

Bund zur Unterstützung Radarstrahlengeschädigter
Deutschland e.V.

Unterschätzte Gesundheitsgefahren durch Radioaktivität am Beispiel der Radarsoldaten

Walter Mämpel
Sebastian Pflugbeil
Robert Schmitz
Inge Schmitz-Feuerhake

Bonn, August 2015

Vorwort

Im März 2011 hatte der Bund zur Unterstützung Radarstrahlengeschädigter Deutschland e.V. (BzUR) einen Bericht mit dem Titel „Gesundheitsgefahren durch Radium in Leuchtfarben bei der Bundeswehr“ von Mämpel und Schmitz-Feuerhake veröffentlicht. Seitdem haben sich neue Erkenntnisse zur Dosimetrie beim Umgang mit Radiumfarben ergeben, die Überarbeitungen und Ergänzungen erforderlich machen.

Die Bundeswehr hat unterschiedliche Verfahren und Kriterien bezüglich geeigneter Ersatzdosisbestimmungen für die Arbeitsplätze aus zeitlich weit zurückliegenden Epochen angewandt, die zunehmend zu einer groben Unterschätzung der tatsächlichen Gesundheitsrisiken in den Anerkennungsverfahren führten. Dieser Report enthält daher ausführliche Kritiken der zu Grunde liegenden Annahmen.

Außerdem werden in den Anerkennungsverfahren die neuen Erkenntnisse der letzten Jahrzehnte über Strahlenschäden bei niedriger Dosis nicht angemessen oder gar nicht berücksichtigt. Wie andere beruflich strahlenexponierte Personen leiden die ehemaligen Radarsoldaten an zahlreichen Erkrankungen, die erst in den letzten 15 Jahren als die möglichen Folgen von radioaktiven Strahlen erkannt wurden.

Daher berichten wir in dem erweiterten medizinischen Teil über den gegenwärtigen Wissensstand zu den nicht-malignen strahlenbedingten Erkrankungen. Da dieser auch für andere exponierte Personengruppen von Interesse ist, haben wir dem Bericht einen anderen Titel gegeben.

Wir halten es für wichtig, außerdem darauf hinzuweisen, dass beim Auftreten mehrerer strahleninduzierbarer Krankheiten bei einer einzelnen Person – wie es bei den chronischen Expositionen häufiger vorkommt – die Ursachenabwägung anders und neuartig erfolgen muss, als dies für eine einzelne Erkrankung geschieht.

Nicht nur die Exponierten selbst, sondern auch deren Nachkommen können durch die Strahlenexpositionen der Eltern oder der Väter geschädigt worden sein. Die früheren Angaben aus dem Bericht von 2011 werden mit den neuen vorliegenden Erkenntnissen aus der wissenschaftlichen Literatur ergänzt.

Die Beschäftigten an Radaranlagen der Bundeswehr und der Nationalen Volksarmee der DDR wiederum waren besonders auch in den frühen Jahrzehnten vielfach den Radarstrahlen der Sender ausgesetzt. Dies wird bislang nur berücksichtigt, wenn Expositionen bei Leistungsdichten vorlagen, die Temperaturerhöhungen im Gewebe verursachen. Inzwischen liegen zahlreiche Befunde über Gesundheitsschäden durch hochfrequente elektromagnetische Felder im nicht-thermischen Leistungsbereich vor. Durch diese können die beobachteten Beschwerden oftmals auch erklärt werden oder durch ein Zusammenwirken mit der ionisierenden Strahlung. Daher haben wir Angaben aus der Literatur zu diesem Themenkomplex ebenfalls aufgeführt.

