstimmen,
- die administrativen Maßnahmen (Bedienungsanweisungen, etc.) ausreichend sind,
- die Wartung und die wiederkehrenden Prüfungen sachgerecht durchgeführt werden,
- die Notstromeinrichtungen einer abschließenden Funktionsprüfung zu unterziehen sind.

Die gesamte Koordination für die Begutachtung der Notstromanlagen der Genehmigungsinhaber nach § 9 AtG obliegt HS/TSB. Die Durchführung praxisnaher Prüfungen erfolgte in Zusammenarbeit mit den Abteilungen VBW/E, Bau, KTB/BI, den betroffenen Instituten und Abteilungen und dem TÜV Baden (Fachgruppen Elektrotechnik und Kerntechnik/Strahlenschutz).

Hierzu wurde eine umfangreiche Datensammlung über die Notstromanlagen erstellt und dem Gutachter zur Verfügung gestellt.

Von den insgesamt zu begutachtenden 10 Notstromaggregaten, die der Versorgung der Notstromsysteme von 17 Instituten/Abteilungen in 51 Gebäuden dienen, wurden bereits 5 Notstromaggregate, von denen die Notstromsysteme in 44 Gebäuden abhängen, überprüft. Im Februar 1983 soll die Prüfung der restlichen Aggregate erfolgen. Das gutachterliche Prüfungsergebnis wird noch im 1. Quartal 1983 erwartet.

2.2 Arbeitsschutz

2.2.1 Betriebsüberwachung

E. Windbühl, F. Merschroth, W. Winkelmann

Im Berichtszeitraum wurden 162 protokollierte Begehungen und Kontrollgänge in den baulichen Objekten, Außen- und Versuchsanlagen sowie Einrichtungen der Infrastruktur durchgeführt.

An 14 Routinebegehungen haben die Sicherheitsbeauftragten nach § 719 RVO der jeweils betroffenen Organisationseinheiten teilgenommen.

Vertreter des Betriebsrates nahmen an 12 Begehungen teil. 8 Revisionen erfolgten mit Vertretern der Aufsichtsbehörden gemeinsam.

Unabhängig hiervon fanden 22 gemeinsame Begehungen von Betriebsarzt, Sicherheitsingenieur und Betriebsrat gemäß den Verpflichtungen des Arbeitssicherheitsgesetzes statt. Hierbei wurden überwiegend die Arbeitsplätze von solchen Mitarbeitern überprüft, die sich aufgrund von Schutzbestimmungen arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen zu unterziehen haben.

Weiterhin wurden auf 17 Baustellen 87 Baustelleneinrichtungen sicherheitstechnisch überprüft. Folgende Mängel konnten hierbei an Baubaracken, Bauwagen und Containern, die als Büros, Lager und Dauerunterkünfte dienen, festgestellt werden:

- bei 60 % fehlten Feuerlöscher oder deren Prüffristen waren überschritten,
- bei 35 % waren die zugeteilten Baustellennummern oder Firmenschilder nicht angebracht,
- bei 10 % war die Anbringung von thermischen Isolierungen an Wasser- und Abwasserleitungen

sowie an Heizkörpern erforderlich,

- bei 13 % mußten die vorhandenen, aber unzulässigen Heizkörper ausgetauscht werden,
- bei 12 % wurden Öle und Treibstoffe sowie sonstige wassergefährdende Betriebsstoffe ohne Auffangwannen gelagert,
- bei 10 % waren die elektrischen Einrichtungen mangelhaft.

Lediglich 7 % der überprüften Baustelleneinrichtungen wiesen keine Mängel auf.

2.2.2 Sicherheitsinformationen und Sicherheitsausbildung

E. Windbühl, F. Merschroth, H. Wilker

Sicherheitsgerechtes Verhalten bei der Ausübung beruflicher Tätigkeiten erfordert neben speziellen Kenntnissen der Gefahrenabwehr auch fachkundiges Wissen auf den jeweiligen Arbeitsgebieten.

Je nach Ausbildungsgrad oder persönlicher Qualifikation genügt es manchmal, nur zu informieren oder Anstöße zu geben, in anderen Fällen wird die Vermittlung von Fachkunde erforderlich. So wurde u. a. dafür gesorgt, daß

- Facharbeiter, Meister und Techniker, soweit sie mit elektronischen Einrichtungen an Versuchsständen zu tun haben, aber selbst keine Ausbildung in der Elektrotechnik besitzen, an einem innerbetrieblichen Ausbildungskurs teilnehmen (nach Absolvierung dieses Kurses wurden sie als unterwiesene Personen nach VDE geführt),
- Mitarbeiter aus der Infrastruktur, die arbeitsbedingt mit Säuren und Laugen umgehen müssen, selbst aber keine Grundkenntnisse in der Chemie aufweisen konnten, in einem Lehrgang die notwendige Fachkunde vermittelt bekamen und mit einer sicherheitsgerechten Arbeitsweise vertraut gemacht wurden,
- Gerüstaufbauten für Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten von Mitarbeitern ausgeführt oder überwacht werden, die über sicherheitstechnische Erfordernisse informiert und eingewiesen wurden,
- durch ein Angebot von Vorträgen zu aktuellen Themen der Unfallverhütung Führungskräfte, Sicherheitsbeauftragte, Laborverantwortliche und sonstige Mitarbeiter, die mit Arbeitschutzfragen zu tun haben, über allgemeine und besondere Fragen der Arbeitssicherheit Informationen erhalten konnten.

Behandelt wurden im Berichtszeitraum folgende Themen:

Die neue Druckbehälterverordnung, Gabelstapler allgemein und Sondereinsätze von Gabelstaplern, wie z. B. Hochfahren auf dem Lastaufnahmemittel, Arbeitsbühnen, Waggonverschieben, Lkw-Anhängerverziehen, Verantwortung in der Arbeitssicherheit, Versicherungsschutz, Umgang mit gefährlichen Arbeitsstoffen und Sicherheitsmaßnahmen bei Brand- und Explosionsgefahren.

Besondere Beachtung wurde den innerbetrieblichen Transportsystemen "Krane" und "Flurförderzeuge" beigemessen, weil erfahrungsgemäß beim Einsatz dieser Transportmittel die Unfallgefahren besonders groß sind. Neben der Gewährleistung der Funktionstüchtigkeit und des sicherheitstechnisch einwandfreien Zustandes dieser Betriebsmittel erfordert das Führen dieser Einrichtungen hierfür geeignete Personen, die sowohl praktisch wie theoretisch sorgfältig ausgebildet wurden. Durch eine Erfolgskontrolle ist ferner festzustellen, ob der dargebotene Stoff ausreichend verstanden wurde und das Führen eines Flurförderzeugs oder eines Krans unfallsicher erfolgen kann. Die persönliche Eignung muß hiervon unabhängig vom Arbeitsmediziner festgestellt werden.

Im Berichtszeitraum wurden unter Zugrundelegung der Unfallverhütungsvorschriften "Flurförderzeuge" (VBG 12 a) und "Krane" (VBG 9) 43 Mitarbeiter als Kranführer und Anschläger sowie 39 Mitarbeiter als Flurförderzeugfahrer ausgebildet.

2.2.3 Unfallgeschehen

E. Windbühl

1982 wurden dem Badischen Gemeindeunfallversicherungsverband Karlsruhe als zuständigem Unfallversicherungsträger 148 Unfälle gemeldet. In dieser Gesamtzahl der angezeigten Unfälle sind, über die gesetzlichen Pflichten hinaus, auch die nicht meldepflichtigen Unfälle enthalten. Ein Vergleich mit statistischen Veröffentlichungen anderer Institutionen ist deshalb nur bedingt möglich. In Tabelle 2/10 wird die Statistik der Unfallarten ab 1975 aufgeführt. Weitere Hinweise zum Unfallgeschehen können den Abbildungen 2/4 und 2/5 entnommen werden.

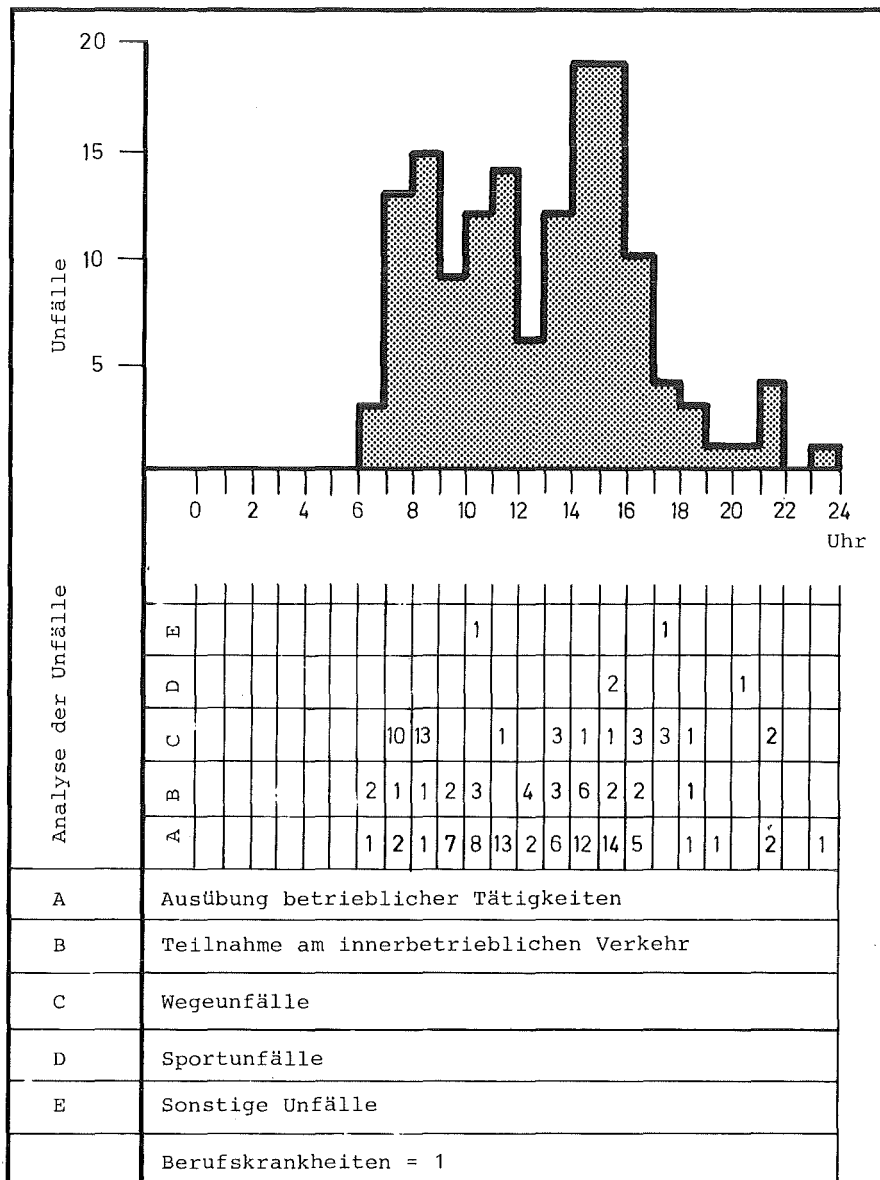


Abb. 2/4: Verteilung der Unfälle 1982 auf die tägliche Arbeitszeit

| Unfallarten | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 |
|--------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|
| Betriebsunfälle | 154 | 151 | 161 | 134 | 96 | 117 | 103 |
| Wegeunfälle | 27 | 21 | 23 | 21 | 22 | 16 | 38 |
| Sportunfälle | 11 | 10 | 11 | 12 | 6 | 4 | 3 |
| Sonstige Unfälle * | nicht erfaßt | | | | | | 2 |
| Berufskrankheiten | 2 | 4 | 6 | 4 | 1 | 2 | 2 |
| insgesamt | 194 | 186 | 201 | 171 | 125 | 139 | 148 |

* bei Betriebsausflügen

Tab. 2/10: Statistik der Unfallarten

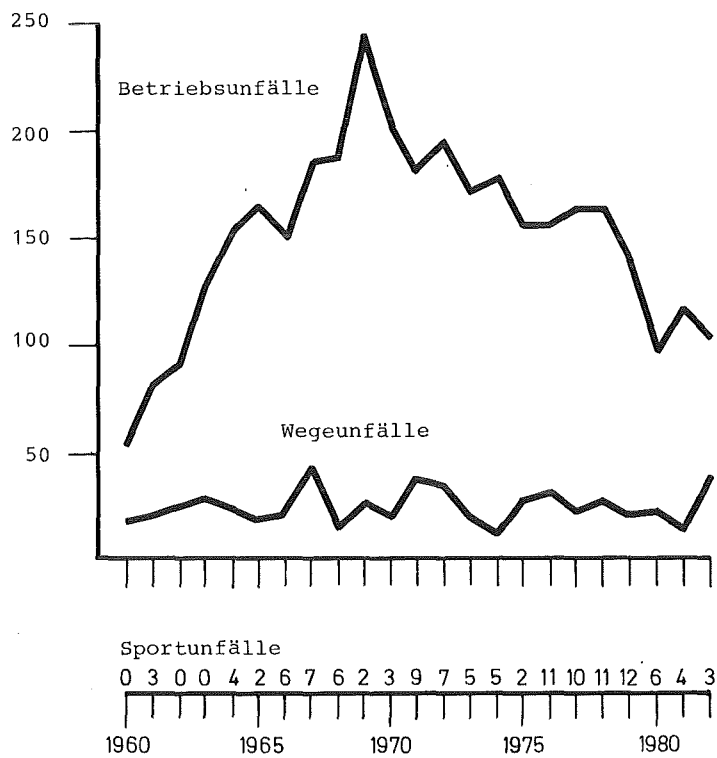


Abb. 2/5: Unfälle 1960 bis 1982, aufgeteilt in Betriebs-, Wege- und Sportunfälle (einschließlich nicht meldepflichtiger Unfälle)

2.2.4 Arbeitsplatzüberwachungen

F. Merschroth, H. Wilker

Einen Schwerpunkt im Bereich Arbeitsschutz bildete 1982 die meßtechnische Arbeitsplatzüberwachung. Hierbei wurden Konzentrationsbestimmungen gesundheitsgefährdender Gase und Dämpfe, Lärmemissions- und Lärmimmissionsbestimmungen sowie Raumklimamessungen durchgeführt (s. Tabelle 2/11).

Wenn notwendig, wurden von HS/TSB auf der Grundlage der Meßergebnisse und deren Auswertungen auch technische Lösungsvorschläge hinsichtlich der vorgegebenen Schutzziele erarbeitet. Diese wurden den unmittelbar betroffenen sowie den tangierten Organisationseinheiten als Entscheidungshilfe bei der Problemlösung zur Verfügung gestellt. Die Durchführung der Maßnahmen oblag den jeweiligen Organisationseinheiten. Anschließend wurden von HS/TSB Kontrollmessungen durchgeführt.

| Organisations-einheit | Art der Überwachung | Überwachte Räume, Geräte und Anlagen |
|---|---|---|
| HDI II | Schadstoffmessung Luftbewegung | Labor Nr. 207, Geb. 242 |
| HS/R | Schadstoffmessung Luftbewegung | Labor Nr. 214, Geb. 123 |
| HS/S | Lärmpegelmessung Schadstoffm., Luft- bew., Temperatur | Schnelldrucker, AZ Geb. 221 Güterkontrolle, Geb. 234 |
| HS/Ü | Lärmpegelmessung | Vakuumpumpe Becker VT 3 C |
| IKVT | Lärmpegelmessung | Rootsgebläse (neue Sonderapparatur) Raum 132, Raum 026, Geb. 307) |
| INE | Lärmpegelmessung | Raumluftüberwachung, Pu-Boxen, Geb. 712 |
| INR | Lärmpegel/Schwingungen Lärmpegelmessung | Halle in Geb. 453 Schlosserei, Geb. 422 |
| IMF | Lärmpegelmessung | Zeitstandversuche, Geb. 681 |
| IRB | Lärmpegelmessung Lärmpegelmessung | Technikumshalle, Schlosserei, Geb. 272 Technikumshalle, Geb. 413 |
| IRCh | Schadstoffmessung Luftdurchsatz | Glasbläserei, Geb. 321 |
| KTB/HZ | Lärmpegelmessung | 18 MeV Betatron, Geb. 701 |
| LIT | Lärmpegelmessung | EDV-Anlage, Raum 233, Geb. 404 |
| OKD | Lärmpegelmessung Luftbewegung | EDV-Anlage, Räume 124-127 und 042, Geb. 141 |
| VBW/BW VBW/VB | Ex-Konzentration Lärmpegelmessung | Abwasserstation, Geb. 542 Öl- und Gasbrenner, Kompressoren, Heizwerk Geb. 255 |
| | Lärmpegelmessung Lärmpegelmessung Abluftmenge Lärmpegelmessung | Wasserwerk Süd, Netzdruckpumpen, Kompressoren Wäscherei, Geb. 705, Trockner- und Bügelraum Farbspritzkabine, Geb. 248 |
| BFE | Lärmpegelmessung | Abluftgebläse, Geb. 325 |
| WAK/TEKO | Lärmpegelmessung | Kesselhaus, Geb. 631 |
| Baustelleneinrichtun- gen v. Fremdfirmen | Lärmpegelmessung | Geb. 618 a - i/604 k |

Tab. 2/11: Lärmpegel-, Schadstoff- und Raumklimamessungen 1982

2.2.5 Arbeitsschutzausschuß

E. Windbühl

Der Ausschuß behandelte im Berichtszeitraum neben Fragen des Arbeitsschutzes auch Probleme des Strahlenschutzes und des Arbeitsmedizinischen Dienstes.

Themenschwerpunkte waren:

- Entstehung von erhöhten Ortsdosisleistungen an Arbeitsplätzen und deren Auswirkungen,
- Diagnostik und Therapie von kontaminierten Stichwunden,
- Vorschlag einer Betriebsvereinbarung über Alkohol im Betrieb (Einführung von kostenlosen Arbeitsschutzgetränken),
- Betriebsvereinbarung für Bildschirmarbeitsplätze und Vorgehensweise bei ihrer Einrichtung,
- Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen und Verwendung der dabei gewonnenen Daten auch im Hinblick auf den Datenschutz,
- Zufahrtswege zum Kernforschungszentrum für Radfahrer,
- Einstufung von beruflich strahlenexponierten Personen in Überwachungskategorien,
- Ausbildung und Information in Arbeitssicherheitsfragen,
- betriebliche Abfallwirtschaft.

2.2.6 Betrieblicher Normendienst

P. Meyer

DIN-Normen dienen der Rationalisierung, der Qualitätssicherung, der Sicherheit und der Verständigung in Wirtschaft, Wissenschaft, Verwaltung und Öffentlichkeitsarbeit. Zur Zeit gibt es in der Bundesrepublik Deutschland ca. 24 000 DIN-Normen und Norm-Entwürfe. In der Literaturabteilung der KfK werden davon ca. 6 000 bereitgehalten. Die Mitgliedschaft der KfK im DIN - Deutsches Institut für Normung e.V. - hat den Vorteil der Rabattgewährung beim Bezug von DIN-Normen und räumt ihr ein gebührenfreies innerbetriebliches Vervielfältigungsrecht ein. Kopien können von allen KfK-Mitarbeitern bezogen werden.

Am 01.01.1982 wurde die Aufgabe, die Literaturabteilung in Normungsfragen zu beraten und die dort vorhandene Normensammlung monatlich zu aktualisieren, von HS/TSB übernommen. Die Aktualisierung der Normensammlung wird anhand des monatlich erscheinenden DIN-Anzeigers für technische Regeln vorgenommen.

Alle Besitzer von Kopien der in der Literaturabteilung vorhandenen Normen sind in einer Kartei erfaßt und werden über erfolgte Änderungen von der Literaturabteilung benachrichtigt. Inzwischen wurden alle vorhandenen DIN-Normen bei HS/TSB mit Hilfe der EDV erfaßt. Ein EDV-Programm bietet die Möglichkeit, Listen der vorhandenen Normen auszudrucken, neue DIN-Normen einzugeben und die monatliche Aktualisierung durchzuführen.

1982 waren im Durchschnitt pro Monat ca. 40 DIN-Normen der KfK-eigenen Sammlung von Änderungen betroffen.

Mit der Erstellung von neuen KfK-Sicherheitsnormen wurde im Laufe des Jahres 1982 begonnen. KfK-Sicherheitsnormen dienen der einheitlichen Regelung von sicherheitstechnischen Erfor-

dernissen zur Abwendung von Gefahren und berücksichtigen spezielle Gegebenheiten der KfK. 1982 wurden drei KfK-Sicherheitsnormen überarbeitet.

| KfK-Norm Nr. | Thema | Ausgabe |
|--------------|---|---------|
| 6 | Sicherheitskennzeichnung am Arbeitsplatz Fluchtwege und Gefahrenkennzeichnung | 03/1982 |
| 9 | Hinweisschild, Haupt- Ausschaltelinrichtung | 05/1982 |
| 12 | Symbole und Abkürzungen für den Eintrag in Gebäudezeichnungen für die Einsatzdienste | 12/1982 |

Tab. 2/12: Neufassungen von KfK-Sicherheitsnormen

2.3 Kernmaterialüberwachung

2.3.1 Gesetzliche Grundlagen und Struktur der Kernmaterialüberwachung der KfK

W. Stock

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

- Artikel 72 des NV-Vertrages vom 4. Juni 1974 (BGBI. II, Nr. 33, S. 785),
- Vertrag zur Gründung der Europäischen Atomgemeinschaft (EURATOM) vom 25. März 1957 (BGBI. II, S. 1014),
- Verordnung Nr. 3227/76 der EURATOM-Kommission vom 19. Oktober 1976 (Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, 19. Jahrgang, Nr. L 363, 31. Dezember 1976),
- Besondere Kontrollbestimmungen der Kommission der Europäischen Gemeinschaften für die einzelnen Materialbilanzzonen der KfK,
- § 78 der Strahlenschutzverordnung vom 13. Oktober 1976 (BGBI. I, Nr. 125, S. 2905),
- Umgangs-, Lager-, Betriebs- und Beförderungsgenehmigungen der atomrechtlichen Aufsichtsbehörden.

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

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

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

In der Materialbilanzzone WKKE (Laboratorien) wurden 1982 die folgenden 11 Institute bzw. Teilinstitute zusammengefaßt: IMF/I, IAK/II, SKT, INE, LAF/I, HS, Zykl., IAK/II-RTM, IRB, IRE und LIT.

Nach der Stilllegung des Forschungsreaktors FR-2 (Materialbilanzzone WF2K) zum Jahresende 1981 wurden 1982 entsprechend Artikel 14 der EURATOM-Verordnung Nr. 3227/76 alle Brennelemente, sofern sie im Core eingesetzt waren, unter Berücksichtigung des Uranabbrandes und der Plutoniumproduktion von unbestrahlten auf bestrahlte Brennelemente umgebucht. In 8 Transporten wurden diese Elemente sowie einzelne Stäbe und Reststücke der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK) zugeführt. Der Kernmaterialbestand des Forschungsreaktors FR-2 hat sich dadurch drastisch verringert. Die Bestandsabnahme betrug für Natururan 18 %, für abgereichertes Uran 82 %, für schwach angereichertes Uran 95 % und für Plutonium 82 %.

Zur Zeit werden sowohl von der Anlage KTB/FR-2 als auch von der Hauptabteilung Ingenieurtechnik (IT) die technischen Merkmale nach Artikel 1 und 2 der EURATOM-Verordnung Nr. 3227/76 für die EURATOM-Kommission neu beschrieben. Nach Erstellung dieser Unterlagen wird die EURATOM-Kommission im Einvernehmen mit IAEA die besonderen Kontrollbestimmungen für KTB/FR-2 ändern und für IT neu festsetzen. Die genannten Anlagen werden deshalb später zwei voneinander unabhängigen Materialbilanzzonen angehören.

2.3.2 Inspektionen durch EURATOM und IAEA

W. Stock

1982 haben die Internationale Atomenergie Organisation, Wien, in Anwendung von Artikel 72 des NV-Vertrages und die EURATOM-Kommission, Luxemburg, in Anwendung von Artikel 82 Abs. 2 des EURATOM-Vertrages in der KfK zahlreiche Routine-Inspektionen und Inventuren durchgeführt.

Zur Durchführung der insgesamt 286 Inspektionen wurden von der IAEA 68 und von der EURATOM-Kommission 83 Inspektoren eingesetzt. Die Verteilung dieser Inspektionen, die ebenso viele Inspektionstage erforderten, auf die einzelnen Anlagen der KfK ergibt sich aus Tab. 2/14.

| inspizierte Anlagen | Anzahl der Inspektionen | inspizierte Anlagen | Anzahl der Inspektionen |
|---------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|
| KTB/FR-2 | 9 | INR | 1 |
| KTB/SNEAK | 256 | IRCh | 4 |
| KTB/HZ | 4 | IMF/III | 4 |
| SUA | 1 | IHCh | 4 |
| SUR-100 | 1 | Laboratorien | 1 |
| IKVT | 1 | | |

Tab. 2/14: Anzahl der 1982 durchgeführten Inspektionen

Im Zusammenhang mit den in Tab. 2/14 aufgeführten Anlageninspektionen kam es 1982 zu insgesamt 70 begleitenden Inspektionen beim Technischen Sicherheitsbüro der HS. Alle Anlageninspektionen wurden von HS/TSB vorbereitet. Die Inspektoren der internationalen Behörden wurden - außer bei der Durchführung der Überwachungsmessungen in der SNEAK - bei allen Inspektionen vom zuständigen Sachbearbeiter von HS/TSB durch die kontrollierten Anlagen begleitet. Über alle Inspektionen wurden interne Berichte verfaßt.

In 10 der 11 Materialbilanzzonen der KfK wurde 1982 die Aufnahme des realen Bestandes an Kernmaterial durchgeführt und durch IAE0 und EURATOM überprüft.

Der Arbeitsaufwand, der sich aus diesen Inventuren für die einzelnen Anlagen und die zentrale Buchhaltung bei HS/TSB ergab, war beträchtlich. Von HS/TSB bzw. von den der Inventur unterzogenen Anlagen der KfK waren hierzu im einzelnen zu liefern:

- Bestandsverzeichnisse mit dem von HS/TSB an EURATOM gemeldeten Buchbestand am Prüfungsstichtag der einzelnen Anlagen,
- Aufstellung des realen Bestandes an Kernmaterial, gegliedert nach den einzelnen Schlüsselmeßpunkten,
- Inventurliste der Schlüsselmeßpunkte mit Angabe der einzelnen Positionen,
- Materialbilanzbericht von HS/TSB mit den Angaben sämtlicher Bestandsänderungen bis zum Prüfungsstichtag,
- Bestandsänderungsbericht von HS/TSB mit Angabe und Berichtigungen der Differenzen zwischen dem Buchbestand und dem realen Bestand an Kernmaterial.

Festgestellte Mengen-Differenzen beruhten in allen Fällen auf Neu-Messungen (NM) in den einzelnen Anlagen oder auf Rundungen (RA), die von HS/TSB vorgenommen wurden. Der Kernmaterialbestand 1982 der 10 kontrollierten Materialbilanzzonen wurde durch die IAE0 und EURATOM verifiziert.

2.3.3 Zentrale Buchhaltung zur Erfassung und Meldung von Kernmaterial

W. Stock

Die an der Erfassung des Kernmaterials beteiligten internen und externen Meldeinstanzen und die zugehörigen Meldewege wurden als Fließschema in Abb. 2/6 dargestellt.

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

Zur Erstellung der monatlichen Bestandsänderungsberichte waren folgende Arbeitsvorgänge erforderlich:

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

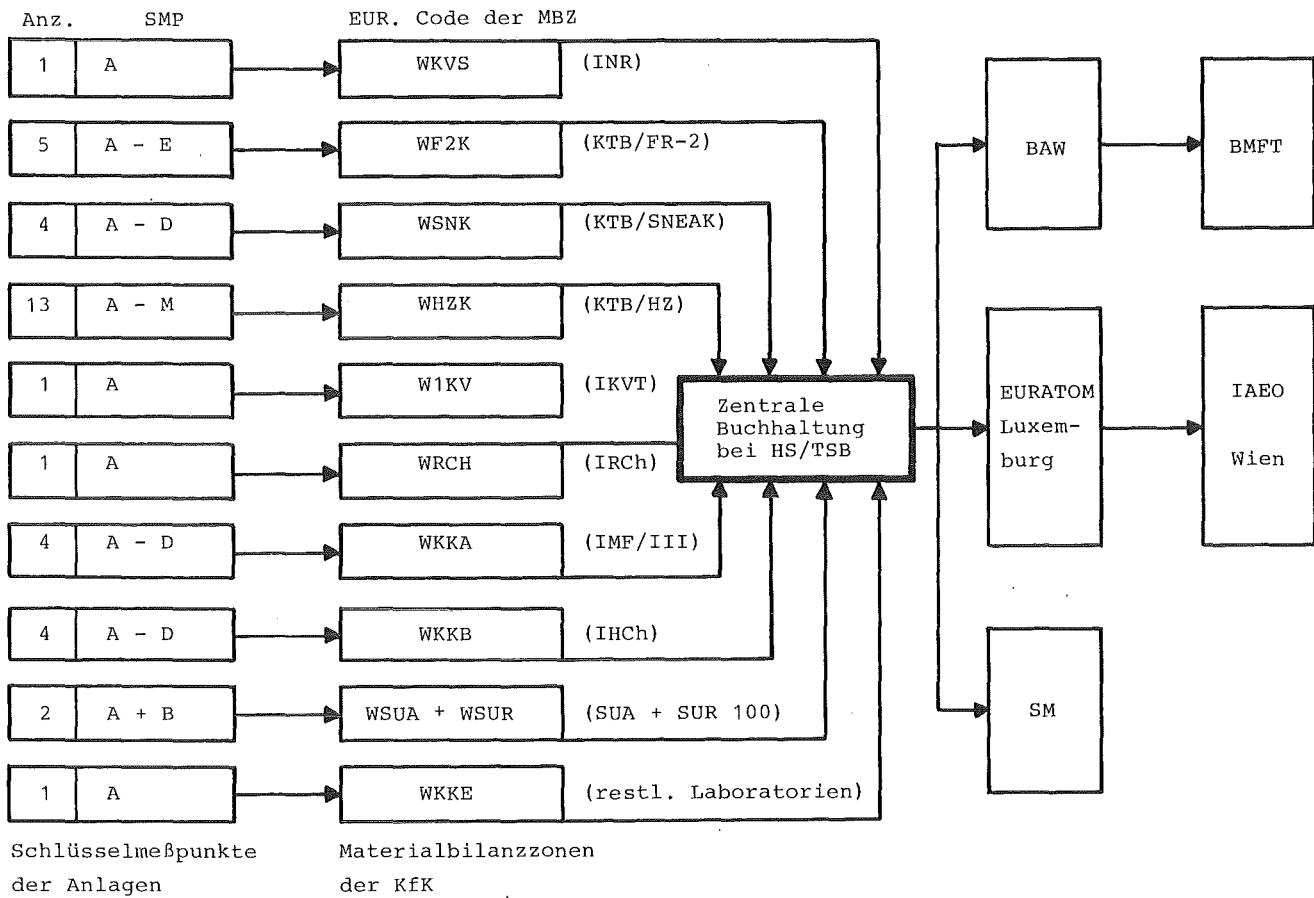


Abb. 2/6: Meldeinstanzen und Meldewege zur Kernmaterialerfassung

1982 wurden 820 Institutsmeldungen überprüft und 676 Belege (Lieferscheine) gebucht. Auf der Grundlage dieser Unterlagen wurden die externen Bestandsänderungsberichte an die Aufsichtsbehörden erstellt. 1982 waren dies:

- 1 350 Berichte an EURATOM, Luxemburg, und
- 1 270 Berichte an das Bundesamt für gewerbliche Wirtschaft (BAW), Eschborn, und an das Sozialministerium Baden-Württemberg (SM), Stuttgart.

2.3.4 Erfassung und Überwachung von Kernmaterialtransporten

W. Stock

Zu den Aufgaben der zentralen Buchhaltung gehörten auch die Überwachung und z. T. die Durchführung von Kernmaterialtransporten.

Alle KfK-externen Transporte werden bei Eingang von der Güterkontrolle und bei Ausgang vom jeweiligen Absender der zentralen Buchhaltung bei HS/TSB gemeldet. KfK-interne Plutoniumtransporte wurden unter direkter Aufsicht je eines Vertreters von HS/TSB und vom Objektsicherungsdienst durchgeführt und bei größeren Mengen zusätzlich von der Landespolizei begleitet. Die Anzahl der 1982 überwachten Kernmaterialtransporte und ihre Zuordnung zu den verschiedenen Kernmaterialkategorien zeigt Tab. 2/15.

| Kategorie | KfK-intern | KfK-extern | Gesamt |
|-------------|------------|------------|--------|
| Natururan | 92 | 101 | 193 |
| abger. Uran | 183 | 65 | 248 |
| Thorium | 1 | 1 | 2 |
| anger. Uran | 152 | 105 | 257 |
| Plutonium | 222 | 106 | 328 |
| Gesamt | 650 | 378 | 1 028 |

Tab. 2/15: Anzahl der Kernmaterialtransporte 1982, geordnet nach Materialkategorien

Kernmaterialeingänge wurden bei der Einfahrt in das Kernforschungszentrum von der Güterkontrolle HS/TSB gemeldet.

Die Meldungen enthielten:

- Name des Transportunternehmens,
- Absender und Empfänger,
- Bestätigen des Vorliegens der Beförderungsgenehmigung der PTB,
- Anzahl und Typ der Behälter,
- Art, Form und Menge des Kernmaterials,
- Freigabe durch den Strahlenschutz der HS/Ü zur Einfahrt in das KfK.

Mit diesen Angaben wurden die Voraussetzungen für HS/TSB erfüllt, die Einhaltung der Umgangsgenehmigung des Empfängers zu überprüfen.

Kernmaterialausgänge wurden von dem jeweiligen Absender vor Versand HS/TSB mitgeteilt.

Die Meldungen enthielten:

- Name des Transportunternehmens,
- Empfänger (Institution oder Firma),
- Bestätigung, daß der Empfänger im Besitz einer gültigen, der Menge entsprechenden Umgangsgenehmigung ist,

| Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH LIEFERSCHEIN - VERSANDSCHEIN FOR KERNMATERIAL | TSB - Beleg Nr.: <u>118/12</u> Anlagen - Beleg Nr.: <u>17/82</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---------|--------------------|---------------|---------|--|---|---------|--------------------|---------------|---|-----------|--|---|---------|---|---|-----------|--|---|-----|---|---|--------------|-------------|-----|---------|---|---|-----------|-----------|------|-----|---|---|---------|--|--|-----|---|
| Absender (Anlage): <u>Organisationseinh.</u> Empfänger (Anlage): <u>Firma</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (MBZ): <u>XXX</u> (MBZ): <u>XXX</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Zur Abgabe berechnigte Person: <u>XXX</u> Ort: <u>XXX</u> Land: <u>D</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Wir liefern Ihnen per: <u>Lkw</u> am: <u>10.12.82</u> Behältnisse/Typ/Hr.: <u>6 M 2</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Anzahl der Posten: <u>20</u> Mat. Beschreibung: <u>Stäbe (ERØF) Pulver (PHPF)</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Art der Messung: <u>M</u> Verwendung: <u>CH</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bruttogewicht: <u>275 kg</u> Gesamtaktivität: <u>55 686 Ci</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Element</th> <th style="width: 20%;">Gewicht des reinen U/Pu bzw. Th (kg/g)</th> <th style="width: 20%;">spaltbarer Anteil (nur bei anger. Uran)</th> <th style="width: 10%;">U-235 %</th> <th style="width: 15%;">Chargenbezeichnung</th> <th style="width: 10%;">Verpflichtung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N</td> <td>11.737 kg</td> <td></td> <td>-</td> <td>9038637</td> <td>P</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>20.200 kg</td> <td></td> <td>-</td> <td>211</td> <td>P</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>134474.000 g</td> <td>2 692.000 g</td> <td>2,0</td> <td>9038637</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>420.000 g</td> <td>390,000 g</td> <td>92,8</td> <td>517</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>P</td> <td>2.000 g</td> <td></td> <td></td> <td>623</td> <td>A</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | Element | Gewicht des reinen U/Pu bzw. Th (kg/g) | spaltbarer Anteil (nur bei anger. Uran) | U-235 % | Chargenbezeichnung | Verpflichtung | N | 11.737 kg | | - | 9038637 | P | D | 20.200 kg | | - | 211 | P | L | 134474.000 g | 2 692.000 g | 2,0 | 9038637 | A | H | 420.000 g | 390,000 g | 92,8 | 517 | A | P | 2.000 g | | | 623 | A |
| Element | Gewicht des reinen U/Pu bzw. Th (kg/g) | spaltbarer Anteil (nur bei anger. Uran) | U-235 % | Chargenbezeichnung | Verpflichtung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | 11.737 kg | | - | 9038637 | P | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | 20.200 kg | | - | 211 | P | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L | 134474.000 g | 2 692.000 g | 2,0 | 9038637 | A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H | 420.000 g | 390,000 g | 92,8 | 517 | A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P | 2.000 g | | | 623 | A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Beförderungsgenehmigung Nr.: <u>... PTB</u> vom: <u>XXX</u> gültig bis: <u>XXX</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dosisleistung an der Außenwand der Verpackung: <u>XXX mrem/h</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kontrolle durch den Strahlenschutz am: <u>XXX</u> <u>HS/Ü</u> <u>XXX</u> (Name) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bemerkungen: <u>Rückgabe</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Der Empfänger bestätigt durch seine Unterschrift seine Verantwortlichkeit und Meldepflicht. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Name: <u>XXX</u> <u>XXX</u> <u>XXX</u> (berecht. Absender) (berecht. Transportleiter) (berecht. Empfänger) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Unterschrift: <u>XXX</u> <u>XXX</u> <u>XXX</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Datum/Uhrzeit: <u>XXX</u> <u>XXX</u> <u>XXX</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| _____ (KfK/Firma) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Die Abgabe von Kernmaterial - auch leihweise - darf nur an Empfänger erfolgen, die für den Umgang mit den genannten Stoffen der anzugebenden Art und Menge eine Genehmigung besitzen. Für die Ausfüllung und Verteilung des Materialbegleitscheines ist der Absender verantwortlich. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Verteiler: 1. HS/TSB 2. Empfänger 3. Absender 4. Transporteur | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Abb. 2/7: Muster des von der KfK verwendeten Lieferscheines/Versandscheines für Kernmaterial

- Anzahl und Typ der Behälter,
- Kernmaterialmengen.

Am Tag der Abgabe wurden (außer bei Kleinstmengen) von HS/TSB folgende Unterlagen vor Ort überprüft:

- gültige Beförderungsgenehmigung der PTB (mit Auflagen),
- Proforma-Rechnung (nur bei Ausfuhren in das Ausland),
- Beförderungsauftrag des Transportunternehmens mit namentlicher Nennung des verantwortlichen Begleitpersonals,
- Merkblatt für das Begleitpersonal zum Verhalten bei Unfällen,
- Behälterzeugnisse
- Lieferschein (Angaben über Anzahl, Form, Menge, Behältertyp und Siegel),
- Freigabe durch den Strahlenschutz der HS/U
- Passierschein für radioaktive Stoffe der HS/S.

Kleinstmengen (wie Analysenproben, Analysenabfall) wurden bei Eingängen und Ausgängen direkt von den Absendern/Empfängern der KfK kontrolliert. Die Richtigkeit der vollständigen Beförderungsunterlagen wurde HS/STB bestätigt.

Durch den von HS/TSB eingeführten "Lieferschein/Versandschein für Kernmaterial", der bei externen und internen Transporten verwendet wird (siehe Abb. 2/7), war die Erfassung des Kernmaterials jederzeit für Absender und Empfänger gewährleistet.

Schwierigkeiten ergaben sich jedoch des öfteren bei Kernmaterialeingängen durch die mangelhaft erstellten oder fehlenden Belege fremder Anlagen. Ursache hierfür ist das Fehlen eines von der EURATOM vorgegebenen, einheitlichen Lieferscheines. Dies führt automatisch zu differierenden Meldungen zwischen Absender und Empfänger und zu vermeidbaren Beanstandungen der EURATOM-Behörde. Eine computergerechte, fehlerfreie Meldung ist nur möglich, wenn Absender und Empfänger über gleichlautende Belege verfügen. Wiederholte Anträge von HS/TSB bei der EURATOM-Kommission, einen einheitlichen Lieferschein für alle Anlagen in der Europäischen Gemeinschaft einzuführen, verliefen ergebnislos.

2.3.5 Erfassung und Meldung sonstiger radioaktiver Stoffe

W. Stock, W. Winkelmann

Aufgrund der sich aus § 78 der StrlSchV und aus speziellen behördlichen Auflagen ergebenden Buchführungs- und Anzeigeverpflichtungen wurden von HS/TSB 1982 über "Gewinnung, Erzeugung, Erwerb, Abgabe und den sonstigen Verbleib von radioaktiven Stoffen" insgesamt 218 Berichte bzw. Meldungen an die jeweils zuständigen Aufsichtsbehörden verfaßt. Der Umfang der erforderlichen Berichterstattung an deutsche Aufsichtsbehörden und über das Schwerwasser an EURATOM wurde in Tab 2/16, aufgeschlüsselt nach Berichtsempfänger, Anzahl und Art der Berichte, dargestellt.

| Art der Berichte | Anzahl der Berichte und Berichtsempfänger | | | | |
|---|---|----|-----|-----|--------|
| | EURATOM | SM | GAA | LfU | Gesamt |
| Monatsberichte - KfK-externe Bewegungen | | | 24 | | 24 |
| Quartalsberichte - Schwerwasser | 60 | | | | 60 |
| Halbjahresberichte - Erzeugung radioaktiver Stoffe | | 4 | 4 | | 8 |
| - umschlossene radioaktive Stoffe | | | | 60 | 60 |
| - Anfall von radioaktivem Abfall | | 2 | | | 2 |
| Jahresberichte - Bestand an radioaktiven Stoffen | | 30 | 30 | | 60 |
| - Bestand an radioaktiven Abfällen | | 2 | 2 | | 4 |
| Gesamt | 60 | 38 | 60 | 60 | 218 |

Tab. 2/16: Umfang der Berichterstattung 1982

Die sich aus der Strahlenschutzverordnung ergebenden Meldeverpflichtungen gegenüber den Aufsichtsbehörden werden für die KfK GmbH zentral von HS/TSB wahrgenommen. Zur Gewährleistung einer pünktlichen und vollständigen externen Meldung durch HS/TSB an die verschiedenen Aufsichtsbehörden sind von den Institutionen und Abteilungen der KfK an HS/TSB zu melden:

- monatlich der Erwerb, die Erzeugung, die Gewinnung und die Abgabe offener und umschlossener radioaktiver Stoffe,
- halbjährlich eine Zusammenstellung der erzeugten Stoffe und der Bestand an umschlossenen radioaktiven Stoffen, deren Radioaktivität über der Freigrenze liegt und deren Halbwertszeit mehr als 100 Tage beträgt,
- jährlich der Bestand an offenen und umschlossenen radioaktiven Stoffen mit Halbwertszeiten von mehr als 100 Tagen.

Verantwortlich für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Pünktlichkeit der KfK-internen Meldungen von radioaktiven Stoffen an HS/TSB ist der Strahlenschutzbeauftragte der jeweiligen Organisationseinheit der KfK GmbH. Die erforderlichen Formblätter zur Erstellung der einzelnen Meldungen werden jeweils termingerecht von HS/TSB allen Instituten/Abteilungen zugesandt.

2.4 Einsatzplanung für Störfälle und Unfälle und Einsatzleitung

2.4.1 Der Einsatzleiter vom Dienst

H.-A. Ammermann

Nach den Bestimmungen des Alarmplans ist der Einsatzleiter vom Dienst (EvD) verantwortlich für die Durchführung aller Maßnahmen, die bei drohender Gefahr, Personenschäden, Brandunfällen, Strahlenunfällen oder sonstigen Schadensfällen zur Hilfeleistung und zur Wiederherstellung der technischen Sicherheit durch die Sicherheitsorganisation der KfK (s. Abb. 2/8) ergriffen werden müssen. Sechs Sicherheitsingenieuren in der Abteilung Technisches Sicherheitsbüro der Hauptabteilung Sicherheit sind die EvD-Aufgaben übertragen worden.

Der EvD ist ständig über Telefon oder Funkruf erreichbar und kann mit dem EvD-Einsatzwagen innerhalb kürzester Zeit am Einsatzort sein.

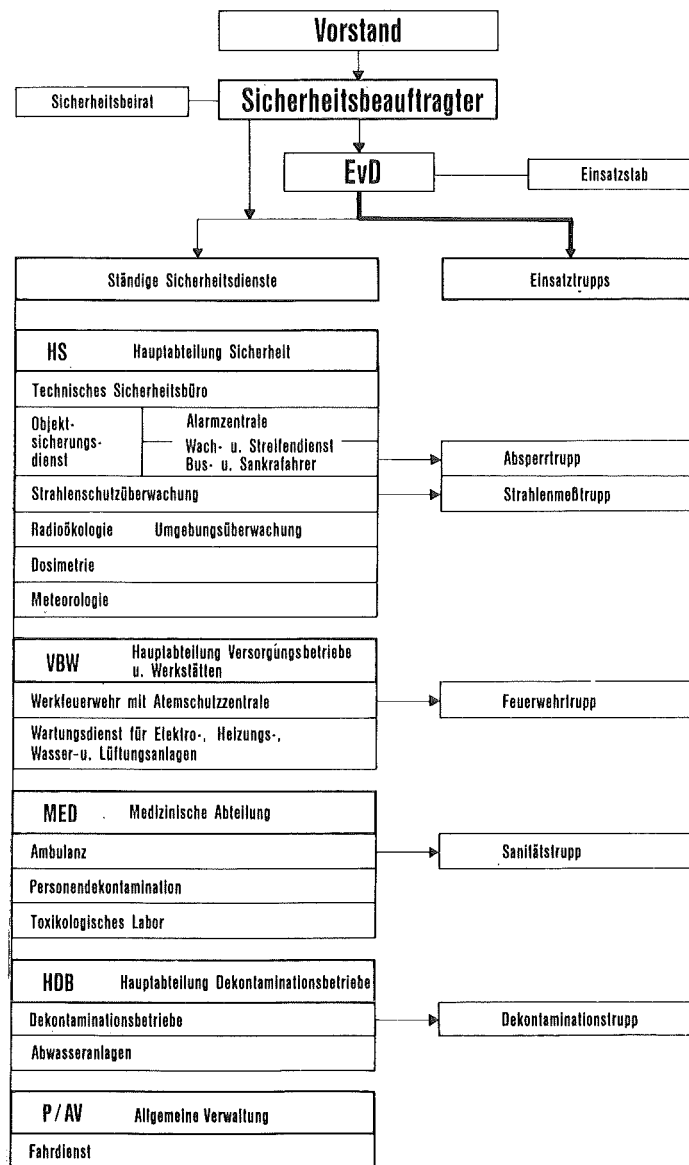


Abb. 2/8: Die Sicherheitsorganisation der KfK

Zur Durchführung von Sofortmaßnahmen können vom EvD die Einsatztrupps und die Ständigen Sicherheitsdienste eingesetzt werden. Bei Bedarf bildet der EvD einen Einsatzstab, der ihn fachlich über zu treffende Einzelmaßnahmen berät und administrativ entlastet.

Weitere Aufgaben des Einsatzleiters vom Dienst sind:

- Koordination bei meldepflichtigen Vorkommnissen und Meldung an die atomrechtliche Aufsichtsbehörde.
- Überprüfung der Gebäudepläne und Aktualisierung der Angaben zur Brandbekämpfung für die Einsatzkräfte und die Aufsichtsbehörden.
- Beschaffung von Einsatzunterlagen über Funktion und Betriebsweise von Versuchsanlagen und technischen Einrichtungen.
- Durchführung von Alarmübungen, wobei die Alarmierung der Einsatztrupps, deren Verfügbarkeit, Ausrüstung, Belastbarkeit und Einsatzbereitschaft überprüft werden. Dabei aufgetretene technische und organisatorische Mängel werden in Schwachstellenanalysen aufgezeigt.
- Erstellung von Einsatzberichten.

Fast zwanzig Jahre lang wurde die Tätigkeit des Einsatzleiters vom Dienst in der KfK von dem diensthabenden Schichtleiter des FR-2 wahrgenommen. In dieser Zeit wurde der EvD bei rund 2 000 Einsätzen tätig. Nach der Außerbetriebnahme des Forschungsreaktors FR-2 endete die Funktion des EvD bei den Kerntechnischen Betrieben am 31.12.1981.

Mit Wirkung vom 01.01.1982 wurde der Einsatzleiter vom Dienst in die Sicherheitsorganisation der Hauptabteilung Sicherheit/Technisches Sicherheitsbüro integriert. Standort des EvD und des EvD-Einsatzfahrzeuges (s. Abb. 2/9) ist Gebäude Nr. 436, Weingartener Straße.



Abb. 2/9: Das EvD-Einsatzfahrzeug

2.4.2 Analyse der EvD-Einsätze

H.-A. Ammermann, M. W. Egler, M. Winter

Im Berichtsjahr wurden von den Einsatzleitern bei 281 Einsätzen Maßnahmen zur Wiederherstellung der technischen Sicherheit durchgeführt oder angeordnet. Es kann festgestellt werden, daß die Einsatzkräfte der KfK ohne Ausnahme zur Beseitigung eingetretener Störungen und zur Beherrschung von Zwischenfällen und Schadensfällen fähig und dafür auch ausreichend gerüstet waren. Externe Hilfsdienste mußten in keinem Fall in Anspruch genommen werden.

Wie die in Tab. 2/17 und in Abb. 2/10 wiedergegebene Jahresstatistik der EvD-Einsätze zeigt, hat die Zahl der Einsätze 1981 noch geringfügig, 1982 aber drastisch gegenüber den Vorjahren zugenommen. So stieg die Anzahl der EvD-Einsätze gegenüber dem Vorjahr um das 2,4-fache und die über das Kalenderjahr integrierte Einsatzzeit um das 2,7-fache. Solche Zahlen bedürfen eines Kommentars. Sie bedeuten vor allem nicht, daß das hohe Sicherheitsniveau in der KfK abgesunken ist. Das Gegenteil ist eher richtig.

Noch 1981 waren die Schichtleiter des FR 2 zugleich EvD. Die Anwesenheitspflicht für den Schichtleiter in der Reaktorschaltwarte verlangte von ihm als EvD zwar das Reagieren auf alle Alarmierungen, jedoch auch ein sorgfältiges Abwägen, ob sein persönliches Erscheinen am Einsatzort unbedingt erforderlich war, was bei Bagatellfällen verneint werden konnte. Zumindest aber mußte ihm daran gelegen sein, die einsatzbedingte Abwesenheit von der Schaltwarte zu begrenzen. Um hier mögliche Interessenkonflikte auszuschließen, wurde bereits im März 1981 aufgrund einer behördlichen Anordnung für einen Teil der damaligen EvD-Mannschaft die Personalunion von Schichtleiter und EvD aufgelöst. Das Ziel der uneingeschränkten Verfügbarkeit des EvD am jeweiligen Einsatzort auch in Fällen ohne unmittelbare Bedeutung für die Sicherheit wurde erst mit der Übernahme der EvD-Funktion durch das Technische Sicherheitsbüro der HS erreicht. Das Aufgabenspektrum der hier seit dem 1. Januar 1982 als EvD eingesetzten Sicherheitsingenieure ist mit keinen spezifischen Anwesenheitspflichten verbunden und erlaubt es ihnen somit, auch bei solchen Alarmierungen am Einsatzort zu sein, bei denen ihre persönliche Anwesenheit vielleicht entbehrlich wäre. Diese erhöhte Präsenz des EvD am Ort des Geschehens auch bei kleinen Einsätzen bietet ihm jedoch stets Informationen aus erster Hand und verbessert zugleich seine Orts- und Anlagenkenntnisse. Die hier geschilderten Sachverhalte haben entscheidend zu dem Ansteigen der Anzahl der Einsätze und der Einsatzzeiten im Jahre 1982 beigetragen.

Zur Klarstellung: EvD-Einsätze sind alle Vorgänge, bei denen sich der EvD aufgrund einer Alarmierung ohne Ansehen des Alarmierungsgrundes zu einem Einsatzort begibt. Die Einsatzzeit ist die dabei am Einsatzort verbrachte Zeit zuzüglich Fahrzeit. Die mittlere Einsatzdauer betrug 1982 eine Dreiviertelstunde (s. Tab. 2/17). Die angegebenen EvD-Einsatzzeiten enthalten hingegen nicht den Zeitaufwand für Folgetätigkeiten nach den Einsätzen, der insbesondere nach Stör- und Schadensfällen erheblich sein kann.

1982 waren außerhalb der regulären Arbeitszeit dreimal so viele Einsätze zu leisten wie während der Arbeitszeit. Der Grund hierfür dürfte z. B. in Dauerversuchen zu suchen sein, die von den Experimentatoren vorwiegend während der regulären Arbeitszeit betreut werden. Unregelmäßigkeiten werden während der Arbeitszeit vom Betriebspersonal erkannt und behoben. Außerhalb der Arbeitszeit können sich jedoch aus solchen Unregelmäßigkeiten Störungen ergeben, die zu EvD-Einsätzen führen. Diese Deutung wird auch von der Darstellung der nach Kalendermonaten geordneten EvD-Einsätze in Abb. 2/11 gestützt, die für die Urlaubsmonate Juli und September die höchsten Einsatzzahlen zeigt. Der Zusammenhang zwischen abwesendem Betriebspersonal und der Zahl erforderlicher EvD-Einsätze wird ferner durch die Tageszeitstatistik der EvD-Einsätze in Abb. 2/12 belegt. Sie weist eine erhöhte Anzahl von Einsätzen in der Mittagspause und zwischen Dienstschluß um 16.30 Uhr und 22.00 Uhr aus. Mit dem hier unternommenen Deutungsversuch wird eine mögliche systematische Ursache für die zeitliche Verteilung der EvD-Einsätze

beschrieben, die sich der im übrigen zufallsbedingten Verteilung überlagert.

Weitere Aufschlüsse über das Einsatzgeschehen geben die Tab. 2/18 und die Abb. 2/13 und 2/14. Der obere Teil von Tab. 2/18 gibt die Verteilung der Einsätze insgesamt, während und außerhalb der Arbeitszeit und die integrierten Einsatzzeiten für die Kalendermonate des Berichtsjahres wieder. In dieser Tabelle werden außerdem die Jahressummen von 1982 und 1981 miteinander verglichen. In der letzten Spalte wird die prozentuale Zunahme der Einsätze gegenüber dem Vorjahr angegeben.

Im unteren Teil von Tab. 2/18 und in den Abb. 2/13 und 2/14 werden die EvD-Einsätze aufgeschlüsselt nach ihren Alarmierungsursachen angegeben. Bei den Alarmarten "Feuerfehlalarm", "Aktivitätsalarm", "Technische Hilfeleistung" und "Sandfänge" sind besonders hohe Anstiege der erfolgten EvD-Einsätze zu verzeichnen.

Die Zahl der Feuerfehlalarme hat sich gegenüber dem Vorjahr verdoppelt. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, daß in vermehrtem Umfang Schweiß- und Trennarbeiten, Kunststoffverlegungen und Baumaßnahmen durchgeführt wurden, die mit einer erheblichen Staubentwicklung verbunden waren, worauf die Ionisationsmelder ansprachen. Gleichzeitig wurde es in der Mehrheit der Fälle versäumt, die Alarmzentrale von bevorstehenden Arbeiten der genannten Art zu unterrichten, so daß die zugehörigen Meldeschleifen für die Dauer dieser Arbeiten nicht unterbrochen werden konnten. Die Folge waren Fehlarmlarme. Inwieweit und ob der Umstand, daß 1982 alle Ionisationsmelder-Einsätze in der KfK komplett ausgewechselt wurden, zur Zunahme der Feuerfehlalarme beigetragen hat, kann nicht beurteilt werden.

Das Anwachsen der Zahl der sog. Aktivitätsalarme von 0 im Jahre 1981 auf 24 im Jahre 1982 ist ein typisches Beispiel für das eingangs geschilderte geänderte Verhalten der EvD bei Alarmierungen in Bagatellfällen. Zunächst ist anzumerken, daß unter dem Schlagwort Aktivitätsalarm alle Fälle erfaßt werden, in denen an Strahlenmeßgeräten eingestellte Radioaktivitäts- oder Dosisgrenzwerte tatsächlich oder auch nur scheinbar überschritten wurden. Zu EvD-Einsätzen kam es 1982 auch dann, wenn bereits bei der Alarmierung des EvD bekannt war, daß es sich lediglich um eine elektronische Störung der Meßstelle, also praktisch nur um einen Aktivitätsfehlalarm handelte. Echte Aktivitätsalarme hat es auch 1982 nicht gegeben. Oft führte auch schon der bloße Verdacht, daß Radioaktivität im Spiel sein könnte, zu einer Alarmierung des EvD. Auch solche Einsätze wurden dann als Aktivitätsalarme registriert.

Unter dem Sammelbegriff "technische Hilfeleistung" fallen alle Maßnahmen, die im weitesten Sinn zur Wiederherstellung der technischen Sicherheit dienen und nicht einer anderen Alarmart zugeordnet werden können. Hierzu gehören z. B. Einsätze aufgrund umgestürzter Gabelstapler oder Krane, Einsätze zur Beseitigung von Öl oder verschütteter Chemikalien oder gar im Zusammenhang mit defekten Heizungs- und Klimaanlageanlagen, soweit sie eine wenigstens indirekte Sicherheitstechnische Bedeutung haben.

Bei der Alarmart "Sandfänge" handelt es sich um Maßnahmen im Zusammenhang mit der Überwachung der über insgesamt 6 Sandfänge in den Hirschkanal abfließenden Kühl- und Regenwässer des KfK. Aufgrund der ausgedehnten Einzugsgebiete für die von Dächern und Straßen des KfK-Betriebsgeländes abfließenden Niederschläge kommt es immer wieder zu sichtbaren Verschmutzungen des über die Sandfänge abfließenden Kühl- und Regenwassers durch Öl von Fahrzeugen und durch Schlämme und Abfallstoffe von Tiefbauarbeiten auf dem Betriebsgelände. Verschärfte Auflagen der Aufsichtsbehörden und eine erhöhte Aufmerksamkeit des OSD führten 1982 zu einer Zunahme der Alarmierungen im Zusammenhang mit den Sandfängen von rund 170 % gegenüber dem Vorjahr. In keiner der bei den Einsätzen gezogenen Wasserproben konnte künstliche oder gar unzulässig hohe Radioaktivität festgestellt werden. Das Beispiel "Sandfänge im KfK" belegt, daß die erreichte Sensibilisierung bei Überwachungsmaßnahmen im Bereich kerntechnischer Anlagen ein Ausmaß erreicht hat, das hohe Kosten verursacht und angesichts der nachweisbaren Harmlosigkeit der festgestellten Verschmutzungen nicht gerechtfertigt ist.

Zu den in Tab. 2/17 und Tab. 2/18 angeführten Alarmübungen ist anzumerken, daß zwischen solchen Alarmübungen, die von den EvD der KfK vorbereitet und durchgeführt wurden, und solchen KfK-fremder Institutionen, an denen die EvD lediglich als Beobachter teilgenommen haben, unterschieden werden muß. Im Gegensatz zu den Vorjahren wurden 1982 die EvD der KfK in verstärktem Maße zur Teilnahme an den Alarmübungen von WAK, MZFR und KNK II eingeladen. 1982 wurden 3 umfangreiche Alarmübungen von den EvD der KfK geplant und durchgeführt (s. Kapitel 2.4.5). Die EvD haben außerdem an 12, wesentlich weniger komplexen, Alarmübungen KfK-fremder Institutionen teilgenommen.

| Jahr | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Anzahl der Einsätze | 164 | 144 | 140 | 121 | 109 | 79 | 69 | 72 | 76 | 117 | 281 |
| Gesamteinsatzzeit in Stunden | 179 | 101 | 114 | 76 | 67 | 55 | 45 | 45 | 43 | 78 | 210 |
| Mittlere Einsatzdauer in Stunden | 1,09 | 0,70 | 0,81 | 0,62 | 0,62 | 0,69 | 0,60 | 0,62 | 0,56 | 0,67 | 0,75 |
| Anzahl der Einsätze während der Arbeitszeit | 37 | 43 | 42 | 40 | 26 | 16 | 21 | 27 | 29 | 27 | 71 |
| Anzahl der Einsätze außerhalb der Arbeitszeit | 127 | 101 | 98 | 81 | 83 | 63 | 48 | 45 | 47 | 90 | 210 |
| Alarmübungen | — | — | 1 | 2 | 5 | 1 | 1 | 2 | 7 | 6 | 15 |

Tab. 2/17: EvD-Einsätze 1972 bis 1982

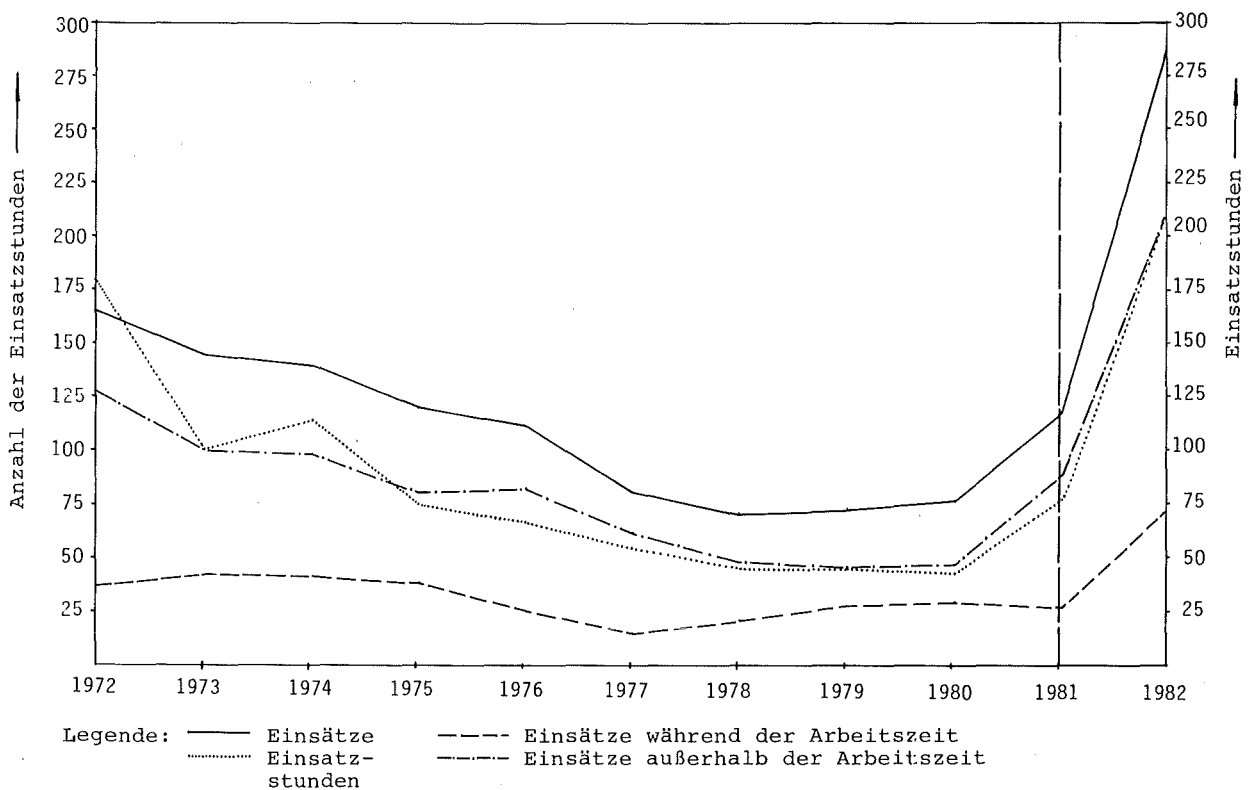


Abb. 2/10: Anzahl und Dauer der EvD-Einsätze 1972 bis 1982

— Änderung der Zählweise (s. Erläuterungen im Text)

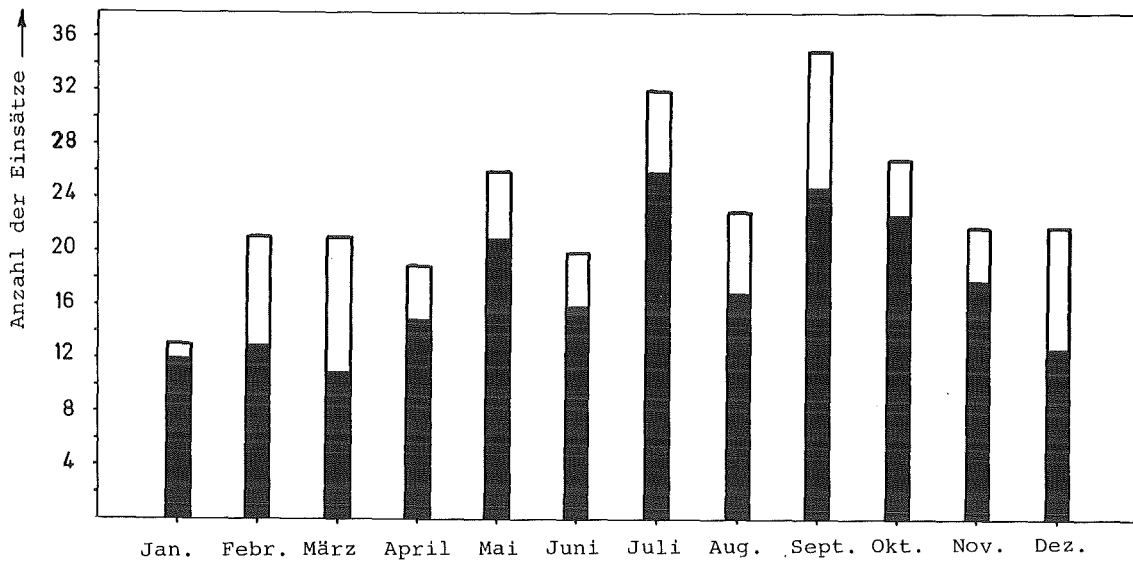


Abb. 2/11: Anzahl der monatlichen EvD-Einsätze 1982

□ Einsätze während der Arbeitszeit
■ Einsätze außerh. der Arbeitszeit

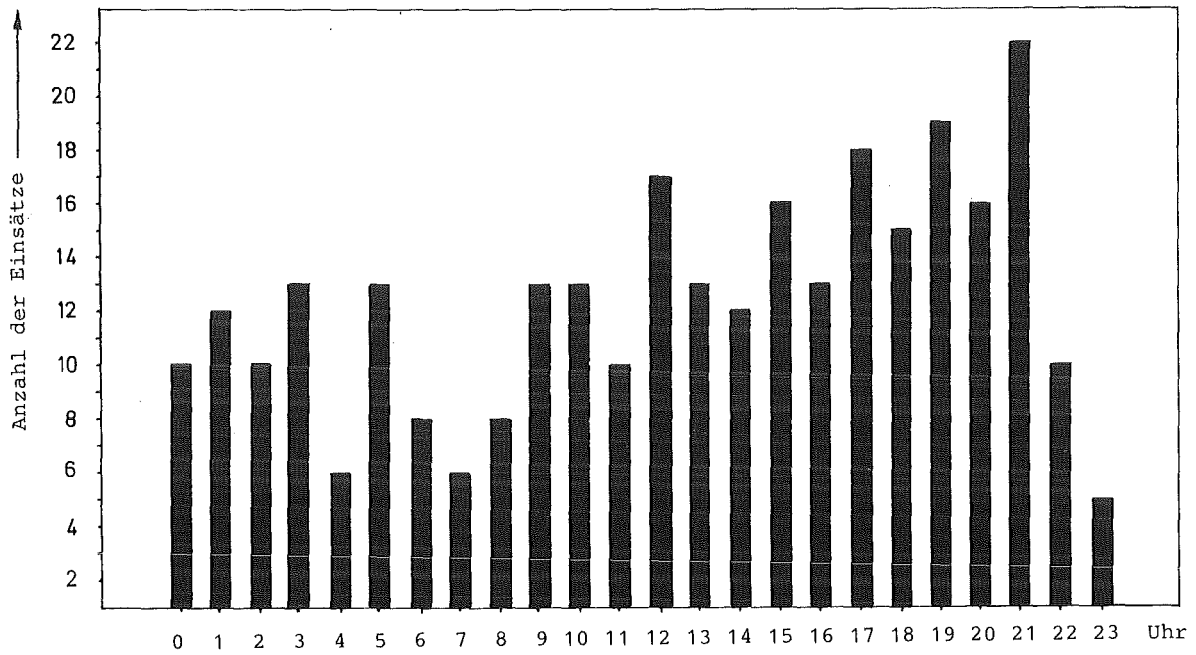


Abb. 2/12: EvD-Einsätze 1982, geordnet nach Tageszeiten

| EvD-Einsätze und ihre Ursachen | Kalendermonate 1982 | | | | | | | | | | | | Summe | | Prozentuale Zunahme |
|---|---------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|------|---------------------|
| | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 1981 | 1982 | |
| Anzahl der EvD-Einsätze | 13 | 21 | 21 | 19 | 26 | 20 | 32 | 23 | 35 | 27 | 22 | 22 | 117 | 281 | 140 % |
| Anzahl der Einsätze während der Arbeitszeit | 1 | 8 | 10 | 4 | 5 | 4 | 6 | 6 | 10 | 4 | 4 | 9 | 27 | 71 | 166 % |
| Anzahl der Einsätze außerhalb der Arbeitszeit | 12 | 13 | 11 | 15 | 21 | 16 | 26 | 17 | 25 | 23 | 18 | 13 | 90 | 210 | 133 % |
| Geamteinsatzzeit in Stunden | 12 | 22 | 13 | 20 | 14 | 11 | 21 | 20 | 23 | 34 | 17 | 13 | 78 | 210 | 170 % |
| Brände | 1 | - | - | 1 | 2 | - | 2 | 1 | 1 | 3 | - | 1 | 9 | 12 | 33 % |
| Feuer-Fehlalarme | 1 | 4 | 8 | 2 | 5 | 9 | 5 | 12 | 7 | 3 | 3 | 11 | 35 | 70 | 100 % |
| Wasser-Störungen | 1 | 7 | 5 | 1 | 2 | 2 | 8 | - | 11 | 3 | 2 | 3 | 29 | 45 | 55 % |
| Aktivitätsalarme | - | 4 | 1 | 1 | 7 | - | 4 | - | 4 | - | 3 | - | - | 24 | - |
| Techn. Hilfeleistungen | 4 | 1 | 2 | 8 | 3 | 9 | 11 | 10 | 1 | 9 | 4 | 4 | 23 | 66 | 187 % |
| Sandfänge | 6 | 5 | 5 | 6 | 7 | - | - | - | 11 | 7 | 7 | 2 | 21 | 56 | 171 % |
| Sicherungsalarme | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | 2 | 3 | 1 | - | 7 | - |
| Alarmübungen | - | 2 | - | 1 | 1 | 1 | 1 | - | 5 | 1 | 2 | 1 | 6 | 15 | 150 % |

Tab. 2/18: Häufigkeit, Dauer und Ursachen der monatlichen EvD-Einsätze 1982 und Vergleich der Jahressummen von 1981 und 1982

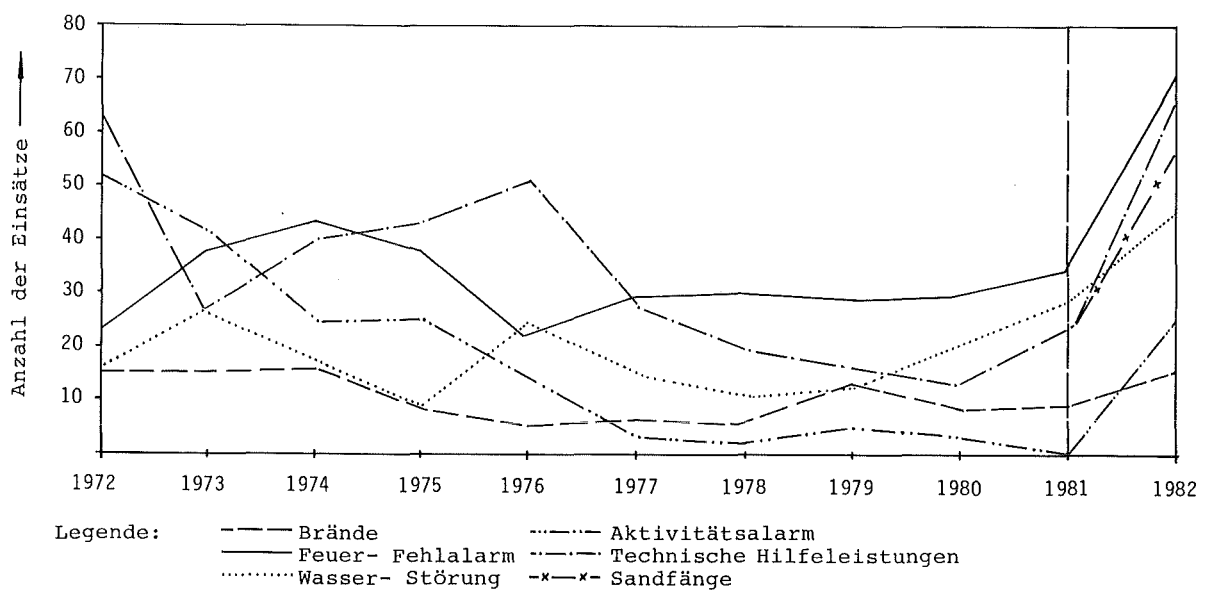


Abb. 2/13: Ursachen der EvD-Einsätze 1972 bis 1982
 ——— Änderung der Zählweise (s. Erläuterungen im Text).

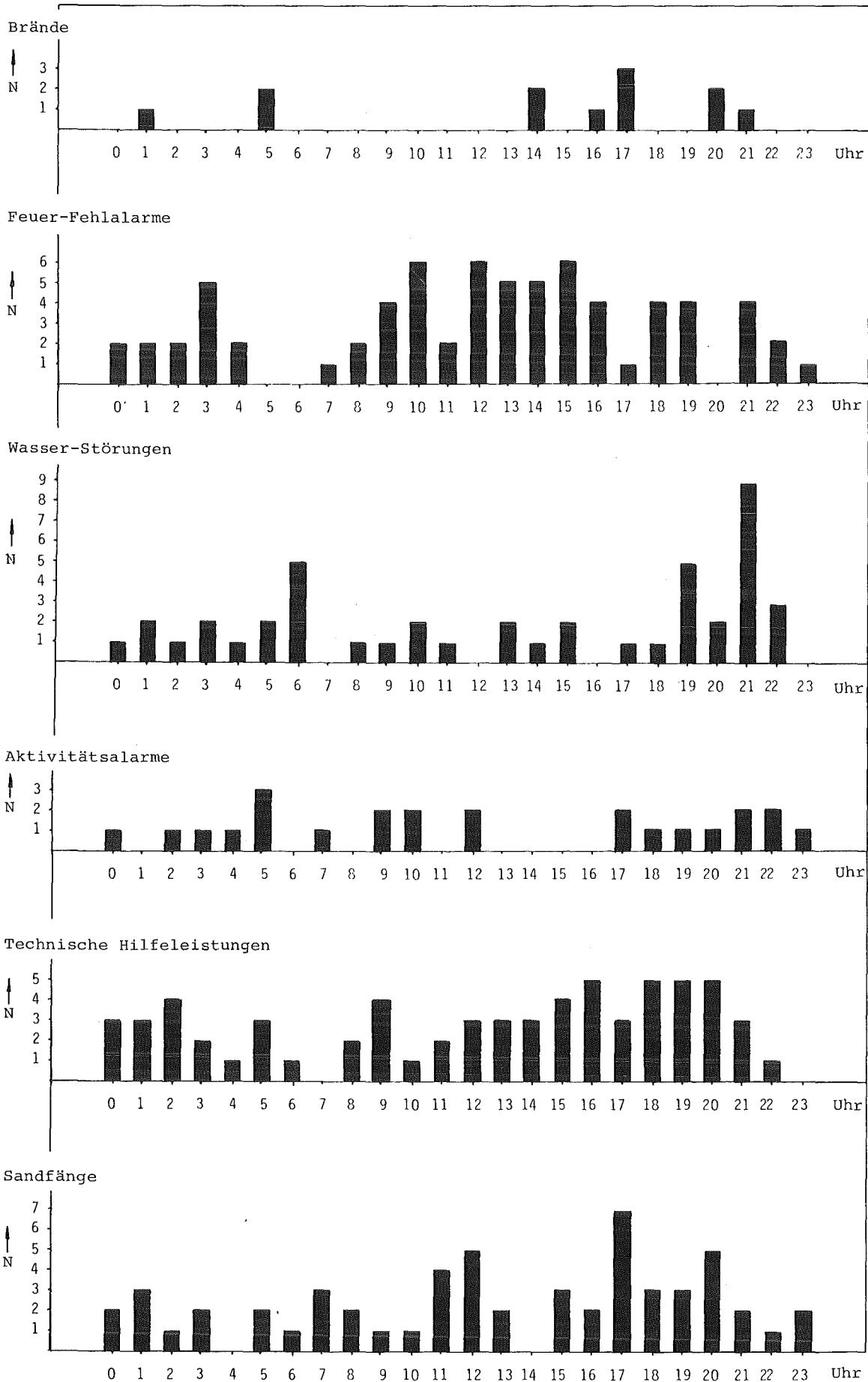


Abb. 2/14: Anzahl N der EvD-Einsätze 1982, geordnet nach Alarmierungsursachen und nach Tageszeiten

2.4.3 Einsatzunterlagen und Einsatzhilfsmittel

H. Lindenthal, W. Reuble

Die wichtigste Einsatzunterlage ist der Alarmplan der KfK GmbH. In diesem sind alle Maßnahmen festgelegt, welche bei drohender Gefahr, Personenschäden, Strahlenunfällen, Brandfällen oder sonstigen Schadensfällen zur Hilfeleistung und zur Wiederherstellung der Sicherheit ergriffen werden müssen. Außerdem enthält er den Einsatzplan, den Räumungsplan und den Aufbau der Sicherheitsorganisationen der KfK GmbH. Der Alarmplan wurde 1982 überarbeitet. Die Neufassung wird Anfang 1983 gedruckt.

Sämtliche Einsatz- und Brandbekämpfungspläne wurden auf den neuesten Stand gebracht, in Einzelordnern zusammengefaßt und griffbereit deponiert. Diese Pläne beziehen sich auf die einzelnen Gebäude und enthalten Informationen über die betreffende Örtlichkeit und ihre Versorgungseinrichtungen - Wasser, Heizung, elektrische Einrichtungen und Notschalter, Gase und Druckluft etc. - sowie über Gefahrenquellen und Rettungsmöglichkeiten. Die Pläne gliedern sich in Zeichnungen (schematische Grundrisse) und textliche Angaben zur Brandbekämpfung. Alle anderen Unterlagen, wie Lageplan, Zu- und Abwassernetzpläne, Windstatistiken, Rufbereitschaftspläne usw., wurden ebenfalls ergänzt und sind im Einsatzraum stets verfügbar. Der Einsatzleiter kann sich somit nach einer eingegangenen Meldung mit Hilfe dieser Unterlagen schnellstens über die örtliche Lage und die eventuelle Gefahrenklasse, z. B. Kontrollbereich, Art der gefährlichen Stoffe oder spezielle Brandbekämpfungsmaßnahmen, informieren und diese Unterlagen bei Bedarf mit vor Ort nehmen.

Eine zusätzliche Informationsquelle und damit eine indirekte Einsatzunterlage wurde dadurch geschaffen, daß der Einsatzraum einen Anschluß an das meteorologische Informationssystem (MIS) erhielt. Der Einsatzleiter hat dadurch jederzeit die Möglichkeit, meteorologische Daten abzurufen und am Bildschirm abzulesen.

Im neuen EvD-Einsatzraum befindet sich eine erweiterte Telefonanlage mit drei Rufnummern. Diese Anlage ermöglicht zugleich durch Tastendruck eine Direktverbindung mit der Alarmzentrale. Bei Netzausfall übernimmt diese Funktion ein anderes, von der Stromversorgung unabhängiges Telefon. Außerdem gibt es im Einsatzraum noch eine Notrufvermittlung, das sogenannte "Rote Telefon". Dies ist eine vom normalen Telefonnetz unabhängige Einrichtung, mit der es jederzeit möglich ist, von der Alarmzentrale aus einen festgelegten Teilnehmerkreis direkt zu erreichen. Umgekehrt können diese Teilnehmer (47 Hauptapparate und 16 Parallelapparate) durch einfaches Anheben des Handapparates, also ohne Nummernwahl, mit der Alarmzentrale telefonieren und sich auch mit weiteren Teilnehmern dieser Einrichtung verbinden lassen. Als ortsunabhängiges Kommunikationsmittel steht dem Einsatzleiter ein Handfunksprechgerät mit den im KfK benutzten Frequenzbereichen (TESI und ALDI) zur Verfügung. Über dieses Handfunksprechgerät sind außer der Alarmzentrale auch die Einsatzkräfte erreichbar. Im Regelfall erfolgt die Gesprächsabwicklung jedoch über die Alarmzentrale als Feststation.

Zur schnellen Erreichung des Einsatzortes steht ein für diesen Zweck bestimmtes und speziell ausgerüstetes Fahrzeug zur Verfügung. Es besitzt ein festinstalliertes Funkgerät, mit dem selbst während der Fahrt zum Einsatzort Informationen empfangen und/oder Anweisungen gegeben werden können. Dadurch ist sichergestellt, daß der Einsatzleiter auch auf dem Weg zum Einsatzort von der Alarmzentrale erreicht werden kann. Das Fahrzeug ist mit einer Lautsprechereinheit ausgerüstet. Darüberhinaus besitzt das Einsatzfahrzeug eine Kennleuchte mit gelbem Blinklicht und einen Arbeitsscheinwerfer (s. Abb. 2/9).

2.4.4 Ausbildung und Weiterbildung der EvD

P. Meyer, W. Winkelmann

Die Tätigkeit des Einsatzleiters erfordert im Ernstfall ein hohes Maß an Beurteilungs- und Entscheidungsvermögen, damit er seiner Verantwortung für die Sicherheit von Personen und Sachgütern im Kernforschungszentrum gerecht werden kann. Deshalb sollte sich sein Handeln stets an der logischen Abfolge von Erkundung, Beurteilung, Entschluß, Ausführung und Kontrolle orientieren.

Um dies zu trainieren und das dazu notwendige Wissen zu erwerben, ist es erforderlich, daß sich die EvD in einem permanenten Prozeß mit den Problemen und Gegebenheiten aller Einrichtungen im KfK und dem fachgerechten Vorgehen bei Stör- und Unfällen vertraut machen. Deshalb wurde ein gezieltes Ausbildungsprogramm durchgeführt, das 176 Manntage erforderte (s. Tab. 2/19).

| Aus- und Weiterbildungsmaßnahme | Ausbildungsstätte | Manntage |
|--|---|----------|
| Ausbildung von Fachkräften für Arbeitssicherheit im öffentlichen Dienst | Bundesarbeitsgemeinschaft der Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand, Köln | 109 |
| Fortbildungsseminar für Sicherheitsfachkräfte | Badischer Gemeindeunfallversicherungsverband | 8 |
| Kurs für Arbeits- und Brandschutz | Schule für Kerntechnik | 9 |
| Strahlenschutzkurs | " | 20 |
| Strahlenschutzkurs an Röntgeneinrichtungen im nichtmedizinischen Bereich | " | 4 |
| Atomenergierecht in der Praxis | " | 2 |
| Genehmigungsverfahren nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz | VDI, Düsseldorf | 2 |
| Erkennen und Messen von Ex- und Tox-Gefahren | Auergesellschaft, Walldorf | 2 |
| Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz | München | 5 |
| Exkursion zur BASF | BASF, Ludwigshafen | 2 |
| Informationsbesuch in der KFA | KFA, Jülich | 1 |
| Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von Alarmübungen | KfK | 12 |

Tab. 2/19: Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen der EvD 1982

Ein wesentlicher Teil der für Aus- und Weiterbildung aller 6 EvD aufgewendeten Zeit entfiel auf die Bearbeitung des Lehrgangs "Ausbildung von Fachkräften für Arbeitssicherheit im öffentlichen Dienst".

Der Lehrgang gliedert sich in 18 Lektionen, die monatlich bearbeitet werden. Er besteht aus einem allgemeinen Teil, in dem grundlegende Fragen des Arbeitsschutzes behandelt werden, einem spezifischen Teil, der sich mit Arbeitsschutzproblemen ausgewählter Betriebsarten befaßt und aus einem Schlußteil, in dem ein Gesamtüberblick geboten wird. Zu jeder Lektion werden umfangreiche Prüfungsaufgaben gestellt, die zu lösen und zur Korrektur einzusenden sind. Der Lehrgang wird mit einem einwöchigen Seminar abgeschlossen.

Zur Vertiefung von Ortskenntnissen wurden für die EvD intensive Ortseinweisungen durchgeführt. Sie dienten u. a. dem Zweck, durch den Aufbau neuer Versuchsanlagen oder durch Baumaßnahmen eingetretene Veränderungen und sich eventuell daraus ergebende neue sicherheitstechnische Aspekte frühzeitig kennenzulernen.

Diese Ortseinweisungen bezogen sich auf einzelne Gebäude und vermittelten unter Führung einer orts- und sachkundigen Person des betreffenden Instituts Kenntnisse über Gebäude, Anlagen, potentielle Gefahrenherde, Sicherungs- und Alarmsysteme sowie Feuerlösch- und sonstige Hilfseinrichtungen. Eine Übersicht über durchgeführte Ortseinweisungen 1982 enthält Tab. 2/20.

| Institut | Gebäude-Nr. | Anzahl der beteiligten EvD |
|-----------------------|-------------------|----------------------------|
| HDB | 548, 545 | 2 |
| HS/S, AZ | 221 | 4 |
| IHCH | 721 | 3 |
| INE | 712 | 2 |
| INR | 421, 422, 423 | 2 |
| INR - KALIF | 428 | 5 |
| IRB | 420, 272-276, 413 | 2 |
| IRCH | 341, 321, 321 a | 1 |
| KHG | 393-399 | 2 |
| KTB/EA | 618 | 1 |
| KTB/SNEAK | 452 | 6 |
| KTB/HZ | 701 | 3 |
| TEKO | 630 | 2 |
| VBW/VB (Feuerwehr) | 315 | 3 |
| VBW (E-Zentrale Nord) | 686 | 2 |
| VBW (Wäscherei) | 705 | 3 |
| VBW/E | 546/713 | 1 |

Tab. 2/20: Ortseinweisungen für die EvD 1982

2.4.5 Alarmübungen

H.-A. Ammermann, H. Lindenthal, W. Winkelmann

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

Insbesondere bei notwendigen Hilfeleistungen für Personen, aber auch bei Beseitigung auftretender Störungen, kann im allgemeinen durch schnelles und sachgerechtes Eingreifen größerer Schaden vermieden werden. Voraussetzung hierfür sind gemeinsame Übungen der Einsatzdienste mit vielschichtigen Anforderungen und Aufgabenstellungen, die in regelmäßigen Abständen durchzuführen sind.

Im Berichtsjahr wurden drei Alarmübungen von den Einsatzleitern der KfK geplant und mit einem Teil der ständigen Sicherheitsdienste und Einsatztrupps durchgeführt. Außerdem wurde bei zwölf Alarmübungen in nicht von der KfK betriebenen Einrichtungen die Zusammenarbeit mit den

Notfalldiensten der Fremdinstitutionen getestet.

Alle durchgeführten Alarmübungen hatten gemeinsam zum Ziel, die Alarmierung, Ausrüstung, Belastbarkeit, Kommunikation und das Zusammenwirken der Einsatzkräfte zu erproben.

Die Alarmübung 1/82 am 6. Juli 1982 im Institut für Heiße Chemie (IHCh):

Im vorgegebenen Unfallszenarium wurde angenommen, daß durch einen Defekt am Teststand "Auflöser und Abgasbehandlung" in der Technikumshalle des IHCh sechs Mitarbeiter auf verschiedenen Bühnen des Teststandes durch auslaufende salpetersaure Uranylinitratlösung und einen Folgebrand verletzt und kontaminiert werden. Weitere Mitarbeiter sollten sich in der Technikumshalle befinden.

Im Zusammenwirken aller Einsatzkräfte wurden folgende Maßnahmen durchgeführt:

- Menschenrettung durch die Werkfeuerwehr unter Vollschutzanzügen,
- Kontaminationskontrolle und Kennzeichnung der Verletzten,
- medizinische Versorgung der Verletzten am Verbandsplatz,
- Abtransport der Verletzten zur Medizinischen Abteilung,
- Dekontamination und medizinische Versorgung,
- simulierte Bereitstellung eines Hubschraubers für den Abtransport von zwei Brandverletzten in das Klinikum Ludwigshafen,
- Vorbereitung des Abtransports der Verletzten in das Städtische Klinikum Karlsruhe,
- Kontaminationskontrolle der Unverletzten,
- Absperrung der gefährdeten Bereiche im Außenbereich der Technikumshalle,
- Einweisung der Einsatzfahrzeuge zum Übungsplatz,
- Kontaminationskontrollen,
- Dekontaminationsarbeiten in der Technikumshalle 724,
- Bildung eines Einsatzstabes, Beratung des EvD durch den Einsatzstab,
- Übernahme der Einsatzleitung durch den stellvertretenden Sicherheitsbeauftragten der KfK,
- Dekontamination der Unverletzten im Dekontaminations-Lkw der Kerntechnischen Hilfsdienst GmbH.

Die Alarmübung 2/82 am 26. November 1982 im Technikum zur Komponentenerprobung (TEKO):

Bei Alarmfällen in nicht von der KfK betriebenen Einrichtungen auf dem Gelände des Kernforschungszentrums liegt die Einsatzleitung gemäß Alarmplan beim betreffenden Betriebsleiter oder dessen Vertreter, während der EvD lediglich Anweisungen an die tätig werdenden Einsatzkräfte weitergibt. Um diese Alarmübung auch zu einem praktischen Lehrbeispiel für den EvD werden zu lassen, wurde mit der WAK/TEKO folgende Vereinbarung getroffen:

"Der Betriebsleiter der TEKO legt die sicherheits- und betriebstechnischen Maßnahmen fest und überträgt danach die Einsatzleitung an den EvD".

Unter dieser Prämisse hatte die Alarmübung zum Ziel, die Erprobung notwendiger Maßnahmen zur Menschenrettung und Brandbekämpfung und das Zusammenspiel sämtlicher gerufener Einsatzkräfte zu erproben. Bei der WAK/TEKO bestand darüberhinaus Interesse, die Gebäuderäumung zu proben.

Für den Verlauf der Übung wurde angenommen, daß auf einer Arbeitsbühne in 14,7 m Höhe durch einen heißgelaufenen Rührmotor organisches Lösungsmittel in einem Mischabsetzer in Brand gesetzt wird. Zwei Mitarbeiter erleiden bei Löschversuchen Rauchvergiftungen und befinden sich in der Halle. Die Alarmauslösung erfolgt über die automatische Feuermeldeeinrichtung. Das

Ertönen des Feueralarms signalisiert allen TEKO-Mitarbeitern, das Gebäude zu räumen und sich auf einem Sammelplatz einzufinden. Nach Alarmierung der Einsatztrupps informiert der Betriebsleiter den EvD über die Lage und macht Vorschläge zu notwendigen Erstmaßnahmen. Danach übergibt er die Einsatzleitung an den EvD.

Der Ablauf der Übung konnte entsprechend den Vorgaben durchgeführt werden. Ausgehend vom EvD wurden folgende Maßnahmen durchgeführt:

- Rettung der verletzten Personen in der Halle,
- Anforderung der Sanitäter und des Schließdienstes,
- Löschangriff mit Schwerschäum
- Anforderung des Strahlenmeßtrupps und des Feuerwehrtrupps.

Wie die Übung gezeigt hat, stellt die Rettung verletzter Personen aus verqualmten, schwer zugänglichen und/oder großen Technikumshallen besondere Anforderungen an die Einsatzkräfte, selbst wenn durch das Brandgeschehen keine Gefährdung der Einsatzkräfte zu befürchten ist. Für die zu rettende Person ist es immer ein Wettlauf mit der Zeit. Als äußerst hilfreich erwies sich die Anwesenheit einer ortskundigen Person (Betriebsleiter), die dem EvD bei allen Einsatzmaßnahmen beratend zur Seite stand.

Die Alarmübung 3/82 am 20. Dezember 1982 in den Kerntechnischen Betrieben/Anlage FR 2:

Im Gegensatz zu den vorangegangenen Alarmübungen wurde diese Übung von der Betriebsleitung der KTB/FR 2 initiiert und deshalb ohne detaillierte Planung durch den EvD durchgeführt. Lediglich Ort und Zeitpunkt der Übung sowie der Art der brennbaren Stoffe waren vorgegeben. Als Übungsthema wurde ein Brand in der Reaktorhalle des FR 2 angenommen. Da die Übung während der Arbeitszeit ablaufen sollte, mußten auch eventuell verletzte Personen einkalkuliert werden. Nach Information vor Ort wurden auf Anweisung des EvD mit den Einsatzkräften folgende Maßnahmen eingeleitet und durchgeführt:

- Bergung eines Verletzten durch die Feuerwehr unter Atemschutz,
- Brandbekämpfung in der Reaktorhalle (Rotunde) und Kontaminationsmessungen vor Ort,
- medizinische Versorgung des Verletzten einschließlich Kontaminationsmessung,
- Vollzähligkeitskontrolle der Mitarbeiter.

Bei dieser Alarmübung war die sofortige Verfügbarkeit der Einsatzkräfte gegeben. Die Zusammenarbeit der jeweiligen Einsatztrupps hat unter Koordination des Einsatzleiters gut funktioniert.

2.4.6 Räumungsübung

P. Meyer

Da in den letzten Jahren innerhalb des KfK-Betriebsgeländes zahlreiche Sicherungszäune errichtet worden waren und der FR 2 stillgelegt wurde, war ein Überdenken des bestehenden Räumungsplanes erforderlich geworden. Entgegen dem bisherigen Konzept (5 Räumungsgebiete) erschien es zweckmäßig, künftig nur noch von zwei Räumungsgebieten und zwei Räumungsrichtungen auszugehen. Dabei sollten nur noch die Ausfahrtore Nord und Süd zur Ausfahrt benutzt werden. Die für den 20.09.1982 geplante Räumungsübung sollte dieses neue Konzept in der Praxis testen.

Die Mitarbeiter der KfK wurden durch einen Aushang über die Absicht informiert, daß in der 38. Kalenderwoche eine Räumungsübung stattfinden sollte. Tag und Uhrzeit der Übung wurden

nicht mitgeteilt. Das Verkehrsreferat des Landratsamtes Karlsruhe und die Polizeidirektion Karlsruhe wurden von der Übungsabsicht in Kenntnis gesetzt, um eventuell außerhalb des Kernforschungszentrums verkehrsregelnd eingreifen zu können.

Mit Ausnahme der Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft beteiligten sich neben den KfK-Mitarbeitern alle Fremdinstitutionen des Kernforschungszentrums an der Räumungsübung. Nur Mitarbeiter im Schichtdienst, Fremdfirmenangehörige, Mitarbeiter der Kantine und die Mitarbeiter und Gäste der Schule für Kerntechnik waren von der Übung ausgenommen. Ein Vertreter des Ministeriums für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung, Baden-Württemberg, war als Beobachter anwesend.

Die Aufforderung an die Mitarbeiter zur Räumung erfolgte in 10-Minuten-Abständen, gestaffelt nach Räumungszonen (Abb. 2/15). Eine vorausgehende Alarmierungsphase "Räumungsbereitschaft" hatte es nicht gegeben.

Im Beobachtungszeitraum 15.25 Uhr bis 16.10 Uhr haben 2 113 Fahrzeuge (incl. Fahrräder und Motorräder) das Kernforschungszentrum verlassen. Der Fahrzeugfluß ist aus Abb. 2/16 ersichtlich. Das Ende der Übung wurde um 16.03 angeordnet. Während der Übung ereigneten sich keine Unfälle.

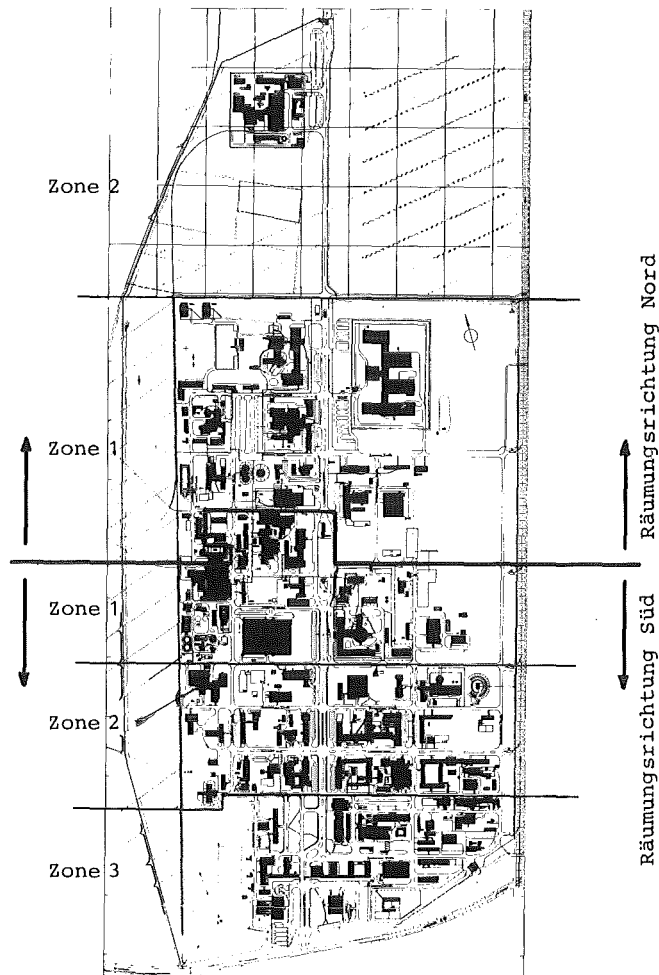


Abb. 2/15: Alarmierungszonen

Eine Beurteilung des Räumungserfolges erlaubt Abb. 2/17, in der die Summe der ausgefahrenen Fahrzeuge in Abhängigkeit von der Zeit seit Übungsbeginn um 15.25 Uhr dargestellt ist. Aus der Tatsache, daß das Hauptstück der Kurve eindeutig linear verläuft, läßt sich schließen, daß während des größten Teils der Übung ein konstanter Verkehrsfluß herrschte.

Als quantitative Aussage über das Räumungsergebnis läßt sich, bezogen auf das Ende des linearen Kurventeils, feststellen, daß nach ca. 30 Minuten 90 % der Fahrzeuge das Kernforschungszentrum verlassen hatten. Dieses Ergebnis zeigt, daß sich das der Räumungsübung zugrundegelegte Konzept bei dieser Übung bewährt hat.

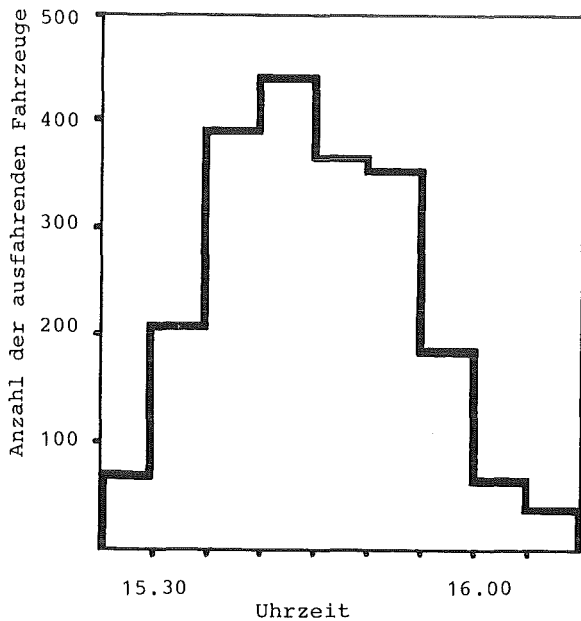


Abb. 2/16: Gesamtfahrzeugfluß an den Ausfahrtoren Nord und Süd

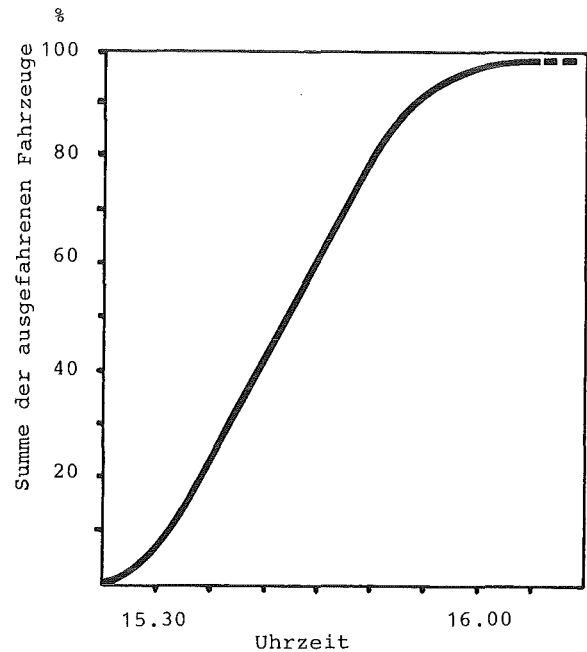


Abb. 2/17: Summendarstellung für die Ausfahrtore Nord und Süd

2.4.7 Die neue Melderegelung für besondere Vorkommnisse und meldepflichtige Ereignisse

H.-A. Ammermann, P. Meyer

Am 01. Juli 1982 wurde die neue Melderegelung für besondere Vorkommnisse bei der KfK eingeführt. Diese Regelung soll in einer einjährigen Probezeit in der Praxis getestet werden.

Nach § 36 der StrlSchV ist der Eintritt eines Unfalles, eines Störfalles oder eines sonstigen sicherheitstechnisch bedeutsamen Ereignisses der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde unverzüglich anzuzeigen. Die neue Melderegelung legt die Meldekriterien und das Meldeverfahren für Meldungen an das Sozialministerium von Baden-Württemberg und andere Aufsichtsbehörden fest. Sie gilt für Genehmigungsinhaber nach dem Atomgesetz (AtG) und der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) für die das SM Aufsichtsbehörde ist. Die Melderegelung gilt nicht für Anlagen nach § 7 AtG.

Andere Vorschriften, nach denen besondere Vorkommnisse an die Aufsichtsbehörden oder andere Behörden oder Institutionen zu melden sind, bleiben von dieser Melderegelung unberührt. Dies gilt im besonderen auch für die Meldevorschriften, die bei Anlagen nach § 7 AtG erforderlich sind, für Meldevorschriften nach dem besonderen Katastropheneinsatzplan sowie für Meldevorschriften bezüglich der Sicherungsmaßnahmen.

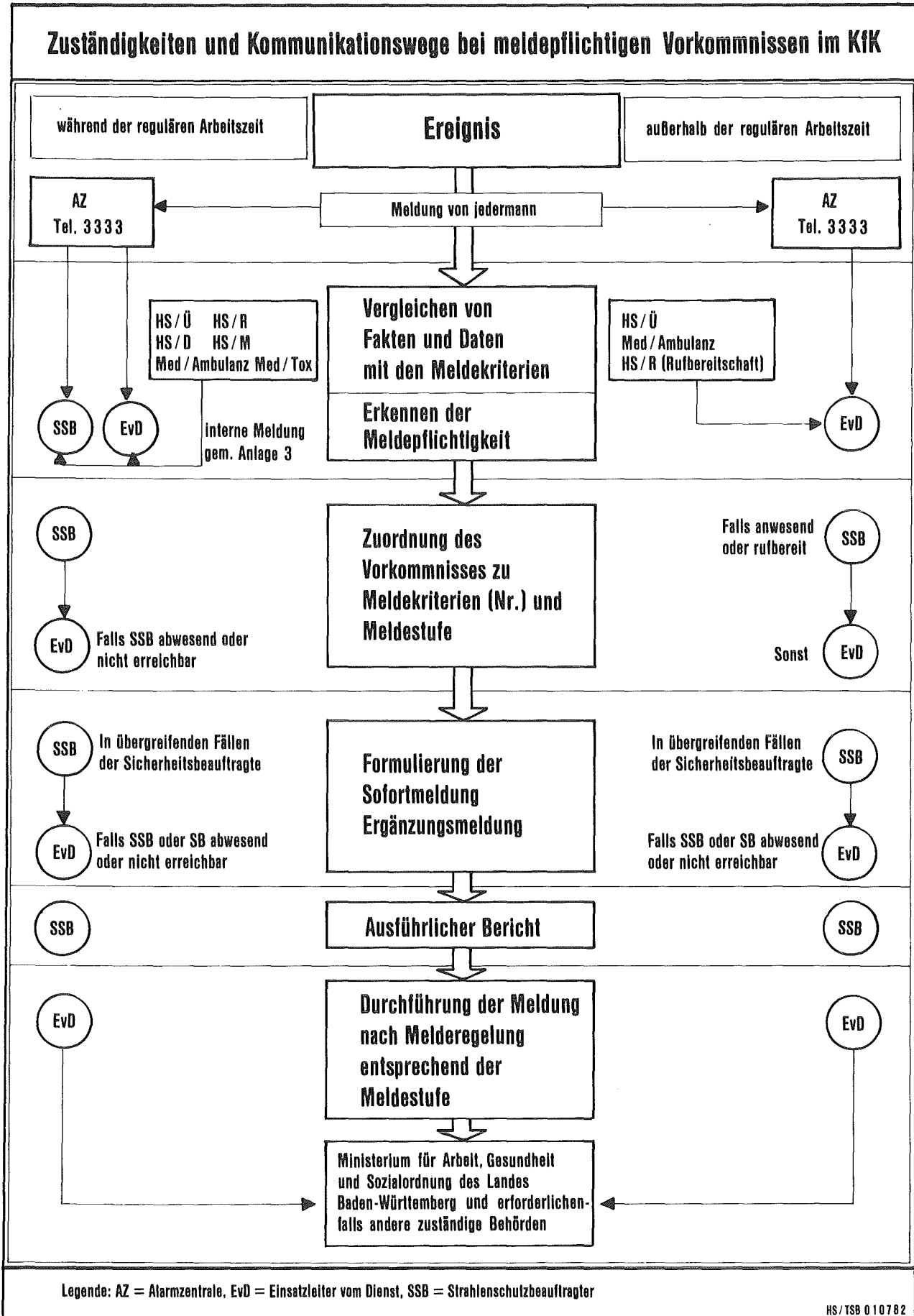


Abb. 2/18: KfK-internes Ablaufschema zur Anwendung der Melderegulation

Im KfK-internen Ablaufschema (siehe Abb. 2/18) werden die Zuständigkeiten und die Informationswege wie folgt festgelegt:

- Verantwortlich für die Meldung ist grundsätzlich der für die jeweilige Organisationseinheit zuständige Strahlenschutzbeauftragte (SSB),
- Vorkommnisse, die den Verantwortungsbereich des SSB überschreiten sowie Vorkommnisse, die keiner Organisationseinheit zugeordnet werden können, sind außer dem Einsatzleiter vom Dienst (EvD) umgehend der Leitung Hauptabteilung Sicherheit (HS) zu melden,
- die technische Durchführung der Meldung aufgrund der vom SSB gelieferten Fakten obliegt dem EvD.

In der Melderegulung werden die meldepflichtigen Vorkommnisse nach folgenden Kriterien unterteilt:

- Körperdosis
- Ortsdosisleistung
- Kontamination
- Inkorporation radioaktiver Stoffe
- Ableitung und Freisetzung radioaktiver Stoffe
- Einwirkung von innen oder außen
- sonstige meldepflichtige Ereignisse.

Diese Hauptkriterien gliedern sich noch in zahlreiche Unterpunkte

Die meldepflichtigen Ereignisse sind nach steigender Gefährlichkeit in die Meldestufen III, II, I eingeteilt. Treffen bei einem meldepflichtigen Vorkommnis mehrere Meldekriterien gleichzeitig zu, so ist grundsätzlich nach dem Meldeverfahren mit dringlicherer Meldestufe zu melden. Die Daten der seit Vorliegen der Melderegulung aufgetretenen meldepflichtigen Vorkommnisse in der KfK sind in Tab. 2/21 dargestellt.

| Lfd. Nr. | Inst./Abt. | Gebäude Nr. | Meldestufe | Meldeanlaß | Melddatum |
|----------|---------------|------------------------|------------|--|------------|
| 1 | HDB | 548 | III | Ausfall einer Abluftmeßstelle | 01.07.1982 |
| 2 | HDB | 514 | II | Austritt von tritiumhaltigem Abwasser | 16.07.1982 |
| 3 | HDB | 536 | III | Funktionsstörung der FERAB | 23.07.1982 |
| 4 | LIT | 272 | III | Erhöhte Ortsdosisleistung | 04.08.1982 |
| 5 | HDB | 536 | III | Überschreitung eines Wochenwertes des Abluftplanes | 19.08.1982 |
| 6 | HDB | 533 | III | Personenkontamination | 03.09.1982 |
| 7 | HDB | Rohrbrücke Sonde 16 | III | Rohrbeschädigung im Chemiewassernetz | 13.09.1982 |
| 8 | Fremdfirma | 701 | II | Tödlicher Arbeitsunfall eines Fremdfirmenangehörigen | 25.10.1982 |
| 9 | HDB | 548 | III | Überschreitung eines Wochenwertes des Abluftplanes | 03.11.1982 |
| 10 | IAK/Zyklotron | 351 | III | Überschreitung eines Wochenwertes des Abluftplanes | 08.11.1982 |
| 11 | Fremdfirma | 701 | II | Arbeitsunfall eines Fremdfirmenangehörigen | 26.11.1982 |
| 12 | KfK | KfK-Gelände | II | Ausfall von Meßstellen der Umgebungsüberw. durch Blitzschlag | 10.12.1982 |
| 13 | HDB | KfK-Gelände | II | Ausfall der Leckwarneinrichtung des Chemiewassernetzes | 10.12.1982 |

Tab. 2/21: Meldepflichtige Ereignisse 1982 (2. Halbjahr)

2.5 Abfallwirtschaft

2.5.1 Entsorgung von inaktiven Sonderabfällen

E. Windbühl, E. Linß

Der in der Umgangssprache vielfach gebrauchte Begriff "Sonderabfall" ist im Abfallbeseitigungsgesetz (AbfG) nicht definiert. Im allgemeinen versteht man darunter Stoffe, die wegen ihres hohen Gefährdungspotentials getrennt von normalem Haus-Sperrmüll, Bauschutt und Abwasser beseitigt werden müssen.

Der Gesetzgeber beschreibt in § 2 Abs. 2 AbfG diese Stoffe als Abfälle, die nach Art, Beschaffenheit oder Menge in besonderem Maße gesundheits-, luft- oder wassergefährdend, explosibel oder brennbar sind oder Erreger übertragbarer Krankheiten enthalten oder hervorbringen können. In der Abfallbestimmungsverordnung zu vorgenanntem Paragraphen werden diese Stoffe namentlich aufgeführt, wie z. B. Säuren, Beizen, Laugen, Konzentrate, halogenhaltige und halogenfreie Lösemittel usw. Für alle in dieser Verordnung genannten Abfälle werden durch die Bestimmungen des AbfG und den damit verbundenen Verordnungen zusätzliche Anforderungen gestellt. Sie umfassen im einzelnen die Überwachung der Abfallwege vom Entstehungsort über das Einsammeln, Befördern, Behandeln, Lagern und Ablagern von Abfällen sowie die Nachweisführung und die erforderlichen Meldungen und Genehmigungsverfahren für Gefahrguttransporte.

Die Abfallbeseitigung unterliegt grundsätzlich der Überwachung durch die Behörden. Der Abfallerzeuger ist deshalb verpflichtet, den Nachweis unter Verwendung des Begleitscheinverfahrens zu führen. Die Auswahl der Beseitigungsanlage und die Behandlung bleiben, soweit diese zugelassen sind und dem Gefährdungspotential der einzelnen Stoffe entsprechen, dem Abfallabgeber überlassen.

Im allgemeinen erfolgt die Beseitigung heutzutage durch

- Einbringen in geordnete Deponien,
- Endablagerung in Untertagedeponien,
- thermische Behandlung in Verbrennungsanlagen auf dem Lande oder auf hoher See (in geringem Maße in Pyrolyseanlagen),
- Behandlung durch Phasentrennung, Neutralisation und Entgiftung.

Um eine geordnete interne Abfallwirtschaft und eine ordnungsgemäße Abfallbeseitigung innerhalb der KfK zu gewährleisten, wurde eine Bestandsaufnahme aller anfallenden Abfallstoffe innerhalb der einzelnen Organisationseinheiten erforderlich. Die Auswertung dieser Aufnahmen schuf die Voraussetzung für weiterführende Maßnahmen, wie interne Regelung der Abfallbehandlung, Einrichten von Sammelstellen für bestimmte Stoffe, interne Abfallbörse, Durchführung von Sammelaktionen vor Ort zur späteren Entsorgung und Beseitigung sowie die Benennung von Kontaktpersonen zum Abfallbeauftragten und deren Einweisung in ihr Aufgabengebiet.

Gleichzeitig konnte im Berichtsjahr durch Anträge auf Erteilung von Transportgenehmigungen bei den zuständigen Behörden die ordnungsgemäße Entsorgung eingeleitet werden.

Während der Bearbeitungszeit durch die Behörden bis zu der Erteilung der Genehmigung im September 1982 gingen weitere Meldungen zu entsorgender Abfallstoffe beim Betriebsbeauftragten für Abfall ein. Allein die Meldungen von Labor- und Chemikalienresten stiegen von anfänglich 537 auf 1 305 Einzelnennungen mit einem Gesamtgewicht von 10,2 t an.

Bei der Entsorgung dieser Stoffe, die zum 01.12.1982 abgeschlossen werden konnten, waren bei der Sammelaktion vor Ort verschiedene Vorgaben der Beseitigungsanlage zu berücksichtigen,

die sich auf Zusammenpacken, Kennzeichnen und Gebindegröße bezogen. Aufgrund der hierbei gewonnenen Erkenntnisse wird zur Vereinfachung der internen und externen Entsorgungsverfahren die Einrichtung einer Sammelstelle für Klein- und Kleinstmengen unumgänglich.

2.5.2 Rückführung von Abfallstoffen in den Wirtschaftskreislauf

E. Windbühl, E. Linß

Die Energiekrise in jüngster Vergangenheit sowie die daraus resultierenden Teuerungsraten haben die Endlichkeit des Rohstoffmarktes deutlich gemacht. In Verbindung mit spektakulären "Giftmüllskandalen" und den nicht mehr ausreichenden Kapazitäten von Deponien und Beseitigungsanlagen bildete sich ein verstärktes Bewußtsein für eine verbesserte Umweltpolitik aus.

Allein der Anteil von Einweg- bzw. Wegwerfverpackungsmaterial, der heute 50 % des Hausmülls ausmacht und dessen Volumen innerhalb der letzten 30 Jahre um das 5-fache anstieg, während sich das Gewicht im gleichen Zeitraum nicht einmal verdoppelte, läßt Einsparungen nicht nur als sinnvoll sondern auch als notwendig erscheinen. Obwohl das Umweltbewußtsein im Prinzip vorhanden ist, technologisch aber ein Einsatz der Abfälle als Rohstoffersatz noch nicht ausgereift und keine kurzfristige Änderung der Verbraucherwünsche bzw. -gewohnheiten absehbar ist, muß die Zukunft zunächst im Recycling gesucht werden. Dies bedeutet die Wiederverwendung bzw. Wiederverwertung von Abfallstoffen und Rückständen durch Rückführung in den Wirtschaftskreislauf. Der Gesetzgeber hat deshalb in dem zur Zeit gültigen Abfallbeseitigungsgesetz den von ihm definierten Wirtschaftsgütern einen Sonderstatus eingeräumt und weitgehend von den eingrenzenden Bestimmungen dieser Gesetzestexte ausgeschlossen. Weiterhin beabsichtigt die Bundesregierung noch im Laufe dieses Jahres die Aufnahme eines Verwertungsgebotes in das AbfG, das den großen Bereich der Reststoffe umfassen soll, die bei gewerblichen Anlagen anfallen. Weitere Schwerpunkte des Abfallwirtschaftsprogramms sind nachfolgende Maßnahmen:

- Verbesserung der Abfallstatistik,
- Aufklärung von Produzenten und Verbrauchern,
- Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sowie Demonstrations- und Versuchsanlagen,
- Verbesserung der Marktsituation für Altmaterialien durch Beseitigung diskriminierender Regelungen sowie Festlegung von Qualitätskriterien,
- Verbesserung der Organisation der Abfallwirtschaft,
- Fortentwicklung des Abfallrechts.

Zusammen mit der seit einigen Jahren eingerichteten Abfallbörse der Industrie- und Handelskammer, die bislang durchschnittlich 20 % der angebotenen Rückstände der Wiederverwertung zuführen konnte, wird die bisher praktizierte Abfallbeseitigung zukünftig durch die rohstoff- und kosteneinsparende Abfallwirtschaft abgelöst.

Übertragen auf die KfK wurde dies bereits durch den Erlaß der "Richtlinien zur Behandlung von inaktiven Abfällen" zum 15. Januar des Berichtsjahres, denen die obengenannten Ausführungen als Hauptaspekte zugrundeliegen, in Anwendung gebracht.

So konnten über die bislang bereits geregelte Rückführung von Altöl, Altpapier, Schrott und Quecksilber hinaus zahlreiche Chargen, angefangen von Fixierbädern, Laborchemikalienresten bis hin zu produktionsspezifischen Stoffen aus Versuchsreihen, mit Gewinn als Wirtschaftsgut an Interessenten abgegeben werden.

2.5.3 Internes Abgabeverfahren

E. Windbühl, E. Linß

Für einen reibungslosen Ablauf der internen Abfallwirtschaft war es notwendig, in einer Aktualisierung zu den "Richtlinien zur Behandlung inaktiver Abfälle" zum 28.05.1982 neue all-gemeingültige Regelungen für das interne Abgabeverfahren mit Hilfe eines speziellen Abgabe-scheines zu treffen. In enger Zusammenarbeit mit dem Strahlenschutz wurde der "Interne Abgabe-schein für inaktive Chemikalien und inaktive Abfallstoffe" konzipiert (s. Abb. 2/19).

| INTERNER ABGABESCHEIN | | Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH | |
|---|--|---|--------------------------------------|
| für inaktive Chemikalien und inaktive Abfallstoffe | | | |
| Org.-Einh. | Gebäude Nr.: | Kostenstelle: | |
| Gebindeinhalt (Benennung, chem. Bezeichnung, Bestandteile bei Gemischen) | | | |
| | | | |
| | | | |
| fest <input type="checkbox"/> | flüssig <input type="checkbox"/> | pastös <input type="checkbox"/> | staubförmig <input type="checkbox"/> |
| giftig <input type="checkbox"/> | ätzend <input type="checkbox"/> | brennbar <input type="checkbox"/> | |
| Besonders reaktionsfähige oder explosionsgefährliche Stoffe sind gesondert zu behandeln. | | | |
| Menge (l bzw. kg) | | Verpackung | |
| Hiermit bestätige ich, daß die hier aufgeführten Stoffe nicht mit künstlichen radioaktiven Stoffen in Berührung ge-bracht wurden oder ihnen keine künstlichen radioaktiven Stoffe beigemischt wurden. | | | |
| | | | |
| Datum Unterschrift Abfallerzeuger/Abgeber | Datum Unterschrift Leiter der Organisationseinheit oder Strahlenschutzbeauftragter | Datum Unterschrift interner Abnehmer | |
| OKD-FORM 190182 | | | |

weiß : Abfallerzeuger
grün : Abnehmer
rosa : Gebindekennzeichnung
gelb : Strahlenschutz

Abb. 2/19: Interner Abgabeschein

Der neue "Interne Abgabeschein" einschließlich der betreffenden Regelung ersetzt sowohl den "Begleitschein für inaktive Chemikalien" der HDB vom 1. Juni 1982 als auch die Regelung gem. Strahlenschutzordnung vom 1. Februar 1980. Bei allen Abgaben trägt, entsprechend dem im Ab-fallbeseitigungsgesetz verankerten Verursacherprinzip, der Abfallerzeuger die Verantwortung für die abgegebenen Stoffe. Der Abfallabgeber hat deshalb für die richtige Deklaration, Kennzeichnung, Etikettierung und Verpackung der Abfallstoffe Sorge zu tragen.

Seit 1. Juni 1982 hat die Abgabe von inaktiven Abfallstoffen, die einer Wiederverwendung zu-geführt werden oder zur Vernichtung bestimmt sind, unter Verwendung des 4-fachen internen Abgabescheines zu erfolgen. Die Angaben über Abfallart, Abfallmenge, Abgeber und Anfallort (Organisationseinheit) sind ebenso notwendig wie die Bestätigung des Strahlenschutzbeauftragten oder des Leiters der Organisationseinheit, daß die aufgeführten Stoffe nicht mit künstlichen radioaktiven Stoffen in Berührung gebracht oder ihnen keine künstlichen radioaktiven Stoffe beigemischt wurden.

Außerdem sind bei der Ausfuhr aus dem betrieblichen Überwachungsbereich der KfK die Sonderre-gelungen für Schüttstoffe wie Haus-, Sperrmüll, Bauschutt, Erdaushub sowie für Schrott, Chemikalien, verunreinigte Arbeitshilfsmittel und Altöle zu beachten.

Bei der Ausfuhr aus dem Kontrollbereich entscheidet der Strahlenschutzbeauftragte (SSB), ob das Material radioaktiver Abfall oder Wiederverwendungsgut ist. Für Wiederverwendungsgüter ist das Untersuchen von repräsentativen Materialproben im Labor notwendig. Die Verfahrensweise wird durch eine Strahlenschutzregelung bestimmt und im einzelnen auf der Rückseite des Abgabescheines erklärt. Zur Veranschaulichung siehe auch Fließschema zum internen Abgabeverfahren (Abb. 2/20).

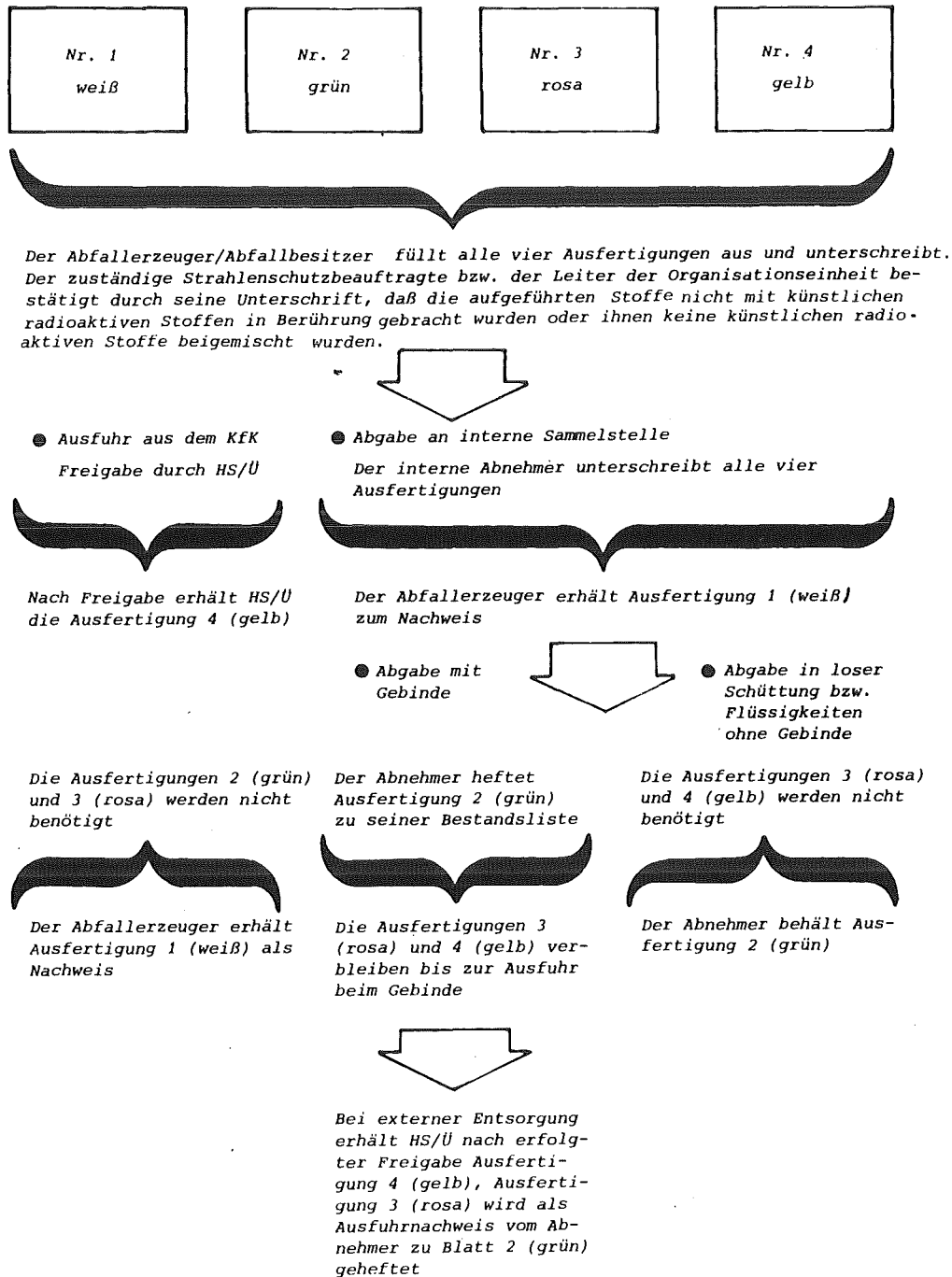


Abb. 2/20: Fließschema zum internen Abgabeverfahren

3. Sicherung

R. Schütten

Obwohl gravierende Aktionen gegen die Infrastruktur der Terroristen erfolgreich abgeschlossen wurden, die in der Festnahme führender Mitglieder dieser Gruppe gipfelten und die nach Meinung des Verfassers eine Reduzierung des Gefährdungsgrades bedeuteten, wurden die Auflagen für Sicherungsmaßnahmen im Kernforschungszentrum Karlsruhe behördlicherseits nicht gelockert. Die Stärke des Objektsicherungsdienstes hat sich gegenüber dem Vorjahr nicht verändert. Fremdfirmenmitarbeiter wurden hauptsächlich im Streifendienst eingesetzt. Eigen- und Fremdpersonal wurde regelmäßig in Sicherheitsbelangen unterwiesen. Die Grundausbildung wurde im ersten Halbjahr 1982 abgeschlossen.

