

Arbeitsgruppe für Strahlenmedizinische Forschung
und
WHO-Kollaborationszentrum für Strahlenunfallmanagement
der
Universität Ulm

Leiter: Prof. (em.) Dr. med. Dr. h. c. mult. T. M. Fliedner

Morbidität bei 80 akzidentell seit 1949
chronisch strahlenexponierten Anwohnern des Tеча-River
(Südural)

Pilotstudie zur Entwicklung der Grundlage für die Erforschung
von nicht-neoplastischen Wirkungen
infolge chronischer Strahlenexposition

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin, Dr. med.
der Medizinischen Fakultät der Universität Ulm

Vorgelegt von

Carola Paulsen, geboren in Varna (Bulgarien)

2001

Amtierender Dekan: Prof. Dr. R. Marre

1. Berichterstatter: Prof. Dr. T. M. Fliedner

2. Berichterstatter: PD Dr. D. Bunjes

Tag der Promotion: 06.12.2001

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	6
1.1. Vorbemerkungen	6
1.2. Wissenschaftliche Grundlagen und Besprechung des Schrifttums	11
1.2.1. Historischer Hintergrund der Strahlenunfälle im Südrural in den frühen 50er und 60er Jahren und deren Konsequenzen.....	11
1.2.2. Strahlenbiologische Grundlagen	27
1.2.3. Auswirkung einer chronischen Strahlenexposition auf den Gesamtorganismus und auf verschiedene Organsysteme	35
1.3. Eigene Fragestellungen.....	45
2. Material und Methoden	47
2.1. Patientengut und Charakterisierung der Expositionssituation	47
2.2. Aufbau und Durchführung der Pilotstudie	48
2.2.1. Vorbemerkungen	48
2.2.2. Auswahl der Patienten, Datenübertragung und Dokumentation	49
2.3. Auswertestrategien.....	53
3. Ergebnisse	57
3.1. Allgemeiner Überblick über den Gesundheitszustand der 80 Patienten vor Beginn der Strahlenexposition, Evakuierung aus dem Techa-River-Gebiet sowie Überlebensstatus	57
3.2. Beschreibung der beobachteten Befunde und Diagnosen nach den Organsystemen 01.-17. der ICD-9-Klassifikation	60
3.2.1. Infektiöse und parasitäre Krankheiten.....	60
3.2.2. Neubildungen.....	61
3.2.3. Endokrinopathien, Ernährungs- und Stoffwechselkrankheiten sowie Störungen im Immunsystem	65
3.2.4. Krankheiten des Blutes und der blutbildenden Organe.....	66
3.2.5. Psychiatrische Krankheiten.....	92
3.2.6. Krankheiten des Nervensystems und der Sinnesorgane	93
3.2.7. Krankheiten des Kreislaufsystems	99
3.2.8. Krankheiten der Atmungsorgane	105
3.2.9. Krankheiten der Verdauungsorgane	108
3.2.10. Krankheiten der Harn- und Geschlechtsorgane	109

3.2.11. Komplikationen der Schwangerschaft, bei Entbindung und im Wochenbett.....	113
3.2.12. Krankheiten der Haut und des Unterhautzellgewebes	114
3.2.13. Krankheiten des Skeletts, der Muskeln und des Bindegewebes.....	115
3.2.14. Kongenitale Anomalien	119
3.2.15. Bestimmte Affektionen mit Ursprung in der Perinatalzeit	119
3.2.16. Symptome und schlecht bezeichnete Affektionen.....	119
3.2.17. Verletzungen und Vergiftungen.....	120
3.3. Zusammenfassung	121
4. Diskussion	122
4.1. Vorbemerkungen.....	122
4.2. Fragestellungen der vorliegenden Arbeit.....	127
4.2.1. Hämatopoetisches System	128
4.2.2. Neoplasien	135
4.2.3. Andere Organsysteme	138
4.3. Interpretation des gewonnenen Faktenmaterials über 80 Techa-River-Patienten im Rahmen der Pilotstudie.....	143
4.4. Schlußfolgerungen aus den vorgelegten Untersuchungen.....	146
5. Zusammenfassung	151
6. Literaturverzeichnis.....	153
7. Anhang	170

Abkürzungsverzeichnis

⁴⁰ K	Kalium-40
⁶⁰ Co	Kobalt-60
⁸⁹ Sr, ⁹⁰ Sr	Strontium-89, Strontium-90
⁹⁵ Zr	Zirkon-95
⁹⁵ Nb	Niob-95
¹⁰³ Ru, ¹⁰⁶ Ru	Ruthenium-103, Ruthenium-106
¹³⁷ Cs	Cäsium-137
¹⁹² Ir	Iridium-192
²¹⁰ Pb	Blei-210
²²⁶ Ra	Radon-226
²³⁸ U	Uran-238
²³⁹ Pu	Plutonium-239
AML	Akute myeloische Leukämie
ALL	Akute lymphatische Leukämie
BSG	Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit
Bq	Becquerel, SI-Einheit der Strahlenaktivität
CML	Chronisch-myeloische Leukämie
CLL	Chronisch-lymphatische Leukämie
CRS	Chronisches Strahlensyndrom
CT	Computertomographie
DNS	Desoxyribonukleinsäure
E2	Makroblast
E3	basophiler Normoblast
E4	polychromatischer Normoblast
G ₀ -Phase	Ruhephase der Zelle ohne mitotische Aktivität
G ₁ -Phase	Ribonukleinsäure- und Proteinsynthesephase der Mitose
G ₂ -Phase	Postsynthetische Phase des Mitosezyklus der Zelle
Gy	Gray (Joule/kg), SI-Einheit der Energiedosis
h	Stunde
ICD	International Classification of Diseases
keV	Kiloelektronvolt
KHK	Koronare Herzkrankheit
LET	Linearer Energietransfer
M2	Promyelozyt
M3	Myelozyt
M4	Metamyelozyt
mGy	Milligray, 1mGy = 0.001 Gy
MPS	Myeloproliferatives Syndrom
MRT	Magnetresonanztomographie
mSv	Millisievert, 1mSv = 0.001 Sv
mSv/d	Millisievert pro Tag
mSv/a	Millisievert pro Jahr
n	Anzahl
R/h	Röntgen pro Stunde
Sv	Sievert (Joule/kg), SI-Einheit der Äquivalentdosis
SI	Système international d'unités
S-Phase	DNS-Synthesephase des Mitosezyklus der Zelle
URCRM	Ural's Research Center for Radiation Medicine
WHO	World Health Organization
ZNS	Zentrales Nervensystem

Einleitung

Vorbemerkungen

Das Leben des Organismus vollzieht sich in einem Feld von kosmischer und terrestrischer ionisierender Strahlung, die seit der Entstehung der Erde vorhanden ist, aber erst zum Ende des vorigen Jahrhunderts entdeckt wurde. Erstmals beschrieb in 1895 W. C. Röntgen die später nach ihm benannten X-Strahlen, ein Jahr später entdeckte H.-A. Becquerel das Phänomen der natürlichen Radioaktivität. Mit der Entdeckung der Röntgenstrahlen war ab dem Ende des 19. Jahrhunderts die Basis gelegt worden sowohl für die Nutzung natürlicher, als auch für die künstliche Erzeugung ionisierender Strahlen.

Aufgrund der Erkenntnisse von Becquerel stieß das Ehepaar Curie 1898 auf die Umwandlung von Uran in andere Elemente, die sie Polonium und Radium nannten (107). Die moderne Kerntechnik basiert auf den Arbeiten (30er Jahre) von E. Fermi (Entdeckung der durch langsame Neutronen ausgelösten Kettenreaktionen) und dem erstmaligen Nachweis der Kernspaltung durch O. Hahn, F. Strassmann und L. Meitner (88,123).

Die Nutzung ionisierender Strahlen in Medizin, Forschung, Industrie und Technik blieb nicht ohne Folgen. Radiologische Schäden neoplastischer und nicht-neoplastischer Natur sind bereits in der Pionierzeit an den ersten Anwendern ionisierender Strahlen bekannt geworden. Dabei kamen sie entweder kurzfristig, oder für eine längere Zeit mit entsprechenden Substanzen in Kontakt. So bekam Becquerel 1901 beim Tragen eines Radiumpräparates in seiner Westentasche 2 Wochen später eine schwer abheilende Hautulzeration (91). Maria Curie stirbt 1934 an aplastischer Anämie (107).

In den 20er Jahre des vergangenen Jahrhunderts wird bereits vor den letalen Folgen der oralen oder intravenösen Applikation radioaktiver Substanzen gewarnt (98,99). So entwickelten Arbeiterinnen, die Pinsel, getränkt in luminiszierende Farben, Tag für Tag über einen Zeitraum von mindestens einem Jahr mit den Mund anfeuchteten und spitzten und so Radium und Mesothorium oral

aufnahmen, viele Jahre später Anämie, Leukopenie, Kiefernekrosen und/oder osteogene Sarkome. Infolge der Verwendung ab 1929 des thoriumhaltigen Röntgenkontrastmittels Thorotrast (wässrige kolloidale Lösung mit etwa 25% Thoriumdioxid) in der Angiographie kam es bei betroffenen Personen zu signifikanten Häufungen von malignen Lebertumoren und Zirrhosen (keine Assoziation mit Hepatitis-Infektionen), sowie Leukämien (63,100,27). Trotz entsprechender wissenschaftlicher Erkenntnisse aus den USA bereits Anfang der 30er Jahre, wurden thoriumhaltige Kontrastmittel (wegen ihrer hohen Qualität) bis Mitte der 50er Jahre angewandt (91).

Vom Anfang des 20. Jahrhunderts an sind die Auswirkungen einer Strahlenexposition durch systematische Tierexperimente erforscht worden (22), mit dem Ziel die gewonnenen Erkenntnisse zur Einschätzung des Risikos für die Induktion strahlenbedingter Erkrankungen beim Menschen zu nutzen. Die gesammelten Erfahrungen mit der Nutzung ionisierender Strahlung haben seit 1936 zur ständigen Anpassung und Modifizierung der Richtlinien zum Strahlenschutz beigetragen und diese kontinuierlich verbessert (22), was beruflich exponierte Personen vor Früh- und Langzeitschäden schützt.

Im Rahmen der zivilen und militärischen Anwendung ionisierender Strahlen kam es im Laufe der Zeit immer wieder zu Strahlenunfällen mit gesundheitlichen Konsequenzen. Mehr als 100 000 Menschen starben bei den Atombombenabwürfen auf Hiroshima und Nagasaki am Ende des zweiten Weltkrieges, mehrere Hundert an Leukämie und anderen Tumorarten in der Folgezeit (21,115). Zusätzlich wurden seit 1945 bei über 350 Strahlenunfällen weltweit eine große Zahl betroffene Personen mit akutem Strahlensyndrom medizinisch betreut (24). Es handelte sich dabei zum Beispiel um Opfer des radioaktiven Fallouts von Kernwaffentests (Marshall-Inseln im Pazifik 1954) oder um Personen, die infolge unkontrollierter Zwischenfälle bei der friedlichen Nutzung von Kernenergie, hohen Expositionsdosen ionisierender Strahlen ausgesetzt waren (Reaktorunglück von Tschernobyl 1986, jüngstes Beispiel - der Unfall in Tokaimura vom 30.09.1999) (117,57).

Das über mehrere Jahrzehnte gesammelte medizinische Know-how bei zahlreichen klinischen Fällen, verbunden mit den experimentellen Daten aus verschiedenen Tierversuchen hat dazu beigetragen die Pathophysiologie des akuten Strahlensyndroms verstehen zu lernen (13,14,22,30,40). Es ist möglich anhand der Entwicklung von subjektiver (Übelkeit, Schwäche) und objektiver klinischer Symptomatik (Erbrechen, Durchfälle) im Verlauf der Zeit, verbunden mit der Auswertung biologischer Indikatoren (Blutzellverläufe und Knochenmarksuntersuchungen) eine präzise prognostische Aussage über den klinischen Verlauf zu machen und entsprechende therapeutische Maßnahmen einzuleiten. Mehr noch, seitdem die nach einer Latenzzeit einsetzenden möglichen Spätfolgen einer akuten Strahlenbelastung in Form von Malignitäten, Strahlenkatarakten, usw. bekannt sind, kann die Nachsorge betroffener Patienten entscheidend verbessert werden (39,30,40,104).

Dagegen ist weniger über die Früh- und Spätwirkungen von niedrigen Strahlendosen, die über einen längeren Zeitraum auf den Körper einwirken, bekannt. Der Organismus ist imstande für eine mehr oder weniger begrenzte Zeit, die von vielen Faktoren abhängig ist (Strahlenart, Expositionsdauer, Lebensalter, usw.), die Belastung zu kompensieren, ohne daß es zunächst - aufgrund von Anpassungsvorgängen - zum Zusammenbruch wichtiger Organsysteme kommt (6,97,62,54,124,15,55,106,37,56,7,58).

Bisherige Erfahrungen mit Populationen, die in Gebieten mit einer Anreicherung des Bodens an Uran, Thorium und deren Folgeprodukte wohnhaft sind (zum Beispiel in Kerala in Indien, Espirito Santo und Minas Gerais in Brasilien oder Yangjiang in China), zeigen, daß der menschliche Organismus imstande ist eine um den Faktor 3 bis 20 erhöhte Hintergrundstrahlung weitgehend zu tolerieren (43,66,8,19,116). Wie Langzeitstudien an Probanden in Kerala (ein Gebiet in Südwestindien mit Gesamtfläche 125 km² und ca. 70 000 Einwohner) belegen, führt die chronische homogene Ganzkörperexposition bei Personen der am höchsten belasteten Gruppe innerhalb der Population (20fach erhöhte terrestrische Strahlung) zu einer nicht signifikant steigenden Kindersterblichkeits- und der niedrigsten Fertilitätsrate, sowie zu häufigeren Totgeburten (43,66).

Bei dem Bau der ersten sowjetischen Atombomben 1948–1949 kam es im Südrural zu einer chronischen Strahlenexposition der Bevölkerung über mehrere Jahre, deren gesundheitliche Konsequenzen an einer ausgewählten Gruppe von Betroffenen innerhalb dieser Arbeit untersucht wird. Zu unerwarteten Einwirkungen ionisierender Strahlung über einen Zeitraum von mehreren Tagen, Wochen und sogar Monaten kam es bei Zwischenfällen mit verlorenen radioaktiven Quellen unterschiedlichen Spektrums, die von ahnungslosen Opfern gefunden und aufgehoben wurden – in Mexiko (1962), Algerien (1978), China (1985), Goiania (1987), Estland (1994), Moskau (1995), Georgien (1997) (6,97,62,54,124,15,55,106,37,56,7,58). Von 1983 bis 1992 wurde in Taiwan mit radioaktivem Kobalt (^{60}Co) angereicherter Stahl in der Bauwirtschaft verwendet mit der Folge, daß >10 000 Menschen in ihrem Wohnumfeld einer erhöhten Strahlenbelastung ausgesetzt waren (17,18).

Bei den durch diese Unfälle betroffenen Personen kam es, je nach Höhe der Expositionsdosis, zu mehr oder weniger ausgeprägter klinischer Symptomatik der zellumsatzstarken Geweben (Hämatopoese, Haut, Spermiogenese). Über die Auswirkungen einer kontinuierlichen Strahleneinwirkung auf latent ruhende Systeme (zum Beispiel Bindegewebe) gibt es bis jetzt nur Hinweise in wenigen Tierexperimenten mit Hunden – die Tiere entwickelten degenerative Erkrankungen (42).

Ein Zusammenhang zwischen Strahlenexposition und der Entwicklung neoplastischer Spätschäden wurde noch vor den Studien an Überlebenden der Atombombenabwürfe von Hiroshima und Nagasaki bekannt. Nach chronischer Bestrahlung ist bereits 1902 das erste Hautkarzinom beschrieben und 1907 über gehäuft auftretende Leukämien bei Radiologen berichtet worden (91). Spätestens seit den Erfahrungen in den 20er Jahren mit den eingangs erwähnten Arbeiterinnen mit Leuchtfarben (Induktion osteogener Sarkome) gilt die Strahlenkarzinogenese als bewiesen. Seit den 50er Jahre ist anhand epidemiologischer Erhebungen im Uranbergbau belegt, daß Bergleute von den Grubenrevieren der ehemaligen Tschechoslowakei (die böhmischen Schächten um St. Joachimsthal), den USA (Rocky Mountains), Kanada (Gebiet um den Elliot

Lake in Ontario), Frankreich, sowie Australien, signifikant häufig an Bronchialkarzinom erkranken (25).

Dies ist auch für Mitarbeiter der Wismut AG der ehemaligen DDR (Sachsen und Thüringen) belegt. Sie sind vor allem in den Jahren zwischen 1946 und 1955 einer erhöhten Strahlenbelastung durch äußere (γ -Strahlung) und innere Exposition (Inhalation von Radon und dessen kurzlebige Folgeprodukte) ausgesetzt worden. Zusätzlich nahmen sie über die Atemwege - bedingt durch die damaligen Verfahren der Erzgewinnung (trockene Bohrung ohne Frischwetterzufuhr) - die an Staub von Erz und Gestein gebundenen langlebigen α - und γ -emittierende Radionuklide ^{238}U und ^{210}Pb auf (26,61). Eine derartige extreme Situation liegt bei den oben genannten anderen Grubenrevieren nicht vor (61). Von den mehreren hunderttausend Personen, die bei der "Wismut" gearbeitet haben, sind gegenwärtig etwa 7 000 Menschen an Bronchialkarzinomen erkrankt. 95% sind dabei Betroffene, die zwischen 1946 und 1957, also in den Jahren der höchsten Strahlenbelastung für dieses Bergbauunternehmen tätig waren (26,61). Bei den „Wismut“-Arbeitern existieren außerdem Hinweise auf ein erhöhtes Risiko für extrapulmonale maligne Neoplasien (Nase, Mund- und Rachenraum, Kehlkopf, Knochen, Leber, Niere, u.a.) (61). Weiter Erkrankungen wie Silikosen (aufgetreten bei etwa 20 000 Fällen) sind als Berufskrankheit anerkannt (26).

Die bisherigen Erfahrungen mit verschiedenen Unfällen verdeutlichen, daß die Gefahr einer akzidentellen Ganz- oder Teilkörperexposition, trotz Etablierung und Einhaltung von Strahlenschutzmaßnahmen, immer gegeben ist. Um so wichtiger ist es, eine adäquate medizinische Versorgung von Opfern - und zwar von der Frühphase der Einwirkung ionisierender Strahlung bis hin zur Nachsorge und Vorbeugung vor Spätschäden - zu gewährleisten. Bei letzteren ist nicht nur die Gefahr der Entwicklung von malignen, sondern auch von nicht-neoplastischen Erkrankungen, gegeben. Durch die Vertiefung der Forschung der nicht-neoplastischen Wirkungen einer Strahlenexposition kann ein Beitrag zur Reduktion von Morbidität und auch Mortalität von Betroffenen geleistet werden.

Wissenschaftliche Grundlagen und Besprechung des Schrifttums

Historischer Hintergrund der Strahlenunfälle im Südural in den frühen 50er und 60er Jahren und deren Konsequenzen

Im Südural wurde im Rahmen des Atomrüstungsprogramms der ehemaligen Sowjetunion der erste und größte Fabrikkomplex zur Herstellung von Plutonium für nukleare Waffen gebaut. Er befindet sich ca. 100 km nordwestlich von der Millionenstadt Tscheljabinsk und 15 km nordöstlich von der Stadt Kyschtym (70,110). In den Zeiten des „kalten Krieges“ war seine Existenz und Tätigkeit streng geheim gehalten worden. Die Adresse des gesamten Areals um die Produktionsstätte „Mayak“ („Leuchtturm“) mit der dazugehörigen geschlossenen Stadt für die ca. 18 000 Arbeiter und deren Angehörige wurde kodiert als „Tscheljabinsk-40“, später „Tscheljabinsk-65“ und nie auf einer Landkarte vermerkt (16,110).

Das Kombinat „Mayak“ wurde an der Quelle des Flusses Tetscha gebaut (in weiteren Ausführungen innerhalb dieser Arbeit wird zur Erleichterung die englische Schreibweise „Techa“ oder „Techa-River“ benutzt). Es besteht aus Uran-, Plutonium- und Chemiefabriken, sowie Lager für Nuklearrückstände und abgearbeiteten Brennstäben. Der erste Reaktor vom Urangraphit-Typ wurde am 22.06.1948 in Betrieb genommen. Im Dezember 1948 wurde die Fabrik für radiochemische Isolierung von Plutonium aus Uran eingeweiht und Anfang 1949 eine Fabrik für die Standardproduktion von Plutonium (70,1,118).

Das Betreiben der Produktionsstätte ohne angemessene Schutzvorkehrungen verursachte in den 50er und 60er Jahren mehrere schwere Unfälle in der Region. So waren alle „Mayak“-Arbeiter immer wieder einer externen γ -Strahlung ausgesetzt. Zusätzlich nahmen die in beiden Plutoniumfabriken Tätigen auch ^{239}Pu (α -Partikel) durch Inhalation auf (105,87). Außerdem führt die unkontrollierte Abgabe der radioaktiven Abfälle in den Techa-River im Zeitraum 1949-1956, die Explosion eines großen Lagertanks bei Kyschtym am 29.09.1957 und die Verteilung von Radionukliden durch einen Wirbelwind aus dem vertrockneten See Karachay (benutzt als offene Deponie für radioaktives Material) im Sommer 1967,

zur Kontaminierung von Tausenden von Quadratkilometern und geringfügiger Exposition von Hunderttausenden von Menschen (2). Zu Einzelheiten über die Beschwerden der Betroffenen siehe detaillierte Ausführungen am Ende des Kapitels unter der Überschrift "Gesundheitliche Früh- und Späteffekte der Populationen im Südural".

In den betroffenen Gebieten kam es zu Evakuierungen von ganzen Siedlungen. Ca. 1 700 Personen mußten sogar zweimal - zunächst aufgrund der Verseuchung des Tеча-River, dann als Folge des Kyschtym-Unfalls - umgesiedelt werden (77). Eine Übersicht der bekannten Informationen wird in der folgenden **Tabelle 1** und **Abbildung 1** wiedergegeben.

Tabelle 1: Strahlenunfälle im Südural (105,1,2,119).

	„Mayak“-Arbeiter 1949-1959	Techa-River 1949-1956	Kyschtym- Explosion 29.09.57	Karachay- See 1967
Freigesetzte Aktivität [Bq]	300 x 10 ¹⁷	1 x 10 ¹⁷	7.4 x 10 ¹⁷	0.002 x 10 ¹⁷
Betroffene Personen insgesamt	1 828	124 000	272 000	42 000
Evakuierte/ vom Strahlen- feld entfernte Personen	> 807	> 8 000	11 000	Keine
Gesundheit- liche Folgen	Hämatologische und neurologische Störungen	Hämatologische und neurologische Störungen, Knochenschmer- zen, u.a.	Hämatologische und neurologische Störungen	Nicht bestimmbar mit verfügbaren Methoden

Bq Becquerel

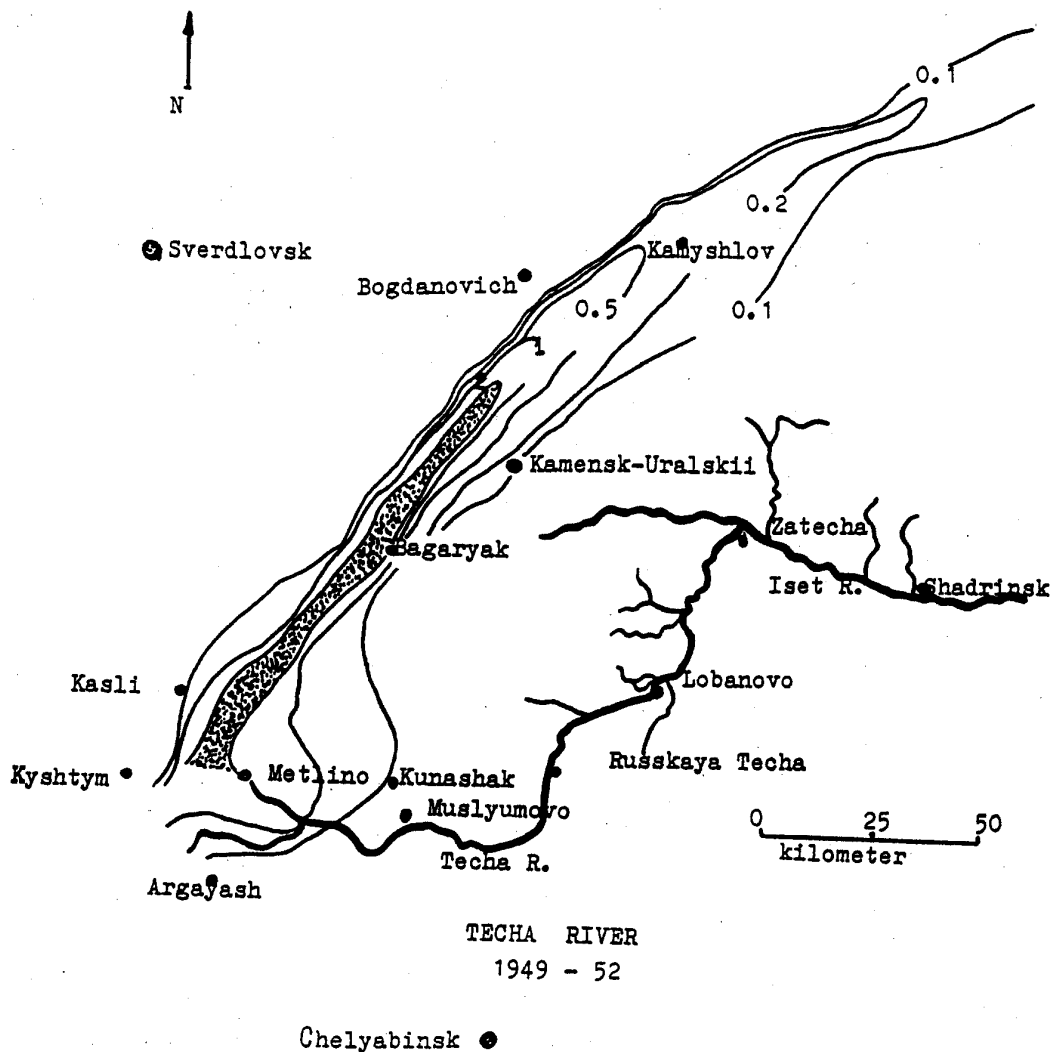


Abbildung 1: Darstellung der Region im Südural, die durch mehrere Strahlenunfälle in den 50er und 60er Jahren betroffen war (Akleyev und Lyubchansky 1994, S. 2). Der Karachay-See (nicht auf der Karte vermerkt) befindet sich westlich der Stadt Argayasch. Besonders hervorgehoben ist das Gebiet, welches durch die Tankexplosion bei Kyshtym in 1957 kontaminiert wurde (ca. 23 000 km²). Die Zahlenangaben beziehen sich auf die Strahlenaktivitätsdichte für ⁹⁰Sr (Strontium-90) pro Quadratkilometer in Curie-Einheiten [1 Curie = 3.7 x 10¹⁰ Becquerel].

Was ist bekannt über den „Techa-River-Unfall“

Expositionssituation

Der Techa entspringt aus zwei Seen (Irtyasch und Kyzyltasch) am Fuß des Urals und mündet über die weiteren Flüsse Iset, Tobol und Irtysch und schließlich über den Hauptstrom Ob in den Kara-See. Seine Länge beträgt 240 km, er ist bis zu 2 km breit und bis zu 2 m tief. Zwischen 1950 und 1952 befanden sich unmittelbar entlang des Techa-River 39 Siedlungen (s. auch **Abbildung 2**) mit insgesamt 28 083 Einwohnern, davon 30% jünger als 14 Jahren (69,110). Die Ortschaften waren überwiegend klein und mittelgroß - 21 der 39 Dörfer hatten bis zu 500 und 11 Dörfer über 1 000 Einwohner. Ihre Häuser bauten die Menschen traditionell aus Holz, Schulen und andere öffentliche Gebäude dagegen aus Ziegeln und Stein (69).

Die ländliche Bevölkerung setzte sich zusammen aus zwei ethnischen und religiösen Gruppen: einerseits Russen, die überwiegend innerhalb der ersten 65 km, und andererseits muslimische Tataren und Baschkiren (Anteil innerhalb der Gesamtpopulation: 24%), die hauptsächlich im weiteren Verlauf des Techa-River wohnten (69,76). Die Haushalte verfügten über kleine private Landwirtschaften für die eigene Versorgung mit Milch, Fleisch, Eiern, Kartoffeln und andere Gemüsesorten. Dem Fluß angrenzende Felder und Wiesen wurden hauptsächlich als Viehweide benutzt. Häufig wurde Fisch konsumiert (69).

Der Techa stellte zur damaligen Zeit die wichtigste Trinkwasserquelle dar. Über Brunnen verfügten nur einige wenige Familien in den größeren Dorfgemeinschaften, aber selbst sie nutzten das Flußwasser, welches offenbar einen besseren Geschmack aufwies (69,70).

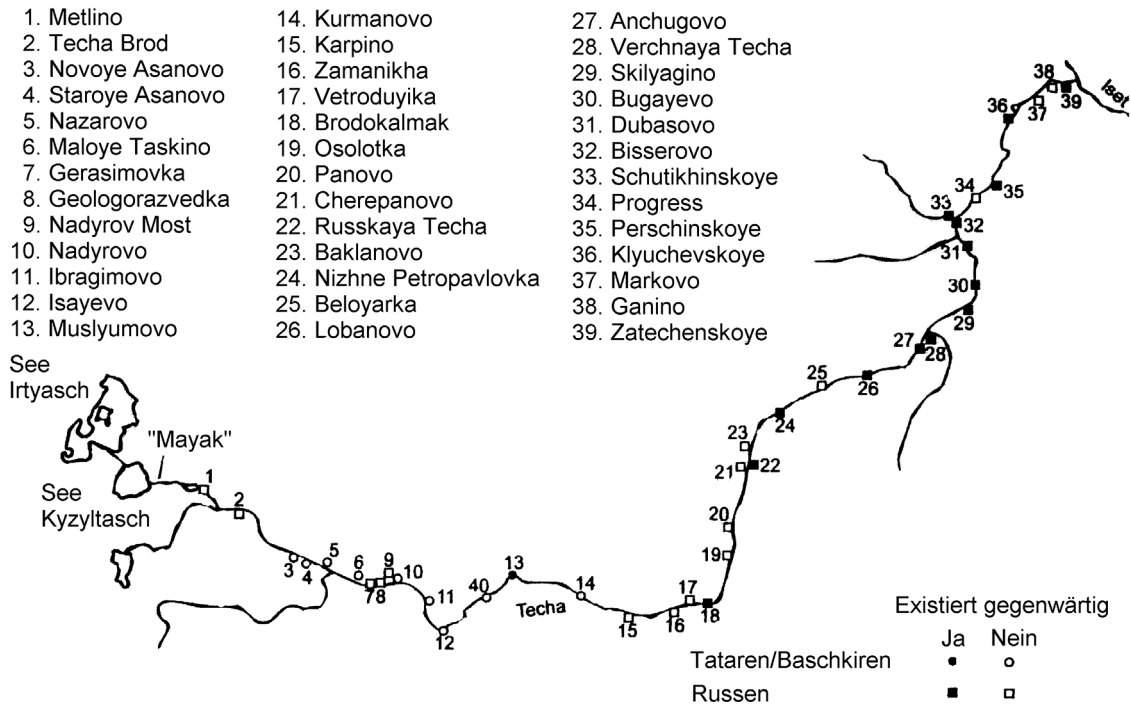


Abbildung 2: Verlauf des Techa-River mit Darstellung der Lokalisation der Plutoniumproduktionsstätte „Mayak“ und der einzelnen Siedlungen entlang des Flusses (Kossenko et al. 1997, S. 55).

Für die Zeitperiode der Einleitung radioaktiver Abfälle von der Produktion des Fabrikkomplexes „Mayak“, kam es zwischen 1949 bis einschließlich 1956 zur Entsorgung von 7.6×10^7 m_ flüssiger Produkte der Uranspaltung mit einer Gesamtaktivität von 1×10^{17} Bq [1 Bq = 1 Zerfall pro Sekunde]. Zum Vergleich betrug die Freisetzungsaktivität bei dem Unglück von Tschernobyl im April 1986 20×10^{17} Bq (46). Die Hauptmenge (ca. 95%) der freigesetzten Radioaktivität gelang in den Techa während des Zeitraums zwischen März 1950 und November 1951 und betrug 0.0016×10^{17} Bq pro Tag (70). Die Zusammensetzung der Nuklide ist in **Tabelle 2** angegeben. Ab 1952 wurden die Einleitungen drastisch verringert. So betrug die Freisetzungsaktivität für das ganze Jahr 1952 0.0035×10^{17} Bq, für 1953-1956 variierte sie von 0.0002×10^{17} bis zu 0.0008×10^{17} Bq pro Jahr (70).

Tabelle 2: Zusammensetzung der Radionuklide, die im Zeitraum 1950-1951 in den Techa-River eingeleitet wurden (70,67).

Nuklid	Physikalische HWZ	Zerfallsart Strahlung	Anteil an der Gesamtaktivität [%]	Meist exponiertes Organ
⁸⁹ Sr	50 Tage	b ⁻	8.8	Magen/Darm
⁹⁰ Sr	29 Jahre	b ⁻	11.6	Knochen/RKM
¹³⁷ Cs	30 Jahre	b ⁻ , g	12.2	Ganzkörper
⁹⁵ Zr	64 Tage	b ⁻ , g	13.6	Ganzkörper
⁹⁵ Nb	35 Tage	b ⁻ , g		
¹⁰³ Ru	39 Tage	b ⁻ , g	25.9	Ganzkörper
¹⁰⁶ Ru	1 Jahr	b ⁻		
Seltene Erden		b ⁻ , g	26.8	Ganzkörper

⁸⁹ Sr, ⁹⁰ Sr	Strontium-89, Strontium-90	⁹⁵ Nb	Niob-95
¹³⁷ Cs	Cäsium-137	⁹⁵ Zr	Zirkon-95
¹⁰³ Ru, ¹⁰⁶ Ru	Ruthenium-103, Ruthenium-106	HWZ	Halbwertszeit
RKM	rotes Knochenmark		

Die Konzentration der freigesetzten radioaktiven Isotope verminderte sich durch die Verdünnung beim Zusammenschluß des Techa mit dem Iset-River ca. um den Faktor 10. Um einen weiteren Faktor 10 verringerte sich diese Konzentration am Anfang des nächsten Flusses – des Tobol (70).

Zu der Kontaminierung des Wassers kommt noch die Verseuchung der Sedimente und des Flußufers hinzu. Der Hauptanteil (ca. 70%) der Radionuklide, die zwischen 1950 und 1951 freigesetzt wurden, setzte sich in den Sedimenten zweier Teiche (Koksharov und Metlinsky) an der Quelle des Techa-River fest. Ungefähr 10% lagerten sich in den Sedimenten innerhalb 80 km vom Ort der Freisetzung ab. Sie führten zur Sekundärkontamination des Flußwassers. Im April und Mai 1951 ereignet sich zusätzlich eine außerordentliche Überschwemmung der Landgebiete entlang des Flusses mit Verseuchung der Viehweiden (70,1,23).

Auf diese Weise sind seit 1949 entlang des gesamten Techa-Iset-Tobol-Flußsystems etwa 124 000 Menschen mit ionisierender Strahlung in Kontakt durch Radionuklide gekommen (70,1). Am meisten betroffen sind dabei die ca. 28 100 Bewohner des Techa-River, die durch den Aufenthalt im Gebiet und durch den jahrelangen Gebrauch des Wassers im alltäglichen Leben (zum Trinken, für den

Haushalt, die Gärten und das Vieh) eine chronische inhomogene kombinierte äußere (vornehmlich γ -Strahlen) und innere (Aufnahme von γ - und β -emittierenden Radionukliden) Exposition erlitten, die zum Teil noch bis in die Gegenwart anhält.

Die *externe* Strahlenbelastung wurde hervorgerufen durch die erhöhte Hintergrundstrahlung am Fluß (der gewissermaßen eine "offene" Strahlenquelle darstellte) und das Vorhandensein in den Sedimenten und dem angrenzenden überschwemmten Land von ^{137}Cs , ^{106}Ru , ^{95}Zr und anderer Isotope (s. **Tabelle 2**).

Die *interne* Strahlenbelastung resultierte im Verlauf der Zeit aus Inkorporation von ^{89}Sr , ^{90}Sr und ^{137}Cs über die Aufnahme von Trinkwasser aus dem Fluß und kontaminierten Nahrungsmitteln (Fisch, Fleisch, Milch, Eier, Gemüse). Insbesondere die letzten beiden Radionuklide, die eine physikalische Halbwertszeit von ca. 30 Jahren besitzen, trugen zur Exposition bei (s. **Tabelle 2**). ^{137}Cs lagert sich in Muskel- und Weichteilgewebe ein mit einer biologischen Halbwertszeit von ca. 120 Tagen (67). ^{90}Sr (welches chemisch analog zum Kalzium ist) wird in die Knochensubstanz eingebaut, wo sein metabolischer Austausch wesentlich langsamer erfolgt (67). So ist dieses inkorporierte Isotop bei betroffenen Personen auch bis in die heutige Zeit nachweisbar und Quelle einer Strahlenbelastung für das Skelettsystem selbst und auch für die „kritische“ Struktur, die sich in anatomischer Nähe befindet - das blutbildende Knochenmark (3).

Wie Aktivitätsmessungen Anfang der 90er Jahre im Rahmen eines deutsch-russischen Projekts des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gezeigt haben, sind gegenwärtig immer noch erhöhte Mengen ^{137}Cs und ^{90}Sr entlang des Tschernobyl-Flusses nachweisbar (16). In Milch von privaten Haushalten dort wurde, im Vergleich zu staatlichen Molkereien (die Lieferanten aus unterschiedlichen Ortschaften haben), eine 5 bis 25fach höhere Konzentration von ^{90}Sr gemessen (68).

Evaluation der Strahlenbelastung

Die Strahlenbelastung durch die erhöhte Hintergrundstrahlung einerseits und die im Körper aufgenommene Aktivität andererseits, wirkt zwar als Ganzes auf den menschlichen Organismus im verseuchten Tscherev-Gebiet ein, ihre zwei Komponenten können aber bei physikalischen Dosisrekonstruktionen nur getrennt bestimmt werden. Die Angaben sind annähernd (Schätzwerte) und beziehen sich zum Teil auf ganze Bevölkerungsgruppen (71,23). In **Abbildung 3** ist die außergewöhnliche Expositionssituation der Tscherev-Population exemplarisch anhand der Verlaufskurven der von sowjetischen Wissenschaftlern kalkulierten externen und internen Dosen einer Betroffenen dargestellt.

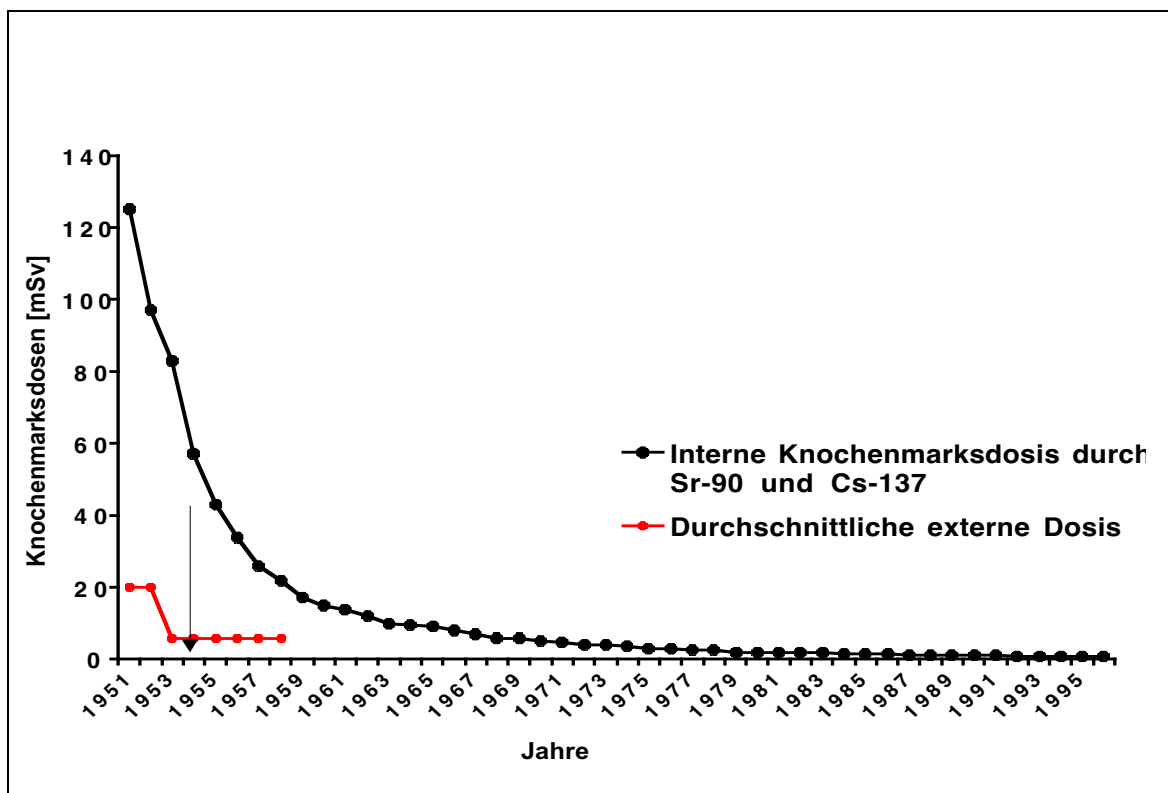


Abbildung 3: Geschätzte jährliche externe und interne Dosen einer Tscherev-Patientin im Verlauf der Zeit (5), mSv: Millisievert, Sr-90: Strontium-90, Cs-137: Cäsium-137.

Grundlage für die *Berechnung der externen Exposition* sind über 1 000 Messungen des γ -Strahlenfeldes, ab dem Sommer des Jahres 1951, die an relevanten Orten des kontaminierten Gebietes (am Ufer des Techa, im Landesinneren, an öffentlichen Plätzen innerhalb der Ortschaften, sowie in einigen der Häuser) durchgeführt wurden (3,77). Daraus entstanden die „durchschnittlichen jährlichen Dosen“ (s. auch **Abbildung 3**) als Kollektivmittelwerte für jedes Dorf entlang des Techa (71).

Die höchste externe Strahlenbelastung wurde auf diese Weise in der ersten Siedlung flußabwärts von „Mayak“ ermittelt, welche sich innerhalb 7 km vom Ort der Freisetzung der Abfälle befand. Für die Zeitperiode der Entsorgung der meisten radioaktiven Abfälle in den Techa-River (1950-1951) soll die γ -Strahlung in diesem Dorf Metlino 500-2000 mSv/a (1.4-5.5 mSv/d) betragen haben (3,23). Im weiteren Verlauf des Techa verringerte sich die äußere Bestrahlung als Funktion der Entfernung der Siedlungen von „Mayak“, sowie der einzelnen Häuser vom Ufer (1,71). Zum Vergleich ist die in **Abbildung 3** dargestellte geschätzte externe Dosis für die beschriebene Patientin, die zum selben Zeitpunkt 81 km weiter flußabwärts wohnte, 20 mSv/a (0.05 mSv/d). Der Betrag der internen Strahlenbelastung durch inkorporierte Nuklide ist darin nicht enthalten.

Durchschnittliche jährliche Dosen durch externe Strahlenexposition wurden nicht nur für die einzelnen Dörfer entlang des Techa, sondern auch für die unterschiedlichen Altersgruppen innerhalb der Ortschaften berechnet. Zur Berücksichtigung kamen dabei die spezifischen Lebensgewohnheiten - zum Beispiel längeres Aufhalten am Fluß und im Freien von Kindern und Jugendlichen (71). Junge Personen waren also einer vergleichsweise höheren äußeren Strahlenbelastung ausgesetzt als ältere.

Nach 1956 verminderte sich die externe Exposition der Techa-River-Bewohner stark durch die Beendigung der weiteren radioaktiven Freisetzung in den Fluß (23). Das gesamte Dorf Metlino (1 242 Einwohner) wurde bereits vorher evakuiert – zwischen 1953 und 1956. Weitere 23 Ortschaften (insgesamt ca. 6 300 Personen) wurden im Zeitraum 1956-1960 umgesiedelt (70). Die in **Abbildung 3** dargestellte Patientin mußte in 1959 die kontaminierte Gegend verlassen.

Mehrere zusätzliche Maßnahmen offizieller sowjetischer Behörden zielten darauf die Aufnahme von Radionukliden durch die Bewohner am Techa-River zu verringern. Sie beinhalteten Nutzungsverbote für das Flußwasser und Abgrenzung der Überschwemmungsgebiete (landwirtschaftliches Ackerland von ca. 8 000 Hektar) ab 1953, sowie die Versorgung aller Haushalte mit Grundwasserbrunnen bis Ende 1954. Diese Vorkehrungen waren allerdings nicht sehr wirksam, da die Restriktionen nicht mit einer entsprechenden Aufklärung der Bevölkerung verbunden waren. So wurde das Wasser vom Techa weiter genutzt bis zum Einsatz von speziellen „Flußmiliz“-Patrouillen ab 1956 (70,1).

Im selben Jahr verminderte der Bau eines Dammes das Eindringen radioaktiver Substanzen aus den abgesonderten oberen Abschnitten des Techa. Die weitere Kontamination der unteren Flußabschnitte wurden effektiv durch die Fertigstellung einer weiteren Staustufe ab 1963 gestoppt (69).

Zur *Evaluation der inkorporierten Radioaktivität* durch das Hauptnuklid ^{90}Sr ist die Kenntnis seiner Verteilung und Verhalten im Organismus notwendig. Bei dem für die Bevölkerung des Techa-River typischen Zufuhrweg der Ingestion (Aufnahme durch kontaminiertes Wasser und Nahrungsmittel über dem Gastrointestinaltrakt ins periphere Blut) gelang nur ca. 30% der eingeführten Aktivität ins Gefäßsystem. Wiederum nur ein Teil davon erreichte den Knochen und wurde altersabhängig eingebaut - der Anteil beim 15-Jährigen (ca. 39%) war somit mehr als doppelt so groß wie beim Erwachsenen (ca. 15%) (67). So wiesen Betroffene, die während der Strahlenexposition in 1949-1956 13-15 Jahre alt waren, bei späteren Messungen die höchste ^{90}Sr -Aktivität im Körper auf (71). Verteilungsmuster und Abbauraten waren ebenfalls altersabhängig (67).

Für die Bestimmung der Aktivität von inkorporiertem ^{90}Sr stehen mehrere Meßtechniken zur Verfügung wobei entweder der direkte Nachweis von β -Teilchen zur Anwendung kommt, oder aber die indirekte Messung von Bremsstrahlung (67). Alle Verfahren haben allerdings den Nachteil, daß die eigentlich interessierende Größe – die in einem Organ (zum Beispiel das rote Knochenmark) enthaltene Aktivität zu einem bestimmten Zeitpunkt in einer Person – nicht direkt bestimmt werden kann (67).

Zum Monitoring der Strahlenbelastung des Körpers betroffener Probanden wurden zum einen von 1951 bis 1973 über 4 000 Messungen der mit Stuhl oder Urin ausgeschiedenen ^{90}Sr -Aktivität durchgeführt (3). Sie gab einen nur indirekten Hinweis auf die mögliche inkorporierte Menge des Isotops. Außerdem wurden auch ca. 3 000 Gewebemessungen verschiedener Organe nach Autopsien verstorbener Personen herangezogen (3). Bei beiden Methoden erfolgte der Nachweis von Radioaktivität über eine Zählung der β -Teilchen nach chemischer Trennung (67).

Eine weitere Technik mißt das Gehalt im Körper an Radionukliden *in vivo* – der Einsatz eines Ganzkörperzählers. Hier kann die im Knochen eingebaute Aktivität mittels Analyse der Bremsstrahlungsintensität bestimmt werden (67,71). Das Verfahren wurde ab 1974 bei den strahlenexponierten Bewohnern im Südrural eingesetzt und bis in die 90er Jahre mit über 28 000 Messungen an mehr als 14 000 Personen durchgeführt (114). Der Beitrag einzelner Nuklide muß rechnerisch ermittelt werden (67). Einige Faktoren erweisen sich als störend, zum Beispiel die schwankende Konzentration von Radon und dessen Folgeprodukte in der Luft (im Rahmen der natürlichen Hintergrundstrahlung), das ^{137}Cs (ähnliche physikalische Halbwertszeit wie das ^{90}Sr) sowie das in jedem Körper vorhandene ^{40}K . Dagegen ist der Beitrag des kurzlebigen ^{89}Sr (physikalische Halbwertszeit von 50 Tagen) für die interne Strahlenbelastung von Tschernobyl-Patienten in der heutigen Zeit zu vernachlässigen (67).

Die berechneten Werte der ^{90}Sr -Aktivität dienen als Eingangsparameter für altersspezifische metabolische Standardmodelle des Isotops (23,71). Die Strahlenbelastung für die Zeitspanne von der Ablagerung des Radionuklids im Körper bis zur Messung kann dabei anhand mathematischer Simulationen der Aufnahme bestimmter Ingestionsraten und Retention von ^{90}Sr im menschlichen Organismus und die effektive Halbwertszeit geschätzt werden. Die somit ermittelten Dosiswerte sind ungenau, da der individuelle Metabolismus oder die persönliche Ausgangslage nicht berücksichtigt sind (23,71). Eine zusätzliche Störgröße ist, daß das Nuklid nicht einmalig, sondern über Jahre hinweg und inhomogen zugeführt wurde (67).

Die interne Exposition der Tеча-River-Bewohner (erzeugt vornehmlich durch inkorporierte ^{90}Sr -Aktivität) wurde von sowjetischen Spezialisten als durchschnittliche jährliche Dosis berechnet, die das Knochenmark – als das am meisten strahlenausgesetzte Organ – absorbiert hat („internal dose to red bone marrow“). Diese Strahlenbelastung in den Jahren der höchsten Freisetzung von Abfällen der Plutoniumfabrik in den Tеча betrug, Einschätzungen zufolge, bis über 120 mSv/a (0.3 mSv/d) (s. Abbildung 3). Die Gesamtdosis („total accumulated dose“) über einem Zeitraum von mindestens 25 Jahren nach Beginn der Exposition soll in einzelnen Fällen bis zu 4 Sv betragen haben (23,71). Die genaue Dosisrate ist unbekannt.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß die Evaluation der Exposition von Betroffenen im Südurals ein außerordentlich kompliziertes Verfahren darstellt. Einbezogen werden müssen metabolische Simulationsmodelle und viele Parameter wie „Eckdaten“ von wiederholten Aktivitätsmessungen am Organismus (biologische Proben oder Ganzkörper) und der Umgebung (Proben vom Fluß, Nahrungsmitteln, usw.). Notwendig sind außerdem Angaben über Zufuhrzeiträume der aufgenommenen Isotope, Zugehörigkeit der Menschen zu einer bestimmten ethnischen oder Alterspopulation, Eßgewohnheiten (viel Fisch, viel Tee), Trinkwasserversorgung (aus dem Tеча oder Tiefbrunnen, ggf. Umstellungszeitpunkt), Umfang der Nutzung des Hochwasserbettes als Gemüsegarten oder als Viehweide, Umsiedlungszeitpunkt aus dem verseuchten Gebiet, usw.

