

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM**

**KARLSRUHE**

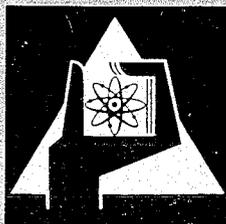
Oktober 1968

KFK 886

Medizinische Abteilung

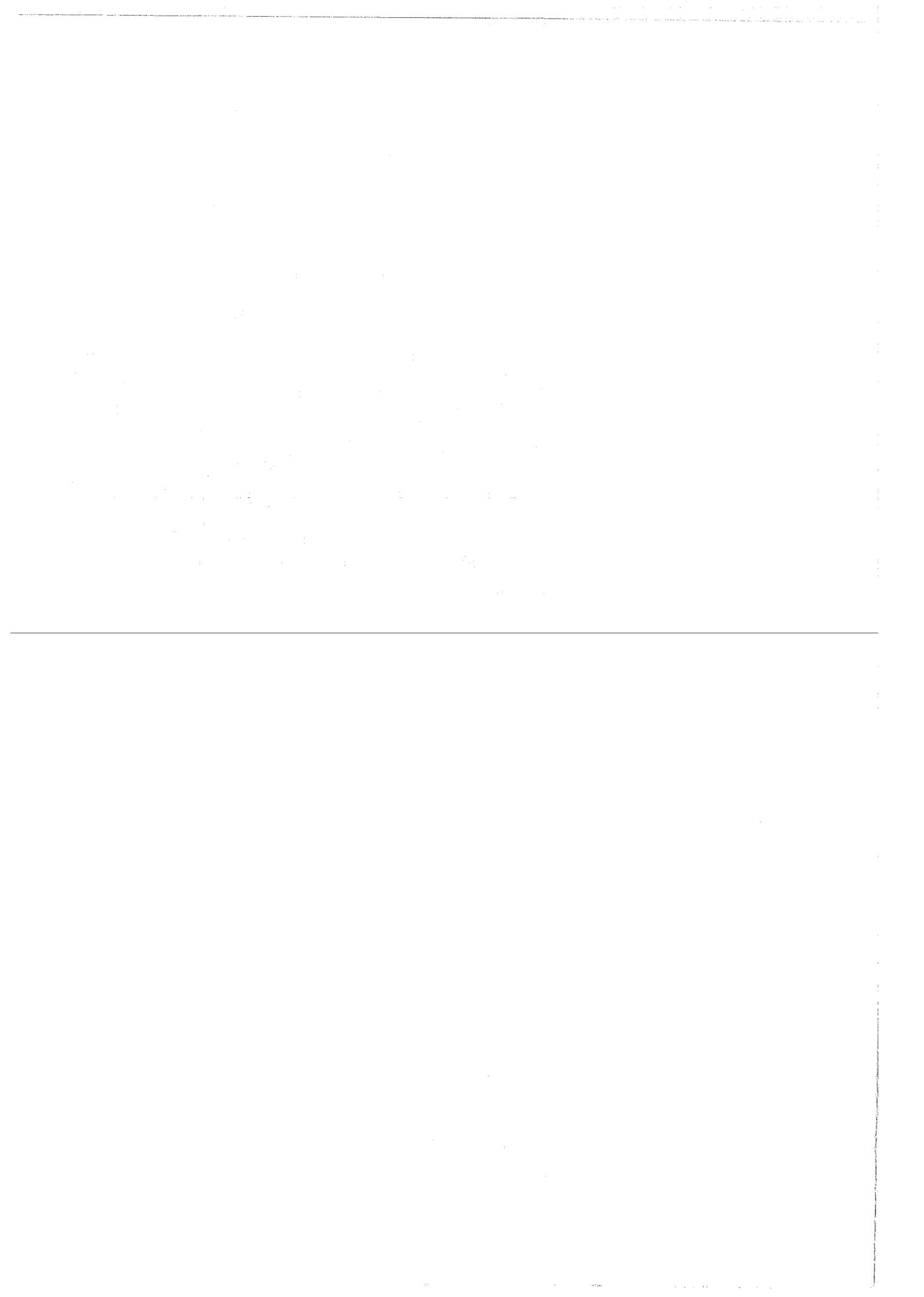
Sieben Jahre ärztliche Strahlenschutz-Untersuchungen

G. Möhrle



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.