Im Berichtszeitraum wurden für Anlagen der Sicherungskategorie III, II und I Sicherungskonzepte entwickelt und mit den Gutachtern und Genehmigungsbehörden abgestimmt. Dabei wurde mehr und mehr der Aspekt der finanziellen Einsparung betrachtet, so wurde der Erweiterungsbau HZ erst durch massive Einsparungen im Bereich der Objektsicherung ermöglicht. Daneben tauchte die Frage der temporären Sicherung von Versuchseinrichtungen auf, hier wurden mit den Gutachtern und Behörden zufriedenstellende technische und administrative Lösungen entwickelt. Nach Abschaltung des FR2 wurden die Objektsicherungsmaßnahmen zunächst weitergeführt. Nach Herausbringen der Brennelemente wurden mit den Behörden Diskussionen über die neuen Sicherungsmaßnahmen geführt. Zukünftig gibt es nur einen Vitalbereich, der besonders gesichert wird. Die back-fitting Maßnahmen an der SNEAK-Anlage konnten im Berichtszeitraum abgeschlossen werden. Die baulich-technischen Maßnahmen sind noch nicht in allen sensitiven Bereichen abgeschlossen, so daß durch eine verbesserte Verzahnung von baulich-technischen und personellen Objektsicherungsmaßnahmen erst mittelfristig Personal eingespart werden kann. Zu dieser Entwicklung wird auch ein neuartiges Ausweislesesystem, das nach dem Fingerabdruckverfahren arbeitet, beitragen. Erste Erfahrungen mit der Funktionsfähigkeit dieses Systems wurden bei der Abteilung Sicherung gesammelt.

Mitte Januar 1982 wurde die neue KfK-Güterkontrolle termingerecht in Betrieb genommen, dadurch wurden die neuralgischen Verkehrspunkte Nord- und Südtor wesentlich entlastet. Die neue Alarmzentrale mit ihrer hochmodernen Elektronik konnte dagegen wegen baulicher Schwierigkeiten erst verzögert Ende Dezember 1982 in Betrieb genommen werden.

3.1 Objektsicherungsdienst

F. Paltian, E. Ringel

Die Personalstärke des Objektsicherungsdienstes in der Abteilung Sicherung hat sich im Kernforschungszentrum auf das Niveau, das für die Durchführung von Objektsicherungsaufgaben im Kernforschungszentrum nötig war, eingependelt. Es wurden im Berichtszeitraum keine Mitarbeiter neu eingestellt, 3 Mitarbeiter sind ausgeschieden. Der Fremdpersonalanteil an der Objektsicherungsmannschaft lag im Berichtszeitraum bei etwa 30 %.

Im ersten Halbjahr wurde die Ausbildung des Objektsicherungspersonals kontinuierlich weitergeführt. Neben der waffenspezifischen Grundausbildung wurden die Basislehrgänge des Objektsicherungspersonals, die geprägt waren durch theoretische Unterweisung in Rechtsschutzfragen, abgeschlossen. Im zweiten Halbjahr wurde dagegen nur die praktische Ausbildung in Werkschutzkunde, in der Waffenhandhabung und im Übungsschießen weitergeführt.

Der Objektsicherungsdienst verfügt weiterhin über 20 Diensthunde. An den Ausbildungslehrgängen der Landespolizei-Hundeschule in Karlsruhe-Durlach haben 4 Mitarbeiter mit den ihnen persönlich zugeteilten Diensthunden teilgenommen. Die planmäßige Fortbildung wurde weiterhin innerhalb der eigenen Zwingeranlage (Freigehege) sowie im KfK-Gelände und bei den örtlichen Hundesportvereinen der näheren Umgebung durchgeführt. An der vierten Schutzhundeprüfung im Kernforschungszentrum haben zwölf Hundeführer des KfK teilgenommen. Bei den Schutzhundeprüfungen der örtlichen Hundesportvereine waren unsere Diensthundeführer an 31 Prüfungen erfolgreich beteiligt, 10 Diensthunde besitzen die Ausbildungsstufe Sch III.

Die aufgrund behördlicher Auflagen durchgeführte Streifentätigkeit stellt sich - bezogen auf eine Woche - wie folgt dar:

| | |
|-----|---|
| 294 | Streifen in Gebäuden und im Freigelände, |
| 42 | motorisierte Sonderstreifen im Gelände, |
| 25 | Sonderstreifen mit Schutzhunden vorwiegend im bewaldeten Bereich des KfK, |
| 324 | Streifen in Pu-Lagerbereichen, |
| 288 | Streifen in Versuchsbereichen. |

Tab. 3/1: Objektsicherungsstreifen

Daneben wurden im Rahmen dieser Streifentätigkeiten 155 Versuchsanordnungen kontrolliert.

Im Jahre 1982 sind in der Alarmzentrale folgende Alarm- und Störmeldungen eingegangen und bearbeitet worden.

| Gruppe | Anzahl |
|---|--------|
| Objektsicherung | 130 |
| Feuer | 166 |
| Störung (Aufzüge, Stromausfall usw.) | 475 |
| allgem. Störmeldungen | 1725 |

Tab. 3/2: Alarm- und Störmeldungen 1982, (Fehlalarme eingeschlossen)

Gegenüber dem Vorjahr sind einschließlich der Fehlalarme die Sicherheitsalarme um 14 % und die Feueralarme um 30 % angestiegen, während bei den Störungsalarmen und den allgemeinen Störungen eine leichte Reduzierung zu verzeichnen ist. Der hohe Anstieg der Feueralarme ist auf die gestiegene Bautätigkeit in Gebäuden, insbesondere aufgrund von Schleifarbeiten zurückzuführen. Es wurde immer wieder festgestellt, daß die Verantwortlichen, wenn qualmerzeugende Arbeiten verrichtet wurden, dies der Alarmzentrale nicht gemeldet hatten.

Insgesamt wurde 1982 mit 1811 Einsätzen (Tab. 3/3) eine um 22 % höhere Einsatzfrequenz gegenüber dem Vorjahr dokumentiert.

| | |
|--------------------------|--------------|
| Einsatzleiter vom Dienst | 330 Einsätze |
| Feuerwehr | 165 Einsätze |
| Wartung | 803 Einsätze |
| Versuchsleiter | 160 Einsätze |
| Rufbereitschaft | 353 Einsätze |

Tab. 3/3: Registrierte Einsätze 1982

Im Berichtszeitraum wurden 49 718 Besucher vom KfK-Empfangsdienst registriert, darunter rund 4 500 ausländische Gäste. Die Besucherzahl lag damit auf dem Niveau der Vorjahre. Von den insgesamt ausgegebenen Besucherscheinen und den befristeten Ausweisen wurden lediglich 205 beim Verlassen des Zentrums nicht zurückgegeben.

3.2 Ermittlungsdienst

A. Baumgärtner

Im Berichtszeitraum wurden 176 Verstöße gegen die im KfK gültigen Ordnungs- und Kontrollbestimmungen registriert und bearbeitet (Abb. 3/1). Dabei kam es zu 39 Sicherstellungen von Material, weil die Ausführenden zum Zeitpunkt der Ausfuhr keinen Eigentumsnachweis erbringen konnten. Die Materialien wurden, nachdem der Eigentumsnachweis erbracht war, den Eigentümern zurückgegeben.

Die dem Ermittlungsdienst gemeldeten und bekannt gewordenen Sachbeschädigungen lagen mit 46 deutlich unter dem Niveau der Vorjahre (Abb. 3/2). In allen Schadensfällen konnte der Verursacher festgestellt und dem KfK-Versicherungsreferat mitgeteilt werden. Der bei den Sachbeschädigungen geschätzte Gesamtschaden beläuft sich auf ca. 98 400 DM (Tab. 3/4).

Im Jahre 1982 wurden insgesamt 58 Diebstähle gemeldet, von denen 31 aufgeklärt werden konnten (Abb. 3/3). Die Zahl der bekannt gewordenen Diebstähle hat sich gegenüber dem Vorjahre leicht erhöht. Obwohl eine Serie von Gelddiebstählen aufgeklärt werden konnte, liegt im Berichtszeitraum die Aufklärungsquote im Vergleich zu den Vorjahren niedrig, weil die Diebstähle dem Ermittlungsdienst sehr spät gemeldet wurden, so daß Ermittlungen ergebnislos eingestellt werden mußten. Darüber hinaus wurden vom Ermittlungsdienst 5 Warenlieferungen innerhalb des KfK-Geländes sichergestellt, die vom Hauptlager bereits als verlustig gemeldet worden waren. In Zusammenarbeit mit den anderen Abteilungen des Kernforschungszentrums wurden im Berichtszeitraum 238 Betriebsunfälle und sonstige Unfälle, darunter 1 Betriebsunfall mit tödlichem Ausgang, untersucht. Die Anzahl der Betriebsunfälle liegt auf dem gleichen Niveau wie im Jahre 1981. Die Zahlen beziehen zum Teil auch die auf dem KfK-Gelände tätigen Fremd- und Bau-firmen mit ein.

3.3 Güterkontrolle

A. Baumgärtner, G. Hanuschka

Die neue KfK-Güterkontrolle, an der Süd-Ost-Ecke des KfK gelegen, wurde am 15. Januar 1982 in Betrieb genommen. Dadurch wurde der Zugang am Süd- und Nord-Tor vom Güterverkehr entlastet. Die neue KfK-Güterkontrolle stellte im Berichtszeitraum für Fremdfirmen und Anlieferer insgesamt 26 800 Warendurchlaßscheine aus. Für Anlieferer bzw. Abholer von radioaktiven Materialien oder Kernbrennstoffen wurden im gleichen Zeitraum 1 326 Durchlaßpassierscheine ausgestellt. Insgesamt 97 Fremdfirmen wurden neu registriert und 2 326 firmeneigene Arbeitsgeräte gekennzeichnet.

Bei den Ein- und Ausfuhrkontrollen hielten sich die im Zentrum eingesetzten Fremdfirmen - von wenigen Ausnahmen abgesehen - an die Ordnungs- und Kontrollbestimmungen. Größere Anlaufschwierigkeiten und Zeitverzögerungen traten bei der Inbetriebnahme der neuen Güterkontrolle nicht auf.

3.4 Ausweisbüro

G. Körner, E. Schleicher

Das Ausweisbüro verwaltete zum Jahresende 1982 insgesamt 104 000 Ausweiskarteikarten. Im Rahmen der neuen Zugangsregelung für das Kernforschungszentrum Karlsruhe wurden im Jahre 1982 alle Lichtbildausweise älteren Datums für Fremdfirmenmitarbeiter, einschließlich der Mitarbeiter von Universitäten und Hochschulen und von Mitarbeitern, die im Kernforschungszentrum Karlsruhe tätig sind, ausgetauscht. Insgesamt wurden 10 772 neue KfK-Ausweise ausgegeben, und zwar Ausweise für den sogenannten überwachten Bereich des KfK und Lichtbildausweise für Personen, die sensitive Bereiche betreten oder dort tätig werden. Die Ausgabe der neuen Ausweise wurde zum Jahresende 1982 abgeschlossen.

3.5 Personenüberprüfung, Ausländerbetreuung

3.5.1 Personenüberprüfung

G. Körner

Für alle Personen, die in sensitiven Bereichen eingesetzt werden, wurde gemäß den Forderungen der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde eine behördliche Überprüfung nötig. Im einzelnen waren über 3 000 Anträge zur Durchführung von Personensicherheitsüberprüfungen zu bearbeiten und an die zuständige Landesbehörde weiterzuleiten. Daneben wurden für Schlüsselpersonal oder Führungspersonal die nach Abstimmung mit dem Betriebsrat und dem Sozialministerium gültigen Fragebogen an den entsprechenden Personenkreis geschickt und der entsprechenden Behörde zur Einleitung einer Sicherheitsprüfung übersandt. In einigen Fällen wurden Bedenken gegen den Einsatz von Personen in Sicherungsbereichen geäußert. In diesen Fällen, die sich nur auf Fremdfirmenmitarbeiter beschränkten, sah die betroffene Firma von einem Einsatz der Person in sensitiven Bereichen ab.

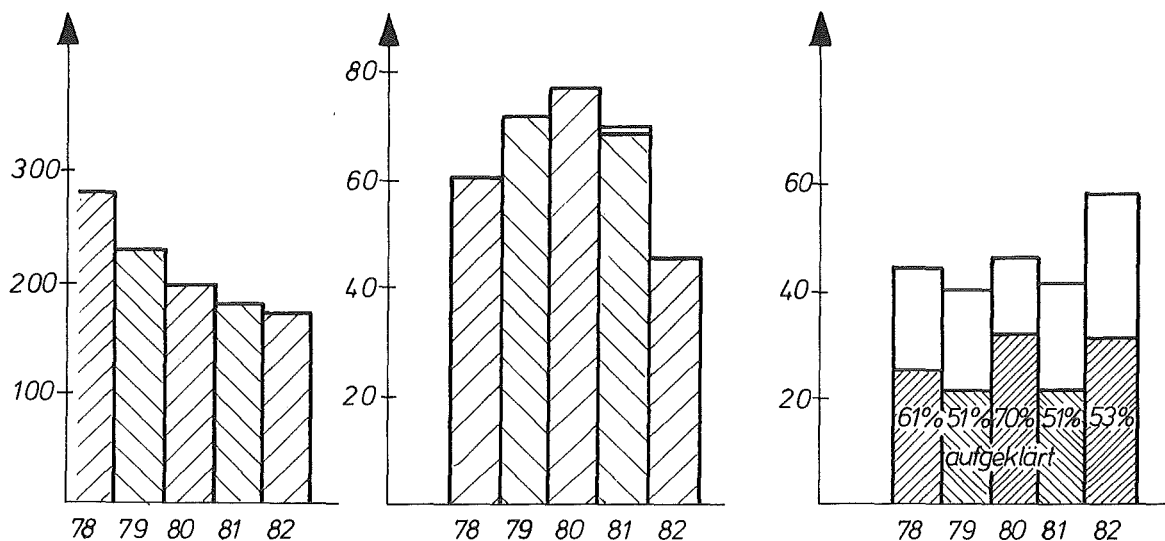


Abb. 3/1: Verstöße gegen die Ordnungs- und Kontrollbestimmungen

Abb. 3/2: Sachbeschädigungen

Abb. 3/3: Diebstähle

| beschädigte Gegenstände | Jahr | bekannt gewordene Fälle | aufgeklärte Fälle | geschätzter Schaden in DM |
|--|------|-------------------------|-------------------|---------------------------|
| Kabelschäden | 1980 | 6 | 6 | 17 300 |
| | 1981 | 9 | 9 | 15 000 |
| | 1982 | 7 | 7 | 17 000 |
| Lichtmasten | 1980 | 5 | 5 | 6 000 |
| | 1981 | 6 | 6 | 6 000 |
| | 1982 | 4 | 4 | 6 500 |
| Tore, Einzäunungen | 1980 | 6 | 6 | 2 400 |
| | 1981 | 6 | 5 | 18 000 |
| | 1982 | 6 | 6 | 5 900 |
| Brände, Explosionen, Gebäudeschäden | 1980 | 21 | 21 | 140 000 |
| | 1981 | 14 | 14 | 72 000 |
| | 1982 | 10 | 10 | 21 000 |
| Dienst-Kfz. | 1980 | 16 | 16 | 34 810 |
| | 1981 | 25 | 25 | 54 450 |
| | 1982 | 7 | 7 | 13 600 |
| Verschiedenes, Fenster, Türen, Bedachungen, Transportschäden | 1980 | 21 | 21 | 125 000 |
| | 1981 | 12 | 12 | 130 000 |
| | 1982 | 12 | 12 | 34 400 |
| S u m m e : | 1980 | 75 | 75 | 325 510 |
| | 1981 | 72 | 71 | 257 450 |
| | 1982 | 46 | 46 | 98 400 |

Tab. 3/4 Sachbeschädigungen: Einsatz des Ermittlungsdienstes

3.5.2 Ausländerbetreuung

F. Gergele

Im Jahre 1982 wurden insgesamt 434 ausländische Gäste, die als Mitarbeiter im Kernforschungszentrum tätig wurden oder als Besucher im Zentrum anwesend waren, betreut. Im Vergleich zum Vorjahr ist ein leichter Anstieg von 20 % zu verzeichnen. Die Betreuung erstreckte sich im wesentlichen auf die Abwicklung administrativer Tätigkeiten (z.B. Vorsprache bei den Ämtern und Behörden im Stadt- und Landkreis Karlsruhe wegen der Aufenthaltsgenehmigungen). Im Rahmen von IAEO-Kursen, die im September und Oktober 82 in der Schule für Kerntechnik stattfanden und an denen insgesamt 51 Personen aus 13 Staaten teilnahmen, wurden die Reisen und die Reisebegleitung zu in- und ausländischen Reaktorstationen organisiert und durchgeführt.

3.6 Verkehrsdienst

W. Hauth

Mit 86 Verkehrsunfällen - davon 69 im Kernforschungszentrum Karlsruhe - lag die Zahl der vom Verkehrsdienst im Berichtszeitraum aufgenommenen Verkehrsunfälle auf dem Niveau der Jahre 1980 und 1981. Es waren 46 Unfälle mit leichten Sachschäden, 33 mit Schäden jeweils über 1 000 DM sowie 7 Unfälle mit Personenschaden, davon 1 tödlicher Unfall, zu bearbeiten (Tab. 3/5).

Die häufigsten Ursachen waren:

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

1982 wurden innerhalb des Kernforschungszentrums insgesamt 480 Personen im Sinne der Straßenverkehrsordnung belehrt (1981: 365, 1980: 423).

| Monat | Anzahl der Verkehrsunfälle (einschl. Wegeunfälle) | | | leichter Sachschaden | davon Sachschaden >1 TDM | | Personen | | Fahrzeuge | | |
|---------|---|------|------|----------------------|--------------------------|-----------------|-------------|--------------|-----------|-----|---------------|
| | 1980 | 1981 | 1982 | | Sachschaden | Personenschaden | Mitarbeiter | sonst. Pers. | Pkw | Lkw | sonst. Fahrz. |
| Januar | 15 | 12 | 8 | 7 | - | 1 | 37 | 5 | 5 | 3 | 6 |
| Februar | 9 | 7 | 9 | 6 | 3 | - | 8 | 6 | 8 | 2 | 4 |
| März | 8 | 4 | 9 | 2 | 7 | - | 5 | 9 | 13 | 1 | 3 |
| April | 6 | 4 | 2 | 2 | - | - | 2 | 1 | 1 | - | 2 |
| Mai | 7 | 8 | 12 | 4 | 5 | 2 tödl. | 14 | 6 | 11 | 1 | 7 |
| Juni | 6 | 6 | 8 | 5 | 3 | - | 7 | 4 | 8 | - | 5 |
| Juli | 8 | 5 | 8 | 3 | 3 | 2 | 7 | 6 | 12 | - | 6 |
| August | 5 | 3 | 8 | 5 | 2 | 1 | 6 | 5 | 6 | 1 | 6 |
| Sept. | 6 | 7 | 4 | 2 | 2 | - | 6 | 2 | 4 | - | 4 |
| Okt. | 8 | 4 | 4 | 2 | 2 | - | 7 | 1 | 6 | 1 | 1 |
| Nov. | 7 | 6 | 3 | 1 | 2 | - | 4 | 1 | 6 | - | - |
| Dez. | 7 | 13 | 11 | 7 | 4 | - | 10 | 6 | 12 | 3 | 1 |
| Summe: | 92 | 79 | 86 | 46 | 33 | 7 | 113 | 52 | 92 | 12 | 45 |

Tab. 3/5: Verkehrsunfälle

Bei der Verkehrszählung am 03.06.1982 wurden die in Tab. 3/6 bis 3/8 wiedergegebenen Daten ermittelt.

| Uhrzeit | Pkw | | Lkw, Kombi, Busse | | Kräder, Moped | | Fahrräder | |
|---------------|-----------|-----------|-------------------|-----------|---------------|-----------|-----------|-----------|
| | Ein-fahrt | Aus-fahrt | Ein-fahrt | Aus-fahrt | Ein-fahrt | Aus-fahrt | Ein-fahrt | Aus-fahrt |
| 0.00 - 5.00 | 4 | 7 | 4 | 4 | - | - | - | - |
| 5.00 - 6.00 | 61 | 5 | 5 | 5 | 2 | - | 3 | - |
| 6.00 - 7.00 | 123 | 47 | 22 | 5 | 3 | 2 | 15 | 2 |
| 7.00 - 8.00 | 552 | 23 | 33 | 23 | 30 | - | 273 | 5 |
| 8.00 - 9.00 | 730 | 65 | 31 | 29 | 26 | 17 | 350 | 36 |
| 9.00 - 10.00 | 197 | 83 | 14 | 7 | 17 | 5 | 50 | 29 |
| 10.00 - 11.00 | 88 | 75 | 12 | 13 | 5 | 5 | 32 | 18 |
| 11.00 - 12.00 | 83 | 280 | 13 | 14 | 5 | 8 | 24 | 85 |
| 12.00 - 13.00 | 184 | 288 | 7 | 16 | 3 | 13 | 127 | 163 |
| 13.00 - 14.00 | 350 | 78 | 15 | 9 | 21 | 11 | 120 | 27 |
| 14.00 - 15.00 | 79 | 178 | 21 | 13 | 3 | 4 | - | 30 |
| 15.00 - 16.00 | 49 | 222 | 15 | 14 | 2 | 5 | 14 | 43 |
| 16.00 - 17.00 | 50 | 889 | 20 | 41 | 1 | 46 | 8 | 449 |
| 17.00 - 18.00 | 37 | 263 | 6 | 14 | 5 | 3 | 9 | 86 |
| 18.00 - 19.00 | 6 | 80 | 1 | 3 | - | 1 | 2 | 23 |
| 19.00 - 20.00 | 9 | 33 | 3 | 5 | - | 1 | - | 6 |
| 20.00 - 21.00 | 6 | 16 | - | - | - | - | 2 | 6 |
| 21.00 - 22.00 | 64 | 65 | 6 | 6 | 1 | - | 5 | 12 |
| insgesamt: | 2672 | 2697 | 228 | 221 | 124 | 121 | 1034 | 1020 |

Tab. 3/6 Verkehrszählung am 03.06.1982 von 0.00 bis 24.00 Uhr, Ein- und Ausfahrt Tor 1

| Uhrzeit | Pkw | | Lkw, Kombi, Busse | | Kräder, Moped | | Fahrräder | |
|---------------|-----------|-----------|-------------------|-----------|---------------|-----------|-----------|-----------|
| | Ein-fahrt | Aus-fahrt | Ein-fahrt | Aus-fahrt | Ein-fahrt | Aus-fahrt | Ein-fahrt | Aus-fahrt |
| 0.00 - 5.00 | 2 | 5 | - | - | - | 1 | - | - |
| 5.00 - 6.00 | 55 | 6 | 4 | 2 | 9 | - | 6 | - |
| 6.00 - 7.00 | 99 | 34 | - | 2 | - | 4 | 20 | 3 |
| 7.00 - 8.00 | 370 | 9 | 18 | 5 | 18 | - | 99 | - |
| 8.00 - 9.00 | 243 | 13 | 9 | 8 | 10 | 1 | 63 | - |
| 9.00 - 10.00 | 35 | 15 | 1 | 1 | - | 1 | 3 | 2 |
| 10.00 - 11.00 | 23 | 19 | 4 | - | - | 1 | 1 | - |
| 11.00 - 12.00 | 27 | 81 | 2 | 6 | - | 2 | 1 | 11 |
| 12.00 - 13.00 | 36 | 92 | 2 | - | 6 | 4 | 8 | 11 |
| 13.00 - 14.00 | 140 | 21 | 5 | 1 | 7 | 3 | 29 | 2 |
| 14.00 - 15.00 | 24 | 40 | 1 | 5 | - | 5 | - | 6 |
| 15.00 - 16.00 | - | 104 | 5 | 3 | - | 9 | - | 27 |
| 16.00 - 17.00 | 8 | 464 | 8 | 24 | - | 21 | - | 130 |
| 17.00 - 18.00 | 8 | 86 | 1 | 4 | - | 1 | - | 15 |
| 18.00 - 19.00 | 1 | 33 | - | 2 | - | - | - | 6 |
| 19.00 - 20.00 | 5 | 26 | 3 | 5 | 1 | - | 1 | 2 |
| 20.00 - 21.00 | 4 | 6 | - | 1 | - | 5 | - | 3 |
| 21.00 - 24.00 | 25 | 31 | 4 | - | 1 | 7 | 1 | 13 |
| insgesamt: | 1105 | 1085 | 67 | 69 | 52 | 65 | 232 | 231 |

Tab. 3/7: Verkehrszählung am 03.06.1982 von 0.00 bis 24.00 Uhr, Ein- und Ausfahrt Tor 7

| Uhrzeit: | Pkw | | Lkw, Kombi, Busse | | Kräder, Moped | | Fahrräder | |
|---------------|-----------|-----------|-------------------|-----------|---------------|-----------|-----------|-----------|
| | Ein-fahrt | Aus-fahrt | Ein-fahrt | Aus-fahrt | Ein-fahrt | Aus-fahrt | Ein-fahrt | Aus-fahrt |
| 7.00 - 8.00 | 18 | 3 | 41 | 9 | - | - | - | - |
| 8.00 - 9.00 | 21 | 4 | 45 | 8 | 2 | 1 | - | - |
| 9.00 - 10.00 | 13 | 13 | 31 | 45 | 2 | 1 | - | - |
| 10.00 - 11.00 | 23 | 11 | 42 | 28 | 1 | - | - | - |
| 11.00 - 12.00 | 7 | 6 | 23 | 27 | - | - | - | - |
| 12.00 - 13.00 | 14 | 2 | 24 | 9 | - | - | - | - |
| 13.00 - 14.00 | 13 | 4 | 40 | 17 | - | - | - | - |
| 14.00 - 15.00 | 9 | 5 | 34 | 20 | 5 | - | - | - |
| 15.00 - 16.00 | 6 | 12 | 27 | 21 | 1 | - | - | - |
| 16.00 - 17.00 | 3 | 5 | 5 | 17 | - | - | - | - |
| insgesamt: | 127 | 65 | 312 | 201 | 11 | 2 | - | - |

Tab. 3/8: Verkehrszählung am 03.06.1982 von 7.00 bis 16.30 Uhr,
Ein- und Ausfahrt Tor 10 (Güterkontrolle)

3.7 Technischer Koordinator

R. Günther, G. Beck

Die neuen KfK-Ausweise in Verbindung mit einem speziellen Ausweisleser sollen zukünftig für besonders sicherungsrelevante KfK-Anlagen die Möglichkeit einer echten Personenidentifizierung schaffen, und zwar ohne Identifizierung durch einen OSD-Mitarbeiter. Die Personenidentifizierung wird durch ein Fingerabdruckvergleichsverfahren realisiert. 2 Prototypen dieser neuen Ausweislesergeneration einschließlich der Auswerteeinheit wurden im KfK getestet. Der neue Ausweisleser basiert auf dem optischen Vergleich eines im Ausweis integrierten Fingerabdruckes mit dem auf dem Ausweislesegerät aufgelegten Finger bzw. dessen charakteristischen Merkmalen.

Das neue Ausweiszugangskontrollsystem bestand für den Versuch aus zwei Ausweislesern und einer Zentraleinheit mit Bildschirmdatenstation und Drucker. Ein Ausweisleser befand sich in einer Eingangsschleuse zu einem Sicherheitsbereich, alle übrigen Geräte waren in einem Bürogebäude installiert. Mit der Zentraleinheit waren die Leser über 2-Drahtleitungen verbunden.

Die maximale Länge betrug ca. 2 km. Da die Übertragungsstrecke erheblich durch Fremdspannungsspitzen gestört war, wurden Modems zur Pegelumsetzung der Übertragungssignale zwischengeschaltet. Der Test sollte Aussagen darüber erbringen, mit wieviel Prozent Übereinstimmung der Fingerabdruckvergleich bei jeder Ausweisleserbenutzung erfolgt. Die in Prozentzahlen ausgewiesene Wertung wurde in einer Zentraleinheit ermittelt und über einen Drucker protokolliert. Im Bürobereich wurden ca. 80 Bewegungen pro Tag registriert. Zur Zeit dauert die Auswertung des Versuches anhand statistischer Aussagen noch an. Fehler traten dann auf, wenn der Ausweis zu schnell oder zu langsam in den Leser eingesteckt wurde. Ein großes Problem stellte das richtige Auflegen des Fingers auf das Abtastprisma dar. Der von den Personen im sogenannten sensitiven Bereich erzielte Übereinstimmungsgrad lag bei ca. 49 %, was im Prinzip durch das nicht exakte Auflegen des Fingers erklärt werden konnte. Da es sich bei den Ausweislesern um Prototypen handelte und das Vergleichsprinzip seine grundlegende technische Realisierung erbracht hatte, wurden für die nächste Ausweislesergeneration Verbesserungen von der Herstellerfirma getroffen, so daß zukünftig auch Aussagen über die Falschakzeptanz und Falschzurückweisung getroffen werden können.

In der neuen KfK-Alarmzentrale (AZ) wurden die Geräte und Einrichtungsgegenstände komplett installiert. Die einzelnen Systemschränke wurden zwischen Lageplantableaus, Monitorwand, Bedientisch und Hauptverteiler leitungsmäßig miteinander verbunden, und es erfolgte eine Funktionsprüfung mit simulierten Peripheriegeräten. Beim Festlegen der endgültigen Ausführung des Lageplantableaus und des Bedientisches wurden die ergonomischen Erfordernisse in erster Linie beachtet, da hier die Informationen verschiedenster Anlagen zusammenlaufen und eine Konzentration der Technik vorhanden ist. So wurde z.B. auf die gute Erkenn- und Lesbarkeit der einzelnen Teile auf und innerhalb des Lageplantableaus hinsichtlich der Farbe Zahlengröße, Gravierstärke und Leuchtintensität der Anzeigenlampen besonderer Wert gelegt. Im Bedientisch wurden die Anzeige- und Bedienelemente so angeordnet und ausgeführt, daß für oft benutzte Einrichtungen ein sicherer und schneller Zugriff gewährleistet ist. Die Bedienungsvorgänge sind bei einem großen Teil der Systeme rechnergestützt. Die in der AZ zusammenlaufenden rechnergestützten Meldungen setzen sich im wesentlichen aus den 5 großen Gruppen: Objektsicherung, Strahlenschutz, Technische Sicherheit, Torüberwachung und Brandmeldungen zusammen. Innerhalb dieser Gruppen gibt es noch mehrere Untergliederungen. Um aufgrund der Meldungen und Informationen, die von den vielfältigen Systemen bereitgestellt werden, die Durchführung bestimmter Maßnahmen zu gewährleisten, wurde eine intensive Schulung des Bedienpersonals erforderlich. Hierfür wurden für die aufwendigen Systeme alle Anzeigen und Bedienungsschritte vom jeweiligen Hersteller in ihrer Funktion erläutert und gleichzeitig mit einer Farbkamera und Videorecorder aufgezeichnet. Die Videobänder wurden anschließend durch elektronischen Schnitt und Einfügen von Zwischenüberschriften zur deutlichen Aufgliederung der einzelnen Bedienvorgänge aufbereitet. Die Schulung fand in 2 Gruppen zu je 8 Personen statt. Mit Hilfe der Videofilme konnten die einzelnen Bedienschritte anschaulich erläutert und so oft wie erforderlich wiederholt werden. Ergänzt wurde diese Ausbildung durch eigens für die AZ-Anlagen erarbeitete Bedienungshandbücher. Der theoretischen Ausbildung folgte dann die praktische Handhabung der Bedienelemente und Interpretation der Anzeigen in der AZ.

Als erster großer Anlagenteil wurde im Dezember 1982 die neue Lautsprecheranlage in Betrieb genommen.

Sie dient zur akustischen Alarmierung und zur Durchgabe von Anweisungen im Einzel-, Gruppen- und Sammelruf für sämtliche Gebäude auf dem Areal des Kernforschungszentrums. Die Durchgabe von Alarmzuständen und Anweisungen ist nur über den Bedien- und Überwachungsplatz der neuen AZ möglich.

Die Funkanlage ist ebenfalls betriebsbereit, Im Einsatzfall ist eine sichere Verbindung zu den mobilen Kräften besonders wichtig. Deshalb wurde für eine Funkfrequenz ein sogenanntes

Diversity-System aufgebaut. Es sorgt für eine gute und gleichmäßige Funk-Ausleuchtung des KfK-Geländes.

Bei Betätigung eines mobilen Funksprechgerätes wird das ausgesandte Signal von einer oder auch mehreren abgesetzten Stationen empfangen. Es wird die Empfangsstation mit der besten Feldstärke ausgewählt und zur AZ durchgeschaltet. Durch das Diversity-System wird daher immer die bestmögliche Funksprechverbindung hergestellt. Das System hat außerdem den Vorteil, daß bei Ausfall einer Station die anderen noch in Betrieb sind und damit der Funksprechverkehr innerhalb des Geländes gesichert ist.

3.8 Objektsicherungsmaßnahmen

W. Hagert, R. Günther

Für unterschiedliche kerntechnische Einrichtungen im Zentrum wurden Sicherungskonzepte ausgearbeitet und mit den Gutachtern und Genehmigungsbehörden abgestimmt, darunter Einrichtungen der niedrigsten Sicherungskategorie, in denen mit geringen Kernbrennstoffmengen oder mit bestrahltem Kernmaterial umgegangen wird. Die Sicherungsmaßnahmen bei diesen Anlagen waren hauptsächlich baulich-technischer Natur, und zwar darauf gerichtet, daß eine gleichmäßige Sicherung bei diesen Objekten erreicht wurde.

Für den Bereich HDB wurde für das F & E Programm "Testen von zerstörungsfreien Methoden für die Plutoniumbestimmungen in Abfallgebinden" eine Raumsicherungsanlage konzipiert und mit den Behörden abgestimmt.

Beim stillgelegten FR 2 wurde für den verbliebenen sensitiven Bereich ein neues Konzept erarbeitet. Die Sicherheitsaspekte wurden weitgehend ausgelegt unter Berücksichtigung von inhärenten Sicherheitseigenschaften von bestrahltem Material und erstreckten sich sowohl auf personelle als auch auf baulich-technische Überwachungseinrichtungen und Containmentmaßnahmen.

3.9 Ausbildung

F. Paltian

Die interne Ausbildung der Mitarbeiter der Abteilung Sicherung, speziell der OSD-Mitarbeiter geschieht weiterhin in zwei großen Blöcken: Praktische Ausbildung und Lehrgänge, die auf das Tätigkeitsfeld der einzelnen Mitarbeiter abgestimmt sind.

Die Mitarbeiter des Objektsicherungsdienstes wurden im Berichtszeitraum weiterhin intensiv an den Waffen in Theorie und Praxis ausgebildet. Darüberhinaus nahmen die Mitarbeiter an internen und externen Werkschutzlehrgängen teil. Im ersten Halbjahr 1982 wurde die Ausbildung der OSD-Mitarbeiter in den Grundlehrgängen, in denen Rechtskunde mit Fallbeispielen aus dem Notstands- und Notwehrrecht, Fragen der technischen Sicherheit und der Sicherungsorganisation behandelt wurden, abgeschlossen. Durch die Inbetriebnahme der KfK-Alarmzentrale wurden die dafür vorgesehenen Sachbearbeiter in zwei Lehrgängen ausgebildet. Die praktische Waffen-ausbildung umfaßt weiterhin sogenannte "Trockenübungen", in denen jeder Mitarbeiter unter Leitung der Waffenwarte ein mehrstündiges Übungsprogramm zu absolvieren hat. Die praktische Schießausbildung auf dem Schießplatz wurde fortgeführt, die Schießübungen erfolgten in Anlehnung an die Polizeidienstvorschrift PDV 211.

Zukünftig wird beim Übungsschießen mehr Wert auf einen gleichmäßigen Ausbildungsstand der Mitarbeiter gelegt, wobei die Mitarbeiter im Alarmverstärkungstrupp in externen Lehrgängen weitergeschult werden. Einige Mitarbeiter des OSD haben im Berichtszeitraum die Werkschutzfachprüfung bei der Industrie- und Handelskammer erfolgreich abgelegt. Die zukünftige Ausbildung wird darauf ausgerichtet sein, die Mitarbeiter stärker als bisher auf rein KfK-spezifische Sicherungsaufgaben und Einsatzfälle vorzubereiten. Die gute Ausbildung wurde in zahlreichen Übungen bestätigt.

4. Strahlenschutzüberwachung

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

Die Abteilung Strahlenschutzüberwachung ist vor allem für den Schutz der mit radioaktiven Stoffen umgehenden oder ionisierender Strahlung ausgesetzten Personen des Kernforschungszentrums Karlsruhe zuständig. Sie unterstützt dabei die Strahlenschutzbeauftragten in der Wahrnehmung ihrer Pflichten gemäß Strahlenschutz- bzw. Röntgenverordnung. Der Umfang der Zusammenarbeit ist in Abgrenzungsregelungen zwischen der Hauptabteilung Sicherheit und der entsprechenden Institution festgelegt. Bedingt durch diese Aufgabenstellung sind die Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung dezentral in den einzelnen Institutionen des Kernforschungszentrums Karlsruhe tätig. Nach der räumlichen Lage der zu überwachenden Gebäude gliedert sich die Abteilung in die drei Gruppen Nord, West und Süd mit insgesamt sieben Bereichen. Der Gruppe Süd ist das zentrale Strahlenschutzmeßlabor angeschlossen (siehe KfK-Plan nach S. 79).

| 1 Gruppe | 2 Bereich | 3 Anzahl der Mitarbeiter der Strahlenschutzüberwachung | 4 Anzahl der überwachten Personen (Dezember 1982) | 5 Fläche des überwachten Bereichs, in dem Aktivität > Freigrenze gehandhabt wird |
|-------------------------------|--|---|--|---|
| Nord | 1. IHCh, INE, VBW/VB-Wä | 9° | 255 | 12 300 m ² |
| | 2. KTB/HZ, IMF, VBW/E, IRCh (Geb. 562), IKVT/NUSTEP | 8 + 1* 1 [Ⓟ] | 286 | 11 850 m ² |
| | 3. KTB/FR 2, IT, IRE, LAF-II (Geb. 605), VBW/BW | 10 ⁺ | 345 | 14 800 m ² |
| West | 4. HDB, INE (Geb. 547) | 14 [#] + 4* | 327 | 18 700 m ² |
| | 5. IRCh, LAF-I, IGT (Geb. 321) | 5 + 1* 1 [Ⓟ] | 104 | 2 230 m ² |
| Süd | 6. KTB/SNEAK, EKS, HDI-I, INR, IAK, LIT, IRB, LAF-II, KTB/EA, IK, ITP, HS (Geb. 436), PHDR | 6 | 389 | 8 350 m ² |
| | 7. HS, P/AV, VBW/VB, VBW/HW, IKVT, MPI, MED, LA, IGT, BAU, SKT, HDI-II, IAK/Zykl., EKM/FK | 5 1 [Ⓟ] | 777 | 4.070 m ² |
| | Strahlenschutzmeßlabor | 1,5 | - | - |
| Abteilungsleitung/Sekretariat | | 1,5 | - | - |

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

Eine wichtige Aufgabe ist die Durchführung der Personendosimetrie. Neben den amtlichen Film- oder Phosphatglasdosimetern (s. Kap. 2.1) werden Taschenionisationskammern ausgegeben. Die Anzahl der Personen, die mit selbstablesbaren Taschenionisationskammern ausgerüstet wurden (Stichmonat Dezember 1982), einschließlich Fremdfirmenangehörigen, ist in Spalte 4 von Tab. 4/1 aufgeführt. Über

diese Meßergebnisse wird in Kap. 4.1.1 berichtet. Darüber hinaus werden, je nach der vorkommenden Strahlenart und Strahlenexposition, weitere Dosimetertypen verwendet, wie Thermolumineszenzdosimeter oder Albedodosimeter. Über die Ergebnisse dieser Messungen wird in Kap. 6 berichtet.

Die Gebäude und Anlagen werden routinemäßig durch Kontaminations-, Dosisleistungs- und Raumlufmessungen bzw. Wischtests überwacht. Die Fläche der jeweiligen betrieblichen Überwachungs-, Kontroll- und Sperrbereiche ist in Spalte 5 von Tab. 4/1 angegeben.

Die Mitarbeiter überwachen auf Anforderung des zuständigen Strahlenschutzbeauftragten die Durchführung von Arbeiten mit erhöhtem Kontaminations- oder Strahlenrisiko.

Weiterhin führen sie die Strahlenschutzkontrolle bei Materialtransporten aus den Kontrollbereichen in den das ganze Gelände des KfK umfassenden betrieblichen Überwachungsbereich und aus dem KfK in das allgemeine Staatsgebiet durch.

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

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

Mitarbeiter der Abteilung haben als Strahlenschutzbeauftragte oder stellvertretende Strahlenschutzbeauftragte die ordnungsgemäße Durchführung von Transporten radioaktiver Stoffe im Rahmen der Transportgenehmigungen der KfK GmbH zu überwachen. Hierüber wird in Kap. 4.4 berichtet. Außerdem sind Mitarbeiter der Abteilung als Strahlenschutzbeauftragte oder stellvertretende Strahlenschutzbeauftragte für die Hauptabteilung Personalwesen und Allgemeine Verwaltung/Fahrdienst und Reinigungsdienst bestellt.

Weiterhin wurde eine theoretische Arbeit zur Nachweisgrenze von Strahlenschutzmeßgeräten abgeschlossen, vgl. Kap. 4.5. Im Laufe des Jahres wurde im IRCh die Abluftüberwachung der Gasmeßstelle auf Kleinrechner mit automatischer Datensicherung umgestellt, s. Kap. 4/6.

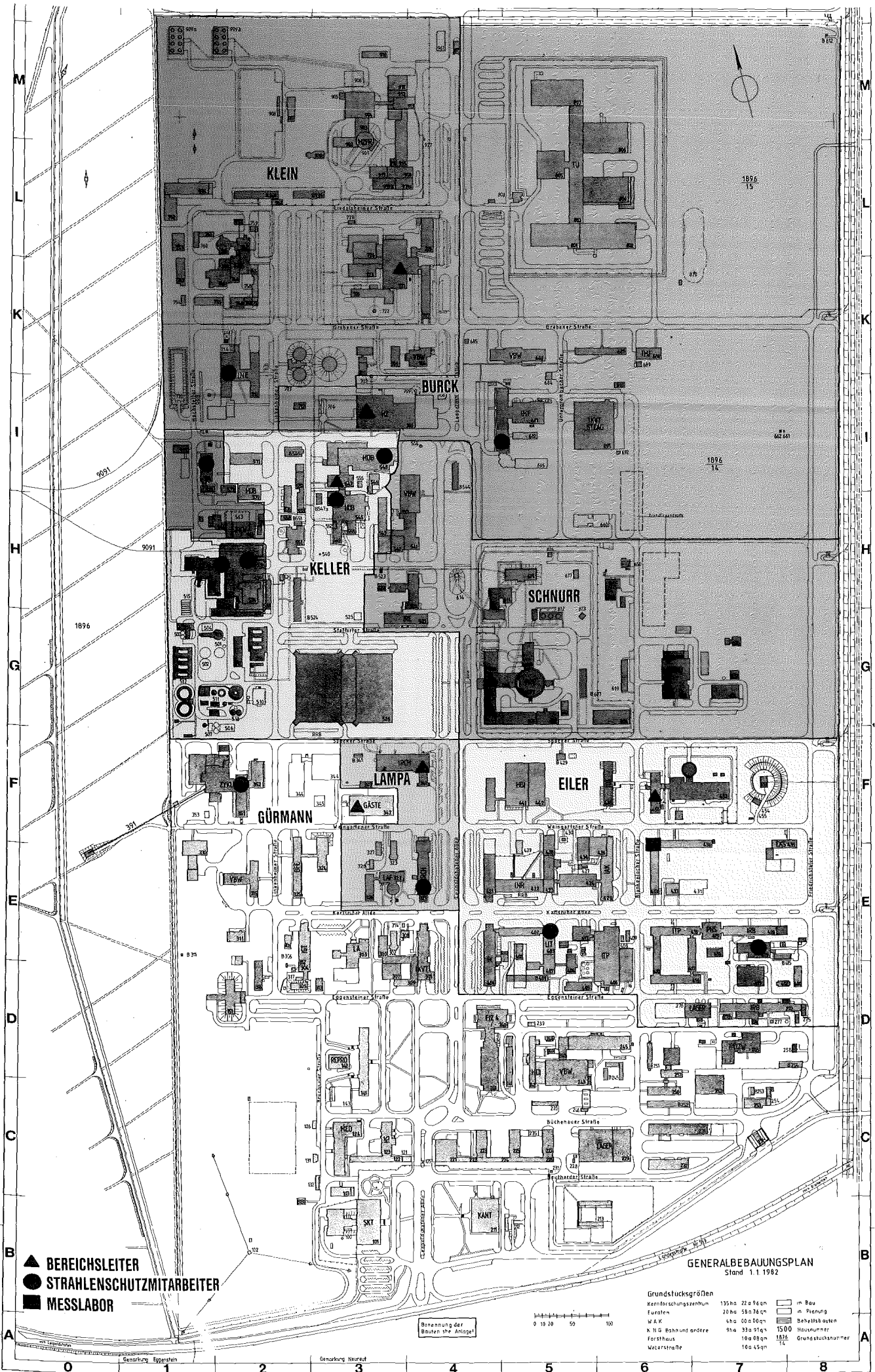
Die Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter wurde auch im vergangenen Jahr fortgeführt. Für ausgeschiedene oder verstorbene Mitarbeiter mußten zwei Personen eingestellt und angelernt werden. Neben der praktischen Ausbildung unter Anleitung der Bereichsleiter und der meßtechnischen Einweisung im Strahlenschutzmeßlabor wurden theoretische Kurse in der Schule für Kerntechnik besucht. Insgesamt wurden von Mitarbeitern der Abteilung 8 Kurse über Strahlenschutz und Datenverarbeitung wahrgenommen.

Für die Mitarbeiter im Schichtdienst und in der Rufbereitschaft wurden monatlich Begehungen von Gebäuden mit Abluft-, Raumluft- und sonstigen dauernd betriebenen Strahlenschutzgeräten durchgeführt.

4.1 Arbeitsplatzüberwachung im KfK

H. Dilger

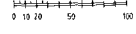
Die Art und Menge der gehandhabten radioaktiven Stoffe und auftretenden Strahlenarten sind in den einzelnen Institutionen unterschiedlich. Bei der folgenden Aufstellung werden die Einrichtungen der KfK in fünf Gruppen zusammengefaßt, die sich nicht mit den in Tab. 4/1 aufgeführten Bereichen decken. Über die Gruppe 4 "Dekontamination und Abfallbehandlung" wird in Kap. 4.2 auch gesondert berichtet.



GENERALBEBAUUNGSPLAN
Stand 1.1.1982

- ▲ BEREICHSLEITER
- STRAHLENSCHUTZMITARBEITER
- MESSLABOR

Benennung der
Blöcke des Anlagen



| Grundstücksgrößen | | |
|-----------------------------|-----------------|-----------------------|
| Kernforschungszentrum | 135ha 22 a 96qm | im Bau |
| Euraten | 208ha 58 a 34qm | in Planung |
| W & K | 4ha 0 a 06qm | Behaltlabausen |
| N. H. G. Bohnung und andere | 9ha 33 a 91qm | 1500 Hausnummer |
| Forsthaus | 10 a 08qm | 1876 Grundstücknummer |
| Wasserstraße | 10 a 45qm | TC |

4.1.1 Personendosimetrie mit Taschenionisationskammer

Die Tab. 4/2 zeigt, daß in den Einrichtungen des KfK im Jahre 1982 7 Personen eine Jahresdosis von mehr als 15 mSv erhalten haben, d. h. nur 0,3 % der überwachten Personen wären als strahlenexponierte Personen der Kategorie A zu betrachten. Die Anzahl der Personen mit einer Jahresdosis zwischen 5 und 15 mSv im Jahr 1982 betrug 28. Insgesamt wären nur 1,4 % der überwachten Personen des KfK als strahlenexponierte Personen anzusehen. Die 7 Personen mit Ganzkörperdosen oberhalb 15 mSv gehören alle der Arbeitsgruppe des IRCh an, die die Mo/Tc-Produktion durchführt.

4.1.2 Oberflächenkontaminationen

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

α - und β -Kontaminationen traten vor allem in den "Institutionen mit höherer Aktivität" und bei der "Dekontamination und Abfallbehandlung" auf, während Tritiumkontaminationen überwiegend bei den Beschleunigern und Reaktoren entdeckt wurden.

4.1.3 Raumlufaktivitäten

Weiter sind in Tab. 4/2 die Raumlufmessungen, wiederum aufgeschlüsselt nach α -, β - und H-3-Aktivitäten, aufgeführt. Die Aktivitäten werden dabei in Vielfache von abgeleiteten Grenzwerten eingeteilt. Diese abgeleiteten Grenzwerte werden aus der maximal zulässigen Jahresaktivitätszufuhr gemäß Strahlenschutzverordnung für strahlenexponierte Personen der Kategorie A und ein Jahresinhalationsvolumen von 2500 m³ berechnet. So ergibt sich z. B. in den Anlagen der KfK für nichtidentifizierte α -Aktivitätsgemische 0,037 Bq/m³, für nichtidentifizierte β -Aktivitätsgemische 15 Bq/m³ und für H-3-Aktivitäten $1,9 \cdot 10^5$ Bq/m³. Bei Raumlufaktivitäten oberhalb dieser abgeleiteten Grenzwerte wird in den Anlagen der KfK routinemäßig ein Atemschutzfiltergerät getragen. Die Raumlufaktivitäten werden ab dem 0,05-fachen der abgeleiteten Grenzwerte erfaßt, weil unterhalb dieser Werte das Erfordernis einer regelmäßigen Inkorporationskontrolle gemäß der "Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle" auch ohne Berücksichtigung der Aufenthaltsdauer entfällt. Eine weitere Einteilungsschranke stellt das 200-fache der abgeleiteten Grenzwerte dar, weil oberhalb dieser Werte bei α - oder β -Aktivitäten mit Atemschutz-Isoliergeräten gearbeitet werden muß. Bei Tritiumaktivitäten wird schon oberhalb des abgeleiteten Grenzwerts das Tragen eines fremdbelüfteten, gasdichten Schutzanzugs vorgeschrieben.

Die überwiegende Zahl der α - und β -Aktivitäten oberhalb der angegebenen Grenzen traten bei der "Dekontamination und Abfallbehandlung" auf, vereinzelt auch in den "Institutionen mit höherer Aktivität". Eine Aktivität oberhalb des 200-fachen der abgeleiteten Grenzwerte wurde nur einmal beim Umgang mit D₂O im FR 2 gefunden.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--|---|--|---|---|------------------------|-------|
| Gruppe | Beschleuniger, Reaktoren (KTB/SNEAK, IAK, INR) | Institutionen mit höherer Aktivität (IHCh, IRCh, KTB/HZ, KTB/FR 2, INE, IMF-III) | Institutionen mit niedriger Aktivität (IMF-I+II, IT, LAF II, LIT) | Dekontamination und Abfallbehandlung (HDB) | sonstige Institutionen | KfK |
| Personendosis ermittelt mit Taschenionisationskammer in mSv | | | | | | |
| Anzahl der Personen | | | | | | |
| $0 < H \leq 5$ | 238 | 541 | 327 | 317 | 1 058 | 2 481 |
| $5 < H \leq 15$ | 4 | 11 | 0 | 13 | 0 | 28 |
| $15 < H$ | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 7 |
| Oberflächenkontamination in Vielfachen der KfK-internen Grenzwerte | | | | | | |
| Anzahl der Fälle | | | | | | |
| $10^0 < K_\alpha \leq 10^1$ | 13 | 73 | 2 | 65 | 4 | 157 |
| $10^1 < K_\alpha \leq 10^2$ | 2 | 20 | 4 | 12 | 0 | 38 |
| $10^2 < K_\alpha \leq 10^3$ | 0 | 4 | 1 | 3 | 0 | 8 |
| $10^3 < K_\alpha$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| $10^0 < K_\beta \leq 10^1$ | 45 | 155 | 9 | 103 | 31 | 343 |
| $10^1 < K_\beta \leq 10^2$ | 16 | 62 | 6 | 29 | 3 | 116 |
| $10^2 < K_\beta \leq 10^3$ | 1 | 19 | 0 | 2 | 0 | 22 |
| $10^3 < K_\beta$ | 1 | 5 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| $10^0 < K_{H3} \leq 10^1$ | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| $10^1 < K_{H3} \leq 10^2$ | 29 | 1 | 0 | 0 | 1 | 31 |
| $10^2 < K_{H3} \leq 10^3$ | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 |
| $10^3 < K_{H3}$ | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| Raumluftaktivitäten in Vielfachen von abgeleiteten Grenzwerten | | | | | | |
| Anzahl der Fälle | | | | | | |
| $0,05 < R_\alpha \leq 1$ | 0 | 10 | 0 | 63 | 0 | 73 |
| $1 < R_\alpha \leq 200$ | 0 | 7 | 0 | 43 | 0 | 50 |
| $200 < R_\alpha$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| $0,05 < R_\beta \leq 1$ | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 4 |
| $1 < R_\beta \leq 200$ | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| $200 < R_\beta$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| $0,05 < R_{H3} \leq 1$ | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| $1 < R_{H3} \leq 200$ | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| $200 < R_{H3}$ | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Personenkontaminationen | 0 | 16 | 2 | 9 | 0 | 27 |

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

4.1.4 Personenkontaminationen

Hier werden alle Kontaminationen erfaßt, die nicht vor Ort durch einfaches Waschen beseitigt werden können, und bei denen die Dekontamination in den speziellen Einrichtungen der Medizinischen Abteilung erfolgt. Die meisten Personenkontaminationen ereigneten sich bei der "Dekontamination und Abfallbehandlung" und in den "Institutionen mit höherer Aktivität.

4.2 Arbeitsplatzüberwachung in der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe

H. Schüler

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

Bedingt durch die laufenden Um- und Neubauarbeiten, die ohne Beeinträchtigung der Entsorgung durchgeführt werden mußten, war eine besonders intensive Strahlenschutzüberwachung dieser Anlagen erforderlich. Die laufende Dokumentation des dabei anfallenden Datenmaterials lieferte den entsprechenden Abteilungen Entscheidungshilfen. In wöchentlich stattfindenden Besprechungen wurden die betrieblichen sowie strahlenschutzmäßigen Probleme besprochen und koordiniert.

Ein wesentlicher Bestandteil der Strahlenschutzmaßnahmen war 1982 die Bearbeitung von ca. 1600 Interventionserlaubnisscheinen. Auf diesen wurden vor Beginn der Arbeit Ort, auszuführende Arbeit sowie die aus den gegebenen Zuständen resultierenden Strahlenschutzmaßnahmen festgelegt und von autorisierten Mitarbeitern des Strahlenschutzes sowie dem zuständigen Strahlenschutzbeauftragten unterschrieben. Die aufgeführten Schutzmaßnahmen sind für die betroffenen Mitarbeiter bindend.

Die Ertüchtigungsarbeiten der Anlagen auf den Stand der Technik und zur Reduzierung der Strahlenbelastung wurden 1982 fortgesetzt.

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

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

Dieses System liefert zu jeder gewünschten Zeit Ausdrücke der aufgelaufenen Dosiswerte und diese wurden den zuständigen Abteilungsleitern - je nach Wunsch - wöchentlich oder monatlich überreicht. Diese Listen gestatteten eine laufende Kontrolle und gaben eine Hilfe bei der Einsatzplanung.

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

In Tab. 4/3 sind neben den mittleren Einzeldosen die Gruppensdosen der Abteilungen der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe sowie die des gesamten eingesetzten Personals dargestellt. Die Zahl der Fremdfirmenmitarbeiter enthält alle Personen, die - ohne Berücksichtigung ihrer Beschäftigungsdauer - zur Gruppensdosis beigetragen haben.

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

Wenn im folgenden die Gruppendosen behandelt werden, beziehen sich diese nur auf die TIK-Werte.

Der Rückgang der TIK-Dosis des gesamten in der HDB eingesetzten Personals gegenüber dem Vorjahr um ca. 50 % auf ca. 430 mSv ist, wie schon im Vorjahr, auf viele kleine Einzelverbesserungen und Abschirmmaßnahmen zurückzuführen.

Die Gruppendosis der Abteilung 1 verzeichnet einen Rückgang um 57 % auf ca. 175 mSv. Die weitere Fortführung der Ertüchtigung der Anlagen auf den Stand der Technik führte zu einer Verringerung der Interventionsarbeiten an den stärker strahlenden Komponenten. Regelmäßiges Spülen zum Entfernen von strahlenden Ablagerungen und - wo dieses nicht zum Erfolg führte - Anbringen von Abschirmungen, eine laufende Vorkalkulation der zu erwartenden Gruppendosis sowie der ständige Vergleich mit den Ist-Werten zeigten hier ihre Wirkung.

Die Gruppendosis der Abteilung 2 sank um 46 % auf rund 230 mSv. In der Gerätedekontamination ist der Rückgang der Gruppendosis in erster Linie darauf zurückzuführen, daß ausschließlich schwächer kontaminierte Gegenstände verarbeitet und dekontaminiert wurden. Des weiteren haben auch verbesserte Abschirmungen bei der Zwischenlagerung der verarbeiteten Fässer im umgebauten Zwischenlager Geb. 535 zu diesem Rückgang beigetragen. Außerdem wurde aufgrund des Stillstandes der WAK mehr LAW als MAW verarbeitet.

Die Abteilung 3 hat für 1982 einen Rückgang der Gruppendosis um ca. 77 % auf 3 mSv zu verzeichnen. Dieses ist auf die - entsprechend der Aufgabenstellung - stärker reduzierte Aufenthaltsdauer in den Anlagen zurückzuführen.

Auf der Abb. 4/1 sind oben links die Kollektivdosen der Mitarbeiter der HDB seit 1975 dargestellt. Der positive Trend des Vorjahres hat sich 1982 fortgesetzt und führte zu einem Rückgang der Kollektivdosis gegenüber 1981 um ca. 50 %.

Die anderen Abbildungsteile zeigen die Dosisverteilung für die gesamte HDB, das Stammpersonal und die in der HDB tätig gewesenen Fremdfirmenmitarbeiter. Hieraus läßt sich ablesen, daß mehr als 60 % des Personals eine Jahresdosis von bis zu 0,4 mSv erhalten haben.

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

Die Auswertung der Computerausdrucke zeigt, daß ca. 5 % des Personals fast 20 % der Gruppendosis erhalten haben. Hier werden für 1983 die Schwerpunkte der Strahlenschutzarbeit liegen, um durch Verbesserung der Arbeitsbedingungen und Belehrung des Personals eine weitere Reduzierung der Dosisbelastung zu erreichen.

Die Kontaminationskontrollen in den Anlagenräumen wurden, wie in den Vorjahren, fortgesetzt. Zur Überwachung der Kontaminationstendenz wurden weiterhin für alle überwachten Räume Konzentrationswochenmittelwerte gebildet.

Auch 1982 wurde der Bereich der HDB außerhalb der Gebäude durch Dosisleistungsmessungen einer wöchentlichen Kontrolle unterzogen, um die Einhaltung der zulässigen Dosiswerte sicherzustellen.

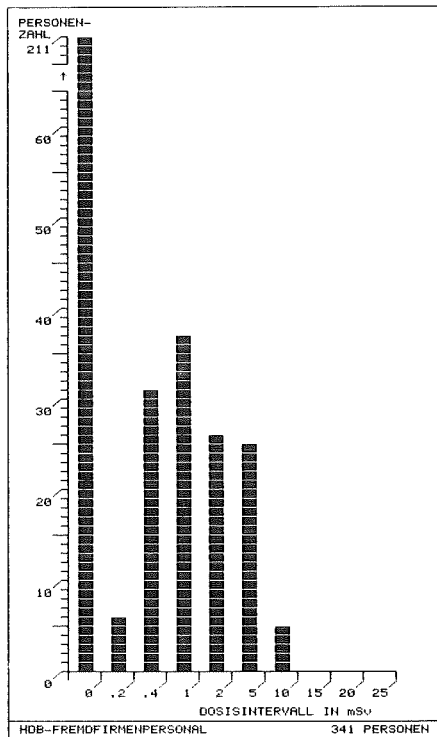
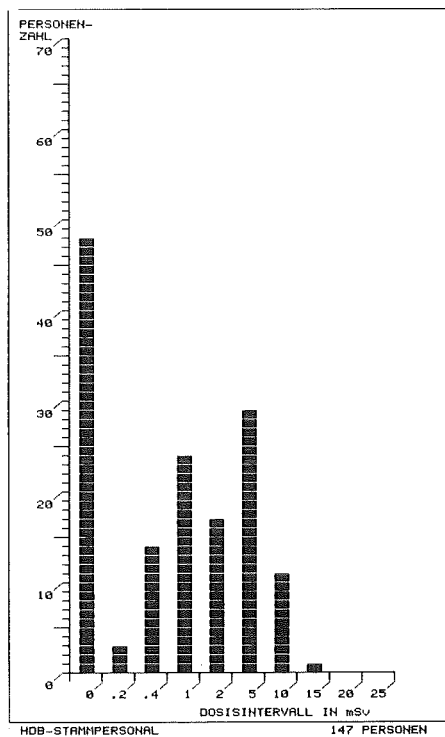
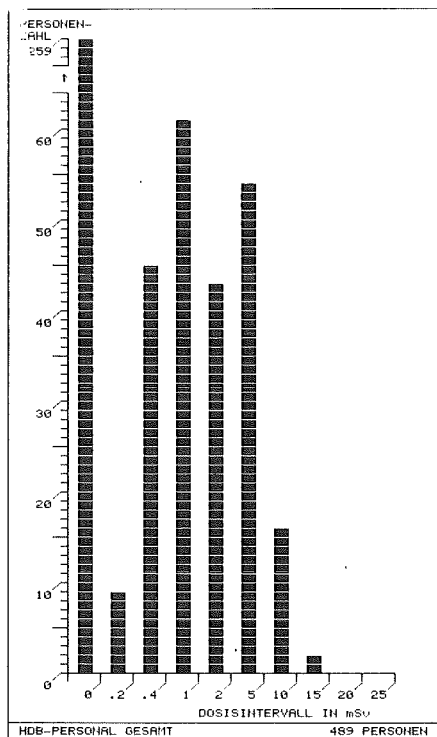
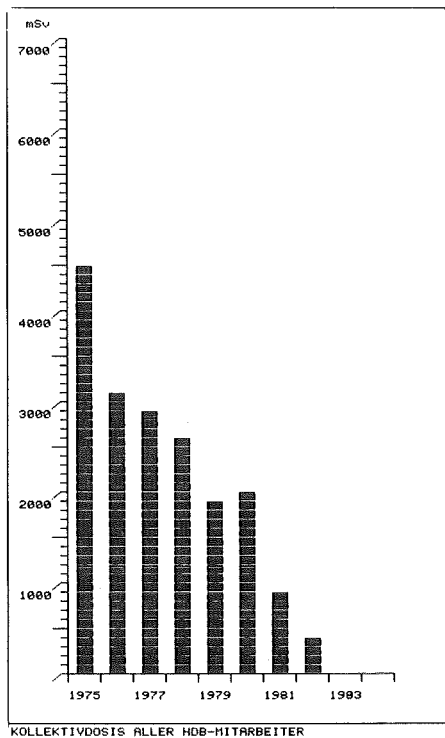


Abb. 4/1: Kollektivdosis seit 1975 sowie die Häufigkeitsverteilung der Personendosis aller 1982 in der HDB beschäftigten Personen (Die Zahl der Fremdfirmenmitarbeiter enthält ohne Berücksichtigung der Beschäftigungsdauer alle, die zur Kollektivdosis beigetragen haben.)

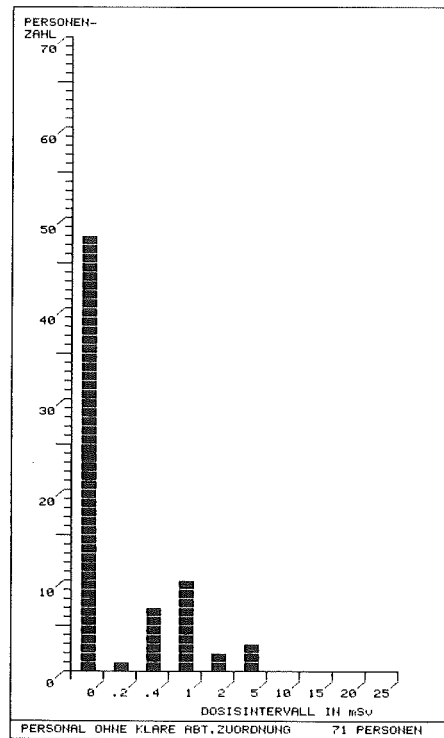
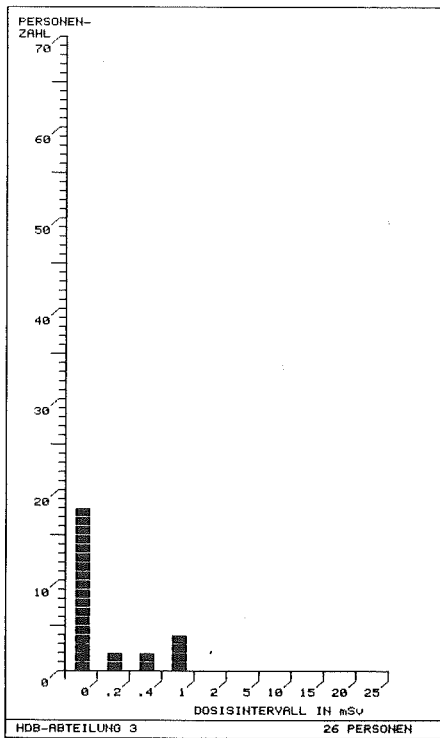
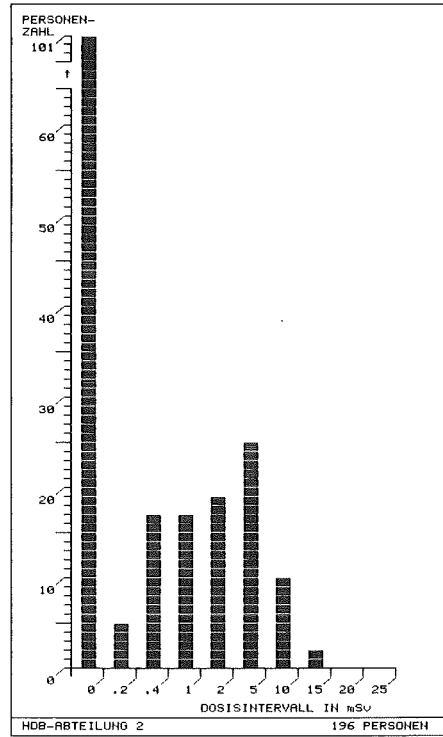
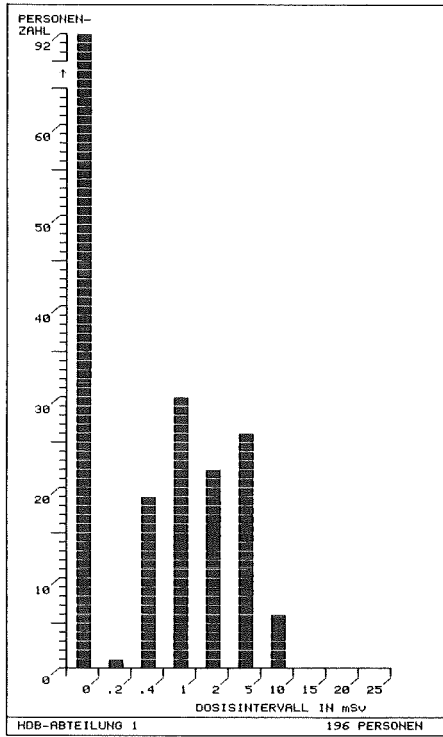


Abb. 4/2: Häufigkeitsverteilung der Personendosis für die einzelnen Abteilungen der HDB
 (Die Zahl der Fremdfirmenmitarbeiter enthält ohne Berücksichtigung der Beschäftigungsdauer alle, die zur Kollektivdosis beigetragen haben.)

| ABTEILUNG | PERSONALART | ANZAHL DER UEBER- WACHTEN PERSONEN | GRUPPENDOSEN | | MITTLERE EINZELDOSEN | |
|---|---------------|--|--------------|-------|-------------------------|------|
| | | | FILM | TIK | FILM | TIK |
| | | | mSv | mSv | mSv | mSv |
| 1.1 + 1.2 MAW+LAW-VERDAMPFER | STAMMPERSONAL | 30 | 43.2 | 39.4 | 1.44 | 1.31 |
| | FREMDPERSONAL | 112 | (*) | 128.5 | (*) | 1.14 |
| 1.3 KLAERWERK | STAMMPERSONAL | 25 | 9.8 | 3.5 | .39 | .14 |
| | FREMDPERSONAL | 29 | (*) | 3.1 | (*) | .10 |
| ZUSAMMENFASSUNG ABTEILUNG 1 | STAMMPERSONAL | 55 | 53.0 | 42.9 | .96 | .78 |
| | FREMDPERSONAL | 141 | (*) | 131.6 | (*) | .93 |
| | GESAMT | 196 | (*) | 174.5 | (*) | .89 |
| 2.1 VERBRENNUNG UND KEROSINREINIGUNG | STAMMPERSONAL | 22 | 58.0 | 42.8 | 2.63 | 1.94 |
| | FREMDPERSONAL | 41 | (*) | 12.2 | (*) | .29 |
| 2.2 GERAETE-DEKONT. UND LAW-VERSCHROTTUNG | STAMMPERSONAL | 26 | 128.5 | 122.5 | 4.94 | 4.71 |
| | FREMDPERSONAL | 51 | (*) | 10.5 | (*) | .20 |
| 2.3 MAW-VERSCHROTTUNG ZEMENTIERUNG, LAGER | STAMMPERSONAL | 20 | 61.0 | 37.0 | 3.05 | 1.85 |
| | FREMDPERSONAL | 36 | (*) | 3.7 | (*) | .10 |
| ZUSAMMENFASSUNG ABTEILUNG 2 | STAMMPERSONAL | 68 | 247.5 | 202.3 | 3.63 | 2.97 |
| | FREMDPERSONAL | 128 | (*) | 26.4 | (*) | .20 |
| | GESAMT | 196 | (*) | 228.7 | (*) | 1.16 |
| 3.1 PLANUNG | STAMMPERSONAL | 6 | .2 | .9 | .03 | .15 |
| | FREMDPERSONAL | 5 | (*) | .7 | (*) | .14 |
| 3.2 QUALITAETSSICHERUNG | STAMMPERSONAL | 6 | 2.0 | .8 | .33 | .13 |
| | FREMDPERSONAL | 0 | (*) | .0 | (*) | .00 |
| 3.3 BETRIEBSBUERO | STAMMPERSONAL | 7 | .4 | .5 | .05 | .07 |
| | FREMDPERSONAL | 2 | (*) | .0 | (*) | .00 |
| ZUSAMMENFASSUNG ABTEILUNG 3 | STAMMPERSONAL | 19 | 2.6 | 2.2 | .13 | .11 |
| | FREMDPERSONAL | 7 | (*) | .7 | (*) | .10 |
| | GESAMT | 26 | (*) | 2.9 | (*) | .11 |
| ZUSAMMENFASSUNG PERSONAL OHNE KLARE ABTEILUNGSZUORDNUNG | STAMMPERSONAL | 6 | .2 | 1.0 | .03 | .16 |
| | FREMDPERSONAL | 65 | (*) | 21.1 | (*) | .32 |
| | GESAMT | 71 | (*) | 22.1 | (*) | .31 |
| HDB GESAMT | STAMMPERSONAL | 148 | 303.3 | 248.4 | 2.04 | 1.67 |
| | FREMDPERSONAL | 341 | (*) | 179.8 | (*) | .52 |
| | GESAMT | 489 | (*) | 428.2 | (*) | .87 |

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

Tab. 4/3: Gruppendosen und mittlere Einzeldosen in der HDB (Anzahl des Fremdpersonals ohne Berücksichtigung der Beschäftigungsdauer)

4.3 Strahlenschutzmeßlabor

D. Beier

Im Berichtszeitraum wurden im Strahlenschutzmeßlabor 30500 Raumluftfilter mittels Alpha-Beta-Pseudokoinzidenzanlagen auf künstliche α - und β -Aktivität ausgemessen. Die Anzahl der Messungen war beträchtlich höher, da die Filter zum Teil bis zu dreimal gemessen werden mußten, um die Grenzen der Aktivitätskonzentration in Luft von $3,7 \cdot 10^{-2}$ Bq/m³ für α -Strahler und von 15 Bq/m³ für β -Strahler zu erreichen. Zusätzlich wurde jeweils pro Aerosolsammelstelle und Woche ein Filter nach einer Abklingzeit von etwa drei Tagen einer 80-min-Messung unterzogen, um die Nachweisgrenze auf $1,9 \cdot 10^{-3}$ Bq/m³ für α -Strahler und auf 0,74 Bq/m³ für β -Strahler zu drücken.

Die gefundenen Luftstaubaktivitäten sind in Tab. 4/4 nach Raumluftkonzentrationen aufgegliedert.

| α in Bq/m ³ | | | β in Bq/m ³ | | |
|-------------------------------|--|----------------------------|------------------------------|--------------------|---------------|
| $A > 3,7 \cdot 10^{-2}$ | $1,9 \cdot 10^{-3} < A \leq 3,7 \cdot 10^{-2}$ | $A \leq 1,9 \cdot 10^{-3}$ | $A > 15$ | $0,74 < A \leq 15$ | $A \leq 0,74$ |
| 49 | 132 | 113 | 5 | 26 | 449 |

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

Die Werte $3,7 \cdot 10^{-2}$ Bq/m³ für α -Strahler bzw. 15 Bq/m³ für β -Strahler werden von den Grenzwerten der Jahresaktivitätszufuhr über Luft abgeleitet (vgl. Kap. 4.1.3). Die Grenzwerte $1,9 \cdot 10^{-3}$ Bq/m³ für α -Strahler bzw. 0,74 Bq/m³ für β -Strahler sind 1/20 der oben aufgeführten Werte. Bei Einhaltung dieser Grenzwerte entfällt das Erfordernis einer regelmäßigen Inkorporationsüberwachung.

Mittels α -Spektroskopie wurden 11 Proben untersucht. Davon entfielen 7 Proben auf Wischtests und 4 Proben auf Luftfilter. Die identifizierten Nuklide sind in Tab. 4/5 aufgeführt.

| Nuklid | Beschleuniger und Reaktoren | Einrichtungen mit hoher Aktivität | Einrichtungen mit niedriger Aktivität | HDB | Summe |
|------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-----|-------|
| Am-241 und/oder Pu-238 | 1 | 8 | 1 | 1 | 11 |
| Pu-239 | 1 | 5 | 1 | - | 7 |
| Cm-242 und/oder Cf-252 | - | 2 | - | - | 2 |
| Cm-243 und/oder Cm-244 | - | 2 | - | - | 2 |

Tab. 4/5: Häufigkeitsverteilung der α -spektroskopisch identifizierten Radionuklide

Mittels γ -Spektroskopie wurden im Strahlenschutzmeßlabor 876 Proben untersucht. Davon entfielen auf Kohlefilter 699, auf Informationsmessungen über Betonstaub und Bodenproben 75, auf Luftfilter 67, auf Wischtests 30 und auf kontaminierte bzw. aktivierte Gegenstände 5 Proben. Die identifizierten Nuklide sind in Tab. 4/6 aufgeführt.

| Nuklid | Beschleuniger und Reaktoren | Einrichtungen mit hoher Aktivität | Einrichtungen mit niedriger Aktivität | HDB | Summe |
|---------------------|--------------------------------|---|---|-----|-------|
| I-131 | - | 483 | 12 | - | 495 |
| Cs-137 | - | 11 | - | 33 | 44 |
| Co-60 | 1 | 10 | - | 18 | 29 |
| Sb-125/Te-125m | - | 6 | - | 17 | 23 |
| Ru-106/Rh-106 | - | 8 | - | 13 | 21 |
| Cs-134 | - | 8 | - | 12 | 20 |
| Zn-65 | 1 | 2 | - | 11 | 14 |
| Ag-110m | - | 1 | - | 11 | 12 |
| Mn-54 | 5 | 1 | - | 3 | 9 |
| Ce-144/Pr-144 | - | 8 | - | 1 | 9 |
| Co-57 | 6 | 2 | - | - | 8 |
| Zr-95/Nb 95 | - | 8 | - | - | 8 |
| Co-58 | 6 | 1 | - | - | 7 |
| Be-7 | 6 | - | - | - | 6 |
| C-11 | 6 | - | - | - | 6 |
| N-13 | 6 | - | - | - | 6 |
| F-18 | 6 | - | - | - | 6 |
| Na-24 | 6 | - | - | - | 6 |
| Cl-38 | 6 | - | - | - | 6 |
| Cl-40 | 6 | - | - | - | 6 |
| Cl-39 | 5 | - | - | - | 5 |
| V-48 | 5 | - | - | - | 5 |
| Mn-52 | 5 | - | - | - | 5 |
| Ni-57 | 5 | - | - | - | 5 |
| Ba-140/La-140 | 5 | - | - | - | 5 |
| Ru-103 | - | 3 | - | 1 | 4 |
| I-123 | 4 | - | - | - | 4 |
| U- + Th-Folgeprod. | - | 2 | 1 | 1 | 4 |
| Mo-99/Tc-99m | - | 3 | - | - | 3 |
| Sb-124 | - | 1 | - | 2 | 3 |
| Te-132/I-132 | - | 3 | - | - | 3 |
| Ce-141 | - | 3 | - | - | 3 |
| Sc-46 | - | 1 | - | 1 | 2 |
| Tc-99m | - | - | 2 | - | 2 |
| Xe-135 | - | 2 | - | - | 2 |
| Eu-154 | - | 2 | - | - | 2 |
| Am-241 | - | 1 | - | 1 | 2 |
| Na-22 | - | - | - | 1 | 1 |
| Sc-47 | - | - | - | 1 | 1 |
| Co-56 | - | - | - | 1 | 1 |
| Fe-59 | - | 1 | - | - | 1 |
| Rb-81 | - | - | 1 | - | 1 |
| Rb-82m | - | - | 1 | - | 1 |
| Rb-84 | - | - | 1 | - | 1 |
| Cd-115 | - | 1 | - | - | 1 |
| Eu-155 | - | 1 | - | - | 1 |
| Ra-226 + Folgeprod. | - | - | 1 | - | 1 |

Tab. 4/6: Häufigkeitsverteilung der γ -spektroskopisch identifizierten Radionuklide

Im Strahlenschutzmeßlabor werden außer den bereits aufgeführten Messungen noch Luftstaubsammler und Jodsammelanlagen aus Einzelteilen wie Membranpumpen, Seitenkanalgebläsen, Filterhalterungen, Adsorberbetten und Wagen je nach Erfordernis zusammengestellt und montiert. Ferner wird vom Labor die gesamte Neu- und Ersatzbeschaffung von tragbaren Dosis- und Dosisleistungsmeßgeräten sowie Kontaminationsmonitoren durchgeführt. Auch die Beschaffung und Lagerhaltung des gesamten Verbrauchsmaterials der Abteilung HS/Ü wie Aerosolfilter, Wischtestpapiere, Schreiberpapier, Strahlenschutzaukleber usw. wird vom Meßlabor getätigt. Ferner wurden im Berichtszeitraum einige Probenwechsler auf Kleinrechner umgestellt. Damit ist neben der Ergebnisbewertung unmittelbar der Ausdruck eines Protokolls im Format DIN A4 möglich. Das Programm dazu wurde ebenfalls vom Bereich Meßlabor erstellt.

4.4 Transporte radioaktiver Stoffe unter Benutzung von Genehmigungen der KfK GmbH

H.-U. Berger

Der Verfasser hat neben seinen sonstigen Aufgaben auch die Verpflichtung, als Strahlenschutzbeauftragter der Abteilung AV-FD die ordnungsgemäße Durchführung von Transporten radioaktiver Stoffe außerhalb des KfK-Geländes zu überwachen, soweit dabei Transportgenehmigungen der KfK-GmbH in Anspruch genommen werden. Insbesondere muß er die vorgeschriebene Buchführung über die durchgeführten Transporte vornehmen und die Strahlenschutzbelehrungen für die eingesetzten Fahrer abhalten. Obwohl im Laufe des Berichtsjahres für sehr viele Organisationseinheiten "Fachkundige Personen für Beförderungsfragen" bestellt und dem Gewerbeaufsichtsamt gemeldet wurden, war eine große Zahl von Einzelberatungen von KfK-Mitarbeitern durchzuführen, die Transporte radioaktiver Stoffe vorbereiten mußten.

Im Jahre 1982 wurden zwei Strahlenschutzbelehrungen und insgesamt 101 Transporte radioaktiver Stoffe durchgeführt, die in Tab. 4/7 näher aufgeschlüsselt werden.

| T r a n s p o r t e | | | | | | | |
|--|------------------------------|---|--------------|--|---|-------------------------------------|---------------------|
| von Leerbehältern oder mit Aktivität < 3,7 E8 Bq | > 3,7 E8 Bq und < 3,7 E10 Bq | mit Aktivität ≥ 3,7 E10 Bq und < 3,7 E12 Bq | ≥ 3,7 E12 Bq | durch AV/FD von und zum Hauptbahnhof Karlsruhe | durch AV/FD von und zu sonstigen Adressen | durch LAF-II von und zu fremden KKW | sonstige Transporte |
| 67 | 27 | 7 | - | 18 | 55 | 27 | 1 |

Tab. 4/7: Aktivitätsinventar und Wege der mit KfK-Genehmigungen durchgeführten Transporte

Befördert wurden: H-3, Na-24, Si-31, Cr-51, Mn-54, Fe-55, Fe-59, Co-56, Co-57, Co-58, Co-60, Zn-65, Se-75, Sr-90, Nb-95, Zr-95, Mo-99, Tc-99m, Ru-106, Ag-110m, I-123, I-128, I-131, Cs-134, Cs-137, Ir-192, Bi-205, Bi-206, U_{abger.}, Pu-239, Pu-241, Pu-242, Cm-244, Cf-252.

Nach der Durchführung von Transporten, bei denen radioaktive Stoffe bei anderen Genehmigungsinhabern, Flughäfen oder Bundesbahndienststellen abgeholt wurden, traten bei der Beschaffung einer Kopie der Begleitpapiere für den Strahlenschutzbeauftragten von AV/FD gelegentlich Schwierigkeiten auf.

4.5 Gedanken zur Nachweisgrenze aktivitätsmessender Geräte

H.-U. Berger

Seit einiger Zeit bürgert es sich ein, die Aktivität $A_{gr\infty}$, die in einem Aktivitätsmeßgerät eine Nettozählrate in Höhe der Unsicherheit des Nulleffekts σ_{NE} hervorruft, als Nachweisgrenze dieses Gerätes zu bezeichnen. Außerdem wird es in letzter Zeit üblich, von Proben, die bei der Messung eine geringere Nettozählrate als die Unsicherheit des Nulleffekts hervorrufen, die Aussage $A < A_{gr\infty}$ zu machen. Zumindest die letztere Aussage ist irreführend.

Richtig ist zunächst zweifellos, daß man nur bei Gesamtzählraten oberhalb der "Entscheidungsgrenze" $Z_E = Z_{NE} + K_\alpha \cdot \sigma_{NE}$ mit einer angemessenen Irrtumswahrscheinlichkeit α die Aussage vertreten kann, daß es sich nicht mehr um eine zufällige Nulleffektexkursion handelt, sondern um die Wirkung von radioaktivem Material aus der gemessenen Probe. Der Zusammenhang zwischen K_α und α hängt von der anzuwendenden Zählratenverteilung (Poisson-Verteilung, bei höheren Zählraten Normalverteilung) ab. Die irrtümliche Deutung einer extremen Nulleffektexkursion als Folge von (nicht vorhandener) Probenaktivität bezeichnet man im allgemeinen als "Fehler 1. Art", α ist die Wahrscheinlichkeit von Fehlern 1. Art, also von Fehlalarmen. α wird primär nicht aufgrund gerätetechnischer sondern aufgrund "politischer" Gegebenheiten festgelegt. Wegen der vor allem bei schwachen Proben erheblichen relativen statistischen Schwankungen von Zählrate bzw. Zerfallsrate muß man davon ausgehen, daß die Proportionalität zwischen Aktivität und Zähl- bzw. Zerfallsrate streng genommen nur zwischen Aktivität und Langzeitmittelwert von Zähl- bzw. Zerfallsrate Z gilt (andernfalls müßte man ansetzen, daß die Aktivität schwacher Proben statistisch schwankt, ein wenig hilfreicher Ansatz!). Bedenkt man nun, daß in der Strahlenschutzpraxis viele Entscheidungen über Kontaminationsfreiheit auf jeweils einmaliger Messung der Probe beruhen, so wird klar, daß keinesfalls die Aktivität für den Praktiker die Nachweisgrenze darstellt, die einen Langzeitmittelwert der Nettozählrate in Höhe von $K_\alpha \cdot \sigma_{NE}$ hervorruft.

Diese Probenaktivität verursacht ja nur bei jeder zweiten Messung eine Gesamtzählrate, die die Entscheidungsgrenze erreicht oder überschreitet. Das heißt, in $\beta = 50\%$ aller Messungen würde man aufgrund von Einzelmessungen fälschlich die Entscheidung "Nulleffektexkursion, also Probe aktivitätsfrei" treffen. Bezeichnet man diese Art der Fehlentscheidung, wie üblich, als Fehler 2. Art, so ist β die Wahrscheinlichkeit des Fehlers 2. Art oder die Wahrscheinlichkeit der ungerechtfertigten Freigabe. Bei der oben skizzierten Festlegung der Nachweisgrenze würde $\beta = 50\%$ betragen, ein u. U. bedenklich hoher Wert. Auch β wird man, wie α , primär nicht aufgrund gerätetechnischer sondern aufgrund "politischer" Gegebenheiten festlegen müssen. Nach erfolgter Festlegung von β muß man dann aus der jeweils anzuwendenden Zählratenverteilung für vorgegebene Langzeitmittelwerte Z_{ges} der Gesamtzählrate berechnen, welche Zählratenschwelle $Z_{min\beta}$ mit der Irrtumswahrscheinlichkeit β gerade erreicht oder überschritten wird. Durch diese Parameterstudie erhält man zunächst $Z_{min\beta} = f(Z_{ges}, \beta)$ als Funktion von Z_{ges} . Danach ermittelt man aus der Umkehrfunktion $Z_{ges} = \phi(Z_{min\beta}, \beta)$ durch Interpolation zwischen den nächstgelegenen Werten $Z_{min\beta 1}$ und $Z_{min\beta 2}$ der erstellten Tabelle $Z_{gesmin} = \phi(Z_E, \beta)$. Dies ist der kleinste Langzeit-Mittelwert der Gesamtzählrate, der mit der vorgegebenen Irrtumswahrscheinlichkeit β bei der Einzelmessung als vom Nulleffekt verschieden erkennbar ist, und der andererseits durch die vorherige Festlegung von Z_E genügend kleine Fehlalarm-Wahrscheinlichkeit α bietet. Die praktische Nachweisgrenze $A_{grp} = g \cdot (Z_{gesmin} - Z_{NE})$ (g = Kalibrierfaktor) ist somit die kleinste mit angemessenen Irrtumswahrscheinlichkeiten α und β nachweisbare Aktivität. Grundsätzlich kann man α und β beliebig, vor allem unterschiedlich, festlegen. Gibt man aber für α und β gleiche Werte vor, so läßt sich zeigen, daß $A_{grp} \approx 2 \cdot A_{gr\infty}$ ist.

Im obereren Teil der Abb. 4/3 ist die Häufigkeitsverteilung der Nulleffektzählrate für einen Mittelwert Z_{NE} und eine Ratemeterzeitkonstante $\tau = 1$ s dargestellt. Offensichtlich kann man mit der Irrtumswahrscheinlichkeit α (schraffierte Fläche) erst Zählraten oberhalb 540 ipm als nicht zum NE gehörig erkennen. Im unteren Teil ist die Häufigkeitsverteilung der Bruttozählrate bei der Messung eines 7,4 nCi-Präparates (Zählwirksamkeit 20 %) dargestellt. Offensichtlich ist dies die kleinste Aktivität, die mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens β (schraffierte Fläche) bei einer Einzelmessung zu einer Zählrate oberhalb von 540 ipm und damit zu der Aussage "die Probe ist nicht kontaminationsfrei" führt.

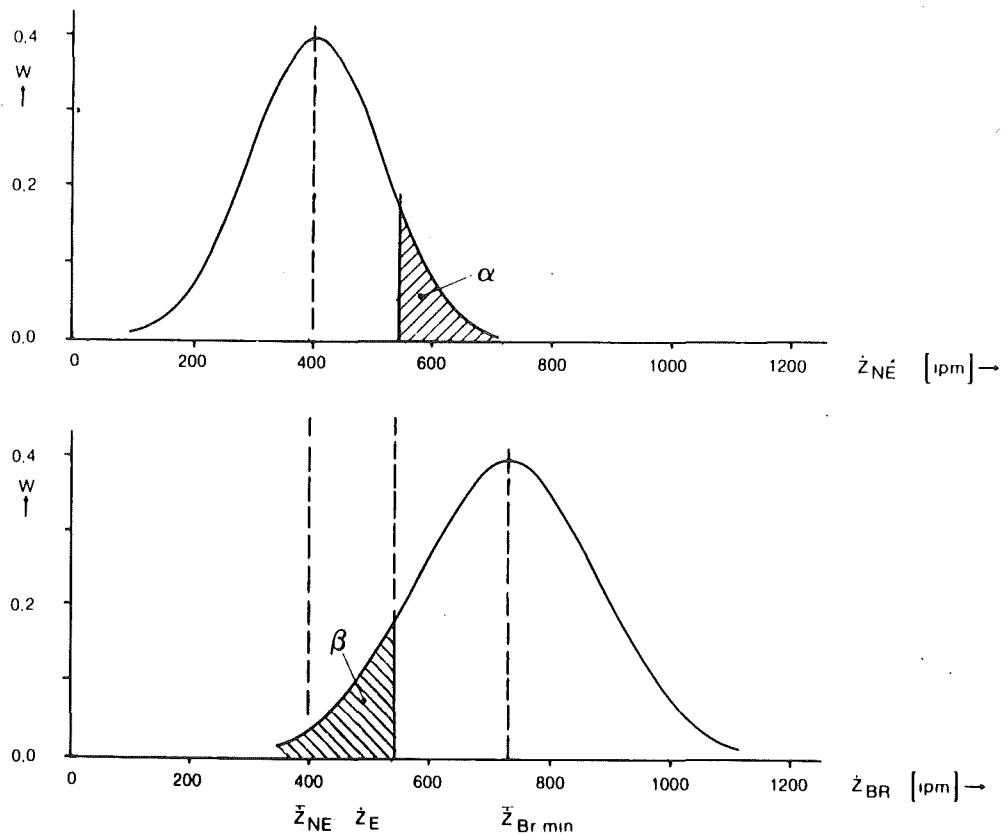


Abb. 4/3: Entscheidungs- und Nachweisgrenze

4.6 Rechnergestützte Gas-Fortluftüberwachung mit automatischer Datensicherung

H. Schüler

Basierend auf den guten Erfahrungen mit einer rechnergestützten Tritiumfortluftüberwachungsanlage wurde eine in wesentlichen Teilen verbesserte Konfiguration der Datenübernahme und Verarbeitung entwickelt und mit einer Gas-Fortluftüberwachungsanlage betrieben.

Diese Konfiguration besteht aus Detektor, Impulsausgabeelektronik, Interface, Rechner, Monofloppy und Printer. Der Rechner steuert die Meßzeit und übernimmt Meßwerte. Er verarbeitet sie zu Fracht pro Meßzeit, Stunden-, Tages- und Wochenableitungsfrachten und stellt diese auf dem Bildschirm in zwei Graphiken dar. Diese erscheinen während der Meßzeit alternierend und zeigen:

1. Die Tagesableitung in Form von 24-Stundenwerten in Balkenform,
2. die aufsummierte Tages- und Wochenableitung in Balkenform und daneben in Klartextgraphik Datum, Uhrzeit, Fracht pro Meßzeit, Tendenz, zulässige Fracht und aufgelaufene Fracht.

Außerdem wird ein abheftbares Tagesprotokoll mit allen relevanten Daten erstellt.

Nach jeder Meßwertübernahme und abgeschlossener Berechnung werden in einer Floppydatei die vorhergehenden durch die letztgültigen Werte überschrieben und somit gesichert.

Der Rechner wurde mit einer Power-on-Logik versehen, die nach Stromausfall ein automatisches Laden des Programms von der Floppy sowie dessen Start veranlaßt. Das Programm liest sodann die letztgültigen Daten aus der Datei, druckt auf dem Protokoll einen Hinweis auf Stromausfall mit Uhrzeit und fährt im Programm fort. Da der Rechner mit der bei der letzten Datensicherung gültigen Uhrzeit fortfährt, geht seine Uhr um die Zeit des Stromausfalls nach. Dieses dokumentiert er auf dem Bildschirm durch Blinken der Zeitangabe. Geht man dann in die Zeitkorrekturroutine und berichtigt die Uhrzeit, wird im Protokoll ein Hinweis mit alter und neuer Uhrzeit gedruckt.

Um auf dem Protokoll die Datenflut einzudämmen ohne die Feinstruktur bei Ableitungsänderungen zu verlieren, ist im Programm eine Printunterdrückung eingebaut. Ohne die Darstellung auf dem Bildschirm zu beeinflussen, wird außer zu jeder vollen Stunde nur protokolliert, wenn der angefallene Meßwert außerhalb der 5-Sigma-Schranke der letztgedruckten Meßrate liegt. Jeweils um 24 Uhr wird das Tagesprotokoll abgeschlossen, indem zusätzlich eine Hardcopy der 24 Uhr-Graphik gedruckt wird.

Das Programm ist modular aufgebaut und gestattet mit entsprechenden Modifikationen die Meßwertverarbeitung an allen Fortluftüberwachungsanlagen. Es ist vor allem dann von Nutzen, wenn, um Grenzwertüberschreitungen zu vermeiden, der Beginn und Verlauf von Emissionen sowie der momentane Stand der Fracht zur Einflußnahme auf Betriebsbedingungen genutzt werden soll.

5. Radioökologie

L.A. König

Die Aufgabengebiete der Abteilung "Radioökologie" (HS/R) sind im Kap. 1 dieses Berichtes beschrieben. Im Kap. 5 sind Umfang bzw. Ergebnisse der Routineüberwachung (5.1; Abluft 5.1.1, Abwasser 5.1.2, Umgebung 5.1.3, der spektrometrischen Untersuchungen 5.1.4 und der radiochemischen Untersuchungen 5.1.5) sowie Ergebnisse radioökologischer Forschungsarbeiten (5.2) zusammengefaßt. Abb. 5/1 enthält den Organisationsplan der Abteilung.

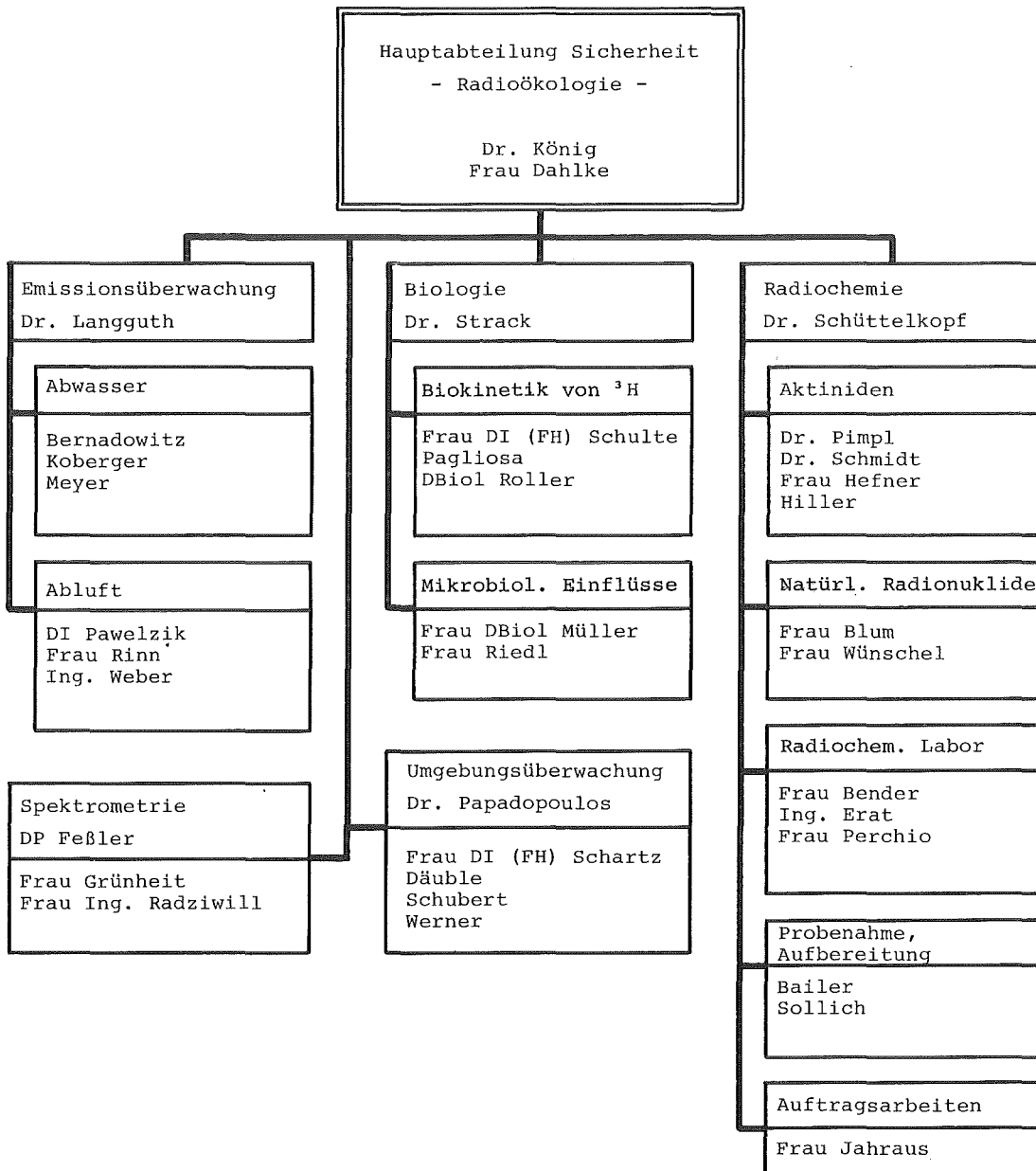


Abb. 5/1: Organigramm der Abteilung "Radioökologie" (Stand: 31.12.1982)

Die im folgenden berichteten Ergebnisse sind das Resultat der Zusammenarbeit der verschiedenen Arbeitsgruppen von HS/R: Alle quantitativen γ - und ein großer Teil der α -spektrometrischen Messungen wurden von der Gruppe "Spektrometrie" und im Abwasserlabor der Gruppe "Emissionsüberwachung" durchgeführt. Die quantitativen γ -spektrometrischen Langzeitmessungen wurden ausschließlich von der erstgenannten Gruppe übernommen. Die im Rahmen der Routineüberwachung notwendigen radiochemischen Analysen wurden von der Gruppe "Radiochemie" ausgeführt. Tritium im Rahmen von Überwachungsaufgaben sowie teilweise bei den radioökologischen Untersuchungen wurde von der Gruppe "Emissionsüberwachung" bestimmt. Weitere Tritiumuntersuchungen erfolgten durch die Gruppe "Biologie". Alle Dosimeterauswertungen, deren Ergebnisse im Kap. 5 berichtet werden, lagen in der Hand der Abteilung "Dosimetrie" (Leitung: Dipl.-Phys. E. Piesch) der Hauptabteilung Sicherheit (HS). Die Berichterstattung über die Ergebnisse der Überwachungsprogramme erfolgt durch die federführenden Gruppen.

Von der Gruppe "Radiochemie" werden die Forschungsprogramme "Untersuchung des physikalischen und chemischen Verhaltens biologisch besonders wirksamer Radionuklide in der Umwelt - Pu, Am, Cm" im Rahmen des Projektes Nukleare Sicherheit und "Untersuchung der Freisetzung von Tc-99 aus kerntechnischen und anderen Anlagen" bearbeitet. Das letztgenannte Programm wird vom BMI gefördert.

Die Untersuchung des Verhaltens von natürlichen Radionukliden, vornehmlich Ra-226, Pb-210 und Po-210 wurden im Rahmen einer radioökologischen Untersuchung in Großschloppen im Bereich des Stollen "Christa" in Zusammenarbeit mit der ESSO ERZ auf Anforderung des Bayerischen Umweltschutzamtes durchgeführt und abgeschlossen.

Die Arbeiten an den vom BMI geförderten Vorhaben "Radioökologische Studien der Auswirkungen von Tritiumemissionen am Beispiel des KfK" wurden fortgesetzt. Abgeschlossen wurde das BMI-geförderte Vorhaben "Radioökologische Studien über die Auswirkungen des langjährigen Betriebs der kerntechnischen Anlagen des KfK auf den Nahbereich ihrer Umgebung".

Von der Gruppe "Biologie" wurde das im Projekt Nukleare Sicherheit angesiedelte und von den Europäischen Gemeinschaften geförderte Forschungsvorhaben "Mikrobiologische Einflüsse auf die Mobilität von Radionukliden in Böden und Sedimenten" begonnen.

Die Qualität der Messungen wird durch Teilnahme an Ringversuchen überwacht. 1982 nahm HS/R an folgenden Ringversuchen teil:

- Jodfilter
(Bundesgesundheitsamt, Institut für Strahlenhygiene, 8042 Neuherberg)
- I-131 in Milch
(Bundesforschungsanstalt für Milchforschung, Institut für Chemie und Physik, 2300 Kiel)
- Bestimmung des Radionuklidgehaltes im Abwasser aus Kernkraftwerken
(Bundesgesundheitsamt, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, 1000 Berlin 33)

Wie auch in den vergangenen Jahren wurden Messungen für externe Auftraggeber gegen Verrechnung nach einer aufwandsbezogenen Gebührentabelle durchgeführt. Diese Gebührentabelle liegt auch den Aufwandsangaben in den Berichten der Routineüberwachung zugrunde. Diese Angaben sollen verdeutlichen, daß die Durchführung von Messungen Geld kostet, was bei vielen Anforderungen übersehen wird.

Im Jahr 1982 wurden von den Mitarbeitern der Abteilung "Radioökologie" 17 Berichte veröffentlicht bzw. Beiträge zu Veröffentlichungen geleistet.

5.1 Berichte über Routineüberwachung

5.1.1 Abluft

L.A. König, K.-G. Langguth, S. Rinn

Die Ableitung radioaktiver Stoffe aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe in die Atmosphäre wird seit 1969 gemäß Grundsätzen, die mit der Aufsichtsbehörde vereinbart sind, in einem für das Jahr gültigen "Abluftplan" vorgeplant. Dieser Abluftplan enthält für die einzelnen Emittenten des Kernforschungszentrums die höchstzulässigen Jahres- und Wochenabgaben, aufgeschlüsselt nach Radionukliden bzw. Radionuklidgruppen.

Die Ableitungen werden in den von der KfK (Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH) betriebenen Anlagen in Zusammenarbeit mit Mitarbeitern der Abteilung "Strahlenschutzüberwachung" (Leitung: Dr. H. Dilger) der Hauptabteilung Sicherheit (HS) ermittelt. Die Fortluftüberwachung der Anlagen des Kernforschungszentrums, die nicht von der KfK betrieben werden, erfolgt durch die zuständigen Betriebsgesellschaften.

Tab. 5/1 enthält die für den Abluftplan 1982 zugrundeliegenden Definitionen der Nuklidgruppen. Die Einführung von Nuklidgruppen bedeutete keinen Verzicht auf die Bilanzierung der Ableitungen von einzelnen Radionukliden. Sie ist jedoch bei verschiedenen Emittenten des Kernforschungszentrums notwendig, da bei diesen die Nuklidzusammensetzungen in den Ableitungen nicht vorhergesagt werden können, andererseits aber doch direkt meßbare höchstzulässige Ableitungen vorgegeben werden müssen. In allen Fällen, in denen aufgrund der kontinuierlichen Aerosolüberwachung oder der Bilanzierungsmessungen Zweifel entstanden, daß die zulässigen Wochenwerte erreicht worden sein könnten, wurden nuklidspezifische Untersuchungen vorgenommen. Beim FR-2 und der Verbrennungsanlage der HDB wurden die Aerosolprobenahmefilter routinemäßig nuklid-spezifisch von HS/R überwacht. Änderungen der Definition der Nuklidgruppen sind beabsichtigt.

In Tab. 5/2 wird eine Übersicht über die im Jahr 1982 von den einzelnen Anlagen des Kernforschungszentrums Karlsruhe abgeleitete Aktivität gegeben. Bei den Jahressummen wurde in jenen Fällen, in denen zu einzelnen größeren Werten kleine Werte unter der Nachweisgrenze zu addieren waren, die weniger als 20 % zur Gesamtsumme beitrugen, die <-Zeichen weggelassen. Auf die Wiedergabe der einzelnen Wochenwerte wurde verzichtet, jedoch ist angegeben, wieviele Überschreitungen von Wochenwerten es in den betreffenden Anlagen gegeben hat, wie hoch in Prozent diese Ableitungen waren und in welcher Woche sie sich ereigneten. Bei den Radiojodableitungen werden nicht nur die Ableitungen von einzelnen Radiojodisotopen angegeben, sondern auch in der mit I bezeichneten Spalte die Summe der I-131-Äquivalentwerte. Die Faktoren f_i , mit deren Hilfe die Ableitungen von Radiojodisotopen auf I-131-Äquivalent umgerechnet wurden, sind aus Tab. 5/3 ersichtlich. f_i ist durch die Beziehung

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

definiert. Hierin ist A_i^{zul} die für das Jodisotop i zulässige Ableitung, A_{131}^{zul} jene für I-131. Die für das Jodisotop i gemessene Ableitung ist also durch f_i zu dividieren, um das I-131-Äquivalent zu erhalten. Bei den kurzlebigen Radionukliden wurde folgendermaßen verfahren: Wenn die Annahme einer über die gesamte Sammelperiode konstanten Radioaktivitätsemission plausibel war, wurde die Berechnung unter dieser Annahme durchgeführt. War der Zeitpunkt einer einmaligen Ableitung bekannt, so wurde dies berücksichtigt. Hatten zu n bekannten Zeitpunkten Freisetzungen unbekannter Aufteilung stattgefunden, so wurden n gleichgroße Ableitungen zu diesen Zeitpunkten vorausgesetzt. Lagen dagegen keine Informationen über den Zeitpunkt der Freisetzung vor, wurde die Freisetzung zu Beginn der Sammelperiode angenommen. Man darf also im allgemeinen davon ausgehen, daß die Angaben über die abgeleitete Aktivität an kurzlebigen Radioisotopen auf der sicheren Seite liegen. Bei der Berechnung der Strahlenbelastung durch

kurzlebige Radionuklide ist die Ungenauigkeit durch die verglichen mit der Sammelperiode kleine Halbwertszeit ohne Bedeutung, da diese Nuklide nur einen vernachlässigbar kleinen Beitrag liefern.

| Gruppe | N u k l i d e |
|--------|--|
| A | Beliebige Mischung von α -, β - und γ -Strahlern |
| B | Beliebige Mischung von β -, γ - und ($\beta+\gamma$)-Strahlern, wenn die α -Strahler sowie Radiojodisotope, Pb-210, Ac-227, Ra-228, Pu-241, Am-242m und Cf-254 unberücksichtigt bleiben können ^{a), b), c), d)} |
| C | Radioaktive Edelgase und Radionuklide mit einer Halbwertszeit unterhalb 1 Stunde |
| I | I-131-Äquivalent (siehe Tab. 5/3) |

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

Tab. 5/1: Definition der Nuklidgruppen (Stand: 31. Dezember 1982)

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

Tab. 5/3: Umrechnungsfaktoren auf I-131-Äquivalent (Stand: Ende 1982)

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

| Nuklid/ Nuklidgruppe | Zulässige Ableitungen in | | Tatsächliche Ableitungen in Bq/a | Vorjahreswert der Ableitungen in Bq/a | Wochenwert- überschreitungen in % (Woche) |
|-------------------------|-----------------------------|----------|--|---|--|
| | Bq/Woche | Bq/a | | | |
| IRCh | | | | | |
| A | 9,3 E+03 | 3,7 E+05 | <4,0 E+04 | <5,1 E+04 | |
| B | 9,3 E+06 | 3,7 E+08 | <3,2 E+05 | 3,0 E+07 | |
| C | 1,9 E+12 | 7,4 E+12 | 6,2 E+12 | 2,6 E+12 | |
| I-131 | 1,5 E+07 | 4,0 E+08 | 2,6 E+07 | 5,9 E+06 | |
| H-3 | 1,9 E+12 | 7,4 E+12 | 1,3 E+10 | - | |
| BFE | | | | | |
| C-14 | 1,4 E+07 | 1,1 E+08 | - | 6,3 E+05 | |
| Zyklotron | | | | | |
| C | 9,3 E+11 | 1,9 E+13 | 9,2 E+12 | 1,5 E+13 | |
| I-123 | - | - | 6,3 E+04 | 1,4 E+04 | |
| I-124 | - | - | 1,2 E+04 | 3,0 E+03 | |
| I-131 | - | - | 1,5 E+03 | <1,3 E+03 | |
| | 1,9 E+05 | 7,4 E+06 | 7,7 E+03 | <2,8 E+03 | |
| LIT | | | | | |
| A | - | - | <1,4 E+03 | <1,7 E+03 | |
| B | 2,0 E+07 | 1,0 E+09 | <1,2 E+04 | <9,8 E+03 | |
| LAF II | | | | | |
| I-131 | 1,1 E+06 | 3,0 E+07 | <2,3 E+06 | <2,2 E+06 | |
| INR | | | | | |
| H-3 | 9,3 E+10 | 1,9 E+12 | - | - | |
| SNEAK | | | | | |
| A | 2,8 E+05 | 7,4 E+06 | <1,8 E+04 | <2,1 E+04 | |
| B | 1,4 E+08 | 3,7 E+09 | <1,6 E+05 | <1,2 E+05 | |
| C | 2,8 E+11 | 7,4 E+12 | - | - | |
| I-131 | 2,8 E+06 | 1,1 E+08 | <4,1 E+06 | <1,6 E+06 | |
| HDB, Geb. 534 | | | | | |
| A | 9,3 E+03 | 3,7 E+05 | <1,9 E+03 | <2,1 E+03 | |
| B | 9,3 E+06 | 3,7 E+08 | <1,6 E+04 | <1,9 E+04 | |
| H-3 | 9,3 E+08 | 3,7 E+10 | 1,8 E+09 | 1,2 E+09 | |

Tab. 5/2: Ableitung radioaktiver Stoffe im Jahre 1982 aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe in die Atmosphäre

| Nuklid/ Nuklidgruppe | Zulässige Ableitungen in | | Tatsächliche Ableitungen in Bq/a | Vorjahreswert der Ableitungen in Bq/a | Wochenwert- überschreitungen in % (Woche) |
|-------------------------|-----------------------------|----------|--|---|--|
| | Bq/Woche | Bq/a | | | |
| HDB, Geb. 536 | | | | | |
| A | 7,4 E+06 | 7,4 E+07 | 9,2 E+06 | 2,6 E+07 | |
| B | 4,6 E+08 | 1,5 E+10 | 2,4 E+09 | 1,6 E+09 | |
| I-125 | - | - | 2,3 E+06 | 2,5 E+06 | |
| I-129 | - | - | <9,8 E+05 | <2,0 E+06 | |
| I-131 | - | - | <1,9 E+06 | <2,2 E+06 | |
| | 3,7 E+07 | 3,7 E+08 | <7,2 E+06 | <1,2 E+07 | |
| H-3 | 9,3 E+11 | 3,7 E+13 | 9,7 E+12 | 9,4 E+12 | 28 (10), 85 (33) |
| C-14 | 9,3 E+09 | 3,7 E+11 | 2,7 E+11 | - | 860 (9-11) |
| HDB, Geb. 545/555 | | | | | |
| A | 3,7 E+04 | 1,1 E+06 | <2,4 E+04 | <5,1 E+04 | |
| B | 7,4 E+07 | 5,6 E+08 | 3,5 E+07 | 8,0 E+08 | |
| I-129 | - | - | <4,5 E+06 | <1,3 E+07 | |
| I-125 | - | - | - | 7,0 E+07 | |
| I-131 | - | - | <1,9 E+06 | <3,1 E+06 | |
| I | 1,5 E+07 | 1,5 E+08 | <1,9 E+07 | <1,0 E+08 | |
| H-3 | 2,8 E+11 | 3,7 E+12 | 4,7 E+10 | 5,2 E+10 | |
| HDB, Geb. 548 Ost/West | | | | | |
| A | 7,4 E+04 | 9,3 E+05 | <4,1 E+04 | <5,2 E+04 | |
| B | 1,9 E+07 | 2,6 E+08 | 1,2 E+07 | 3,0 E+07 | |
| I-131 | 1,9 E+05 | 7,4 E+06 | <6,4 E+06 | <3,6 E+06 | 245 (7) |
| H-3 | 1,4 E+11 | 1,1 E+12 | 6,4 E+11 | 2,1 E+10 | 282 (43) |
| INE | | | | | |
| A | 1,2 E+04 | 5,6 E+05 | <8,8 E+03 | <8,8 E+03 | |
| B | 1,9 E+04 | 9,3 E+05 | <7,5 E+04 | <4,8 E+04 | |
| IMF III | | | | | |
| A | 3,7 E+04 | 1,1 E+06 | <1,2 E+04 | <1,4 E+04 | |
| B | - | - | <9,8 E+04 | <7,9 E+04 | |
| KTB/FR-2 | | | | | |
| A | 2,8 E+05 | 1,1 E+07 | <2,2 E+04 | <2,1 E+04 | |
| B | 1,4 E+08 | 5,6 E+09 | <2,3 E+05 | 1,1 E+07 | |
| I-129 | - | - | <7,4 E+04 | - | |
| I-131 | - | - | <3,4 E+06 | <3,3 E+06 | |
| I-132 | - | - | - | 1,6 E+07 | |
| I-133 | - | - | - | 8,6 E+06 | |
| I-134 | - | - | - | 1,0 E+07 | |
| I-135 | - | - | - | 2,3 E+06 | |
| I | 4,6 E+07 | 1,9 E+09 | <3,7 E+06 | <3,5 E+06 | |
| H-3 | 1,1 E+12 | 3,7 E+13 | 4,0 E+12 | 5,7 E+12 | |

Tab. 5/2: Fortsetzung

| Nuklid/ Nuklidgruppe | Zulässige Ableitungen in | | Tatsächliche Ableitungen in Bq/a | Vorjahreswert der Ableitungen in Bq/a | Wochenwert- überschreitungen % (Woche) |
|-------------------------|-----------------------------|----------|--|---|--|
| | Bq/Woche | Bq/a | | | |
| IT | | | | | |
| A | 1,5 E+05 | 3,3 E+06 | <7,4 E+03 | <7,0 E+03 | |
| B | 1,9 E+05 | 7,8 E+06 | <6,7 E+04 | <1,1 E+05 | |
| C | 9,3 E+09 | 4,4 E+11 | 1,4 E+05 | 1,7 E+06 | |
| I-131 | 1,4 E+05 | 5,6 E+06 | <2,1 E+06 | <1,4 E+06 | |
| H-3 | 2,8 E+09 | 1,1 E+11 | 1,4 E+10 | 2,2 E+10 | |
| IMF I | | | | | |
| A | 1,9 E+04 | 5,9 E+05 | <1,6 E+04 | <1,7 E+04 | |
| B | - | - | <1,5 E+05 | <9,3 E+04 | |
| KTB/HZ | | | | | |
| A | 9,3 E+05 | 3,0 E+07 | <1,6 E+04 | <1,5 E+04 | |
| B | 4,6 E+08 | 1,5 E+10 | 2,3 E+07 | <2,8 E+05 | |
| C | 4,6 E+12 | 3,7 E+13 | 6,9 E+10 | 3,1 E+11 | |
| I-125 | - | - | - | 2,4 E+05 | |
| I-129 | - | - | <2,5 E+06 | <3,3 E+06 | |
| I-131 | - | - | <2,5 E+06 | <3,0 E+06 | |
| I | 9,3 E+06 | 3,7 E+08 | <1,2 E+07 | <1,6 E+07 | |
| H-3 | - | - | 1,1 E+11 | - | |
| IHCh, Geb. 721/724/726 | | | | | |
| A | 9,3 E+05 | 3,0 E+07 | <2,1 E+04 | <8,9 E+03 | |
| B | 1,9 E+08 | 3,7 E+09 | <1,8 E+05 | <8,6 E+04 | |
| C | 1,9 E+13 | 3,7 E+13 | 5,4 E+11 | 7,6 E+11 | |
| I-129 | - | - | <8,8 E+06 | 4,9 E+06 | |
| I-131 | - | - | <6,4 E+06 | <7,5 E+06 | |
| | 3,7 E+07 | 3,7 E+08 | <4,0 E+07 | <2,6 E+07 | |
| IHCh, Geb. 725 | | | | | |
| A | 9,3 E+03 | 3,7 E+05 | <4,3 E+03 | <1,0 E+03 | |
| B | 9,3 E+06 | 3,7 E+08 | <3,8 E+04 | <7,1 E+03 | |
| I-131 | 9,3 E+04 | 3,7 E+06 | <3,8 E+06 | <1,1 E+06 | |
| KNK | | | | | |
| B | 1,4 E+08 | 5,6 E+09 | 1,8 E+08 | 2,8 E+08 | |
| C | 9,3 E+12 | 1,5 E+14 | 1,8 E+12 | 2,1 E+12 | |
| TU | | | | | |
| A | 3,7 E+04 | 1,1 E+06 | 5,3 E+03 | 2,3 E+03 | |
| B | 1,9 E+07 | 3,7 E+08 | 3,7 E+05 | 2,0 E+05 | |

Tab. 5/2: Fortsetzung

| Nuklid/ Nuklidgruppe | Zulässige Ableitungen in | | Tatsächliche Ableitungen in Bq/a | Vorjahreswert der Ableitungen in Bq/a | Wochenwert- überschreitungen in % (Woche) |
|-------------------------|-----------------------------|----------|--|---|---|
| | Bq/Woche | Bq/a | | | |
| KBG/MZFR | | | | | |
| A | 2,8 E+05 | 1,1 E+07 | 1,2 E+04 | - | |
| B | 1,4 E+08 | 5,6 E+09 | 3,8 E+06 | 2,0 E+06 | |
| Sr-89 | 1,4 E+07 | 5,6 E+08 | 3,8 E+04 | - | |
| C | 2,8 E+12 | 7,4 E+13 | 4,2 E+13 | 1,4 E+13 | |
| I-131 | 4,6 E+07 | 1,9 E+09 | 3,2 E+07 | <6,2 E+06 | |
| H-3 | 7,4 E+12 | 1,1 E+14 | 2,0 E+13 | 7,1 E+13 | |
| C-14 | 3,7 E+10 | 9,3 E+11 | 6,8 E+11 | 7,1 E+11 | |
| WAK | | | | | |
| A | 1,9 E+07 | 3,7 E+08 | 3,6 E+07 | 1,1 E+07 | |
| B | 4,8 E+09 | 7,4 E+10 | 5,0 E+08 | 3,9 E+08 | |
| Sr-90 | 4,8 E+08 | 3,7 E+09 | 2,5 E+07 | 1,0 E+07 | |
| I-129 | - | - | 1,9 E+07 | 2,0 E+07 | |
| I-131 | - | - | 1,7 E+07 | 3,7 E+07 | |
| I | 3,7 E+07 | 1,4 E+09 | 9,0 E+07 | 1,1 E+08 | |
| H-3 | 1,9 E+12 | 3,7 E+13 | 2,1 E+12 | 3,7 E+11 | |
| C-14 | 9,3 E+09 | 3,7 E+11 | 4,0 E+10 | - | |
| Kr-85 | 4,4 E+14 | 9,3 E+15 | 6,1 E+14 | - | |

Tab. 5/2: Fortsetzung

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

| Nuklid | A | B | C | I | H-3 | C-14 | Kr-85 |
|-------------------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| Ableitung in Bq/a | | | | | | | |
| 1981 | 3,7 E+07 | 3,1 E+09 | 3,4 E+13 | <3,0 E+08 | 8,5 E+13 | 7,1 E+11 | - |
| 1982 | 4,5 E+07 | 3,2 E+09 | 6,0 E+13 | <2,5 E+08 | 3,7 E+13 | 9,9 E+11 | 6,1 E+14 |

Tab. 5/4: Gesamtableitungen aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe in die Atmosphäre in den Jahren 1981 und 1982. (Diese Tabelle darf nicht für die Dosisberechnung in der unmittelbaren Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe verwendet werden, da darin Emissionen an relativ weit auseinanderliegenden Orten aufsummiert sind.)

Außerhalb der Routineüberwachung wurden für acht Anlagen der KfK nuklidspezifische Messungen der Ableitungen durchgeführt. Die γ -spektrometrischen Meßergebnisse an Quartalsmischproben werden in Kap. 5.2.1 mitgeteilt.

5.1.2 Abwasser

K.-G. Langguth

Die Überwachung der radioaktiven Abwässer wird von der Hauptabteilung Sicherheit im Rahmen der vom Innenministerium des Landes Baden-Württemberg erteilten wasserrechtlichen Erlaubnis durchgeführt. Das durch diese Erlaubnis vorgegebene Überwachungskonzept behandelt die zahlreichen kerntechnischen Anlagen des Kernforschungszentrums Karlsruhe als ein Ganzes. Dies ist auch sinnvoll, da sich alle kerntechnischen Anlagen und Institute des KfK, einschließlich der WAK, derselben Service-Einrichtungen des KfK (Dekontaminationsbetriebe, Kläranlage, Emissions- und Umgebungsüberwachung durch die Hauptabteilung Sicherheit) bedienen.

Das im Kernforschungszentrum Karlsruhe anfallende Abwasser setzt sich zusammen aus den sogenannten Regenerierabwässern der Reaktoren (FR2, MZFR, KNK), aus den sogenannten Chemieabwässern der verschiedenen Institute und Reaktoren und der Wiederaufbereitungsanlage und aus den häuslichen Abwässern. Regenerier- und Fäkalabwässer sind als "aktivitätsfrei" anzusehen und werden deshalb der Kläranlage ohne vorangehende Aktivitätskontrollmessung zugeführt. Abb. 5/2 zeigt ein vereinfachtes Flußschema der Abwässer des Kernforschungszentrums. Die Kühlwässer fließen zusammen mit dem Regenwasser in den unmittelbar an das KfK angrenzenden Hirschkanal, dessen Aktivitätskonzentration durch kontinuierliche Probenahme überwacht wird (s. Kap. 5.1.3).

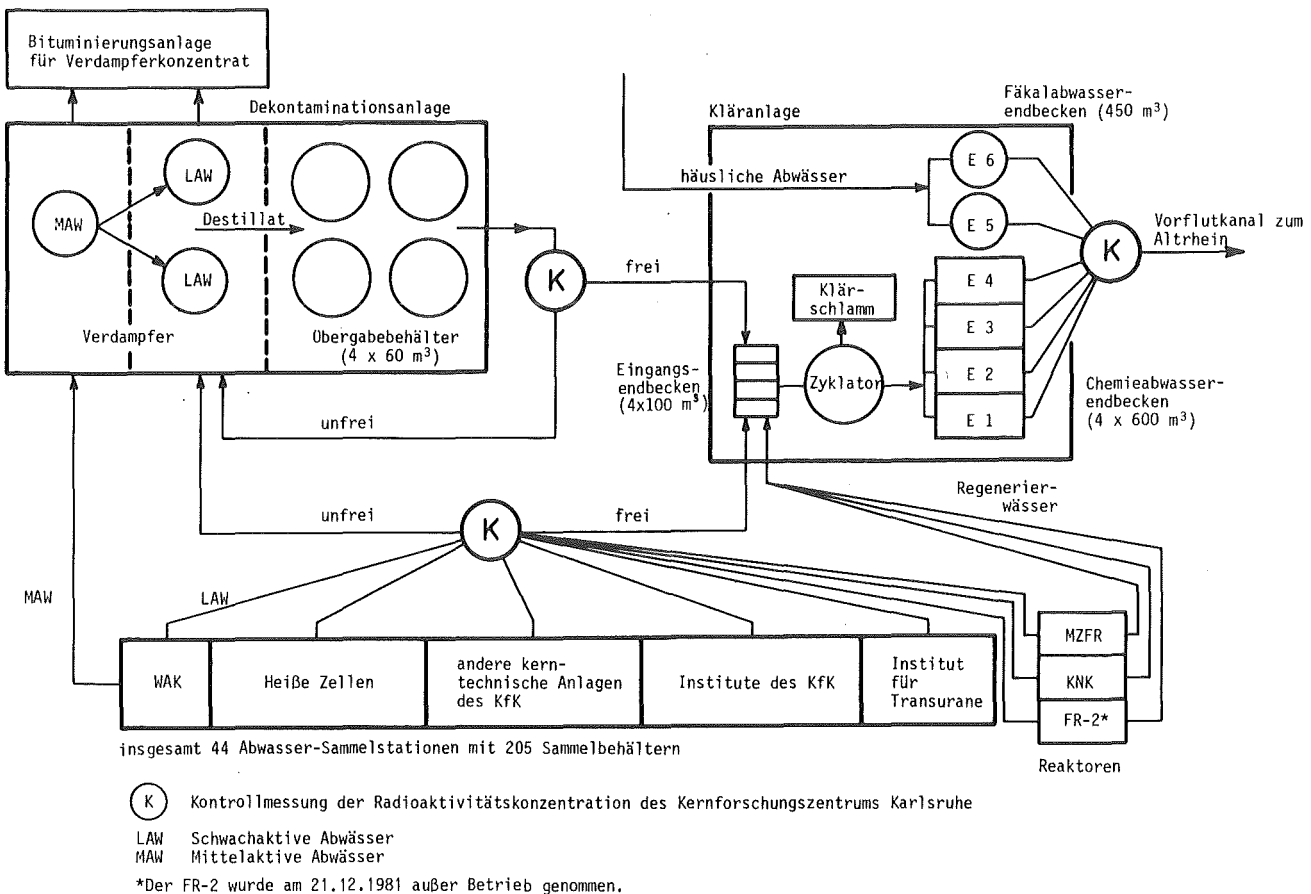


Abb. 5/2: Vereinfachtes Flußschema der Abwässer des Kernforschungszentrums Karlsruhe

Die im Kernforschungszentrum anfallenden Chemieabwässer - Sammelbegriff für mehr oder weniger radioaktive Labor- und Prozeßabwässer - lassen sich hinsichtlich ihrer Aktivitätskonzentration in zwei Klassen einteilen: in "schwachaktive" Abwässer (LAW) mit Konzentrationen bis maximal 4 GBq/m³ und "mittelaktive" Abwässer (MAW) mit Konzentrationen zwischen 4 GBq/m³ und 4 TBq/m³. Geringe Mengen "hochaktiver" Abwässer mit Konzentrationen > 4 TBq/m³ werden bei der WAK bis zu einer späteren Verfestigung zwischengelagert. Diese grobe Einteilung der Abwässer nach Konzentrationsbereichen ist zwar willkürlich, doch für die Praxis unentbehrlich. Mittelaktive Abwässer werden aufgrund dieser Einstufung sofort, d. h. ohne vorherige Kontrollmessung in die Dekontaminationsanlage für flüssige radioaktive Abfälle überführt. Die schwachaktiven oder als schwachaktiv eingeschätzten Chemieabwässer werden zunächst in 44 Abwasserstationen mit 205 Abwassertanks gesammelt (s. Abb. 5/2). Erst die von der Gruppe "Emissionsüberwachung" durchgeführten Kontrollmessungen entscheiden über die Freigabe dieser Abwässer im Sinne der geltenden wasserrechtlichen Erlaubnis. Danach "unfreie" Abwässer werden mit abgeschirmten Tankfahrzeugen zu den LAW-Verdampfern der Dekontaminationsanlage gebracht, in die auch die Destillate des MAW-Verdampfers überführt werden. Die relativ kleinen Mengen der MAW- und LAW-Verdampferkonzentrate, welche die angereicherte Abwasserradioaktivität enthalten, gelangen in die Bituminierungs- oder in die Zementierungsanlage, wo sie in eine endlagerungsfähige Form überführt werden.