Viele dieser Daten sind nicht mehr individuell zu ermitteln oder aber werden auch nachträglich korrigiert (71,78). Bei der Vielzahl betroffener Personen mit ganz unterschiedlichen Lebensweisen und Schicksalen ist klar, daß die Dosen einzelner Probanden (auch innerhalb der gleichen Altersgruppe einer Siedlung) erheblichen Schwankungen unterliegen können. Die Angaben der erhaltenen Strahlenbelastung weichen in verschiedenen Quellen voneinander ab (3,71). Gegenwärtig befassen sich mehrere internationale Forschungsvorhaben mit der Validierung der Strahlenbelastung der Tеча-River-Region und ihre Bevölkerung (20,110,126).

Gesundheitliche Früh- und Späteeffekte der Populationen im Südur

In den ersten 5 Jahren der Freisetzung radioaktiver Abfälle in den Techa kam es bei den Bewohnern des Gebietes zu gehäuften gesundheitlichen Störungen. Sie umfaßten sowohl subjektive Allgemeinbeschwerden, als auch „meßbare“ klinische Zeichen und Symptome verschiedener Organsysteme (s. Tabelle 3). Außerdem kam es in dieser Zeitperiode bei Kindern unter 4 Jahren zu erhöhten Inzidenz und Mortalität durch Infektionen (v.a. des Respirationstraktes). Einige davon waren bereits in utero strahlenexponiert. Zusätzlich sind bei dem Anteil der Bevölkerung im Alter >60 Jahren erhöhte Sterberate an kardiovaskuläre Erkrankungen registriert worden (2).

Tabelle 3: Übersicht der beobachteten Beeinträchtigungen von Personen im Südur in den ersten Jahren der chronischen Strahlenexposition (Akleyev et al. 1995, Okladnikova et al. 1994, Guskova und Baysogolov 1971).

Organsystem	Gesundheitliche Beeinträchtigungen
Allgemein-symptome	Kopfschmerzen, Schwindel, leichte physische und mentale Ermüdbarkeit, allgemeine Schwäche, Apathie, Gemütsschwankungen (Reizbarkeit), Schlaf- und Gedächtnisstörungen, Appetitlosigkeit, übermäßiges Schwitzen, Gewichtsabnahme
Herz-Kreislauf-System	Funktionelle Störungen (Systolikum über die Herzspitze, Tachykardie, Bradykardie, Extrasystolen, Puls- und Blutdruckschwankungen - zunächst Neigung zu arterieller Hypotonie, im Laufe der Zeit Entwicklung erhöhter Blutdruckwerte), erhöhte Gefäßpermeabilität, Myokarddystrophie
Nervensystem	abnorme (abgeschwächte, asymmetrische) periphere Reflexe, motorische Störungen, statische Ataxie, Nystagmus, vestibuläre Störungen, Sensibilitätsstörungen, Muskelhypotonie
Verdauungs-system	verminderte Magensaftsekretion
Hämatopoese	Leuko-, Thrombo- und Granulopenien, Linksverschiebung, Hypoplasie des Knochenmarks, weniger häufig Lymphopenie und Anämie
Bewegungs-apparat	Knochen- und Gelenkschmerzen
Andere Organsysteme	Störungen der unspezifischen Immunität (Verminderung des Lysozym im Speichel, sowie der phagozytierenden Makrophagen), Hypoplasie der Geschlechtsorgane, Häufung von Nephropathie in der Schwangerschaft, Hypo- und Oligomenorrhoe, Zyklusstörungen

Viele der in **Tabelle 3** aufgeführten Allgemeinsymptome (Schwäche, Apathie, Ermüdbarkeit) werden nach sowjetischen Angaben oft mit dem Begriff „Asthenie“, funktionelle Beschwerden des Herz-Kreislauf-Systems dagegen (Hypotonie, Tachykardie) als „vegetative Dystonie“ bezeichnet (2). Zusammen mit den hämatologischen Störungen in Form von Leuko-, Granulo- und Thrombopenie wurden sie sowohl bei den Bewohnern des Tеча-River, als auch bei Betroffenen des Kyschtym-Unfalls beobachtet (s. **Tabelle 1**). Allerdings persistierten sie bei der ersten Population bedeutend länger (1-2 Jahrzehnte), bei der zweiten dagegen waren sie innerhalb 1-2 Jahre reversibel (2). Strahlenexponierte nach dem Karachay-Unfall in 1967 manifestierten, laut offiziellen Angaben, keine gesundheitliche Beeinträchtigungen (2, s. auch **Tabelle 1**).

Typisches Beschwerdebild des Bewegungsapparates ist die sogenannte „Ostealgie“ – charakteristische Schmerzen der langen Röhrenknochen, die sich bei Wärme und Ruhe verstärken - sie treten verstärkt nachts auf und werden von den Betroffenen subjektiv als sehr störend empfunden (73). Dieses Symptom ist bis jetzt nur bei den Bewohnern des Tеча-River beschrieben und wird mit der eingebauten ^{90}Sr -Aktivität im Skelettsystem assoziiert (2). Die genaue Pathophysiologie ist unbekannt.

Aufgrund der gehäuften, mehr oder weniger schwerwiegenden gesundheitlichen Beeinträchtigungen sowohl von Arbeitern des Produktionskomplexes für Plutonium "Mayak", als auch von Bewohnern des Tеча-River-Gebietes, wurden 2-4 Jahre nach Beginn der Exposition reguläre medizinische Inspektionen in den Ortschaften entlang des Flusses initiiert (2). Die Leiter eines speziell ausgewählten Teams sowjetischer Spezialisten für Strahlenmedizin aus Moskau, die Professoren A. K. Guskova und G. D. Baysogolov, erkannten in den Befunden und Beschwerden der exponierten Personen eine unspezifische, in ihrem Verlauf aber charakteristische Reaktion auf die chronische Strahlenbelastung. Sie definierten eine separate Krankheitsentität, die sogenannte „chronische Strahlenkrankheit“ (45,72). Im Folgenden wird aus praktischen Gründen die englische Abkürzung "CRS" (von „Chronic Radiation Sickness“ oder „Chronic Radiation Syndrome“) benutzt.

So wurden viele der in **Tabelle 3** aufgeführten gesundheitlichen Beeinträchtigungen – hämatologische Störungen (Leuko-, Thrombo- und Granulopenie), Asthenie, vegetative Dystonie, Ostealgie - als typische Symptome dieser Krankheit aufgefaßt (2,72).

Der Symptomenkomplex ist erstmalig bei "Mayak"-Arbeitern (geschätzte maximale jährliche Dosis durch γ -Strahlen nach sowjetischen Angaben 2 000-3 000 Sv oder 5-8 mSv/d) beobachtet (3,105). Davon betroffen sind ca. 1 500 Beschäftigte der Plutoniumfabrik - die Diagnose "CRS" wurde bei ihnen im Zeitraum 1949-1953 gestellt. Sie basierte hauptsächlich auf den registrierten hämatologischen Abweichungen im peripheren Blut - Leukopenie, Thrombopenie, Granulopenie. In Einzelfällen sind auch moderate Anämien beobachtet - allerdings verminderten sich die Erythrozyten-Werte für die Mehrzahl der Patienten nur geringfügig und verblieben an der unteren Normgrenze. Die Blutzellzahlen von Leukozyten und Thrombozyten dagegen fielen auf bis zu 40-65% der Norm ab. Eine moderate Gesamthypoplasie des Knochenmarks ist bei 27, eine partielle Hypoplasie der Granulopoese bei 16 von insgesamt 374 untersuchten Arbeitern festgestellt. Außerdem hatte eine hohe Anzahl Betroffener (80%) Symptome einer Asthenie und Dystonie (105).

Viele "Mayak"-Arbeiter wurden aufgrund ihrer Beschwerden, die zu eingeschränkter Erwerbsfähigkeit führte, in Kureinrichtungen geschickt und neuen beruflichen Tätigkeitsfeldern zugewiesen (ohne Strahlenbelastung am Arbeitsplatz) (1). 5-10 Jahre nach Beendigung der Exposition kam es zu Normalisierung der peripheren Blutzellzahlen bei 85-90% der Patienten mit "CRS". Die Thrombozyten stabilisierten sich fast vollständig nach 5 Jahren, die Leukozyten mancher Betroffener verblieben aber - selbst nach 20-25 Jahren - auf einem 90-95%igen Niveau. Was das Auftreten somatischer Erkrankungen innerhalb dieser Personengruppe im Laufe der Zeit angeht, zeigt sich eine ähnliche Inzidenz und Verteilungsmuster wie in nicht exponierten Populationen. So finden sich bei über 60-jährigen Betroffenen vor allem Erkrankungen des Herz-Kreislauf- und Gastrointestinal-Systems, sowie des Bewegungsapparates. Vielfach entwickelte sich lediglich eine frühzeitige (40.-49. Lebensjahr) zerebrale Atherosklerose (105).

Die häufigste Todesursache bei den "Mayak"-Arbeitern während einer Beobachtungszeit von über 40 Jahren sind Krebserkrankungen. In dem Zeitraum 1952-1961 sind das überwiegend akute myeloische Leukämien (ca. 32% der Patienten mit "CRS"), danach Lungen-Karzinome (vor allem bei Betroffenen, die bei Ausübung ihrer Tätigkeit ^{239}Pu durch Inhalation aufnahmen). Die zweithäufigste Todesursache ist ischämische Herzkrankheit (Durchschnittsalter 59 Jahre) (105,87).

Außer bei den "Mayak"-Arbeitern ist die Diagnose "CRS" zwischen 1952 und 1973 auch bei 940 Personen der Tеча-River-Population gestellt worden, davon bei >95% in den 50er Jahren (78). Am häufigsten (>50% der Fälle) traten Störungen der Hämatopoese auf. Es folgten Beeinträchtigungen des Nervensystems, wobei sie auch in Kombination beobachtet worden sind (72). Bei mehreren Patienten sind im nachhinein allerdings Symptome und Befunde, die ursprünglich als Reaktion auf die chronische Strahlenexposition aufgefaßt wurden, mit anderen ätiologischen Ursachen (Systemerkrankungen oder Infektionen) in Zusammenhang gebracht und die "CRS"-Diagnose retrospektiv bei 874 Personen revidiert worden (75,78).

Eine Normalisierung der peripheren Blutzellzahlen betroffener Personen mit Leuko-, Granulo- und Thrombopenie ist nach russischen Angaben im Durchschnitt nach 13-16 Jahren erfolgt, die neurologische Symptomatik ist nach einer längeren Zeitperiode (ca. 14-20 Jahren) reversibel (2).

15-19 Jahre nach Beginn der Exposition kommt es bei den Bewohnern innerhalb der ersten 150 km vom Ort der radioaktiven Freisetzung zu gehäuftem Auftreten myeloischer Leukämien (AML und CML) und anderer Tumorarten (Uterus, Ösophagus, Colon und Rektum) (2,3).

Strahlenbiologische Grundlagen

Die Wirkung ionisierender Strahlung auf den lebenden Organismus vollzieht sich in Form einer Energieübertragung, wobei nur absorbierte (nicht lediglich hindurchtretende) Strahlung einen Effekt hervorruft (48). Die biologischen Folgen sind prinzipiell um so ausgeprägter, je größer die Energieaufnahme oder *absorbierte Energiedosis* (die auf eine bestimmte Masse lebende Materie übertragen wird) ist (28). Jedoch hängt die Energieübertragung wesentlich von der Art des bestrahlten Materials ab und ist *gewebespezifisch* aufgrund physiologischer (Zellumsatz, Durchblutung, Sauerstoffkonzentration, usw.) und anderer Faktoren (Funktionszustand, klinische Ausgangslage)(50). Sie bestimmen die Strahlensensitivität der verschiedenen Gewebearten (9,44). Außerdem ist die Antwort des Gesamtorganismus abhängig von *Spezies, Alter, Geschlecht, Allgemein- und Ernährungszustand* (9).

Zwischen den *verschiedenen Strahlenarten* bestehen außerdem beträchtliche qualitative Wirkungsunterschiede. So ist der durch α -Teilchen erzeugte Effekt im Gewebe etwa 20 mal größer als der von β -Partikel der gleichen Dosis (48). Umgekehrt sind die aufgenommenen Energiedosen zweier gleicher Gewebeproben, die einer α - bzw. β -Strahlung solange ausgesetzt sind, daß die selben Folgen (zum Beispiel gleiche Anzahl geschädigter Zellen) auftreten, unterschiedlich (121). Der größere Effekt (relative biologische Wirksamkeit) von α -Teilchen auf die gleiche Masse lebender Materie ist durch die höhere Anzahl erzeugter Ionen, bzw. Anregungen pro bestrahltem Volumen zu erklären (dicht ionisierende gegenüber locker ionisierende Strahlung). Die meßtechnisch schwer erfaßbare Ionisationsdichte wird über dem sogenannten „linearen Energie-Transfer“ (LET) definiert, der den mittleren Energieverlust eines ionisierenden Teilchens in biologischer Materie bezeichnet (44,48).

Die meisten Wirkungen in biologischen Objekten hängen auch von der *zeitlichen Verteilung der ionisierenden Strahlen* ab. Der Effekt einer kurzzeitigen (zum Beispiel in Minuten oder Stunden verabreichten) Energiedosis kann von den Folgen einer kontinuierlichen (über einen noch längeren Zeitraum einwirkenden) Bestrahlung in bestimmten Dosisraten, und sie wiederum von denen einer Fraktionierung (Verabreichung in mehreren Portionen, die durch bestrahlungsfreien Intervallen voneinander getrennt sind) differieren. Das hängt mit der physiologischen Erhöhung der Strahlenresistenz bei protrahierter Einwirkung oder Fraktionierung zusammen – nämlich mit einsetzenden intrazellulären Erholungsprozessen, die zur Minderung des Endeffektes führen. Die ionisierende Strahlung trifft dann auf sensibilisierte oder desensibilisierte Gewebe (44). Dabei gilt, daß eine Erholung während einer andauernden Wirkung von niedrigen Dosen locker ionisierender (β - und γ -) Strahlen möglich ist und das ein Gewebe bei fraktionierter Verabreichung eine höhere Dosis toleriert, als nach Einzeitbestrahlung (44,50). Bei dicht ionisierenden Strahlen (α -Teilchen oder Neutronen) ist dagegen eine Kompensation des Schadens nicht möglich, so daß die biologische Wirkung unabhängig von der Dosisleistung oder der Fraktionierung ist (44).

Schließlich spielen für die Folgen einer Strahlenbelastung die *Expositionsart* und das *räumliche Verteilungsmuster* im Körper eine Rolle - ob es sich um eine äußere Gesamt- oder Teilkörperexposition, sowie Kontamination und/oder innere Strahleneinwirkung (Inkorporation) handelt. In Anbetracht der Distribution des blutzellbildenden roten Knochenmarks beim Menschen auf mehr als 100 Knochen des Rumpfskeletts und Schädels und deren partiellen Teilautonomie, ist es bei einer Teilexposition möglich, die Hämatopoese durch die ungeschädigten Stammzellen der unbestrahlten Körperabschnitte komplett zu regenerieren (22,36).

Je gleichmäßiger die Bestrahlung auf den Organismus einwirkt, desto niedriger ist die Dosis, die auf einzelne Organe oder Körperteile verteilt wird und in deren Folge es zum Schaden oder Tod kommt (9). Die Bedingungen für eine gleichmäßige Exposition des Säugetierorganismus können zwar im Tierexperiment simuliert werden, für den Menschen jedoch - als viel größeres Objekt - ist bei akzidenteller Belastung eine Homogenität der absorbierten Dose nur selten gegeben. Insbesondere ist das der Fall bei Exposition gegenüber Strahlenquellen, die von ahnungslosen Opfern nicht als solche erkannt werden und über einen längeren Zeitraum im Alltag einwirken (55,56,62). Zu einer ungleichmäßigen Verteilung der Dosis im Körper kommt es (wie bei den Opfern des Tschernobyl-Unfalls) auch durch Aufnahme von Isotopen, die sich spezifisch in verschiedenen Geweben (Knochen) anreichern. Die klinischen Folgen hängen wesentlich von der biologischen Halbwertszeit der radioaktiven Substanz und der Ausscheidungsfunktion des Organs ab (92).

Die Wirkung ionisierender Strahlen auf den Gesamtorganismus geht auf Effekte auf die molekulare und zelluläre Ebene zurück, wo die Energieabsorption eine komplexe Abfolge von physikalischen, chemischen und schließlich biologischen Reaktionen unterschiedlicher Zeitausdehnung hervorruft. Eine eindeutige Trennung zwischen den einzelnen Phasen der Reaktionskette ist oft nicht möglich und geschieht aus rein wissenschaftlichen und didaktischen Gründen (48,89). Von praktischer Bedeutung ist die Auswirkung auf die Zelle als kleinste lebende Einheit des Organismus. Deren Schicksal beeinflusst die höher stehenden Ebenen (Gewebe, Organe, Organsysteme), wobei jeweils ein gewisses „Minimum an Effekten“ für die Manifestation von funktionellen Beeinträchtigungen von unten nach oben erforderlich ist und jede Ebene eigene Mechanismen der Beseitigung von Schäden besitzt (28). Zu den Toleranzgrenzen gegenüber ionisierenden Strahlen auf die Organisationsstruktur der Zellsysteme und den Säugetierorganismus als Ganzes wird im nächsten Kapitel 1.2.3. eingegangen.

Zwei physikalisch-chemische Primärvorgänge auf molekularer Ebene (ausgelöst von allen Arten ionisierender Strahlung) sind durch die Energiedeposition nach „Treffervorgang“ auf die Zelle Grundlage aller biologischen Effekte (28). Die Ionisation (Valenzelektrone verlassen das Atom) und die Anregung (Hebung von Elektronen auf weiter außen liegenden Schalen) organischer und anorganischer Moleküle führen zu deren Instabilität und zu weiteren Reaktionen mit benachbarten Strukturen über die sekundäre Bildung von Ionen und freien Radikalen auf einer Länge von weniger als 1 μm bis zu einigen mm (28). Es kommt zu komplexen Auswirkungen auf verschiedene Substanzklassen und deren Stoffwechsel (Nukleinsäuren, Proteine, u.a.), sowie ganze Zellstrukturen (Organelle) (50).

Durch sehr hohe Dosen ionisierender Strahlung - über Störungen in der Sekundär- und Tertiärstruktur von Proteinen – werden u.a. Enzyme deaktiviert. Außerdem führen Permeabilitätsstörungen biologischer Membranen zur Verschiebung von Elektrolyten und Änderung von Membranpotentialen, sowie Ein- und Ausstrom größerer Moleküle (z. B. Enzyme). Als Folge kann es u.a. zu Funktionsstörungen, vor allem in Zellen mit erregbaren Membranen kommen (Nerven- und glatte Muskelzellen). Strahlenbedingte, lichtmikroskopisch sichtbare, Veränderungen im Zytoplasma sind Vakuolen (Röntgenbläschen) und Fettablagerungen (Zellverfettung), Auftreibung und Verlust der Cristae mitochondriales („trübe Schwellung“), sowie Reduzierung der Gesamtzahl der Mitochondrien, u.a. (50).

Die entscheidende „kritische Struktur“ für die biologische Wirkung ionisierender Strahlung an Zellen ist jedoch die Desoxyribonukleinsäure (DNS) im Kern, da sie die - für das Leben notwendige - genetische Information enthält (50). DNS-Schäden, die in Zusammenhang mit einer Strahlenbelastung auftreten können, sind Unterbrechungen des Molekül-Fadens (Einzel- und Doppelstrangbrüche), Schädigungen an den Basen (chemische Änderung oder Abspaltung), Zerstörung der Wasserstoffbindungen, Vernetzung verschiedener Moleküle, partielle Denaturierungen (50). Dabei stellen Doppelstrangbrüche die schwerwiegendste Entwicklung dar - wenn beide Stränge an zwei benachbarte Stellen getroffen werden, kommt es zum Durchtrennen des DNS-Moleküls und somit zur unwiederbringlichen Schädigung der gesamten Struktur.

Mögliche Folgen der DNS-Veränderungen (und somit Effekte ionisierender Strahlen auf der zellulären Ebene des Organismus) sind:

- Stimulation von effizienten Reparaturvorgängen unter der Beteiligung mehrerer Enzyme
- Störungen der Replikation und Transkription
- Chromosomenaberration
- genetische Mutation
- Mitosestörungen und Zelltod

Eine zumindest vorübergehende *Stimulation von DNS-Reparaturvorgängen* wird für niedrige Dosen von locker ionisierenden Strahlenarten (wie zum Beispiel Röntgenstrahlen) angenommen. So führt die einmalige *in vitro* Exposition gegenüber 5–10 mGy Röntgenstrahlung für ca. 60 Stunden zu signifikant reduzierter Anzahl Chromosomenaberrationen in menschlichen Lymphozyten im Vergleich zu Kontrollen (28). Eine eventuell entstandene DNS-Bruchstelle wird enzymatisch wieder verbunden und die Kontinuität des Moleküls wiederhergestellt ("rejoining-repair"). Ist dagegen eine Nukleotid-Sequenz an einem DNS-Strang irreparabel geschädigt, wird das defekte Teil herausgeschnitten und durch ein neues ersetzt, welches durch die Basen-Reihenfolge des unbeschädigten komplementären Stranges definiert ist ("excision-repair") (49,90).

Nach der Einwirkung ionisierender Strahlung entstehende numerische *Chromosomenaberrationen* (Aneuploidie oder Polyploidie) sind auf die Störung der Kern- (Mitose) oder Zellteilung (Zytokinese) zurückzuführen (44). Strukturelle Chromosomenaberrationen sind dagegen entweder einfache Bruchstückverluste (Deletionen) oder Strukturumbauten. Letztere in Form von dizentrischen Chromosomen und symmetrischen Translokationen, können im Sinne einer biologischen Dosimetrie zur Abschätzung der Strahlenexposition beim Menschen eingesetzt werden, da sie signifikant erhöht nach einer Ganzkörperbelastung von bereits 0.1 Gy Gammastrahlung auftreten und mit steigender Dosis an Häufigkeit zunehmen (44,92).

Die entsprechenden strukturellen Chromosomenaberrationen in Lymphozyten sind dabei der empfindlichste Indikator zur biologischen Bestimmung der Belastung durch ionisierende Strahlung. Vor allem die symmetrischen Translokationen eignen sich dabei zur Quantifizierung einer länger zurückliegenden oder auch chronischen Strahlenexposition, da die Zahl der Zellen mit diesen Veränderungen jahrelang nahezu konstant bleibt (im Gegensatz zu den Lymphozyten mit dizentrischen Chromosomen) (44,108). Sie werden mit Hilfe von Fluoreszenz-*in situ*-Hybridisierung (sogenannte FISH-Methode) diagnostiziert.

Strahleninduzierte Chromosomenschäden können entweder zum Zelltod, oder aber zu *nicht letalen Veränderungen des genetischen Materials* der Zelle führen, mit der Folge der Entwicklung einer malignen Neoplasie (Körperzellen) oder einer Erbkrankheit (Keimzellen). Die Wahrscheinlichkeit des einen oder anderen Effektes hängt in einer komplexen Weise von der Anzahl und Verteilung der Energie von Strahlenpartikeln auf einzelne Zellen und Zellgruppen ab (28).

Zu deutlichen *Störungen des normalen Zellzyklus* in Form einer Akkumulation der Zellen in der G₂-Phase - unabhängig von deren Position in dem Zellzyklus während der Bestrahlung - kann es schon bereits bei Dosen um 1 Gy kommen. Die Mitose verzögert sich dabei im Durchschnitt um ca. 1 Stunde (44). Durch die Blockierung in dieser prämitotischen Ruheperiode kommt es zur Synchronisation (teilweises Aufhalten aller Zellen in einer Zyklusphase). Dieser Verlangsamung folgt eine größere Anzahl von Mitosen in entsprechendem Abstand zur Strahleneinwirkung (erhöhter Mitoseindex), da es nach Wegfallen des Blockes zum gemeinsamen Teilungsbeginn kommt. Dabei werden die letal geschädigten Zellen herausselektiert (50). Höhere Dosen bewirken eine Verlangsamung der DNS-Synthese und somit Verlängerung der S-Phase (44). Nach einigen Gy kann es zum Verlust der Proliferationsfähigkeit von hoch, bzw. unbegrenzt umsetzenden Geweben kommen (zum Beispiel Stammzellen), welches mit deren Tod gleichbedeutend ist, da sie – trotz einigen abortiven Versuchen der Zellteilung und Differenzierung - nicht mehr in der Lage sind sich zu regenerieren (reproduktiver *Zelltod*) (31).

Obwohl es zwischen den verschiedenen Zelllinien im Säugetierorganismus gewisse Unterschiede gibt haben folgende Aussagen generelle Gültigkeit (22,44,50):

- Während der Mitose besteht die höchste Strahlenempfindlichkeit.
- Liegt eine sehr lange G_1 -Phase vor, so ist diese am Anfang relativ strahlenresistent und wird zum Ende fast so strahlenempfindlich wie die Mitose. Die G_2 -Phase weist auch erhöhte Sensibilität auf.
- S- und G_0 -Phase gelten als resistent gegenüber Strahlenbelastung.
- Bei Einwirkung dicht ionisierender Strahlen sind die Unterschiede der Strahlenempfindlichkeit im Zellzyklus geringer

Für das weitere Schicksal einer Zelle innerhalb der bestrahlten Zellpopulation existieren folgende potentielle Möglichkeiten, die u.a. in der Hämatopoese anhand einer autoradiographischen Methode mit Markierung der DNS mit radioaktivem Thymidin nachgewiesen werden kann (die Inkorporation der Base zeigt die Fähigkeit zur DNS-Synthese und weiteren Zelleilung an)(50):

- Es wird keine weitere Mitose durchgeführt, da die Zelle ihre Teilungsfähigkeit verloren hat (Interphase-Tod).
- Verlangsamte Weiterteilung, wobei es entweder nach einer oder mehreren Mitosen zum reproduktiven Tod kommt (s.o.), oder zur Erholung vom Strahlenschaden und Anstrengung einer höheren Mitosefrequenz.
- Während der ionisierenden Strahlenbelastung befand sich die Zelle in einer strahlenresistenten Phase (z. B. G_0), so daß es keine Auswirkungen auf ihre weitere Entwicklung gibt.

Nach einer Strahlenexposition kommt es zur Verminderung vitaler Zellen, die um so schneller auftritt, je höher deren Zellteilungsgeschwindigkeit und je kürzer die Zellzyklusdauer (z. B. Hämatopoese) ist. Ebenso schnell erholen sich aber solche Zellpopulationen durch eine kompensatorische Zellproliferation, die sogenannte Repopulierung. Bei langsam umsetzenden Zellsystemen (z. B. Bindegewebe) hat diese wenig oder gar keine Bedeutung, da hier aufgrund der langsamen Teilung und langen Zellzyklusdauer der Strahlenschaden zum Teil erst Jahre nach der Exposition auftreten kann. Dies ist in Anbetracht der Auswirkungen einer chronischen Strahlenexposition wichtig. Die zytokinetisch latent ruhenden Zellsysteme verfügen dafür meist über sehr effektive Reparaturmechanismen (50).

Lichtmikroskopisch sichtbare Veränderungen proliferierender Zellen bei Einwirkung ionisierender Strahlen können im Sinne eines biologischen Wirkungsindikators in Knochenmarksausstrichen bereits innerhalb der ersten 12-24 Stunden nach erfolgter einzeitiger Exposition von Dosen <2-3 Gy beobachtet werden (30). Typische Strahlenschäden an Interphase-Zellen (nach Beeinträchtigung der vorhergehenden Mitose) sind verschiedene Formen von *Zellteilungsstörungen* mit allen Übergängen: unvollständige Kernteilung mit oder ohne Ausbildung eines Karyomers, oder vollständige Kern-, aber verhinderte Plasmateilung mit zytoplasmatischen Brücken zwischen zwei oder mehreren Zellen, sowie Vorkommen von binukleären Zellen. Außerdem können *Reifungsstörungen* innerhalb einer Zelle mit verschiedenen Entwicklungsstufen von Kern und Plasma, sowie *Kernschwellung* mit Dissoziation des Chromatins und Übergang zur Karyolyse beobachtet werden.

Strahleninduzierte Effekte an sich im Prozeß der Teilung befindenden Zellen können als *Chromosomenbrücken* und *-fragmente*, sowie *-verklebungen* (verklumpte Mitose) ausgemacht werden (30). Das Vorhandensein und Ausmaß atypischer Mitosen gibt einen Hinweis auf verstärkte Apoptose (programmierter Zelltod). Die Bestimmung des Mitoseindex des Knochenmarkes (Zahl der Mitosen pro mindestens 1 000 Zellen der myeloischen und erythropoetischen Reihe) als Maß der Zellvermehrung gibt einen Anhaltspunkt für die proliferative und regenerative Potenz der hämatopoetischen Zellen und die Strahlendosis (29).

Auswirkung einer chronischen Strahlenexposition auf den Gesamtorganismus und auf verschiedene Organsysteme

Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens irreparabler Schäden an lebenden Zellen in Form eines Treffervorgangs auf die DNS (und somit die Auslösung irreversibler Doppelstrangbrüche) ist bereits bei sehr kleinen Dosen, vor allem von dicht ionisierender Strahlung, gegeben. Dabei unterliegen sowohl die „Treffer“, als auch die resultierenden Effekte auf die Zelle den Gesetzen der Zufalls (28). Allerdings verursachen höhere Dosen (einige Gy) locker ionisierender Strahlung eine Vielzahl von DNS-Läsionen, so daß Unterschiede in den Wirkungen beider Strahlenarten praktisch keine Rolle spielen (44).

Zum Einen sind die biologischen Effekte ionisierender Strahlung somit stochastische (zufällige) Schäden. Sie beruhen auf Mutationen von Körper- oder Keimzellen und können die Entwicklung einer Neoplasie oder genetischen Krankheit auslösen. Für diese Art von Schäden (z. B. Induktion von Karzinomen und Leukämien durch Uran und dessen Folgeprodukte) wird ein Schwellenwert ausgeschlossen und ihre Häufigkeit (nicht aber der Schweregrad) tritt als Funktion der Strahlendosis auf. Dagegen sind Beginn, Schwere und Dauer nichtstochastischer (deterministischer) Folgen dosisabhängig. Dieser Zusammenhang tritt erst ab einem bestimmten - individuell variierenden - Strahlenpegel auf (z. B. strahleninduzierte Lungenfibrosen) (44,51,52).

Obwohl zum Beispiel die Wahrscheinlichkeit für die maligne Transformation einer hämatologischen Stammzelle beim Menschen durch Strahlen mit niedrigem LET sehr klein geschätzt wird (definiert als 10^{-13} bis 10^{-14} pro Zelltreffer durch 100 keV Röntgenstrahlen)(28), ist die Möglichkeit eines stochastischen Schadens folglich bereits bei Einwirkung der natürlichen (kosmischen und terrestrischen) Strahlenexposition gegeben und kann nicht ausgeschlossen werden. Diese variiert in den unterschiedlichen Gebieten der Erde jeweils mit der Höhe über dem Meeresspiegel (in 1 000 m liegt sie bei 0.4 mSv/a) und mit dem Gehalt im Boden, Wasser oder Luft an Radionukliden, die zu einer Strahlenbelastung von außen oder bei Aufnahme in den Körper (zum Beispiel ^{226}Ra , ^{40}K) von innen führen (122).

Im Durchschnitt kommt es beim Menschen im Laufe eines Jahres zu einer Ganzkörperdosis von 1.5 - 3 mSv (44), in Europa von 2.4 mSv (39). Der jetzige Stand der strahlenmedizinischen Forschung geht von einer *nachweisbaren* Induktion deterministischer Schäden für Gewebe und Organe ab einer jährlichen Dosis von 50 mSv (39) aus. Ausnahme: Augenlinse (15 mSv/a) (60).

Für das Verständnis der Wirkungen einer chronischen Strahlenexposition sind die vom Organismus im Laufe der Evolution entwickelten Mittel zur Bewältigung von Umwelteinflüssen (zu denen auch die ionisierenden Strahlen gehören) zu nennen. Einerseits sind das zentralnervös gesteuerte Mechanismen, die die Homöostase aufrechterhalten und zum Beispiel Wärmehaushalt und Blutkreislauf kontrollieren. Pathogenetisch entscheidend für die Toleranz eines Säugetiers gegenüber Strahlenbelastung sind allerdings die Zellsystem-Regelkreise, deren Rolle erstmalig ausführlich durch Bond und Fliedner in 1965 dargelegt wurde (12). Ausschlaggebend sind dabei vor allem die schnell umsetzenden Erneuerungssysteme, da diese imstande sind innerhalb kurzer Zeit jeden Zellverlust durch entsprechende Mehrproduktion zu kompensieren, solange ihr Stammzellenspeicher nicht irreversibel geschädigt ist (36,38,111).

Zu den aktiven Zellerneuerungssystemen gehören Haut (Umsatz beim Menschen 0.7×10^9 pro Tag), die Schleimhäute des Gastrointestinaltraktes (56×10^9 Zellen pro Tag), Hämatopoese (490×10^9 Zellen pro Tag) (33). Sie weisen unter physiologischen Bedingungen eine ausgeglichene Bilanz zwischen Zellwachstum, -differenzierung und -tod auf (10,11). Da sie strahlensensibel sind, reagieren sie bei Exposition mit einer strahlenbedingten Zellzahlverminderung, die kurzfristig den protektiven Mechanismus einer verstärkten Repopulation auslöst (50).

Für zytokinetisch ruhende Systeme wie Gefäßendothel, Periost, parenchymatöse Organe (Niere, Leber) usw. sind dagegen niedrige Zellteilungsgeschwindigkeiten und lange Zellzyklusdauern charakteristisch, so daß eine Strahlenschädigung spät (zum Teil nach einigen Jahren) auftritt. Diese Gewebe verfügen über ein hohes Reparaturvermögen (50).

Strahleninduzierte Effekte einer kontinuierlichen Bestrahlung auf schnell umsetzende Zellsysteme

Die zytogenetische Charakteristik der schnell umsetzenden Zellgewebe als früh reagierende Systeme und ihre hohe Strahlensensibilität zeichnet sie als effektiven Wirkungsindikator für stattfindende Strahlenbelastung aus. Erfahrungen mit tierexperimentellen Untersuchungen, sowie Unfällen mit Einwirkung ionisierender Strahlung auf Menschen sowohl im Rahmen einer akuten, als auch chronischen Exposition (über mehrere Wochen, Monate und sogar Jahre) zeigen, daß die Hämatopoese limitierender Faktor für das Überleben ist. Die Reaktion von Tier und Mensch auf Strahlenbelastung ist prinzipiell ähnlich, allerdings geprägt durch unterschiedliche, speziestypische, zeitliche Charakteristika der klinischen Erscheinungen (14,30,41,93,6,97,62,54,124,15,56,7,58).

Eine kontinuierliche Bestrahlung bewirkt im Zellerneuerungssystem einen zum physiologischen zusätzlich hinzukommenden Zellverlust im Stammzell- und Progenitorzellpool (34,36), der mit der Strahlenempfindlichkeit dieser Zellen zu erklären ist. Mit zunehmender Reife werden die Zellen des Systems strahlenresistenter, besonders wenn sie ihre Teilungsfähigkeit verlieren (9). So behalten neutrophile Granulozyten, Thrombozyten und Erythrozyten ihre spezifischen funktionellen Eigenschaften nach einmaliger Exposition gegenüber Dosen von bis zu 50 Gy (102). Der zusätzliche Zellverlust (dargestellt in **Abbildung 4** durch die Pfeile e1 bis e6) nimmt mit zunehmender Strahlenresistenz der einzelnen Kompartimente ab. Die Zellverlustrate des pluripotenten Stammzellenspeichers (e1) ist aufgrund seiner höchsten Strahlenempfindlichkeit am größten. Die nachgeordneten Kompartimente sind jeweils weniger empfindlich - die Zellverlustrate nimmt somit von e1 nach e6 stark ab.

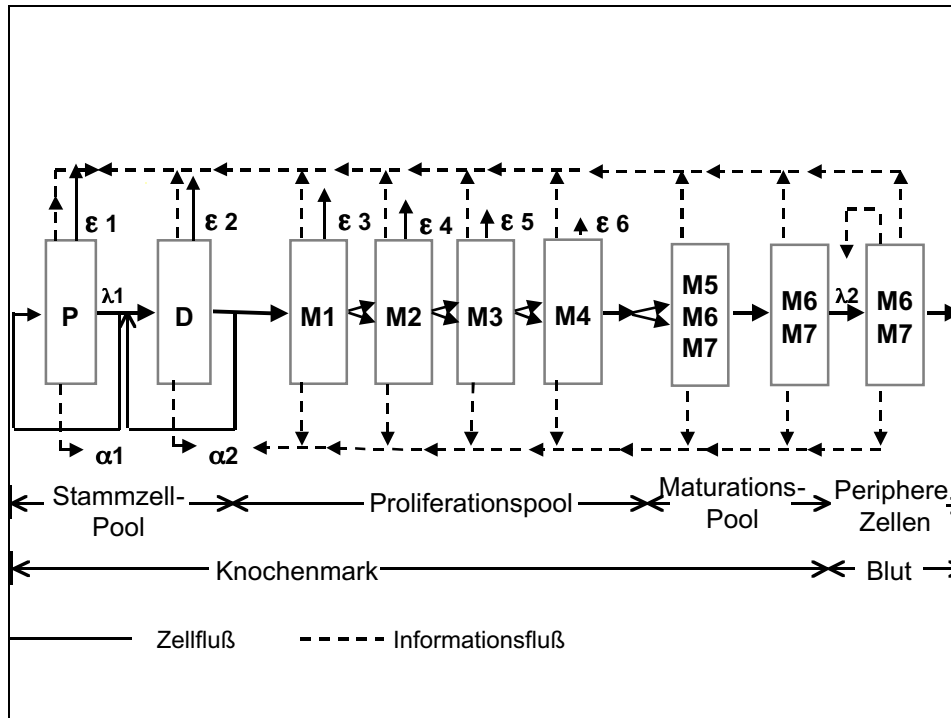


Abbildung 4: Kompartimentmodell der Granulopoese bei kontinuierlicher Bestrahlung (34, S. 296).

- | | |
|-------------------------------|---|
| P | pluripotente Stammzelle |
| D | determinierte Stammzelle |
| M1 | Myeloblasten |
| M2 | Promyelozyten |
| M3 | Myelozyten |
| M4 | Metamyelozyten |
| M5 | juvenile Metamyelozyten |
| M6 | stabkernige Granulozyten |
| M7 | segmentkernige Granulozyten |
| α_1 und α_2 | Anteil der jeweils aus der Teilung der pluripotenten und determinierten Stammzelle entstandenen Tochterzellen |
| λ_1 und λ_2 | Proportionalitätsfaktoren der Zellflußrate, die den Speicher verläßt |
| ϵ_1 bis ϵ_6 | zusätzliche Zellverlustrate der jeweiligen Kompartimente durch kontinuierliche Bestrahlung |

Das Versagen eines Organs oder Organsystems nach Einfluß ionisierender Strahlen ist nicht primär durch den Ausfall von reifen Zellen, sondern durch den fehlenden Nachschub von voll entwickelten Funktionszellen bedingt (9). Auf den Zellverlust reagiert der Organismus mit kompensatorischer Mehrproduktion, die durch die undifferenzierten Stammzellen unter dem Einfluß von fördernden Regulationssignalen (Zytokinen) durch mehrere Reduplikationsteilungen bewerkstelligt wird (36). So kann sich die Teilungsfähigkeit der determinierten hämatopoetischen Stammzelle um das Doppelte erhöhen, sowie ihre Aufenthaltszeit im Speicher (angenommen werden ca. 520 Tage) auf die Dauer des Zellzyklus (ca. 20 Stunden) verkürzen (34). Das Belastungspotential des gesamten Erneuerungssystems ist individuell abhängig sowohl von der Funktionsfähigkeit des Regelkreises, von der Dosis und Dauer der Einwirkung, als auch von endogenen Faktoren (Gesundheitsstatus, Alter, Geschlecht, etc.) (34).

Ein konstant bestrahltes System kann in der Lage sein die notwendige Zahl von reifen Blutzellen zu produzieren solange der Stammzellspeicher noch über eine Mindestmenge an Stammzellen verfügt. Bei Unterschreitung dieser Mindestzahl bricht das System zusammen (36).

Bei der kontinuierlichen Belastung von Ratten (93) und Hunden (41,42) mit verschiedenen Dosisraten γ -Strahlung im Rahmen wissenschaftlicher Studien (s. **Tabelle 4**), überstehen die Tiere unterschiedlich lange Zeiträume bis zum Tod durch hämatopoetisches Versagen.

Tabelle 4: Tierexperimentelle Studien über die Auswirkungen einer chronischen Strahlenexposition (Fritz et al. 1982 und 1986, Lamerton et al. 1960).

Tierspezies	Arbeitsgruppe	Zeitraum der Experimente	Expositionsrate [mSv/d]	Dosisrate für Überleben von mind. 1 Jahr [mSv/d]
Hund	Fritz et al.	1978-1988	3 – 540	~ 7-18
Ratte	Lamerton et al.	1960-1968	160-1 760	> 160 < 500

mSv/d

Millisievert pro Tag (Einheit der Äquivalentdosis)

Erste hämatologische Effekte in Form von Lympho-, Thrombo- und Granulopenien zeigten sich bei Ratten unter protrahierter Exposition gegenüber der niedrigsten Experimentierdosis von 160 mSv/d (93,34). Diese Bestrahlungsraten überlebten die Tiere über ein Jahr. Hunde tolerierten für diesen Zeitraum bis 18.8 mSv/d und starben nach durchschnittlich knapp 4 Jahren in der Mehrzahl an einem myelodysplastischen Syndrom (42). Innerhalb der Versuchsgruppe kam es auch zum Tod durch Anämie nach knapp 2 Jahren oder aber auch durch nicht-hämatologische Ursachen nach 5 Jahren.

Beim Menschen sind Effekte am blutzellbildenden System ab einem täglichen Strahlenpegeln von ca. 5 mSv zu erwarten. In **Tabelle 5** ist eine Übersicht bekannter Unfälle mit protrahierter Einwirkung ionisierender Strahlen wiedergegeben.

Tabelle 5: Unfälle mit protrahierter Strahlenexposition (6,97,62,54,15,56, 7,58).

Unfall	Strahlenquelle	Anzahl betroffener Personen insgesamt	Dauer der Exposition
Mexiko, 1962	⁶⁰ Co	5	24-115 Tage
Algerien, 1978	¹⁹² Ir	8	Einige Stunden-38 Tage
Taiwan, seit 1982	⁶⁰ Co	>10 000	1-20 Jahre
China, 1985	¹³⁷ Cs	3	150 Tage
Brasilien, 1987	¹³⁷ Cs	249	bis 16 Tagen
Estonien, 1994	¹³⁷ Cs	10	Einige Stunden-28 Tage
Moskau, 1995	¹³⁷ Cs	1	150 Tage
Georgien, 1997	¹³⁷ Cs	11	60-140 Tage

⁶⁰Co Kobalt-60

¹³⁷Cs Cäsium-137

¹⁹²Ir

Iridium-192

Beim Strahlenunfall in Brasilien (Goiania 1987) kamen innerhalb eines Zeitraums von 16 Tagen 249 Personen eines Wohnviertels mehr oder weniger mit einer ¹³⁷Cs-Quelle in Kontakt, die aus einer verlassenen strahlentherapeutischen Einrichtung stammte und dort zunächst von zwei Gebrauchtwarenhändler entfernt, später zerkleinert und vertrieben wurde. Dabei entwickelten insgesamt 50 Betroffene, die extern und/oder intern exponiert wurden, die klinische Symptomatik einer Strahlenkrankheit. 6 Patienten manifestierten *nach 2 Wochen* unter geschätzten Expositionsdosen zwischen 62 und 275 mSv/d eine Panzytopenie,

die zu diesem Zeitpunkt (noch) asymptomatisch war, allerdings in der Folgezeit intensive medizinische Betreuung erforderlich machte (15).

Der estländische Unfall in 1994 ereignete sich nachdem drei Personen auf einer gesperrten Abfalldeponie aus einem Behälter einen zylindrischen Gegenstand entfernten, der ^{137}Cs enthielt. Einer der Betroffenen nahm die radioaktive Quelle mit nach Hause, wo sie insgesamt 28 Tage verblieb. Dabei wurden 3 Familienangehörige und einige Nachbarn exponiert. Bei zwei Personen hatte die *einmonatige* Exposition (geschätzte Dosisraten von ca. 96 mSv/d) eine reversible Knochenmarksaplasie zur Folge mit schwerer Granulo-, Thrombopenie und milder Anämie. Eine Betroffene blieb für den selben Zeitraum asymptomatisch unter Strahlenbelastung von ca. 18 mSv/d (56).

Die Erfahrungen mit vier Betroffenen des Zwischenfalls in Algerien 1978 zeigen, daß der menschliche Organismus sogar in der Lage ist eine *1.5-monatige* kontinuierliche Exposition bis zu 260-368 mSv/d zu tolerieren. Hier ging eine bleistiftähnliche ^{192}Ir -Quelle während eines Transports verloren und wurde von spielenden Kindern gefunden und aufgehoben. Der Gegenstand kam dann in das Haus einer Familie und bestrahlte dort 5 Frauen für den Zeitraum von 4-5 Wochen. Eine Betroffene verstarb, die restlichen Patientinnen überstanden die nachfolgende lebensbedrohliche Phase einer Knochenmarksaplasie und entwickelten eine Spontanremission (62).

Daß auch eine *mehrmonatige* Exposition über 100 mSv/d noch mit dem Leben vereinbar ist, zeigte der mexikanische Unfall von 1962. Erneut findet das spielende Kind einer Familie eine harmlos aussehende Kapsel, die allerdings ^{60}Co enthielt. Die Quelle verbleibt insgesamt ca. 4 Monate im Haushalt und verursacht noch in dieser Zeit den Tod von zwei Familienangehörigen an Knochenmarksversagen, weitere 2 verstarben in der Folgezeit. Der einzige Überlebende überstand eine über 3-monatige Strahlenbelastung durch ^{60}Co bei Dosisraten zwischen 93-162 mSv/d. Alle seine vier Familienangehörigen starben an Knochenmarksversagen. Ihre geschätzten Dosen lagen zum Teil unter denen der Betroffenen von Algerien, wirkten aber über einen dreimal längeren Zeitraum ein (97).

Mit Hilfe biomathematischer Simulationsmodelle der Granulozytopoese (als Schlüsselkomponente der Hämatopoese) zur Analyse der Blutzellveränderungen unter kontinuierlicher Bestrahlung bei Ratten und Hunden, die innerhalb der in **Tabelle 4** dargestellten Experimenten beobachtet worden sind, ist es möglich, die Anzahl der Stammzellen zu schätzen, die sich vor (initial) und während der Exposition (nach Einstellung des neuen „steady state“) im Speicher befunden hat (34,38).

Laut Berechnungen führen Expositionsdosen von 160 mSv/d bei Ratten zum Zellverlust von ca. 2 pro 1 000 Stammzellen/h, die Strahlenbelastung von 500 mSv/d zu einem „excess cell loss“ von 3 Zellen pro 1 000/h (34). Die peripheren Blutzellzahlen stabilisieren sich nach einer Periode von Oszillationen nach jeweils ca. 120 und 130 Tagen (93). Nach Einwirkung höherer Dosen von 840 mSv/d (Zerstörung von 8 auf 1 000 Stammzellen/h) kommt es zum Zusammenbruch der Hämatopoese nach ca. 60 Tagen (34).

Kontinuierliche Bestrahlung führt - je nach täglicher Dosis - also zum Versagen des blutzellbildenden Systems durch Reduktion der ursprünglichen Anzahl der Stammzellen auf ca. unter 2% der Norm. Dieses ist auch durch die Hunde-Experimente der Arbeitsgruppe Fritz et al. zu belegen (38). In einem für jedes Individuum unterschiedlich definierten Bereich der relativen Schädigungsrate von 2-10 pro 1 000 Stammzellen steigt die Wahrscheinlichkeit eines letalen Ausgangs („Turbulenz-Region“) (36,39,111).

Je nach Schädigungsgrad/Überlebensrate der hämatopoetischen Stammzellen kommt es entweder zur kontinuierlichen Abnahme der Konzentration von Funktionszellen im peripheren Blut infolge des Ausschöpfens aller vorgeschalteten Kompartimente oder aber (bei erfolgreicher Repopulierung) zur hämatologischen Regeneration. Dabei stabilisieren sich die peripheren Blutwerte auf einen neuen „steady state“, der mehr oder weniger unterhalb der vor Beginn der Exposition bestehenden Norm liegt. Mit Simulationen und den experimentell gewonnenen Hunde-Daten ist zu rekonstruieren, daß es bei kontinuierlicher Einwirkung von 4 mSv/d zu Reduktion der Granulozyten im peripheren Blut auf ca. 65%, bei 10 mSv/d auf 51% und bei 25 mSv/d auf 41% der Norm kommt (38).

Die vier Opfer des Strahlenunfalls in Algerien wiesen, nach einer 2-monatigen kritischen Phase, periphere Blutzellzahlen (Granulozyten, Lymphozyten und Thrombozyten) von ca. 35-60% der Norm (62). Im Simulationsmodell der Granulozyten mit Hunde-Daten entspricht dieses Niveau einer Schädigung des Stammzellspeichers auf bis zu 2.5% der Norm (38). Trotzdem regenerierte sich die Hämatopoese spontan, d. h. unter Einhaltung intensivmedizinischer Maßnahmen zur Vermeidung von Komplikationen (Isolation, tägliche Transfusion von Frischblutbestandteilen) ohne Knochenmarkstransplantation und ohne Therapie mit Wachstumsfaktoren (62).

Strahleninduzierte Effekte auf zytokinetisch latent ruhende Zellsysteme

Im Gegensatz zu den Folgen einer Belastung mit ionisierenden Strahlen an den schnell umsetzenden Zellerneuerungssystemen, deren Ausmaß in Relation zu der quantitativen und qualitativen Schädigung am Stammzellenspeicher ist, sind jegliche strahlenbedingte Effekte an den nicht-aktiven Geweben - beim Versagen ihrer Reparaturmechanismen – aufgrund der langen Zyklusdauern und niedrigen Mitosefrequenzen dieser Zellverbände erst zum Teil Jahre nach der Exposition in Form von deterministischen Späteffekten sichtbar (51,52).

Kenntnisse darüber stammen aus der Analyse von Unfällen und aus den Erfahrungen im Rahmen strahlentherapeutischer Anwendungen. Allerdings beziehen sie sich auf einmalige oder fraktionierte Bestrahlung (52,44). Über die Spätwirkungen einer kontinuierlichen Exposition ist wenig bekannt.

Die Reaktion eines Säugetierorganismus als Ganzes auf ionisierende Strahlung ist komplex und ist geprägt von wechselseitigen Manifestationen und Einflüssen verschiedener Organsysteme, die letztendlich das klinische Bild formen. Einzelne Organe weisen zum Teil erhebliche Unterschiede in ihrer Strahlenempfindlichkeit auf, die damit zusammenhängen, daß sie aus unterschiedlichen Geweben bestehen. Radiologische Schäden sind dabei eine komplexe Abfolge von Effekten auf die gewebsspezifischen Zellen, sowie auf das Gefäßsystem und das Bindegewebe des Organs.

Das blutzellbildende System besteht zum Beispiel einerseits aus dem schnell umsetzenden hämatopoetischen Gewebe und andererseits aus dem zytokinetisch ruhenden retikulären Stroma, welches das Grundgerüst des roten Knochenmarks bildet (102). Da das Stroma weitaus resistenter gegenüber Strahlenbelastung ist, kann eine Wiederbesiedlung durch Stammzellen aus unbestrahlten Körperregionen oder dem zirkulierenden Pool so auch nach hohen Dosen von 40 Gy (zum Beispiel nach Strahlentherapie) erfolgen (52).