Die Autoren

INHALTSVERZEICHNIS

| | |
|--|-----------|
| VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN | 6 |
| VERZEICHNIS DER TABELLEN | 6 |
| KURZFASSUNG | 8 |
| EINLEITUNG..... | 13 |
| 1 DAS RADIOAKTIVE ELEMENT RADIUM..... | 15 |
| 2 DER RADIUMGEHALT VON LEUCHTFARBEN..... | 17 |
| 3 MÖGLICHKEITEN DER STRAHLENBELASTUNG DURCH RADIUMFARBE AN ARBEITSPLÄTZEN DER RADARSYSTEME | 18 |
| 4 EXTERNE GAMMABESTRAHLUNG DURCH RADIUMFARBEN..... | 19 |
| 4.1 RADIUMFARBE ALS PUNKTSTRAHLER..... | 19 |
| 4.2 ERSATZDOSISBESTIMMUNG NACH EMPFEHLUNG DER RADARKOMMISSION | 22 |
| 4.3 THEORIE UND PRAXIS DER ERSATZDOSISBESTIMMUNG DURCH DIE BUNDESWEHR | 23 |
| 4.3.1 <i>Frontale Flächenquellen (Kompassrose)</i> | 23 |
| 4.3.2 <i>Quellen im Cockpit des Starfighter F-104 G</i> | 29 |
| 5 DOSISBESTIMMUNG BEI INKORPORATION VON RADIUM | 32 |
| 5.1 ORGANDOSEN DURCH INKORPORATION VON RADIUM..... | 32 |
| 5.2 ORGANDOSIS DURCH INKORPORIERTE RADIUMLEUCHTFARBE..... | 34 |
| 5.3 RADONEMISSION DURCH RADIUMLEUCHTFARBE | 34 |
| 5.4 INHALATIONS- DOSIS DURCH RADON | 36 |
| 5.5 HAUTDOSIS DURCH KONTAKT MIT RADIUMFARBEN UND RADON..... | 38 |
| 5.6 ERSATZDOSISBESTIMMUNG FÜR INKORPORIERTES RADIUM DURCH DIE BUNDESWEHR | 41 |
| 5.7 NACHWEIS VON RADIUM MIT DEM GANZKÖRPERZÄHLER | 43 |
| 6 ANNAHMEN ÜBER DIE BIOLOGISCHEN WIRKUNGEN IONISIERENDER STRAHLUNG IM WANDEL DER ERKENNTNISSE | 46 |
| 6.1 STOCHASTISCHE UND DETERMINISTISCHE STRAHLENSCHÄDEN | 46 |
| 6.2 DIE JAPANISCHEN ATOMBOMBENÜBERLEBENDEN ALS REFERENZ FÜR STOCHASTISCHE SCHÄDEN... | 48 |
| 6.3 DAS SCHEMA DER ICRP ZUR QUANTITATIVEN BESCHREIBUNG DES STRAHLENRISIKOS | 50 |
| 6.4 MÖGLICHE SYNERGISMEN VON IONISIERENDER UND HF- STRAHLUNG | 52 |
| 7 BEWERTUNG DES STRAHLENRISIKOS DURCH DIE RADARKOMMISSION | 55 |
| 8 ANERKENNUNG BERUFSBEDINGTER STRAHLENSCHÄDEN NACH BKV | 56 |
| 9 DIE BEDEUTUNG DER BELGISCHEN STUDIE ÜBER GESUNDHEITSFOLGEN BEI RADARSOLDATEN..... | 59 |