Schwachaktive Chemieabwässer, die sich aufgrund der Kontrollmessung als "frei" erwiesen haben, und die "freien" Destillate der Dekontaminationsanlage sowie die Regenerierabwässer gelangen über das Kanalisationsnetz von den Abwassersammelstationen direkt in die Eingangsbecken (s. Abb. 5/2) der Kläranlage und schließlich in die vier Endpufferbecken für Chemieabwässer mit je 600 m³ Fassungsvermögen. Die häuslichen Abwässer werden in die zwei Endpufferbecken für Fäkalabwässer mit je 450 m³ Inhalt eingeleitet. Vor der Ableitung aller Abwässer in den Vorfluter erfolgt eine Endkontrollmessung im Sinne einer Entscheidungsmessung über die Freigabe. Über einen 2,9 km langen Rohrkanal gelangen die Abwässer in einen als Vorfluter dienenden Altrheinarm, ehe sie - über eine Distanz von 23,6 km gemischt mit Oberflächenwasser - den Rhein erreichen. Die Überwachung der mit dem Abwasser abgeleiteten Restradioaktivität wird durch Maßnahmen der Umgebungsüberwachung ergänzt (s. Kap. 5.1.3).

Zusätzlich zu den Entscheidungsmessungen, die vor Abgabe von Abwasser aus den Abwassersammelstationen und den Endpufferbecken durchgeführt werden, sind aufgrund einer Auflage des Ministeriums für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung Baden-Württemberg (SM) die vom Länderausschuß für Atomenergie am 08.10.1974 verabschiedeten "Regeln für Messung und Kontrolle von Ableitungen radioaktiver Wässer aus Kernkraftwerken" (s. Bundesgesundheitsblatt 16 (1973), S. 230) anzuwenden. Diese Regeln verlangen zur Bilanzierung nuklidspezifische Aktivitätsbestimmungen durch Analyse von Wochen- und Monatsmischproben, die mengenproportional aus Teilmengen der einzelnen abgeleiteten Abwasserchargen aus den Endpufferbecken herzustellen sind.

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

Neben den Messungen im Rahmen des Überwachungskonzepts, das durch die wasserrechtliche Erlaubnis und durch Auflagen vorgegeben ist, werden für die Institute und Abteilungen des KfK Auftragsmessungen an Wasser- und Feststoffproben verschiedenster Art und Herkunft von der Gruppe "Emissionsüberwachung" durchgeführt.

Tab. 5/5 gibt eine Übersicht über die Herkunft, Art und Zahl der Proben, die 1982 in der Gruppe "Emissionsüberwachung" bearbeitet wurden sowie über Art und Zahl der daran durchgeführten Einzelmessungen.

| Art der Proben | | Anzahl der Proben | Anzahl der durchgeführten Messungen | | | | | | Summe der Einzelmessungen |
|---|-----------------------------------|-------------------|-------------------------------------|---------|--------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| | | | α | β | H-3 | α -Spek-tro-skopie | γ -Spek-tro-skopie | β -Ener-giebestimmung | |
| Abwasser | aus Abwassersammelstationen | 9 640 | 9 640 | 9 640 | 3 722 | 252 | 2 547 | 487 | 26 288 |
| | aus Endpufferbecken | 738 | 738 | 738 | 738 | 0 | 732 | 508 | 3 454 |
| | aus Endpufferbecken (Mischproben) | 64 | 64 | 64 | 64 | 0 | 0 | 0 | 192 |
| Schlamm aus Zyklator und Abwassersammelstationen | | 489 | 487 | 487 | 109 | 2 | 110 | 4 | 1 199 |
| Wasserproben FR2 (Kühlkreislauf und Absetzbecken) | | 400 | 396 | 396 | 400 | 0 | 400 | 0 | 1 592 |
| Luftfeuchteproben zur Abluftüberwachung (FR2, Abwasser- und Gerätedekontaminationsanlage und FERAB) | | 1 365 | 2 | 2 | 1 361 | 0 | 11 | 0 | 1 376 |
| Sonderproben und Auftragsmessungen | | 5 588 | 3 155 | 3 264 | 2 870 | 123 | 1 564 | 271 | 11 247 |
| Proben im Rahmen von radioökologischen Forschungsarbeiten | | 1 511 | 39 | 17 | 1 462 | 9 | 3 | 1 | 1 531 |
| Summe 1982 | | 19 795 | 14 521 | 14 608 | 10 726 | 386 | 5 367 | 1 271 | 46 879 |
| Summe 1981 | | 21 544 | 16 075 | 16 094 | 10 680 | 322 | 4 681 | 1 825 | 49 627 |

Tab. 5/5: Art und Anzahl der Proben sowie der 1982 durchgeführten Einzelmessungen

Bei Anwendung der Gebührentabelle, nach der Messungen für externe Auftraggeber abgerechnet werden, ergibt sich allein für die α -, β - und Tritiummessungen eine Summe von ca. 2 Mio DM.

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

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

Einen Überblick über die Entwicklung der mit dem Abwasser des KfK in den letzten 14 Jahren in Vorfluter abgeleiteten Radioaktivität gibt. Abb. 5/3.

| Abwasser- sammelstation des KfK | Nachgewiesene α-Aktivität | | Nachgewiesene β-Aktivi- tät (ohne Tritium) | | Abwassermenge | |
|---------------------------------------|------------------------------|------|---|------|----------------|------|
| | MBq | % | MBq | % | m ³ | % |
| Heißen Zellen | 3 484 | 19,3 | 100 003 | 36,9 | 1 970 | 1,8 |
| Gerätedekonta- minationsanlage | 13 906 | 76,9 | 99 769 | 36,9 | 486 | 0,4 |
| TU | 89 | 0,5 | 61 311 | 22,6 | 6 | <0,1 |
| MZFR | 62 | 0,3 | 4 546 | 1,7 | 1 856 | 1,7 |
| restliche Abwasser- stationen | 540 | 3,0 | 5 375 | 2,0 | 105 382 | 96,1 |
| Summe 1982 | 18 082 | 100 | 271 003 | 100 | 109 700 | 100 |
| Summe 1981 | 13 150 | - | 221 045 | - | 127 220 | - |

Tab. 5/6: Herkunft und Aktivitätsanteil der 1982 im Kernforschungszentrum angefallenen "schwachaktiven" Abwasser

| Jahr | | 1 9 8 1 | 1 9 8 2 |
|--|--|---|-----------------------------------|
| Aus dem KfK abgeleitete Abwassermenge in m ³ | | 451 050 | 407 550 |
| Anzahl der abgeleiteten Endbeckenfüllungen | | 793 | 738 |
| Aus dem KfK abge- leitete Abwas- ser- akti- vität | Art der Aktivität | Nachgewiesene Aktivität in MBq | Nachgewiesene Aktivität in MBq |
| | durch Integration der Einzelableitungen er- mittelte Aktivität | α β (ohne H-3) 44,4 3 030,3 | 47,0* 2 535,4 |
| aus mengenproportionalen Mischproben ermittelte nuklidspezifische Aktivität | H-3 | 44,4 · 10 ⁶ | 68,8 · 10 ⁶ |
| | Mn-54 | - | 3,7 |
| | Co-60 | 11,1 | 9,6 |
| | Sr-89 | 88,8 | 17,2 |
| | Sr-90 | 162,8 | 34,9 |
| | Ru-106 | 96,2 | - |
| | Sb-125 | 148,0 | - |
| | Cs-134 | 22,2 | 5,9 |
| | Cs-137 | 270,1 | 134,7 |
| | Ce-144 | 11,1 | - |
| Pu-238 | 5,92 | 7,7 | |
| Pu-239+240 | 12,95 | 4,6 | |

*Bei 95,7 % der abgeleiteten Endbeckenfüllungen lag die α-Gesamtaktivitätskonzentration unter der Nachweisgrenze von $3,7 \cdot 10^2$ Bq/m³.

Tab. 5/7: 1981 und 1982 aus dem KfK in den Altrhein bei Leopoldshafen abgeleitete Abwassermenge und Abwasseraktivität

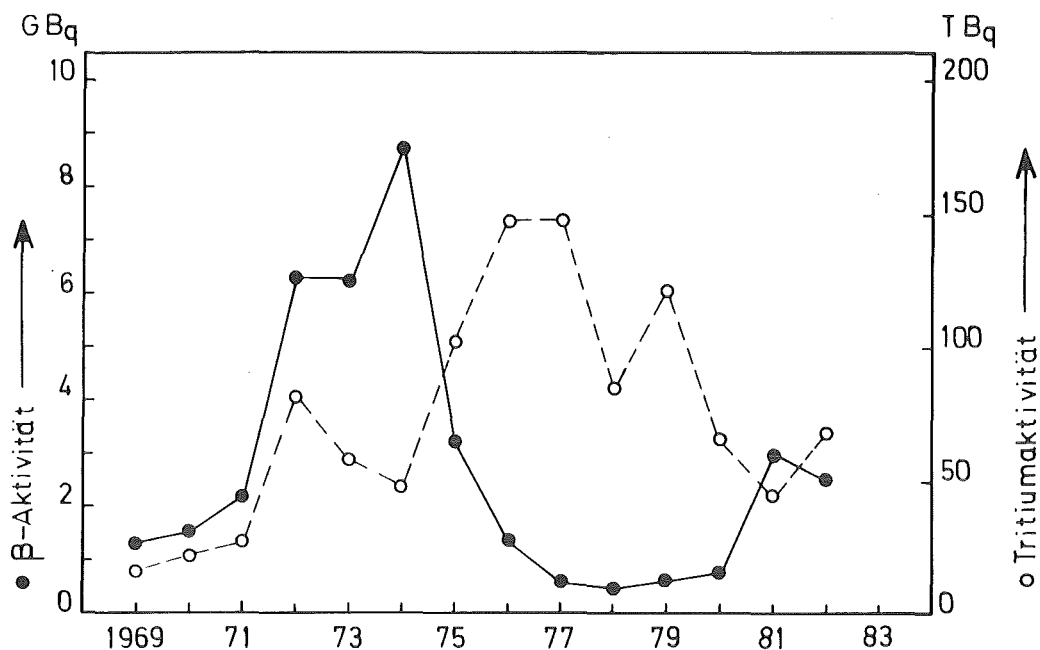


Abb. 5/3: Entwicklung der mit dem Abwasser aus dem KfK jährlich abgeleiteten β - und Tritiumaktivität seit 1969

5.1.3 Umgebung

D. Papadopoulos, R. Schartz

5.1.3.1 Auflagenbedingte Routineüberwachung

Die Umgebungsüberwachung des Kernforschungszentrums Karlsruhe umfaßt ein von der Aufsichtsbehörde festgelegtes Gebiet mit einer Fläche von knapp 300 km², die im Westen vom Rhein und sonst von der Peripherie eines Kreises von 10 km Radius um das Kernforschungszentrum begrenzt wird. In diesem Gebiet wohnen, verteilt auf 20 Ortschaften, rund 100 000 Menschen.

Die der routinemäßigen Umgebungsüberwachung des Kernforschungszentrums Karlsruhe dienenden Meß- und Probenahmestellen, die ebenfalls von der Aufsichtsbehörde festgelegt wurden, liegen jedoch bis auf wenige Ausnahmen innerhalb eines Kreises von ca. 6 km Radius um das Kernforschungszentrum. Die Konzentrierung der routinemäßigen Umgebungsüberwachung - d. h. der Umgebungsüberwachung bei bestimmungsgemäßem Betrieb der kerntechnischen Anlagen des Kernforschungszentrums - auf diesen Entfernungsbereich trägt der Erfahrung Rechnung, daß außerhalb dieses Gebietes meßbare Immissionen nicht zu erwarten sind. Die aufgrund der atmosphärischen Ausbreitungsverhältnisse für den "Luftpfad" berechneten Immissionsmaxima, die sogenannten ungünstigsten Einwirkungsstellen, sind maximal 1,6 km vom Mittelpunkt des Kernforschungszentrums (FR-2-Kamin) entfernt. Die Gestalt des bestehenden Überwachungsnetzes von Meß- und Probenahmestellen wird weitgehend durch die meteorologischen Verhältnisse, die Lage der benachbarten Ortschaften, den Verlauf der natürlichen und künstlichen Wasserwege sowie durch die Lage und Größe der landwirtschaftlichen Nutzflächen bestimmt (s. Lageplan).

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

Der Routineteil der Umgebungsüberwachung des Kernforschungszentrums Karlsruhe wurde im Jahr 1982 nach der vom Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung Baden-Württemberg (SM) gebilligten und am 1. Januar 1981 in Kraft getretenen Fassung des Umgebungsüberwachungsprogramms durchgeführt. Dieses Programm wurde durch die Überwachung des Zwischenlagers von LAW-Endabfällen (HDB-Gebäude 519) ergänzt.

Neben der eingangs erwähnten räumlichen Aufteilung des Überwachungsprogramms in betrieblichen Überwachungsbereich und äußeres Überwachungsgebiet gibt es eine meßtechnische Gliederung, der zufolge das Programm dreigeteilt ist: I. Direktmessung der Strahlung, II. Radioaktivitätsmessungen und III. Meßfahrten im Rahmen des Störfallmeßprogramms. Während Teil I der Erfassung möglicher Gefahren für den Menschen durch direkte Strahleneinwirkung von außen dient und Dosisgrößen ermittelt, dient Teil II der Erfassung einer möglichen Inkorporationsgefahr für den Menschen, indem der Radioaktivitätsgehalt von Probenmaterialien aus verschiedenen Umweltmedien bestimmt wird, die vom Menschen direkt oder indirekt aufgenommen werden können. Teil III soll dem Training des Personals der Abteilung Radioökologie für Störfallsituationen dienen. Dementsprechend erhielt das auflagebedingte Routineüberwachungsprogramm des Kernforschungszentrums Karlsruhe folgende Struktur:

- I. Direktmessung der Strahlung
 - I.1 Zählrohrraußenstationen
 - I.2 Zählrohr-Monitor-Anlage zur Überwachung des Betriebsgeländes
 - I.3 Dosisleistungsmeßanlage
 - I.4 Festkörper-Dosimeter

- II. Radioaktivitätsmessungen
 - II.1 Luft (Aerosole und gasförmiges Jod)
 - II.2 Niederschlag
 - II.3 Wasser
 - II.3.1 Oberflächenwasser
 - II.3.2 Grund- und Trinkwasser
 - II.4. Biologisches Material
 - II.4.1 Schlamm
 - II.4.2 Seston
 - II.4.3 Fisch
 - II.4.4 Wasserpflanzen
 - II.4.5 Bewuchs
 - II.4.6 Landwirtschaftliche Produkte
 - II.4.7 Boden

- III. Meßfahrten
 - III.1 Luft
 - III.1.1 γ -Strahlung
 - III.1.2 Aerosole
 - III.1.3 Elementares Jod
 - III.2 Bodenoberfläche

Tab. 5/8 gibt eine Übersicht über das Programm zur Überwachung der Umweltradioaktivität am Kernforschungszentrum Karlsruhe. Die Darstellung der Meßergebnisse folgt der Gliederung dieses Programms.

| Pro-gramm-punkt | Überwachungsein-richtung | Meßgrößen | Berichtsform | | Meß-stel-len | Registrie-rung | Standort der Meß-stellen (s. Lagepläne) |
|-----------------|--|--|--------------------|--|--------------|---|--|
| | | | Ein-heit | Bemerkungen | | | |
| I. I.1 | <u>DIREKTMESSUNG DER STRAHLUNG</u> <u>Zählrohraußen-stationen</u> Zählrohre BZ 120 auf Kurbelmasten Impulsspeicher telefonisch abfragbar | (β+γ)-Strahlungs-pegel R | ips | Monatsmittel $\bar{R}_M = \frac{\Delta Z_M}{\Delta t_M}$ ΔZ_M = Summe der Zählerstands-differenzen innerhalb eines Monats Δt_M = Betriebszeit in Minuten und minimaler und maximaler Abfragewert im Berichtsmonat | 8 | automati-sche, tele-phonische Abfrage, täglich viermal Kreisblatt-schreiber zur Doku-mentation (1 Kreis-blatt pro Monat) | KfK, Geb. 123 Leopoldshafen, Albert-Einstein-Straße 6 Linkenheim, Friedenstraße 10 Friedrichstaler Landstraße, Forsthaus (nördlich WAK) Friedrichstal, Rheinstraße 36 Blankenloch, Hauptstraße 100 Karlsruhe, Erzbergerstraße 111 Eggenstein-Eichendorffstraße 17 |
| I.2 I.2.1 | <u>Zählrohr-Monitor-Anlage zur Überwachung des Betriebsgeländes</u> <u>KfK (ohne WAK)</u> Zählrohre BZ 120 mit Energiekom-pensationsfilter Zählrohre Typ 18529 Valvo mit Energie-kompensations-filter | γ-Äquivalentdosis-leistung \dot{H} 14 Detektoren mit Warnschwelle bei 10 µSv/h Meßbereich: $0,1 \mu\text{Sv/h} \leq \dot{H} \leq 100 \mu\text{Sv/h}$ 11 Detektoren mit Alarmschwelle bei 1 mSv/h Meßbereich: $0,1 \text{ mSv/h} \leq \dot{H} \leq 10 \text{ Sv/h}$ | µSv/h mSv/h | Berichterstattung nur bei nicht störungsbedingten Überschreitungen der Warn- und Alarmschwellen und Registrierung auf Mehrfachpunktedruckern | 25 | Meßwertanzei-ge auf 25 Einzel-instrumen-ten in der Überwa-chungszent-rale in Geb. 123 kontinuier-liche Regi-strierung auf Mehr-fachpunkte-druckern (Druck-frequenz 0,5 min ⁻¹) | innerhalb des Betriebsgeländes |

Tab. 5/8: Programm zur Überwachung der Umweltradioaktivität

| Pro-gramm-punkt | Überwachungsein-richtung | Meßgrößen | Berichtsform | | Meß-stel-len | Registrie-rung | Standort der Meß-stellen (s. Lagepläne) |
|-----------------|--|---|------------------|--|--------------|---|--|
| | | | Ein-heit | Bemerkungen | | | |
| I.2.2 | WAK Zählrohre BZ 120 ohne Energiekompensationsfilter | ($\beta+\gamma$)-Strahlungs-pegel R 4 Detektoren mit Warnschwelle bei 10fachem Null-pegel R_0 ($R_0 \sim 6,7$ ips) γ -Äquivalentdosis-leistung \dot{H} | ips | wie I.2.1 | 6 | Meßwertan-zeige auf 6 Einzel-instrumen-ten, sonst wie unter I.2.1 | an fünf Stand-orten entlang der Grenze des Betriebsgeländes der WAK |
| | Zählrohre Typ 18529 Valvo mit Energie-kompensations-filter | 2 Detektoren mit Alarmschwelle bei 1 mSv/h Meßbereich: $0,1 \text{ mSv/h} \leq \dot{H} \leq 10 \text{ Sv/h}$ | mSv/h | | | | |
| I.3 | Dosisleistungs-meßanlage | γ -Ortsdosis-leistung \dot{H} | $\mu\text{Sv/h}$ | Berichterstattung nur, wenn $\dot{H} > 0,2 \mu\text{Sv/h}$ | 2 | kontinuier-liche Re-gistrierung | Meßhütten "Nordost" und "West" |
| I.4 | Festkörper-Dosimeter Thermolumineszenz-Dosimeterpaare LiF-Preßlinge TLD-700 in Kunststoffkapsel (500 mg/cm ²) | γ -Äquivalent-dosis H | μSv | arithmetische Mittel-werte der letzten Halbjahres- und Jahresdosiswerte, Maximalwert | 129 | Ausmessung erfolgt halb-jähr-lich | entlang der Gren-ze des betrieb-lichen Überwa-chungsbereiches des KfK in Ab-ständen von ca. 50 m, Aufhängung 3 m über dem Boden an Aluminium-standrohren |
| | | | | Einzelwerte der letz-ten Halbjahres- und Jahresdosis | 5 | | Standorte s. I.2.2, Aufhängung ca. 2 m über dem Boden an Alumi-niumstandrohren |
| | | | | Einzelwerte eines Quartals | 6 | | Umgebung des Geb. 519 |
| | | | | Einzelwerte der letz-ten Halbjahres- und Jahresdosis | 8 | | Umgebung, Aufhängung in Höhe der Zähl-rohre, Standorte s. I.1 |
| | | | | arithmetische Mittel-werte der letzten Halbjahres- und Jahresdosis | 36 | | Umgebung, Meß-stellenkreis um das KfK mit 4 km Durchmesser |
| | | | | | 54 | | Umgebung, Meß-stellenkreis um das KfK mit 6 km Durchmesser |

Tab. 5/8: Fortsetzung

| Pro-gramm-punkt | Überwach-tes Medium | Meßgrößen | Berichtsform | | Sam-mel-stel-len | Häufigkeit der Probe-nahme | Probenahmestelle bzw. Sammelstelle (s. Lagepläne) |
|-----------------|--|--|----------------------------|---|------------------|--|---|
| | | | Ein-heit | Bemerkungen | | | |
| II. | <u>RADIOAKTI-VITÄTSMES-SUNGEN</u> | | | | | | |
| II.1 | <u>Luft</u> Aerosole und elementa-res Jod | Langlebige α - und β -Bruttoaktivitätskonzentration (ca. sieben Tage nach Probenahme) | Bq/m ³ | Monatsmittel | 3 | zweimal wöchentlich | Festfilteranlagen in den Meßhütten "Nordost", "West" und "Forsthaus" |
| | | Wenn $\bar{a}_\beta > 1,85 \text{ mBq/m}^3$ (\bar{a}_β = rechnerisch aus den Einzelmeßwerten er-mittelter Quartals-mittelwert): Sr-90-Aktivitätskonzentration | Bq/m ³ | Quartalsmittelwert (gemeinsame Ausmessung einer vierteljährli-chen Mischprobe, ge-bildet aus Teilen der Einzelfilter) | | | |
| | | Durch γ -Spektrometrie ermit-telte Aktivitätskonzentra-tion von Einzelnucliden | Bq/m ³ | Monatsmittel (gemeinsame Ausmessung der Filter eines Monats) Meßergebnisse bezogen auf die Monatsmitte | | | |
| | | Plutoniumaktivitätskonzentration (Pu-238, Pu-239+240) | Bq/m ³ | Monatsmittel (gemeinsame chemische Aufbereitung der Filter eines Monats) | | | |
| | | J-131-Aktivitätskonzentra-tion | Bq/m ³ | Einzelwerte, bezogen auf die Mitte des Sammelzeitraumes | | zweimal monatlich | |
| II.2 | <u>Nieder-schlag</u> | Tritiumaktivitätskonzentration | Bq/l und Bq/m ² | Monatsmittel Monatswert | 3 | bei ausrei-chender Nieder-schlagsmen-ge zweimal monatlich, sonst monatlich | Meßhütten "Nordost", "West" und "Sammelstelle WAK" (ca. 250 m nordöstlich des WAK-Abluftkamins), Sammlung in je einem Hibernia-trichter mit 500 cm ² und 0,5 m ² Auffang-fläche |
| | | Langlebige α - und β -Bruttoaktivitätskonzentration a | Bq/l und Bq/m ² | Monatsmittel Monatswert | | | |
| | | Wenn im Monatsmittel $a_\beta > 7,4 \text{ Bq/l}$: durch γ -Spektrometrie er-mittelte Aktivitätskonzentration von Einzelnucliden und Bestimmung der Sr-90-Aktivitätskonzentration | Bq/l | Monatsmittel | | | |

Tab. 5/8: Fortsetzung

| Pro-gramm-punkt | Überwach-tes Medium | Meßgrößen | Berichtsform | | Sam-mel-stel-len | Häufigkeit der Probe-nahme | Probenahmestelle bzw. Sammelstelle (s. Lagepläne) |
|-----------------|-------------------------------|---|--------------|--|------------------|---|---|
| | | | Ein-heit | Bemerkungen | | | |
| II.3 | <u>Wasser</u> | | | | | | |
| II.3.1 | <u>Oberflä-chenwasser</u> | Tritiumaktivitätskonzentration | Bq/l | Monatsmittel | 1 | kontinuierlich, Messung von Wochenmischproben | Hirschkanal (nahe Nordost-Ecke des KfK) |
| | | Langlebige α - und Rest- β -Bruttoaktivitätskonzentration a (ca. sieben Tage nach Probenahme) | Bq/l | Monatsmittel | | | |
| | | Wenn für Wochenmischprobe $a_{\beta} > 0,74$ Bq/l: durch γ -Spektrometrie ermittelte Aktivitätskonzentration von Einzelnucliden | Bq/l | Einzelwerte der Wochenmischprobe | | | |
| | | Tritiumaktivitätskonzentration | Bq/l | Quartalsmittel | 1 | kontinuierlich, Messung von Quartalsmischproben | Altrhein, ca. 300 bis 500 m unterhalb Abwassereinleitung |
| | | Langlebige Rest- β -Bruttoaktivitätskonzentration | Bq/l | Quartalsmittel | | | |
| | | Durch γ -Spektrometrie ermittelte Aktivitätskonzentration von Einzelnucliden | Bq/l | Quartalsmittel, bezogen auf die Mitte des Sammelzeitraumes | | | |
| II.3.2 | <u>Grund- und Trinkwasser</u> | Tritiumaktivitätskonzentration | Bq/l | Einzelwerte | 7 | vierteljährlich | Wasserwerk Süd des KfK Wasserwerk Tiefgestade des KfK Wasserwerk Leopoldshafen Wasserwerk Linkenheim-Hochstetten zwei Schluckbrunnen (WAK-Grundwasserhaltung) Beobachtungsbrunnen PIV/1 zwischen KfK und Wasserwerk Linkenheim-Hochstetten |
| | | Langlebige α - und Rest- β -Bruttoaktivitätskonzentration a (ca. sieben Tage nach Probenahme) | Bq/l | | | | |
| | | Wenn $a_{\beta} > 0,37$ Bq/l: durch γ -Spektrometrie ermittelte Aktivitätskonzentration von Einzelnucliden | | | | | |
| | | | | | 1 | halbjährlich | Wasserwerk Karlsruhe-Hardtald als Referenzstelle |

Tab. 5/8: Fortsetzung

| Pro-gramm-punkt | Überwach-tes Medium | Meßgrößen | Berichtsform | | Sam-mel-stel-len | Häufigkeit der Probe-nahme | Probenahmestelle bzw. Sammelstelle (s. Lagepläne) |
|-----------------|-------------------------|--|--------------|--|------------------|----------------------------|---|
| | | | Ein-heit | Bemerkungen | | | |
| II.4 | Biologi-sches Material | | | | | | |
| II.4.1 | <u>Schlamm</u> | Langlebige spezifische α - und β -Bruttoaktivität a (ca. sieben Tage nach Probenahme) | Bq/g TS | Einzelwerte | 1 | wöchentlich | Hirschkanal (nahe Nordost-Ecke des KfK) |
| | | Wenn $a_{\alpha} > 0,37$ Bq/g TS oder $a_{\beta} > 1,1$ Bq/g TS: durch γ -Spektrometrie er-mittelte spezifische Akti- vität von Einzelnucliden | | | 1 | monatlich | Altrhein, Gemarkungsgrenze unterhalb Abwas- sereinleitung |
| | | | | | 1 | halbjähr- lich | Altrhein oberhalb Abwassereinlei- tung als Refe- renzstelle |
| | | Spezifische Plutoniumakti- vität (Pu-238, Pu-239+240) | Bq/g TS | Einzelwerte | 1 | viertel- jährlich | Altrhein, Gemarkungsgrenze unterhalb Abwas- sereinleitung |
| II.4.2 | <u>Seston</u> | Langlebige spezifische α - und β -Bruttoaktivität a (ca. sieben Tage nach Probenahme) | Bq/g TS | Einzelwerte | 1 | viertel- jährlich | Altrheingebiet unterhalb Abwas- sereinleitung |
| | | Spezifische Plutoniumakti- vität (Pu-238, Pu-239+240) | | | | | |
| II.4.3 | <u>Fisch</u> | Langlebige spezifische Rest- β -Bruttoaktivität (ca. sieben Tage nach Probenahme) | Bq/kg FS | Fischart variabel (möglichst Fried- und Raubfisch) | 1 | halbjähr- lich | Altrheingebiet unterhalb Abwas- sereinleitung |
| | | Spezifische K-40-Aktivität | | zur Messung gelangt das Fischfleisch ohne Haut, Flossen und Gräten | | | |
| | | Spezifische Sr-90- Aktivität | | Einzelwerte | | | |
| | | Durch γ -Spektrometrie er- mittelte spezifische Ak- tivität von Einzelnucliden | | | | | |
| II.4.4 | <u>Wasser- pflanzen</u> | Langlebige spezifische Rest- β -Bruttoaktivität (ca. sieben Tage nach Probenahme) | Bq/g TS | Pflanzenart variabel | 1 | halbjähr- lich | Altrheingebiet unterhalb Abwas- sereinleitung |
| | | Spezifische K-40-Aktivität | | Einzelwerte | | | |
| | | Durch γ -Spektrometrie er- mittelte spezifische Ak- tivität von Einzelnucliden | | | | | |

Tab. 5/8: Fortsetzung

| Pro-gramm-punkt | Überwach-tes Medium | Meßgrößen | Berichtsform | | Sam-mel-stel-len | Häufigkeit der Probe-nahme | Probenahmestelle bzw. Sammelstelle (s. Lagepläne) |
|-----------------|-----------------------------------|---|--------------|--|---|--------------------------------|--|
| | | | Ein-heit | Bemerkungen | | | |
| II.4.5 | <u>Bewuchs</u> | Durch γ -Spektrometrie er-mittelte spezifische Ak-tivität von Einzelnucliden | Bq/g TS | Gras oder andere Futterpflanzen Einzelwerte | 3 | halbjähr-lich | in den beiden Hauptausbrei-tungssektoren Referenzstelle Raum Durlach |
| II.4.6 | <u>Pflanzliche Nahrungsmittel</u> | Langlebige spezifische Rest- β -Bruttoaktivität (ca. sieben Tage nach Probenahme) | Bq/kg FS | Weizen, Blattgemüse, Spargel Einzelwerte | 2 | jeweils jährlich zur Erntezeit | in den beiden Hauptausbrei-tungssektoren |
| | | Spezifische K-40-Aktivität | | | | | |
| | | Durch γ -Spektrometrie er-mittelte spezifische Ak-tivität von Einzelnucliden | | | | | |
| II.4.7 | <u>Boden</u> | Langlebige spezifische α - und β -Bruttoaktivität (ca. sieben Tage nach Probenahme) | Bq/kg TS | 5 cm der obersten Bodenschicht Einzelwerte | 2 | jährlich Ende September | zwei Probenahme-gebiete in den beiden Hauptaus-breitungssektoren innerhalb des be-trieblichen Über-wachungsbereiches |
| | | Wenn $a_{\beta} > 1,85$ Bq/g TS spezifische Sr-90-Aktivität Durch γ -Spektrometrie er-mittelte spezifische Ak-tivität von Einzelnucliden | | | | | |
| | | Langlebige spezifische α - und β -Bruttoaktivität (ca. sieben Tage nach Probenahme) | | | | | |
| | | 3 | | | Durch γ -Spektrometrie er-mittelte spezifische Ak-tivität von Einzelnucliden | | |
| | | | | | Spezifische Plutoniumakti- vität (Pu-238, Pu-239+240) | | |
| | | | | | Spezifische Sr-90-Aktivität | | |
| | | | | | | | zwei Probenahme-zonen in den beiden Hauptaus-breitungssektoren in je 300 bis 800 m Abstand vom WAK-Abluft-kamin Referenzstelle Raum Durlach |

Tab. 5/8: Fortsetzung

| Programm- punkt | Überwach- tes Medium | Meßgrößen | Berichtsform | | Meß- bzw. Probe- nahme- stellen | Häufigkeit der Probe- nahme bzw. Messung | Probenahmestelle bzw. Meßstelle |
|--------------------|------------------------------|---|-------------------|---|---|---|--|
| | | | Ein- heit | Bemerkungen | | | |
| III. | <u>MESS- FAHRTEN</u> | | | | | | |
| III.1. | <u>Luft</u> | | | | | | |
| III.1.1 | <u>γ- Strahlung</u> | γ-Ortsdosisleistung | µSv/h | monatliche Kurz- zeitmessungen | 16 | monatliche Meßfahrten zu wechseln- den Probe- nahme- bzw. Meßorten | ausgewählte Orte in den Zonen und Sektoren in der Umgebung des KfK |
| III.1.2 | <u>Aerosole</u> | Gesamt-β-Aktivitäts- konzentration | Bq/m ³ | monatliche Stich- proben und Auswer- tung im Meßwagen | | | |
| III.1.3 | <u>Elemen- tares Jod</u> | J-131-Aktivitätskon- zentration | Bq/m ³ | | | | |
| III.2 | <u>Bodenober- fläche</u> | Gesamt-β-Aktivitäts- flächenbelegung | Bq/m ² | | | | |

Tab. 5/8: Fortsetzung

I. Direktmessung der Strahlung

I.1 Zählrohrraußenstationen

Tab. 5/9 zeigt die Jahresmittelwerte der (β+γ)-Impulsrate und die Schwankungsbereiche der telefonischen Abfrageergebnisse. Die telefonische Abfrage aller Zählrohrstationen erfolgt automatisch alle sechs Stunden. Die Zentralstation in der Umgebungsüberwachungszentrale steuert diese Abfrage der Zählrohrstationen und registriert alle einlaufenden Meßwerte. Darüber hinaus können von der Zentralstation aus im Bedarfsfall zu jeder Zeit Einzelabfragen der Zählrohrstationen vorgenommen werden.

| Meßstellenstandorte | (β+γ)-Strahlungspegel in ips | | |
|----------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Jahresmittel | minimaler Abfragewert | maximaler Abfragewert |
| KfK | 8,3 | 4,7 | 34 |
| Leopoldshafen | 8,5 | 4,7 | 44 |
| Linkenheim | 8,3 | 4,8 | 34 |
| Meßhütte "Forsthaus" | 7,5 | 5,9 | 23 |
| Friedrichstal | 7,7 | 5,0 | 31 |
| Blankenloch | 9,4 | 5,6 | 32 |
| Karlsruhe | 6,8 | 4,4 | 33 |
| Eggenstein | 8,4 | 5,4 | 32 |

Tab. 5/9: Meßergebnisse der Zählrohrraußenstationen für das Jahr 1982

Die Monatsmittelwerte des Jahres 1982 der sieben Außenstationen streuen insgesamt zwischen rund 6 ips und 15 ips. Die Jahresmittelwerte liegen hingegen enger beieinander, so daß es gerechtfertigt erscheint, für diese Stationen einen Gesamtmittelwert für das Jahr 1982 zu bilden. Er ergibt sich zu 8,1 ips.

Der Jahresmittelwert für die KfK-Station liegt mit 8,3 ips im Streubereich der Meßwerte von den Außenstationen. Die Bestrahlungen von Dosimetern, die mit unterschiedlicher Stärke und Dauer in der nur 140 m entfernten Eichhalle durchgeführt wurden, führten 1982 zu keiner signifikanten Erhöhung des Jahresmittelwertes der KfK-Station.

I.2 Zählrohr-Monitor-Anlage zur Überwachung des Betriebsgeländes

I.2.1 KfK (ohne WAK)

Der Nullpegel der γ -Ortsdosisleistung im KfK lag wie im Vorjahr an der unteren Meßbereichsgrenze von 0,1 μ Sv/h. Von den 14 Niederdosisleistungsmeßstellen mit einem Meßbereich von 0,1 μ Sv/h bis 0,1 mSv/h befindet sich die Meßstelle Nr. 15 in der Eichhalle der HS/D. Die Registrierungen der γ -Dosisleistung dieser Meßstelle entsprechen zeitlich und dem Betrage nach den in der Eichhalle durchgeführten routinemäßigen Bestrahlungen. Bei den übrigen im Freien installierten 13 Meßstellen der Niederdosisleistung wurde 1982 die eingesetzte Warnschwelle von 10 μ Sv nicht überschritten.

Durch die elf Hochdosisleistungsmeßstellen der Zählrohr-Monitor-Anlage mit einem Meßbereich von 0,10 mSv/h bis 10 Sv/h wurde 1982 in keinem Fall - auch nicht kurzzeitig - eine γ -Ortsdosisleistung oberhalb der unteren Meßbereichsgrenze dieser Detektoren gemessen.

Eine quantitative Auswertung der Registrierungen der Zählrohr-Monitor-Anlage erfolgt nicht. Die Registrierstreifen (rund 400 m pro Jahr) werden nach arbeitstäglicher Sichtkontrolle zur Dokumentation abgelegt.

I.2.2 WAK

Zwei der insgesamt sechs Meßstellen sind Hochdosisleistungsmeßstellen. Im Meßbereich dieser Detektoren (s. Programmpunkt I.2.1) wurden auch 1982 keine Meßwerte registriert. Für die übrigen vier Meßstellen der ($\beta+\gamma$)-Niederdosisleistung zeigt Tab. 5/10 die Überschreitungen der eingestellten Warnschwellen von 67 ips und ihre Ursache.

I.3 Dosisleistungsmeßanlage

1982 wurde an den beiden Meßhütten "Nordost" und "West" keine Überschreitung der eingestellten Dosisleistungsschwelle von 0,2 μ Sv/h registriert. Dies ist auf die Stilllegung des FR-2 am 21. Dezember 1981 zurückzuführen.

I.4 Festkörperdosimeter

Das innere Meßstellennetz einschließlich der Dosimetermeßstellen entlang der Grenze des betrieblichen Überwachungsbereiches zeigt der Lageplan. Von den hier gezeigten Standorten gehören jedoch nur die fünf Meßstellen an der Betriebsgeländegrenze der WAK und die 129 Meßstellen entlang des betrieblichen Überwachungsbereiches (der Lageplan zeigt nur jede zweite Meßstelle) zum auflagebedingten Überwachungsprogramm. Alle anderen in diesem Lageplan verzeichneten Meßstellen dienen besonderen Überwachungsmaßnahmen.

| Zeitpunkt der registrierten Überschreitungen | | Nr. der Meßstelle | eingestellte Warnschwelle | Dauer der Überschreitung | registrierter Höchstwert | Ursache |
|--|-------------|-------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Datum | Uhrzeit | | | | | |
| 16.03.1982 | 12.10 | 3 | 67 | < 2 | 250 | Röntgenarbeiten im Bereich der WAK |
| | 15.30 | 3 | 67 | < 2 | 83 | |
| 25.05.1982 | 12.00 | 3 | 67 | < 2 | 1100 | |
| 27.05.1982 | 15.43 | 3 | 67 | < 2 | 92 | |
| | 16.15 | 3 | 67 | < 2 | 120 | |
| 28.05.1982 | 10.55 | 3 | 67 | < 2 | 67 | |
| | 14.00 | 3 | 67 | < 2 | 83 | |
| 02.06.1982 | 11.45 | 3 | 67 | < 2 | 75 | |
| | 14.28 | 3 | 67 | < 2 | 75 | |
| 04.06.1982 | 10.35 | 3 | 67 | < 2 | 75 | |
| 07.06.1982 | 10.20 | 3 | 67 | < 2 | 120 | |
| | 10.45 | 3 | 67 | < 2 | 67 | |
| | 10.58 | 3 | 67 | < 2 | 270 | |
| | 10.45 | 4 | 67 | < 2 | 370 | |
| 09.06.1982 | 15.50 | 3 | 67 | < 2 | 120 | |
| | 15.50 | 4 | 67 | < 2 | 420 | |
| 10.06.1982 | 17.45 | 3 | 67 | < 2 | 120 | |
| 16.06.1982 | 11.38 | 3 | 67 | < 2 | 83 | |
| 29.06.1982 | 16.15 | 3 | 67 | < 2 | 83 | |
| 05.07.1982 | 19.15 | 3 | 67 | < 2 | 90 | |
| | 19.15 | 4 | 67 | < 2 | 110 | |
| 06.07.1982 | 16.59 | 3 | 67 | < 2 | 96 | |
| 08.07.1982 | 20.17-20.50 | 3 | 67 | 9,5 | 110 | |
| 12.07.1982 | 16.31-16.40 | 3 | 67 | 2,5 | 500 | |
| | 17.35-17.50 | 3 | 67 | 4 | 250 | |
| | 18.15 | 3 | 67 | < 1 | 830 | |
| 15.07.1982 | 17.05-17.25 | 3 | 67 | 2,5 | 160 | |
| 16.07.1982 | 16.55-17.32 | 3 | 67 | 6 | 200 | |
| 21.07.1982 | 17.20-18.30 | 3 | 67 | 6 | 130 | |
| | 17.29 | 4 | 67 | < 2 | 170 | |
| 27.07.1982 | 13.10 | 3 | 67 | < 2 | 1200 | |
| | 16.50-17-45 | 3 | 67 | 4,5 | 1200 | |
| | 17.17 | 4 | 67 | < 2 | 120 | |
| 29.07.1982 | 18.47 | 3 | 67 | < 2 | 140 | |
| 30.07.1982 | 16.32-17.05 | 3 | 67 | 2,5 | 1000 | |
| | 18.15 | 3 | 67 | < 2 | 140 | |
| 03.08.1982 | 16.02-16.15 | 3 | 67 | 2,5 | 1500 | |
| | 16.13 | 4 | 67 | < 2 | 140 | |
| 04.08.1982 | 12.17-12.45 | 3 | 67 | 4 | 2000 | |
| | 12.29-12.45 | 4 | 67 | 2,5 | 300 | |
| | 13.29 | 3 | 67 | < 2 | 830 | |
| | 13.29-14.10 | 4 | 67 | 2,5 | 430 | |
| | 14.10 | 3 | 67 | < 2 | 1400 | |
| 17.08.1982 | 14.20 | 3 | 67 | < 2 | 90 | |
| | 20.05 | 3 | 67 | 5 | 750 | |
| | 20.28 | 3 | 67 | < 2 | 250 | |

Tab. 5/10: Überschreitungen der eingestellten Warnschwelle an der Betriebsgeländegrenze der WAK im Jahr 1982

Aufgrund einer behördlichen Auflage wird seit Dezember 1979 die Ortsdosis in der unmittelbaren Umgebung des Ende 1979 fertiggestellten Pufferlagers I für LAW-Endabfälle mit Festkörperdosimetern überwacht. Das neue Pufferlagergebäude (Gebäude 519) ist im Lageplan noch nicht enthalten. In einem Abstand von rund 10 m von den Gebäudeaußenwänden wurden sechs Meßstellen errichtet. Dosimeterwechsel und Messung erfolgen alle drei Monate. Die Überwachungsmaßnahme dient dem Nachweis der Einhaltung des Personendosisgrenzwertes im betrieblichen Überwachungsbereich gemäß § 61 der Strahlenschutzverordnung.

Die topographische Karte zeigt das äußere Dosimetermeßstellennetz. Das Meßstellennetz besteht aus zwei konzentrischen Ringen um das KfK mit Durchmessern von 4 km (36 Meßstellen) und 6 km (54 Meßstellen). Ferner gehören dazu sieben der acht Dosimetermeßstellen an den Zählrohrstationen (s. Programmpunkt I.1) in den nächstbenachbarten Ortschaften. Das Meßstellennetz ist insgesamt so dicht, daß von einer praktisch lückenlosen Überwachung der Dosisbelastung der Umgebung gesprochen werden kann.

Alle Meßstellen wurden einheitlich mit je einem Paar Thermolumineszenzdosimeter (LiF-Preßlinge, gekapselt mit 500 mg/cm² Plexiglas) ausgerüstet. Mit Ausnahme der 90 Meßstellen der beiden äußeren Meßstellenringe wurden alle Meßstellen zusätzlich mit je einem Paar kugelgekapselter Phosphatglasdosimeter bestückt. Die Möglichkeit von Mehrfachauswertungen der Glasdosimeter innerhalb längerer Expositionszeiträume erlaubt damit bei den Meßstellen des inneren Meßstellennetzes bei Bedarf auch rasch ausführbare Zwischenauswertungen.

Die routinemäßigen Expositionsintervalle betragen für alle Festkörperdosimeter jeweils rund sechs Monate. Alle Dosimeter, zum Schutz vor Witterungseinflüssen in Plastikbeutel eingeschweißt, werden jeweils im Mai und im November zur Ausmessung eingeholt. Zur Vermeidung einer zeitlichen Überwachungslücke werden gleichzeitig neue Dosimeter ausgehängt. Die Aufhängung erfolgt entweder an Bäumen oder an galgenförmig gebogenen Drähten, die an den oberen Enden von Aluminiumstandrohren 3 m über dem Boden befestigt sind.

Für den Expositionszeitraum von November 1981 bis November 1982 ergaben sich für die auflagebedingten Meßstellen die in Tab. 5/11 zusammengestellten Jahresdosiswerte. Die mit Phosphatglas- und Thermolumineszenzdosimetern gemessenen Jahreswerte zeigen eine gute Übereinstimmung.

| Meßstellengruppe | Anzahl der Meßstellen | Jahresortsdosiswerte H | | |
|--|-----------------------|------------------------|------------------|------------------|
| | | \bar{H} | H _{min} | H _{max} |
| | | µSv | µSv | µSv |
| Grenze des betrieblichen Überwachungsbereiches des KfK | 129 | 620 | 560 | 690 |
| Betriebsgeländegrenze der WAK | 5 | 630 | 600 | 690 |
| Unmittelbare Umgebung des Zwischenlagers der LAW-Endabfälle (Geb. 519) | 6 | 1 220 | 780 | 3 240 |
| Zählrohrstationen (benachbarte Orte und KfK) | 8 | 670 | 610 | 720 |
| Meßstellenring um das KfK mit 4 km Durchmesser | 36 | 610 | 540 | 670 |
| Meßstellenring um das KfK mit 6 km Durchmesser | 54 | 620 | 540 | 870 |

Tab. 5/11: Mittelwerte und Streubereich der mit Thermolumineszenzdosimetern gemessenen Jahresortsdosiswerte (Expositionszeit: November 1981 bis November 1982)

II. Radioaktivitätsmessungen

II.1 Luft (Aerosole und gasförmiges Jod)

Zur Überwachung der Aerosolaktivität werden in den Meßhütten "West", "Nordost" und "Forsthaus" feststehende Einzelfilter eingesetzt. Die Meßhütten "West" und "Nordost" befinden sich innerhalb des betrieblichen Überwachungsbereiches innerhalb der beiden Hauptausbreitungssektoren bezüglich der wichtigsten Emittenten des KfK (s. Lageplan). Die Meßhütte "Forsthaus" liegt nordöstlich der WAK und damit am Rande des Hauptausbreitungssektors, bezogen auf den Abluftkamin der WAK; sie ist im Lageplan durch ein blauumrandetes, rotes Quadrat (Zählrohrraßenstation und Aerosolmeßstelle) gekennzeichnet.

Die Luftstaubmessung erfolgt auf Filtern von 20 cm Durchmesser mit Hilfe von Aggregaten mit einer Saugleistung von ca. 25 m³/h. Der Filterwechsel erfolgt zweimal wöchentlich, jeweils montags und donnerstags. Die Bestimmung der langlebigen α - und β -Aktivität (s. Tab. 5/12) erfolgt jeweils ca. sieben Tages nach der Filterentnahme. Auflagebedingt, wenn der Mittelwert der β -Aktivität eines Quartals > 1,9 mBq/m³ ist, soll die Sr-90-Aktivität des Quartals bestimmt werden. Die Quartalsmittelwerte der β -Aktivität blieben unterhalb 1,9 mBq/m³, weshalb die Sr-90-Aktivitätsbestimmung für das Jahr 1982 entfällt. Tab. 5/13 zeigt die Ergebnisse der Messung der I-131-Aktivitätskonzentration. Es wurden keine Meßwerte oberhalb der Nachweisgrenze gefunden. Darüber hinaus werden monatlich eine γ -spektrometrische Analyse der Aerosolaktivität und eine radiochemische Bestimmung von Pu-238 und Pu-239+240 durchgeführt. Dazu werden aus den Stapeln der übereinandergelegten Originalfilter eines Monats mehrere kleine Stapel von Filterscheiben mit 5 cm Durchmesser ausgestanzt. Die auf diese Weise entstehenden zylindrischen Filterpäckchen werden γ -spektrometrisch untersucht und anschließend zur Plutoniumbestimmung radiochemisch aufbereitet. Die durch γ -Spektrometrie dieser Proben ermittelten Aktivitätskonzentrationen von Einzelnukliden werden auf die Mitte des jeweiligen Sammelintervalles, also auf die Monatsmitte als fiktivem Probenahmezeitpunkt bezogen. Die Ergebnisse der γ -spektrometrischen Untersuchung der Aerosolaktivität wurden in die Tab. 5/14 eingetragen. Es wurden nur diejenigen Nuklide berücksichtigt, die mindestens für einen Monat eine Konzentration über der Nachweisgrenze haben. Tab. 5/15 enthält die Monatswerte für Pu-238 und Pu-239+240. Es wurden keine erhöhten Aktivitätswerte gemessen.

| Jahr 1982 | Monatsmittel der Brutto-Aktivitätskonzentration a in mBq/m ³ (ca. sieben Tage nach Probenahme) | | | | | |
|-----------|---|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| | Meßhütte "West" | | Meßhütte "Nordost" | | Meßhütte "Forsthaus" | |
| | a _{α} | a _{β} | a _{α} | a _{β} | a _{α} | a _{β} |
| Januar | < 0,074 | 1,4 | < 0,074 | 1,4 | 0,074 | 1,4 |
| Februar | < 0,074 | 1,5 | < 0,074 | 1,5 | 0,074 | 1,4 |
| März | < 0,074 | 0,96 | < 0,074 | 0,93 | < 0,074 | 0,89 |
| April | < 0,074 | 0,89 | < 0,074 | 0,81 | < 0,074 | 0,78 |
| Mai | < 0,037 | 0,67 | < 0,036 | 0,81 | < 0,036 | 0,74 |
| Juni | < 0,11 | 1,2 | < 0,074 | 0,96 | < 0,074 | 0,96 |
| Juli | < 0,037 | 0,85 | < 0,074 | 1,1 | < 0,037 | 0,74 |
| August | < 0,037 | 0,81 | < 0,037 | 1,0 | < 0,037 | 0,93 |
| September | < 0,054 | 1,3 | < 0,054 | 1,3 | < 0,054 | 1,3 |
| Oktober | < 0,034 | < 0,69 | < 0,041 | 1,3 | < 0,077 | < 0,96 |
| November | < 0,045 | 1,1 | < 0,055 | 1,1 | 0,048 | 1,0 |
| Dezember | < 0,047 | < 0,52 | < 0,045 | < 0,58 | 0,059 | < 0,58 |

Tab. 5/12: Langlebige α - und β -Bruttoaktivitätskonzentration in der Luft (Aerosole)
 Nachweisgrenze: a _{α} : < 0,074 mBq/m³, a _{β} : < 0,26 mBq/m³

| Datum des Filterwechsels | I-131-Aktivitätskonzentration in mBq/m ³ bezogen auf die Mitte des Sammelzeitraumes | | |
|--------------------------|---|-----------------|----------------------|
| | Meßhütte "Nordost" | Meßhütte "West" | Meßhütte "Forsthaus" |
| 15.01.1982 | < 0,74 | < 0,56 | < 0,74 |
| 01.02.1982 | < 0,41 | < 0,48 | < 1,3 |
| 15.02.1982 | < 0,85 | < 0,52 | < 0,89 |
| 01.03.1982 | < 0,63 | < 0,67 | < 0,93 |
| 15.03.1982 | < 0,41 | < 1,9 | < 0,59 |
| 31.03.1982 | < 0,52 | < 0,37 | < 0,81 |
| 15.04.1982 | < 0,56 | < 0,52 | < 0,89 |
| 30.04.1982 | < 0,70 | < 0,33 | < 0,85 |
| 14.05.1982 | < 0,41 | < 0,19 | < 0,48 |
| 01.06.1982 | < 0,59 | < 0,96 | - |
| 15.06.1982 | < 1,3 | < 1,6 | < 1,9 |
| 01.07.1982 | < 1,3 | < 1,2 | < 1,6 |
| 15.07.1982 | < 0,44 | < 0,46 | < 0,86 |
| 30.07.1982 | < 1,2 | < 1,5 | < 1,5 |
| 16.08.1982 | < 1,6 | < 1,8 | < 2,4 |
| 31.08.1982 | < 0,69 | < 0,61 | < 1,4 |
| 15.09.1982 | < 0,60 | < 0,69 | < 0,65 |
| 30.09.1982 | < 0,74 | < 0,49 | < 0,62 |
| 15.10.1982 | < 0,89 | < 0,91 | < 1,2 |
| 29.10.1982 | < 1,8 | < 1,2 | < 1,7 |
| 15.11.1982 | < 0,48 | < 0,34 | < 0,60 |
| 30.11.1982 | < 1,0 | < 0,80 | < 1,3 |
| 15.12.1982 | < 0,53 | < 0,27 | < 0,77 |
| 31.12.1982 | < 0,68 | < 0,64 | < 0,81 |

Tab. 5/13: I-131-Aktivitätskonzentration in der Luft (Aerosole), Zahlen hinter "<" geben die Nachweisgrenze an.

| Nuklid | maximale spezifische Aktivität in µBq/m ³ | | | | | |
|--------|--|----------|-----------------|-------|----------------------|--------------------|
| | Meßhütte "Nordost" | | Meßhütte "West" | | Meßhütte "Forsthaus" | |
| Be-7 | 3600 ± 220 | Juli* | 4400 ± 200 | Mai* | 3100 ± 100 | Juni* |
| Sb-125 | 320 ± 50 | Oktober* | - | - | 77 ± 13 | Oktober* |
| Cs-137 | 220 ± 20 | Juli* | 85 ± 15 | Juni* | 110 ± 11 | Juni* + August* |
| Ce-144 | - | - | 120 ± 50 | März* | - | - |

*Monat des Maximums

Tab. 5/14: Maximale spezifische Aktivität der in der Luft (Aerosole) nachgewiesenen Einzelnuclide

II.2 Niederschlag

Auf den Meßhütten "Nordost" und "West" und nordöstlich der Wiederaufarbeitungsanlage (s. Lageplan) werden Niederschläge gesammelt und zweimal monatlich ihre α- und β-Aktivitätskonzentration und ihre Tritiumkonzentration gemessen. Eine radiochemische Strontiumbestimmung und eine γ-spektrometrische Untersuchung werden auflagebedingt nur bei Überschreitung des vorgegebenen Grenzwertes von 7,4 Bq/l für die β-Gesamtaktivitätskonzentration vorgenommen. Dies war für keinen der Monate des Jahres 1982 der Fall. Tab. 5/16 enthält die Meßergebnisse der langlebigen α- und Rest-β-Bruttoaktivitätskonzentration sowie die Tritiumkonzentration für die Meßhütten "Nordost", "West" und "Sammelstelle WAK". Die erhöhten Aktivitätsmeßwerte ab Oktober 1982 sind auf Emissionen der WAK zurückzuführen.

| Jahr 1982 | Monatsmittel der Aktivitätskonzentration in $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ (gemeinsame chemische Aufbereitung aller Filter des Monats) | | | | | |
|-----------|---|-------------|--------------------|------------|----------------------|------------|
| | Meßhütte "West" | | Meßhütte "Nordost" | | Meßhütte "Forsthaus" | |
| | Pu-238 | Pu-239+240 | Pu-238 | Pu-239+240 | Pu-238 | Pu-239+240 |
| Januar | < 0,37 | < 0,52 | < 0,41 | < 0,22 | < 0,30 | < 0,30 |
| Februar | 0,44±0,11 | < 0,26 | < 0,63 | < 0,22 | < 0,67 | < 0,26 |
| März | < 0,52 | < 0,15 | < 0,44 | < 0,22 | < 0,52 | < 0,15 |
| April | < 0,52 | < 0,33 | < 1,7 | < 1,2 | < 0,93 | < 1,3 |
| Mai | < 0,66 | < 0,48 | < 1,1 | < 0,96 | < 1,3 | < 0,26 |
| Juni | < 0,96 | < 0,63 | 0,52±0,15 | < 0,56 | 0,44±0,15 | < 0,37 |
| Juli | < 0,085 | 0,093±0,033 | < 0,40 | < 0,39 | < 0,096 | 0,11±0,05 |
| August | < 0,44 | < 0,11 | < 0,41 | < 0,26 | < 0,074 | < 0,074 |
| September | < 0,12 | < 0,19 | < 0,30 | < 0,23 | < 0,34 | < 0,15 |
| Oktober | < 1,2 | < 1,0 | < 1,0 | < 0,96 | 12,0±0,9 | 15,0±1,2 |
| November | < 1,5 | < 0,49 | < 0,37 | < 0,38 | < 0,52 | < 0,34 |
| Dezember | < 0,56 | < 0,074 | < 0,89 | < 0,63 | < 0,49 | 0,41±0,12 |

Tab. 5/15: Aktivitätskonzentration von Pu-238 und Pu-239+240 in der Luft (Aerosole), Zahlen hinter "<" geben die Nachweisgrenze an, Fehlerangabe: 3σ (statistischer Fehler)

| Jahr 1982 | Bruttoaktivitätskonzentration a | | | | Tritiumaktivitätskonzentration | |
|--------------------|---------------------------------|-------------------|-----------|-------------------|--------------------------------|--------------------|
| | a_α | | a_β | | Bq/l | kBq/m ² |
| | Bq/l | Bq/m ² | Bq/l | Bq/m ² | | |
| Meßhütte "Nordost" | | | | | | |
| Januar | < 0,085 | < 9,6 | 0,43 | 49 | < 6,3 | < 0,73 |
| Februar | 0,40 | 5,5 | 0,54 | 7,6 | 52 | 0,71 |
| März | < 0,13 | < 7,8 | 0,33 | 19 | 42 | 2,4 |
| April | < 0,24 | < 7,4 | < 0,51 | < 16 | 17 | 0,54 |
| Mai | < 0,13 | < 6,7 | < 0,20 | < 10 | < 14 | < 0,72 |
| Juni | < 0,075 | < 7,0 | < 0,10 | < 10 | 8,1 | 0,80 |
| Juli | < 0,090 | < 8,8 | < 0,13 | < 13 | 7,1 | 0,69 |
| August | < 0,085 | 6,9 | 0,18 | < 15 | < 16 | < 1,3 |
| September | < 0,21 | < 7,8 | < 0,24 | < 8,9 | < 6,2 | < 0,23 |
| Oktober | < 0,067 | < 8,7 | 0,14 | 18 | 15 | 1,9 |
| November | < 0,15 | < 5,6 | < 0,28 | < 11 | 18 | 0,68 |
| Dezember | < 0,075 | < 9,6 | < 0,071 | < 9,1 | 22 | 2,8 |
| Meßhütte "West" | | | | | | |
| Januar | < 0,085 | < 8,5 | 0,47 | 54 | < 7,0 | < 0,78 |
| Februar | 0,65 | 9,0 | 1,8 | 25 | 46 | 0,63 |
| März | < 0,12 | < 7,4 | 0,32 | 19 | < 10 | < 0,59 |
| April | < 0,27 | < 7,4 | < 0,46 | < 12 | < 5,9 | < 0,15 |
| Mai | 0,13 | 7,0 | 0,27 | 15 | < 5,9 | < 0,31 |
| Juni | < 0,089 | < 9,2 | 0,15 | 16 | < 5,6 | < 0,59 |
| Juli | < 0,088 | < 9,0 | < 0,15 | < 15 | < 6,0 | < 0,61 |
| August | < 0,083 | < 7,4 | 0,21 | 19 | < 5,5 | < 0,49 |
| September | < 0,28 | < 11 | < 0,42 | < 16 | < 5,8 | < 0,22 |
| Oktober | < 0,051 | < 6,8 | < 0,094 | < 13 | 7,0 | 0,93 |
| November | < 0,052 | < 2,2 | 0,045 | 1,9 | < 7,3 | < 0,30 |
| Dezember | < 0,060 | < 8,0 | < 0,060 | < 8,2 | 81 | 11 |
| "Sammelstelle WAK" | | | | | | |
| Januar | < 0,085 | < 9,6 | 0,37 | 41 | < 8,1 | < 0,91 |
| Februar | 0,44 | 6,5 | 0,62 | 9,3 | 23 | 0,34 |
| März | < 0,13 | < 7,8 | < 0,90 | < 53 | 48 | 2,8 |
| April | < 0,24 | < 6,7 | < 0,31 | < 8,9 | < 5,9 | < 0,17 |
| Mai | < 0,13 | < 6,3 | 0,22 | 10 | 18 | 0,84 |
| Juni | < 0,10 | < 11 | < 0,12 | < 13 | 7,8 | 0,87 |
| Juli | < 0,23 | < 8,5 | < 0,40 | < 15 | < 6,6 | < 0,64 |
| August | < 0,11 | < 8,4 | 0,22 | 17 | 14,0 | 1,1 |
| September | < 0,16 | < 5,2 | < 0,22 | < 7,1 | 5,9 | 0,19 |
| Oktober | < 0,067 | < 8,7 | 0,15 | 19 | 30 | 3,9 |
| November | < 0,19 | < 7,1 | 0,53 | 20 | 128 | 5,0 |
| Dezember | < 0,055 | < 7,0 | < 0,061 | < 7,8 | 49 | 6,3 |

Tab. 5/16: Langlebige α -, Rest- β -Brutto- und ³H-Aktivitätskonzentration im Niederschlag. Nachweisgrenze: a_α und a_β : < 0,44 Bq/l ab ca. 0,5 l gesammeltem Niederschlag, a_{H} : 6,3 Bq/l

II.3 Wasser

II.3.1 Oberflächenwasser

II.3.1.1 Sammelstelle Hirschkanal

Die α - und β -Bruttoaktivität und die Tritiumaktivität des Hirschkanals werden durch kontinuierliche Probenahme von Oberflächenwasser nahe der NO-Ecke des Kernforschungszentrums überwacht. Die Probenahmestelle liegt unterhalb der Wasserausläufe der sechs Sandfänge des Kernforschungszentrums, über die alle Regen- und Kühlwässer des KfK (ca. $3 \cdot 10^6$ m³/a) in den Hirschkanal eingeleitet werden. Die Aktivität wird wöchentlich in kontinuierlich entnommenen Mischproben bestimmt. Die nach dem Überwachungsprogramm bei β -Aktivitätskonzentrationen der Wochenmischproben von > 740 mBq/l vorgesehenen γ -spektrometrischen Untersuchungen mußten in keinem Fall durchgeführt werden. In Tab. 5/17 sind die langlebigen α -, Rest- β -Brutto- und Tritiumaktivitätskonzentrationen für die Sammelstelle Hirschkanal eingetragen.

| Jahr 1982 | Monatsmittel der Bruttoaktivitätskonzentration a in mBq/l (ca. sieben Tage nach Probenahme) | | Tritiumaktivitätskonzentration in Bq/l |
|-----------|---|----------------------|--|
| | a_α | a (Rest- β) | a_3H |
| Januar | < 70* | < 93 | 20 |
| Februar | < 63 | < 37 | 17 |
| März | < 70 | < 110 | 17 |
| April | < 70 | < 37 | 17 |
| Mai | < 74 | < 52 | 15 |
| Juni | < 59 | < 48 | 18 |
| Juli | < 85 | < 48 | 12 |
| August | < 69 | < 50 | 14 |
| September | < 82 | < 47 | 17 |
| Oktober | < 67 | < 39 | < 7 |
| November | < 69 | < 40 | < 8 |
| Dezember | < 77 | < 41 | < 13 |

*Wenn mindestens ein Meßwert einer Wochenmischprobe kleiner als die Nachweisgrenze ist, wird für den Mittelwert des Monats bzw. des Jahres die Bezeichnung "<" vorgeschrieben.

Tab. 5/17: Langlebige α -, Rest- β -Brutto- und 3H -Aktivitätskonzentration in Oberflächenwasser, Sammelstelle Hirschkanal (nahe NO-Ecke des KfK). Nachweisgrenze a_α : 78 mBq/l, a_β : 48 mBq/l, a_3H : 6,3 Bq/l

II.3.1.2 Sammelstelle Altrhein

Die langlebige β -Bruttoaktivität und die Tritiumaktivität des Altrheins werden durch kontinuierliche Probenahme von Oberflächenwasser ca. 400 m unterhalb der Abwassereinleitung überwacht.

Tab. 5/18 enthält die Meßergebnisse der langlebigen Rest- β -Brutto- und die Tritiumaktivitätskonzentration. Die nach dem Überwachungsprogramm vorgesehenen γ -spektrometrischen Untersuchungen sind in Tab. 5/19 eingetragen.

| Probenahmezeitraum | Quartalsmittel der langlebigen Rest- β -Bruttoaktivitätskonzentration in mBq/l (ca. sieben Tage nach Probenahme) | Tritiumaktivitätskonzentration in Bq/l |
|--------------------|--|--|
| 1. Quartal 1982 | 210 | 1 500 |
| 2. Quartal 1982 | < 37 | 1 600 |
| 3. Quartal 1982 | < 37 | 900 |
| 4. Quartal 1982 | 52 | 5 870 |

Tab. 5/18: Langlebige Rest- β -Brutto- und Tritiumaktivitätskonzentration in Oberflächenwasser, Sammelstelle Altrhein, ca. 400 m unterhalb der Abwassereinleitung. Nachweisgrenze a_{β} : 37 mBq/l, a_{H} : 6,3 Bq/l

| Nuklid | Aktivitätskonzentration der Quartalsmischproben in mBq/l | | | |
|-----------|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 1. Quartal 1982 | 2. Quartal 1982 | 3. Quartal 1982 | 4. Quartal 1982 |
| Cr-51 | < 27 | < 67 | < 16 | < 22 |
| Mn-54 | < 3,7 | < 7,4 | < 2,1 | < 3,5 |
| Co-57 | < 3,0 | < 5,6 | < 1,8 | < 1,7 |
| Co-58 | < 3,7 | < 7,4 | < 2,1 | < 3,5 |
| Fe-59 | < 7,4 | < 14 | < 4,3 | < 7,7 |
| Co-60 | < 3,4 | < 7,4 | < 1,9 | < 4,2 |
| Zn-65 | < 8,1 | < 16 | < 4,7 | < 10 |
| Zr-95 | < 6,3 | < 13 | < 3,8 | < 6,5 |
| Nb-95 | < 3,6 | < 7,4 | < 2,0 | < 3,5 |
| Ru-103 | < 3,5 | < 7,0 | < 2,0 | < 2,9 |
| Ru/Rh-106 | < 31 | < 70 | < 18 | < 29 |
| Ag-110m | < 4,4 | < 10 | < 2,8 | < 5,2 |
| Sb-124 | < 5,9 | < 12 | < 3,6 | < 7,0 |
| Sb-125 | < 9,3 | < 22 | < 5,5 | < 8,1 |
| I-131 | < 4,1 | < 8,1 | < 1,9 | < 2,8 |
| Cs-134 | < 3,7 | < 7,4 | < 2,2 | < 3,8 |
| Cs-137 | < 3,7 | < 7,8 | < 2,2 | < 3,8 |
| Ba/La-140 | < 8,9 | < 19 | < 5,2 | < 8,5 |
| Ce-141 | < 5,2 | < 12 | < 3,0 | < 3,0 |
| Ce-144 | < 23 | < 48 | < 14 | < 13 |
| Am-241 | < 16 | < 21 | < 13 | < 26 |
| Be-7 | < 30 | < 59 | < 17 | < 12 |

Tab. 5/19: γ -spektrometrisch ermittelte Aktivitätskonzentration von Einzelnucliden in Oberflächenwasser, Sammelstelle Altrhein ca. 400 m unterhalb der Abwassereinleitung. Quartalsmittel bezogen auf die Mitte des Sammelzeitraums. Zahlen hinter "<" geben die Nachweisgrenze an, Fehlerangabe: 3σ (statistischer Fehler)

II.3.2 Grund- und Trinkwasser

Überwacht wurden die Wasserwerke "Süd" und "Tiefgestade" des Kernforschungszentrums, die Wasserwerke Leopoldshafen, Linkenheim-Hochstetten und Karlsruhe-Hardtswald, die beiden Schluckbrunnen der WAK sowie der Beobachtungsbrunnen PIV/1 zwischen dem KfK und Linkenheim (s. Lageplan). Einen Überblick über die Ergebnisse der Überwachung vermittelt Tab. 5/20. Auch hier erreichten die β -Aktivitätskonzentrationen nie den Grenzwert von 370 mBq/l, so daß eine γ -spektrometrische Analyse der Proben in keinem Fall erforderlich war.

| Probenahmestelle | Probenahmedatum | Langlebige Aktivitätskonzentration | | |
|---|-----------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------|
| | | a_{α} in mBq/l | $a_{\text{Rest-}\beta}$ in mBq/l | ^3H in Bq/l |
| Wasserwerk "Süd" des KfK, Standort: Betriebsgelände | 09.02.1982 | < 59 | < 37 | 6 ± 6 |
| | 06.05.1982 | < 74 | < 37 | < 5,9 |
| | 11.08.1982 | < 81 | 63 ± 35 | < 5,6 |
| | 10.11.1982 | < 64 | < 37 | 12 ± 7 |
| Wasserwerk "Tiefgestade" des KfK, Standort: Leopoldshafen | 09.02.1982 | < 63 | < 59 | 7 ± 6 |
| | 06.05.1982 | < 63 | < 48 | 9 ± 6 |
| | 11.08.1982 | < 63 | < 37 | < 5,6 |
| | 10.11.1982 | < 55 | < 37 | 10 ± 6 |
| Wasserwerk Eggenstein- Leopoldshafen, Ortsteil: Leopoldshafen | 09.02.1982 | < 70 | < 37 | 11 ± 5 |
| | 06.05.1982 | < 78 | 52 ± 35 | < 5,9 |
| | 11.08.1982 | 76 ± 74 | < 37 | < 5,6 |
| | 10.11.1982 | < 77 | < 37 | 14 ± 7 |
| Wasserwerk Linkenheim- Hochstetten, Ortsteil: Hochstetten | 09.02.1982 | < 70 | < 37 | 9 ± 6 |
| | 06.05.1982 | < 70 | < 37 | 6 ± 6 |
| | 11.08.1982 | < 81 | < 37 | 8 ± 6 |
| | 10.11.1982 | < 69 | < 37 | 11 ± 7 |
| Schluckbrunnen 1 des KfK (Grundwasserhaltung der WAK) ca. 500 m westlich der WAK (neue Bezeichnung: QI/1) | 10.02.1982 | < 70 | < 37 | 16 ± 6 |
| | 07.05.1982 | < 78 | < 37 | 20 ± 6 |
| | 11.08.1982 | < 82 | < 37 | 19 ± 6 |
| | 05.11.1982 | < 60 | < 37 | 18 ± 7 |
| Schluckbrunnen 2 des KfK (Grundwasserhaltung der WAK) ca. 900 m nordwest- lich der WAK (neue Bezeichnung: RI/1) | 10.02.1982 | < 74 | < 37 | 17 ± 6 |
| | 07.05.1982 | < 70 | < 37 | 26 ± 6 |
| | 11.08.1982 | < 69 | < 37 | 18 ± 6 |
| | 05.11.1982 | < 69 | < 37 | 24 ± 7 |
| Beobachtungsbrunnen P zwischen KfK und Wasser- werk Linkenheim (neue Bezeichnung: PIV/1) | 09.02.1982 | < 74 | < 37 | 10 ± 6 |
| | 06.05.1982 | < 78 | < 37 | 17 ± 6 |
| | 11.08.1982 | < 80 | < 37 | 16 ± 6 |
| | 10.11.1982 | < 77 | < 37 | 15 ± 7 |
| Wasserwerk Karlsruhe- Hardtwald bei Eggenstein (Referenzstelle halbjähr- lich) | 06.05.1982 | < 78 | < 37 | 8 ± 6 |
| | 10.11.1982 | < 72 | < 37 | 8 ± 6 |

Tab. 5/20: Langlebige α -, Rest- β -Brutto- und Tritiumaktivitätskonzentration in Grund- und Trinkwasser. Zahlen hinter "<" geben die Nachweisgrenze an, Fehlerangabe: 3σ (statistischer Fehler)

II.4 Biologisches Material

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

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

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

II.4.1 Schlamm

II.4.1.1 Probenahmestelle Hirschkanal (nahe NO-Ecke des KfK)

Die Überwachung der Radioaktivität des Schlammes im Hirschkanal erfolgt anhand von wöchentlich geschöpften Stichproben (s. Tab. 5/21). Die Probenahmestelle liegt in der Nähe der NO-Ecke des KfK und damit unterhalb der sechs Kühl- und Regenwassereinleitungsstellen hinter den sogenannten Sandfängen (s. Lageplan). Darüber hinaus ist die spezifische Aktivität von Einzelnucliden durch γ -Spektrometrie zu ermitteln, wenn die spezifische α -Gesamtaktivität der Proben 370 mBq/g TS und/oder die spezifische β -Gesamtaktivität 1,11 Bq/g TS übersteigt. Die Ergebnisse der γ -Spektrometrie für die Nuklide mit einer Konzentration oberhalb der Nachweisgrenze zeigt Tab. 5/22.

| Probenahme- datum | spezifische Aktivität a in Bq/g TS (nach ca. sieben Tagen) | | Probenahme- datum | spezifische Aktivität a in Bq/g TS (nach ca. sieben Tagen) | |
|----------------------|---|-----------|----------------------|---|-----------|
| | a_α | a_β | | a_α | a_β |
| 05.01.1982 | 0,063 | 0,85 | 06.07.1982 | 0,11 | 1,1 |
| 12.01.1982 | 0,10 | 1,2 | 13.07.1982 | 0,073 | 0,82 |
| 19.01.1982 | 0,23 | 2,2 | 20.07.1982 | 0,11 | 1,0 |
| 26.01.1982 | 0,12 | 1,4 | 27.07.1982 | 0,090 | 0,95 |
| 02.02.1982 | 0,13 | 1,2 | 03.08.1982 | 0,12 | 0,64 |
| 09.02.1982 | 0,28 | 1,5 | 10.08.1982 | 0,12 | 0,86 |
| 16.02.1982 | 0,21 | 1,4 | 17.08.1982 | 0,058 | 0,83 |
| 23.02.1982 | 0,093 | 1,0 | 24.08.1982 | 0,056 | 0,83 |
| 02.03.1982 | 0,10 | 1,1 | 31.08.1982 | 0,13 | 0,94 |
| 09.03.1982 | 0,10 | 1,2 | 07.09.1982 | 0,12 | 0,86 |
| 16.03.1982 | 0,11 | 0,95 | 14.09.1982 | 0,13 | 1,1 |
| 23.03.1982 | 0,17 | 0,83 | 21.09.1982 | 0,14 | 0,97 |
| 30.03.1982 | 0,13 | 1,1 | 28.09.1982 | 0,15 | 1,2 |
| 06.04.1982 | 0,096 | 0,96 | 05.10.1982 | 0,24 | 1,4 |
| 13.04.1982 | 0,17 | 1,2 | 12.10.1982 | 0,24 | 1,4 |
| 20.04.1982 | 0,13 | 1,1 | 19.10.1982 | 0,17 | 1,2 |
| 27.04.1982 | 0,11 | 0,79 | 26.10.1982 | 0,13 | 1,1 |
| 04.05.1982 | 0,12 | 0,90 | 02.11.1982 | 0,14 | 1,2 |
| 11.05.1982 | 0,093 | 0,84 | 09.11.1982 | 0,28 | 1,7 |
| 18.05.1982 | 0,093 | 0,76 | 16.11.1982 | 0,46 | 3,2 |
| 25.05.1982 | 0,13 | 0,97 | 23.11.1982 | 0,44 | 2,1 |
| 01.06.1982 | <0,074 | 0,90 | 30.11.1982 | 0,46 | 2,2 |
| 08.06.1982 | 0,095 | 0,99 | 07.12.1982 | 0,31 | 1,4 |
| 15.06.1982 | 0,089 | 0,88 | 14.12.1982 | 0,31 | 1,7 |
| 22.06.1982 | 0,17 | 1,1 | 21.12.1982 | 0,21 | 1,2 |
| 29.06.1982 | 0,11 | 0,70 | 28.12.1982 | 0,27 | 1,4 |

Tab. 5/21: Langlebige spezifische α - und β -Bruttoaktivität im Schlamm, Probenahmestelle Hirschkanal (nahe NO-Ecke des KfK). Nachweisgrenze a_α : 0,074 Bq/g TS, a_β : 0,150 Bq/g TS

II.4.1.2 Probenahmestelle Altrhein, Gemarkungsgrenze unterhalb Abwassereinleitung

Zur Überwachung des Altrheins, dem Vorfluter für die geklärten Chemie- und Fäkalabwässer des KfK, sind monatlich Schlammproben im Altrhein bei Leopoldshafen, ca. 80 m unterhalb der Abwassereinleitungsstelle zu entnehmen und die langlebige α - und β -Bruttoaktivität zu bestimmen (s. Tab. 5/23). Wenn die Bedingung " α -Aktivitätskonzentration > 370 mBq/g TS und/oder β -Aktivitätskonzentration > 1,11 Bq/g TS" erfüllt ist, muß die γ -Spektrometrie erfolgen (s. Tab. 5/24). Die programmbedingte Pu-238- und Pu-239+240-Ergebnisse sind in Tab. 5/23 eingetragen.

| Nuklid | maximale spezifische Aktivität in mBq/g TS | Probenahmedatum des Maximums |
|-----------|---|------------------------------|
| Be-7 | 89 ± 38 | 09.11.1982 |
| K-40 | 560 ± 40 | 16.02.1982 |
| Co-60 | 16 ± 4 | 23.11.1982 |
| Nb-95 | 16 ± 9 | 19.01.1982 |
| Ru/Rh-106 | 74 ± 63 | 19.01.1982 |
| Sb-125 | 44 ± 15 | 19.01.1982 |
| Cs-134 | 160 ± 4 | 13.04.1982 |
| Cs-137 | 1 200 ± 26 | 19.01.1982 |
| Ce-144 | 140 ± 26 | 19.01.1982 |
| Eu-154 | 22 ± 6 | 19.01.1982 |
| Eu-155 | 48 ± 11 | 19.01.1982 |
| Am-241 | 19 ± 8 | 14.09.1982 |

Tab. 5/22: Maximale spezifische Aktivität von Einzelnucliden, die in den wöchentlichen Schlammproben durch γ -Spektrometrie nachgewiesen wurden. Probenahmestelle Hirschkanal (nahe NO-Ecke des KfK), Fehlerangabe: 3σ (statistischer Fehler)

| Jahr 1982 | Probenahmedatum | spezifische Aktivität a in Bq/g TS (nach ca. sieben Tagen) | |
|-----------|-----------------|--|-----------|
| | | a_α | a_β |
| Januar | 19.01.1982 | 0,074 | 1,0 |
| Februar | 19.02.1982 | 0,16 | 0,72 |
| März | 18.03.1982 | < 0,39 | 1,2 |
| April | 19.04.1982 | 0,19 | 0,78 |
| Mai | 21.05.1982 | 0,17 | 0,87 |
| Juni | 21.06.1982 | 0,11 | 0,61 |
| Juli | 19.07.1982 | 0,22 | 0,77 |
| August | 13.08.1982 | 0,093 | 0,76 |
| September | 13.09.1982 | 0,084 | 0,66 |
| Oktober | 19.10.1982 | 0,12 | 0,73 |
| November | 26.11.1982 | 0,11 | 0,70 |
| Dezember | 20.12.1982 | 0,084 | 0,60 |

| Quartal | Probenahmedatum | spezifische Plutoniumaktivität in mBq/g TS | |
|---------|-----------------|--|-------------|
| | | Pu-239+240 | Pu-239 |
| 1. | 19.02.1982 | 2,1 ± 0,12 | 1,4 ± 0,09 |
| 2. | 21.05.1982 | 4,7 ± 0,33 | 2,6 ± 0,21 |
| 3. | 13.08.1982 | 0,82 ± 0,06 | 0,52 ± 0,05 |
| 4. | 26.11.1982 | 0,67 ± 0,05 | 0,44 ± 0,05 |

Tab. 5/23: Langlebige spezifische α -, β -Brutto- und Pu-Aktivität im Schlamm. Probenahmestelle Altrhein unterhalb der Abwassereinleitung. Nachweisgrenze a_α : 74 mBq/g TS, a_β : a_β : 150 mBq/g TS, Fehlerangabe: 3σ (statistischer Fehler)

II.4.1.3 Probenahmestelle oberhalb der Abwassereinleitung als Referenzstelle

Das Überwachungsprogramm fordert außerdem halbjährlich die Entnahme einer Schlammprobe oberhalb der Abwassereinleitungsstelle und die Bestimmung ihrer spezifischen α - und β -Gesamtaktivität. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in Tab. 5/25 eingetragen. Die geforderten Probenahmen erfolgten im März und Juni 1982 an der Altrheinbrücke in Leopoldshafen. Wegen der niedrigen Aktivitätswerte ist programmbedingt eine γ -Spektrometrie an dieser Stelle nicht erforderlich.

| Nuklid | spezifische Aktivität in mBq/g TS (Probenahmedatum: 18.03.1982) | Nuklid | spezifische Aktivität in mBq/g TS (Probenahmedatum: 18.03.1982) |
|-----------|--|-----------|--|
| Cr-51 | < 20 | Sb-124 | < 3,7 |
| Mn-54 | < 2,1 | Sb-125 | 40±11 |
| Co-57 | < 1,8 | I-131 | < 2,4 |
| Co-58 | < 2,1 | Cs-134 | 7,8±3,7 |
| Fe-59 | < 4,1 | Cs-137 | 100±7 |
| Co-60 | 7,0±2,2 | Ba/La-140 | < 5,6 |
| Zn-65 | < 4,8 | Ce-141 | < 3,4 |
| Zr-95 | < 4,1 | Ce-144 | 89±22 |
| Nb-95 | 12±3 | Be-7 | 48±26 |
| Ru-103 | < 2,2 | K-40 | 270±50 |
| Ru/Rh-106 | 110±30 | Am-241 | < 7,8 |
| Ag-110m | < 2,5 | | |

Tab. 5/24: γ -spektrometrisch ermittelte spezifische Aktivität von Einzelnucliden in Schlamm. Probenahmestelle Altrhein unterhalb der Abwassereinleitung. Zahlen hinter "<" geben die Nachweisgrenze an, Fehlerangabe: 3σ (statistischer Fehler)

| Probenahmedatum | | spezifische Aktivität a in Bq/g TS (nach ca. sieben Tagen) | |
|-----------------|--------------------|--|-----------|
| | | a_α | a_β |
| 1. Halbjahr | 18. März 1982 | 0,18 | 0,77 |
| 2. Halbjahr | 16. September 1982 | 0,19 | 0,65 |

Tab. 5/25: Langlebige spezifische α - und β -Bruttoaktivität. Probenahmestelle Altrhein oberhalb der Abwassereinleitung als Referenzstelle. Nachweisgrenze a_α : 0,074 Bq/g TS, a_β : 0,15 Bq/g TS

II.4.2 Seston

Die Sestonprobenahmen im Altrhein unterhalb der Einleitungsstelle der Abwässer aus dem KfK wurden 1982 auflagegemäß vierteljährlich durchgeführt. Eine Übersicht über die Seston-Meßergebnisse vermittelt Tab. 5/26.

| Probenahmedatum | spezifische Aktivität a in Bq/g TS (nach ca. sieben Tagen) | | spezifische Plutoniumaktivität in Bq/g TS | |
|-------------------------|---|-----------|---|---------|
| | a_α | a_β | Pu-239+240 | Pu-238 |
| 1. Quartal 1982 /19.02. | 0,49 | 1,2 | 4,7±0,2 | 3,0±0,2 |
| 2. Quartal 1982 /21.05. | 0,47 | 1,4 | 4,3±0,5 | < 2,1 |
| 3. Quartal 1982 /13.08. | 0,21 | 0,98 | 4,5±0,2 | 3,6±0,2 |
| 4. Quartal 1982 /26.11. | 0,29 | 1,2 | 6,2±0,4 | 4,8±0,3 |

Tab. 5/26: Langlebige spezifische α -, β -Brutto- und Plutoniumaktivität in Seston. Probenahmestelle Altrhein unterhalb der Abwassereinleitung. Nachweisgrenze a_α : 0,060 Bq/g TS, a_β : 0,12 Bq/g TS, Pu: Zahlen hinter "<" geben die Nachweisgrenze an, Fehlerangabe: 3σ (statistischer Fehler)

II.4.3 Fisch

Der Überwachung des Vorfluters dienen auch die halbjährlichen Probenahmen von Fisch. Nach dem Überwachungsprogramm sollen möglichst Fried- und Raubfische untersucht werden, wobei die Bestimmung der spezifischen α - und Rest- β -Aktivität durch nuklidspezifische Bestimmungen des K-40- und Sr-90-Gehaltes und durch γ -spektrometrische Messungen zu ergänzen sind. Die Meßergebnisse für 1982 wurden in Tab. 5/27 zusammengefaßt. Gemessen wurde der Aktivitätsgehalt des für die Ingestionsdosis allein relevanten Fischfleisches.

| Fischart | Brachse | Hecht + Barsch | Brachse | Hecht |
|---------------------------------------|---|----------------|--------------------------|-----------|
| Probenahmedatum | 1. Halbjahr 1982: 24.04. | | 2. Halbjahr 1982: 25.10. | |
| Nuklid bzw. Art der Aktivität | spezifische Aktivität in mBq/g Frischsubstanz | | | |
| Rest- β (nach ca. sieben Tagen) | < 40 | < 43 | < 30 | < 41 |
| Sr-90 | < 0,020 | < 0,045 | < 0,033* | < 0,057* |
| K-40 | 100±5 | 111±4 | 76±3 | 103±6 |
| Cr-51 | < 0,56 | < 0,78 | < 0,43 | < 0,70 |
| Mn-54 | < 0,10 | < 0,15 | < 0,063 | < 0,13 |
| Co-57 | < 0,044 | < 0,063 | < 0,044 | < 0,057 |
| Co-58 | < 0,10 | < 0,15 | < 0,063 | < 0,13 |
| Fe-59 | < 0,27 | < 0,21 | < 0,17 | < 0,30 |
| Co-60 | < 0,17 | < 0,17 | < 0,065 | < 0,17 |
| Zn-65 | < 0,23 | < 0,16 | < 0,19 | < 0,34 |
| Zr-95 | < 0,17 | < 0,26 | < 0,12 | < 0,22 |
| Nb-95 | < 0,096 | < 0,14 | < 0,064 | < 0,13 |
| Ru-103 | < 0,081 | < 0,13 | < 0,059 | < 0,11 |
| Ru/Rh-106 | < 0,81 | < 1,1 | < 0,57 | < 1,1 |
| Ag-110m | < 0,14 | < 0,21 | < 0,092 | < 0,19 |
| Sb-124 | < 0,17 | < 0,27 | < 0,082 | < 0,20 |
| Sb-125 | < 0,21 | < 0,34 | < 0,18 | < 0,28 |
| I-131 | < 0,070 | < 0,11 | < 0,053 | < 0,091 |
| Cs-134 | < 0,10 | 0,58±0,21 | 0,13±0,07 | 0,19±0,14 |
| Cs-137 | 2,1±0,2 | 7,4 ±0,4 | 1,7 ±0,1 | 3,3 ±0,2 |
| Ba/La-140 | < 0,24 | < 0,33 | < 0,17 | < 0,30 |
| Ce-141 | < 0,078 | < 0,11 | < 0,078 | < 0,11 |
| Ce-144 | < 0,34 | < 0,48 | < 0,35 | < 0,43 |
| Be-7 | < 0,67 | < 1,0 | < 0,55 | < 0,91 |
| Am-241 | < 0,28 | < 0,44 | < 0,33 | < 0,34 |

*Probenahme am 25.10.1982 und 08.11.1982

Tab. 5/27: Langlebige spezifische Rest- β -Brutto, K-40- und Sr-90-Aktivität sowie γ -spektrometrisch ermittelte spezifische Aktivität von Einzelnukliden in Fischen aus dem Altrhein unterhalb der Abwassereinleitungsstelle. Zahlen hinter "<" geben die Nachweishgrenze an, Fehlerangabe: 3σ (statistischer Fehler)

II.4.4 Wasserpflanzen

Die Ergebnisse der halbjährlich durchgeführten Überwachung des Aktivitätsgehaltes von Wasserpflanzen aus dem Altrhein wurden in Tab. 5/28 dargestellt.

| Pflanzenart | Schilf | Sumpfstro | Schilf | Sumpfstro |
|--------------------------------|-----------------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Probenahmedatum | 1. Halbjahr 1982 28.05. | | 2. Halbjahr 1982 22.11. | |
| Nuklid bzw. Art der Aktivität | spezifische Aktivität in mBq/g TS | | | |
| Rest-β (nach ca. sieben Tagen) | < 380 | < 310 | < 300 | < 540 |
| K-40 | 940±33 | 580±65 | 740±26 | 1190±60 |
| Cr-51 | < 3,7 | < 13 | < 4,3 | < 13 |
| Mn-54 | < 0,74 | < 2,6 | < 0,63 | < 1,6 |
| Co-57 | < 0,37 | < 1,1 | < 0,48 | < 1,2 |
| Co-58 | < 0,74 | < 2,6 | < 0,63 | < 1,6 |
| Fe-59 | < 1,9 | < 5,6 | < 1,7 | < 3,1 |
| Co-60 | < 0,74 | 5,9±2,0 | < 0,66 | 10± 2 |
| Zn-65 | < 2,2 | < 5,2 | < 1,9 | < 3,8 |
| Zr-95 | < 1,1 | < 7,4 | < 1,2 | < 2,9 |
| Nb-95 | < 0,74 | < 7,4 | < 1,1 | < 1,6 |
| Ru-103 | < 0,74 | < 2,6 | < 0,34 | < 1,3 |
| Ru/Rh-106 | < 4,8 | < 28 | < 4,8 | < 14 |
| Ag-110m | < 1,1 | < 4,5 | < 0,88 | < 2,1 |
| Sb-124 | < 1,1 | < 3,7 | < 0,75 | < 2,2 |
| Sb-125 | < 1,5 | < 8,3 | < 1,2 | < 4,2 |
| I-131 | < 0,74 | < 1,9 | < 0,53 | < 1,5 |
| Cs-134 | < 0,74 | 7,4±3,3 | < 0,63 | < 1,5 |
| Cs-137 | 0,66±0,59 | 29±4 | 2,3±0,6 | 5,5± 2,1 |
| Ba/La-140 | < 1,5 | < 6,3 | < 2,4 | < 3,8 |
| Ce-141 | < 0,75 | < 2,2 | < 0,81 | < 2,3 |
| Ce-144 | < 3,0 | < 11 | < 3,7 | < 9,7 |
| Be-7 | < 4,4 | 380±37 | 83± 7 | 54±14 |
| Am-241 | < 2,6 | < 11 | < 2,6 | < 5,2 |

Tab. 5/28: Langlebige spezifische Rest-β-Brutto und K-40-Aktivität sowie γ-spektrometrisch ermittelte spezifische Aktivität von Radionukliden in Wasserpflanzen aus dem Altrhein unterhalb der Abwassereinleitung. Zahlen hinter "<" geben die Nachweisgrenze an, Fehlerangabe: 3σ (statistischer Fehler)

II.4.5 Bewuchs

Die Probenahmebereiche für landwirtschaftliche Produkte wie Futterpflanzen und pflanzliche Nahrungsmittel (Programmpunkte II.4.5 und II.4.6) entsprechen den beiden Hauptwindrichtungssektoren. Diese Bereiche (s. Lageplan) wurden auf folgende Weise ermittelt:

Die am meteorologischen Meßmast des KfK über einen Zeitraum von zehn Jahren ermittelte Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen weist zwei Hauptsektoren aus: 1. Wind aus 205° - 245° und 2. Wind aus 45° - 75°. Diesen beiden Hauptwindrichtungssektoren entsprechen die beiden Hauptausbreitungssektoren $\Delta\phi_1 = 25^\circ - 65^\circ$ (nordöstlich des KfK) und $\Delta\phi_2 = 225^\circ - 255^\circ$ (westsüdwestlich des KfK). Die Winkel $\Delta\phi_1$ und $\Delta\phi_2$ wurden an den Standorten der Abluftkamine der sieben wichtigsten Emittenten des KfK mit Emissionshöhen zwischen 60 m und 100 m angetragen.

Als innere radiale Begrenzung der verschiedenen Hauptausbreitungssektoren wurde der Grenzzaun des betrieblichen Überwachungsbereiches gewählt, als äußere radiale Begrenzung ein Radius von jeweils 5 km, was bei Zugrundelegung einer neutralen Diffusionskategorie etwa jener Entfernung vom Emittenten entspricht, in der noch ca. 10 % der maximalen Immissionskonzentration zu erwarten sind.

Als Probenahmebereiche wurden nun jene beiden quasi einhüllenden Sektorstücke festgelegt, die sich aus den jeweils äußersten Winkelstrahlen und den am weitesten entfernten Bogenstücken ergaben. Die Probenahmebereiche für Futterpflanzen und zum Verzehr bestimmte landwirtschaftliche Produkte werden jedoch durch bewaldete und bebaute Gebiete innerhalb der schmetterlingsähnlichen Figur der beiden Hauptsektoren weiter eingeengt.

Das Überwachungsprogramm für Bewuchs sieht eine halbjährliche Probenahme von Gras oder anderen Futterpflanzen in den beiden Hauptausbreitungssektoren (Raum Eggenstein-Leopoldshafen und Raum Friedrichstal) und bei Durlach (Landwirtschaftliche Versuchsanstalt Grötzingen als Referenzstelle) vor. Zu bestimmen sind die Einzelnuclide durch eine γ -spektrometrische Untersuchung. Zusätzlich wurde jeweils die Rest- β - und K-40-Aktivität bestimmt (s. Tab. 5/29).

| Probenahme- stelle | 1. Hauptaus- breitungs- sektor | 2. Hauptaus- breitungs- sektor | Referenz- stelle Grötzingen | 1. Hauptaus- breitungs- sektor | 2. Hauptaus- breitungs- sektor | Referenz- stelle Grötzingen |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Probenahme- datum | 1. Halbjahr 1982: 29.04. | | | 2. Halbjahr 1982: 08.10. | | |
| Nuklid bzw. Art der Aktivität | spezifische Aktivität in mBq/g TS | | | | | |
| Rest- β (nach ca. sieben Tagen) | < 260 | < 370 | < 410 | < 240 | < 260 | < 223 |
| K-40 | 460 \pm 19 | 820 \pm 7 | 880 \pm 19 | 480 \pm 24 | 577 \pm 26 | 210 \pm 5 |
| Cr-51 | < 3,0 | < 4,2 | < 2,2 | < 3,7 | < 3,9 | < 2,2 |
| Mn-54 | < 0,74 | < 0,74 | < 0,37 | < 0,67 | < 0,73 | < 0,39 |
| Co-57 | < 0,22 | < 0,74 | < 0,19 | < 0,32 | < 0,34 | < 0,19 |
| Co-58 | < 0,74 | < 0,74 | < 0,37 | < 0,67 | < 0,73 | < 0,39 |
| Fe-59 | < 1,1 | < 1,9 | < 1,1 | < 1,5 | < 1,6 | < 0,90 |
| Co-60 | < 1,1 | < 0,74 | < 0,74 | < 0,85 | < 0,97 | < 0,55 |
| Zn-65 | < 1,5 | < 1,9 | < 1,5 | < 1,8 | < 1,9 | < 1,1 |
| Zr-95 | < 1,1 | < 1,1 | < 0,74 | < 1,2 | < 1,3 | < 0,70 |
| Nb-95 | < 0,74 | < 0,74 | < 0,37 | < 0,65 | < 0,70 | < 0,38 |
| Ru-103 | < 0,37 | < 0,74 | < 0,33 | < 0,52 | < 1,4 | < 0,31 |
| Ru/Rh-106 | < 3,7 | < 4,2 | < 3,0 | < 5,6 | < 5,6 | < 3,2 |
| Ag-110m | < 0,74 | < 1,1 | < 0,74 | < 0,94 | < 1,1 | < 0,58 |
| Sb-124 | < 1,1 | < 0,74 | < 0,74 | < 1,2 | < 1,1 | < 0,67 |
| Sb-125 | < 1,1 | < 1,5 | < 1,1 | < 0,47 | < 1,5 | < 0,81 |
| I-131 | < 0,37 | < 0,74 | < 0,30 | < 0,47 | < 0,48 | < 0,26 |
| Cs-134 | < 0,74 | < 0,74 | < 0,37 | < 0,70 | < 0,74 | < 0,41 |
| Cs-137 | 0,85 \pm 0,51 | 1,2 \pm 0,9 | 0,55 \pm 0,52 | 1,5 \pm 0,7 | 1,2 \pm 0,7 | 0,49 \pm 0,43 |
| Ba/La-140 | < 1,5 | < 1,5 | < 1,1 | < 1,5 | < 1,6 | < 1,5 |
| Ce-141 | < 0,37 | < 0,74 | < 0,3 | < 0,54 | < 0,60 | < 0,32 |
| Ce-144 | 2,1 \pm 1,6 | < 0,37 | < 1,5 | < 2,4 | < 0,30 | < 1,5 |
| Be-7 | 31 \pm 5 | 59 \pm 11 | 35 \pm 4,1 | 90 \pm 8 | 66 \pm 5 | 112 \pm 4 |
| Am-241 | < 1,5 | < 2,6 | < 1,5 | < 1,8 | < 1,9 | < 1,1 |

Tab. 5/29: Langlebige spezifische Rest- β -Brutto- und K-40-Aktivität sowie γ -spektrometrisch ermittelte spezifische Aktivität von Einzelnucliden in Bewuchs. Probenahmegebiete: Hauptausbreitungssektoren und Grötzingen. Zahlen hinter "<" geben die Nachweisgrenze an, Fehlerangabe: 3σ (statistischer Fehler)

II.4.6 Pflanzliche Nahrungsmittel

Dieser Programmpunkt sieht Probenahmen von Weizen, Blattgemüse (Salat) und Spargel jeweils jährlich zur Erntezeit in den beiden Hauptausbreitungssektoren (s. Beschreibung unter Programmpunkt II.4.5) vor. Zu messen sind jeweils die spezifische β -Gesamt- und K-40-Aktivität. Ferner sind zur Ermittlung der spezifischen Aktivität von Einzelnucliden γ -spektrometrische Analysen durchzuführen (s. Tab. 5/30).

| Probenahme- gebiet | 1. Hauptausbreitungssektor | | | 2. Hauptausbreitungssektor | | |
|---------------------------------------|---|-------------|------------|----------------------------|-------------|------------|
| | Weizen | Blattgemüse | Spargel | Weizen | Blattgemüse | Spargel |
| Probenahme- datum | 13.08.1982 | 13.08.1982 | 02.06.1982 | 22.07.1982 | 08.09.1982 | 15.06.1982 |
| Nuklid bzw. Art der Aktivität | spezifische Aktivität in Bq/kg Frischsubstanz | | | | | |
| Rest-β- (nach ca. sieben Tagen) | < 45 | < 36 | < 17 | < 51 | < 24 | < 18 |
| K-40 | 106±45 | 86±3 | 40±2 | 126±5 | 56±3 | 43±2 |
| Cr-51 | < 0,53 | < 0,38 | < 0,27 | < 0,74 | < 0,46 | < 0,16 |
| Mn-54 | < 0,099 | < 0,058 | < 0,052 | < 0,15 | < 0,080 | < 0,030 |
| Co-57 | < 0,047 | < 0,042 | < 0,021 | < 0,067 | < 0,040 | < 0,013 |
| Co-58 | < 0,99 | < 0,058 | < 0,052 | < 0,15 | < 0,080 | < 0,030 |
| Fe-59 | < 0,22 | < 0,14 | < 0,12 | < 0,28 | < 0,18 | < 0,067 |
| Co-60 | < 0,13 | < 0,063 | < 0,089 | < 0,19 | < 0,11 | < 0,033 |
| Zn-65 | < 0,25 | < 0,18 | < 0,14 | < 0,34 | < 0,20 | < 0,087 |
| Zr-95 | < 0,17 | < 0,098 | < 0,96 | < 0,25 | < 0,14 | < 0,052 |
| Nb-95 | < 0,092 | < 0,058 | < 0,052 | < 0,14 | < 0,078 | < 0,028 |
| Ru-103 | < 0,079 | < 0,045 | < 0,041 | < 0,11 | < 0,065 | < 0,024 |
| Ru/Rh-106 | < 0,52 | < 0,45 | < 0,41 | < 1,2 | < 0,72 | < 0,22 |
| Ag-110m | < 0,14 | < 0,085 | < 0,074 | < 0,20 | < 0,12 | < 0,044 |
| Sb-124 | < 0,15 | < 0,072 | < 0,19 | < 0,22 | < 0,13 | < 0,044 |
| Sb-125 | < 0,21 | < 0,13 | < 0,11 | < 0,29 | < 0,18 | < 0,063 |
| I-131 | < 0,066 | < 0,045 | < 0,037 | < 0,10 | < 0,058 | < 0,021 |
| Cs-134 | < 0,099 | < 0,063 | < 0,056 | < 0,015 | < 0,083 | < 0,030 |
| Cs-137 | 0,12±0,11 | 0,16±0,07 | < 0,052 | 0,19±0,17 | 0,18±0,11 | < 0,030 |
| Ba/La-140 | < 0,21 | < 0,13 | < 0,11 | < 0,30 | < 0,18 | < 0,059 |
| Ce-141 | < 0,079 | < 0,067 | < 0,037 | < 0,12 | < 0,066 | < 0,30 |
| Ce-144 | < 0,36 | < 0,32 | < 0,16 | < 0,51 | < 0,32 | < 0,10 |
| Be-7 | < 0,65 | 3,1 ±0,6 | < 0,34 | 1,9 ±1,1 | 4,0 ±0,7 | < 0,15 |
| Am-241 | < 0,40 | < 0,24 | - | < 0,53 | < 0,35 | < 0,10 |

Tab. 5/30: Langlebige spezifische Rest-β-Brutto- und K-40-Aktivität sowie γ-spektrometrisch ermittelte Aktivität von Radionukliden in pflanzlichen Nahrungsmitteln. Probenahmegebiete: Hauptausbreitungssektoren. Zahlen hinter "<" geben die Nachweisgrenze an, Fehlerangabe: 3σ (statistischer Fehler)

II.4.7 Boden

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

Von den jährlichen Proben aus den beiden Hauptausbreitungssektoren innerhalb des KfK-Überwachungsbereiches werden die spezifische α- und β-Gesamtaktivität und durch γ-Spektroskopie die spezifische Aktivität von Einzelnukliden bestimmt. Eine Sr-90-spezifische Aktivitätsbestimmung erfolgt nur, wenn die spezifische β-Aktivität den Wert von 1,9 kBq/kg TS übersteigt. Dies war 1982 nicht der Fall.

Zwei weitere Bodenproben sind in den beiden Hauptausbreitungssektoren in je 300 m bis 800 m Entfernung vom Abluftkamin der WAK zu nehmen. Eine Referenzprobe wird im Raum Durlach (s. Lageplan) genommen. Von den jährlichen Proben aus diesen Gebieten wird die spezifische α- und β-Bruttoaktivitätskonzentration, die spezifische Aktivität von Einzelnukliden durch γ-Spektrometrie und die spezifische Aktivität von Sr-90, Pu-238 und Pu-239+240 bestimmt. Die Meßergebnisse für die Bodenproben sind in Tab. 5/31 eingetragen.

| Probenahme- gebiet | Betrieblicher Überwachungsbe- reich | | 300 m bis 800 m vom WAK- Abluftkamin | | Referenzstelle Durlach |
|----------------------------------|--|--|---|--|---------------------------|
| | 1. Hauptaus- breitungs- richtung | 2. Hauptaus- breitungs- richtung | 1. Hauptaus- breitungs- richtung | 2. Hauptaus- breitungs- richtung | |
| Probenahme- datum | 21.09.1982 | | | | |
| Nuklid bzw. Art der Aktivität | spezifische Aktivität in Bq/kg TS | | | | |
| a_α | 89± 45 | 93± 45 | 133± 45 | 83± 45 | 323± 45 |
| a_β | 698±110 | 634±110 | 707±110 | 618±110 | 936±110 |
| Cr-51 | < 12 | < 8,2 | < 13 | < 14 | < 11 |
| Mn-54 | < 1,9 | < 1,4 | < 2,3 | < 1,6 | < 1,7 |
| Co-57 | < 0,97 | < 0,75 | < 1,2 | < 1,7 | < 0,97 |
| Co-58 | < 1,9 | < 1,4 | < 2,3 | < 1,6 | < 1,7 |
| Fe-59 | < 3,7 | < 2,7 | < 4,1 | < 3,1 | < 3,3 |
| Co-60 | < 1,9 | < 1,3 | < 2,5 | < 1,6 | < 1,5 |
| Zn-65 | < 4,5 | < 3,3 | < 4,9 | < 3,7 | < 4,1 |
| Zr-95 | < 3,4 | < 2,3 | < 3,7 | < 2,8 | < 2,8 |
| Nb-95 | < 2,0 | < 1,3 | < 1,9 | < 1,6 | < 1,6 |
| Ru-103 | < 1,6 | < 1,6 | < 1,9 | < 1,6 | < 1,9 |
| Ru/Rh-106 | < 18 | < 11 | < 21 | < 14 | < 13 |
| Ag-110m | < 2,7 | < 2,1 | < 2,9 | < 2,2 | < 2,9 |
| Sb-124 | < 3,5 | < 3,3 | < 3,0 | < 2,4 | < 4,1 |
| Sb-125 | < 4,5 | < 3,0 | < 4,9 | < 4,5 | < 3,7 |
| I-131 | < 1,3 | < 1,0 | < 1,7 | < 1,7 | < 1,3 |
| Cs-134 | < 2,0 | < 1,3 | < 2,3 | < 1,6 | < 1,6 |
| Cs-137 | 8,5±3,0 | 4,8±1,5 | 18,5±3,3 | 12,2±2,2 | 3,7±2,2 |
| Ba/La-140 | < 4,9 | < 3,0 | < 5,6 | < 4,1 | < 3,6 |
| Ce-141 | < 1,7 | < 1,0 | < 2,0 | < 2,7 | < 1,3 |
| Ce-144 | < 7,5 | < 6,0 | < 8,6 | < 13 | < 7,8 |
| Am-241 | < 8,6 | < 5,2 | < 9,7 | < 12 | < 6,7 |
| Sr-90 | * | * | 0,59±0,15 | 1,22±0,07 | 0,83±0,06 |
| Pu-238 | | | < 0,074 | 0,089±0,011 | 0,044±0,011 |
| Pu-239+240 | | | 0,30±0,03 | 0,31±0,02 | 0,093±0,019 |

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

Tab. 5/31: Langlebige spezifische α - und β -Bruttoaktivität, γ -spektrometrisch ermittelte spezifische Aktivität von Einzelnukliden sowie spezifische Aktivität von Sr-90, Pu-238 und Pu-239+240 in Boden. Probenahmegebiete: Hauptausbreitungssektoren und Referenzstelle Durlach. Zahlen hinter "<" geben die Nachweisgrenze an, Fehlerangabe: 3σ (statistischer Fehler)

III. Meßfahrten im Rahmen des Störfallmeßprogramms

Dieser Programmpunkt wurde im Jahr 1981 neu in das Programm zur Überwachung der Umweltradioaktivität am Kernforschungszentrum Karlsruhe aufgenommen. Ziel ist das Training des Personals der HS/R mit Meßfahrten, die auch im Fall eines Stör- oder Unfalles durchzuführen sind. Auflagebedingt müssen monatlich Meßfahrten zu wechselnden Probenahme- bzw. Meßorten, die in den Zonen und Sektoren in der Umgebung des KfK liegen, durchgeführt werden. Die 16 Probenahme- bzw. Meßorte wurden in der Zentralzone gemäß dem "Besonderen Katastropheneinsatzplan für die Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe" festgelegt. Die Ergebnisse der Meßfahrten im Rahmen des Routineüberwachungsprogramms für den Störfall enthält Tab. 5/32.

| 1982 | Monat | Januar | Februar | März | April | Mai | Juni |
|--|-------|--------|---------|-----------|---------|----------|----------|
| | Tag | 26. | 26. | 26. | 23. | 28. | 25. |
| Meß- bzw. Probenahme- stelle | | Z12b | Z11 | Z7 | Z12a | Z9 | Z13 |
| III.1 <u>Luft</u> | | | | | | | |
| III.1.1 γ -Ortsdosis- leistung in $\mu\text{Sv/h}$ | | 0,05 | 0,07 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,05 |
| III.1.2 Gesamt- β -Akti- vitätskonzentra- tion in Bq/m^3 | | 1,7 | 4,3 | 4,6 | 2,4 | 0,89 | 3,4 |
| III.1.3 I-131-Aktivi- tätskonzentra- tion in Bq/m^3 | | < 1,9 | < 0,031 | 0,063 | - | < 2,2 | < 1,8 |
| III.2 <u>Bodenoberfläche</u> | | | | | | | |
| Gesamt- β -Akti- vitätsflächen- belegung in kBq/m^2 | | 1,7 | 1,7 | 2,0 | 2,3 | 1,7 | 1,7 |
| 1982 | Monat | Juli | August | September | Oktober | November | Dezember |
| | Tag | 29. | 27. | 24. | 28. | 26. | 20. |
| Meß- bzw. Probenahme- stelle | | Z5 | Z6 | Z10 | Z7 | Z13 | Z3 |
| III.1 <u>Luft</u> | | | | | | | |
| III.1.1 γ -Ortsdosis- leistung in $\mu\text{Sv/h}$ | | 0,05 | 0,08 | 0,06 | 0,07 | 0,05 | 0,07 |
| III.1.2 Gesamt- β -Akti- vitätskonzentra- tion in Bq/m^3 | | 3,9 | 1,5 | 4,0 | 1,2 | 6,2 | 1,6 |
| III.1.3 I-131-Aktivi- tätskonzentra- tion in Bq/m^3 | | - | - | < 0,045 | < 0,037 | < 1,6 | < 0,13 |
| III.2 <u>Bodenoberfläche</u> | | | | | | | |
| Gesamt- β -Akti- vitätsflächen- belegung in kBq/m^2 | | 2,0 | 2,3 | 2,0 | 3,3 | 2,7 | 4,7 |

Tab. 5/32: Meßfahrten im Rahmen des Routineüberwachungsprogramms für den Störfall.
 Nachweisgrenze: γ -Dosisleistung $0,02 \mu\text{Sv/h}$; Gesamt- β -Aktivitätskonzentration (im Bereich von $3,7 \text{ Bq/m}^3$) $1,1 \text{ Bq/m}^3$; Gesamt- β -Aktivitätsflächenbelastung (im Bereich von 3700 Bq/m^2) 1100 Bq/m^2 ; Zahlen hinter "<" geben die Nachweisgrenze an.

5.1.3.2 Ergänzende Überwachungsmaßnahmen

Zusätzlich zum Routineüberwachungsprogramm wurden aus verschiedenen Gründen ergänzende Messungen durchgeführt, über die im folgenden eine tabellarische Übersicht gegeben wird. Mit a wird die spezifische Aktivität bzw. die Aktivitätskonzentration bezeichnet.

| Grund | Überwachungsmaßnahmen | Meßergebnisse | | | | |
|---|---|--|---------------------------|--------------------|--------------------------|-----|
| Regelmäßige Untersuchungen | | | | | | |
| Kontinuierliche Ableitung der Kühl- und Regenwässer in den Hirschkanal | wöchentliche Schlammprobenahme und Aktivitätsbestimmung aus den sechs Sandfängen der Regenwasserkanalisation (s. Lageplan) | Sandfang | a_{α} in kBq/kg TS | | a_{β} in kBq/kg TS | |
| | | | min | max | min | max |
| | | I | 0,07 | 2,2 | 0,6 | 11 |
| | | II | 0,07 | 1,4 | 0,6 | 5,5 |
| | | III | 0,04 | 1,8 | 0,3 | 8,3 |
| | | IV | 0,04 | 5,7 | 0,6 | 6,5 |
| | | V | 0,04 | 2,1 | 0,4 | 8,3 |
| VI | 0,04 | 2,6 | 0,5 | 18 | | |
| Undichtigkeiten im Rohrleitungssystem der Kläranlage und Leckagen im Chemieabwasserleitungsnetz | Tritiumüberwachung des Grundwassers aus 24 Beobachtungsbrunnen (s. Lageplan) Probenahmefrequenz zwischen vierzehntäglich und vierteljährlich | Streubereich der Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration des Grundwassers von 24 Brunnen innerhalb des betrieblichen Überwachungsgebietes im Bereich der Kläranlage | | | | |
| | | 14,8 Bq/l bis 827 Bq/l | | | | |
| | | Referenzstelle südöstlich des KfK: < 7,4 Bq/l | | | | |
| Erhöhte Ortsdosiswerte innerhalb des Betriebsgeländes des KfK | Ortsdosismessungen mittels Thermolumineszenzfestkörperdosimetern (s. Lageplan) | Ortsdosis H (Nov. 1981 bis Nov. 1982) in mSv | | | | |
| | | Meßstellen | \bar{H} | H_{\min} | H_{\max} | |
| | | Raster | 0,9 | 0,6 | 4,4 | |
| | | westlich der HDB | 0,8 | 0,7 | 1,0 | |
| 1. Raster im Betriebsgelände des KfK (40 Meßstellen) | | | | | | |
| 2. westlich der HDB (13 Meßstellen) | | | | | | |
| 3. HDB-Zaun (20 Meßstellen) | | | | | | |
| HDB-Zaun | 1,9 | 0,8 | 6,9 | | | |
| Einzeluntersuchungen | | | | | | |
| Erhöhte Tritiumaktivitätskonzentration im Grundwasser im Bereich des Rheinniederungskanals zwischen Einleitungsstelle der Abwässer aus dem KfK und Einmündung des Altrheins in den Rhein bei Speyer | Monatliche Probenahme und Tritiumaktivitätskonzentrationsmessungen aus den Stellen: A, B, C und H (s. Abb. 5/4) | Probenahmestelle | \bar{a}_{H-3} | $a_{H-3\min}$ | $a_{H-3\max}$ | |
| | | | Bq/l | | | |
| | | A | 170 | 140 | 220 | |
| | | B | 220 | 160 | 260 | |
| C | 350 | 140 | 560 | | | |
| H | 75 | 67 | 93 | | | |
| Durchführung einer Grundwasserspiegelabsenkung bei Baustelle Geb. 510 | 2 x wöchentliche Wasserprobenahmen aus dem Absenkbunnen in der Zeit vom 30. Juni bis 22. Juli und Tritiumaktivitätsbestimmungen | Alle Tritiumkonzentrationen lagen unterhalb von 18 Bq/l | | | | |
| Schaumbildung im Sandfang VI am 19. Januar | Entnahme dreier Wasserproben und Aktivitätsbestimmungen | Probe | a_{α} [Bq/l] | a_{β} [Bq/l] | a_{H-3} [Bq/l] | |
| | | 1 | 0,48±0,11 | < 1,1 | - | |
| | | 2 | < 0,37 | < 1,1 | < 300 | |
| | | 3 | < 0,37 | < 1,1 | < 300 | |

| Grund | Überwachungsmaßnahmen | Meßergebnisse | | | |
|--|---|---|----------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Am 4. Februar mögliche Bodenkontamination an der Südwestseite des Geb. 558 durch Wasseraustritt aus einer unterirdischen stillgelegten Rohrleitung | Entnahme von insgesamt elf Proben: Sediment des ausgelaufenen Wassers, Sand von verschiedenen Stellen aus verschiedenen Tiefen aus der Grube des freigelegten Rohres, Profilmischproben der ausgehobenen Grube, Referenzproben γ-spektrometrische Untersuchungen aller Proben, α- und β-Bruttoaktivitätsbestimmungen von fünf Proben und H-3-Aktivitätskonzentrationsbestimmungen von vier Proben | γ-spektrometrisch konnte nur in der Sedimentprobe Cs-137 in einer Konzentration von 0,03 Bq/g FS und in einer der Profilmischproben Spuren von Cs-134 und Cs-137 nachgewiesen werden. Die Messungen der α-, β- und H-3-Aktivitätskonzentrationen ergaben die Maximalwerte: (a _α) _{max} = 0,15 Bq/g TS (a _β) _{max} = 0,58 Bq/g TS (a _{H-3}) _{max} = 24,8 Bq/l | | | |
| Am 22. Februar wurde neben dem Pumpenwerk PW3 Wasser auf der Oberfläche festgestellt und dadurch entstand der Verdacht, die unterirdische Abwasserleitung vom PW3 zum Endbecken sei defekt | Entnahme einer Wasserprobe und einer Bodenprobe unterhalb der freigelegten Rohrleitung und Aktivitätsbestimmungen | Probe | a _α | a _β | a _{H-3} |
| | | Wasser | <0,37 Bq/l | <1,1 Bq/l | 81±9 Bq/l |
| | | Boden | 85 Bq/kg TS | <260 Bq/kg TS | 63±7 Bq/l |
| | | γ-spektrometrisch wurden nur in der Bodenprobe Spuren von Cs-137 nachgewiesen | | | |
| pH-Grenzwertüberschreitung im Sandfang III am 23. Februar | Entnahme einer Wasserprobe und Aktivitätsbestimmungen | a _α | = 1,6 Bq/l | | |
| | | a _β | < 1 Bq/l | | |
| | | a _{H-3} | < 150 Bq/l | | |
| Chemiewasser aus dem Zyklator ausgelesen am 1. März | Entnahme einer Wasser- und einer Sandprobe und Aktivitätsbestimmungen | Probe | a _α | a _β | a _{H-3} |
| | | Wasser | <0,37 Bq/l | 1,9±0,4 Bq/l | 625±30 Bq/l |
| | | Sand | <60 Bq/kg TS | 485 Bq/kg TS | 581±30 Bq/l |
| | | γ-spektrometrisch wurden nur in der Sandprobe Spuren von Cs-137 nachgewiesen | | | |
| Erhöhter Chloridgehalt in Grundwasserproben aus den Brunnen G1/8 und G2/7 | Entnahme von Grundwasserproben aus G1/8 und G2/7, Wasserproben aus den Mischbecken und Bodenprobe nahe Zyklator und Aktivitätsbestimmungen | Wasserprobe aus G1/8: | a _{H-3} = 770± 40 Bq/l | | |
| | | Wasserprobe aus G2/7: | a _{H-3} = 1900± 80 Bq/l | | |
| | | Wasserprobe aus Mischbecken: | a _{H-3} = 260±170 Bq/l | | |
| | | Erdfeuchte der Bodenprobe: | a _{H-3} = 70± 10 Bq/l | | |
| pH-Grenzwertüberschreitung im Sandfang III am 25. März | Entnahme einer Wasserprobe und Aktivitätsbestimmungen | a _α | < 0,37 Bq/l | | |
| | | a _β | = 1,5±0,4 Bq/l | | |
| | | a _{H-3} | < 5,6 Bq/l | | |
| Undichte Stelle der unterirdischen Chemieleitung an der Nordostecke des Geb. 532 (nahe dem Zyklotron) am 2. April | Entnahme zweier Erdproben: Probe 1 nördlich, Probe 2 südlich der defekten Stelle und einer Grundwasserprobe aus Pegel G1/6 (Probe 3) | Probe | a _α [Bq/kg TS] | a _β [Bq/kg TS] | a _{H-3} [Bq/l] |
| | | 1 | 110±43 | 490±140 | 44±7 |
| | | 2 | < 70 | 410±130 | 48±7 |
| | | 3 | - | - | 12±7 |
| | | γ-spektrometrisch wurden nur in der Bodenprobe 1 Spuren von Cs-137 nachgewiesen | | | |

| Grund | Überwachungsmaßnahmen | Meßergebnisse | | | |
|--|---|---------------|--------------|-------------------|---------------|
| Braunfärbung im Sandfang III am 23. April | Entnahme einer Wasserprobe und Aktivitätsbestimmungen | a_{α} | = | 0,44±0,11 Bq/l | |
| | | a_{β} | < | 1,1 Bq/l | |
| | | a_{H-3} | = | 10±6 Bq/l | |
| Milchige Trübung im Sandfang III am 26. April | Entnahme einer Wasserprobe und Aktivitätsbestimmungen | a_{α} | < | 0,23 Bq/l | |
| | | a_{β} | < | 3,7 Bq/l | |
| | | a_{H-3} | = | 9±6 Bq/l | |
| Durchführung der Grundwasserspiegelabsenkung und Abpumpen des Wassers in den Hirschkanal am 26. April (Baustelle Geb. 510) | Entnahme einer Grundwasserprobe und Aktivitätsbestimmungen | a_{α} | = | 5,9±0,7 Bq/l | |
| | | a_{β} | = | 1,1±0,4 Bq/l | |
| | | a_{H-3} | = | 12 ±6 Bq/l | |
| pH-Grenzwertüberschreitung im Sandfang II am 24. Juni | Entnahme einer Wasserprobe und Aktivitätsbestimmungen | a_{α} | < | 1,9 Bq/l | |
| | | a_{β} | < | 3,7 Bq/l | |
| | | a_{H-3} | < | 0,3 kBq/l | |
| Durchführung der Grundwasserabsenkung bei Geb. 510 am 30. Juni | Wasserprobenahmen aus den Pegeln G2/1, G2/2 und G2/8 und Tritiumaktivitätsbestimmungen | Brunnen | | a_{H-3} in Bq/l | |
| | | G2/1 | | < 5,9 | |
| | | G2/2 | | 174 ± 11 | |
| | | G2/8 | | 63 ± 7 | |
| Wasserauslauf bei der Demontage alter Schlamm- und Abwasserleitungen vor dem Pumpwerk (Bau 514) am 16. Juni | Bei diesen Sanierungsarbeiten wurden zwei Rohre freigelegt. Nach ihrer Lage werden sie hier als oberes (o) und unteres (u) Rohr bezeichnet. Entnahme einer Bodenprobe (1) unterhalb Rohr-u; Schlammprobe (2) aus Rohr-o; Schlammprobe (3) aus Rohr-u; Rostprobe (4) aus Rohr-o; Rostprobe (5) aus Rohr-u. | Probe | a_{α} | a_{β} | a_{H-3} |
| | | 1 | 0,61 Bq/l | 1,3 Bq/l | 3,3 kBq/l |
| | | 2 | 1,9 Bq/g TS | 6,0 Bq/g TS | 1,6 kBq/l |
| | | 3 | 3,9 Bq/g TS | 11 Bq/g TS | 51 kBq/l |
| | | 4 | 0,74 Bq/g TS | 0,89 Bq/g TS | - |
| | | 5 | 1,5 Bq/g TS | 4,0 Bq/g TS | - |
| Durchführung einer Grundwasserabsenkung bei Geb. 701 am 6. Oktober | Entnahme von Grundwasserproben aus zwei Brunnen nahe Geb. 701 und Aktivitätsbestimmungen | Probe | a_{α} | $a_{Rest-\beta}$ | a_{H-3} |
| | | Br. 1 | <49 mBq/l | 35 mBq/l | 9,3±6,0 Bq/l |
| | | Br. 2 | 78 mBq/l | 44 mBq/l | 11,5±6,0 Bq/l |
| pH-Grenzwertüberschreitung im Sandfang IV am 25. Oktober | Entnahme einer Wasserprobe und Aktivitätsbestimmungen | a_{α} | = | 0,59±0,11 Bq/l | |
| | | a_{β} | < | 1,1 Bq/l | |
| | | a_{H-3} | < | 5,9 Bq/l | |
| pH-Grenzwertüberschreitung im Sandfang II am 3. November | Entnahme einer Wasserprobe und Aktivitätsbestimmungen | a_{α} | < | 0,37 Bq/l | |
| | | a_{β} | < | 1,5 Bq/l | |
| | | a_{H-3} | < | 0,3 kBq/l | |
| Wasseraustritt aus Geb. 701 am 16. November | Entnahme einer Wasserprobe und Aktivitätsbestimmungen | a_{α} | < | 0,37 Bq/l | |
| | | a_{β} | < | 1,1 Bq/l | |
| | | a_{H-3} | < | 6,3 Bq/l | |

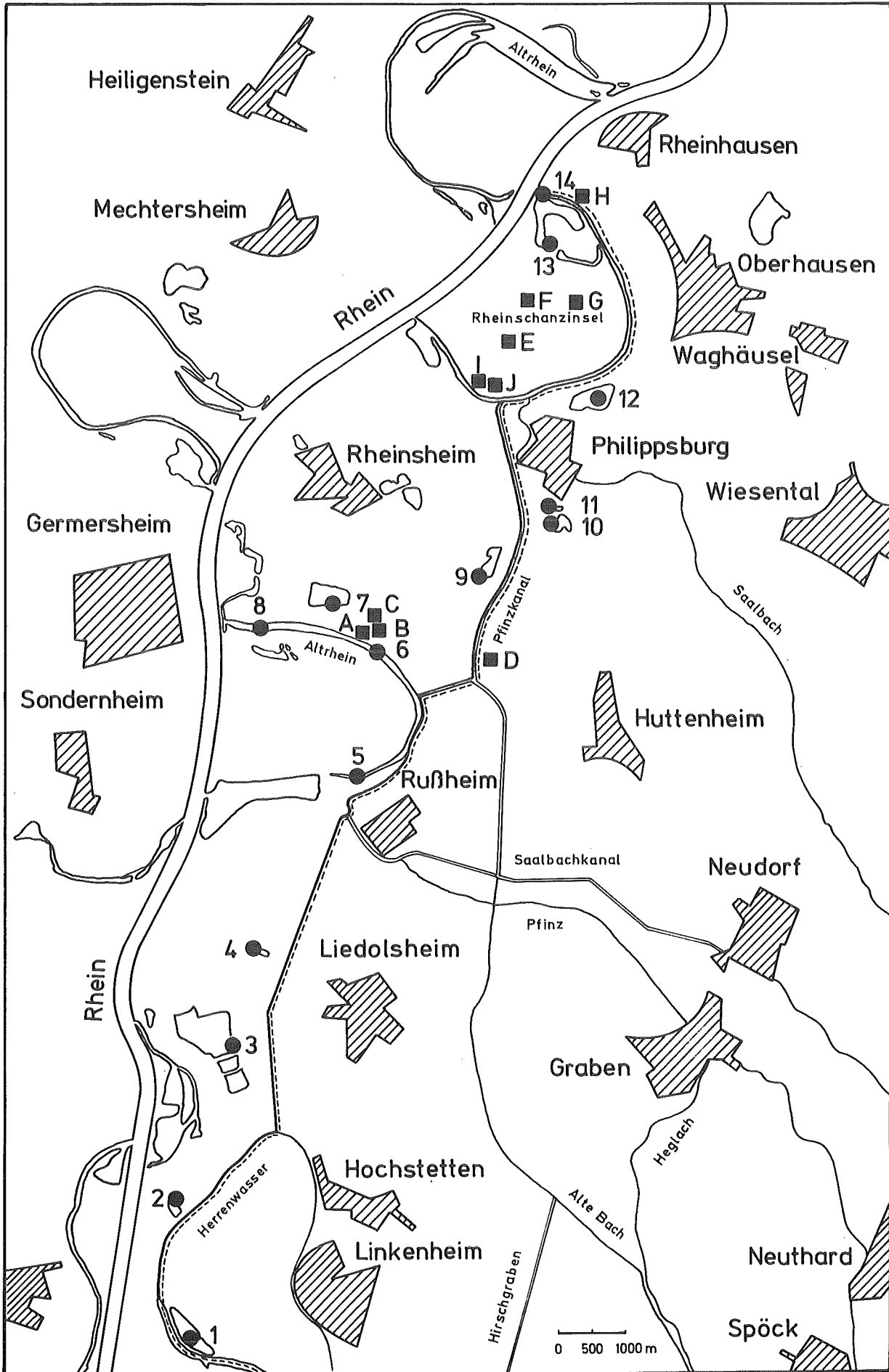


Abb. 5/4: Lageplan der Probenahmestellen (--- Fließweg des Abwassers)

5.1.4 Spektrometrische Untersuchungen

H. Feßler

Die im Jahresbericht 1980 beschriebene Anlage wurde im Laufe des Jahres 1982 für Messungen einer Vielzahl unterschiedlicher Proben eingesetzt, die in Tab. 5/33 mit aufgeführt werden.