KARLSRUHE



**S O N D E R D R U C K**

Aus der Medizinischen Abteilung des Kernforschungszentrums Karlsruhe  
Dr. med. Günther Möhrle:

**Sieben Jahre ärztliche Strahlenschutz-Untersuchungen**

Durch die zunehmende Verwendung von Röntgenstrahlen und radioaktiven Isotopen in Industrie, Medizin und Forschung gewinnt auch die ärztliche Überwachung des strahlengefährdeten Personenkreises immer mehr an Bedeutung. Der Verfasser entwickelt aufgrund seiner langjährigen Erfahrungen als Strahlenschutzarzt seine eigenen Ansichten über eine wirksame ärztliche Kontrolle zur Vermeidung chronischer Strahlenschäden.

Ausgehend von den Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP Publikation 1) wurden im Februar 1959 von der Europäischen Atomgemeinschaft „Richtlinien zur Festlegung der Grundnormen für den Gesundheitsschutz der Bevölkerung und der Arbeitskräfte gegen die Gefahren ionisierender Strahlen“ (EURATOM-Grundnormen) veröffentlicht, die für alle EURATOM-Mitgliedsstaaten bindend waren. In Erfüllung dieser Verpflichtung erließ die Bundesregierung im Dezember 1959 das „Gesetz über die friedliche Anwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren“ (Atomgesetz). Im § 12 Absatz 1 Nr. 4 wird die Bundesregierung ermächtigt, zu bestimmen, „daß und in welchem Umfange Personen, die sich in strahlengefährdeten Betrieben aufhalten oder aufgehalten haben, verpflichtet sind, sich Messungen zur Bestimmung der Strahlendosen an ihrem Körper, ärztlicher Untersuchung und, soweit zum Schutze anderer Personen oder der Allgemeinheit erforderlich, ärztlicher Behandlung zu unterziehen und daß die Untersuchung oder die Behandlung durch besonders ermächtigte Ärzte vorzunehmen ist“. Der Absatz 2 dieses § 12 schränkt gleichzeitig das Grundrecht auf körperliche Unversehrtheit nach Maßgabe des eben zitierten Satzes ein. Aufgrund dieser Ermächtigung wurde die „Erste Verordnung über den Schutz vor Schäden durch radioaktive Stoffe“ (1. SSVÖ) im Juni 1960 erlassen. In ihr wird die ärztliche Überwachung beruflich strahlenexponierter Personen, das heißt, des Personenkreises, der mit radioaktiven Stoffen umgeht oder sich aufgrund seiner Tätigkeit gewöhnlich in Kontrollbereichen aufhält und dabei eine höhere Dosis als 1,5 rem/Jahr erhalten kann, in den §§ 46 bis 52 behandelt. Der zu diesen Untersuchungen ermächtigte Arzt wird von der nach jeweiligem Landesrecht zuständigen Behörde ernannt.

Die 1. SSVÖ bestimmt, daß alle Beschäftigten, die mit ionisierenden Strahlen umgehen, jeweils innerhalb 8 Wochen vor Aufnahme ihrer Tätigkeit und jeweils vor Ablauf von 6 Monaten erneut von einem ermächtigten Arzt untersucht werden müssen. Erst wenn ärztlicherseits keine gesundheitlichen Bedenken bestehen, darf die entsprechende Tätigkeit begonnen bzw. fortgesetzt werden. Neben einem generellen Tätigkeitsverbot für Jugendliche unter 18 Jahren sowie für schwangere oder stillende Frauen muß der ermächtigte Arzt aufgrund seiner speziellen Sachkenntnis und der Gege-

benheiten des jeweiligen Arbeitsplatzes entscheiden, ob gesundheitliche Bedenken gegen eine Tätigkeit erhoben werden müssen oder nicht.

In einem Merkblatt über die ärztliche Überwachung (5), herausgegeben vom zuständigen Bundesministerium, sind Richtlinien aufgestellt worden, nach denen diese Untersuchungen unter Wahrung der eigenen ärztlichen Verantwortung durchgeführt werden sollen. Neben einer sehr gründlichen Familien- und Eigenanamnese ist eine Berufsanamnese zu erheben, welche die bisherige Tätigkeit des zu Untersuchenden in Röntgen- oder sonstigen Strahlenbetrieben erfassen soll, ferner auch Untersuchungen und Behandlungen mit ionisierenden Strahlen und Belastungen durch die bisherige konventionelle Berufsarbeit. Die Erstuntersuchung soll den Zustand und die Funktion des gesamten Körpers umfassen. In Ergänzung der ärztlichen Untersuchungen sind folgende Laboruntersuchungen sowohl bei Erst- als auch Nachuntersuchungen vorgeschrieben: 1. Kompletter Blutstatus (Hb, Ery, Leuko, Differentialausstrich), 2. Zählung der Thrombocyten, 3. Urinuntersuchung auf Eiweiß und Zucker sowie des Sediments, 4. Aufnahme des Fingerreliefs bei makroskopischen Veränderungen an den Fingerkuppen.