| | |
|--|------------|
| 10 DIE VERURSACHENSWAHRSCHEINLICHKEIT BEI MEHRFACHERKRANKUNGEN | 63 |
| 11 SPEZIFISCHE BEFUNDE NACH RADIUM- ODER RADONINKORPORATION | 70 |
| 11.1 KNOCHENTUMORE DURCH RADIUM | 70 |
| 11.2 LUNGENKREBS DURCH RADON | 72 |
| 11.3 LEUKÄMIE UND WEITERE STOCHASTISCHE ERKRANKUNGEN | 72 |
| 12 NACH DEM BERICHT DER RADARKOMMISSION 2003: UNBERÜCKSICHTIGTE UND NEUE ERKENNTNISSE ÜBER SOMATISCHE STRAHLENWIRKUNGEN | 75 |
| 12.1 KREBSERKRANKUNGEN | 75 |
| 12.1.1 Probleme bei der Erfassung von Strahlenspät Schäden | 75 |
| 12.1.2 Non-Hodgkin-Lymphome | 76 |
| 12.1.3 Chronisch lymphatische Leukämie (CLL) | 79 |
| 12.1.4 Prostata | 82 |
| 12.1.5 Rektum (Mastdarm) | 84 |
| 12.1.6 Maligne Melanome | 86 |
| 12.1.7 Multiples Myelom | 90 |
| 12.1.8 Larynx (Kehlkopf) | 93 |
| 12.1.9 Pankreas (Bauchspeicheldrüse) | 96 |
| 12.1.10 Hoden | 97 |
| 12.2 GUTARTIGE TUMORE, INSBESONDERE HIRNTUMORE | 99 |
| 12.3 KATARAKTE (GRAUER STAR) | 105 |
| 12.4 FERTILITÄTSSTÖRUNGEN | 111 |
| 12.5 HERZ-/KREISLAUFERKRANKUNGEN | 115 |
| 12.6 NICHT-MALIGNER ERKRANKUNGEN DES MAGEN-/DARMTRAKTS | 123 |
| 12.7 NICHT-MALIGNER ERKRANKUNGEN DES ATEMTRAKTS | 124 |
| 12.8 PSYCHISCH-NEUROLOGISCHE ERKRANKUNGEN | 125 |
| 12.9 SCHÄDEN AN KNOCHEN, KNORPEL UND ZÄHNEN | 127 |
| 12.10 SCHÄDIGUNGEN DES IMMUNSYSTEMS UND ENTZÜNDUNGEN | 128 |
| 12.11 ZUSAMMENFASSENDE BEMERKUNGEN ÜBER NICHT-MALIGNER SOMATISCHE ERKRANKUNGEN | 131 |
| 13 SCHÄDEN BEI DEN NACHKOMMEN | 132 |
| 13.1 DIE DERZEITIGE OFFIZIELLE EINSCHÄTZUNG DES GENETISCHEN STRAHLENRISIKOS | 132 |
| 13.2 STRAHLENINDUZIERTER FEHLBILDUNGEN | 134 |
| 13.3 DOWN-SYNDROM | 139 |
| 13.4 KREBSERKRANKUNGEN | 141 |
| 13.5 WEITERE ERBSCHÄDEN UND SCHLUSSFOLGERUNGEN | 142 |
| ANHANG A: DIE DOSISLEISTUNG DURCH DEN LINIEN - UND FLÄCHENFÖRMIGEN GAMMASTRAHLER | 143 |
| A.1 DER LINIENSTRAHLER | 143 |
| A.2 FLÄCHENSTRAHLER | 144 |

| | |
|--|------------|
| ANHANG B: MESSWERTE DOSISLEISTUNG AN RADIUMBESCHRIFTETEN GERÄTEN | 145 |
| ANHANG C: AKTIVITÄTEN RADIOAKTIVER BAUTEILE AUS DER DATENBANK AU76 DER BUNDESWEHR | 146 |
| ANHANG D: ANATOMISCHE ANGABEN ZUR LAGE VON ORGANEN | 147 |
| ANHANG E: GRUNDLAGEN DER DOSIMETRIE | 150 |
| E.1 ALLGEMEINES..... | 150 |
| E.2 DAS GRÖSSENSYSTEM DES STRAHLENSCHUTZES | 150 |
| E.2.1 <i>Physikalische Basisgrößen</i> | 151 |
| E.2.2 <i>Operative Größen</i> | 153 |
| E.2.3 <i>Schutzgrößen</i> | 154 |
| E.2.4 <i>Berücksichtigung des physikalischen Strahlenfeldes</i> | 156 |
| E.2.5 <i>Geltende Messgrößen der Ortsdosis</i> | 157 |
| E.2.6 <i>Geltende Messgrößen der Personendosis</i> | 157 |
| E.3 UMRÉCHNUNG DER FRÜHEREN DOSEN IN DIE GÜLTIGEN DOSEN..... | 158 |
| ANHANG F: ERSATZDOSISBESTIMMUNGEN DER WBV SÜD FÜR DAS RADARSYSTEM AN/CPN-4..... | 160 |
| F.1 EINLEITUNG | 160 |
| F.2 ERGEBNISSE DER WBV SÜD..... | 160 |
| F.3 UNTERSCHIEDSMERKMALE DER RADARSYSTEME AN/CPN-4 UND AN/FPN-33/36 (VGL. KAP. 4.3)..... | 165 |
| F.4 ZUSAMMENFASSUNG..... | 166 |
| ANHANG G: GRENZWERTE NACH STRAHLENSCHUTZVERORDNUNG..... | 168 |
| ANHANG H: ABGRENZUNG VON STRAHLENSCHUTZBEREICHEN | 169 |
| ANHANG I: TODESURSACHEN BEI BELGISCHEN, AM RADAR ARBEITENDEN BERUFSSOLDATEN | 170 |
| REFERENZEN..... | 179 |
| ZU DEN AUTOREN UND AUFTRAGGEBERN | 206 |
| DANKSAGUNG..... | 206 |