Bei einer Bezahlung der unten angeführten Messungen unter sinngemäßer Anwendung der für Auftragsarbeiten gültigen Gebührentabelle müßten insgesamt 423 TDM aufgewandt werden.

| Meßgut | Meßmethode | Anzahl der Proben | eingesetzte Detektoren |
|---|-----------------------------|-------------------|---|
| Messungen für Emissionsüberwachung | | | |
| Abluftfilter aufgearbeitet | γ-Spektroskopie | 48 | Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren |
| | α-Spektroskopie auf Pu | 144 | |
| Endbeckenmischproben | γ-Spektroskopie | 64 | Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren |
| | α-Spektroskopie | 12 | |
| Aktivkohleproben (Abluftüberwachung) | γ-Spektroskopie | 1 150 | Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Planare Ge-Detektoren |
| | γ- und Röntgenspektroskopie | 490 | |
| Abluftfilter direkt gemessen | γ-Spektroskopie | 11 | Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Pseudokoinzidenzanlage |
| | α+β-Brutto | 1 380 | |
| Messungen für Umgebungsüberwachung | | | |
| Aerosol- und Jodfilter aus Meßhütten | γ-Spektroskopie | 144 | Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren |
| | α-Spektroskopie | 36 | |
| Biologische Boden- und Schlammproben | γ-Spektroskopie | 53 | Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren |
| | α-Spektroskopie | 16 | |
| Sonderproben. | γ-Spektroskopie | 12 | Koaxiale Ge(Li)-Detektoren |
| Messungen für Forschungsprogramme, Vergleichsmessungen usw. | | | |
| Proben für Pu-Ökologieprogramm, Sonderproben | γ-Spektroskopie | 72 | Koaxiale Ge(Li)-Detektoren Si-Sperrschichtdetektoren |
| | α-Spektroskopie | 509 | |

Tab. 5/33: Spektrometrische Messungen 1982

5.1.5 Radiochemische Untersuchungen

H. Schüttelkopf, M. Pimpl

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

Die Messung von Radionukliden im Low-level-Bereich erfolgt im Rahmen der Umgebungsüberwachung des KfK und der WAK. Die angegebenen Radionuklide wurden bestimmt in Pflanzen-, Boden-, Luftstaub-, Oberflächen-, Nahrungsmittel-, Sediment- und Fischproben. Die wichtigsten gemessenen Radionuklide sind Pu-239+240, Pu-238, Sr-90, Sr-89 und K-40. Zu den radiochemischen Bestimmungen in Abluft und Abwasser gehören die monatlich gesammelten Mischproben aus dem Endpufferbecken der Abwasserbehandlungsanlage des KfK. In diesen Mischproben werden die Radiostrontium- und Plutoniumgehalte bestimmt. In der Abluft der Verbrennungsanlage der HDB wird monatlich Sr-90, Pu-238 und Pu-239+240 und in der Abluft der WAK monatlich Pu-238 und Pu-239+240 gemessen. Zusätzlich aufgenommen für einen Zeitraum von einem Jahr wurden die Bestimmung von Am, Cm und Po der Verbrennungsanlage der HDB, von Am und Cm in der Abluft der WAK und von Am, Cm, Sr-90 und Po in anderen wichtigen Abluftsystemen des KfK. Eine quantitative Methode zur HTO-Bestimmung in der Abluft wurde erarbeitet und in vielen Abluftsystemen installiert. An den Routinemessungen von C-14 und Pu-241 wird gearbeitet.

Zu den Auftragsarbeiten, die die Gruppe "Radiochemie" für Industrie- und Forschungsbetriebe durchführt, gehören die Bestimmungen von Sr-89 und Sr-90 in Abwasserproben der Kernkraftwerke GKN und KWO, die Bestimmungen von Sr-90, Pu-238, Pu-239+240, Am und Cm in Abluftproben des Forschungsreaktors MZFR sowie die K-40-Bestimmung in Umgebungswasserproben des Kernkraftwerks Grundremmingen und alle α - und β -Bruttobestimmungen. Außerdem wurde von der Gruppe ein Umgebungsüberwachungsprogramm für die Gesellschaft für Schwerionenbeschleunigung mbH durchgeführt, welches die Bestimmungen von K-40, Th, U, Pu, Am und Cm in Wasser-, Boden- und Sedimentproben umfaßte. Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten umfassen die Durchführung von radioökologischen Forschungsprogrammen zum Verhalten der Radionuklide der Pu, Am, Cm, Ra, Pb und Po einerseits, und die Entwicklung radiochemischer Methoden für besonders empfindliche Messungen in der Umwelt andererseits.

Im Forschungsprogramm PNS 4812 "Das physikalische und chemische Verhalten der biologisch besonders wirksamen Radionuklide von Pu, Am, Cm und Np", das von der Gruppe "Radiochemie" im Rahmen des Projektes Nukleare Sicherheit durchgeführt wird, wurden bis 1982 eine schnelle und empfindliche Analysenmethode für Plutonium erarbeitet, eine Analysenmethode für Am und Cm auf viele Umwelt- und Emissionsproben angewandt, und an einer Analysenmethode für Np im extremen Spurenbereich zu arbeiten begonnen. Untersuchungen zum Verhalten von Plutonium in der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe umfaßten die Sedimentation von Plutonium im Althrein, dessen Gehalt in Lebewesen des aquatischen Ökosystems, die Messung der Konzentrationen von Plutonium im Boden, auf Gras und in Kaninchen und in einzelnen Organen von Damwild. Am und Cm wurden unter anderem in pflanzlichen Nahrungsmitteln untersucht. Um die Abgabe von Pu, Am und Cm in die Umgebung zu erfassen, wurde deren Messung in der Abluft der WAK und der Verbrennungsanlage der HDB und im Abwasser des KfK fortgesetzt; in einer Reihe von wichtigen Abluftemittenten des KfK wurde die Bestimmung von Pu, Am und Cm aufgenommen.

Zur Untersuchung des Transports von Plutonium in den oberen Schichten des Bodens wurden Verteilungskoeffizienten für acht verschiedene Böden, sechs verschiedene Komplexbildner und die Elemente Am, Cm und Pu bestimmt. Die rasche Mobilisierung der genannten Elemente gelang in zwei Erdsäulen. 20 weitere 30-cm-Durchmesser-Erdsäulen wurden aus verschiedenen Bodenarten gestochen und werden zur Zeit für die Fortsetzung der Mobilisierungsexperimente vorbereitet.

Das Gewächshaus, in dem unter Ausschluß von Umweltaktivität Transferfaktoren Boden → Pflanze für die wichtigsten in der Bundesrepublik Deutschland verzehrten Nahrungsmittel bestimmt werden sollen, wurde fertiggestellt, und mit den inaktiven Aufzuchtversuchen wurde begonnen. Das Schwergewicht der Untersuchungen soll auf die Elemente Pu, Am, Cm und Np gelegt werden. Neben der Messung der Transferfaktoren für diese Methode und einige andere, die ebenfalls mit Radiotractern zu messen sind, sollen die Transferfaktoren für ca. 40 natürliche, im Boden vorhandene Elemente bestimmt werden. Zu diesem Zweck wurde ein ICP-Emissionsspektrometer beschafft, dessen Inbetriebnahme zur Zeit erfolgt. wa mehr als zehn verschiedene Bodenarten untersucht werden sollen und gleichzeitig die Abhängigkeit der Transferfaktoren von den verschiedenen Eigenschaften der Bodenarten erfaßt werden wird, werden Analysenverfahren zur Bestimmung von Bodenparametern des Bodens eingeführt.

Untersuchungen zum Verhalten von Ra-226, Pb-210 und Po-210 in der Umwelt wurden in Wittichen im Schwarzwald und in Großschloppen im Fichtelgebirge durchgeführt und abgeschlossen. Bei der Gewinnung von Silber und Kobalt zwischen dem 16. und 19. Jahrhundert im Raum Wittichen im Schwarzwald wurden uranhaltige Abfälle auf Halde gebracht. Die Bedeutung dieser Halden für eine eventuelle Dosisexposition der Umgebungsbevölkerung und die Auswaschbarkeit von Ra-226, Pb-210 und Po-210 aus den uranhaltigen Schichten wurden untersucht. Gleichzeitig wurden praktisch alle Umgebungsmaterialien wie Luft, Boden und Oberflächenwasser einerseits, und alle lokalproduzierten Nahrungsmittel andererseits auf die genannten Radionuklide analysiert. Die Arbeiten wurden im Dezember 1981 abgeschlossen. Im Auftrag der ESSO-Erz wurde in Großschloppen im Fichtelgebirge ein ähnliches Untersuchungsprogramm durchgeführt. Außer der Messung der Radionuklide Ra-226 und Pb-210 wurde eine Reihe von Rn-222-Messungen in Abluft und Umgebungsluft einer Uranuntersuchungsgrube und die Messung von Th, U und Ra-228 in wichtigen Probenmaterialien durchgeführt. Die Arbeiten wurden am Ende des 1. Quartals 1982 abgeschlossen.

Neue Methoden zur analytischen Trennung von U, Th, Pb, Po und Ra durch eine Analysenmethode und zur Bestimmung von Ra-228 durch Messung der Cerenkov-Strahlung wurden erarbeitet. Eine große Anzahl von Nahrungsmittel und Umweltproben wurden auf den natürlichen Aktivitätsgehalt untersucht; die wichtigsten Probenmaterialien waren Getreide und Bäckereiprodukte, Nüsse und Ölfrüchte, verschiedene Leberarten, Fische und Flechten. Eine Untersuchung zur Bestimmung des Ra-226-body-burdens mittels Ca- und Ra-226-Bestimmung in Zähnen wurde abgeschlossen.

Ende 1982 wurde ein Forschungsprogramm zur Messung des Tc-99 in der Abluft und dem Abwasser begonnen. Probenahmemethoden und Konzentrationsmethoden wurden erarbeitet. Im Rahmen einer Doktorarbeit wurde eine schnelle Analysentechnik zur gemeinsamen Bestimmung von Th, U, Ra, Pb und Po erarbeitet und auf viele Probenmaterialien angewandt. Die Zusammenfassung der Arbeiten der Gruppe "Radiochemie" erfolgt in den Tabn. 5/34 und 5/35.

Die Kosten für die radiochemische Routinearbeiten betragen 340 TDM pro Jahr.

| Durchgeführte Arbeiten | Art der Arbeiten | Anzahl |
|----------------------------------|---|--------|
| Umgebungsüberwachung | Pu-238- und Pu-239+240-Analysen | 95 |
| | Sr-89- und Sr-90-Analysen | 27 |
| | K-40-Analysen | 187 |
| | Am- und Cm-Analysen | 16 |
| | Th und Uran | 11 |
| | α - und β -Messungen | 244 |
| Abwasserüberwachung | Pu-238- und Pu-239+240-Analysen | 21 |
| | Sr-89- und Sr-90-Analysen | 51 |
| | α - und β -Messungen | 7 |
| Abluftüberwachung | H-3 | 38 |
| | C-14 | 28 |
| | Pu-238- und Pu-239+240-Analysen | 29 |
| | Sr-89- und Sr-90-Analysen | 21 |
| | Am- und Cm-Analysen | 17 |
| Präparation und Vergleichsproben | Sr-90, Pu-236, Pu-239+240, Ra-226, Am-243, Cm-244, Po-210, I-131 und Cs-137 | 17 |

Tab. 5/34: 1982 von der Gruppe "Radiochemie" durchgeführte Routinearbeiten

| Durchgeführte Arbeiten | Art der Arbeiten | Anzahl der Experimente |
|--|---|------------------------|
| Probenvorbereitung | Probenahme | 201 |
| | Eindampfen > 10 l | 31 |
| | Trocknen und Wiegen | 128 |
| | Veraschen und Wiegen | 124 |
| | Mahlen, Wiegen und Sieben | 57 |
| Radioökologie von Pu, Am, Cm und Np | Pu-238, Pu-239+240, Am und Cm in Sediment-, Abwasser-, Oberflächen-, Pflanzen-, Tier-, Boden- und Luftstaubproben | 29 |
| | Pu-241-Messungen in Abluft, Abwasser und Umgebung | 311 |
| Radioökologie von Ra, Pb-210 und anderen natürlichen Radionukliden | Ra-226 und Ra-228 in Wasser-, Boden-, Sediment-, Nahrungsmittel-, Pflanzen-, Zahn-, Knochen- und Luftstaubproben | 260 |
| | Po-210 in Umweltproben und Nahrungsmitteln | 31 |
| | Pb-210 in Umweltproben und Nahrungsmitteln | 131 |
| | α - und β -Messungen | 12 |
| | Rn-222-Messungen | 3 |
| | Ba- und Ca-Bestimmungen | 96 |
| | Th-228-, Th-230- und Th-232-Bestimmungen | 52 |
| | U-234- und U-238-Messungen | 52 |
| Radiochemische Entwicklungsarbeiten | Np-Analytik | 65 |
| | Pu-, Am- und Cm-Analytik | 11 |
| | U-, Th-, Pb-210-, Po- und Ra-Analytik | 385 |
| | Tc-Analytik | 55 |

Tab. 5/35: 1982 von der Gruppe "Radiochemie" durchgeführte Forschungs- und Entwicklungsarbeiten

5.2 Ergebnisse radioökologischer Forschungsarbeiten

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

H.W. Weber, G. Grünheit

Ab Februar 1982 wurde aus im betreffenden Zeitraum exponierten Bypass-Aerosolfiltern der kern-technischen Anlagen der Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH mit den höchsten Ableitungen Quartalsmischproben hergestellt. Aus den vorhandenen Aerosolfiltern, die jeweils wöchentlich gewechselt werden, wurde je ein Filterstück ausgestanzt und eine Mischprobe hergestellt. Diese Quartalsmischproben wurden 1000 min γ -spektrometrisch gemessen. Die abgeleitete Aktivität A wurde unter der Annahme einer konstanten Aktivitätskonzentration in der Fortluft berechnet:

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

Hierin bedeuten:

- A = Abgeleitete Aktivität
- A_F = Aktivität der Quartalsmischprobe
- F_1 = Exponierte Fläche eines Bypass-Aerosolfilters
- F_2 = Exponierte Fläche eines ausgestanzten Mischprobenfilters
- λ = Zerfallskonstante des identifizierten Radionuklids
- ΔT_1 = Zeit zwischen Ende der Sammelperiode und Messung der Mischprobe
- ΔT_2 = Zeit zwischen Anfang der Sammelperiode und Ende der Sammelperiode
- \dot{V}_K = Volumenstrom im Fortluftkamin
- \dot{V}_B = Volumenstrom im Bypass

| Anlage | Nuklid | Emissionsrate in kBq/Quartal 1982 | | | |
|-------------------|--------------------|-----------------------------------|-------------|--------------|-------------|
| | | I. Quartal (ab 5. Woche) | II. Quartal | III. Quartal | IV. Quartal |
| HDB, Geb. 545 | Sb-125 | 19,4 | 17,1 | 27,2 | <9,3 |
| | Te-125m | 572,0 | <694,5 | 2461,1 | <890,8 |
| HDB, Geb. 555 | Sb-125 | 2,0 | 1,7 | 3,0 | 23,6 |
| HDB, Geb. 548 Ost | Be-7 | 65,5 | <46,4 | <136,5 | <45,3 |
| | Co-60 | <1,0 | 4,6 | 100,8 | <3,8 |
| | Nb-95 | <2,5 | <10,3 | 289,9 | <8,7 |
| | Ag-110m | <1,5 | <3,4 | 252,7 | <5,5 |
| | Sb-125 | <2,0 | 8,7 | 344,4 | 35,4 |
| | Cs-134 | <0,9 | 3,7 | <5,9 | <3,7 |
| | Cs-137 | 1,6 | 402,9 | 112,4 | 26,3 |
| | Ce-144 | 7,5 | <10,4 | <23,1 | <12,3 |
| | HDB, Geb. 548 West | Co-60 | 1,9 | <0,5 | <5,9 |
| Cs-137 | | 5,4 | <0,6 | <3,5 | <5,3 |
| IHCh, Bau 721-724 | Cs-137 | <1,8 | 3,4 | <5,9 | <3,4 |
| IHCh, Bau 726 | Be-7 | <6,2 | 20,2 | 37,5 | <12,7 |
| | Cs-137 | <0,4 | 1,4 | 1,6 | 1,5 |
| FR-2 | Se-75 | 12,0 | 6,7 | 5,5 | 3,8 |
| KBT/HZ | Be-7 | <16,5 | 44,3 | <73,6 | <80,6 |
| | Sb-125 | 23,9 | 52,8 | 114,1 | 106,9 |
| | Cs-137 | 7,9 | 8,7 | 8,2 | 19,7 |
| | Ce-141 | <4,2 | <8,0 | <23,7 | 13,5 |

Tab. 5/36: γ -spektrometrisch ermittelte Radionuklidemissionen mit der Fortluft (Quartalsmischproben)

5.2.2 Arbeiten der Gruppe Biologie

5.2.2.1 Tritiumkonzentrationen in pflanzlichen Nahrungsmitteln aus den Hauptausbreitungssektoren

S. Strack, S. Schulte, G. Pagliosa

1982 wurden die Messungen der Tritiumkonzentrationen im eßbaren Anteil von pflanzlichen Nahrungsmitteln aus den beiden Hauptausbreitungssektoren in der Umgebung des Kernforschungszentrums fortgesetzt. Gemessen wurde die Tritiumaktivität im freien Wasser der Proben, das durch Gefriertrocknung verfügbar ist (HTO), und in der organischen Trockensubstanz (OGT), indem die Tritiumaktivität nach Plasmaveraschung der wasserfreien Proben im Oxidationswasser bestimmt wurde. Die Konzentrationen werden also in beiden Fällen in mBq/ml angegeben. Die Ergebnisse für den 1. Hauptausbreitungssektor (Raum Friedrichstal) und für den 2. Hauptausbreitungssektor (Raum Eggenstein-Leopoldshafen) sind in Tab. 5/37 zusammengestellt. In der Tabelle sind außerdem noch die berechneten R-Werte (Verhältnis der Konzentrationen OGT zu HTO) aufgenommen, die von radioökologischem Interesse sind.

Die gemessenen HTO-Konzentrationen sind im Vergleich zu der nach der Strahlenschutzverordnung zulässigen Tritiumkonzentration für Trinkwasser von 7400 Bq/l niedrig. Bis auf eine Ausnahme liegen sie unterhalb von 1 % dieses Wertes (74 Bq/l) und sind somit unter dem Aspekt des Strahlenschutzes ohne Relevanz. Der Medianwert der HTO-Konzentration aller Proben aus dem Raum Friedrichstal liegt bei 8 ± 5 mBq/ml, aus dem Raum Eggenstein-Leopoldshafen bei 7 ± 5 mBq/ml. Bei dem Verfahren dieser Low-level-Tritiummessung wird in der Regel eine Nachweisgrenze von 4,8 mBq/ml erreicht. Bei den Meßwerten, denen Tritiumkonzentrationen zugrunde liegen, die nur geringfügig oberhalb dieser Nachweisgrenze liegen, ergibt sich nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz in der Regel ein relativ großer Fehler.

Das organisch gebundene Tritium (OGT) liegt bis auf wenige Ausnahmen in den Proben über der Konzentration für HTO. Die Medianwerte für OGT betragen im ersten und zweiten Ausbreitungssektor 20 ± 5 bzw. 14 ± 5 mBq/ml. Gegenüber dem wassergebundenen beträgt der organisch gebundene Wasserstoff in pflanzlichen Nahrungsmitteln in der Regel nur etwa 10 % des gesamten Wasserstoffs. Deshalb sind auch diese Werte für den Strahlenschutz nicht relevant, jedoch von radioökologischem Interesse.

Die Berechnung der Verhältnisse von OGT zu HTO ergab entsprechend in fast allen Fällen R-Werte, die größer oder nur wenig kleiner als 1 sind. Zwei signifikante Ausnahmen stellen der Rosenkohl aus dem Raum Friedrichstal ($R = 0,6 \pm 0,1$), bei dem zur Zeit der Probenentnahme eine verhältnismäßig hohe HTO-Konzentration gefunden wurde, und der Roggen aus Raum Eggenstein-Leopoldshafen ($R = 0,7 \pm 0,6$). Der größte R-Wert wurde im Weißkohl aus dem Raum Friedrichstal mit $6,6 \pm 6,1$ ermittelt (1981: max. R-Wert = 11 ± 8 im Blumenkohl aus dem Raum Eggenstein-Leopoldshafen).

In einer einmaligen Aktion wurden am 25.09.1982 in einer kleinen Bewaldung auf dem KfK-Gelände (nahe der alten Nordwache) die Fruchtkörper verschiedener Arten von Pilzen gesammelt und auf HTO und OGT hin untersucht. Die Meßwerte und die berechneten R-Werte sind in Tab. 5/38 zusammengestellt. Die HTO-Konzentrationen von drei Arten liegen in dem Bereich der HTO-Konzentrationen des Bodenwassers, wie sie zur Zeit der Probenentnahme in der Schicht von 0 bis 30 cm vorlagen. Lediglich bei der "Krausen Glucke" findet sich ein Wert, der sich deutlich von den übrigen abhebt und dabei über der HTO-Konzentration des Bodenwassers liegt. Dies könnte seine Ursache darin haben, daß es sich bei der Probe um ein relativ altes Exemplar gehandelt hatte, das fast ganz von der Humusschicht des Bodens bedeckt war. Hier könnte sich eine erhöhte HTO-Konzentration des Bodenwassers erhalten haben, die etwa zwei Wochen vor der Probenentnahme beobachtet worden war.

| Pflanzliche Nahrungsmittel | 1. Hauptausbreitungssektor (Raum Friedrichstal) | | | | | 2. Hauptausbreitungssektor (Raum Eggenstein-Leopoldshafen) | | | | |
|-----------------------------------|---|-------------------|-----------------------------------|------|---------|--|-------------------|--------------------------------|------|---------|
| | Probenahmedatum 1982 | Wassergehalt in % | Tritiumkonzentration in Bq mBq/ml | | R-Wert | Probenahmedatum 1982 | Wassergehalt in % | Tritiumkonzentration in mBq/ml | | R-Wert |
| | | | HTO | OGT | | | | HTO | OGT | |
| Getreide: | | | | | | | | | | |
| - Roggen (Körner) | 13.08. | 6 | <NWG | 11±5 | - | 22.07. | 6 | 11±5 | 8±5 | 0,7±0,6 |
| - Weizen (Körner) | 13.08. | 6 | <NWG | 11±5 | - | 22.07. | 7 | <NWG | - | - |
| Blattgemüse: | | | | | | | | | | |
| - Kopfsalat | 05.07. | 95 | <NWG | 9±7 | - | 05.07. | 92 | 6±5 | 31±8 | 4,9±4,0 |
| - Kopfsalat | 13.08. | 95 | 6±5 | 16±5 | 2,5±2,4 | - | - | - | - | - |
| - Feldsalat | 27.10. | 85 | 81±8 | 81±8 | 1,0±0,1 | 29.10. | 79 | 25±6 | 56±7 | 2,2±0,6 |
| Kohlgemüse: | | | | | | | | | | |
| - Weißkohl | 05.07. | 93 | 5,2±4,7 | 34±7 | 6,6±6,1 | 05.07. | 92 | 6±5 | <NWG | - |
| - Wirsingkohl | 02.09. | 91 | 8±5 | 20±6 | 2,6±1,8 | 09.07. | 91 | 7±5 | 8±5 | 1,2±1,2 |
| - Rotkohl | 02.09. | 90 | 9±5 | 24±7 | 2,6±1,5 | 05.07. | 93 | 6±5 | 9±5 | 1,7±1,7 |
| - Kohlrabi | 27.10. | 89 | 31±6 | 40±6 | 1,3±0,3 | 29.10. | 88 | 16±5 | 34±6 | 2,1±0,8 |
| - Rosenkohl (Rosen) | 27.10. | 85 | 67±7 | 40±6 | 0,6±0,1 | 29.10. | 86 | 41±6 | 37±6 | 0,9±0,2 |
| Wurzel- und Knollengemüse: | | | | | | | | | | |
| - Möhren | 05.07. | 89 | <NWG | 7±5 | - | 05.07. | 88 | 6±5 | <NWG | - |
| - Kartoffeln | 23.09. | 82 | <NWG | 30±6 | - | 24.09. | 77 | 7±5 | 14±5 | 2,0±1,6 |
| - Rettiche | 27.10. | 95 | 22±5 | 69±7 | 3,1±0,8 | 29.10. | 95 | 16±5 | 26±7 | 1,6±0,7 |
| - Rote Rüben | 27.10.* | 83 | 14±5 | 16±5 | 1,1±0,5 | 29.10. | 87 | 7±5 | 16±5 | 2,3±1,8 |
| Ausdauernde Gemüse: | | | | | | | | | | |
| - Spargel | 02.06. | 93 | 7±5 | 20±5 | 2,7±1,9 | 15.06. | 93 | 8±5 | 16±5 | 2,0±1,5 |
| Obst: | | | | | | | | | | |
| - Erdbeeren | - | - | - | - | - | 05.07. | 90 | 6±5 | 7±5 | 1,3±1,3 |
| - Äpfel | 13.09. | 82 | 10±5 | 14±6 | 1,4±1,0 | 09.09. | 84 | 11±5 | 10±5 | 0,9±0,7 |

*Probe wurde bereits einige Tage vorher geerntet

Tab. 5/37: Tritiumkonzentrationen in pflanzlichen Nahrungsmitteln aus den beiden Hauptausbreitungssektoren in der Umgebung des KfK

Gemessen wurde: 1. HTO (Tritiumkonzentration im freien Wasser, das durch Gefrier-trocknung verfügbar ist)

2. OGT (organisch gebundenes Tritium, gemessen als Oxidationswasser nach Plasmaveraschung der wasserfreien Trockensubstanz)

| Datum der Probenentnahme | Probenart | Wassergehalt in % | Tritiumkonzentration in mBq/ml | | |
|--------------------------|---|-------------------|--------------------------------|---------|-------------|
| | | | HTO | OGT | R-Wert |
| 15.09.1982 | Täublinge (<i>Russula</i>) | 85 | 64 ± 7 | 103 ± 9 | 1,6 ± 0,2 |
| 15.09.1982 | Kartoffelboviste (<i>Scleroderma aurantium</i>) | 76 | 69 ± 9 | 122 ± 9 | 1,8 ± 0,3 |
| 15.09.1982 | Knollenblätterpilze (<i>Amanita</i>) | 91 | 47 ± 7 | 92 ± 25 | 2,0 ± 0,6 |
| 15.09.1982 | Krause Glucke (<i>Sparassis crispa</i>) | 81 | 95 ± 9 | 99 ± 8 | 1,04 ± 0,13 |

Tab. 5/38: Tritiumkonzentrationen in Pilzen vom Gelände des KfK (nahe alter Nordwache)
 Gemessen wurde: 1. HTO (Tritiumkonzentration im freien Wasser, das durch Gefrier-trocknung verfügbar ist)
 2. OGT (organisch gebundenes Tritium, gemessen als Oxidationswasser nach Plasmaveraschung der wasserfreien Trockensubstan)

Die OGT-Werte, die mit einer Ausnahme deutlich über den HTO-Werten liegen, fallen in den Bereich, in dem auch die OGT-Werte der organischen Bestandteile in den Humusschichten liegen.

5.2.2.2 Radioökologische Untersuchungen in der Umgebung des Rheinniederungskanals

S. Strack, S. Schulte, G. Pagliosa

Im Zusammenhang mit Tritiummessungen an verschiedenen Eigenwasserversorgungsbrunnen im Gebiet um den Rheinniederungskanal bei Hochstetten wurden in drei landwirtschaftlichen Betrieben verschiedene Proben entnommen und auf die Konzentrationen an HTO und OGT hin untersucht. Die Ergebnisse für verschiedene Gemüsesorten, wie sie in den Betrieben zur Eigenversorgung mehr gartenmäßig angebaut werden, sind in Tab. 5/39 zusammengestellt. Die Entnahme der Proben erfolgte am 30.07.1982. Die HTO-Werte heben sich nicht signifikant von den HTO-Werten in pflanzlichen Nahrungsmitteln aus der Umgebung des KfK ab. Nur drei HTO-Konzentrationen in Proben vom Betrieb B setzen sich mit Werten von 43 bis 154 mBq/ml deutlich ab. Die gleiche Tendenz zeigte sich auch im Vorjahr. Dies könnte sich durch die besonders intensive Nutzung des zum Betrieb gehörigen Gartens mit häufiger Beregnung vom Eigenversorgungsbrunnen erklären. Der Medianwert aller Proben liegt bei 26 mBq/ml. Die Werte für OGT streuen über einen weiten Bereich von 10 bis 104 mBq/ml, ohne daß sich aus dieser Meßreihe eine besondere Tendenz hinsichtlich der verschiedenen Gemüsesorten erkennen läßt. Die OGT-Werte zweier Proben von Betrieb B liegen mit 55 und 104 mBq/ml signifikant über dem Medianwert für die gesamten OGT-Werte von 31 mBq/ml, woraus ebenfalls auf die intensivste Tritiumexposition dieser Pflanzen von allen Betrieben geschlossen werden kann.

In Tab. 5/40 sind die Tritiumkonzentrationen in einer Reihe von sonstigen Proben, die monatlich und teils stichprobenartig am 30.07.1982 entnommen wurden, aufgeführt. Dies sind eine Reihe von Milch- und Grünfutterproben, je eine Probe vom Urin und dem Tränkenwasser der Kühe und außerdem je eine Grünfutter-, Urin- und Tränkenwasserprobe der Schweine. In Abb. 5/5 sind noch die Tritiumkonzentrationen der Proben graphisch dargestellt, die im Kuhstall des Betriebs A entnommen wurden.

Es hat sich bestätigt, daß zwischen HTO im Urin und in der Milch kein signifikanter Konzentrationsunterschied zu finden ist. Die HTO-Konzentrationen der Milch erreichen selbst im Winter nur etwa 75 % der HTO-Konzentrationen des Wassers in der Tränke. Dies erklärt sich dadurch, daß die Kühe während der Wintermonate neben dem Heu auch Silage als Futter bekommen. In den Monaten von Mai bis November, in denen sie Grünfutter erhalten, fallen sowohl die HTO- als auch die OGT-Werte

| Probeentnahme-datum | Probeentnahmeort | Pflanzliche Nahrungsmittel | Wassergehalt in % | Tritiumkonzentration in mBq/ml | |
|---------------------|------------------|----------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | | | | freies Wasser (HTO) | Oxidationswasser aus TS (OGT) |
| 30.07.1982 | A | Kartoffeln, Kraut | 85 | <NWG | 20 ± 6 |
| 30.07.1982 | A | Kartoffeln, Knollen | 80 | 6 ± 5 | 10 ± 5 |
| 30.07.1982 | A | Rotkohl | 89 | 8 ± 5 | 11 ± 5 |
| 30.07.1982 | B | Gurken | 96 | 60 ± 7 | 55 ± 8 |
| 30.07.1982 | B | Bohnen | 87 | 150 ± 10 | 104 ± 9 |
| 30.07.1982 | B | Zwiebeln | 83 | 43 ± 6 | 32 ± 6 |
| 30.07.1982 | C | Karotten, Kraut | 84 | 14 ± 5 | 17 ± 5 |
| 30.07.1982 | C | Karotten, Wurzeln | 88 | 17 ± 5 | 29 ± 6 |
| 30.07.1982 | C | Gurken | 95 | 34 ± 6 | 41 ± 7 |
| 30.07.1982 | C | Tomaten | 94 | 40 ± 6 | 33 ± 6 |

Tab. 5/39: Tritiumkonzentrationen pflanzlicher Nahrungsmittel von verschiedenen landwirtschaftlichen Betrieben in der Nähe des Rheinniederungskanals

| Probeentnahme-datum | Probeentnahmeort | Probenart | Tritiumkonzentration in mBq/ml | |
|---------------------|------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | | | freies Wasser (HTO) | Oxidationswasser aus TS (OGT) |
| 27.01.1982 | A | Milch | 118 ± 10 | 95 ± 9 |
| 25.02.1982 | A | Milch | 119 ± 9 | 107 ± 9 |
| 24.03.1982 | A | Milch | 117 ± 9 | 105 ± 9 |
| 16.04.1982 | A | Milch | 124 ± 9 | 124 ± 9 |
| 18.05.1982 | A | Grünfutter | 14 ± 5 | 22 ± 6 |
| 24.06.1982 | A | Milch | 97 ± 8 | 76 ± 8 |
| 24.06.1982 | A | Grünfutter | 9 ± 5 | 8 ± 5 |
| 30.07.1982 | A | Grünfutter | 7 ± 5 | 7 ± 5 |
| 30.07.1982 | A | Milch | 93 ± 8 | 69 ± 7 |
| 30.07.1982 | A | Urin von Kühen | 88 ± 8 | - |
| 30.07.1982 | A | Tränkenwasser der Kühe | 166 ± 11 | - |
| 25.08.1982 | A | Milch | 104 ± 8 | 89 ± 8 |
| 25.08.1982 | A | Grünfutter | 9 ± 5 | 17 ± 6 |
| 24.09.1982 | A | Milch | 94 ± 8 | 75 ± 7 |
| 24.09.1982 | A | Grünfutter | 7 ± 5 | 33 ± 6 |
| 20.10.1982 | A | Milch | 70 ± 7 | 59 ± 7 |
| 20.10.1982 | A | Grünfutter | 40 ± 6 | 27 ± 6 |
| 24.11.1982 | A | Grünfutter | 21 ± 6 | 35 ± 6 |
| 24.11.1982 | A | Milch | 41 ± 6 | 43 ± 7 |
| 29.12.1982 | A | Milch | 83 ± 8 | 75 ± 8 |
| 30.07.1982 | C | Grünfutter | 7 ± 5 | 16 ± 6 |
| 30.07.1982 | C | Urin von Schweinen | 333 ± 17 | - |
| 30.07.1982 | C | Tränkenwasser der Schweine | 532 ± 25 | - |
| 30.07.1982 | D | menschlicher Urin | 23 ± 5 | - |

Tab. 5/40: Tritiumkonzentrationen in sonstigen Proben von verschiedenen landwirtschaftlichen Betrieben in der Nähe des Rheinniederungskanals

deutlich ab. Die OGT-Werte liegen bis auf zwei Fälle im Sommer wie im Winter unterhalb der HTO-Werte, allerdings immer relativ dicht beieinander, auch wenn die Kühe mit dem Grünfutter organisch gebundenes Tritium nur in sehr geringer Konzentration zugeführt bekommen. Darin zeigt sich, daß die organischen Bestandteile, wie sie in der Milch vorliegen, in vielen Stoffwechselschritten auf dem Wege vom Magen über das Blut zu den Milchdrüsen stark verändert bzw. neu synthetisiert werden, wobei der organisch gebundene Wasserstoff weitgehend durch den Wasserstoff des umgebenden Wassers ersetzt wird.

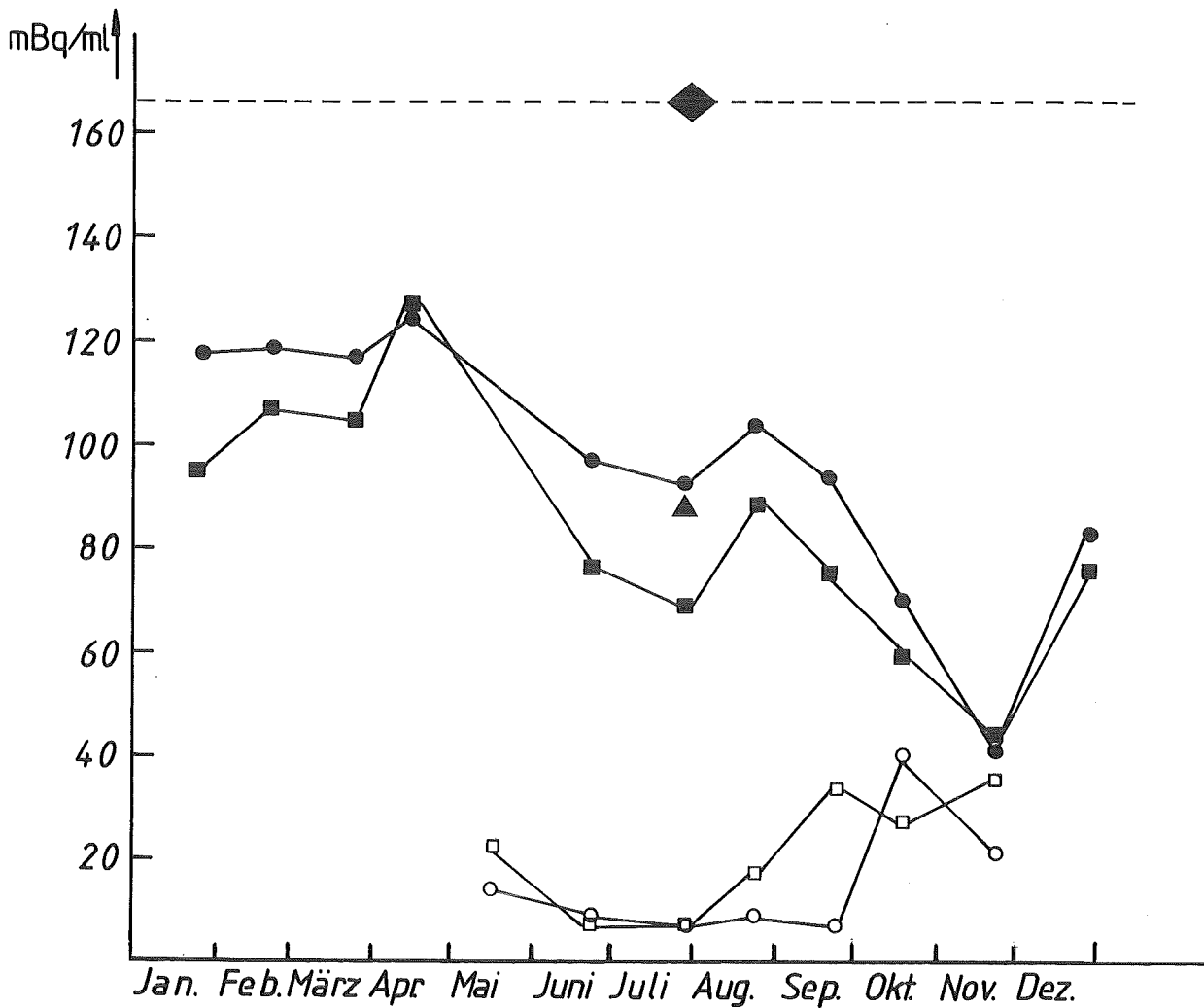


Abb. 5/5: Tritiumkonzentrationen in Milch und Grünfutterproben von einem landwirtschaftlichen Betrieb in der Nähe des Rheinniederungskanals (—●— HTO und —■— OGT der Milch, —○— HTO und —□— OGT des Grünfutters, ▲ HTO im Urin der Kühe, ◆ HTO im Wasser der Viehtränke)

Fische und Wasserpflanzen

Aus dem Altrhein bei Leopoldshafen, der für die Abwässer des Kernforschungszentrums als Vorfluter dient, werden etwa 400 m unterhalb der Einleitungsstelle in größeren Abständen Raub- und Friedfische gefangen bzw. Wasserpflanzen entnommen. Die Ergebnisse der HTO- und OGT-Messungen sind in Tab. 5/41 wiedergegeben. Die HTO-Konzentrationen der Fische sind im Vergleich zu den durchschnittlichen Tritiumkonzentrationen im Altrheinwasser von einigen Bq/ml recht niedrig, wenn sie auch vor der Aufbereitung kurz mit Leitungswasser abgespült wurden. Dabei muß allerdings berücksichtigt werden, daß die Tritiumkonzentrationen an der Fangstelle extrem schwanken. Somit hängt die gemessene HTO-Konzentration sehr stark von dem Zeitpunkt der Probenentnahme und der dann gerade vorhandenen aktuellen HTO-Konzentration ab. Dies gilt entsprechend für die Wasserpflanzen, wie im Falle des Wassersterns auch zu erkennen ist. An den OGT-Werten läßt sich allerdings erkennen, daß die Tritiumbelastung der Fische höher ist, als es durch die HTO-Werte zum Ausdruck kommt. Am Beispiel des Wassersterns zeigt sich außerdem, daß zumindest die pflanzenfressenden Friedfische, wie Brachse und Rotaugen, sehr viel OGT bereits mit der Nahrung aufnehmen. Legt man die Medianwerte der Tritiumkonzentrationen bei den Fischproben zugrunde (HTO = 55 mBq/ml, OGT = 3170 mBq/ml), so entspräche der Verzehr von 100 g Fisch (Frischgewicht) einer Aufnahme von 4,1 Bq Tritium in Form von Wasser und 33,3 Bq in organisch gebundener Form. (Die Strahlenschutzverordnung gibt für die jährliche Tritiumzufuhr durch Ingestion einen Grenzwert von $5,8 \cdot 10^6$ Bq vor.)

| Probenahme- datum | Probenart | Wasserge- halt in % | Tritiumkonzentration in mBq/ml | |
|----------------------|---|---------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| | | | freies Wasser (HTO) | Oxidationswas- ser aus TS (OGT) |
| 24.04.1982 | Brachse (<i>Abramis brama</i>) | 75 | 48 ± 6 | 3170 ± 130 |
| 24.04.1982 | Brachse (ohne Kopf und Innereien) | 74 | 55 ± 7 | 2690 ± 110 |
| 24.04.1982 | Flußbarsch (<i>Perca fluviatilis</i>) | 76 | 73 ± 7 | 3030 ± 120 |
| 08.11.1982 | Rotauge (<i>Rutilus rutilus</i>) | 75 | 207 ± 12 | 4560 ± 180 |
| 08.11.1982 | Flußbarsch (<i>Perca fluviatilis</i>) | 73 | 48 ± 6 | 6140 ± 240 |
| 22.11.1982 | Schilf (<i>Phragmites communis</i>) | 78 | 91 ± 8 | 216 ± 13 |
| 22.11.1982 | Wasserstern (<i>Callitriche</i>) | 92 | 6970 ± 271 | 26500 ± 1000 |

Tab. 5/41: Tritiumkonzentrationen in Fischen und Wasserpflanzen aus dem Altrhein. (Im Mittel entstanden 0,42 ml Oxidationswasser bei der Veraschung von 1 g Trockensubstanz der obengenannten Proben.)

5.2.2.3 Radioökologische Langzeituntersuchung über Tritium in Bäumen

S. Strack, S. Schulte, G. Pagliosa

Im Rahmen des BMI-Forschungsvorhaben St.Sch. 800 wurde 1982 die Langzeituntersuchung über das Verhalten von Tritium in Bäumen unter den realistischen Expositionsverhältnissen im KfK fortgesetzt. Ziel der Arbeit ist es, zu einer modellmäßigen Beschreibung der dynamischen, d. h. zeitabhängigen Vorgänge bei der Aufnahme, des Einbaus und der Abgabe von Tritium in einem pflanzlichen Organismus zu kommen, wobei von realistischen Freilandbedingungen ausgegangen wird. Die kontinuierlichen Messungen der Tritiumkonzentrationen in der Luftfeuchtigkeit zeigen beträchtliche Schwankungen, die auf die betriebsbedingten Tritiumableitungen mehrerer Emittenten im KfK zurückzuführen sind, was die dynamischen Verhältnisse hinsichtlich der Tritiumkontamination der Pflanzen über den Luftpfad bestätigt.

1982 wurden die meteorologischen Messungen wie Licht, Menge an Niederschlag, Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit direkt in unmittelbarer Nähe des untersuchten Baumes vorgenommen, um die mikroklimatischen Bedingungen erfassen zu können. Zusätzlich wurden in diesem Jahr die Bodentemperatur und die Bodensaugspannung in unterschiedlichen Bodentiefen erfaßt. Weiterhin wurde eine ständige Messung des Saftflusses im Stamm des Baumes im 30-min-Takt durchgeführt. Alle anfallenden Meßwerte wurden mittels eines Daten-Loggers aufgezeichnet und anschließend in die Großrechenanlage des Zentrums übertragen. Die Tritiumbestimmungen wurden durch eine häufigere Messung des Bodenwassers erweitert. Durch eine in den Boden eingebrachte Filterkerze war es möglich, alle zwei bis drei Tage eine ausreichende Probenmenge an Bodenwasser zu gewinnen. Nur bei starker Trockenheit des Bodens mußte weiterhin zur Bestimmung der Tritiumkonzentration Bodenmaterial mit Hilfe eines Schlagstockes entnommen werden. Eine Übersicht über die neben den Blattmessungen durchgeführten Messungen gibt Abb. 5/6.

Während der Vegetationsperiode wurden an 20 Tagen Spitzenwerte der Tritiumkonzentration in der kondensierten Luftfeuchtigkeit oberhalb von 200 mBq/ml gemessen, bei einer jeweiligen Sammelzeit von drei Stunden. An den Tagen, an denen das Auftreten eines solchen Spitzenwertes mit der Entnahme von mehreren Blattproben zusammenfiel, konnte ein sehr rascher Anstieg und ein ebenso rascher Abfall auf den Ausgangswert beobachtet werden. Für diesen exponentiell verlaufenden Konzentrationsausgleich über die Stomata der Blätter konnte für den schnellsten Fall eine Austauschrate von mindestens $k = 0,26 \text{ h}^{-1}$ entsprechend einer maximalen Halbwertszeit von $T_{1/2} = 2,7 \text{ h}$ berechnet werden. Angaben aus der Literatur legen jedoch als oberen Wert einen schnelleren Verlauf des Austauschs nahe, der allerdings z. B. während der Nacht gegen Null zurückgeht. Tatsächlich haben erste Überprüfungen eines eigenen mathematischen Modells (S. Strack, Annales de l'Association Belge de Radioprotection, Vol. 7, n° 3-4 (1982), 213 - 228) diese Annahmen bestätigt. Das Modell basiert auf der Vorstellung, daß die HTO-Konzentration in den Blättern quantitativ durch den Gasaustausch mit der Atmosphäre einerseits, und durch die Transpiration und

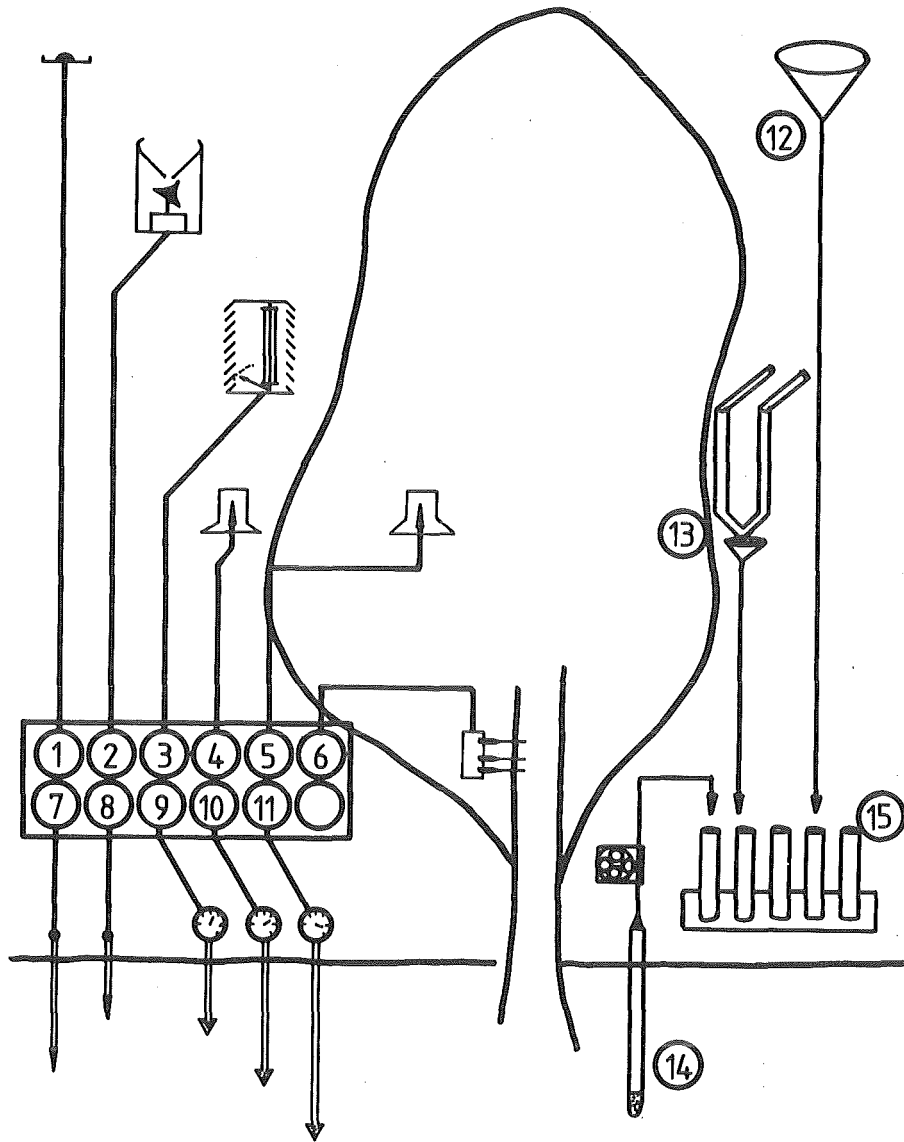


Abb. 5/6: Zur Erfassung der mikroklimatischen Bedingungen werden am Baum Licht (1), Niederschlag (2), Luftfeuchtigkeit (3), Lufttemperatur (4, 5), Bodentemperatur (7, 8), Bodensaugspannung (9, 10, 11), und außerdem der Saftfluß im Stamm kontinuierlich gemessen und automatisch registriert. Die Niederschläge (12), das Luftkondensat (13) und das Bodenwasser (14) werden im Fraktionssammler (15) aufgefangen.

den nachströmenden Saftfluß andererseits beeinflusst wird. Dies ist dem Beziehungsdiagramm für die Blattkompartimente (Abb. 5/7) zu entnehmen, in dem neben den Stoffflüssen auch die Informationsflüsse (gestrichelt) eingezeichnet sind, um das Prozeßgeschehen zu verdeutlichen. Die Meßergebnisse zeigen, daß sich beide Komponenten unter normalen Bedingungen etwa zu gleichen Teilen auswirken.

Die Tritiumkonzentrationen der organischen Substanz der Blätter (OGT) zeigen im Verlauf der Vegetationsperiode 1982 wiederum eine wesentlich gedämpftere Dynamik, mit einem stufenweisen Aufbau bis hin zu einer Konzentration von 420 mBq/ml beim Laubfall (s. Abb. 5/8).

Im Frühjahr war jedoch auch ein drastischer Abfall der OGT-Konzentrationen zu beobachten gewesen. Zur Zeit der Blattbildung fiel der OGT-Wert der Knospen von 130 mBq/ml auf eine Konzentration von 42 mBq/ml in den ausgewachsenen Blättern ab, bedingt durch einen "Verdünnungseffekt" bei der

Zunahme der organischen Blattsubstanz. Eine sehr hohe Tritiumfreisetzung auf dem KfK-Gelände im August, die zu einer gemessenen HTO-Konzentration in der Luftfeuchte von 47 000 mBq/ml für drei Stunden und im Bodenwasser von 433 mBq/ml führte, hatte kurzfristig eine Verdreifachung der OGT-Konzentration in den Blättern zur Folge, die in den folgenden Wochen wieder zurückging, und sich auf etwa dem doppelten Wert, der vorher gemessenen OGT-Konzentration einpendelte. Zur detaillierten Auswertung dieses Verhaltens muß ein Modell verwendet werden, das neben einem stabilem OGT-Kompartiment mindestens auch ein temporäres enthält.

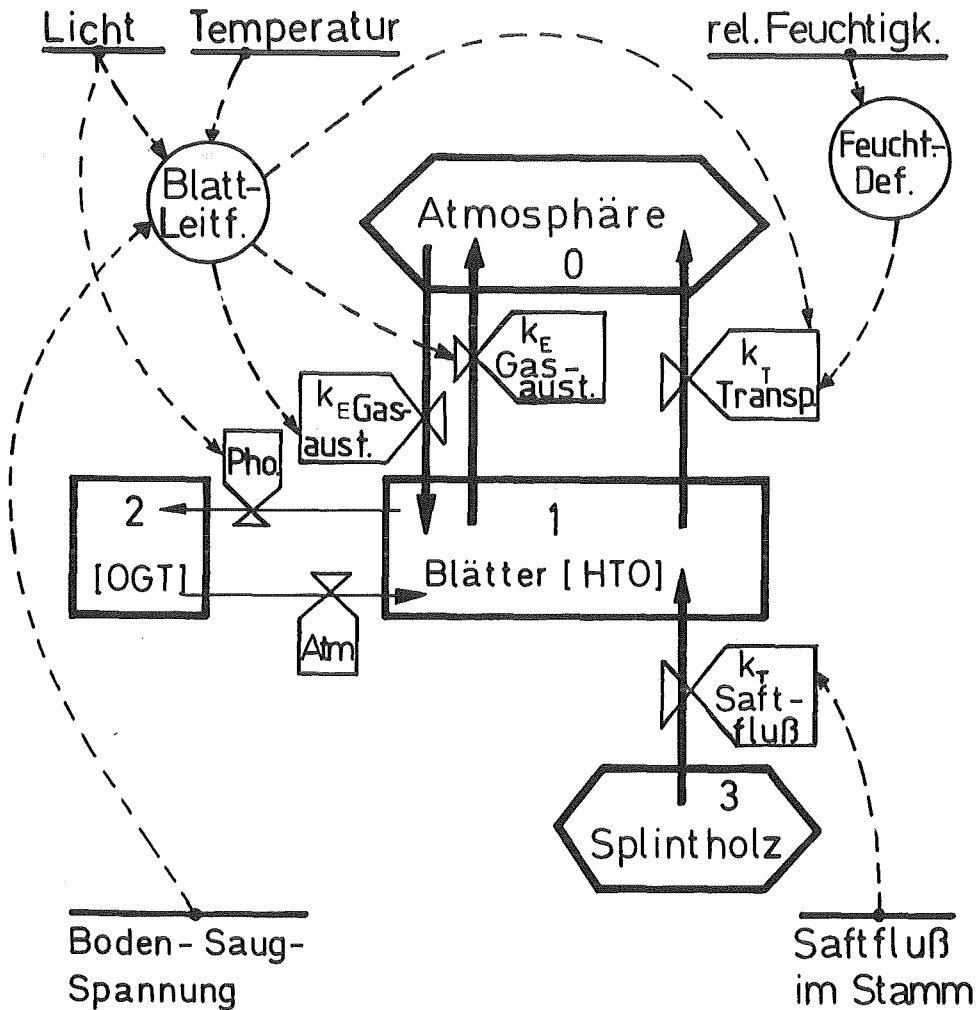


Abb. 5/7: Beziehungsdiagramm für die Blattkompartimente eines Baumes zur Modellierung des dynamischen Verhaltens von Tritium in Pflanzen (→ Stoffflüsse, -→ Informationsflüsse)

Wegen der hohen Anforderungen, die an die Low-level-Tritiummessungen gestellt werden, wird die Raumlufte des Labors, in dem die Proben aufbereitet und gemessen werden, ständig überwacht. Abb. 5/10 zeigt alle Meßwerte der Tritiumkonzentrationen in der Raumlufte von Mai bis Dezember. Die beobachteten Spitzenwerte von 1290 und 1720 mBq/ml unterstreichen die Notwendigkeit der getroffenen Vorsichtsmaßnahmen bei der Aufbereitung der Proben, um eine Nachweisgrenze von 4,8 mBq/ml zu erreichen, wobei unbedingt eine Kontamination der Proben durch die Raumlufte vermieden werden muß.

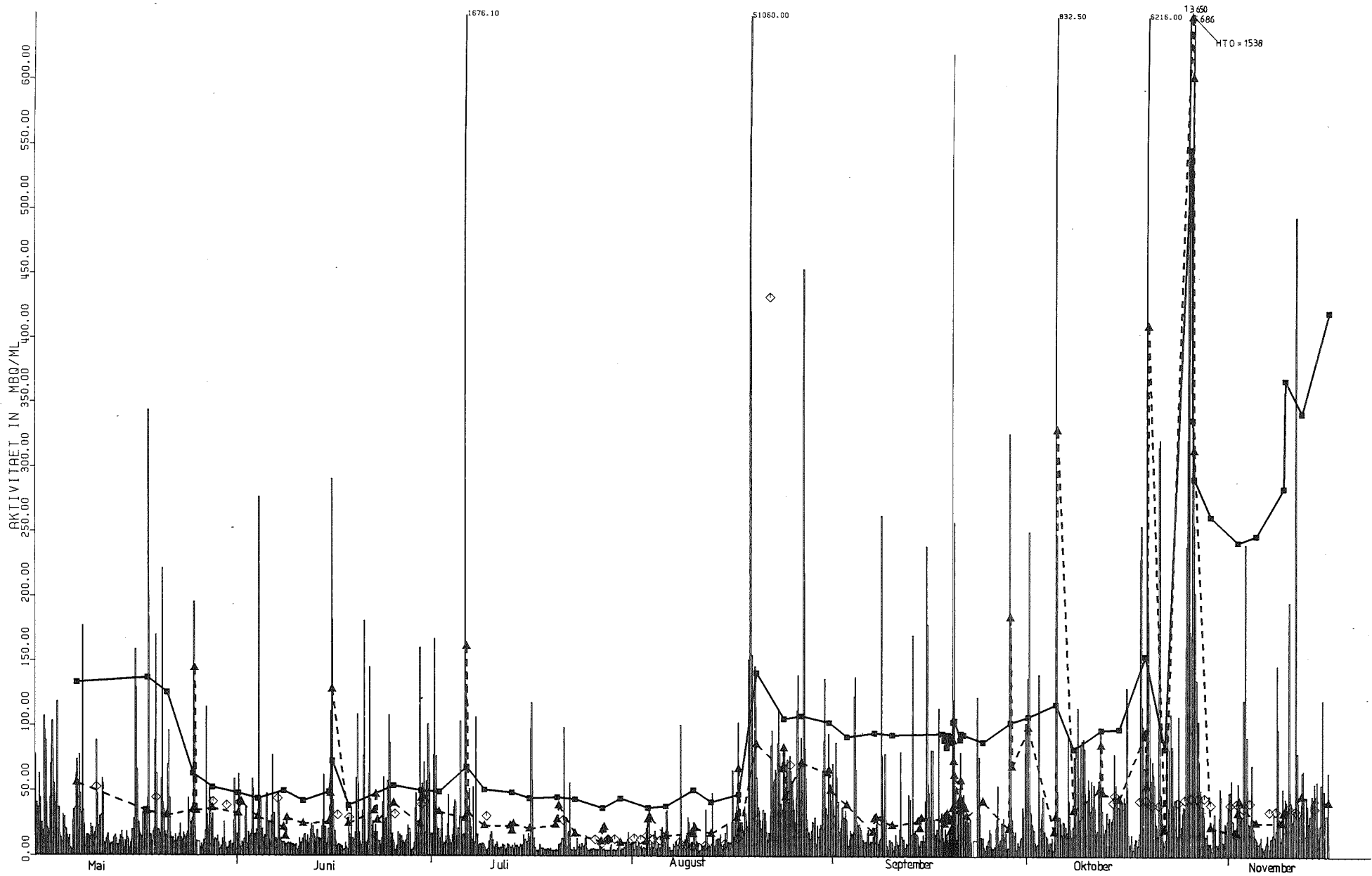


Abb. 5/8: Gemessene Tritiumkonzentration der Vegetationsperiode 1982 in der Luftfeuchtigkeit (ein Balken entspricht 3 h), im Blattwasser (--Δ--), in der organischen Substanz der Blätter (—□—) und im Bodenwasser (◇)

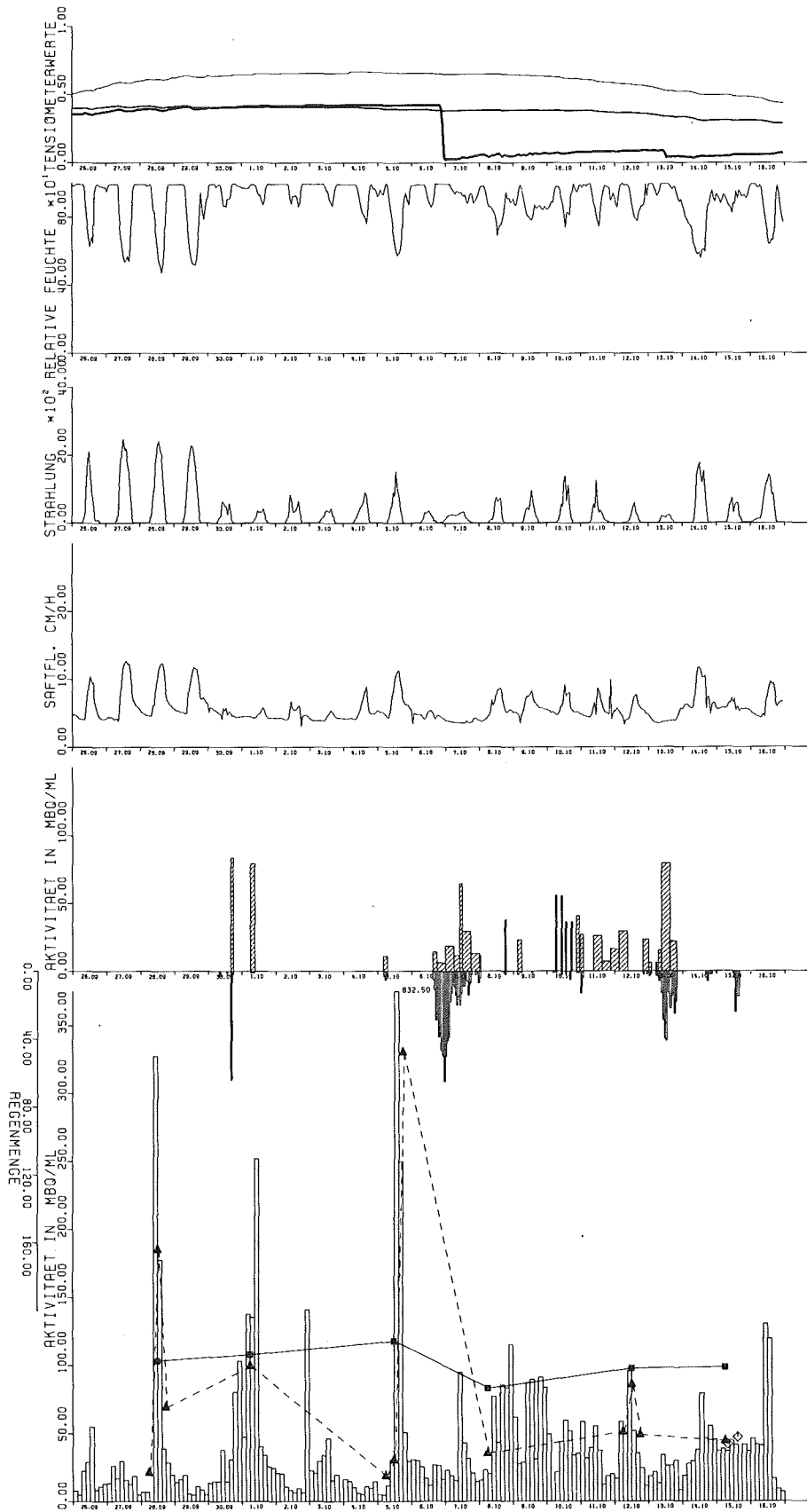


Abb. 5/9: Ausschnitt des Rechner-Plots der Tritiumaktivitäten und meteorologischen Daten des Langzeitversuches

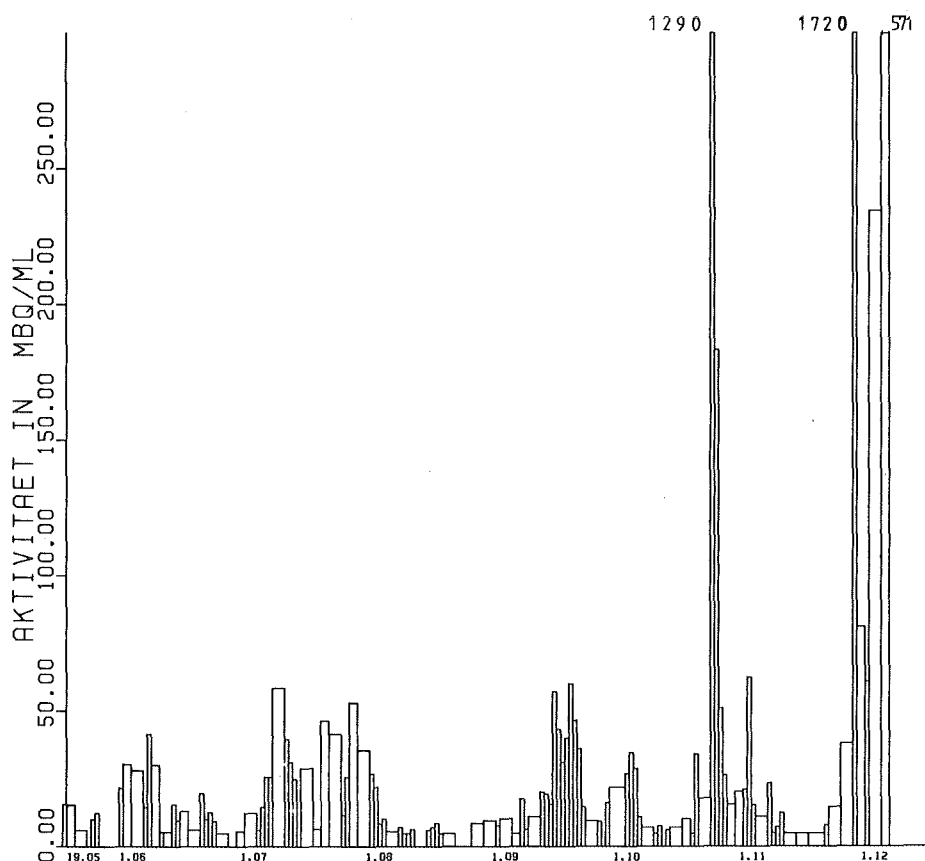


Abb. 5/10: Überwachung der Raumluft auf Tritium im Low-level-Labor. Die Meßwerte in $\text{mBq}\cdot\text{ml}^{-1}$ beziehen sich auf das Kondensat der Luftfeuchtigkeit.

5.2.2.4 Mikrobiologische Einflüsse auf die Mobilität und Bioverfügbarkeit von Radionukliden in Böden und Sedimenten

S. Strack, A. Müller, A. Riedl

Im Rahmen des Projektes Nukleare Sicherheit und eines EG-Forschungsvorhabens (EG-BIO-B-484-82-D) wurde 1982 mit Forschungsarbeiten zu dem Thema "Mikrobiologische Aspekte bei Verhalten und Kontrolle von Radionukliden in terrestrischen und aquatischen Ökosystemen" begonnen.

Ziel des seit Juli 1982 aufgenommenen Projektes ist es, mehr Einblick zu gewinnen, inwieweit mikrobielle Stoffwechsellleistungen für Veränderungen des Migrations- und Retentionsverhaltens und der biologischen Verfügbarkeit von Radionukliden in Böden und Sedimenten verantwortlich sind. Anstoß zu diesen Arbeiten gaben in der Umgebung des Kernforschungszentrums beobachtete langfristige Veränderungen der Bioverfügbarkeit von I-129 und Pu-Isotopen im Boden. Die durch die Tätigkeit von Mikroorganismen bedingten Umsetzungsprozesse in der Humusschicht sind hierfür mit großer Wahrscheinlichkeit die Ursache.

Der Boden ist ein komplexes Mehrstoffsystem aus Gestein, Luft, Wasser, mineralischen Verwitterungsprodukten, organischen Zersetzungsprodukten und Humuskolloiden. Böden sind, je nach Bodentyp, in charakteristischen Schichten, sogenannten Horizonten, aufgebaut. Abb. 5/11 zeigt das Profil eines natürlich geschichteten Waldbodens.

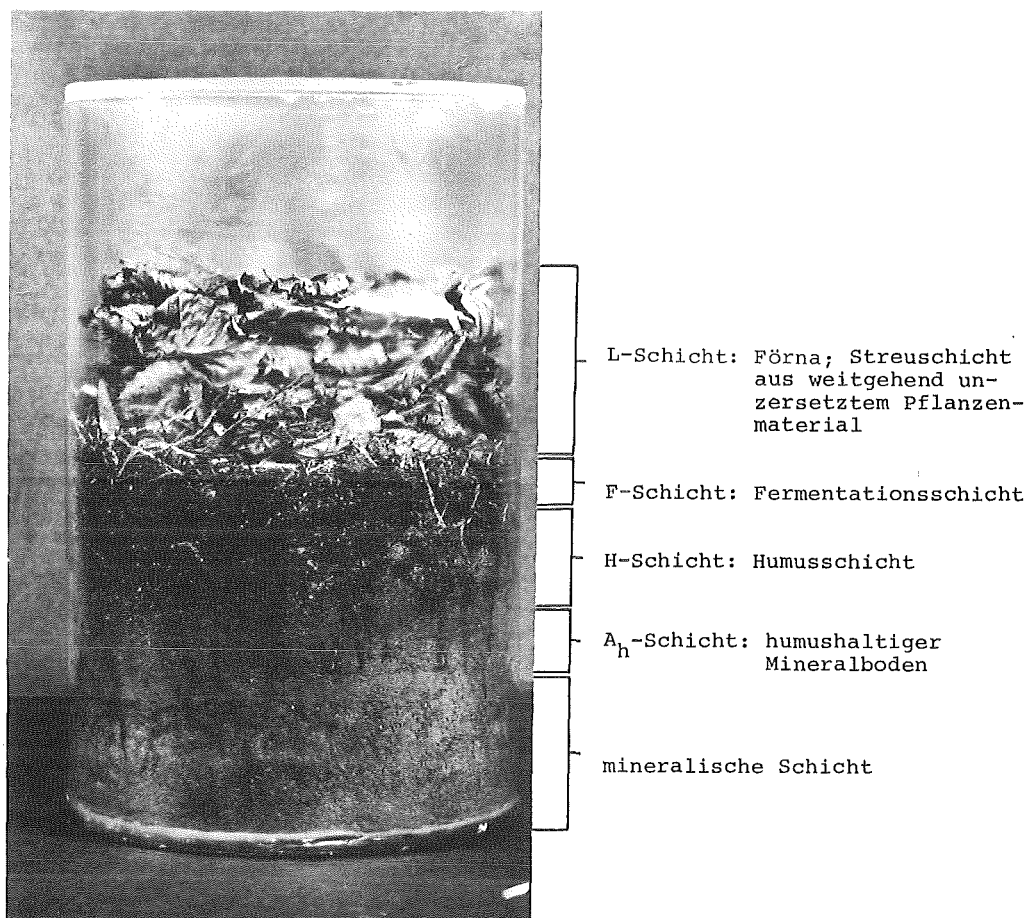


Abb. 5/11: Erdsäule aus einem Waldbestand auf dem Gelände des Kernforschungszentrums Karlsruhe (nahe der Nordwache). Die Säule wurde Anfang November unmittelbar nach dem Laubfall ausgegraben.

Die Zahl der im Boden durch die Tätigkeit von Mikroorganismen ablaufenden chemischen Umsetzungsreaktionen und dadurch bedingt die Veränderung der physikalischen und chemischen Zustandsform des Bodenbiotops ist abhängig von

- a) der Anzahl der lebenden, vermehrungsfähigen und stoffwechselaktiven Organismen: Lebendkeimzahl (Anzahl der Organismen pro Gramm Boden),
- b) der Stoffwechselaktivität der einzelnen Mikroorganismenzellen.

Deshalb wurden verschiedene Methoden zur quantitativen Bestimmung der Mikroflora und deren Stoffwechselaktivität geprüft. Die Oberflächenplattierung wurde als geeignetste Methode zur Erfassung der Besiedlungsdichte pro Gramm Boden ausgewählt. Sie zeichnet sich durch einfache Durchführbarkeit aus und ermöglicht am problemlosesten die Isolierung von reinen Mikroorganismenstämmen. Mehrere Pilz- und Bakterienreinkulturen wurden von speziellen Nährböden isoliert und in einer Stammbank aufbewahrt. Zur quantitativen Ermittlung der Stoffwechselaktivität der Bodenmikroorganismen wurde die Messung der Atmungsaktivität (CO₂-Abgabe) getestet.

Im Juli 1982 wurde ein ganzjährig geplanter Freilandversuch zur regelmäßigen Erfassung der Lebendkeimzahl in der Humusschicht (H-Horizont) begonnen. Dafür wurden monatlich Bodenproben an einer Referenzstelle (Waldbestand auf dem KfK-Gelände) entnommen. Abb. 5/12 faßt die Daten für den Untersuchungszeitraum Juli bis November zusammen.

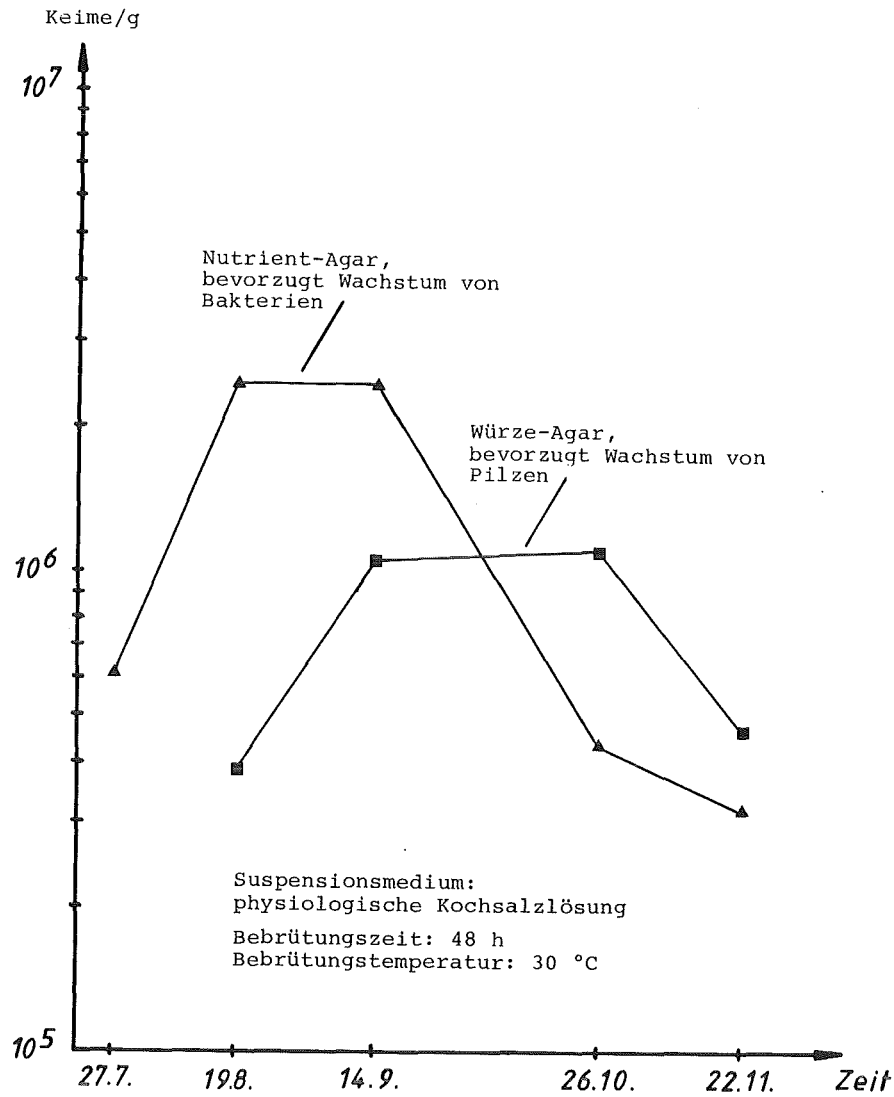


Abb. 5/12: Lebendkeimzahl (Bakterien und Pilze) auf Nutrient- und Würze-Agar pro Gramm Waldboden (Feuchtgewicht), entnommen dem H-Horizont eines Buchenwaldbestands

Die Populationsdichte ist neben anderen Faktoren vom Nährstoffangebot, von der Bodentemperatur und vor allem von der Bodenfeuchtigkeit abhängig (Meßverfahren s. Kap. 5.2.2.3).

Eine starke Austrocknung der oberen Bodenschichten und eine verminderte Verfügbarkeit von zersetzbaren Pflanzenresten ist für die geringe Besiedlungsdichte an Bakterien im Juli verantwortlich. Feucht-warme Witterungsbedingungen (wechselnde Naß- und Trockenperioden, Bodentemperatur ca. 15 °C) Ende Juli, Anfang August bieten den Bodenbakterien optimale Wachstums- und Vermehrungsbedingungen und ermöglichen eine deutliche Zunahme der Lebendkeimzahl von Bakterien im August. Die Abnahme der Bakterienbesetzungsdichte im September und die gleichzeitige Verschiebung zugunsten einer erhöhten Keimdichte an niederen Pilzen, die meist trockenere Lebensräume bevorzugen, ist durch eine in den ersten Septembertagen einsetzende, bis Anfang Oktober anhaltende Trockenperiode des Bodens bedingt. Obwohl eine starke Bodendurchfeuchtung im Oktober die Lebensbedingungen für Pilze verschlechtert, ist ein Rückgang an Pilzen nicht zu beobachten, da nun durch den einsetzenden Laubfall abbaubares Pflanzenmaterial als Nährstoffquelle im Überfluß angeboten wird. Der Abfall der Keimdichten gegen Ende des Jahres ist auf tiefe Bodentemperaturen von ca. 10 °C und eine Übersättigung des Bodens mit Regenwasser und Bildung von Staunässe zurückzuführen.

Die im Feldversuch beobachteten Zusammenhänge zwischen Nährstoffangebot, Bodenbelüftung, Makro- und Mikroklima einerseits, und Artenzusammensetzung, Stoffwechselaktivität und Teilungsfähigkeit der Mikroorganismen andererseits, sollen in Laborversuchen an gepackten oder gestochenen Erdsäulen nachvollzogen werden. Vorversuche zur Entwicklung und Erprobung von geeigneten Percolationsapparaturen wurden durchgeführt. Ziel dieser Modellversuche ist, den Einfluß von natürlichen Veränderungen innerhalb des Bodenbiotops auf das Migrationsverhalten von Radionukliden unter standardisierten Bedingungen beobachten zu können. Zusätzlich sollen durch gezielten Einsatz von Effektoren, z. B. Stoffwechselhemmern oder -aktivatoren künstlich eine Steuerung der Zusammensetzung und Stoffwechselaktivität der Mikroflora bewirkt werden.

Um die Feinverteilung der Nuklide in der Bodenmatrix nachweisen zu können, wurden Mikroautoradiographiemethoden eingesetzt. Mit Mikroorganismen angereicherte Bodenproben wurden nach kurzzeitiger Inkubation mit H-3- und C-14-markierten Substanzen mittels Fluoreszenzmikroskopie und Autoradiographie (stripping film) untersucht. Dabei konnten die in der Filmschicht auftretenden Schwärzungen einzelnen stoffwechselaktiven Mikroorganismen zugeordnet werden.

5.2.3 Radioökologische Auswirkungen des langjährigen Betriebs der kerntechnischen Anlagen des Kernforschungszentrums Karlsruhe

L.A. König, H. Feßler, K.-G. Langguth, F. Milbich-Münzer, D. Papadopoulos, A. Radziwill

Im Rahmen des BMI-geförderten Vorhabens St.Sch. 802 wurden die radioökologischen Auswirkungen des langjährigen Betriebs der kerntechnischen Anlagen des Kernforschungszentrums Karlsruhe auf dessen nähere Umgebung untersucht. Folgende Themen wurden behandelt:

- Beaufschlagung des Bodens und der bebauten Flächen durch Fallout und Washout,
- Eindringen der Aktivität in den Boden und Verfolgung - soweit möglich - bis zum Grundwasser,
- Belastung des Hirschkanals durch Einleitung des auf dem Betriebsgelände des Kernforschungszentrums Karlsruhe anfallenden Niederschlags- und unschädlichen Kühlwassers,
- Tritium im Niederschlag infolge von Tritiumfreisetzungen in die Atmosphäre.

Die Ergebnisse sind im KfK-Bericht 3459, der im Januar 1983 in Druck ging, enthalten, so daß hier auf die Wiedergabe von Einzelheiten verzichtet werden kann. Zusammengefaßt ergab sich:

- Die im Bereich des Kernforschungszentrums Karlsruhe nachgewiesenen Kontaminationen von Boden und Bewuchs sind in erster Linie auf den Kernwaffenfallout zurückzuführen. Eine Mitverursachung der Kontaminationen durch Emittenten des Kernforschungszentrums Karlsruhe zeigte sich im Bereich der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB), insbesondere in unmittelbarer Nähe der Verbrennungsanlage der HDB.
- Die Tritiumkontamination des Bodens als Folge des Tritiumgehalts der Niederschläge ist bis in das Grundwasser hinein nachweisbar. Insofern müssen bei der Planung von Tritiumableitungen in Form von HTO über den Luftpfad mögliche Auswirkungen auf das Grundwasser berücksichtigt werden.
- Nach den vorliegenden Meßergebnissen für die Tiefenverteilung der Tritiumkonzentration der Bodenfeuchte erhält man durch Extrapolation Schätzwerte für die vertikale Migrationsgeschwindigkeit tritiierten Wassers im Boden zwischen 2 und 4 m/a. Die vertikale Migrationsgeschwindigkeit von Cs-137 liegt zwischen 0,4 und 1,6 cm/a.

- Die im Hirschkanal gefundene Radioaktivität läßt sich nicht ausschließlich als Folge des Fallout aus den Kernwaffenversuchen und aus den Ableitungen des Kernforschungszentrums Karlsruhe in die Atmosphäre erklären. Sie dürfte zum größeren Teil auf Auswirkungen von mehrere Jahre zurückliegenden Zwischenfällen, bei denen kontaminiertes Wasser in die Regenwasserkanalisation gelangt war, zurückzuführen sein. Durch Wiederholung der Messungen muß nachgeprüft werden, inwieweit die im Hirschkanal nachweisbare Aktivität weiter abnimmt.
- Aus den Tritiummessungen des Niederschlagswassers folgt für $s = \Lambda/\Theta$ (Λ : Washoutkonstante [s^{-1}], Θ : Niederschlagsmenge [mm/a]) ein Wert $(1 \text{ bis } 2) \cdot 10^{-9} \text{ a/(mm}\cdot\text{s)}$.

5.2.4 Die Tritiumkonzentration in Niederschlägen, Oberflächen-, Grund- und Trinkwasser

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

Das seit 1971 laufende Meßprogramm zur langfristigen Beobachtung der Tritiumkonzentration von Niederschlägen, Oberflächen-, Grund- und Trinkwasser wurde 1982 fortgeführt. Der Umfang des Probenahmeprogramms wurde allerdings auf 50 Probenahmestellen reduziert. Die Grund- und Trinkwasserproben stammen aus der näheren Umgebung des Kernforschungszentrums. Proben aus Brunnen und Bohrungen wurden als "Grundwasserproben" bezeichnet; "Trinkwasserproben" stammen aus Leitungswassernetzen. Das Tritiumprogramm für Oberflächenwasser beschränkte sich im wesentlichen auf die Ausmessung der uns vom Institut für Wasser- und Abfallwirtschaft der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg zur Verfügung gestellten vierzehntägigen Rhein- und Neckarwasserproben. Tritiumbestimmungen in Niederschlägen erfolgten an Proben aus dem betrieblichen Überwachungsbereich des KfK und an Proben aus der näheren Umgebung bis zu rund 11 km Entfernung vom KfK. Die Struktur des Probenahmeprogramms wird in Tab. 5/42 wiedergegeben.

| Probenart | Anzahl der Probenahmestellen | | Probenahmehäufigkeit | Anzahl der untersuchten Proben |
|-------------------|------------------------------|-------------|---|--------------------------------|
| | | | | |
| Grundwasser | 8 | 7 1 | vierteljährlich halbjährlich | 30 |
| Trinkwasser | 6 | 6 | einmal monatlich | 68 |
| Oberflächenwasser | 24 | 1 23 | vierteljährlich kontinuierlich | 320 |
| Niederschlag | 12 | 3 6 3 | arbeitstäglich nach Niederschlag zweimal monatlich einmal monatlich | 497 |
| Summe | 50 | 50 | | 915 |

Tab. 5/42: Art und Anzahl der 1982 untersuchten Proben, Anzahl der Probenahmestellen und Häufigkeit der Probenahme

Tritium im Niederschlag

Die Tritiumkonzentrationen in Niederschlagsproben sind nach den obengenannten Bereichen zusammengefaßt und in Tab. 5/43 aufgeführt.

| Standorte des Niederschlagssammlers | 1 9 8 1 | | | 1 9 8 2 | | |
|-------------------------------------|---------|-------------------|-----------------------------|---------|-------------------|-----------------------------|
| | M in mm | \bar{a} in Bq/l | A_F in kBq/m ² | M in mm | \bar{a} in Bq/l | A_F in kBq/m ² |
| <u>innerhalb KfK (s. Lageplan)</u> | | | | | | |
| Meßhütte West | 857 | 12,32 | 11,4 | 917 | 19,61 | 18,0 |
| Meßhütte Nordost | 825 | 24,42 | 20,1 | 884 | 14,80 | 13,1 |
| WAK | 844 | 15,54 | 13,1 | 887 | 25,53 | 22,6 |
| Nordtor des KfK | 812 | 86,21 | 70,0 | 849 | 31,82 | 27,0 |
| Am Sandfang V | 851 | 69,56 | 59,3 | 867 | 36,26 | 31,4 |
| nördlich Wasserwerk Nord | 825 | 30,34 | 25,1 | 842 | 31,08 | 26,2 |
| Mittelwert | 836 | 39,90 | 33,2 | 874 | 26,52 | 23,1 |
| <u>außerhalb KfK</u> | | | | | | |
| Wasserwerk Tiefgestade | 758 | 6,29 | 4,9 | 799 | 4,44 | 3,6 |
| Eggenstein | 963 | 7,40 | 7,0 | 899 | 5,55 | 5,0 |
| Augustenberg* | 957 | 5,55 | 5,4 | 903 | 3,33 | 3,0 |
| Mittelwert | 893 | 6,41 | 5,8 | 867 | 4,44 | 3,9 |

*Bei der Bildung des Jahresmittelwertes 1981 wurde ein fehlender Zweiwochenwert durch den Mittelwert des Restjahres ersetzt.

Tab. 5/43: Niederschlagsmenge M, mittlere H-3-Konzentration \bar{a} und H-3-Flächenbelastung A_F für die Jahre 1981 und 1982

Tritium in Oberflächengewässern

In der Tab. 5/44 wurden die Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration von Rhein und Neckar für die Jahre 1981 und 1982 einander gegenübergestellt. Das Probenahmeprogramm erfaßt mit acht Probenahmestellen eine Rheinstrecke von knapp 400 km zwischen Öhningen-Stiegen (Fluß-km 29) und Mannheim (Fluß-km 426,2) und mit 12 Probenahmestellen den Neckarabschnitt zwischen Feudenheim (Fluß-km 8,1) und Deizisau (Fluß-km 199,7). Die Probenahmen erfolgten kontinuierlich in Intervallen von rund 15 Tagen durch das Institut für Wasser- und Abfallwirtschaft. Außer den Jahresmittelwerten für die einzelnen Probenahmeorte wurden Gesamtmittelwerte für die überwachten Rhein- und Neckarabschnitte angegeben.

| R h e i n | | | N e c k a r | | |
|------------------------------|---------------------------|------|---------------------------------|---------------------------|------|
| Fluß-km / Ort | H-3-Konzentration in Bq/l | | Fluß-km / Ort | H-3-Konzentration in Bq/l | |
| | 1981 | 1982 | | 1981 | 1982 |
| 29 / Öhningen-Stiegen | 10,0 | 7,4 | 8,1 / Feudenheim | 8,1 | 6,3 |
| 91 / Reckingen | 10,0 | 6,3 | 18,1 / Schwabenheim | 10,0 | 7,4 |
| 113 / Albrück-Dogern | 8,1 | 7,0 | 31,0 / Neckargemünd | 8,9 | 8,1 |
| 155 / Wyhlen | 10,4 | 8,5 | 72,5 / Guttenbach | 9,3 | 7,8 |
| 224,7 / Breisach (Restrhein) | 9,3 | 8,5 | 93,9 / Gundelsheim | 9,3 | 7,8 |
| 248,7 / Weisweil | 11,8 | 10,0 | 104,1 / Kochendorf | 9,6 | 7,4 |
| 362,2 / Maxau | 9,3 | 7,8 | 118,0 / Horkheim | 8,9 | 8,1 |
| 426,2 / Mannheim | 10,4 | 9,6 | 125,5 / Laufen | 10,0 | 8,1 |
| | | | 143,1 / Hessigheim | 8,5 | 5,9 |
| | | | 172,3 / Aldingen | 10,7 | 5,6 |
| | | | 187,0 / Stuttgart-Untertürkheim | 10,0 | 7,4 |
| | | | 199,7 / Deizisau | 10,0 | 5,6 |
| Mittelwert | 10,0 | 8,1 | Mittelwert | 9,6 | 7,1 |

Tab. 5/44: H-3-Konzentrationswerte des Rheins und des Neckars für 1981 und 1982

Tritium in Grund- und Trinkwasser

In Tab. 5/45 wurden die Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration von Grund- und Trinkwasser für 1981 und 1982 aus der Umgebung des KfK zusammengestellt. Bei der Berechnung der Mittelwerte wurde für Proben mit Tritiumkonzentrationen unterhalb der Nachweisgrenze die Hälfte der Nachweisgrenze eingesetzt.

| Probenahmeort | | | Jahresmittelwerte der H-3-Konzentration in Bq/l | |
|---------------------|--------------------------------|---------------|---|---------|
| | | | 1 9 8 1 | 1 9 8 2 |
| <u>Grundwasser:</u> | Wasserwerk Tiefgestade | (s. Lageplan) | 8,9 | 7,0 |
| | Wasserwerk Süd im KfK | " | 10,0 | 5,9 |
| | Wasserwerk Leopoldshafen | " | 9,6 | 7,8 |
| | Wasserwerk Linkenheim | " | 11,1 | 8,5 |
| | Wasserwerk Karlsruhe-Hardtwald | " | 8,9 | 8,1 |
| | Schluckbrunnen A (WAK) | " | 18,9 | 18,5 |
| | Schluckbrunnen B (WAK) | " | 24,1 | 21,5 |
| | Beobachtungsbrunnen P | " | 19,6 | 14,1 |
| <u>Trinkwasser:</u> | Eggenstein | | 8,1 | 6,3 |
| | Friedrichstal | | 6,3 | 5,6 |
| | Karlsruhe | | 9,3 | 6,3 |
| | Leopoldshafen | | 9,3 | 7,8 |
| | Obergrombach | | 11,5 | 8,1 |
| | KfK (Geb. 123 des HS) | | 9,3 | 5,6 |

Tab. 5/45: Jahresmittelwerte der Tritiumkonzentration des Grundwassers in der näheren Umgebung des KfK und des Trinkwassers

5.2.5 Messungen an einer Schlackengranulatprobe

H. Feßler

Veranlaßt durch Pressemeldungen über den Gehalt an natürlicher Radioaktivität in Schlackengranulaten, die im Winter 1981/1982 als Streumittel auf Verkehrswegen an Stelle von Streusalz verwendet wurden, sollte eine von der Autobahnmeisterei Baden-Baden zur Verfügung gestellte Schlackengranulatprobe (1036 g in einer 1-l-Plastikflasche) mittels γ -Spektrometrie mit Ge(Li)-Detektor ausgemessen werden. Eine genaue Auswertung einer derartigen Einzelmessung ist ohne größeren Aufwand nicht möglich. Dies hat folgende Gründe:

- Es ist nicht sicher, daß sich Ra-226 im Gleichgewicht mit seinen Folgeprodukten befindet, da Radon aus der Probe entweichen kann.
- Wenn eine Probe in wesentlichem Umfang Schwermetalle wie Uran usw. enthalten könnte, kann man auch nicht ohne weiteres die 92-keV-Linie des U-238-Folgeproduktes TH-234 verwenden, um den Urangehalt festzustellen. Die Aufnahme einer "Selbstabsorptionskurve" (in diesem Fall mehrmalige Messung mit ansteigender Probemenge in einer 1-l-Flasche) mit Extrapolation gegen 0 g ist im allgemeinen aus Zeitgründen nicht möglich.
- Die 185,7-keV-Linie des U-235 wird von der 186,2-keV-Linie des Ra-226 überlagert.

Aus Zeitgründen wurde die Probe ausgewertet, als ob es sich um eine normale Probe in wäßriger Lösung handeln würde. Man erhält auf diese Weise für Ra-226 (aus Radon-Folgeprodukten) einen Mindestwert und bei Benutzung der 185,7-keV-Linie und Abzug der entsprechenden Ra-226-Impulse einen Maximalwert für U-235, den man dann in den entsprechenden Wert für U-238 umrechnen kann. Die so ermittelten Werte werden in Tab. 5/46 dargestellt. Die Werte für Ac-228, Th-228 und K-40 können sicher bestimmt werden.

| Nuklid | Spezifische Aktivität in Bq/g | Bemerkungen |
|--------|-------------------------------|-------------|
| K-40 | 1,01 ± 0,03 | - |
| Ra-226 | 0,275 ± 0,007 | Mindestwert |
| Ra-228 | 0,143 ± 0,016 | - |
| Ac-228 | 0,139 ± 0,009 | - |
| U-235 | 0,016 ± 0,002 | Maximalwert |
| U-238 | 0,350 ± 0,035 | Maximalwert |

Tab. 5/46: Aktivitätsgehalt einer Schlackengranulatprobe unter der Annahme des radioaktiven Gleichgewichts zu Ra-226 und den Rn-222-Folgeprodukten

5.2.6 Dynamisches Verhalten des Aktivitätsinventars in einem speziellen Drei-Kompartiment-System

L.A. König

Im Hinblick auf die modellmäßige Beschreibung des dynamischen Verhaltens von Tritium in einer Pflanze wurde ein spezielles Modell, das durch Abb. 5/13 beschrieben wird, durchgerechnet. Bei seiner Anwendung könnten die in dieser Abbildung eingeführten Nummern z. B. identifiziert werden mit

- 0: Atmosphäre
- 1: Wassergebundenes Tritium in der Pflanze
- 2: mobiles organisch gebundenes Tritium
- 3: immobiles organisch gebundenes Tritium
- 4: Boden

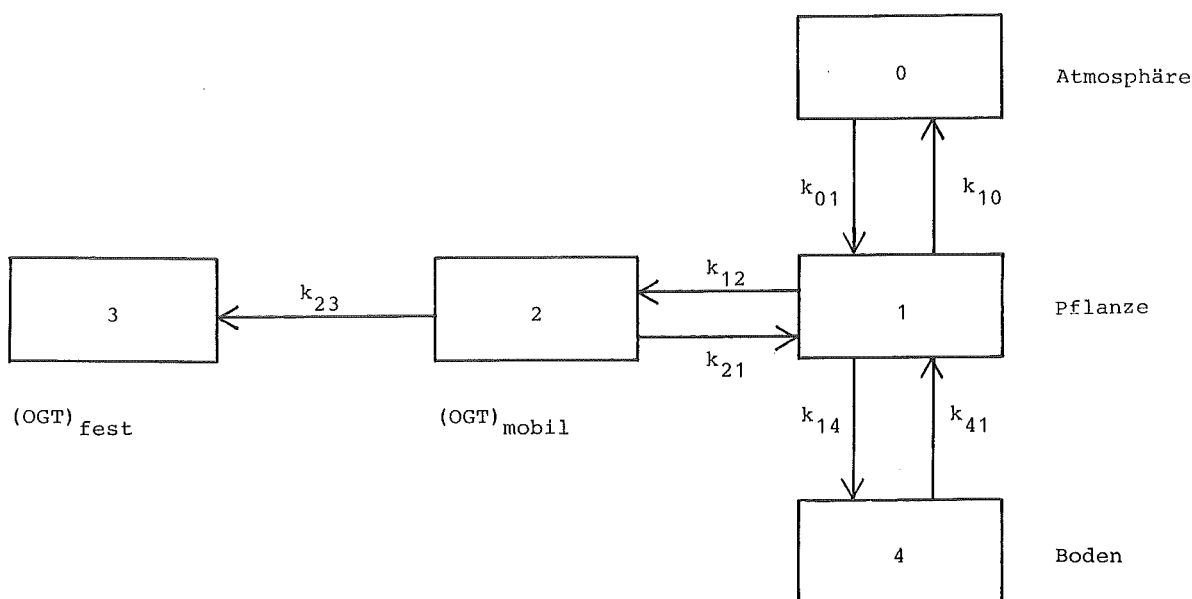


Abb. 5/13: Modell zur Beschreibung des dynamischen Verhaltens

Es wird vorausgesetzt, daß für das beobachtete Zeitintervall die Konzentrationen in den Reservoiren 0 und 4 konstant sind, weshalb diese nicht als "Kompartiments" gezählt werden. Für die Kompartiments 1 bis 3 lauten die Bilanzgleichungen

$$1: \frac{dA_1}{dt} = k_{01}A_0 + k_{21}A_2 + k_{41}A_4 - k_{10}A_1 - k_{12}A_1 - k_{14}A_1 \quad (1a)$$

$$2: \frac{dA_2}{dt} = k_{12}A_1 - k_{21}A_2 - k_{23}A_2 \quad (1b)$$

$$3: \frac{dA_3}{dt} = k_{23}A_2 \quad (1c)$$

Die Koeffizienten k_{ij} bezeichnen die Übergänge von i nach j . Die Größen A_j müssen dimensionsgleich vor der Anwendung des Modells festgelegt werden. Damit haben die k_{ij} die Dimension $(\text{Zeit})^{-1}$. Die Koeffizienten k_{ij} werden ebenfalls für das betrachtete Zeitintervall als konstant angesehen. Der in Wirklichkeit gegebenen zeitlichen Variabilität von A_0 , A_4 und k_{ij} muß dadurch Rechnung getragen werden, daß für diese Größen auf der Grundlage von Meßwerten in aufeinanderfolgenden Zeitintervallen jeweils gültige Werte angesetzt werden, d. h., sie werden als stückweise konstant angesehen. Zur Verringerung der Schreibarbeit werden als Abkürzungen eingeführt

$$K_1 = k_{10} + k_{12} + k_{14} \quad (2a)$$

$$K_2 = k_{21} + k_{23} \quad (2b)$$

$$Z = k_{01}A_0 + k_{41}A_4 \quad (2c)$$

$$G = K_1K_2 - k_{12}k_{21} \quad (2d)$$

$$H = K_1 + K_2 \quad (2e)$$

$$\gamma = \frac{H}{2} + \sqrt{\frac{H^2}{4} - G} \quad (2f)$$

$$\delta = \frac{H}{2} - \sqrt{\frac{H^2}{4} - G} \quad (2g)$$

Damit erhält man als Lösungen

$$A_1(t) = B_1 + C_1 e^{-\gamma t} + D_1 e^{-\delta t} \quad (3a)$$

$$A_2(t) = B_2 + C_2 e^{-\gamma t} + D_2 e^{-\delta t} \quad (3b)$$

$$A_3(t) = k_{23} \left\{ B_2 t + \frac{C_2}{\gamma} (1 - e^{-\gamma t}) + \frac{D_2}{\delta} (1 - e^{-\delta t}) \right\} + A_3^0 \quad (3c)$$

mit

$$B_1 = \frac{K_2 Z}{G} \quad (4a)$$

$$B_2 = \frac{k_{12} Z}{G} \quad (4b)$$

$$C_1 = \frac{1}{\gamma - \delta} \left\{ (K_1 - \delta) A_1^0 - k_{21} A_2^0 - \frac{Z}{\gamma} (\gamma - K_2) \right\} \quad (4c)$$

$$C_2 = \frac{1}{\gamma - \delta} \left\{ -k_{12} A_1^0 + (\gamma - K_1) A_2^0 + k_{12} \frac{Z}{\gamma} \right\} \quad (4d)$$

$$D_1 = \frac{1}{\gamma - \delta} \left\{ (\gamma - K_1) A_1^0 + k_{21} A_2^0 + \frac{Z}{\delta} (\delta - K_2) \right\} \quad (4e)$$

$$D_2 = \frac{1}{\gamma - \delta} \left\{ k_{12} A_1^0 + (K_1 - \delta) A_2^0 - \frac{Z}{\delta} k_{12} \right\} \quad (4f)$$

A_i^0 bezeichnet die Anfangswerte von $A_i(t)$

5.2.7 Die Radioökologie von Pu, Am, Cm und Np

H. Schüttelkopf, M. Pimpl, W. Schmidt

Im Rahmen des Forschungsprogramms PNS-4812, "das physikalische und chemische Verhalten der biologisch besonders wirksamen Radionuklide Pu, Am, Cm und Np", wurde in den letzten zwei Jahren eine große Anzahl von Untersuchungen durchgeführt. Eine schnelle und empfindliche Analysenmethode für Plutonium wurde erarbeitet. Eine Analysenmethode für Am und Cm wurde auf viele Umwelt- und Emissionsproben angewandt, und an einer Analysenmethode für Np im extremen Spurenbereich wird gearbeitet. Untersuchungen zum Verhalten von Plutonium in der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe wurden fortgesetzt. Nach den Untersuchungen der Sedimentation von Plutonium im Altrhein wurde dessen Gehalt in Lebewesen des aquatischen Ökosystems im Altrhein bestimmt. Im terrestrischen Bereich wurden die Konzentrationen von Plutonium vor allem im Boden, auf Gras, in Kaninchen und einzelnen Organen von Damwild bestimmt. Am und Cm wurden überwiegend in pflanzlichen Nahrungsmitteln untersucht. Um die Abgabe von Pu, Am und Cm in die Umgebung zu erfassen, wurden die Messungen von Pu in der Abluft der WAK und der Verbrennungsanlage der HDB und im Abwasser des KfK fortgesetzt; in einer Reihe von wichtigen Abluftemittenten des KfK wurde die Bestimmung von Pu aufgenommen. Zusätzlich wurde mit einer Messung des Ausstoßes von Am und Cm in den genannten Anlagen begonnen.

Zur Untersuchung des Transports von Plutonium aus den oberen Schichten des Bodens in Komplexbildner enthaltende Lösungen wurde eine Reihe von Vorexperimenten durchgeführt. Verteilungskoeffizienten für acht verschiedene Böden, fünf verschiedene Komplexbildner und die Elemente Am, Cm und Pu wurden bestimmt. Die rasche Mobilisierung der genannten Elemente gelang in zwei Erdsäulen. 20

weitere, 30-cm-Durchmesser-Erdsäulen, wurden aus verschiedenen Bodenarten gestochen, und werden zur Zeit für die Fortsetzung der Mobilisierungsexperimente vorbereitet.

Das Gewächshaus, in dem unter Ausschluß von Umweltaktivität Transferfaktoren Boden/Pflanze für die wichtigsten in der Bundesrepublik Deutschland verzehrten Nahrungsmittel bestimmt werden sollen, wurde fertiggestellt. Mit inaktiven Aufzuchtversuchen wurde begonnen. Das Schwergewicht der Untersuchungen soll auf die Elemente Pu, Am, Cm und Np gelegt werden. Neben der Messung der Transferfaktoren für diese Nuklide und einige andere, die ebenfalls mit Radiotracern zu messen sind, sollen die Transferfaktoren für ca. 40 natürliche, im Boden vorhandene Elemente bestimmt werden. Zu diesem Zweck wurde ein ICP-Emissionsspektrometer beschafft, dessen Inbetriebnahme zur Zeit erfolgt. Da mehr als zehn verschiedene Bodenarten untersucht werden sollen und gleichzeitig die Abhängigkeit der Transferfaktoren von den verschiedenen Eigenschaften der Bodenarten erfaßt werden wird, werden Analysenverfahren zur Bestimmung von Bodenparametern im Rahmen der Bodenanalytik erarbeitet.

5.2.7.1 Eine schnelle und empfindliche Analysenmethode für Pu

H. Schüttelkopf

Plutonium zählt zu den radioaktiven Stoffen mit höchster Radiotoxizität. Ursache der hohen Radiotoxizität ist die neben der Energie und dem Qualitätsfaktor von α -Strahlern die lange effektive Verweilzeit von Plutonium im menschlichen Körper. Wird Plutonium mit Abluft und Abwasser freigesetzt, kann es über die Atmung, das Trinkwasser und durch Nahrungsmittel vom Menschen aufgenommen werden. Wie Plutonium über diese Pfade zum Menschen gelangt, hängt vom Verhalten von Plutonium in der Umwelt ab. Untersuchungen zum Verhalten von Plutonium in der Umwelt wurden vor allem in den USA durchgeführt. Dabei wurden die stark mit Plutonium kontaminierten Gelände herangezogen, in denen Kernwaffentests erfolgt sind. Diese Gelände sind häufig steppen- oder wüstenartige Ökosysteme. Die dort gefundenen Ergebnisse sind nicht auf deutsche Klimaverhältnisse übertragbar.

Um das Verhalten von Plutonium in typischen deutschen Ökosystemen zu studieren, können die extrem niedrigen Plutonium-Kontaminationen der Umgebung der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe oder vom Kernwaffenfallout herangezogen werden. Um das Verhalten von Plutonium in der Umwelt zu studieren, ist eine große Zahl von Messungen durchzuführen. Daher wird eine empfindliche und sehr schnelle Plutoniumanalysenmethodik benötigt.

Die bisher publizierten Methoden waren für diese Aufgabenstellung nicht ausreichend empfindlich oder der Zeitaufwand für eine Analyse war mit mehreren Tagen/Analyse viel zu hoch. Die Entwicklung einer geeigneten Analysenmethode, die die genannten Anforderungen erfüllt, wird hier beschrieben. Da der Vollaufschluß von großen Probenmengen sehr zeitraubend ist, wurde eine Methode, das Plutonium durch Auskochen mit Säuren aus der Probe quantitativ zu extrahieren, entwickelt. Mit Plutonium vom Fallout der Kernwaffenexperimente kontaminierte Proben wurden verwendet, um die Löslichkeit von Plutonium in Abhängigkeit von der Art der Säure, den Volumina der HNO_3 , der Kontaktzeit von HNO_3 und Probe, dem Probengewicht, dem Korndurchmesser und anderen Parametern zu messen. Als Ergebnis wurde erhalten, daß mit einer zweifachen, halbstündigen Auskochung von 100 g Probe mit 8 M HNO_3 , eine quantitative Lösung von Plutonium möglich ist.

Die Löslichkeit von Plutonium kann reduziert sein, bei Anwesenheit von plutoniumadsorbierenden Substanzen wie CaF_2 , BaSO_4 , MnO_2 oder $\text{Zr}_3(\text{PO}_4)_4$ in Proben, bei Proben mit starken Ionenaustauschereigenschaften wie Tonmineralien, Al_2O_3 und Fe_2O_3 , und beim Vorliegen von hochgeglühtem und daher extrem unlöslichem Plutonium. Bei Anwesenheit von plutoniumadsorbierenden Substanzen und starken Ionenaustauschern in Proben konnte gezeigt werden, daß beim Auskochen mit > 8 M HNO_3 , ebenfalls eine nahezu quantitative Lösung des Plutoniums aus der Probe erfolgt.

Bei hochgeglühten Proben bzw. mit hochgeglühtem Plutoniumdioxid kontaminierten Proben wurde nur noch ein sehr geringer Anteil des Plutoniums mit HNO_3 gelöst. Der Zusatz von HF zur HNO_3 führte auch bei sehr lange geprühten Proben zur quantitativen Lösung des Plutoniums. Da gleichzeitig das unlösliche CaF_2 entsteht und durch diesen flockigen Niederschlag Plutoniumteile eingeschlossen werden können, wurde als erster Löseansatz HF/HNO_3 und als zweiter $\text{HNO}_3/\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ verwendet. Durch Komplexierung des vorhandenen F^- mit Al^{3+} wird eine Wiederauflösung der entstandenen unlöslichen Fluoride erreicht (s. Tab. 5/47).

| Pu gemessen in: | Pu-Gehalt in % | | | |
|-----------------|----------------|------------|----------|------------|
| | April 1977 | | Mai 1977 | |
| | Pu-238 | Pu-239+240 | Pu-238 | Pu-239+240 |
| 1. Auskochung | 66 | 18 | 31 | 38 |
| 2. Auskochung | 9,5 | 13 | 22 | 8,6 |
| 3. Auskochung | < 1,8 | 5,3 | 22 | 11 |
| Rückstand | 22 | 64 | 26 | 43 |

Tab. 5/47: Verteilung des durch Auskochen mit je 400 ml 8 M HNO_3 gelösten und im Rückstand verbliebenen Plutoniums in %.
 Probenmaterial: Abluftfilter der Verbrennungsanlage der HDB

Die beim Auskochen erhaltenen 500 ml $\text{HNO}_3/\text{HF}/\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ -Lösung enthält wesentliche Teile der Probe. gelöst. Bei sorgfältig veraschten Proben werden Nahrungsmittel- und Pflanzenproben praktisch quantitativ gelöst. Bei Boden- und Sedimentproben gehen geringere Anteile in Lösung. Für die Messung des Plutoniums durch α -Spektrometrie mußten die Matrixelemente quantitativ abgetrennt und die die α -Spektrometrie störenden α -Strahler weitgehend abgetrennt werden. Dies wurde durch eine einfache Extraktion von Plutonium mit Trioctylphosphinoxid/Cyclohexan erreicht. Die wesentlichen Matrixelemente Na, K, Mg, Ca und Al werden nicht und Fe kaum mitextrahiert. Zur Rückextraktion wurden Säuren, Komplexierungs- und Reduktionsmittel geprüft. Als am besten geeignet erwies sich Ascorbinsäure/HCl.

Die nachfolgende radiochemische Reinigung durch eine Mitfällung mit LaF_3 und einen Anionenaustausch dient zur Abtrennung störender α -Strahler wie die von Uran, Thorium, Protactinium und teilweise von Neptunium. Von verschiedenen Methoden zur Elektroplattierung als Präparationsmethode für die α -Spektrometrie wurden die Oxalat/HCl, die $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{SO}_4$ - und die DMSO/ HNO_3 -Methode untersucht. Die Oxalat/HCl-Methode erwies sich als quantitativ und wenig störungsanfällig (s. Tab. 5/48).

Die erarbeitete analytische Methode zur Bestimmung geringster Plutoniumkonzentrationen in Umweltproben ermöglicht die Durchführung von acht Analysen/Tag-Techniker, erreicht chemische Ausbeuten zwischen 70 und 80 % und eine Nachweisgrenze von 4 $\mu\text{Bq/g}$ Boden- und 18 $\mu\text{Bq/g}$ Pflanzenasche. Die Dekontamination gegenüber Ra, Po, Th, U, Am, Cm und Cf ist so vorzüglich, daß diese α -Emitter in α -Spektren nicht mehr zu beobachten sind (s. Tab. 5/49).

Die hier entwickelte Plutoniumanalytik wurde schließlich auf verschiedene Umweltmaterialien angewendet, um das Auftreten von Plutonium in der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe näher zu spezifizieren: Dabei wurden die Plutoniumemissionen mit der Abluft der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe über zwei Jahre gemessen. In Hauptwindrichtung beim nächsten bewohnten Haus wurde gleichzeitig die Immission, d. h. die Luftkonzentration von Plutonium gemessen. Um den Unter-

| Verglichene Eigenschaft | Oxalat/HCl | (NH ₄) ₂ SO ₄ /H ₂ SO ₄ | DMSO/HNO ₃ |
|--|--------------------------------|---|--------------------------------|
| Vorbereitung der Elektrolyse | Abrauchen von 1 ml HCl, 10 min | Abrauchen von HNO ₃ /H ₂ SO ₄ , 0,5 - 5 h | Abrauchen von 1 ml HCl, 10 min |
| Elektrolysendauer | 120 min | 90 min | 10 min |
| Chemische Ausbeute | 100 % | 90 - 100 % | 90 - 95 % |
| Standardabweichung der chemischen Ausbeute | ± 1 % | ± 10 % | ± 5 % |
| Empfindlichkeit auf Veränderungen der Elektrolysenlösung | gering | hoch | hoch |
| Arbeitsplatz | Abzug/Cl ₂ | Arbeitstisch | Abzug/verdampfen-des DMSO |
| Angelegte Spannung | 15 - 20 V | 15 - 20 V | 300 V |
| Auflösungsvermögen im α-Spektrometer | 58 ± 3 keV | 46 ± 5 keV | 51 ± 9 keV |

Tab. 5/48: Vergleich der Oxalat/HCl-, der (NH₄)₂H₂SO₄- und der DMSO/HNO₃-Methode

| Element | Nuklid/Aktivität in in kBq | Dekontaminationsfaktor bei Analyse | |
|---------|----------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| | | 1 | 2 |
| Po | Po-210 / 3,1 | > 1,2 · 10 ⁴ | > 1,2 · 10 ⁴ |
| Ra | Ra-224 / 12,6 | 2,9 · 10 ⁶ | 2,9 · 10 ⁶ |
| Th | Th-228 / 12,6 | > 5,5 · 10 ⁴ | > 1,3 · 10 ⁵ |
| U | U-232 / 7,4 | > 5,2 · 10 ⁵ | > 2,9 · 10 ⁵ |
| Np | Np-237 / 9,6 | 2,9 | 1,3 |
| Am | Am-241 / 3,8 | > 3,4 · 10 ⁵ | > 3,6 · 10 ⁵ |
| Cm | Cm-242 / 21,1 | > 3,8 · 10 ⁵ | > 2,7 · 10 ⁵ |
| Cf | Cf-252 / 4,0 | 2,2 · 10 ⁶ | 2,3 · 10 ⁶ |

Tab. 5/49: Dekontaminationsfaktoren gegenüber natürlichen und künstlichen α-Strahlern erreicht mit dem Analysenverfahren für Plutonium

grund von Kernwaffen-Fallout beurteilen zu können, wurden Vergleichsmessungen im Südschwarzwald durchgeführt. Allgemein gültige Langzeitausbreitungsfaktoren für Aerosole wurden aus der Emissionsrate und den Pu-238-Konzentrationen in der Umgebungsluft errechnet.

Weiterhin ist die beschriebene Methode angewendet worden, um die Plutoniumkontamination von Pflanzen zu bestimmen. Flechten und Moos zeigten sich als effektive Bioindikatoren für Plutonium in terrestrischen Ökosystemen. Durch gleichzeitige Messung der Konzentrationen von Plutonium in der Luft und am Gras konnten Depositionsgeschwindigkeiten für Plutoniumaerosole auf Gras gemessen werden. Sie liegen im Mittel um den Faktor 16 über dem Wert, der heute in der Bundesrepublik Deutschland für Dosisberechnungen angewandt wird.

In ausgewählten Böden wurde die vertikale Verteilung von Plutonium gemessen. In einem ungestörten Weideboden des Schwarzwaldes war der wesentliche Teil des Plutoniums in den obersten 10 cm enthalten. Die Bodenproben aus der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe haben eine, von ungestörten Böden abweichende, vertikale Plutoniumverteilung.

Die Plutoniumkontamination verschiedener Organe von Damwild und Kaninchen wurde bestimmt. Die höchsten Kontaminationen wurden in Knochen, Leber und Nieren gemessen. Die Konzentrationen liegen im Bereich von 6 - 600 $\mu\text{Bq/g}$ Frischgewicht.

Die Kontamination der Sedimente im Altrhein, der als Vorfluter für die Abwässer des Kernforschungszentrums Karlsruhe dient, wurde bestimmt. Muschelschalen und Muschelfleisch wurden auf Plutonium untersucht und Muschelschalen als effektive Bioindikatoren für Plutonium in aquatischen Systemen erkannt.

5.2.7.2 Die Plutonium- und Sr-90-Emissionen mit der Abluft der Verbrennungsanlage der HDB und der WAK sowie mit dem Abwasser des KfK

H. Schüttelkopf, M. Pimpl, K. Bender, G. Hefner, P. Perchio

Da die Verbrennungsanlage der HDB und die WAK die wichtigsten Plutoniumemittenten des KfK sind, sind deren Emissionen von vordringlicher Bedeutung für unsere Forschungen zur Radioökologie von Pu.

Die Überwachung der Abgabe von Aerosolaktivität der Verbrennungsanlage der HDB erfolgt durch die Bestimmung der α - und β -Aktivität der emittierten Aerosole. Für die Berechnung der realistischen Dosisbelastung der Umgebungsbevölkerung ist die Kenntnis einzelner Radionuklidkonzentrationen unerlässlich, da z. B. Sr-90 zu einer höheren Dosisbelastung als Ru-106 und Pu-238 zu einer höheren Dosisbelastung als Uran führen. Mit der Messung von Einzelradionukliden wie Sr-90, Pu-238 und Pu-239+240 wurde auf einzelnen Aerosolfiltern 1974 und 1975 begonnen. Die Untersuchung von Monatsmischproben der aus der Verbrennungsanlage der HDB abgeleiteten Aerosolaktivität wurde 1976 aufgenommen.

Von den in der Abluft der Verbrennungsanlage der HDB bestaubten Aerosolfiltern wurden je 1/9 der Filterfläche zur chemischen Aufarbeitung nach vorausgehender γ -spektrometrischer Messung verwendet. Die chemische Aufarbeitung besteht aus einem Flußsäureaufschluß der Glasfaserfilter und einer Lösung des Rückstandes in HNO_3 . Von gemessenen Anteilen der Lösung wird der Gehalt an Sr-90 und Pu-Isotopen bestimmt. Sr-90 wird als SrSO_4 abgetrennt. Nach einer Umfällung in basischer Komplexonlösung erfolgt die Reinigung des Sr durch eine $\text{Fe}(\text{OH})_3$ -Fällung, durch eine BaCrO_4 -Fällung und eine weitere SrSO_4 -Fällung. Die Messung erfolgt in einem Methan-Durchflußzähler mit dünnem Al-Fenster. Die chemische Ausbeute wird durch die Messung des am Anfang zugesetzten Sr-Trägers bestimmt.

Die Reinigung der Pu-Isotope erfolgt durch eine TOPO-Extraktion und einen Anionenaustauschschritt. Das durch Elektroplattieren erhaltene Präparat gelangt zur α -Spektrometrie. Die chemische Ausbeute wird durch Zusatz von Pu-236 α -spektrometrisch gemessen. Die Ergebnisse der Messungen ab 1976 bis 1980 wurden in den Jahresberichten der Hauptabteilung Sicherheit wiedergegeben. Die Ergebnisse der Aerosolaktivitätsmessungen von 1981 und 1982 werden in der Tab. 5/50 angegeben.

Die Überwachung der Abgabe der Aerosolaktivität der WAK erfolgt in der WAK selbst. Sr-90, α - und β -Aktivität werden in den gesammelten Aerosolen bestimmt. Zur Messung des Plutoniumgehalts werden von der WAK an die Hauptabteilung Sicherheit/Radioökologie (HS/R) Teile der monatlich bestaubten 20-cm-Durchmesser-Aerosolfilter übergeben. Die Teilfilter sind runde Scheiben mit 2 cm Durchmesser. Diese Filterteile werden, wie oben beschrieben, in Lösung gebracht, und die Plutoniumbestimmung wird durchgeführt. Erste Ergebnisse der Bestimmung von Plutonium und anderer Radionuklide in Abluftfiltern der WAK wurden in der Zeit von 1975 bis 1977 erhalten. Die Ergebnisse der Messungen von 1975 bis 1980 sind in den Jahresberichten der Hauptabteilung Sicherheit enthalten. Die Ergebnisse von 1981 und 1982 werden in der Tab. 5/51 wiedergegeben.

| Monat | Emissionsraten in kBq/Monat | | | | | |
|-----------|-----------------------------|------------|-------|---------|------------|-------|
| | 1 9 8 1 | | | 1 9 8 2 | | |
| | Pu-238 | Pu-239+240 | Sr-90 | Pu-238 | Pu-239+240 | Sr-90 |
| Januar | 3,1 | 7,4 | 5,0 | 12,6 | 12,2 | 2,8 |
| Februar | 4,9 | 11,0 | 18,1 | 2,8 | 33,0 | 4,1 |
| März | 3,5 | 7,9 | 22,2 | - | - | - |
| April | 4,7 | 10,7 | 2,7 | 34,0 | 40,0 | 8,1 |
| Mai | 16,4 | 61,3 | 90,3 | 5,9 | 12,2 | 16,0 |
| Juni | 226 | 211 | 292 | 8,1 | 9,6 | 22,0 |
| Juli | 63,8 | 161 | 276 | 1,3 | 2,9 | 2,6 |
| August | 94,6 | 71,8 | 165 | 1,9 | 3,4 | 8,9 |
| September | 18,3 | 14,3 | 141 | 5,9 | 9,3 | 64,4 |
| Oktober | 41,2 | 39,8 | 279 | 20,7 | 25,2 | 21,1 |
| November | 22,0 | 17,9 | 254 | 400 | 390 | 38 |
| Dezember | 10,7 | 8,4 | 15,0 | 66 | 97 | 34 |

Tab. 5/50: Emissionsraten von Pu-238, Pu-239+240 und Sr-90 der Verbrennungsanlage der HDB in den Jahren 1981 und 1982

| Monat | Emissionsraten in kBq/Monat | | | |
|-----------|-----------------------------|------------|---------|------------|
| | 1 9 8 1 | | 1 9 8 2 | |
| | Pu-238 | Pu-239+240 | Pu-238 | Pu-239+240 |
| Januar | 19,1 | 14,2 | 40,0 | 57,0 |
| Februar | 22,1 | 20,2 | 12,7 | 17,8 |
| März | 8,2 | 9,7 | 16,9 | 22,2 |
| April | 2,8 | 6,4 | 2,1 | 2,8 |
| Mai | 2,4 | 4,3 | 0,6 | 1,2 |
| Juni | 1,0 | 5,2 | 2,0 | 3,0 |
| Juli | 2,0 | 2,3 | 0,7 | 1,1 |
| August | 1,4 | 2,1 | 1,5 | 1,8 |
| September | 0,2 | 0,4 | 3,8 | 6,0 |
| Oktober | 1,5 | 1,4 | 5 260 | 14 300 |
| November | 6,1 | 8,4 | 44 | 76 |
| Dezember | 29,2 | 43,6 | 77 | 143 |

Tab. 5/51: Emissionsraten von Pu-238 und Pu-239+240 der WAK in den Jahren 1981 und 1982

Die monatlichen Pu-238- bzw. Pu-239+240-Emissionen der Verbrennungsanlage der HDB liegen zwischen 1,3 und 400 kBq/Monat bzw. 2,9 und 390 kBq/Monat. Die entsprechenden Emissionen betragen bei der WAK 0,2 bis 5260 kBq/Monat und 0,4 bis 14300 kBq/Monat.