An Hand der Erfahrungen bei über 14.000 Strahlenschutzuntersuchungen, die von 1961 bis 1967 von der Medizinischen Abteilung des Kernforschungszentrums Karlsruhe durchgeführt wurden, soll versucht werden, die gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse im einzelnen darzustellen und zusammenfassend zu werten.

Der im Rahmen des Karlsruher Kernforschungszentrums überwachte Personenkreis umfaßt praktisch einen repräsentativen Querschnitt aller Anwendungsgebiete mit ionisierenden Strahlen in Forschung und Technik, von der experimentellen Kernphysik und Radiochemie über Forschungs- und Leistungsreaktoren, Teilchenbeschleuniger, Isotopenherstellung bis zur Plutoniumverarbeitung und Behandlung bzw. Beseitigung radioaktiver Abfälle.

Die Art und das Ausmaß der Tätigkeit an einem bestimmten Arbeitsplatz sind entscheidende Faktoren bei der Frage der gesundheitlichen Voraussetzungen für einen Umgang mit radioaktiven Stoffen und ionisierenden Strahlen. Es ist für den untersuchenden Arzt unerlässlich, zu wissen, wo und wie der zu Untersuchende eingesetzt werden soll. Nicht die in der Strahlenschutz-

verordnung maximal zulässigen Dosen allein dürfen für die Einschätzung des gesundheitlichen Strahlenrisikos entscheidend sein, sondern es muß auch zumindest die Möglichkeit einer kleineren technischen Störung des Betriebsablaufs oder, und das ist leider die häufigste Ursache überhaupt, die Möglichkeit menschlicher Unzulänglichkeit im Rahmen des betreffenden Arbeitsplatzes mit berücksichtigt werden. Ferner ist es von grundsätzlicher Bedeutung, zu wissen, ob der Betreffende ausschließlich mit offenen radioaktiven Stoffen beschäftigt ist oder nur die Möglichkeit externer Strahlenbelastung besteht. Die Erfahrungen bei den bisherigen Strahlenschutz-Überwachungsuntersuchungen haben gezeigt, daß z. B. die Möglichkeit einer äußeren Kontamination oder einer Inkorporation andere gesundheitliche Bedenken in den Vordergrund treten läßt, als bei einer reinen Strahlenbelastung.

So bedingen zum Beispiel lokalisierte akute und chronische Ekzeme oder etwa eine Psoriasis gesundheitliche Bedenken gegen den Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen, nicht jedoch gegen eine sonstige Tätigkeit in Kontrollbereichen, bei der eine Kontaminationsmöglichkeit nicht besteht. — Ähnliches gilt bezüglich der Inkorporationsgefahr z. B. für verschiedene Nierenerkrankungen, bei denen die Ausscheidung eventuell absorbierter Radionuklide beeinträchtigt werden kann. Zusätzlich muß hier durch die gegebenenfalls erforderliche therapeutische Anwendung von Komplexbildnern noch mit einer weiteren Nierenbelastung gerechnet werden. — Auch bei verschiedenen Erkrankungen der Atmungsorgane können gegen den Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen wegen der erkrankungsbedingten schlechteren Ventilationsverhältnisse in der Lunge weit eher Bedenken bestehen als bei einem Umgang mit umschlossenen radioaktiven Stoffen oder bei einem reinen Strahlungsrisiko.

Aufgrund dieser vorwiegend arbeitsplatzbedingten Verhältnisse soll man unterscheiden zwischen den ausschließlich gegen den Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen bestehenden gesundheitlichen Bedenken und den generellen Bedenken gegen einen Umgang mit radioaktiven Stoffen und ionisierenden Strahlen. Diese Trennung hat sich vielfach bewährt, sie ist jedoch nicht an allen Arbeitsplätzen durchführbar. An einem Reaktor z. B., wo man zunächst überwiegend an eine reine Strahlenbelastung denken würde, kann es bei Reparatur- und Wartungsarbeiten am Primärkreislauf durch aktivierte Korrosionsprodukte, durch kreislaufspezifische Bestandteile wie Tritium oder Gase, z. B. Argon, oder durch ein defektes Brennelement zu einer zum Teil nicht unerheblichen Kontaminations- und Inkorporationsgefahr kommen. Das gleiche gilt auch für die Fehlbedienung eines Strahlrohrexperimentes infolge menschlichen Versagens oder für das Arbeiten in einem sogenannten Rohrpostlabor, in dem z. B. durch Bruch einer bestrahlten Glasampulle Aktivität freigesetzt werden kann.