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

| | |
|--|-----|
| Abb.1 Punktstrahler | 19 |
| Abb.2 Typische Radarkomponente | 21 |
| Abb.3 Geometrie des Kreisrings für die Berechnung der Ortsdosisleistung | 25 |
| Abb.4 Dosisleistung des Kompassrings in Abhängigkeit vom Abstand | 27 |
| Abb.5 Geometrie bei frontaler Bestrahlung von Personal durch Radiumfarbe ... | 28 |
| Abb.6 Dosisleistung eines Cockpit-Rings im F-104 G in Abhängigkeit vom Abstand | 30 |
| Abb.7 Numerisch angepasster Verlauf eines Cockpit-Rings im F-104 G | 31 |
| Abb.8 Zeitlicher Verlauf der Aktivität von Ra 226 im Körper nach Doerfel | 44 |
| Abb.9 Messwerte über den zeitlichen Verlauf der Aktivität von Ra 226 im Körper | 45 |
| Abb.10 Häufigkeit von Sehstörungen in Abhängigkeit vom Lebensalter | 108 |
| Abb.11 Die verschiedenen Stadien der Spermatogenese | 134 |
| Abb.12 Down-Syndrom vor und nach dem Tschernobyl-Unfall | 140 |
| Abb.A.1 Linienstrahler | 143 |
| Abb.A.2 Flächenstrahler | 144 |
| Abb.D Anatomische Angaben zur Lage von Organen | 147 |
| Abb.E.1 Absorption durch Materie | 152 |
| Abb.E.2 Absorption durch Gewebe | 153 |
| Abb.E.3 Ausgerichtetes Strahlungsfeld | 157 |
| Abb.E.4 Aufgeweitetes Strahlungsfeld | 157 |
| Abb.E.5 Dosismessungen an einer Radiumfarbe | 159 |
| Abb.E.6 Umrechnungsfaktoren für Photonenstrahlung | 159 |
| Abb.F.1 Radarsystem AN/CPN-4 | 165 |
| Abb.F.2 Radargruppe | 166 |
| Abb.F.3 Sichtgruppe | 166 |
| Abb.F.4 Expositionsermittlungen an einer Kompassrose | 166 |
| Abb.H.1 Strahlenschutzbereiche von Waffensystemen | 169 |

VERZEICHNIS DER TABELLEN

| | |
|---|----|
| Tab.1 Radioaktiver Zerfall von Radium | 16 |
| Tab.2 Ausgewählte Werte für die Dosisleistung des Kompassrings | 27 |
| Tab.3 Dosiskoeffizienten für Ra 226 in Sv/Bq und Farbmengen für 0,1 Sv Organdosis | 33 |
| Tab.4 Dosisleistung in Organen und Geweben durch Inhalation von Radon-222 | 37 |
| Tab.5 Dosisleistung an der Haut durch Radon in der Umgebung | 40 |
| Tab.6 Strahlenempfindlichkeit der Organe für bösartige Tumoren nach BK 2402 | 57 |