Seit 1973 werden in monatlichen Mischproben des Abwassers des Kernforschungszentrums Karlsruhe Sr-90 und die Pu-Isotope Pu-238 und Pu-239+240 bestimmt. Zur Sr-90-Bestimmung wird 1 l Wasser auf 100 ml eingedampft und als SrSO₄ gefällt. Dieses wird durch Umfällen aus Komplexierungsmitteln, durch eine Bariumchromatfällung und eine Eisenhydroxidfällung gereinigt. Die Messung erfolgt in einem Low-level- β -Meßplatz. Ist Sr-89 vorhanden, dann wird entweder eine zweite Mes-

sung eine Woche später durchgeführt oder es erfolgt die Abtrennung des Folgeprodukts Y-90 von Sr-90 nach einigen Tagen der partiellen Gleichgewichtseinstellung.

Zu ein Liter Wasser wird für die Pu-Bestimmung Pu-236 als Ausbeutetracer zugesetzt. Das Wasser wird eingedampft, mit HNO₃ verdünnt und Plutonium mit TOPO extrahiert. Die Rückextraktion erfolgt mit Ascorbinsäure. Als weitere Schritte der Dekontamination des Plutoniums folgen die Lanthanfluoridfällung und ein Anionenaustausch. Das durch Elektroplattieren hergestellte Präparat gelangt zur α -Spektrometrie.

Die Nachweisgrenzen liegen bei Sr-90 im Bereich von 37 Bq/m³ Abwasser und bei den Pu-Isotopen im Bereich von 0,7 Bq/m³ Abwasser. Da im Mittel aus dem Kernforschungszentrum jährlich $5 \cdot 10^5$ m³ emittiert werden, entsprechen diese Nachweisgrenzen 18 MBq Sr-90/a und 0,37 kBq Pu-238/a oder Pu-239+240/a (s. Tab. 5/52).

| Monat | Emissionsraten in MBq/Monat | | | | | |
|-----------|-----------------------------|------------|-------|---------|------------|-------|
| | 1 9 8 1 | | | 1 9 8 2 | | |
| | Pu-238 | Pu-239+240 | Sr-90 | Pu-238 | Pu-239+240 | Sr-90 |
| Januar | <2,22 | 2,22 | 20,72 | <0,26 | 0,44 | 3,07 |
| Februar | 1,11 | 2,59 | <6,66 | 0,18 | 0,44 | 1,74 |
| März | 0,15 | 0,37 | 5,18 | <0,37 | 0,43 | <0,85 |
| April | <0,33 | 0,48 | 3,51 | <0,67 | <0,78 | 1,04 |
| Mai | 0,11 | 0,22 | 7,43 | 5,55 | <2,00 | 3,74 |
| Juni | 0,88 | 1,26 | 6,63 | 0,26 | 0,52 | 13,50 |
| Juli | 0,36 | 0,65 | 7,03 | 0,81 | 0,81 | <0,93 |
| August | 0,59 | 1,03 | 6,10 | 0,19 | 0,22 | 0,89 |
| September | 0,96 | 1,48 | 9,92 | 0,11 | 0,15 | 2,55 |
| Oktober | 0,74 | 0,41 | 5,22 | <0,26 | 0,39 | 3,15 |
| November | 0,55 | 0,33 | 5,25 | <0,52 | 0,37 | 1,85 |
| Dezember | <1,11 | <0,44 | 3,03 | 0,59 | 0,78 | 3,37 |

Tab. 5/52: Emissionsdaten von Pu-238, Pu-239+240 und Sr-90 des KfK-Abwassers in den Jahren 1981 und 1982

5.2.7.3 Plutonium in der Umgebung des KfK

M. Pimpl, H. Schüttelkopf, K. Bender, G. Hefner, H. Bailer

Die wichtigste Anlage im KfK, in der große Mengen Plutonium gehandhabt werden, ist die WAK. Zwischen 1971 und 1980 wurden 2,4 PBq Pu-238 und 1,9 PBq Pu-239+240 durchgesetzt. Vom zur Brennstoffherstellung weiterverwendeten Plutonium und dem Plutoniumgehalt von Abfällen, die für die Endlagerung vorgesehen sind, wird angenommen, daß keine Freisetzung in die Biosphäre erfolgt.

Das Abwasser der WAK wird in den Dekontaminationsanlagen des KfK gereinigt und aus dem KfK in den Altrhein abgegeben. Die wichtigsten Plutoniumemittenten mit der Abluft sind die WAK selbst und die zur Verbrennung radioaktiver brennbarer Abfälle betriebene Verbrennungsanlage der HDB. Die freigesetzten Plutoniumaktivitäten sind in Abb. 5/14 wiedergegeben. Die mittleren Dekontaminationsfaktoren für die einzelnen Freisetzungspfade liegen zwischen 10^7 und 10^8 . Für einzelne Kampagnen wurden Dekontaminationsfaktoren bis zu $1 \cdot 10^9$ für die einzelnen Abgabepfade beobachtet.

Da die Plutoniumemissionen aus dem KfK und der WAK mit der Abluft und dem Abwasser sehr niedrig sind, wurde die Umgebung nur in unbedeutendem Ausmaß kontaminiert.

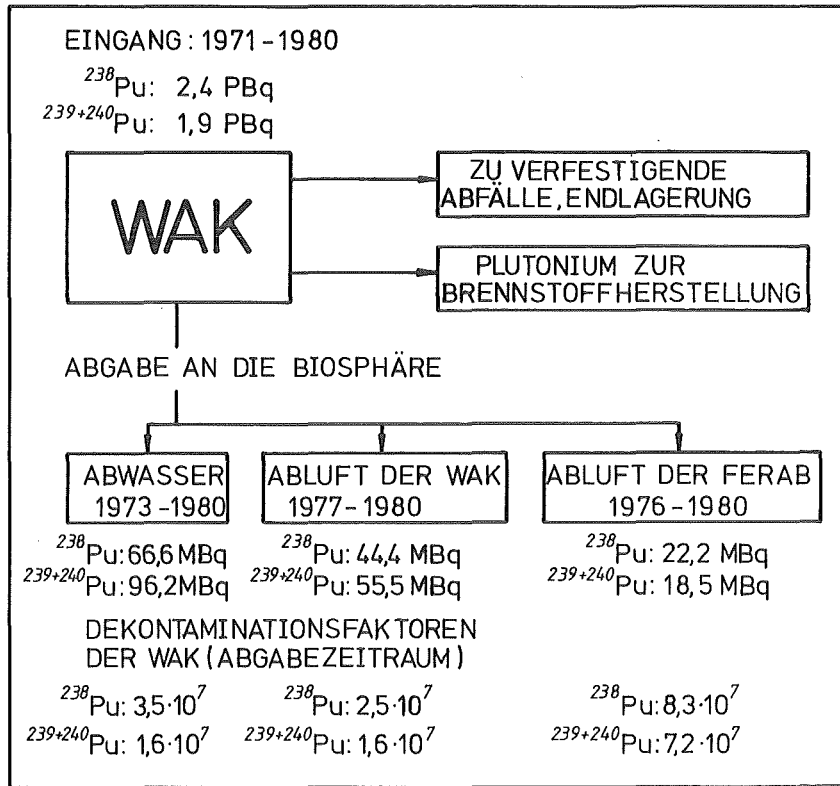


Abb. 5/14: Plutonium-Durchsatz der WAK und Abgabe in die Biosphäre

In der ersten Hauptwindrichtung von der WAK aus wurde seit 1977 am nächsten bewohnten Haus, dem sogenannten Forsthaus, Plutoniumkonzentrationen in der bodennahen Luft gemessen. Diese und die Plutoniumemissionen mit der Abluft der WAK wurden verwendet zur Berechnung von Ausbreitungsfaktoren für plutoniumhaltige Aerosole. Aus Messungen der Plutoniumkonzentrationen in bodennaher Luft im Südschwarzwald konnte gezeigt werden, daß der Pu-238-Gehalt in der bodennahen Luft vernachlässigbar klein war. Daher wurden die Emissionen und Immissionen von Pu-238 zur Berechnung der Ausbreitungsfaktoren verwendet. Der Mittelwert des Ausbreitungsfaktors unterscheidet sich von dem langjährigen Mittelwert, der aus meteorologischen Daten und den Ergebnissen von etwa 75 Ausbreitungsexperimenten bestimmt wurde, nur um den Faktor 3. Die starken Abweichungen in den einzelnen Monaten legen aber nahe, den Langzeitausbreitungsfaktor nicht für kürzere Zeiträume als etwa 1 Jahr zu benutzen. Die Berechnung der monatlichen Ausbreitungsfaktoren und der Vergleich mit den gemessenen ergab eine wesentlich bessere Übereinstimmung. Eine Streuung der Einzelwerte um den Faktor 2 muß aber in Kauf genommen werden.

Gras und Luftproben wurden an der gleichen Stelle genommen und beide auf Plutonium analysiert. Mit 14 Tagen für die biologische Halbwertszeit von Aerosolen auf Gras wurden die Depositionsgeschwindigkeiten der plutoniumhaltigen Aerosole berechnet.

In Sammelwannen, deren Boden immer mit Wasser bedeckt war, wurden Niederschläge und die trockenen Ablagerungen gesammelt. An den gleichen Stellen wurden Luftstaubmessungen durchgeführt. Aus der Gesamtablagerung und der gemessenen Plutoniumkonzentration der Luft wurden Gesamtablage-

rungsgeschwindigkeiten berechnet. An 42 Stellen in der zweiten Hauptwindrichtung von der WAK aus wurden Bodenproben bis zu 20 cm Tiefe genommen und die Gesamtdeposition bestimmt. Die mittlere Luftkonzentration in mittleren und nördlichen Breiten wurde aus der Literatur aus europäischen und amerikanischen Daten entnommen. Die Plutoniumkonzentrationen für die Jahre 1958 bis 1962 wurden aus dem Verhältnis Sr-90/Pu-239 bestimmt. Mit diesen Daten wurden die Gesamtdepositions-geschwindigkeiten in der Umgebung des KfK berechnet. Die Ergebnisse werden in Tab. 5/53 wiedergegeben.

| Ablagerung | Zeitraum der Probenahme | Depositionsgeschwindigkeit in cm/s | | |
|----------------------|-------------------------|------------------------------------|-----|--------|
| | | Min | Max | Mittel |
| auf Gras | 1977 - 1978 | 0,4 | 5,0 | 1,5 |
| mit dem Niederschlag | 1974 - 1975 | 0,1 | 4,2 | 0,6 |
| auf den Boden | 1979 | 0,2 | 4,6 | 1,3 |

Tab. 5/53: Deposition von Plutonium-Aerosolen auf Gras, mit dem Niederschlag und auf den Boden

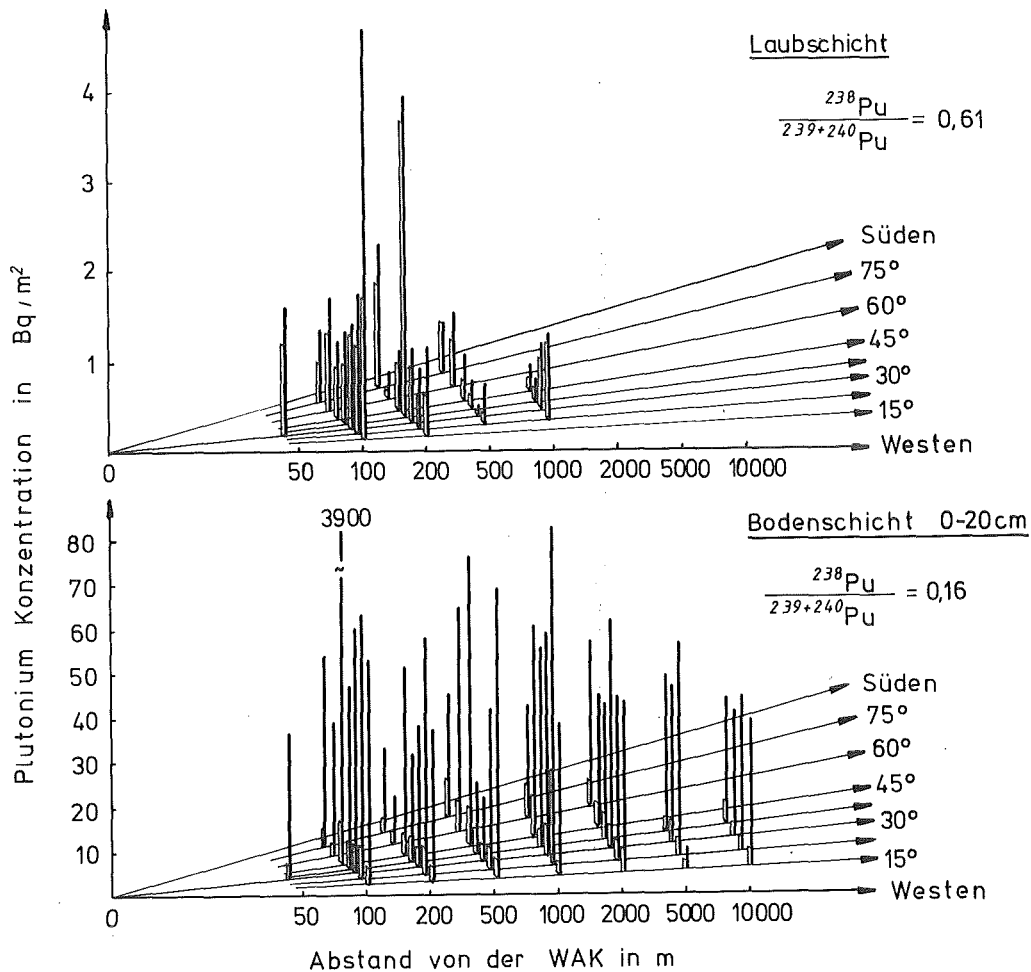


Abb. 5/15: Pu-238- und Pu-239+240-Depositionen in der 2. Hauptwindrichtung $\hat{=}$ 30° von der WAK

In Abb. 5/15 werden die im Bereich der zweiten Hauptwindrichtung abgelagerten Pu-238- und Pu-239+240-Aktivitäten dargestellt. Aus dem Aktivitätsverhältnis Pu-238 zu Pu-239+240 in den Laub- und Pflanzenschichten ist deutlich der höhere Gehalt an Pu-238 entsprechend den Freisetzungen aus der WAK zu erkennen. Für die gesamte Plutoniumablagerung in den letzten 20 Jahren spielen die zusätzlichen Freisetzungen aus der WAK keine Rolle

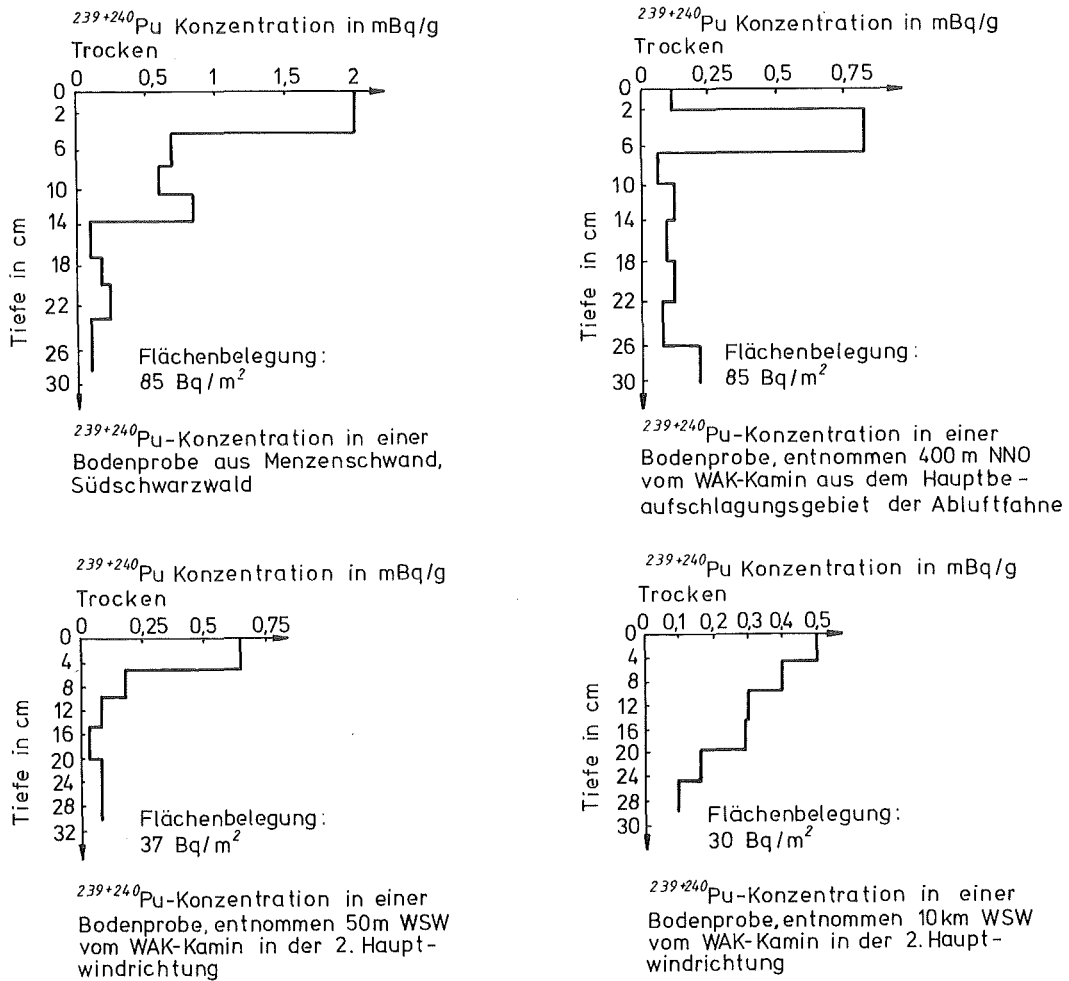


Abb. 5/16: Tiefenprofile von Plutonium in verschiedenen Bodenproben

In Abb. 5/16 werden Tiefenverteilungen von Plutonium, wie wir sie neben anderen gemessen haben, dargestellt. Eine Vergleichsmessung im Südschwarzwald zeigt, daß die Plutoniumkonzentration, wie allgemein bekannt, rasch mit der Tiefe abnimmt. Der Boden im Südschwarzwald ist stark tonhaltig und Folgeprodukt der Granitverwitterung.

Der Boden in der Umgebung des KfK ist im wesentlichen Sandboden. Der Transport in tiefere Erdschichten verläuft offensichtlich im Bereich des KfK schneller und in jedem Fall wurde von uns in Schichten unter 20 cm ein Teil des abgelagerten Plutoniums gefunden.

Während vieler Jahre wurde die Plutoniumkontamination von Gras und Kiefernnadeln als Bestandteil der Umgebungsüberwachung gemessen. In Tab. 5/54 sind die Konzentrationsbereiche der Pu-239+240-Kontamination angegeben.

| Pflanzenart | Pu-239+240-Konzentration in $\mu\text{Bq/g}$ trocken |
|---------------|---|
| Gras | 67 - 1 517 |
| Kiefernnadeln | 30 - 2 257 |

Tab. 5/54: Pu-239+240-Konzentrationen in der Umgebung des KfK in Gras und Kiefernnadeln (1969 - 1978)

Zum Vergleich wurden eine Reihe von Pflanzenproben aus dem Südschwarzwald auf Plutonium analysiert (s. Tab. 5/55). Die Kontamination verschiedener Pflanzen weicht teilweise nennenswert voneinander ab. Nach dem gegenwärtigen Modell ist dies entweder auf eine unterschiedliche Depositionsgeschwindigkeit oder auf eine unterschiedliche biologische Halbwertszeit der Aerosole auf den Pflanzen zurückzuführen. Da die Ablagerungsgeschwindigkeit kaum abhängen wird von der unterschiedlichen Oberfläche der Pflanzenmaterialien, ist anzunehmen, daß die heute allgemein für Pflanzen benutzte biologische Halbwertszeit für Aerosole von 14 Tagen einer differenzierten Untersuchung unterzogen werden muß.

| Pflanzenart | Pu-239+240-Kontamination in $\mu\text{Bq/g}$ trocken |
|----------------------|--|
| Fichte: Nadeln | 93 \pm 19 |
| Rinde | 466 \pm 41 |
| Holz | 74 \pm 11 |
| Harz | 33 \pm 2 |
| Junge Fichte: Nadeln | 278 \pm 26 |
| Tanne, Nadeln | 85 \pm 19 |
| Tanne, Nadeln | 63 \pm 7 |
| Buche, Blätter | 366 \pm 41 |
| Brunnenkresse | 122 \pm 11 |
| Huflattich | 1 095 \pm 89 |
| Lupine | 70 \pm 11 |
| Gras | 78 \pm 15 |
| Heu | 63 \pm 11 |
| Farn | 159 \pm 19 |
| Schachtelhalm | 329 \pm 44 |
| Moos auf Buche | 5 328 \pm 518 |
| Moos auf Stein | 18 500 \pm 925 |
| Baumflechte | 4 070 \pm 333 |

Tab. 5/55: Pu-239+240-Kontamination von Wildpflanzen aus dem Südschwarzwald. Probenahme: Juni 1978

Daß Flechten ausgezeichnete Bioindikatoren für Plutonium sind, ist allgemein bekannt. Die hohen Plutoniumkontaminationen von Moosen lassen auch diese Pflanzenart als Bioindikator erscheinen. Die Moose kommen wesentlich häufiger vor als Flechten und sind daher eher allgemein für Kontrollen des Vorhandenseins von Plutonium zu verwenden.

Damwild und Kaninchen aus der Umgebung des KfK wurden seit Jahren auf Plutoniumkontaminationen untersucht. In Tab. 5/56 werden die Ergebnisse der Plutoniummessung verschiedener Organe von Kaninchen wiedergegeben. Im Einklang mit der Erwartung sind Knochen, Leber und Nieren die Organe mit der höchsten Plutoniumkonzentration.

| Organ | Probengewicht in g frisch | Pu-239-Konzentration in $\mu\text{Bq/g}$ frisch |
|---------------------|---------------------------|---|
| Herz | 47 | 66,6 |
| Lunge | 95 | < 14,8 |
| Nieren | 100 | 62,9 |
| Milz | 103 | 66,6 |
| Leber | 461 | 34,0 |
| Fleisch | 1 279 | 14,8 |
| Haut | 1 250 | 9,6 |
| Oberschenkelknochen | 198 | 155,4 |
| Rückgrat | 1 150 | 140,6 |
| Magen + Inhalt | 711 | 16,3 |
| Darm + Inhalt | 2 665 | 24,4 |

Tab. 5/56: Pu-239+240-Konzentrationen in verschiedenen Organen von Kaninchen vom Gelände in und um das KfK. Probenahme: 1977

In Tab. 5/57 werden Transferfaktoren für verschiedene Wasserpflanzen, Fische, Muscheln und Organe der Bisamratte, die am Altrhein lebt, wiedergegeben. Die im allgemeinen niedrigen Transferfaktoren zu tierischen Lebewesen werden auch im Altrhein bestätigt. Ein Teil der Pflanzenkontamination ist auf abgelagerte Schwebstoffe zurückzuführen.

| Lebewesen | Transferfaktor $\text{mBq/kg frisch/mBq/kg Wasser}$ |
|---------------------|---|
| Pflanzen: Schilf | 148 - 3 700 |
| Schwertlilie | 148 - 7 178 |
| Wasserpest | - |
| Fisch: Knochen | 22,2 - 2 220 |
| Eingeweide | 22,2 - 192,4 |
| Fleisch | 11,1 - 33,3 |
| Muscheln: Schale | 518 000 - 962 000 |
| Fleisch | 9 620 |
| Bisamratte: Knochen | 11,1 - 81,4 |
| Fleisch | 11,1 - 66,6 |
| Leber | 7,4 - 55,5 |
| Lunge | <3,7 - 96,2 |
| Nieren | 99,9 - 259 |

Tab. 5/57: Transferfaktoren Wasser - Lebewesen im Rheinniederungskanal beim KfK

5.2.7.4 Pu, Am und Cm in pflanzlichen Nahrungsmitteln

M. Pimpl, G. Hefner, H. Bailer

Im Gewächshaus werden ca. 20 verschiedene Nahrungs- und Futtermittel gezüchtet. Die Messung der Transferfaktoren wird die Elemente Pu, Am, Cm und Np umfassen. Die fertiggestellten Analysenverfahren für Plutonium einerseits, und für Americium und Curium andererseits, wurden an verschiedenen Proben geprüft. Da häufig das Probenmaterial einen Einfluß auf die chemische Ausbeute und damit auf die erreichbare Nachweisgrenze ausübt, wurde ein wesentlicher Teil der pflanzlichen Nahrungsmittel, die zur Untersuchung gelangen werden, auf Pu, Am und Cm untersucht. Die von uns zur Zeit untersuchte Np-Analytik ist noch nicht in einem Entwicklungsstand, der eine Anwendung auf Umweltproben und Nahrungsmittel erlauben würde.

Die Ergebnisse sind in Tab. 5/58 wiedergegeben. Wie aus der Tabelle hervorgeht, sind die Plutonium-, Americium- und Curiumkonzentrationen in praktisch allen untersuchten Probenmaterialien unter der erreichbaren Nachweisgrenze. Die chemischen Ausbeuten wurden durch Zusatz von Pu-236 für die Plutoniumbestimmung und von Am-243 für die Americium- und Curiumbestimmung gemessen. Mit wenigen Ausnahmen traten keine analytischen Probleme bei den Untersuchungen auf. Die wenigen untersuchten pflanzlichen Nahrungsmittel, bei denen eine Reduktion der chemischen Ausbeute beobachtet wurde, wurden mehrfach untersucht und die Störungen beseitigt.

| Nahrungsmittel | Konzentration in mBq/kg frisch | | | | |
|--|--------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | Pu-238 | Pu-239+240 | Am-241 | Cm-244 | Cm-242 |
| Getreide: Weizen | < 555 | < 444 | 1110± 999 | 1110± 999 | < 518 |
| Roggen | 1406±1221 | < 592 | 1628±1295 | < 925 | < 444 |
| Gerste | < 703 | < 518 | 5513±2405 | 2479±1628 | < 592 |
| Hafer | < 481 | < 777 | 3367±1998 | <1221 | < 703 |
| Mais | 1554±1332 | 1295±1221 | < 518 | < 370 | < 370 |
| Wurzel- und Knollenfrüchte: Kartoffeln | 703± 518 | < 333 | < 148 | < 148 | 1073± 555 |
| Gemüse: Weißkohl | < 148 | < 222 | < 222 | < 148 | 555± 333 |
| Wirsing | < 333 | < 259 | 444± 407 | < 259 | < 222 |
| Blumenkohl | < 333 | 962± 740 | < 148 | < 111 | < 111 |
| Kopfsalat | < 222 | 740± 518 | 370± 296 | < 222 | 1036± 518 |
| Möhren | < 222 | < 259 | < 259 | < 259 | < 259 |
| Zwiebeln | 703± 555 | < 296 | < 148 | < 111 | < 111 |
| Gurken | < 111 | < 111 | < 259 | < 259 | < 259 |
| Tomaten | < 148 | < 148 | < 185 | < 148 | < 148 |
| Bohnen, grün | < 222 | < 222 | < 222 | < 111 | < 148 |
| Bohnen, trocken | 1924±1850 | 2109±1924 | <1739 | <2257 | <1737 |
| Erbsen, trocken | < 925 | <1406 | 2035±1813 | < 962 | < 962 |
| Erdbeeren | 518± 407 | 444± 370 | 259± 222 | < 111 | < 111 |

Tab. 5/58: Pu, Am und Cm in pflanzlichen Nahrungsmitteln

5.2.7.5 Die Pu-, Am- und Cm-Migration in Bodensäulen

M. Pimpl, H. Schüttelkopf, K. Bender, J. Hiller

Die Freisetzung hoher Aktinidenaktivitäten nach Unfällen in kerntechnischen Anlagen, in Forschungslaboratorien und bei der militärischen Handhabung ist extrem unwahrscheinlich, aber nicht mit absoluter Sicherheit auszuschließen. Die Folge einer solchen Freisetzung wäre eine Kontamination der terrestrischen und aquatischen Ökosysteme der Umgebung mit Aktiniden in hoher Konzentration. Eine Zielsetzung des Forschungsprogramms "Untersuchungen des physikalischen und chemischen Verhaltens biologisch besonders wirksamer Radionuklide in der Umwelt - Pu, Am, Cm und Np" ist daher die Reduzierung der Folgeschäden einer unkontrollierten Freisetzung hoher Aktinidenaktivitäten.

Liegt eine ausgedehnte und hohe Aktinidenkontamination der oberen Erdschichten vor, müssen Maßnahmen ergriffen werden, um eine schleichende Ausdehnung der Kontamination zu vermeiden und um den kontaminierten Raum der Bevölkerung wieder zugänglich zu machen. In Frage kommen hier die Abdeckung mit nichtkontaminierter Erde, das Abtragen und spätere Einlagern der kontaminierten Erde sowie die bauliche Abdeckung des kontaminierten Bereichs z. B. durch eine Betonschicht. Ziel unserer Untersuchungen ist es, die Aktinidenkontamination durch Berieseln mit Lösungen von Komplexbildnern zu mobilisieren und in tiefere Erdschichten zu verdrängen. Unter tieferen Erdschichten wird dabei ein Bereich verstanden, der unterhalb der Pflanzenwurzeln und oberhalb der grundwasserführenden Schicht liegt.

Zur Beurteilung der Beweglichkeit von Radionukliden im Boden ist die Kenntnis der Verteilungskoeffizienten der interessierenden Radionuklide zwischen Boden und Lösung notwendig. Mit acht verschiedenen Böden und den Komplexbildnern Acetat, Tartrat, NTA, EDTA und DTPA wurden Verteilungskoeffizienten im Konzentrationsbereich von $3 \cdot 10^{-4}$ bis $3 \cdot 10^{-1}$ M für Pu, Am und Cm bestimmt. Die kleinsten Verteilungskoeffizienten wurden mit dem Komplexbildnermittel DTPA erhalten.

Auf zwei Erdsäulen von 30 cm Durchmesser und 40 cm Höhe wurden je ca. 3,7 kBq Pu-239, Am-241 und Cm-244 aufgegeben. Die Säulen wurden acht Wochen lang mit 0,1 M DTPA-Lösung berieselt, wobei Säule 1 täglich 150 ml, entsprechend 750 mm Niederschlag/a, erhielt, Säule 2 das Doppelte. Die Verwendung von DTPA-Lösung führt zu einer so extremen Steigerung der Beweglichkeit der Aktiniden in Böden, daß bereits nach acht Wochen Gießen mit 0,1 M DTPA-Lösung bis zu 75 % der auf die Erdsäule gegebenen Aktivität ausgespült ist, bei Verdoppelung der Gießmenge sogar bis zu 90 % (s. Abb. 5/17). Die in den Säulen verbliebenen Aktiniden sind in die unteren Bodenschichten verlagert, ebenso die vorhandene natürliche Aktivität. In den obersten 10 cm der Bodensäulen, also dem Wurzelbereich, verblieben in Säule 1 weniger als 10 % der aufgegebenen Aktivitäten, in Säule 2 weniger als 5 %.

20 weitere Erdsäulen, etwa 80 cm lang und 30 cm Durchmesser, wurden aus neun verschiedenen Böden unverändert gestochen. Auf diesen Säulen sollen die Parameter der Aktinidenauswaschung optimiert werden. Zielsetzung ist, ein billiges und schnell wirksames Verfahren zur Dekontamination der obersten Erdschicht zu erhalten.

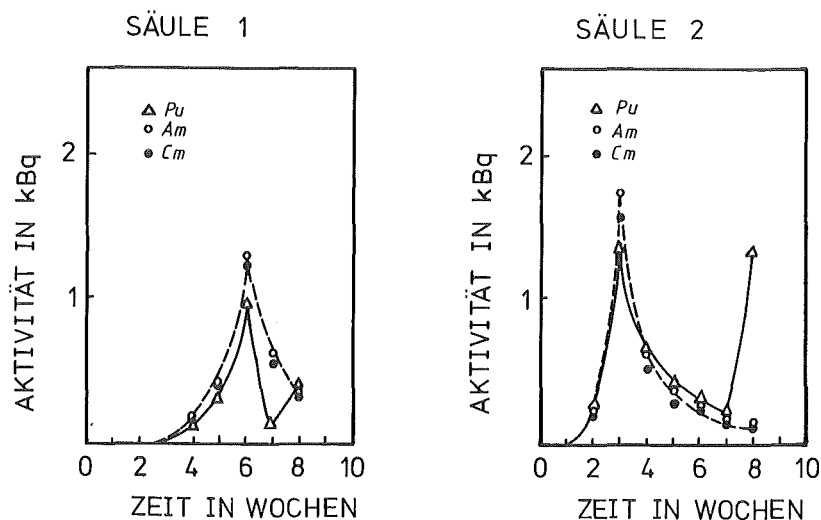


Abb. 5/17: Pu-, Am- und Cm-Aktivitäten in den wöchentlich gesammelten Eluatfraktionen der Bodensäulen

5.2.7.6 Vorbereitende Untersuchungen zur Messung des Transfers Boden → Pflanze von Aktiniden im Gewächshaus

W. Schmidt, M. Pimpl, J. Hiller

Überprüfung verschiedener Abdeckmaterialien zur Verhinderung von Resuspension

Zur Messung des Transfers Boden → Pflanze von Aktiniden durch Wurzelaufnahme ist es, wegen des sehr kleinen Transferfaktors, unbedingt erforderlich, Aktivitätsablagerungen auf der Pflanzenoberfläche zu vermeiden. Um eine Deposition von Pu-haltigen Aerosolen aus der Umgebungsluft auszuschließen, wird das Gewächshaus über Schwebstofffilter Sonderklasse "S" mit Frischluft versorgt. Die Deposition von aktivitätshaltigem Feinstaub, der durch Resuspension der verwendeten kontaminierten Erde auf die Pflanzen gelangen könnte, kann verhindert werden, wenn die Bodenoberfläche in den Kulturgefäßen in geeigneter Weise abgedeckt und zusätzlich stets feucht gehalten wird. Um geeignete Abdeckmaterialien herauszufinden, wurden verschiedene Versuchspflanzungen durchgeführt.

Torf ist als Abdeckmaterial ungeeignet, weil er in Verbindung mit dem Plastikmaterial der Töpfe nach Abtrocknen hydrostatisch aufgeladen wird und so z. B. bei Pflegearbeiten am äußeren Topf- rand bzw. darüber hinaus Partikel ablagern kann. Notwendigerweise sauberes Arbeiten ist somit bei Torfabdeckung nicht möglich. Weiterhin besteht bei Anwendung von Torf die Gefahr, daß der Zustand des Bodens durch Anreicherung mit organischer Substanz verändert wird. Dies würde ganz besonders dann zum Tragen kommen, wenn nach der Ernte der ersten Kultur das Saatbett für die zweite Kultur herzustellen ist (z. B. Wurzelfrüchte) und somit eine Vermischung von zu prüfendem Boden und Torf stattfindet.

Die Filtermatte Viledon hat sich als Abdeckmaterial ebenso wenig bewährt wie Enkamat. Insbesondere bei Abdeckung mit Viledon ergeben sich drei wesentliche Nachteile:

- Bodenteilchen haften an der Unterseite des watteartigen Materials,
- beim Gießen saugt sich das Material mit Wasser voll, so daß ein wesentlicher Teil sofort wieder verdunstet, ohne in den Boden gelangt zu sein,
- Viledon ist nur für Kulturen mit bis zu drei Pflanzen/Topf geeignet, nicht aber beispielsweise für Getreide.

Vorteilhaft erweist sich Viledon allerdings dann, wenn nach Wassersättigung des Bodens die unproduktive Verdunstung herabgesetzt werden soll (s. Abb. 5/18). Während nach etwa 20 Tagen in Töpfen ohne Abdeckung bereits der kritische Kapazitätswert von 60 % erreicht war, wurde dieser Wert bei Abdeckung mit Viledon erst nach etwa 68 Tagen unterschritten. Enkamat, ein Vlies aus Nylon mit dunkler Abdeckung, ließ eine höhere Evaporation als Viledon zu. Die Kapazitätsgrenze von 60 % wurde nach 46 Tagen erreicht.

Styromull wurde zum Abdecken solcher Kulturen verwendet, bei denen mehr als drei Pflanzen pro Topf vorhanden waren. Das Material ist jedoch so leicht, daß schon bei geringer Luftbewegung oder beim Transport der Töpfe Styromull wegfliegt. Bei größerer Zufuhr an Gießwasser (z. B. Hafer, Mais) schwimmt die gesamte Abdeckschicht über dem Wasserspiegel an der Oberfläche und lagert sich beim Versickern ungleichmäßig ab. Aus allen genannten Gründen ist Styromull für unsere Problemstellung nicht geeignet.

Nichtkontaminierter Boden ist als Abdeckmaterial insofern geeignet, weil es die Aktiniden in der darunterliegenden Schicht abschirmt. Problematisch ist jedoch hierbei ein möglicher "Verdünnungseffekt", der dann eintritt, wenn bei der Ernte z. B. von Wurzelfrüchten, die Abdeckschicht mit der kontaminierten Erde vermischt wird.

Weiterhin wurden Flußsand (0/3) und gewaschener Quarzsand (0/1) als Abdeckmaterialien überprüft. Beide unterschieden sich zunächst vorteilhaft farblich vom darunterliegenden Boden, so daß diese Schicht eventuell wieder abnehmbar wäre. Nachteilig wirkt sich die geringe Scherfestigkeit beider Sande aus: Bei starker Wasserzufuhr von oben schwimmt das Material ab und es entstehen im Sand Löcher bis zum anstehenden Boden. Besser geeignet zur Abdeckung ist ein gebrochener Quarzsand (0,7/1,2), der eine höhere Scherfestigkeit als gewaschener Sand hat und festliegend ist.

Nach dem derzeitigen Stand bietet sich folgender Schichtaufbau in den Kick-Brauckmann-Töpfen, 0,8 kg Eigengewicht an:

- | | |
|------------------------------------|--------|
| 1. Grobsand als Dränschicht | 0,5 kg |
| 2. kontaminierter Boden | 9,0 kg |
| 3. nichtkontaminierter Boden | 0,2 kg |
| 4. gebrochener Quarzsand (0,1/1,2) | 0,5 kg |

Insgesamt ergibt sich daraus für jeden Topf ein Gesamtgewicht von ca. 11,0 kg. Die Bodenfeuchtigkeit wird auf 60 % Feldkapazität festgelegt. Dieser Wert entspricht für jeden Boden einem anderen Gewicht. Für die drei vorhandenen Böden errechnet sich aus Wasserkapazitätsversuchen ein Gewicht von 140 bis 150 g/kg Boden. Damit ergibt sich ein Sollgewicht der Töpfe von etwa 12,5 kg. Dieser Wert ist dann das Gewicht, auf das jeder Topf ohne Berücksichtigung der Pflanzenmasse täglich durch Wasserzusatz eingestellt werden muß.

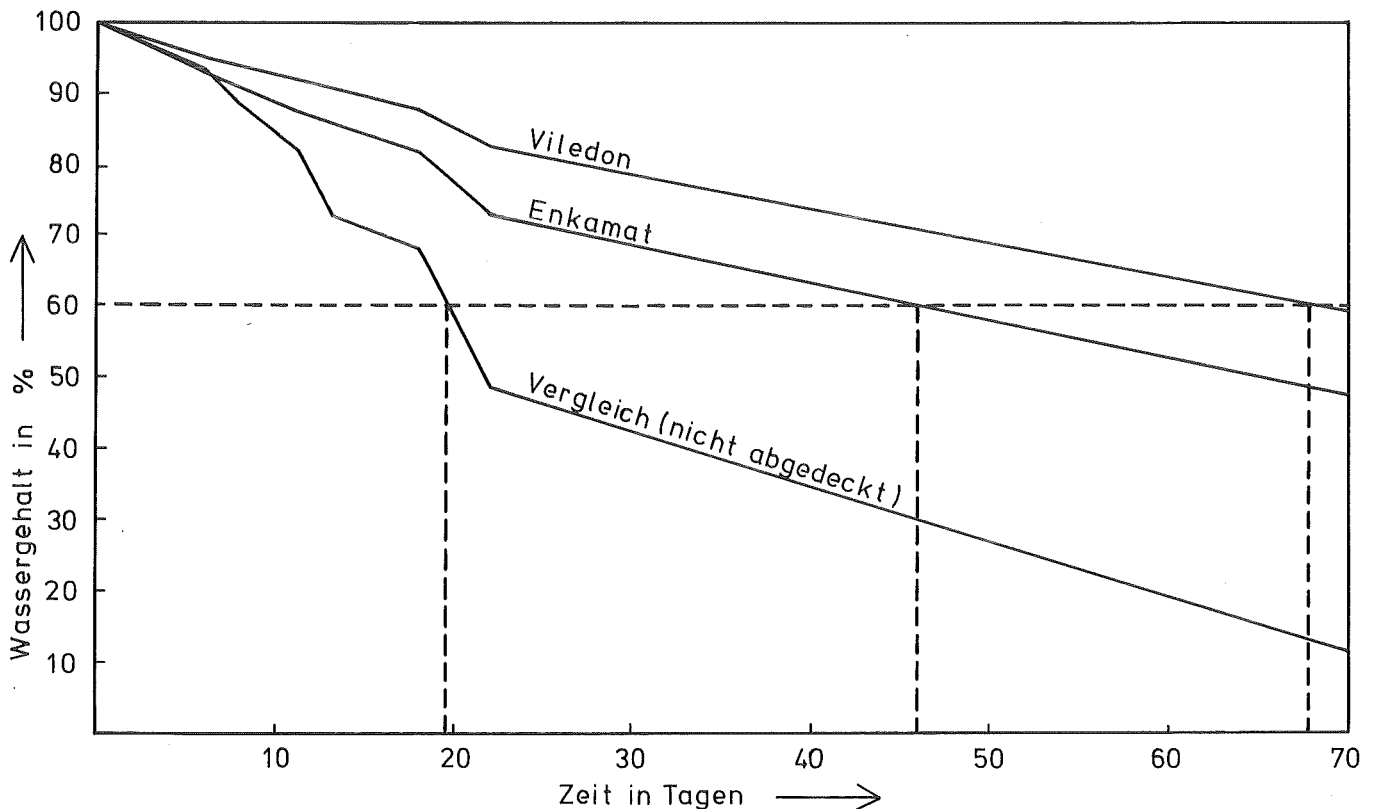


Abb. 5/18: Prozentuale Abnahme des Wassergehalts eines Lößbodens im Zeitraum von 70 Tagen nach Sättigung

Überprüfen der Zusatzbeleuchtung und Festlegen der geeigneten Lichtintensitäten durch Abstandsveränderungen

Licht ist ein pflanzenphysiologischer Faktor, der grundsätzlich zum Wachstum benötigt wird. Jede Pflanzenart besitzt jedoch hinsichtlich Beleuchtungsdauer und Lichtstärke ihr physiologisches Optimum. Während die Beleuchtungsdauer im Gewächshaus regulierbar ist, beträgt die Lichtleistung der Lampen ca. 1000 W/m² bei einem Abstand von 0,75 m. Da die Beleuchtungsstärke mit abnehmender Entfernung von der Lichtquelle zunimmt, war es von Interesse, die bestehenden Lichtverhältnisse zwischen der Lichtquelle und dem Pflanzenstandort kennenzulernen. Zu diesem Zweck wurde eine beliebige Tischfläche von der Größe 0,8 m² im Gewächshaus ausgewählt und in Meßquadrate einer Größe 20 x 20 cm unterteilt (s. Abb. 5/19).

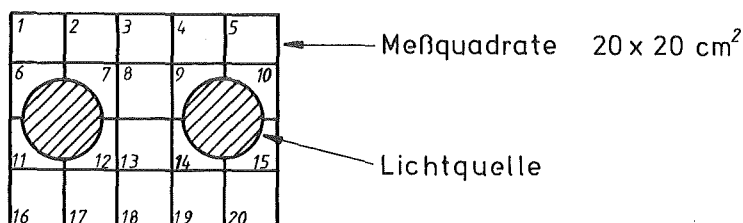


Abb. 5/19: Meßanordnung zur Bestimmung der Lichtintensitäten

Die Meßebenen ergeben sich, von der Lichtquelle aus gesehen, im Abstand wie folgt:

| | |
|--------|--------------------------------------|
| 98 cm: | Tischhöhe |
| 70 cm: | Oberkante Kick-Brauckmann |
| 47 cm: | Hauptwachstumsbereich |
| 23 cm: | Minimalabstand Lichtquelle → Pflanze |

Den Ergebnissen der Meßreihen ist zu entnehmen, daß der Mittelwert der Beleuchtungsintensität in unmittelbarer Tischhöhe 17,2 kLux beträgt, wobei ein relativ homogenes Bild der ermittelten Werte im Bereich der Meßfläche zu erkennen ist (s. Abb. 5/20). Die Schwankung zwischen höchstem, 18,0 kLux, und niedrigstem, 15,4 kLux, Wert beträgt nur 2,6 kLux.

Bei verringertem Abstand zur Lichtquelle, bei 69,5 cm Abstand, Oberkante Topf, ist die Schwankung der Einzelwerte bereits größer geworden. In dieser Höhe, von der aus die Pflanzen dem Licht entgegenwachsen, wurde ein Mittelwert von 20,6 kLux gefunden. Die Extreme liegen bei 22,8 und 17,2 kLux. Bei weiter verkürztem Abstand zur Lichtquelle auf 47 cm erhöht sich die Lichtintensität weiter. Sie beträgt im Mittel 24,5 kLux mit Extremwerten von 27,4 und 21,6 kLux. Aus den ersten drei Meßreihen deutet sich bereits an, daß bei kleiner werdendem Abstand zur Lichtquelle die Meßwerte uneinheitlicher werden. Völlig uneinheitlich ist die Lichtintensität in der Ebene 23 cm unterhalb der Lichtquelle. Wie aus Abb. 5/18 zu ersehen ist, werden beträchtliche Schwankungen von 47,0 bis 21,8 kLux bei einem Mittelwert von 31,7 kLux gemessen.

Für die Praxis im Gewächshaus läßt sich folgendes ableiten:

1. Bei Verwendung der Zusatzbeleuchtung liegt die Lichtstärke für Pflanzen im Durchschnitt über 20 kLux.
2. Die starken Schwankungen der Lichtintensität 23 cm unterhalb der Lichtquelle lassen vermuten, daß Pflanzen bei zunehmender Nähe zum Licht unausgeglichene Wachstumsbedingungen vorfinden.

Bei empfindlichen Pflanzen sind sonnenbrandähnliche Verbrennungen der Pflanzen zu beobachten, wenn diese sich in unmittelbarer Nähe der Lampen befinden.

3. Für das Pflanzenwachstum verbleibt eine optimale Zone, die von etwa 70 cm (Topfhöhe) bis etwa 30 cm Abstand von der Lichtquelle reicht. Dabei werden Lichtstärken im Bereich von ca. 20 bis 30 kLux erreicht.
4. Aus den gemessenen Lichtwerten ergibt sich, daß folgende Kulturarten für den Topfanbau auf den Tischen nicht geeignet sind: Getreide, Mais und Tomaten. Dies konnte in Pflanzungsversuchen bestätigt werden.

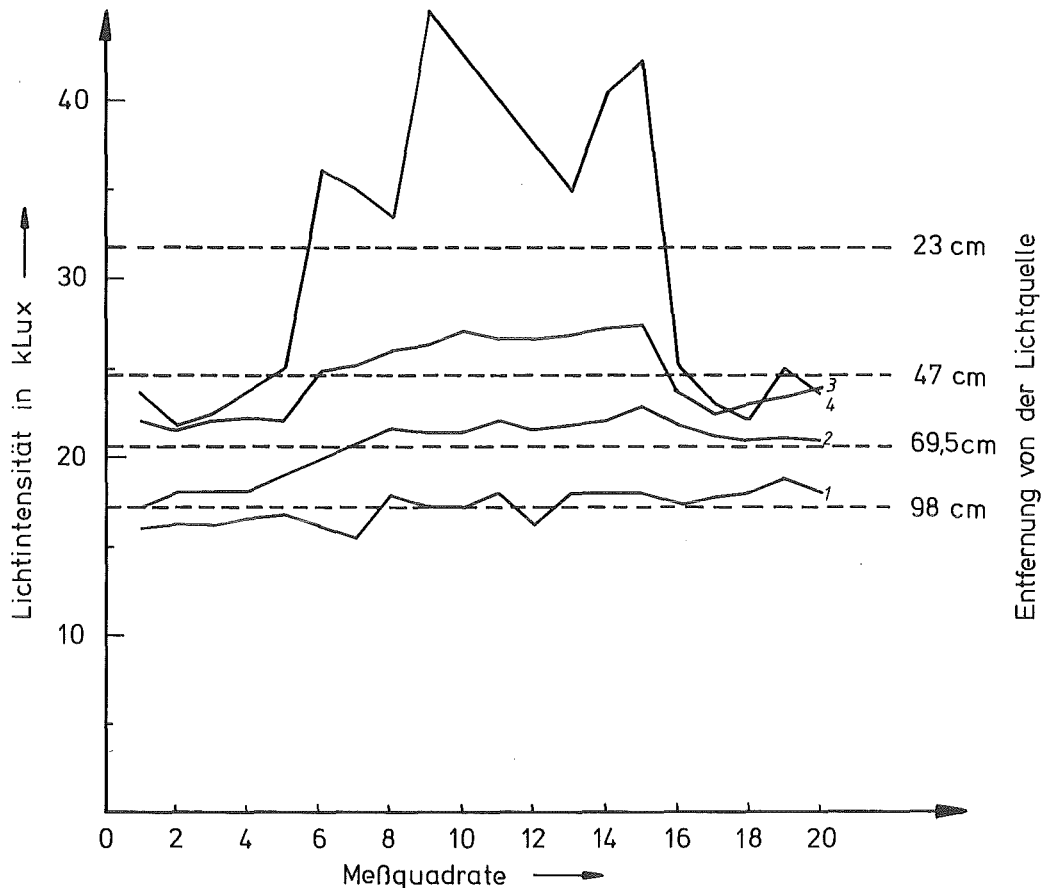


Abb. 5/20: Lichtintensität und Verteilung über den Kulturtischen in verschiedenen Abständen von den Lampen

5.2.7.7 Die Bodenanalytik

M. Pimpl, W. Schmidt, J. Hiller

Bei der Aufzucht von Pflanzen spielen die Bodenparameter wie pH, Austauschkapazität, Wasserkapazität, Korngrößenverteilung, Gehalt an organischem Material, Karbonatgehalt usw. eine wichtige Rolle. Bei Feldanbau kann man davon ausgehen, daß bei normaler Bestandsdichte diese Bodenparameter für mindestens eine Vegetationsperiode so konstant bleiben, daß eine normale Entwicklung der Pflanze nicht beeinträchtigt wird. Anders liegen die Verhältnisse beim Pflanzenanbau in Töpfen, da hier der Pflanze nur eine begrenzte Bodenmenge zur Verfügung steht und deshalb immer mit Veränderungen der Bodenparameter im Verlauf einer Vegetationsperiode gerechnet werden muß. Um schnell feststellen zu können, ob beim Auftreten von Störungen bei der Pflanzenaufzucht Ver-

änderungen der Bodenparameter dafür verantwortlich sind, muß man über geprüfte Verfahren der Bodenanalytik verfügen, die man direkt einsetzen kann. Diese Notwendigkeit besteht für uns um so mehr, da wir kontaminierte Bodenproben nicht zur Untersuchung an Fachlaboratorien einschicken können. Aus diesen Gründen bauen wir ein Labor für Bodenanalytik auf.

Die Wasserkapazität von Böden

Der Wasserhaushalt eines Bodens hängt wesentlich von den Witterungsbedingungen, den Bodeneigenschaften und der Pflanzendecke ab. In diesem Zusammenhang ist aus pflanzenphysiologischer Sicht die Wasserversorgung der Pflanzen einer der wesentlichen Faktoren, der bei Gewächshauskulturen gesteuert werden muß. Die Wasserkapazität ist ein wichtiger Kennwert des Bodens hinsichtlich Wasserversorgung der Pflanze. Die Wasserkapazität kann - in Anlehnung an den Begriff "Feldkapazität" - definiert werden als ein annähernder Gleichgewichtszustand des in gestörter Lagerung befindlichen Bodens. Dieser Zustand ist erreicht, wenn in einem Zeitraum von etwa 24 Stunden nach vorausgegangener Wassersättigung, unter Ausschluß der Verdampfung, die schnell dränenden Poren durch die Schwerkraft entwässert worden sind. Das dann im Boden verbliebene Wasser entspricht der Wasserkapazität von 100 %.

Um die Wasserkapazität zu ermitteln, werden Zylinder mit der Höhe 30 cm und dem Durchmesser 9 cm verwendet. Der Zylinder ist unten durch eine grobporige Glasfritte verschlossen. Das Prüfgut "Boden" wird in einem Fall locker, im anderen Fall durch schichtweises Andrücken verdichtet, bis zum oberen Rand des Zylinders eingefüllt. Anschließend werden die Zylinder gewogen, um beim Prüfgut den Zustand "lufttrocken" zu erfassen, bei dem noch Restwasser im Boden vorhanden ist. Im folgenden Schritt werden die Zylinder in ein Wasserbecken gestellt, wobei das Wasser bis 1 cm unter die Zylinderoberkante reicht. Der Vorgang der Wassersättigung dauert so lange, bis die Oberfläche der Probe gleichmäßig durchfeuchtet ist. Dann wird der Zylinder aus dem Becken genommen und so aufgestellt, daß die schnell dränenden Poren entwässern können. Die Oberfläche des Prüfguts wird vor dem Austrocknen geschützt.

Nach etwa 24 Stunden werden durch Wägen die Sättigungsgewichte festgestellt, anschließend die Poren bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Um akzeptable Ergebnisse zu erhalten, sollten mindestens drei Parallelbestimmungen durchgeführt und der Mittelwert gebildet werden. In Tab. 5/59 sind die Ergebnisse für drei untersuchte Böden zusammengestellt. Beide Sandböden haben gegenüber dem Löß ein etwas höheres Wasserspeichervermögen. Wenn die Böden beim Einfüllen in die Zylinder leicht verdichtet werden, verringert sich die Wasserkapazität, weil das Gesamtporenvolumen reduziert wird. Im lufttrockenen Boden ist im Gegensatz zum bei 105 °C getrockneten Boden noch Wasser enthalten. Dies muß rechnerisch dann berücksichtigt werden, wenn ein Boden auf einen bestimmten Wasserkapazitätswert eingestellt wird. In der Regel liegt die angestrebte Feuchtigkeit des Bodens für die meisten Pflanzenkulturen bei 60 % der maximalen Wasserkapazität, bezogen auf ofentrockenen Boden.

| Bodenart und Herkunft | Bodengefüge | Wasserkapazität in g/kg trocken | |
|-----------------------|-------------|---------------------------------|-------------|
| | | lufttrocken | ofentrocken |
| Sand, Gorleben | locker | 211 | 465 |
| | verdichtet | 205 | 424 |
| Löß, Grötzingen | locker | 264 | 427 |
| | verdichtet | 232 | 391 |
| Sand, KfK | locker | - | 481 |
| | verdichtet | 153 | 416 |

Tab. 5/59: Wasserkapazität von luft- und ofentrockenen Böden

Die organische Substanz in Böden

Organische Substanz von Böden ist definiert als alle in und auf dem Boden befindlichen abgestorbenen pflanzlichen und tierischen Stoffe sowie deren organische Umwandlungsprodukte. Die organische Substanz der Böden besteht aus verschiedenen Anteilen.

Ein kleiner Anteil ist nur schwach oder gar nicht umgesetztes biologisches Material, während der größere Anteil stärker zersetzt bzw. umgewandelt ist. Diese dunkel gefärbten, hochmolekularen Produkte, die im Rahmen der Mineralisierung gebildet werden, nennt man Humusstoffe, wobei der Begriff Humus aber auch für die gesamte organische Substanz gebraucht wird. Die organische Substanz ist für das Pflanzenwachstum von Bedeutung, da durch sie die Bodeneigenschaften beeinflusst werden. Im wesentlichen sind das chemische und bodenphysikalische Einflüsse, wie z. B. Nährstoffgehalte, Adsorptionsvermögen und Lebensgrundlage der Bodenorganismen. Seine physikalischen Wirkungen beziehen sich auf die Bildung und Stabilität von Aggregatgefügen, was für den gesamten Wasser- und Lufthaushalt wichtig ist, insbesondere für die Erhöhung der Wasserkapazität. Die Bestimmung der organischen Substanz erfolgt entweder durch Oxidation auf trockenem Wege (Glühverlust) oder durch nasse Veraschung. Die Bestimmung des Glühverlustes läuft folgendermaßen ab: 5 g lufttrockene Feinerde, < 2 mm, werden in einen gewichtskonstant geglühten und gewogenen Porzellantiegel (A) gefüllt, bei 105 °C im Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und gewogen (B). Dann glüht man die Probe bei 550 °C bis zur Gewichtskonstanz (C). Der Glühverlust (GV) errechnet sich wie folgt:

$$GV = \frac{B - C}{B - A} \cdot 100 \text{ in } \%$$

Es besteht die Vereinbarung, daß zwischen 105 und 550 °C nur Humusabbauprodukte gasförmig entweichen. Da bei Proben mit höheren Ton-, Fe₂O₃- und Al₂O₃-Gehalten Kristallwasser entweicht, kann dieser Fehler größenmäßig durch Subtraktion von 0,1 % je 1 % Ton ausgeschaltet werden. Für tonreiche, aber humusarme Böden kann diese Methode jedoch nicht immer angewendet werden.

Bei den im Moment zur Untersuchung anstehenden Böden, einem Löß- und zwei Sandböden, wurden folgende Glühverluste festgestellt:

| | |
|-------------------|-------|
| - Löß, Grötzingen | 1,9 % |
| - Sand, Gorleben | 2,9 % |
| - Sand, KfK | 3,7 % |

Während durch Glühen bei 550 °C die gesamte organische Substanz einschließlich Kristallwasseranteil erfaßt wird, werden bei der titrimetrischen Bestimmung mit Kaliumdichromat vorwiegend die mehr humusartigen, organischen Substanzen bestimmt, nicht aber unzersetzte und strukturierte Pflanzenreste, wie z. B. abgestorbene Wurzeln.

Die Methode der Naßveraschung beruht darauf, daß die organische Substanz von Kaliumdichromat in schwefelsaurer Lösung oxidiert wird. Praktisch verfährt man so, daß ein Überschuß an Dichromat verwendet wird und das nicht umgesetzte Dichromat mit Fe(II)-Salzlösungen gegen 1/40 M Ferroinlösung zurücktritiert wird.

Die Methode wurde auf ihre Durchführbarkeit hin überprüft. Sie ist geeignet, die Humusgehalte der zu untersuchenden Böden zu bestimmen. Wegen der möglichen Fehlerquelle der einen bzw. der eingeschränkten Aussagefähigkeit der anderen Untersuchungsmethode sollten grundsätzlich beide Methoden parallel verwendet werden.

Der Karbonatgehalt im Boden

Aus den vielen in der Literatur beschriebenen Verfahren zur Karbonatbestimmung haben wir die Methode von Watkinson ausgewählt und unserer Problemstellung angepaßt.

Nach Einbringen von 5 g ofentrockenem, gemahlenem Boden wird die in Abb. 5/21 dargestellte Apparatur evakuiert auf 1 mbar und dann die Vakuumleitung geschlossen. 250 ml 0,02 M Ba(OH)₂-Lösung wird eingefüllt; in den Kolben mit dem Boden läßt man 150 ml 0,5prozentige EDTA-Lösung mit pH = 4,5 einlaufen und erhitzt in einem Ölbad auf 120 °C zum Sieden. Durch die saure EDTA-Lösung wird nun 30 min lang das vorhandene Karbonat gelöst und das gebildete CO₂ zusammen mit Wasserdampf in die Ba(OH)₂-Lösung übergetrieben. Die eingesetzte EDTA-Konzentration verhindert dabei zuverlässig eine Zersetzung der organischen Substanz unter CO₂-Freisetzung.

Nach vollständiger Karbonatzersetzung wird die Apparatur belüftet, wobei die angesaugte Luft durch eine alkalische Lösung perlt, um einen CO₂-Eintrag aus der Luft zu vermeiden. Die Ba(OH)₂-Lösung wird anschließend mit 0,02 M HCl gegen Thymolphthalein auf schwach blau titriert. Das durch die Einleitung von CO₂ gebildete BaCO₃ wird bei der Titration nicht erfaßt, so daß sich aus der Differenz vorgelegte Menge Ba(OH)₂ und nach der CO₂-Einleitung titrierte Menge Ba(OH)₂, die aus der Bodenprobe ausgetriebene Menge an CO₂ ergibt und damit das in der Bodenprobe vorhandene Karbonat. Die Methode hat den Vorteil, daß sie empfindlich ist und außerdem Fehlerquellen leicht feststellbar und korrigierbar sind. Für Serienanalysen ist sie allerdings weniger geeignet, da die Apparatur nach jeder Bestimmung vollständig gereinigt werden muß. Zudem ist vor jeder Analyse eine Blindwertbestimmung notwendig, um den aktuellen CO₂-Gehalt der verwendeten Lösungen zu ermitteln und damit das Ergebnis der Karbonatbestimmung der Bodenprobe zu korrigieren.

Mit frisch angesetzten Lösungen bei Verwendung von entionisiertem Wasser ergab sich als Blindwert aus drei Bestimmungen (4,2 ± 1,1) mg CO₂. In einem Löß aus Grötzingen erhielten wir 53 mg CO₂ entsprechend 120 mg CaCO₃ oder 2,4 % der Einwaage. Aus einem Sandboden vom Gelände des Kernforschungszentrums konnten wir nicht mehr CO₂ als bei der Blindwertbestimmung austreiben, so daß dieser Sandboden als karbonatfrei anzusehen ist.

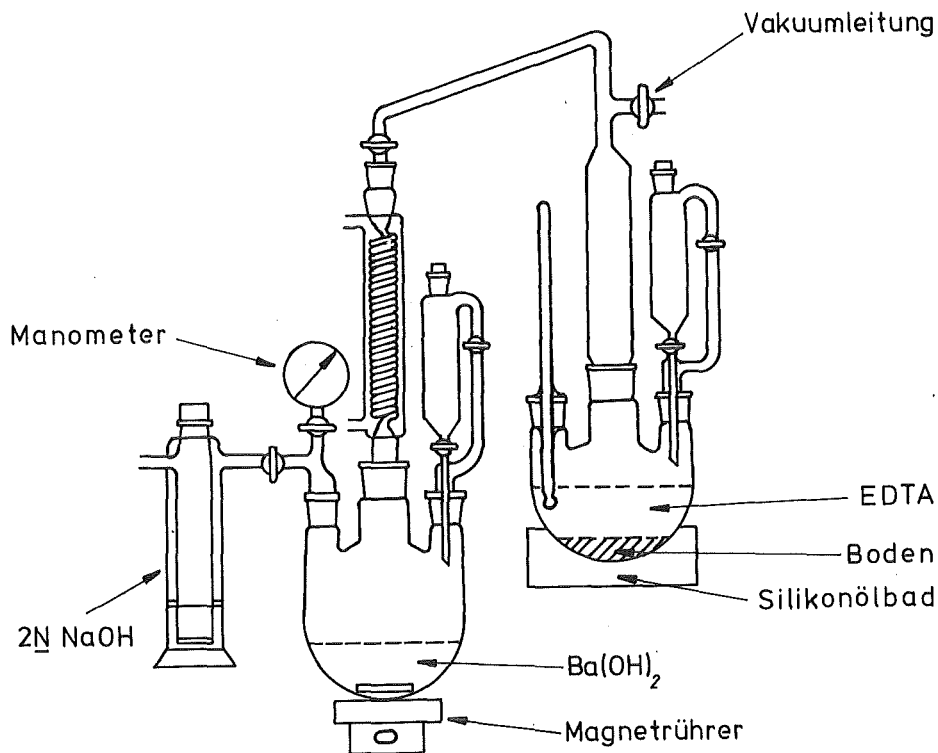


Abb. 5/21: Glasapparatur zur Bestimmung des Karbonatgehalts in Böden

5.2.8 Die Radioökologie natürlicher Radionuklide

H. Schüttelkopf, J.-M. Godoy

Seit 1978 wurden in der HS/R vier umfangreiche Untersuchungen zum Verhalten von Ra-226, Pb-210 und Po-210 durchgeführt. Untersucht wurden dabei die Umgebung von Uranuntersuchungsgruben und die natürliche Verteilung in der Umwelt. Die Untersuchungen in Menzenschwand und Baden-Baden setzen sich vor allem mit dem Verhalten von Ra-226 auseinander. Die Untersuchung in Wittichen bei Alpirsbach untersuchte die Kontamination der Umgebung einer alten Kobalt- und Silbermine, die durch uranhaltigen Abraum vor ca. 200 Jahren kontaminiert wurden. In Wittichen und Großschloppen wurde Ra-226, Pb-210 und Po-210 untersucht. Zusätzlich wurden in Großschloppen Rn-222-, Uran-, Thorium- und Ra-228-Messungen durchgeführt.

Eine Reihe von Wiederholungsmessungen wurde im Laufe der letzten fünf Jahre in der Umgebung der genannten Orte durchgeführt. Außerdem wurden viele Nahrungsmittel aber auch Umweltmaterialien auf ihren Gehalt an natürlicher Radioaktivität untersucht. Wichtig waren dabei die Untersuchungen von Nüssen und Ölfrüchten, die Untersuchungen von Bäckereiprodukten und Getreide sowie die Messungen in verschiedenen Leberarten. Außerdem wurde in Menzenschwand eine Untersuchung zum Gehalt von Ra-226, Pb-210 und Ca in den Zähnen der Bevölkerung von Menzenschwand und der Umgebung von Menzenschwand durchgeführt. Durch analoge Untersuchungen in den Zähnen und verschiedenen Knochen eines Skeletts wurde damit eine Bestimmung des Body-burdens an Ra-226 möglich gemacht.

Die Untersuchungen zur Verteilung von Ra-226 und Pb-210 zwischen Boden und Getreide, im Getreidekorn selbst und die Kontamination von Bäckereiprodukten und Mehl werden in Kürze publiziert werden. Ebenso wird die Untersuchung zur Bestimmung des Body-burdens von Ra-226 durch die Bestimmung von Ra-226 in Zähnen und Knochen 1983 veröffentlicht werden.

5.2.8.1 Eine schnelle Analysenmethode für Ra, Pb, Po, U und Th in Umweltproben

J.-M. Godoy

Zu den natürlichen Radionukliden mit höchster Radiotoxizität gehören die langlebigen Radionuklide der Uran- und Thorium-Zerfallsreihe (U-238, U-234, Th-230, Ra-226, Pb-210, Po-210, Th-232, Ra-228 und Th-228). Diese Radionuklide sind in Spuren Mengen fast überall zu finden; wobei die Durchschnittskonzentration im Boden ca. 37 mBq/g beträgt.

Die direkte Messung, wie durch γ -Spektrometrie oder Aktivierungsanalyse, ist nur in manchen Fällen, z. B. mit Bodenproben, und für manche Radionuklide, z. B. für Ra-228, möglich. Daher ist die Abtrennung dieser Radionuklide von großen Probemengen für die folgende Messung in empfindlichen Meßanordnungen notwendig.

Die bisher publizierten Methoden waren entweder für die Analyse einzelner Elemente ausgedacht oder enthielten zeitaufwendige Analysenschritte. Die Entwicklung einer schnellen Analysenmethode, die die Abtrennung von U, Th, Pb, Po und Ra voneinander und gleichzeitig von der Matrix ermöglicht, wird in dieser Arbeit beschrieben.

Da die Konzentrationen in manchen Fällen unter dem Femtogramm/Gramm-Bereich liegen, ist eine quantitative Analyse ohne die Anwendung der Isotopenverdünnungsanalyse nicht möglich. Deshalb wurden U-232, Th-234 bzw. Th-228, stabiles Pb, Po-208 und stabiles Ba als Leit isotop für U, Th, Pb-210, Po-210 und Ra angewandt.

Wegen der Flüchtigkeit des Poloniums wurde für die Veraschung organischer Proben die Tieftemperaturveraschung mittels eines Veraschungsofens mit Sauerstoffplasma angewandt. Boden- und Sedimentproben wurden mit HNO_3 , HF und Königswasser aufgeschlossen. In beiden Fällen wurde die Temperatur unter $80\text{ }^\circ\text{C}$ gehalten.

Nach der Mineralisierung der Probe wird sie mit $0,75\text{ M}$ HBr ausgekocht. Da bei Boden- und Sedimentproben das Thorium im entstandenen unlöslichen CaF_2 eingeschlossen wird, wurde zur HBr -Lösung AlBr_3 zugesetzt. Durch Komplexierung des vorhandenen F^- mit Al^{3+} wird eine Wiederauflösung der entstandenen unlöslichen Fluoride erreicht (s. Abb. 5/22).

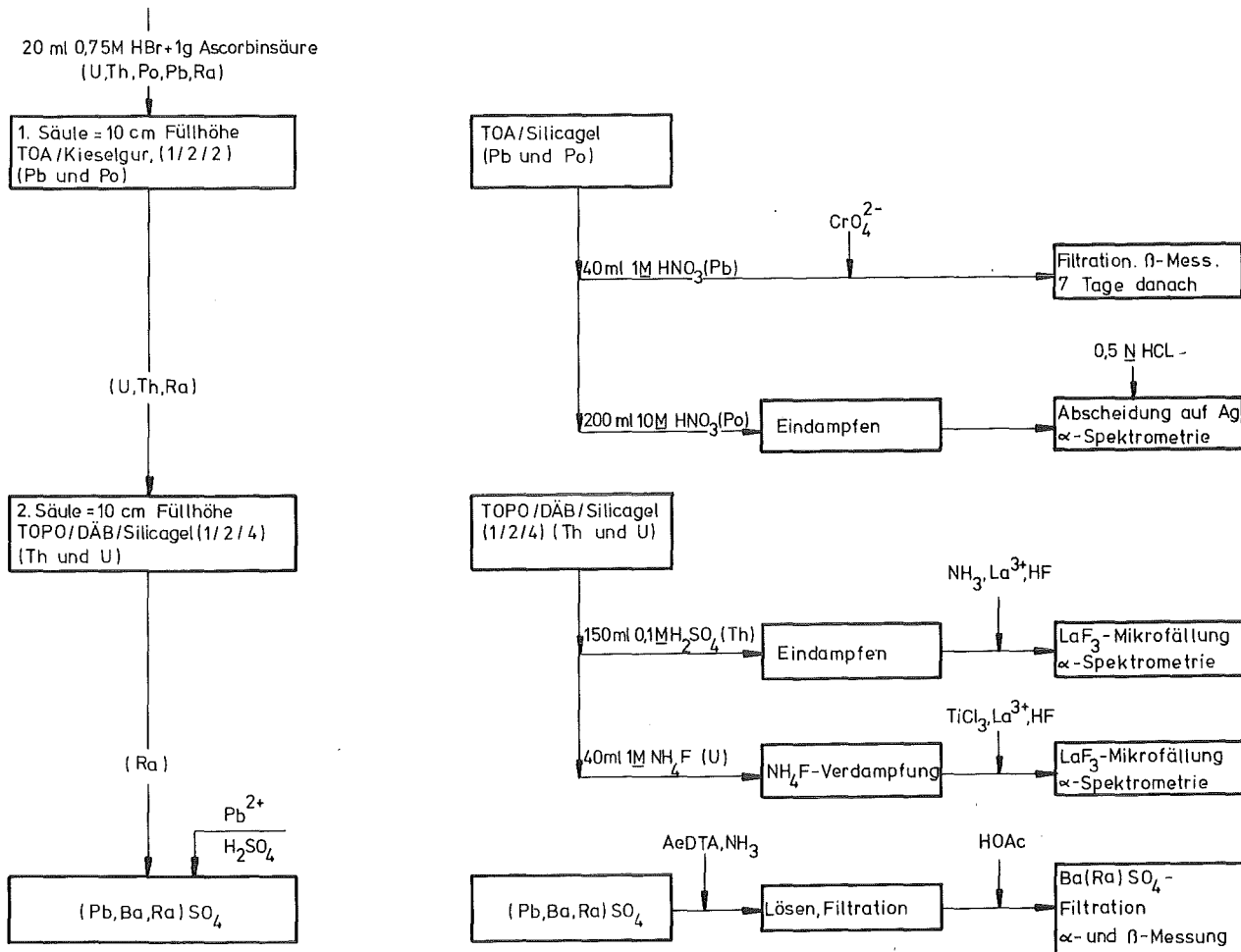


Abb. 5/22: Die Analyse-Methode

Zur Probenlösung wird Ascorbinsäure zugesetzt, um das Fe^{3+} zu reduzieren. Danach wird die Lösung über eine 10-cm-Triooctylamin-(TOA)/Kieselgur-Säule gebracht; die durchgelaufene Lösung wird auf eine 10-cm-Tri-Octylphosphinoxid-(TOPO)/Di-Äthylbenzol-(DÄB)/Silicagel-Säule gegeben. Die TOA-Säule wird zweimal mit HBr +Ascorbinsäure gewaschen. Die Waschlösungen werden in der aufgefängenen Reihenfolge auf die TOPO-Säule gebracht. Diese wird zusätzlich mit 1 M HNO_3 gewaschen. Probe- und Waschlösungen werden in einem 1-l-Becherglas zusammen aufgefangen; das Ra wird mit $(\text{Pb,Ba})\text{SO}_4$ mitgefällt. In der TOA-Säule sind Pb und Po und in der TOPO-Säule Th und U zu finden. Die wesentlichen Matrixelemente Na, K, Ca, Mg, Al und Fe und die Neben- bzw. Spurenelemente wie Mn, Ti, La oder Zr werden nicht oder kaum mitextrahiert.

Aus der TOA-Säule werden Pb mit 1 M HNO₃ und Po mit 10 M HNO₃ zurückextrahiert. Aus der TOPO-Säule werden Th mit 0,1 M H₂SO₄ und U mit 1 M NH₄F zurückgewonnen. Das Meßpräparat wird durch Fällung von PbCrO₄ gewonnen, das Pb-210 wird durch das nachgebildete Bi-210 im Methan-Durchflußzähler gemessen. Das Po-Eluat wird im Wasserbad eingedampft und das Po danach aus 0,5 M HCl-Lösung auf Ag-Plättchen abgeschieden. Auf diesem Plättchen wird das Po durch α -Spektrometrie gemessen. Das Th wird nach Konzentrierung und Neutralisierung des Eluats mit 70 μ g LaF₃ gefällt. Der unsichtbare Niederschlag wird mit einem 0,1 μ -Membranfilter abfiltriert. Das Thorium wird α -spektrometrisch bestimmt.

Das Uran wird ähnlich wie das Thorium mit LaF₃ mitgefällt und für die α -Spektrometrie vorbereitet, nach der Verdampfung des NH₄F und Reduzierung von UO₂²⁺ zu U⁴⁺ (s. Abb. 5/23).

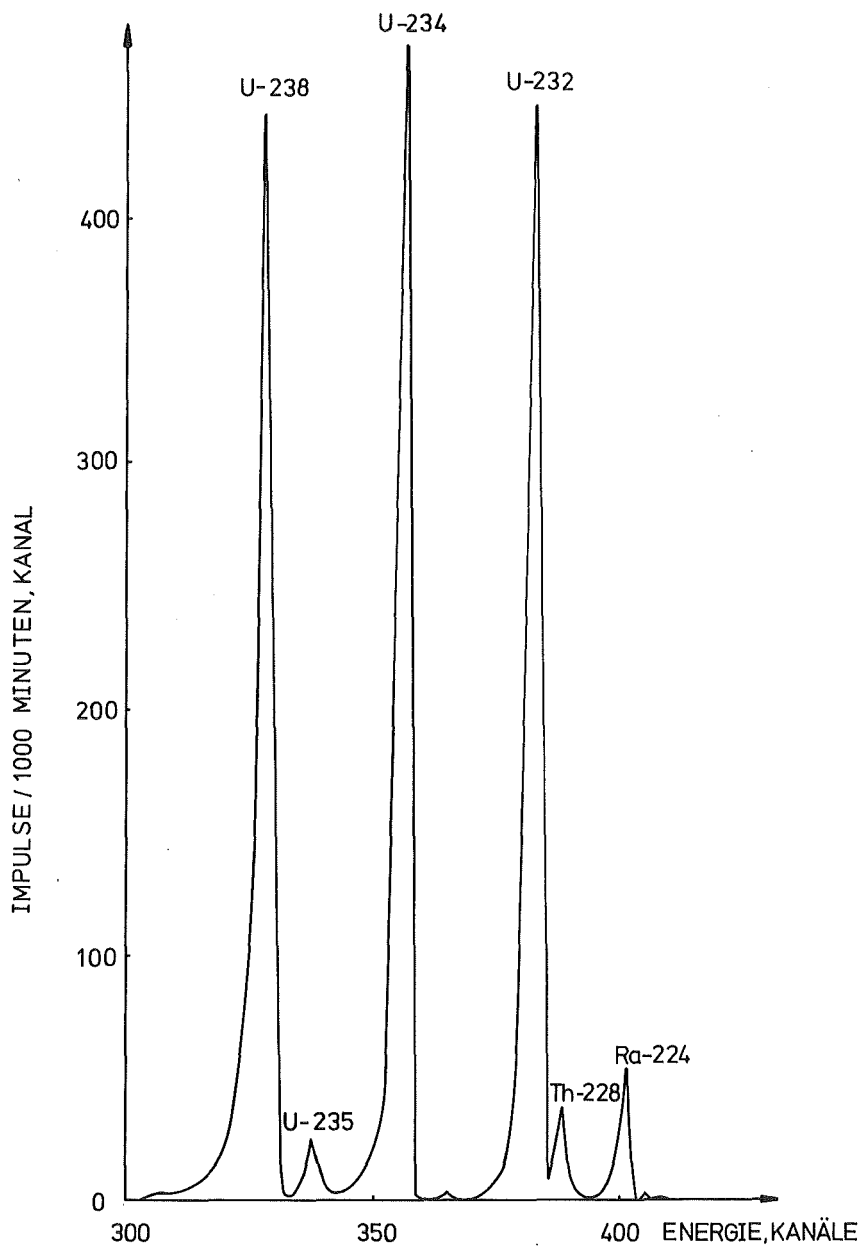


Abb. 5/23: α -Spektrum der Uran-Fraktion einer Bodenprobe

Das (Pb,Ba,Ra)SO₄ wird mit alkalischem AedTA aufgelöst und das (Ra,Ba)SO₄ frei von möglichen Kontaminationen wie Ca oder Pb mit Essigsäure wiedergefällt. Wenn eine Ra-228-Messung gewünscht wird, wird eine zusätzliche Ba/Sr-Trennung, wegen des Sr-90 vom Kernwaffenfallout, mit BaCrO₄ gemacht. Für die Messung, die nach drei Wochen erfolgt, wurde ein Methan-Durchflußzähler angewandt. In dieser Arbeit wurde demonstriert, daß die experimentelle Bestimmung von verschiedenen Konstanten für die richtige Auswertung von Ra-226 und Ra-228 notwendig ist. Diese Konstanten wurden für BaSO₄- und BaCrO₄-Meßpräparate ermittelt.

Die Dekontaminationsfaktoren gegenüber Ra, Pb, Po, U, Th, Bi, Sr und Cs wurden bestimmt. Mit Ausnahme von Th/U lagen alle Werte über 10³. Die Störung durch Th bei der Messung von U-238 und U-234 kann allerdings bei der Auswertung ohne großen Aufwand korrigiert werden. Die Standardprobe IAEA S 13 wurde mehrfach auf U-238, U-234, Th-230, Ra-226, Pb-210 und Po-210 analysiert. Die ermittelten Werte stimmen mit dem Sollwert innerhalb der Meßfehler überein (s. Tab. 5/60).

| Elemente/Probe | U in % U ₃ O ₈ | Th-230 in % U ₃ O ₈ | Po-210 in % U ₃ O ₈ | Pb-210 in % U ₃ O ₈ | Ra-226 in % U ₃ O ₈ |
|----------------|--------------------------------------|---|---|---|---|
| 1 | 0,038 | 0,042 | 0,038 | 0,040 | 0,040 |
| 2 | 0,039 | 0,040 | 0,038 | 0,042 | 0,040 |
| 3 | 0,036 | 0,048 | 0,038 | 0,042 | 0,038 |
| 4 | 0,037 | 0,042 | 0,034 | 0,041 | 0,043 |
| Mittelwert | 0,038±0,002 | 0,043±0,003 | 0,037±0,002 | 0,041±0,001 | 0,040±0,002 |

Tab. 5/60: Ergebnisse der mehrfachen Analyse einer Standardprobe
(Mittelwert = (0,040±0,002) % U₃O₈, Sollwert = 0,039 % U₃O₈)

Die Nachweisgrenze mit der erreichten chemischen Ausbeute von ca. 70 % lag bei 0,27 mBq/Probe für Th-232, Th-230, Th-228, U-238, U-234 und Po-210. Für das Pb-210 war die Nachweisgrenze 10 mBq/Probe. Wegen des Einflusses von Ra-226 in der Ra-228-Messung und vice versa ist die Nachweisgrenze eine Funktion der Ra-226- bzw. Ra-228-Konzentration in der Probe. Dieser Effekt ist allerdings beim Ra-228 viel intensiver als beim Ra-226. Die Nachweisgrenze für das reine Nuklid beträgt 0,9 mBq/Probe und 10 mBq/Probe für Ra-226 bzw. Ra-228. Für Bodenproben können bis zu 3 g benutzt werden, während für Pflanzen ca. 50 g Trockensubstanz benutzt werden können.

Die hier entwickelte Methode wurde schließlich auf Boden-, Sediment-, Gras-, Kohle-, Feuerkammerasche-, Muschelfleisch-, Muschelschale-, Wasser- und Luftstaubfilterproben angewandt. Die Anwendbarkeit wurde demonstriert. Dabei wurde erkannt, daß für Proben mit hohem Schwefelgehalt, wie Kohle, eine getrennte Ra-Analyse notwendig ist, um die BaSO₄-Bildung zu vermeiden. Letzteres würde außer Ra auch das Th einschließen. Unterschiedlich hohe natürliche Aktivitätskonzentrationen wurden in Umweltproben gemessen. Sehr hohe Werte wurden teilweise gefunden in Proben aus dem Schwarzwald und dem Fichtelgebirge. Ein ausgefallen hoher Wert war der Uran-Gehalt im Muschelfleisch; das Essen von einem halben Pfund dieser Muscheln würde zu einer Verdoppelung der jährlichen Uranaufnahme führen.

5.2.8.2 Radioökologische Untersuchungen in Wittichen

H. Schüttelkopf, H. Kiefer, H. Bailer, B. Blum

Eine dritte radioökologische Untersuchung in natürlichen Aktivitäten wurde in Wittichen durchgeführt. Die Ra-226- und Pb-210-Konzentrationen in Luft-, Erd-, Oberflächenwasser- und Nahrungsmittelproben entsprechen den bekannten Durchschnittswerten dieser Konzentrationen (s. Tabn. 5/61 und 5/62). Höhere Konzentrationen wurden in Erdproben von alten Halden und in Oberflächenwässern, die mit solchen Halden Kontakt haben, und in Gras und Pilzen, die auf solchen Halden gewachsen sind, gefunden. Unter Annahme einer quantitativen Deckung des Jahreskonsums durch lokalproduzierte Nahrungsmittel errechnet man eine Jahresaufnahme von 34 Bq Ra-226 und 103 Bq Pb-210. Diese Jahresaufnahmen entsprechen einer 2,1fachen Überschreitung der von der Strahlenschutzverordnung zugelassenen Maximalwerte.

| Bodenprobenahme im Raum Wittichen | Aktivitätskonzentration in Bq/g trocken | | |
|---|---|--------|--------|
| | Ra-226 | Pb-210 | Po-210 |
| Haus, alter Schmiedestollen, 12.06.1980 | 0,26 | 0,78 | 0,27 |
| Garten, Armbruster, Hinter-Wittichen, 24.06.1980 | 0,022 | 0,044 | 0,056 |
| Armbruster, Wiese, Hinter-Wittichen, 03.07.1980 | 0,009 | 0,026 | 0,047 |
| Halde am Zundelgraben, 04.07.1980 | 0,13 | 0,14 | 0,17 |
| Wenzel, Mendele, Vorder-Wittichen, 06.08.1980 | 0,015 | 0,056 | 0,048 |
| Armbruster, am Wüstenbach, Garten, 08.08.1980 | 0,012 | 0,063 | 0,043 |
| Springmann, vorderer Wüstenbach, Garten, 17.09.1980 | 0,048 | 0,037 | 0,091 |
| Armbruster, vorderer Wüstenbach, 01.10.1980 | 0,015 | 0,056 | 0,037 |
| Seppli-Bauer, Kaltbrunn, 07.10.1980 | 0,020 | 0,030 | 0,048 |
| Hauer, Kaltbrunn, 12.03.1981 | 0,074 | 0,044 | 0,052 |
| Hauer, Kaltbrunn, 12.03.1981 | 0,092 | 0,056 | 0,052 |

Tab. 5/61: Ra-226-, Pb-210- und Po-210-Konzentrationen in Bodenproben, Wittichen

| Probenahmezeitraum | Aktivitätskonzentration in mBq/l | | |
|-------------------------|----------------------------------|--------|--------|
| | Ra-226 | Pb-210 | Po-210 |
| 01.01.1980 - 15.08.1980 | 70 | < 56 | 3,1 |
| 15.08.1980 - 28.08.1980 | 67 | < 37 | 2,2 |
| 28.08.1980 - 17.09.1980 | 85 | < 9 | 2,7 |
| 17.09.1980 - 03.10.1980 | 133 | 16 | 2,1 |
| 03.10.1980 - 16.10.1980 | 111 | 19 | 1,6 |
| 16.10.1980 - 30.10.1980 | 107 | 10 | 3,7 |
| 30.10.1980 - 12.11.1980 | 170 | 34 | 4,3 |
| Kleinster Wert | 67 | 10 | 1,6 |
| Mittelwert | 107 | 20 | 2,7 |
| Größter Wert | 170 | 34 | 4,3 |

Tab. 5/62: Ra-226-, Pb-210- und Po-210-Konzentrationen in quasikontinuierlich gesammelten Wasserproben aus dem Clara-Stollen, Wittichen, 1980

Die für Ra-226 in anderen Teilen des Schwarzwaldes gefundenen Transferfaktoren werden im Raum Wittichen weitgehend bestätigt. Die verglichen mit den Ra-226-Konzentrationen relativ hohen Pb-210-Konzentrationen von Gras und Blattgemüse sind Folge der Ablagerung von Pb-210 aus der bodennahen Luft. Die aus den Konzentrationen von Pb-210 in der bodennahen Luft und in Pflanzen abgeleiteten Depositionsgeschwindigkeiten bzw. die effektiven Halbwertszeiten von Pb-210 ordnen sich in die Reihe bereits bekannter Werte sinnvoll ein.

Tiefenprofile von Ra-226, Pb-210 und Po-210 von einer Wiese und einer Halde sind wegen der komplizierten Gesamtvorgänge sehr schwer zu interpretieren. Auch nach mehr als eineinhalb Jahrhunderten ist die Auswaschung von Ra-226 aus dem uranhaltigen Haldenmaterial unbedeutend. Die Auswaschung von Pb-210 und Po-210 erfolgt wesentlich schneller (s. Abb. 5/24).

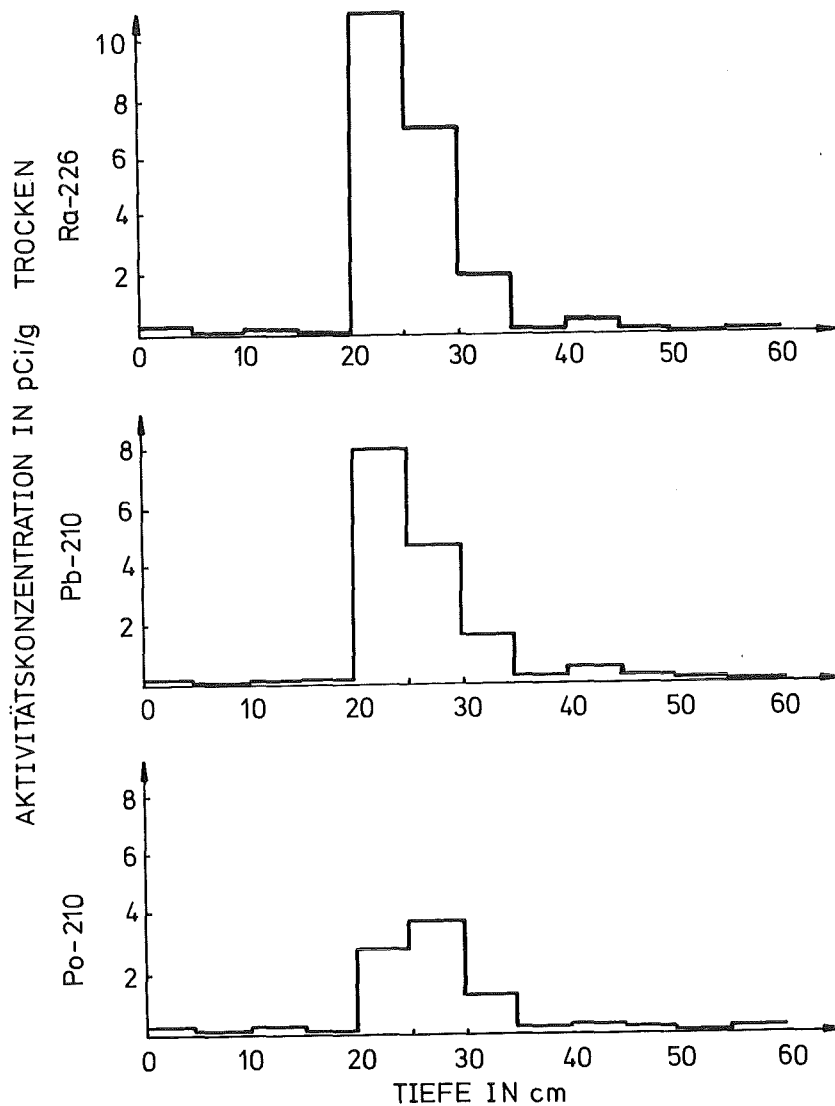


Abb. 5/24: Tiefenprofil von Ra-226, Pb-210 und Po-210 auf der Fritsche-Halde, Wittichen

5.2.8.3 Radioökologische Untersuchungen in Großschloppen

H. Schüttelkopf, H. Kiefer, H. Bailer, W. Wünschel

Im Rahmen einer radioökologischen Untersuchung im Raum Großschloppen, Fichtelgebirge, wurden Ra-226- und Pb-210-Konzentrationen in Trinkwasser, Oberflächenwasser, Boden, Sedimenten, Gras und in den wichtigen lokalproduzierten Nahrungsmitteln bestimmt. Die Bodenkontamination ist verglichen mit dem normalen Untergrund um den Faktor 3 erhöht. Die Konzentrationen der genannten Nuklide in Gras und Nahrungsmitteln liegen zwischen den in Bereichen mit normalem Untergrund gemessenen und den z. B. im Südschwarzwald gemessenen erhöhten Werten (s. Tab. 5/63).

| Probenahmeort und -datum | Fischart und untersuchte Teile des Fisches | Aktivitätskonzentration in Bq/kg frisch | |
|--|--|---|--------|
| | | Ra-226 | Pb-210 |
| Fischteich, Fam. Langhammer, 09.05.1981 | Schleie, Eingeweide | 26 | 280 |
| | Schleie, Fleisch ohne Kopf und Flossen | 518 | < 300 |
| 05.06.1981 " " | Karpfen, Eingeweide | 350 | < 370 |
| | Karpfen, Fleisch ohne Kopf und Flossen | 155 | < 260 |
| | Karpfen, Fleisch | 180 | 630 |
| | Muscheln, Schale | 9030 | 5250 |
| | Muscheln, Fleisch | 6850 | 3440 |
| Fischteich, Fam. Lang, 08.10.1981 | Karpfen, ohne Eingeweide | 280 | 215 |
| Fischteich, Fam. Lehsten, 21.10.1981 | Karpfen, ohne Eingeweide | 330 | 740 |
| 05.06.1981 | Forelle, Fleisch | 290 | 137 |
| 28.07.1981 | Forelle, Fleisch | 192 | 385 |

Tab. 5/63: Ra-226- und Pb-210-Konzentrationen in Fisch und Muscheln

In einigen Fällen wurden erhöhte Ra-226- und Pb-210-Konzentrationen in Bereichen gemessen, von denen bekannt ist, daß uranerzführende Schichten an den beprobten Stellen an die Oberfläche treten.

Die Trinkwasserversorgungen im Raum Großschloppen weisen im allgemeinen den Gehalt von ca. 1 mBq Ra-226/l auf. Eine Ausnahme bildet die Trinkwasserversorgung von Kirchenlamitz. In Wasserproben dieser Trinkwasserversorgung wurden neben den ganz allgemeinen lokalerhöhten Pb-210-Konzentrationen auch teilweise nennenswert erhöhte Ra-226-Konzentrationen gemessen.

Die mittlere Knochendosis der Bevölkerung im Raum Großschloppen dürfte bei maximal 0,92 mSv/a verursacht durch Pb-210-Ingestion und bei 1,50 mSv/a verursacht durch Ra-226-Ingestion liegen. Eine Überschätzung dieser Dosisexposition durch die Verwendung der Ra-226- und Pb-210-Konzentrationen des Getreides ohne Korrektur ist anzunehmen (s. Tab. 5/64).

| Nahrungsmittel | Jährliche Aufnahme in kg | Aktivitätskonzentration in mBq/kg | | Aktivitätsjahresaufnahme in Bq/a | |
|---------------------------|--------------------------|-----------------------------------|--------|----------------------------------|--------|
| | | Ra-226 | Pb-210 | Ra-226 | Pb-210 |
| Milch | 110 | 7,4 | 37 | 0,81 | 4,1 |
| Getreide | 90 | 740 | 666 | 67 | 601 |
| Fisch | 1,3 | 296 | 444 | 0,37 | 0,59 |
| Kartoffeln | 82 | 222 | 111 | 18,2 | 9,1 |
| Trinkwasser | 440 | 7,4 | 63 | 3,3 | 27,7 |
| Jahresingestion in mBq/a: | | | | 89 | 101 |
| Tagesingestion in mBq/d: | | | | 0,24 | 0,28 |

Tab. 5/64: Aufnahme von Ra-226 und Pb-210 mit wichtigen Nahrungsmitteln im Raum Großschloppen

5.2.8.4 Ra-226 in Schalenobst und Ölfrüchten

H. Schüttelkopf, J.M. Godoy, B. Blum, W. Wünschel

1959 haben W.V. Mayneord, J.M. Radley und R.C. Turner in Paranüssen Ra-226-Konzentrationen zwischen 2,8 und 111 Bq/kg frisch gefunden. 1968 hat E.M. Penna-Fance et al. Ra-226-Konzentrationen im Bereich von 8,1 bis 132 Bq/kg frisch publiziert.

Diese hohen Ra-226-Konzentrationen sollten von uns überprüft werden. Außerdem sollte gleichzeitig untersucht werden, ob anderes Schalenobst bzw. ölhaltige Früchte ebenfalls einen erhöhten Ra-226-Gehalt aufweisen. Die Ergebnisse sind in Tab. 5/65 wiedergegeben. Neben dem Ra-226-Gehalt wurde gleichzeitig auch der Ba-Behalt der Proben gemessen. Die zwei von uns untersuchten Paranaußproben ergaben Ra-226-Konzentrationen von 9,6 und 27,9 Bq/kg frisch. Diese Werte fügen sich gut ein in den bereits durch ältere Publikationen abgesteckten Rahmen. Alle anderen untersuchten Produkte sind von untergeordneter Bedeutung. Soweit die untersuchten Probenmaterialien zur menschlichen Ernährung dienen, sind noch der Ra-226-Gehalt der süßen Mandeln und der Haselnüsse zu erwähnen.

| Probenmaterial | Aschegehalt in g/kg frisch | Ra-226-Konzentration* in mBq/kg frisch | Ba-Konzentration in mg/kg frisch |
|--------------------|----------------------------|--|----------------------------------|
| Paranüsse, Probe 1 | 14,9 | 9620 | 373 |
| Paranüsse, Probe 2 | - | 27900** | - |
| Süße Mandeln | 45,1 | 4370 | <4,5 |
| Kürbiskerne | - | 3550 | - |
| Sonnenblumenkerne | 31,5 | 3400 | 8,3 |
| Haselnüsse | 25,2 | 2440 | 8,7 |
| Bittere Mandeln | 34,4 | 1400 | 3,4 |
| Pistazienschalen | 67,8 | <78 | 1,4 |
| Kürbiskerneschaln | 122,2 | 63 | 1,6 |
| Pistazienkerne | 26,4 | <56 | 0,41 |
| Walnüsse | 17,5 | 56 | 3,3 |
| Pinienkerne | 44,8 | 37 | 0,30 |
| Kokosraspel | 14,7 | 19 | 0,14 |
| Erdnüsse | - | 19 | - |
| Cashew-Kerne | 29,3 | <15 | <2,9 |
| Raps | 41,8 | <11 | <4,2 |

*Standardabweichung 14 - 40 %

**In dieser Probe wurden außerdem gemessen: 32,4 Bq Ra-228/kg frisch, 1,3 Bq Pb-210/kg frisch, 12,6 Bq Th-228/kg frisch und 30 mBq U-238/kg frisch

Tab. 5/65: Ra-226-Konzentrationen in Nüssen und ölhaltigen Früchten. Probenahme: 1982

Die Dosisexposition in der Bundesrepublik Deutschland durch den Verzehr von Paranüssen

Alle im folgenden benutzten Einfuhr-, Ausfuhr- und Produktionsdaten wurden Berichten des statistischen Bundesamtes entnommen, die neuesten zur Verfügung stehenden Daten stammen aus den Jahren 1976, 1977 und 1978.

Unter Berücksichtigung von Einfuhr, Entnahme aus Lagern und Ausfuhr von Paranüssen wurden 1978 in der Bundesrepublik Deutschland 2,4 Mio kg Paranüsse auf den Markt gebracht. Der Abfall beträgt bei Paranüssen im Mittel 51 %. Dies bedeutet, daß ca. 1,2 Mio kg 1978 in der Bundesrepublik Deutschland verzehrt wurden. Geht man von einem Ra-226-Gehalt von 28 Bq/kg frisch als mittlerer Konzentration aus, so erhält man eine Gesamt-Ra-226-Zufuhr durch Ingestion von $3,4 \cdot 10^7$ Bq. Nach der Strahlenschutzverordnung beträgt die maximale Ra-226-Zufuhr pro Jahr durch Ingestion 21,5 Bq. Dieser Wert wurde durch den Verzehr der genannten Menge Paranüsse um den Faktor 1,6 Millionen überschritten. Auf den Bundesbürger umgerechnet erhält man eine mittlere Dosisexposition durch die Ingestion von Ra-226 in Paranüssen von 47 $\mu\text{Sv/a}$ und Kopf.

In Tab. 5/65 wird angegeben, daß in Paranüssen außer Ra-226 auch Ra-228 gefunden wurde. Die maximal zulässige Ingestion von Ra-228 pro Jahr beträgt 48 Bq. Mit diesen Daten und den im vorherigen Absatz angegebenen erhält man eine zusätzliche Dosisexposition der Bundesbürger durch Ra-228 in Paranüssen von 24 $\mu\text{Sv/a}$ und Kopf. Die Gesamtexposition pro Bundesbürger durch Ra-226 und Ra-228 in Paranüssen beträgt daher 71 $\mu\text{Sv/a}$.

Die Dosisexposition in der Bundesrepublik Deutschland durch den Verzehr von süßen Mandeln

1978 wurden unter Berücksichtigung von Import, Export und Lagerentnahme 41 Mio kg Mandeln auf den Markt gebracht. Mit der in Tab. 5/65 angegebenen Ra-226-Konzentration und den oben angegebenen Daten erhält man eine mittlere Jahresdosisexposition der Bundesbürger durch den Verzehr von Mandeln von 25 $\mu\text{Sv/a}$ und Kopf.

Die Dosisexposition in der Bundesrepublik Deutschland durch den Verzehr von Haselnüssen

Wie bei den Mandeln sind die in der Bundesrepublik Deutschland geernteten Haselnußmengen vernachlässigbar klein verglichen mit dem Import ausländischer Produkte. Berücksichtigt man den Import, Export und die Lagerentnahme von Haselnüssen mit und ohne Schalen, wurden 1978 64,4 Mio kg eßbarer Anteil der Haselnüsse importiert. Mit der aus der Tab. 5/65 entnommenen Ra-226-Konzentration und den oben angegebenen Daten errechnet man eine mittlere Knochendosisexposition der bundesdeutschen Bevölkerung von 22 $\mu\text{Sv/a}$ und Kopf. Die mittlere Dosisexposition der Bundesbürger durch Ra-226 in importierten Paranüssen, Mandeln und Haselnüssen beträgt 94 $\mu\text{Sv/a}$ und Kopf. In Tab. 5/66 sind diese und andere wichtige Dosisexpositionen vergleichend dargestellt.

| Dosisexposition durch | Dosisexposition in $\mu\text{Sv/a}$ und Kopf |
|-------------------------------|--|
| Natürliche Strahlung | 1100 |
| Medizin | 500 |
| Mandeln, Para- und Haselnüsse | 94 |
| Kerntechnik | <10 |

Tab. 5/66: Dosisexposition der Bundesbürger durch verschiedene Quellen

5.2.8.5 Messungen zur natürlichen Radioaktivität in Umweltproben

Zwischen 1978 und 1982 wurden in Menzenschwand, Baden-Baden, Wittichen und Großschloppen vier Forschungsprogramme zum Verhalten natürlicher Radionuklide in der Umwelt durchgeführt. Die ersten drei Orte liegen im Schwarzwald, der letzte im Fichtelgebirge. Obwohl die einzelnen Forschungsprogramme jeweils innerhalb eines Jahres abgeschlossen wurden, wurden später weitere Proben untersucht. Bei diesen Proben handelt es sich um die Wiederholung wichtiger Proben, die Untersuchung von Proben, bei denen hohe Konzentrationen vermutet wurden, und um die Untersuchung von Einzelfragen, bei denen keine ausreichenden Daten aus der Literatur zu entnehmen waren. Im folgenden Teil des Jahresberichtes der Hauptabteilung Sicherheit/Radioökologie werden die in den letzten vier Jahren angefallenen Ergebnisse nach Themen geordnet wiedergegeben.

Milch

In Menzenschwand wurden Ra-226-Konzentrationen in Milch zwischen 30 und 1800 mBq/l gemessen. Die hohe Schwankung der Konzentrationen und die teilweise hohen absoluten Werte waren Grund für eine Reihe von Wiederholungsmessungen. Absolut ist der K-40-Gehalt von Milch mit 44 Bq/l der höchste Aktivitätsanteil in der Milch; wegen der hohen Radiotoxizität interessiert vor allem Ra-226 und Pb-210. In Tab. 5/67 wird eine Reihe von Analyseergebnissen für die letzten beiden Radionuklide dargestellt. Die hohen Konzentrationen im trockenen Sommer 1978 konnten in den folgenden Jahren nur selten bestätigt werden. Für die Proben der Fam. K. konnte anhand der Konzentrationsmessungen in Heu diese Beobachtung teilweise erklärt werden. Zur Überprüfung der alten Analyseergebnisse wurden die veraschten Milchproben von 1978 aus Menzenschwand zu einer gemeinsamen Mischprobe zusammengefaßt. Das Ergebnis bestätigt in etwa die hohen Werte des Jahres 1978.

| Probenahmeort und -datum | Aktivitätskonzentration in mBq/l Milch und in Bq/kg Heu, trocken | | |
|--------------------------|--|--------|--------|
| | Ra-226 | Pb-210 | Po-210 |
| <u>Milch:</u> | | | |
| B - 28.08.1979 | 463 | - | - |
| S - 28.08.1979 | 204 | - | - |
| B - 24.07.1980 | 26 | < 26 | 52 |
| S - 24.07.1980 | 63 | 44 | 26 |
| B - 09.09.1982 | 11 | - | - |
| S - 09.09.1982 | 26 | - | - |
| K - 22.09.1982 | 26 | - | - |
| K - 03.12.1982 | 19 | 78 | - |
| K - 18.12.1982 | 7,4 | <48 | - |
| K - 18.01.1983 | 30 | - | - |
| Mischprobe 78/79 | 448 | - | - |
| <u>Heu:</u> | | | |
| K - 03.12.1982 | 3,4 | 15,5 | 18,4 |
| K - 18.01.1983 | 3,6 | - | - |

Tab. 5/67: Ra-226, Pb-210 und Po-210 in Milch- und Heuproben aus Menzenschwand

Um zu untersuchen, ob der Wechsel der Milchkühe von der Stallfütterung auf Grünfütter einen Einfluß auf die Ra-226- oder Pb-210-Konzentration in Milch hat, wurde über einen Monat täglich eine Milchprobe von einem Bauern aus Gernsbach auf Ra-226, Pb-210 und Po-210 analysiert. Obwohl die Aktivitätskonzentrationen in den genannten Proben häufig im Bereich der Nachweisgrenze liegen,

weicht bei den gemessenen Ra-226-Konzentrationen kein Wert über den 3- σ -Bereich ab. Es darf daraus geschlossen werden, daß der Wechsel der Milchkühe von der Stallfütterung auf Grünfütterung keinen Einfluß auf die Ra-226- und - soweit statistisch signifikant - auf die Pb-210-Konzentration der Milch hat. Wegen der außergewöhnlichen Schwierigkeiten bei der Probenvorbereitung für die Po-210-Analyse mußten nennenswerte Wartezeiten im Bereich von bis zu einem Jahr in Kauf genommen werden, bis die endgültige Po-210-Analyse der Milchproben durchgeführt werden konnte. Es ist daher anzunehmen, daß das gemessene Po-210 als aus dem Pb-210 aufgebaut und nicht originär in Milch vorhanden anzusehen ist. Die Ergebnisse der Aktivitätskonzentrationen in Milch sind in Tab. 5/68 dargestellt.

| Probenahme- datum | Aktivitätskonzentration in mBq/l | | |
|----------------------|----------------------------------|--------|--------|
| | Ra-226 | Pb-210 | Po-210 |
| 30.04.1980 | 11 | 81 | - |
| 01.05.1980 | < 4,0 | <41 | - |
| 02.05.1980 | 16 | <46 | - |
| 03.05.1980 | 16 | <43 | 22 |
| 04.05.1980 | 16 | <42 | 37 |
| 05.05.1980 | 19 | <34 | 34 |
| 06.05.1980 | 18 | 113 | 8,1 |
| 07.05.1980 | 10 | <29 | 19 |
| 08.05.1980 | 46 | 42 | 24 |
| 09.05.1980 | 11 | <28 | 33 |
| 10.05.1980 | 41 | 53 | 16 |
| 11.05.1980 | < 4,7 | 39 | 67 |
| 12.05.1980 | 15 | 66 | 15 |
| 13.05.1980 | 5,5 | 78 | 45 |
| 14.05.1980 | 14 | 89 | 24 |
| 15.05.1980 | 22 | 40 | 24 |
| 16.05.1980 | 6,1 | <38 | - |
| 17.05.1980 | 16 | 41 | 38 |
| 18.05.1980 | 9,4 | <31 | 37 |
| 19.05.1980 | < 9,6 | <37 | 28 |
| 20.05.1980 | 11 | 40 | - |
| 21.05.1980 | 14 | <38 | 29 |
| 22.05.1980 | 29 | 121 | 21 |
| 23.05.1980 | 9,8 | <39 | 26 |
| 24.05.1980 | 19 | 42 | - |
| 25.05.1980 | 12 | <36 | 16 |
| 26.05.1980 | 51 | <214 | 29 |
| 27.05.1980 | 27 | <68 | 14 |
| 28.05.1980 | 36 | <47 | 7 |
| 29.05.1980 | 10 | <39 | - |
| 30.05.1980 | 16 | <57 | 10 |

Tab. 5/68: Ra-226, Pb-210 und Po-210 in Milchproben aus Gernsbach

| Probenmaterial/Probenahme | Aktivitätskonzentration in Bq/kg trocken | | |
|---------------------------|--|--------|--------|
| | Ra-226 | Pb-210 | Po-210 |
| Heu/07.05.1980 | 5,2 | 19 | 23 |
| Gras/26.05.1980 | 4,8 | 15 | 5,6 |
| Boden/05.05.1980 | 33 | 26 | 33 |
| 26.05.1980 | 41 | 41 | 33 |
| 26.05.1980 | 34 | 41 | 41 |

Tab. 5/69: Ra-226, Pb-210 und Po-210 in Gras-, Heu- und Bodenproben aus Gernsbach

In Tab. 5/69 sind die Ra-226-, Pb-210- und Po-210-Konzentrationen in Heu-, Gras- und Bodenproben wiedergegeben. Die Konzentrationen im Boden entsprechen den normalen Umweltwerten und daher sind sowohl die Konzentrationen in Gras und Heu als auch die Konzentrationen in Milch wesentlich niedriger als z. B. in Menzenschwand.

Fische

Es ist bekannt, daß die Po-210-Konzentrationen in Meerestieren teilweise außergewöhnlich hoch sind. Da häufig die Transferfaktoren Wasser → Fisch im Süßwasser höher sind als im Meerwasser, war zu untersuchen, ob Süßwasserfische ebenfalls außergewöhnlich hohe Po-210-Konzentrationen aufweisen. Die Ergebnisse sind in Tab. 5/70 wiedergegeben. Die im Fleisch verschiedener Fische gemessenen Konzentrationen sind von untergeordneter Bedeutung. Die höchsten Po-210-Konzentrationen wurden in den Eingeweiden der untersuchten Fische gefunden, wobei nicht entschieden werden kann, ob es sich dabei im wesentlichen um den Darminhalt oder um Anreicherungen in Einzelorganen der Fische handelt.

| Probenahme Ort/Datum | Fisch / Probenteil | Po-210-Konzentration in mBq/kg frisch |
|----------------------------|---|--|
| Altrhein*/28.08.1980 | Brachse: Kopf, Gräten Eingeweide Fleisch | 315 |
| | | 500 |
| | | 4,8 |
| | Karpfen: Fleisch Kopf, Gräten Eingeweide Fleisch | 111 |
| | | 630 |
| | | 1550 |
| 240 | | |
| Zander: Fleisch | 104 | |
| Baden-Baden/ 01.10.1982 | Forelle: Kopf, Gräten Eingeweide Fleisch | 1300 |
| | | 6000** |
| | | 630*** |

*Im Altrheinwasser wurden 4,1 mBq/l Ra-226 gemessen

**130 mBq Ra-226/kg frisch

***215 mBq Ra-226/kg frisch

Tab. 5/70: Po-210 in Fischproben

Im Herbst 1982 wurden im Krunkelbach an einigen Stellen Ablagerungen von flockigen rotbraunen Substanzen beobachtet. Diese Ablagerungen unterscheiden sich in ihrer Konsistenz wesentlich von den üblicherweise eher samtartigen Sedimenten des Krunkelbaches. In Tab. 5/71 werden die Ra-226- und U-238-Konzentrationen von zwei Proben, die oberhalb der Einleitung der Abwässer der Uranuntersuchungsgrube genommen wurden, und von zwei Sedimentproben, die unterhalb der Einleitung genommen wurden, wiedergegeben. Die Probe, die 200 m unterhalb der Einleitung entnommen wurde, bestand ausschließlich aus dem rotbraunen Schlack.

Die Ra-226-Konzentrationen in den Ablagerungen des Krunkelbaches unterhalb der Einleitung der Abwässer der Uranuntersuchungsgrube liegen wesentlich über den Werten, die 1978 im Krunkelbach gemessen wurden. Es wurde angenommen, daß bei starken Regenfällen und Gewittern die Ablagerungen in den Sedimentierbecken der Uranuntersuchungsgrube aufgewirbelt werden und dabei höhere Schwebstoffmengen aus den Sedimentierbecken in den Krunkelbach gelangen. Diese für den Jahresdurchschnitt bedeutungslosen, erhöhten Konzentrationen könnten dann an Teilen des Krunkelbaches mit geringerer Wasserbewegung vorübergehend abgelagert werden. In Tab. 5/72 werden die Ra-226- und Pb-210-Konzentrationen von Wasserproben aus dem Sedimentierbecken und aus dem Krunkelbach wiedergegeben. Die hohe Konzentration von Ra-226, die 2 m nach der Einleitung der Abwässer in den

Krunkelbach bei starken Regenfällen gemessen wurde, bestätigt die obenangegebene Vermutung. Die Ra-226-Konzentrationen in dem Sedimentierbecken, wie sie in Tab. 5/72 angegeben werden, entsprechen unseren Meßwerten von 1978.

| Probenahme: Ort / Datum | Aktivitätskonzentration in Bq/kg trocken | |
|---|--|--------|
| | Ra-226 | U-238 |
| 100 m oberhalb Einleitung / 01.09.1982 | < 37 | - |
| Brücke oberhalb Einleitung / 01.09.1982 | <204 | - |
| 200 m unterhalb Einleitung / 02.09.1982 | 11 100 | 17 800 |
| Zusammenfluß von Krunkelbach und Feldberger Alb / 02.09.1982 | 890 | 1 700 |

Tab. 5/71: Ra-226 und U-238 in Ablagerungen im Krunkelbach, Menzenschwand

| Probenahme: Ort / Datum | Aktivitätskonzentration in Bq/l Wasser oder Bq/kg frisch | |
|--|---|--------|
| | Ra-226 | Pb-210 |
| <u>Forellen:</u> | | |
| Krunkelbach / 28.08.1979 | 1,2 | - |
| Krunkelbach / 07.09.1982 | 2,1 | - |
| Krunkelbach / 29.09.1982 | Eingeweide | - |
| | Fleisch und Haut | - |
| Menzenschwander Alb / 10.12.1982 | | |
| Fleisch | <0,026 | 0,20 |
| Haut | 0,31 | 2,7 |
| Kopf, Gräten | 0,50 | 1,9 |
| <u>Abwasser:</u> | | |
| Wasser aus Krunkelbach, 2 m nach Einleitung, starke Regenfälle / 21.09.1982 | 6,1 | - |
| Wasser aus Auslauf Rinne zum Krunkelbach / 03.12.1982 | 0,67 | 0,41 |
| Wasser aus dem Sedimentierbecken / 19.01.1983 | 0,63 | 0,19 |

Tab. 5/72: Ra-226 und Pb-210 in Forellen und im Abwasser der Uranuntersuchungsgrube von Menzenschwand

Es wurde überprüft, ob eine erhöhte Kontamination der Forellen im Krunkelbach nach Beobachtung der kontaminierten Ablagerungen feststellbar war. Die meisten Proben liegen im Bereich früherer Meßergebnisse. Eine Forellenprobe, die am 29.09.1982 genommen wurde, zeigte überdurchschnittlich hohe Konzentrationen von Ra-226 sowohl in den Eingeweiden als auch in dem Probenteil, der aus Fleisch und Haut bestand. Die zusätzliche Messung von Th-230, U-238 und U-234 zeigte, daß die genannten Radionuklide mit Ra-226 weitgehend im säkularen Gleichgewicht waren. Da der Transfer Wasser → Fischfleisch für die Elemente Radium, Thorium und Uran extrem unterschiedlich ist, wurde eine Kontamination des Fischfleisches ausgeschlossen und angenommen, daß die erhöhte Radioaktivität auf der vor der Analyse nicht gesäuberten Haut der Forellen abgelagert war. Es war nicht möglich eine ähnliche Probe, wie die am 29.09.1982 genommene, abermals zu bekommen. Forellenproben vom 10.12.1982 wurden in Fleisch, Haut und in Kopf plus Gräten getrennt. Die getrennte Ra-226-

und Pb-210-Bestimmung zeigte, daß die Kontamination des Fischfleisches tatsächlich bedeutungslos ist verglichen mit der Kontamination der Haut der Forellen. Diese Aussage ist auch richtig, obwohl die Kontamination der genannten Forellen wesentlich geringer war als vom 29.09.1982.

Zwei Karpfenproben und eine Muschelprobe wurden in Großschloppen untersucht auf die Radionuklide Ra-226, Ra-228, Pb-210, U-238, U-234, Th-232, Th-230 und Th-228. Die Ergebnisse sind in Tab. 5/73 wiedergegeben. Während die Radionuklidkonzentrationen in den Fischproben den erwarteten niedrigen Werten entsprachen, überraschten die außergewöhnlich hohen Kontaminationen von Muschelschalen und Muschelfleisch, insbesondere mit Uran von Muschelfleisch.

| Probenmaterial | Aktivitätskonzentration in Bq/kg frisch | | | | | | | |
|-------------------|---|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|
| | Ra-226 | Ra-228 | Pb-210 | U-238 | U-234 | Th-232 | Th-230 | Th-228 |
| <u>Karpfen 1:</u> | | | | | | | | |
| Eingeweide | <0,37 | - | 0,37 | 0,041 | 0,026 | <0,011 | <0,011 | <0,011 |
| Fleisch | 0,30 | - | 0,21 | 0,078 | 0,11 | <0,004 | <0,004 | <0,004 |
| <u>Karpfen 2:</u> | | | | | | | | |
| Fleisch | 0,33 | - | 0,74 | 0,11 | 0,1 | <0,004 | <0,004 | <0,004 |
| <u>Muscheln:</u> | | | | | | | | |
| Fleisch | 9 | 10 | 4,9 | 10,8 | 12,0 | 0,26 | 0,83 | 1,6 |
| Schale | 9 | 12 | 5,3 | 2,0 | 2,0 | 0,8 | 2,2 | 3,9 |

Tab. 5/73: Die Ergebnisse der Messung natürlicher Radioaktivität in Karpfen- und Muschelproben in Großschloppen. 1981 und 1982.

Trinkwasser

Aus hydrologischen Gründen war ein Kontakt zwischen der in den Ablagerungen im Krunkelbach enthaltenen Radioaktivität mit den Trinkwasserreservoirien nicht möglich. Trotzdem wurden im Herbst 1982 verschiedene Trinkwasserproben aus Menzenschwand auf Ra-226 untersucht und mit den 1979 entnommenen Proben verglichen. Die Ra-226-Konzentrationen haben seit 1979 leicht abgenommen. In Tab. 5/74 werden diese Ergebnisse, die Bereiche der Ra-226-Konzentration, die in Menzenschwand, Baden-Baden, Wittichen, Großschloppen und in Leopoldshafen gemessen wurden, und zwei zusätzliche Proben aus Kirchenlamitz angegeben. Der Vollständigkeit halber soll an dieser Stelle erwähnt werden, daß die Quelle im Wüstengraben, Blasiwald, die 1978 nach einer langen Trockenphase extrem hohe Ra-226-Konzentrationen aufwies, am 30.09.1982 abermals nachgemessen wurde. Der Ra-226-Gehalt lag zu diesem Zeitpunkt bei 37 mBq/l.

Rn-222 in Luft

Am Betriebsgelände der Uranuntersuchungsgrube Menzenschwand wurden im Stollen 10, 20 und 50 m vor der Grube in Windrichtung Luftproben genommen und die Rn-222-Konzentration gemessen. 50 m vom Stollenausgang erreicht die Verdünnung bereits 74 Bq/m³. Die normalen Umgebungswerte liegen zwischen 3,7 und 37 Bq/m³. Messungen im Menzenschwander Tal waren im Winter 1982/1983 nicht sinnvoll, da die Hauptquelle der Rn-222-Konzentration in bodennaher Luft die Exhalation aus dem Boden darstellt. Nach dem Auftauen des Bodens im späten Frühjahr oder Anfang Sommer wird eine Reihe von Messungen des Rn-222 in der bodennahen Atmosphäre des Menzenschwander Tals durchgeführt werden.

| Probenahme: Ort / Datum | Ra-226-Konzentration in mBq/l |
|--|-------------------------------|
| Menzenschwand 1978/1979 | 4,1 - 21 |
| Baden-Baden 1979/1980 | 1,1 - 56 |
| Wittichen 1980/1981 | 0,7 - 33 |
| Großschloppen 1981/1982 | 3,7 - 700 |
| Leopoldshafen 1982 | 2,9 |
| Menzenschwand / 28.08.1979 - Hochbehälter Rohwasser Reinwasser - Fam. S | 10 10 8,1 |
| 29.09.1982 - Hochbehälter Rohwasser Reinwasser - Fam. S. - Tiefbrunnen | 4,8 8,1 2,7 3,6 |
| Kirchenlamitz / 20.08.1982 - Rathaus - ARAL-Tankstelle | 13 14 |

Tab. 5/74: Ra-226 in Trinkwasserproben

| Probenahmeort/-datum | Rn-222-Konzentration in Bq/m ³ |
|---------------------------------|---|
| 50 m im Stollen - 02.12.1982 | 520 |
| 10 m vor der Grube - 02.12.1982 | 140 |
| 20 m vor der Grube - 02.12.1982 | 89 |
| 50 m vor der Grube - 02.12.1982 | 74 |

Tab. 5/75: Rn-222 in der Umgebungsluft der Uranuntersuchungsgrube Menzenschwand.

Eier

Aus der Literatur wurde für Pb-210 in dem eßbaren Teil von Eiern ein Wert von 18,5 Bq/kg frisch entnommen. Da dieser Wert als außergewöhnlich hoch erschien, wurden Proben aus Gernsbach auf Ra-226, Pb-210 und Po-210 untersucht. Die Ergebnisse werden in Tab. 5/76 dargestellt. Die gemessenen Pb-210-Konzentrationen in Dotter und Eiweiß liegen wesentlich unter dem in der Literatur gefundenen Meßwert.

| Probenahme | Probenteil | Aktivitätskonzentration in mBq/kg frisch | | |
|------------|------------|--|--------|--------|
| | | Ra-226 | Pb-210 | Po-210 |
| 11.07.1980 | Dotter | 2860 | <220 | 74 |
| | Eiweiß | 59 | <110 | 22 |
| | Schale | 2070 | - | - |
| 16.01.1982 | Dotter | - | - | 74 |
| | Eiweiß | - | - | 22 |

Tab. 5/76: Ra-226, Pb-210 und Po-210 in Eierproben. Probenahme: Gernsbach

Verschiedene Nahrungsmittel

Der hohe Ra-226-Gehalt in Gerste, die an eine Brauerei im Südschwarzwald geliefert wird, veranlaßte uns, das in der Brauerei produzierte Bier auf Ra-226 zu analysieren. Der Ra-226-Gehalt dieses Bieres unterschied sich nicht wesentlich von den Trinkwasserwerten, die im Südschwarzwald erfaßt wurden. Eine Reihe von pflanzlichen Nahrungsmitteln wurden im Raum Baden-Baden auf Ra-226 und ergänzend zur ursprünglichen Untersuchung auf Pb-210 und Po-210 untersucht. Die allgemeine Erfahrung, daß pflanzliche Nahrungsmittel wesentlich höhere Pb-210-Kontaminationen als Ra-226-Kontaminationen aufweisen, wurde auch bei den meisten im Raum Baden-Baden untersuchten Proben bestätigt. Wie bereits bei der ursprünglichen Untersuchung war eine Apfelprobe durch einen relativ hohen Ra-226-Gehalt ausgezeichnet. Diese Apfelprobe, wie auch die im Forschungsprogramm Baden-Baden beschriebene Apfelprobe, stammen aus einem Garten, der auf einem natürlichen Ausbiß uranföhrer Schichten liegt.

| Probenahme- datum | Probenahmeort | Probenart | Aktivitätskonzentration in mBq/kg frisch | | |
|----------------------|---------------|------------------|--|--------|--------|
| | | | Ra-226 | Pb-210 | Po-210 |
| 23.03.1979 | Rothaus | Bier | 14 | - | - |
| 26.05.1980 | Baden-Baden | Kopfsalat | 280 | 2600 | 81 |
| 26.05.1980 | Baden-Baden | Blumenkohl | 20 | 36 | 67 |
| 11.07.1980 | Baden-Baden | Kopfsalat | 180 | 230 | 36 |
| 11.07.1980 | Baden-Baden | Blumenkohl | 78 | 74 | 20 |
| 11.07.1980 | Baden-Baden | Rharbarber | 23 | 110 | 48 |
| 21.07.1980 | Baden-Baden | Weißkraut | 7,4 | 140 | 37 |
| 21.07.1980 | Baden-Baden | Kartoffeln | 48 | <70 | 0,22 |
| 22.09.1980 | Baden-Baden | Äpfel 1 | 6400 | - | 740 |
| 22.09.1980 | Fam. B | Äpfel 2 | 180 | <60 | 1,1 |
| 11.11.1980 | Fam. B | Boden zu Äpfel 2 | 7,8 | 36 | 36 |

Tab. 5/77: Ra-226, Pb-210 und Po-210 in pflanzlichen Nahrungsmitteln, Boden- und Bierproben

Im Raum Großschloppen wurden eine große Anzahl von Pflanzen, pflanzlichen Nahrungsmitteln, Boden- und Sedimentproben auf die Radionuklide Ra-226, Ra-228, Pb-210, Po-210, U-238, U-234, Th-232, Th-230 und Th-228 untersucht. Die Ergebnisse werden in Tab. 5/78 wiedergegeben.