Bei der Ausbildung strahleninduzierter Schäden spielt das versorgende Gefäßsystem der Organe und Gewebe eine wichtige Rolle (53). Besonders Veränderungen an Kapillaren und Arteriolen scheinen dabei im Vordergrund zu stehen (52). Mikroskopisch und klinisch lassen sich folgende Veränderungen feststellen: Gefäßweitstellung (Frühreaktion auf einmaliger Exposition ab Dosen von 6 Gy), Steigerung der Kapillarpermeabilität mit Veränderung der Blutgewebsschranke und Eiweißaustritte im Interstitium, sowie eine erhöhte Kapillarfragilität. Bei den Spätfolgen der Strahlenbelastung stehen Schädigungen des Endothels im Vordergrund. Lediglich jede 10. bis 20. dieser Zellen ist zur Teilung befähigt. Ihre Zellzyklusdauer beträgt 1-3 Monate (52). Bei Ratten wurden ca. 9 Monate nach Bestrahlung mit Dosen von >22 Gy Veränderungen in Form von verminderter Gefäßwand- und Endothelzellichte beobachtet, die Nekrosen im ZNS unmittelbar vorausgingen (53).

Bereits bei niedrigeren Gesamtdosen (lokale Applikation von 20 Gy) sind funktionelle Störungen im Herz-Kreislauf-System (EKG-Veränderungen) und des Gastrointestinaltraktes (Verminderung der Magenentleerung) zu beobachten. Außerdem kommt es zur Reduzierung der Salzsäureproduktion mit einem klinischen Bild, welches der Gastritis ähnlich ist. Morphologische Schädigungen am Magen werden bei höheren Dosen (25-40 Gy) nach Monaten und Jahren (Späteffekt) ausgelöst. Am Herzen kommt es bei 40-50 Gy zu radiogenen Perikarditis (52).

Eigene Fragestellungen

Bei den Menschen, die im Südrural in den Siedlungen entlang des Flusses Tscheljabinsk gelebt haben oder immer noch wohnen handelt es sich um eine Population (ca. 28 000 Personen), die seit den frühen 50er Jahre durch die Entsorgung radioaktiver Abfälle in den Fluß einer außergewöhnlich komplexen und in der Welt einmaligen - jahrelangen kombinierten externen und internen - Bestrahlung unterschiedlicher Zusammensetzung und Intensität ausgeliefert waren.

Die medizinischen Erkenntnisse, die sich in Zusammenhang mit dieser außerordentlichen Expositionssituation ergeben, sind in Anbetracht des eingangs erwähnten mangelnden Wissens über die Reaktion des menschlichen Organismus auf protrahierte Bestrahlung von großer Bedeutung und Aktualität - bei aller Respektierung der unglücklichen Lebensumstände für die Betroffenen.

Auf der Grundlage der Entspannungspolitik nach Ende des „kalten Krieges“ (ab ca. 1990) wurde es erstmalig westlichen Wissenschaftlern möglich, Einblick zu bekommen in Datenmaterial über die Strahlenunfälle auf dem Gebiet der ehemaligen UDSSR. Im Rahmen einer wissenschaftlichen Kooperation zwischen dem WHO-Kollaborationszentrum der Universität Ulm und dem medizinischen Zentrum in Tscheljabinsk, welches jahrzehntelang Tscheljabinsk-River-Patienten behandelt hat, ist es ab 1994 gelungen, eine Pilotstudie zur Erfassung medizinischer Informationen über chronisch strahlenexponierte Personen zu initiieren.

Das Datenmaterial beinhaltet klinische Ergebnisse, die im Rahmen ambulanter und stationärer ärztlicher Untersuchungen an einer selektierten Kohorte von 80 Betroffenen seit den frühen 50er Jahre zum Teil bis in die heutige Zeit erhoben wurden. Gegenstand dieser Arbeit ist die möglichst genaue systematische Beschreibung der erhobenen medizinischen Befunde.

Folgende Fragestellungen wurden dabei bearbeitet:

1. Welche Gesundheitsstörungen wurden in Bezug auf wesentliche Organsysteme festgestellt und wie entwickelten sie sich als Funktion der Zeit nach Beginn der Strahlenexposition. Gab es diesbezüglich Unterschiede zwischen Befunden und Diagnosen in der Frühphase der Strahlenexposition (1949-1956) und solchen, die zum späteren Zeitpunkt erhoben wurden? Kam es zu einer vorzeitigen Entwicklung einer Multimorbidität?
2. Darauf basierend sollte eine ätiologische Analyse der beschriebenen Befunde durchgeführt werden über die mögliche pathogenetische Bedeutung von bekannten Risikofaktoren, sowie Erkrankungen, die vor Beginn der Strahlenexposition bestanden haben oder sich im Laufe der Zeit entwickelt haben.
3. Diese sollten dann mit den der Wissenschaft zur Verfügung stehenden Daten über strahlenbiologische Konsequenzen einer chronischen Exposition verglichen werden, um eine mögliche Strahleninduktion der beobachteten gesundheitlichen Beeinträchtigungen (insbesondere der nicht-neoplastischen Effekte) zu diskutieren.

Material und Methoden

Patientengut und Charakterisierung der Expositionssituation

Die Strahlendosis der exponierten Bevölkerung am Techa-River ist von Wissenschaftlern der ehemaligen Sowjetunion als Gesamtdosis, die das Knochenmark als „kritisches Organ“ absorbiert hat, anhand einer Vielzahl von Parametern geschätzt worden (70,23). Die Berechnungen sind bereits mehrmals revidiert, u.a. auch aufgrund neuer Informationen zur Zusammensetzung der radioaktiven Abfälle (81,4). Bis heute ist die Gesamtdosis und die Dosisrate für Tage, Monate und Jahre nicht genau ermittelt. Fest steht, daß es zu einem sowohl „zeitlichen“, als auch „räumlichen Gradient“ der Strahleneinwirkung gekommen ist (s. auch Kapitel 1.2.1.).

Wie schon erwähnt, lebten die Menschen seit 1949 in einem Strahlenfeld charakterisiert durch externe (γ -Strahlen) und interne (Aufnahme und Inkorporation von Radionukliden) Exposition mit Höhepunkt in den Jahren 1950-1951. Die externe Komponente verminderte sich stark nach 1956 mit Beendigung der radioaktiven Freisetzung in den Techa, mit der Abgrenzung verseuchter Landgebiete und Evakuierung ganzer Dorfgemeinschaften aus der betroffenen Gegend (70). Durch den Verbleib langlebiger radioaktiver Isotope im Organismus (v.a. ^{137}Cs und ^{90}Sr) ändert sich die interne Strahlenexposition über Jahre und Jahrzehnte später nur wenig.

Ein „räumlicher“ Gradient der Strahleneinwirkung entstand durch die unterschiedliche Entfernung der einzelnen Ortschaften entlang des Techa und vom Fluß zu den Haustüren in den Dörfern. Die absorbierten Energiedosen der einzelnen Personen waren abhängig vom Alter, Lebens- und Eßgewohnheiten, außerdem von der Dauer des Aufenthalts im Gebiet entlang des Flusses (Evakuierung in den 50er Jahre, Wegzug aus dem Gebiet in den folgenden Jahren oder lebenslanger Aufenthalt in einer noch bestehenden Siedlung).

Aufbau und Durchführung der Pilotstudie

Vorbemerkungen

Die für diese Arbeit zur Verfügung stehenden Daten wurden im Rahmen einer Zusammenarbeit zwischen der Arbeitsgruppe für strahlenmedizinische Forschung am Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin der Universität Ulm und dem Uraler Forschungszentrum für Strahlenmedizin (Ural's Research Center for Radiation Medicine - URCRM) in Tscheljabinsk erfaßt. Den rechtlichen Rahmen bildete ein Kooperationsvertrag vom 04.01.1994 und seine Modifikation vom 09.02.1996 zwischen der Universität Ulm und dem URCRM mit dem Ziel der wissenschaftlichen Analyse der gesundheitlichen Auswirkungen der chronischen Strahlenexposition auf die Techa-River-Population im Verlauf der Zeit.

Das URCRM ist ein klinisches Koordinationszentrum, wo seit Jahrzehnten die Therapie und Betreuung strahlenexponierter Personen vom Südural stattfindet. Ausgewählte ärztliche Teams dieser Klinik untersuchten ab 1951-1952 im Rahmen offiziell veranlaßter gesundheitlicher „Screenings“ die Bevölkerung in mehreren Techa-River-Siedlungen zunächst ambulant und vor Ort (2,70). In der folgenden Zeit (bis 1958) erfolgten Nachuntersuchungen von Patienten mit klinischen Beschwerden im Forschungszentrum mindestens einmal im Jahr - je nach Ausprägung der Symptomatik ambulant oder stationär (82). Es bestanden enge Kontakte dieser Klinik sowohl mit medizinischen Einrichtungen der Ortschaften entlang des Techa, als auch zu dem Moskauer Institut für Biophysik, dem "Krankenhaus Nr. 6", welches auf die Behandlung von Strahlenschäden spezialisiert war. Dorthin wurden besonders schwere Krankheitsfälle überwiesen. Seit 1958 ist der Gesundheitsstatus der Techa-River-Population, soweit die Patienten nicht umgezogen oder aus sonstigen Gründen nicht zur Untersuchung erschienen sind, in mindestens 3-jährigen Abständen erfaßt (82).

Bei den Patientendaten, die von den russischen Kooperationspartnern für unsere Auswertungen zur Verfügung gestellt worden sind, handelt es sich um von verschiedenen medizinischen Einrichtungen zusammengetragenen und in den Archiven des URCRM dokumentierten klinischen Verlaufsbeobachtungen von

stationären und ambulanten Aufenthalten, sowie auch Ergebnissen gesundheitlicher „Screenings“ von Tetsch-River-Patienten. Außerdem kamen Knochenmarksausstriche mit zytologischen Atypien von Betroffenen zur Auswertung.

Seit Beginn der Kooperation zwischen der Ulmer Arbeitsgruppe und dem Forschungszentrum in Tscheljabinsk bestehen enge Kontakte zu der klinischen Abteilung und dem epidemiologischen Labor des URCRM. Ihre Leiterin, Frau Prof. Dr. Kossenko hat selbst viele chronisch exponierte Patienten untersucht und behandelt.

Auswahl der Patienten, Datenübertragung und Dokumentation

Die Auswahl von 80 Patientenfällen erfolgte aus einer Gruppe von 940 Personen, bei denen, zu unterschiedlichem Zeitpunkt nach Beginn der Strahlenexposition, von den sowjetischen Ärzten die Diagnose „*chronisches Strahlensyndrom*“ ("CRS") gestellt worden ist. Im nachhinein ist diese Diagnose bei den meisten Patienten revidiert worden. Heute gelten 66 der ursprünglich 940 Fälle als „gesichert“, 27 dieser Patienten sind im Rahmen unserer Studie erfaßt. Unbestritten ist dagegen, daß es bei den Tetsch-River-Bewohnern zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen kam, die offizielle medizinische Inspektionen und Evakuierungen aus dem Gebiet veranlaßt haben (70). Das Ziel unserer Studie war es einen Einblick zu bekommen, um welche klinische Zeichen und Symptome es sich dabei gehandelt und wie sich der Gesundheitsstatus im Verlauf entwickelt hat. Es sollte möglich sein, „*interessante*“ Fälle und deren Entwicklung über einen *langen Beobachtungszeitraum* zu erfassen, um mögliche Parallelen aufzuzeigen und erste Erkenntnisse zu gewinnen über eine risikoexponierte Personengruppe, deren weitere Erforschung von besonderer Bedeutung für den Strahlenschutz ist.

Weiter wurden bei der Auswahl der Patienten die geschätzten *Knochenmarksdosen zum Zeitpunkt der Diagnosestellung* „*chronisches Strahlensyndrom*“ berücksichtigt, da laut sowjetischer Angaben die Gesundheitsentwicklung der Betroffenen abhängig ist von der Expositionsdosis (73,79,2,3). Diese geschätzten Knochenmarksdosen liegen nach den

entsprechenden Informationsquellen (71,23) zwischen 0.1 Gy und etwa 2-3 Gy (Gesamtdosis für die Zeitperiode vom Beginn der Strahlenexposition bis zur "CRS"-Feststellung). Um mögliche Zusammenhänge durch eventuelle Morbiditätsmuster aufzuzeigen, wurden willkürlich 4 Dosisgruppen gebildet (s. **Tabelle 6**). Die Auswahl der Patienten von den Projektpartnern in Tscheljabinsk richtete sich nach der Vorgabe, sie in eine der jeweils vier Dosiskategorien zuteilen zu können: Gruppe 1 (< 0.3 Gy), Gruppe 2 (0.3-0.49 Gy), Gruppe 3 (0.5-0.99 Gy) und Gruppe 4 (≥ 1 Gy).

Ursprünglich enthielt jede der vier Subgruppen jeweils 20 Patienten. Nach Revision der Knochenmarksdosen durch das wissenschaftliche Team im Uraler Forschungszentrum wurde ein Patient der Dosisgruppe 1 (Dosis < 0.3 Gy) in die Dosisgruppe 3 (Dosis 0.5 bis 1 Gy) eingeteilt.

Tabelle 6: Allgemeine Charakterisierung der 80 chronisch strahlenexponierten Personen.

	Dosisgruppe 1	Dosisgruppe 2	Dosisgruppe 3	Dosisgruppe 4
Anzahl der Patienten	19	20	21	20
Knochenmarksdosis [Gy]	<0.3	0.3 – 0.49	0.5 – 0.99	≥ 1.0
Dosismittelwert Minimal-Maximal	0.12 0.013 – 0.30	0.40 0.32 – 0.48	0.71 0.50 – 0.93	1.45 1.0 – 2.25
Geschlecht	M=8 F=11	M=8 F=12	M=10 F=11	M=11 F=9
Mittleres Alter 1950 [Jahre] Minimal-Maximal	27.5 0 - 49	24.7 0 - 63	20.7 0 - 46	23.5 0 - 49
Mittleres Alter zum Zeitpunkt der CRS- Diagnose Minimal-Maximal	34.3 7 - 55	30.0 12 - 67	26.5 11 - 51	28.8 15 - 51
Mittlerer Beobachtungs- zeitraum Minimal-Maximal	29.3 2 - 49	29.8 2 - 43	31.1 7 - 44	32.5 3 - 44
Überlebensstatus	10 Patienten gestorben	8 Patienten gestorben	10 Patienten gestorben	10 Patienten gestorben

Gy Gray

M Mann

CRS chronisches Strahlensyndrom

F Frau

Nachfolgend wurden von den russischen Ärzten die entsprechenden Patientenakten ausgewählt und gesichtet. Dafür wurden zusätzliche Informationen aus Archiven verschiedener medizinischer Einrichtungen zusammengetragen, die medizinischen Daten ins Englische übersetzt und in einem extra konzipierten Patientenfragebogen dokumentiert.

Dieser Fragebogen („Questionnaire for the Clinical, Laboratory and Functional Follow-up of Persons Chronically Exposed to Radiation“) wurde zusammen mit den russischen Kooperationspartnern des URCRM am Anfang des Projektes zur einheitlichen Erfassung von Einzelkasuistiken entworfen und im März 1996 in seiner endgültigen Version fertiggestellt (125). Er gliedert sich formell in zwei Teile (s. Inhaltsverzeichnis im Anhang). In dem „allgemeinen“ Teil A werden persönliche und anamnestische Daten des Patienten, sein Gesundheitszustand vor Beginn der Strahlenexposition, Lebensbedingungen und Überlebensstatus erfaßt, einschließlich Angaben über die geschätzte Knochenmarksdosis zum Zeitpunkt der Diagnosestellung „chronische Strahlenkrankheit“. Der zweite „klinische“ Teil B des Fragebogens beinhaltet Einträge zu allgemeinen oder organbezogenen Befunden und Diagnosen im Verlauf der Zeit, einschließlich diagnostischer Methoden (Laborparameter, Ergebnisse verschiedener routinemäßiger und spezieller Untersuchungen) und Therapie. Jeder der 80 Patienten bekam eine einmalige (nicht fortlaufende, drei bis sechsstellige) Identifikationsnummer.

Anschließend wurden die in dem Fragebogen erfaßten Informationen in eine von der Ulmer Arbeitsgruppe für strahlenmedizinische Forschung entwickelte Datenbank SEARCH (System for Evaluation and Archiving of Radiation Accidents Based on Case Histories) abgelegt, um die Patientenangaben einer professionellen Verwaltung und einer leichteren Verarbeitungs- und Auswertemöglichkeit zugänglich zu machen. Die Datenerfassung, -übertragung und erste Qualitätskontrolle erfolgten zum Teil parallel.

SEARCH ist entwickelt und implementiert im Datenbankmanagementsystem Oracle. Die Eingabe von Daten erfolgt mit Hilfe von Eingabemasken, die unter MS-Access 2.0 entwickelt und inzwischen unter Access-Version 8.0 vorhanden sind. Zu diesem Zweck stand den russischen Projektpartnern vor Ort eine lokale

Version des Datenbankschemas auf Access zur Verfügung. Bei mehreren Arbeitsbesuchen der Kollegen aus Tscheljabinsk in Ulm wurde der jeweils aktuelle Datenbestand auf entsprechenden Datenträgern (Disketten) nach Ulm mitgebracht und eingespielt. Dies erfolgte letztmalig im Herbst 1998.

Darauf folgte eine zeitaufwendige qualitative Überprüfung der Informationen. Es mußten Besonderheiten berücksichtigt werden, die sich aus dem langen Dokumentationszeitraum ergeben (zum Teil über 40 Jahre) wie zum Beispiel Änderungen von Maßeinheiten oder aber in angewandten Untersuchungsverfahren. Ergebnisse von Labormethoden mußten von alten in SI-Einheiten mittels Konversionskoeffizienten umgewandelt werden. Einige - aus Sicht westlicher medizinischer Standards veraltete - Labortechniken wurden bis in die 90er Jahre hinein in russischen Kliniken verwendet. So werden im URCRM Thrombozyten erst seit 1994 automatisch mit dem Zellzählgerät („Digit Cell“), in dem Zeitraum 1951-1994 sind sie anhand der Erythrozyten im Blutaussstrich oder per Blutvolumen (1 μ l) bestimmt worden (80).

Auswertestrategien

Die Auswertestrategie bei der Analyse der klinischen Daten von 80 Techa-River-Patienten richtete sich nach dem Ziel deren Gesundheitszustand als Funktion der Zeit zu beschreiben. Es ging darum zu prüfen, ob bestimmte Morbiditätsmuster zu erkennen sind. Daraus sollten erste Hypothesen entwickelt werden welche Beeinträchtigungen strahleninduziert sein können und welche nicht. Diese Ergebnisse sollten dann die Grundlage bilden für eine spätere retrospektive (die Datenerhebung ist in der Vergangenheit erfolgt) Kohortenstudie (Follow-up- oder Longitudinalstudie) (86).

Bei unseren deskriptiven Auswertungen der medizinischen Daten einer Gruppe von 80 Techa-River-Patienten stellte sich die Frage wie man aus der Fülle an Informationen die Morbiditätsentwicklung *als Funktion der Zeit* in einer Übersicht darstellen kann. Erste innerhalb der Zusammenarbeit mit den russischen Partnern dokumentierte klinische Daten über Techa-River-Patienten datieren vom Jahr 1950. Unter Berücksichtigung des langen Betrachtungszeitraums (von den frühen 50er Jahre bis z.T. vier Jahrzehnte später) wurden für unser Übersichts-schema 5-Jahres-Zeiträume gewählt (1950–1954, 1955–1959, usw.) und der Gesundheitszustand des einzelnen Patienten für die jeweiligen Zeitabschnitte betrachtet (s. auch Anhang).

Zum einen wurden Diagnosen und Befunde verschiedenen Organsystemen zugeordnet, wie sie in der *Internationalen Klassifikation der Krankheiten* Revision 9 (International Classification of Diseases, ICD-9) vorgegeben sind (59) – die Einteilung der Organsysteme erfolgt nach den exakt definierten Ordnungsnummern 01-17:

1. Infektiöse und parasitäre Krankheiten
2. Neubildungen
3. Endokrinopathien, Ernährungs- und Stoffwechselkrankheiten
4. Krankheiten des Blutes und der blutbildenden Organe
5. Psychiatrische Krankheiten
6. Krankheiten des Nervensystems und der Sinnesorgane
7. Krankheiten des Kreislaufsystems
8. Krankheiten der Atmungsorgane
9. Krankheiten der Verdauungsorgane
10. Krankheiten der Harn- und Geschlechtsorgane
11. Komplikationen von Schwangerschaft, Entbindung, Wochenbett
12. Krankheiten der Haut und des Unterhautzellgewebes
13. Krankheiten des Skeletts, der Muskeln und des Bindegewebes
14. Kongenitale Anomalien
15. Bestimmte Affektionen mit Ursprung in der Perinatalzeit
16. Symptome und schlecht bezeichnete Affektionen
17. Verletzungen und Vergiftungen

Die Ergebnisse klinischer, gerätetechnischer und labordiagnostischer Untersuchungen wurden miteinander verglichen und jeweils einem oder – je nach Art der Beeinträchtigung– mehreren Organsystemen zugeordnet. So gehört zum Beispiel eine Pneumonie sowohl zu „Infektionen“, als auch zu „Krankheiten der Atmungsorgane“. Eine „Tonsillitis“ (kodiert in der ICD-Klassifikation zu „Atmungsorgane“) kann nach dem selben Prinzip den „Infektionen“, aber anatomisch auch dem Gastrointestinaltrakt und den Atemwegen (insgesamt 3 „Organsystemen“) zugeordnet werden. Die ICD-Klassifikation schließt auch Allgemeinsymptome, Verletzungen und andere pathologische Zustände (letztere unter „Organsystem“ Nr.17, s. auch Anhang) ein. Wir haben den Faktor „chronische Strahlenexposition“ der Patienten unter diesem Punkt berücksichtigt.

Weiterhin sollte eine entsprechende Gewichtung der gesundheitlichen Beeinträchtigungen erfolgen. Dazu wurden Befunde und Diagnosen der chronisch exponierten Patienten nach Schweregrad (milde, moderate oder schwere Verlaufsform) und Länge der Ausprägung (z.B. transitorisch oder irreversibel) kodiert. Es wurden sowohl pathologische als auch Neben- und Normalbefunde berücksichtigt. Nach diesem Muster kann ein latenter Diabetes (zum Beispiel bei Gewichtszunahme) ein milder transitorischer pathologischer Zustand, ein manifester Diabetes mellitus dagegen (pathologische Blutzuckerwerte und Glukosurie) eine irreversible milde oder moderate Form darstellen. Das Vorliegen von Komplikationen (diabetische Retinopathie, periphere Polyneuropathie bis hin zum diabetischen Koma) berechtigt die Einteilung der Krankheit in die höchste Schweregradstufe. Die Bedeutung der Kodierungen von 1+ bis 6+ ist in **Tabelle 7** dargestellt.

Tabelle 7: Erläuterung zur Kodierung des Schweregrades und des zeitlichen Verlaufs von Krankheiten oder Befunden.

Kodierung von Befunden/ Krankheiten	Schweregrad/ zeitlicher Verlauf
Leeres Feld	keine Information vorhanden
-	Normalbefund
(+)	Nebenbefund, untere/obere Normgrenze
+	milde Form, transitorisch
++	milde Form, irreversibel
+++	moderat, transitorisch
++++	moderat, irreversibel
+++++	schwer, transitorisch
++++++	schwer, irreversibel

Es gibt sowohl schwere Erkrankungen, die heilbar und somit transitorisch sind (Typhusinfektion), als auch milde Befunde, die nicht mehr rückgängig sind und mit der Zeit immer weiter fortschreiten (Osteoporose). Andere sind nach ihrem ersten Auftreten mit Lebensgefahr und in der Folgezeit immer mit einer Einschränkung von Lebensqualität und Leistungsfähigkeit verbunden (akuter Myokardinfarkt).

Was die Strahlenexposition betrifft, so ist diese in der ICD-9-Klassifikation unter "Verletzungen und Vergiftungen" vermerkt. In unserem Übersichtsschema ist der Einfluß der protrahierten Bestrahlung von 1950 bis einschließlich 1956 mit dem höchsten Schweregrad („+++++") kodiert. Da manche Personen vom Tscherebysch-Gebiet evakuiert oder weggezogen sind und somit „nur“ einer (lebenslangen) Exposition durch inkorporierte Radionuklide ausgesetzt sind wurde dieser Zustand im Übersichtsschema als „mild, irreversibel“ („++“) vermerkt. Falls sich die Patienten auch nach 1956 in der verseuchten Gegend aufgehalten haben kann nicht ausgeschlossen werden, daß sie mit kontaminierten Materialien in Kontakt treten („++++“).

Eine Rekonstruktion früher zytotoxischer Strahleneinwirkungen bei den chronisch exponierten Personen vom Südsibirien ist mit heutigen Methoden kaum möglich. Allerdings geben Knochenmarksausstriche ein zuverlässiges Bild über den Funktionszustand der Blutbildung. Eine Beeinträchtigung der Hämatopoese durch ionisierende Strahlen führt zu morphologischen Veränderungen an verschiedenen Zelldifferenzierungsstufen im Knochenmark (binukleäre Zellen, zytoplasmatische Brücken, Kern-Plasma-Dissoziation, verklumpte Mitosen, Karyomere). Diese mitosebedingten Zelltypen sind zwar nicht spezifisch, aber charakteristisch für Strahlenexpositionen im Sinne von biologischen Indikatoren der Einwirkung und können unmittelbaren Aufschluß über deren Ausmaß geben - wenn andere Ursachen einer "Dysplasie" ausgeschlossen werden können oder unwahrscheinlich sind.

Von besonderem Interesse sind dabei Präparate der frühen Expositionsjahre, aber auch solche zum späteren Zeitpunkt bis heute, um die mitosebedingten zytologischen Veränderungen im Verlauf der Zeit zu beobachten. Innerhalb der Kooperation mit den russischen Partnern gelang es uns 4 gut erhaltene Knochenmarkspräparate von 3 Tscherebysch-Patienten einzusehen und auf Zelltypen zu untersuchen.

Ergebnisse

Allgemeiner Überblick über den Gesundheitszustand der 80 Patienten vor Beginn der Strahlenexposition, Evakuierung aus dem Techa-River-Gebiet sowie Überlebensstatus

In dieser Arbeit werden die Ergebnisse der Analyse von 80 (44 Frauen und 36 Männer) chronisch strahlenexponierten Personen der Techa-River-Population vorgestellt. 39 Patienten sind ethnisch gesehen Slawen (Russen), die restlichen 41 gehören der Gruppe der Tataren/Baschkiren an. Zur generellen Lebenssituation der Patienten läßt sich laut Aktenaufzeichnungen sagen, daß sie in bescheidenen bis armen Verhältnissen leben und überwiegend mit landwirtschaftlicher (körperlicher) Arbeit in Kolchosen beschäftigt sind.

Die 80 Patienten stammen aus 19 von insgesamt 39 Orten entlang des Techa-River – die erste Siedlung ist nur 7 km vom Ort des radioaktiven Austritts entfernt, die letzte 237 km. 34 Personen sind zwischen 1954 und 1960 zwangsweise von den meistverseuchten Dörfern (bis ca. 150 km vom Ort des radioaktiven Austritts entfernt) umgesiedelt worden, weitere 2 Betroffene sind in diesem Zeitraum verstorben (1954 und 1957). Seit 1960 sind von nicht evakuierten Siedlungen insgesamt 13 Personen von der Gegend entlang des Flusses weggezogen. 31 Patienten haben lebenslang dort gelebt (s. **Tabelle 8**).

Tabelle 8: Aufenthalt der 80 Patienten im Techa-River-Gebiet.

	Evakuiert 1954 – 1960	Gestorben 1954 - 1960	Umgezogen Ab 1960	Lebenslanger Aufenthalt
Anzahl Patienten	34	2	13	31

22 der untersuchten 80 Personen befanden sich zu Beginn der Strahlenexposition (Ende 1949) im Kindes- oder jungen Erwachsenenalter zwischen 1 und 15 Jahren. Zwei Patienten wurden 1950 und weitere zwei jeweils in den Jahren 1951 und 1952 geboren und somit *in utero* strahlenexponiert.

Der Gesundheitszustand von 40 der analysierten 80 Patienten ist vor Beginn der Exposition als unauffällig bezeichnet („healthy“) oder unbekannt (kein Eintrag). Für die restlichen Personen kommen in der Anamnese vornehmlich (bei 35 Patienten) Infektionskrankheiten vor. Dabei sind das in der überwiegenden Zahl der Nennungen (n) schwere Infektionskrankheiten wie Variola (n=2), Malaria (n=19), Typhus (n=9), pulmonale Tuberkulose und Ruhr (jeweils n=2), ein pulmonaler Abszeß unklarer Ätiologie, Meningitis (mit neurologischen Folgeschäden), Enzephalitis und ein Ikterus unklarer Ätiologie (jeweils n=1). Dagegen sind weitverbreitete und als „üblich“ geltende Infektionen wie Masern (n=4), Windpocken (n=1), Scharlach und Pertussis (jeweils n=1), sowie akute Tonsillitis (n=2) und Influenza (n=1) selten genannt, mit Ausnahme der Pneumonie (n=5). Brucellose ist nur bei einem Patienten diagnostiziert.

Ebenfalls sind anamnestisch eine chronische Gastritis und Ulcus duodeni nur für einen Patienten bekannt. Andere Diagnosen - nichtinfektiöser und nichtentzündlicher, allenfalls unklarer Genese - betreffen unspezifische Symptome wie häufiger Kopfschmerz, Lumbalgie, Tremor oder Befunde wie einseitig vermindertes Hörvermögen und Nephroptose. Über das Vorhandensein einer (Eisenmangel-)Anämie existieren keinerlei Angaben.

Für fünf Männer sind Verletzungen der Extremitäten als Resultat des Zweiten Weltkrieges bekannt, die bei vier Patienten zu eingeschränkter Erwerbsfähigkeit mit Invalidisierung führten, bei einer Person kam es zur Beinamputation. Zusätzlich sind für drei weitere Patienten jeweils eine erworbene posttraumatische Skoliose, eine unfallbedingte Fraktur und ein nicht näher definiertes Sturztrauma bekannt.

Für 68 unserer Techa-River-Patienten existieren für die Periode der höchsten Exposition (1950 - 1956) klinische Daten von mindestens einer Untersuchung. In der nachfolgenden Zeit (letzte Angaben bis einschließlich 1997) wurden die Patienten in unterschiedlichen, nicht fest vorgegebenen Abständen (meist aufgrund akuter Beschwerden) inspiziert. Der Beobachtungszeitraum umfaßt mindestens 4 Jahre (erster Todesfall innerhalb der Gruppe unserer Patienten in 1954).

Anerkannte krankheitsbedingte Invalidisierungen infolge chronischer Beeinträchtigungen (Herz-Kreislauf- und Atemwegssystem, Neoplasien, Bewegungsapparat) erfolgten seit 1956 bei 10 Personen. Bei zwei Patientinnen konnten die Ursachen für eine Erwerbsunfähigkeit nicht genau rekonstruiert werden. Eine Patientin litt seit 1942 an den neurologischen Folgeerscheinungen einer Meningitis.

In dem Beobachtungszeitraum sind insgesamt 36 Patienten verstorben, für zwei Personen ist der Überlebensstatus unbekannt. 20 Betroffene starben an den Folgen von neoplastischen Erkrankungen, auf die im Kapitel 3.2.2. noch näher eingegangen wird. Vier Patienten starben an einem Cor pulmonale, eine weitere Person an einem, bei entsprechender Vorgeschichte, wahrscheinlich kardial bedingtem Lungenödem. Ein Mann beging Suicid. Zwei Patienten starben an einer Sepsis. Schließlich erlag ein junger Mann einer Gehirnblutung bei Morbus Werlhof. Bei 8 Patienten sind keine Todesursachen erwähnt.

Über das von uns erarbeitete Schema der Darstellung der Morbidität der strahlenexponierten Bewohner des Südural im Verlauf der Zeit und nach Organsystemen wurde ausführlich im Kapitel 2.3. von „Materialien und Methoden“ berichtet. Die Ergebnisse der individuellen Auswertungen pro Patient sind im Anhang I dargestellt. In den folgenden Kapiteln wird auf einzelne Befunde und Erkrankungen nach Organsystemen eingegangen, die die 80 Patienten seit 1950 entwickelten.

Beschreibung der beobachteten Befunde und Diagnosen nach den Organsystemen 01.-17. der ICD-9-Klassifikation

Infektiöse und parasitäre Krankheiten

Aus didaktischen Gründen sind die verschiedenen *lokalen Infektionen* der Techa-River-Patienten nach Organsystemen in den nachfolgende Kapiteln dargestellt. Dies trägt auch der Tatsache bei, daß bei vielen Infektionskrankheiten nicht immer der genaue Erreger identifiziert ist um eine Klassifikation nach dessen Taxonomie zu erlauben. Die klinische Diagnostik, die die sowjetischen Ärzte bei den Betroffenen erhoben haben, beruhte in solchen Fällen auf das Vorhandensein von typischen Kombinationen von Symptomen (in typischer zeitlicher Abfolge).

Zu der schweren Allgemeinerscheinung einer *Sepsis* kam es bei 3 der 80 untersuchten Patienten (in einem Fall mit letalem Ausgang). Der prädisponierende Faktor bei 2 Betroffenen war eine bestehende Agranulozytose. Bei der Patientin Nr. 209991 kam sie wiederholt im Zeitraum 1956-1986, bei dem zweiten Betroffenen (Patient Nr. 113280) zweimalig in 1963 und 1972 vor. Das Keimspektrum ist nicht in jedem der Sepsisfälle bekannt, beteiligte Erregerarten waren u.a. Staphylokokken und *Listeria monocytogenes*. Eine schwere Allgemeininfektion durch den Tularämie-Erreger (*Francisella tularensis*) verursachte in 1980 den Tod des dritten Patienten (Nr. 44635) im Alter von 44 Jahren.

Bei 9 Techa-River-Patienten sind in dem Beobachtungszeitraum röntgenologisch nachweisbare pulmonale Kalkeinlagerungen im Rahmen einer Tuberkulose verifiziert, die einen latenten Infektionszustand nicht ausschließen. Allerdings kam es zu keinem dieser Betroffenen zu einer Reaktivierung der Erkrankung.

Mindestens 26 der untersuchten 80 Probanden hatten im Verlauf ihrer „Patientenkarriere“ ab den frühen 50er Jahre eine Brucellose (positive Serologie), davon 19 Betroffene mehr als einmal. Der Nachweis einer Infektion gelang mittels Agglutination und Präzipitation von Antikörper im Serum (der Titer der letzteren korreliert mit der Aktivität der Erkrankung).

Neubildungen

Nach ihrem biologischem Verhalten werden Neubildungen generell in benigne, semimaligne und maligne Geschwülste eingeteilt. Im Unterschied zu den bösartigen Neoplasien, sind semimaligne Tumore durch ein lokal destruktives infiltrierendes Wachstum, jedoch in der Regel keine Metastasierung, gekennzeichnet. Somit haben sie das histologische Charakteristikum der Malignität, führen aber nicht zum Tode der betroffenen Personen.

Von den untersuchten 80 Techa-River-Patienten entwickelten insgesamt 37 Personen Neubildungen unterschiedlicher Malignitätsgrade, darunter zeigten 7 Probanden sowohl gutartige als auch bösartige Geschwulste (mit verschiedener histogenetischer Charakteristik). Als einziger *Tumor mit semimalignem Verhalten* wurde ein Basaliom diagnostiziert (Patientin 267612, s. **Tabelle 9**).

Bei dieser Betroffenen fanden sich auch zwei gutartige Geschwulste. Sowohl das Ovarialfibrom (Ausschluß einer Malignität), als auch das Uterus-Myom (Hysterektomie wegen klinischer Begleitsymptomatik) wurden operativ entfernt und histologisch gesichert. Außer der Patientin 16200 (s. **Tabelle 9**), wiesen alle anderen Personen der untersuchten Gruppe während der gesamten Beobachtungsperiode nur einen benignen Tumor auf.

Bei den *gutartigen Neoplasien* von 23 Techa-River-Patienten handelte es sich vornehmlich (22 von insgesamt 25) um Neubildungen an den Geschlechtsorganen (Zervix, Uterus, Ovar, Prostata). Uterus-Myome fanden sich dabei am häufigsten (n=9) (s. **Tabelle 9**). Laut vorliegenden Daten traten sie dabei bei der jeweiligen Frau vereinzelt auf (kein Uterus myomatosus). Allerdings wurde die Gebärmutter (wie auch bei der bereits genannten Patientin Nr. 267612) bei zwei weiteren Betroffenen (Patientin Nr. 70960 neun Jahre - und bei Patientin Nr. 159030 zwei Jahre nach Erstbeschreibung des Befundes) entfernt. Die Hysterektomie erfolgte aus der gleichen Indikation – die durch die Myome verursachte Symptomatik (kein Anhalt für Malignität).

Tabelle 9: Benigne und semimaligne Neubildungen bei 23 Techa-River-Patienten.

Dosisgruppe	Patienten-Nr.	Geschlecht	Benigne oder semimaligne Neubildung	Jahr der Diagnose	Alter bei Diagnose [Jahre]	Auftreten einer malignen Neubildung beim selben Patienten
1	268983	W	Uterus-Myom	1960	47	Nein
	321921	M	Prostata-Adenom	1989	74	Nein
	324225	W	Uterus-Myom	1992	74	Metastasierendes Magenkarzinom 1992
	370383	W	Benigner Lungen-Tumor	1988	66	Nein
	379547	W	Uterus-Myom	1961	41	Nein
	510973	W	Zervix-Polyp	1963	53	Magenkarzinom 1974
	525907	W	Zervix-Polyp	1956	47	Nein
2	56397	W	Uterus-Myom	1977	45	Nein
	159030	W	Uterus-Myom	1976	37	Nein
	194520	W	Zervix-Polyp	1976	56	Lungen-Karzinom in 1986
	267612	W	Ovarialfibrom Uterus-Myom Basaliom im Gesicht	1958 1974 1977	37 53 56	Nein
	320139	W	Ovarialzyste	1970	44	Nein
3	70960	W	Uterus myom	1976	39	Nein
	141542	W	Uterus-Myom	1983	44	Nein
	234562	W	Lipom	1991	75	Metastasierendes Mammakarzinom 1991
4	768	M	Prostata-Adenom	1970	56	Larynxkarzinom in 1978
	4653	W	Zervix-Polyp	1953	43	Nein
	9396	M	Prostata-Adenom	1960	59	Chronisch myeloische Leukämie in 1966
	12085	W	Zervix-Polyp	1962	39	Nein
	16200	W	Uterus-Myom und Zervix-Polyp	1973	53	Nein
	62751	M	Prostata-Adenom	1994	64	Nein
	140809	M	Lipom	1991	57	Nein
	142349	W	Ovarialzyste	1975	37	Leukämie (evtl. akute myeloische) in 1987

Dosisgruppe 1 Knochenmarksdosis <0.3 Gy

M männlich

Dosisgruppe 2 Knochenmarksdosis 0.3-0.49 Gy

W weiblich

Dosisgruppe 3 Knochenmarksdosis 0.5-0.99 Gy

Dosisgruppe 4 Knochenmarksdosis >= 1.0 Gy

Bei 21 der 80 Patienten (26 %) wurden *maligne Neoplasien* festgestellt. Betroffen waren Gastrointestinaltrakt (Ösophagus-, Magen- und Pankreaskarzinom), Atemwege (Larynx- und Lungenkarzinom), geschlechtsspezifische Organe (Mamma, Cervix, Prostata), ZNS (Gehirn) und das hämatopoetische System (Leukämien).

Außer dem Hauptrisikofaktor „Alter“, wiesen 11 der 20 Patienten für das Auftreten der malignen Neoplasie mindestens einen weiteren Risikofaktor (s. **Tabelle 10**) auf (4 Personen hatten zwei). Andere Einflußgrößen wie niedriger sozioökonomischer Status, psychosoziale und Ernährungsfaktoren (wenig Gemüse und Früchte, hohe Zufuhr von Fett, nitrathaltige, gepökelte und gesalzenen Speisen, sowie heiße Getränke) blieben dabei unberücksichtigt, da sie nicht individuell zu rekonstruieren waren. Ein Alkoholkonsum (Risikofaktor für die Entstehung von Tumoren des oberen Gastrointestinaltrakts) wird für die Betroffenen mit Larynx- (Patient Nr. 768) und Ösophaguskarzinom (Patientin 9755) verneint.

Bei zwei Patienten mit Magenkarzinom ist der Neoplasie jeweils eine akute Magenschleimhautentzündung (bei Patient 207185) und eine Hypochlorhydrie (bei Patientin 324225) vorausgegangen. Da diese pathologische Zustände (auch) Voraussetzungen für die Entstehung einer chronischen Gastritis sind und diese bei den aufgeführten Patienten nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden können, sind die Befunde in **Tabelle 10** als Risikofaktoren mit aufgeführt.

In der Tabelle ist unter anderem das Jahr angegeben, in dem bei den Tetcha-River-Patienten die jeweilige Malignität erstmalig festgestellt/dokumentiert ist. Bei den Betroffenen mit Pankreas- und Prostatakarzinom (Nr. 16853 und 325310) fehlen entsprechende Angaben, da die Diagnosen „nur“ als Todesursache festgehalten sind.

Für die zwei Patientinnen mit „akuter Leukämie“ (Nr. 5007 und Nr. 142349, s. **Tabelle 10**) ist die genaue zytomorphologische Charakteristik dieser hämatologischen Neoplasien (AML oder ALL), bei fehlenden Angaben, nicht bekannt.

Tabelle 10: Maligne Neubildungen bei 21 Tetsch-River-Patienten.

Dosisgruppe	Patienten-Nr.	Geschlecht	Maligne Neubildung	Jahr der Diagnose	Alter bei Diagnose [Jahre]	Überlebenszeitraum [Jahre]	Risikofaktoren (außer Alter)
1	207185	M	Magen-Ca	1957	56	<1	(Akute?) Gastritis
	257170	M	Lungen-Ca	1970	53	<1	Rauchen, chron. Bronchitis
	324225	W	Metastasierendes Magen-Ca	1992	74	<1	Hypochlorhydrie bekannt
	510973	W	Magen-Ca	1974	64	1	Chronische Gastritis
2	138033	M	CLL	1956	57	8	Familiäre Prädisposition
	158485	W	Metastasierendes Mamma-Ca	1969	52	18	Übergewicht, Postmenopause
	159387	W	CML	1954	67	4	Familiäre Prädisposition
	164464	M	CML	1961	43	1	Nein
	194520	W	Lungen-Ca	1986	66	1	chronische Bronchitis
	196332	M	Magen-Ca	1981	51	2	Rauchen, chron. Gastritis
3	16853	W	Pankreas-Ca	1987*	55*	k. A.	Nein
	46944	W	Metastasierendes Zervix-Ca	1962	58	10	Nein
	113280	M	Hirn-Tumor	1978*	63	k.A.	Nein
	198475	W	Metastasierendes Lungen-Ca	1992	65	k. A.	Nein
	234562	W	Metastasierendes Mamma-Ca	1991	75	1	Nein
	325310	M	Prostata-Ca	1986*	79*	k. A.	Nein
4	768	M	Larynx-Ca	1978	64	10	Fam. Prädisposition, Rauchen
	5007	W	Akute Leukämie	1954	19	<1	Nein
	9396	M	CML	1966	65	5	k. A.
	9755	W	Ösophagus-Ca	1985	78	<1	Nein
	142349	W	Akute Leukämie	1987	49	<1	Rauchen

Dosisgruppe 1

Dosisgruppe 2

Dosisgruppe 3

Dosisgruppe 4

CML

CLL

Knochenmarksdosis <0.3 Gy

Knochenmarksdosis 0.3-0.49 Gy

Knochenmarksdosis 0.5-0.99 Gy

Knochenmarksdosis ≥ 1.0 Gy

chronisch-myeloische Leukämie

chronisch-lymphatische Leukämie

Ca Karzinom

k. A. keine Angaben

M männlich

W weiblich

* Todeszeitpunkt

Eine definitive Metastasierung ist für 5 Patienten verifiziert. Dabei handelt es sich um Leber-Filiae eines Lungen- (bei Patientin 198475) und des Zervixkarzinoms (bei Patientin 46944), sowie um Lungen-Filiae eines Mamma- (bei Patientin 158485) und Magenkarzinoms (bei Patientin 324225). Bei der letzten Betroffenen wurde zusätzlich ein Krukenberg-Tumor des rechten Ovars diagnostiziert. Schließlich ist die Ausbreitung des Mammakarzinoms von Patientin 234562 in die regionalen Lymphknoten histologisch gesichert.

Endokrinopathien, Ernährungs- und Stoffwechselkrankheiten sowie Störungen im Immunsystem

Zwei der untersuchten 80 Patienten (Nr. 17073 und 70960) entwickelten im Laufe ihrer Patientenkarriere eine "Autoimmunthyreoiditis". Für diese Betroffenen ist außerdem bekannt, daß sie auch mehrere chronische Entzündungen im Gastrointestinaltrakt (vornehmlich "chronische Gastritis") manifestierten. Eine Schilddrüsenunterfunktion ist bei keinem der 80 Techa-River-Patienten bekannt.

Für eine 1932 geborene Patientin (Nr. 56397) ist zwischen 1950 und 1952 (im Alter von 18 bis 20 Jahren) eine nicht näher definierte und ätiologisch unklare „Störung des Zwischenhirn-Hypophysen-Systems“ dokumentiert, die möglicherweise in eine Insuffizienz des Hypophysenvorderlappens begründet war.

Ein metabolisches Syndrom trat bei 7 Techa-River-Patienten auf (4 Frauen und 3 Männer). Wie in **Tabelle 11** aufgeführt lagen dabei für den jeweiligen Betroffenen mindestens zwei Kriterien dieses Symptomenkomplexes vor (Adipositas und/oder arterielle Hypertonie und/oder gestörter Kohlehydratstoffwechsel und/oder Fettstoffwechselstörung). Dabei wurden sowohl ein manifester Diabetes mellitus berücksichtigt, als auch ein pathologischer oraler Glukose-Toleranztest. Leider war nicht in jedem einzelnen Fall zu rekonstruieren ob eine Hypertriglyzeridämie und/oder Hypercholesterolämie bestanden haben, da die entsprechenden Werte in den sowjetischen medizinischen Einrichtungen nicht routinemäßig überprüft wurden. Die Angaben in der Tabelle beziehen sich auf einige wenige Untersuchungsergebnisse, die in den Krankenakten dokumentiert wurden.

Tabelle 11: Hauptsymptome eines metabolischen Syndroms bei 7 Techa-River-Patienten.

Patientenkollektiv			Hauptsymptome des metabolischen Syndroms			
Dosisgruppe	Patienten-Nr.	Geschlecht	Adipositas	Hypertonie	Geströrter Kohlehydratstoffwechsel	Fettstoffwechselstörung
1	167884	M	ja	ja	ja	nein
2	196332	M	nein	ja	ja	nein
	757916	W	ja	ja	ja	nein
3	70960	W	ja	ja	ja	unbekannt
	141542	W	ja	ja	ja	ja
4	16200	W	ja	ja	ja	nein
	65997	M	ja	ja	ja	ja

Dosisgruppe 1 Knochenmarksdosis <0.3 Gy M männlich
Dosisgruppe 2 Knochenmarksdosis 0.3-0.49 Gy W weiblich
Dosisgruppe 3 Knochenmarksdosis 0.5-0.99 Gy
Dosisgruppe 4 Knochenmarksdosis >= 1.0 Gy

Krankheiten des Blutes und der blutbildenden Organe

Im Folgenden sind die Untersuchungsergebnisse der Hämatopoese dargelegt, die die Befunde im peripherem Blut (Anzahl der Zellen verschiedener Zellreihen) und im Knochenmark (zytologische Atypien), sowie die hämatologischen Diagnosen der Techa-River-Patienten darstellen, die im Laufe von 1950 bis 1997 beobachtet worden sind. Neoplasien der blutbildenden Organe (Leukämien bei 6 Betroffenen) sind im Kapitel 3.3.2. („Neubildungen“) gesondert beschrieben.

Leukozyten und Thrombozyten reagieren, wie bei den Hundeeperimenten des Argonne National Laboratory dargelegt (s. auch Kapitel 1.2.3.), besonders empfindlich gegenüber einer chronischen Bestrahlung. Die vorliegenden Werte dieser Zellreihen im peripheren Blut der 80 Techa-River-Patienten wurden daher in Verlaufsdiagrammen dargestellt und für die Beobachtungszeiträume sowohl 1950-1965 (erste Ergebnisse hämatologischer Untersuchungen ab 1951), als auch für die gesamte Follow-up-Periode betrachtet (letzte dokumentierte Daten in 1997). Aufgrund der unterschiedlichen Anzahlen von Meßwerten bei den verschiedenen Patienten, wurde auf eine Verdichtung der Werte zu einer Maßzahl pro Person (wie Mittelwert oder Median) verzichtet, da sonst Über- bzw. Untergewichtungen durch Patienten mit besonders vielen bzw. wenigen Meßwerten entstehen können.

Frühe hämatologische Veränderungen (Leukozyten- und Thrombozytenzahlen) im peripheren Blut (1950-1965)

Von besonderem Interesse sind die hämatologischen Veränderungen in den Jahren der höchsten Exposition (1950-1956). Der Zeitraum bis einschließlich Mitte der 60er Jahre (und somit über die Periode der maximalen Belastung durch ionisierenden Strahlen hinaus) wurde zur gesonderten Betrachtung ausgewählt. Erstens sollte geprüft werden, ob eine eventuelle anfängliche Suppression der Blutzellzahlen bei den von uns untersuchten 80 Tschernobyl-Patienten vorhanden ist. Falls ja, sollte zweitens untersucht werden inwieweit diese - innerhalb der in russischen Publikationen (s. auch Ausführungen am Ende des Kapitels 1.2.1.) angegebenen Zeitspanne von ca. 15 Jahren – überwunden wird.

Für die Periode 1950 bis einschließlich 1956 existieren Blutwerte von 68 der 80 Patienten. Sie wurden für die Darstellung des Verlaufs der Leukozyten und Thrombozyten für diese Anfangsjahre der Strahlenbelastung in Bezug auf eine Verminderung im peripheren Blut untersucht. 22 Betroffene manifestierten innerhalb des besagten Zeitraums sowohl eine Leuko- (<4.1 Giga/l) als auch eine Thrombopenie (<180 Giga/l). Ihre Blutwerte sind in **Abbildungen 5-6** dargestellt. Jeweils 8 Patienten sind nach der geschätzten Strahlenexposition des roten Knochenmarks den höchsten Dosiskategorien 4 und 3 zugehörig, 5 Personen der Gruppe 2 und eine Frau der Gruppe 1.

Aus der **Abbildung 6** ist ersichtlich, daß die Mehrzahl der gemessenen Thrombozytenwerte in den Anfangsjahren der Strahlenbelastung (bis 1956) niedriger liegt oder sich an der unteren Normgrenze bewegt. Später ist die Streuung regelmäßig über den gesamten Referenzbereich verteilt, mit einzelnen Abweichungen - häufiger nach oben. Im Unterschied dazu gibt es im Verlauf der Leukozyten für die gesamte Zeitperiode 1950-1965 (**Abbildung 5**) keine ausgeprägten Differenzen. Die Werte liegen an der unteren Normgrenze oder sind vermindert, nur vereinzelt wurden Abweichungen oberhalb 9 Giga/l dokumentiert. Zu den einzelnen Patienten s. auch detaillierte Ausführungen im folgenden Kapitel "Verlauf der Leukozyten- und Thrombozytenwerte für alle 80 Patienten für den gesamten Beobachtungszeitraum (1950-1997)".