| | |
|--|-----|
| Tab.7 Wahrscheinlichkeit der Strahleninduktion für Knochensarkome durch Radium | 71 |
| Tab.8 Befunde über stochastische Erkrankungen durch Radium | 73 |
| Tab.9 Literaturangaben über Non-Hodgkin-Lymphome nach Bestrahlung | 77 |
| Tab.10 Befunde über CLL nach chronischer Niederdosisbestrahlung | 81 |
| Tab.11 Rektumkarzinome nach beruflicher Strahlenexposition | 85 |
| Tab.12 Maligne Melanome nach Strahlenexposition | 87 |
| Tab.13 Multiple Myelome nach beruflicher Strahlenexposition | 92 |
| Tab.14 Hodenkrebs bei Atombombenüberlebenden und nach beruflicher Exposition | 98 |
| Tab.15 Dosiswirkungsangaben für benigne ZNS-Tumore | 102 |
| Tab.16 Benigne Tumore als Spätschaden nach Strahlentherapie | 104 |
| Tab.17 Unfruchtbarkeit bei beruflich strahlenexponierten Männern | 113 |
| Tab.18 Studien in der Metaanalyse von Little et al. über Kreislaufkrankungen | 116 |
| Tab.19 ICD-10 (10. Revision), Kapitel IX: Krankheiten des Kreislaufsystems .. | 116 |
| Tab.20 Strahlenrisiko für Kreislaufkrankungen nach Little et al. 2012 | 117 |
| Tab.21 Herz-Kreislauf-Erkrankungen nach chronischer Niederdosisexposition | 120 |
| Tab.22 Fehlbildungen bei Neugeborenen nach dem Tschernobylunfall | 135 |
| Tab.23 Fehlbildungen in 17 höchstbelasteten Gebieten von Weißrussland 1987-1994 | 136 |
| Tab.24 Angeborene Anomalien bei den Nachkommen strahlenexponierter Männer | 137 |
| Tab.25 Genetisch strahleninduzierte Krebserkrankungen | 141 |
| Tab. Anhang B Messwerte Dosisleistung an radiumbeschrifteten Geräten | 145 |
| Tab. Anhang C Aktivitäten radioaktiver Bauteile aus der Datenbank AU76 der Bundeswehr | 146 |
| Tab.E.1 Messgrößen des Strahlenschutzes | 151 |
| Tab.E.2 Strahlungswichtungsfaktoren (ICRP 2007) | 154 |
| Tab.E.3 Gewebewichtungsfaktoren vor 2007 (ICRP 1991) | 155 |
| Tab.E.4 Gewebewichtungsfaktoren nach ICRP 2007 | 155 |
| Tab.E.5 Messgrößen und Umrechnungen | 156 |
| Tab.E.6 Frühere und geltende Messgrößen | 158 |
| Tab.E.7 Umrechnungsfaktoren für Photonenstrahlung für die Praxis | 159 |
| Tab.F.1 Berechnung der Körperdosis für einen Fluglotsen | 161 |
| Tab.F.2 Berechnung der Körperdosis für einen Radarmechaniker | 164 |
| Tab.F.3 Der Photonenstrahlung ausgesetzte Organe | 167 |
| Tab.G.1 Dosisgrenzwerte | 168 |

KURZFASSUNG

Die Vorgeschichte und die Probleme

Zehntausende von Soldaten und von Zivilangestellten wurden ab 1956 bei der Bundeswehr und bei der Nationalen Volksarmee der DDR (NVA) in stationären und in mobilen Anlagen mit einer Radarausrüstung eingesetzt. In den 1990er Jahren stellte sich heraus, dass viele von ihnen früh verstorben waren oder an Erkrankungen litten, die auf bis dahin unbeachtete Strahlenexpositionen zurückgeführt wurden.

Das Bundesministerium für Verteidigung (BMVg) setzte eine Arbeitsgruppe zur Aufklärung der Arbeitsplatzverhältnisse ein, um die bislang nicht bekannten und nicht dokumentierten Strahlendosen retrospektiv abschätzen zu lassen. Auf Ersuchen des Verteidigungsausschusses des Deutschen Bundestages berief das Ministerium zusätzlich eine Radarkommission ein, die „Expertenkommission zur Frage der Gefährdung durch Strahlungen in früheren Radareinrichtungen der Bundeswehr und der NVA“, die die gesundheitlichen Folgen dieser Bestrahlung bewerten sollte.

Die Radarkommission befasst sich in ihrem Bericht vom 2. Juli 2003 mit folgenden drei Arten der möglichen Strahlenbelastung:

1. Eine schlecht abgeschirmte Röntgenstörstrahlung durch die Hochfrequenzerzeugerröhren;
2. den verwendeten radioaktiven Leuchtfarben und
3. der für die Radarortung verwendeten elektromagnetischen Strahlung im dem Frequenzbereich der Mikrowellen.

Die mindestens bis zum Jahr 1980 verwendeten und vorhandenen Leuchtfarben beim Militär mit dem Alphastrahler Radium werden als prinzipiell gefährlich angesehen. Es gab jedoch keinerlei Angaben der Bundeswehr und der NVA über den Radioaktivitätsgehalt der Farben und in der Kommission keine Vorstellung über die enormen Radiumkonzentrationen, die dabei verwendet worden waren.