Alle diese Gesichtspunkte bezüglich des Arbeitsplatzes sollen und müssen bei den Strahlenschutz-Erstuntersuchungen oder besser schon bei den Einstellungsuntersuchungen berücksichtigt werden. Spätere innerbetriebliche Schwierigkeiten bei erfolgter nachträglicher Sperrung des Beschäftigten können dadurch vermieden werden. Bei dieser arbeitsplatzbedingten Betrachtungsweise ist es aber erforderlich, daß zwischen dem ermächtigten Arzt und dem Arbeitgeber bzw. dem Strahlenschutzverant-

wortlichen ein enger Kontakt besteht. Jeder beabsichtigte Wechsel von dem ursprünglich vorgesehenen Arbeitsplatz muß dem Strahlenschutzarzt unverzüglich mitgeteilt werden, um ihm gegebenenfalls eine Neuüberprüfung der ärztlichen Stellungnahme zu ermöglichen.

Ein weiterer zusätzlicher Gesichtspunkt, der als indirekter Hinderungsgrund für den beruflichen Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen und ionisierenden Strahlen eine Rolle spielen kann, sind gesundheitliche Bedenken gegen das Tragen von Atemschutzanzügen (Preßluftanzüge). Das Tragen dieser Atemschutzanzüge kann bei verschiedenen Tätigkeiten innerhalb von Kontrollbereichen unerlässlich sein. Die eventuellen gesundheitlichen Bedenken gegen das Arbeiten in diesen Schutzanzügen sind rein konventionell arbeitsmedizinischer Art; es ist deshalb wichtig, daß der untersuchende Arzt die vorhandenen Atemschutzanzüge und Atemgeräte kennt. Werden jedoch diese Gesichtspunkte nicht schon bei der Erstuntersuchung mit berücksichtigt, so kann es vorkommen, daß inzwischen ausgebildetes Personal später gesperrt werden muß. Dies ist jedoch betrieblich nicht tragbar.

Zur Frage der praktischen Bedeutung hämatologischer Untersuchungen und ihrer Verwertbarkeit bei der Überwachung von Arbeitskräften haben Lambin (6) und Spaander (9) ausführlich Stellung genommen. Infolge des Unvermögens, signifikante Blutveränderungen schon im Bereich der maximal zulässigen Strahlendosen feststellen zu können, überwiegen heute die physikalischen und radiochemischen Meßmethoden, die es schon ermöglichen, Strahlendosen anzuzeigen, die den natürlichen Strahlungspegel nur wenig überschreiten. Die traditionelle Stellung der hämatologischen Untersuchungen in der Erkennung einer Strahlenexposition ist dadurch zwangsläufig in den Hintergrund getreten. In den meisten Fällen werden routinemäßig durchgeführte physikalische und radiochemische Strahlenmeß- bzw. -nachweismethoden weit eher eine Strahlenexposition erkennen lassen, als die hämatologischen Untersuchungen. Ein gutes Zusammenwirken von physikalischer, radiochemischer und ärztlicher Überwachung stellt deshalb die optimale Strahlenschutzüberwachung dar.

Wenn man sich jedoch mit den mehr oder minder effektvollen Routine-Blutuntersuchungen verordnungsgemäß weiterhin beschäftigen muß, soll man wenigstens die Möglichkeit einer Vergleichbarkeit und Reproduzierbarkeit nutzen.