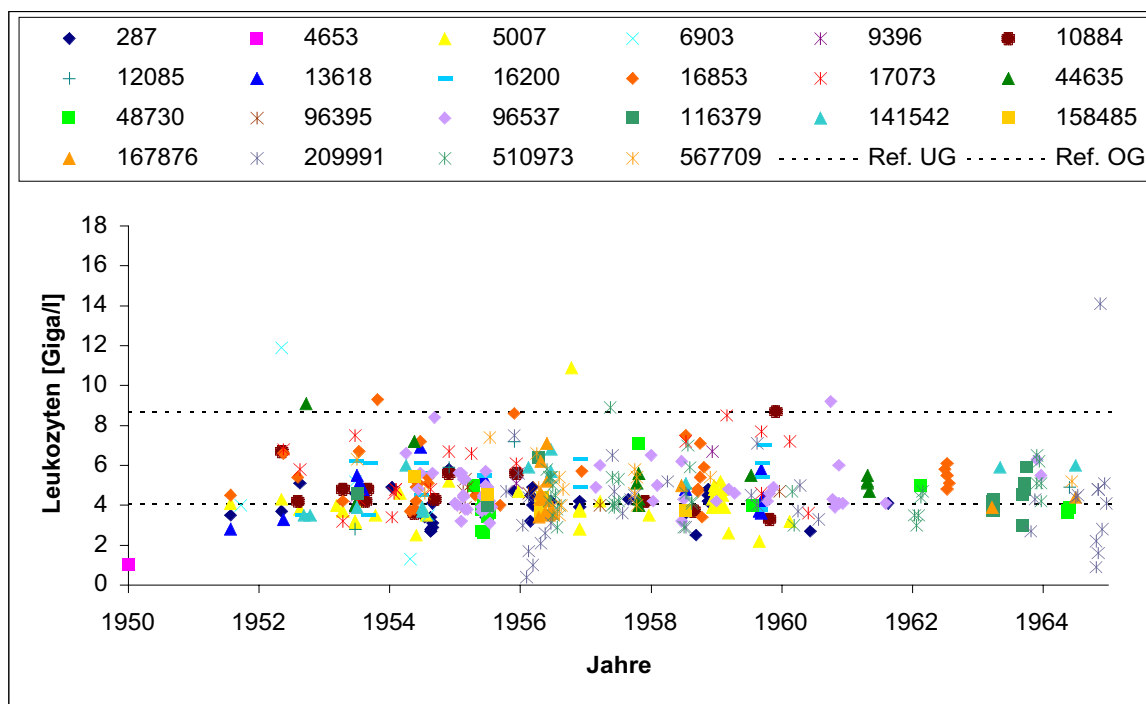


Abbildung 5: Einzelwerte der Leukozyten (1950-1965) für 22 Techa-River-Patienten, die in den Jahren der höchsten Exposition (1950-1956) eine Leukopenie und Thrombopenie manifestierten '-----' Ref. UG = Referenzbereich untere Normgrenze, '-----' Ref. OG = Referenzbereich obere Normgrenze

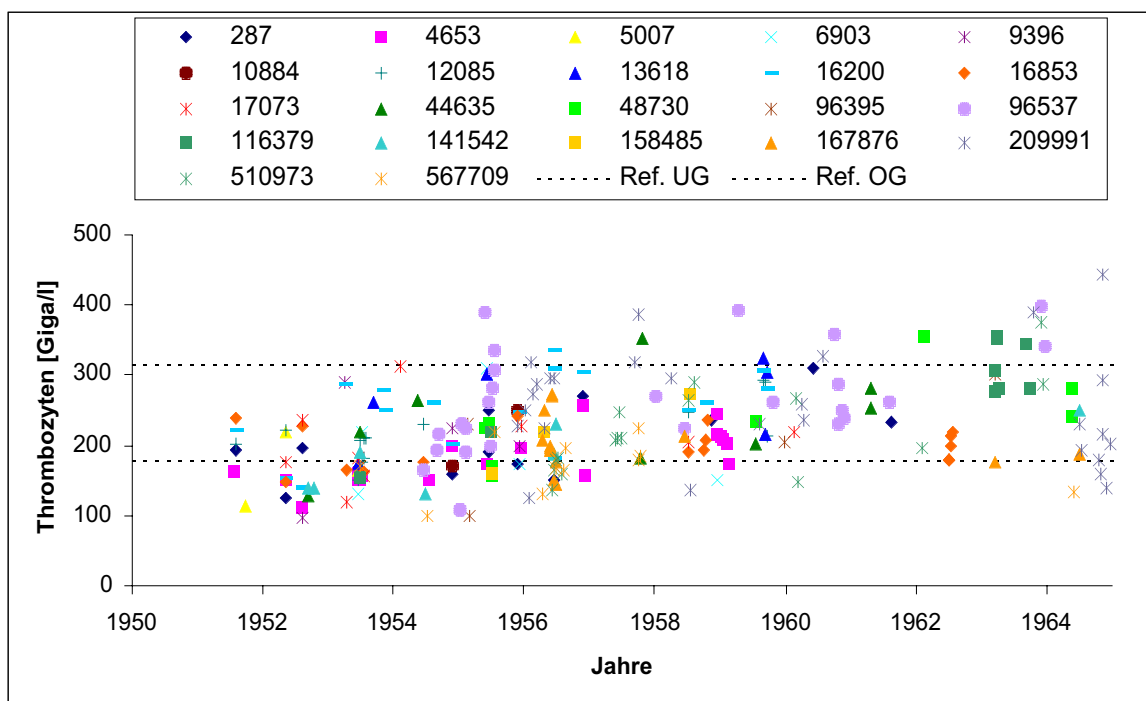


Abbildung 6: Einzelwerte der Thrombozyten (1950-1965) für 22 Techa-River-Patienten, die in den Jahren der höchsten Exposition (1950-1956) eine Leukopenie und Thrombopenie manifestierten '-----' Ref. UG = Referenzbereich untere Normgrenze, '-----' Ref. OG = Referenzbereich obere Normgrenze

Verlauf der Leukozyten- und Thrombozytenwerte für alle 80 Patienten für den gesamten Beobachtungszeitraum (1950-1997)

Die anschauliche Darstellung der hämatologischen Veränderungen der Techa-River-Patienten über die gesamte Follow-up-Periode ermöglicht die differenzierte Betrachtung von Früh- und Langzeitverlauf der einzelnen Parameter. Es wurde die Übersicht nach der Zugehörigkeit der jeweiligen Personen zu den vier Dosisgruppen gewählt, allerdings sollten dabei – soweit möglich - auch jegliche Faktoren mit berücksichtigt werden, die pathologische Veränderungen im peripheren Blut erzeugen können.

Dosisgruppe 1 (< 0.3 Gy)

Für die Patienten der niedrigsten Dosiskategorie stellt sich der Verlauf der weißen Blutzellen und der Thrombozyten in **Abbildungen 7-8** dar. Die früheste Blutuntersuchung ist 1954 für Patient Nr. 167884 dokumentiert. Bis zum Ende der externen Strahlenbelastung in 1956 existieren hämatologische Werte von zusätzlich 15 der insgesamt 19 Betroffenen dieser Gruppe. Für Patient Nr. 207185 sind die Blutplättchen zu keinem Zeitpunkt bestimmt worden.

Die Mehrzahl der Laborparameter liegt innerhalb des Referenzbereichs. Abweichungen der Leukozytenzahlen bei einzelnen Patienten unter 4 Giga/l oder über 9 Giga/l sind sporadisch und manifestieren sich meistens zusammen mit entzündlich-infektiösen Erscheinungen. Bei einem Betroffenen (Nr. 207185) treten in 1957 Leukopenien bis 2.5 Giga/l bei einem Magenkarzinom auf, an dem er kurz danach verstirbt. Kein Patient dieser Dosisgruppe entwickelte eine Leukämie. Ebenso selten sind pathologische Veränderungen der Thrombozyten im peripheren Blut (<180 Giga/l und >315 Giga/l).

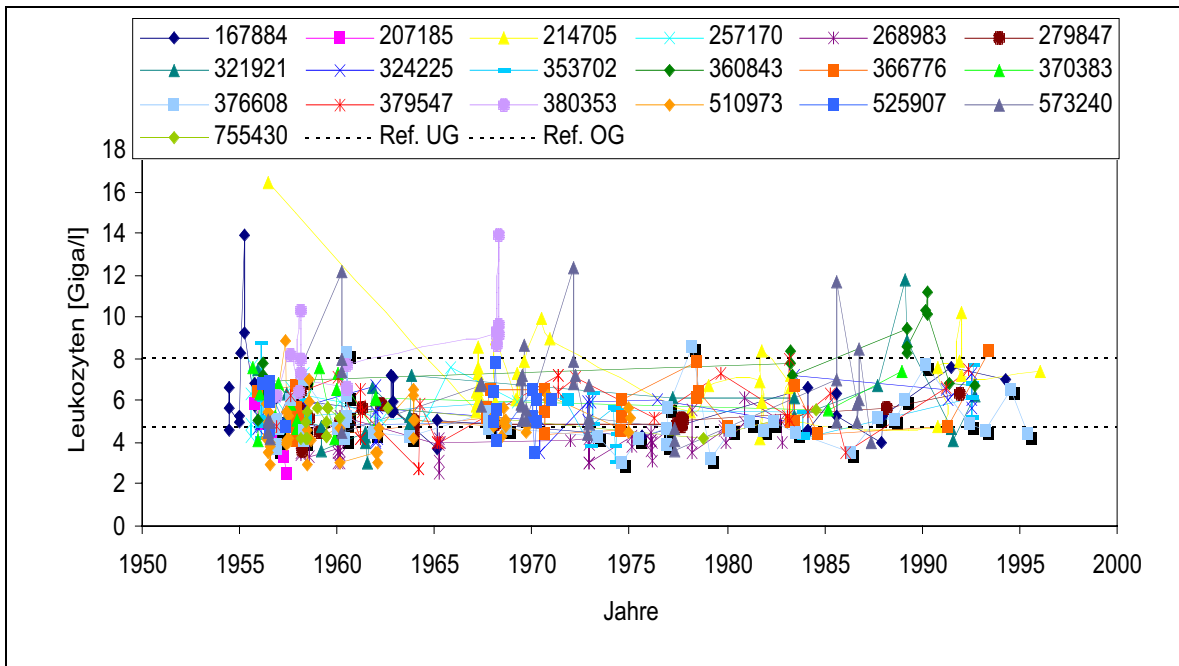


Abbildung 7: Einzelwerte der Leukozyten für die Patienten (n=19) der Dosisgruppe 1 (< 0.3 Gy), '-----' Ref. UG = Referenzbereich untere Normgrenze, '-----' Ref. OG = Referenzbereich obere Normgrenze

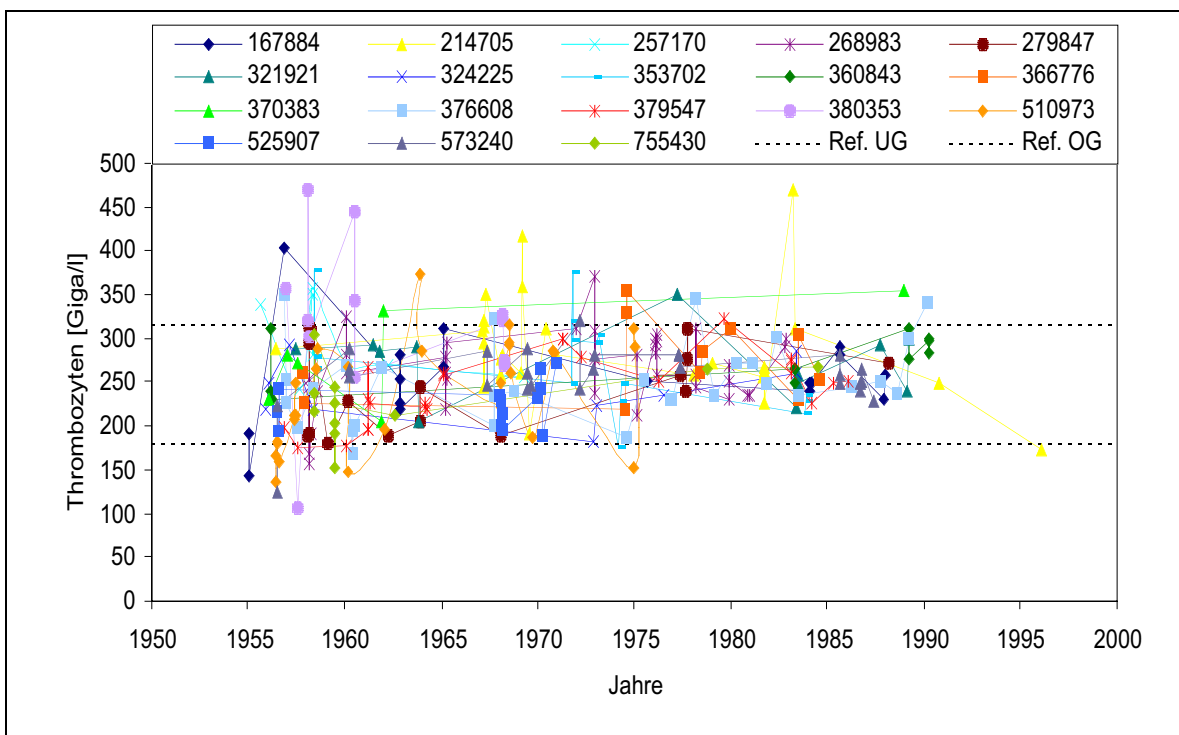


Abbildung 8: Einzelwerte der Thrombozyten für 18 Patienten der Dosisgruppe 1 (< 0.3 Gy), '-----' Ref. UG = Referenzbereich untere Normgrenze, '-----' Ref. OG = Referenzbereich obere Normgrenze

Für die in 1913 geborene Patientin Nr. 268983 existieren Blutwerte in dem Zeitraum 1958-1982. Auffällig sind wiederholte (innerhalb 8 stationärer Aufenthalte) Leukopenien (Abfallen der Leukozytenzahlen bis 2.5 Giga/l) oder Werte um die untere Normgrenze (4 Giga/l). Klinische Symptomatik für diese Zeitperiode: Adnexitis (1958, 1960), Brucellose (1965), sowie chronische Entzündungen im Gastrointestinaltrakt – Gastritis, Cholezystitis und Kolitis (in den 70er Jahre). Andere hämatologische Befunde im peripheren Blut, die gleichzeitig zu finden waren: Linksverschiebung (vermehrtes Auftreten von stabkernigen Granulozyten), moderate Anämie. Zweimalig (in 1972 und 1980) ist mit Chloramphenicol (ein Arzneimittel, bei dem Störungen der Hämatopoese als Nebenwirkung auftreten können) therapiert worden.

Eine regelmäßige Dokumentation über vier Jahrzehnte (1956-1995) existiert für den in 1931 geborenen Patienten Nr. 376608. Bekannt ist, daß er 1978 aus dem Techa-River Gebiet weggezogen ist. Bis einschließlich 1974 finden sich bei hämatologischen Untersuchungen kontinuierliche Linksverschiebungen (Begleiterkrankungen, die in diesem Zeitraum mit Ausnahme einer Brucellose-Infektion einmalig auftraten, waren Influenza, Harnwegsinfekt, chronische Prostatitis, Furunkulose, chronische Gastritis). Ab 1974 bis einschließlich 1986 treten vereinzelt moderate Leukopenien (3-3.9 Giga/l) auf, die übrigen Blutwerte sind im Normbereich. Die erniedrigten Zahlen weißer Blutkörperchen gehen mit Brucellose (in 1974, 1976 und 1979), in 1974 zusätzlich mit chronischer Prostatitis einher. Für das Jahr 1986 ist dagegen keine pathologische Erscheinung dokumentiert.

Das periphere Blut von Patientin Nr. 510973 (geboren 1910) wurde in dem Zeitraum 1956 - 1975 untersucht. Bis Anfang der 60er Jahre werden wiederholt erniedrigte Leukozytenwerte registriert (2.9-3.8 Giga/l), die zumindest in 1956 und 1958 zusammen mit Brucellose auftraten. Gleichzeitig fanden sich Anämie (transfusionspflichtig in 1956, 1957 und 1958), außerdem periphere Linksverschiebung, Eosinophilie und erhöhte BSG, die bis in die 70er Jahre fortbestehen. Moderate Thrombopenien finden sich in 1956 und 1960. In 1962 gehen die hämatologischen Erscheinungen der Betroffenen mit einer chronischen Parametritis einher. Brucellose wird noch zusätzlich in 1963 und 1968

diagnostiziert, Pneumonien in 1963 und 1968, schließlich chronische Kolitis in 1969 und 1970. Die Frau verstirbt 1975 an einem Magenkarzinom.

Für diese Dosisgruppe von insgesamt 19 Patienten, läßt sich zusammenfassend sagen, daß sich bei 16 Betroffenen kein Unterschied im Verlauf der Blutzellzahlen erkennen läßt zwischen der Zeitperiode der frühen 50er Jahre (bis einschließlich 1956) und den nachfolgenden Jahren. Allerdings existieren gerade für die Zeit der höchsten Strahlenbelastung (1950-1951) für keine dieser Personen dokumentierte Blutwerte. Für die restlichen 3 von 19 Patienten (Nr. 268983, Nr. 279847 und Nr. 755430) dieser Dosisgruppe stehen Ergebnisse hämatologischer Untersuchungen erst ab 1958 zur Verfügung.

Zwei Betroffene (Nr. 268983 und 510973) weisen Leukopenie (zum Teil bis Werten unterhalb 2.5 Giga/l) über eine längere Zeit (von den 50er bis jeweils in die 70er und 60er Jahre) auf. Ob diese Tendenz bereits vor 1956 vorhanden war und in welchem Maße ist nicht bekannt. Patient Nr. 376608 manifestierte moderate Erniedrigungen der weißen Blutkörperchen erst ab den 70er Jahren.

Innerhalb der Gruppe sind bei 9 Personen im Verlauf der Zeit vereinzelt entweder moderat erhöhte (Nr. 167884, Nr. 214705, Nr. 321921, Nr. 360843, Nr. 380353 und Nr. 573240) oder verminderte Leukozytenwerte im peripheren Blut (Nr. 207185, Nr. 353702 und Nr. 379547) zu vermerken (s. **Abbildung 7**). Meistens bestanden verschiedene Begleiterkrankungen. 8 der 19 Patienten dieser Dosiskategorie hatten im gesamten Verlauf der untersuchten Zeitperiode unauffällige Leukozytenzahlen. Allerdings kam, vor allem im ersten Jahrzehnt der Strahlenbelastung, bei 17 Betroffene dieser Gruppe eine periphere Linksverschiebung vor.

Bei gleichzeitiger Betrachtung des Verlaufs der Thrombozyten der Patienten dieser Dosiskategorie in **Abbildung 8** fallen insbesondere die Blutparameter zweier Patienten auf, die wiederholte Abweichungen vor allem oberhalb der jeweiligen Normgrenze aufweisen: Nr. 214705 und 380353. Allerdings befinden sich beide Personen am Anfang der dargestellten Periode im Kindesalter (Geburtsjahre jeweils 1952 und 1949).

Dosisgruppe 2 (0.3 – 0.49 Gy)

Innerhalb dieser Dosiskategorie mit insgesamt 20 Patienten haben 17 Personen Blutbilduntersuchungen für den Zeitraum bis einschließlich 1956 (früheste Messung 1952, Patient Nr. 159030). Die Leukozytenwerte der Mehrzahl dieser Betroffenen bewegen sich innerhalb der Norm. Drei Frauen (Nr.194520, 209991 und 267612) fallen allerdings mit kontinuierlichen Leukopenien über den gesamten Beobachtungszeitraum auf, Letztere auch mit wiederholten Thrombopenien (s. **Abbildungen 9 und 10**). Andererseits entwickelten 3 Betroffene (Nr. 138033, 164464 und 159387) chronische Leukämien.

Für die Patientin Nr. 194520, geboren in 1920, sind Blutwerte in dem Zeitraum 1956-1987 dokumentiert. Sie wird 1960 vom verseuchten Gebiet evakuiert. In 1958 manifestiert sie einmalig eine moderate Thrombopenie (125 Giga/l), sowie 1956 und 1960 eine periphere Linksverschiebung. Dagegen ist eine Tendenz zur Leukopenie (2-4 Giga/l) vorhanden, die sich zwischen 1958 und 1984 zeigt. Gleichzeitig besteht Anämie. Die Patientin laboriert jahrzehntelang an einer Brucellose. In den 60er Jahren kommt noch eine chronische Zervizitis hinzu, außerdem leidet sie wiederholt ab dieser Zeit an Entzündungen im Gastrointestinaltrakt (Gastritis, Cholezystitis). Ein Lungenkarzinom wird 1986 diagnostiziert, an dem die Betroffene zwei Jahre später stirbt.

Über einen Zeitraum von 40 Jahren (1955-1995) ist Patientin Nr. 209991 ebenfalls regelmäßig untersucht und auch sie wird in 1960 ins Landesinnere umgesiedelt. Die in 1941 geborene Frau manifestiert wiederholt (in den Jahren 1956, 1959, 1964, 1971, 1973, 1980 und 1986) lebensbedrohliche Agranulozytosen (weitgehendes oder komplettes Fehlen der Granulozyten im peripheren Blut). Die erste dieser Agranulozytosen wurde unter stationären Bedingungen diagnostiziert - in einer Spezialklinik für Strahlengeschädigte in Moskau, wo die 15-jährige Patientin zuvor mit den Symptomen von Asthenie und Knochenschmerzen, sowie mit moderater Neutropenie eingewiesen wurde. Der Zustand der Patientin verbessert sich nur langsam, wodurch sich der stationäre Aufenthalt auf ganze 5 Monate verlängert. Moderate Leukopenie und Neutropenie bestehen selbst noch bei Entlassung aus der Klinik, sowie in den folgenden Jahren.

Die Agranulozytosen, die die Patientin ab 1959 entwickelt werden zum Teil in Verbindung mit der Einnahme von Analgetika gebracht. Für die übrige Zeit fallen Leukopenien zwischen 2.3 und 3.8 Giga/l auf. In dem Beobachtungszeitraum laboriert die Frau wiederholt an Brucellose, chronische Entzündungen der Harnwege (Zystitiden, Pyelonephritiden) und Genitalorganen (Adnexitis), sowie an entzündlichen Erkrankungen der Verdauungsorgane (Gastritis, Duodenitis, Ulcus duodeni). Sie zeigt wiederholt Abweichungen (erhöhte oder verminderte Werte) der Blutplättchen, häufiger Thrombozytosen bei >380 Giga/l. Bis Mitte der 60er Jahre wird häufig Linksverschiebung registriert. Ab den 70er Jahre manifestiert sich kontinuierlich eine Anämie, die später ätiologisch als eine Eisenmangelanämie diagnostiziert wird.

Die nächste Patientin (Nr. 267612) ist in 1921 geboren und gehört zu den Personen im Techa-River-Gebiet, die lebenslang dort wohnhaft geblieben sind. Sie ist regelmäßig im Zeitraum 1956 bis 1997 medizinisch untersucht worden. Bereits in den ersten Jahren fallen kontinuierlich verminderte Werte der Leukozyten und Thrombozyten im peripheren Blut auf, die unklarer Ätiologie sind und über der gesamten Beobachtungsperiode bestehen bleiben. Besonders ausgeprägt sind die Thrombopenien (wiederholt Werte <100 Giga/l, s. **Abbildung 10**). Gleichzeitig werden bis Anfang der 60er eine periphere Linksverschiebung und gelegentlich auch eine Anämie registriert. Begleiterkrankungen für diesen Zeitraum: Unterleibsentzündungen (Oophoritis, Salpingitis, Kolpitis), chronische Gastritis. In den 80er Jahre sind das chronische Cholezystitis und Gastritis. Die Betroffene hat, laut Aktenaufzeichnungen, nie eine Brucellose gehabt.

Für eine weitere Frau (567709), geb. 1942, existieren medizinische Daten von 1953 bis 1993. Sie manifestiert für das erste Jahrzehnt der Beobachtungsperiode im Kindes- und jungen Erwachsenenalter moderate Thrombopenien (100-150 Giga/l) unklarer Ätiologie. Gleichzeitig bestehen Anämie und Linksverschiebung. In 1956 findet sich einmalig eine Leukopenie bis 3.5 Giga/l.

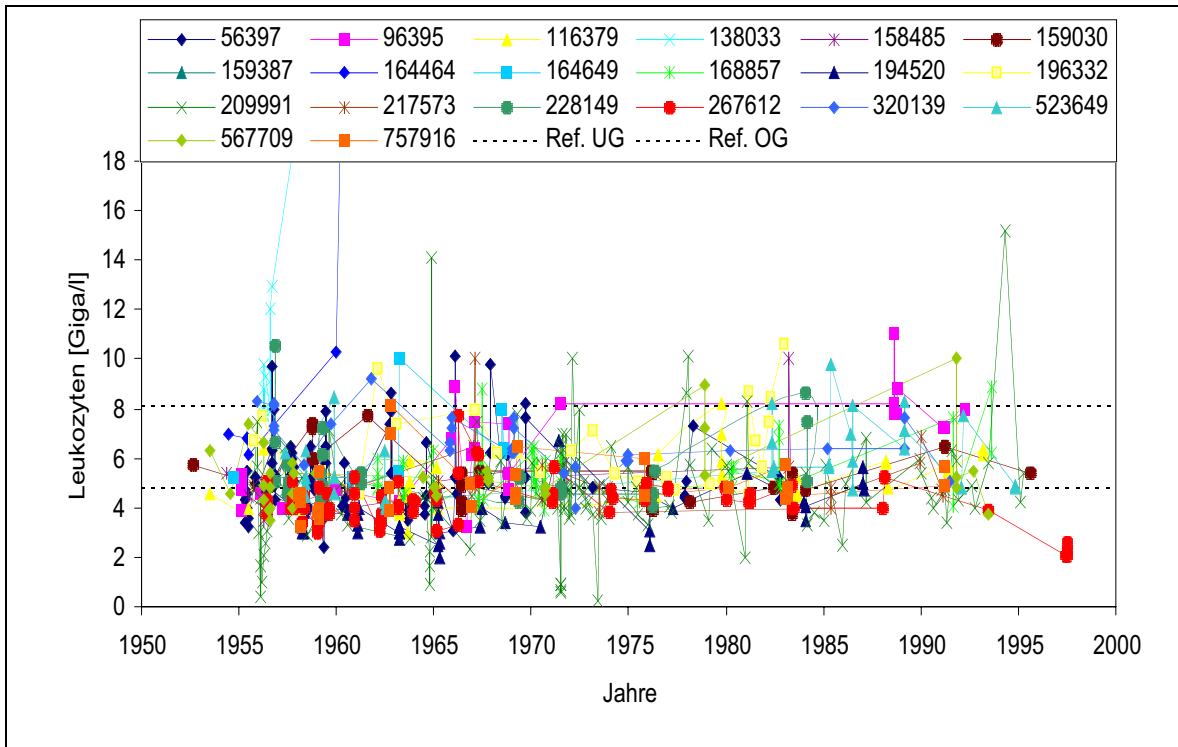


Abbildung 9: Einzelwerte der Leukozyten für die Patienten (n=20) der Dosisgruppe 2 (0.3 - 0.49 Gy), '-----' Ref. UG = Referenzbereich untere Normgrenze, '-----' Ref. OG = Referenzbereich obere Normgrenze

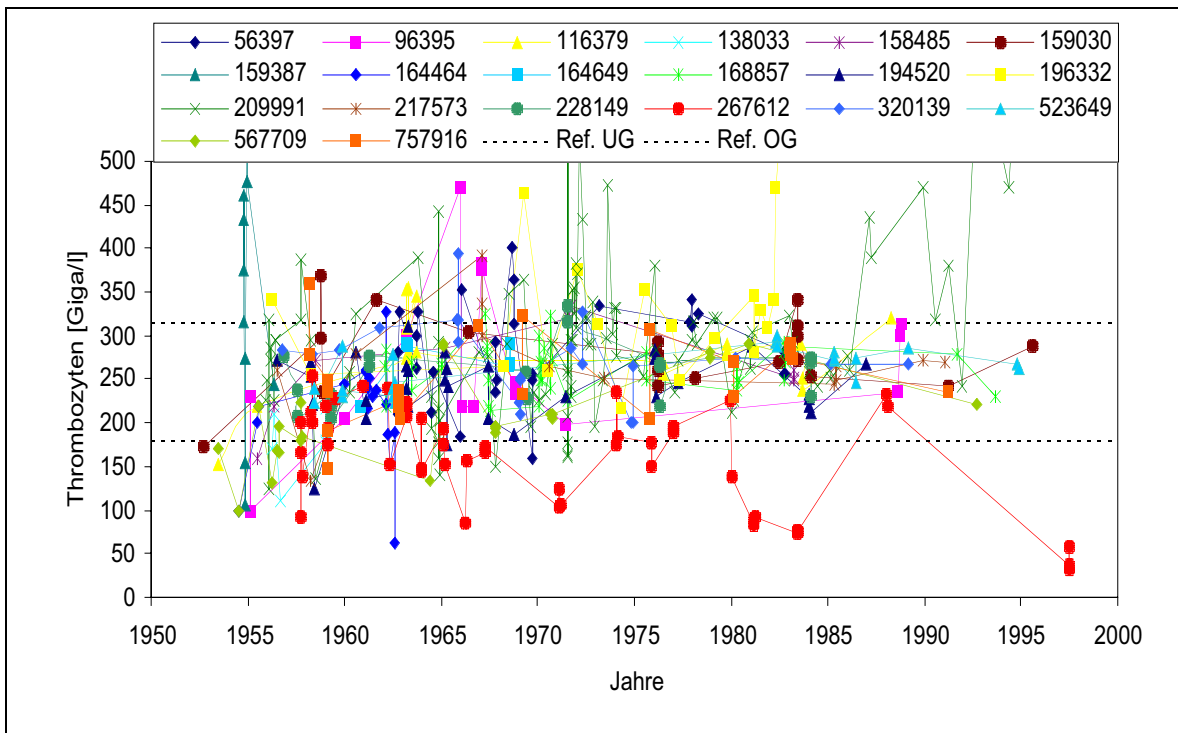


Abbildung 10: Einzelwerte der Thrombozyten für die Patienten (n=20) der Dosisgruppe 2 (0.3 - 0.49 Gy), '-----' Ref. UG = Referenzbereich untere Normgrenze, '-----' Ref. OG = Referenzbereich obere Normgrenze

In **Abbildung 9** sind die Verlaufskurven bei den Patienten Nr. 138033 (CLL seit 1956) und Nr. 164464 (CML seit 1961 bekannt) als „Ausreißer“ zu erkennen. Im Rahmen der proliferierenden Knochenmarkserkrankung manifestieren beide auch Thrombopenien (s. auch **Abbildung 10**). Sie sterben früh (jeweils 1964 im Alter von 57 und 1962 im Alter von 43 Jahren). Die Werte von Patientin Nr. 159387, bei der eine CML in 1954 diagnostiziert wird, erscheinen gar nicht in der Graphik, da von ihr „nur“ Leukozytenzahlen (ab 50 Giga/l) während der Blastenschübe dokumentiert sind. Wie in **Abbildung 10** der Thrombozyten-Verläufe zu sehen manifestiert sie außerdem erhöhte Werte der Blutplättchen (z. T. bis 500 Giga/l). Die Frau verstirbt 67-jährig in 1958.

Für 3 Betroffene innerhalb der Gruppe aus 20 Patienten, die anhand der geschätzten Strahlenexpositions-dosis des Knochenmarks in der sogenannten "Dosis-kategorie 2" (0.3 - 0.49 Gy) fallen, sind Blutwerte erst ab der zweiten Hälfte der 50er Jahre dokumentiert (ab 1957 für Nr. 523649, ab 1958 für Nr. 757916 und ab 1962 für den in 1950 geborenen Patienten Nr. 168857).

Für die restlichen Personen ergaben sich keine Unterschiede im Verlauf der Leukozyten- und Thrombozytenzahlen im peripheren Blut - insbesondere bezüglich der Jahre der höchsten (externen und internen) Strahlenbelastung und der nachfolgenden Zeit. Allerdings existieren auch in dieser Gruppe keine Daten von den kritischen Jahren 1950-1951.

Innerhalb dieser Gruppe manifestierten zwei Frauen (Nr. 194520 und Nr. 209991), die 1960 vom Tschernobyl-Gebiet evakuiert wurden, kontinuierliche Leukopenien (von den 50er bis jeweils in die 80er und 90er Jahre) - zusammen mit Brucellose und anderen Erkrankungen entzündlich-infektiöser Genese. Die zweite Patientin entwickelte außerdem rezidivierende, wahrscheinlich medikamenteninduzierte, Agranulozytosen. Für eine dritte Frau (Nr. 267612), die lebenslang im verseuchten Gebiet wohnhaft blieb, ist ein ätiologischer Zusammenhang zwischen der klaren Tendenz zur Leukopenie und Thrombopenie im Laufe von vier Jahrzehnten nicht eindeutig zu rekonstruieren – zwischen den 60er und den 80er Jahre sind für sie keine entzündlich-infektiöse oder schwere Allgemeinerscheinungen dokumentiert.

In der übrigen Zeit laboriert sie an chronischen gynäkologischen oder Magen-Darm-Erkrankungen, eine Brucellose ist zu kleinem Zeitpunkt bekannt.

Vereinzelte Leukopenien (unter 4.0 Giga/l) und/oder Leukozytosen (Werte über 9.0 Giga/l) mit oder ohne Abweichungen in den Thrombozytenzahlen wurden bei 7 Personen innerhalb dieser Gruppe (Nr. 56397, Nr. 96395, Nr. 116379, Nr. 158485, Nr. 159030, Nr. 196332, Nr. 217573 und Nr. 228149) nur gelegentlich registriert und traten in der Mehrzahl zusammen mit Infektionen auf (purulente Otitis, chronische Hepatitis, Brucellose, Parametritis). Eine Frau (Nr. 567709) manifestierte bis Anfang der 60er Jahre wiederholt moderate Thrombopenien (100-150 Giga/l) unklarer Genese, sowie einmalig in 1956 leichte Leukopenie (bis 3.5 Giga/l). 5-11 Jahre nach Beginn der Strahlenbelastung entwickelten 3 Betroffene chronische Leukämien. 5 Patienten dieser Dosiskategorie hatten für die gesamte Beobachtungsperiode unauffällige Leukozytenwerte. Alle bis auf eine Person manifestierten eine periphere Linksverschiebung vor allem in den frühen 50er und 60er Jahre.

Dosisgruppe 3 (0.5 – 0.99 Gy)

Der Verlauf der Leukozyten- und Thrombozytenzahlen im peripheren Blut für die 21 Patienten dieser Gruppe sind in **Abbildungen 11-12** dargestellt. Hämatologische Laborwerte für die Zeit der frühen 50er Jahre (bis 1956) existieren für die Mehrzahl der Betroffenen (n=16). Besonders zwei Patienten - Nr. 287 und 16853 - sind zwischen 1951 und 1956 regelmäßig untersucht worden.

Auch in dieser Patientengruppe liegen die meisten gemessenen hämatologischen Parameter innerhalb des Referenzbereiches.

Auffällig sind die erniedrigten Leukozytenwerte im peripheren Blut der in 1918 geborenen Patientin Nr. 287, die regelmäßig über mehrere Jahre (1951-1960) mit einer Linksverschiebung vorkommen und laut vorhandener klinischer Daten nicht mit einem gleichzeitig bestehenden pathologischen Vorgang einhergehen. Allerdings ist über den gesamten Beobachtungszeitraum (bis 1985) konstant Anämie registriert. Eine Thrombopenie von 125 Giga/l ist nur in 1952 dokumentiert. In 1956 und 1958 ist die serologische Untersuchung auf Brucellose

positiv. Knochenmarksuntersuchungen sind bei der Betroffenen nicht durchgeführt. Sie wurde 1956 ins Landesinnere evakuiert.

Auch für Patientin Nr. 17073 existieren hämatologische Daten in den frühen Jahren der Strahlenexposition - von 1952 bis 1996. Für den gesamten Zeitraum ist Anämie bekannt. Anfang 1953 kommen im peripheren Blut Leukopenie (3.2 Giga/l) und Thrombopenie (120 Giga/l) vor, die Frau ist schwanger und steht kurz vor der Niederkunft. Verminderte weiße Blutzellen werden auch 1954 und 1960 registriert, es gibt keine Abweichungen bei den Thrombozyten. Für das letzte Jahr sind eine erneute Schwangerschaft und akute Appendizitis dokumentiert. Bis Anfang der 70er Jahre werden wiederholt periphere Linksverschiebungen registriert. Die Patientin gehört zu den Personen, die bereits 1956 vom verseuchten Areal evakuiert wurden.

Patient 113280, geboren 1914, lebt bis zu seinem Tod in 1978 im Tеча-River-Gebiet. Er manifestiert zweimalig (in den Jahren 1963 und 1972) eine Agranulozytose unklarer Ätiologie über mehrerer Tage. In der übrigen Zeit liegen die gemessenen Leukozytenzahlen tendenziell im unteren Normbereich oder sind bis zu 3.2 Giga/l vermindert, die Thrombozyten sind unauffällig. Periphere Linksverschiebung ist nur in den 50er Jahren dokumentiert. Eine Brucellose-Infektion ist zu keinem Zeitpunkt serologisch nachgewiesen, es liegen keine Daten über durchgemachte akute und chronische Infektionen und/oder Entzündungen vor.

Für eine 1939 geborene Frau (Nr. 141542) sind medizinische Daten für den Zeitraum 1952-1994 vorhanden. Sie hält sich lebenslang im Tеча-River-Gebiet auf. Zwischen 1952 und 1986 werden im peripheren Blut regelmäßig Leukozyten-Werte <3.7 Giga/l registriert. Gleichzeitig besteht Anämie. Zweimalig sind moderate Thrombopenien dokumentiert – 140 Giga/l in 1952 und 130 Giga/l in 1954. Linksverschiebung nur einmalig in 1958 (relativer Anteil der stabkernigen Granulozyten im peripheren Blut von 10%). Zu keinem Zeitpunkt sind entzündlich-infektiöse Erkrankungen (auch keine Brucellose) bekannt.

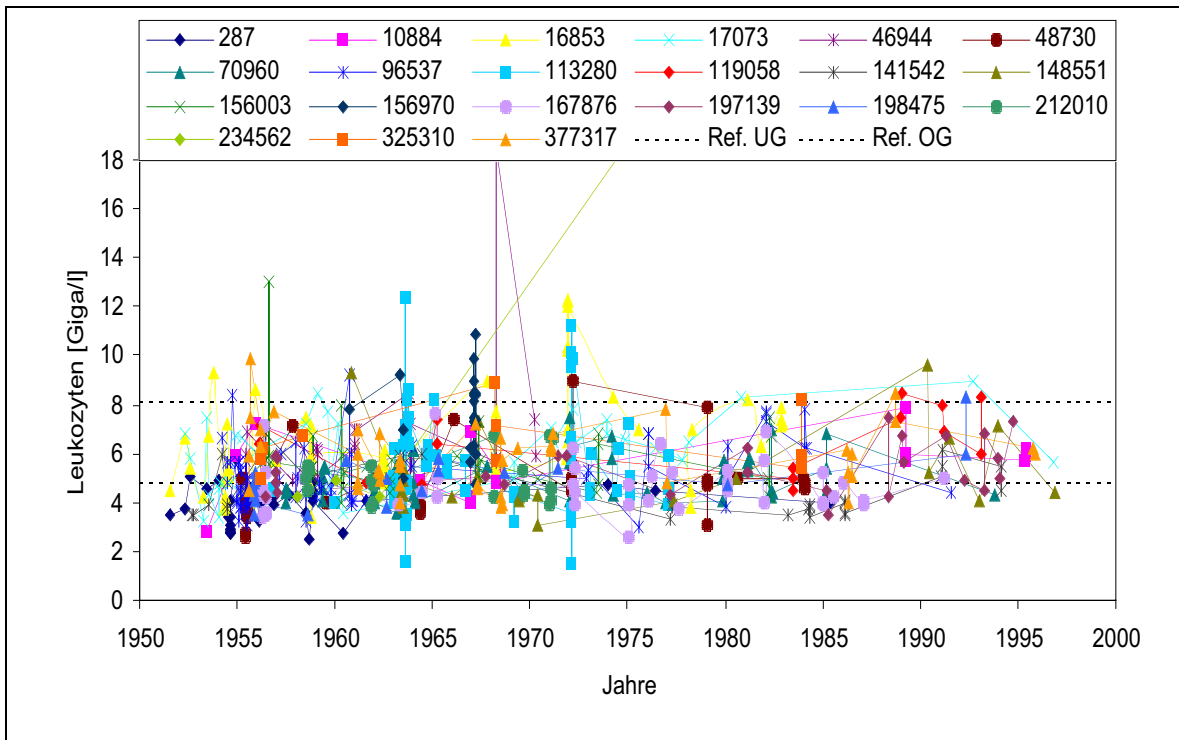


Abbildung 11: Einzelwerte der Leukozyten für die Patienten (n=21) der Dosisgruppe 3 (0.5 - 0.99 Gy), '-----' Ref. UG = Referenzbereich untere Normgrenze, '-----' Ref. OG = Referenzbereich obere Normgrenze

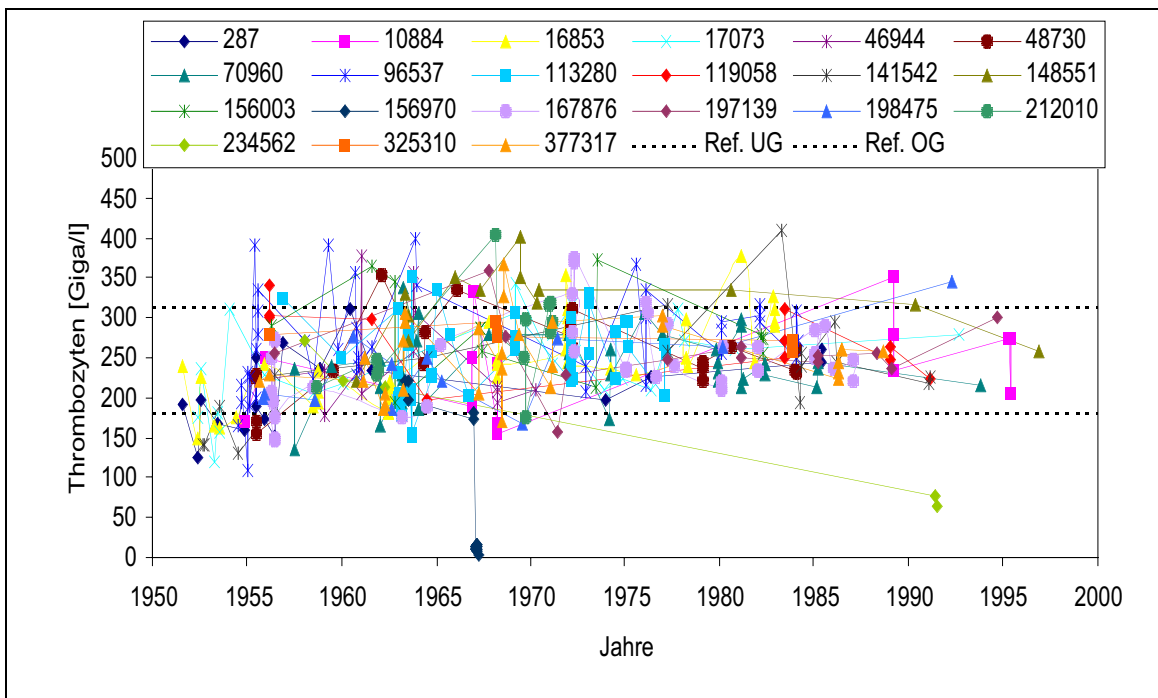


Abbildung 12: Einzelwerte der Thrombozyten für die Patienten (n=21) der Dosisgruppe 3 (0.5 - 0.99 Gy), '-----' Ref. UG = Referenzbereich untere Normgrenze, '-----' Ref. OG = Referenzbereich obere Normgrenze

In der **Abbildung 11** sind die Verlaufskurven der weißen Blutkörperchen zweier Betroffenen als "Ausreißer" zu erkennen. Der erste ist einmalig und durch den hohen Wert der im Jahr 1904 geborenen Patientin Nr. 46944 von 18.5 Giga/l (in 1958) bedingt. Gleichzeitig bestehen dabei chronische Cholezystitis und ein Harnwegsinfekt. Die zweite Person (Nr. 234562, geboren 1916), entwickelt eine Leukozytose >30 Giga/l und Thrombopenie von 65 Giga/l im Jahr 1991. Zu diesem Zeitpunkt laboriert sie an akuten Infektionen (Laryngitis und Pleuritis) bei metastasierendem Mammakarzinom.

Patient Nr. 156970, geboren 1949, hat bis 1966 eine unauffällige „Patientenkarriere“ – bis zu diesem Zeitpunkt sind keine ernsthaften Erkrankungen bekannt. Seit 1967 leidet er an essentieller Thrombzytopenie mit chronischem Verlauf ohne erkennbaren plötzlichen Auslöser durch einen Virusinfekt oder Medikamenteneinnahme. Laut Angaben der russischen Kooperationspartner handelte es sich dabei um die Autoimmunerkrankung Morbus Werlhof (idiopathische thrombozytopenische Purpura). Im Alter von 18 Jahren verstirbt der Mann in 1967 an intrakraniellen Blutungen.

Innerhalb dieser Dosiskategorie (n=21 Patienten) zeigten vier Betroffene (Nr. 287, 17073, 113280 und 141542) eine Tendenz zur Leukopenie unklarer Ätiologie mit oder ohne Thrombopenie. Lediglich für die ersten beiden dieser Betroffenen manifestieren sich die erniedrigten Zahlen beider Blutzelllinien ausschließlich im ersten Jahrzehnt der Strahlenbelastung (bis 1960).

Die einmaligen starken Leukozytosen (>18 Giga/l) bei Patienten-Nr. 46944 und 234562 und die gelegentliche moderate Erhöhung und/oder Erniedrigung der Leukozytenzahlen im peripheren Blut anderer Patienten dieser Gruppe (s. **Abbildung 11**) kommen sporadisch vor und treten in Zusammenhang mit akuten oder chronischen Entzündungen/Infektionen auf. Keine der Betroffenen entwickelte eine Leukämie. Nur für 3 der insgesamt 21 Personen dieser Dosiskategorie (Nr. 148551, 156970 und 212010) sind keine Linksverschiebungen im peripheren Blut bekannt, allerdings sind für die ersten beiden Betroffenen keine hämatologischen Daten von den 50er Jahren vorhanden.

Dosisgruppe 4 (> 1 Gy)

Auch in der höchsten Dosiskategorie sind mehrere hämatologische Daten pro Patient innerhalb der Zeitperiode der höchsten (internen und externen) Strahlenbelastung vorhanden (bis 1956). Insgesamt sind hier 20 Personen zugeordnet. Sie stammen vornehmlich aus Siedlungen entlang des Tеча-River, die im Rahmen von offiziell angeordneten Evakuierungen in den 50er Jahren verlassen werden mußten. Im Zeitraum 1954 bis 1960 sind somit 18 dieser Patienten umgesiedelt und der weiteren Einwirkung durch das γ -Strahlenfeld am Fluß entzogen.

Bei Patientin Nr. 4653, geboren 1910, zeigt sich bei den Untersuchungen des peripheren Blutes (Zeitraum 1951-1986) seit Anfang der 50er bis in die späten 60er Jahre eine generelle Tendenz zu moderater bis starker Leukopenie (Werte der weißen Blutkörperchen bis 2.2 Giga/l), gleichzeitig außerdem bis einschließlich 1959 eine Anämie und Thrombopenie, sowie Linksverschiebung über die gesamte Beobachtungsperiode von 1951 bis 1986, die ätiologisch unklar sind. Die Frau leidet zwar über mehrere Jahre an chronischen Erkrankungen im Bereich der Atemwege (Rhinopharyngitis, Laryngitis, interstitielle Pneumonie) und des Verdauungssystems (Gingivitis, Gastritis, Cholezystitis), allerdings ist das Blutbild oft zum Zeitpunkt der entsprechenden Diagnosestellung unauffällig. Eine pulmonale Tuberkulose im inaktiven Stadium ist erst seit Ende der 70er Jahre bekannt.