Pilze, Moose und Flechten

Die hohe Ra-226-Kontamination, die wir in einer Pilzprobe in Wittichen beobachtet haben, veranlaßte uns, auch in Großschloppen eine Pilzprobe zu untersuchen. Die Ra-226-Kontamination der untersuchten Mischpilze war vernachlässigbar klein. Moose und Flechten sind bekannt dafür, daß sie Aktivitäten aus der Umgebungsluft in hohem Maße anreichern. Daher wurden solche Proben aus Wittichen und Menzenschwand auf Pb-210, Po-210 und Ra-226 untersucht. Die Ergebnisse sind in Tab. 5/79 zusammengefaßt.

| Probenart | Proben-Nr. | Aktivitätskonzentration in mBq/g trocken | | | | | | | | |
|---------------------|------------|--|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|
| | | Ra-226 | Ra-228 | Pb-210 | Po-210 | U-238 | U-234 | Th-232 | Th-230 | Th-228 |
| Boden und Sedimente | 28 | 130 | 100 | 93 | 89 | 85 | 85 | 33 | 81 | 33 |
| | 29 | 130 | 81 | 78 | 85 | 110 | 110 | 70 | 110 | 70 |
| | 31 | 140 | 78 | 93 | 56 | 130 | 160 | 52 | 81 | 52 |
| | 32 | 52 | 37 | 56 | 44 | 59 | 67 | 30 | 30 | 37 |
| | 43 | 52 | - | 30 | 44 | 52 | 48 | - | - | - |
| | 44 | 110 | 56 | 63 | 22 | 110 | 130 | 48 | 63 | 48 |
| | 45 | 100 | 63 | 85 | 59 | 120 | 140 | 67 | 56 | 63 |
| | 67 | 81 | 67 | 48 | 56 | 160 | 180 | 74 | 120 | 67 |
| | 68 | 85 | 30 | 56 | 56 | 56 | 63 | 30 | 44 | 30 |
| | 69 | 140 | 74 | 85 | 110 | 150 | 160 | 52 | 85 | 74 |
| | 109 | 33 | 26 | 48 | 28 | 12 | 12 | 26 | 16 | 26 |
| | 111 | 330 | <220 | 190 | 100 | 180 | 180 | 26 | 180 | 26 |
| | 112 | 410 | <220 | 300 | 190 | 200 | 200 | 48 | 210 | 160 |
| | 125 | 150 | 67 | 110 | 70 | 48 | 52 | 70 | 59 | 67 |
| | 127 | 74 | 100 | 48 | 41 | 67 | 70 | 85 | 44 | 96 |
| | 129 | 52 | 37 | 59 | 56 | 48 | 48 | 37 | 52 | 37 |
| | 131 | 67 | 85 | 67 | 56 | 44 | 48 | 89 | 63 | 85 |
| 133 | 110 | 74 | 78 | 150 | 200 | 260 | 33 | 110 | 70 | |
| 163 | 44 | 37 | 41 | 41 | 30 | 30 | 7,4 | 13 | 11 | |
| Gras | 25 | 2,6 | 3,7 | 6,7 | - | 23 | 23 | 0,44 | 10 | 0,44 |
| | 26 | 13 | 19 | 30 | - | 8,9 | 7,8 | 3,0 | 3,7 | 3,0 |
| | 42 | 3,7 | <2 | 24 | - | 26 | 30 | 1,5 | 30 | 1,5 |
| | 65 | 4,8 | <3 | 7,0 | - | 0,74 | 0,74 | <0,04 | <0,2 | <0,04 |
| | 80 | 6,7 | <4 | 32 | - | 1,9 | 2,5 | 0,22 | 0,78 | 0,22 |
| Kartoffeln * | 106 | 150 | - | <150 | 160 | 56 | 56 | 67 | 52 | 67 |
| | 108 | 130 | - | < 90 | - | 26 | 22 | 30 | 33 | 30 |
| | 183 | 230 | <140 | < 90 | 100 | 110 | 110 | 130 | 170 | 130 |
| Gerste | 110 | 260 | - | <300 | - | 52 | 59 | 22 | 63 | 22 |
| | 128 | 330 | - | 810 | - | 19 | 19 | 15 | 26 | 15 |
| Hafer | 124 | 220 | - | 930 | - | 59 | 59 | 160 | 100 | 160 |
| Weizen | 132 | 480 | - | 190 | - | 13 | 13 | 19 | 7,4 | 19 |

*in mBq/kg frisch

Tab. 5/78: Wichtige natürliche Radionuklide in Boden-, Sediment-, Gras- und Nahrungsmittelproben aus Großschloppen (1981 und 1982)

| Probenart | Probenahme: Ort / Datum | Aktivitätskonzentrationen in Bq/kg trocken | | |
|------------------|----------------------------|--|--------|--------|
| | | Ra-226 | Pb-210 | Po-210 |
| Mischpilze | Großschloppen / 22.09.1982 | 0,13* | - | - |
| Moos, Baumstumpf | Wittichen / 01.10.1982 | 4,4 | 85 | 170 |
| | Menzenschwand / 29.09.1982 | 5,2 | 170 | 96 |
| Baumflechten | Wittichen / 01.10.1982 | 0,26 | 76 | 380 |
| | Menzenschwand / 01.10.1982 | 0,74 | 110 | 130 |

*Bq/kg frisch

Tab. 5/79: Wichtige natürliche Radionuklide in Pilz-, Moos- und Flechtenproben

Die hohen Konzentrationen von Pb-210 und Po-210 veranlaßten uns, das als Kräutertee im Handel erhältliche Isländische Moos zu untersuchen. Wie aus Tab. 5/80 hervorgeht, sind hohe Konzentrationen von Pb-210 und Po-210 sowie einiger wichtiger Spaltprodukte von den Kernwaffenexperimenten im Isländischen Moos feststellbar. Vollständige Löslichkeit bei der Teezubereitung vorausgesetzt und unter der Annahme der Gültigkeit der Strahlenschutzverordnung auch für die natürliche Radioaktivität würde das Trinken einer Tasse dieses Kräutertees zu einem Verstoß gegen die Strahlenschutzverordnung führen. Vollständigkeits halber sei erwähnt, daß erste Messungen im nach Vorschrift präparierten Kräutertee darauf hinweisen, daß gerade die wichtigsten Radionuklide nur in untergeordnetem Ausmaß aus dem Pflanzenmaterial gelöst werden.

| Probenahmedatum | Nuklid | Aktivitätskonzentration in Bq/kg trocken |
|-----------------|------------|--|
| 24.11.1982 | Po-210 | 580 |
| 24.11.1982 | Po-210 | 230 |
| 02.02.1983 | Ra-226 | 1,6 |
| | Pb-210 | 320 |
| | Sr-90 | 27 |
| | Cs-137 | 270 |
| | Pu-238 | < 0,04 |
| | Pu-239+240 | 0,44 |

Tab. 5/80: Radionuklide in Isländischem Moos (*Lichen islandicus*)

Andere Proben

Neben dem Isländischen Moos (s. Tab. 5/80) wurde der südamerikanische Mate auf Ra-226, Po-210 und Pb-210 untersucht. Die Kontamination des Tees ist vernachlässigbar klein (s. Tab. 5/81).

| Probenahmedatum | Analysierter Teil | Nuklid | Aktivitätskonzentration in Bq/kg trocken bzw. Bq/l |
|-----------------|-------------------|--------|--|
| 24.11.1982 | Blätter | Po-210 | 16 |
| 24.11.1982 | Tee | Ra-226 | 2,3 |
| | | Pb-210 | 110 |
| | | Ra-226 | 9,3 |

Tab. 5/81: Radionuklide in Mate

Wie bereits an anderer Stelle beschrieben, sind Paranüsse in hohem Ausmaß mit Radiumisotopen kontaminiert. Die Ergebnisse einer Analyse werden in Tab. 5/82 wiedergegeben.

| Nuklid | Aktivitätskonzentrationen in Bq/kg frisch |
|--------|---|
| Pb-210 | 1,3 |
| U-238 | 0,03 |
| U-234 | 0,03 |
| Th-232 | < 0,02 |
| Th-230 | < 0,02 |
| Th-228 | 12,2 |
| Ra-226 | 26 |
| Ra-228 | 34 |

Tab. 5/82: Radionuklide im Fruchtkern von Paranüssen (1982)

1980 wurden von uns ca. 20 verschiedene deutsche Kohleproben auf Po-210 untersucht. Die Probe mit der höchsten Kontamination wurde auf alle anderen natürlichen Radionuklide analysiert. Die danach zu erwartenden Freisetzungen aus einem großen Kohlekraftwerk waren für die Dosisexposition der Umgebungsbevölkerung vernachlässigbar. Eine ausführliche Untersuchung erfolgt an einer brasilianischen Kohle und der zugehörigen Feuerkammerasche. Die Ergebnisse sind in Tab. 5/83 wiedergegeben.

| Probenart | Nuklid | Aktivitätskonzentrationen in mBq/g Probe |
|-----------------------|--------|--|
| Kohle | Pb-210 | 48 |
| | Po-210 | 59 |
| | Th-232 | 43 |
| | Th-230 | 48 |
| | Th-228 | 48 |
| | U-238 | 45 |
| | U-234 | 49 |
| | Ra-226 | 50 |
| | Ra-228 | 50 |
| Feuerkammer- asche | Pb-210 | 44 |
| | Po-210 | 52 |
| | Th-232 | 55 |
| | Th-230 | 120 |
| | Th-228 | 55 |
| | U-238 | 88 |
| | U-234 | 86 |
| | Ra-226 | 77 |
| | Ra-228 | 56 |

Tab. 5/83: Wichtige natürliche Radionuklide in brasilianischer Kohle und Feuerkammerasche (1980)

6. Dosimetrie

6.1 Dosismessung

B. Burgkhardt, A. Letsch, M. Reddmann

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

Zur Personen- und Ortsdosimetrie werden vor allem Phosphatglasdosimeter und Thermolumineszenzdosimeter eingesetzt. Die Zahl der jährlichen Auswertungen von Glas- und TL-Dosimetern seit 1969 ist in Abb. 6/1 wiedergegeben. Im Berichtszeitraum wurden insgesamt 10 371 Gläser und 25 595 TLD routinemäßig ausgewertet.

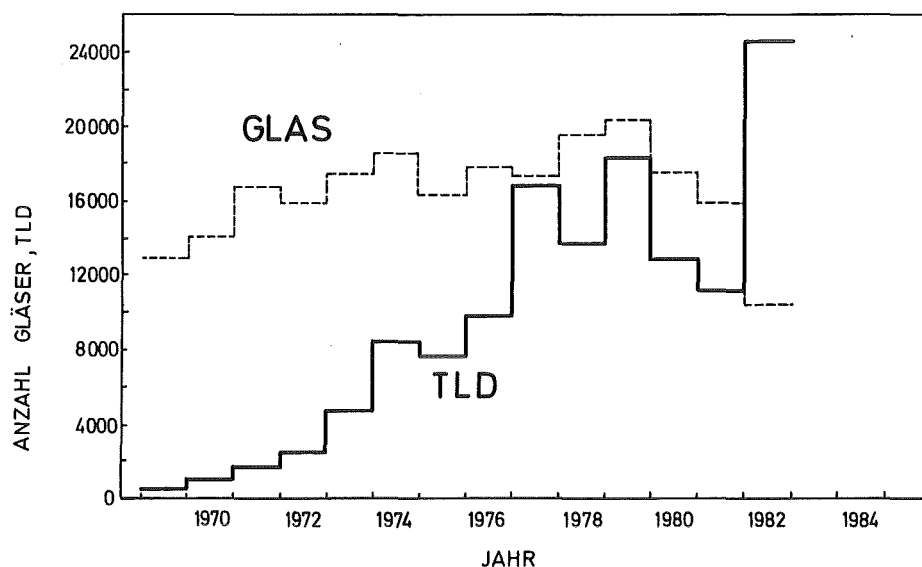


Abb. 6/1: Anzahl der jährlichen Routineauswertung von TL- und Glasdosimetern zur Personen- und Umgebungsüberwachung

Seit dem 01.01.1982 werden im Zuge der Neuordnung der Personendosimetrie im Kernforschungszentrum zur Eigenüberwachung der Personen in der Dosimetergruppe A Thermolumineszenzdosimeter eingesetzt. Dies erklärt die sprunghafte Zunahme der TLD-Auswertungen im Jahre 1982. Personen der Dosimetergruppe B werden neben den Stabdosimetern mit einem Glasdosimeter überwacht, das jährlich bei HS/D ausgewertet wird. Von dieser Regelung nicht betroffene Mitarbeiter werden ebenfalls mit Glasdosimetern überwacht.

Zur Personenüberwachung in Neutronenfeldern wurden mit Jahresbeginn 1982 der bisher von der amtlichen Meßstelle ausgegebene NTA-Film durch das KfK-Albedo-Neutronendosimeter ersetzt, welches jetzt in Eigenüberwachung monatlich ausgewertet wird.

Im Vergleich zum Auswertumfang der Eigenüberwachung wird in Tab. 6/1 die Anzahl der Auswertungen von Personen- und Ortsdosimeter für auswärtige Stellen wiedergegeben.

| | Zahl der Anlagen | Anzahl der Auswertungen 1982 | | | |
|---|------------------------|------------------------------|------|----------------|------|
| | | Personendosimetrie | | Ortsdosimetrie | |
| | | TLD | Glas | TLD | Glas |
| KfK intern | | 19371 | 3844 | 1665 | 2650 |
| extern Reaktoren, kern- technische Betriebe | 12 | 768 | 2730 | 90 | 370 |
| Forschungsein- richtungen | 8 | 1352 | 24 | 1796 | 520 |
| Medizin, sonstige | 6 | 553 | 190 | - | 43 |

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

6.1.1 Personendosimetrie

Im Kernforschungszentrum wurden im Jahre 1982 insgesamt etwa 2 700 Personen mit Phosphatglasdosimetern überwacht. Die Phosphatgläser in der perforierten Zinnkugel weisen Photonenstrahlung im Bereich 45 keV bis 1,2 MeV praktisch energieunabhängig nach. Die Auswertung dieser Dosimeter erfolgt bei Bedarf sofort, für einige auswärtige Stellen monatlich, im allgemeinen jährlich.

Thermolumineszenzdosimeter werden innerhalb der Personenüberwachung besonders zum Nachweis von Betastrahlung, zur Teilkörperdosimetrie sowie zur Bestimmung der Neutronendosis mit dem Albedo-Neutronendosimeter eingesetzt. Als Personendosimeter zur Überwachung in Beta/Gamma-Mischstrahlungsfeldern werden LiF:Mg,Ti-Detektoren (TLD700) hinter 50 mg/cm² und 500 mg/cm² Abdeckung in einer Dosimeterhalterung verwendet, die in einem automatischen Auswertesystem ausgewertet werden. Für Teilkörperdosimetrie stehen Edelstahl-Fingerringe und Armband-Dosimeter mit den gleichen Detektoren und einer Abdeckung von 7 mg/cm² zur Verfügung. Im Berichtszeitraum wurden insgesamt 591 Fingerringdosimeter und 167 Teilkörperdosimeter ausgewertet. Fingerringdosimeter werden u. a. auch im Auftrag von Krankenhäusern ausgewertet. Sie können ohne Verfälschung des Meßwertes gassterilisiert werden.

Die regelmäßige Teilnahme an jährlichen Kontrollbestrahlungen der amtlichen Meßstellen bei der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig dient zum Nachweis der Kalibriergenauigkeit unserer Auswertestelle.

Seit 1973 werden die Karlsruher Albedo-Neutronendosimeter in der Personenüberwachung eingesetzt. Im Zuge einer Neuordnung der Dosimetergruppen erhalten seit Jahresbeginn 1982 etwa 50 Personen aus der Dosimetergruppe A zusätzlich Albedo-Neutronendosimeter, die monatlich ausgewertet werden. In insgesamt 12 Fällen wurden Neutronenäquivalentdosen von 0,2 mSv gefunden, die ausschließlich auf den Umgang mit Cf-252-Quellen zurückzuführen sind. Der Maximalwert der Neutronenäquivalentdosis betrug 2,2 mSv. Das Neutronen-Photonen-Dosisverhältnis lag im Bereich 0,5 bis 2.

Vergleichbare Ergebnisse wurden bei der Auswertung von Albedo-Neutronendosimetern für eine auswärtige Stelle gefunden. Auch hier sind die Neutronen-Äquivalentdosen hauptsächlich auf den Umgang mit Cf-252-Quellen zurückzuführen. Es zeigt sich, daß auch Maximalwerte von 10 mSv pro Quartal bei einem Neutronen-Photonen-Dosisverhältnis bis zu 20 vorkommen können.

Die Neutronenüberwachung von 12 Personen beim Brennelementwechsel im KNK ergab Gammadosen im Bereich des natürlichen Strahlenpegels und Neutronenäquivalentdosen unterhalb der hier anzusetzenden Nachweisgrenze von 0,05 mSv. Die Neutronenüberwachung von Personen, die sich kurzzeitig in Plutoniumlagern aufhalten, erbrachte Neutronenäquivalentdosen bis zu 3 mSv bei einem Neutronen-Photonen-Dosisverhältnis von 1.

Der routinemäßige Einsatz des Albedo-Neutronendosimeters hat sich besonders in Bereichen mit Cf- und Pu-Quellen höherer Aktivität bewährt, war aber auch dort sinnvoll, wo geringe Personenbelastungen zu erwarten sind und Abschätzungen der Neutronendosis aufgrund von Dosisleistungsmessungen unzureichend sind.

6.1.2 Ortsdosimetrie

Im Kernforschungszentrum Karlsruhe werden seit 19 Jahren Glasdosimeter und seit 12 Jahren TL-Dosimeter im Freien zur Ermittlung der natürlichen Strahlenbelastung sowie eines zusätzlichen Einflusses der kerntechnischen Anlagen exponiert. In der Umgebung des Kernforschungszentrums werden an 234 Meßstellen je zwei Gläser in der Kugelkapsel bzw. zwei TLD700-Dosimeter in einer Polyäthylenkapselung von etwa 500 mg/cm² Wandstärke ausgehängt und halbjährlich, an Sondermeßstellen auch vierteljährlich, ausgewertet.

Die 1982 im Auftrag von Kernkraftwerken und kerntechnischen Anlagen durchgeführten Dosismessungen zur Umgebungsüberwachung belaufen sich auf 1 170 TLD-Auswertungen und rund 810 Glasauswertungen. Die Dosimeterauswertungen zur Umgebungsüberwachung werden in zunehmendem Maße nach den detaillierten Vorschriften durchgeführt, die in den kurz vor dem Abschluß stehenden "Technischen Empfehlungen für Festkörperdosimeter zur Umgebungsüberwachung" vom AKD des Fachverbandes für Strahlenschutz erarbeitet wurden.

Auch 1982 wurden im Auftrag auswärtiger Stellen 350 Glas- und TL-Dosimeter für Messungen im Hochdosisbereich (<100 Gy) ausgewertet. Diese Festkörperdosimeter lassen sich wegen der kleinen Abmessungen und des weiten Dosisbereiches auch für Ortsdosismessungen an schwer zugänglichen Stellen einsetzen, insbesondere in Strahlenfeldern in Quellennähe oder in stark ausgeblendeten Strahlenbündeln. Die Anwendung dieser Dosimeter im Hochdosisbereich erfordert eine besondere Kalibrierung u. a. zur Korrektur von Sättigungseffekten bzw. Supralinearität.

Zur Kalibrierung des Albedo-Neutronendosimeters wurden im Berichtszeitraum Messungen mit dem Einkugel-Albedodosimetermeßsystem in einem Pu-Lager, an einem Beschleuniger und an mit Schwerelementen abgeschirmten Cf-252-Quellen durchgeführt.

6.2 Photonendosimetrie

6.2.1 Herabsetzung des Streulichtanteiles zur Verringerung der Vordosis von Flachglasdosimetern

H.G. Röber, B. Burgkhardt, E. Piesch

Ziel eines langjährigen Technologie-Transfer-Vorhabens ist die Entwicklung und Fertigstellung eines Phosphatglasdosimetersystems mit vollautomatischer Auswertung. Im Berichtszeitraum wurde vom Lizenznehmer Flachglasdosimeter der Größe 16 x 16 x 1,5 mm³, eine Glashalterung sowie ein Spritzgußwerkzeug für die Dosimeterkapselung fertiggestellt (Abb. 6/2). Weitere Schwerpunktarbeiten galten der Bereitstellung der erforderlichen Hardware für die Steuerung aller Bewe-

gungsabläufe während des vollautomatischen Meßvorganges einschließlich Öffnen und Schließen der Dosimeterkapselung sowie der Planung von Software-Programmen für die Meßwertverarbeitung.

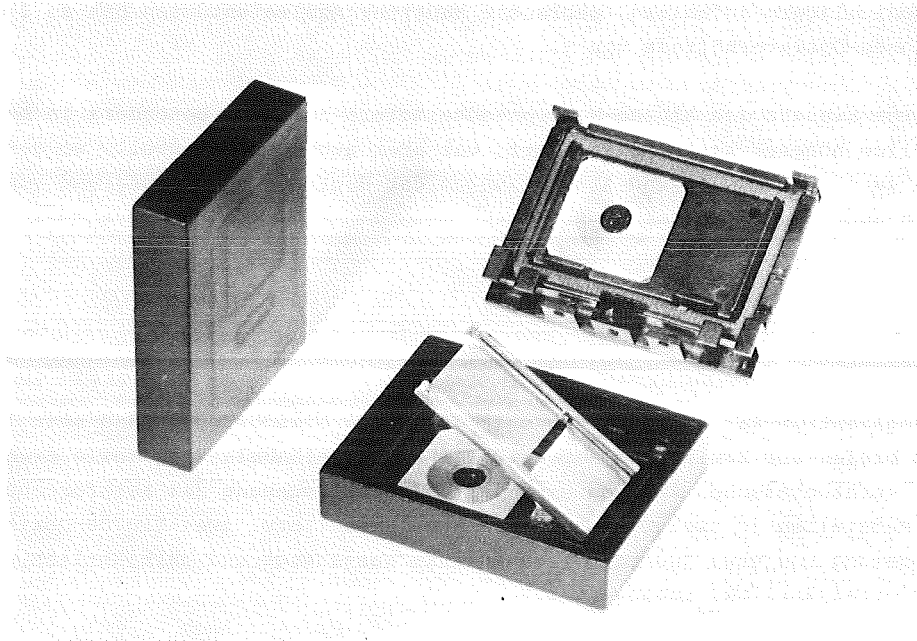


Abb. 6/2: Neues Flachglasdosimeter in Dosimeterkapselung für eine automatische Auswertung

Zur Optimierung der optischen UV-Anregung und der Fluoreszenzmessung wurden mit der vom Lizenznehmer bereitgestellten Optik umfangreiche Meßreihen mit dem Ziel durchgeführt, den Streulichtanteil zu reduzieren und damit die untere Nachweisgrenze für das RPL-Meßsystem zu verbessern. Die Untersuchungen wurden mit verschiedenen Photomultipliern durchgeführt. Für jeden Photomultiplier wurden verschiedene Filterkombinationen für die UV-Anregung und die Fluoreszenzmessung verwendet. Kriterium für die Optimierung waren hierbei der Dunkelstrom sowie das Signal-Rausch-Verhältnis des Photomultipliers, des Streulichtanteiles in der Meßkammer, die Eigenfluoreszenz unbestrahlter Gläser und das Ansprechvermögen des Dosimeters.

Ein besonders gutes Selektionsverhalten zeigen Interferenzfilter, die nur für einen begrenzten Spektralbereich durchlässig sind. Durch zusätzliche Konstruktionsänderungen der Meßkammer konnte das Kammerstreulicht und der Meßwert für die Vordosis erheblich reduziert werden. Der mit dem bisherigen Prototypgerät gemessene Vordosiswert unbestrahlter Dosimeter betrug bisher 3,5 mSv und nach erfolgter Optimierung 0,5 mSv. Der Meßkammer-Streulichtanteil entspricht einer Dosisanzeige von 0,015 mSv. Dies bedeutet eine erhebliche Verbesserung der relativen Standardabweichung bei der Messung kleiner Dosen.

6.2.2 Relative empirische Standardabweichung als Funktion der Dosis für drei verschiedene Phosphatglasauswertegeräte

B. Burgkhardt, E. Piesch

Zur amtlichen Personenüberwachung sowie zur Umgebungsüberwachung werden Phosphatglasdosimeter der Größe $8 \times 8 \times 4,7 \text{ mm}^3$ in der perforierten Zinnkugelnkapselung benutzt. Die Ausmessung dieser

Dosimeter erfolgt größtenteils in Auswertegeräten der Firma Toshiba, die in zwei verschiedenen Ausführungen vorliegen (Bauart FGD 3B und FGD 6B). Unsere Untersuchungen am Gerät FGD 6B zeigten, daß bei allen Geräten dieser Bauart die im Vergleich zum Gerät FGD 3B fünfmal höhere Vordosis auf einen fehlerhaften Aufbau der optischen Meßkammer von seiten des Herstellers zurückzuführen ist. Die Behebung dieses Fehlers ergab eine vergleichbare Vordosis von etwa 0,5 mSv für beide Gerätetypen.

Das von KfK entwickelte automatische Auswertegerät für Phosphatglasdosimeter (siehe auch 6.2.1) zeigt jetzt nach Optimierung des optischen Meßteiles eine erheblich reduzierte Vordosis. Danach erhält man auch für Flachglasdosimeter der Größe 16 x 16 x 1,5 mm³ eine zur bisherigen Glasgröße vergleichbaren Eigenfluoreszenz von 0,5 mSv.

Für die drei verschiedenen Auswertegeräte wurde die empirische Standardabweichung als Funktion der Dosis bestimmt. Die relative empirische Standardabweichung einer Einzelmessung ergibt sich aus der Beziehung

$$s' = \frac{1}{D} \cdot \sqrt{s_o^2 + s_r'^2 \cdot D^2}$$

Hierbei errechnet sich die Standardabweichung s_o eines unbestrahlten Glases und die relative Standardabweichung s_r' für eine Referenzdosis aus jeweils 10 Einzelmeßwerten unter Wiederholbedingungen. Die in Abb. 6/3 wiedergegebene relative Standardabweichung als Funktion der Dosis gilt für eine Vordosis von 0,5 mSv. Die Vordosis wird für jedes Glas durch eine Messung unmittelbar nach Regenerierung individuell bestimmt. Die individuelle Vordosis wird bei der Dosisbestimmung vom jeweiligen Meßwert des Glases subtrahiert.

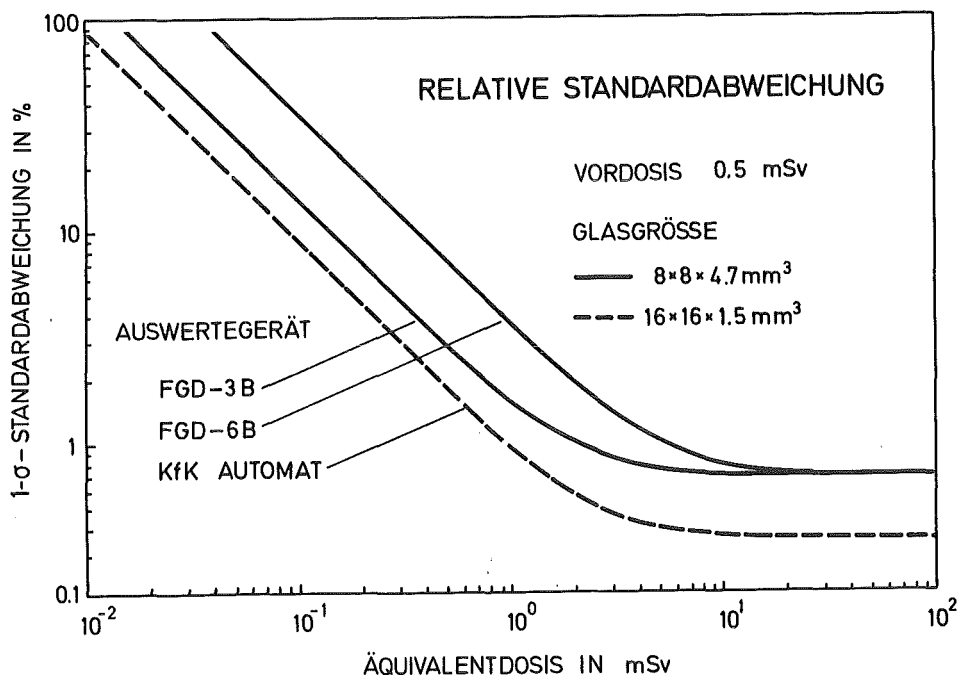


Abb. 6/3: Relative empirische Standardabweichung einer Einzelmessung in Abhängigkeit von der Äquivalentdosis für drei verschiedene RPL-Systeme nach Subtraktion einer Vordosis von 0,5 mSv

Innerhalb der Umgebungsüberwachung erwartet man nach einem Überwachungszeitraum von einem Jahr eine akkumulierte Dosis D_{nat} von mindestens 0,6 mSv. Diese Dosis soll noch mit einer relativen Standardabweichung von $s' \leq 10\%$ meßbar sein. Werden für den neuen Überwachungszeitraum unterschiedlich hoch vorbestrahlte Gläser ohne Anwendung einer Regenerierung wiederverwendet, dann führt die Subtraktion einer höheren Vordosis bei gleichem Dosiserwartungswert D_{nat} zu einer

höheren Standardabweichung. Die relative empirische Standardabweichung für die Messung einer Äquivalentdosis von 0,6 mSv ist in Abb. 6/4 in Abhängigkeit von der Vordosis D_V wiedergegeben. Für die drei RPL-Systeme beträgt der Maximalwert der Vordosis 6 mSv, 9 mSv bzw. 15 mSv. Bei der individuellen Vordosismessung unmittelbar vor dem Überwachungszeitraum ist es zweckmäßig, Gläser mit entsprechend hoher Vordosis zu regenerieren.

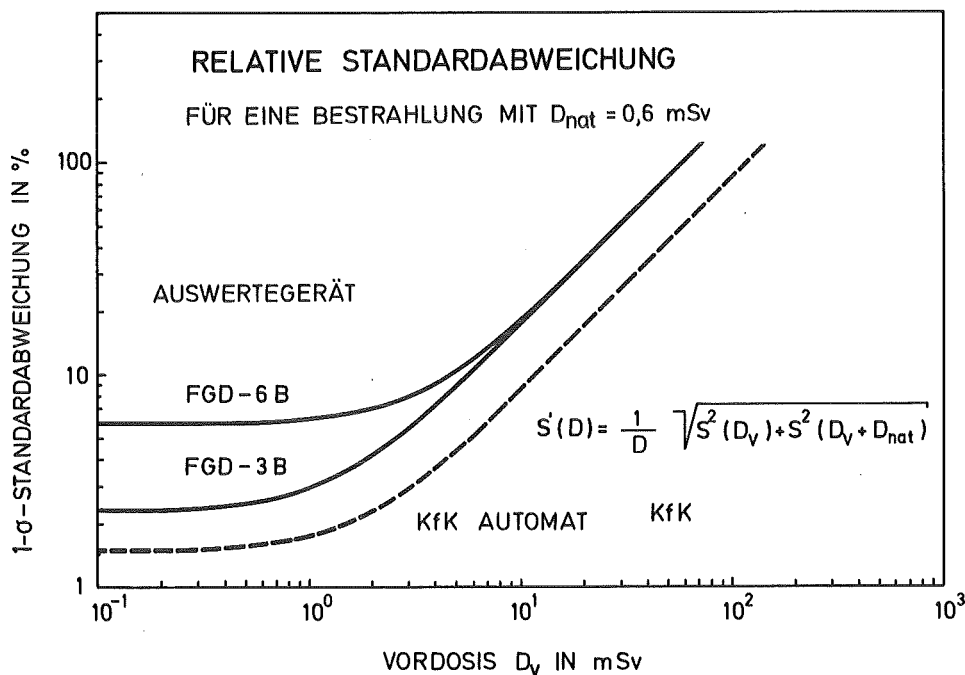


Abb. 6/4: Relative empirische Standardabweichung einer Einzelmessung als Funktion der Vordosis für drei verschiedene RPL-Systeme und einem Dosiserwartungswert von 0,6 mSv

6.2.3 Zulässige Fehlerbreite des amtlichen Personendosimeters für Monatsauswertung und Langzeitüberwachung

E. Piesch

Von den vielfältigen Anforderungen an Dosimetersysteme ist die Meßunsicherheit der Dosimeteranzeige im vorgegebenen Dosisbereich von besonderem Interesse. Für den Einsatz von Dosimetern zur Personen- und Umgebungsüberwachung, insbesondere aber für die jährliche PTB-Kontrollbestrahlung von amtlichen Personendosimetern, werden in den "Anforderungen an die nach Länderrecht zuständige Meßstelle" (1979) sowie in der "Schweizerischen Dosimetrieverordnung" (1981) zulässige Fehlerbreiten vorgegeben. Tab. 6/2 vergleicht die in der Bundesrepublik Deutschland und in der Schweiz für Kontrollbestrahlungen zulässigen Fehlerbreiten für Personendosimeter mit der entsprechenden Meßunsicherheit, die von Festkörperdosimetern zur Umgebungsüberwachung innerhalb der Überwachungsperiode einzuhalten sind. Die zulässigen Fehler werden getrennt für Ganzkörper- und Teilkörperdosimeter bzw. für die verschiedenen Dosimeter-typen angegeben. Aus statistischen Gründen können diese Werte in 10 % der Fälle überschritten werden (Vertrauensniveau von 90 %). Die unterschiedlich hoch vorgegebenen Fehler zeigen, daß Festkörperdosimeter zur Umgebungsüberwachung schon kleine Dosen mit einer höheren Meßgenauigkeit nachweisen. Die hier ausgeführten zulässigen Fehler entsprechen einer Gesamtmeßunsicherheit, die sich aus systematischen Meßunsicherheiten und der Zufallsunsicherheit zusammensetzt.

| Dosimeter | Dosis | zulässige Meßunsicherheit |
|--|---|---------------------------|
| BRD Film / Glas Fingerring | 20 mrem 100 mrem | ± 100% |
| | hohe Dosen bis 100 rem | + 50% / -30% |
| Schweiz TLD / Glas Film (A) ²⁾ Film (B) Neutronen | 50 mrem — 500 rem 50 mrem — 50 rem 100 mrem — 500 rem 200 mrem — 500 rem | + 50% / -30% |
| Umgebungs- überwachung ³⁾ TLD / Glas | ≥ 30 mrem | ± 30% |

1) zulässige Meßunsicherheit für Kalibratorbestrahlungen

2) Energiebereich 15 keV - 250 keV (A) und 15 keV — 3 MeV (B)

3) vorgesehene Empfehlung des Arbeitskreises „Dosismessung externer Strahlung“,
der Dosiswert entspricht einer halbjährlichen Überwachungsperiode im Freien

Tab. 6/2: Anforderungen an Personendosimeter bzw. Festkörperdosimeter zur Umgebungsüberwachung

Bei der empirischen Bestimmung der relativen Standardabweichung einer Einzelmessung im Bereich kleiner Dosen werden jeweils 10 Dosimeter mit unterschiedlich hohen Dosen D_i bestrahlt und die aus 10 Meßwerten berechnete Standardabweichung $s(D_i)$ als Funktion der Dosis aufgetragen. Da vom Meßwert jeweils die Anzeige unbestrahlter Dosimeter subtrahiert wird, muß die entsprechende Standardabweichung s_0 berücksichtigt werden, es gilt

$$s(D_i) = \frac{1}{D_i} \cdot \sqrt{s_0^2 + s(D_i)^2}$$

Bei amtlichen Dosimetern wird der Dosismesswert insbesondere bei kleinen Dosen in Schritten von 0,2 mSv angegeben. Hierfür muß eine zusätzliche Zufallsunsicherheit A_D berücksichtigt werden. Die relative empirische Standardabweichung einer Einzelmessung ergibt sich damit für die Dosisanzeige D_i zu

$$s(D_i) = \frac{1}{D_i} \sqrt{s_0^2 + s^2(D_i) + \frac{1}{3} A_D^2}$$

Durch die Aufteilung in Dosisgruppen verschlechtert sich die Meßunsicherheit insbesondere bei kleinen Dosen. Nach der StrlSchV müssen beruflich strahlenexponierte Personen regelmäßig mit Personendosimetern überwacht werden, wenn eine Jahresdosis von 5 mSv überschritten wird. Mit dem amtlichen Dosimeter wird die kleinste monatlich noch nachweisbare Dosis von 0,2 mSv mit einer zulässigen Fehlerbreite von ± 100 % angezeigt. Hierbei ergibt sich die Frage, welche langzeitige Meßunsicherheit mit dem amtlichen Personendosimeter erwartet wird, wenn bei monatlichen Bestrahlungsdosen von jeweils 0,2 mSv die nach einem Jahr akkumulierte Dosis 2,5 mSv beträgt. Für die Monatsdosis von 0,2 mSv wurde hierbei eine Zufallsunsicherheit von ± 67 % angenommen, die sich aus der Festlegung der Dosisanzeige in Stufen von 0,2 mSv und einer statistischen Meßunsicherheit von 15 % bei 0,2 mSv ergibt.

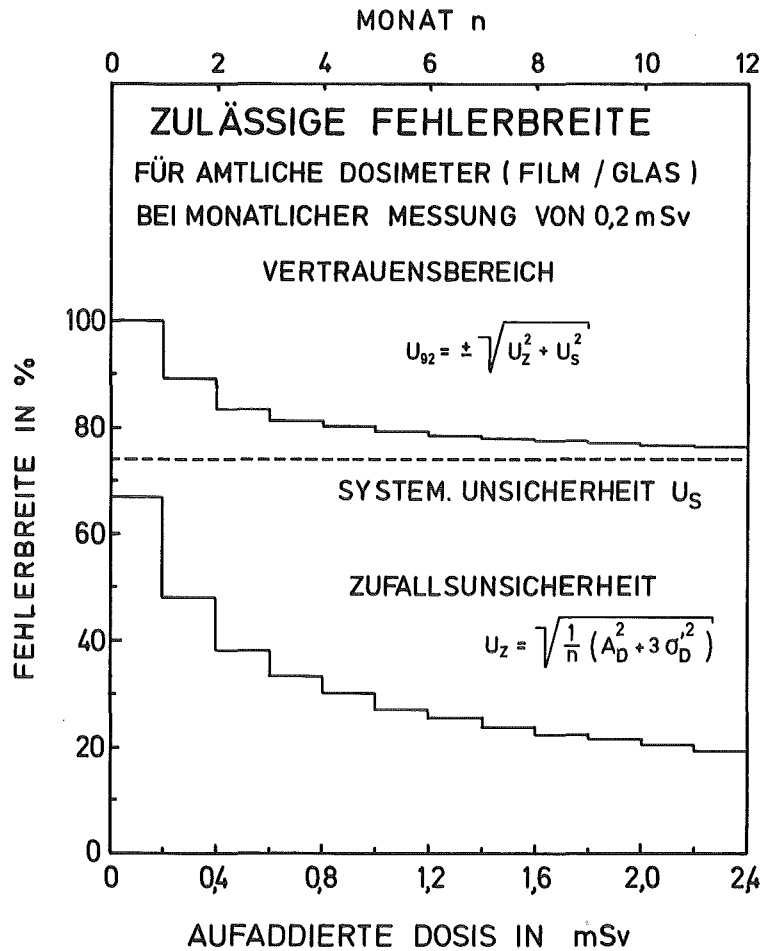


Abb. 6/5: Zulässige Fehlerbreite des amtlichen Personendosimeters für die Ermittlung einer Jahresdosis bei monatlicher Auswertung von jeweils 0,2 mSv

Die zulässige Fehlerbreite ist in Abb. 6/5 für eine Monatsdosis von 0,2 mSv und für einen Zeitraum von einem Jahr wiedergegeben. Nach einem Jahr beträgt die zulässige Fehlerbreite für eine Dosis von 2,4 mSv, die hauptsächlich durch systematische Fehlerbeiträge bedingt ist, immer noch $\pm 74\%$ im Vergleich zu einem Wert von $\pm 30\%$, der bei Umgebungsdosimetern schon für die Messung des natürlichen Strahlenpegels bei einer kleineren Jahresdosis von 0,6 mSv einzuhalten ist.

6.2.4 Praktische Erfahrungen mit automatischen TLD-Systemen

B. Burgkhardt

Innerhalb des Arbeitskreises "Dosismessung externer Strahlung" des Fachverbandes für Strahlenschutz beteiligten sich im Frühjahr 1982 15 Dosimetrielabors in Österreich, der Schweiz und der Bundesrepublik Deutschland an einer Umfrage über praktische Erfahrungen mit vollautomatischen TLD-Auswertesystemen [6]. Zur Zeit werden weltweit vollautomatische TLD-Systeme von sechs Herstellern angeboten. In den drei Ländern werden für Aufgaben der Personen- und Umgebungsüberwachung 23 Automaten von drei Herstellern eingesetzt.

Bei der Anzahl der Auswertungen pro Jahr (siehe Abb. 6/6) ist die stetige Zunahme insbesondere in Österreich auf eine Umstellung der Personenüberwachung von Film auf TLD zurückzuführen. Bedingt durch die Neuordnung der Personendosimetrie in der Schweiz und die Anwendung von TLD-Systemen bei acht gesetzlich anerkannten Dosimetriestellen wird hier 1983 ein entsprechender Anstieg erwartet. In der BRD sind innerhalb der amtlichen Personenüberwachung ausschließlich TLD-Fingerringdosimeter zugelassen, für die zur Zeit kein Vollautomat zur Verfügung steht.

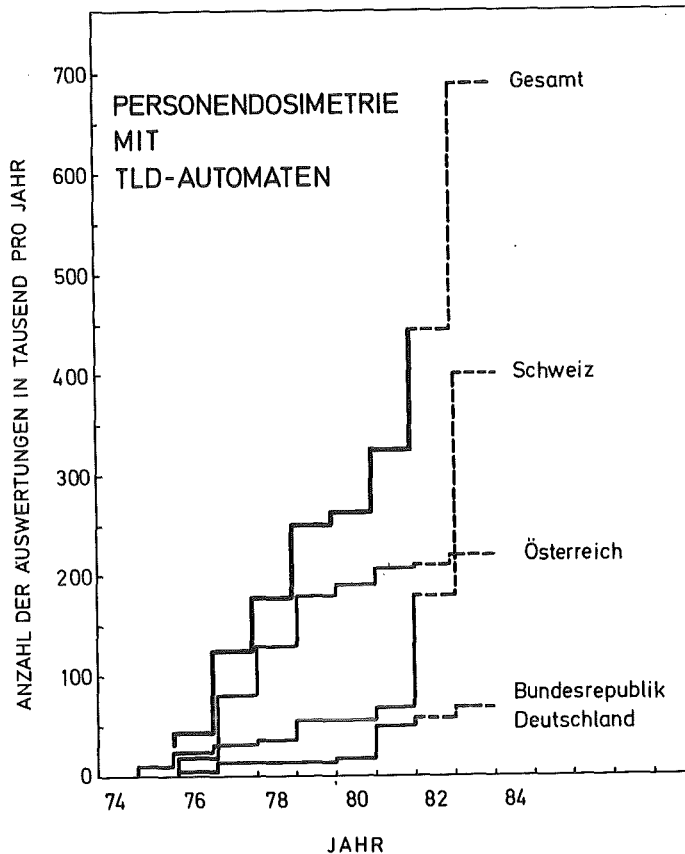


Abb. 6/6: Anzahl der Auswertungen pro Jahr mit TLD-Automaten [6]

Folgende Umfrageergebnisse seien hier angeführt:

- Wirtschaftlichkeitsüberlegungen zeigten, daß u. U. schon bei 2 000 Personenüberwachungen der Preis der Dosimeterkapselung stärker in die Kalkulation eingeht als die Investition des Gerätes.
- Der Personalbedarf zur Inbetriebnahme eines Automaten ist von der TLD-Erfahrung des jeweiligen Labors, der Zielsetzung hinsichtlich Genauigkeit der Auswertung und der Güte des individuellen Gerätes abhängig und wird mit 2 Manntagen des Herstellers und zwischen 5 und 50 Akademikertagen des Anwenders angegeben.
- Die häufigste Funktionsstörung trat im mechanischen Teil beim Dosimetertransport auf. Die Ausfallhäufigkeit bei Datenausgabe und Transport ist gerätebedingt und liegt zwischen 0,05 % und 1 %.
- Grobe Fehlmessungen werden durch Warnsysteme der Geräte und durch Zusatzdetektoren innerhalb der Dosimeterkapselung für ausgeschlossen gehalten. In 90 % der Auswertezeit können Parallelarbeiten in Automatennähe ausgeführt werden. Bei Geräteausfall wird ein Zusatzgerät, ein Handauswertegerät oder ein Auswertegerät-Verbundsystem vorgeschlagen.
- Die relative empirische Standardabweichung einer Einzelmessung (siehe Abb. 6/7) ist bei LiF - und $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ -Dosimetern für alle TLD-Automaten vergleichbar. Die Streuung der relativen

Standardabweichung zwischen 2 % und 9 % bei hohen Dosen ist auf eine unterschiedliche Selektion der Dosimeterchargen im Hinblick auf die individuelle Empfindlichkeit zurückzuführen.

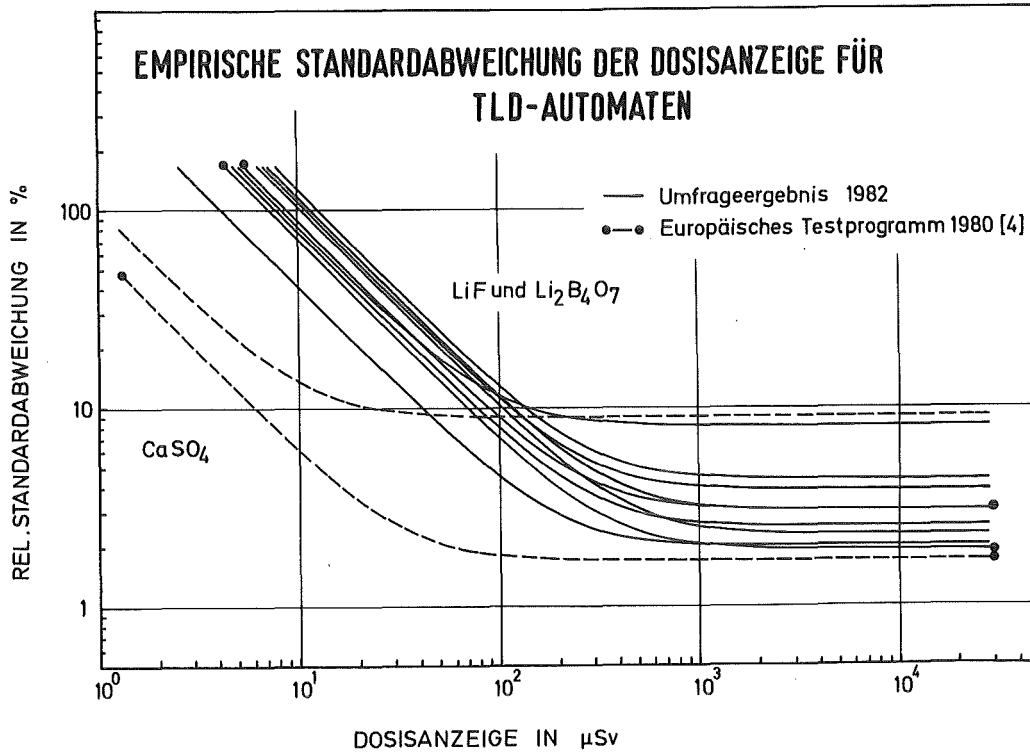


Abb. 6/7: Relative empirische Standardabweichung der Dosisanzeige (1-s-Wert) für die TLD-Automaten in Labors von Österreich, der Schweiz und der Bundesrepublik Deutschland

6.3 Neutronendosimetrie

6.3.1 Neutronenkalibrierung des Einkugel-Albedomeßsystems bei der PTB

E. Piesch und B. Burgkhardt

Im Hinblick auf eine Standardisierung der Einkugel-Albedomeßtechnik wurde das Ansprechvermögen der ${}^6\text{LiF}$ -Thermolumineszenzdetektoren im Karlsruher Albedodosimeter und im Zentrum einer 30-cm-Polyäthylenkugel in Abhängigkeit von der Neutronenenergie bestimmt. Die Kalibrierbestrahlungen erfolgten bei der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, Braunschweig, mit monoenergetischen Neutronen im Energiebereich 50 keV bis 2,5 MeV sowie mit thermischen Neutronen bzw. 2 keV und 24 keV Reaktorneutronen. Das relative Ansprechvermögen bezogen auf die Neutronenfluenz ist in Abb. 6/8 in Abhängigkeit von der Neutronenenergie wiedergegeben. Für den Energiebereich mittelschneller Neutronen wurden berechnete Ergebnisse verwendet, die von Awshalom für den Detektor c in der Polyäthylenkugel bzw. von Alsmiller für einen Albedodetektor erhalten wurden. Die Berechnungen zeigen gute Übereinstimmung zu den vorliegenden Meßergebnissen bis zu Energien von 2 MeV. Bemerkenswert ist das erhöhte Ansprechvermögen des Albedodetektors i bei 340 keV. Hierfür verantwortlich ist der Wirkungsquerschnitt der ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ -Reaktion, die hier einen Peak aufweist. Der Meßwert des Albedodosimeters ergibt sich insbesondere durch den Meßwertanteil thermischer Albedoneutronen, zu dem sich hier der Beitrag der (n,α) Reaktion addiert.

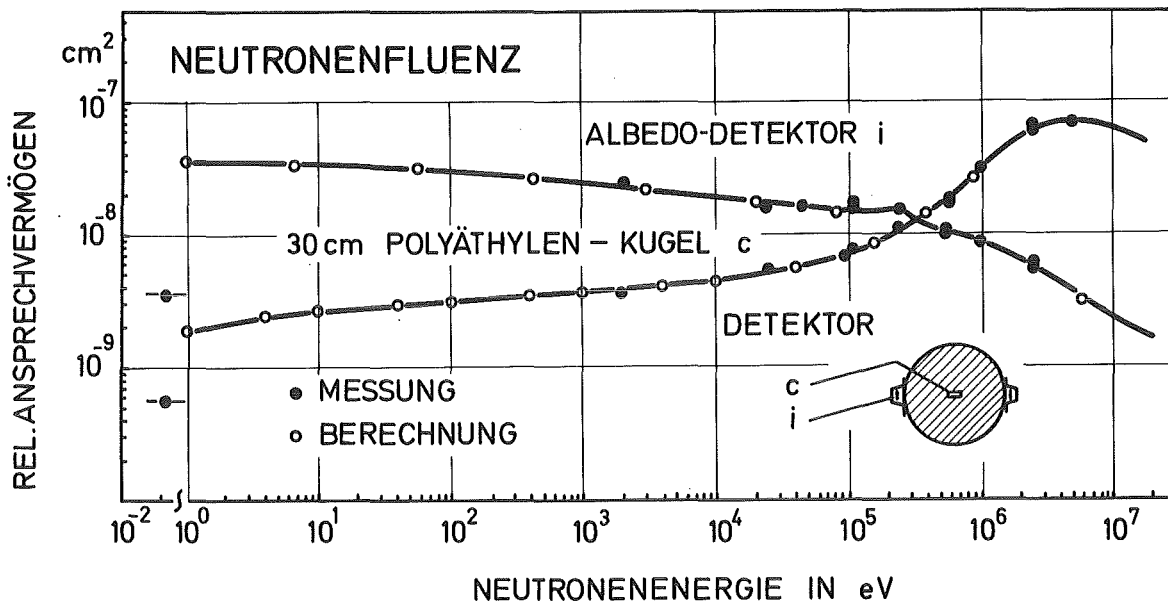


Abb. 6/8: Relatives Ansprechvermögen zur Messung der Neutronenfluenz für den Albedodetektor i und einen Detektor c im Zentrum einer Polyäthylenkugel von 30 cm Durchmesser in Abhängigkeit von der Neutronenenergie

6.3.2 Erweiterung der Einkugel-Albedomeßtechnik auf die Bestimmung der Neutronenfluenz, der Energiedosis und des Qualitätsfaktors

Das Einkugel-Albedomeßverfahren, zunächst zur Kalibrierung von Albedodosimetern angewandt, wurde in den letzten Jahren zur Standardmethode für eine Analyse von Neutronenstreustrahlungsfeldern weiterentwickelt [44, 48, 49]. Das erweiterte Meßverfahren ermöglicht jetzt die Messung aller im Neutronenstreustrahlungsfeld interessierenden Größen wie der Neutronenäquivalentdosis H , der Neutronenfluenz f , der Energiedosis D sowie die Ermittlung des effektiven Qualitätsfaktors Q_{eff} , des Neutronenfluenz-Energiedosis-Umrechnungsfaktors d_{eff} und des Neutronenfluenz-Äquivalentdosis-Umrechnungsfaktors h_{eff} .

Das Meßsystem benutzt die Anzeige von TLD-Neutronendetektoren im Zentrum c einer 30-cm-Polyäthylenkugel und von in zwei an der Kugel diametral angeordneten Albedodosimetern in den Meßpositionen a , m , i (siehe Abb. 6/9). Das Ansprechvermögen der Detektoren in Abhängigkeit von der Neutronenenergie wurde bei der PTB Braunschweig mit monoenergetischen Neutronen bestimmt. Wir konnten zeigen, daß eine lineare Kombination der Detektoranzeigen $\alpha(i)$ und $\alpha(c)$ zu einer annähernd energieunabhängigen Bestimmung von Φ und D herangezogen werden kann.

$$\Phi = k_1 \cdot \alpha(i) + k_2 \alpha(c)$$

$$D = k_3 \cdot \alpha(c) + k_4 \alpha(i)$$

Die Linearkombination der Detektoranzeigen $\alpha(i)$ und $\alpha(c)$ führt bei monoenergetischen Neutronen im Energiebereich 1 keV bis 10 keV zu einer maximalen Energieabhängigkeit von +20 % und -10 % bei der Bestimmung der Energiedosis bzw. +28 % und -18 % bei der Bestimmung der Neutronenfluenz. Bei Neutronenenergien um 1 eV wird eine Maximalabweichung von 50 % erwartet (siehe auch Abb. 6/9).

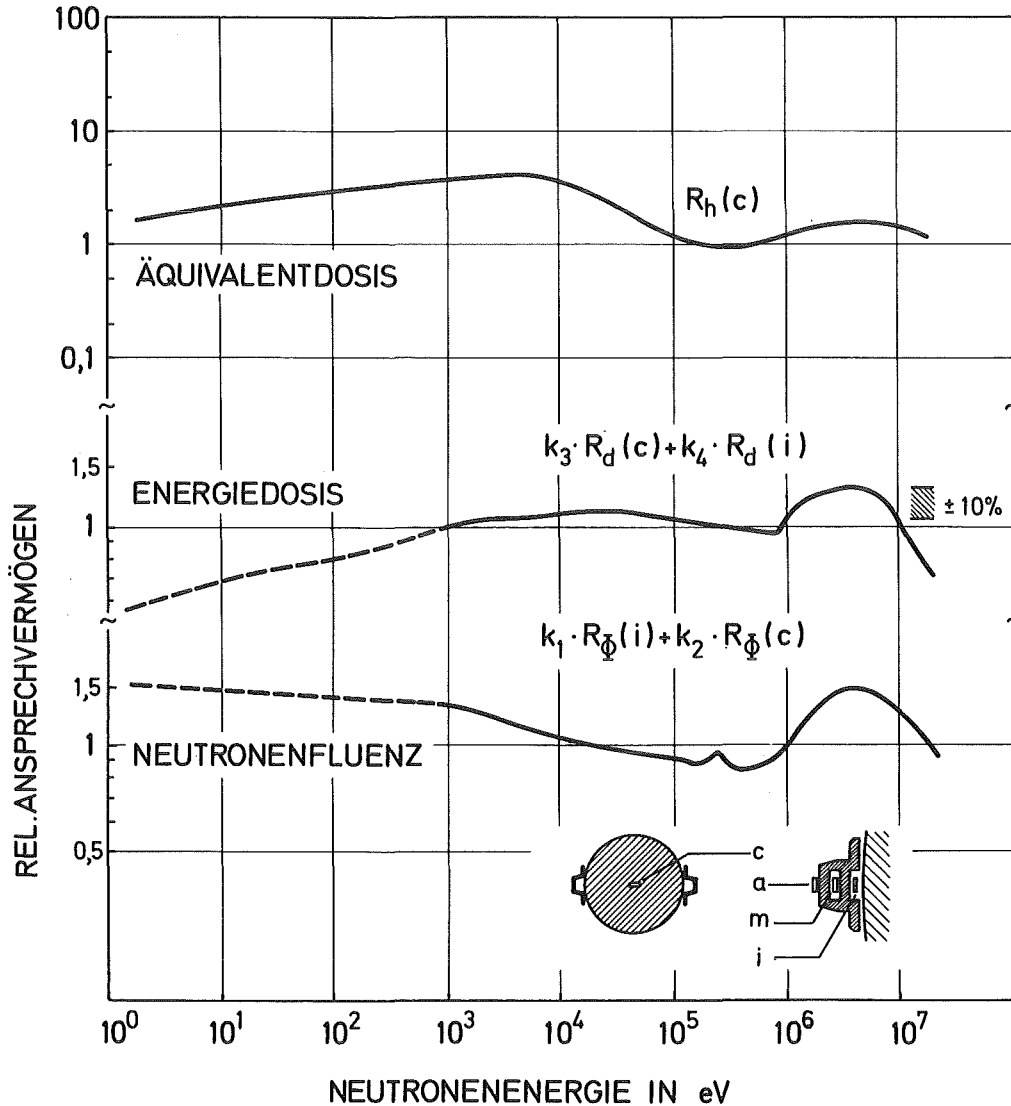


Abb. 6/9: Energieabhängigkeit des Ansprechvermögens für die Äquivalentdosis R_h bei alleiniger Verwendung des Detektors c sowie Energieabhängigkeit der Linearkombinationen der Ansprechvermögen für die Neutronenenergiedosis R_d bzw. für die Neutronenfluenz R_ϕ bei Verwendung der Detektoren c und i

Für die Auswertung der TLD-Detektoren und der Berechnung der Neutronenfelddaten wird ein komplexes On-line-Rechenprogramm eingesetzt, welches in Abb. 6/10 näher beschrieben wird. Das Rechenprogramm ermittelt bei der Auswertung der TLD600/TLD700-Detektoren den Neutronenmeßwert [49], korrigiert die Richtungsabhängigkeit des Albedodosimeters sowie die Energieabhängigkeit durch Aufteilung der Dosisanzeigen $\alpha(k)$ in 3 Energiebereiche und bestimmt danach die interessierenden Meßgrößen. Das Rechenprogramm zur Korrektur der Richtungsabhängigkeit des Albedodosimeters berücksichtigt das Meßwertverhältnis der diametral auf der Kugel bestrahlten Detektoren a, m, i. Die Korrektur erfolgt getrennt für thermische, epithermische und schnelle Neutronen.

Die Einkugel-Albedomeßtechnik benutzt eine Response-Matrix, welche die 4 Detektoranzeigen $\alpha(k)$ mit $k = a, m, i, c$ aufgeteilt in 3 Energiebereich enthält:

$$\alpha(k) = R_{\phi,th}(k) \cdot \phi_{th} + R_{\phi,e}(k) \cdot \phi_e + R_{\phi,f}(k) \cdot \phi_f$$

Hierbei sind $\alpha(k)$ die TLD-Anzeigen der Detektoren $k = c, i, m, a$ nach entsprechender Subtraktion der Gammadosis, $\phi_{th}, \phi_e, \phi_f$ die Neutronenfluenzkomponenten und $R_{\phi,th}(k), R_{\phi,e}(k), R_{\phi,f}(k)$ die entsprechenden Neutronenfluenz-Ansprechvermögen für thermische, epithermische und schnelle Neutronen.

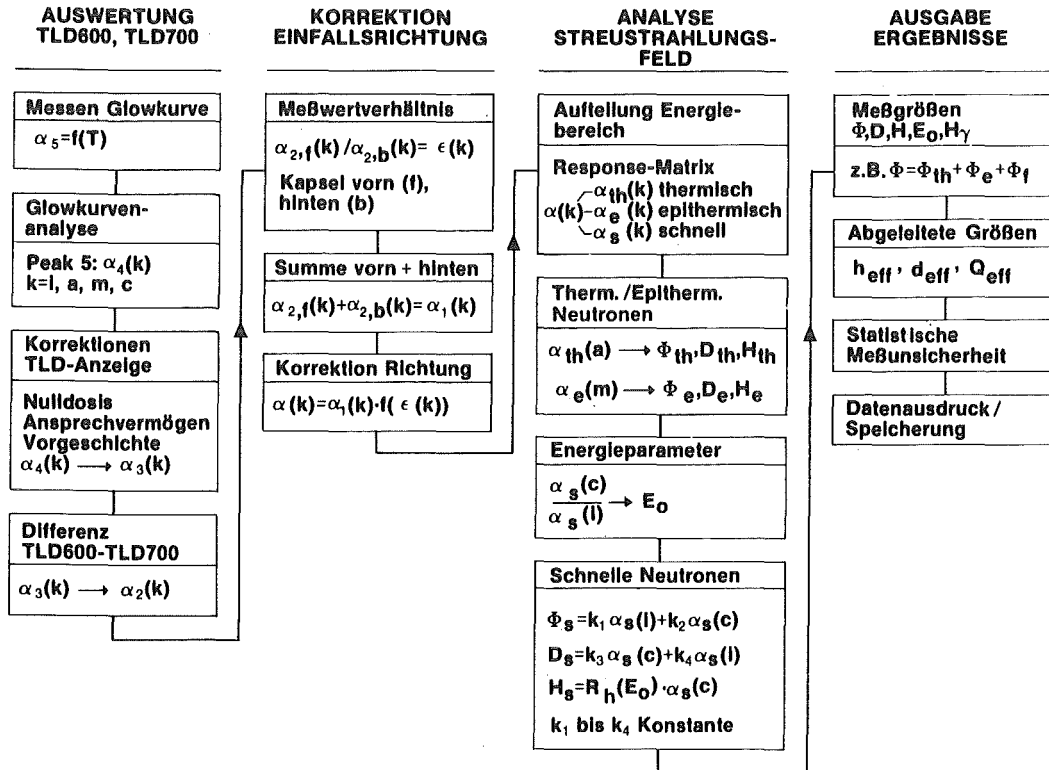


Abb. 6/10 On-line-rechnerunterstützte Auswertung von TLD-Detektoren und Berechnung der Neutronenfelddaten für das Einkugel-Albedomeßsystem

Daraus lassen sich ϕ_{th}, ϕ_e und über den Meßwertanteil $\alpha_s(k)$ für schnelle Neutronen ϕ_s, D_s und H_s nach den Gleichungen in Abb. 6/10 ermitteln. Bei der Bestimmung von H wird die Energieabhängigkeit des Ansprechvermögens für schnelle Neutronen mit Hilfe des Energieparameters E_0 verringert:

$$\phi = \phi_{th} + \phi_e + k_1 \cdot \alpha_f(i) + k_2 \cdot \alpha_f(c)$$

$$D = d_{th} \cdot \phi_{th} + d_e \cdot \phi_e + k_3 \cdot \alpha_f(c) + k_4 \cdot \alpha_f(i)$$

$$H = h_{th} \cdot \phi_{th} + h_e \cdot \phi_e + R_{h,E_0} \cdot \alpha_f(c)$$

Hierbei sind $\alpha_f(i)$ und $\alpha_f(c)$ die Dosimeteranzeigen der Detektoren i und c für schnelle Neutronen, k_1, k_2, k_3 und k_4 Konstanten, d und h sind die empfohlenen Neutronenfluenz-Energiedosis-Umrechnungsfaktoren und Neutronenfluenz-Äquivalentdosis-Umrechnungsfaktoren für diskrete Neutronenenergien nach ICRP 21, wobei für benachbarte Neutronenenergien eine log-log-Interpolation angewandt wurde.

Für die Ermittlung weiterer Felddaten ergibt sich mit dem jeweiligen Meßwert H, D und ϕ

- der effektive Neutronenfluenz-Äquivalentdosis-Umrechnungsfaktor

$$h_{\text{eff}} = H/\phi = \int h(E) \cdot \phi(E) \cdot dE / \int \phi(E) \cdot dE$$

- der effektive Neutronenfluenz-Energiedosis-Umrechnungsfaktor

$$d_{\text{eff}} = D/\phi = \int d(E) \cdot \phi(E) \cdot dE / \int \phi(E) \cdot dE$$

- der effektive Qualitätsfaktor

$$Q_{\text{eff}} = H/D = \int h(E) \cdot \phi(E) \cdot dE / \int d(E) \cdot \phi(E) \cdot dE$$

Die Meßunsicherheit der Einkugel-Albedomeßtechnik ergibt sich aus der PTB-Kalibrierung ($\pm 5\%$), der TLD-Messung bei größeren Dosen ($\pm 5\%$), der Subtraktion des Gammadosisanteiles sowie der Energie- und Richtungsabhängigkeit des Systems von jeweils etwa $\pm 15\%$. Die Meßmethode erfordert in der Anwendung lediglich eine Gammakalibrierung.

Das Einkugel-Albedomeßsystem hat wegen der Kugelsymmetrie und der Richtungskorrektur der Albedodosimeteranzeigen ein isotropes Ansprechvermögen. Die Strahlenanteile aus verschiedenen Einfallswinkeln β werden additiv bewertet. In Neutronenstreustrahlungsfeldern entspricht dem Meßwert von D und H daher die Summe aller Dosisanteile $D = \sum D_{\text{max}}(E_i, \beta_i)$ und $H = \sum H_{\text{max}}(E_i, \beta_i)$. Entsprechend der derzeitigen ICRP-Empfehlung sind D_{max} bzw. H_{max} jeweils Maximalwerte bezogen auf ein zylindrisches Phantom bei Frontalbestrahlung mit monoenergetischen Neutronen der Energie E_i .

Die Einkugel-Albedomeßtechnik soll bevorzugt zur Kalibrierung von Albedo-Neutronendosimetern in Neutronenstreustrahlungsfeldern eingesetzt werden [48]. Vorzug der beschriebenen Meßtechnik gegenüber der Vielkugel-Meßmethode ist die gleichzeitige Bestrahlung aller Detektoren und damit konsistentere Ergebnisse insbesondere auch bei der Bestimmung des effektiven Qualitätsfaktors und der Umrechnungsfaktoren. Der zeitliche und apparative Aufwand für eine Messung ist andererseits nicht vergleichbar mit spektroskopischen Meßverfahren und der Vielkugel-Meßmethode mit bis zu 15 Moderatorokugeln unterschiedlichen Durchmessers.

6.3.3 Experimentelle Untersuchung des Neutronenstreustrahlungsfeldes am HPRR in Oak Ridge mit der Einkugel-Albedomeßtechnik

E. Piesch, B. Burgkhardt und G. Venkataraman

Zur Überprüfung der Meßunsicherheit der Einkugel-Albedomeßtechnik beteiligte sich die Abteilung Dosimetrie regelmäßig an den jährlich stattfindenden Neutronen-Vergleichsbestrahlungen am Health Physics Research Reactor (HPRR) in Oak Ridge. Am nicht abgeschirmten Core dieses Forschungsreaktors kann das Neutronenspektrum durch Aufstellung Core-naher Abschirmungen verändert werden. Die ORNL-Referenzdaten werden aus Energiedosismessungen mit Aktivierungsdetektoren und Ionisationskammern gewonnen. Für die jeweiligen Neutronenfelder hinter den Abschirmungen liegen berechnete Neutronenfluenz-Energieverteilungen vor, die zur Bestimmung der Neutronenfluenz-Äquivalentdosis-Umrechnungsfaktoren zugrunde gelegt werden. Die Einkugel-Albedomeßtechnik bot hierbei erstmalig die Möglichkeit, alle Neutronenfelddaten zu messen und mit den jeweiligen ORNL-Referenzdaten zu vergleichen. Die Auswertung einer Vielzahl von Meßwerten gibt eine zusätzliche Aussage über die Reproduzierbarkeit der angewandten Meß- und Auswertemethode. Die Kenntnis der Neutronenenergieverteilung und der Energieabhängigkeit des Ansprechvermögens der Detektoren gestattet andererseits die Berechnung der Dosisanzeige und damit einen Vergleich zwischen gemessenen und berechneten Ergebnissen.

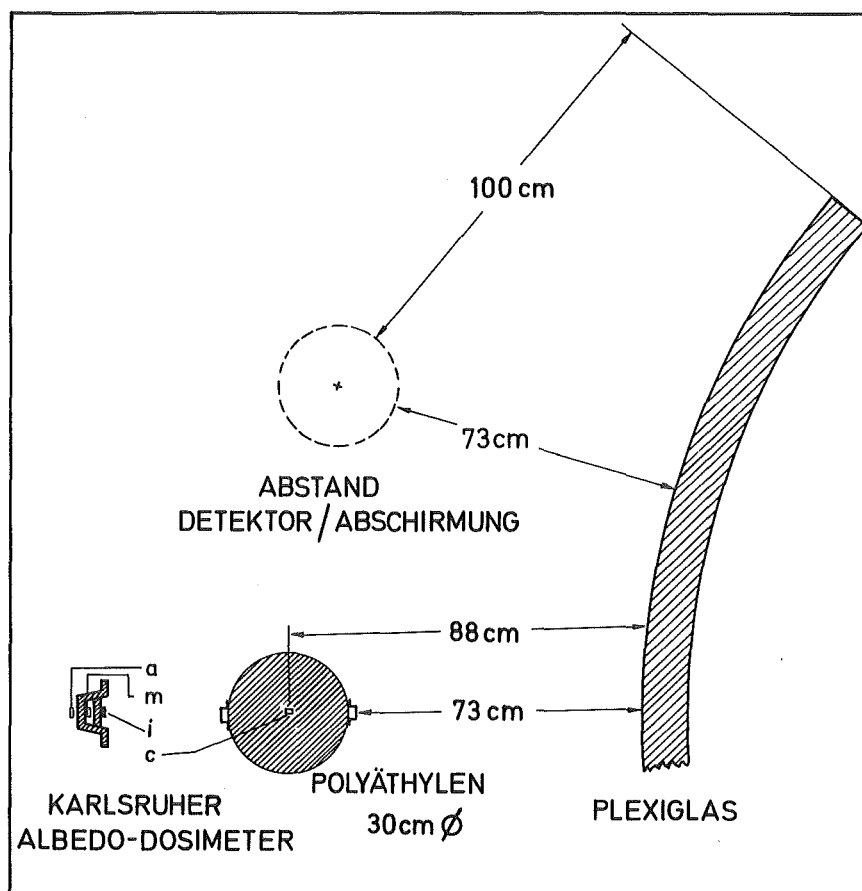


Abb. 6/11: Bestrahlungsanordnung für die Einkugel-Albedomeßtechnik am HPRR in Oak Ridge, Abschirmung 12 cm Plexiglas

| ABSCHEIDUNG | EXPERIMENT | ZAHL DER SPALTUNGEN | NORMIERTE WERTE FÜR 10 ¹⁶ SPALTUNGEN | | | ENERGIEDOSIS-FLUENZ KONVERSIONSFAKTOR d _{eff} | ÄQUIVALENT-DOSIS-FLUENZ KONVERSIONSFAKTOR h _{eff} | QUALITÄTSFAKTOR Q _{eff} |
|----------------------|------------|---------------------|---|--------------------|---------------------|--|--|----------------------------------|
| | | | FLUENZ | ENERGIE-DOSIS | ÄQUIVALENT-DOSIS | | | |
| | | | Φ | D | H | | | |
| | | 10 ¹³ | 10 ⁹ cm ⁻² | 10 ² Gy | 10 ⁻² Sv | 10 ⁻¹¹ Gy·cm ² | 10 ⁻¹¹ Sv·cm ² | |
| KEINE | PDIS 5 | 2.84 | 21.0 | 54.3 | 491.4 | 2.58 | 23.4 | 9.1 |
| | | 2.84 | 20.9 | 54.3 | 475.4 | 2.60 | 22.7 | 8.8 |
| | PDIS 6 | 3.05 | 21.0 | 55.3 | 496.5 | 2.63 | 23.6 | 9.0 |
| | | 3.05 | 22.9 | 55.8 | 494.6 | 2.44 | 21.6 | 8.9 |
| | PDIS 6 | .74 | 21.7 | 57.8 | 508.2 | 2.66 | 23.4 | 8.8 |
| | | .74 | 22.6 | 58.2 | 491.7 | 2.58 | 21.8 | 8.4 |
| | PDIS 7 | 1.83 | 22.8 | 59.6 | 541.2 | 2.61 | 23.7 | 9.1 |
| | | 1.83 | 24.3 | 60.3 | 523.2 | 2.48 | 21.5 | 8.7 |
| | PDIS 7 | .99 | 20.3 | 52.6 | 476.3 | 2.59 | 23.4 | 9.1 |
| | | .99 | 21.6 | 53.2 | 448.9 | 2.47 | 20.8 | 8.4 |
| | NAD 17 | 7610.00 | 25.4 | 69.8 | 572.8 | 2.75 | 22.5 | 8.2 |
| | | 7610.00 | 25.7 | 69.6 | 610.7 | 2.71 | 23.8 | 8.8 |
| | NAD 18 | 7030.00 | 24.5 | 67.4 | 590.8 | 2.75 | 24.1 | 8.8 |
| | | 7030.00 | 25.6 | 67.9 | 574.2 | 2.65 | 22.4 | 8.5 |
| KFK MITTEL | | | 22.9 | 59.7 | 521.1 | 2.61 | 22.8 | 8.7 |
| Max. ABWEICHUNG | | | 12% | 14% | 16% | 6% | 7% | 5% |
| PLEXIGLAS 12 cm | PDIS 5 | 10.20 | 6.3 | 11.0 | 87.7 | 1.75 | 14.0 | 8.0 |
| | | 10.20 | 6.0 | 10.9 | 85.7 | 1.82 | 14.3 | 7.9 |
| | PDIS 5 | 3.92 | 6.7 | 11.6 | 90.4 | 1.73 | 13.5 | 7.8 |
| | | 3.92 | 6.3 | 11.5 | 89.0 | 1.82 | 14.1 | 7.8 |
| | PDIS 6 | 3.94 | 6.3 | 10.4 | 83.2 | 1.67 | 13.3 | 8.0 |
| | | 3.94 | 6.7 | 10.6 | 85.3 | 1.58 | 12.7 | 8.0 |
| | PDIS 6 | 10.30 | 6.0 | 9.8 | 74.0 | 1.63 | 12.3 | 7.6 |
| | | 10.30 | 6.4 | 9.9 | 76.1 | 1.56 | 11.9 | 7.7 |
| | PDIS 7 | 2.70 | 7.2 | 12.0 | 95.8 | 1.67 | 13.4 | 8.0 |
| | | 2.70 | 7.5 | 12.1 | 96.7 | 1.62 | 12.9 | 8.0 |
| | PDIS 7 | 26.30 | 7.1 | 12.0 | 92.8 | 1.69 | 13.1 | 7.8 |
| | | 26.30 | 7.4 | 11.9 | 102.4 | 1.61 | 13.8 | 8.6 |
| | NAD 18 | 5620.00 | 7.0 | 11.7 | 88.0 | 1.68 | 12.7 | 7.5 |
| | | 5620.00 | 7.9 | 12.0 | 97.7 | 1.52 | 12.4 | 8.2 |
| KFK MITTEL | | | 6.8 | 11.2 | 88.9 | 1.67 | 13.2 | 7.9 |
| Max. ABWEICHUNG | | | 14% | 10% | 16% | 9% | 9% | 7% |
| BETON 20 cm | PDIS 5 | 8.64 | 7.1 | 12.1 | 104.1 | 1.70 | 14.6 | 8.6 |
| | | 8.64 | 6.5 | 12.0 | 94.9 | 1.84 | 14.5 | 7.9 |
| | PDIS 5 | 2.01 | 7.8 | 13.3 | 116.0 | 1.71 | 14.9 | 8.7 |
| | | 2.01 | 7.3 | 13.2 | 111.8 | 1.79 | 15.2 | 8.5 |
| | PDIS 6 | 1.99 | 7.1 | 12.1 | 86.3 | 1.70 | 12.1 | 7.1 |
| | | 1.99 | 7.1 | 12.1 | 86.8 | 1.72 | 12.3 | 7.2 |
| | PDIS 6 | 8.94 | 7.3 | 11.7 | 97.4 | 1.60 | 13.3 | 8.3 |
| | | 8.94 | 7.6 | 11.7 | 100.3 | 1.55 | 13.3 | 8.5 |
| | PDIS 7 | 4.89 | 7.6 | 12.8 | 104.1 | 1.68 | 13.7 | 8.2 |
| | | 4.89 | 7.4 | 12.8 | 93.5 | 1.73 | 12.7 | 7.3 |
| | NAD 17 | 5180.00 | 7.4 | 11.7 | 99.0 | 1.60 | 13.4 | 8.4 |
| | | 5180.00 | 6.5 | 11.6 | 73.9 | 1.79 | 11.4 | 6.4 |
| | NAD 18 | 5590.00 | 7.6 | 12.4 | 103.5 | 1.63 | 13.6 | 8.3 |
| | | 5590.00 | 7.6 | 12.5 | 95.0 | 1.64 | 12.5 | 7.6 |
| KFK MITTEL | | | 7.3 | 12.3 | 97.6 | 1.69 | 13.4 | 7.9 |
| Max. ABWEICHUNG | | | 9% | 7% | 22% | 8% | 14% | 15% |
| EISEN 5 cm | NAD 17 | 4540.00 | 15.8 | 39.0 | 358.6 | 2.47 | 22.7 | 9.2 |
| | | 4540.00 | 15.9 | 39.2 | 342.9 | 2.46 | 21.6 | 8.8 |
| | KFK MITTEL | | | 15.8 | 39.1 | 350.8 | 2.47 | 22.1 |
| PLEXIGLAS + BETON | PDIS 7 | 75.80 | 2.2 | 3.5 | 26.9 | 1.61 | 12.3 | 7.7 |
| | | 75.80 | 2.5 | 3.6 | 29.4 | 1.45 | 11.9 | 8.2 |
| | KFK MITTEL | | | 2.3 | 3.5 | 28.1 | 1.53 | 12.1 |

Tab. 6/3: Experimentelle Ergebnisse von 5 verschiedenen Meßvergleichen der Einkugel-Albedo-meßtechnik am HPRR in Oak Ridge

Abb. 6/11 verdeutlicht die Bestrahlungsverhältnisse am HPRR. Die Bestrahlungen erfolgten jeweils in einem Abstand von 3 m vom Reaktorzentrum. Die entsprechende Beton- und Stahlabschirmung wird in 1 m Abstand vom Reaktorcore und die Plexiglasabschirmung in 2 m Abstand aufgebaut. Die Bestrahlungen liegen bei den PDIS-Experimenten für Personendosimeter zwischen 1 mSv und 30 mSv und bei den NAD-Experimenten für Unfalldosimeter zwischen 0,3 Gy und 5 Gy. Wegen der beschränkten Höhe bzw. Breite der Abschirmungen sowie wegen des kleinen Abstandes zwischen Moderatorkugel und Abschirmung bzw. Boden unterscheiden sich die Bestrahlungsbedingungen von einer Freiluftkalibrierung. Insbesondere ist bei den Abschirmungen mit zusätzlichen Streustrahlungsanteilen aus der Experimentierhalle zu rechnen, die bei theoretischen Spektren unberücksichtigt bleiben. Die Meßergebnisse der Einkugel-Albedomeßtechnik sind für 5 Vergleichsmessungen in Tab. 6/3 wiedergegeben und zum Vergleich auf eine Reaktorleistung von 10^{16} Spaltungen normiert. Für jede Bestrahlung werden jeweils die Meßergebnisse für eine Einstrahlung unter 0° bzw. 90° und für jede Reaktorabschirmung die gemittelten Werte mit den maximalen Streuungen angegeben. Die maximale Streuung für Φ , D und H von etwa 15 % und für d_{eff} , h_{eff} und Q_{eff} von etwa 10 % ist sowohl auf Meßunsicherheiten des Auswerteverfahrens als auch auf inkonsistente Angaben der ORNL-Referenzdaten sowie auf Änderungen der Bestrahlungsbedingungen, d. h. Einflüsse von anderen Streukörpern in unmittelbarer Umgebung zurückzuführen. Die kleinste Streuung der Meßergebnisse, d. h. die beste Reproduzierbarkeit ergibt sich für das unabgeschirmte Core und hier insbesondere für Frontalbestrahlungen der PDIS-Experimente.

| | | Normierte Äquivalentdosis Sv pro 10^{16} Spaltungen | | |
|--------------------|--------|--|--|---------------------------------------|
| | | Schwefel ¹⁾ | Ionisations- kammer ²⁾ | Einkugel- Albedodos. ³⁾ |
| Freiluft | PDIS 5 | 3.718 | 4.109 | 4.83 |
| | PDIS 6 | 3.718 | 3.797 | 4.95 |
| | PDIS 6 | 3.703 | 4.216 | 4.99 |
| | PDIS 7 | | 4.658 ³⁾ | 4.97 |
| | NAD 17 | | 3.862 ⁴⁾ | 5.91 |
| | MEAN | 3.932±12% | 4.128±10% | 5.13±16% |
| | CALC. | | 4.58 ¹⁾ /4.04 ⁵⁾ | 4.96 ¹⁾ |
| Plexiglas 12 cm | PDIS 5 | 0.531 | 0.519 | 0.86 |
| | PDIS 5 | 0.531 | 0.515 | 0.895 |
| | PDIS 6 | 0.652 | 0.706 | 0.84 |
| | PDIS 6 | 0.661 | 0.642 | 0.75 |
| | PDIS 7 | | 0.577 ³⁾ | 0.965 |
| | MEAN | 0.590±11% | 0.592±16% | 0.879±12% |
| | CALC. | | 0.572 ¹⁾ /0.493 ⁵⁾ | 0.632 |
| Beton 20 cm | PDIS 5 | 0.829 | 0.779 | 0.985 |
| | PDIS 5 | 0.821 | 0.711 | 1.13 |
| | PDIS 6 | 0.829 | 0.945 | 0.86 |
| | PDIS 6 | 0.855 | 0.868 | 0.985 |
| | PDIS 7 | | 1.002 ³⁾ | 0.985 |
| | NAD 17 | | 0.946 ⁴⁾ | 0.855 |
| | MEAN | 0.880±10% | 0.875±17% | 0.967±14% |
| CALC. | | 0.98 ¹⁾ /0.842 ⁵⁾ | 1.08 | |

- 1) Äquivalentdosis im Volumenelement 57 ohne (n,γ)-Anteil
- 2) Äquivalentdosis nach ICRP-Definition einschließlich (n,γ)-Anteil
- 3) Referenzangaben für die Umrechnung von Spaltungen auf die Äquivalentdosis im Volumenelement 57 nach ORNL/TM-7748 und ORNL/TM-8080
- 4) Referenzangaben für Energiedosen im Volumenelement 57 von ORNL/TM-7696 S.72, multipliziert mit Q-Faktor aus ORNL/TM-7748
- 5) berechnete Kerma-Werte multipliziert mit Q-Faktor aus ORNL/TM-7748

Tab. 6/4: Referenzwerte für die normierte Äquivalentdosis bei den verschiedenen Vergleichsmessungen am HPRR in Oak Ridge

Ein Vergleich der KfK-Ergebnisse mit den ORNL-Referenzwerten [52] zeigt Tab. 6/4. Die angegebene Reaktorleistung wurde aus der Aktivierung von Schwefeldetektoren bzw. aus der Ionisationskammeranzeige an einem Referenzort ermittelt und unter Zuhilfenahme entsprechender Umrechnungsfaktoren auf die Äquivalentdosis umgerechnet. Angegeben wird u. a. auch der Mittelwert mit Maximalstreuung aus den Ergebnissen der verschiedenen Vergleichsbestrahlungen. Zum Vergleich werden auch berechnete Werte wiedergegeben, die sich aus den entsprechenden Definitionen der Dosisgrößen ergeben. Für die Ergebnisse der verschiedenen Bestrahlungen am unabgeschirmten Reaktor erhält man eine ausgezeichnete Übereinstimmung von +2 % für die Einkugel-Albedomeßtechnik im Vergleich zu +10 % und +15 % für die Ionisationskammer bzw. den Schwefeldetektor. Es zeigt sich hierbei, daß die ORNL-Mittelwerte offensichtlich gut mit den berechneten Kernawerten übereinstimmen (insbesondere unabgeschirmter Reaktor, Betonabschirmung und Plexiglasabschirmung bei der PDIS 5). Für die Plexiglasabschirmung ergeben sich im Vergleich zu den ORNL-Angaben höhere KfK-Meßwerte und berechnete KfK-Werte. Dies könnte auf die ungünstige Bestrahlungsgeometrie (siehe auch Abb. 6/11) und u. U. auf Unstimmigkeiten im berechneten Neutronenspektrum zurückzuführen sein.

| Angaben | Effektiver Qualitätsfaktor Q | | |
|-------------------------------|------------------------------|--------------------|----------------|
| | Freiluft | Plexiglas 12 cm | Beton 20 cm |
| KfK-Messung | 8,7 | 7,9 | 7,9 |
| KfK, nur schnelle Neutronen | 9,0 | 9,1 | 9,1 |
| ICRP-Berechnung | 9,2 | 7,7 | 7,6 |
| ORNL-Berechnung ¹⁾ | 10,1 | 9,8 | 10,0 |
| ORNL-Messung ²⁾ | 9,8 | 9,6 | 11,7 |

- ¹⁾ Verhältnis von Äquivalentdosis und Energiedosis jeweils im Volumenelement 57, ohne (n,γ)-Anteil
²⁾ gemessen mit Äquivalentdosisleistungsmesser und gewebeäquivalenter Ionisationskammer

Tab. 6/5: Gemessene und berechnete Qualitätsfaktoren für den HPRR in Oak Ridge

Ein Vergleich zwischen gemessenen und berechneten Qualitätsfaktoren zeigt Tab. 6/5. Die ORNL-Angaben überschätzen den Q-Wert, da bei den ORNL-Berechnungen der (n,γ)-Anteil der Dosis im Phantomelement 57 nicht berücksichtigt wird und die ORNL-Messungen mit einer dünnwandigen Ionisationskammer und einem energieunabhängigen Äquivalentdosisleistungsmesser durchgeführt wurden. Die mit der Einkugel-Albedomeßtechnik aus Messung und Berechnung gewonnenen Q-Werte stimmen hingegen recht gut überein.

Tab. 6/6 zeigt schließlich einen Vergleich zwischen gemessenen und aus dem Spektrum sowie dem Ansprechvermögen der Detektoren berechneten Daten der Einkugel-Albedomeßtechnik. Bei jedem Spektrum betrug die maximale Streuung der Meßwerte von +15 % bei jeweils 14 Messungen. Wegen der Energieabhängigkeit des Ansprechvermögens ist die Detektoranzeige a(i) ein Indikator für geringe Änderungen des Spektrums im Energiebereich mittelschneller Neutronen. Die vorliegenden Ergebnisse für die Reaktorabschirmungen geben einen Hinweis auf geringe Unstimmigkeiten der berechneten Spektren insbesondere bei der Plexiglasabschirmung (Tab. 6/4).

| Reaktor Spektrum | Angaben für Berechnung ¹⁾ | Verhältnis Berechnung/Messung | | | | | | | |
|---------------------|--|-------------------------------|------|------|-------------|-------------|------|------|------|
| | | ϕ | D | H | $\alpha(c)$ | $\alpha(i)$ | d | h | Q |
| Freiluft | Spektrum 1 | 0.88 | 0.93 | 0.98 | 1.04 | 1.18 | 1.05 | 1.10 | 1.05 |
| | Spektrum 2 | 0.86 | 0.88 | 0.93 | 0.99 | 1.15 | 1.03 | 1.08 | 1.05 |
| | Mittelwert (PDIS vorn) | 0.93 | 0.97 | 0.99 | 1.08 | 1.03 | 1.04 | 1.06 | 1.02 |
| Flexiglas 12 cm | | 0.79 | 0.74 | 0.71 | 0.82 | 2.38 | 0.92 | 0.90 | 0.98 |
| Beton 20 cm | | 1.35 | 1.16 | 1.11 | 1.24 | 2.94 | 0.85 | 0.81 | 0.96 |

¹⁾ die Berechnung berücksichtigt berechnete ORNL-Neutronenfluenzspektren - für die Freiluftbestrahlung stehen zwei Spektren sowie ihr Mittelwert zur Verfügung - und ICRP-Neutronenfluenz-Äquivalentdosis-Umrechnungsfaktoren; die Messungen sind Mittelwerte für die Anzeige an der Vorder- und Rückseite der Freiluftbestrahlung PDIS-vorn

Tab. 6/6: Verhältnis von aus dem theoretischen Spektrum berechneten und mit der Einkugel-Albedomeßtechnik gemessenen Daten für den HPRR in Oak Ridge

Die vorliegende Studie zeigt, daß die Einkugel-Albedomeßtechnik auch über einen Zeitraum von mehreren Jahren die interessierenden Meßgrößen des Neutronenstreustrahlungsfeldes ausreichend genau und reproduzierbar zu bestimmen gestattet. Dies ist auch das Ergebnis anderer Meßreihen, die in Neutronenstreustrahlungsfeldern an Reaktoren und Beschleunigern durchgeführt wurden.

6.3.4 Vorläufige Ergebnisse der Euratom-Neutronenvergleichsmessung 1982

E. Piesch, B. Burgkhardt

Im Jahre 1982 wurde von Euratom eine Neutronenvergleichsbestrahlung durchgeführt, bei der das Karlsruher Albedodosimeter im Streustrahlungsfeld des Health Physics Research Reactor in Oak Ridge sowie bei der PTB Braunschweig und der GSF Neuherberg mit monoenergetischen Neutronen sowie mit moderierten ²⁵²Cf-Neutronen bestrahlt wurden. Die Bestrahlungen des Albedodosimeters erfolgten an entsprechenden Phantomen. Tab. 6/7 vergleicht die bei der Auswertung nicht bekannten Referenzwerte mit unseren Meßergebnissen, die bei Kenntnis der Neutronenenergie aus dem Meßwert des Albedodosimeters gewonnen wurden. Eine gute Übereinstimmung der Meßergebnisse wird auch bei kleineren Dosen von etwa 0,5 mSv erhalten, sofern die Messung im Neutronenstreustrahlungsfeld durchgeführt wird. Der Ausreißer bei 5,3 MeV ist darauf zurückzuführen, daß hier das Neutronenansprechvermögen des Albedodosimeters bereits klein ist und der Gamma-Meßwertanteil viermal höher war.

Der Meßvergleich zeigt, daß auch Albedo-Neutronendosimeter, abgesehen von der Energieabhängigkeit, eine gute Meßgenauigkeit erwarten lassen, die mit derjenigen von Gammadosimetern vergleichbar ist.

| Neutronenfeld | Neutronendosis (mSv) | | Verhältnis ¹⁾ | |
|--|----------------------|---------------------|--------------------------|--------|
| | Meßwert | Referenzwert | | |
| ORNL Reaktor ohne Abschirmung | 0,49 | 0,62 | 0,79 | |
| | 11,7 | 11,13 | 1,05 | |
| ORNL Reaktor mit 13 cm Stahl | 0,65 | 0,64 | 1,01 | |
| | 10,9 | 10,99 | 0,99 | |
| ORNL Reaktor mit 20 cm Beton | 0,52 | 0,48 | 1,08 | |
| | 10,7 | 9,43 | 1,13 | |
| ORNL Reaktor mit 12 cm Plexiglas | 0,53 | 0,59 | 0,90 | |
| | 11,1 | 10,96 | 1,07 | |
| GSF PTB | 1,2 MeV | 6,8 | 6,0 | 1,13 |
| | 1,2 MeV | 1,74 | 1,5 | 1,16 |
| | 5,3 MeV | 9,73 | 7,49 | 1,3 |
| | 5,3 MeV | 1,10 | 0,60 | (1,85) |
| | 0,57 MeV | 0,61 | 0,64 | 0,95 |
| | 0,57 MeV | 10,3 | 10,61 | 1,02 |
| | 15,0 MeV | 15,4 | 13,13 | 1,17 |
| | 15,0 MeV | 0,44 | 0,56 | 0,78 |
| GSF ²⁵² Cf + 15 cm D ₂ O | 11,2 | 10,91 | 1,27 | |
| | 1,13 | 1,2 | 0,94 | |
| Mittelwert und 1-σ-Standardabweichung | | 1,04 ± 14,6% | | |

1) Verhältnis Meßwert / Referenzwert

Tab. 6/7: Euratom-Vergleichsprogramm 1982, vorläufige Meßergebnisse des KfK-Albedodosimeters

6.3.5 Albedo-Neutronendosimeter zur Personenüberwachung in β-γ-Neutronenstreustrahlungsfeldern

E. Piesch, B. Burgkhardt

Im Jahre 1981 wurden die Arbeiten zur Entwicklung eines universellen Albedo-Neutronendosimeters mit der Untersuchung des Dosimeter-Phantomabstandeffektes abgeschlossen [50, 51, 53]. Im Anschluß daran wurde mit der kommerziellen Herstellung einer Borplastik-Spritzgußkapselung im Rahmen eines Technologie-Transfer-Vorhabens begonnen. Nach Fertigstellung der Dosimeterkonstruktion wurde ein Spritzgußwerkzeug fertiggestellt und im Herbst 1982 die Nullserie von vier verschiedenen Kapselungen zur Anpassung an die verschiedenen TLD-Systeme bei der PTB in Braunschweig in verschiedenen Dosimeter-Phantomabständen insbesondere mit thermischen Neutronen kalibriert.

Das Zwei-Komponenten-Albedodosimeter (siehe Abb. 6/12) mit den TLD-Detektoren in den Positionen i und a kann zusätzliche Kernspurdetektoren beispielsweise Makrofol bzw. CR 39 aufnehmen und wird gleichzeitig als β-γ-Dosimeter benutzt. Eine Magnetverriegelung in der Dosimeterkapselung soll ein unbefugtes Öffnen der Kapselung verhindern. Die Borplastik-Spritzgußkapselung ist für die automatischen TLD-Auswertesysteme der Hersteller Alnor, Harshaw, Panasonic, Teledyne und Vinten verwendbar. Abb. 6/13 zeigt die kommerzielle Spritzgußkapselung und die entsprechenden Thermolumineszenz-Dosimetersysteme. Das β-γ-Neutronen-Dosimeter enthält an der Vorderseite ein Beta-Fenster in einem Plastikteil und an der Rückseite ein Albedo-Neutronenfenster. Die Fenster sind dem jeweiligen TLD-System angepaßt, der Vertrieb der Dosimeterkapselung erfolgt durch die TLD-Herstellerfirmen.

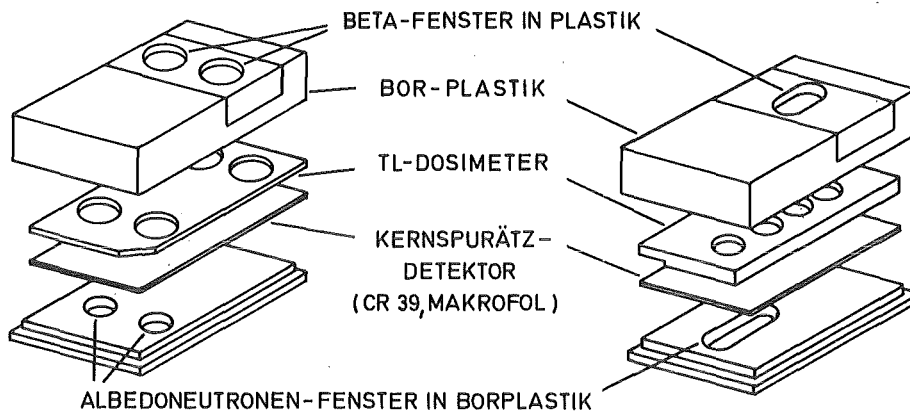


Abb. 6/12: Universelles Beta- Gamma- Neutronen-Dosimeter mit TLD-Detektoren und einem Kernspurdetektor

UNIVERSELLES BETA- / GAMMA- / NEUTRONEN- DOSIMETER



Abb. 6/13: Universelles Beta- Gamma- Neutronen-Dosimeter für verschiedene kommerzielle TLD-Systeme mit automatischer Auswertung

6.3.6 Verbesserung der Reproduzierbarkeit von CR 39-Kernspurätzdetektoren zum Nachweis neutroneninduzierter Rückstoßkerne

G.M. Hassib, E. Piesch

Bei CR 39 konnten die Erwartungen hinsichtlich einer Verbesserung der Energieabhängigkeit, der Folienqualität und der Reproduzierbarkeit nicht erfüllt werden. Die gewählte Kombination von Vorätzung und elektrochemischer Ätzung bestimmen nach wie vor die Energieabhängigkeit des Ansprechvermögens insbesondere den Anstieg des Ansprechvermögens im Energiebereich 200 keV bis 2 MeV und den Abfall im Energiebereich 5 MeV bis 14 MeV (jeweils Faktor 10). Radiator-Kombinationen vor dem CR 39-Detektor bzw. die Anwendung einer höheren Hochspannung reduzieren zwar die Energieabhängigkeit, erhöhen jedoch auch den Untergrundspurenanteil in unzumutbarer Weise. Der Anteil an Untergrundspuren kann je nach Hersteller und Chargenqualität um mehr als zwei Größenordnungen variieren. Ein hoher Untergrundspurenanteil von bis zu 500 Spuren/cm² kann u.U. durch α -Teilchen von auf der Folienoberfläche abgeschiedenen Radonzerfallsprodukten herrühren.

Es zeigte sich in den letzten Jahren, daß herstellungsbedingte Unterschiede in der Detektordicke bis zu ± 50 % innerhalb einer Folie bzw. Charge die Reproduzierbarkeit der Dosisanzeige insbesondere bei Anwendung des elektrochemischen Ätzverfahrens verschlechtern. Ziel unserer Untersuchungen war die Verbesserung der Reproduzierbarkeit innerhalb einer routinemäßigen Auswertung größerer Chargen. Hierfür stehen nachfolgende Möglichkeiten zur Wahl:

- Verbesserung der Chargenqualität durch den Hersteller,
- Selektion von Folien gleicher Dicke,
- Anwendung verschiedener elektrochemischer Ätzungen, d. h. Abstimmung der Ätzparameter auf die jeweilige individuelle Foliendicke,
- Anwendung eines einheitlichen elektrochemischen Ätzvorganges und nachträgliche Korrektur des Ansprechvermögens unter Berücksichtigung der jeweiligen individuellen Foliendicke.

Unsere Untersuchungen beschränkten sich auf die letztgenannte Möglichkeit [51, 54]. Bei konstanten Ätzbedingungen wurde zunächst das Ansprechvermögen von CR 39 in Abhängigkeit von der Detektordicke empirisch ermittelt. Bei der Routineauswertung wurde dann für jeden Detektor die jeweilige Foliendicke bestimmt und zur Korrektur des Ansprechvermögens herangezogen.

Die Versuche wurden mit CR 39 der Firma Pershore durchgeführt. Hierbei wurden jeweils 10 Detektoren mit den gleichen Dosen bestrahlt, nach der elektrochemischen Ätzung ausgewertet und aus den Meßwerten die entsprechende relative Standardabweichung berechnet. Für die Anzahl N der neutroneninduzierten Kernspuren bzw. N₀ der Untergrundspuren ergibt sich die relative empirische Standardabweichung als Funktion der Kernspurendichte zu

$$s(N) = \frac{1}{N} \cdot \sqrt{N + N_0 + s_0^2 + s_r'^2 \cdot N^2}$$

Hierbei ist s₀ die Standardabweichung unbestrahlter Folien und s_r' die relative Standardabweichung für eine Referenzbestrahlung mit hoher Kernspurzahl. Mit Hilfe der empirischen Meßergebnisse für N₀, s₀ und s_r' wurde die relative Standardabweichung als Funktion der Dosis berechnet.

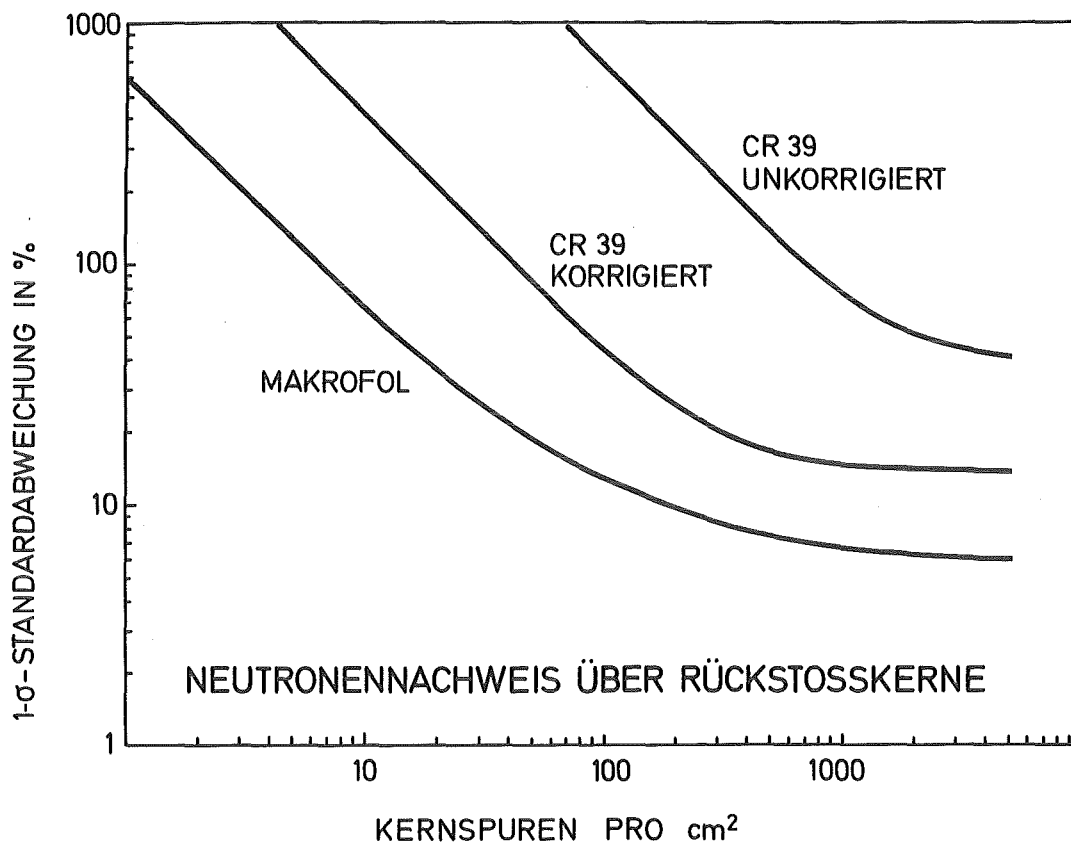


Abb. 6/14: Relative empirische Standardabweichung einer Einzelmessung in Abhängigkeit von der Spurendichte für elektrochemisch geätzte Kernspurdetektoren, CR 39 korrigiert auf Änderungen der Foliendicke

Die Ergebnisse der Versuchsreihe in Abb. 6/14 zeigen für das unkorrigierte CR 39, daß das hohe Ansprechvermögen von CR 39 in Verbindung mit dem großen Untergrundanteil von 80 Spuren/cm² zu einer signifikanten Reduzierung des Dosisbereiches führt. Die empirische Korrektur des Ansprechvermögens führt zu einer wesentlichen Verbesserung der relativen empirischen Standardabweichung, die bei höheren Kernspurdichten trotzdem noch mehr als 10 % beträgt. Im Vergleich zu CR 39 zeigen Polykarbonatfolien (Makrofol) mit einem Untergrundanteil von 10 Spuren/cm² eine bessere Reproduzierbarkeit insbesondere auch bei großer Spurenzahl. Im Hinblick auf eine Dosismessung führt das höhere Ansprechvermögen von CR 39 im Vergleich zu Makrofol allerdings zu einer günstigeren Standardabweichung bei kleineren Dosen.

6.4 Radon-Dosimetrie

6.4.1 Strahlenbelastung der Bevölkerung durch Radon in Wohnhäusern

M. Urban, S. Heitz

Zur Ermittlung der Strahlenbelastung der Bevölkerung durch Radon und dessen kurzlebigen Zerfallsprodukten wurden 1982 im Rahmen des BMI-Forschungsvorhabens "Messung der Raumluftkonzentration von Radonfolgeprodukten in Wohnhäusern, Abschätzung der Lungendosis der Bewohner"

die bundesweiten Erhebungsmessungen fortgeführt. An dem Vorhaben sind neben dem Kernforschungszentrum noch 7 weitere Meßstellen beteiligt. Es wurden 1982 ca. 8 000 weitere Dosimeter zentral in Karlsruhe ausgewertet. Insgesamt wurden damit bis Ende 1982 in ca. 2 500 Wohnungen Dosimeter exponiert.

Die zentrale Auswertung der Ergebnisse erfolgt beim Bundesgesundheitsamt in Neuherberg. Der Medianwert der lognormalen Verteilungsfunktion der Radonkonzentration beträgt für Baden-Württemberg $40 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ im Vergleich zu $37 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ im Bundesdurchschnitt. Als zugehörige Inhalationsdosis ergibt sich $6,5 \text{ mSv/a}$. Als Dosiskonversionsfaktor wurde 5 mSv/WLM , als Gleichgewichtsfaktor zwischen Radon und dessen kurzlebigen Zerfallsprodukten wurde $0,35$ zugrunde gelegt. 1 WL entspricht $3,7 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$ ^{222}Rn im Gleichgewicht mit seinen kurzlebigen Zerfallsprodukten, 1 WL entspricht $1 \text{ WL}\cdot 170 \text{ h}$.

Eine Aussage über die Abhängigkeit der Radonkonzentration vom Baumaterial läßt sich auch mit den Daten von 1982 nicht machen. Haupteinflußfaktoren auf die mittlere Radonkonzentration scheinen die Lebensgewohnheiten der Bewohner und der geologische Untergrund zu sein. Bis Ende 1983 sollen die Erhebungsmessungen mit ca. 5 000 erfaßten Wohnungen abgeschlossen werden.

6.4.2 Kalibrierung des passiven Radondosimeters

M. Urban

Die Europäische Gemeinschaft veranstaltete 1982 beim National Radiological Protection Board (NRPB) in Harwell, England, eine internationale Vergleichskalibrierung für passive Radondosimeter. Es wurden 2 Expositionen mit je 10 Dosimetern und 5 Expositionen mit je 1 Dosimeter durchgeführt (Abb. 6/15). Die mit Hilfe des fehlergewichteten Least-squares-Verfahren ermittelte Empfindlichkeit war $8,1\cdot 10^{-4}$ Spuren/cm² pro $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3} \text{ h}$.

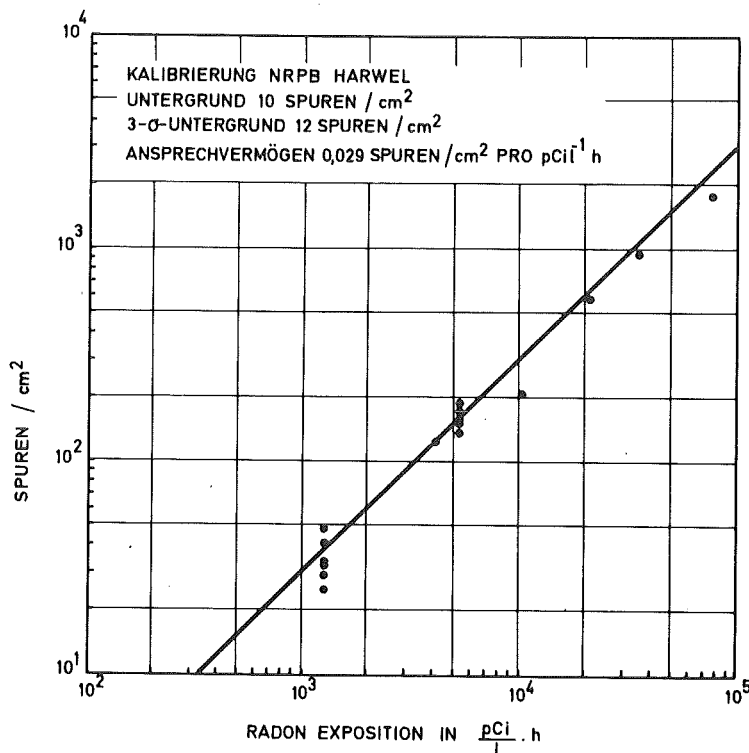


Abb. 6/15: Ergebnisse der Euratom-Kalibrierbestrahlung 1982

Die Abweichung zu den bisherigen Kalibrierungen beträgt 20 %. Ursache für die Abweichung könnten unterschiedlich verwendete Standards oder leichte Änderung der Empfindlichkeit von einer Detektorcharge zu einer anderen sein, obwohl eigene Kalibrierungen 1982 keine Unterschiede zu 1981 ergeben haben. Weitere internationale Kalibrierungen sind geplant.

6.5 Inkorporationsmessung

6.5.1 Routine- und Sondermessungen

T. Bitz, H. Doerfel

Alle Mitarbeiter von KfK, KBG, GWK und TU, die mit offenen radioaktiven Stoffen umgehen, werden routinemäßig auf inkorporierte Radionuklide untersucht. Die Häufigkeit der Untersuchungen richtet sich nach dem Inkorporationsrisiko sowie nach der effektiven Halbwertszeit der gehandhabten Stoffe. So genügt bei schwerflüchtigen und langlebigen Stoffen bereits eine routinemäßige Inkorporationsmessung pro Jahr, während bei leichtflüchtigen und kurzlebigen Stoffen bis zu zwölf Routinemessungen pro Jahr erforderlich sein können. Ergeben sich bei der Handhabung offener radioaktiver Stoffe konkrete Hinweise auf die Möglichkeit einer akuten Inkorporation, so werden zusätzlich zu den Routinemessungen sofortige Sondermessungen durchgeführt.

| Überwachungs- bereich | Anzahl der überwachten Mitarbeiter | Routinemäßige Inkorporationsmessungen | | Inkorporationsmessungen aus besonderem Anlaß | |
|--------------------------|--|--|--|---|--|
| | | Gesamtanzahl der Messungen | Anzahl der Messungen mit pos. Befund | Gesamtanzahl der Messungen | Anzahl der Messungen mit pos. Befund |
| AV | 13 | 25 | - | - | - |
| HDB | 385 | 865 | 26 | 7 | - |
| HS/Ü | 57 | 60 | - | 1 | - |
| IAK | 21 | 22 | - | - | - |
| IGT | 12 | 12 | - | - | - |
| IHCh | 139 | 181 | - | 2 | 2 |
| IK | 64 | 67 | - | - | - |
| IMF I | 43 | 53 | - | - | - |
| INE | 44 | 62 | - | - | - |
| INR | 21 | 21 | - | - | - |
| IRCh | 64 | 105 | - | 2 | - |
| IT | 133 | 133 | 1* | - | - |
| KTB | 186 | 355 | 1 | 4 | - |
| LAF II | 13 | 26 | 3 | 8 | 5 |
| LIT | 31 | 33 | - | - | - |
| SKT | 6 | 6 | - | - | - |
| VBW | 99 | 114 | 7 | - | - |
| ZYKL | 60 | 101 | 3 | - | - |
| KNK | 125 | 126 | 1 | 1 | - |
| MZFR | 197 | 225 | 17 | 1 | - |
| WAK | 494 | 815 | 6 | 4 | - |
| TU | 13 | 13 | - | 1 | - |
| Gesamt | 2220 | 3483 | 64 + 1* | 31 | 7 |

*) Nuklearmedizinischer Test

Tab. 6/8: Ergebnisse der Inkorporationsmessungen im Ganzkörperzähler

| Inkorporiertes Nuklid | Anzahl der Inkorporationen | | | | |
|-----------------------|----------------------------|-------------------|----------------|----------------|------------------|
| | 0 - 0.099 % MPBB | 0.1 - 0.99 % MPBB | 1 - 9.9 % MPBB | 10 - 99 % MPBB | 100 - 200 % MPBB |
| Co-60 | 26 | 17 | 1 | - | - |
| Cs-137 | 10 | 1 | - | - | - |
| I-131 | - | 4 | 5 | - | - |
| Tc-99m | 2 | 1* | - | - | - |
| Rh-102 | 1 | - | - | - | - |
| Co-58 | 1 | - | - | - | - |
| Sr-85 | 1 | - | - | - | - |
| Nb-95 | 1 | - | - | - | - |
| Sb-124 | - | 1 | - | - | - |
| Gesamt | 42 | 23 + 1* | 6 | - | - |

*) Nuklearmedizinischer Test

Tab. 6/9: Übersicht über die im Ganzkörperzähler nachgewiesenen Inkorporationen in Prozenten der maximal zulässigen Körperbelastung (MPBB)

| Überwachungsbereich | Anzahl der überwachten Mitarbeiter | Routinemäßige Inkorporationsmessungen | | Inkorporationsmessungen aus besonderem Anlaß | |
|---------------------|------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------------|
| | | Gesamtanzahl der Messungen | Anzahl der Messungen mit pos. Befund | Gesamtanzahl der Messungen | Anzahl der Messungen mit pos. Befund |
| HDB | 53 | 62 | - | 11 | 5 |
| HS/U | 8 | 11 | - | - | - |
| IHCh | 2 | - | - | 2 | - |
| IK | 20 | 20 | - | - | - |
| IMF I | 3 | 3 | - | - | - |
| IRCh | 1 | - | - | 1 | - |
| KTB | 3 | 3 | - | - | - |
| WAK | 2 | - | - | 2 | - |
| TU | 30 | 29 | - | 2 | - |
| Gesamt | 127 | 128 | - | 18 | 5 |

Tab.6/10: Ergebnisse der Inkorporationsmessungen in den Lungenzählern

Die Inkorporationsüberwachung erfolgt durch direkte Messung der Körperaktivität im Ganzkörperzähler bzw. in den verschiedenen Lungenzählern von HS. Mit dem Ganzkörperzähler können prinzipiell alle Radionuklide mit Photonenenergien zwischen 50 keV und etwa 2500 keV nachgewiesen werden, wobei bis zu einem gewissen Grad auch zwischen innerer und äußerer Kontamination unterschieden werden kann (s. Kap. 6.5.7). Die Nachweisgrenze variiert dabei zwischen 9 Bq und 35 Bq bezogen auf eine Photonenemissionswahrscheinlichkeit von 100 % und eine Meßzeit von 5 min (s. Kap. 6.5.5). Die Lungenzähler sind speziell für den Nachweis von Plutonium und Uran in der Lunge konzipiert. Sie können allerdings auch zum Nachweis anderer niederenergetischer Photonenstrahler in der Lunge sowie in allen übrigen Körperbereichen herangezogen werden.

Die Tab. 6/8 vermittelt zunächst einen Überblick über die mit dem Ganzkörperzähler durchgeführten Inkorporationsmessungen. Sowohl die Anzahl der überwachten Mitarbeiter als auch die Anzahl

der durchgeführten Messungen hat sich gegenüber den Vorjahren nicht nennenswert verändert. Das gleiche gilt auch für die Anzahl der Messungen mit positivem Befund sowie für die Höhe der inkorporierten Aktivitäten (s. Tab. 6/9). In den meisten Überwachungsbereichen wurden keine oder nur außerordentlich wenige Inkorporationen nachgewiesen. Eine nennenswerte Anzahl von positiven Befunden ergab sich lediglich in den Bereichen HDB, VBW und MZFR. Dies ist in erster Linie auf zahlreiche Einstellungs- bzw. Abschlußuntersuchungen von Fremdpersonal zurückzuführen.

Die Tab. 6/10 zeigt die Ergebnisse der Inkorporationsmessungen mit den Lungenzählern. Die Routinemessungen dienen hier in erster Linie zur Bereitstellung von Nulleffektspektren für eventuelle Sondermessungen bei konkretem Inkorporationsverdacht. Im Berichtszeitraum wurden 18 solcher Sondermessungen durchgeführt.

6.5.2 Abschätzung der internen Dosisbelastung durch unbemerkte Inkorporation

H. Doerfel

Da in den meisten Arbeitsbereichen von KfK eine unbemerkte Inhalation oder Ingestion radioaktiver Stoffe weitgehend ausgeschlossen werden kann, sind die im Rahmen der Routineüberwachung festgestellten Inkorporationen zahlenmäßig wie auch aktivitätsmäßig außerordentlich gering. Für statistische Angaben über die resultierenden internen Dosisbelastungen müssen daher die Ergebnisse mehrerer Jahre zusammengefaßt werden.

Bei einer hinreichend großen Anzahl von routinemäßigen Inkorporationsmessungen gilt für die relative Dosisbelastung D_r (bezogen auf den zulässigen Grenzwert) die folgende Beziehung:

$$D_r = \frac{\sum A_i \cdot \Delta T}{q \cdot f_2 \cdot T} \cdot \frac{1}{1 - A_0/A_z}$$

Dabei ist T der betrachtete Zeitraum und ΔT der mittlere Abstand zwischen zwei Routinemessungen. $\sum A_i$ ist die Summe aller im Verlauf von T an der Bezugsperson gemessenen Körperaktivitäten, A_z die bei den Inkorporationen im Mittel zugeführte Aktivität und A_0 die untere Nachweisgrenze der Meßanordnung. Das Produkt aus q und f_2 gibt diejenige Körperaktivität an, die bei konstanter Dauerbelastung die maximal zulässige Körper- bzw. Organdosis erzeugt. Die nach dieser Beziehung abgeschätzte Dosisbelastung kommt dem tatsächlichen Wert umso näher, je kleiner ΔT im Vergleich zur effektiven Halbwertszeit der inkorporierten Radionuklide ist. Bei sehr empfindlichen Meßanordnungen kann das Verhältnis von A_0/A_z gegenüber 1 vernachlässigt werden, so daß die relative Dosisbelastung nach der obigen Beziehung auch ohne genauere Kenntnis von A_z aus den gemessenen Aktivitäten A_i abgeschätzt werden kann.

Beim Karlsruher Ganzkörperzähler ist diese Voraussetzung weitgehend erfüllt. Allerdings ist in vielen Überwachungsbereichen die Anzahl der positiven Meßbefunde so gering, daß eine Interpretation der Meßergebnisse auf der Basis der obigen Beziehung mit einem relativ großen statistischen Fehler behaftet ist. Die Abb. 6/16 zeigt die nach dieser Beziehung aus den Meßergebnissen der letzten fünf Jahre ermittelten relativen Dosisbelastungen in Form von Häufigkeitsverteilungen. Die Häufigkeit N bezieht sich dabei auf die Gesamtzahl der in dem jeweiligen Überwachungsbereich untersuchten Personen. Die schraffierten Flächen repräsentieren die relativen Dosisbelastungen des Stammpersonals, während die strichpunktierten Linien die Belastung des Fremdpersonals wiedergeben. Rechts oben sind jeweils die inkorporierten Radionuklide sowie deren Häufigkeit angegeben. So ist beispielsweise in den Überwachungsbereichen HDB, HS/Ü, IHCh, IRCh und KTB bei etwa 1 bis 2 % des untersuchten Stammpersonals mit einer internen Dosisbelastung von maximal 0,01 % der zulässigen Grenzwerte zu rechnen. Bei LAF II, ZYKL, KNK und WAK kann die Dosisbelastung in einigen Fällen bis zu 1 % der Grenzwerte betragen.

In einem Einzelfall wurde im Rahmen der Routineüberwachung eine Belastung von mehr als 10 % ermittelt. Es handelt sich dabei um einen Mitarbeiter beim MZFR mit einer schwer löslichen Co-60-

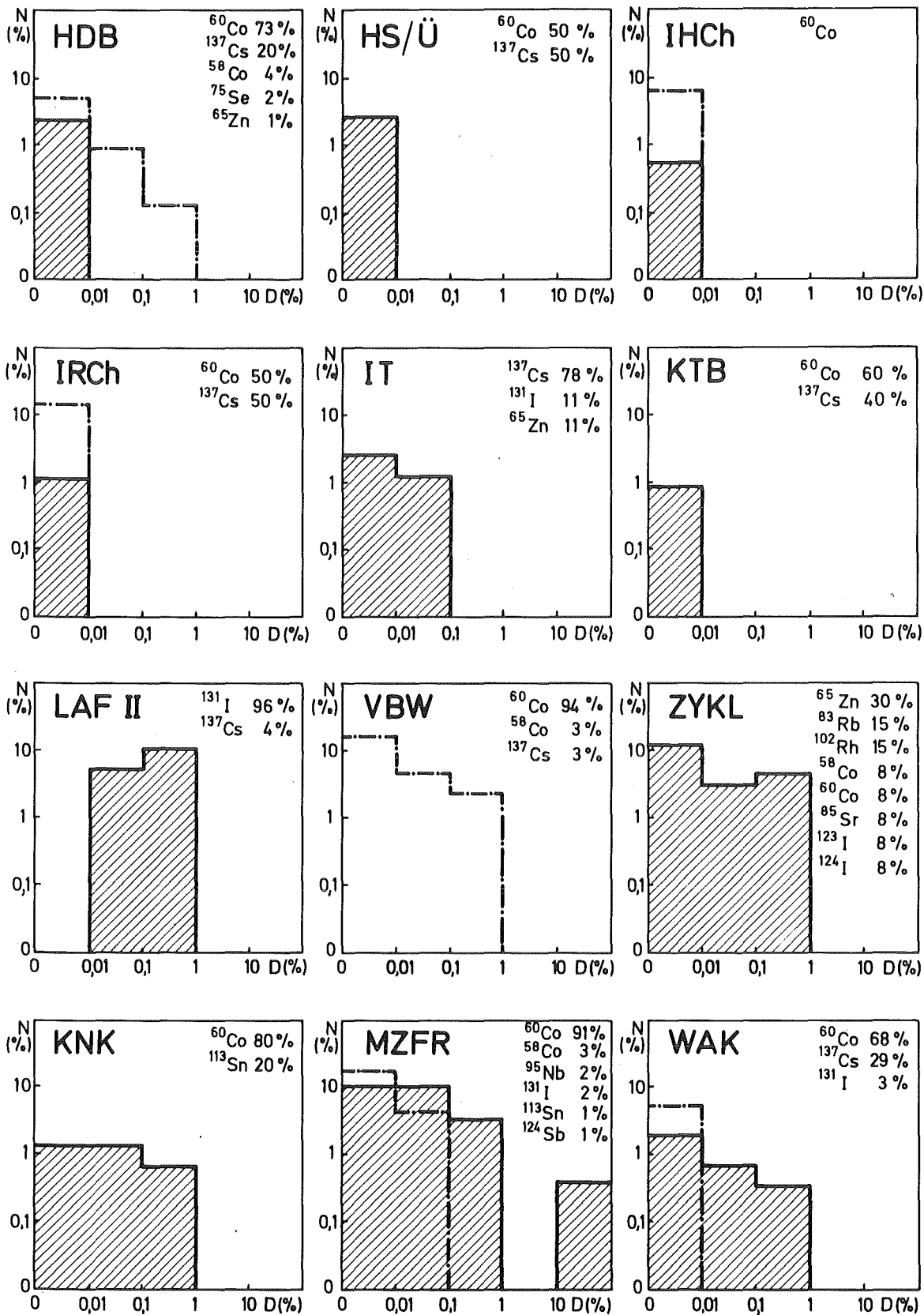


Abb. 6/16: Häufigkeitsverteilungen der in den verschiedenen Überwachungsbereichen der KEK durch unbemerkte Inkorporationen verursachten internen Dosisbelastung bezogen auf die maximal zulässige Dosisbelastung

Deposition in der Lunge. Dieses Lungendepot ist von etwa 10 kBq in 1978 auf 1 kBq in 1982 abgekungen, woraus sich eine mittlere Lungenbelastung von etwa 11 % des zulässigen Grenzwerts ergibt. In allen übrigen Fällen liegt die interne Dosisbelastung unter 1 % der Grenzwerte.

6.5.3. Neues Programm für die routinemäßige Inkorporationsüberwachung im KfK

Nach der Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle ist eine regelmäßige Inkorporationsüberwachung im allgemeinen dann erforderlich, wenn bei häufiger Handhabung offener radioaktiver Stoffe die über die Woche gemittelte arbeitstäglich gehandhabte Aktivität das Zehnfache des Grenzwertes der Jahresaktivitätszufuhr für Inhalation (JAZ-Grenzwert) übersteigt. Allerdings kann auch bei Aktivitäten oberhalb dieser Schwelle unter Umständen auf eine regelmäßige Inkorporationsüberwachung verzichtet werden, wenn aus der Art der Handhabung eine Gefährdung des Anwenders ausgeschlossen werden kann. Als Entscheidungshilfe kann dabei das Kriterium

$$A < F \cdot (1 + M/M_0) \cdot Z = A_g$$

herangezogen werden, wobei A die im Wochenmittel arbeitstäglich gehandhabte Aktivität, F ein in der Richtlinie definierter Sicherheitsfaktor für die Handhabung der Aktivität, M die Gesamtmasse, M_0 die maximal unbemerkt inkorporierbare Masse ($M_0 = 0,01$ g) und Z der JAZ-Grenzwert ist. Nach diesem Kriterium ist eine regelmäßige Inkorporationsüberwachung nur dann erforderlich, wenn die Aktivität A größer als die durch die Gleichung definierte Grenzaktivität A_g ist. Für vergleichende Betrachtungen empfiehlt es sich, die Größe $R = A/A_g$ einzuführen, die ein Maß für das relative Risiko einer unbemerkten Inkorporation beim Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen darstellt. Diese Größe - im folgenden kurz als relatives Inkorporationsrisiko bezeichnet - kann zur Prioritätensetzung bei der routinemäßigen Inkorporationsüberwachung herangezogen werden.

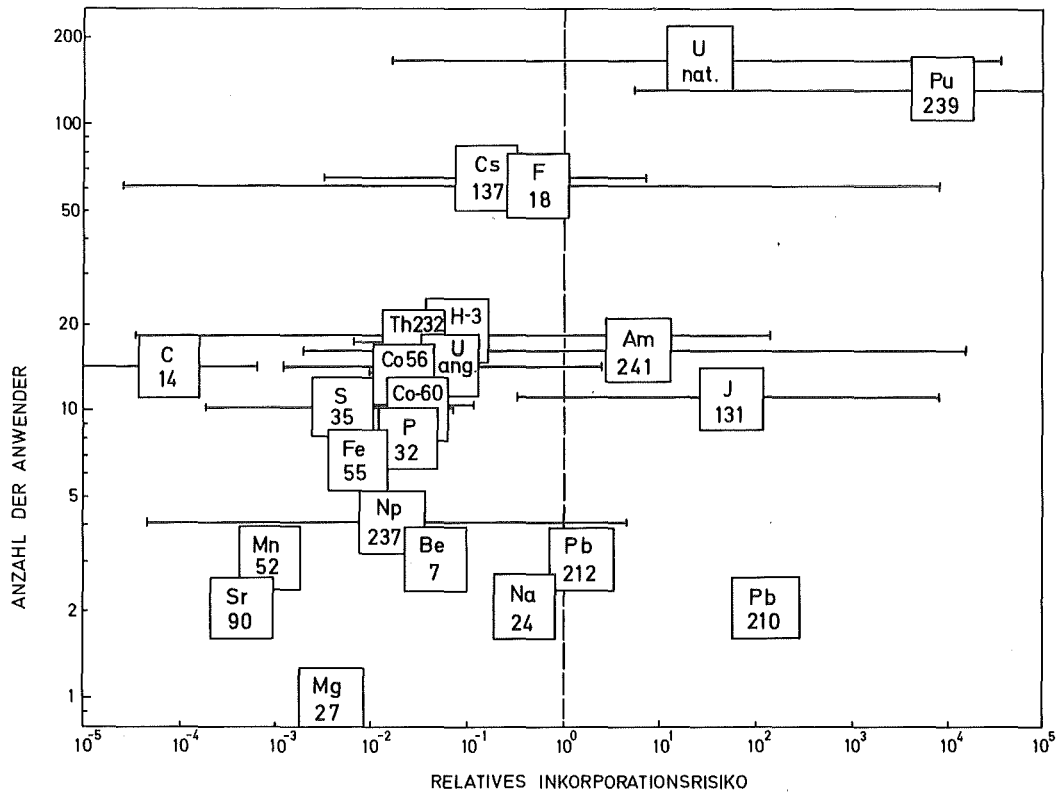


Abb. 6/17: Relatives Inkorporationsrisiko beim Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen im KfK

Zur Bestimmung des relativen Inkorporationsrisikos wurde 1982 eine Erhebung der Expositionsbedingungen in den verschiedenen Arbeitsbereichen des KfK durchgeführt. Die Abb. 6/17 vermittelt einen Überblick über das Ergebnis dieser Erhebung. Die Ordinate gibt die Anzahl der Mitarbeiter an, die mit den einzelnen Radionukliden jeweils umgehen, und die Abszisse das geometrische Mittel des entsprechenden relativen Inkorporationsrisikos R. Die horizontalen Balken sind ein Maß für die mittlere logarithmische Schwankungsbreite von R in den verschiedenen Arbeitsbereichen. Die gestrichelte Linie in der Mitte der Abbildung ($R = 1$) gibt die Grenze an, oberhalb derer nach der Richtlinie eine regelmäßige Inkorporationsüberwachung erforderlich ist.