Abgesehen von der wohl selbstverständlichen Standardisierung und methodischen Selbstkontrolle in seinem eigenen Labor ist es für den ermächtigten Arzt erforderlich, zu wissen, wie zum Beispiel der vorherige Überwachungsarzt das Hämoglobin bestimmt hat, ob nach der inzwischen wohl allgemein üblichen Cyanhämoglobinmethode photometrisch oder mit dem Hämometer nach Sahli. Die Genauigkeit der Erythrocyten- und Leucocyten-Bestimmung ist je nach der angewandten Methode verschieden, je nachdem, ob sie im Mikroskop oder mit automatischen Zählgeräten durchgeführt wurde, wobei es bei letzterem zusätzlich noch auf den Gerätetyp ankommt. Die gleiche methodische Frage gilt auch für die sowieso umstrittene routinemäßige Thrombocytenzählung. Es wäre deshalb sehr zu begrüßen, wenn generell die Methodik der einzelnen Laboruntersuchungen auf dem jeweiligen Laborblatt mit angeführt würde.

Eine statistische Auswertung der in der Zeit vom 1. Jänner 1961 bis 31. Dezember 1967 insgesamt durchgeführten 14.155 Strahlenschutz-Überwachungsuntersuchungen von 2.938 Personen ergibt, daß bei diesem Personenkreis in 208 Fällen (= 7,1 %) gesundheitliche Bedenken erhoben wurden. Die tabellarische Zusammenstellung der bisher erhobenen gesundheitlichen Bedenken, nach Krankheitsgruppen geordnet, soll einen detaillierteren Überblick ermöglichen.

	Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen	generelle Bedenken	insgesamt
1. Erkrankungen der Atmungsorgane	6	8	14
2. Lungentuberkulose	8	24	32
3. Herzkrankheiten	—	11	11
4. Bluterkrankungen	—	6	6
5. Nierenerkrankungen	4	6	10
6. Nerven- und Gemütsleiden	1	13	14
7. Hauterkrankungen	52	4	56
8. Ohrenerkrankungen	13	—	13
9. Verschiedenes	—	6	6
10. Schwangerschaft	—	46	46
Gesundheitliche Bedenken insgesamt:	84	124	208

Tab. 1

Gesundheitliche Bedenken gemäß § 46 der 1. SSVO in der Zeit vom 1. Jänner 1961 bis 31. Dezember 1967

Ergänzend zu diesen Angaben erscheint die Tatsache interessant, daß unter Außerachtlassung der 46 Schwangerschaften die Gesamtzahl der gesundheitlichen Bedenken nur 5,6 % betrug. Von diesen verbleibenden 162 gesundheitlichen Bedenken wurden 113 (= 3,9 %) bei den Erstuntersuchungen festgestellt, während bei den 11.217 Nachuntersuchungen der 2938 Personen lediglich 49 gesundheitliche Bedenken (= 1,7 %) vorübergehend oder von Dauer erhoben werden mußten.

Nachstehende Tabelle zeigt eine Aufschlüsselung der einzelnen Krankheitsgruppen und bringt einen Überblick über alle bisherigen Diagnosen, die aus medizinischen oder arbeitsplatzbedingten Gründen vorübergehend oder auf Dauer bezüglich des Umgangs mit offenen radioaktiven Stoffen oder einer Tätigkeit in Kontrollbereichen zu gesundheitlichen Bedenken Anlaß gegeben haben.

1. Erkrankungen der Atmungsorgane

- 2× Morbus Boeck
- 1× Bronchiektasien
- 4× Emphysebronchitis
- 7× Bronchialasthma

2. Lungentuberkulose

- 2× Frische, akute Lungentbc.
- 30× Inaktive, produkt.-cirrh. Lungentbc.

3. Herzkrankheiten

- 6× Hypertonie (> 210/110)
- 1× Herzinsuffizienz
- 1× Vorhofseptumdefekt, Myocarditis
- 1× Pulmonalstenose
- 1× Herzinfarkt, Diabetes, Gefäßsklerose
- 1× Cerebrale Durchblutungsstörungen, Gefäßsklerose

4. Bluterkrankungen

- 1× Haemophilie A
- 5× Anaemie (Hb < 10,5 g%)

5. Nierenerkrankungen

- 5× Zustand nach Nephrektomie (3× Tbc, 2× Sackniere)
- 1× Zustand nach Nierentbc. + Hodentbc. bds.
- 1× Recidiv. Nierenblutungen, alte Lungentbc. Hypertonie
- 2× Chronische Nephritis
- 1× Chronische Pyelitis

6. Nerven- und Gemütsleiden

- 4× Anfallsleiden
- 1× Endogene Depression
- 5× Hochgradige vegetative Dystonie
- 4× Deutliche neurologische Ausfallerscheinungen

7. Hauterkrankungen

- 22× Psoriasis
- 19× Chron. Hautekzem (vorwiegend Hände)
- 15× Akutes Ekzem (vorwiegend Hände)