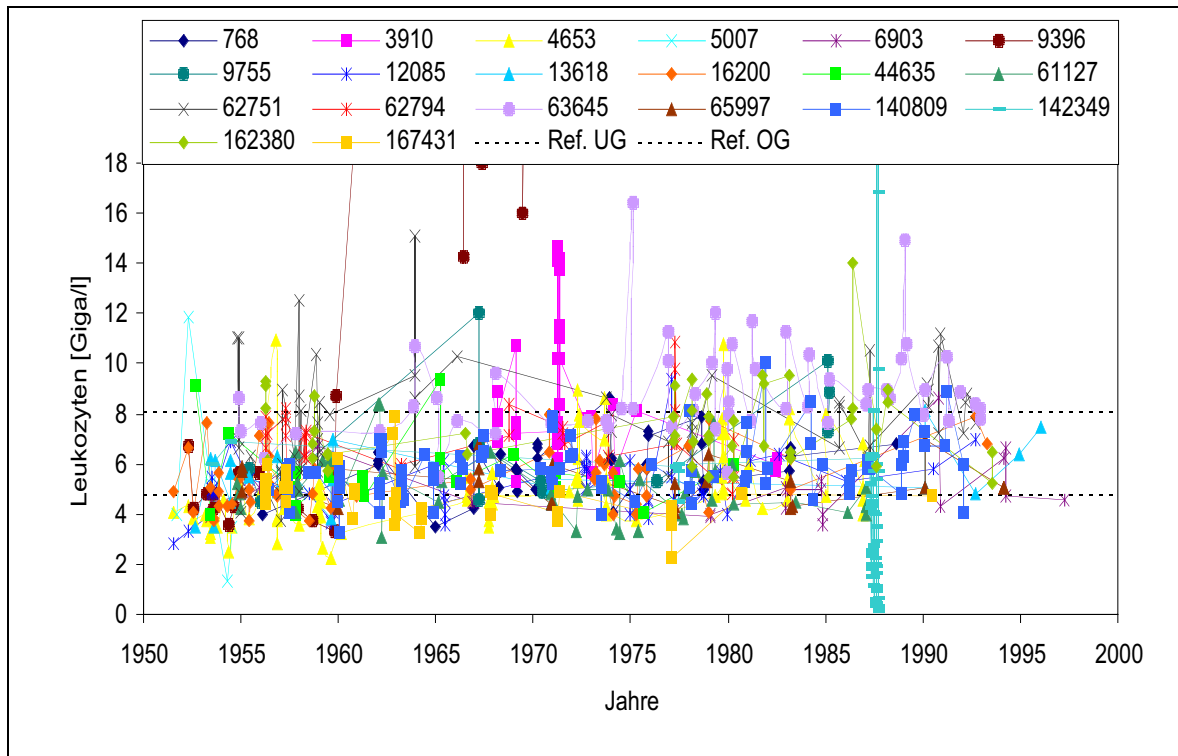


Abbildung 13: Einzelwerte der Leukozyten für die Patienten (n=20) der Dosisgruppe 4 (≥ 1 Gy), '-----' Ref. UG = Referenzbereich untere Normgrenze, '-----' Ref. OG = Referenzbereich obere Normgrenze

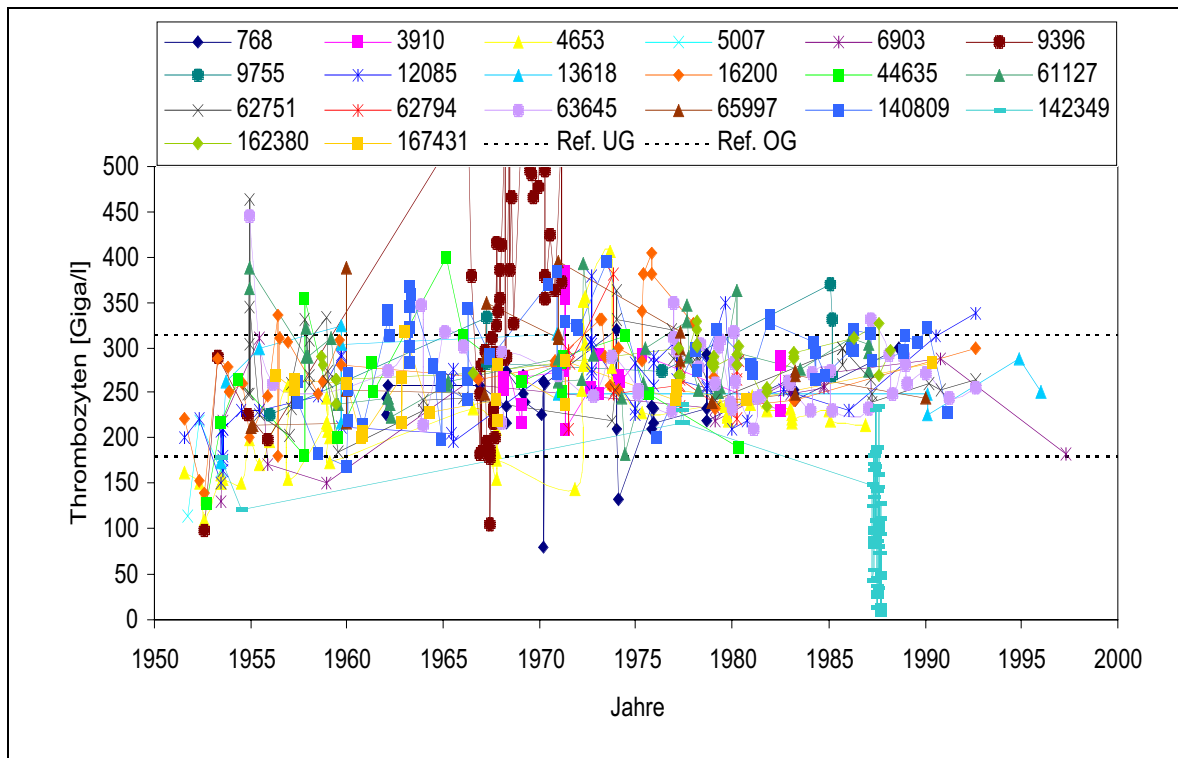


Abbildung 14: Einzelwerte der Thrombozyten für die Patienten (n=20) der Dosisgruppe 4 (≥ 1 Gy), '-----' Ref. UG = Referenzbereich untere Normgrenze, '-----' Ref. OG = Referenzbereich obere Normgrenze

Für die 1917 geborene Patientin Nr. 167431 sind hämatologische Werte für die Zeitperiode 1956-1990 dokumentiert. Ihre Siedlung wurde nicht von den Evakuierungsmaßnahmen sowjetischer Behörden betroffen. Regelmäßig finden sich im peripheren Blut Leukozytenzahlen an der unteren Normgrenze oder moderat erniedrigt (bis ca. 3.5 Giga/l), wobei anhand der vorliegenden Daten nicht in jedem Fall ein pathologisches Ereignis als Auslöser zu rekonstruieren ist. Die Thrombozyten sind unauffällig. 1956 und 1959 werden vereinzelte Linksverschiebungen registriert. Für 1957 und 1962 ist eine positive Brucellose-Serologie nachgewiesen. In 1964 (Leukozyten im peripheren Blut 3.2 - 4.2 Giga/l) laboriert sie an Cholangitis, chronischer Cholezystitis, chronischer Hepatitis und Trichomoniasis. Für 1977 (leukopenische Werte bis 2.2 Giga/l) sind chronische Pyelonephritis, Gastritis und Pharyngitis bekannt.

Patient Nr. 3910, geboren in 1950, ist der einzige innerhalb der Gruppe, für den es keine medizinischen Daten in den 50er Jahre gibt. Die ersten hämatologischen Werte sind ab 1968 dokumentiert. Die Leukozytenzahlen im peripheren Blut bewegen sich charakteristischerweise im oberen Normbereich. Für die Jahre 1969 und 1971 kommt es zu moderaten Leukozytosen (bis 10 Giga/l) deren ätiologische Ursache nicht bekannt ist (kein Anhalt für Infektionen).

Seit 1954 bis 1990 treten bei dem 1930 geborenen Patienten Nr. 62751 gelegentliche Leukozytosen (9 bis 15 Giga/l) mit oder ohne Erhöhung der BSG auf, die möglicherweise mit lokalen Entzündungen des Gastrointestinaltraktes (Pharyngitis, Gastroduodenitis, Cholezystitis, Enterokolitis) in Verbindung stehen. Bis Anfang der 60er Jahre besteht Linksverschiebung im peripheren Blut.

Bei hämatologischen Untersuchungen des Patienten Nr. 63645 (geboren in 1935) finden sich periphere Linksverschiebungen zwischen 1954 und 1957. Ab 1963 kommen immer häufiger moderate Erhöhungen der Leukozytenzahlen (10-12 Giga/l) im peripheren Blut vor. Für dieses Jahr ist eine Brucellose-Infektion nachgewiesen, im weiter Verlauf ist die Serologie negativ. Der Betroffene leidet vom jungen bis ins späte Lebensalter an chronischer Gastritis, in den 80er Jahren kommen weitere Beeinträchtigungen des Gastrointestinaltraktes in Form von chronischer Cholangitis und Cholezystitis hinzu. 1976 wird, nach positivem

zytogenetischen Nachweis des Philadelphia-Chromosoms (Translokation von Chromosom 22 auf Chromosom 9), die Diagnose einer chronisch-myeloischen Leukämie (CML) gestellt. Sie wird, trotz Fehlen weiterer typischer klinischer Zeichen der Erkrankung, viele Jahre aufrechterhalten und erst nach 1992 revidiert.

Für den 1936 geborenen Patienten Nr. 162380 sind Blutbilduntersuchungen im Zeitraum 1956-1993 dokumentiert. Tendenziell liegen seine gemessenen Leukozytenwerte im oberen Normbereich oder leicht darüber (bis 9.5 Giga/l). In den 50er und später in den 80er Jahren finden sich gelegentlich Linksverschiebungen im peripheren Blut. Er leidet wiederholt an Brucellose, rezidivierender Otitis media, sowie an chronischen Erkrankungen des Verdauungssystems (Gastritis, Duodenitis, Ulkus duodeni, Cholezystitis).

Zwei der Patienten mit Leukämie (Nr. 9396 und 142349) sind in **Abbildung 13** als "Ausreißer" zu erkennen (Werte >18 Giga/l). Patient Nr. 9396 zeigt erste klinische Symptome einer chronisch myeloischen Leukämie in 1966 (Tod in 1971). Patientin Nr. 142349 erkrankt an einer akuten Leukämie in 1987 (Blastenschub) und stirbt noch im selben Jahr. Sie manifestiert in diesem Jahr schwerste Thrombopenien (<10 Giga/l) (s. auch **Abbildung 14**).

Zusammenfassend ist zu sagen, daß sich innerhalb der untersuchten Gruppe, die mit einer Gesamtdosis von >1 Gy am höchsten strahlenexponiert wurde, 2 von insgesamt 20 Betroffenen mit häufigen Leukopenien finden (mit oder ohne Thrombopenien) und 4 Patienten (Nr. 3910, 62751, 63645 und 162380), deren Leukozytenzahlen im peripheren Blut tendenziell im oberen Normbereich oder höher liegen. Bis auf eine Person manifestieren alle Betroffenen dieser Dosiskategorie periphere Linksverschiebungen in den ersten Jahren der Exposition. Zu erwähnen sind außerdem die auffälligen hämatologischen Erscheinungen des Patienten Nr. 63645, bei dem ab 1963 häufige moderate Leukozytosen unklarer Ätiologie auftreten (trotz Nachweis eines Philadelphia-Chromosoms besteht kein Zusammenhang mit einer Leukämie). In dieser Dosiskategorie finden sich 2 akute Leukämien (Patienten Nr. 5007 und 142349) und eine CML (Nr. 9396).

Befunde in Knochenmarkspräparaten

Im folgenden **Abbildungen 15-24** sind mitosebedingte Anomalien in Knochenmarkspräparaten von 3 Tschernobyl-Patienten dargestellt. Diese Präparate wurden innerhalb einer Zeitperiode von 1955-1969 erstellt und zeigen zytologische Atypien, die charakteristischerweise nach Einwirkung ionisierender Strahlen zu finden sind (s. Ausführungen im Kapitel 1.2.2. der "Einleitung"). Es handelt sich dabei sowohl um Strahlenschäden bei Zellteilung (verklumpte Mitosen), als auch um solche in Interphase-Zellen (zytoplasmatische Brücken und doppelkernige Zellen).

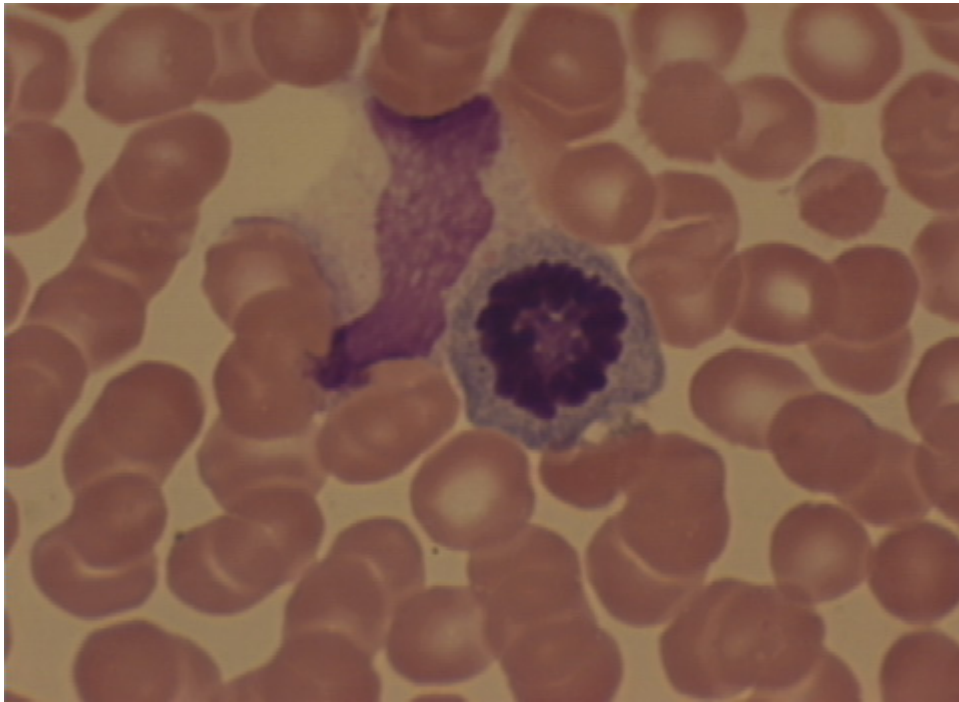
Strahlenschäden bei Zellteilung:

Abbildung 15: Verklumpte Mitose E2 (Knochenmarkspräparat von 1967, Vergrößerung: 100x, Patient Nr. 65997)

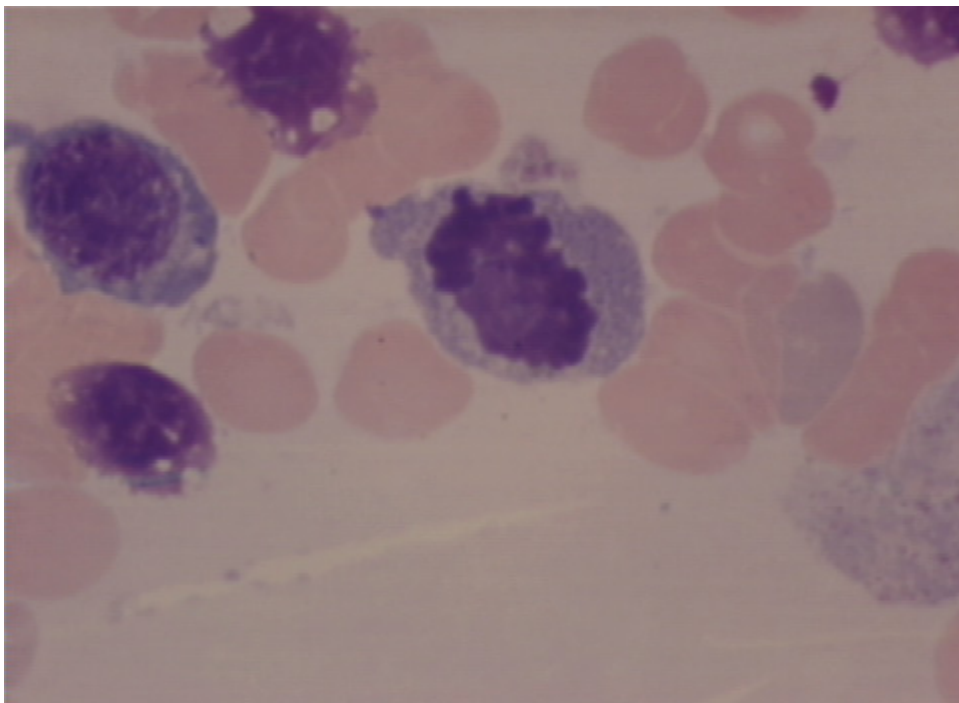


Abbildung 16: Verklumpte Mitose E2 (Knochenmarkspräparat von 1968, Vergrößerung: 100x, Patientin Nr. 209991)

E2 Makroblast

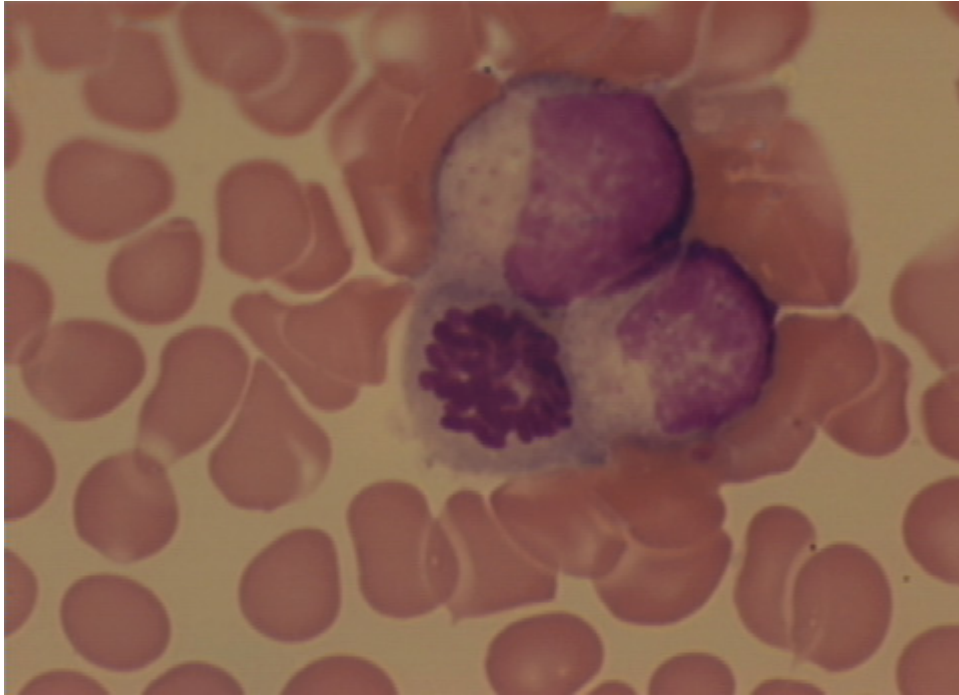


Abbildung 17: Verklumpte Mitose E3 (Knochenmarkspräparat von 1967, Vergrößerung: 100x, Patient Nr. 65997)

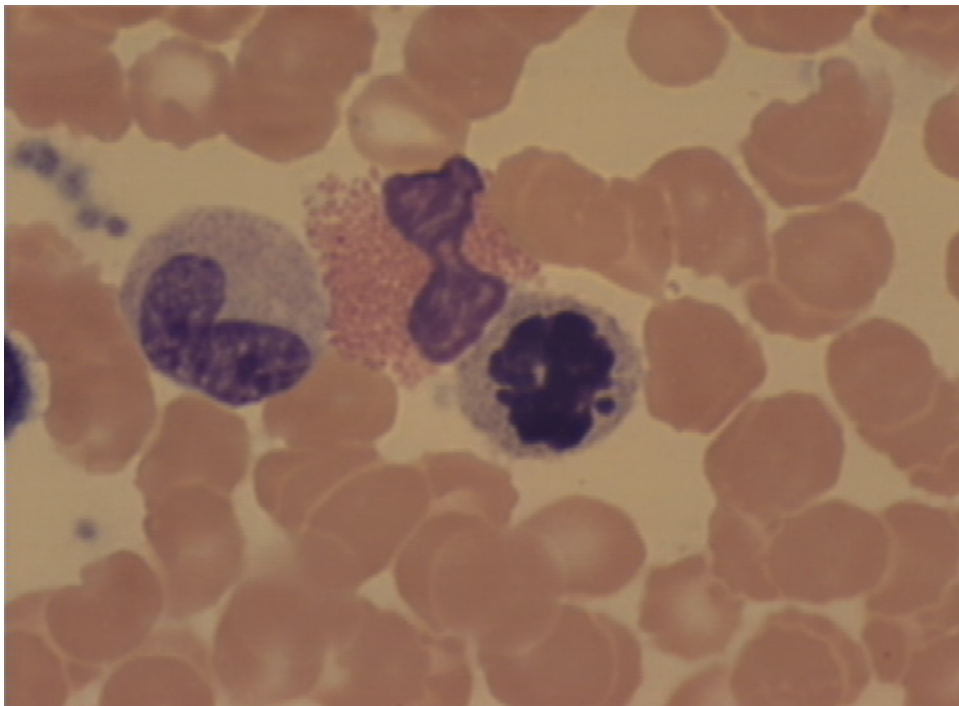


Abbildung 18: Verklumpte erythropoetische Mitose mit Karyomer (Knochenmarkspräparat von 1969, Vergrößerung: 100x, Patient Nr. 228149)

E3 basophiler Normoblast

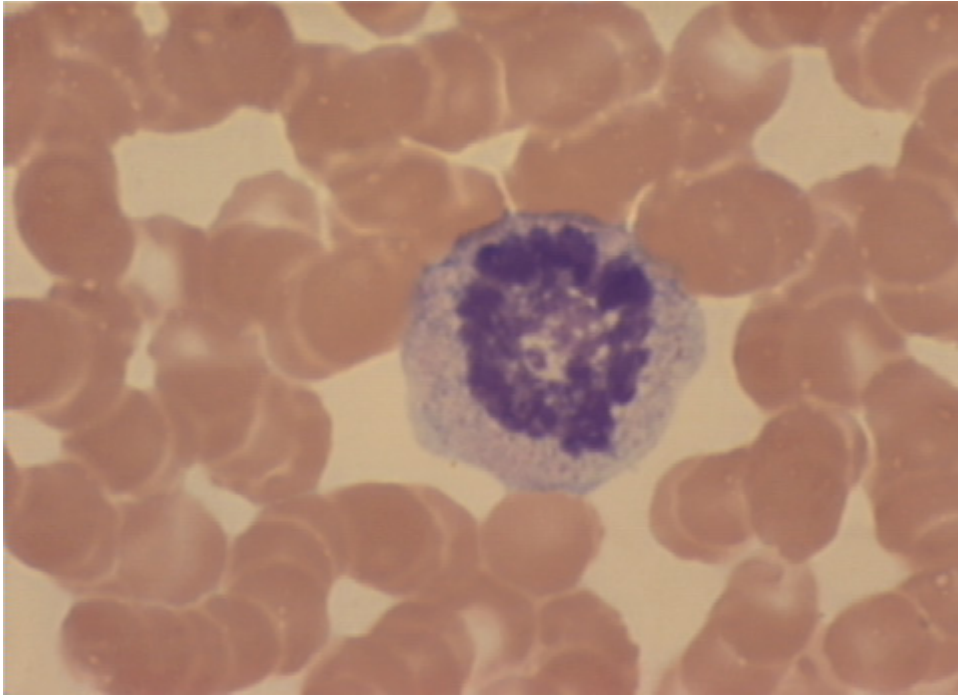


Abbildung 19: Verklumpte Mitose einer frühen myeloepoetischen Zelle (M2 oder M3) (Knochenmarkspräparat von 1969, Vergrößerung: 100x, Patient Nr. 228149)

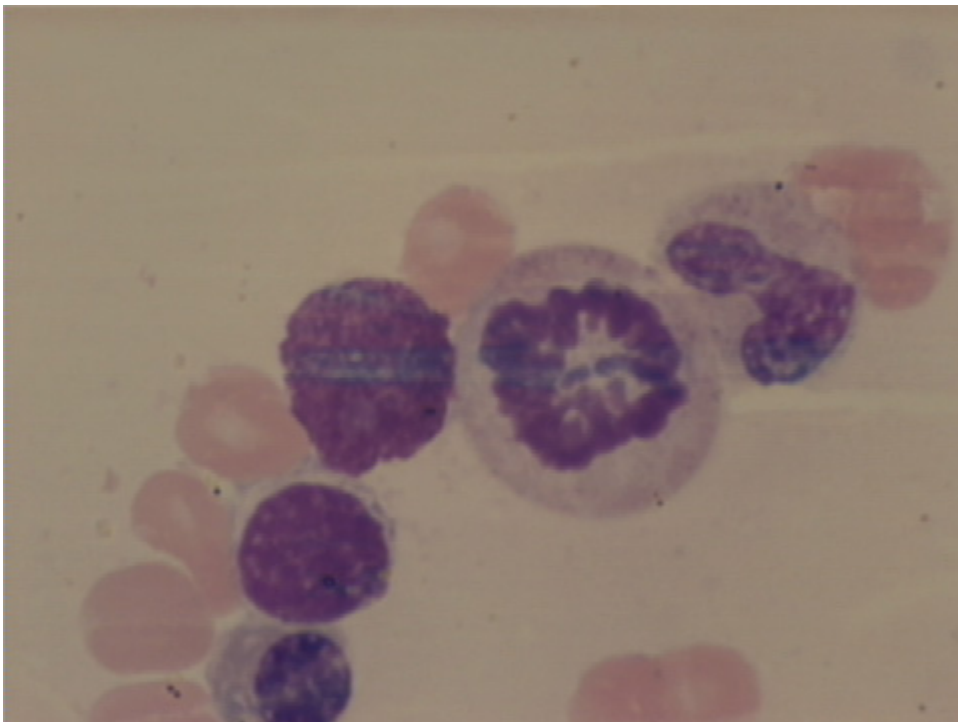


Abbildung 20: Verklumpte Metaphase einer myeloepoetischen Zelle (M3 oder M4) (Knochenmarkspräparat von 1968, Vergrößerung: 100x, Patientin Nr. 209991)

M2 Promyelozyt
M3 Myelozyt

M4 Metamyelozyt

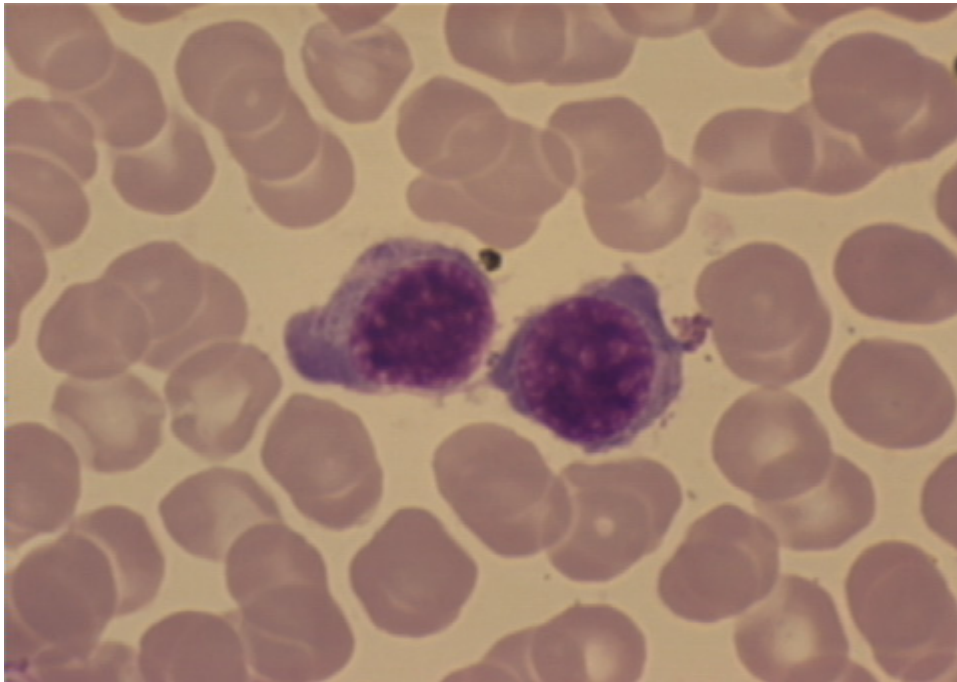
Strahlenschäden in Interphase-Zellen:

Abbildung 21: Zytoplasmatische Brücke zwischen E2-Zellen (Knochenmarkspräparat von 1955, Vergrößerung: 100x, Patient Nr. 65997)

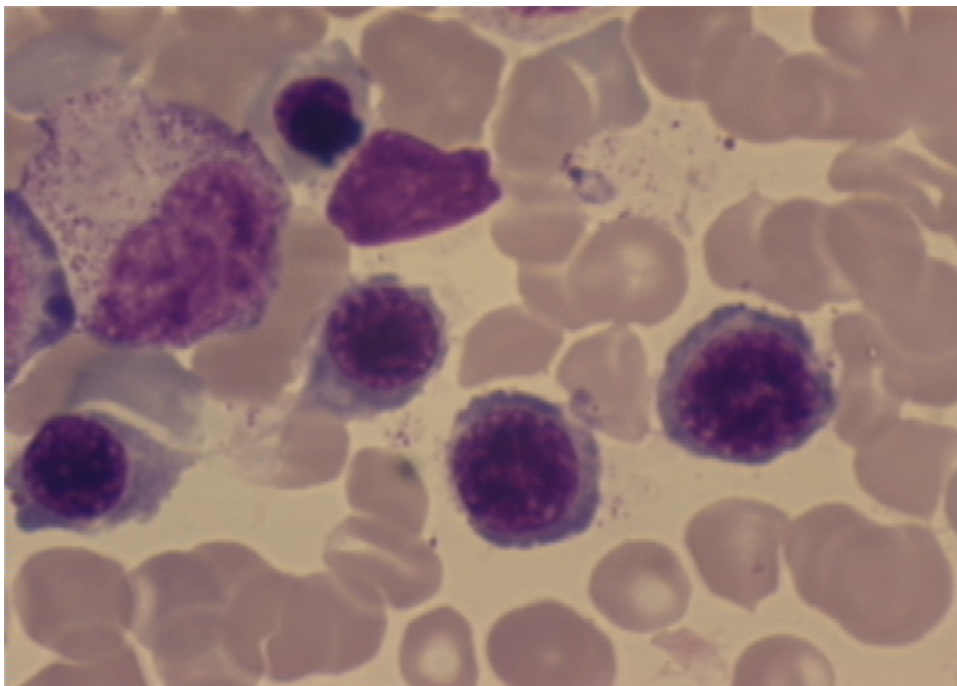


Abbildung 22: Zytoplasmatische Brücken jeweils zwischen E3 und E4-Zellen (Knochenmarkspräparat von 1955, Vergrößerung: 100x, Patient Nr. 65997)

E2 Makroblast
E4 polychromatischer Normoblast

E3 basophiler Normoblast

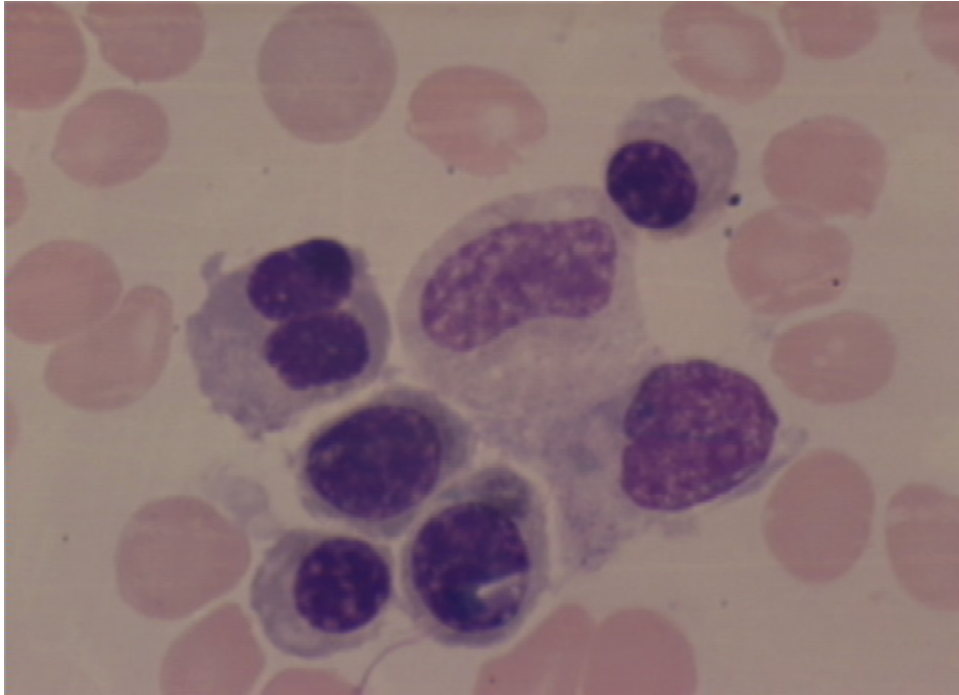


Abbildung 23: Binukleäre E3 oder E4-Zelle (Knochenmarkspräparat von 1968, Vergrößerung: 100x, Patientin Nr. 209991)

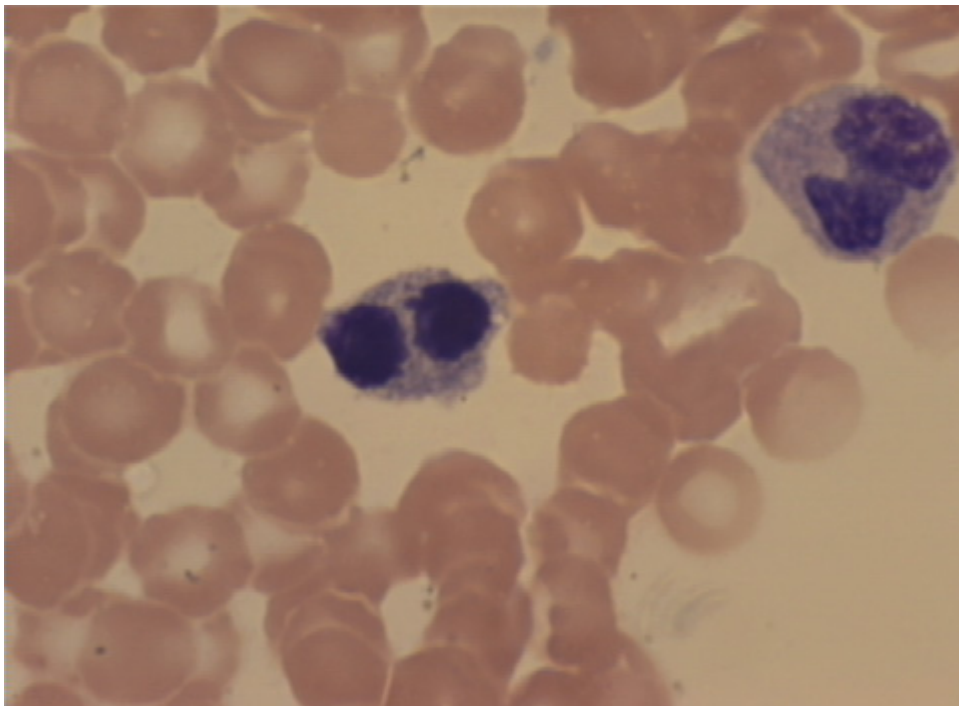


Abbildung 24: Binukleäre E4-Zelle (Knochenmarkspräparat von 1969, Vergrößerung: 100x, Patient Nr. 228149)

- E3 basophiler Normoblast
- E4 polychromatischer Normoblast

Hämatologische Diagnosen und Befunde

Bei 69 der 80 untersuchten Strahlenexponierten finden sich in den Aufzeichnungen Laborwerte unterhalb des Normbereichs für Hämoglobin und Erythrozytenzahlen im peripheren Blut. In der Regel persistierte die Anämie der Patienten über mehrere Jahre, lediglich bei 14 Personen wurde sie einmalig registriert. Bei einigen der 69 Betroffenen konnte die Genese der hämatologischen Abweichungen rekonstruiert werden - sie traten sekundär als Folge von malignen Tumoren (in diesem Fall mit oder ohne Suppression einer weiteren Zelllinie), chronischen Infekten (zum Beispiel Brucellose, rheumatische Karditiden) oder Schwangerschaften auf. Mehrere Menschen hatten außerdem chronische Gastritiden (Verdacht auf Anämie durch Mangel an für die Erythropoese notwendige Substanzen infolge der Resorptionsstörungen). Ein Mann (Nr. 15697) entwickelte eine Anämie infolge von Blutungen bei der Autoimmunkrankheit Morbus Werlhof (idiopathische thrombozytopenische Purpura). Für insgesamt 9 Patienten ist die Verabreichung von Transfusionen (entweder Erythrozytenkonzentrate oder Vollblut) bekannt.

Eine Agranulozytose (Leukopenie <2 Giga/l und/oder völligem Fehlen der Granulozyten im peripheren Blut) fand sich bei 3 Betroffenen. Patientin Nr. 287 manifestierte im Verlauf des Zeitraums 1951 bis 1960 jährlich Leukopenie und/oder Anämie und/oder Thrombopenie, eine Agranulozytose ist dabei für das Jahr 1954 dokumentiert. Beim zweiten Patienten (Nr. 113280) persistiert in den Jahren 1963 und 1972 eine komplette Agranulozytose über mehrere Tage. Sie tritt isoliert in Erscheinung, ohne Störungen der Erythrozyto- und Thrombozytopoese und ist möglicherweise toxisch oder toxisch-allergisch bedingt. Schließlich entwickelte eine weitere Betroffene (Nr. 209991) seit 1956 mehrmals Agranulozytosen - in den meisten Fällen vermutlich induziert durch Analgetika.

Die Genese weiterer moderater bis leichter Leukopenien kann nicht bei jedem der Techa-River-Patienten rekonstruiert werden. In einigen Fällen steht diese hämatologische Abweichung in positiver und negativer Hinsicht in zeitlichem Zusammenhang mit der Einnahme von Medikamenten (Antibiotika, nichtsteroidale

Antiphlogistika, u. a.), mit der Manifestation einer Infektion (Brucellose, Malaria, Pneumonie u. a.) oder mit der Entwicklung einer Malignität.

7 Betroffene manifestierten zu verschiedenen Zeitpunkten - einmalig oder wiederholt - eine Panzytopenie unklarer Ätiologie, die ihren Ursprung definitiv nicht infolge einer Verdrängung der Hämatopoese im Knochenmark hatte (keine Malignität). Es fand sich kein Anhalt für Hypersplenismus. Angaben über einen Vitamin-B₁₂-Mangel lagen nicht vor.

Die Mehrzahl (n=72) der 80 Probanden unserer Studie manifestierten vor allem in den 50er bis Anfang der 60er Jahre eine Linksverschiebung (erhöhte Anzahl stabkerniger Granulozyten) im peripheren Blut. Für 3 der restlichen 8 Patienten existieren hämatologische Daten erst ab 1960.

Psychiatrische Krankheiten

Zu den Beeinträchtigungen bei den untersuchten 80 Techa-River-Patienten, die der Kategorie "psychiatrische Krankheiten" zuzuordnen sind, handelt es sich um keine Abweichungen der psychischen Funktionen oder der Persönlichkeit im engeren Sinne. Vielmehr finden sich im Laufe der Zeit bei 66 Personen Befindlichkeitsstörungen, die als "funktionelle Syndrome" ("vegetative Dystonie" und/oder "Asthenie") bezeichnet sind. Sie sind mit einer subjektiven Beschwerdesymptomatik verbunden, der kein organisches Korrelat entspricht (keine nachweisbaren Gewebeschädigungen) und die eng von der Persönlichkeitsstruktur und sozialer Einflüsse abhängig ist. Betroffen waren sowohl junge, als auch ältere Personen, zu unterschiedlichen Zeitpunkten seit Beginn der Strahlenexposition.

Es ist weder bekannt welche exakten Symptome zu der Diagnosenstellung einer vegetativen Dystonie bzw. Asthenie bei den jeweiligen Techa-River-Patienten geführt haben, noch in welchem zeitlichen und inneren Zusammenhang das Auftreten der Beschwerden mit einer Belastung und/oder Konfliktsituation zu sehen ist.

Krankheiten des Nervensystems und der Sinnesorgane

Auf die Erkrankungen des Nervensystems bei den untersuchten 80 Tetsch-River-Patienten wurde ein besonderes Augenmerk gerichtet, da neurologische Auffälligkeiten bei den strahlenexponierten Personen von den verantwortlichen sowjetischen Ärzten oft beobachtet worden sind und als Kriterium der Diagnosestellung "chronische Strahlenkrankheit" galten (s. auch Kapitel 1.2.1.).

Leider ist es aufgrund der vorliegenden Daten zum neurologischen Status der analysierten 80 Betroffenen oft nicht möglich, weder die Befunde klar zu definieren, noch eine exakte Diagnose zu stellen, oder aber auch deren Ätiologie zu klären. Gar keine Information ist beispielsweise über Lokalisation und Ausdehnung, Qualität und Dauer der Beeinträchtigungen vorhanden. Im folgenden ist daher eine sehr grobe Übersicht der beschriebenen Befunde gegeben.

Veränderungen am Sinnesorgan "Auge"

Bleibende Sehstörungen haben unterschiedliche Ätiologie und können multifaktoriell bedingt sein. Mögliche Ursachen bei den untersuchten 80 Patienten sind ophthalmologische (Katarakt, Refraktionsanomalien), sowie neurologische Erkrankungen (Schlaganfälle, zerebrale Durchblutungsstörungen), die bei einigen Betroffenen diagnostiziert wurden - "klassische" Auslöser wie Glaukom oder Optikusneuritis sind dagegen nicht bekannt. Ebenso kann eine Visusminderung auch im Verlauf und als Folge anderer Faktoren auftreten, die eine Optikusatrophie verursachen können (Diabetes mellitus, B₁₂-Avitaminose, Arteriosklerose, usw.).

Refraktionsanomalien als Ursache für Sehstörungen fanden sich bei den untersuchten 80 Betroffenen häufig, allerdings ist deren objektive Beurteilung nicht möglich (Dioptrie-Größe unbekannt, oft fehlende Angaben über Lokalisation). Lediglich für 3 Patienten ist eine "ausgeprägte" (quantitativ nicht näher definierte) Myopie oder Hyperopie bekannt.

Des Weiteren ist eine *Optikusatrophie* für mindestens 3 Männer (mittels Augenhintergrundspiegelung) verifiziert. Die ätiologische Ursache bei einem Patienten ist dabei die Läsion des Sehnerven infolge Hypertonie (Stauungspapille). Sie führt zur kompletten Erblindung des einen Auges. Ein Betroffener (Nr. 61127, s. auch **Tabelle 12**) entwickelt zusätzlich noch eine nicht näher definierte Katarakt.

Katarakte manifestierten insgesamt 21 der 80 untersuchten Tetsch-River-Patienten im Laufe der Zeit (s. **Tabelle 12**). Bei der überwiegenden Mehrzahl der Betroffenen (n=14) fand man dabei eine senile oder Alterskatarakt. Für 5 Personen ist die Trübung der Augenlinse ätiologisch und morphologisch nicht näher klassifiziert. 2 Patienten, die *in utero* zum Zeitpunkt der höchsten Strahlenbelastung entlang des Tetsch-Rivers exponiert wurden, manifestieren ebenfalls Katarakte. Der erste Betroffene (Nr. 214705, geboren 1952) entwickelt, laut Angaben, eine einseitige Strahlenkatarakt im Alter von 17 Jahren in 1969. Der zweite Mann (geboren 1950) kommt bereits mit einer kongenitalen Linsentrübung auf die Welt. Allerdings fehlen entsprechende Daten, ob seine Erkrankung nicht zum Beispiel *in utero* erworben sein kann (zum Beispiel hereditäre Erkrankung oder womöglich durch eine intrauterine Röteln-Infektion).

14 Patienten mit Katarakt weisen die Charakteristik einer senilen Augenlinsentrübung auf. Für 4 Betroffenen kann diese Diagnose aufgrund ihres Alters zum Zeitpunkt der Feststellung (>50 Jahren) vermutet werden. Die genaue Diagnose einer weiteren Patientin (Nr. 209991), bei der eine „nicht-klassifizierte“ Augenlinsentrübung im Alter von 44 Jahren gestellt worden ist (s. **Tabelle 12**), bleibt unbekannt.

Tabelle 12: Angaben über Katarakt-Typ und Lokalisation bei 21 Techa-River-Patienten.

Dosisgruppe	Patienten-Nr.	Geschlecht	Katarakt-Typ und Lokalisation	Jahr der Diagnose	Alter bei Diagnose [Jahre]
1	207185	M	Nicht näher klassifiziert	1956	55
	214705	M	Strahlenkatarakt rechts	1969	17
	321921	M	Senil	1992	77
	510973	W	Senil	1970	60
	525907	W	Senil	1970	61
	573240	W	Senil	1986	68
2	96395	M	Nicht näher klassifiziert, bilateral	1993	66
	209991	W	Nicht näher klassifiziert	1985	44
	267612	W	Senil	1993	72
	523649	W	Senil	1982	64
	757916	W	Senil	1991	62
3	10884	W	Senil, bilateral	1995	77
	119058	M	Senil	1989	56
	325310	M	Senil, bilateral	1983	76
	377317	W	Senil	1995	69
4	3910	M	Kongenital	1973	23
	4653	W	Senil	1972	62
	9396	M	Nicht näher klassifiziert	1968	67
	9755	W	Senil, bilateral	1985	78
	61127	M	Nicht näher klassifiziert	1974	53
	140809	M	Senil	1987	53

Dosisgruppe 1 Knochenmarksdosis <0.3 Gy M männlich
Dosisgruppe 2 Knochenmarksdosis 0.3-0.49 Gy W weiblich
Dosisgruppe 3 Knochenmarksdosis 0.5-0.99 Gy
Dosisgruppe 4 Knochenmarksdosis \geq 1.0 Gy

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß im Laufe der Beobachtungsperiode mindestens 26 der 80 Techa-River-Patienten eine ausgeprägte Visuseinschränkung unterschiedlicher Ätiologie und Ausprägung entwickelten.

Veränderungen am Sinnesorgan Ohr

Hörstörungen sind bei den untersuchten 80 Techa-River-Patienten häufig, aber ebenso wie auch die Augenveränderungen nicht näher präzisiert. Ausnahmslos handelt es sich dabei um (nicht näher spezifiziertes) vorübergehendes oder irreversibles *vermindertes Hörvermögen* (keine Hyperakusis).

Auslösende Ursache sind dabei sowohl Trommelfelldefekte und/oder Otitis media (bei 11 Betroffenen), als auch zum Teil rezidivierende Entzündungen des Nervus cochlearis (bei 4 Patienten). Sowohl an Kochlearisschädigungen, als auch an Mittelohrentzündungen laborierten im Laufe der Zeit 7 Strahlenexponierte. Zusätzlich entwickelten 8 Patienten eine Schwerhörigkeit ohne erkennbare Ursache. Da sie aber zu diesem Zeitpunkt älter als 54 Jahre waren, ist es nicht auszuschließen daß es sich dabei um Altersschwerhörigkeit handeln könnte. Die Hörstörungen bei 8 weiteren Betroffenen sind zum Teil reversibel, aber ätiologisch unklar. Soweit bekannt standen für keinen der Techa-River-Patienten die Hörveränderungen in Zusammenhang mit toxischen (Einnahme von Amynoglykosiden) oder metabolischen (Diabetes mellitus) Ursachen.

Sonstige neurologische Befunde und Diagnosen

Als häufige neurologische Auffälligkeit wurde bei insgesamt 25 der 80 Techa-River-Patienten (einmalig oder wiederholt) im Laufe der Zeit eine (vorübergehend) *verstrichene Nasolabialfalte* registriert. Dabei zeigte sich dieser Befund bei der Mehrzahl (n=16) der Betroffenen in den stärksten Expositionsjahren - innerhalb des Zeitraums zwischen 1950 und 1960. Er gilt als (eines der) Zeichen für periphere Fazialislähmung. Angaben über das Vorhandensein weiterer charakteristischer klinischer Befunde (erweiterte Lidspalte und herabhängendem Mundwinkel), ebenso wie über mögliche ätiologische Auslöser, fehlen.

Störungen des Geschmackssinnes (sowohl Ausfälle als auch Hypersensitivität gegenüber gustatorischen Reizen) sind bei 10 Patienten beschrieben. Ob es sich dabei um eine einseitige (und somit eher durch Nervenläsion hervorgerufene) oder beidseitige Schädigung handelt (zum Beispiel medikamentös-toxisch oder infektiös bedingt) ist nicht rekonstruierbar. Ebenso sind keine definitiven Aussagen bezüglich der zeitlichen Begrenzung des Befundes (vorübergehend oder irreversibel) möglich, da zum Teil in den Folgejahren eine erneute Statuserhebung fehlt. Klar erscheint lediglich, daß es zumindest bei 4 Betroffenen zur Störung im Bereich des IX. Hirnnervs (Nervus glossopharyngeus) gekommen ist (nur Sensibilität des hinteren Zungendrittels beeinträchtigt - Geschmacksqualität

"bitter"). Bei einen weiteren Patienten geht die Geschmacksstörung mit der beschriebenen Fazialislähmung einher.

Im Laufe der Beobachtungsperiode über ca. vier Jahrzehnte zeigte die Mehrzahl (n=75) der untersuchten 80 Techa-River-Patienten ein zum Teil wechselndes und/oder reversibles pathologisches Verhalten der *peripheren Sehnenreflexe*. Es wurden sowohl Abschwächung/Areflexie (Zeichen einer peripheren Läsion des Reflexbogens), als auch eine Hyperreflexie (bei Unterbrechung hemmender zentraler Bahnen) beobachtet. Eine Schädigung am Rückenmark (zum Beispiel Bandscheibenprolaps) konnte als ätiologische Ursache anhand der vorhandenen Information ausgeschlossen werden. Eine Pyramidenbahnschädigung (Tractus corticospinalis) kann bei gesteigerten physiologischen Eigenreflexen plus fehlenden Fremdreflexen (Bauchhautreflex) vermutet werden, allerdings fehlen weitere Angaben (zum Beispiel über den Tonus der Muskulatur, pathologische Reflexe usw.).

In der analysierten Gruppe von Strahlenexponierten wurden außerdem *Sensibilitätsstörungen* (bei 38 Patienten) registriert. Dabei handelte es sich sowohl um Ausfälle (Hypästhesien), als auch um gesteigerte Empfindung (Hyperästhesien) gegenüber sensiblen Reizen (zum Teil im Wechsel). Berichtet ist auch über abnorme Empfindungen im Sinne von Parästhesien. Insgesamt sind Informationen vorhanden über die Qualität (Abschwächung oder Steigerung) von Berührungs-, Temperatur- und Vibrationssensibilität, allerdings nicht bei jedem der untersuchten Betroffenen. Daten über Schmerz-, Bewegungs-, Lage- und Kraftempfindung liegen nicht vor.

Weitere pathologische Befunde, die bei der Erhebung des neurologischen Status der Techa-River-Patienten dokumentiert wurden, sind *Koordinationsstörungen*. Insgesamt 54 Betroffene entwickelten eine Stand- oder Gangunsicherheit, mehrheitlich unter fehlender optischer Kontrolle (positives Romberg-Zeichen) und/oder zeigten Dysmetrie bei Zeigerversuche (Finger-Nase- und/oder Knie-Hacke-Versuch). Die ätiologische Abklärung der Ataxien (spinale, zerebellare, vestibuläre u.a. Ursache) war nicht möglich.

Die Mehrzahl (n=58 Patienten) der untersuchten Gruppe zeigte eine Beeinträchtigung der vegetativen Funktionen in Form einer Schweißsekretionsstörung. Fast ausnahmslos handelte es sich dabei um eine *Hyperhidrose*, unbekannter Ausdehnung und Ätiologie (kein Anhalt für Malignität). Lediglich für drei der Betroffenen ist ein Zustand nach Tuberkulose bekannt (allerdings kein aktives Stadium der Erkrankung während der Beobachtungszeit).

3 Betroffene (Nr. 96395, 156970 und 755430) manifestierten einen *zerebralen Insult* mit verbleibender Halbseitenlähmung. Patient 156970 erlitt dabei eine Subarachnoidalblutung im Alter von 18 Jahren und verstarb kurz darauf. Weitere 3 Patienten (Nr. 12085, 63645 und 142349) manifestierten eine "*vertebro-basiläre Durchblutungsstörung*." Diese Insuffizienz im Versorgungsgebiet der Arteria basilaris und/oder vertebralis führte für die ersten zwei dieser Personen zu nicht näher definierten Symptomatik einer "Enzephalopathie".

Eine Frau zeigte bleibende Spätfolgen nach einer *Meningitis* (Halbseitenparese, Hirnnervenausfälle, eventuell auch Taubheit), an der sie 1949 erkrankte.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß neurologische Auffälligkeiten bei der Mehrzahl der untersuchten 80 Techa-River-Patienten beobachtet worden sind. Dabei handelte es sich sowohl um motorische Ausfälle, als auch um Störungen der Sensibilität, der vegetativen Funktionen und Koordination. Eine exakte Erhebung des neurologischen Status der Betroffenen ist bei Fehlen einer standardisierten systematischen Erhebung und präzise Beschreibung der Befunde nicht möglich gewesen.

Einige der neurologischen Symptome der Patienten können zum Beispiel als Folge von entzündlichen Nervenläsionen aufgetreten sein. Für 8 Patienten sind im Verlauf der Zeit "lumbosakrale" und "thorakale" Neuritiden bekannt, weitere 3 Betroffene hatten nicht näher definierte Mono- oder Polyneuritiden. Schädigungen im Rahmen eines Alkoholkonsums können wegen fehlender Information nicht ausgemacht werden. Es besteht kein Anhalt für eine Nervenbeeinträchtigung im Rahmen eines Traumas. Als ätiologische Ursache für vielfältige neurologische Symptomatik, kommen außerdem verschieden Infektionen - zum Beispiel

Brucellose - in Betracht. Diese könnte wegen der weiten Verbreitung dieser Erkrankung in der Gegend des südlichen Urals - differentialdiagnostisch in Erwägung gezogen werden (Neurobrucellose).

Krankheiten des Kreislaufsystems

Kardiovaskuläre Erkrankungen, die bei den Techa-River-Patienten auftraten, waren koronare Herzkrankheit, Herzinsuffizienz, Klappenvitien, Herzrhythmusstörungen, Kardiomyopathien, Hypertonie und Atherosklerose. Für 2 Patienten (Nr. 5007 und 162380) ist bekannt, daß nicht näher spezifizierte funktionelle Störungen des Herz-Kreislauf-Systems auftraten. An rheumatischer Karditis erkrankten 4 Betroffene.