Wie aus der Abb. 6/17 hervorgeht, sind im KfK Plutonium und Uran sowohl hinsichtlich der Anzahl der Anwender als auch hinsichtlich des Inkorporationsrisikos die wichtigsten Stoffe. Beim Umgang mit Plutonium (ca. 130 Anwender hauptsächlich im Bereich der heißen Chemie) liegt R im Mittel bei 10 000, beim Umgang mit Uran (ca. 170 Anwender vornehmlich im Bereich der Trenndüsenentwicklung) bei etwa 20. Auch bei dem vergleichsweise selten vorkommenden Umgang mit I-131, Pb-210, Pb-212 und Am-241 ist der Mittelwert von R größer als 1. Beim Umgang mit H-3, F-18, radioaktivem Waste (repräsentatives Radionuklid: Cs-137) sowie mit Np-237 ist R dagegen nur in wenigen Ausnahmefällen größer als 1. Bei allen übrigen Nukliden ist R kleiner als 1, so daß nach der Richtlinie keine regelmäßige Inkorporationsüberwachung erforderlich ist.

| Überwachungs- bereich | Bisheriges Überwachungsprogramm | | | | Zukünftiges Überwachungsprogramm | | | |
|--------------------------|------------------------------------|----|---|----|------------------------------------|-----|---|-----|
| | Anzahl der überwachten Mitarbeiter | | Gesamtanzahl der Routine-Messungen pro Jahr | | Anzahl der überwachten Mitarbeiter | | Gesamtanzahl der Routine-Messungen pro Jahr | |
| | GZ | LZ | GZ | LZ | GZ | LZ | GZ | LZ |
| HDB | 180 | 60 | 720 | 60 | 44 | 32 | 77 | 32 |
| HS | 50 | 10 | 50 | 10 | 1 | - | 1 | - |
| IAK | 40 | - | 40 | - | - | - | - | - |
| IGT | 15 | - | 30 | - | - | 8 | - | 8 |
| IHCh | 150 | - | 300 | - | 6 | 126 | 36 | 141 |
| IK | 15 | 20 | 15 | 20 | - | - | - | - |
| IKVT | 60 | - | 60 | - | - | 61 | - | 62 |
| IMF I | 35 | 3 | 35 | 3 | - | 7 | - | 7 |
| IMF II | 10 | - | 20 | - | - | - | - | - |
| IMF III | - | - | - | - | - | 14 | - | 14 |
| INE | 40 | - | 80 | - | - | 8 | - | 8 |
| INR | 25 | - | 25 | - | - | 2 | - | 2 |
| IRCh | 80 | - | 160 | - | 5 | 16 | 20 | 16 |
| IT | 150 | - | 150 | - | - | 5 | - | 5 |
| KTB | 200 | 3 | 350 | 3 | 71 | 4 | 281 | 4 |
| LAF II | 10 | - | 40 | - | 11 | - | 61 | - |
| LIT | 30 | - | 30 | - | 4 | - | 4 | - |
| SKT | 5 | - | 5 | - | 1 | - | 1 | - |
| VBW | 180 | - | 180 | - | - | - | - | - |
| ZYKL | 60 | - | 120 | - | 5 | 4 | 5 | 5 |
| KNK | 130 | - | 130 | - | 130 | - | 130 | - |
| MZFR | 130 | - | 130 | - | 130 | - | 130 | - |
| WAK | 430 | - | 860 | - | 430 | - | 860 | - |
| Gesamt | 2040 | 96 | 3530 | 96 | 838 | 287 | 1606 | 304 |

Tab. 6/11: Bisheriges und zukünftiges Programm der routinemäßigen Inkorporationsüberwachung im Ganzkörperzähler (GZ) und im Lungenzähler (LZ)

Auf der Basis dieser Ergebnisse wurde ein neues Programm für die routinemäßige Inkorporationsüberwachung erarbeitet. Dieses Programm sieht für die Anwender von Plutonium und Uran je nach Inkorporationsrisiko eine oder zwei Messungen pro Jahr im Plutonium- bzw. im Uran-Lungenzähler vor. Die Anwender von Pb-210, Np-237 und Am-241 werden je einmal pro Jahr im Plutonium-Lungen-

zähler untersucht. Alle übrigen Mitarbeiter, bei denen R größer als 1 ist, werden je nach effektiver Halbwertszeit des gehandhabten Nuklids ein- bis sechsmal pro Jahr im Ganzkörperzähler gemessen. Die Tab. 6/11 zeigt das hieraus resultierende neue Überwachungsprogramm im Vergleich zum bisherigen Überwachungsprogramm. In den Bereichen IAK, IGT, IK, IKVT, IMF, INE, INR und VBW wird in Zukunft keine Routineüberwachung mehr durchgeführt. Mit Ausnahme von IT sind dies genau jene Bereiche, in denen in den letzten fünf Jahren bei insgesamt etwa 2 400 Routinemessungen am Stammpersonal keine Inkorporationen festgestellt wurden (s. Kap. 6.5.2). Bei IHCh, IKVT und IRCh verlagert sich die Routineüberwachung schwerpunktmäßig vom Ganzkörperzähler zum Lungenzähler. Insgesamt reduziert sich die Anzahl der Messungen im Ganzkörperzähler auf etwa die Hälfte, während sich die Anzahl der Messungen in den Lungenzählern verdreifacht. Bei Berücksichtigung der Tatsache, daß die Meßzeit bei den Lungenzählern zehnmal so groß wie beim Ganzkörperzähler ist, ergibt sich für die Routineüberwachung insgesamt der gleiche Zeitaufwand wie bisher.

6.5.4 Cs-137-Erhebungsmessungen

Seit 1961 wird an einer Referenzgruppe aus etwa 10 Mitarbeitern von HS in monatlichen Messungen die mittlere Körperaktivität von Cs-137 aus dem radioaktiven Fallout bestimmt. Die Messungen werden normalerweise im Ganzkörperzähler bei einer Meßzeit von 50 min durchgeführt. Unter der Voraussetzung, daß das Cs-137 vollständig metabolisiert ist (quasihomogene Verteilung) und daß keine höherenergetischen Störstrahler inkorporiert sind, beträgt die untere Nachweisgrenze des neuen Ganzkörperzählers bei dieser Meßzeit etwa 5 Bq. Dies entspricht einer spezifischen Körperaktivität von etwa 0,07 Bq/kg beim Standardmenschen.

| Monat | Anzahl der untersuchten Personen | Spezifische Körperaktivität in Bq Cs-137 pro kg | |
|-----------|----------------------------------|---|--------------|
| | | Mittelwert | Standardabw. |
| Januar | 6 | 0.31 | 0.16 |
| Februar | 9 | 0.29 | 0.08 |
| März | 10 | 0.33 | 0.19 |
| April | 9 | 0.23 | 0.10 |
| Mai | 9 | 0.29 | 0.18 |
| Juni | 11 | 0.36 | 0.20 |
| Juli | 7 | 0.41 | 0.16 |
| August | 11 | 0.25 | 0.15 |
| September | 8 | 0.31 | 0.14 |
| Oktober | 7 | 0.24 | 0.19 |
| November | 16 | 0.24 | 0.15 |
| Dezember | 8 | 0.34 | 0.17 |
| Gesamt | 111 | 0.293 | 0.152 |

Tab. 6/12: Ergebnisse der Cs-137-Erhebungsmessungen

Zur Ergänzung wurden 1982 auch einige Messungen der Cs-137-Körperaktivität im Lungenzähler von HS durchgeführt. Bei diesen Messungen wurde das Spektrum der CsI(Tl)-Kristalle der Phoswichdetektoren zur Aktivitätsbestimmung herangezogen. Die Aktivitätsbestimmung erfolgte dabei durch einen Vergleich der Intensitäten der Strahlungen von Cs-137 und K-40 unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Emissionswahrscheinlichkeiten und Wirkungsgrade. Bedingt durch das Kalibrierverfahren sowie durch die Meßgeometrie des Lungenzählers wird bei dieser Messung vorwiegend das

metabolisierte Cs-137 erfaßt. Bei Berücksichtigung der Streubreite der Cs-137-Körperaktivität in der Referenzgruppe sind die auf diese Weise gewonnenen Meßergebnisse mit den Ergebnissen der Messungen im Ganzkörperzähler konsistent. In Tab. 6/12 sind die nach beiden Verfahren bestimmten Cs-137-Körperaktivitäten zusammengefaßt worden. Die Monatsmittelwerte der spezifischen Cs-137-Körperaktivität sind innerhalb einer mittleren Schwankungsbreite von 0,152 Bq/kg mit dem Jahresmittelwert von 0,293 Bq/kg konsistent.

6.5.5 Kalibrierung des neuen Ganzkörperzählers

Nach Aufbau und Inbetriebnahme des neuen Ganzkörperzählers wurde die Anlage mit einem Standard-Flaschenphantom kalibriert. Dieses Phantom besteht aus mehreren Kunststoffzylindern mit kreis-

| Phantom-Körperteil | Länge in mm | Halbachsen in mm | Volumen in l |
|--------------------|-------------|------------------|--------------|
| Kopf | 200 | 95/70 | 3.6 |
| Hals | 100 | 65/65 | 1.2 |
| Oberkörper | 400 | 145/100 | 16.7 |
| Unterkörper | 200 | 180/100 | 10.2 |
| Arm | 600 | 60/60 | 2x 5.8 |
| Oberschenkel | 400 | 75/75 | 2x 6.2 |
| Unterschenkel | 400 | 60/60 | 2x 3.9 |

Tab. 6/13: Dimensionen des Standard-Flaschenphantoms

förmigem bzw. elliptischem Querschnitt und repräsentiert einen 170 cm großen Menschen mit einem Körpergewicht von 70 kg (s. Tab.6/13). Für die Kalibrierungen wurde das Phantom mit verschiedenen PTB-Standardlösungen gefüllt. Die Aktivitäten wurden dabei so gewählt, daß bei möglichst kurzer Meßzeit und bei vernachlässigbaren Totzeitverlusten eine möglichst hohe zählstatistische Genauigkeit erzielt wurde. Auf diese Weise sollten elektronisch bedingte Spektrumsverzerrungen, die zu einer Beeinträchtigung der Peak-Analyse führen können, weitgehend vermieden werden. Die Kalibrierungen wurden in drei verschiedenen Meßgeometrien durchgeführt. Die erste Geometrie entspricht im wesentlichen der Detektoranordnung des alten Ganzkörperzählers. Hierbei sind alle Detektoren in der gleichen Ebene (Sagittalebene des Probanden) angeordnet.

Der erste Detektor ist dabei von oben auf die Schilddrüse ausgerichtet, der zweite von unten auf die Lunge, der dritte von oben auf Gonaden und der vierte von unten auf den Magen-Darm-Trakt. Bei dieser Detektoranordnung kann wegen der bestehenden Kollisionsgefahr kein Scan-Meßbetrieb durchgeführt werden. In der Meßgeometrie 2 befinden sich die Detektoren in der gleichen Horizontalposition wie in der Meßgeometrie 1; sie sind allerdings jeweils um 45 Grad aus der Sagittalebene herausgedreht, so daß sie bei Bedarf vom Rechner aus in die Ausgangsposition für einen Scan in sternförmiger Detektoranordnung gefahren werden können. In der Meßgeometrie 3 befinden sich die beiden oberen Detektoren in der Scan-Ausgangsposition am Fußende des Probanden, während die beiden unteren Detektoren wie in Meßgeometrie 1 senkrecht unter dem Probanden angeordnet sind.

Die Abb. 6/18 zeigt den für diese drei Meßgeometrien im Energiebereich zwischen 60 keV (Am-241) und 1836 keV (Y-88) ermittelten Wirkungsgrad. Bedingt durch die leichte Bauweise der Strahleneintrittsfenster der Detektoren (0,2 mm Al) hat der neue Ganzkörperzähler im Gegensatz zur alten Anlage auch unter 100 keV noch einen relativ hohen Wirkungsgrad. Im Energiebereich oberhalb von 100 keV ist der Wirkungsgrad der neuen Anlage etwa um den Faktor 3,5 größer als der Wirkungsgrad der alten Anlage. Dieser Faktor entspricht in guter Näherung dem Verhältnis der Kristallvolumina (3,61). Im Rahmen der bei der Kalibrierung erzielbaren Genauigkeit von etwa 4 % hat der Wirkungsgrad in allen drei Meßgeometrien die gleiche Energieabhängigkeit, die in sehr guter Näherung durch die halbempirische Formel

$$\eta_i(E) = A_i \cdot E^{0,35} \cdot \left\{ 1 - \exp\{-1,5 \cdot 10^{-4} \cdot E^{1,97}\} \right\} \cdot \left\{ 1 - \exp\{-\mu_a \cdot d\} \right\}$$

dargestellt werden kann. Dabei ist η_i der Wirkungsgrad in der i -ten Meßgeometrie, E die Photonenenergie, A_i ein konstanter Normierungsfaktor für die i -te Meßgeometrie, μ_a der lineare Schwächungskoeffizient von NaI und $d = 10$ cm die Dicke des NaI-Kristalls. Der durch diese Beziehung gegebene Kurvenverlauf ist in Abb. 6/18 jeweils als durchgezogene Linie (Interpolation) bzw. als gestrichelte Linie (Extrapolation) dargestellt.

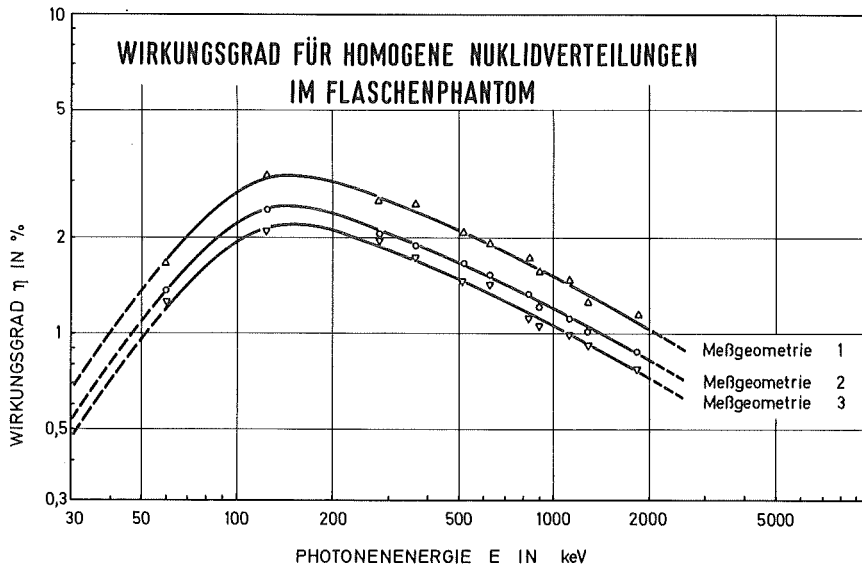


Abb. 6/18: Wirkungsgrad des neuen Ganzkörperzählers nach Kalibrierungen mit einem Standard-Flaschenphantom

Die Abb. 6/19 zeigt die anhand dieser Kalibrierung ermittelte untere Nachweisgrenze des neuen Ganzkörperzählers (Meßgeometrie 1) für die im Routinebetrieb übliche Meßzeit von 5 min. Bei dieser Meßzeit variiert die Nachweisgrenze zwischen etwa 9 Bq und 35 Bq. Sie ist somit insgesamt etwa um den Faktor 3,0 kleiner als die untere Nachweisgrenze der alten Anlage.

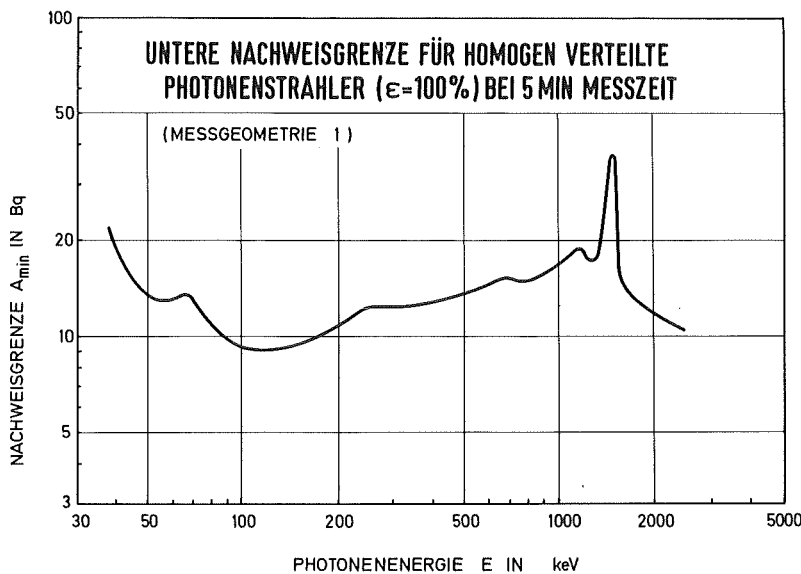


Abb. 6/19: Untere Nachweisgrenze des neuen Ganzkörperzählers in Meßgeometrie 1 bei einer Meßzeit von 5 min

6.5.6. Neues Verfahren zur Analyse der Photopeaks in den Spektren von NaI(Tl)-Detektoren

Im Rahmen der Entwicklung neuer Verfahren zur automatischen Auswertung von Inkorporationsmessungen wurden die Spektren der NaI(Tl)-Detektoren des neuen Ganzkörperzähles einer eingehenden Analyse unterzogen. Die Analyse zeigte zunächst, daß die Form der Photopeaks bei einer gegebenen Photonenenergie sehr stark von dem Moderationsgrad der Strahlung abhängt. Die Abb. 6/20 zeigt als

Beispiel zwei mit dem Detektor 1 des neuen Ganzkörperzählers aufgenommene Photopeaks von Mn-54. Die Treppenkurve im linken Teil der Abbildung stellt den Peak für einen unabgeschirmten Punktstrahler dar und ist somit repräsentativ für das Spektrum einer äußeren Kontamination. Die Treppenkurve im rechten Teil zeigt den Peak für eine homogene Lösung im Flaschenphantom und repräsentiert folglich ein reines Inkorporationsspektrum. Beide Photopeaks haben in der hochenergetischen Flanke praktisch dieselbe Form. Die niederenergetischen Flanke zeigt dagegen deutliche Unterschiede. Sie ist im Kontaminationsspektrum geringfügig und im Inkorporationsspektrum erheblich flacher als die gespiegelte Abstiegsflanke. Diese Peak-Asymmetrie ist bislang bei der Analyse der Spektren von NaI(Tl)-Detektoren nicht berücksichtigt worden.

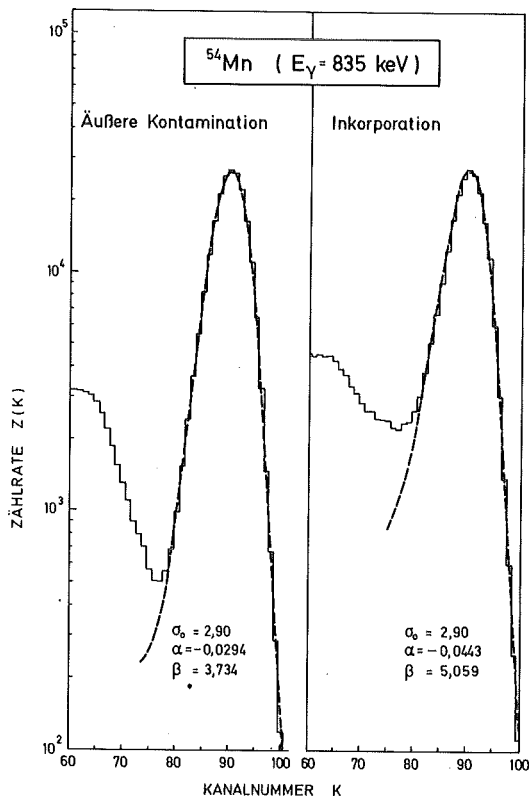


Abb. 6/20: Photopeaks für die Strahlung von Mn-54 bei äußerer Kontamination bzw. bei Inkorporation (Treppenkurven: Gemessene Spektren; gestrichelte Kurven: Least-Square-Fit)

Das Compton-Kontinuum der NaI(Tl)-Spektren wird durch Compton-Effekte sowohl in der Materie zwischen der Strahlenquelle und dem Detektor als auch in dem Detektor selbst verursacht. Der erstgenannte Beitrag erstreckt sich im Spektrum von Null bis zur Compton-Kante, der letztgenannte Beitrag vom Rückstreupeak bis zum Photopeak. Aus diesem Grund kann die Asymmetrie der Photopeaks nur durch Compton-Effekte in der Materie zwischen der Quelle und dem Detektor hervorgerufen werden, und zwar speziell nur durch diejenigen Compton-Effekte, bei denen sehr wenig Energie auf das gestreute Elektron übertragen wird. Die Peak-Asymmetrie wird daher in erster Linie nur durch Compton-Effekte mit Vorwärtsstreuung verursacht. Der Grad der Peak-Asymmetrie wird demnach hauptsächlich durch die Materie auf der direkten Verbindungslinie

zwischen Quelle und Detektor bestimmt. Die umgebende Materie sowie die Einfallsrichtung der Strahlung spielen nur eine untergeordnete Rolle. Folglich kann die Peakasymmetrie prinzipiell zur Bestimmung der Absorption der Strahlung auf dem Weg zwischen der Quelle und dem Detektor herangezogen werden. Voraussetzung ist dabei allerdings, daß der Grad der Peak-Asymmetrie in einer definierten Form quantifiziert wird. Zu diesem Zweck wurde auf der Basis der Gauß-Verteilung

$$Z(K) = Z_0 \cdot \exp\left\{-\frac{(K-K_0)^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (1)$$

ein neuer Fit für NaI(Tl)-Photopeaks entwickelt. Hier ist Z die Zählrate pro Kanal, K die Kanalnummer, K_0 die Kanallage des Peakmaximum, Z_0 die interpolierte Zählrate bei K_0 und σ eine Konstante, die proportional zur Halbwertsbreite der Gauß-Verteilung ist. Durch Umstellen von Gl. (1) erhält man die folgende Beziehung zur Berechnung von σ :

$$\sigma(K) = \left\{ \frac{|K-K_0|}{2 \cdot \ln\{Z(K)/Z_0\}} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

Wendet man diese Beziehung auf NaI(Tl)-Peaks an, so ergibt sich stets der folgende Zusammenhang:

$$\sigma(K) = \begin{cases} \alpha \cdot K + \beta & \text{für } K < K_0 \\ \sigma_0 & \text{für } K > K_0 \end{cases} \quad (3)$$

Demnach hat die hochenergetische Flanke der Peaks die Form einer Gauß-Verteilung, während in der niederenergetischen Flanke ein exponentieller Zusammenhang zwischen σ und K besteht. Dabei sind α und β zwei empirische Parameter, die beide betragsmäßig mit dem Grad der Peak-Asymmetrie zunehmen. Auf der Basis des durch Gl.(3) gegebenen Zusammenhangs wurde ein spezieller Least-Square-Fit zur Bestimmung von α , β und σ_0 entwickelt. Bei den beiden in Abb. 6/20 dargestellten Peaks von Mn-54 liefert dieser Fit identische Werte für σ_0 und jeweils sehr unterschiedliche Werte für α bzw. für β . Rechnet man die beiden Peaks mit den erhaltenen Parametern nach den Gln.(1,3) zurück, so ergeben sich die in der Abb. 6/20 gestrichelt dargestellten Kurven, die praktisch im gesamten Peak-Bereich innerhalb der zählstatistischen Schwankungsbreite mit der Messung übereinstimmen.

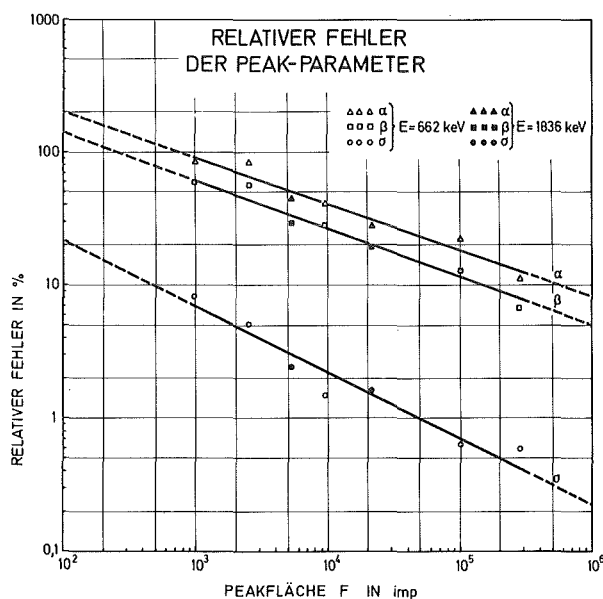


Abb. 6/21: Relativer Fehler der Peak-Parameter α , β und σ_0 in Abhängigkeit von der Peakfläche F

Der Least-Square-Fit ist auf jeden gut aufgelösten Peak anwendbar, sofern der Peak sich über wenigstens 12 Kanäle des Spektrums erstreckt. Bei der im Routinebetrieb des neuen Ganzkörperzählers üblichen Analog/Digital-Konversionsverstärkung (256 Kanäle pro 10 V) können demzufolge alle Photopeaks mit Energien von mehr als etwa 200 keV auf diese Weise gefittet werden. Bei kleineren Photonenenergien muß die Konversionsverstärkung entsprechend erhöht werden. Bei Energien von weniger als etwa 150 keV muß man allerdings beachten, daß die niederenergetische Flanke des Photopeaks von dem zur gleichen Strahlenqualität gehörenden Rückstreupeak überlagert werden kann. Bedingt durch die zählstatistische Streuung der Impulsraten sind die Peakparameter umso genauer zu bestimmen, je größer die Peakfläche ist. Dies wird durch Abb. 6/21 verdeutlicht, die den empirisch bestimmten relativen Fehler von α , β und σ als Funktion der Peakfläche zeigt. Wie aus dieser Abbildung hervorgeht, sind für eine hinreichend genaue Bestimmung des Parameters α Peakflächen von mehr als 50 000 Impulsen erforderlich.

Eine systematische Analyse der Photopeaks von verschieden stark moderierter Strahlung im Energiebereich zwischen 60 und 1836 keV läßt den Schluß zu, daß die Parameter generell durch die Beziehung $\alpha \cdot K_0 + \beta = \ln(\sigma_0)$ miteinander verknüpft sind. Führt man diese Beziehung in den Fit ein, so kann man den Parameter β eliminieren, wodurch sich die Genauigkeit von α erhöht. Die Optimierung des Fits in dieser Richtung ist noch nicht abgeschlossen.

6.5.7. Unterscheidung zwischen innerer und äußerer Kontamination bei der In-vivo-Messung

Die Unterscheidung zwischen innerer und äußerer Kontamination stellt auch heute noch eines der Hauptprobleme bei der In-vivo-Messung dar. Die Erfahrung hat gezeigt, daß bei Zwischenfällen mit Personenkontaminationen auch nach gründlicher Reinigung noch Aktivitätsreste auf der Haut und an den Haaren vorhanden sein können. Diese Restaktivitäten können insbesondere beim Nachweis niederenergetischer Photonenstrahler zu einer erheblichen Verfälschung des Meßergebnisses führen.

Mit Hilfe des in Kap. 6.5.6 beschriebenen Verfahrens zur Peakanalyse konnte nun eine neue Methode zur Unterscheidung zwischen innerer und äußerer Kontamination bei der In-vivo-Messung kon-

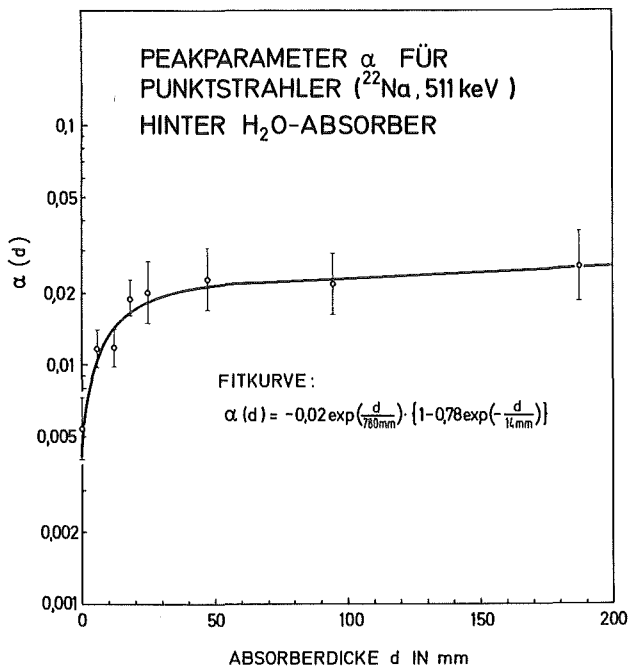


Abb. 6/22: Peak-Parameter α für einen Na-22-Punktstrahler in planparalleler Meßgeometrie hinter einem H_2O -Absorber

zipiert werden. Diese Methode profitiert von der Tatsache, daß die Peakasymmetrie in erster Linie von der Materie zwischen der Quelle und dem Detektor und erst in zweiter Linie von der umgebenden Materie sowie von der Einfallrichtung bestimmt wird. Man kann daher prinzipiell einen relativ einfachen Zusammenhang zwischen dem Grad der Peakasymmetrie - repräsentiert durch die Parameter α und β - und der Dicke des Absorbers zwischen Quelle und Detektor herstellen.

Die Abb. 6/22 zeigt als Beispiel die Abhängigkeit des Peakparameters α von der Dicke des Absorbers zwischen Quelle und Detektor für einen Na-22-Punktstrahler hinter einem Wasserabsorber in planparalleler Meßgeometrie. Die Fehlerbalken beziehen sich dabei auf die erste Version des Fits bei Peakflächen von jeweils etwa 50 000 Impulsen. Wie aus der Abbildung hervorgeht, nimmt der Wert von α bis zu einer Absorberdicke von 20 mm zunächst relativ stark und danach nur noch sehr schwach zu. Dieser Kurvenverlauf gestattet prinzipiell eine sehr gute Diskriminierung von innerer und äußerer Kontamination. Besonders günstig wirkt sich die Tatsache aus, daß α bei einer reinen Inkorporation nur unwesentlich von der Tiefe der Nukliddeposition im Körper abhängt.

Innerhalb der Fehlerbalken läßt sich der Kurvenverlauf als Summe zweier Exponentialterme darstellen. Für eine genauere Analyse muß der Fit allerdings noch in der in Kap. 6.5.6. vorgezeichneten Art verbessert werden.

Man entnimmt der Abb. 6/22 daß bereits mit der ersten Fit-Version eine Aussage möglich ist, ob es sich um eine reine äußere Kontamination oder um eine reine Inkorporation handelt. Voraussetzung ist dabei, daß sich die äußere Kontamination auf der detektorzugewandten Seite des Körpers befindet. Wenn auf der detektorabgewandten Seite ebenfalls eine Kontamination vorliegt, dann kann allerdings eine Inkorporation vorgetäuscht werden. Im ungünstigsten Fall einer homogen verteilten äußeren Kontamination ist die vorgetäuschte Inkorporation etwa eine Größenordnung kleiner als die äußere Kontamination.

6.5.8 Kalibrierung des Plutonium-Lungenzählers mit dem neuen Torso-Phantom

Das neue Torso-Phantom wurde von der Firma Humanoid Systems als Kopie des im Lawrence Livermore Laboratory (LLL) entwickelten Phantoms hergestellt. Die Konstruktionskriterien dieses Phantoms basieren auf den Empfehlungen des "Intercalibration Committee for Low-Energy Photon Measurements" des US-DOE. Das Phantom simuliert einen männlichen Torso vom Halsansatz bis zum Becken. Die Statur entspricht einem 177 cm großen Mann mit einem Körpergewicht von 76 kg. Zur Illustration ist in Abb. 6/23 ein mit dem Computer-Tomographen des St.Vincentius-Krankenhauses in Karlsruhe aufgenommener Querschnitt durch das Phantom dargestellt.

Das Phantom besteht aus einem menschlichen Brustkorb, der in einem Rumpf aus gewebeäquivalentem Material eingebettet ist. Im Innern des Rumpfes befinden sich Nachbildungen der Lunge, des Herzens, der Leber und der Nieren, die ebenfalls aus gewebeäquivalenten Materialien hergestellt sind. Außerdem befinden sich in der Schale noch Füllmaterialien zur Simulation der Körperflüssigkeiten sowie zur Simulation des oberen Verdauungstrakts. Das Phantom wird vervollständigt

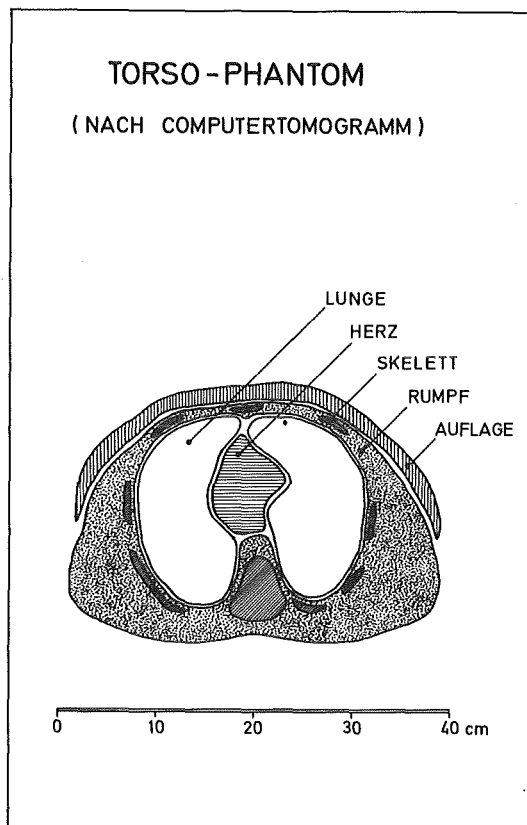


Abb. 6/23: Querschnitt durch das Torso-Phantom nach einem Computertomogramm

durch drei Sätze von speziellen Overlays, mit denen verschiedene Brustwandstärken im Bereich zwischen 22 und 38 mm simuliert werden können. Die Materialkompositionen der Overlay-Sätze entsprechen einem Muskel/Fett-Verhältnis von 13/87, 50/50 bzw. 100/0. Alle Komponenten des Phantoms sind inaktiv, d.h. sie enthalten weder K-40 noch andere natürliche Radionuklide. Für die Kalibrierungen können die Lunge, die Lymphknoten oder die Leber durch die in Tab. 6/14 aufgeführten aktiven Komponenten ersetzt werden.

| Radioaktiver Stoff | Aktivität bzw. Masse des radioaktiven Stoffes in | | |
|--------------------|--|-------------|---------|
| | Lunge | Lymphknoten | Leber |
| Tc-99 | 740 kBq | - | - |
| Np-237 | 1850 kBq | - | - |
| Pu-238 | 296 kBq | 296 kBq | 296 kBq |
| Pu-239 | 740 kBq | 740 kBq | 740 kBq |
| Am-241 | 89 kBq | 89 kBq | 89 kBq |
| Thorium (nat.) | 680 mg | - | 680 mg |
| Uran (nat.) | 680 mg | - | 680 mg |
| Anger.Uran (93%) | 680 mg | - | - |
| Abger.Uran (U-238) | 60 mg | - | - |

Tab. 6/14: Aktivitäten bzw. Massen der Kalibriersubstanzen in den aktiven Komponenten des Torso-phantoms

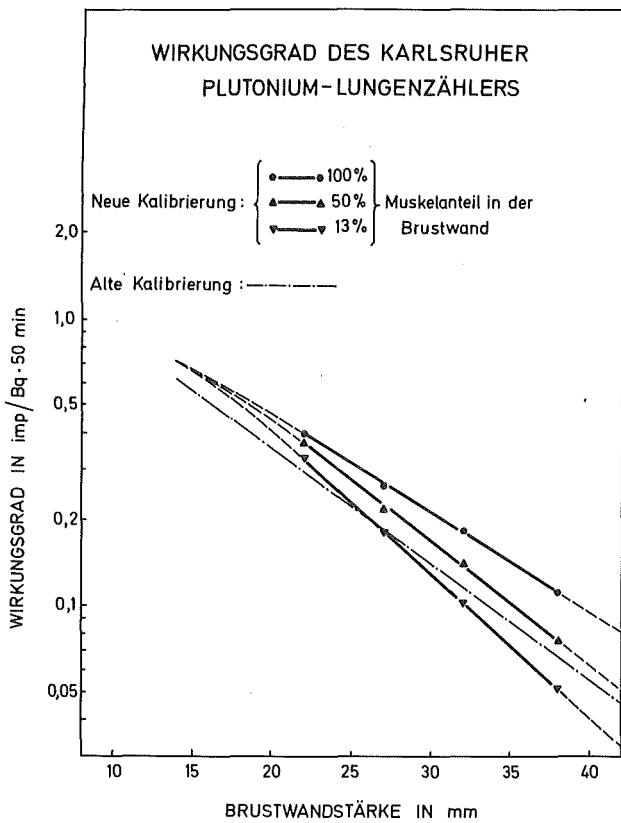


Abb. 6/24: Wirkungsgrad des Karlsruher Plutonium-Lungenzählers für homogene Pu-239-Lungendepots nach Kalibrierung mit dem Torso-Phantom

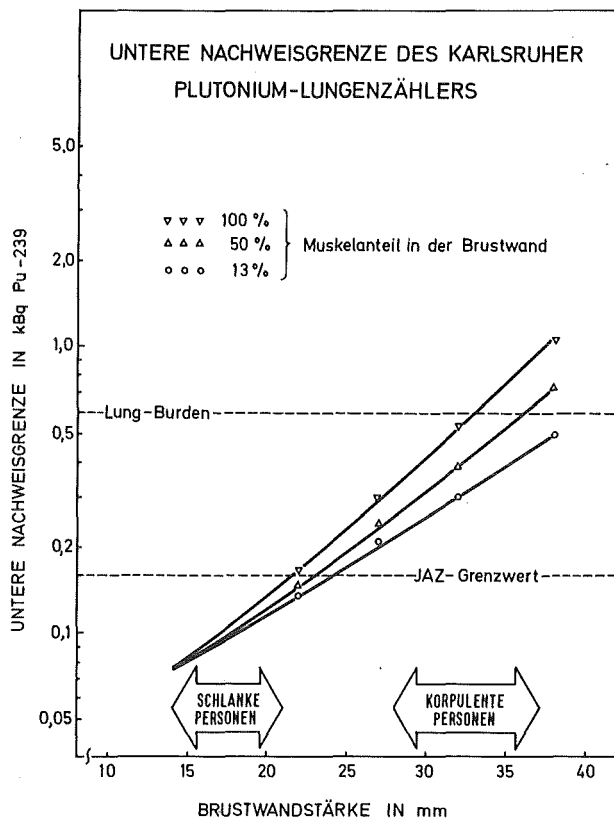


Abb. 6/25: Untere Nachweisgrenze des Karlsruher Lungenzählers für homogene Pu-239-Lungendepots

Die Abb. 6/24 zeigt den mit dem neuen Phantom bestimmten Wirkungsgrad des Karlsruher Plutonium-Lungenzählers für homogene Pu-239-Lungendepots in Abhängigkeit von der Brustwandstärke und dem Muskelanteil in der Brustwand. Zum Vergleich ist in der Abbildung auch der bisher zugrunde gelegte Wirkungsgrad dargestellt. Dieser Wirkungsgrad beruht auf einer Kalibrierung mit dem von HS in Zusammenarbeit mit der Medizinischen Abteilung entwickelten Lungenphantom und einer anhand von Literaturdaten entwickelten Korrekturformel für die unterschiedlichen Körperproportionen. Wie man der Abb. 6/24 entnehmen kann, wird der alte Wirkungsgrad durch die neue Kalibrierung recht gut bestätigt. Sieht man einmal von den im KfK-Überwachungsbereich relativ selten vorkommenden Personen mit sehr starker und sehr fetter Brustwand ab, so liegt man bei Zugrundelegung des alten Wirkungsgrades stets auf der sicheren Seite.

Die Abb. 6/25 zeigt die anhand der neuen Kalibrierung ermittelte untere Nachweisgrenze des Karlsruher Lungenzählers für homogene Pu-239-Lungendepots. Die Nachweisgrenze bezieht sich hier auf eine 50-Minuten-Messung unter idealen Meßbedingungen. Dies bedeutet, daß einerseits keine höherenergetischen Störstrahler inkorporiert sind, und daß andererseits ein geeignetes Referenzspektrum zur Verfügung steht. Sind diese Voraussetzungen erfüllt, so kann bei den meisten Personen ein Lungendepot in Höhe des maximal zulässigen Grenzwertes (Lung burden: 592 Bq Pu-239) mit mindestens 95%-iger Sicherheit nachgewiesen werden. Bei schlanken Personen kann auch bereits ein Lungendepot in Höhe des Grenzwertes der Jahresaktivitätszufuhr (JAZ-Grenzwert: 160 Bq Pu-239) nachgewiesen werden. Wenn kein geeignetes Referenzspektrum zur Verfügung steht, dann erhöht sich die Nachweisgrenze im gesamten Bereich um etwa 100 %. Bei Inkorporation höherenergetischer Störstrahler richtet sich die Erhöhung der Nachweisgrenze nach der Aktivität und der räumlichen Verteilung der Störstrahler sowie nach den Methoden zur Korrektur der Störstrahlungseinflüsse. In bestimmten Fällen (z.B. bei Am-241) kann ein Störstrahler allerdings auch als Tracer für eine Plutonium-Inkorporation benutzt werden. In diesen Fällen kann die Nachweisgrenze unter Umständen erheblich kleiner werden.

6.6. Strahlenschutzmeßgeräte.

6.6.1 Aufgaben

A. Schmitt

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

Der Bestand an elektronischen Geräten, der von der Hauptabteilung Sicherheit betreut wird, setzt sich aus einer großen Anzahl von tragbaren Dosisleistungs- und Kontaminationsmonitoren, aus Meßplätzen zur Aktivitätsbestimmung, den ortsfesten Anlagen zur Pegel- und Luftüberwachung und wenigen, aber teureren und komplizierten Anlagen zur Spektroskopie zusammen. Da sich diese Geräte weiträumig in den verschiedenen Instituten und Abteilungen des Kernforschungszentrums befinden, ergibt sich zwangsläufig eine gewisse Unterteilung im Service, der soweit wie möglich selbst durchgeführt wird. Die Arbeitsgruppe "Geräteelektronik" erfüllt hierbei folgende Aufgaben:

- regelmäßige elektronische Wartung und Kalibrierung der tragbaren Dosisleistungsmeßgeräte der KfK sowie von 5 Fremdfirmen,
- Mitarbeit bei der Eichung von Dosisleistungsmeßgeräten durch die amtliche Eichabfertigungsstelle,
- Reparatur und Kalibrierung aller HFK- und Kontaminationsmonitore der KfK,
- Reparatur und Kalibrierung der Luftüberwachungsanlagen in den verschiedenen Instituten und Abteilungen des KfK,
- Reparatur sonstiger elektronischer Geräte aus dem Bereich der Hauptabteilung Sicherheit,
- Eingangskontrolle der von der Hauptabteilung Sicherheit beschafften Geräte, Untersuchung neuer Geräte und Bestimmung der elektrischen Eigenschaften von Detektoren,
- Entwicklung von kommerziell nicht erhältlichen Geräten für den Bedarf der Hauptabteilung Sicherheit,
- Beratung von Instituten und Abteilungen bei der Beschaffung von Strahlenmeßgeräten,
- routinemäßige Dichtigkeitsprüfung aller umschlossenen Strahler.

Die Betreuung von Strahlenschutzmeßgeräten und Anlagen durch die Hauptabteilung Sicherheit beginnt gewöhnlich schon vor der Beschaffung mit der Beratung über das zweckmäßigste Meßverfahren und die Geräteauswahl und geht über die Abwicklung der Bestellung bis zur Kalibrierung und Abnahme.

6.6.2 Wartung und Reparatur

Kontrollen auf Funktionstüchtigkeit werden vor Ort vom Personal der Arbeitsplatzüberwachung regelmäßig durchgeführt. Defekte Geräte werden soweit wie möglich in einer Elektronikwerkstatt instandgesetzt. Die Tabelle 6/15 zeigt den Umfang an Wartungs- und Reparaturarbeiten dieser Werkstatt an tragbaren Strahlenschutzmeßgeräten, HFK-Monitoren und Aktivitätsmeßplätzen, die Tabelle 6/16 die Art der Reparatur.

In der Elektronikwerkstatt wurde auch eine Reihe von Umbauarbeiten und kleineren elektronischen Entwicklungen durchgeführt.

| | |
|-------------------------|-----|
| Kontaminationsmonitoren | 184 |
| HFK-Monitoren | 170 |
| Fußbodenmonitoren | 7 |
| Wäschemonitoren | 2 |
| Aktivitätsmeßplätze | 17 |
| Probenwechsler | 14 |
| Dosisleistungsmeßgeräte | 16 |
| Taschenwarngeräte | 27 |
| Neutronenmonitoren | 2 |
| sonstige Geräte | 18 |

Tab. 6/15: Reparatur und Wartungsarbeiten an Strahlenmeßgeräten, Art der Geräte

Zur kontinuierlichen Registrierung von Strahlungspegel und Luftaktivität werden von der Hauptabteilung Sicherheit z.Z. rund 230 Meßstellen betreut, die in 30 Gebäuden des Kernforschungszentrums installiert sind, weiterhin 47 Meßstellen zur Umgebungsüberwachung. Zur Instandhaltung dieser Meßstellen waren im Berichtsjahr 526 Reparatursätze erforderlich.

Zeitraubende Beratungen, Beschaffungen und Installationsarbeiten waren für die Erweiterung der Strahlenschutzüberwachung am Zyklotron nötig.

| | |
|-----------------------|-----|
| Folie | 122 |
| Zähl draht | 25 |
| Elektronik | 221 |
| Kabel | 26 |
| mechanische Reparatur | 38 |
| Batterie | 25 |

Tab. 6/16: Reparatur und Wartungsarbeiten an Strahlenmeßgeräten, Art der Reparatur

6.6.3 Routinekalibrierung

B. Burgkhardt und A. Schmitt

Die routinemäßige Kalibrierung von Dosis- und Dosisleistungsmeßgeräten dient der Gewährleistung der innerhalb der Strahlenschutzüberwachung erforderlichen Meßgenauigkeit der Geräteanzeige. Die für die Strahlenschutzmeßgeräte vorgeschriebene Meßgenauigkeit ergibt sich aus den Anforderungen der PTB an Strahlenschutzdosimeter für die Zulassung 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 nationalen und internationalen Kontroll- und Vergleichsbestrahlungen,

- Kalibrierung von Dosisleistungsmeßgeräten, Dosimetern, Dosiswarngeräten innerhalb der Routinebetreuung, nach einer Reparatur sowie innerhalb der Eingangskontrolle bei neu angeschafften Geräten,
- Bestrahlung von Dosimeterchargen zur Kalibrierung von TLD- und RPL-Auswertegeräten,
- Kalibrierbestrahlungen von einfachen Strahlenschutzdosimeter, aber auch für die Auswerteeinheiten innerhalb des Gerätetests.

Der Umfang der routinemäßigen Kalibrierungen ist in Tab. 6/17 wiedergegeben. Innerhalb des Wartungsplanes werden alle Arten von Dosisleistungsmeßgeräten und Taschenwarngeräten kalibriert.

| Gerätetyp | Routineüberprüfung und Kalibrierung | Kalibrierung nach Reparatur | neue Geräte: Eingangskontrolle und Kalibrierung |
|-------------------|--|--------------------------------|---|
| Jordankammer | 6 | - | - |
| Graetz X-10 | - | - | - |
| Graetz X-50 | 64 | - | - |
| Graetz X-500 | 13 | - | - |
| Graetz X-1000 | 1 | - | - |
| Total 6150 | 34 | 1 | - |
| Total 6112 | 23 | 7 | - |
| Weichstrahlkammer | 14 | - | - |
| Taschenwarngerät | 206 | - | - |
| Neutronenmeßgerät | 24 | 1 | - |
| sonstige | 40 | - | - |

Tab. 6/17: Wartungsarbeiten an tragbaren Dosisleistungsmeßgeräten und Taschenwarngeräten

Neben diesen routinemäßig durchgeführten Kalibrierungen wurden an den Eichständen der Eichhalle noch 746 Bestrahlungen für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten durchgeführt.

Kontrollmessungen an den ^{137}Cs -Bestrahlungsanlagen wurden im gesamten interessierenden Dosisleistungsbereich regelmäßig durchgeführt.

6.6.4 Amtliche Eichabfertigungsstelle

A. Schmitt

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

Im Jahre 1982 wurden für KfK 692 Stabdosimeter und 91 Geräte geeicht.

6.6.5 Dichtigkeitsprüfungen

H. Junker

Die nach der StrlSchV vorgeschriebene Dichtigkeitsprüfung an umschlossenen radioaktiven Stoffen wird im Kernforschungszentrum Karlsruhe aufgrund einer Ermächtigung der Aufsichtsbehörden von unabhängigen Sachverständigen für Dichtigkeitsprüfungen in Eigenüberwachung durchgeführt. Diese Dichtigkeitsprüfungen werden nach den Richtlinien des Fachnormenausschusses Kerntechnik FB 2 "Umschlossene radioaktive Stoffe" ausgeführt.

Im Jahre 1982 wurden 355 Dichtigkeitsprüfungen durchgeführt. Undichte Quellen konnten hierbei nicht festgestellt werden. In einem Fall wurde eine äußere Kontamination mit einem anderen Nuklid festgestellt. Zusätzlich wurden noch 14 Sonderprüfungen durchgeführt.

6.6.6 Entwicklung und Bau eines tragbaren Kontaminationsmonitors mit anwenderspezifisch geformter Meßsonde zur gleichzeitigen Messung von α - und β -Teilchen

H. Kiefer, B. Reinhardt, H.-G. Röber, S. Ugi

Bei Routineüberwachungen ist es oftmals günstig, einen handlichen Kontaminationsmonitor zur Verfügung zu haben, der es durch seine geometrischen Abmessungen erlaubt, Anlagen bzw. Anlagenteile gezielt auf Kontamination auszumessen. Nur so können vor Ort Entscheidungen getroffen werden, ob zur Dekontamination die Gesamtanlage demontiert werden muß, oder ob es genügt, die tatsächlich mit Radionukliden behafteten Teile zu entfernen. Hierfür muß ein Auswertegerät zur Verfügung stehen, das durch seine Größe einen Einsatz auch in räumlich sehr begrenzten Anlagen, wie z.B. Versorgungsschächten, zuläßt. Damit ist automatisch eine Unabhängigkeit von stationärer Strom- und Gasversorgung gefordert. Da für den geplanten Einsatz (Routine bis Störfall) die unterschiedlichsten Zählraten zu erwarten sind, muß das Gerät in bezug auf seine Meßzeit sehr variabel sein.

Ein neues im Laborstadium vorliegendes Trennverfahren zur gleichzeitigen getrennten Erfassung von α - und β -Teilchen sollte schaltungstechnisch realisiert werden und in einem Handgerät für Kontaminationsmessungen zum Einsatz kommen. Bei dem neuen Trennverfahren wird nur mit einer einzigen Detektorhochspannung gearbeitet. Zur Unterscheidung von α - und β -Teilchen wird nicht, wie es bei den bisher gebräuchlichen Proportionalzählrohren üblich ist, die im Detektorvolumen abgegebene Gesamtenergie der α - und β -Teilchen gemessen (Impulshöhendiskriminierung), sondern ihre unterschiedliche, aber energieunabhängige Ionisierungsdichte ausgenutzt. Durch geeignete konstruktive Maßnahmen kann die innere elektrische Kapazität des Detektors stark reduziert werden. Daraus resultiert eine Verminderung der integrierenden Eigenschaft des Detektors. Nur wenn diese Eigenschaft wegfällt, ist es möglich, Impulsformen für α - und β -Teilchen zu erhalten, die mit den unterschiedlichen Ionisationsdichten der α - und β -Teilchen korrelieren.

Die Detektoreinheit wurde so konzipiert, daß sie sowohl im Gasdurchflußbetrieb wie auch ohne zentrale Gasversorgung arbeiten kann. Dafür war es notwendig, den Detektor bzw. den Zählraum gasdicht abzuschließen. Die Ankoppelung der Gaszuführung und der Gasabführung geschieht mittels zweier Schnellkupplungen. Nach zeitlich ausreichender Gasspülung und anschließender Abkoppelung der Gasversorgung ist die Detektoreinheit mehrere Tage einsatzbereit.

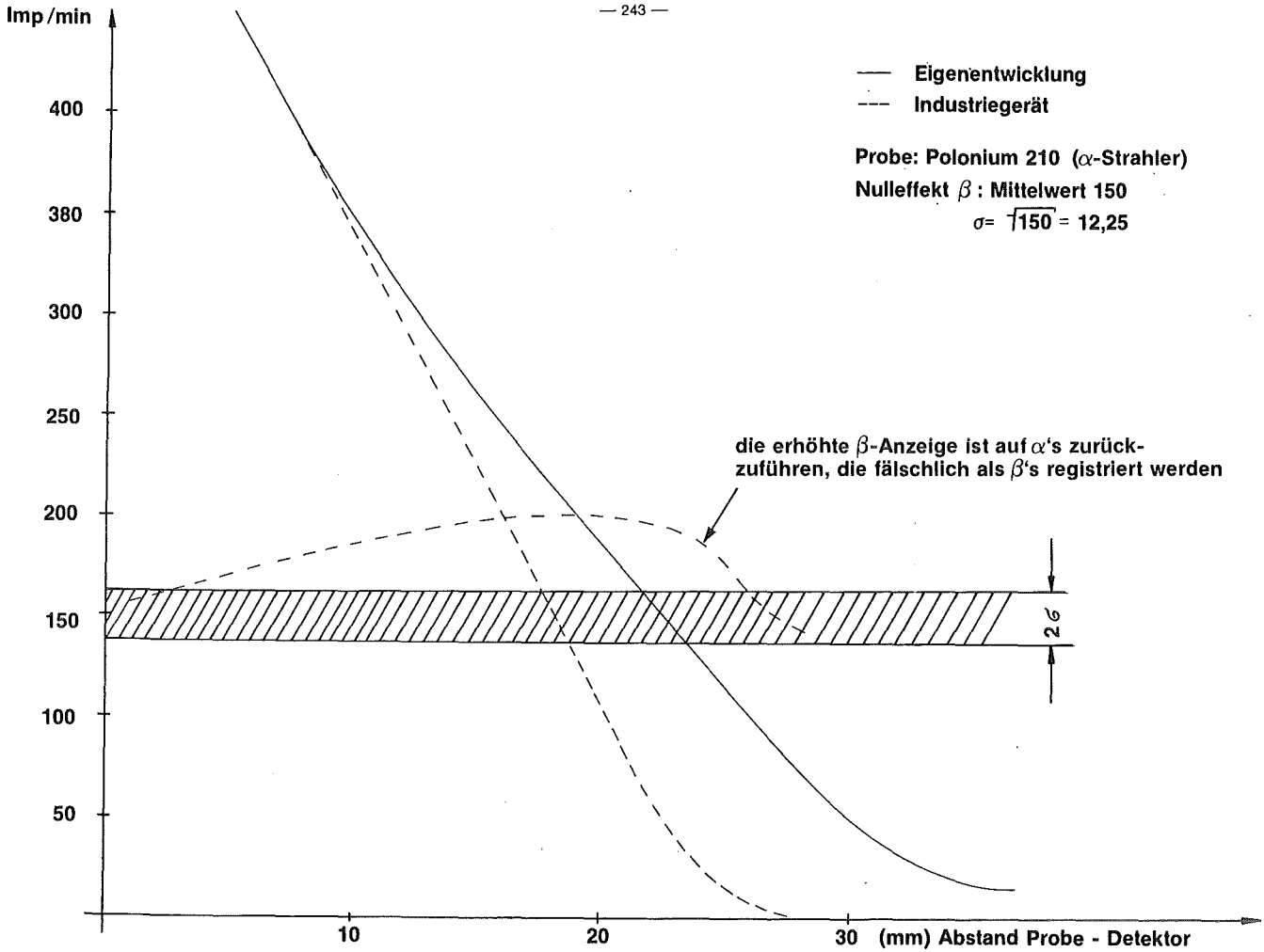


Abb. 6/26: Vergleich der Meßanzeige der Eigenentwicklung mit der Meßanzeige eines handelsüblichen Kontaminations-Meßgerätes

Um schädliche Kapazitäten zu vermeiden, muß sich die RC-Kombination für die Hochspannungseinkoppelung und der Impulsvorverstärker in unmittelbarer Detektornähe befinden. Dies warf einige technische Probleme auf, da die Detektoreinheit von ihrer Größe her limitiert war. Die Lösung bestand in einer Detektorvorkammer, in welcher die benötigten Baugruppen Platz fanden. Durch ein mehradriges, ummanteltes Kabel ist die Detektoreinheit mit der Auswerteeinheit verbunden.

In der Auswerteeinheit werden die benötigten Spannungen erzeugt. Für die Hochspannungserzeugung und -regelung kommt eine bewährte Schaltung zum Einsatz. Die Erzeugung der anderen Gleichspannungen geschieht mittels Gleichspannungswandler, die von einem zentralen Akkusatz gespeist werden. Das Gerät kann sowohl am Netz wie auch nur mit dem Akku betrieben werden. Bei Netzbetrieb wird der Akkusatz geladen und anschließend gepuffert. Die sehr schnellen Spannungsimpulse gelangen über eine 50- Ω -Koaxialleitung von dem Impulsvorverstärker zur Auswerteeinheit und werden dort verarbeitet. Die kontinuierliche Anzeige der α - und β -Impulse geschieht mittels zweier Flüssigkristallanzeigen. Die vorwählbare Zeitbasis für einen Meßvorgang reicht von einer Sekunde bis zu 99 Minuten. Nach Ablauf der vorgegebenen Zeit ertönt ein akustisches Signal und die Anzeigen halten den momentanen Zählerstand fest. Das Rücksetzen der Zähler löst einen neuen Meßvorgang aus.

Zur Beurteilung des Trennungsprinzips und des entwickelten Gerätes wurden mehrere Messungen durchgeführt. Zuerst wurde mittels eines Plateaukennlinienschreibers die Plateaukurven des Detektors aufgenommen. Aus diesen Kurven ergab sich die Einstellung der Detektorhochspannung. Da nur mit einer Hochspannung gearbeitet wird, muß der gemeinsame Arbeitspunkt im β -Plateau liegen. Um die Energieunabhängigkeit des Trennungsprinzips zu überprüfen, wurde die Energieabgabe der α -Teilchen im Zählvolumen durch eine Variation des Abstandes α -Präparat-Detektor beeinflusst. Das Ergebnis der Vergleichsmessungen mit einem industriell gefertigten Gerät, das ebenfalls eine energieunabhängige α/β -Trennung durchführen soll, ist in Abb. 6/26 zu sehen.

7. Umweltmeteorologie

W. Hübschmann

In der Abteilung Umweltmeteorologie werden Forschungs- und Dienstleistungsaufgaben im Rahmen des nuklearen Umweltschutzes durchgeführt. Die Arbeiten gliedern sich in die Bereiche:

- Meteorologische Messungen und Datenverarbeitung,
- atmosphärische Ausbreitung,
- Störfall- und Risikoanalysen.

Meteorologische Parameter werden sowohl an dem 200-m-Mast im KfK als auch mit einem SODAR-Gerät gemessen und auf Datenträger gespeichert. Die Mast-Instrumente wurden nach Stilllegung des CALAS-Systems an ein eigenständiges DV-System mit zwei Prozeßrechnern angeschlossen. Das SODAR-Gerät dient der Fernmessung des Windvektors bis in über 400 m Höhe. Ein solches Gerät wurde für einjährige Vergleichsmessungen im KfK aufgestellt. Die erste Meßperiode ist abgeschlossen; eine zweite mit einem weiteren SODAR schließt sich an.

Zur Beobachtung der Schadstoffausbreitung in der Atmosphäre werden Ausbreitungsversuche mit Tracern - in Zusammenarbeit mit dem Joint Research Center Ispra - und radarverfolgte Tetraonflüge (Verfolgungswerten bis über 90 km) durchgeführt. Diese im Rahmen des Projekts Nukleare Sicherheit durchgeführten Forschungsarbeiten dienen dazu, die für Ausbreitungsrechnungen notwendigen Ausbreitungsparameter bereitzustellen.

Mit den bereits früher entwickelten und z. T. weiterentwickelten Rechenprogrammen wurden sowohl die Belastung der Umgebung des KfK durch radioaktive Schadstoffe als auch die Umweltbelastung durch Kühltürme berechnet. Das Kühlturmflammen-Simulationsprogramm WALKÜRE wird im Auftrag des Umweltbundesamtes zur Untersuchung der Überlagerung von Kühlturm- und SO₂-haltigen Abluftflammen eingesetzt. Die Mitarbeit an der Deutschen Risikostudie Kernkraftwerke wurde - in Zusammenarbeit mit einer Arbeitsgruppe des INR - mit der Phase B dieser Studie fortgesetzt.

7.1 Auswertung meteorologischer Messungen

S. Vogt

7.1.1 Ausbreitungsstatistik

Zur Berechnung von Langzeitausbreitungsfaktoren sowie von Schadstoffkonzentrationen wurde die Ausbreitungsstatistik des Jahres 1982 erstellt. Tab. 7/1 zeigt die dreiparametrische Häufigkeitsverteilung der Windrichtung, der Windgeschwindigkeit und der Ausbreitungskategorie. Der Windgeschwindigkeit und -richtung liegen $\frac{1}{2}$ -h-Mittelwerte der Höhe 60 m zugrunde. Die Windrose ist in 30°-Sektoren eingeteilt, der Sektor 360° enthält die Richtungen von 345° bis 15°. Die Gesamthäufigkeit in den Sektoren ist über jeder Einzeltabelle in Prozent angegeben. Die Ausbreitungskategorie wurde aus den $\frac{1}{2}$ -h-Mittelwerten der Streuung der vertikalen Windrichtungsfluktuation einer in 100 m Höhe installierten Vektorfahne, bzw. bei deren Ausfall aus der horizontalen Windrichtungsfluktuation einer in 100 m Höhe installierten Schwertwindfahne bestimmt. Fällt auch dieses Meßgerät aus, so wird der Temperaturgradient zwischen 30 m und 100 m sowie die Windgeschwindigkeit in 40 m Höhe zur Kategorienbestimmung herangezogen. Durch diese Redundanz ist die Ausbreitungsstatistik mit etwa 3,7 % Ausfall behaftet, davon wurden 2,3 % durch Ausfall bzw. Umstellung der Datenerfassung (s. Kap. 7.2.1) verursacht. Am Ende der Tab. 7/1 ist die Häufigkeitsstatistik auf die Windgeschwindigkeit und Ausbreitungskategorie reduziert, indem über alle Windrichtungssektoren summiert wurde.

| Windgeschwindigkeitsstufe (Messhöhe 60m) in m/s | Ausbreitungskategorie | | | | | | | Ausbreitungskategorie | | | | | | |
|---|-----------------------|-------|-------|-------|-------------------------|-------|--------|-----------------------|-------|-------|-------|-------------------------|-------|--------|
| | A | B | C | D | E | F | Summe | A | B | C | D | E | F | Summe |
| | Windrichtungssektor | | | | Windrichtungshäufigkeit | | | Windrichtungssektor | | | | Windrichtungshäufigkeit | | |
| | 30 Grad | | | | 6.72 % | | | 210 Grad | | | | 23.51 % | | |
| 0.6- 1.0 | 0.09 | 0.26 | 0.18 | 0.62 | 0.71 | 0.53 | 2.38 | 0.0 | 0.10 | 0.15 | 0.15 | 0.08 | 0.18 | 0.66 |
| 1.1- 1.5 | 1.24 | 0.26 | 1.32 | 1.85 | 1.32 | 0.53 | 6.53 | 0.20 | 0.18 | 0.23 | 0.43 | 0.40 | 0.76 | 2.19 |
| 1.6- 2.0 | 1.24 | 1.06 | 1.68 | 5.12 | 3.35 | 0.71 | 13.15 | 0.23 | 0.53 | 0.53 | 0.96 | 0.58 | 0.81 | 3.63 |
| 2.1- 4.0 | 1.77 | 5.47 | 7.68 | 20.92 | 13.95 | 10.33 | 60.11 | 0.68 | 2.70 | 3.51 | 7.49 | 6.51 | 7.11 | 27.99 |
| 4.1- 8.0 | 0.09 | 0.88 | 6.00 | 7.59 | 1.77 | 1.41 | 17.74 | 0.03 | 0.66 | 6.31 | 30.19 | 11.42 | 8.45 | 57.05 |
| 8.1-15.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.09 | 0.0 | 0.0 | 0.09 | 0.0 | 0.0 | 1.61 | 6.76 | 0.10 | 0.0 | 8.47 |
| 15.1-30.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Summe | 4.41 | 7.94 | 16.86 | 36.19 | 21.09 | 13.50 | 100.00 | 1.13 | 4.16 | 12.33 | 45.98 | 19.09 | 17.30 | 100.00 |
| | 60 Grad | | | | 15.62 % | | | 240 Grad | | | | 17.22 % | | |
| 0.6- 1.0 | 0.04 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.23 | 0.11 | 0.95 | 0.14 | 0.07 | 0.28 | 0.21 | 0.10 | 0.21 | 1.00 |
| 1.1- 1.5 | 0.23 | 0.38 | 0.42 | 1.78 | 0.87 | 0.68 | 4.37 | 0.24 | 0.31 | 0.41 | 0.14 | 0.10 | 0.62 | 1.82 |
| 1.6- 2.0 | 0.49 | 0.95 | 1.25 | 1.94 | 1.56 | 0.61 | 6.80 | 0.38 | 0.65 | 0.65 | 0.83 | 0.52 | 0.69 | 3.72 |
| 2.1- 4.0 | 1.82 | 6.23 | 9.42 | 13.90 | 13.48 | 4.06 | 48.90 | 1.07 | 2.93 | 3.82 | 8.36 | 4.65 | 3.55 | 24.37 |
| 4.1- 8.0 | 0.08 | 5.92 | 12.38 | 13.78 | 4.82 | 1.44 | 38.42 | 0.03 | 1.03 | 11.88 | 35.80 | 5.61 | 2.27 | 56.63 |
| 8.1-15.0 | 0.0 | 0.08 | 0.42 | 0.08 | 0.0 | 0.0 | 0.57 | 0.0 | 0.0 | 1.76 | 10.67 | 0.0 | 0.0 | 12.43 |
| 15.1-30.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.03 | 0.0 | 0.0 | 0.03 |
| Summe | 2.66 | 13.74 | 24.07 | 31.66 | 20.96 | 6.91 | 100.00 | 1.86 | 4.99 | 18.80 | 56.04 | 10.98 | 7.33 | 100.00 |
| | 90 Grad | | | | 7.60 % | | | 270 Grad | | | | 5.41 % | | |
| 0.6- 1.0 | 0.16 | 0.23 | 0.31 | 0.55 | 0.39 | 0.23 | 1.87 | 0.44 | 0.44 | 0.66 | 0.88 | 0.22 | 0.66 | 3.29 |
| 1.1- 1.5 | 0.78 | 0.70 | 0.86 | 1.95 | 0.70 | 1.09 | 6.08 | 1.10 | 1.10 | 0.44 | 0.77 | 0.22 | 0.99 | 4.61 |
| 1.6- 2.0 | 0.86 | 1.01 | 0.94 | 2.03 | 2.11 | 1.25 | 8.19 | 1.43 | 1.54 | 0.55 | 1.21 | 1.10 | 1.97 | 7.79 |
| 2.1- 4.0 | 2.57 | 5.15 | 6.40 | 9.75 | 13.57 | 8.81 | 46.26 | 4.28 | 5.04 | 5.26 | 11.07 | 7.68 | 3.07 | 36.40 |
| 4.1- 8.0 | 0.47 | 9.20 | 13.49 | 7.33 | 6.47 | 0.16 | 37.13 | 0.0 | 1.43 | 10.31 | 25.33 | 4.39 | 0.99 | 42.43 |
| 8.1-15.0 | 0.0 | 0.23 | 0.16 | 0.08 | 0.0 | 0.0 | 0.47 | 0.0 | 0.0 | 2.19 | 3.29 | 0.0 | 0.0 | 5.48 |
| 15.1-30.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Summe | 4.84 | 16.54 | 22.15 | 21.68 | 23.24 | 11.54 | 100.00 | 7.24 | 9.54 | 19.41 | 42.54 | 13.60 | 7.68 | 100.00 |
| | 120 Grad | | | | 3.56 % | | | 300 Grad | | | | 2.24 % | | |
| 0.6- 1.0 | 0.0 | 0.50 | 0.17 | 1.50 | 0.33 | 1.00 | 3.50 | 0.53 | 0.53 | 0.53 | 1.85 | 0.26 | 1.06 | 4.76 |
| 1.1- 1.5 | 0.33 | 0.83 | 1.17 | 2.67 | 2.67 | 2.50 | 10.17 | 1.32 | 2.91 | 1.06 | 3.44 | 1.06 | 1.85 | 11.64 |
| 1.6- 2.0 | 0.67 | 1.17 | 1.00 | 4.33 | 2.00 | 7.67 | 16.83 | 5.56 | 1.85 | 0.79 | 1.32 | 2.12 | 1.59 | 13.23 |
| 2.1- 4.0 | 1.50 | 1.67 | 1.83 | 5.67 | 9.67 | 33.83 | 54.17 | 14.55 | 5.56 | 4.50 | 18.52 | 6.35 | 5.29 | 54.76 |
| 4.1- 8.0 | 0.0 | 0.83 | 1.33 | 1.67 | 3.67 | 7.83 | 15.33 | 0.0 | 0.26 | 1.85 | 11.11 | 0.53 | 0.53 | 14.29 |
| 8.1-15.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.32 | 0.0 | 0.0 | 1.32 |
| 15.1-30.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Summe | 2.50 | 5.00 | 5.50 | 15.83 | 18.33 | 52.83 | 100.00 | 21.96 | 11.11 | 8.73 | 37.57 | 10.32 | 10.32 | 100.00 |
| | 150 Grad | | | | 3.55 % | | | 330 Grad | | | | 2.59 % | | |
| 0.6- 1.0 | 0.33 | 0.50 | 1.17 | 1.67 | 0.50 | 0.67 | 4.84 | 0.0 | 1.37 | 0.46 | 0.92 | 0.46 | 1.14 | 4.35 |
| 1.1- 1.5 | 0.33 | 0.50 | 1.50 | 4.84 | 2.34 | 5.84 | 15.36 | 1.37 | 2.29 | 0.46 | 2.52 | 1.60 | 2.06 | 10.30 |
| 1.6- 2.0 | 0.33 | 0.83 | 1.00 | 4.01 | 3.01 | 5.01 | 14.19 | 2.75 | 1.60 | 1.37 | 3.66 | 1.60 | 1.60 | 12.59 |
| 2.1- 4.0 | 0.83 | 0.67 | 0.83 | 7.51 | 17.03 | 24.54 | 51.42 | 11.21 | 5.49 | 6.64 | 19.22 | 6.41 | 4.35 | 53.32 |
| 4.1- 8.0 | 0.0 | 0.0 | 0.17 | 1.00 | 5.34 | 7.68 | 14.19 | 0.23 | 1.60 | 2.75 | 12.36 | 1.37 | 0.46 | 18.76 |
| 8.1-15.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.46 | 0.23 | 0.0 | 0.0 | 0.69 |
| 15.1-30.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Summe | 1.84 | 2.50 | 4.67 | 19.03 | 28.21 | 43.74 | 100.00 | 15.56 | 12.36 | 12.13 | 38.90 | 11.44 | 9.61 | 100.00 |
| | 180 Grad | | | | 5.32 % | | | 360 Grad | | | | 6.12 % | | |
| 0.6- 1.0 | 0.11 | 0.11 | 1.11 | 0.89 | 0.22 | 0.56 | 3.01 | 0.19 | 0.29 | 0.48 | 0.77 | 0.77 | 0.39 | 2.90 |
| 1.1- 1.5 | 0.78 | 0.78 | 1.34 | 2.23 | 1.11 | 2.01 | 8.25 | 0.19 | 0.39 | 0.77 | 1.36 | 1.65 | 0.58 | 4.94 |
| 1.6- 2.0 | 0.89 | 0.56 | 1.56 | 3.01 | 2.45 | 6.47 | 14.94 | 1.26 | 0.77 | 1.45 | 2.61 | 1.74 | 0.58 | 8.42 |
| 2.1- 4.0 | 0.56 | 0.78 | 2.34 | 11.37 | 16.28 | 25.75 | 57.08 | 2.81 | 5.42 | 6.97 | 16.75 | 11.71 | 5.42 | 49.08 |
| 4.1- 8.0 | 0.0 | 0.0 | 0.45 | 4.57 | 4.68 | 7.02 | 16.72 | 0.0 | 2.32 | 7.55 | 16.36 | 5.42 | 2.71 | 34.37 |
| 8.1-15.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.10 | 0.19 | 0.0 | 0.0 | 0.29 |
| 15.1-30.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Summe | 2.34 | 2.23 | 6.80 | 22.07 | 24.75 | 41.81 | 100.00 | 4.45 | 9.20 | 17.33 | 38.04 | 21.30 | 9.68 | 100.00 |

Summiert über alle Windrichtungssektoren einschließlich Windstillen (WG ≤ 0,5 m/s)

| WG (m/s) | Ausbreitungskategorie | | | | | | Summe |
|-----------|-----------------------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 0.0- 0.5 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.17 | 0.13 | 0.21 | 0.55 |
| 0.6- 1.0 | 0.11 | 0.23 | 0.34 | 0.50 | 0.27 | 0.35 | 1.81 |
| 1.1- 1.5 | 0.47 | 0.52 | 0.62 | 1.33 | 0.81 | 1.10 | 4.84 |
| 1.6- 2.0 | 0.78 | 0.85 | 0.94 | 1.97 | 1.42 | 1.56 | 7.52 |
| 2.1- 4.0 | 2.08 | 3.87 | 5.16 | 11.13 | 9.66 | 8.45 | 40.34 |
| 4.1- 8.0 | 0.07 | 2.31 | 8.10 | 19.76 | 6.20 | 3.88 | 40.32 |
| 8.1-15.0 | 0.0 | 0.03 | 0.90 | 3.68 | 0.02 | 0.0 | 4.62 |
| 15.1-30.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.01 | 0.0 | 0.0 | 0.01 |
| Summe | 3.52 | 7.81 | 16.07 | 38.54 | 18.50 | 15.55 | 100.00 |

Tab. 7/1: Ausbreitungsstatistik 01.12.1981 - 30.11.1982, Häufigkeit in %
WG = Windgeschwindigkeit

Der Vergleich der Ausbreitungsstatistik des Jahres 1982 mit der von 1981 zeigt einen Rückgang der neutralen Ausbreitungskategorien um fast 7 %. Davon profitierten vor allem die labilen Kategorien B und C sowie die stabile Kategorie F. In dieser Umverteilung spiegelt sich das Witterungsgeschehen des Jahres 1982 wider. Vor allem im Januar bis März sowie im Juli und Oktober gab es im vergangenen Jahr mehr schöne Tage, d. h. tagsüber führte die durch wenig Bewölkung gestörte Sonneneinstrahlung zu ausgeprägter labiler Schichtung, während es nachts häufiger aufklarte und so stabile Schichtungen begünstigte.

Will man das Auswaschen der Schadstoffe durch Niederschlag berücksichtigen, so benötigt man die Intensität des Niederschlags in Abhängigkeit von Windrichtung, -geschwindigkeit und Ausbreitungskategorie. Da der Niederschlag von Jahr zu Jahr großen Schwankungen unterliegt, sollte eine vierparametrische Ausbreitungsstatistik auf den Daten mehrerer Jahre basieren. Die veröffentlichte 7jährige vierparametrische Statistik kann nun durch eine 10jährige Statistik ersetzt werden. Der Niederschlag ist dabei in die Stufen null bis drei, die Windrichtung sowohl in 10°- als auch in 30°-Sektoren eingeteilt. Aus Platzgründen muß hier auf eine vollständige Darstellung verzichtet werden. In Tab. 7/2 ist deshalb für jede Niederschlagsstufe eine zweiparametrische Häufigkeitsstatistik dargestellt. Sie wurde aus der vierparametrischen Statistik durch Summation über alle Windrichtungssektoren gewonnen.

| SUMMIERT ÜBER ALLE WINDRICHTUNGSSEKTOREN, HÄUFIGKEIT IN PROZENT | | | | | | | |
|--|-----------------------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| NIEDERSCHLAGSSTUFE 0: KEIN NIEDERSCHLAG (88,9 %) | | | | | | | |
| WG (m/s) | AUSBREITUNGSKATEGORIE | | | | | | SUMME |
| | A | B | C | D | E | F | |
| 0.0- 0.5 | 0.01 | 0.02 | 0.04 | 0.26 | 0.22 | 0.30 | 0.85 |
| 0.6- 1.0 | 0.12 | 0.15 | 0.22 | 0.65 | 0.47 | 0.57 | 2.17 |
| 1.1- 1.5 | 0.43 | 0.45 | 0.50 | 1.48 | 0.99 | 1.07 | 4.92 |
| 1.6- 2.0 | 0.79 | 0.72 | 0.76 | 1.94 | 1.59 | 1.70 | 7.49 |
| 2.1- 4.0 | 2.17 | 3.84 | 4.93 | 10.20 | 9.37 | 8.94 | 39.46 |
| 4.1- 8.0 | 0.09 | 2.11 | 8.12 | 20.25 | 6.26 | 4.38 | 41.21 |
| 8.1-15.0 | 0.0 | 0.02 | 0.61 | 3.24 | 0.01 | 0.00 | 3.88 |
| 15.1-30.0 | 0.0 | 0.0 | 0.00 | 0.01 | 0.0 | 0.0 | 0.01 |
| SUMME | 3.62 | 7.30 | 15.18 | 38.03 | 18.91 | 16.96 | 100.00 |
| NIEDERSCHLAGSSTUFE I: 0 + 0,5 mm/h (7,2 %) | | | | | | | |
| WG (m/s) | AUSBREITUNGSKATEGORIE | | | | | | SUMME |
| | A | B | C | D | E | F | |
| 0.0- 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.05 | 0.28 | 0.26 | 0.12 | 0.71 |
| 0.6- 1.0 | 0.03 | 0.09 | 0.17 | 0.73 | 0.52 | 0.28 | 1.82 |
| 1.1- 1.5 | 0.20 | 0.10 | 0.40 | 1.98 | 1.00 | 0.65 | 4.33 |
| 1.6- 2.0 | 0.13 | 0.18 | 0.50 | 2.41 | 1.57 | 0.94 | 5.73 |
| 2.1- 4.0 | 0.49 | 0.76 | 1.97 | 13.70 | 9.35 | 4.97 | 31.25 |
| 4.1- 8.0 | 0.05 | 0.27 | 2.85 | 33.88 | 5.94 | 2.23 | 45.22 |
| 8.1-15.0 | 0.0 | 0.01 | 0.85 | 10.01 | 0.04 | 0.0 | 10.92 |
| 15.1-30.0 | 0.0 | 0.0 | 0.01 | 0.01 | 0.0 | 0.0 | 0.02 |
| SUMME | 0.89 | 1.42 | 6.81 | 63.01 | 18.67 | 9.20 | 100.00 |
| NIEDERSCHLAGSSTUFE II: 0,51 ÷ 3,0 mm/h (3,4 %) | | | | | | | |
| WG (m/s) | AUSBREITUNGSKATEGORIE | | | | | | SUMME |
| | A | B | C | D | E | F | |
| 0.0- 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.02 | 0.16 | 0.09 | 0.02 | 0.29 |
| 0.6- 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.09 | 0.56 | 0.27 | 0.13 | 1.05 |
| 1.1- 1.5 | 0.0 | 0.0 | 0.29 | 1.20 | 0.67 | 0.18 | 2.34 |
| 1.6- 2.0 | 0.0 | 0.02 | 0.31 | 1.99 | 1.05 | 0.38 | 3.75 |
| 2.1- 4.0 | 0.0 | 0.02 | 1.38 | 14.94 | 6.96 | 2.01 | 25.31 |
| 4.1- 8.0 | 0.0 | 0.0 | 1.67 | 41.04 | 5.08 | 1.41 | 49.20 |
| 8.1-15.0 | 0.0 | 0.0 | 1.58 | 16.35 | 0.05 | 0.02 | 18.00 |
| 15.1-30.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.05 | 0.0 | 0.0 | 0.05 |
| SUMME | 0.0 | 0.04 | 5.33 | 76.31 | 14.18 | 4.15 | 100.00 |
| NIEDERSCHLAGSSTUFE III: > 3,0 mm/h (0,4 %) | | | | | | | |
| WG (m/s) | AUSBREITUNGSKATEGORIE | | | | | | SUMME |
| | A | B | C | D | E | F | |
| 0.0- 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.14 | 0.14 | 0.0 | 0.28 |
| 0.6- 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.14 | 0.57 | 0.28 | 0.0 | 1.00 |
| 1.1- 1.5 | 0.0 | 0.14 | 0.14 | 0.43 | 0.85 | 0.43 | 1.99 |
| 1.6- 2.0 | 0.0 | 0.0 | 0.43 | 1.57 | 1.00 | 0.28 | 3.28 |
| 2.1- 4.0 | 0.0 | 0.43 | 1.14 | 15.10 | 3.70 | 0.85 | 21.23 |
| 4.1- 8.0 | 0.0 | 0.14 | 3.70 | 46.44 | 5.56 | 1.00 | 56.84 |
| 8.1-15.0 | 0.0 | 0.14 | 0.85 | 14.25 | 0.14 | 0.0 | 15.38 |
| 15.1-30.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| SUMME | 0.0 | 0.85 | 6.41 | 78.49 | 11.68 | 2.56 | 100.00 |

Tab. 7/2: Niederschlagsstatistik 01.12.1981 - 30.11.1982, Häufigkeit in %, WG = Windgeschwindigkeit

Die Erweiterung der Datenbasis auf 10 Jahre ergab folgende Veränderungen: Der prozentuale Anteil der Zeit mit Niederschlag nahm von 9,8 % auf 11,1 % zu. Geringe Niederschläge nahmen um 14 % zu. Die Verteilung der Ausbreitungskategorien in den Niederschlagsstufen änderte sich nur unwesentlich. Die ausführliche Statistik ist in (S. Vogt, Three- and Four-parameters Diffusion Statistics as a Basis for Calculating the Longterm Pollutant Load, KfK 3477 (1983)) veröffentlicht.

7.1.2 Weitergabe meteorologischer Daten

Die Oberrheinischen Mineralölwerke (OMW) interessierten sich für Temperaturen zur Auslegung von Luftkühlern bzw. zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit geplanter Umbaumaßnahmen. Hierzu wurde eine Statistik der Jahre 1973 bis 1981 erstellt, die angibt, an wie vielen Tagen vorgegebene Temperaturgrenzen über- bzw. unterschritten werden.

Dem Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare in Rom wurde ein Magnetband mit Halbstundenwerten des Niederschlags und anderer meteorologischer Parameter von 9 Jahren übermittelt. Das Institut untersucht Niederschlagsdaten von Dänemark, Holland, Belgien, Frankreich, Italien und Deutschland auf statistischer Basis.

Am Meteorologischen Institut in Hamburg werden die Ausbreitungsexperimente des KfK mit einem Diffusionsmodell nachgerechnet. Hierfür wurden dem Institut die Wind- und Temperaturdaten in allen verfügbaren Meßhöhen während 17 Ausbreitungsexperimenten bereitgestellt.

Die Hauptabteilung Versorgungsbetriebe und Werkstätten (VBW) des KfK benötigte Temperaturen zur Erstellung des Jahresganges des Fernwärmebedarfes des KfK. Für einen 8jährigen Zeitraum wurden die gewünschten Werte bereitgestellt.

Die Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) untersucht derzeit Kurzzeitausbreitungsvorgänge unter Berücksichtigung von Niederschlag. Für dieses vom Bundesministerium des Innern (BMI) geförderte Projekt stellten wir die gewünschten Halbstundenwerte über einen Zeitraum von 8 Jahren zur Verfügung.

7.2 Meßwerterfassung und -verarbeitung

R. von Holleuffer-Kypke, P. Thomas

7.2.1 Laufender Betrieb des Meteorologischen Informations Systems (MIS)

Das neue MIS lief bis zum 21.05.1982 im Probetrieb. In der Zeit zwischen dem 19.05.1982 und 28.05.1982 wurden die Daten- und Versorgungskabel des Mastes vom alten Prozeßrechner Zug um Zug abgeklemmt, in die neue Kabeltrasse verlegt und beim neuen Prozeßrechner aufgelegt. Das neue und das alte - unter CALAS laufende - System erfaßten in dieser Zeit die Daten parallel, d. h. ein Teil der meteorologischen Instrumente wurde bereits vom neuen System abgefragt, und ein Teil der Instrumente hing noch am alten System. Die Datenerfassung war lückenlos; nur ein Teil der Information ging jeweils ca. zwei Tage während des Abklemmens und Auflegens der Kabel verloren. Der erste meteorologische 10-min-Datensatz wurde vom neuen MIS am 21.05.1982, 13.20 Uhr erfaßt.

In der Zeit vom 01.12.1981 bis zum 30.11.1982 gingen durch Pannen, Reparaturen und Wartung beider Anlagen 1065 10-min-Datenblöcke verloren. Das entspricht einer Ausfallrate von 2,3 %. Beim neuen MIS betrug die Ausfallrate zwischen dem 21.05.1982 und 30.11.1982 nur 0,72 %.

Die Ausfälle im neuen MIS stammen hauptsächlich von stundenweisen Stops des Erfassungsprogramms, um neue bzw. korrigierte Programmteile zu implementieren und zu überprüfen bzw. um CAMAC-Module auszutauschen oder zu testen. Dabei handelt es sich um die Multiplexer und deren Steuereinheiten, die sich als die schwächsten Glieder beim Erfassungsrechner erwiesen. Z. Z. wird geprüft, ob in den Multiplexern andere Relais verwendet werden können.

7.2.2 Hardware des neuen MIS

Eine Übersicht über die Hardware des neuen MIS zeigt Abb. 7/1.

- Erfassungs-System

Die Eingangskanäle des Erfassungs-Systems oberhalb des CAMAC-Datenwegs sind modular aufgebaut. Bei Ausfällen einzelner Module geht nur ein Teil der meteorologischen Daten verloren. Für alle Module einschließlich des CAMAC-Controller sind Ersatzmodule vorhanden. Die Zähler der Anemometerimpulse, die Kanäle der im 4-s-Rhythmus abgefragten Instrumente (Steuereinheit 1) und die Kanäle der im 1-s-Rhythmus abgefragten Vektorfahnen (Steuereinheit 2) werden auch im Erfassungsprogramm getrennt behandelt. Fällt eine oder fallen zwei der drei Gruppen aus, so erfolgt eine entsprechende Meldung im Protokoll, und der Pannemelder mit Verbindung zur Alarmzentrale wird aktiviert. Erst nach Fehlern in allen drei Gruppen wird das Erfassungsprogramm abgebrochen und der Pannemelder ebenfalls aktiviert. Auch eine Temperaturüber- oder Temperaturunterschreitung in der neuen Meßwarte löst den Pannemelder aus.

Bei Ausfall der PDP 11/44 oder der Kopplung zwischen PDP 11/34 und PDP 11/44 werden die anfallenden 10-min-Datenblöcke auf der System- und Datenplatte des Erfassungs-Systems zwischengespeichert.

- Zentrales System

Bei den Benutzer-Displays des Zentralen Systems handelt es sich um GIGI Terminals (DIGITAL EQUIPMENT CORPORATION) mit Farbmonitoren. Zu den bereits im Jahresbericht 1981 (KfK 3272) erwähnten fünf Displays kam ein sechstes bei HS/TSB hinzu. Die an den UNIBUS angeschlossenen Kassettenstationen COLUMBIA C300 und TU58 (nicht in Abb. 7/1 aufgeführt) dienen u. a. dazu, die off line gespeicherten Daten der Doppler-SODARE von Kassetten auf IBM-kompatible Bänder zu übertragen. Auf zwei Datenplatten werden die meteorologischen Daten der vergangenen zwei Monate für einen direkten Zugriff zur Verfügung gehalten. Die Datenhaltung erfolgt zur Sicherheit doppelt. Die dritte Datenplatte speichert die Momentanwerte, wenn ein entsprechendes Programm am Erfassungsrechner gestartet wird.

7.2.3 Software des MIS

Die Programme des neuen MIS stimmen weitgehend überein mit denen der alten Anlage. Neu ist eine Plausibilitätsprüfung der Taupunkte: Die 10-min-Mittelwerte der Taupunkte werden mit den entsprechenden Mittelwerten der Temperatur verglichen. Liegt der Taupunkt um weniger als 1,1 K über der Temperatur, so wird der Taupunkt gleich der Temperatur gesetzt. Liegt der Taupunkt höher, so wird der Taupunkt verworfen und eine entsprechende Fehlermeldung protokolliert.

Die unter CALAS verfügbaren Benutzerprogramme wurden bisher um folgende Teile erweitert oder geändert:

- Verzeichnis der auf den Datenplatten fehlenden Datenblöcke.

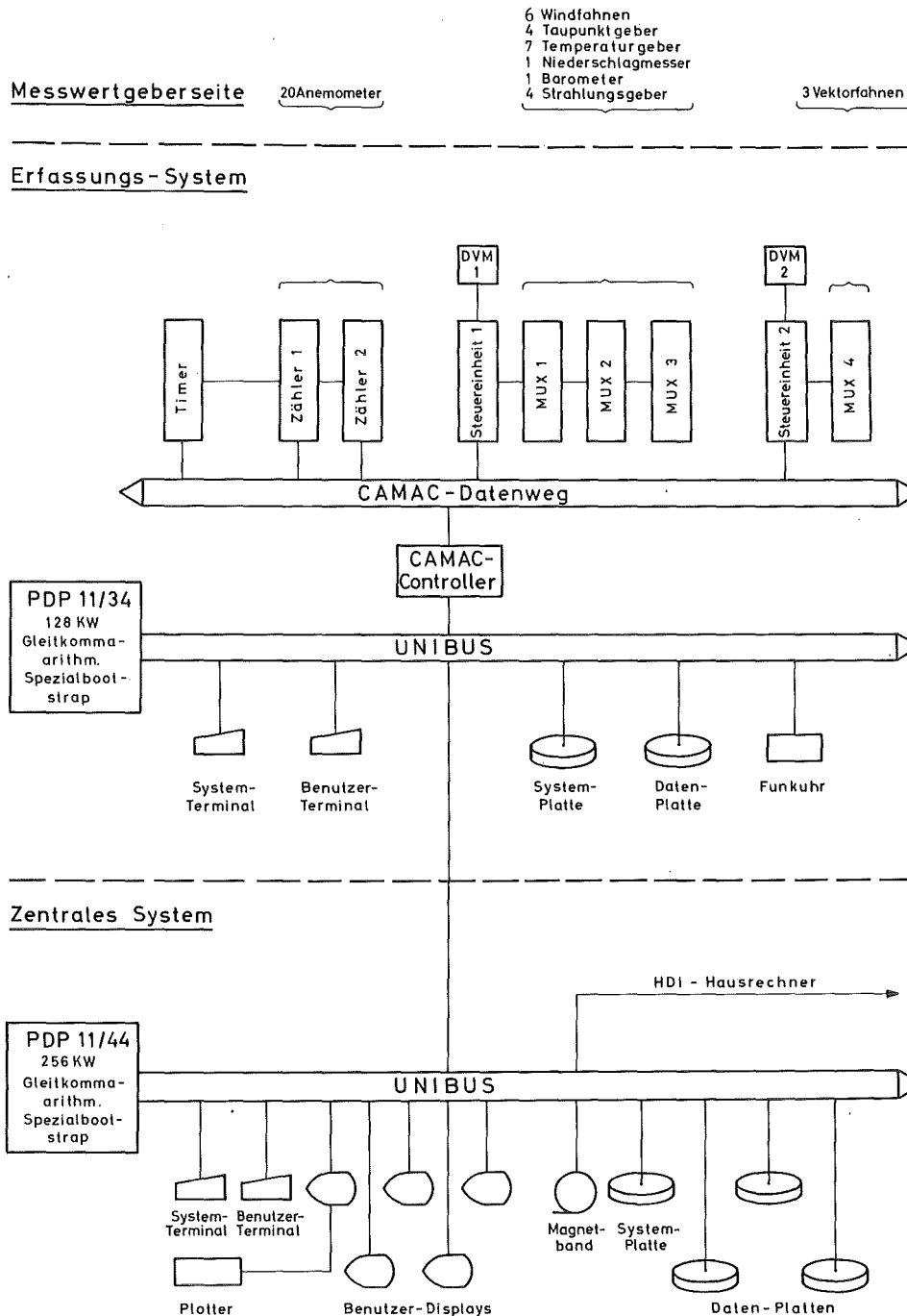


Abb. 7/1: Übersicht über das DV-System für das Meteorologische Informations System in HS/M

- Liste von maximal sechs beliebigen Werten aus dem 10-min-Datenblock mit Datum und Uhrzeit.
- Liste der Momentanwerte. Diese werden nach einem entsprechenden Aufruf vom Erfassungs-System auf die 3. Datenplatte des Zentralen Systems übertragen.
- Tabelle der 10-min-Mittelwerte von Taupunkt, Temperatur, Temperaturdifferenz, Luftdruck, Niederschlag und Strahlung.
- Sechsstündige Entwicklung der abwärts- und aufwärtsgerichteten kurz- (K) bzw. kurz- und langwelligigen (K+L) Strahlung (s. Abb. 7/2). (In dieser und der folgenden Abbildung wurden zwei Diagramme zu einem 12stündigen Ablauf kombiniert.) Aus dem Abstand der beiden K+L-Kurven kann die

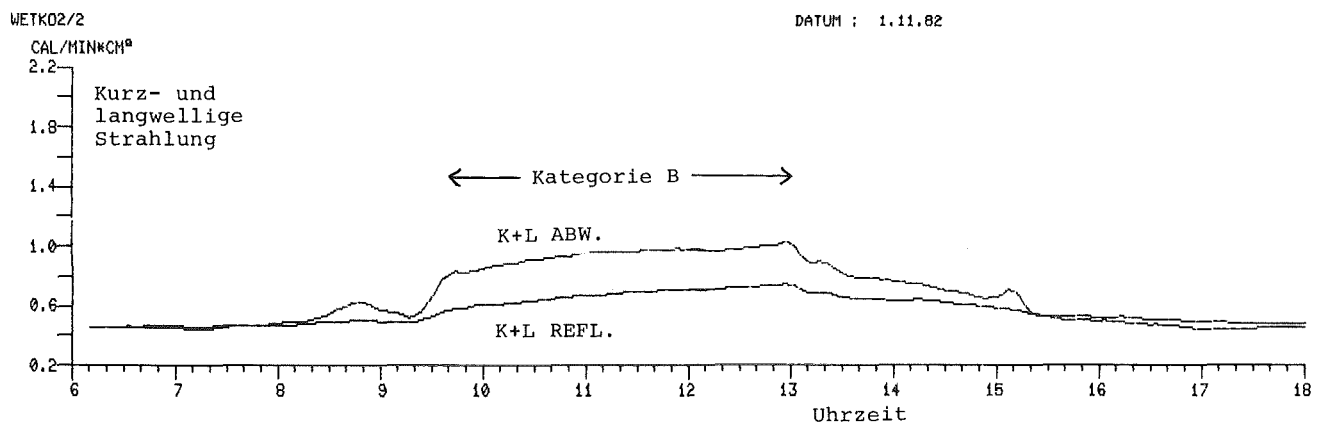
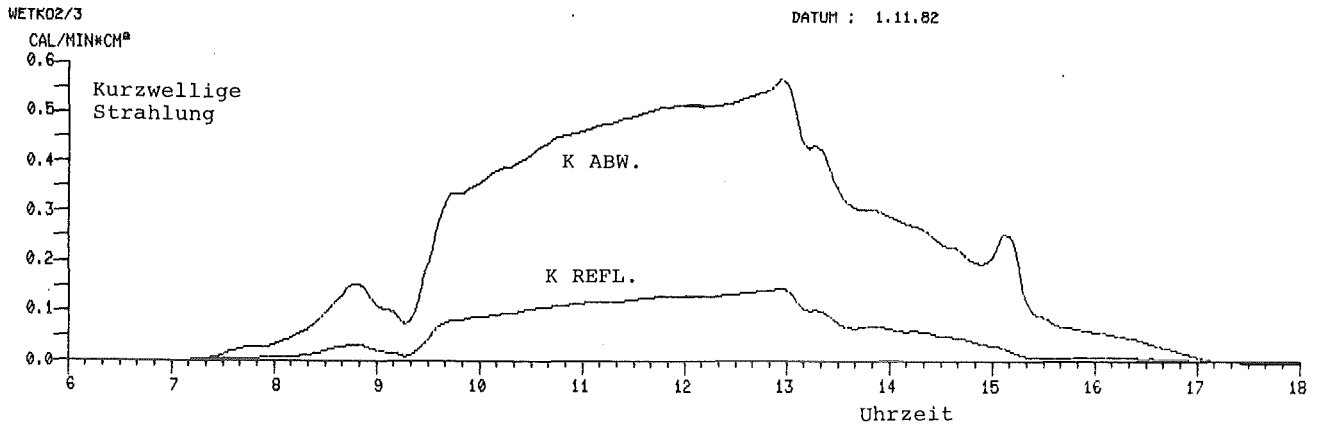


Abb. 7/2: Kurzweilige sowie kurz- + langwellige Strahlung

Strahlungsbilanz und damit die Ausbreitungskategorie ermittelt werden. Zwischen 9.40 Uhr und 13.00 Uhr herrschte z. B. die Kategorie B. Auf dem Display sind die ab- bzw. aufwärtsgerichtete Strahlung verschiedenfarbig dargestellt.

- Sechsstündige Entwicklung der Meßwerte der Vektorfahne: Standardabweichung σ_ϕ der vertikalen Richtung, horizontale Richtung θ und Windgeschwindigkeit v (s. Abb. 7/3). Die Meßwerte der drei Fahnen in den Höhen 40 m, 100 m und 160 m sind auf dem Display verschiedenfarbig dargestellt.
- Sechsstündige Entwicklung von Luftdruck und Niederschlag (s. Abb. 7/4).

7.2.4 Neue Meßgeräte

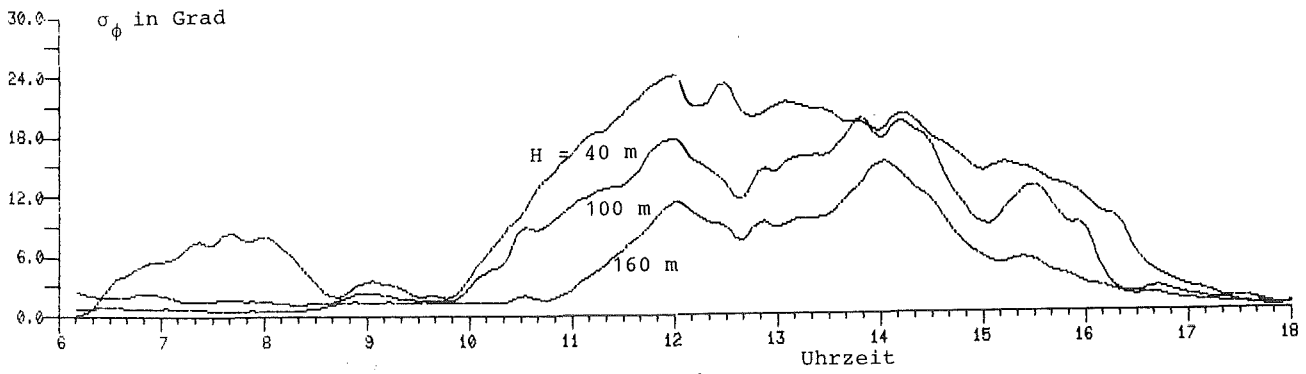
Im Zuge der Sanierung der Instrumentierung sind zwei Altgeräte ausgetauscht worden:

- Strahlungsbilanzmesser

Für das bis zum 30.11.1982 verwendete Pyrradiometer sind keine Ersatzteile mehr beschaffbar; das Meteorologische Observatorium Davos hat die Herstellung seit längerem eingestellt. Als Ersatzgerät wurde ein Strahlungsbilanzmesser (nach Schulze) angeschafft (s. Abb. 7/5), das den Anforderungen des Instrumentenamtes Hamburg entspricht. Mit Beginn des meteorologischen Jahres 1983 wurde das alte Pyrradiometer stillgelegt.

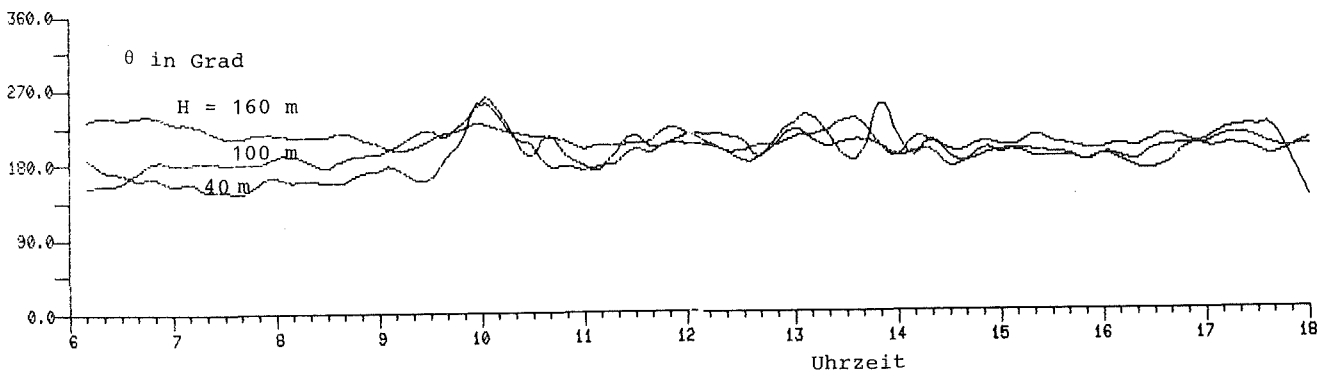
WETK03/1

DATUM : 1.11.82



WETK03/4

DATUM : 1.11.82



WETK03/5

DATUM : 1.12.82

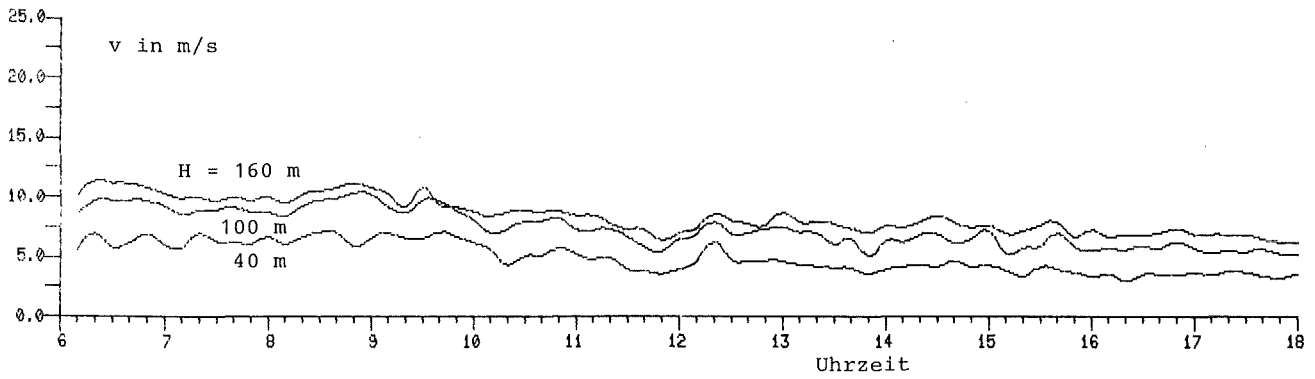


Abb. 7/3: Meßwerte der drei Vektorfahnen

WETK02/1

DATUM : 6.10.82

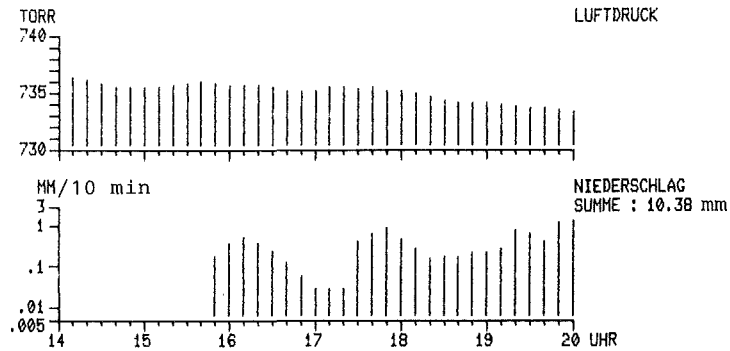


Abb. 7/4: Luftdruck und Niederschlag

Vergleichsmessungen zwischen dem neu geeichten Strahlungsbilanzmesser und dem Pyrradiometer in den Monaten Oktober/November 1982 haben gezeigt, daß auf Grund der Überalterung der Sensorflächen des Pyrradiometers die Anzeige an strahlungsreichen Tagen bis zu 30 % zu niedrig ist.

- Baroferengeber

Im alten MIS ist ein Baroferengeber mit Widerstandmeßwerken verwendet worden. Die mechanische Übertragung der Aneroid-Dosen-Änderung auf das Potentiometer hatte durch Reibung in der Übertragungsmechanik. Luftdruckänderungen wurden dann durch Sprünge in der Anzeige sichtbar.

In dem neuen MIS wird deshalb ein Baroferengeber mit induktiver Meßwertübertragung eingesetzt. Der innere Aufbau ist in Abb. 7/6 ersichtlich. Die Aneroid-Dosen hängen im Gehäuseoberteil. Ein Kern hängt von den Aneroid-Dosen in den induktiven Wegaufnehmer hinein. Die Änderung der Induktion ist proportional dem Luftdruck. Zur Vermeidung von Temperatureinflüssen ist die Meßkammer im Betrieb verschlossen und auf etwa 40 °C geheizt.

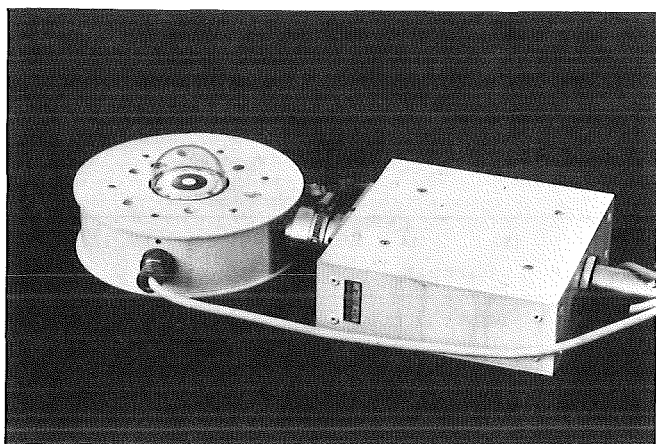


Abb. 7/5: Strahlungsbilanzmesser

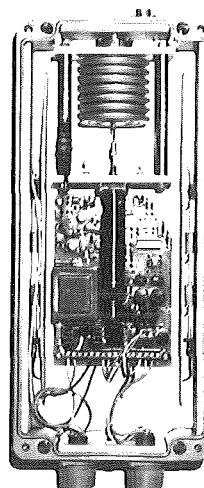


Abb. 7/6: Baroferengeber

Vergleichsmessungen mit einem Stationsbarometer (genaues Quecksilberbarometer) zeigten nur eine Abweichung bis zu 0,06 Torr. Lediglich rasche und große Luftdruckänderungen führten beim Baroferengeber zu einer Unter- bzw. Überschätzung bis zu 0,1 Torr.

7.3 Doppler-SODAR

R. von Holleuffer-Kypke, W. Hübschmann, P. Thomas

7.3.1 Allgemeines

Ein Doppler-SODAR (Sonic Detection and Ranging) arbeitet nach dem Prinzip des Echolotes. Kurze hörbare Schallimpulse werden gebündelt in die Atmosphäre abgestrahlt. Aus jeder Höhe wird ein geringer Bruchteil der Schallenergie zurückgestreut und wieder empfangen. Die Frequenz des empfangenen Signals ist gegen die Sendefrequenz auf Grund der Luftbewegung im Streuvolumen verschoben (Dopplereffekt). Aus der Laufzeit und der Frequenzverschiebung werden die Höhenprofile von Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Standardabweichung der vertikalen Windgeschwindigkeit bestimmt. Im Auftrag der Vereinigung der Großkraftwerks-Betreiber testet HS/M seit November 1981 zwei Doppler-SODAR-Geräte. Es werden ihre Verfügbarkeit und die Vergleichbarkeit der Daten mit denjenigen vom Mast untersucht. Bei erfolgreichem Test sollen Doppler-SODAR-Geräte künftig an Kernkraftwerken eingesetzt werden.

Das SODAR liefert 10-min-Mittelwerte der oben angegebenen Größen aus Höhen von 40 m bis 420 m über Grund mit Höhenschritten von 20 m. Die SODAR-Daten werden auf Magnetbandkassetten geschrieben und off line im Zentralrechner des neuen MIS auf IBM-kompatible Bänder übertragen, um sie auf den Großrechenanlagen des KfK auszuwerten.

7.3.2 SODAR-R

Das eine zu überprüfende SODAR wurde von November 1981 bis Ende Dezember 1982 im Dauerbetrieb getestet. Die Antennen überstanden auch die ungünstigen Witterungsbedingungen des Winters 1981/1982 (Schnee, Eisregen, überfrierende Nässe) ohne erkennbare Einflüsse.

Das Gerät lief bis zum Juni 1982 störungsfrei, fiel dann aber während eines Gewitters aus. Zwei weitere Störungen traten im Juli 1982 auf. Seitdem lief das Gerät wieder störungsfrei bis Ende 1982.

Die Wahl eines geeigneten Aufstellungsortes war kritisch; denn störende Umgebungseinflüsse sollten vermieden werden. Bis zum 19. November 1982 stand das SODAR ca. 200 m nördlich des Mastes an der NW-Ecke der meteorologischen Wiese (100 m x 60 m). Der die Wiese umgebende Kiefernwald ist ca. 20 m hoch. Vom 27. November 1982 bis 30. Dezember 1982 wurde das SODAR in einer Entfernung von ca. 760 m in WNW-Richtung zum meteorologischen Mast betrieben. Hier ist der Wald weiter entfernt bzw. nach Süden und Westen nicht vorhanden. Dabei soll geklärt werden, ob die in kleinen Höhen vergleichsweise geringe Übereinstimmung zwischen SODAR- und Mastdaten durch die Nähe des Waldes verursacht ist.

Zur Auswertung wurden die Einzelmeßwerte von jeweils zwei Monaten zusammengefaßt. Verglichen wurden die 10-min-Mittelwerte der horizontalen Windrichtung und Windgeschwindigkeit in den Höhen 40 m, 60 m, 80 m, 100 m, 160 m und 200 m, sowie die Standardabweichung σ_ϕ der vertikalen Windrichtung in den Höhen 40 m, 100 m und 160 m. Der Vergleich brachte bei Anwendung einer linearen Regression folgende Ergebnisse:

Die Windrichtung stimmt in allen Höhen mit einem Korrelationskoeffizienten $R > 0,97$ gut überein; die Windgeschwindigkeit hat ab 80 m Höhe einen Korrelationskoeffizienten $R \geq 0,90$ (s. Abb. 7/7). Die Standardabweichungen σ_ϕ sind seit einer Erweiterung der SODAR-Elektronik im Juli 1982 in den Höhen 100 m und 160 m miteinander vergleichbar. Die Korrelationskoeffizienten betragen nun 0,69 (100 m) und 0,75 (160 m).

7.3.3 SODAR-B

Anfang November 1981 wurde ein weiteres Doppler-SODAR in der Version mit einem ALCYON-Rechner (SODAR B1) geliefert. Der erste Standort für das SODAR-B1 war die Mitte der meteorologischen Wiese des KfK. Eine Analyse der ausgegebenen Meßwerte ergab, daß nicht lokalisierbare Festechos die Meßwerte zum Teil beeinträchtigten. Um diese zu eliminieren, wurde das SODAR-B1 zum Wasserwerk Süd des KfK verlegt, und die Sendefrequenz von 1600 Hz zunächst auf 2400 Hz, später auf 3200 Hz erhöht. Wegen Fehlens einer Abtauvorrichtung waren die Schalltrichter im Winter 1981/1982 längere Zeit mit Schnee und Eis bedeckt. Die erhöhte Sendefrequenz schränkte die Meßhöhe z. T. erheblich ein und führte zu einem vorzeitigen Verschleiß der Lautsprechermembranen. Die Tatsache, daß dieser Gerätetyp nicht länger gefertigt wurde, führte schließlich zum Abbruch des Testbetriebes im Juli 1982. Im September 1982 wurde ein neu entwickeltes Doppler-SODAR (SODAR-B2) mit DEC-Rechner LSI 1103 geliefert und nach dem Standortwechsel des SODAR-R auf der meteorologischen Wiese in Betrieb genommen. Es arbeitet mit zwei Frequenzen von 1585 Hz und 1615 Hz. Die Doppler-Verschiebung wird mit einer schnellen Fourieranalyse ermittelt. Nach Anschluß der Abtauvorrichtung kann der Routinebetrieb Anfang 1983 beginnen.

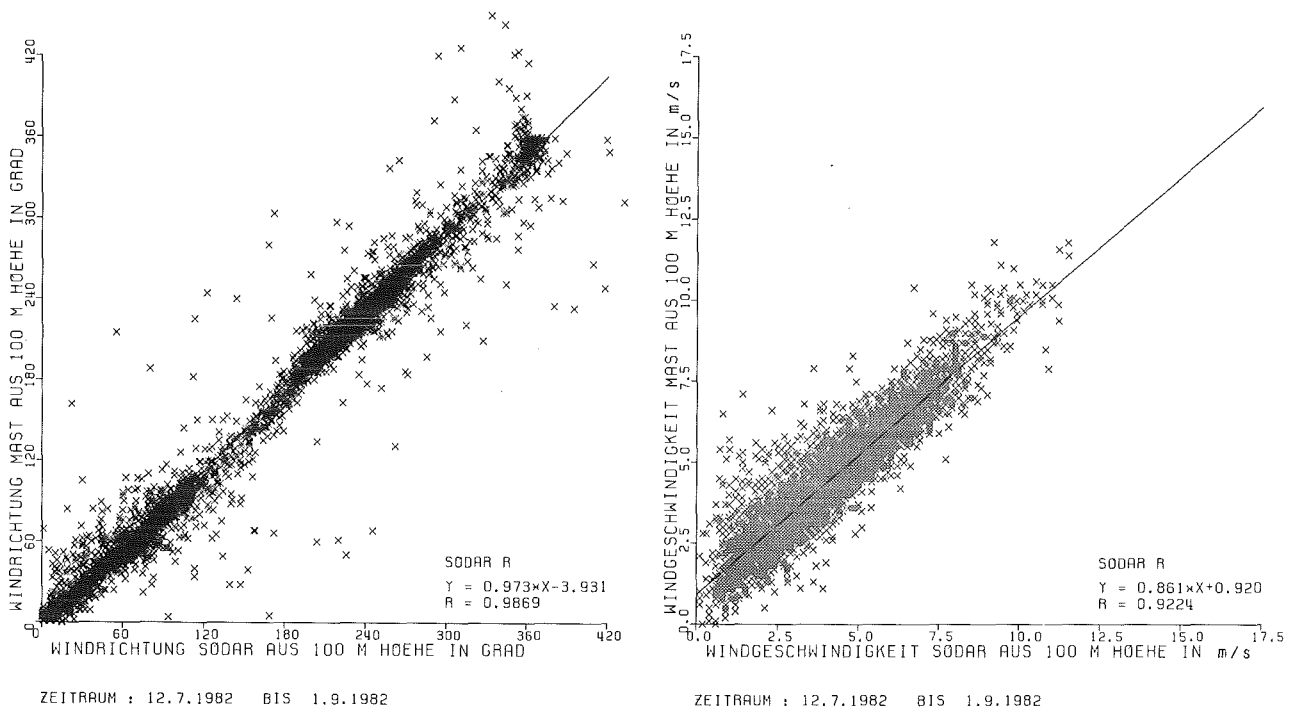


Abb. 7/7: Lineare Regression der Windrichtung und -geschwindigkeit von Mast und SODAR-R

7.4 Ausbreitungsexperimente

K. Nester, P. Thomas

7.4.1 Planung und Durchführung

1982 waren zwei Ausbreitungsexperimente geplant, die gemeinsam mit dem Joint Research Center (JRC) Ispra in der Umgebung des KfK folgendermaßen durchgeführt werden sollten:

Der Tracer SF₆ wird über den Kamin des FR-2 freigesetzt. Die Probenahme führt das JRC mit Hilfe von HS-Personal und -Fahrzeugen durch. Die Proben werden auf drei Kreisen mit den Radien 12 km, 25 km und 50 km nordöstlich des KfK genommen. Wegen der großen Entfernung sind andere Richtungen zu ungünstig. Die Probenahmezeiten sind auf den drei Radien zeitlich versetzt und betragen sechs-mal 30 min. Die Emission erfolgt so, daß während der ersten Probenahmeperiode die Tracerfahne die Probenahme-stelle noch nicht erreicht hat und der Untergrund bestimmt werden kann. Die Proben werden im JRC analysiert.

Gleichzeitig werden Tetroonflüge durchgeführt. Der erste Tetroon wird gestartet und mit Radar verfolgt, bevor der Tracer freigesetzt wird. Die gemessene Trajektorie unterstützt die Festlegung des Probenahmegebietes. Während der Emission des Tracers werden weitere Tetroons aufgelassen und mit Radar verfolgt.

Vom 10. bis 14. Mai 1982 waren fünf Personen vom JRC mit ihren Geräten im KfK. Wegen ungünstiger Windrichtung und zu labiler Schichtung fand der Tracerversuch nicht statt. Es wurde nur die Emissionstechnik erprobt und der SF₆-Untergrund gemessen. Für den im Herbst geplanten Versuch stellte uns der Geophysikalische Beratungsdienst der Bundeswehr kein Radar zur Verfügung.

7.4.2 Auswertung von Experimenten der Kategorie A

Die Ausbreitungsexperimente bei der Kategorie A mit Quellhöhen von 160 m und 195 m wurden einer Neuauswertung unterzogen. Experimentelle Untersuchungen sowohl im Labor als auch in der Natur zeigen nämlich, daß bei konvektiven atmosphärischen Bedingungen die bodennahe Konzentrationsverteilung im Lee einer Quelle wesentlich von den langwelligen Vertikalbewegungen der Atmosphäre beeinflusst wird (R. G. Lamb; Diffusion in the convective boundary layer, in "A Short Course on Atmospheric Turbulence and Air Pollution Modelling", Sept. 1981, The Hague). Lamb hat deshalb einen Teil dieser konvektiven Einflüsse durch den Ansatz einer entfernungsabhängigen Quellhöhe berücksichtigt.

In ähnlicher Weise wurde eine entfernungsabhängig veränderliche Höhe der Abluftfahnenachse - im folgenden "fiktive Quellhöhe" H_f genannt - mit folgendem Ansatz eingeführt:

$$H_f = H_0 \exp - \alpha x + H_M (1 + \operatorname{erf} [\beta(x - x_0)])$$

H_0 Quellhöhe des Experimentes (z. B. 195. m)

H_M halbe Mischungsschichthöhe (hier: 600 m)

x Quellentfernung

α, β, x_0 konstante, wählbare Parameter.

Dieser Ansatz gilt für kalte Quellen. Den Verlauf zeigt Abb. 7/8. Mit diesem Ansatz wurden die gemessenen Tracer-Konzentrationen der Kategorie-A-Versuche nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate approximiert. Der Ansatz für die Streuparameter σ_y und σ_z blieb wie bisher:

$$\sigma_y = \sigma_{y0} x^{p_y}; \quad \sigma_z = \sigma_{z0} x^{p_z}.$$

Es wurde $p_z = 1,0$ gesetzt. H_M, x_0 und σ_{z0} wurden willkürlich variiert, $\alpha, \beta, \sigma_{y0}$ und p_y nach der obigen Methode berechnet. Abb. 7/8 zeigt den sich ergebenden Verlauf von H_f für Experiment 57, Sammelperiode 2.

Einen Vergleich der normierten Konzentrationsverteilung unter der Achse mit den früheren Auswertungen zeigt Abb. 7/9. Die Lage des Maximums verschiebt sich in etwas größere Entfernung von der Quelle, und die Maximalkonzentration erhöht sich um ca. 20 %.

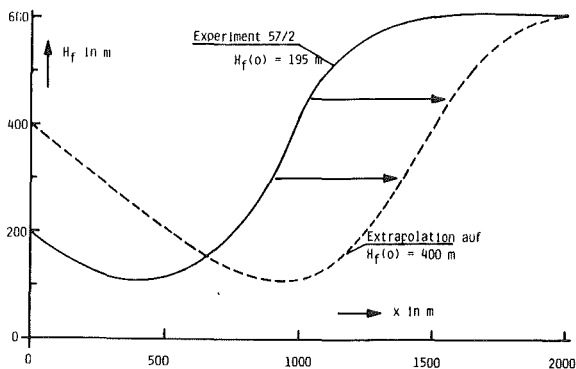


Abb. 7/8: Fiktive Quellhöhe H_f

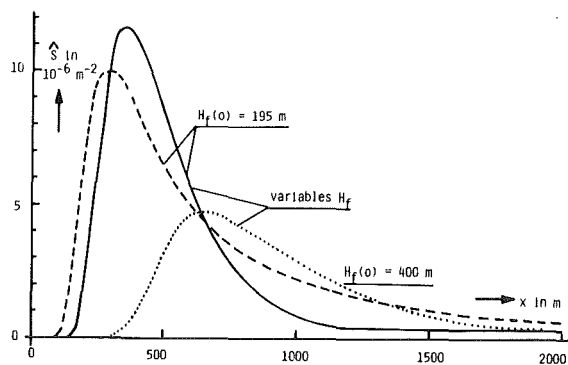


Abb. 7/9: Normierte Konzentration \hat{S}

Der Ansatz einer "fiktiven Quellhöhe" liefert eine bessere Übereinstimmung der berechneten mit den gemessenen Konzentrationen als die früheren Auswertungen. Dies berechtigt zu der Erwartung, das Ergebnis auch auf andere Fälle ($H_f(o) > H_0$ oder Fahne mit Auftrieb) übertragen zu können. Bei einer kalten Quelle mit $H_f(o) = 400$ m könnte der Verlauf von H_f z. B. durch Parallelverschiebung der Kurve für $H_f(o) = 195$ m nach rechts gewonnen werden (s. Abb. 7/8). Die sich aus diesem H_f -Verlauf ergebende normierte Konzentration unter der Fahnenachse ist in Abb. 7/9 dargestellt. Das Ergebnis stimmt etwa mit der Lamb'schen Feststellung überein, daß sich x_{\max} proportional zu $H_f(o)$ und \hat{S}_{\max} umgekehrt proportional zu $H_f(o)$ verhält.

Bei der Berechnung der bodennahen Schadstoffkonzentration von auftriebsbehafteten Abgasen wäre - neben der Verwendung der neu errechneten Parameter σ_y und σ_z - für H_f der aus Beobachtungen abgeleitete Aufstieg der Abgasfahne anzusetzen. Dies würde eine realistischere Konzentrationsverteilung mit größerer Quellentfernung des Maximums am Boden liefern als bei Verwendung der früheren Ausbreitungsparameter mit einer konstanten effektiven Quellhöhe. Dieses Vorgehen müßte allerdings noch anhand von entsprechenden Experimenten überprüft werden.

7.4.3 Anwendung von SPALT auf Schwachwindlagen

Zur Nachrechnung der Tracerkonzentration eines Ausbreitungsversuches bei Schwachwindlagen wurde das bereits entwickelte Ausbreitungsmodell SPALT (Schadstoff-Puff-Ausbreitung längs Trajektorien) verwendet. Als Beispiel wurde der Versuch Nr. 47 ausgewählt. Er zeichnet sich durch zeitweise Windgeschwindigkeiten unter 1 m/s, durch Winddrehungen von mehr als 180° und durch extreme Labilität der Atmosphäre aus. Während des Experimentes wurden die Vier-Sekunden-Werte der vertikalen und horizontalen Windrichtung sowie der Betrag des Windvektors in den Meßhöhen 100 m und 40 m registriert.