Die Alphastrahler sind dann besonders gefährlich, wenn sie in den Körper gelangen. In dem Bericht von 2011 wurde bereits mitgeteilt, dass die Radiumfarben im zivilen Bereich bis zu 2,4 Millionen Becquerel (MBq) an Radium pro Gramm (g) Farbe enthalten haben. Das Element Radium verhält sich chemisch ähnlich wie das Element Kalzium. Nur 0,1 Gramm Radiumfarbstaub über Jahre hinweg eingeatmet oder über den Mund aufgenommen bewirkt eine Lungendosis oder eine Dosis an den Knochen von mehreren Sievert (Sv). Die Bundeswehr hingegen setzt als eine Ersatzdosis für die unbekanntes Mengen des Radiums nur eine Dosis von 1 Millisievert (mSv) = 0,001 Sv pro Jahr an, das entspricht in etwa der Dosis durch die natürliche Umgebungsstrahlung.

Dabei hat Herr Dr. Schirmer, der Leiter der Strahlenmessstelle der Bundeswehr, im Jahr 2010 in einer internationalen Fachzeitschrift eine noch höhere mögliche Radiumkonzentration als oben genannt von 5,9 MBq pro Gramm Radiumfarbe angegeben, ohne dass derartige Radiumwerte in seine eigenen Ersatzdosisberechnungen bei der Bundeswehr eingeflossen wären.

Die Dosis durch Radiuminkorporation bei dem betroffenen Militärpersonal muss in der richtigen Größenordnung dargestellt und berechnet werden. Außerdem sind die Dosisbeiträge durch die nach außen dringende Gammastrahlung der Radiumfarbe, die die Bundeswehr angibt, zu klein.

Eine epidemiologische Studie über die Gesundheitsschäden ist an dem großen Kollektiv der Beschäftigten im Radarbereich der Bundeswehr bislang nicht durchgeführt worden. 2009 erschien jedoch eine Arbeit über eine Untersuchung an einer Untergruppe von belgischen Berufssoldaten, die in Deutschland zwischen 1963 und 1994 an zwei HAWK-Flugabwehrsystemen eingesetzt waren (Degrave et al. 2009). Diese Soldaten wurden im Mittel dort 6,1 Jahre exponiert.

Das mit 4417 Personen vergleichsweise kleine Kollektiv zeigte eine um den Faktor 7,2 höhere Sterblichkeit an Leukämien und an Lymphomen, als zu erwarten war.

Dieser auffällige Befund ist mit den Ersatzdosisberechnungen der Bundeswehr nicht zu erklären. Trotzdem hat die Bundeswehr alle ihre Angaben zu der Strahlenbelastung des betroffenen Militärpersonals ständig weiter reduziert.

Weiterhin gibt es die neueren Erkenntnisse über die Gesundheitsschäden bei niedrigen Strahlendosen. Der offizielle Strahlenschutz orientiert sich im Wesentlichen an den Opferzahlen der japanischen Überlebenden der beiden Atombombenabwürfe auf Hiroshima und Nagasaki im Jahr 1945. Umfangreiche Studien an beruflich Strahlenexponierten und an durch den Tschernobylunfall betroffenen Personen haben gezeigt, dass die Risiken bei den chronischen Strahlenexpositionen größer sind, als bisher angenommen wurde, und nicht nur Krebserkrankungen, sondern eine große Anzahl weiterer schwerwiegender Gesundheitsstörungen auftreten. Die Tschernobylforschung hat auch ergeben, dass durch chronische Niederdosisexposition der Gonaden von Eltern ein erhebliches Risiko für nachfolgend gezeugte Kinder besteht, Erbschäden wie Fehlbildungen des Skeletts und der Organe zu erleiden sowie Störungen der geistigen Entwicklung. Die genetischen Folgen werden bislang als ein berufsbedingter Strahlenschaden nicht beachtet.

Die Exposition durch Radarstrahlen wurde bislang von offizieller Seite und von der Radarkommission nur dann für gesundheitsschädlich gehalten, wenn die Leistungsdichte der Strahlung im Gewebe zu einer messbaren Temperaturerhöhung führt. Inzwischen liegen jedoch zahlreiche Untersuchungen über Effekte durch den Mobilfunk vor, dessen hohe Frequenzen ebenfalls im Mikrowellenbereich liegen. Diese zeigen, dass es bei langanhaltender Exposition auch unterhalb der sogenannten Wärmeschwelle zu irreparablen und krankhaften Störungen wie zum Beispiel zu Unfruchtbarkeit kommen kann.