Bei der *Herzinsuffizienz* handelt es sich um ein klinisches Syndrom unterschiedlicher Ätiologie, bei dem nach Ausschöpfung funktioneller und morphologischer Reserven die Herzleistung zur Versorgung des Organismus mit Sauerstoff nicht mehr ausreichend ist. Nur ein Patient (Nr. 164464) der untersuchten Studiengruppe entwickelte im Alter von 44 Jahren eine manifeste Herzinsuffizienz in 1962. Das Krankheitsbild ist in diesem Fall durch den Sauerstoffmangel des Myokards infolge einer sekundären Anämie bei chronisch-myeloischen Leukämie entstanden. Eine Hypertonie ist nicht bekannt.

Bei 6 der untersuchten 80 Techa-River-Patienten fanden sich Herzklappenfehler, deren Ätiologie nur in zwei Fällen (Nr. 12085 und Nr. 757916) geklärt zu sein scheint (rheumatische Genese). Alle sind als "*Mitralvitien*" beschrieben (keine Beeinträchtigung der übrigen Herzklappen). Definitiv ist dabei zu sagen, daß es sich in zwei der Fälle um eine Insuffizienz (Schließunfähigkeit) gehandelt hat.

Vier Patienten erkrankten an *rheumatischem Fieber* mit Myokarditis, Perikarditis oder sogar Pankarditis. Zwei Patienten entwickelten infolge des Infektes Miralklappenvitien (s. o.).

Von den 80 untersuchten Techa-River-Patienten manifestierten zwei Betroffene nicht näher spezifizierte *Kardiomyopathien*. Bei Patientin Nr. 234562 führte diese zu den klinischen Erscheinungen einer Myokardischämie.

37 der analysierten 80 Patienten entwickelten im Laufe der Beobachtungsperiode eine ischämische oder *koronare Herzkrankheit* (KHK). Die Folgen waren Myokardischämie, Angina pectoris, akuter Myokardinfarkt und Rhythmusstörungen (s. **Tabelle 13**). Deren qualitative Beurteilung war nicht möglich, da keine ausreichenden Angaben zur Verfügung standen, bezüglich konkreter Symptome und Ausmaß der Beeinträchtigungen. Herzinsuffizienz oder plötzlicher Herztod lagen, laut vorhandener Information, bei den KHK-Betroffenen nicht vor.

Als Risikofaktoren der koronaren Herzkrankheit konnten bei den Patienten Rauchen, arterielle Hypertonie, Diabetes mellitus und Adipositas ausgemacht werden (s. auch **Tabelle 13**). Weitere Einflußgrößen wie zum Beispiel Hypercholesterinämie und Hyperurikämie konnten nicht mit berücksichtigt werden, da einerseits entsprechende Untersuchungen bei den Patienten nicht regelmäßig erhoben wurden (Blutfette), andererseits uns Labordaten über Harnsäurewerte im Blut überhaupt nicht vorlagen.

Tabelle 13: Manifestationen einer arteriosklerotisch bedingten koronaren Herzkrankheit (KHK) bei 37 Techa-River-Patienten.

Dosisgruppe	Patienten-Nr.	Geschlecht	Manifestation der KHK	Jahr der Diagnose	Alter bei Diagnose [Jahre]	Risikofaktoren
1	167884	M	Angina pectoris, Rhythmusstörungen	1985	48	Hypertonie, latenter Diabetes, Adipositas
	324225	W	Myokardischämie	1983	65	Hypertonie, Adipositas
			Myokardinfarkt	1991	73	
	360843	M	Rhythmusstörungen	1989	66	Rauchen, Hypertonie
	370383	W	Rhythmusstörungen	1988	66	Hypertonie
	376608	M	Angina pectoris	1974	43	Hypertonie, Adipositas
	379547	W	Angina pectoris	1972	52	Hypertonie
			Myokardischämie	1983	63	
	510973	W	Myokardinfarkt	1968	58	Hypertonie
			Angina pectoris	1973	63	
525907	W	Angina pectoris	1977	68	Hypertonie	
573240	W	Myokardischämie	1986	68	Hypertonie	
2	56397	W	Myokardischämie	1977	45	Adipositas
	96395	M	Myokardischämie, Rhythmusstörungen	1992	65	Rauchen, Hypertonie
	116379	M	Rhythmusstörungen	1991	55	Hypertonie, Adipositas
	158485	W	Rhythmusstörungen	1983	66	Hypercholesterinämie, Hypertonie, Adipositas
	164649	M	Myokardischämie	1960	54	Keine
	194520	W	Angina pectoris	1976	56	Hypertonie
	217573	M	Rhythmusstörungen	1991	63	Rauchen, Hypertonie
	267612	W	Angina pectoris	1974	53	Hypertonie, Adipositas
	523649	W	Rhythmusstörungen	1982	64	Hypertonie, Adipositas
			Myokardischämie	1989	71	
3	10884	W	Myokardischämie	1989	71	Adipositas
	17073	W	Myokardischämie	1992	61	Hypertonie, Adipositas
	70960	W	Rhythmusstörungen	1993	56	Hypertonie, Diabetes, Adipositas
	113280	M	Angina pectoris	1973	59	Hypertonie
	119058	M	Rhythmusstörungen	1989	57	Rauchen
			Angina pectoris	1991	58	
	141542	W	Rhythmusstörungen	1986	47	Hypercholesterinämie, Hypertonie, Adipositas
	167876	M	Myokardischämie	1975	39	Rauchen, Hypertonie
	197139	M	Angina pectoris, Rhythmusstörungen	1988	50	Hypercholesterinämie, Hypertonie, Adipositas
	325310	M	Rhythmusstörungen	1983	76	Adipositas
377317	W	Angina pectoris	1986	60	Hypertonie, Adipositas	
4	768	M	Angina pectoris	1968	54	Rauchen, Hypertonie
	4653	W	Angina pectoris	1955	45	Hypercholesterinämie, Hypertonie
			Rhythmusstörungen	1967	57	
	9755	W	Myokardischämie	1985	78	Keine
	12085	W	Angina pectoris	1977	54	Hypercholesterinämie, Hypertonie, Adipositas
	61127	M	Rhythmusstörungen	1977	56	Keine
			Myokardischämie	1983	62	
	62751	M	Angina pectoris, Myokardinfarkt	1973	43	Rauchen, Hypertonie, Adipositas
	62794	M	Rhythmusstörungen	1973	48	Keine
	65997	M	Rhythmusstörungen	1977	40	Hypercholesterinämie, Adipositas
140809	M	Rhythmusstörungen	1980	46	Hypertonie, Adipositas	
		Angina pectoris	1990	56		

Dosisgruppe 1

Knochenmarksdosis <0.3 Gy

M

männlich

Dosisgruppe 2

Knochenmarksdosis 0.3-0.49 Gy

W

weiblich

Dosisgruppe 3

Knochenmarksdosis 0.5-0.99 Gy

Dosisgruppe 4

Knochenmarksdosis ≥ 1.0 Gy

Ätiologische Ursache der ischämischen Herzkrankheit der 37 Betroffenen ist am häufigsten eine Atherosklerose der koronaren Gefäße - als klinische Diagnose von den behandelnden sowjetischen Ärzten in den Krankenakten vermerkt. Für Patienten Nr. 138033, Nr. 159387 (beide Dosisgruppe 2) und Nr. 279847 (Dosisgruppe 1) sind die klinischen Erscheinungen einer "koronaren Atherosklerose" nicht bekannt. Der nicht näher spezifizierte AV-Block eines weiteren Patienten (Nr. 757916) könnte zusätzlich zur koronaren Atherosklerose auch durch Störung im Erregungsleitungssystem infolge einer rheumatischen Infektion mit verursacht worden sein (bekannte rheumatisch bedingtes Klappenvitium). Alle diese 4 Betroffenen sind nicht in **Tabelle 13** aufgeführt.

Die Mehrzahl (n=34) der insgesamt 41 Patienten mit arteriosklerotisch bedingter KHK entwickelten zusätzlich im Laufe der Zeit auch eine *Atherosklerose der zerebralen und/oder Augenhintergrundarterien* (s. **Tabelle 14**). Letztere Diagnosen wurden bei insgesamt 53 Personen gestellt, also vergleichsweise häufiger als die einer koronare Gefäßverkalkung. Laut vorliegenden Daten kam es nur bei einer Person (Patient Nr. 96395, Dosisgruppe 2) zur Komplikation in Form von Insult und Hemiparese, bei allen anderen Betroffenen äußerte sich die zerebrale Atherosklerose ausschließlich durch Verminderung von Aufmerksamkeit und Kurzzeitgedächtnis.

Tabelle 14: Manifestation einer Atherosklerose der zerebralen und/oder Augenhintergrundarterien bei 53 Techa-River-Patienten.

Dosisgruppe	Patienten-Nr.	Geschlecht	Lokalisation der Atherosklerose	Jahr der Diagnose	Alter bei Diagnose [J]	Risikofaktoren
1	167884	M	zerebral	1994	57	Hypertonie, latenter Diabetes, Adipositas
	207185	M	Augenhintergrund	1956	55	Keine bekannt
	268983	W	Zerebral und Augenhintergrund	1978	65	Adipositas
	279847	W	Zerebral	1991	65	Hypertonie
	321921	M	zerebral	1987	72	Rauchen
	324225	W	Augenhintergrund	1972	54	Hypertonie, Adipositas
	360843	M	Augenhintergrund	1989	66	Rauchen, Hypertonie
			zerebral	1991	68	
	366776	M	Augenhintergrund	1983	61	Hypertonie, Adipositas
			zerebral	1993	71	
	379547	W	zerebral	1983	63	Hypertonie
	510973	W	Augenhintergrund	1968	58	Hypertonie
			zerebral	1973	63	
573240	W	zerebral	1972	54	Hypertonie	
2	96395	M	Zerebral und Augenhintergrund	1988	61	Rauchen, Hypertonie
	116379	M	Augenhintergrund	1991	55	Hypertonie, Adipositas
			zerebral	1993	58	
	138033	M	Zerebral und Augenhintergrund	1956	54	Hypertonie
	158485	W	zerebral	1983	66	Hypercholesterinämie, Hypertonie, Adipositas
	159033	W	Zerebral	1995	56	Hypertonie, Adipositas
	159387	W	Zerebral	1954	67	Hypertonie, Adipositas
	164649	M	Augenhintergrund	1960	54	Keine
	194520	W	Augenhintergrund	1984	64	Hypertonie
	209991	W	Augenhintergrund	1992	51	Hypertonie, Adipositas
	217573	M	zerebral	1989	61	Rauchen, Hypertonie
	228149	M	Augenhintergrund	1984	45	Rauchen
	267612	W	Augenhintergrund	1960	53	Hypertonie, Adipositas
			zerebral	1993	72	
	523649	W	Augenhintergrund	1982	64	Hypertonie, Adipositas
zerebral			1989	71		
757916	W	Augenhintergrund	1983	54	Diabetes mellitus, Adipositas	
		Zerebral	1991	62		
3	287	W	Zerebral	1985	67	Hypertonie, Adipositas
	10884	W	Zerebral	1968	50	Adipositas
	16853	W	Augenhintergrund	1982	50	Hypertonie, Adipositas
	17073	W	Zerebral	1992	61	Hypertonie, Adipositas
	46944	W	Augenhintergrund	1963	59	Adipositas
	48730	M	Zerebral	1984	58	Hypertonie, Rauchen
	70960	W	Augenhintergrund	1985	48	Hypertonie, Diabetes, Adipositas
			Zerebral	1993	56	
	119058	M	Zerebral	1993	63	Rauchen
	141542	W	Augenhintergrund	1994	55	Hypercholesterinämie, Hypertonie, Adipositas
	148551	M	Augenhintergrund	1996	45	Rauchen, Adipositas
	167876	M	Zerebral	1991	55	Rauchen, Hypertonie
	197139	M	Augenhintergrund	1988	50	Hypercholesterinämie, Hypertonie, Adipositas
			Zerebral	1992	54	
	198475	W	Zerebral und Augenhintergrund	1992	65	Keine bekannt
377317	W	Zerebral	1986	60	Hypertonie, Adipositas	

Dosisgruppe	Patienten-Nr.	Geschlecht	Lokalisation der Atherosklerose	Jahr der Diagnose	Alter bei Diagnose [J]	Risikofaktoren
4	768	M	Zerebral	1969	55	Rauchen, Hypertonie
	4653	W	Zerebral	1971	61	Hypercholesterinämie, Hypertonie
	6903	W	Zerebral	1994	57	Hypertonie, Adipositas
	9755	W	Zerebral	1955	48	Keine
	12085	W	Zerebral	1978	55	Hypercholesterinämie, Hypertonie, Adipositas
	13618	W	Zerebral	1992	67	Hypertonie
	16200	W	Augenhintergrund	1983	63	Diabetes, Hypertonie, Adipositas
			Zerebral	1992	72	
	61127	M	Augenhintergrund	1983	62	Keine
	62751	M	Zerebral	1978	48	Rauchen, Hypertonie, Adipositas
	62794	M	Zerebral	1971	46	Keine
	63645	M	Zerebral	1990	55	Hypertonie, Rauchen
	65997	M	Augenhintergrund	1990	53	Hypercholesterinämie, Adipositas
	140809	M	Augenhintergrund	1988	54	Hypertonie, Adipositas
			Zerebral	1991	57	
167431	W	Augenhintergrund	1971	54	Hypertonie	
		Zerebral	1977	60		

Dosisgruppe 1	Knochenmarksdosis <0.3 Gy	M	männlich
Dosisgruppe 2	Knochenmarksdosis 0.3-0.49 Gy	W	weiblich
Dosisgruppe 3	Knochenmarksdosis 0.5-0.99 Gy		
Dosisgruppe 4	Knochenmarksdosis \geq 1.0 Gy		

Bei 7 Patienten der 80 Tеча-River-Patienten sind "*Herzrhythmusstörungen*" bekannt, deren Ursache nicht mit einer Atherosklerose der Koronararterien in Zusammenhang gebracht werden kann. Dabei können bei einem Betroffenen (Nr. 214705) die beobachteten Erregungsbildungs- (Arrhythmie) und Erregungsleitungsstörungen (AV-Block) als Folge eines rheumatischen Fiebers betrachtet werden. Das entzündlich bedingte kombinierte Mitralklappenvitium (Stenose und Insuffizienz) hat bei dem 1952 geborenen Mann auch frühzeitig (im Alter von 29 Jahren) zum lebensbedrohlichen Zustand eines Vorhof-Flimmerns und -Flatterns geführt. Bei einem weiteren Patienten (Nr. 321921) ist eine bestehende Herzhypertrophie als Risikofaktor für das Auftreten einer atrioventrikuläre Überleitungsstörung zu betrachten. Die Genese der Rhythmusstörungen bei den restlichen Patienten ist unbekannt, ebenso deren genaue klinische Auswirkungen.

Die Mehrzahl der untersuchten Tеча-River-Patienten (n=53) manifestierten im Laufe ihres Lebens eine *Hypertonie*. Dabei ist die Entwicklung des Blutdrucks bei

31 der Betroffenen auffällig: vornehmlich in der Zeitperiode der 50er Jahre wurden niedrige, bis an die untere Normgrenze gemessene, Blutdruck-Werte registriert, in der Folgezeit entwickelten sich Normotonie bis hin zur Hypertonie.

47 der Hypertonie-Patienten hatten nachweisliche Folgeerkrankungen/ Organschäden: linksventrikuläre Hypertrophie, koronare Herzkrankheit, Verschlechterung der Nierenfunktion, Apoplexie, Hochdruckenzephalopathie.

Eine Hypotonie - wiederholt Blutdruckwerte $<110/60$ mmHg (Männer) und $<100/60$ mmHg (Frauen) hatten 11 Patienten. Zwei Betroffene (Nr. 212010 und 380353) hatten "nur" eine Hypotonie.

Krankheiten der Atmungsorgane

Bei den Beeinträchtigungen des respiratorischen Systems der untersuchten Techa-River-Patienten handelte es sich um akute oder chronische entzündliche oder obstruktive Atemwegs-, außerdem um interstitielle Lungenerkrankungen. Wie in **Tabelle 10** (Kapitel 3.2.2.) dargestellt, entwickelten 3 der 80 Patienten Lungenkarzinome, ein Mann starb an einer malignen Neoplasie des Larynx.

Bei den *Erkrankungen der Atemwege entzündlich-infektiöser Genese* handelte es sich um „Erkältungskrankheiten“ allgemein („acute respiratory infection“), aber auch lokalisierte Erscheinungen der oberen Luftwege (akute und chronische Sinusitis, Rhinitis, Laryngitis, Pharyngitis, sowie akute Bronchitis). An einer Influenza litten im Verlauf ihrer „Patientenkarriere“ insgesamt 12 Betroffene, 2 Personen entwickelten Komplikationen (Pneumonie und Grippeenzephalitis).

An einer akuten und/oder chronischen Angina tonsillaris erkrankten insgesamt 19 der 80 Patienten, 9 davon mehrmals im Laufe der Jahre. Bei 3 Betroffenen entwickelte sie sich unter einer schweren Allgemeinerkrankung (akute Leukämie bei Patientin Nr. 5007 und Sepsis bei Agranulozytose jeweils bei den Patienten Nr. 113280 und 209991).

Tabelle 15: Chronische Lungenerkrankungen bei 44 Tetsch-River-Patienten.

Dosisgruppe	Patienten-Nr.	Chronische Lungenerkrankung	Jahr der erstmaligen Diagnose	Alter bei Diagnose [Jahre]	Risikofaktor Rauchen
1	167884	chronische Bronchitis	1961	24	nein
		Emphysem	1994	56	
	207185	Emphysem, Fibrose	1956	55	nein
	214705	chronische Bronchitis	1981	29	ja
	257170	Fibrose	1955	27	ja
		chronische Bronchitis	1964	47	ja
	268983	Fibrose	1978	65	nein
	321921	Fibrose	1989	74	ja
	324225	chronische Bronchitis, Fibrose	1991	73	nein
	360843	Fibrose	1989	66	ja
	370383	Fibrose	1988	66	nein
	379547	Fibrose	1965	45	nein
	380353	chronische Bronchitis	1991	42	nein
	510973	Emphysem, Fibrose	1962	52	nein
	525907	Fibrose	1956	42	nein
		chronische Bronchitis	1967	54	
573240	chronische Bronchitis	1960	42	nein	
	Fibrose	1972	54		
2	96395	Fibrose	1991	64	ja
	138033	Fibrose	1956	57	nein
	159387	Fibrose	1954	67	nein
	164649	Emphysem, Fibrose	1954	48	nein
		chronische Bronchitis	1956	50	
	209991	Fibrose	1986	45	nein
	217573	chronische Bronchitis	1955	27	ja
		Fibrose	1991	63	
	267612	Fibrose	1997	76	nein
	320139	Fibrose	1989	63	nein
	523649	Fibrose	1989	71	nein
757916	chronische Bronchitis	1959	30	nein	
3	10884	chronische Bronchitis, Fibrose	1989	71	nein
	46944	Fibrose	1963	59	nein
	48730	chronische Bronchitis	1984	58	ja
	119058	chronische Bronchitis, Fibrose	1993	60	ja
	141542	Fibrose	1986	47	nein
	156003	chronische Bronchitis	1966	27	nein
		Emphysem, Fibrose	1982	43	
	197139	chronische Bronchitis, Fibrose	1989	51	nein
		Emphysem	1994	56	
	198475	Fibrose	1965	38	nein
	234562	Fibrose	1991	75	nein
325310	Fibrose	1956	49	nein	
377317	Fibrose	1986	60	nein	
4	768	Emphysem, Fibrose	1962	48	ja
		chronische Bronchitis	1988	74	
	4653	chronische Bronchitis	1956	46	nein
		Emphysem, Fibrose	1958	48	
	9396	Fibrose	1956	55	unbekannt
		Emphysem	1959	58	
	44635	chronische Bronchitis	1974	38	nein
	61127	chronische Bronchitis	1979	58	nein
		Fibrose	1986	65	
	62751	chronische Bronchitis	1985	55	ja
Emphysem		1987	57		
63645	Fibrose	1982	47	ja	
65997	chronische Bronchitis	1992	55	nein	

Dosisgruppe 1

Knochenmarksdosis <0.3 Gy

Dosisgruppe 2

Knochenmarksdosis 0.3-0.49 Gy

Dosisgruppe 3

Knochenmarksdosis 0.5-0.99 Gy

Dosisgruppe 4

Knochenmarksdosis \geq 1.0 Gy

23 Patienten litten an *chronischer Bronchitis*. Laut WHO-Richtlinien ist diese Erkrankung als "Husten und Auswurf an den meisten Tagen während mindestens je drei Monaten in zwei aufeinanderfolgenden Jahren" definiert. Es ist nicht bekannt, inwieweit diese Kriterien bei den Betroffenen berücksichtigt wurden - die Diagnose ist von uns in der **Tabelle 15** unter der Annahme, daß die Bedingungen erfüllt sind, übernommen. Für die meisten der Betroffenen mit chronischen Bronchitis (n=16) ist die ätiologische Ursache unbekannt - sie waren keine Raucher und Angaben über berufliche oder umweltbedingte Noxen fehlen. Bei 9 der 23 Patienten entwickelte sich im Laufe der Zeit - auf dem Boden dieser Atemwegserkrankung - eine obstruktive Ventilationsstörung (Lungenemphysem).

Bei 36 Personen wurde röntgenologisch eine "*Lungenfibrose*" nachgewiesen. Da jegliche Angaben über die Auswirkungen der Erkrankung fehlen (Daten von zum Beispiel Lungenfunktionsprüfung, Ergospirometrie, usw.), kann nicht beurteilt werden, ob es sich dabei tatsächlich um ein bindegewebig-narbigen Umbau des Lungengerüsts handelt, oder lediglich um eine verstärkte Lungenzeichnung anderer Ätiologie. Ein chronisches *Cor pulmonale* (Rechtsherzhypertrophie infolge Drucksteigerungen im Lungenkreislauf) entwickelte sich bei 5 der 80 Techa-River-Patienten. Es führte zum Tod zweier dieser Betroffenen (Patient.-Nr. 156003 und 164649). Weitere zwei Patienten (Nr. 370383 und 573240) starben an einem akuten *Cor pulmonale* bei chronischen Lungenerkrankungen (Bronchitis, Emphysem, Fibrose).

Krankheiten der Verdauungsorgane

Ein Überblick über die gastrointestinalen Neoplasien bei 6 Patienten (4 mit Magenkarzinom und jeweils einer mit Ösophagus- und Pankreaskarzinom) ist im Kapitel 3.2.2. („Neoplasien“) wiedergegeben.

Die häufigste nicht-maligne Erkrankung der Verdauungsorgane bei den analysierten Techa-River-Patienten ist die Entzündung der Magenschleimhaut - 59 der 80 Personen entwickelten eine chronische, ein Betroffener akute Gastritis. Die Diagnose wurde in den meisten Fällen aufgrund klinischer Symptomatik gestellt und nur bei 20 Betroffenen mittels Röntgendiagnostik und/oder endoskopischer Untersuchung objektiv verifiziert. Über eine *Helicobacter pylori*-Assoziation kann keine Aussage gemacht werden. Allerdings manifestierten 12 der 69 Gastritis-Betroffene zusätzlich ein Ulcus duodeni oder ventriculi, bei einem Patienten (Nr. 62751) kam es zur Perforation eines Magengeschwürs und partieller Gastrektomie. An Gastritis erkrankten sowohl Personen im mittleren und hohen, als auch im jungen Erwachsenenalter <20 Jahren. An Magensaftmangel (Achyilia gastrica) litten 8 Patienten im Zeitraum zwischen 1954 und 1971. Ein Fehlen freier Salzsäure (Anazidität) ist bei 18 Personen festgestellt - meist im Rahmen einer chronischen Gastritis (kein Zusammenhang mit dem Vorhandensein einer malignen Neoplasie).

Andere entzündlich-infektiöse Erkrankungen des Gastrointestinaltraktes bei den untersuchten Patienten haben ebenfalls einen meistens chronischen und rezidivierenden Verlauf: Gingivitis, Cholezystitis, Cholangitis, Kolitis, Pankreatitis. Am häufigsten kommt die Entzündung der Gallenblase vor, 39 der 80 Personen sind davon mindestens einmal betroffen. Nur in 10 Fällen läßt sich die Ätiologie klären (Cholelithiasis, Giardiasis). Infektionen durch Protozoen (*Giardia lamblia*) oder Helminthen (*Ascaris lumbricoides*, u.a.) finden sich bei insgesamt 17, eine nicht näher spezifizierte chronische Hepatitis - bei 8 Patienten.

Krankheiten der Harn- und Geschlechtsorgane

Es läßt sich sagen, daß von den 80 Techa-River-Patienten bei 23 Personen (darunter zwei Frauen - Nr. 198475 und Nr. 755430) - während der gesamten Betrachtungsperiode ab 1950 - keine pathologischen Befunde oder Beeinträchtigungen der Niere, ableitende Harnwege oder Genitalorgane beobachtet wurden.

Die Beeinträchtigungen der restlichen 57 Betroffenen lassen sich in zwei Gruppen von „infektiösen“ und „nicht infektiösen“ Erscheinungen einteilen, wobei sich bei einigen Patienten beide Kategorietyten von Erkrankungen und Befunde fanden. 8 Personen hatten während der gesamten Beobachtungsperiode definitiv keine Urogenitalinfektionen. Es handelte sich dabei um sexuelle Funktionsstörungen, Beeinträchtigungen von Organfunktionen (Nieren-, Ovarialinsuffizienz), komplikationslose Erosionen (Zervix), gutartige Tumore (Ovarialzyste), sowie um Nebenbefunde ohne pathologischem Korrelat (Nierendoppelbecken).

49 Probanden (41 Frauen und 7 Männer) entwickelten im Laufe ihrer „Patientenkarriere“ Infektionen, die zum Teil einmalig oder rezidivierend, akut und chronisch auftraten. Mehr als die Hälfte dieser Personen (24 Frauen und 3 Männer) entwickelten sowohl Entzündungen der Harnwege (Pyelonephritis, Zystitis, Urethritis) und/oder hatten auffälligen Urinstatus, als auch gleichzeitig oder unabhängig davon Infektionen der Geschlechtsorgane (Kolpitis, Zervizitis, Adnexitis, Parametritis, Prostatitis und Epididymitis).

Die nachfolgende Trennung der Systeme „Harnwege“ und „Geschlechtsorgane“ erfolgt aus Gründen der besseren Übersicht, ist zum Teil aber, wegen der anatomischen Nähe und dem daraus resultierenden Übergreifen von pathologischen Prozessen (vor allem Infektionen), formell.

Niere und ableitende Harnwege

Die Angaben über Niere und ableitenden Harnwegen der Techa-River-Patienten beinhalten Untersuchungsergebnisse der Bestimmung des Urinsediments (mikroskopisch nachweisbare Bestandteile wie Leukozyten und Erythrozyten pro Gesichtsfeld, Zylinder, Epithelien oder Keime). Vereinzelt wurden Röntgen- und Ultraschalldiagnostik angewandt.

7 Patienten (3 Frauen und 4 Männer) hatten zwischen 1958 und 1989 einmal Abweichungen von den normalen Referenzwerten im Urinsediment (mit 10-30 Leukozyten pro Gesichtsfeld, bei einer Frau vor der Menopause auch 5 Erythrozyten pro Gesichtsfeld). Diese Leukozyturien und Mikrohämaturie gingen allerdings nicht (nachweislich) mit den klinischen Symptomen einer Infektion einher oder wurden medikamentös behandelt. Eine Patientin (Nr. 573240) wies ferner in der Zeitperiode 1956–1985 dreimal solche (asymptomatischen) Abweichungen im Urinsediment oberhalb der Norm auf.

Ein einziger Patient (Nr. 156970) wies eine Makrohämaturie auf, allerdings infolge hämorrhagischer Diathese beim Morbus Werlhof (idiopathische thrombozytopenische Purpura).

Außer die bereits erwähnten *vorübergehenden* Beeinträchtigungen (Infektionen, asymptomatische Leukozyturien und/oder Mikrohämaturien und die Makrohämaturie) wurden bei den Techa-River-Patienten auch *irreversible* Schäden/Nebenbefunde/Deformitäten vermerkt. Dazu gehören Funktionsstörungen oder auch Folgeschäden bei verschiedenen Erkrankungen (Nephropathien bei Hypertonie und Diabetes mellitus, chronische Niereninsuffizienz infolge rezidivierender Pyelonephritiden). Als Nebenbefunde (ohne nachweislicher Komplikationen oder Auswirkungen auf die Gesundheit) sind Nephroptosen („Wanderniere“, abnorme Beweglichkeit des Organs) zusätzliche Nierengefäße oder Deformitäten am Nierenbeckenkelchsystems unklarer Ätiologie beobachtet (s. auch **Tabelle 16**).

Tabelle 16: Irreversible Beeinträchtigungen und Nebenbefunde am Organsystem Niere und ableitende Harnwege bei 9 Techa-River-Patienten.

Dosis Gruppe	Patienten-Nr.	Geschlecht	Befund	Jahr der Diagnose	Alter bei Diagnose [Jahre]	Prädestinierende Faktoren
1	379547	W	Nephroptose	1965	45	Unbekannt
2	209991	W	Chronische Niereninsuffizienz	1993	52	Rezidivierende Pyelonephritiden
3	96537	M	Zusatzgefäß rechts	1984	46	Unbekannt
	148551	M	Deformität Nierenbeckenkelchsystem beidseits	1996	45	Keine Entzündungen bekannt
4	4653	W	Nephroptose	1967	43	Unbekannt
	9755	W	Nephroptose	1943	36	Unbekannt
	13618	W	Nephroptose	1994	69	Unbekannt
	62751	M	Nierenfunktionsstörung links	1987	57	Hypertonie
			Funktionsstörung beidseits	1990	60	
	196332	M	Diabetische Nephropathie	1975	45	Diabetes mellitus
	140809	M	Doppeltes Nierenbecken links	1995	61	Keine Entzündungen bekannt

Dosisgruppe 1

Knochenmarksdosis <0.3 Gy

M männlich

Dosisgruppe 2

Knochenmarksdosis 0.3-0.49 Gy

W weiblich

Dosisgruppe 3

Knochenmarksdosis 0.5-0.99 Gy

Dosisgruppe 4

Knochenmarksdosis \geq 1.0 Gy

Ob die 4 Frauen mit „Wanderniere“ von unseren untersuchten 80 Patienten eine asthenische Konstitution (prädestinierender Faktor) aufwiesen, ist nicht bekannt. Es können nur Aussagen gemacht werden über das Körpergewicht und Größe der Betroffenen. Drei der Patientinnen hatten ein Gewicht im Norm- oder unteren Normbereich mit Body Mass Index (BMI) zwischen 20–25 kg/m², allerdings bei geringer Körperhöhe (zwischen 151 und 156 cm). Die vierte Betroffene (Patientin Nr. 13618) war dagegen übergewichtig.

Bei Patientin Nr. 379547 ist der Befund der abnormen Nierenbeweglichkeit in 1965 doppelseitig beobachtet worden. 18 Jahre später ist bei der Betroffenen eine verminderte exkretorische Funktion beider Nieren vermerkt. Es ist nicht bekannt

ob es einen Zusammenhang zwischen beiden Ereignissen gibt, jedoch ist dies nicht auszuschließen. Unklar ist auch ob die Nephroptose bei den übrigen Betroffenen zu Schmerzen, Funktionsbeeinträchtigungen und andere Komplikationen geführt hat. Eine Pyelonephritis bei der 69-jährigen Patientin 13618 ist eher durch die bestehende Nephrolithiasis, als durch die gleichzeitig diagnostizierte Nephroptose bedingt. Letztere wurde als Nebenbefund betrachtet.

Geschlechtsorgane

Die benignen (insgesamt 14 Betroffene) und malignen (4 Betroffene) Neubildungen geschlechtsspezifischer Organe (einschließlich Mamma und Prostata) der untersuchten Tschernobyl-Patienten sind in den **Tabellen 9** und **10** (Kapitel 3.2.2. "Neoplasien") dargestellt.

Vorübergehende hormonell bedingte Zyklusstörungen, die sich in irregulärer Menses, sekundäre Amenorrhoe und Dysmenorrhoe geäußert haben, sind für 5 Frauen dokumentiert. Zusätzlich manifestierten 10 Patientinnen eine vorzeitige (vor dem 48 Lebensjahr) Menopause (s. **Tabelle 17**). Es existieren keine Angaben über den Hormonspiegel im Serum.

Tabelle 17: Vorzeitige Menopause bei 10 Tschernobyl-Patientinnen geordnet nach Dosisgruppe und Patienten-Nr.

Dosisgruppe	Patienten-Nr.	Jahr der Diagnose	Alter bei Diagnose [Jahre]
1	573240	1960	42
2	56397	1979	47
	194520	1965	45
	267612	1967	46
	320139	1970	44
	523649	1959	41
3	141542	1984	45
4	4653	1954	46
	13618	1968	43
	167431	1963	46

Dosisgruppe 1 Knochenmarksdosis <0.3 Gy
Dosisgruppe 2 Knochenmarksdosis 0.3-0.49 Gy
Dosisgruppe 3 Knochenmarksdosis 0.5-0.99 Gy
Dosisgruppe 4 Knochenmarksdosis >= 1.0 Gy

Komplikationen der Schwangerschaft, bei Entbindung und im Wochenbett

Unter den 80 in dieser Arbeit untersuchten Techa-River-Patienten waren 44 weibliche Personen. In **Tabelle 18** wird ein allgemeiner Überblick über deren Schwangerschaftsstatus gegeben: 40 Frauen hatten Schwangerschaften und Entbindungen, es gab zusätzlich 1 Betroffene (Nr. 56397) mit Konzeption und (spontanem?) Abort bei wahrscheinlichem adrenogenitalen Syndrom (s. Kapitel 3.2.3.). Für zwei Frauen (Nr. 567709, geboren in 1942 und Nr. 573240, geboren 1918) sind weder Schwangerschaften noch Aborte bekannt. Aus den uns zur Verfügung stehenden Daten konnte kein Anhalt gefunden werden für eine entzündlich bedingte Sterilität, es fehlen aber auch Angaben über den Familienstatus. Eine junge Patientin (Nr. 5007) ist mit 19 Jahren frühzeitig verstorben.

Tabelle 18: Allgemeiner Überblick über den Schwangerschaftsstatus der 44 Techa-River-Patientinnen

	Schwangerschaft <u>und</u> Entbinung	Schwangerschaft <u>ohne</u> Entbindung	Keine Schwangerschaft
Anzahl Patientinnen	40	1	3

Von den 40 Entbundenen haben insgesamt 9 Frauen alle ihre Kinder vor 1950 (und somit vor Beginn der Strahlenexposition) auf die Welt gebracht. Ob es dabei während und unmittelbar nach den Schwangerschaften gestationsassoziierte gesundheitliche Beeinträchtigungen gegeben hat ist nicht bekannt. Von den restlichen 31 Patientinnen, mit Geburten in den Jahren ab einschließlich 1950, hatten 12 Frauen Komplikationen die in der **Tabelle 19** dargestellt sind.

Tabelle 19: Bekannte Komplikationen der Schwangerschaft und Entbindung bei 12 Techa-River-Patientinnen ab 1950.

Dosisgruppe	Patienten-Nr.	Komplikation	Jahr der Diagnose	Alter bei Diagnose [Jahre]	Risikofaktoren
1	279847	Tubar-Gravidität	1958	32	Kolpitis 1958, insgesamt 19 Aborte bekannt
	353702	Tubar-Gravidität	k. A.	k. A.	Kolpitis 1971, insgesamt 4 Aborte bekannt
2	158485	Tod eines Feten während der Geburt	1952	35	Zwillingsschwangerschaft
	159387	Mindestens 2 spontane Aborte bekannt	k. A.	k. A.	Keine bekannt
	209991	Nephropathie in der Schwangerschaft	1968	27	Rezidivierende Harnwegsinfekte seit 1966
	267612	Mindestens 2 spontane Aborte bekannt	k. A.	k. A.	Ovarialfibrom 1958, chronische Adnexitis 1956, Kolpitis 1960, Myom 1974
	757916	Tubar-Gravidität	1962	33	Chronische Oophoritis 1959, 2 Aborte bekannt
3	16853	Mindestens 1 spontaner Abort bekannt	k. A.	k. A.	Vulvovaginitis 1971, 7 Aborte bekannt
	17073	Mindestens 1 spontaner Abort bekannt	k. A.	k. A.	Rezidivierende Kolpitis 1955-1971, 3 Aborte bekannt
	141542	Totgeburt	k. A.	k. A.	Myom (1983 diagnostiziert)
	156003	Mindestens 1 spontaner Abort bekannt	k. A.	k. A.	Kolpitis 1962 und 1982, 4 Aborte bekannt
4	16200	Steißgeburt	k. A.	k. A.	Myom (1973 diagnostiziert)

Dosisgruppe 1	Knochenmarksdosis <0.3 Gy	k. A.	keine Angaben
Dosisgruppe 2	Knochenmarksdosis 0.3-0.49 Gy		
Dosisgruppe 3	Knochenmarksdosis 0.5-0.99 Gy		
Dosisgruppe 4	Knochenmarksdosis \geq 1.0 Gy		

Krankheiten der Haut und des Unterhautzellgewebes

13 Patienten manifestierten im Alter zwischen 30 und 66 Jahren bakterielle Hautinfektionen in Form von Furunkel, Karbunkel, Panaritium, Pyodermie (letztere allerdings bei einem 18-jährigen Mann). Nach vorliegenden Daten waren sie vereinzelt und nicht ausgedehnt über größere Areale des Integuments. Außerdem kamen sie selten mehr als einmal bei dem selben Betroffenen vor. Es gab keine Häufung in einer bestimmten Zeitperiode. 4 Patienten (darunter zwei über 60-Jährige) entwickelten im Laufe ihres Lebens einen Herpes zoster. Nur drei

Personen manifestierten die Hautinfektionen unter schweren Allgemeininfektionen (Nr. 113280 und Nr. 209991 bei Agranulozytosen jeweils in 1963 und 1971 und Nr. 138033 bei CLL in 1956).

Eine pathologische Gefäßreaktion – die Vasodilatation nach mechanischer Reizung der Haut – verursacht den sogenannten Dermographismus ruber. Diese Hauterscheinung wurde oft und bei der Mehrzahl (n=62) der 80 Techa-River-Patienten festgestellt. Ebenso oft und bei zahlreichen Betroffenen (n=59) fand sich als Ausdruck der Steigerung parasymphathischer Regulation eine Hyperhidrose (Übermäßige Schweißsekretion). Andere Ursachen (endokrinologische oder hormonelle Störungen) konnten nach dem vorliegenden Aktenmaterial nicht festgestellt werden.

Krankheiten des Skeletts, der Muskeln und des Bindegewebes

Die häufigste Beeinträchtigung des Bewegungsapparates bei den analysierten Techa-River-Patienten stellen degenerative Erkrankungen von Knochen, Knorpel und Gelenken dar (insgesamt 66 von 80 Personen). Es handelt sich um Wirbelsäulenveränderungen wie Osteochondrose und Spondylarthrose (Spondylosis deformans), aber auch um Gelenkarthrosen. Sie sind so den jeweiligen Krankenakten entnommen, allerdings erfolgte die Diagnosestellung - laut Auskunft der russischen Projektpartnern - meistens aufgrund klinischer Zeichen und Symptome. Eine röntgenologische Untersuchung wurde aus Kostengründen nicht durchgeführt, so daß eine Objektivierung der Befunde, die in **Tabelle 20** dargestellt sind, nicht gegeben ist. Nur für einen Patienten (Nr. 48730) sind Komplikationen im Rahmen seiner vertebrealen Osteochondrose bekannt (Wurzelkompressionssyndrom).

Das gleiche gilt für die diagnostizierte Osteoporose bei 4 Patienten (3 Frauen und ein Mann). Es ist nicht bekannt, ob eine Verifizierung durch apparative Verfahren erfolgte, laut vorliegendem Datenmaterial hatte auch keiner der Betroffenen eine Fraktur erlitten. Bei einer der Frauen (Nr. 46944) ist die Osteoporose in der Menopause (66 Lebensjahr) diagnostiziert. Bei der 67-jährigen Patientin Nr. 159387 trat die Erkrankung im Jahr der Feststellung einer Leukämie auf. Die 30-

jährige Patientin Nr. 209991 manifestierte in 1971 schwere Agranulozytose und Sepsis, infolgedessen sie über mehrere Monate stationär betreut werden mußte - in diesem Jahr wurde auch eine Osteoporose bei ihr diagnostiziert. Ob zur Entwicklung dieser Osteopathie beim 58-jährigen Patienten Nr. 48730 eine eventuelle Immobilisation ebenfalls eine Rolle gespielt haben könnte, ist nicht bekannt.

Entzündliche Knochenerkrankungen (Spondylitis) fanden sich bei 3 Tetscha-River-Patienten. Eine Frau (Nr. 209991) manifestierte sie im Rahmen des oben genannten septischen Geschehens (*Listeria monocytogenes*-Infektion), bei der zweiten Betroffenen (Nr. 9755) war die Spondylitis Folge einer Spätstreuung bei Tuberkulose. Die Genese der Erkrankung bei Patient Nr. 62751 ist unbekannt.

Mono- oder Polyarthritiden manifestierten insgesamt 20 Patienten. Dabei handelte es sich nicht um die sogenannte chronische oder rheumatische Polyarthritidis, sondern um vorübergehende Entzündungen der Gelenke.

Einem Symptom kommt bei der Beschreibung der gesundheitlichen Beeinträchtigungen des Bewegungsapparats der Tetscha-River-Patienten besonderer Bedeutung zu - der sogenannten "Ostealgie". Dieser Begriff, geprägt durch sowjetische Ärzte, umschreibt den typischen Schmerz der langen Röhrenknochen der strahlenexponierten Personen im Südsibirien. Der pathophysiologische Entstehungsmechanismus des Symptoms ist bis heute unbekannt, allerdings wird es mit der Strahlenbelastung und der Inkorporation von Radionukliden in Zusammenhang gebracht.

Obwohl die Symptomatik einer "Ostealgie" sehr charakteristisch ist - wurden andere ätiologische Ursachen von Knochenschmerzen differentialdiagnostisch in Betracht gezogen. Von den 80 von uns analysierten Tetscha-River-Patienten klagten 39 Betroffene über Ostealgie (mit oder ohne Myalgie) - zum Teil über mehrere Jahrzehnte (von den 50er Jahre bis in die heutige Zeit). Bei 21 Personen trat die Symptomatik ohne gleichzeitigem Bestehen einer Systemerkrankung (zum Beispiel Malignität) und/oder Infektion (Influenza, Malaria, Brucellose) auf (zum Teil entwickelten sich diese erst zum späteren Zeitpunkt).

Tabelle 20: Degenerative Knochen- und Gelenkleiden bei 66 Techa-River-Patienten

Dosis- gruppe	Patienten- Nr.	Gesch- lecht	Degenerative Erkrankung	Jahr der Diagnose	Alter bei Diagnose [J]	
1	167884	M	Vertebrale Osteochondrose Kniegelenksarthrose	1975 1984	38 47	
	214705	M	Osteochondrose	1990	38	
	257170	M	Lumbale Spondylosis deformans	1969	52	
	268983	W	Lumbale Spondylosis deformans Vertebrale Osteochondrose	1972 1976	59 63	
	279847	W	Vertebrale Osteochondrose	1988	62	
	321921	M	Spondylosis deformans Kniegelenksarthrose Vertebrale Osteochondrose	1957 1991 1992	42 76 77	
	324225	W	Hüftgelenksarthrose links Lumbale Osteochondrose	1970 1991	52 73	
	353702	W	Osteochondrose	1992	68	
	360843	M	Vertebrale Osteochondrose	1983	60	
	366776	M	Sprunggelenksarthrose Zervikale Osteochondrose	1970 1983	48 61	
	376608	M	Vertebrale Osteochondrose	1982	51	
	370383	W	Arthrose	1956	34	
	379547	W	Osteochondrose, Spondylosis deformans Arthrose	1972 1976	52 56	
	380353	W	Vertebrale Osteochondrose	1997	48	
	510973	W	Thorakale Spondylosis deformans	1968	58	
	573240	W	Spondylosis deformans Vertebrale Osteochondrose	1967 1987	49 69	
	755430	W	Vertebrale Osteochondrose, Arthrose	1978	57	
	2	56397	W	Vertebrale Osteochondrose	1982	50
		96395	M	Osteochondrose, Spondylosis deformans	1988	61
116379		M	Osteochondrose, Spondylosis deformans Kniegelenksarthrose	1979 1983	43 47	
158485		W	Osteochondrose, Spondylosis deformans	1983	66	
159387		W	Lumbale Osteochondrose	1991	52	
159387		W	Arthrose	1954	67	
168857		W	Osteochondrose Arthrose	1991 1993	41 43	
194520		W	Arthrose Vertebrale Osteochondrose	1976 1984	56 64	
196332		M	Arthrose Osteochondrose Thorakale Spondylosis deformans	1958 1972 1974	28 42 44	
209991		W	Kniegelenksarthrose Zervikale Osteochondrose	1990 1993	49 52	
217573		M	Vertebrale Osteochondrose Arthrose	1982 1991	54 63	
228149		M	Vertebrale Osteochondrose	1992	53	
267612		W	Kniegelenksarthrose Vertebrale Osteochondrose Lumbale Spondylosis deformans	1977 1980 1981	56 59 60	
320139		W	Zervikale Spondylosis deformans Zervikale Osteochondrose Arthrose	1969 1972 1985	43 46 59	
523649		W	Vertebrale Osteochondrose Kniegelenksarthrose	1976 1992	58 74	
567709		W	Osteochondrose, Kniegelenksarthrose	1991	49	
757916		W	Thorakale Spondylosis deformans Vertebrale Osteochondrose	1969 1975	40 46	

Dosisgruppe	Patienten-Nr.	Geschlecht	Degenerative Erkrankung	Jahr der Diagnose	Alter bei Diagnose [J]
3	287	W	Arthrose	1985	67
	10884	W	Vertebrale Osteochondrose	1987	69
			Spondylosis deformans	1989	71
	48730	M	Diffuse vertebrale Osteochondrose	1984	58
	16853	W	Osteochondrose	1971	39
	17073	W	Osteochondrose	1971	40
			Generalisierte Arthrose	1992	61
	70960	W	Arthrose	1985	48
	96537	M	Osteochondrose	1955	38
			Arthrose	1957	40
	119058	M	Vertebrale Osteochondrose	1983	50
	141542	W	Osteochondrose	1984	45
			Generalisierte Arthrose	1991	52
	148551	M	Osteochondrose	1990	39
			Arthrose	1991	40
	167876	M	Osteochondrose	1972	36
Arthrose			1982	46	
197139	M	Vertebrale Osteochondrose	1985	47	
		Arthrose	1994	56	
198475	W	Vertebrale Osteochondrose	1980	53	
234562	W	Schultergelenksarthrose rechts	1958	42	
		Osteochondrose	1962	46	
325310	M	Spondylosis deformans	1968	61	
		Vertebrale Osteochondrose	1975	68	
377317	W	Thorakale Spondylosis deformans	1986	60	
		Vertebrale Osteochondrose	1988	62	
		Arthrose	1995	69	
4	768	M	Spondylosis deformans	1973	56
	4653	W	Zervikale Spondylosis deformans	1981	71
			Vertebrale Osteochondrose	1985	75
			Arthrose	1986	76
	6903	W	Lumbale Osteochondrose	1982	45
			Kniegelenksarthrose	1994	57
	9396	M	Schultergelenksarthrose	1968	67
	12085	W	Vertebrale Osteochondrose	1965	42
			Hüftgelenksarthrose links, thorakale und lumbale Spondylosis deformans	1972	40
	13618	W	Vertebrale Osteochondrose, Arthrose	1990	65
	16200	W	Osteochondrose, Spondylosis deformans	1975	55
	44635	M	Osteochondrose	1966	30
	61127	M	Osteochondrose, Spondylosis deformans	1972	51
			Arthrose	1987	66
	62751	M	Osteochondrose	1979	49
Kniegelenksarthrose			1992	62	
63645	M	Vertebrale Osteochondrose, Zervikale Spondylarthrose	1979	44	
65997	M	Lumbale Spondylosis deformans	1970	33	
		Vertebrale Osteochondrose	1977	40	
		Knie- und Hüftgelenksarthrose	1992	55	
142349	W	Arthrose	1987	49	
162380	M	Osteochondrose, Spond.deformans	1966	30	
167431	W	Lumbale Spondylosis deformans	1967	50	
		Kniegelenksarthrose	1977	60	

Dosisgruppe 1

Knochenmarksdosis <0.3 Gy

M

männlich

Dosisgruppe 2

Knochenmarksdosis 0.3-0.49 Gy

W

weiblich

Dosisgruppe 3

Knochenmarksdosis 0.5-0.99 Gy

J

Jahre

Dosisgruppe 4

Knochenmarksdosis >= 1.0 Gy

Kongenitale Anomalien

Patient Nr. 228149 (Dosisgruppe 2) wurde 1939 mit einer Spina bifida (kongenitale Spaltbildung der Wirbelsäule) geboren. Offenbar handelt es sich dabei um die milde Form der Erkrankung (sog. Spina bifida occulta, mit weitgehend normaler Anlage und Funktion des Rückenmarks), da der Betroffene im Verlauf der Zeit bis auf eine Blasenstörung (Inkontinenz im Alter von 17 Jahren) keine Komplikationen aufwies. So existieren bei ihm keine Angaben sowohl über eine operative Versorgung, als auch über rezidivierende Harnwegsinfekte, Skoliose, Fußdeformitäten, Gangstörungen, Atrophien oder Paresen der unteren Extremitäten.

Bei keinem der untersuchten restlichen 79 Tschernobyl-River-Patienten (4 davon wurden nach Beginn der Strahlenexposition im Zeitraum 1950-1952 geboren) gab es etwaige kongenitale Anomalien.

Bestimmte Affektionen mit Ursprung in der Perinatalzeit

Keine der gesundheitlichen Beeinträchtigungen der 80 analysierten Patienten ist auf eine Schädigung in der Perinatalzeit zurückzuführen.

Symptome und schlecht bezeichnete Affektionen

In diesem Kapitel sind Symptome und von der Norm abweichende Befunde eingeordnet, die keine selbständige Krankheitsentität darstellen, auf mehrere Krankheiten zutreffen oder Teil eines Falls sind, wo keine exakte Diagnose gestellt werden kann. Außerdem sind hier Symptome berücksichtigt, die auf die Beteiligung von zwei oder mehreren Organsystemen hinweisen. In diesem Fall wurde in den Übersichtsschemata der Morbiditätsentwicklung einzelner Patienten der jeweilige pathologische Abweichung in mehreren Organsystemkategorien (01.-17.) nach ICD-9 aufgeführt (s. Anhang) und bei den entsprechenden Organsystemen beschrieben (s. Kapitel 3.2.1. bis 3.2.15.).

So wurden Befunde wie Tachykardie oder funktionelles Herzgeräusch, sowohl dem Organsystem "07" ("Herz-Kreislauf", als auch "16" ("Symptome und schlecht bezeichnete Affektionen") zugeordnet. Eine Liste der bei den 80 Techa-River-Patienten beschriebenen Symptome und Befunde ist in **Tabelle 21** wiedergegeben.