8. Ohrenerkrankungen

- 13× Trommelfellperforation

9. Verschiedenes

- 2× Schwerer Diabetes mellitus (1× mit Lebercirrhose)
- 1× Hochgradige fortschreitende Myopie
- 1× Recidiv. Knochentbc.
- 2× Lokale Strahlenschäden der Haut

Tab. 2

Bei den in den Jahren 1961 bis 1967 durchgeführten 11.217 Nachuntersuchungen wurden lediglich 49mal (= 0,5 %) gesundheitliche Bedenken erhoben. Stellt man dem gegenüber, daß z. B. im Jahr 1966 im gesamten Überwachungsbereich bei 1726 ganzjährig überwachten Personen nur 30 (= 1,7 %) eine Strahlendosis von mehr als 1 rem/Jahr erhalten haben, so ergibt sich zwangsläufig die Frage, inwieweit eine halbjährliche ärztliche Routineüberwachung auch weiterhin zweckmäßig erscheint.

Im Abschnitt 121 der ICRP-Publikation 9 wird mit Recht an der Erstuntersuchung und auch an den Nachuntersuchungen festgehalten, wobei jedoch deren Häufigkeit im wesentlichen vom allgemeinen Gesundheitszustand der betreffenden Person und den Arbeitsbedingungen abhängig gemacht wird. Nur bei Beschäftigten, deren Bestrahlung  $\frac{3}{10}$  der höchstzulässigen Dosis, also 1,5 rem/Jahr überschreitet, werden häufigere und genauere Untersuchungen als notwendig erachtet.

Hier zeichnet sich eine sinnvolle und begrüßenswerte Entwicklung ab. Versucht man auf Grund der bisherigen Erfahrungen zu einem Diskussionsvorschlag zu kommen, so würde er etwa wie folgt aussehen:

1. Generell muß innerhalb von 8 Wochen vor Aufnahme einer Tätigkeit in Kontrollbereichen oder des Umgangs mit radioaktiven Stoffen eine eingehende ärztliche Untersuchung erfolgen.

2. Werden  $\frac{3}{10}$  der maximal zulässigen Jahresdosis pro Jahr nicht überschritten, reichen Nachuntersuchungen in 2-jährigem Abstand aus.
3. Wird in einem Jahr  $\frac{3}{10}$  der maximalen Dosis überschritten, erfolgt für diese Zeitspanne jeweils eine jährliche Untersuchung.
4. Bei Überschreiten der maximal zulässigen Jahresdosis wird zunächst in halbjährlichem Abstand untersucht, bis es ärztlicherseits vertretbar erscheint, die betroffene Person wieder in größeren Abständen zu überwachen.

Wenn die Dosis oder die Aufnahme von radioaktivem Material infolge außergewöhnlicher Bestrahlung den doppelten Wert der maximal zulässigen Jahresgrenze überschreitet, das heißt größer als 10 rem ist, muß in Anlehnung an den Abschnitt 102 der ICRP-Publikation 9 die Situation von kompetenter ärztlicher Stelle überprüft werden. Der Beschäftigte kann jedoch unter Umständen weiterhin Routinearbeiten durchführen, wenn dem vom ärztlichen Standpunkt nichts entgegensteht und seine bisherigen Strahlendosen, seine Gesundheit, sein Alter und seine besonderen Fähigkeiten sowie seine sozialen und wirtschaftlichen Verpflichtungen genügend berücksichtigt sind.

Diese Konzeption geht von einer den tatsächlichen Verhältnissen entsprechenden ärztlichen Überwachung aus. Dies bedingt aber das reibungslose Zusammenspiel aller an der Strahlenschutzüberwachung beteiligten Instanzen. Es muß als selbstverständlich vorausgesetzt werden, daß die Dosimetrie nach den neuesten Erkenntnissen exakt und laufend durchgeführt wird. Das gleiche gilt für die Inkorporationsüberwachung. Die optimale Ausnutzung der für die Inkorporationsüberwachung gegebenen Möglichkeiten bei allen denjenigen, die mit offenen radioaktiven Stoffen in Berührung kommen, läßt überhaupt erst die Erkennung einer Aufnahme kleinster Mengen von Radionukliden in den Körper zu einem möglichst frühen Zeitpunkt zu. Damit ist die Inkorporationsüberwachung gleichzeitig auf diesem Gebiet die überlegene gesundheitliche Überwachung.