Kombinationswirkungen zwischen der ionisierenden und der nicht-ionisierenden Strahlung sind ebenfalls als mögliche Ursache der multiplen Krankheitsphänomene anzusehen, die bei den Radarsoldaten und -beschäftigten zu beobachten sind.

Die Annahmen der Bundeswehr über die Strahlendosis durch die Radiumfarbe

In einem Verteidigungsfall müssen die Bodenstationen des Militärs, die Kriegsschiffe und die fliegenden Einheiten abgedunkelt operieren. Es ist anzunehmen, dass bei den Beschriftungen mit der Radiumleuchtfarbe die höchste mögliche Radiumkonzentration verwendet wurde. Durch die Bestrahlung wird die Farbe jedoch relativ schnell chemisch zersetzt und musste häufig erneuert werden. Dadurch kamen die damit beauftragten Personen nicht nur mit den offenen Radiumfarbanstrichen in Berührung, sondern auch mit den normalerweise abgedeckten Flächen. Das Abkratzen der alten Radiumfarben und das nachfolgende Abschmirgeln haben so wahrscheinlich die höchsten Kontaminationen bei dem Personal erzeugt.

Eine gewählte Ersatzdosis hat stets zu gewährleisten, dass sie die in der Praxis auftretenden Situationen konservativ beschreiben kann. Alle Annahmen der Bundeswehr zur Aufnahme von Radioaktivität in den Körper beziehen sich jedoch ausschließlich auf das Berühren nur eines einzigen Schalters mit einer sehr kleinen Radiumfarbfläche. Die durch die mechanische oder chemische Korrosion erzeugten Radiumfarbstäube, die die Arbeitsplätze kontaminieren, oder die bei und nach den Reparaturen auftretenden Farbstäube werden nicht weiter beachtet. Die Möglichkeit einer Inhalation wird gar nicht in Betracht gezogen. Der Test für die Bestimmung des Inkorporationsrisikos durch Berühren wurde nach unseren Recherchen im Jahr 1996 durchgeführt. Dieser Zeitpunkt liegt 16 bis 40 Jahre später als die Epoche der nachweislichen Anwendung der radioaktiven Farbe bei der Bundeswehr.

In einem begrenzten Rahmen lässt sich inkorporiertes Radium über die nach außen dringende Gammastrahlung mit einem Ganzkörperzähler nachweisen. Ein solches Gerät steht im früheren Kernforschungszentrum Karlsruhe zur Verfügung. Allerdings lassen sich selbst Radioaktivitätsmengen an Radium, die zu hohen Dosen im Sievert-Bereich führen, wegen des Stoffwechsels im Körper nach etlichen Jahrzehnten nicht mehr nachweisen. Dennoch wurden solche Messungen bei Radarsoldaten dazu benutzt, den Betroffenen zu suggerieren, sie hätten keine Radiumfarbenbelastung durch die früheren Arbeiten erfahren.

Die Bundeswehr behauptet, sie habe sich bei unbekanntem Belastungsverhältnissen an den nicht mehr vorhandenen Radararbeitsplätzen an die Empfehlungen der Radarkommission gehalten. Als Ersatzdosis für die Exposition durch Gammastrahlen, die aus möglichen Leuchtfarbenbeschriftungen nach außen austreten, hat die Radarkommission einen Messwert an einem bestimmten großen Kompassring vorgeschlagen.

Dieser Referenzwert für eine Ortsdosis in 30 Zentimeter (cm) Entfernung und die sich daraus ergebende Gewebedosis wurde nun mit der Zeit von der Bundeswehr sukzessive herabgesetzt. Das Argument ist, sie müsse die realen Abstände der jeweils erkrankten Organe von der Strahlenquelle berücksichtigen. Es ergeben sich dabei Widersprüchlichkeiten, die wir

anhand von Simulationsrechnungen darstellen. In Beispielen führen die Betrachtungen der Bundeswehr dazu, dass ein Radaroperator so weit entfernt von seiner Konsole gesessen haben müsste, dass er die Bedienungselemente nicht mehr mit den Händen hätte erreichen können.