Tabelle 21: Liste der Symptome und schlecht bezeichnete Affektionen, die bei den untersuchten 80 Techa-River-Patienten festgestellt wurden

Allgemeine Symptome	Kopfschmerz, Schwäche, Ermattung, Schwindel, Asthenie, Neurasthenie, Hyperhidrose
Symptome, die das Nervensystem betreffen	Abnorme Reflexe, ataktischer Gang, unwillkürliche Bewegungen (Tremor), Sensibilitätsstörungen (Hyp-, Hyper-, Parästhesie)
Symptome, die das Herz-Kreislauf-System betreffen	Tachykardie, funktionelles Herzgeräusch, unspezifischer Abfall/Anstieg des Blutdrucks, funktionelle Kreislaufstörungen (vegetative Dystonie)
Symptome, die die gesamte Haut betreffen	Blässe, übermäßiges Erröten, pathologischer Dermographismus
Symptome, die die Harnorgane betreffen	Unspezifische Harnbefunde wie Bakteriämie oder Leukozyturie
Sonstige	Lymphadenopathie, Hepatomegalie, Druckempfindlichkeit der Leber
Unspezifische Befunde	Beschleunigte Blutsenkungsgeschwindigkeit, geringe Abweichungen von Befunde in der Elektrophorese oder der Transaminasen, pathologischer Glukose-Toleranz-Test, unspezifische Befunde einer Chromosomen-Analyse (Philadelphia-Chromosom)

Verletzungen und Vergiftungen

Unter dieser Kategorie wurde die Strahlenexposition der Techa-River-Bewohner zugeordnet. Entsprechend ihrer Ausprägung im Laufe der Zeit wurde sie in den Morbiditätsentwicklungsschemata der einzelnen Patienten (s. Anhang) "gewichtet", d.h. unter Punkt 17. "Verletzungen und Vergiftungen" mit unterschiedlichen Schweregraden dargestellt: von 1950 bis 1956 mit der Höchsstufe kodiert ("+++++" = "schwer, irreversibel"), in den nachfolgenden Zeitabschnitten entsprechend "moderat" ("++++") und "mild" ("++") (s. auch **Tabelle 7** im Kapitel 2.3. von "Materialien und Methoden").

Was tatsächliche Verletzungen und Vergiftungen unter den 80 untersuchten Personen betrifft, sind für 5 Patienten Knochenfrakturen berichtet (keine Komplikationen oder Spätfolgen bekannt). Es gab keine Vergiftungsfälle.

Zusammenfassung

Die Darstellungen von individuellen Krankheitsverläufen in der Übersicht ergab ein relativ einheitliches Schema der Gesundheitsentwicklung einzelner Techa-River-Patienten, unabhängig von deren Zugehörigkeit zu verschiedenen Dosisgruppen (s. Anhang). Die Betroffenen entwickelten häufig verschiedene pathologische Erscheinungen und Symptome mit paralleler Einbeziehung mehrerer Organsysteme (Multimorbidität).

Am häufigsten betroffen sind neben dem hämatopoetischen auch das Nerven- und Herz-Kreislauf-System, der Gastrointestinaltrakt und der Bewegungsapparat. Die gesundheitlichen Beeinträchtigungen äußerten sich vor allem in Form von moderaten hämatologischen (Leukopenien, Linksverschiebung) und neurologischen Abweichungen (Steigerung der Reflexe), Entzündungen im Gastrointestinaltrakt und Magensaftsekretionsstörungen, charakteristischen Schmerzen der langen Röhrenknochen (im sowjetischen Sprachgebrauch sogenannte "Ostealgie") u.a. Häufig traten ebenso funktionelle Störungen auf, die unter dem Begriff "vegetative" oder "neurozirkulatorische Dystonie", "Asthenie" und "Neurasthenie" zusammengefaßt wurden.

Alle diese Erscheinungen zeigten sowohl Patienten im fortgeschrittenen Lebensalter als auch Betroffene, die in 1950 (am Anfang der mehrjährigen Strahlenexposition) unter 20 Jahre alt waren. Die Beeinträchtigungen hatten selten irreversiblen oder schwerwiegenden Charakter. Nicht-transitorische neoplastische und nicht-neoplastische Erkrankungen traten zu einem altersgerechten Zeitpunkt und in der Regel bei Vorhandensein mehrerer Risikofaktoren auf.

Diskussion

Vorbemerkungen

Die Auswirkungen einer einmaligen akzidentellen Ganz- oder Teilkörperexposition auf den Säugetierorganismus mit Ausbildung der komplexen Frühsymptomatik eines „akuten Strahlensyndroms“ und - nach einer Latenzzeit - von deterministischen und stochastischen Späteffekten sind gut erforscht (14,22,92,127,40). Über die Pathophysiologie einer protrahierten Einwirkung ionisierender Strahlen ist dagegen wenig bekannt, da gegenwärtig nur spärliche Informationen über Früh-, Mittel- und Spätschäden am Organismus anhand von Tierexperimenten (94,93,41,42,128) und einigen Unfällen existieren - Mexiko (1962), Algerien (1978), Taiwan (ab 1982), China (1985), Goiania (1987), Estland (1994), Moskau (1995), Georgien (1997) (6,97,62,54,124,15,56,7,58). Von Bedeutung für die Wissenschaft ist daher, die Folgen der jahrzehntelangen Strahlenbelastung der Menschen, die entlang des Tschernobyl-River wohnen und nicht ahnen konnten, welcher Strahlenbelastung sie ausgesetzt waren, detailliert zu analysieren.

Bei der Einwirkung ionisierender Strahlen auf den Organismus können Schädigungen entstehen, die auf der molekulären und zellulären Ebene mit „Treffervorgängen“ eingeleitet werden (Mutation, Apoptose, etc.) und sich schließlich auf Organsystemebene (zum Beispiel Knochenmarksversagen) auszuprägen vermögen. Im niedrigen Dosisbereich ist aber auch die protektive Wirkung ionisierender Strahlen in Form von verstärkter Radikaldetoxifikation und verbesserter DNS-Reparaturvorgänge (Phänomen der Hormesis) bekannt und kontrovers diskutiert (28). Es gibt Hinweise anhand Studien von Populationen in China (Provinz Yangjiang), daß Bevölkerungsgruppen, die einer dreifach erhöhten Hintergrundstrahlung ausgesetzt sind, verminderte Krebsmortalitätsraten aufweisen. Allerdings sind die Unterschiede offenbar nicht statistisch signifikant (19).

In Regionen mit noch höherer Hintergrundstrahlung gegenüber anderen Gebieten - um einen Faktor von bis zu 20 (wie im indischen Kerala) - wurden bisher keine gesundheitlichen Konsequenzen bei den dort ansässigen Populationen im Rahmen epidemiologischer Untersuchungen festgestellt (43,19,116). Diese Strahlendosen liegen noch unter der vom Gesetzgeber maximal zulässigen Grenzwerte für beruflich exponierte Personen der Kategorie A - zur Zeit 50 mSv/a (0.14 mSv/d) (120). Von 3 bis 30mal oberhalb dieses Grenzwertes werden die Dosen der "Wismut"-Arbeiter geschätzt (bezogen auf die Jahre der höchsten Exposition zwischen 1946 und 1955): 150-1500 mSv/a (0.4-4.1 mSv/d) (39,25,26,61). Für die "Mayak"-Arbeiter werden, laut sowjetischen Informationen, für Anfang der 50er Jahre 40-60mal höhere berufliche Expositionen als heute zulässig angenommen: 2 000-3 000 mSv/a (5.5-8.2 mSv/d)(105).

Derartige Strahlendosen können vom Organismus zunächst toleriert werden, ohne daß es zu Manifestation von klinischen Symptomen kommt. Danach kann es aber nach Tagen, Wochen und Monaten zu (reversiblen oder irreversiblen) gesundheitlichen Beeinträchtigungen kommen (strahlenbedingte Spätschäden). Dafür ist die Höhe der täglichen Expositionspegel maßgeblich. Es geht um die Frage ob der in schnell umsetzenden Zellsystemen (z. B. Blutbildung) zusätzlich entstehende Zellverlust kompensiert werden kann oder nicht. Alle Opfer der in **Abbildung 25** dargestellten Unfälle zeigten mehr oder weniger schwere Schäden der Hämatopoese bis hin zum Tod durch Knochenmarksversagen.

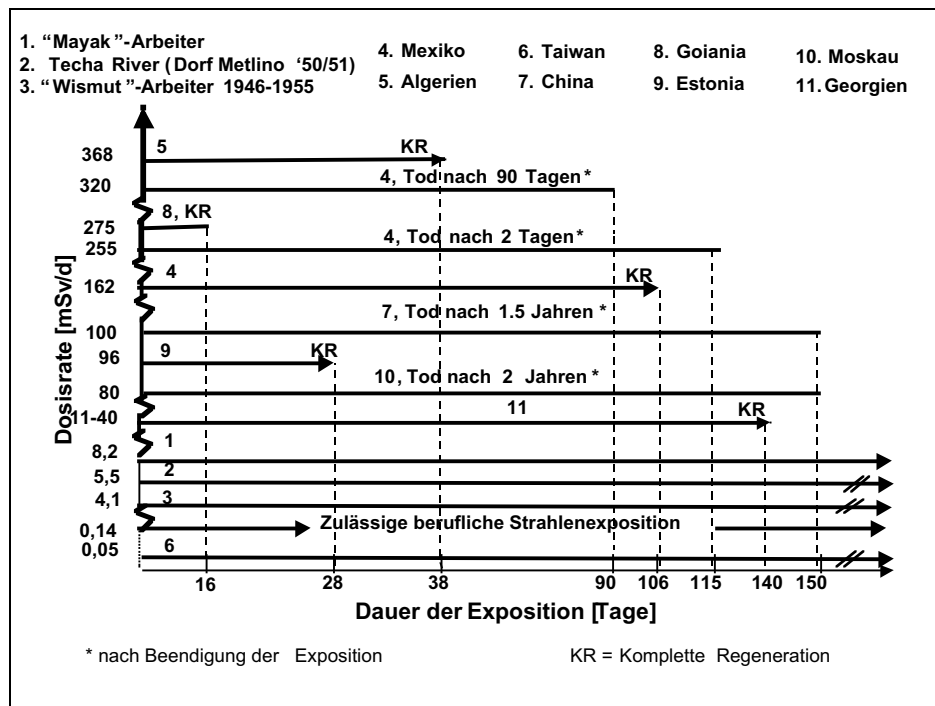


Abbildung 25: Übersicht über die täglichen Dosisraten bei einigen bedeutenden Unfällen (chronologisch numeriert) mit protrahiertes Einwirkung ionisierender Strahlen im Vergleich zu den gegenwärtig maximal zulässigen Grenzwerten für beruflich exponierte Personen der Kategorie A (modifiziert nach Fliedner und Friesecke 1998, S. 128)

Was bei einer chronischen Einwirkung ionisierender Strahlen in Bezug auf den Verlauf hämatologischer Parameter, sowie Überlebenszeit und Todesursachen zu erwarten ist, zeigen die tierexperimentellen Studien der Arbeitsgruppe um Dr. Thomas Fritz des Argonne National Laboratory (42). Hier wurden genetisch homogene Hunde gleichen Alters in 9 "Dosisgruppen" eingeteilt und einer lebenslangen γ -Bestrahlung (^{60}Co -Quelle) mit unterschiedlichen täglichen Expositionspegeln (von 3 bis 540 mSv) ausgesetzt.

Je höher die täglichen Strahlenpegel, desto kürzer waren auch die Überlebenszeiten der Tiere und desto einheitlicher gestaltete sich die Todesursache. Bei Dosisraten zwischen 263 und 540 mSv/d kam es bei allen Hunden zu kontinuierlicher Abnahme aller peripherer Blutzellzahlen und Tod innerhalb der ersten 55 Tage an Knochenmarksversagen, kompliziert durch Sepsis. Eine Aplasie der Blutbildungsstätte entwickelten auch Betroffene der

Strahlenunfälle in Mexiko (1962), Algerien (1978), Goiania (1987) und Estland (1994). Nur dank fachgerechter intensivmedizinischer Betreuung konnten Betroffene in Goiania, die ca. 2 Wochen einer Dosis bis zu 275 mSv/d ausgesetzt waren überleben, ebenso die estnischen Opfer (mit Expositionen >95 mSv/d über mindestens einen Monat) und 4 algerische Patientinnen (Strahlenbelastung über 1.5 Monate bei täglichen Dosen zwischen 263-368 mSv) (15,56,62). Hier war also nicht nur die Höhe der täglichen Strahlenbelastung, sondern auch die Länge der Exposition von Bedeutung. Ein Betroffener des mexikanischen Unfalls überlebte allerdings eine relativ lange (ca. 3-monatige) Strahlenbelastung bei geschätzten Dosen zwischen 93 und 162 mSv/d, allerdings entwickelte sich bei ihm eine schwere aber reversible Knochenmarksinsuffizienz (97).

Bei täglichen Strahlendosen zwischen 18.8 und 128 mSv kam es bei den Argonne-Experimenten sowohl zum Tod weiterer Tiere durch Knochenmarksversagen (Überlebenszeit 139-1119 Tage, also bis zu ca. 3 Jahren), als auch durch myeloproliferative Erkrankungen, hauptsächlich myeloische Leukämien (Tod nach 892-1456 Tagen, d.h. zwischen 2.5 und 4 Jahre). Letztere kam auch bei einem Hund der Gruppe vor, die mit 7.5 mSv/d exponiert wurde (Überlebenszeit 5 Jahre), aber bei keinem Tier der niedrigsten Dosiskategorie (3 mSv/d). Typischerweise kam es bei den Hunden, die eine myelodysplastische Erkrankung entwickelten, im Gegensatz zu denjenigen, die an Knochenmarksversagen starben, nach einer initialen Phase der dosisabhängigen Suppression peripherer Blutzellzahlen zur anschließenden teilweisen Erholung (42,109).

Bei Strahlenpegel zwischen 80 und 100 mSv/d, die über einen Zeitraum von ca. 3 Monaten einwirkten, kam es bei einer betroffenen Person des Unfalls in China mit einer ¹³⁷Cs-Quelle (1985) zu der Entwicklung eines myeloproliferativen Syndroms (MPS) innerhalb eines Zeitraums von 1.5 Jahren (s. auch **Abbildung 25**), sein Sohn manifestierte MPS und anschließend akute myeloische Leukämie nach 9 Jahren. Über Späteffekte bei der dritten betroffenen Person dieses Unfalls (die Mutter) ist zur Zeit nichts bekannt (54,124). Auf ca. 80 mSv/d wird die Strahlenbelastung durch eine offene ¹³⁷Cs-Quelle, die aus ungeklärter Ursache in

die Tür eines Lastwagens gelang und dessen Fahrer Tag für Tag über 3 Monate exponierte (Moskau-Unfall von 1995). Dieser Patient entwickelte (ähnlich wie der erste Betroffene in China) MPS nach 1.5 Jahren, allerdings mit Transformation in eine myelomonozytäre Leukämie an die er nach einem weiteren halben Jahr verstarb (7). Der malignen hämatopoetischen Transformation war in allen drei Fällen eine Knochenmarkshypoplasie und Panzytopenie im peripheren Blut vorausgegangen.

In den Hunde-Studiengruppen des Argonne National Laboratory, die bei Strahlendosen bis einschließlich 75 mSv/d exponiert waren, kamen erstmals solide Tumoren (Überlebenszeit ca. 4 Jahre), bei den Tieren der nächst niedrigeren Strahlendosis von 37.5 mSv/d - auch "andere" Todesursachen vor (Überlebenszeit 6 Jahre). Bei Expositionen von 18.8 mSv/d erlagen die Hunde innerhalb einer breiten Zeitspanne von 1 bis 10 Jahren sowohl hämatologischen (aplastische Anämie, myelodysplastisches Syndrom), aber auch nicht-hämatologischen neoplastischen Erkrankungen. Zwischen 3 und 7.5 mSv/d kamen mit Ausnahme eines einzigen Falles keine Todesursachen vor, die durch den Zusammenbruch der Blutbildungsstätte bedingt waren. Diese Tiere lebten, im Vergleich zu denjenigen der nächst höchsten Dosisgruppe durchschnittlich 2 Jahre länger. Es fanden sich moderate Suppressionen der peripheren Thrombozyten und Leukozyten (41,42).

Durch die Ergebnisse der Hunde-Experimente der Arbeitsgruppe Fritz et al. läßt sich zusammenfassend sagen, daß unter kontinuierlicher Bestrahlung zwei herausragende Todesursachen vorkommen nämlich - hämatologische und neoplastische. Innerhalb des Dosisbereichs zwischen 18.8 und 37.5 mSv/d werden beide manifest, aber natürlich auch andere Erkrankungen. Bei diesen täglichen Expositionspegeln sind alle Tiere in der Lage für einen Zeitraum von mindestens 1 Jahr mit der zusätzlichen Strahlenbelastung zu leben. Bei Dosen <18.8 mSv/d treten Tumorerkrankungen und andere Späteffekte in den Vordergrund. Bei der niedrigsten Dosis von 3 mSv/d kommt kaum eine Verkürzung der Lebenserwartung vor.

Die täglichen Dosen der Techa-River-Bewohner sollen in den Jahren der höchsten Strahlenbelastung bis zu 5 mSv/d betragen haben, lagen aber - je nach Wohn- und Aufenthaltsort - auch unter 1 mSv/d (3,39,105). Die Population dürfte somit in einem Dosisbereich zwischen den "Wismut"- und "Mayak"-Arbeitern angesiedelt sein (s. **Abbildung 25**). Allen diesen Personengruppen ist eine jahrelange Strahlenexposition gemeinsam, deren tägliche Dosispegel auf unter 10 mSv geschätzt wird. Sie ist über einen längeren Zeitraum toleriert worden, ohne daß es zur Manifestation von klinischen Erscheinungen gekommen ist und es standen keine Versagenszustände der Blutzellbildung im Vordergrund wie bei Dosisraten von >80 mSv/d beobachtet (Unfälle in Moskau, Estland, China, usw., s. auch **Abbildung 25**). Wahrscheinlich sind ähnliche Effekte und Erkrankungen, wie sie bei den Argonne-Tieren nach Strahlenexposition mit 3-18.8 mSv/d verzeichnet sind, also moderate Leuko- und Thrombopenien, einzelne Leukämien und Aplasien, aber vor allem neoplastische und andere Erkrankungen.

Fragestellungen der vorliegenden Arbeit

Innerhalb dieser Arbeit ging es darum den Gesundheitszustand von chronisch strahlenexponierten Personen anhand einer ausgewählten Gruppe von 80 Techa-River-Patienten zu beschreiben und nach Möglichkeit pathophysiologisch zu bewerten. Es sollte geklärt werden welche potentielle Risikofaktoren, außer dem sicher vorhandenen Einfluß ionisierender Strahlen, bestimmte Erkrankungen begünstigt haben können und ob diese früher auftraten (im Sinne einer vorzeitigen Morbidität und Mortalität) als es in der Normalbevölkerung der Fall ist. Schließlich wurde die Krankheitsentwicklung von Betroffenen verglichen, die verschiedenen Kategorien - nach ihren geschätzten absorbierten Dosen - angehörten um deterministische Zusammenhänge zwischen der Einwirkung der Strahlenbelastung und gesundheitliche Beeinträchtigung zu evaluieren.

In dem vorigen Kapitel "Ergebnisse" sind alle Befunde und Diagnosen der 80 Patienten nach der, von der ICD-9-Klassifikation vorgegebenen, Reihenfolge einzelnen Organsysteme (Nr. 01-17.) aufgeführt. In diesem Kapitel "Diskussion" sollen sie in Bezug auf die zu erwartenden Effekte aufgrund der chronischen

Strahlenbelastung "gewichtet" werden. An erster Stelle sind daher die Hämatopoese und die neoplastischen Erkrankungen diskutiert, sowie das charakteristische Symptom, welches nur bei der Population der exponierten Tetscha-River-Bewohner vorkommt - die sogenannte "Ostealgie".

Hämatopoetisches System

Als ein Organsystem, welches bei Einwirkung ionisierender Strahlen aufgrund seiner sehr hohen Strahlensensibilität am empfindlichsten reagiert, ist die Hämatopoese ein zuverlässiger Wirkungsindikator für stattgefundene Exposition. Daher ist von großer Wichtigkeit die beobachteten Effekte aus strahlenbiologischer Sicht zu beurteilen.

Im Falle einer Dauerbestrahlung reagiert die Hämatopoese mit einem zusätzlichen Zellverlust, der nur durch Mehrproduktion ausgeglichen werden kann. Dies erlaubt dem Organismus unter Umständen mit der zusätzlichen Beanspruchung seiner Zellerneuerungssysteme fertig zu werden. Die Zellbildungs- und Zelldifferenzierungsprozesse vollziehen sich dabei im strahlenempfindlichen Stammzellen- und Proliferationsspeicher (34,36,38).

Entscheidend ist daher die Frage, ob eine ausreichende Anzahl ungeschädigter bzw. reparierter Stammzellen vorhanden ist, von denen die hämatopoetische Regeneration ausgehen kann. Falls nicht, kommt es - im Sinne einer Frühreaktion auf die Dauerexposition - nach Ausschöpfen aller vorgeschalteten Kompartimente zu kontinuierlicher Abnahme der peripheren Blutzellzahlen und Zusammenbruch des Systems. Dies ist mit zunehmender Wahrscheinlichkeit der Fall bei hohen täglichen Dosispegeln von >100 mSv, sowohl beim Menschen, als auch bei dauerbestrahlten Hunden. Bei ausreichender Verfügbarkeit von qualitativ unversehrter (d.h. unbegrenzt replikationsfähiger) Stammzellen, kommt es - in Abhängigkeit vom Schädigungsgrad des Speichers - zu einer (dosisabhängigen) Neueinstellung der peripheren Blutzellpegel (Thrombozyten, Leukozyten, usw.) auf einen neuen - niedrigeren als normalen - Konzentrationswert ("steady state")(38). Im Falle der Tetscha-River-Patienten ist der Vergleich mit den Populationen der

"Wismut"- und insbesondere der "Mayak"-Arbeiter, sowie mit den Befunden bei den Hunde-Experimenten des Argonne National Laboratory von Bedeutung.

Erste vereinzelte Messungen der Radon-Konzentration und der g-Dosisleistung zur Abschätzung der Strahlenexposition innerhalb des Bergbauunternehmens "Wismut" sind ca. 10 Jahre nach dessen Gründung veranlaßt worden (95). Welche gesundheitlichen Beeinträchtigungen der Arbeiter damals beobachtet wurden, ist zur Zeit nicht bekannt. Eine interne Studie von 1965, die das peripher Blut von mehr als 1 800 Beschäftigten untersuchte, fand keine hämatologischen Abweichungen (26). Allerdings liegen keine Knochenmarksbefunde vor. Dafür sind bei den "Wismut"-Bergleuten deterministische (Lungen-Fibrosen) und stochastische (Bronchialkarzinome) Späteffekte bekannt (61,26).

Im Fall der Plutoniumproduktionsstätte "Mayak" kam es bei einigen Arbeitern zur Diagnose eines "chronischen Strahlensyndroms" bereits 1-2 Jahre nachdem der Fabrikkomplex in Betrieb genommen wurde. Beobachtet wurde ein Abfall der peripheren Blutzellzahlen für Leukozyten und Thrombozyten auf zum Teil mehr als die Hälfte des ursprünglichen Niveaus - mit einer Erholung der Werte nachdem die entsprechenden Betroffenen andere Tätigkeiten (ohne Strahlenexposition am Arbeitsplatz) zugewiesen bekamen. Die Thrombozyten reagierten am empfindlichsten - sie fielen durchschnittlich stärker ab als die weißen Blutkörperchen (jeweils 60-65% des Levels vor Exposition im Vergleich zu 50-60% bei den Leukozyten), erholten sich aber auch schneller nach Beendigung der Strahlenbelastung (nach 5-10 Jahren versus 20-25 Jahren). Die Blutplättchen erreichten dabei ihr ursprüngliches Niveau wie vor Beginn der Bestrahlung (sogar mit leichter Erhöhung der Werte), die Leukozyten dagegen einen "steady state", der durchschnittlich 90-95% des ursprünglichen entsprach (105).

Zu charakteristischen initialen Abfällen der Leukozyten und Thrombozyten kam es auch bei den Hunde-Experimenten des Argonne National Laboratory. Sie waren um so stärker ausgeprägt, je höher die täglichen Strahlendosen lagen. Auch hier pendelten sich die hämatologischen Parameter (insbesondere die Leukozyten) im Laufe der Zeit - soweit die Tiere nicht frühzeitig an Knochenmarksaplasie oder myelodysplastischem Syndrom verstarben - trotz Fortsetzung der Exposition, auf einen neuen (gegenüber des Zustands vor Beginn der Bestrahlung niedrigeren) "steady state" ein. Die Thrombozyten erreichten ihr ursprüngliches Niveau. Bei Expositionspegeln zwischen 3 und 18.8 mSv/d ist allen Versuchsgruppen gemeinsam, daß sich beide Blutzelllinien innerhalb eines Zeitraums von 400-500 Wochen (also 7.7-9.6 Jahren) erholten (41,42).

Die Betroffenen des Tschernobyl-Unfalls "tolerierten", die durch das Ableiten von radioaktiven Abfällen in den Fluß zusätzlich erzeugte Strahlenbelastung, mindestens 1-2 Jahre länger als die "Mayak"-Arbeiter. Zu den ersten Diagnosen eines "chronischen Strahlensyndroms" in 1952 kam es im Grunde dadurch, daß 1951 Messungen des γ -Strahlenfeldes 7 km vom Fabrikkomplex entfernt (auf der Höhe der ersten Siedlung Metlino) eine Hintergrundstrahlung von bis zu 5 R/h ergeben hatten. Daher wurden bei den Dorfbewohnern medizinische Untersuchungen von speziell ausgesuchten Ärzten angeordnet. Ähnlich wie bei den "Mayak"-Arbeitern, oder aber auch bei den Hunde-Experimenten, wurden auch hier Leuko- und Thrombopenien beobachtet, als Zeichen einer starken "Beanspruchung" der Hämatopoese durch die chronische Strahlenexposition (72,79,2).

Die Argonne-Hundeexperimente wurden unter streng kontrollierten Bedingungen durchgeführt - u.a. sorgfältige Erhebung des Gesundheitszustandes vor Beginn der Strahlenbelastung, sowie regelmäßige Blutuntersuchungen während der Studie. Die "Mayak"-Beschäftigten wurden ebenso regelmäßig im Rahmen arbeitsmedizinischer Untersuchungen inspiziert. Im Gegensatz dazu sind hämatologische Befunde von strahlenexponierten Tschernobyl-Bewohnern nur im Rahmen veranlaßter medizinischer Untersuchungen in unregelmäßigen Abständen erhoben. Es existieren also vergleichsweise lückenhafte Informationen über den Status der Hämatopoese der Betroffenen (peripheres Blutbild,

Knochenmarkspräparate). Insbesondere sind klinische Daten von dem Zeitraum der Höchsexposition entlang des Tеча-River (1950-1951) nur vereinzelt dokumentiert. Genauere Aussagen über das Ausmaß der Suppression der peripheren Blutzellzahlen im Vergleich zum Zustand vor Einsetzen der Strahlenexposition (und damit auch über das Ausmaß der Schädigung des Stamzell-Speichers) sind somit für die einzelnen Betroffenen nur bedingt möglich.

In verschiedenen russischen Literaturquellen wird daher die Entwicklung der peripheren Blutwerte für die gesamte Gruppe von strahlenexponierten Tеча-River-Bewohner im Verlauf der Zeit dargestellt (79,73). Allerdings sind hier die hämatologischen Parameter auf Mittelwerte oder Mediane ("average values") pro Patient und Jahr verdichtet, so daß nur ein grober Überblick über die Entwicklung der Blutzellzahlen, aber keine statistische Aussage möglich ist (Unter-, bzw. Übergewichtung von Betroffenen mit wenigen, bzw. vielen Meßwerten). Außerdem wurden zum Teil alle vorhandenen hämatologischen Daten berücksichtigt, also auch solche, die zu einem Zeitpunkt erhoben wurden, wo die betroffene Person an einer beeinflussenden Systemerkrankung (zum Beispiel Infektion) litt (79). Entsprechende russische Studien der Population sind angesichts möglicher systematischer Fehler unter statistischen Gesichtspunkten also kritisch zu betrachten.

Fest steht aber, daß es bei den Tеча-River-Patienten zu erniedrigten peripheren Blutwerten gekommen ist. Im Falle der von uns untersuchten 80 Personen wiesen 13 Betroffene seit den 50er Jahre (und zumindest bis in die 60er Jahre hinein, aber zum Teil auch später) kontinuierliche moderate Leukopenien bis 2 Giga/l mit oder ohne Thrombopenien bis 100 Giga/l oder aber entsprechende Werte im unteren Normbereich auf. Insofern entsprechen diese Befunde den Hinweisen russischer Quellen über beobachtete hämatologische Erscheinungen bei Tеча-River-Patienten seit Beginn der Strahlenexposition (Bestehen seit den 50er Jahre und Stabilisierung frühestens nach 10-20 Jahren) (2,79).

Andererseits manifestierte die überwiegende Mehrzahl unserer untersuchten Patienten (67 von 80) entweder normale Leukozyten- und Thrombozytenwerte oder nur vereinzelte Abweichungen. Nicht immer ließ sich bei letzteren (eventuell auch aufgrund fehlender Daten) ein möglicher ätiologischer Zusammenhang mit gleichzeitig bestehenden beeinflussenden Begleiterkrankungen rekonstruieren. Es ist nicht bekannt, ob diese Verteilung den tatsächlichen Verhältnissen innerhalb der Techa-River-Population (>8000 Personen) entspricht. Ein Vergleich zum Verlauf peripherer Blutzellzahlen in einer normalen, nicht exponierten, Bevölkerung war bei Fehlen einer Kontrollgruppe nicht möglich.

Zum Teil ließen sich für die Leukopenien entzündlich-infektiöse Begleiterkrankungen als mögliche ätiologische Ursache verantwortlich machen (peripherer Verbrauch). Zum Beispiel ist für die im Techa-River-Gebiet weit verbreitete Anthroozoonose Brucellose bekannt, daß sie beim Menschen mit Verminderung der weißen Blutkörperchen und auch der Blutplättchen einher gehen kann (96). Die meisten der 13 Personen mit wiederholten Leuko- und/oder Thrombopenien laborierten an rezidivierenden Brucellose-Infektionen (Ausnahme Patienten Nr. 113280 der Dosisgruppe 3 und Nr. 4653 der Dosisgruppe 4).

Bei einem dieser Betroffenen (Nr. 113280) sind zweimalige Agranulozytosen (1963 und 1972) unklarer Ätiologie über mehrere Tage bekannt. Eine zweite Patientin (Nr. 209991, Dosisgruppe 2) laboriert an rezidivierenden Agranulozytosen über drei Jahrzehnte (1956-1986). Zumindest für die Erstmanifestation in 1956 kann keine unmittelbare Ursache rekonstruiert werden - sie ereignet sich unter stationären Bedingungen in einer Fachklinik, in die die Frau zur Abklärung einer Neutropenie eingewiesen wurde. Es könnte sich also in diesem Fall um eine direkte Auswirkung der chronischen Strahlenexposition auf die Blutzellbildung gehandelt haben. Spätere Agranulozytosen der Patientin werden zum Teil auch in Zusammenhang mit der Einnahme von Analgetika gebracht.

Bei einem Mann (Nr. 376608, Dosisgruppe 1) treten vereinzelt moderate Leukopenien (bis 3 Giga/l) sehr spät (70er bis 80er Jahre) auf, d. h. zu einem Zeitpunkt, wo der ursächliche Zusammenhang mit der Strahlenexposition - wegen der verminderten Strahlenbelastung gegenüber den Vorjahren - eher unwahrscheinlich ist. Für ihn sind rezidivierenden Brucellose-Infektionen bekannt.

Es muß also davon ausgegangen werden, daß bei den Tеча-River-Patienten, deren Hämatopoese durch einen erhöhten strahlenbedingten Zellverlust beansprucht wurde, es deshalb nicht zu einem Knochenmarksversagen kam, weil diese zusätzliche Zellverluste durch Mehrproduktion weitgehend ausgeglichen wurden. Es ist dabei nicht auszuschließen, daß der Stammzellenspeicher im erheblichen Umfang geschädigt war. Als ein Zeichen dafür kann zum Beispiel die periphere Linksverschiebung (Auftreten größerer Mengen stabkerniger Granulozyten im Blut) bei 72 der von uns untersuchten 80 Betroffenen gewertet werden. Sie ist typischerweise in den 50er und zum Teil in den 60er Jahren beobachtet worden und ist somit in einem klaren Zusammenhang mit der Strahlenexposition zu sehen, die in diesem Zeitraum am höchsten war. Für 3 der restlichen 8 Patienten, für die hämatologische Daten erst ab 1960 vorhanden sind, kann eine periphere Linksverschiebung zumindest nicht ausgeschlossen werden.

Als ein weiteres Zeichen der Beanspruchung der Hämatopoese bei den Tеча-River-Patienten können zum Beispiel auch die verstärkten Oszillationen der peripheren Blutparameter betrachtet werden - ein "Ausreißen" der gemessenen Werte sowohl über, als auch unter dem Referenzbereich (besonders für die Thrombozyten) (s. **Abbildungen 7-14** im Kapitel "Ergebnisse"). Aus den biomathematischen Simulationen mit hämatologischen Daten aus Experimenten mit chronisch bestrahlten Ratten ist ersichtlich, daß es mit der Erhöhung der täglichen Strahlenpegeln (und somit Reduzierung des Stammzellenspeichers) zu verstärktem "Ausschlagen" der peripheren Blutzellzahlen kommt, die über die physiologischen Schwankungen hinausgehen (35,101).

Als typisch für den Einfluß der chronischen Strahlenexposition auf die Blutzellbildung können in diesem Zusammenhang auch die zytologischen Atypien im Knochenmark der Betroffenen ausgemacht werden. Diese Veränderungen beweisen eine besondere Beanspruchung der Hämatopoese und stehen in Übereinstimmung mit der Annahme, daß durch den zusätzlichen Zellverlust bei Dauerbestrahlung das System an die Grenzen seines Regenerationspotentials kommt - die mitosebedingten Anomalien sind in diesem Fall ein Ausdruck ineffektiver Proliferation und als biologische Indikatoren der Strahlenwirkung zu werten.

Solche Indikatoren stehen immer im Vordergrund diagnostischer und therapeutischer Optionen, insbesondere da sie zuverlässig den tatsächlichen Zustand der jeweiligen Körpersysteme vermitteln - im Unterschied zu Dosischätzungen, die prinzipiell mit Ungenauigkeit behaftet sind. Dies kann mit der Grund sein warum für die von uns untersuchten 80 Tetsch-River-Bewohner keine Unterschiede in der Entwicklung der hämatologischen Parameter zwischen den (von den russischen Partnern vorgegebenen) 4 Dosis-kategorien ausgemacht werden konnten. So gab es Leuko- und/oder Thrombopenien, sowie Linksverschiebungen von vergleichbarer moderater Ausprägung im peripheren Blut von Patienten in allen 4 Dosisgruppen.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß im Falle der von uns untersuchten 80 Tetsch-River-Bewohner, Befunde von zytologischen Knochenmarksatypien, sowie Linksverschiebung und verminderte Zellzahlen im peripheren Blut zeigen, daß die Hämatopoese der Betroffenen beansprucht wurde, aber in der Lage war, im Verlauf mehrerer Jahre die Strahlenbelastung zu kompensieren. Insbesondere was die mitosebedingten Anomalien in Knochenmarkszellen angeht, sind diese seit Auswertungen von Präparaten der Strahlenunfallopfer in Oak Ridge (1958) als typisch (allerdings nicht spezifisch) bei einer Strahlenbelastung anzusehen (32). Bei den untersuchten Tetsch-River-Patienten gab es keinen Anhalt für andere potentielle Ursachen einer ineffektiven Hämatopoese wie Vitamin-B₁₂-Mangel oder Zytostatika-Einnahme.

Neoplasien

Aufgrund der Ergebnisse der Hunde-Versuche des Argonne National Laboratory ist anzunehmen, daß es unter kontinuierlicher Einwirkung ionisierender Strahlung im Niedrigdosisbereich zu verstärkter tumorbedingter Lebenszeitverkürzung kommen kann - also bei Dosispegel, die insoweit "toleriert" werden, daß sie nicht zum Zusammenbruch der Blutzellbildung führen. Mehr als die Hälfte der Tiere, die zwischen 3 und 18.8 mSv/d exponiert wurden verstarben im Zeitraum zwischen 5.5 und 12 Jahren an nicht näher spezifizierten malignen Neoplasien (41,42).

Was die Tеча-River-Patienten, sowie die "Wismut"- und "Mayak"-Arbeiter betrifft, sind diese Populationsgruppen anhand der täglichen Strahlendosen in den Jahren der höchsten Exposition als vergleichbar eingeschätzt (26,105). Allerdings nahmen die Beschäftigten des Bergbauunternehmens und des Atomwaffenproduktionskomplexes Plutonium-Isotope durch Inhalation auf - waren somit einer selektiv hohen Strahlendosis im Bronchialepithel ausgesetzt. Die in diesem Falle "zu erwartenden" signifikant hohen Mortalitäts- und Morbiditätsraten an Karzinomen der Atemwege sind durch epidemiologische Erhebungen in beiden Kohorten nachgewiesen (26,61,105).

Eine solche Expositionssituation ist bei den Tеча-River-Bewohnern nicht vorhanden. Sie wurden einer äußeren Strahlenbelastung durch ein γ -Strahlenfeld ausgesetzt, welches sich nach 1956 aufgrund der Einstellung jeglicher Ableitung radioaktiver Abfälle in den Fluß allmählich abschwächte. Außerdem nahmen sie durch Ingestion β - und γ -emittierende Radionuklide auf (langlebige ^{137}Cs und ^{90}Sr), die über Jahrzehnte Quelle einer internen Bestrahlung wurden (71,2,23).

Der Anteil der Aktivität, der über den Gastrointestinaltrakt ins Blut übergang lagerte sich im Falle des radioaktiven Strontiums selektiv in der Knochensubstanz ab und verblieb dort wegen seines sehr langsamen metabolischen Austausches praktisch lebenslang (71,67). Das Cäsium dagegen verteilte sich im Gesamtkörper. Strahleninduzierte Schädigungen in Form von Neoplasien wären daher bevorzugt an den ossären Strukturen und das (in seiner unmittelbaren Nähe befindliche)

strahlenempfindliche blutzellbildende rote Knochenmark denkbar. Nicht auszuschließen sind aber auch Tumorerkrankungen in anderen Organen.

Was die Leukämierate bei den Tetscha-River-Bewohner betrifft, so gibt es in russischen Literaturquellen Hinweise über gehäuftes Auftreten von AML und CML 5-20 Jahre nach Beendigung der Höchstexposition. Bei den Betroffenen soll es sich bevorzugt um Personen handeln, die innerhalb der ersten 150 km von „Mayak“ entfernt gewohnt haben (76,3). Außerdem soll es zu erhöhter Morbidität und Mortalität von soliden Tumoren (Uterus, Ösophagus, Colon, Rektum) gekommen sein (2). Letztere Angaben müssen noch im Rahmen kontrollierter epidemiologischer Studien überprüft werden. Dabei wird das Problem sein, eine geeignete Kontrollpopulation zu finden, zudem fehlen in den meisten Fällen hinreichend ausführliche Sektionsbefunde.

Innerhalb der von uns untersuchten Gruppe von 80 Tetscha-River-Bewohner, kam es zu der klinischen Manifestation einer Leukämie bei 3 Patienten innerhalb des Zeitraums 1954–1956. An dieser Krankheit verstarben in der Folgezeit (1961, 1966 und 1987) weitere 3 Betroffene (s. **Tabelle 10** im Kapitel 3.2.2.). Unter diesen insgesamt 6 Patienten befinden sich zwei Frauen mit nicht näher definierter „akuter Leukämie“. Es kann aufgrund ihres Alters zum Zeitpunkt der Diagnose nur vermutet werden, daß es sich jeweils um eine ALL (bei der jungen 19-jährigen Patientin Nr. 5007) und um eine AML (bei der 49-jährige Patientin Nr. 142349) gehandelt haben muß.

Außer zu malignen Neoplasien des blutzellbildenden Systems bei den 6 Personen kam es innerhalb unserer Untersuchungsgruppe zu weiteren nicht-hämatologischen Krebserkrankungen bei 15 Patienten. Sie betrafen in verstärktem Maße auch den Verdauungstrakt (Magen-, Ösophagus und Pankreaskarzinom, bei 6 Betroffenen), ebenso die Atemwege (3mal die Lunge und in einem Fall die Larynx) und die Geschlechtsorgane (Mamma, Zervix und Prostata bei insgesamt 4 Probanden). Ein Betroffener verstarb an einem Hirntumor. Nicht vertreten waren Neoplasien des unteren Gastrointestinalsystems, dafür überwiegen die Magenkarzinome (bei 4 Patienten), eine Krebsart, die in den 50er Jahren die offiziellen Statistiken noch vor dem Lungenkarzinom anführt.

Obwohl 26% (n=21) der untersuchten Personen innerhalb unserer Studiengruppe im Verlauf der Zeit einen bösartigen Tumor entwickelten, kann die Aussage über eine erhöhte strahlenbedingte Inzidenz von malignen Erkrankungen innerhalb unserer Studienpopulation nicht gesichert werden. Der Grund dafür ist, daß die Auswahl der Patienten für unsere Pilotstudie durch die russischen Kooperationspartner nach der Maßgabe erfolgte u.a. "interessante" Krankheitsverläufe zu rekrutieren, um einen allgemeinen Überblick über die Entwicklung der Gesundheitssituation von Personen mit dem sogenannten "chronischen Strahlensyndrom" zu bekommen. Es ist nicht auszuschließen, daß es dadurch zu einer bevorzugten Selektion von Tumorpatienten gekommen ist.

Die bösartigen Neubildungen traten bei Betroffenen aller Dosisgruppen in einem Lebensalter auf, daß mit der altersabhängigen Inzidenz der jeweiligen Krebserkrankung in Einklang steht, unabhängig davon ob sie in den Jahren der höchsten Strahlenbelastung (1949–1956) oder danach diagnostiziert wurden. Die meisten der betroffenen Patienten (11 von 21) wiesen zusätzliche Risikofaktoren auf (s. **Tabelle 10**). Das Fehlen entsprechender Angaben für die restlichen 10 Personen schließt allerdings ihr Vorhandensein nicht aus (lückenhafte Informationen).

Andere Organsysteme

Das bei den chronisch strahlenexponierten Personen im Südrural beschriebene Symptom der "Ostealgie" ist vordergründig durch Schmerzen in den Extremitätenknochen (Unterschenkel und Unterarme), vor allem aber Unterschenkel charakterisiert. Seltener sind Wirbelsäule und Sternum betroffen. Eine subjektive Verstärkung erfahren die Betroffenen bei Ruhe und Wärme (z. B. unter der Bettdecke), außerdem auch bei Perkussion (73). In dem Areal der höchsten Schmerzempfindlichkeit können Zeichen einer peripheren Durchblutungsstörung ausgeprägt sein (Akrozyanose, kalte Haut), deren Stärke mit der Intensität der Ostealgie korrelieren (45).

Bis heute ist der pathophysiologische Entstehungsmechanismus dieses Symptoms, nicht bekannt. Fest steht, daß es im Zusammenhang mit der Inkorporation von Radionukliden im Körper (insbesondere von radioaktivem Strontium im Knochen) auftritt, da es bis jetzt nur bei Bewohnern entlang des Flusses Techa beobachtet worden ist, also bei Personen, die im Unterschied zu Betroffenen des Kyshtym- und Karachay-Unfalls, sowie den "Mayak"-Beschäftigten, höheren Aktivitäten von ^{90}Sr ausgesetzt waren (2).

Über "Ostealgie" klagten nahezu die Hälfte ($n=39$) der von uns untersuchten 80 Techa-River-Bewohner im Laufe ihrer "Patientenkarriere". Dabei manifestierten 36 Personen dieses Symptom erstmalig in den 50er Jahre (also zum Zeitpunkt der höchsten Strahlenbelastung), die restlichen 3 Probanden etwas später (am Anfang der 60er Jahre). Betroffen waren Patienten in unterschiedlichem Lebensalter, auch 9 Personen unter 20 Jahren, also in einem sehr jungen Alter.

Als Ursache für die typischen Knochenschmerzen der Techa-River-Patienten kann zum Beispiel eine strahleninduzierte Vaskulitis in den ossären Strukturen vermutet werden. Die Entzündung könnte ihren Ausgang von der Wand der versorgenden Blutgefäße in den Havers-Kanälen nehmen. Diese Kanäle enthalten 1-2 Kapillaren oder postkapilläre Venolen (größere Kanäle auch Arteriolen), sowie marklose und markhaltige Nervenfasern auf einen "engsten Raum" von 20 bis 50 μm Durchmesser (112). Denkbar ist ein Übergreifen von entzündlichen Vorgängen auf

die einzelnen Strukturen in den Haverschen Kanälen, die den Knochen in Längsrichtung durchlaufen und deren Anzahl beträchtlich sein kann - von etwa 500 in der Mitte der Tibia bis etwa 5 000 in der Mitte des Femurschaftes (112).

Zu den klinischen Erscheinungen, die verstärkt von sowjetischen Ärzten bei den chronisch exponierten "Mayak"-Arbeiter beobachtet worden sind gehören "*vegetative Dystonie*" und "*Asthenie*" (45,105). Unter diesen Begriffen sind allgemeine funktionelle Kreislaufbeschwerden und Befindlichkeitsstörungen zusammengefaßt, die sich in Hypotonie, Tachykardie und/oder funktionelle Herzgeräusche äußern können und kein organisches Korrelat haben. Gebräuchliches Synonym in der angelsächsischen Literatur ist "*neurocirculatory asthenia*". Zur Ätiologie und Pathophysiologie läßt sich sagen, daß der gesamte Symptomenkomplex funktioneller Beeinträchtigungen mit einer Regulationsstörung des vegetativen Nervensystems (kontrolliert Kreislauf, sowie Atmung, Stoffwechsel, Endokrinium) in Verbindung gebracht wird. Die klinische Symptomatik ist eher unscharf und kann sowohl mit körperlichen Symptomen (z. B. Herzschmerz oder -brennen), als auch mit Gemütsstörungen (depressive Verstimmungen, Reizbarkeit, Angstzustände, Abgeschlagenheit) einhergehen (113). Letztere wurden in den Krankenakten als "*Asthenie*" vermerkt.

Sowohl die vegetative Dystonie, als auch die Asthenie gehören zu den gesundheitlichen Beeinträchtigungen, die in einer Normalbevölkerung weit verbreitet sind - verschiedene Quellen geben diesbezüglich Zahlen zwischen 10 und 40% an (47,113). Allerdings kam es bei den chronisch strahlenexponierten "Mayak"-Arbeitern zu einer sehr viel höheren Anzahl betroffener Personen, welches sowjetische Strahlenmediziner in den 50er Jahre immerhin veranlaßte, diese Erscheinungen u.a. als Kriterien zur Diagnosestellung "*chronische Strahlenkrankheit*" zu betrachten (45,72). Von den ca. 1 528 "Mayak"-Beschäftigten mit dieser Diagnose sollen in den ersten Jahren der Exposition ca. 80% betroffen gewesen sein (105). Eine Häufung wurde auch bei den Tschernobyl-Bewohnern registriert (2). Die genauen Inzidenzraten sind nicht bekannt.

Bei der Auslösung funktioneller Beschwerden spielen körperliche Belastungen, sowie die Verflechtung psychosozialer und individueller Einflußfaktoren eine Rolle. Bekannt ist außerdem, daß schwere Krankheiten (z. B. Infekte) einer Somatisierung mit Hauptsymptomen Abgeschlagenheit, Müdigkeit, Schwäche, etc. vorausgehen können (47,113). Ähnliche Symptomatik ist auch bei bestrahlten Tumorpatienten bekannt. Anhand der epidemiologischen Daten der chronisch strahlenexponierten Populationen der Tеча-River-Bewohner und vor allem der "Mayak"-Arbeiter (Häufung in den ersten Jahren der Exposition und allmähliche Verminderung im Laufe der Zeit) kann also ein Einfluß der Bestrahlung als zusätzlicher Risikofaktor vermutet werden. Es soll sogar eine Korrelation gegeben haben zwischen der Höhe der Strahlendosis und der Häufigkeit der Dystonie und Asthenie (105). In russischen Quellen wird diesbezüglich eine strahleninduzierte Fehlsteuerung autonomer Regelkreise als pathophysiologischer Entstehungsmechanismus diskutiert (45).

Innerhalb der von uns untersuchten Gruppe von 80 Patienten entwickelte die Mehrzahl (n=66 Betroffene) im Laufe des gesamten Beobachtungszeitraums mindestens einmal eine vegetative Dystonie und/oder Asthenie. Allerdings konnte keine Häufung dieser Diagnosen zu einem bestimmten Zeitpunkt oder Lebensalter verzeichnet werden, ebenso keine Manifestation über eine längere Periode. Es gab außerdem keine Unterschiede in den Erkrankungsraten zwischen den vier Dosisgruppen. Über die genaue Symptomatik in den einzelnen Fällen sind leider keine Angaben verfügbar und somit eine qualitative Vergleichsanalyse über Verbesserung oder Verschlechterung des Zustands der betroffenen Personen nicht möglich. Unabhängig davon kann von einer Häufung (ca. 53%) funktioneller Herz-Kreislauf- und Gemütsstörungen innerhalb der Studiengruppe gesprochen werden, die mit Sicherheit zum "Krankheitsgefühl" geführt haben.

Zur Beeinträchtigung der Lebensqualität bei allen Patienten führten auch rezidivierende *entzündlich-infektiöse Ereignisse* des Gastrointestinaltraktes (Gastritis, Cholezystitis, Kolitis, usw.), des Urogenitalsystems (Zystitis, Pyelonephritis, Vulvovaginitis, Adnexitis, Prostatitis), der Atemwege (Sinusitis, Bronchitis, Pneumonie), sowie Allgemeininfekte wie Brucellose, Parasitosen, Influenza.

Zum Beispiel ergab sich bei den untersuchten 80 Techa-River-Patienten eine Durchseuchungsrate an Brucellose von 32% (n=26 Personen). Die Diagnose wurde bei den jeweiligen Personen mindestens einmal (bei 19 Betroffenen mehrmals) im Verlauf der Beobachtungsperiode gestellt. Die Erkrankung verläuft subakut-rezidivierend und geht mit einem mehr oder minder ausgeprägten Krankheitsgefühl einher - es sind sowohl klinisch stumme als auch schwere Verläufe möglich (65,96). Das wichtigste Erregerreservoir stellen die landwirtschaftlichen Nutztiere dar, wobei die Infektion sowohl durch direkten Kontakt mit dem Tier oder dessen Absonderungen, als auch durch kontaminierte Lebensmittel erfolgt (unpasteurisierte Milch und Milchprodukte) (65). In Anbetracht des Faktes, daß die Erkrankung im Gebiet des Südural endemisch ist (3,74), ist die hohe Anzahl Infizierter innerhalb unserer Studienpopulation nicht ungewöhnlich. Allerdings sind die genauen Inzidenzraten in der Region (also auch bei der nichtexponierten Bevölkerung im Landesinneren) nicht bekannt.

Eine noch größere Anzahl Personen (n=48) innerhalb der untersuchten Gruppe von 80 Patienten entwickelte während der Beobachtungsperiode Urogenitalinfektionen (41 Frauen und 7 Männer), überwiegend waren dabei die Geschlechtsorgane betroffen. Nur 4 Frauen und 4 Männer hatten im Verlauf ihrer „Patientenkarriere“ ausschließlich Harnwegsinfektionen, diese traten dabei vereinzelt oder (unterhalb des 45. Lebensjahres) in mindestens 5-jährigen Abständen voneinander auf. Jenseits des 50. Lebensjahres fanden sich bei betroffenen Personen auch geringere Zeitabstände zwischen wiederholten Infektionsereignissen.