Die sich bei der Inkorporationsüberwachung bietenden Möglichkeiten seien hier nur vom Grundsätzlichen her kurz angeführt. Inkorporierte Radionuklide lassen sich entweder durch Direktmessung oder durch indirekte Methoden im Körpergewebe nachweisen. Bei Gamma-Strahlern mit genügender Energie und bei hochenergetischen Beta-Strahlern, deren Anteile an Bremsstrahlen noch zu einer Messung ausreicht, ist die In-Vivo-Messung mit einem Body Counter die Methode der Wahl. Bei allen mit offenen radioaktiven Stoffen umgehenden Personen sollten diese Untersuchungen nach Möglichkeit routinemäßig halbjährlich durchgeführt und jeder Nachweis einer noch so geringen Inkorporation dem untersuchenden Arzt unverzüglich mitgeteilt werden.

Weit schwieriger ist die routinemäßige Überwachung beim Umgang mit Alpha-Strahlern, wie Uran, Plutonium usw., und einer Reihe von Beta-Strahlern, wie z. B. Tritium, Kohlenstoff-14, die keine oder nur eine kaum mehr meßbare Gamma-Strahlung aussenden und deshalb der direkten In-Vivo-Messung nicht zugänglich sind. Hier ist nur die indirekte Methode der Ausscheidungsanalyse zur Abschätzung der maximal zulässigen Körperbelastung möglich. Bei den Ausscheidungsmessungen muß jedoch die Ausscheidungsrate, das heißt der pro

Zeiteinheit ausgeschiedene Bruchteil der im Körper vorhandenen Aktivität, sowie deren Zeitabhängigkeit (Ausscheidungsfunktion), bekannt sein. Für die Routineüberwachung wird normalerweise Urin verwendet, während Faeces und eventuelle Ausatemluft nur bei Zwischenfällen von Interesse sind. Entsprechend den Aktivitätsmengen und der Toxizität der Radionuklide, mit denen an einem Arbeitsplatz umgegangen wird, sollen Ausscheidungsanalysen und -messungen bei allen in Frage kommenden Radionukliden in regelmäßigen monatlichen, viertel- oder halbjährlichen Abständen, gegebenenfalls auch nach jedem speziellen Arbeitseinsatz, durchgeführt werden. Dabei ist es, abgesehen von Tritium, in fast allen Fällen erforderlich, den gesamten 24-h-Urin zu verarbeiten.

Werden Dosimetrie und Inkorporationsüberwachung routinemäßig und in regelmäßigen Abständen durchgeführt und findet sich weder eine externe Strahlenbelastung noch eine Inkorporation, so erübrigt sich auch eine halbjährliche ärztliche Untersuchung aus Strahlenschutzgründen. Findet sich jedoch eine, wenn auch geringe Strahlenbelastung oder eine Inkorporation, so sollte es dem untersuchenden Strahlenschutzarzt überlassen bleiben, welche weiteren Maßnahmen er zur Abgrenzung bzw. Feststellung einer eventuellen gesundheitlichen Schädigung für notwendig erachtet. Dies kann bei einer externen Strahlenbelastung gegebenenfalls eine in kürzeren Zeitabständen durchzuführende hämatologische Untersuchung oder im Fall einer Inkorporation eine wiederholt durchzuführende Body Counter-Überwachung oder die häufigere Vornahme von Ausscheidungsanalysen sein. Dieses Eingehen auf die tatsächlichen Gegebenheiten erscheint wesentlich sinnvoller, als die den Vorschriften genügende, aber nicht sonderlich effektvolle routinemäßig halbjährliche ärztliche Untersuchung.

Diese wünschenswerte individuelle Anpassung der Strahlenschutzüberwachung an die Verhältnisse und Gegebenheiten des Arbeitsplatzes kann relativ einfach sein, wenn nur mit einzelnen bestimmten Radionukliden oder einer bekannten Strahlenquelle umgegangen wird. Sehr viel komplexer wird das Bild, wenn die verschiedensten Anwendungsmöglichkeiten ionisierender Strahlen sich in einem Arbeitsbereich überschneiden. Es ist dann die Aufgabe des Strahlenschutzarztes, gemeinsam mit dem Strahlenschutzphysiker und dem Radiotoxikologen und im Einvernehmen mit dem Strahlenschutzverantwortlichen zu beurteilen, welche Methoden der Früherkennung zur Beurteilung einer eventuellen akuten oder chronischen Strahlenexposition zweckdienlich einzusetzen sind. Dies erfordert aber auch von dem Strahlenschutzarzt eine weitgehende Kenntnis der Möglichkeiten und Grenzen der verschiedenen Überwachungsmethoden und Erfahrungen bezüglich deren Verwertbarkeit bei der Frage der Beurteilung eventueller biologischer Auswirkungen.