Das Phänomen der Mehrfacherkrankungen bei einer Person

Der BzUR beobachtet häufiger, dass die betroffenen Personen gleichzeitig an mehreren Krankheiten leiden, die alle durch eine Strahlung entstehen können. Dieses Phänomen tritt bereits in einem relativ frühen Lebensalter auf – jünger als mit 50 oder 60 Jahren – während solche Häufungen in der normalen Bevölkerung nur äußerst selten vorkommen.

Bei mehreren voneinander unabhängigen Erkrankungen ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Betroffene einen Strahlenschaden erlitten hat, natürlich viel größer, als wenn nur die Einzelwahrscheinlichkeit für jede der Erkrankungen separat betrachtet wird. Weder die Berufskrankheitenverordnung noch die Anerkennungspraxis der Bundeswehr bei den Radartechnikern berücksichtigt dies. Wir leiten ab, wie die Wahrscheinlichkeit der Ursache durch die berufsbedingten Strahlenexpositionen bei einer Multimorbidität zu ermitteln ist.

Die Aktualisierung der Erkenntnis über die strahleninduzierten Krebserkrankungen

In der Berufskrankheitenverordnung (BKV) werden die folgenden Krebserkrankungen Organen mit einer niedrigen Strahlenempfindlichkeit zugeordnet, siehe Tabelle 6:

Lymphome, Prostatakrebs, Rektumkrebs, Malignes Melanom, Multiples Myelom, Chronisch lymphatische Leukämie, Kehlkopfkrebs, Pankreaskrebs.

Nach neueren Untersuchungen an beruflich und durch die Röntgendiagnostik exponierten Personen müssen sie aber zu den empfindlichsten strahleninduzierbaren Erkrankungen gezählt werden: Diese Erkrankungen werden relativ zu ihrem Vorkommen in der Bevölkerung durch viel kleinere Dosen verursacht, als bis vor Kurzem angenommen und geglaubt wurde.

Der Hodenkrebs, der bei den Radarsoldaten häufig beobachtet wird, fehlt ganz in der Liste der Berufskrankheiten der BKV, er ist jedoch relativ empfindlich strahleninduzierbar.

Aktuelle Erkenntnisse über Strahlung und nicht-maligne Erkrankungen

Nach der Berufskrankheitenverordnung kommen nach einer Niederdosisbestrahlung als Spätschäden nur Krebskrankheiten in Frage. Mit Ausnahme von Katarakten zieht auch die Radarkommission nur maligne Erkrankungen in Betracht. Wir referieren demgegenüber zu der relevanten Strahleninduzierbarkeit von benignen Tumoren (insbesondere Hirntumoren),

Kurzfassung

Katarakten, Fertilitätsstörungen, Herz-/Kreislaufkrankungen, nicht-malignen Erkrankungen des Magen/Darm-Trakts und des Atemtrakts, psychisch-neurologischen Erkrankungen, Schäden an Knochen, Knorpel und Zähnen.

Außerdem weisen wir darauf hin, dass das Immunsystem sich als sehr strahlenempfindlich erwiesen hat, auch bei den japanischen Atombombenüberlebenden. Es ist anzunehmen, dass dadurch die Entstehung einer Reihe von Krankheiten nach Strahlenexposition beeinflusst oder auch verursacht wird. Die Erforschung dieser Zusammenhänge steht noch aus.

Schäden bei den Nachkommen

Die folgenden Erbschäden treten auch bei einer niedrigen Keimdrüsendosis auf:

- 1) Schwerwiegende Entwicklungsstörungen wie das Absterben der Frucht, Totgeburten, frühkindliche Sterblichkeit, Fehlbildungen, chromosomale (z.B. Down-Syndrom) und genomische Erbkrankheiten, Unfruchtbarkeit;
- 2) Krebserkrankungen im Kindes- und im Erwachsenenalter;
- 3) Degenerationserscheinungen, die sich als eine verminderte Widerstandskraft und Fitness zeigen.

Dazu werden insbesondere aus den Tschernobyl-Forschungen zahlreiche Befunde am Menschen vorgestellt und mit der veröffentlichten zugehörigen Literatur belegt.