Es wurde eine Fourieranalyse dieser Daten durchgeführt, um langwellige Bewegungen von den kurzwelligen zu trennen. Erstere wurden zur Berechnung der Trajektorie herangezogen; letztere dienen der Festlegung der Verbreiterung der Wolke. Zu diesem Zweck wurde das σ_ϕ des kurzwelligen Anteils berechnet. Dieses wurde benutzt, um die Streuungsparameter σ_y und σ_z mit Hilfe von Experimenten geringerer Labilität festzulegen. Diese σ_y und σ_z wurden mit dem mittleren Betrag des horizontalen Geschwindigkeitsvektors in zeitabhängige σ -Parameter umgerechnet. Bei der Berechnung der Trajektorie wurde davon ausgegangen, daß die horizontalen Änderungen der Geschwindigkeit im gesamten Ausbreitungsraum gleichzeitig erfolgen. Änderungen der vertikalen Geschwindigkeit teilen sich dagegen den von der Quelle entfernten Wolken erst zeitlich verzögert mit. Dies bedeutet, daß die horizontale Lagrange'sche Austauschlänge der Euler'schen entspricht, während die vertikale Lagrange'sche Austauschlänge wesentlich größer als die Euler'sche angenommen wird. Abb. 7/10 zeigt den Vergleich zwischen berechneten und gemessenen Konzentrationen für die ersten drei Zonen. Bis auf einige Ausnahmen sind die Übereinstimmungen als gut zu bezeichnen. Die Übereinstimmung für die vierte und fünfte Zone ist geringer. Dies ist dadurch erklärlich, daß bei der Übertragung der meteorologischen Daten auf größere Entfernungen die Unsicherheit ansteigt, und daß dort die Meßwerte nahe an der Nachweisgrenze liegen.

7.5 Tetraonflüge

W. Hübschmann, P. Thomas, S. Vogt

7.5.1 Meßkampagnen

Während des Jahres 1982 wurden drei mehrtägige Meßkampagnen mit insgesamt 16 Flügen durchgeführt (s. Tab. 7/3). Damit wurde die bisherige Anzahl der jährlichen Meßkampagnen erreicht bzw. überschritten. Das bisher verwendete Radar MBVR-120 des Geophysikalischen Beratungsdienstes der

Bundeswehr konnte nur zur ersten Kampagne eingesetzt werden. Der weitere Einsatz dieses Radars ist aus verschiedenen Gründen fraglich.

Die erste Meßkampagne fand im Mai im Rheintal in der Nähe des KfK statt. Bei allen acht Flügen waren die Tetroons mit Transpondern bestückt. Die Wirkungsweise der Transponder (= Frequenzumsetzer) ist im Jahresbericht 1978 der HS, KfK 2775, S. 200, beschrieben. Obwohl die mittleren Flughöhen mit Ausnahme des ersten Fluges zwischen 300 m und 600 m lagen, wurde eine mittlere Reichweite von 59 km erzielt. Fünf Transponder wurden wiedergefunden und zurückgesandt. Ein Transponder flog bis vor die Westküste Schottlands und erreichte damit eine Rekordflugweite von über 1600 km.

Das Wetter war an allen drei Versuchstagen durch nahezu wolkenlosen Himmel mit starker Sonneneinstrahlung geprägt. Die Vertikalbewegungen der Tetroons waren daher besonders stark (s. Abb. 7/11).

Der Anlaß für die Meßkampagne im Donauried bei Gundremmingen war eine vom Deutschen Wetterdienst (DWD) durchgeführte mehrwöchige Untersuchung der Feuchte und Luftströmung. Neben Radiosonden- und Fesselballonaufstiegen wurden "quasi-constant level balloons" mit einem mobilen Radar verfolgt. Dieses Radar (WF-100/4) der amerikanischen Firma EEC (Electronic Enterprise Corporation) wurde von uns besichtigt und getestet. Wir verfolgten drei Tetroons, die mit passiven Reflektoren ausgerüstet waren. Die Handhabung des Radars beim

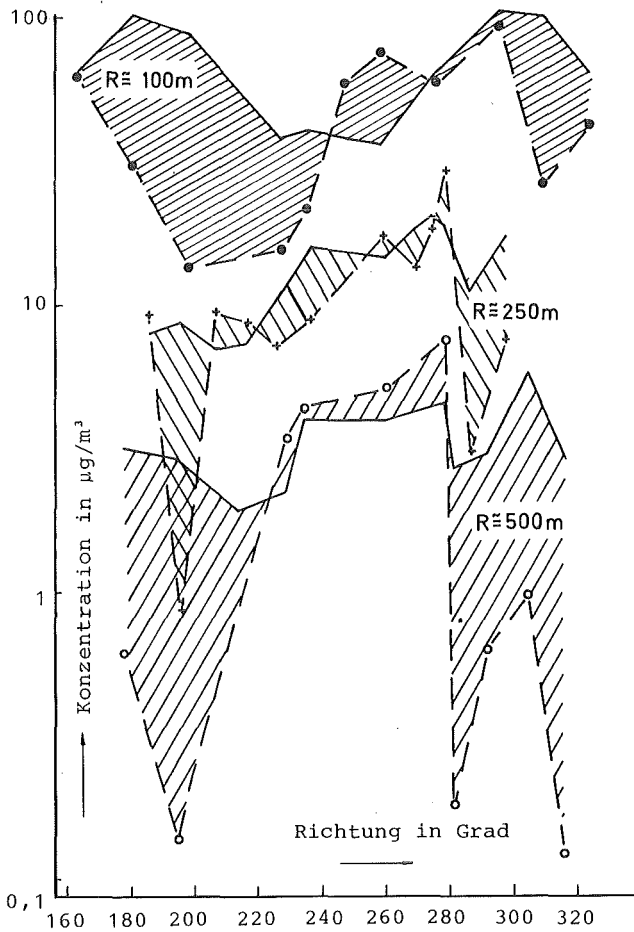


Abb. 7/10: Gemessene (+OΘ) und mit SPALT berechnete Tracer-Konzentrationen (—) in drei Zonen, Versuch 47, Periode 2, Quellhöhe 100 m

| Nr. des Tetroons | Startplatz | Startzeit in MEZ | mittlere Windrichtung in Grad | mittlere Geschwindigkeit in m/s | mittlere Flughöhe in m | Radarkontakt ging verloren bei | | Ortung mit |
|------------------|--|---------------------|----------------------------------|------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------|
| | | | | | | Entfernung in km | Flugzeit in h:min | |
| BR8201 | Rohrbacher Hof bei Bruchsal " Galgenberg bei Minfeld | 12.05. 10.10 | 89 | 3,7 | 1100 | 55 | 4:20 | Transponder T003 |
| BR8202 | | 12.05. 15.00 | 66 | 5,5 | 300 | 63 | 3:19 | T004 |
| BR8203 | | 13.05. 9.05 | 81 | 7,0 | 350 | 54 | 2:12 | T008 |
| BR8204 | | 13.05. 13.00 | 53 | 6,3 | 300 | 83 | 3:45 | T015 |
| BR8205 | | 13.05. 17.00 | 81 | 5,2 | 300 | 52 | 2:50 | T013 |
| BR8206 | | 17.05. 9.25 | 224 | 6,4 | 300 | 62 | 2:45 | T020 |
| BR8207 | | 17.05. 12.55 | 214 | 5,7 | 400 | 42 | 2:05 | T021 |
| BR8208 | | 17.05. 15.40 | 233 | 4,7 | 550 | 54 | 2:50 | T022 |
| GR8201 | Nähe Kernkraftwerk Gundremmingen | 26.08. 16.30 | 173 | 5,8 | 150 | 14 | 0:40 | passivem Reflektor |
| GR8202 | | 27.08. 9.15 | 240 | 6,4 | 650 | 25 | 1:07 | " |
| GR8203 | | 27.08. 11.15 | 287 | 8,3 | 500 | 26 | 1:00 | " |
| ES8201 | Wetteramt Essen Winkhausen (Stadtgrenze Essen-Oberhausen) | 02.11. 14.48 | 248 | 5,4 | 150 | 2 | 0:05 | passivem Reflektor |
| ES8202 | | 02.11. 17.40 | 270 | 4,5 | 400 | 31 | 1:59 | " |
| ES8203 | | 02.11. 20.00 | 253 | 3,1 | 350 | 21 | 1:55 | " |
| ES8204 | | 03.11. 9.15 | 144 | 3,1 | 430 | 25 | 2:50 | " |
| ES8205 | | 03.11. 12.10 | 110 | 2,5 | 475 | 24 | 2:17 | " |
| ES8206 | | 03.11. 14.10 | 97 | 3,2 | 420 | 20 | 1:50 | " |

Tab. 7/3: Tetroonflüge 1982

Aufbau und bei der Bedienung ist einfach und von einer Person durchführbar. Dies ist ein Vorteil gegenüber dem MBVR-120, für dessen Betrieb eine dreiköpfige Mannschaft notwendig ist.

Die dritte Meßkampagne fand in den Stadtgebieten von Essen und Mühlheim statt. HS/M nahm auf Einladung des Kommunalverbandes Ruhrgebiet an einem mehrtägigen Programm zur Analyse des Stadtklimas teil. An zwei Tagen wurden fünf Tetroons mit dem bereits bekannten Radar WF-100/4 verfolgt. Während der Flüge war die Schichtung der Atmosphäre stabil. Teilweise herrschte Hochnebel und Windstille in Bodennähe. Bei allen Flügen waren daher die Vertikalbewegungen gering (s. Abb. 7/12).

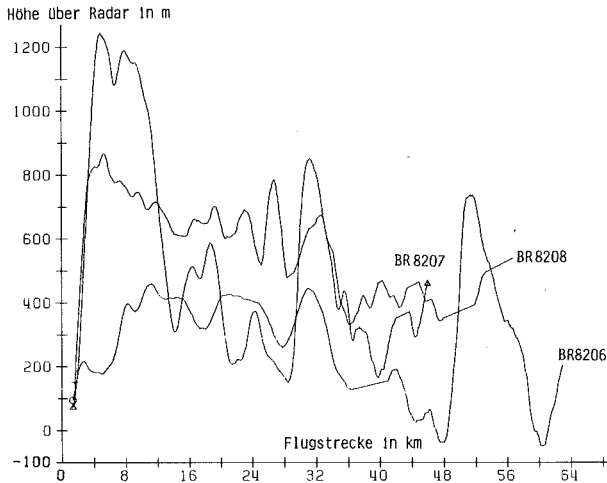


Abb. 7/11: Höhenprofil der Tetroonflüge am 17.05.1982

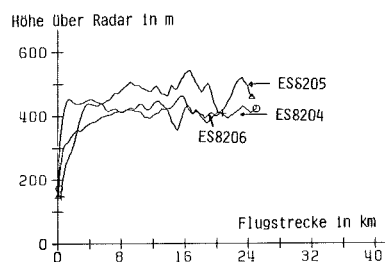


Abb. 7/12: Höhenprofil der Tetroonflüge am 02.11.1982

HS/M nahm im Herbst 1981 am Projekt zur Untersuchung des Küstenklimas (PUKK) teil (s. Jahresbericht der HS, KfK 3272, S. 250). Die Daten aller bei PUKK durchgeführten Experimente werden in einem Datenzentrum im Seewetteramt Hamburg gespeichert. Mitte 1982 übergaben wir diesem Zentrum ein Magnetband mit den Flugdaten von 26 Tetroonflügen. Damit sind diese Daten frei zugänglich und können z. B. zum Test mesoskaliger Strömungsmodelle eingesetzt werden.

Mit den bisher durchgeführten 70 Tetroonflügen wurde eine Statistik der erzielten Reichweite mit aktiven, d. h. mit Transpondern ausgerüsteten, bzw. mit passiven Tetroons erstellt (s. Abb. 7/13). Im Mittel ist die mit Transpondern erzielte Reichweite etwa 2,2mal so groß wie mit passiven Reflektoren.

7.5.2 Auswerteprogramme

Das Programmsystem zur Auswertung der Tetroonflüge wurde erweitert und abgerundet. Tab. 7/4 gibt einen Überblick über vorhandene Programme. Nachdem die vom Radar gelieferten Daten auf einen Datenträger überspielt sind, werden mit dem Programm TETROON Schrägentfernung r , Azimut α und Elevationswinkel ϕ gleitend gemittelt, um durch den Ausgabenmodus des Radars bedingte Sprünge im Flugverlauf zu eliminieren. Dies gilt insbesondere in großer Entfernung bei kleinem ϕ . Die vom Programm TETROON errechneten Geschwindigkeitskomponenten u , v und w in Verbindung mit Darstellungen der Höhen-Zeit- bzw. Höhen-Wegkurve, sowie die Projektion der Flugbahn auf eine x - y -Ebene erlauben es, Fehler in den Ausgangsdaten zu korrigieren oder fehlende Daten zu ergänzen.

Das Programm TETPLOT stellt mehrere Flüge als Projektion auf eine x - y -Ebene dar. Wahlweise kann die mittlere Trajektorie der Flugserie mit gezeichnet werden. Zusätzlich kann mit TETPLOT oder mit TETROON diejenige Trajektorie in die x - y -Darstellung gezeichnet werden, die sich aus 10minütigen ortsfesten Winddaten errechnet (z. B. Mast oder SODAR).

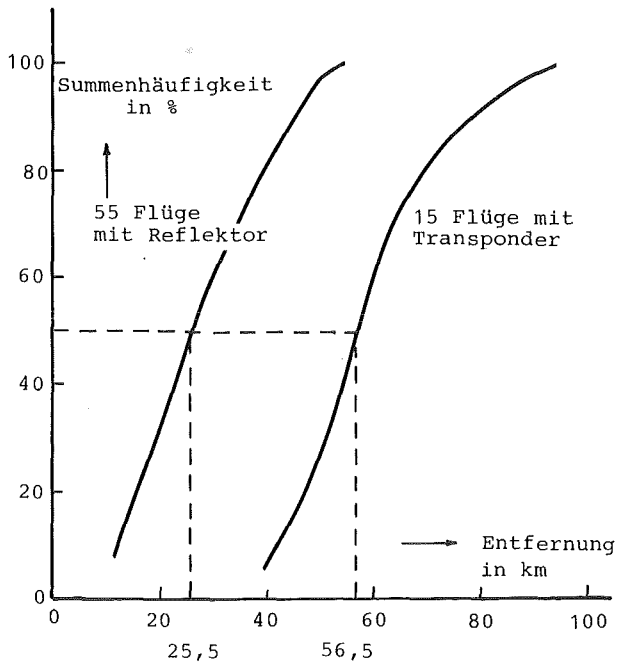


Abb. 7/13: Reichweite der Tetroonflüge

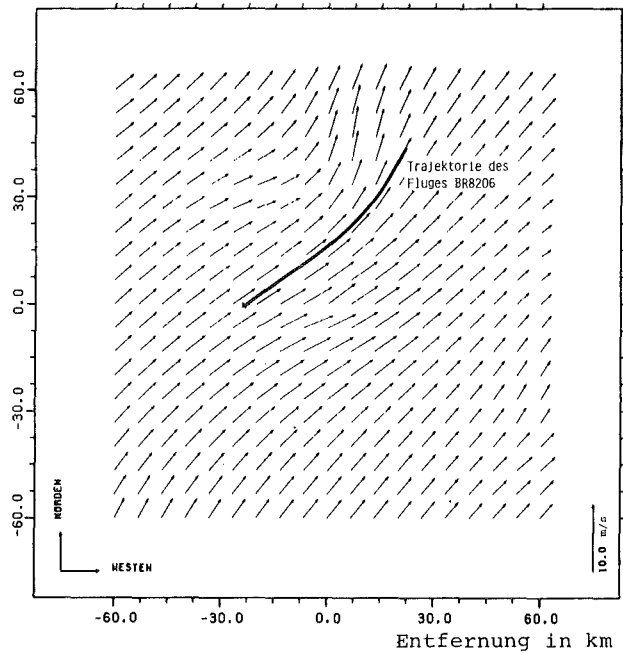


Abb. 7/14: Windfeld am 17.05.82 um 10.00 MEZ

| Eingabe | Programm | Ausgabe |
|------------------------------------|----------|---|
| Radardaten t, r, α, ϕ | TETROON | z, t, r -Plot für individuellen Flug x, y -Plot für individuellen Flug $t, r, \alpha, \phi, x, y, z, u, v, w$ auf Magnetplatte und Listen |
| Radardaten t, x, y, z | TETPLOT | z, r -Plot mehrere Flüge zusammengefaßt x, y -Plot mehrere Flüge zusammengefaßt, wahlweise mit mittlerer Trajektorie |
| Radardaten t, x, y | TETSIG | $\sigma_y(x), \sigma_y(t)$ -Plot und Liste |
| Radardaten t, u, v, w | TETFOUR | F_v, v, T -Plot und Liste |
| Windmeldungen ortsfester Stationen | WINDFELD | Windfeld in x, y -Ebene als Plot und Liste |

Tab. 7/4: Programmsystem zur Auswertung der Tetroonflüge

Das Programm TETSIG errechnet aus den Bahndaten mehrerer Tetroons den horizontalen Ausbreitungsparameter σ_y (s. Jahresbericht 1978 der HS, KfK 2775, S. 198). Ist die Reichweite der Flüge nicht einheitlich, so werden in einem Zwischenschritt die Trajektorien der kürzeren Flüge extrapoliert. Dies erfolgt durch lineare Interpolation zwischen vorgegebenen Stützstellen. Anschließend erstellt TETSIG einen entfernungs- bzw. zeitabhängigen Plot dieser Werte.

Das Programm TETFOUR untersucht das Frequenzspektrum (Frequenz ν , Periodendauer T) der Tetroongeschwindigkeiten in den drei Raumrichtungen und berechnet die spektrale Dichtefunktion F_ν . Bisherige Auswertungen zeigen charakteristische Periodendauern in Abhängigkeit der Schichtung der Atmosphäre.

Das Programm WINDFELD erlaubt einen Vergleich der gemessenen Trajektorien mit einem Windfeld, das aus Windmessungen an mehreren Stationen durch Interpolation konstruiert wird. Dieses Windfeld ist nicht massenkonsistent. Zur Berechnung des Windvektors jeden Gitterpunktes tragen die Windmessungen aller Stationen bei. Bei der Interpolation werden diese Meßwerte mit dem Abstand Station - Gitterpunkt sowie dem Winkel zwischen Windrichtung und der Achse Station - Gitterpunkt gewichtet. In Abb. 7/14 ist ein so konstruiertes Windfeld dargestellt. Es basiert auf Bodenwindmessungen von 16 synoptischen Stationen im Umkreis von 140 km um das KfK. Die Meßwerte sind dem täglichen Wetterbericht des Deutschen Wetterdienstes entnommen. Zusätzlich eingezeichnet ist die Trajektorie eines Tetroons.

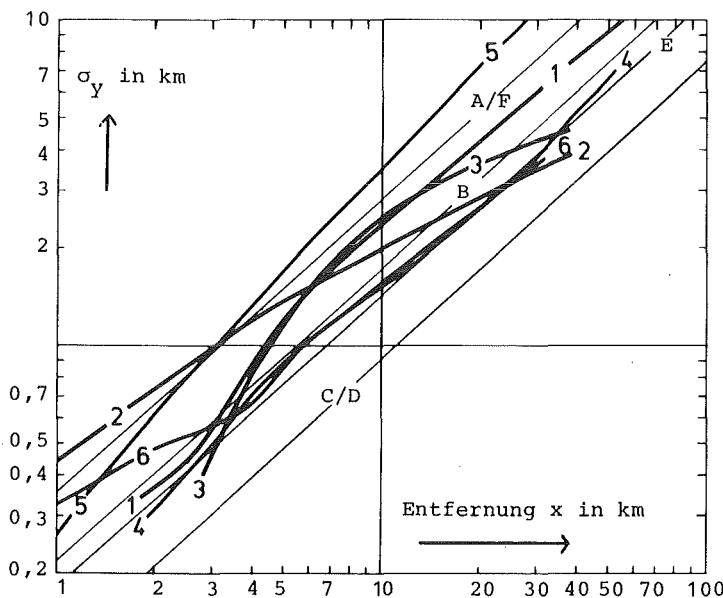
7.5.3 Auswertung

Wie im Jahresbericht 1978 der HS (KfK 2775, S. 198) ausgeführt, wird aus den Trajektorien von N zeitlich nacheinander gestarteten Tetroons der horizontale Ausbreitungsparameter σ_y bestimmt:

$$\sigma_y^2 = (N-1)^{-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2$$

y_i Lage des i-ten Tetroons auf der y-Achse,
 \bar{y} aus den N Trajektorien gemittelte Lage auf der y-Achse.

Die σ_y -Kurven mehrerer Flugserien sind in Abb. 7/15 eingetragen. Sie wurden nach Augenmaß den einzelnen σ_y -x-Wertepaaren angepaßt. Die dünnen Geraden stellen das Ergebnis der Serie von Ausbreitungsexperimenten des KfK mit Emissionshöhen von 160 m und 195 m dar. Diese Geraden wurden bis zu einer Entfernung von maximal 10 km experimentell bestimmt, darüber hinaus extrapoliert.



| Flugserie Nr. | Startplatz | Datum | Zahl der Flüge | thermische Schichtung |
|---------------|------------|----------|----------------|-----------------------|
| 1 | Witthoh | 18.07.79 | 2 | leicht labil |
| 2 | " | 25.08.81 | 2 | labil |
| 3 | KfK | 27.04.78 | 2 | labil |
| 4 | " | 08.10.80 | 3 | neutral |
| 5 | Dorum | 01.10.81 | 5 | neutral |
| 6 | " | 02.10.81 | 5 | neutral |

Aus Abb. 7/15 können folgende Schlüsse gezogen werden:

- Die aus Tetroon-Trajektorien abgeleiteten σ_y -Kurven sind gut vergleichbar mit den aus Tracer-Experimenten gewonnenen.
- Die σ_y -Kurven einzelner Tetroon-Flugserien streuen weit weniger als die σ_y -Kurven einzelner Tracer-Experimente.
- Es gibt keine ausgeprägte Abhängigkeit des σ_y von der thermischen Schichtung.

Abb. 7/15: Horizontaler Ausbreitungsparameter σ_y
 Erläuterung der Ziffern s. nebenstehende Tabelle

7.6 Überlagerung von Kühlturm und Abgasfahnen

K. Nester, H. Verenkotte

7.6.1 Windkanalversuche

Durch Windkanalversuche wurde untersucht, ob das Modell der Überlagerung von Kühlturm- und Abgasfahnen (s. Jahresbericht 1980 der HS, KfK 3113) die modifizierte Ausbreitung richtig vorherhersagt. Die Experimente wurden am Institut für Wasserbau III, Universität Karlsruhe durchgeführt. Vermessen wurde ein einzelner Kühlturmschwaden sowie eine überlagerte Tracerfahne aus einer 200 m hohen Quelle, die 200 m neben dem Kühlturm postiert wurde. Die Abwärmeleistung des Kühlturms betrug 300 MW, der Auftrieb der Kühlturmfahne wurde durch die Abgabe von Helium simuliert. In Ebenen senkrecht zur Hauptströmungsrichtung wurden Konzentrationsprofile aufgenommen (s. Abb. 7/16). Das Zentrum der Tracerfahne ist gegenüber der ungestörten Ausbreitung abgesunken, rechts zeigt sich ein Einmischen des Tracers in die Kühlturmfahne. Die Auswertung wurde durch eine Drift im Windkanal, die die Fahnen nach rechts und nach unten lenkt, erschwert. Die Modellrechnung liefert eine stärkere Verlagerung des Konzentrationsmaximums nach rechts und eine effektivere Einmischung.

7.6.2 Dynamische Überlagerung einer Abgasfahne mit Auftrieb

Das Kühlturmfahnenmodell WALKÜRE ist in der Lage, die Überlagerung mehrerer Kühlturmfahnen zu simulieren (s. Jahresbericht 1979 der HS, KfK 2939). Jetzt wurde eine Bilanzgleichung für einen Schadstoff in das Modell eingebaut. Es lassen sich nun Überlagerungen von Kühlturm- und Abgasfahnen mit Auftrieb berechnen, wobei das Modell die Abgasfahne als eine "kleine" Kühlturmfahne behandelt. Rechnungen für einen 850 MWth-Kühlturm und einen 160 MWth-Kamin zeigen, daß die Bodenkonzentration bei neutraler und stabiler Lage um bis zu 10 %, bei leicht labiler Lage dagegen um bis zu 50 % erhöht wird (s. Abb. 7/17).

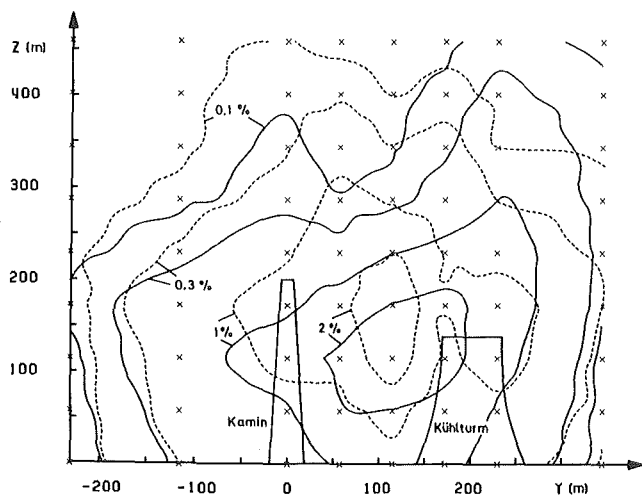


Abb. 7/16: Tracer-Konzentrationsfeld im Windkanal — mit, --- ohne Kühlturmbetrieb; Entfernung von der Quelle 2000 m; x = Meßsonden

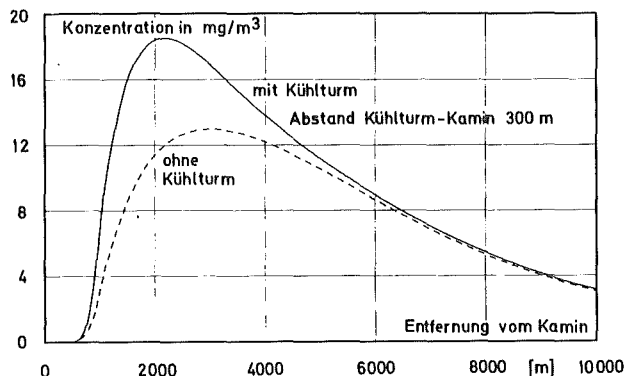


Abb. 7/17: Schadstoffkonzentration am Boden bei labiler Luftschichtung, Kühlturmhöhe = 130 m, Kaminhöhe = 170 m, Windgeschwindigkeit = 5 m/s, Quellstärke = 10 g/s

7.6.3 Chemische Umwandlung in der Abgasfahne

Die Abgase eines fossil-gefeuerten Kraftwerkes enthalten u. a. SO_2 als reaktiven Bestandteil. Der Abbau von SO_2 durch Oxidation kann sowohl homogen in der Gasphase als auch heterogen durch Reaktionen an Partikeln erfolgen. Bei geringer kurzwelliger Strahlung sowie bei hoher Feuchte in der Atmosphäre ist der zweite Mechanismus von entscheidender Bedeutung. Auf Grund von Laborversuchen wurde die Oxidation von SO_2 zu SO_4 auf Partikeln wie folgt modelliert:

$$\frac{d}{dt} \left[\frac{\text{SO}_4}{A} \right] = a_o \cdot \left[1 - \frac{\text{SO}_4}{\text{SO}_4^\infty} \right]^2$$

SO_4 gebildete Masse von Sulfat-Ionen pro Partikel

A Gesamtmasse eines Partikels

SO_4^∞ maximal mögliche Sulfat-Ionenmasse

a_o Ratenkonstante

SO_4^∞ ist eine Funktion der Partikeleigenschaften und der relativen Feuchte.

Abb. 7/18 zeigt eine Testrechnung zur heterogenen Oxidation. Die Quelle für Partikel und SO_2 befand sich bei $z = 100$ m. Es wurde eine Windgeschwindigkeit von $u = 5$ m/s angenommen. Durch das gewählte Feuchteprofil mit einem Maximum von 96 % relativer Feuchte bei $z = 50$ m wurde eine Kühlturmfahne simuliert. Vom Punkt höchster SO_2 -Konzentration verlagert sich das Konzentrationsmaximum des SO_4 zur Stelle höchster Feuchte, wo auch die größte Produktion von SO_4 erfolgt.

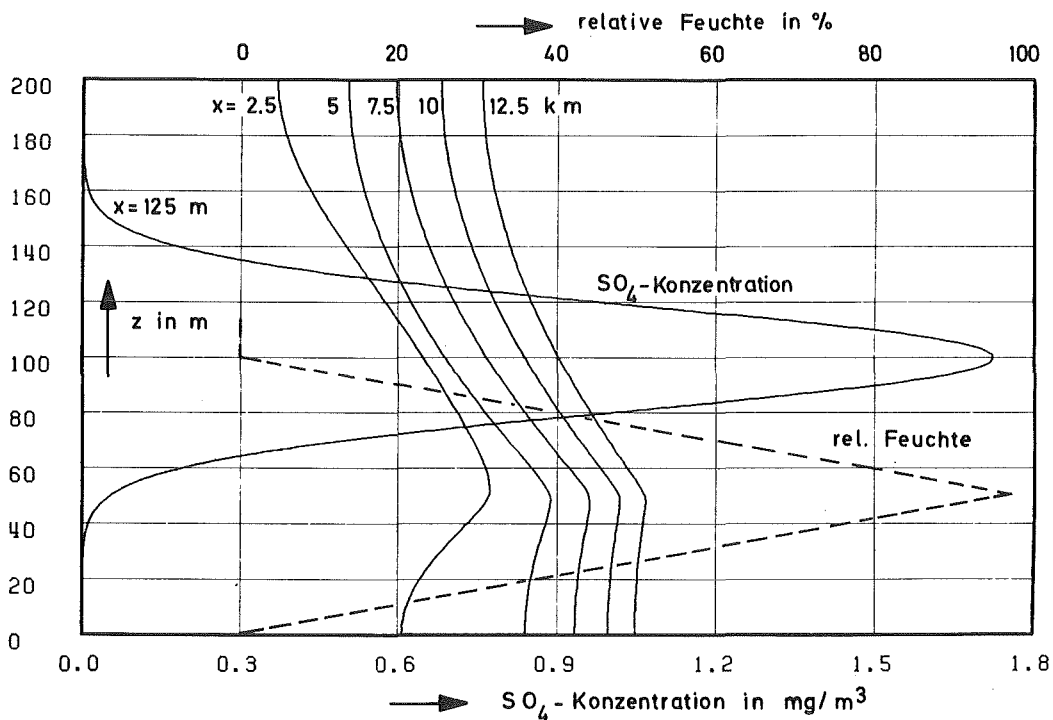


Abb. 7/18: Zeitliche Entwicklung der Sulfat-Konzentration bei heterogener Oxidation

7.7 Unfallfolgenmodell der Deutschen Risikostudie Kernkraftwerke (DRS)

W. Hübschmann, S. Vogt, P. Wittek

7.7.1 Arbeiten im Rahmen der Phase B

Während es Aufgabe der Phase A war, das durch Unfälle in Kernkraftwerken verursachte Risiko in enger Anlehnung an die amerikanische Reaktorsicherheitsstudie, Wash 1400, zu ermitteln, soll die Phase B einer methodischen Weiterentwicklung des Unfallfolgenmodells UFOMOD unter Berücksichtigung deutscher Verhältnisse dienen. Insbesondere wurden die Teilmodelle der atmosphärischen Ausbreitung und Ablagerung, der Dosisberechnung und Evakuierung überarbeitet und dem Stand der Forschung entsprechend aktualisiert. Für die Entwicklungsphase wurde eine modifizierte Version UFOMOD/B3 erstellt. Sie unterscheidet sich von der der Phase A vor allem durch:

- neue Parameter für trockene und nasse Ablagerung,
- Berücksichtigung von Windrichtungsänderungen,
- Dosisfaktoren für Inkorporation nach ICRP 30,
- Dosisfaktoren für externe Bestrahlung vom Boden nach Koehler (NUREG/CR-0494, ORNL/NUREG/TM-283),
- Resuspensionsmodell für humides Klima.

Als Beispiel für den Einfluß der Modifikationen wurden in Tab. 7/5 für die Freisetzungskategorien FK2 und FK6 kollektive, gesundheitliche Schäden mit den Ergebnissen der Phase A der DRS verglichen. Die Rechnungen FK2/B3 und FK6/B3 wurden im INR durchgeführt. Eine dritte Rechnung beruht außer auf den bereits genannten Punkten auf Freisetzungsdaten von J. P. Hosemann (Wechselwirkung mit der Containmentstruktur und Spaltproduktfreisetzung beim Kernschmelzunfall; Jahrestagung Kerntechnik, Mannheim, Mai 1982) s. [20]. Die realistische Bewertung von Rückhaltemechanismen für Jod und Aerosol sowie eine gegenüber der Phase A zeitlich erheblich verzögerte Spaltproduktfreisetzung führen zu den stark reduzierten Freisetzungsraten der Kategorie FK2* und FK6*.

| Freisetzungskategorie | UFOMOD Version | Frühschäden KS_f | | | | Spätschäden KS_s | | | |
|-----------------------|----------------|--------------------|----------------|--------------|----------------------|--------------------|----------------|--------------|-----------------|
| | | \overline{KS}_f | $KS_{f,99} \%$ | $KS_{f,max}$ | kollekt. Risiko | \overline{KS}_s | $KS_{s,99} \%$ | $KS_{s,max}$ | kollekt. Risiko |
| FK2 | Phase A | 7,6 | 140 | 5700 | $1 \cdot 10^{-4}$ | 19100 | 29300 | 36600 | 0,3 |
| FK2 | B3 | 5,9 | 120 | 1960 | $0,9 \cdot 10^{-4}$ | 21200 | 28330 | 44120 | 0,32 |
| FK2* | B3 | 0,07 | 1,4 | 33 | $0,01 \cdot 10^{-4}$ | 1230 | 2470 | 4160 | 0,02 |
| FK6 | Phase A | - | - | - | - | 410 | 656 | 1100 | 0,74 |
| FK6 | B3 | - | - | - | - | 380 | 550 | 884 | 0,66 |
| FK6* | B3 | - | - | - | - | 1,2 | 3,9 | 11 | 0,002 |

Tab. 7/5: Charakteristische Größen gesundheitlicher Schäden beim Betrieb von 25 Kernkraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland

7.7.2 Vergleich von Unfallfolgenmodellen

Der internationale Vergleich von Unfallfolgenmodellen für Reaktorsicherheitsstudien (s. Jahresbericht 1981 der HS, KfK 3272, s. 256-257) hat seinen vorläufigen Abschluß gefunden. Die wichtigsten Ergebnisse der gemeinsamen Arbeit werden in einem sogenannten "Summary Report" zusammengefaßt. Die Sandia Laboratories werden die detaillierten Ergebnisse und die Diskussion einzelner Aspekte der Studie in Form eines "Note Books" herausgeben.

Mit der modifizierten Version des Rechenprogramms UFOMOD/B3 wurden die beiden letzten der insgesamt sieben Teilaufgaben nochmals bearbeitet. Dabei ist zu beachten, daß die im folgenden mit UFOMOD/Phase A' und UFOMOD/B3' bezeichneten Modelle in Anpassung an die Aufgabenstellungen we-

sentliche Änderungen erfahren haben, so daß die gewählten Bezeichnungen nur noch zur Unterscheidung der zusätzlichen Modifikationen dienen. Außerdem sei betont, daß das Ablagerungsmodell der Phase A nicht identisch mit dem hier als Phase A' bezeichneten ist; es handelt sich vielmehr um ein Zwischenstadium von Phase A und B3. Auf die siebte Aufgabe sei hier kurz eingegangen. Von festgelegten, unfallbedingten Freisetzen ausgehend ist das Kollektivrisiko für Tod durch akutes Strahlensyndrom (Frühschäden) zu ermitteln. Die vorgesehenen Maßnahmen zum Schutze der Bevölkerung, deren Verteilung um den Reaktorstandort ebenfalls vorgegeben ist, sind anzuwenden. Bei einer Freisetzung ohne thermische Energie heben sich die Effekte der UFOMOD/B3'-Modifikation hinsichtlich der Frühschäden weitgehend gegenseitig auf. Dadurch ändert sich das Ergebnis gegenüber der früheren Rechnung kaum (s. Abb. 7/19). Bei Freisetzen mit hohem Energieinhalt sind Wetterlagen mit Niederschlag für Frühschäden verantwortlich, so daß die teilweise höheren Dosisfaktoren für Strahlung vom Boden (s. o.) die Anzahl der Frühschäden erhöhen.

7.7.3 Datenbeschaffung

- Windrichtungsverteilung

In der Phase A wurde mit einer Windrichtungsgleichverteilung gerechnet. Um die Windrichtungsverteilung der Einzelstandorte berücksichtigen zu können, wurde die Häufigkeitsverteilung der 19 KKW-Standorte vom Deutschen Wetterdienst (DWD) angefordert. Ein Angebot des DWD liegt inzwischen vor und wird geprüft.

- Stündliche Meßwerte der KFA Jülich

Die im Jahre 1977 an der KFA Jülich gemessenen meteorologischen Daten sind für eine Verwendung im Unfallfolgenmodell aufbereitet worden. Rechnungen zur "Risikoorientierten Analyse zum SNR-300" und zur Unfallfolgen- und Risikoabschätzung für den HTR-1160 stützen sich auf sie.

- Stündliche Meßwerte Kaiseraugst

Die Schweizerische Meteorologische Anstalt, Sektion für Luftreinhaltung, hat die in Kaiseraugst gemessenen meteorologischen Daten des Jahres 1978 zur Verfügung gestellt. Auf Grund der geographischen Lage des Meßortes bieten sich die Daten als Eingabewerte für die Standortregion "Tallage" an. Für Tallagen sind bisher die Meßwerte des KWO Obrigheim verwendet worden.

- Datenbank Topographie

Vom Bundesministerium für das Post- und Fernmeldewesen wurde eine Datenbank der topologischen Daten des Gebietes der Bundesrepublik Deutschland für Aufgaben der Funk- und Frequenzverwaltung aufgebaut. Diese Datenbank enthält in einer Rasterung von 5" - dies entspricht etwa 95 m in west-östlicher Richtung und 150 m in nord-südlicher Richtung - die topographische Höhe jedes Flächenelementes sowie Informationen über seine Bedeckung.

Die Bedeckung ist in 10 Klassen eingeteilt:

- Meerwasser,
- Süßwasser (Flußläufe, Kanäle, Seen),
- nasser Ackerboden,
- trockener Ackerboden,
- Heide, Buschland, Geröll,
- Laubwald,
- Mischwald,
- Nadelwald,
- kleine Wohngebiete (Siedlungen, Dörfer),
- große Wohngebiete (Städte).

Die Daten der Umgebung von 24 kerntechnischen Anlagen sind bei dem Verwalter dieser Datenbank, der Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft, bestellt. Zusätzlich werden für jeden Standort Grauzzeichnungen der Höhe und der Bedeckung erstellt, sowie farbige Bewuchs-Höhenreliefbilder gezeichnet. Diese Daten werden in Phase B der DRS im UFOMOD Verwendung finden.

7.7.4 Weitergabe des Rechenprogramms UFOMOD

Dem "Institut für angewandte Ökologie", Freiburg wurde UFOMOD, Stand Phase A, mit den im KfK gemessenen meteorologischen Daten, sowie später auch die Version UFOMOD/B3 mit den vom Deutschen Wetterdienst freigegebenen meteorologischen Daten der Standortregionen "Norddeutsche Tiefebene" und "Süddeutsche Hochebene" zur Verfügung gestellt. Das genannte Institut benötigt das Programm für Arbeiten zur Phase B der DRS.

Der "Forschungsgruppe Schneller Brüter e. V." wurde UFOMOD/B3 im April 1982 überlassen. In dieser Gruppe sind Gegner und Kritiker des Projektes "Schneller Brüter" vertreten, die vom BMFT mit Untersuchungen zur Risikostudie Schneller Brüter beauftragt wurden.

UFOMOD/B3 wurde auch dem "Institut für Nukleare Sicherheitsforschung" (KFA Jülich) für weiterführende HTR-Rechnungen zur Verfügung gestellt.

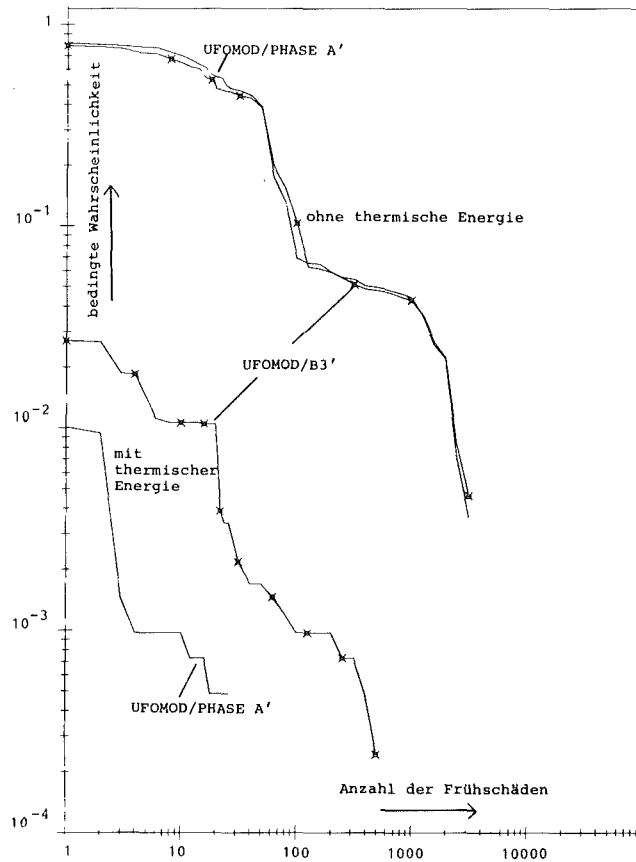


Abb. 7/19: Wahrscheinlichkeitsverteilung der Frühschäden

7.8 Strahlenbelastung der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe

M. Bär, S. Honcú, W. Hübschmann

7.8.1 Strahlenbelastung im Jahre 1982 auf Grund der mit der Abluft abgeleiteten Aktivität

Die Tab. 7/6 zeigt die im Jahre 1982 im Raum des KfK mit der Abluft abgegebene Aktivität entsprechend den Messungen im Rahmen der Abluftüberwachung. Diese Emissionen haben eine geringe zusätzliche Strahlenbelastung - zusätzlich zur natürlichen - in der Umgebung des KfK bewirkt. Diese wurde berechnet. Dabei wurden nur diejenigen Emittenten berücksichtigt, die merklich zur Gesamtemission eines Nuklids bzw. einer Nuklidgruppe beigetragen haben. Die Nuklidgruppen A, B und C sind in Tab. 5/1 erläutert.

Zur Berechnung der Umgebungsbelastung liegen die monatlichen Emissionswerte vor. Da diese z. T. stark schwanken, wurde mit monatlich unterschiedlichen, allerdings über einen Monat konstanten Emissionsraten gerechnet. Zur Errechnung der Gammadosis diente das Rechenprogramm WOLGA (s. KfK 2189), welches auch in der Nähe des Emittenten die räumliche Verteilung der Aktivität in den einzelnen Windrichtungssektoren berücksichtigt. Zur Errechnung der äußeren β -Strahlung und der inneren Bestrahlung nach Inhalation oder Ingestion diente das Programm ISOLA III (s. KfK 2698).

| Emittent ¹⁾ | Geb.-Nr. | Emiss.- Höhe m | Emission je Nuklid bzw. Nuklidgruppe | | | | | | | | |
|--|-----------|----------------------|--------------------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------|
| | | | Gruppe A Bq | Gruppe B Bq | Gruppe C Bq | H-3 Bq | C-14 Bq | Jod elem. Bq | Sr-90 ²⁾ Bq | Pu-241 ²⁾ Bq | Kr-85 Bq |
| WAK/LAVA | 1501/31/2 | 60 | 3,6 · 10 ⁷ | 5,0 · 10 ⁸ | - | 2,1 · 10 ¹² | 4,0 · 10 ¹⁰ | 9,0 · 10 ⁷ | 2,5 · 10 ⁷ | (5,0 · 10 ⁷) | 6,1 · 10 ¹⁴ |
| KTB/FR-2 | 606/608 | 99 | - | - | - | 4,0 · 10 ¹² | - | 3,7 · 10 ⁶ | - | - | - |
| KBG/KNK | 741 | 99 | - | 1,8 · 10 ⁸ | 1,8 · 10 ¹² | - | - | - | (1,8 · 10 ⁷) | - | - |
| KBG/MZFR | 901 | 99,5 | - | - | 4,2 · 10 ¹³ | 2,0 · 10 ¹³ | 6,8 · 10 ¹¹ | 3,2 · 10 ⁷ | - | - | - |
| KTB/HZ | 701 | 60 | - | 2,3 · 10 ⁷ | - | 1,1 · 10 ¹¹ | - | 1,2 · 10 ⁷ | (2,3 · 10 ⁶) | - | - |
| IHCH | 721/24/26 | 60 | - | - | 5,4 · 10 ¹¹ | - | - | 4,0 · 10 ⁷ | - | - | - |
| HDB-VER-) BRENNUNGS-) ANLAGE) | 536 | 70 | 9,2 · 10 ⁶ | 2,4 · 10 ⁹ | - | 9,7 · 10 ¹² | 2,7 · 10 ¹¹ | 7,2 · 10 ⁶ | (2,4 · 10 ⁸) | (2,4 · 10 ⁸) | - |
| HDB-D.FL. | 545/555 | 19 | - | 3,5 · 10 ⁷ | - | - | - | 1,9 · 10 ⁷ | (3,5 · 10 ⁶) | - | - |
| HDB-D.FS. | 548 | 15 | - | 1,2 · 10 ⁷ | - | 6,4 · 10 ¹¹ | - | 6,4 · 10 ⁶ | (1,2 · 10 ⁶) | - | - |
| ZYKLOTRON | 351 | 36 | - | - | 9,2 · 10 ¹² | - | - | - | - | - | - |
| SNEAK | 452 | 50 | - | - | - | - | - | 4,1 · 10 ⁶ | - | - | - |
| IRCH | 341 | 15 | - | - | 6,2 · 10 ¹² | - | - | 2,6 · 10 ⁷ | - | - | - |
| IT | 601/2/5 | 22 | - | - | - | - | - | 2,1 · 10 ⁶ | - | - | - |
| IHCH | 725 | 10 | - | - | - | - | - | 3,8 · 10 ⁶ | - | - | - |
| LAF II | 415A/415B | 8 | - | - | - | - | - | 2,3 · 10 ⁶ | - | - | - |

¹⁾ Es wurden nur diejenigen Emittenten berücksichtigt, die zu mehr als 5 % zur Emission eines Nuklids bzw. einer Nuklidgruppe beigetragen haben.

²⁾ Die Zahlen in Klammern sind fiktive Emissionen entsprechend dem Abluftplan (1/10 der Emission der Gruppe B).

Tab. 7/6: Mit der Abluft im Jahre 1982 emittierte Radioaktivität

Die berechneten Strahlendosen in den umliegenden Ortschaften, am Zaun des KfK sowie die jeweiligen Höchstwerte zeigt Tab. 7/7, zusätzlich wurde die Verteilung der externen Gammadosis gezeichnet (s. Abb. 7/20). Es handelt sich bei den äußeren γ - und β -Strahlendosen um die Dosen, die am Aufpunkt mit einem das ganze Jahr 1982 exponierten Strahlenmeßgerät als zusätzliche Dosis - zusätzlich zur natürlichen Strahlung an diesem Ort - gemessen worden wären. Zur Ermittlung der Personendosis müßte demgegenüber berücksichtigt werden, daß sich eine Person nicht die ganze Zeit am selben Ort aufhält und daß Gebäude und Kleidung die Strahlung teilweise abschirmen. Die berechneten Schilddrüsendosen können nur dann entstehen, wenn an dem be-

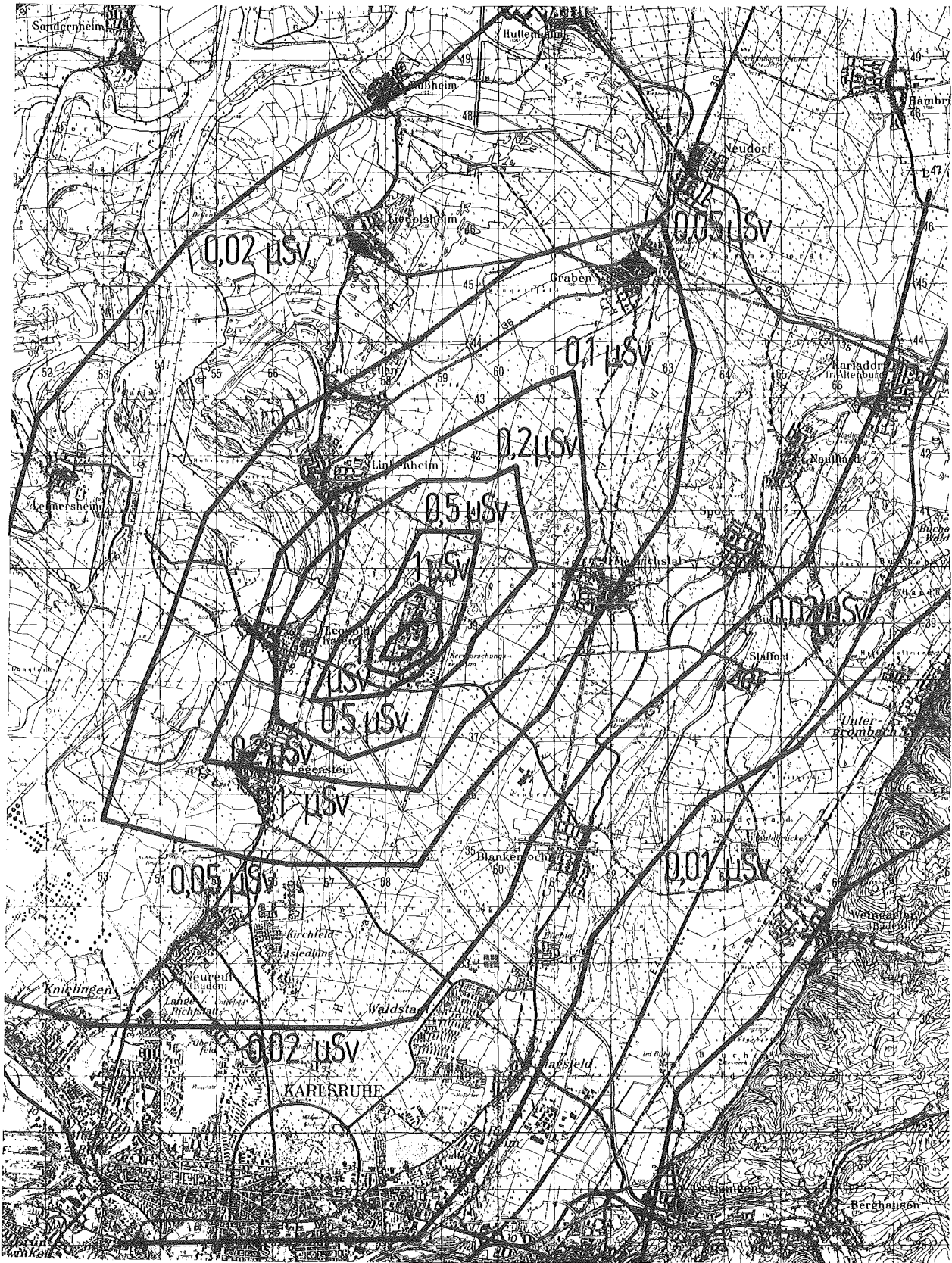


Abb. 7/20: Ganzkörperdosis durch γ -Strahlung in der Umgebung des KfK im Jahr 1982

treffenden Ort Weidewirtschaft mit Kühen betrieben wird und die Milch dieser Kühe unvermischt von Kleinkindern, z. B. in einer der benachbarten Ortschaften, kurz nach der Produktion konsumiert wird.

Bezüglich der Nuklidauswahl in den Nuklidgruppen wurde folgendermaßen verfahren:

Als Emission der Nuklidgruppe A der Emittenten WAK und HDB wird das α -aktive Aktiniden-Gemisch eines Brennstoffes mit einem Abbrand von 34 MWd/kg angenommen ("altes Gemisch A, Kühlzeit 3 Jahre). In der Nuklidgruppe B überwiegen die alten Spaltproduktgemische aus der WAK und HDB. Der Sr-90-Anteil der Nuklidgruppe B wurde nur bei dem Emittenten WAK durch Filteranalysen bestimmt, bei den anderen Emittenten zu 10 % angenommen.

| Belastungspfad Körperteil/Organ Aktivität | Submersion | | Inhalation | | | Ingestion | | |
|---|---------------------|--------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------|------------|----------|-------------|
| | Ganzkörper | Haut | Lunge | Ganzkörper | Knochen* | Ganzkörper | Knochen* | Schilddrüse |
| | γ -Aktivität | β -Aktivität | Gruppe A+B, Pu-241 | H-3,C-14, Pu-241, Gruppe B | Gruppe A+B, Pu-241 | C-14,Sr-90 | Sr-90 | Jod |
| | μ Sv | μ Sv | μ Sv | μ Sv | μ Sv | μ Sv | μ Sv | μ Sv |
| O r t | | | | | | | | |
| Graben | 0,07 | 0,5 | 0,06 | 0,04 | 0,9 | 0,2 | 1,0 | 0,3 |
| Neudorf | 0,05 | 0,3 | 0,04 | 0,03 | 0,6 | 0,2 | 0,7 | 0,2 |
| Friedrichstal | 0,11 | 0,2 | 0,03 | 0,03 | 0,4 | 0,2 | 0,7 | 0,2 |
| Spöck | 0,03 | 0,1 | 0,02 | 0,02 | 0,2 | 0,1 | 0,4 | 0,1 |
| Neuthard | 0,04 | 0,2 | 0,03 | 0,03 | 0,5 | 0,2 | 0,6 | 0,2 |
| Karlsdorf | 0,03 | 0,2 | 0,02 | 0,02 | 0,4 | 0,1 | 0,4 | 0,1 |
| Staffort | 0,02 | 0,1 | 0,01 | 0,01 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,1 |
| Blankenloch | 0,02 | 0,1 | 0,02 | 0,01 | 0,2 | 0,1 | 0,3 | 0,1 |
| Hagsfeld | 0,02 | 0,2 | 0,02 | 0,02 | 0,3 | 0,1 | 0,3 | 0,1 |
| Karlsruhe-Markt | 0,02 | 0,2 | 0,02 | 0,02 | 0,3 | 0,1 | 0,4 | 0,1 |
| Neureut | 0,03 | 0,3 | 0,04 | 0,04 | 0,7 | 0,2 | 0,9 | 0,2 |
| Eggenstein | 0,19 | 0,7 | 0,09 | 0,09 | 1,5 | 0,5 | 2,4 | 0,5 |
| Leopoldshafen | 0,20 | 1,2 | 0,13 | 0,08 | 2,0 | 0,4 | 1,8 | 0,5 |
| Linkenheim | 0,11 | 0,5 | 0,05 | 0,03 | 0,8 | 0,2 | 0,8 | 0,3 |
| Hochstetten | 0,06 | 0,3 | 0,04 | 0,03 | 0,6 | 0,2 | 0,7 | 0,2 |
| Liedolsheim | 0,04 | 0,2 | 0,03 | 0,02 | 0,4 | 0,1 | 0,4 | 0,1 |
| Rußheim | 0,03 | 0,2 | 0,02 | 0,02 | 0,3 | 0,1 | 0,3 | 0,1 |
| Leimersheim | 0,03 | 0,2 | 0,02 | 0,02 | 0,3 | 0,1 | 0,4 | 0,1 |
| Altes Nordtor | 1,35 | 8,3 | 0,94 | 0,50 | 15,4 | 2,7 | 18,7 | 6,8 |
| Nordtor | 0,62 | 10,2 | 1,03 | 0,45 | 15,8 | 2,3 | 10,3 | 3,3 |
| Südtor | 0,60 | 3,0 | 0,31 | 0,38 | 5,6 | 2,0 | 11,4 | 4,4 |
| Zaun NO vom FR-2 | 0,80 | 1,7 | 0,24 | 0,31 | 4,4 | 1,6 | 10,0 | 3,0 |
| Zaun SW vom FR-2 | 1,15 | 3,9 | 0,40 | 0,50 | 7,6 | 2,8 | 16,1 | 5,0 |
| Maximale Dosis außerhalb des KfK | 1,81 | 15,8 | 1,54 | 0,68 | 22,9 | 3,8 | 22,9 | 6,8 |
| Koordinaten des Dosismaximums** | | | | | | | | |
| x in m | -640 | -170 | -170 | -640 | -170 | -640 | -640 | 200 |
| y in m | -370 | 1080 | 1080 | -370 | 1080 | -370 | -370 | 750 |

*Bei den Knochen Dosen handelt es sich um die über 50 Jahre integrierten Folgedosen.

**Koordinatenursprung ist der FR-2-Kamin.

Tab. 7/7: Ortsdosen durch die im Jahre 1982 emittierten radioaktiven Stoffe

Ein Erwachsener in Eggenstein, Leopoldshafen oder Friedrichstal erhielt eine Ganzkörperdosis von $< 4,1 \mu$ Sv bei Verzehr von hypothetisch am KfK-Zaun erzeugten Lebensmitteln, ein Erwachsener am KfK-Zaun eine solche von $< 3,0 \mu$ Sv bei Verzehr von in diesen Ortschaften erzeugten Lebensmitteln. Diese Dosismaxima liegen unter den nach der Strahlenschutzverordnung zulässigen Werten, z. B. 300μ Sv Ganzkörperdosis eines Erwachsenen, 900μ Sv Schilddrüsendosis eines Kleinkindes. Die mittlere γ -Submersions-Ganzkörperdosis der Bevölkerung im Umkreis von 3 km bzw. 20 km um das Kernforschungszentrum Karlsruhe betrug im Jahre 1982 $0,13 \mu$ Sv bzw. $0,02 \mu$ Sv. Die verwendeten Dosisfaktoren und die γ -Dosisleistungskonstante sind in Tab. 7/8 eingetragen.

| Kritisches Organ bzw. Körperteil | Nuklid bzw. Nuklidgemisch | Belastungspfad | Kritische Bevölkerungsgruppe | Dosisfaktor | γ-Dosisleistungskonstante | Referenz |
|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------|
| | | | | $\frac{\text{Sv m}^3}{\text{Bq s}}$ | $\frac{\text{Sv m}^3}{\text{Bq s}}$ | |
| Ganzkörper | Ar-41 | äußere γ-Strahlung | Erwachsene | - | $4,9 \cdot 10^{-17}$ | 1) |
| | Edelgase (MZFR) | " | " | - | $6,84 \cdot 10^{-18}$ | |
| | H-3 | Inhalation und Hautatmung | " | $2,43 \cdot 10^{-14}$ | - | KFK 2348 |
| | C-14 | Inhalation | " | $2,70 \cdot 10^{-14}$ | - | 1) |
| | Pu-241 | " | " | $1,44 \cdot 10^{-10}$ | - | |
| | C-14 | Ingestion | " | $3,1 \cdot 10^{-12}$ | - | 1) |
| | Sr-90 | " | " | $7,2 \cdot 10^{-9}$ | - | 1) |
| | "altes Gemisch B" | Inhalation | " | $2,16 \cdot 10^{-11}$ | - | |
| Knochen | Sr-90 | Ingestion | Erwachsene | $7,6 \cdot 10^{-8}$ | - | 1) |
| | Pu-241 | Inhalation | " | $8,15 \cdot 10^{-9}$ | - | 1) |
| | "frisches Gemisch A" | " | " | $4,3 \cdot 10^{-7}$ | - | |
| | "altes Gemisch A" | " | " | $2,49 \cdot 10^{-7}$ | - | |
| | "altes Gemisch B" | " | " | $9,35 \cdot 10^{-10}$ | - | |
| Lunge | Pu-241 | Inhalation | Erwachsene | $1,32 \cdot 10^{-11}$ | - | 1) |
| | Gemisch A | " | " | $1,81 \cdot 10^{-8}$ | - | KfK 2620 |
| | "frisches Gemisch B" | " | " | $1,00 \cdot 10^{-11}$ | - | KFK 2348 |
| | "altes Gemisch B" | " | " | $5,14 \cdot 10^{-11}$ | - | KFK 2348 |
| Haut | Ar-41 | äußere β-Strahlung | Erwachsene | $2,7 \cdot 10^{-14}$ | - | 1) |
| | Kr-85 | " | " | $1,2 \cdot 10^{-14}$ | - | 1) |
| | Edelgase (MZFR) | " | " | $3,4 \cdot 10^{-15}$ | - | |
| Schilddrüse | I-131 | Ingestion | Kleinkinder | $1,32 \cdot 10^{-8}$ | - | KFK 2544 |
| | I-131 (org. geb.) | " | " | $1,32 \cdot 10^{-10}$ | - | |

¹⁾ Allgemeine Berechnungsgrundlage für die Strahlenexposition bei radioaktiven Ableitungen mit der Abluft oder in Oberflächengewässer. Der Bundesminister des Innern, GMBI. 30, 371-436 (1979).

Tab. 7/8: Dosisfaktoren und γ-Dosisleistungskonstanten

7.8.2 Vorausgeschätzte Strahlenbelastung auf Grund des Abluftplanes 1983

Tab. 7/9 zeigt die gemäß Abluftplan 1983 gemeldeten Emissionen. Der Abluftplan 1983 (Stand 07.12.1982) unterscheidet sich von dem des Vorjahres, neben kleineren Änderungen der zulässigen Emissionen, in der Bilanzierung von H-3 und C-14 getrennt von der Nuklidgruppe C. Der Sr-90-Anteil der Nuklidgruppe B ist - mit Ausnahme der WAK - auf 10 % beschränkt. Der WAK ist eine Sr-90-Emission von $3,7 \cdot 10^9$ Bq/a und eine I-129-Emission von $3,7 \cdot 10^8$ Bq/a genehmigt. Die Pu-241-Emission der WAK, HDB-Verbrennungsanlage, IHCh und TU wurde auf maximal 10 % der in Nuklidgruppe B zugelassenen Aktivitätswerte beschränkt (s. Tab. 5/1).

Für die Berechnungsverfahren der Dosisbelastung gilt das gleiche wie unter Kap. 7.8.1. Es wurde die meteorologische Statistik der Jahre 1973 bis 1979 zugrunde gelegt. Die verwendeten Ausbreitungsparameter berücksichtigen die lokalen Verhältnisse (Bebauung, Bodenbedeckung) in der Umgebung des KfK.

| Nr Emittent | Geb.-Nr. | Kamin-Koordinaten | | | Emission je Nuklid bzw. Nuklidgruppe | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|-------------------|------|------|--------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------|
| | | Höhe | x | y | Gruppe A | Gruppe B | Gruppe C | Jod-elem | Jod-orga | Kr-85 | C-14 | H-3 | HTO | |
| | | | | | Bq/a | Bq/a | Bq/a | Bq/a | Bq/a | Bq/a | Bq/a | Bq/a | Bq/a | Bq/a |
| 1 WAK/LAVA | 1501/31/2 | 60 | 173 | 1283 | 3.70E+08 | 7.40E+10 | 1.50E+13 | 1.40E+09 | - | 9.30E+15 | 3.70E+11 | 3.70E+13 | - | |
| 2 KTB/FR 2 | 606/608 | 99 | 0 | 0 | 1.10E+07 | 5.60E+09 | 7.40E+13 | 1.90E+08 | - | - | - | 7.40E+11 | - | |
| 3 KBG/KNK | 741 | 99 | -155 | 527 | 1.10E+07 | 5.60E+09 | 1.50E+14 | 3.70E+08 | - | - | - | - | - | |
| 4 KBG/MZFR | 901 | 99.5 | -35 | 605 | 1.10E+07 | 5.60E+09 | 1.11E+14 | 1.90E+09 | - | - | 9.30E+11 | 1.10E+14 | - | |
| 5 KTB/HZ | 701 | 60 | -38 | 292 | 3.00E+07 | 1.50E+10 | 3.70E+13 | 3.70E+08 | - | - | - | 1.50E+13 | 7.40E+11 | |
| 6 IHCH | 721/24/26 | 60 | -8 | 380 | 3.00E+07 | 3.70E+09 | 3.70E+13 | 3.70E+08 | - | - | 3.70E+09 | 3.70E+09 | - | |
| 7 IHCH | 725 | 10 | 105 | 480 | 3.70E+05 | 3.70E+08 | 1.50E+12 | 3.70E+06 | - | - | - | - | - | |
| 8 HDB-VERBA | 536 | 70 | -340 | 87 | 7.40E+07 | 1.50E+10 | - | 3.70E+08 | - | - | 7.40E+11 | 3.70E+13 | - | |
| 9 HDB-D. FL. | 545/555 | 19 | -130 | 135 | 1.10E+06 | 5.60E+08 | - | 1.50E+08 | - | - | 7.40E+10 | 3.70E+12 | - | |
| 10 HDB-GER. D | 548 | 15 | -90 | 195 | 9.30E+05 | 3.70E+08 | - | 7.40E+06 | - | - | - | 1.10E+12 | - | |
| 11 HDB-BET. | 534 | 8 | -318 | 45 | 3.70E+05 | 3.70E+08 | - | - | - | - | - | 3.70E+10 | - | |
| 12 HDB-REPAR. | 543 | 8 | -70 | 90 | 9.30E+03 | 2.60E+06 | - | 7.40E+04 | - | - | - | 1.10E+10 | - | |
| 13 ZYKLOTRON | 351 | 36 | -365 | -150 | 5.50E+05 | 5.60E+08 | 1.90E+13 | - | - | - | - | - | - | |
| 14 ZYKLOTRON | 351 | 15 | -410 | -160 | - | 5.60E+07 | 7.40E+12 | 3.70E+06 | - | - | - | - | - | |
| 15 ZYKLOTRON | 351 | 11 | -370 | -220 | - | - | - | 7.40E+06 | - | - | - | - | - | |
| 16 SNEAK | 452 | 50 | 245 | -395 | 7.40E+06 | 3.70E+09 | 7.40E+12 | 1.10E+08 | - | - | - | - | - | |
| 17 TU | 806 | 50 | 365 | 555 | 1.10E+06 | 3.70E+08 | 2.20E+12 | 7.40E+07 | - | - | - | - | - | |
| 18 IRCH | 321 | 16 | -158 | -384 | 1.70E+05 | 9.20E+07 | 3.80E+11 | 1.00E+07 | - | 3.70E+12 | - | 1.80E+12 | - | |
| 19 IRCH | 321/1A | 15 | -144 | -331 | 3.70E+04 | 1.90E+08 | 1.40E+13 | 3.80E+08 | - | - | - | 3.70E+10 | - | |
| 20 IRCH | 341 | 15 | -145 | -205 | 1.60E+05 | 9.20E+07 | 3.80E+11 | 1.00E+07 | - | - | - | 5.60E+12 | - | |
| 21 IMF I | 681 | 9 | 160 | 195 | 5.90E+05 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 22 IMF III | 573/574 | 5 | -280 | 215 | 1.10E+06 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 23 LIT | 276 | 4 | 160 | -665 | - | - | 5.00E+09 | - | - | - | - | - | - | |
| 24 LIT | 403/404 | 10 | -15 | -505 | - | 1.00E+09 | 1.00E+09 | - | - | - | 1.00E+08 | 1.00E+09 | - | |
| 25 LIT | 603 | 4 | -5 | -180 | - | - | 5.00E+08 | - | - | - | - | - | - | |
| 26 INR | 420/3/53 | 5 | 18 | -415 | - | - | - | - | - | - | - | 1.90E+12 | - | |
| 27 IT | 601/2/5 | 22 | 30 | -215 | 3.30E+06 | 7.80E+06 | 4.40E+11 | 5.60E+06 | - | - | - | 1.10E+11 | - | |
| 28 BFE | 324/325 | 12.5 | -320 | -325 | - | 3.70E+05 | 1.10E+09 | - | - | - | 1.10E+08 | 1.10E+08 | - | |
| 29 LAF II | 415A/415B | 8 | 235 | -595 | - | - | 7.40E+11 | 3.00E+07 | 3.70E+07 | - | - | - | - | |
| 30 IAK | 426 | 10 | 75 | -470 | - | - | 5.60E+12 | - | - | - | - | 5.60E+12 | - | |
| 31 INE | 547 | 15 | -90 | 195 | 5.60E+05 | 9.30E+05 | - | - | - | - | - | - | - | |
| 32 INE | 712 | 60 | -255 | 330 | 3.00E+07 | 3.70E+08 | - | 3.70E+07 | - | - | - | - | - | |
| 33 TEKO | 630 | 22.6 | 245 | -225 | 1.90E+06 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 34 IK | 401 | 12 | -100 | -520 | - | - | - | 1.90E+06 | - | - | - | - | - | |
| 35 IKVT | 691 | 15 | 240 | 150 | 1.90E+02 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 36 FR-2 BEH. | 615 | 3 | 85 | -25 | - | - | - | - | - | - | - | 3.70E+10 | - | |

Tab. 7/9: Emission im Bereich des KfK laut Abluftplan 1983

Bezüglich der Nuklidauswahl wurde folgendermaßen verfahren:

Nuklidgruppe A: Zur Errechnung der Knochen-Inhalationsdosis wird bei den Reaktoren und Instituten konservativerweise die Emission von Pu-239 angenommen ("frisches Gemisch A"). Bei den Emittenten WAK, HDB, IHCh und TU wird das α -aktive Aktiniden-Gemisch eines Brennstoffes mit einem Abbrand von 34 MWd/kg angenommen ("altes Gemisch A", Kühlzeit 3 Jahre). Zur Errechnung der Lungen-Inhalationsdosis wird für alle Emittenten die Emission von Pu-239-Oxid angenommen (Gemisch A).

Nuklidgruppe B: Bei dieser Gruppe handelt es sich meist um ein Spaltproduktgemisch. Dessen Alter bestimmt die Nuklidzusammensetzung. Für die Emission der WAK, HDB, IHCh und TU wird ein Gemisch mit einer Kühlzeit von drei Jahren, für die Reaktoren und Institute ein Gemisch mit sechs Stunden Kühlzeit angenommen.

Nuklidgruppe C und Gase: Allen Emittenten, welche Ar-41 emittieren können, wird die Emission dieses Nuklids unterstellt. Für den MZFR wurde ein Edelgasgemisch mit Xe-133 als Leitnuklid angenommen.

Jodnuklide: Das Alter der Spaltprodukte bestimmt das überwiegend "aktive" Nuklid. Neben dem Spaltjod wird in den Instituten auch speziell hergestelltes radioaktives Jod verarbeitet. Da nicht die Aktivität, sondern die Dosis in der Umgebung begrenzt werden soll, genügt es, die Jod-Emission als Jod-131-Äquivalent A^*_{I-131} anzugeben. Zur Berechnung der zulässigen Emission eines bestimmten Jodnuklids siehe Kap. 5.1.1.

Im Abluftplan 1983 ist zusätzlich zur Jahres- auch die zulässige Wochenemission begrenzt. Eine kontinuierliche Emission über das ganze Jahr, wie für die Rechnung angenommen, entspricht meist nicht dem tatsächlichen Emissionsverlauf. Um einer diskontinuierlichen Emission Rechnung zu tragen, wurde folgendermaßen verfahren: Beträgt die zulässige Wochenemission mehr als 1/50 der Jahresemission, dann müßte ein erhöhter Ausbreitungsfaktor für nichtkontinuierliche Emission angewendet werden. Um jedoch die Berechnungsverfahren nicht unangemessen aufwendig werden zu lassen, wird statt dessen mit einer erhöhten fiktiven Jahresemission gerechnet. Diese ist gleich dem 50fachen der zulässigen Wochen-, aber nicht größer als die dreifache Jahresemission. Eine Ausnahme bildet die WAK, diese muß etwa 200 Tage pro Jahr in Betrieb sein, um die zulässige Emission annähernd zu erreichen und wird deshalb als gleichmäßiger Emittent angesehen.

Die Abbn. 7/21 bis 7/25 zeigen die Isodosenlinien der wichtigsten Strahlendosen in der Umgebung des KfK. Die γ -Submersionsdosis (Abb. 7/21), die β -Submersionsdosis (Abb. 7/22) und die Ganzkörperdosis (Abb. 7/23) sind jeweils unter der Annahme des ständigen Aufenthaltes eines gegenüber der Strahlung ungeschützten Menschen am jeweiligen Aufpunkt errechnet. Zur Berechnung der Schilddrüsen-Ingestionsdosis (Abb. 7/24) muß - entsprechend einer Empfehlung des BMI - angenommen werden, daß am jeweiligen Aufpunkt Milchwirtschaft mit Kühen betrieben und die erzeugte Milch unvermischt kurze Zeit nach der Produktion zur Ernährung eines Kleinkindes verwendet wird, auch wenn sich an diesem Ort keine Weide, sondern z. B. Wald befindet. In ähnlicher Weise wird zur Errechnung der Sr-90- und C-14-Ingestionsdosis (Abb. 7/25) angenommen, daß am betreffenden Aufpunkt Gemüse angebaut und von einer Person in einer der umliegenden Ortschaften verzehrt wird. Die Strahlendosen in den umliegenden Ortschaften sowie die jeweiligen Maxima der einzelnen Strahlenbelastungen sind in Tab. 7/10 enthalten.

Die direkte Ganzkörperdosis (Summe der γ -Submersions- und der Inhalationsdosis) erreicht 74 $\mu\text{Sv/a}$, die Schilddrüsendosis eines Kleinkindes durch Jod-Ingestion 145 $\mu\text{Sv/a}$, jeweils am Zaun des KfK. Damit werden die beiden Grenzwerte von 300 $\mu\text{Sv/a}$ Ganzkörperdosis sowie 900 $\mu\text{Sv/a}$ Schilddrüsendosis durch Jod-Ingestion unterschritten. In beiden Fällen handelt es sich um fiktive Dosen, da sich an diesen Stellen nicht ständig eine Person aufhält bzw. keine Milchwirtschaft betrieben wird.

Auch unter Berücksichtigung der übrigen Ingestionspfade werden die genannten Dosisgrenzwerte nicht überschritten: Dazu wird zu der höchsten tatsächlich zu erwartenden direkten Ganzkörperdosis (in Leopoldshafen sind $(8,1 + 2,1) \mu\text{Sv/a} = 10,2 \mu\text{Sv/a}$ zu erwarten) die höchste in der Umgebung zu erwartende Ganzkörper-Ingestionsdosis addiert. Konservativerweise wird dafür das fiktive Dosismaximum (104 $\mu\text{Sv/a}$) gewählt. Die gesuchte Ganzkörperdosis unter Berücksichtigung der Ingestionspfade ist daher in Leopoldshafen (ungünstigster Ort) kleiner als 114,2 $\mu\text{Sv/a}$. Die mittlere γ -Submersionsdosis (Ganzkörperdosis) der Bevölkerung in der Umgebung des KfK beträgt

$$\bar{D} = \frac{\sum_i P_i D_i}{\sum_i P_i} = \begin{array}{l} 4,5 \mu\text{Sv im Umkreis von 3 km,} \\ 0,48 \mu\text{Sv im Umkreis von 20 km.} \end{array}$$

Hier ist P_i die Einwohnerzahl und D_i die errechnete γ -Ganzkörperdosis des Ortes i .

7.8.3 Strahlenbelastung auf Grund der mit der Abluft der WAK im Jahre 1981 abgeleiteten Aktivität

Es wurde die Strahlenbelastung der Umgebung des KfK durch die mit der Abluft der WAK abgeleitete Aktivität im Jahre 1981 berechnet. Diese gesonderte Berechnung wird von der Genehmigungsbehörde gefordert. Auf Grund der monatlichen Emissionen und monatlichen meteorologischen Statistiken des Jahres 1981 wurden die Monats- und Jahresbelastungen bestimmt.



Abb. 7/21: Ganzkörperdosis durch externe Gammastrahlung, Prognose 1983

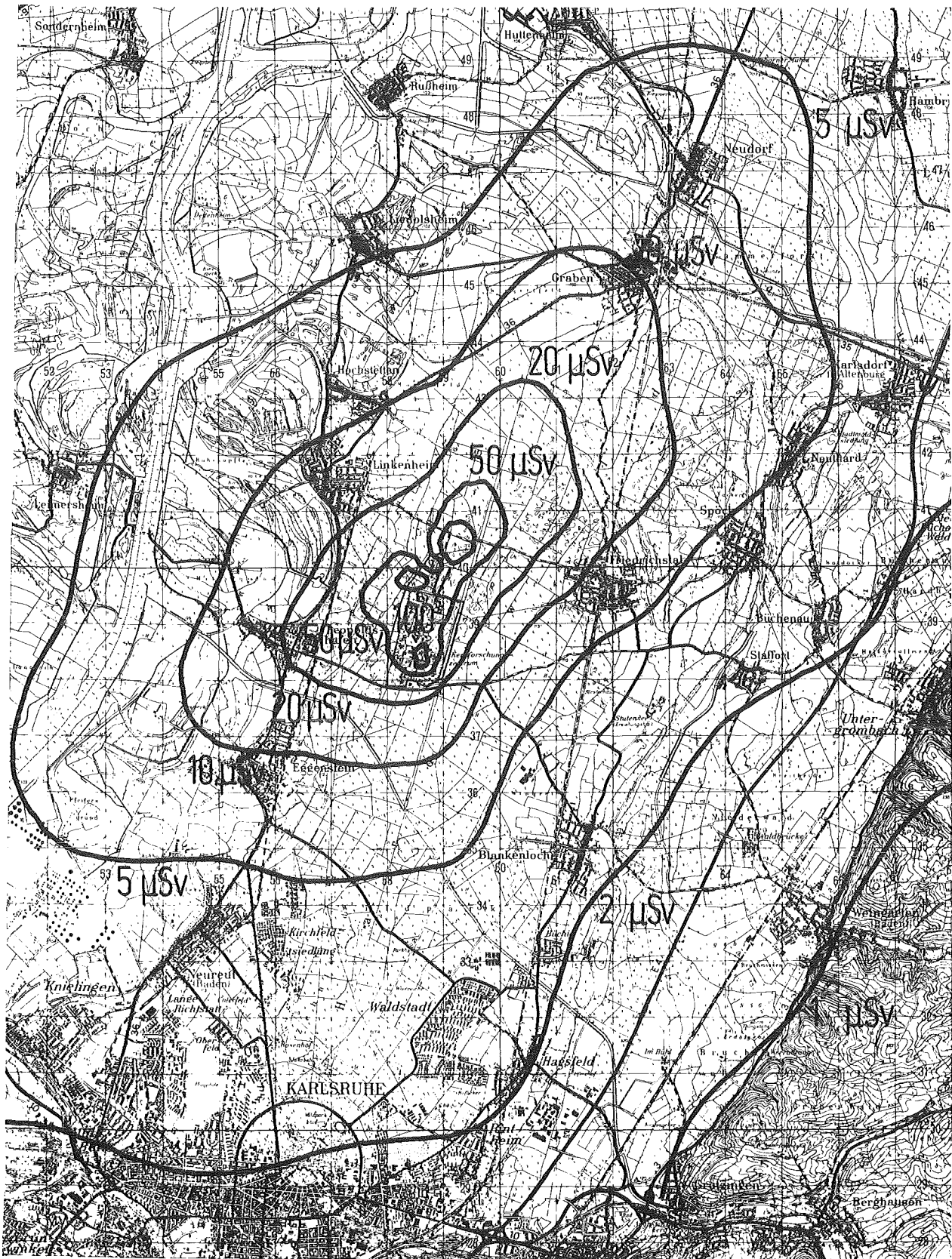


Abb. 7/22: Hautdosis durch externe Betastrahlung, Prognose 1983

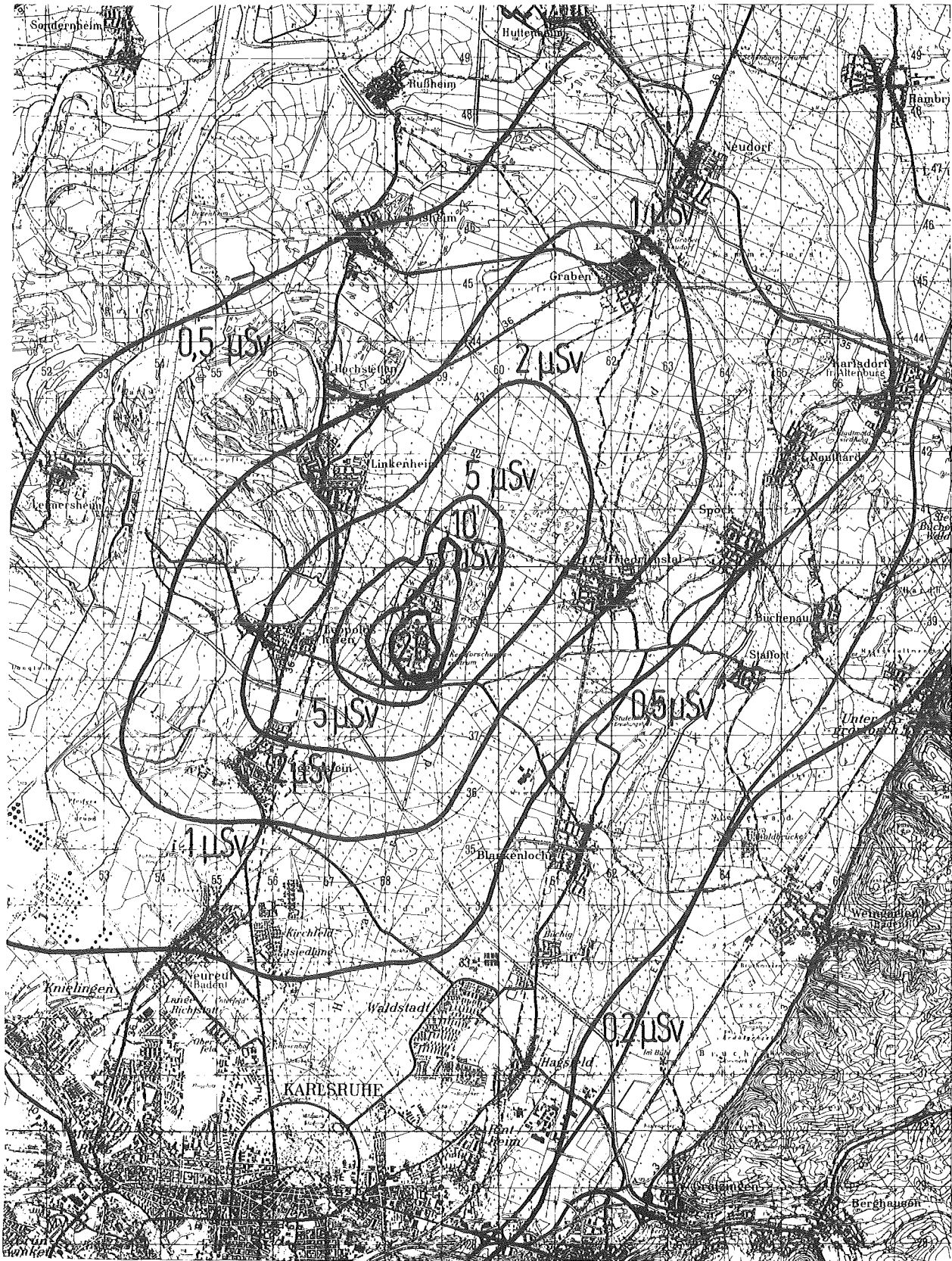


Abb. 7/23: Ganzkörperdosis durch Inhalation von H-3, C-14, Pu-241 und Nuklidgruppe B, Prognose 1983

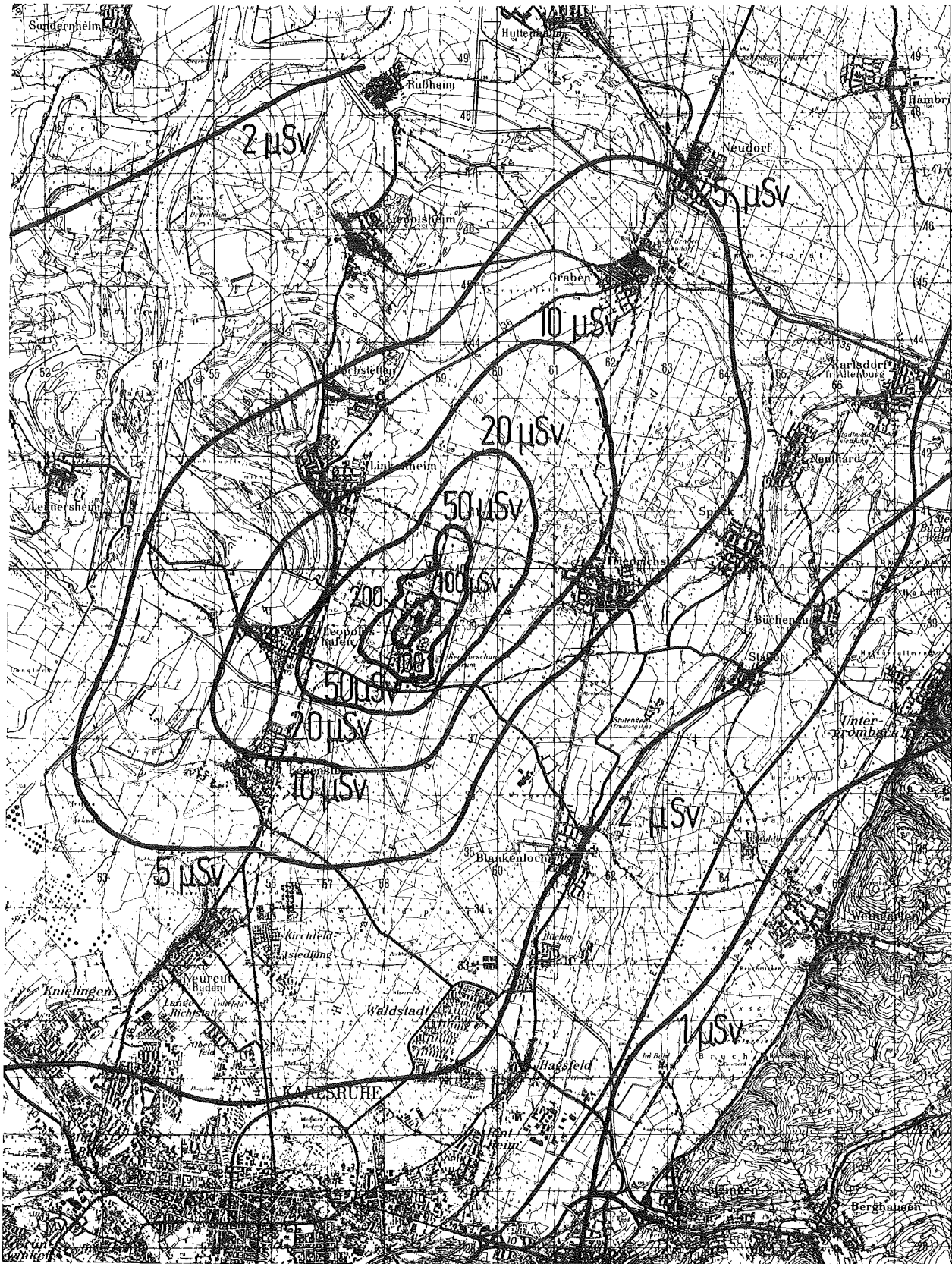


Abb. 7/25: Ganzkörperdosis durch C-14- und Sr-90-Ingestion, Prognose 1983

| Belastungspfad Körperteil/Organ Aktivität | Submersion | | Inhalation | | | Ingestion | | |
|---|-------------|-------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------|------------|----------|-------------|
| | Ganzkörper | Haut | Lunge | Ganzkörper | Knochen* | Ganzkörper | Knochen* | Schilddrüse |
| | γ-Aktivität | β-Aktivität | Gruppe A+B, Pu-241 | H-3,C-14, Pu-241, Gruppe B | Gruppe A+B, Pu-241 | C-14,Sr-90 | Sr-90 | Jod |
| | μSv | μSv | μSv | μSv | μSv | μSv | μSv | μSv |
| O r t | | | | | | | | |
| Graben | 2,1 | 10,0 | 1,6 | 1,1 | 32 | 6,8 | 65 | 8,2 |
| Neudorf | 1,5 | 7,1 | 1,1 | 0,9 | 23 | 5,0 | 47 | 6,0 |
| Friedrichstal | 3,9 | 7,2 | 1,3 | 1,1 | 27 | 6,6 | 63 | 8,9 |
| Spöck | 0,8 | 3,9 | 0,7 | 0,6 | 15 | 3,5 | 33 | 4,6 |
| Neuthard | 1,5 | 5,4 | 1,0 | 0,8 | 19 | 4,4 | 41 | 5,4 |
| Karlsdorf | 1,0 | 4,1 | 0,7 | 0,6 | 14 | 3,2 | 30 | 3,8 |
| Staffort | 0,8 | 2,4 | 0,5 | 0,4 | 9 | 2,2 | 21 | 2,8 |
| Blankenloch | 0,7 | 2,5 | 0,5 | 0,4 | 9 | 2,1 | 20 | 2,7 |
| Hagsfeld | 0,6 | 2,1 | 0,4 | 0,3 | 7 | 1,7 | 16 | 2,0 |
| Karlsruhe-Markt | 0,4 | 1,9 | 0,4 | 0,3 | 7 | 1,6 | 15 | 2,0 |
| Neureut | 0,8 | 3,7 | 0,7 | 0,6 | 14 | 3,3 | 31 | 4,2 |
| Eggenstein | 5,8 | 8,6 | 1,7 | 1,5 | 35 | 8,7 | 82 | 11,9 |
| Leopoldshafen | 8,1 | 17,4 | 2,8 | 2,1 | 57 | 12,5 | 118 | 16,0 |
| Linkenheim | 3,5 | 14,1 | 2,1 | 1,4 | 43 | 8,9 | 85 | 10,9 |
| Hochstetten | 1,7 | 8,9 | 1,4 | 1,0 | 28 | 5,9 | 56 | 7,2 |
| Liedolsheim | 0,9 | 4,8 | 0,8 | 0,6 | 15 | 3,3 | 30 | 3,9 |
| Rußheim | 0,6 | 3,1 | 0,5 | 0,4 | 10 | 2,2 | 21 | 2,6 |
| Leimersheim | 1,0 | 4,5 | 0,8 | 0,6 | 15 | 3,4 | 32 | 4,2 |
| Altes Nordtor | 60 | 96 | 21 | 14 | 416 | 104 | 1009 | 129 |
| Nordtor | 26 | 172 | 21 | 12 | 429 | 76 | 728 | 81 |
| Südtor | 13 | 38 | 7 | 13 | 136 | 49 | 479 | 108 |
| Zaun NO vom FR-2 | 30 | 43 | 12 | 11 | 237 | 65 | 625 | 94 |
| Zaun SW vom FR-2 | 21 | 40 | 8 | 11 | 153 | 46 | 434 | 122 |
| Maximale Dosis außerhalb des KfK | 60 | 183 | 22 | 15 | 454 | 104 | 1009 | 145 |
| Koordinaten des Dosismaximums** | | | | | | | | |
| x in m | 200 | 520 | 520 | -565 | 520 | 200 | 200 | -565 |
| y in m | 750 | 1480 | 1480 | 0 | 1480 | 750 | 750 | 0 |

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

Tab. 7/10: Abschätzung der Ortsdosen in der Umgebung des KfK auf der Basis des Abluftplanes 1983 (Stand 07.12.1982)

| Belastungspfad Körperteil/Organ Aktivität | Submersion | Lunge | Inhalation | | Ingestion | | |
|---|-------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------|------------|----------|-------------|
| | Haut | | Ganzkörper | Knochen* | Ganzkörper | Knochen* | Schilddrüse |
| | β-Aktivität | Gruppe A+B, Pu-241 | H-3,C-14, Gruppe B, Pu-241 | Gruppe A+B, Pu-241 | C-14,Sr-90 | Sr-90 | Jod |
| maximale Dosis außerhalb des KfK in μSv | - | 0,6 | 0,05 | 9 | 0,2 | 2 | 4 |
| Koordinaten des Dosismaximums | | | | | | | |
| x in m | 520 | 520 | 520 | 520 | 520 | 520 | 520 |
| y in m | 1480 | 1480 | 1480 | 1480 | 1480 | 1480 | 1480 |

*Bei den Knochendosen handelt es sich um die über 50 Jahre integrierten Folgedosen

Tab. 7/11: Maximale Ortsdosen durch die mit der Abluft der WAK im Jahre 1981 abgeleitete Radioaktivität

Die Emissionen sind in KfK 3272, Tab. 5/2, zusammengestellt. Bei der Ganzkörperdosis durch Inhalation von H-3 wurde die Hautatmung mitberücksichtigt. Tab. 7/11 enthält die so errechneten maximalen Ortsdosen. Koordinatenursprung ist der FR-2-Kamin, x ist die West-Ost-, y die Süd-Nord-Richtung. Die Berechnung der Strahlenbelastung durch äußere β -Strahlung (Hautdosis) konnte für das Jahr 1981 entfallen, da von der WAK 1981 kein Kr-85 emittiert wurde (s. KfK 3272, Tab. 5/2).

7.8.4 Strahlenbelastung nach einem angenommenen Störfall in der WAK

Für den Sicherheitsbericht der LAVA (Lagerungs- und Verdampfungsanlage) wurde die zu erwartende Strahlenbelastung in der Umgebung der WAK für folgende vier vorgegebene Störfall-szenarien abgeschätzt:

- Flugzeugabsturz auf die Bedienungsgalerie,
- Flugzeugabsturz auf den Waste-Kanal,
- Leckage des Lagerbehälters für das Destillat des 1-Waste-Verdampfers,
- Red-Oil-Explosion im 4-Waste-Verdampfer.

In allen Fällen waren die errechneten Maximaldosen deutlich kleiner als die nach StrlSchV § 28 Absatz 3 zugelassenen Grenzwerte.

8. Bibliographie, Beratertätigkeit
- 8.1 Veröffentlichungen 1982
- [1] Aldrich, D., Alpert, D., Blond, R., Burkart, K., Vogt, S., Edlund, O., Kaiser, G., Kaul, D., Kelly, G., Manesse, M., Stoute, J., Tveten, U.
International standard problem for consequence modeling: results.
Proc. of the ANS/ENS Topical Meeting on Probabilistic Risk Assessment, Port Chester, N.Y., September 20-24, 1981. La Grange Park: ANS 1982, Vol. II, S. 778-87
- [2] Bacci, P., Carboni, G., de Bortoli, M., Gaglione, P., Thomas, P., Vogt, S.
Atmospheric diffusion experiments performed in October 1980 at the Turbigo ENEL power plant.
EUR-8334 EN (1982)
- [3] Bayer, A., Burkart, K., Ehrhardt, J., Hübschmann, W., Schückler, M., Vogt, S., Jacobi, W., Paretzke, H.G., Trott, K.R., Hofer, E., Krzykacz, B.
The German risk study: accident consequence model and results of the study.
Nuclear Technology, 59 (1982) S. 20-50
- [4] Berger, H.-U.
Gedanken zur Nachweisgrenze aktivitätsmessender Geräte.
16. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, München, 19.-22. Oktober 1982
- [5] Beyer, D., Dilger, H., Schieferdecker, H.
Inkorporationsüberwachung durch Ausscheidungsanalysen.
16. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, München, 19.-22. Oktober 1982
- [6] Burgkhardt, B., Duftschmid, K.E., Kirchhoff, K., Regulla, D.F., Ritzenhoff, K., Wernli, Ch.
Praktische Erfahrungen mit automatischen TLD-Systemen.
16. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, München, 19.-22. Oktober 1982
- [7] Burgkhardt, B., Nolte, G., Schollmeier, W., Rau, G.
Einsatz von Mikrocomputern, Tisch- und Prozeßrechnern im Strahlenschutz.
16. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, München, 19.-22. Oktober 1982
- [8] Burgkhardt, B., Piesch, E.
Estimation of the build up of zero dose reading in ^6LiF thermoluminescence dosimeters due to neutron produced tritium.
Radiation Protection Dosimetry, 2 (1982) S. 105-07
- [9] Burgkhardt, B., Piesch, E.
A computer assisted evaluation technique for albedo thermoluminescence dosimeters.
Radiation Protection Dosimetry, 2 (1982) S. 221-30
- [10] Dilger, H.
Vorschlag für Änderungen der Richtlinie "Berechnungsgrundlage für die Ermittlung der Körperdosis bei innerer Strahlenexposition".
KfK-3259B (Januar 1982)
- [11] Doerfel, H.R.
Long term study of the ^{137}Cs body burden from radioactive fallout.
Radiation Protection Dosimetry, 1 (1981) S. 265-70

- [12] Doerfel, H.R.
Inkorporationsüberwachung durch Direktmessung der Körperaktivität im kerntechnischen Arbeitsbereich.
16. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, München, 19.-22. Oktober 1982
- [13] Drosselmeyer, E.
Biologische Wirkungen von Radium.
KfK-3462 (Dezember 1982)
- [14] Hassib, G.M., Burgkhardt, B., Piesch, E.
Albedodosimeterkapselung.
DE-OS 31 20 373 (16.12.1982)
- [15] Hassib, G.M., Piesch, E.
Dosimeter zum Nachweisen von Radon und/oder Thoron und deren Folgeprodukten.
DE-PS 29 26 491 (14.01.1982)
EPA 80102962.0 (07.01.1981)
- [16] Hiller, J., Holleuffer-Kypke, R. von, Hübschmann, W., Nester, K., Schüttelkopf, H., Thomas, P., Vogt, S.
Untersuchung der atmosphärischen Ausbreitung nuklearer Schadstoffe im Nah- und Fernbereich.
In: Projekt Nukleare Sicherheit. Jahresbericht 1981.
KfK-3250 (Juni 1982) S. 4800/12-4800/23
- [17] Hübschmann, W.
Radiologische Auswirkungen kerntechnischer Anlagen auf Mensch und Umwelt.
Bericht über die Strahlenschutztagung vom 30.09. bis 02.10.1981 in Lausanne.
Atomwirtschaft-Atomtechnik, 27 (1982) S. 178-79
- [18] Hübschmann, W.
Belastungspfad Abluft - eine Übersicht über theoretische und experimentelle Forschungsarbeiten unter besonderer Würdigung der in der KFA Jülich durchgeführten Untersuchungen.
Vortrag, Kolloquium der KFA Jülich, 02.12.1982, KFA Jülich
- [19] Hübschmann, W., Thomas, P., Vogt, S.
Tetron flights as a tool in atmospheric meso-scale transport investigations.
13th Internat. Technical Meeting on Air Pollution Modeling and its Application, Ile des Embiez, F, September 13-17, 1982
- [20] Hübschmann, W., Vogt, S.
Problems raising by the results of the German reactor risk study.
Proc. of the 3rd Internat. Symp. "Radiological Protection - Advances in Theory and Practice," held at Inverness, GB, June 6-11, 1982. Berkeley: Society for Radiological Protection, 1982, Vol. 1, S. 227-32
- [21] Hübschmann, W., Vogt, S., Wittek, P., Bayer, A., Burkart, K., Ehrhardt, J.
Untersuchung der radiologischen Folgen von Reaktorunfällen unter probabilistischen Gesichtspunkten.
In: Projekt Nukleare Sicherheit. Jahresbericht 1981.
KfK-3250 (Juni 1982) S. 4800/30-4800/37
- [22] Kiefer, H.
Prüfung und Bewertung radioaktiver Stoffe.
Vortrag, Seminar "Technologie und Recht", Heidelberg, 18.-19. März 1982

- [23] Kiefer, H.
Der Strahlenunfall aus naturwissenschaftlicher Sicht.
Arbeitsmedizinisches Kolloquium des Hauptverbandes der Gewerblichen Berufsgenossenschaften e. V., Ulm, 29. April 1982
- [24] Kiefer, H., Koelzer, W.
Hauptabteilung Sicherheit des Kernforschungszentrums Karlsruhe.
Achema-Jahrbuch 1980/82. Bd. 1: Forschung und Lehre des Chemie-Ingenieur-Wesens in Europa.
Frankfurt a. M.: Dechema 1981, S. 411-14
- [25] Kiefer, H., Koelzer, W., König, L.A. (Hrsg.).
Jahresbericht 1981 der Hauptabteilung Sicherheit.
KfK-3272 (März 1982)
- [26] Kiefer, H., Pilgenröther, A., Spang, A.
Aktuelle Probleme des Strahlenschutzrechts aus der Sicht der Betroffenen.
Jahrestagung Kerntechnik 82. Reaktortagung 1982, Mannheim, 4.-6. Mai 1982.
Atomwirtschaft-Atomtechnik, 27 (1982) S. 512-15
- [27] Kiefer, H., Reinhardt, B., Röber, H.G., Ugi, S.
Anwendung des Pulse-shape-Verfahrens bei Meßgeräten mit Großflächenproportionalzählrohren zur einwandfreien Trennung und gleichzeitigen Anzeige der α - und β -Impulsrate.
16. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, München, 19.-22. Oktober 1982
- [28] Kiefer, H., Röber, H.G., Reinhardt, B.
Verfahren und Schaltungsanordnung zum Diskriminieren von durch Alpha- und Beta-Strahler erzeugten Impulsen.
EPA 0 063 624 (03.11.1982)
- [29] Koelzer, W.
Die Sicherheit von Kernkraftwerken.
Wirtschaftsschutz und Sicherheitstechnik (1982) No. 6, S. 224-33. Sicherheitsreport, 7 (1982) No. 2, S. 5-8
- [30] Koelzer, W.
Accident consequence model of the German risk study, nuclear power plants.
Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Rio de Janeiro, BR, 13. Mai 1982
- [31] Koelzer, W.
Results of the accident consequence model of the German risk study, nuclear power plants.
Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Rio de Janeiro, BR, 17. Mai 1982
- [32] Koelzer, W.
Emergency planning for nuclear power plants in the Federal Republic of Germany.
Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Rio de Janeiro, BR, 18. Mai 1982
- [33] Koelzer, W.
Analysis of radiation exposure of occupationally exposed personnel in the Federal Republic of Germany.
Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Rio de Janeiro, BR, 20. Mai 1982
- [34] Koelzer, W.
Radioactivity emissions from light water reactor nuclear power stations in the Federal Republic of Germany. Survey and experience accumulated during 20 years.
Internat. Conf. on Nuclear Power Experience, Wien, A, September 13-17, 1982
IAEA-CN-42/134

- [35] König, L.A.
Environmental problems resulting from handling large amounts of tritium.
European Seminar on the Risks of Tritium Exposure, Mol, B, November 22-24, 1982
- [36] König, L.A.
Tritium in Nahrungsmitteln und Trinkwasser.
Vortrag, Biophysikalisches Kolloquium, Universität Hannover, 13.12.1982
- [37] König, L.A., Langguth, K.G., Papadopoulos, D., Strack, S.
Tritium in Nahrungsmitteln und Trinkwasser.
AGF-Tagung "Schadstoffe in Nahrungsketten", Bonn, 4.-5. November 1982
- [38] König, L.A., Langguth, K.G., Papadopoulos, D.
Transfer of tritium discharged with the liquid effluent in the environment of the
Karlsruhe Nuclear Research Center.
Internat. Assizes of Radioecology, Wageningen, NL, June 28-30, 1982.
Annales de l'Association Belge de Radioprotection, 7 (1982), S. 199-212
- [39] Krause, W.J., Wüneke, C.D., Berger, H.U., Rose, E.
Zur Frage der unteren Meßgrenze in der Strahlenmeßtechnik.
16. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, München, 19.-22. Oktober 1982
- [40] Leidner, L., Kiefer, H., Röber, H.G., Reinhardt, B., Ugi, S.
Separation of alpha and beta rays with large area proportional counters by pulse shape
discrimination technique.
Internat. Discussion Meeting on the Use of the Gas Filled Particle Detectors in the In-
dustry, Prag, CS, September 14-15, 1982
- [41] Nester, K.
Numerische Simulation der Überlagerung von Kühlturmfahnen.
Promet - Meteorologische Fortbildung, 11 (1981) No. 2/3, S. 26-29
- [42] Nester, K., Verenkotte, H.
Dynamic interaction of cooling tower and stack plumes.
13th Internat. Technical Meeting on Air Pollution Modeling and its Application, Ile des
Emblez, F, September 13-17, 1982
- [43] Papadopoulos, D., König, L.A., Langguth, K.G.
Tritium contamination of rain water due to tritium release to the atmosphere.
Internat. Assizes of Radioecology, Wageningen, NL, June 28-30, 1982
Annales de l'Association Belge de Radioprotection, 7 (1982) S. 129-46
- [44] Piesch, E., Burgkhardt, B., Venkataraman, G.
A new method for the estimation of neutron fluence, absorbed dose and dose equivalent in
stray neutron fields based on the single sphere albedo technique.
Proc. of the 3rd Internat. Symp. "Radiological Protection - Advances in Theory and Prac-
tice," held at Inverness, GB, June 6-11, 1982. Berkeley: Society for Radiological Pro-
tection, 1982, Vol. 2, S. 444-50
- [45] Piesch, E.
Application of TLD in personnel dosimetry.
In: Oberhofer, M. (Hrsg.): Applied Thermoluminescence Dosimetry: Lect. of a Course, Ispra,
I, November 12-16, 1979. Bristol: Hilger, 1981. Zugl. EUR-6990 EN, S. 167-95

- [46] Piesch, E.
Application of TLD systems for environmental monitoring.
In: Oberhofer, M. (Hrsg.): Applied Thermoluminescence Dosimetry: Lect. of a Course, Ispra, I, November 12-16, 1979. Bristol: Hilger, 1981. Zugl. EUR-6990 EN, S. 197-228
- [47] Piesch, E.
Albedo neutron dosimetry.
International Journal of Applied Radiation and Isotopes, 33 (1982) S. 1061-76
- [48] Piesch, E., Burgkhardt, B.
Measurement of neutron field reference data using a standardized single sphere albedo technique.
9th DOE Workshop on Personnel Neutron Dosimetry, Las Vegas, Nev., June 24-25, 1982
- [49] Piesch, E., Burgkhardt, B.
Die Einkugel-Albedomeßtechnik: Das neue Verfahren zur Neutronenmessung im Streustrahlungsfeld.
16. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, München, 19.-22. Oktober 1982
- [50] Piesch, E., Burgkhardt, B.
Albedoneutronendosimeter zur Personenüberwachung.
16. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, München, 19.-22. Oktober 1982
- [51] Piesch, E., Burgkhardt, B., Hassib, G.M.
A universal albedo neutron dosemeter combined with a track etch detector.
9th DOE Workshop on Personnel Neutron Dosimetry, Las Vegas, Nev., June 24-25, 1982
- [52] Piesch, E., Burgkhardt, B., Venkataraman, G.
Experimental study of standardized fluence and dose data, neutron fluence-to-dose conversion factors and quality factors for the Health Physics Research Reactor using the single sphere albedo technique.
Radiation Protection Dosimetry, 3 (1982) No. 1/2, S. 25
- [53] Piesch, E., Burgkhardt, B., Venkataraman, G.
Study of the phantom distance effect of albedo neutron dosemeters.
Radiation Protection Dosimetry, 3 (1982) No. 1/2, S. 39
- [54] Piesch, E., Hassib, G.M.
Neutronennachweis mit nichtfotografischen Kernspurdetektoren.
16. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, München, 19.-22. Oktober 1982
- [55] Piesch, E., Heinzelmann, M., Lauterbach, U., Ritzenhoff, K., Wernli, Ch.
Messung der Dosis im Strahlenschutz.
16. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, München, 19.-22. Oktober 1982
- [56] Pimpl, M., Schüttelkopf, H.
Die Plutoniumkontamination des Altrheins. Die Plutoniumkontamination als Funktion des Teilchendurchmessers der Sedimente.
KfK-3074 (Mai 1982)
- [57] Pimpl, M., Schüttelkopf, H.
Decontamination of soils by irrigation with solutions containing complexing agents.
Proc. of the 3rd Internat. Symp. "Radiological Protection - Advances in Theory and Practice," held at Inverness, GB, June 6-11, 1982. Berkeley: Society for Radiological Protection, 1982, Vol. 2, S. 722-27

- [58] Pimpl, M., Schüttelkopf, H.
Untersuchung des physikalischen und chemischen Verhaltens von Pu, Am und Cm in der Umwelt.
In: Projekt Nukleare Sicherheit. Jahresbericht 1981.
KfK-3250 (Juni 1982) S. 4800/1-4800/11
- [59] Schmitz, J., Fritsche, R., Gross, G.
Emission von Radionukliden aus den Halden des alten Silber-Kobalt-Erzbergbaus in Wittichen.
Glückauf-Forschungshefte, 43 (1982) S. 145-54
- [60] Schüttelkopf, H.
Die Anwendung der Berechnungsgrundlagen auf natürliche Radionuklide.
48. Seminar "Radioökologie und Strahlenschutz" des Fortbildungszentrums Gesundheits- und
Umweltschutz Berlin e. V., Berlin, 20.-22. Mai 1981
Aurand, K., Gans, I., Rühle, G. (Hrsg.): Radioökologie und Strahlenschutz. Berlin:
Schmidt 1982, S. 223-33
- [61] Schüttelkopf, H.
Die radiologische Belastung der freien Landschaft.
Fachseminar Immissionsbelastungen ländlicher Ökosysteme, Akademie für Naturschutz und
Landschaftspflege, Hohenbrunn, 16.-18. März 1982
- [62] Schüttelkopf, H.
Umweltbelastung durch radioaktive Emissionen einer Wiederaufbereitungsanlage.
Vortrag, Kolloquium "Nukleare Entsorgung durch Bau und Betrieb einer Wiederaufbereitungs-
anlage", Universität Regensburg, 15. März 1982
- [63] Schüttelkopf, H., Kiefer, H.
Die Dosisexposition der Umgebungsbevölkerung durch natürliches und aus einer uranhaltigen
Halde emittiertes Ra-226 und Pb-210. Radioökologische Untersuchungen in Wittichen.
KfK-3282 (März 1982)
- [64] Schüttelkopf, H., Kiefer, H.
Die Dosisbelastung der Umgebungsbevölkerung durch natürliches und aus einer Uranunter-
suchungsgrube emittiertes Ra-226 und Pb-210. Radioökologische Untersuchungen im Raum
Großschloppen.
KfK-3367 (August 1982)
- [65] Schüttelkopf, H., Kiefer, H.
The ^{226}Ra contamination of the Black Forest and the radioecological behavior of radium.
Environmental Migration of Long-lived Radionuclides. Proc. of an Internat. Symp., Knox-
ville, Tenn., July 27-31, 1981. Vienna: IAEA 1982, S. 395-414 (International Atomic
Energy Agency. Proceeding Series, STI/PUB/597). IAEA-SM-257 8P
- [66] Schüttelkopf, H., Pimpl, M.
Radioecological studies on plutonium and iodine-129 in the surroundings of the Karlsruhe
reprocessing plant.
Environmental Migration of Long-lived Radionuclides. Proc. of an Internat. Symp., Knox-
ville, Tenn., July 27-31, 1981. Vienna: IAEA 1982, S. 345-52 (International Atomic
Energy Agency. Proceeding Series, STI/PUB/597). IAEA-SM-257/100
- [67] Schüttelkopf, H., Pimpl, M.
Radioökologische Untersuchungen zum Verhalten der Aktiniden in der Umwelt.
9. Jahreskolloquium des Projekts Nukleare Sicherheit des Kernforschungszentrums Karlsruhe.
Karlsruhe, 25.-26. Oktober 1982.
KfK-3470 (Oktober 1982)

- [68] Schüttelkopf, H., Thomas, P., Vogt, S., de Bortoli, M., Gaglione, P.
Experimental determination of the atmospheric dispersion parameters. Experiment performed July 2nd, 1980 at the Karlsruhe Nuclear Research Center.
EUR-7577 EN (1981)
- [69] Strack, S.
Behaviour of ^3H in the water pool and organic pool of the leaves of a beech tree - first results of a long-term investigation -.
Internat. Assizes of Radioecology, Wageningen, NL, June 28-30, 1982
Annales de l'Association Belge de Radioprotection, 7 (1982) S. 213-27
- [70] Strack, S.
Metabolism of tritium and organic binding in micro-organisms and soil.
European Seminar on the Risks of Tritium Exposure, Mol, B, November 22-24, 1982
- [71] Strack, S.
Radioökologische Untersuchungen über organisch gebundenes Tritium.
KfK-Nachrichten, 14 (1982) S. 278-84
- [72] Strack, S., König, L.A.
Organisch gebundenes Tritium in Pflanzen.
16. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, München, 19.-22. Oktober 1982
- [73] Thomas, P.
Investigation of atmospheric meso-scale transport by radar tracked tetroons.
Vortrag, Gemeinsames Forschungszentrum, Ispra, 18.11.1982
- [74] Türck, D., Ambrosi, P., Böhm, J., Burgkhardt, B., Heinzelmann, M., Piesch, E.
Technische Empfehlungen für Festkörperdosimeter zur Umgebungsüberwachung.
16. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, München, 19.-22. Oktober 1982
- [75] Urban, M., Piesch, E.
Passives Radondosimeter mit Kernspurdetektor.
16. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, München, 19.-22. Oktober 1982
- [76] Vogt, S., Hübschmann, W.
Das Modell der atmosphärischen Ausbreitung und der Ablagerung radioaktiver Stoffe in der Deutschen Risikostudie Kernkraftwerke.
Meteorologische Rundschau, 35 (1982) S. 35-39
- [77] Vogt, S., Thomas, P.
Investigation of meso-scale atmospheric transport by means of radar tracked tetroons during PUKK.
Beiträge zur Physik der Atmosphäre, 55 (1982) S. 409-16
- [78] Vogt, S., Wittek, P.
Untersuchung des Einflusses geänderter Parameter im Teilmodell atmosphärischer Ausbreitung auf die Ergebnisse der Deutschen Risikostudie Kernkraftwerke (DRS).
KfK-3209 (April 1982)
- [79] Winter, M.
Umgebungsüberwachung zwischen Femtocuries und Störfallvorsorge.
16. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, München, 19.-22. Oktober 1982

- [80] Winter, M.
Struktur und Umfang der Umgebungsüberwachungsprogramme entsprechend der "Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen".
FS-78-15-AKU: Redaktion: Winter, M. [u. a.]: Empfehlungen zur Überwachung der Umwelt-radioaktivität, Fachverband für Strahlenschutz, Arbeitskreis Umweltüberwachung, 1979 ff. Loseblatt-Ausgabe, Blatt 2.1.1 (8 S.)
- [81] Winter, M., Schartz, R., Tachlinski, W.
Überwachung der Umweltradioaktivität am Kernforschungszentrum Karlsruhe im Jahre 1980. KfK-3227B (April 1982)

8.2 Beratertätigkeit

"Notfallschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen", Ausschuß bei der Strahlenschutzkommission, BMI (Koelzer)

"Radioökologie", Ausschuß bei der Strahlenschutzkommission, BMI (Nester, Winter)

"Beförderung radioaktiver Stoffe", Arbeitsgruppe des Ausschusses Strahlenschutztechnik bei der Strahlenschutzkommission, BMI (Kiefer)

"Atmosphärische Ausbreitung", Arbeitsgruppe des Ausschusses Radioökologie, BMI (Nester)

"Sedimentforschung", ad hoc-Arbeitsgruppe des Ausschusses Radioökologie, BMI (Winter)

"Umgebungsüberwachung bei Endlagern für radioaktive Abfälle", ad hoc-Arbeitsgruppe des Ausschusses Radioökologie, BMI (Winter)

"Radioaktive Mineralien", ad hoc-Arbeitsgruppe des Ausschusses Strahlenschutztechnik bei der Strahlenschutzkommission, BMI (Kiefer, Schmitz)

"Radon in Wohnräumen", ad hoc-Arbeitsgruppe des Ausschusses Strahlenschutztechnik bei der Strahlenschutzkommission, BMI (Kiefer, Urban)

"Beratergruppe der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Unfällen", BMI (Hübschmann, Kiefer, Koelzer)

"Strahlenschutz im Uranerz- und anderem Bergbau", Arbeitskreis des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr Baden-Württemberg (Kiefer, Schmitz)

"Beirat des Normenausschusses Kerntechnik", Deutsches Institut für Normung, DIN (Kiefer)

"Oberflächendekontaminationsverfahren", Normenausschuß Kerntechnik des DIN (Berger)

"Radioaktivitätsüberwachung der Luft", Normenausschuß Kerntechnik des DIN (Berger, Hübschmann)

"Sicherheitsanforderungen an die Aufbewahrung radioaktiver Stoffe", Normenausschuß Kerntechnik des DIN (Roock)

"Umgebungsüberwachung", Normenausschuß Kerntechnik des DIN (Piesch)

"Umschlossene Strahler", Normenausschuß Kerntechnik des DIN (Doerfel)

"Dosimetrie", Normenausschuß Radiologie des DIN (Piesch)

"Meteorologische Instrumentierung von Kernkraftwerken", KTA 1508 (Thomas)

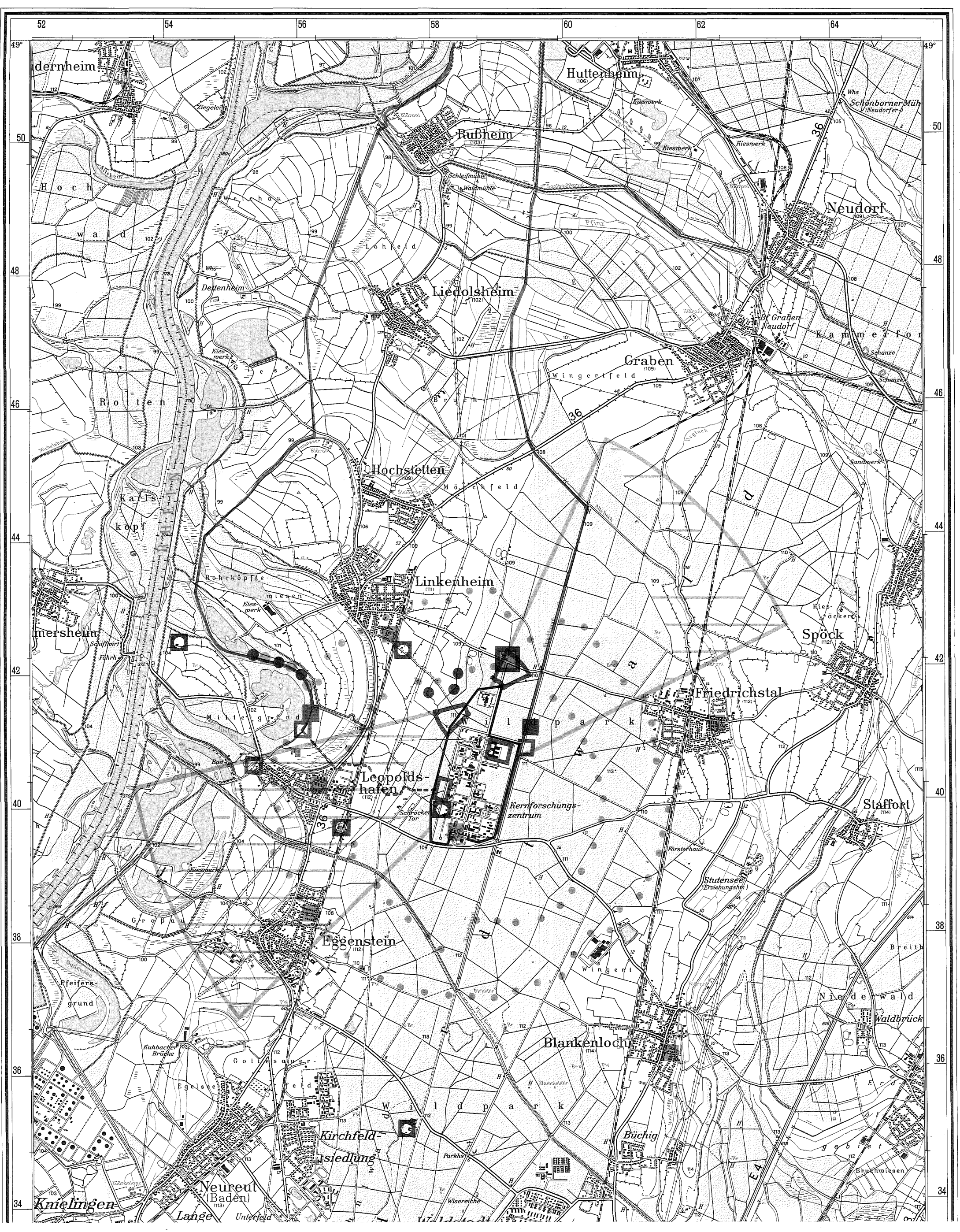
"Messung gasförmiger, aerosolgebundener und flüssiger radioaktiver Stoffe zur Überwachung der Ableitungen bei Forschungsreaktoren", KTA-Arbeitsgremium zur Regelerstellung KTA 1507 (König)

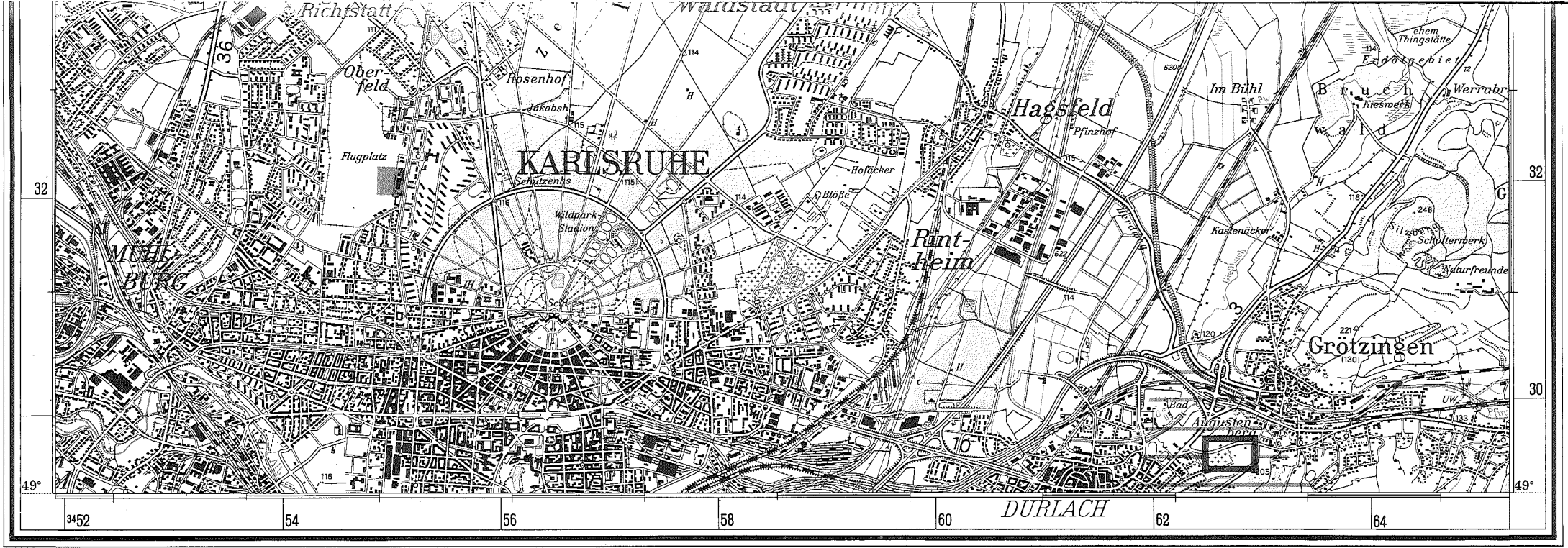
"Messen meteorologischer Daten", Ausschuß der VDI-Kommission "Reinhaltung der Luft" (von Holleuffer-Kypke)

"Ausbreitung von Kühlturmmissionen", Arbeitsgruppe des VDI (Nester)

"Grundlagen des Transportes und der turbulenten Diffusion", VDI-Ausschuß (Nester)

- "Gaußsche Ausbreitungsmodelle", VDI-Ausschuß (Nester)
- "Arbeitsplatzüberwachung", Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz (Berger)
- "Dosismessung externer Strahlung", Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz (Burgkhardt, Piesch)
- "Inkorporationsüberwachung", Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz (Doerfel)
- "Strahlenschutz an Leistungs- und Forschungsreaktoren", Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz (Berger)
- "Umweltüberwachung", Arbeitskreis des Fachverbandes für Strahlenschutz (Winter)
- "Nachweisgrenzen", ad hoc-Ausschuß des Arbeitskreises Umweltüberwachung des Fachverbandes für Strahlenschutz (Berger)
- "Personendosimetrie", Sachverständigenausschuß der Direktion Gesundheitsschutz, Euratom (Piesch)
- "Messung von Pu und U in der Lunge", Arbeitsgruppe der Direktion Gesundheitsschutz, Euratom (Doerfel)
- "Strahlenschutzmedizin", Beirat des Instituts für Strahlenschutz des Hauptverbandes der Berufsgenossenschaften (Kiefer)
- "Arbeitssicherheit", Arbeitskreis des Landesverbandes Südwestdeutschland der gewerblichen Berufsgenossenschaften (Windbühl)
- "Informationskreis Kernenergie", Deutsches Atomforum (Koelzer)
- "Öffentlichkeitsarbeit und Presse", Deutsches Atomforum (Koelzer)
- "Arbeitsgruppe Schriften", Deutsches Atomforum (Koelzer)
- "Geheimchutz in der Wirtschaft - Personeller Geheimchutz", Landesstelle für Betriebsschutz, Stuttgart (Wolf)
- "Strahlenschutz bei der Erzaufbereitung", Arbeitsausschuß des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr Baden-Württemberg (Schmitz)
- "OECD/IAEA Working Group on Long Term Aspects of Uranium Mill Tailings" (Schmitz)
- "Durchfluß und Menge", Gemeinschaftsausschuß der Gesellschaft für Meß- und Regeltechnik (Schmitz)
- "Fachliche Berater der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen", Regierungspräsidium Karlsruhe (König, Thomas, Winter)





Legende

Bearbeitungsstand November 1981

1:50000 (2cm der Karte=1km der Natur)
 Meter 1000 500 0 1 2 3 4 5 Kilometer
 Schritte 1000 500 0

Ausschnitt aus der topographischen Karte L 6916, Karlsruhe-Nord; mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Baden-Württemberg

- | | | | | |
|-----------------------|---------------------------|---|---|------------------------------|
| Zählrohr Außenstation | Trinkwasser (Wasserwerke) | Seston und kontinuierliche Probenahme von Oberflächenwasser | Vorflutkanal der Abwässer des KfK zum Altrhein | Boden |
| Festkörperdosimeter | Grundwasser (Brunnen) | Schlamm | Verlauf der als Vorfluter dienenden Oberflächengewässer | Landwirtschaftliche Produkte |
| Aerosole | Oberflächenwasser | Fisch und Wasserpflanzen | | Hauptwindrichtungs-sektoren |

Lageplan der Meß- und Probenahmestellen zur Umgebungsüberwachung des Kernforschungszentrums Karlsruhe