In diesem Zusammenhang soll abschließend noch darauf hingewiesen werden, daß die Meßergebnisse der externen Strahlenbelastung nicht getrennt von den inkorporierten Radionukliden betrachtet werden dürfen, sondern daß sie bei der Gesamtdosisberechnung berücksichtigt werden müssen. Dazu ist es erforderlich, daß die vorliegenden Ergebnisse in  $\mu\text{Ci}$  oder % der Body Burden mindestens einmal jährlich und bei gegebenem Anlaß auch notfalls unmittelbar in rem umgerechnet werden. Für die langlebigen knochensuchenden Radionuklide

zum Beispiel schlägt die ICRP in ihrer Publikation 6 in Ergänzung des § 86 der ICRP Publikation 2 vor, daß die abgeschätzte Körperbelastung, soweit sie die Hälfte der maximal zulässigen Körperbelastung erreicht hat, zu einer Herabsetzung der maximal zulässigen äußeren Strahlenbelastung von 1,5 rem/Jahr führen sollte. Wenn die maximal zulässige Körperbelastung dagegen erreicht ist, soll keinerlei externe Bestrahlung mehr zulässig sein. Beim Plutonium z. B. bleibt infolge der sehr langen biologischen Halbwertszeit von 200 Jahren die Körperbelastung, bezogen auf das Lebensalter, nahezu konstant. Dies bedeutet aber, daß die betroffene Person, sobald sie die maximal zulässige Körperbelastung erreicht hat, nicht mehr beruflich strahlenexponiert arbeiten darf. Die frühzeitige Erkennung schon kleiner Inkorporationen von Plutonium durch Ausscheidungsanalysen und die laufende Überwachung sind in diesem Fall die einzige Möglichkeit einer gesundheitlichen Überwachung des Beschäftigten.

Aufgrund dieser Überlegungen läßt sich deutlich erkennen, daß die ärztlichen Strahlenschutzuntersuchungen nur einen Teil der gesundheitlichen Überwachung der beruflich strahlenexponierten Personen darstellen. Allein das Zusammenwirken der physikalischen und radiochemischen Strahlennachweismethoden in sinnvoller Ergän-

zung der ärztlichen Untersuchungen ergeben eine optimale gesundheitliche Überwachung.

#### Literaturverzeichnis:

- (1) ICRP Publikation 1, Pergamon Press (1959).
- (2) ICRP Publikation 2, Pergamon Press (1959).
- (3) ICRP Publikation 6, Pergamon Press (1964).
- (4) ICRP Publikation 9, Pergamon Press (1966).
- (5) „Ärztliche Überwachung von Beschäftigten in Strahlenbetrieben“, Schriftenreihe des Bundesministeriums für Wissenschaftliche Forschung — I Strahlenschutz, Heft 24, Verlag Gersbach, München (1963).
- (6) Lambin P.: „Die praktische Bedeutung hämatologischer Untersuchungen für die Überwachung strahlengefährdeter Personen“, Strahlenschutz in Forschung und Praxis, Bd. 4, S. 95, Verlag Rombach, Freiburg (1964).
- (7) Möhrle G.: „Erfahrungen bei der Überwachung als ermächtigter Strahlenschutzarzt“, Atomstrahlung in Medizin und Technik, S. 158, Verlag K. Thiemeig, München (1964).
- (8) Möhrle G.: „Die gesundheitliche Überwachung strahlenexponierter Personen am Kernforschungszentrum Karlsruhe“, Strahlenschutz in Forschung und Praxis, Bd. 7, S. 287, Verlag Rombach, Freiburg (1967).
- (9) Spaander J.: „Zur Frage der Verwertung von Blutuntersuchungen bei der Überwachung von Arbeitskräften“, Strahlenschutz in Forschung und Praxis, Bd. 4, S. 111, Verlag Rombach, Freiburg (1964).

Anschrift des Verfassers:

Dr. G. Möhrle  
Medizinische Abteilung  
Gesellschaft für Kernforschung m. b. H.  
75 Karlsruhe, Postfach 3640