Das Überwiegen des weiblichen Geschlechts bei Patienten mit Urogenitalinfektionen innerhalb unserer Studienpopulation entspricht der Verhältnissverteilung in der Normalbevölkerung und ist vor allem mit den anatomischen Gegebenheiten zu erklären (leichteres Übergreifen pathologischer Keime). Allerdings fand sich innerhalb der untersuchten Gruppe von 44 Frauen nur eine Minderheit von 4 Personen, die nie an einer Urogenitalinfektion erkrankte.

Obwohl bei der ländlichen Bevölkerung des Südural ein schlechter sozioökonomischer Status ohne moderne sanitäre Einrichtungen (84) für die

Häufung von Infektionskrankheiten mit verantwortlich gemacht werden kann, ist doch zu vermuten, daß es bei den Tetsch-River-Patienten zu Störungen der spezifischen und unspezifischen Immunität auch infolge der chronischen Strahlenbelastung gekommen ist. Als Ursache der Exposition wurden bereits die bei den Betroffenen beobachteten Leuko- und Neutropenien angenommen. Gerade bei Verminderung zirkulierender neutrophiler Granulozyten sind zum Beispiel erhöhte Anfälligkeit insbesondere gegenüber Infektionen des Oropharynx, des Respirationstraktes (Tonsillitiden), des Urogenitalsystems und der Haut bekannt (64).

Bei der Mehrzahl der untersuchten 80 Tetsch-River-Patienten kam es außerdem zu leichten *neurologischen Auffälligkeiten* unterschiedlichen Musters, die in den meisten Fällen reversibel waren. Es handelte sich dabei um motorische Ausfälle (asymmetrische Reflexe, Muskelhypotonie), Störungen der Sensibilität (Hyper-, Parästhesien, gestörtes Vibrationsempfinden), der Koordination (Ataxien) und der vegetativen Funktionen (Hyperhidrose), für die meistens keine ätiologische Ursache ausgemacht werden konnte. Es handelt sich aber hierbei um Befunde, die bei Personengruppen in der ehemaligen Sowjet Union, die einer chronischen Strahlenexposition ausgesetzt waren, beschrieben sind (45).

Auffällig für unsere Kohorte von 80 Tetsch-River-Bewohner ist zusätzlich die häufige Manifestation *arteriosklerotisch bedingter Erkrankungen* (KHK und/oder zerebrale Atherosklerose). Laut Krankenaktenaufzeichnungen haben 60 Personen klinische Zeichen aufgrund von Gefäßverkalkungen entwickelt. Eine pathophysiologisch nicht zu erklärende Tendenz zu steigenden Raten von zerebraler Atherosklerose soll bereits bei den "Mayak"-Arbeitern 3 Jahrzehnte nach Strahlenbelastung zu verzeichnen sein. Insbesondere schienen dabei diejenigen Beschäftigten der Plutoniumfabrik betroffen zu sein, die einer externen γ -Strahlung von zum Teil mehr als 1 000 mSv/a (2.7 mSv/d) ausgesetzt waren - also Dosispegel, die mit denen der Tetsch-River-Patienten vergleichbar sind. Ein weiteres typisches Merkmal ist außerdem das frühzeitige Auftreten von zerebraler Atherosklerose bei den Betroffenen in der 4. Lebensdekade (40.-49. Lebensjahr). Die KHK stellt zwar die zweit häufigste Todesursache bei den "Mayak"-Arbeitern dar (nach Krebserkrankungen v. a. der Atemwege), eine erhöhte Inzidenz

gegenüber der Normalbevölkerung kann aber bis jetzt nicht ausgemacht werden (105).

Auch innerhalb der von uns untersuchten Gruppe von strahlenexponierten Personen finden sich Fälle (n=5 Betroffene) von Erstmanifestation zerebraler Atherosklerose zwischen dem 45. und 48. Lebensjahr (s. **Tabelle 14** im Kapitel 3.2.7.). Obwohl für 4 dieser Patienten prädisponierende Faktoren bekannt sind (Hypercholesterinämie, Adipositas, Rauchen, Hypertonie) ist das frühzeitige Auftreten der Erkrankung vor dem 50. Lebensjahr eher ungewöhnlich.

Interpretation des gewonnenen Faktenmaterials über 80 Tetsch-River-Patienten im Rahmen der Pilotstudie

Trotz Entspannungspolitik nach Ende des "Kalten Krieges" ist es leider westlichen Forschern innerhalb eines Jahrzehnts immer noch nicht gelungen einerseits vollständigen Einblick in das Faktenmaterial über alle Umstände des Tetsch-River-Unfalls, sowie dessen Auswirkungen, zu bekommen und, andererseits, ein Teil der vorhandenen Information zu interpretieren.

Die Erfahrungen bei unserer Kooperation mit den russischen Partnern zeigen, daß die Gründe dafür vielfältig sind. Eine wichtige Rolle spielen zum Beispiel die politischen Umstände. Noch immer werden Daten unter Verschluss gehalten und sind nicht der Wissenschaft zugänglich (zum Beispiel die medizinischen Akten der am stärksten exponierten Mitarbeiter der Atomwaffenproduktionsstätte "Mayak"). Hintergrundinformationen bekommt man "inoffiziell" im persönlichen Gespräch.

Des Weiteren sind technische Gründe zu nennen. Viele sowjetische Publikationen sind der Fachwelt unzugänglich, da sie nur in russischer Sprache vorhanden sind und auf Englisch nur eine Zusammenfassung zu bekommen ist. Das hat zur Folge, daß die westlichen Spezialisten ein nicht konsistentes und eingeschränktes Bild über die Forschungsarbeiten ihrer östlichen Kollegen haben. Außerdem existiert über herausgegebene sowjetische Publikationen keine elektronische Datenbank, die eine thematische Suche möglich macht (129).

Aber auch Materialien, die im Westen auf Englisch herausgegeben worden sind, tragen nicht immer zur Erkenntnis bei. Die Gründe hierfür sind einerseits in unterschiedlichen "Krankheitskonzeptionen" zu suchen. So ist für die westliche Medizin der Blickwinkel darauf gerichtet welche Symptome und Krankheiten der Patient entwickelt hat (nosologische Betrachtungsweise). Für östliche Wissenschaftler steht dagegen der kausale Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung im Mittelpunkt der Interpretation ihrer Ergebnisse. Diese ätiologische Betrachtungsweise ist sehr theoretisch orientiert. Im konkreten Fall der Techa-River-Patienten heißt es, daß sie eine "chronische Strahlenkrankheit" haben infolge der Einwirkung ionisierender Strahlen. Die Höhe der Dosis wird dabei als wichtiges Merkmal genannt, neben der Erklärung des Entstehungsmechanismus von möglichen Störungen. Letztere allerdings werden umschrieben (zum Beispiel "leichte", "moderate" oder "schwere" Leukopenie) und nicht konkretisiert (keine Angabe der Konzentration der Blutzellzahlen). Bis heute fehlen somit noch viele Angaben über die tatsächlichen Befunde und Beschwerden der strahlenexponierten Personen, die eine eindeutige Klärung der Sachverhalte ermöglichen würde.

Weitere Ursachen für schwierige Interpretationen von Ergebnissen sind andererseits in der jahrzehntelangen Trennung der medizinischen Wissenschaft in Ost und West zu suchen. Sie hat zu der Entwicklung von unterschiedlichen medizinischen Terminologien und Klassifikationssystemen geführt. Zum Teil haben Diagnosen unterschiedliche Namen in Ost und West. Aus diesem Grund kommt es immer wieder zu Mißverständnissen beim Versuch der Übersetzung von vorhandenem Datenmaterial vom Russischen ins Englische. Der Begriff "vegetative Dystonie" in den Krankenakten von Patienten der ehemaligen Sowjetunion beschreibt zum Beispiel funktionelle Herz-Kreislauf-Beschwerden, "Asthenie" ist ein Zustand, der im Westen mit "schneller Ermüdbarkeit" oder auch "Fatigue" bezeichnet wird.

Innerhalb unserer Zusammenarbeit mit dem URCRM gestaltete sich außerdem die retrospektive Erhebung der medizinischen Informationen an sich als technisch schwer und zeitaufwendig. Es handelt sich um Faktenmaterial über mehrere Jahrzehnte, einzelne Patienten sind zum Teil in mehreren klinischen Einrichtungen

behandelt worden, so daß zunächst die fehlenden Daten beschafft werden mußten. Nach entsprechender Sichtung der Krankenakten kam die Auswahl relevanter Informationen, deren Übersetzung und Eintrag in Fragebogen und Datenbank, parallel wurden Qualitätskontrollen und Ergänzungen durchgeführt. Bei den Bewertungen des Datenmaterials kam es nicht nur zu den oben genannten Interpretationsschwierigkeiten bei spezifischen Termini der sowjetischen Medizin, oder nicht konkretisierten Befunden. Insbesondere bei dem Ausschluß möglicher Einflüsse von Risikofaktoren oder Begleiterkrankungen auf ein gegebenes klinisches Erscheinungsbild fehlte oft entsprechendes Datenmaterial.

Problematisch gestaltet sich außerdem die Interpretation von Diagnosen, die nicht objektiv verifiziert, sondern ausschließlich aufgrund klinischer Zeichen und Symptome gestellt wurden. Dies war zum Beispiel der Fall in der Mehrzahl der dokumentierten degenerativen Knochen- und Gelenkerkrankungen der Tschad-River-Patienten. Für klinische Einrichtungen der westlichen Medizin sind apparative diagnostische Verfahren (Röntgen-Aufnahmen, ergänzend CT oder MRT) unabdingbar zur Einschätzung des Ausmaßes und zur Verlaufsbeobachtung oben genannter oder anderer Erkrankungen des Bewegungsapparates. In russischen Kliniken bleibt betroffenen Patienten diese verlässliche Diagnostik aus wirtschaftlichen Gründen verwehrt. Selbst Röntgen-Untersuchungen werden eher sparsam eingesetzt (83). Für eine definitive Interpretation im Sinne von Progredienz oder Rückgang eines Krankheitsbildes fehlen somit die objektiven Voraussetzungen.

Eine zerebrale Atherosklerose wird in westlichen medizinischen Einrichtungen mit Hilfe zum Beispiel von Arteria carotis-Ultraschall und Angiographie verifiziert. In Rußland müssen zur Diagnosestellung folgende Kriterien erfüllt sein: eingeschränkte Aufmerksamkeit und Kurzzeitgedächtnis (werden mit entsprechenden Tests festgestellt), sowie arteriosklerotischer Augenhintergrund (85).

Schlußfolgerungen aus den vorgelegten Untersuchungen

Wie im Abschnitt 1.3. "Eigene Fragestellungen" dargelegt, war es insbesondere Aufgabe der Arbeit folgende Ziele zu erreichen:

- Die Gesundheitsstörungen von 80 Tschernobyl-River-Patienten in Bezug auf wesentliche Organsysteme und deren Entwicklung als Funktion der Zeit nach Beginn der Strahlenexposition detailliert zu beschreiben. Es sollten mögliche diesbezügliche Unterschiede ausgemacht werden zwischen Befunden und Diagnosen in der Frühphase der Strahlenexposition (1949-1956) und solchen, die zum späteren Zeitpunkt erhoben wurden. Es sollte die Frage beantwortet werden, ob es bei den Betroffenen zu einer vorzeitigen Entwicklung einer Multimorbidität gekommen ist.
- Darauf basierend sollte eine ätiologische Analyse der beschriebenen Befunde durchgeführt werden über die mögliche pathogenetische Bedeutung von bekannten Risikofaktoren, sowie Erkrankungen, die vor Beginn der Strahlenexposition bestanden haben oder sich im Laufe der Zeit entwickelt haben.
- Diese sollten dann mit den der Wissenschaft zur Verfügung stehenden Daten über strahlenbiologische Konsequenzen einer chronischen Belastung verglichen werden, um eine mögliche Strahleninduktion der beobachteten gesundheitlichen Beeinträchtigungen (insbesondere der nicht-neoplastischen Effekte) zu diskutieren.

Mit der vorliegenden Arbeit gelang es, im Rahmen einer Kooperation mit dem Uraler Forschungszentrum für Strahlenmedizin (URCRM), einen detaillierten Einblick zu bekommen in Bezug auf die gesundheitlichen Beeinträchtigungen von Personen, die seit 1949 im Südrural einer chronischen Strahlenexposition ausgesetzt waren. Von den über 900 Personen mit der ursprünglichen Diagnose eines "chronischen Strahlensyndroms" konnten medizinische Informationen von 80 Patienten im Detail und als Funktion der Zeit bis zum Teil vier Jahrzehnte nach Beginn der Strahlenbelastung gesammelt und ausgewertet werden.

Dabei stellte sich die Komplexität der Strahlenexposition dar: es gab Bestrahlung durch externe offene Strahlenquellen mit dem gesamten Radionuklidspektrum, was bei der Aufarbeitung von Uran und Plutonium anfallen kann. Die wichtigsten Radionuklide waren ^{90}Sr und ^{137}Cs . Ein weiterer Expositionspfad war die Inkorporation der Isotope mit Nahrung und Trinkwasser. Daraus ergibt sich, daß jedweder Dosisangabe ein Stück "Beliebigkeit" anhaftet, da die Möglichkeiten fehlen oder nur fragmentarisch erarbeitet wurden, wie man Abschätzungen einer Strahlendosis in diesen Fällen durchführen, analysieren und bewerten soll und zwar insbesondere bei biologischen Vorgängen, die sich über Jahre und Jahrzehnte erstrecken.

Die Sammlung und Aufarbeitung der Patienteninformationen erwies sich als ein weiteres komplexes Problem. Die Krankenakten befinden sich in Rußland und die Kooperationspartner vom URCRM mußten in einem aufwendigen Verfahren die klinischen Beobachtungen, die im Laufe eines Zeitraums von bis zu 40 Jahren gesammelt wurden, sichten und systematisch ordnen. In dieser Zeit wechselten Methoden der Diagnostik (z. B. Bestimmung von Blutparametern aber auch klinische Einheiten). Darüber hinaus zeigten Art und Weise klinische Medizin zu betreiben in den beiden Gesellschaftssystemen (ehemalige UDSSR und Deutschland) erhebliche Unterschiede, so daß in der Kooperation zunächst eine gemeinsame Verständigungsbasis gefunden werden mußte.

Dennoch gelang es einen detaillierten Einblick in das strahlenmedizinische Geschehen zu bekommen. Dabei traten vor allem folgende Schlußfolgerungen in den Vordergrund:

- Der menschliche Organismus ist in der Lage in einem Strahlenfeld wie es sich entlang des Tеча entwickelte und über Jahre hinweg aufrechterhalten wurde jahrelang zu überleben ohne Auftreten von Gesundheitsstörungen wie sie zum Beispiel für akute Strahlenexpositionen charakteristisch sind (Versagen des Knochenmarks, des Gastrointestinal-, des Nervensystems, usw.).
- Dennoch gab es natürlich eine Reihe von Indikatoren, die für Strahlenexpositionen charakteristisch sind (Knochenmarks- und Blutzytologie). Daher gibt es keinen Zweifel, daß die untersuchten Patienten strahlenexponiert waren. Schätzungen liegen im Bereich von 1 bis 5 mSv/d in den ersten 5-10 Jahren nach Beginn der Exposition.

Aufgrund der zu erwartenden Effekte bei chronischer Strahlenexposition war die Betrachtung der hämatologischen Veränderungen im Knochenmark und peripheren Blut, sowie der Entwicklung von Neoplasien, vegetativer Dystonie, Asthenie und Ostealgie von besonderer Bedeutung.

In allen Fällen von Manifestation der genannten Beeinträchtigungen gab es keine "Versagenszustände", die das Überleben nachhaltig beeinflusst hätten, dafür aber Effekte, die zu einer "eingeschränkten Lebensqualität" der Betroffenen führte (z. B. Beeinträchtigungen der Befindlichkeit bei Asthenie). Außerdem kam es häufig zu Infektionskrankheiten, die möglicherweise in Zusammenhang zu sehen sind mit Störungen des hämatopoetischen und Immunsystems, oder auch zu Knochenschmerzen als Folge von möglichen Entzündungen der Blutgefäße im Knochensystem. Schließlich ist auf das Risiko der Entstehung von soliden Tumoren und Leukämien hinzuweisen. Die bisherigen Berichte über das Auftreten von Neoplasien in der Tеча-River-Population weisen auf ein erhöhtes Krebsrisiko der betroffenen Bevölkerung hin.

In diesem Zusammenhang ist die Frage nach den Ursachen einer derartigen "Toleranz" des menschlichen Organismus gegenüber ionisierenden Strahlen von Bedeutung. Es gibt eine Fülle von Hinweisen, auch bei Tierexperimenten, daß die schnell erneuerbaren Zellsysteme (Hämatopoese, Haut, Schleimhäute, Gastrointestinaltrakt, Gonaden) durch ihren Zellumsatz Tag für Tag einen Prozeß von Zellneubildung und Untergang in Milliardenhöhe erleben und somit zur Aufrechterhaltung der Barrieren zwischen dem Inneren des Organismus und seiner Umwelt beitragen. Bei diesen sich rasch umsetzenden Zellsystemen sind die zusätzlichen Zellverluste, die bei chronischer Strahlenexposition auftreten, von Tag zu Tag kompensierbar ohne daß es zu einer nachhaltigen Störung der zellulären Homöostase kommt. Die Integrität des Organismus gegenüber dem Einfluß exogener Noxen (einschließlich ionisierender Strahlen) wird aufrechterhalten. Er ist somit imstande in dem gegenüber der natürlichen Hintergrundstrahlung erhöhten Strahlenfeld zu überleben und sich sogar zu reproduzieren.

Entscheidend ist offenbar, daß die jeweiligen Stammzellenspeicher in der Lage sind letztlich den zusätzlichen Zellverlust durch entsprechende zusätzliche Zellproduktion auszugleichen. Viel schwieriger erscheint dagegen die Frage warum Organsysteme mit sich langsam umsetzenden Zellsystemen und erheblichen Stoffwechsel-Funktionen (Endothel, Niere, Leber, usw.) derartig tolerant sind gegenüber dem über der Norm deutlich erhöhten Strahlenpegel. Diese Toleranz ist zunächst nur in Verbindung zu bringen zu den Reparaturpotentialen dieser Zellsysteme, die offenbar erheblich sind. Gerade dieser Bereich bedarf in der Zukunft weiterer intensiver Forschung insbesondere auch unter Verwendung molekularbiologischer Verfahren zur Erforschung von DNS-Schäden und deren Reparatur.

Aufgrund der Erkenntnisse dieser Arbeit sind folgende zukünftige Ziele und Anwendungen möglich:

- Dank der fachlichen und persönlichen Erfahrungen innerhalb des Pilotprojekts könnte eine mögliche zukünftige epidemiologische Studie über die strahlenexponierte Bevölkerung im Südrural erleichtert und unterstützt werden. Dabei sollte die Krankheitsentwicklung einer größeren Studienpopulation, insbesondere im Vergleich zu einer Kontrollgruppe, analysiert werden mit dem Ziel einer Weiterentwicklung der Forschung über nicht-neoplastische Wirkungen infolge chronischer Strahlenbelastung.
- Im weiteren Verlauf könnte es möglich sein Hypothesen über die pathophysiologischen Mechanismen einer dauerhaften Strahlenbelastung zu generieren, die von dem primären Ereignis der Strahlenexposition mit seinen unmittelbaren Auswirkungen, über Sekundär- und Tertiäreffekte zu tatsächlich beobachteten gesundheitlichen Beeinträchtigungen der Betroffenen führen.
- Darauf basierend können differentialdiagnostische und therapeutische Strategien ausgearbeitet werden, um die medizinische Versorgung von Personen zu optimieren, die einer akzidentellen Strahlenbelastung ausgesetzt waren oder in Zukunft sein werden. Insbesondere können Maßnahmen zur sekundären Prävention von radiologischen Spätfolgen verbessert werden.

Zusammenfassung

Zwischen 1949 und 1967 sind durch mehrere Strahlenunfälle im Südurals über 430 000 Personen in unterschiedlichem Umfang exponiert worden - einer davon ist die sogenannte „Techa-River-Katastrophe“. Sie kam dadurch zustande, daß zwischen 1949 und 1956 die radioaktiven Abfälle der ersten Atomwaffenproduktionsstätte der ehemaligen UdSSR "Mayak" in den Fluß Techa ausgesetzt wurden. Die wichtigsten freigesetzten Isotope waren die langlebigen ^{137}Cs und ^{90}Sr . Durch ihr Aufenthalt im verseuchten Gebiet und der Benutzung des Wassers zum Trinken und im alltäglichen Leben wurden ca. 28 000 Personen, die in den 39 Siedlungen entlang des Flusses wohnten, chronisch strahlenexponiert. Sie erlitten eine sowohl externe (γ -Strahlen), als auch interne (Inkorporation β - und γ -emittierende Radionuklide) Strahlenbelastung, die zum Teil bis in die heutige Zeit anhält. Bei den exponierten Personen sind von sowjetischen Ärzten in den frühen 50er Jahre gesundheitliche Beeinträchtigungen beobachtet worden, die auf die Strahlenbelastung zurückgeführt wurden und mit dem Begriff der "chronischen Strahlensyndroms" (CRS) beschrieben sind. Die wissenschaftlichen Grundlage dieses Krankheitsbildes ist bis heute unklar.

Im Rahmen einer Zusammenarbeit mit dem Uraler Forschungszentrums für Strahlenmedizin (URCRM) in Tscheljabinsk startete 1996 in der Arbeitsgruppe für strahlenmedizinische Forschung an der Universität Ulm ein Projekt zur Erfassung medizinischer Daten von chronisch strahlenexponierten Personen der „Techa-River“-Population. In dieser Arbeit sind Ergebnisse der Analyse der gesundheitlichen Auswirkungen bei 80 Personen im Verlauf der Zeit vorgestellt, die durch die russischen Kooperationspartner aus einer Gruppe von insgesamt 940 Betroffenen mit der Diagnose "CRS" ausgewählt wurden.

Die Toleranz des Menschen gegenüber der Dauereinwirkung ionisierender Strahlung beruht auf der Funktionsfähigkeit des Blutzellerneuerungssystems. Dabei spielt die Dosisrate eine entscheidende Rolle. Bei den untersuchten 80 Techa-River-Bewohner fanden sich hämatologische Veränderungen im Knochenmark (zytologische Atypien) und peripherem Blut (Linksverschiebung, starke Undulationen, Leuko- und Thrombopenien), die mit der chronischen

Exposition als Indikatoren einer „Dyshämatopoese“ kompatibel und mit einem zusätzlichen strahlenindizierten Zellverlust zu begründen sind. Außerdem fanden sich bei mehreren Betroffenen Asthenie, vegetative Dystonie, häufige Infektionskrankheiten, neurologische Abweichungen, verschiedene Neoplasien (einschließlich Leukämien), sowie das für die Tetschka-River-Population charakteristische Symptom der „Ostealgie“ (Knochenschmerzen).

Aus den tierexperimentellen Ergebnissen des Argonne National Laboratory mit kontinuierlich bestrahlten Hunden ist der Wissenschaft die Möglichkeit gegeben Hypothesen aufzustellen über die zu erwartenden Gesundheitsstörungen bei den Bewohnern entlang des Tetschka-River im Südrural. Fest steht, daß diese Menschen seit 1949 jahrelang in einem deutlich stärkeren Strahlenfeld, als das im Westen Europas, gelebt haben und zum Teil noch bis in die heutige Zeit (durch die im Körper verbliebenen Radionuklide) einer gewissen Exposition oberhalb der natürlichen Hintergrundstrahlung ausgesetzt sind. Genauso wie bei den Hunden, die lebenslang mit Dosen exponierten wurden, die niedrig genug waren um nicht ein Zusammenbruch der Hämatopoese ("kritisches" Organ) innerhalb kurzer Zeit herbeizuführen, hat sich der Organismus im Falle der Betroffenen des Tetschka-River-Unfalls an die Dauerwirkung ionisierender Strahlen im Laufe der Jahre angepaßt. Durch Beeinträchtigungen der Befindlichkeit (Asthenie), Knochenschmerzen, häufige Infekte ist allerdings die Lebensqualität eingeschränkt.

Unsere Analysen bilden einen wichtigen Mosaikstein in der Frage der Toleranzbreite des menschlichen Organismus gegenüber chronischer Strahlenexposition. Diese Arbeit kann als Pilotstudie zur Erfassung der Entwicklung von Früh- und Spätschäden nach Dauereinwirkung ionisierender Strahlen beim Menschen betrachtet werden. Darauf basierend können später zuverlässige kontrollierte epidemiologische Studien über die Auswirkungen kontinuierlicher Strahlenbelastung möglich sein. Dazu müssen noch die entsprechenden Rahmenbedingungen geschaffen werden. Ziel ist es einerseits die wissenschaftliche Basis zur Verbesserung der Situation der exponierten Bevölkerung zu schaffen und andererseits Maßnahmen zur Prävention von Strahlenunfallfolgen zu entwickeln.

Literaturverzeichnis

1. Akleyev AV, Lyubchansky ER: Environmental and medical effects of nuclear weapon production in the south Urals, *The Science of the Total Environment* 142, 1-8 (1994)
2. Akleyev AV, Kossenko MM, Silkina LA, Degteva MO, Yachmenyov AA, Akiyama M, Veremeyeva GA, Vozilova AV, Kyojumi S, Kozheurov VP, Vyusjkova OV: Health effects of radiation incidents in the southern Urals, *Stem Cells* 13 (suppl 1), 58-68 (1995)
3. Akleyev AV: Experience with the studies of medical and biological effects of radiation incidents in the south Urals. In: Nagataki S, Yamashita S (Hrsg.): Nagasaki Symposium Radiation and Human Health, Proceedings of the Nagasaki Symposium 19.09.1995, Elsevier, Amsterdam Lausanne, 117-126 (1996)
4. Akleyev AV: (1999, persönliche Mitteilung)
5. Akleyev AV: (1998, unveröffentlichte Befunde des Uraler Forschungszentrum für Strahlenmedizin in Tscheljabinsk, Rußland)
6. Andrews GA: Mexican Co-60 radiation accident, *Isotopes and Radiation Technology* 1, 200-201 (1963)
7. Baranov AE, Guskova AK, Davtian AA, Sevankaev AV, Lloyd DC, Edwards AA, Domracheva EV, Gordeeva AA, Gusev IA, Mikhailova GF, Moiseenko VV: Protracted overexposure to a ^{137}Cs source: II. Clinical sequelae, *Radiation Protection Dosimetry* 81, 91-100 (1999)
8. Bennett BG: Exposures to natural radiation worldwide. In: Wei L, Sugahara T, Tao Z (Hrsg.): High Levels of Natural Radiation 1996. Radiation Dose and Health Effects, Elsevier, Amsterdam Lausanne New York, 15-23 (1997)

9. Bond VP, Fliedner TM, Archambeau JO: Mammalian Radiation Lethality: A Disturbance of Cellular Kinetics, Academic Press, New York London, 1-11 (1965)
10. Bond VP, Fliedner TM, Archambeau JO: Mammalian Radiation Lethality: A Disturbance of Cellular Kinetics, Academic Press, New York London, 12-14 (1965)
11. Bond VP, Fliedner TM, Archambeau JO: Mammalian Radiation Lethality: A Disturbance of Cellular Kinetics, Academic Press, New York London, 15-17 (1965)
12. Bond VP, Fliedner TM, Archambeau JO: Mammalian Radiation Lethality: A Disturbance of Cellular Kinetics, Academic Press, New York London, 61-100 (1965)
13. Bond VP, Fliedner TM, Archambeau JO: Mammalian Radiation Lethality: A Disturbance of Cellular Kinetics, Academic Press, New York London, 101-158 (1965)
14. Bond VP, Fliedner TM, Archambeau JO: Mammalian Radiation Lethality: A Disturbance of Cellular Kinetics, Academic Press, New York London, 159-287 (1965)
15. Brandao-Mello CE, Oliveira AR, Valverde NJ, Farina R, Cordeiro JM: Clinical and hematological aspects of ^{137}Cs : the Goiania radiation accident, *Health Physics* 60, 31-39 (1991)
16. Burkart W: Radioepidemiology in the aftermath of the nuclear program of the former Soviet Union: unique lessons to be learnt, *Radiation and Environmental Biophysics* 35, 65-73 (1996)

17. Chang WP, Chan C-C, Wang J-D: ^{60}Co contamination in recycled steel resulting in elevated civilian radiation doses: causes and challenges, *Health Physics* 73, 465-472 (1997)
18. Chang WP, Hwang B-F, Wang D, Wang J-D: Cytogenetic effect of chronic low-dose, low-dose-rate γ -radiation in residents of irradiated buildings, *Lancet* 350, 330-333 (1997)
19. Chen D, Wei L: Chromosome aberration, cancer mortality and hormetic phenomena among inhabitants in areas of high background radiation in China, *Journal of Radiation Research* (suppl 2), 46-53 (1991)
20. Christensen GC, Romanov GN, Strand P, Salbu B, Malyshev SV, Bergan TD, Oughton D, Drozhko EG, Glagolenko YV, Amundsen I, Rudjord AL, Bjerk TO, Lind I: Radioactive contamination in the environment of the nuclear enterprise "Mayak" PA. Results from the joint Russian-Norwegian field work in 1994, *The Science of the Total Environment* 202, 237-248 (1997).
21. Committee for the Compilation of Materials on Damage Caused by the Atomic Bombs in Hiroshima and Nagasaki: Injury to the human body following exposure to the atomic bomb. In: Committee for the Compilation of Materials on Damage Caused by the Atomic Bombs in Hiroshima and Nagasaki (Hrsg.): Hiroshima and Nagasaki. The physical, medical and social effects of the atomic bombings, Basic Books, New York, 105-116 (1979)
22. Cronkite EP, Fliedner TM: The radiation syndromes. In: Diethelm L, Olsson O, Strnad F, Vieten H, Zuppinger A (Hrsg.): Encyclopedia of Medical Radiology – part 3, 1. Aufl., Springer, Berlin Heidelberg New York, 299-317 (1972)
23. Degteva MO, Kozheurov VP, Vorobiova MI: General approach to dose reconstruction in the population exposed as a result of the release of radioactive wastes into the Techa river, *The Science of the Total Environment* 142, 49-61 (1994)

24. Densow D, Fliedner TM, Arndt D: Übersicht und Kategorisierung von Strahlenunfällen und -katastrophen als Grundlage medizinischer Maßnahmen. In: Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Medizinische Maßnahmen bei Strahlenunfällen, Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 27, Gustav Fischer, Stuttgart Jena New York, 30-50 (1992)
25. Eigenwillig GG: Berufliche Strahlenexposition durch Radon und dessen Folgeprodukte. Konsequenzen für die Anerkennung als Berufskrankheit, *Deutsches Ärzteblatt* 94, 1057-1062 (1997)
26. Enderle GJ, Friedrich K: East German Uranium miners (Wismut) - exposure conditions and health consequences, *Stem Cells* 13 (suppl 1), 78-89 (1995)
27. Faber M: Observations on the Danish thorotrast patients. In: Gössner W, Gerber GB, Hagen U, Luz A (Hrsg.): The Radiology of Radium and Thorotrast, Proceedings of a symposium held at Neuherberg 29.-31.10.1984, Urban und Schwarzenberg, München Wien Baltimore, 140-142 (1986)
28. Feinendegen LE, Loken MK, Booz J, Mühlensiepen H, Sondhaus CA, Bond V: Cellular mechanisms of protection and repair induced by radiation exposure and their consequences for cell system responses, *Stem Cells* 13 (suppl 1), 7-20 (1995)
29. Fliedner TM, Cronkite EP, Bond VP, Andrews G: The mitotic index of human bone marrow in healthy individuals and irradiated human beings, *Acta Haematologica* 22, 65-78 (1959)
30. Fliedner TM: Zur Hämatologie des akuten Strahlensyndroms, *Strahlentherapie* 112, 543-560 (1960)

31. Fliedner TM, Cronkite EP, Bond VP, Andrews G: Mitotic activity and cytology of human bone marrow after accidental exposure to ionizing radiation. In: Neumark E, Bernard J, Discombe G (Hrsg.): European Society of Haematology, Proceedings of the 7th congress of the European Society of Haematology, London 1959, part II, Karger, Basel New York, 458-467 (1960)
32. Fliedner TM, Andrews G, Cronkite EP, Bond VP: Early and late cytologic effects of whole body irradiation on human marrow, *Blood* 23, 471-487 (1964)
33. Fliedner TM, Steinbach KH, Hoelzer D: Adaptation to environmental changes: the role of cell renewal systems. In: Finckh, ES (Hrsg.): The Effects of Environment on Cells and Tissues, Proceedings of the IX. World Congress of Anatomic and Clinical Pathology, Sydney, Excerpta Medica, Amsterdam Oxford, 20-38 (1976)
34. Fliedner TM, Steinbach KH, Raffler H: Zellbiologische Grundlagen des Lebens eines Organismus im Strahlenfeld, *Atomwirtschaft – Atomtechnik* 21, 292-297 (1976)
35. Fliedner TM, Steinbach KH, Raffler H: Erholungsvorgänge im Stammzellenbereich des Knochenmarkes nach Strahleneinwirkung. In: Messerschmidt O, Möhrle G, Zimmer R (Hrsg.): Strahlenschutz in Forschung und Praxis, Band 18, Georg Thieme, Stuttgart, 4-20 (1977)
36. Fliedner TM, Nothdurft W, Tibken B, Hofer E, Weiss M, Kindler H: Haemopoietic cell renewal in radiation fields, *Advances in Space Research* 14, 541-554 (1994)
37. Fliedner TM: Der Strahlenunfall in Estland. In: Reiners Chr, Messerschmidt, O (Hrsg.): Die neue Richtlinie physikalische Strahlenschutzkontrolle. Der begrenzte Strahlenunfall. Die Strahlenexposition bei neuen diagnostischen Verfahren, Strahlenschutz in Forschung und Praxis, Band 38, Gustav Fischer, Stuttgart Jena Lübeck, 94-98 (1996)

38. Fliedner TM, Tibken B, Hofer EP, Paul W: Stem cell responses after radiation exposure: a key to the evaluation and prediction of its effects, *Health Physics* 70, 787-797 (1996)
39. Fliedner TM, Friesecke I: Die Wirkungsanalyse einer außergewöhnlichen Strahlenbelastung als Herausforderung für den ermächtigten Arzt. In: Hering KG, Reiners Chr, Messerschmidt O (Hrsg.): Aktuelle Fragen zu Strahlenschutzregelungen und individueller Strahlenempfindlichkeit, Strahlenschutz in Forschung und Praxis, Band 40, Gustav Fischer, Stuttgart Jena Lübeck, 123-137 (1998)
40. Fliedner TM, Friesecke I, Beyrer K: Medical Management of Radiation Accidents. Manual on the Acute Radiation Syndrome, Veröffentlichung des British Institute of Radiology, 13-55 (2001)
41. Fritz TE, Tolle DV, Doyle DE, Seed TM, Cullen SM: Hematologic responses of beagles exposed continuously to low doses of ^{60}Co γ -radiation. In: Baum SJ, Ledney CD, Thierfelder S (Hrsg.): Experimental Hematology Today, Karger, New York, 229-240 (1982)
42. Fritz TE, Seed TM, Tolle DV, Lombard LS: Late effects of protracted whole body irradiation of beagles by Cobalt-60 gamma rays. In: Thompson RC, Mahaffey JH (Hrsg.): Life-Span Radiation Effects Studies in Animals: What Can They Tell Us?, US DOE Technical Information Center, Oak Ridge, 116-141 (1986)
43. Gopal-Ayencar AR, Sundaram K, Mistry KB, Sunta CM, Nambi KSV, Kathuria S P, Basu AS, David M: Evaluation of the long-term effects of high background radiation on selected population groups on the Kerala coast. In: International Atomic Energy Agency (Hrsg.): Peaceful Uses of Atomic Energy, Proceedings of the 4th international conference on the peaceful uses of atomic energy in Geneva, 6.-16.9.1971, IAEA, Vienna, 31-51 (1972)

44. Griebel J, Kellerer AM, Lengfelder E, Schmid E: Grundlagen der Strahlenbiologie. In: Lissner J, Fink U (Hrsg.): Radiologie I, 4 Aufl., Ferdinand Enke, Stuttgart, 31-50 (1992)
45. Guskova AK, Baysogolov GD: Luchevaya bolezn cheloveka, Meditsina, Moskau, 153-220 (1971)
46. Guskova AK, Baranov AE, Barabanova AW, Gruzdev GP, Piatkin EK, Nadeschina NM, Metljaeva NA, Selidowkin GD, Gusev IA, Moseyev AA, Dorofieva EM, Sykova IE, Kotschalovskij MW: Akute Strahleneffekte bei den Opfern der Havarie in dem Atomkraftwerk Tschernobyl, *Meditsinskaia Radiologia* 32, 3-18 (1987)
47. Herrmann Chr, Rüger U: Funktionelle Herzbeschwerden, *Deutsches Ärzteblatt* 3, 111-115 (1999)
48. Herrmann Th.: Klinische Strahlenbiologie, 2 Aufl., VEB Gustav Fischer, Jena, 11-19 (1990)
49. Herrmann Th.: Klinische Strahlenbiologie, 2 Aufl., VEB Gustav Fischer, Jena, 24-30 (1990)
50. Herrmann Th.: Klinische Strahlenbiologie, 2 Aufl., VEB Gustav Fischer, Jena, 31-44 (1990)
51. Herrmann Th.: Klinische Strahlenbiologie, 2 Aufl., VEB Gustav Fischer, Jena, 55-60 (1990)
52. Herrmann Th.: Klinische Strahlenbiologie, 2 Aufl., VEB Gustav Fischer, Jena, 82-111 (1990)

53. Hopewell JW, Calvo W, Reinhold HS, Yeung TK: The role of vascular lesions in the development of late radiation-induced damage to the CNS. In: Riklis E (Hrsg.): *Frontiers in Radiation Biology, Proceedings of the 21st annual meeting of the European Society für Radiation Biology*, Tel Aviv 1988, 393-398 (1988)
54. Huang S, Wang G, Zuo C, Cao H: A case of myelodysplastic syndrome developed after protracted irradiation, *Chinese Journal of Radiation Medicine and Protection* 8, 274-275 (1988)
55. International Atomic Energy Agency: *Dosimetric and Medical Aspects of the Radiological Accident in Goiania in 1987*, IAEA, Vienna, 1-7 (1998)
56. International Atomic Energy Agency: *The Radiological Accident in Tammiku*, IAEA, Vienna, 25-39 (1998)
57. International Atomic Energy Agency: *Report on the Preliminary Fact Finding Mission Following the Accident at the Nuclear Fuel Processing Facility in Tokaimura, Japan*, IAEA, Vienna, 11-12 (1999)
58. International Atomic Energy Agency: *The Radiological Accident in Lilo*, IAEA, Vienna, 11-76 (2000)
59. *International Classification of Diseases, ICD 9th Revision, Vol.1, Practice Management Information Corporation (PMIC)*, Los Angeles, 23-452 (1996)
60. International Commission on Radiological Protection: *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP 60*, Pergamon, Oxford, 44-46 (1990)

61. Jacobi W, Roth P: Risiko und Verursachungswahrscheinlichkeit von extrapulmonalen Krebserkrankungen durch die berufliche Strahlenexposition von Beschäftigten der Wismut AG. In: Institut für Strahlenschutz der Berufsgenossenschaft Feinmechanik und Elektrotechnik und der Berufsgenossenschaft Chemie (Hrsg.): Forschungsbericht des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Veröffentlichung des Instituts für Strahlenschutz, Oberschleißheim, 1-65 (1995)
62. Jammet H, Gongora R, Pouillard P, Le Go, R, Parmentier N: The 1978 Algerian accident: four cases of protracted whole-body irradiation. In: Hübner KF, Fry SA (Hrsg.): The Medical Basis for Radiation Accident Preparedness, Elsevier, North Holland, 113-129 (1980)
63. Kaick G, Muth H, Kaul A, Wesch H, Immich H, Liebermann D, Lorenz D, Lorenz WJ, Lührs H, Scheer KE, Wagner G, Wegener K: Report on the German Thorotrast study. In: Gössner W, Gerber GB, Hagen U, Luz A (Hrsg.): The Radiology of Radium and Thorotrast, Proceedings of a symposium held at Neuherberg 29.-31.10.1984, Urban und Schwarzenberg, München Wien Baltimore, 114-118 (1986)
64. Kayser FH: Gast-Wirt-Beziehungen. In: Kayser FH, Bienz KA, Eckert J, Lindemann J. (Hrsg.): Medizinische Mikrobiologie, Immunologie, Bakteriologie, Mykologie, Virologie, Parasitologie, 7 Aufl., Georg Thieme, Stuttgart New York, 7-18 (1989)
65. Kayser FH: Brucella. In: Kayser FH, Bienz KA, Eckert J, Lindemann J. (Hrsg.): Medizinische Mikrobiologie, Immunologie, Bakteriologie, Mykologie, Virologie, Parasitologie, 7 Aufl., Georg Thieme, Stuttgart New York, 214-216 (1989)

-
66. Kesavan PC: Indian research on high levels of natural radiation: pertinent observations for further studies. In: Wei L, Sugahara T, Tao Z (Hrsg.): High Levels of Natural Radiation 1996. Radiation Dose and Health Effects, Elsevier, Amsterdam Lausanne New York, 111-117 (1997)
 67. König K: In-vivo-Messung von Strontium-90 und Dosisabschätzung. In: Burkart W. (Hrsg.): Erste deutsche Aktivitäten zur Validierung der radiologischen Lage im Südurals, Veröffentlichung des Bundesamtes für Strahlenschutz, Neuherberg, 25-40 (1994)
 68. König K, Mundigl S, Winkelmann I, Hornung L, Burkart W: First attempts at validation of radiation exposure of the population along the Techa river, southern Urals, *World Health Statistics Quarterly* 49, 52-57 (1996)
 69. Kossenko MM, Akleyev AA, Degteva MO, Kozheurov, VP, Degtyaryova RG: Analysis of Chronic Radiation Sickness Cases in the Population of the Southern Urals, Armed Forces Radiobiology Research Institute Contract Report, Bethesda, Maryland, 3-6 (1994)
 70. Kossenko MM, Akleyev AA, Degteva MO, Kozheurov, VP, Degtyaryova RG: Analysis of Chronic Radiation Sickness Cases in the Population of the Southern Urals, Armed Forces Radiobiology Research Institute Contract Report, Bethesda, Maryland, 7-10 (1994)
 71. Kossenko MM, Akleyev AA, Degteva MO, Kozheurov, VP, Degtyaryova RG: Analysis of Chronic Radiation Sickness Cases in the Population of the Southern Urals, Armed Forces Radiobiology Research Institute Contract Report, Bethesda, Maryland, 11-19 (1994)
 72. Kossenko MM, Akleyev AA, Degteva MO, Kozheurov, VP, Degtyaryova RG: Analysis of Chronic Radiation Sickness Cases in the Population of the Southern Urals, Armed Forces Radiobiology Research Institute Contract Report, Bethesda, Maryland, 21-28 (1994)

73. Kossenko MM, Akleyev AA, Degteva MO, Kozheurov, VP, Degtyaryova RG: Analysis of Chronic Radiation Sickness Cases in the Population of the Southern Urals, Armed Forces Radiobiology Research Institute Contract Report, Bethesda, Maryland, 43-66 (1994)
74. Kossenko MM, Akleyev AA, Degteva MO, Kozheurov, VP, Degtyaryova RG: Analysis of Chronic Radiation Sickness Cases in the Population of the Southern Urals, Armed Forces Radiobiology Research Institute Contract Report, Bethesda, Maryland, 69-76 (1994)
75. Kossenko MM, Akleyev AA, Degteva MO, Kozheurov, VP, Degtyaryova RG: Analysis of Chronic Radiation Sickness Cases in the Population of the Southern Urals, Armed Forces Radiobiology Research Institute Contract Report, Bethesda, Maryland, 77-81 (1994)
76. Kossenko MM: Cancer mortality among Techa river residents and their offspring, *Health Physics* 71, 77-82 (1996)
77. Kossenko MM, Degteva MO, Vyushkova OV, Preston DL, Mabuchi K, Kozheurov VP: Issues in the comparison of risk estimates for the population in the Techa river region and atomic bomb survivors; *Radiation Research* 148, 54-56 (1997)
78. Kossenko MM, Nikolayenko LA, Yepifanova SB, Ostroumova YV: Chronic Radiation Sickness Among Techa Riverside Residents, Armed Forces Radiobiology Research Institute Contract Report, Bethesda, Maryland, 5-10 (1998)
79. Kossenko MM, Nikolayenko LA, Yepifanova SB, Ostroumova YV: Chronic Radiation Sickness Among Techa Riverside Residents, Armed Forces Radiobiology Research Institute Contract Report, Bethesda, Maryland, 11-17 (1998)

80. Kossenko MM: (1998, persönliche Mitteilung)
81. Kossenko MM: (1999a, persönliche Mitteilung)
82. Kossenko MM: (1999b, persönliche Mitteilung)
83. Kossenko MM: (1999c, persönliche Mitteilung)
84. Kossenko MM: (1999d, persönliche Mitteilung)
85. Kossenko MM: (2000, persönliche Mitteilung)
86. Kreienbrock L, Schach S: Epidemiologische Methoden. In: Lorenz R, Vollmar J (Hrsg.): Biometrie, 2. Aufl., Gustav Fischer, Stuttgart Jena Lüneburg, 62-76 (1997)
87. Kreisheimer M, Koshurnikova NA, Nekolla E, Khokhryakov VF, Romanow SA, Sokolnikov ME, Shilnikova NS, Okatenko PV, Kellerer AM: Lung cancer mortality among nuclear workers of the Mayak facilities in the former Soviet Union, *Radiation Research* 154, 3-11 (2000)
88. Krieger H: Strahlenphysik, Dosimetrie und Strahlenschutz, Grundlagen. Band 1, Teubner, Stuttgart, 28-38 (1998)
89. Krieger H: Strahlenphysik, Dosimetrie und Strahlenschutz, Grundlagen. Band 1, Teubner, Stuttgart, 245-249 (1998)
90. Krieger H: Strahlenphysik, Dosimetrie und Strahlenschutz, Grundlagen. Band 1, Teubner, Stuttgart, 250-258 (1998)
91. Krieger H: Strahlenphysik, Dosimetrie und Strahlenschutz, Grundlagen. Band 1, Teubner, Stuttgart, 303-320 (1998)

92. Kumatori T: Clinical aspects of the effects of ionizing radiation. In: Finckh, ES (Hrsg.): *The Effects of Environment on Cells and Tissues*, Excerpta Medica, Amsterdam Oxford, 20-38 (1976)
93. Lamerton LF, Pontifex AH, Blackett NM, Adams K: Effects of protracted irradiation on the blood-forming organs of the rat. Part I: Continuous exposure, *British Journal of Radiology* 33, 287-301 (1960)
94. Langendorff H, Langendorff M: Die Fertilität der Maus nach fraktionierter und protrahierter Bestrahlung während der Gestation, *Strahlentherapie* 136, 220-228 (1968)
95. Lehmann F, Hambeck L, Linkert K-H, Lutze H, Meyer H, Reiber H, Reinisch A, Renner H-J, Seifert T, Wolf F: Zusammenfassung. In: Bergbau-Berufsgenossenschaft, Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (Hrsg.): *Belastung durch ionisierende Strahlung im Uranerzbergbau der ehemaligen DDR. Abschlußbericht zu einem Forschungsvorhaben*, DCM – Druck Center Meckenheim, 187-201 (1998)
96. Madkour MM: Brucellosis. In: Fauci AS, Braunwald EB, Isselbacher KJ, Wilson JD, Martin JB, Kasper DL, Hauser SL, Longo DL (Hrsg.): *Harrison's Principles of Internal Medicine*, McGraw-Hill Company, New York St. Louis San Francisco, 969-971 (1998)
97. Martinez RG, Cassab GH, Ganem GG, Guttman EK, Lieberman ML, Vater LB, Linares MM, Rodriguez HM: Observaciones sobre la exposicion accidental de una familia a una fuente de Cobalto 60, *Revista Medica* (suppl 1), 5-60 (1966)
98. Martland HS, Conlon P, Knef JP: Some unrecognized dangers in the use and handling of radioactive substances: with special reference to the storage of insoluble products of Radium and Mesothorium in the reticulo-endothelial system, *The Journal of the American Medical Association* 85, 1769- 1776 (1925)

-
99. Martland HS: The occurrence of malignancy in radioactive persons. A general review of data gathered in the study of the Radium dial painters, with special reference to the occurrence of osteogenic sarcoma and the inter-relationship of certain blood diseases, *The American Journal of Cancer* 15, 2435-2516 (1931)
100. Mori T, Kumatori T, Hatakeyama S, Kamiyama R, Mori W, Irie H, Maruyama T, Iwata S: Present status of medical study on Thorotrast-administered patients in Japan. In: Gössner W, Gerber GB, Hagen U, Luz A (Hrsg.): *The Radiology of Radium and Thorotrast, Proceedings of a symposium held at Neuherberg 29.-31.10.1984*, Urban und Schwarzenberg, München Wien Baltimore, 123-135 (1986)
101. Morley A, King-Smith EA, Stohlman F: The oscillatory nature of hemopoiesis. In: Stohlman F (Hrsg.): *Symposium on Hemopoietic Cellular Proliferation*, Boston, Massachusetts, 5.-6.11.1969, Grune and Stratton, New York London, 3-14 (1969)
102. Nothdurft W: Bone Marrow. In: Scherer E, Streffer C, Trott K (Hrsg.): *Medical Radiology, Radiopathology of Organs and Tissues*, Springer, Heidelberg, 113-169 (1991)
103. Nothdurft W, Fliedner TM, Fritz TE, Seed TM: Response of hematopoiesis in dogs to continuous low dose rate total body irradiation, *Stem Cells* 13 (suppl 1), 261-267 (1995)
104. Nothdurft W, Fliedner TM: Blutzellveränderungen als Indikatoren von Ganz- und Teilkörperbestrahlungen und Leitgröße für therapeutische Maßnahmen. In: Hering KG, Reiners C, Messerschmidt O (Hrsg.): *Aktuelle Fragen zu Strahlenschutzregelungen und individueller Strahlenempfindlichkeit*, Gustav Fischer, Stuttgart Jena Lübeck, 139-159 (1998)

105. Okladnikova ND, Pesternikova VS, Sumina MV, Doshchenko VN: Occupational diseases from radiation exposure at the first nuclear plant in the USSR, *The Science of the Total Environment* 142, 9-17 (1994)
106. Oliveira AR, Hunt JG, Valverde NJL, Brandao-Mello CE, Farina R: Medical and related aspects of the Goiania accident: an overview, *Health Physics* 60, 17-24 (1991)
107. Popitz RK, Penchev VD: Zhivot s radiatsia, Narodna Prosveta, Sofia, 5-6 (1989)
108. Ramalho AT, Curado MP, Natarajan AT: Lifespan of human lymphocytes estimated during a six year cytogenetic follow-up of individuals accidentally exposed in the 1987 radiological accident in Brazil, *Mutation Research* 331, 47-54 (1995)
109. Seed TM, Meyers SM: Chronic radiation-induced alteration in hematopoietic repair during preclinical phases of aplastic anemia and myeloproliferative disease: assessing unscheduled DNA synthesis responses, *Cancer Research* 53, 4518-4527 (1993)
110. Seligman PJ: The U.S.-Russian radiation health effects research program in the southern Urals, *Health Physics* 79, 3-8 (2000)
111. Tibken B, Hofer E: A biomathematical model of granulocytopoiesis for estimation of stem cell numbers, *Stem Cells* 13 (suppl 1), 283-289 (1995)
112. Tillmann B: Binde- und Stützgewebe des Bewegungsapparates. In: Leonhardt H, Tillmann B, Töndury G, Zilles K (Hrsg.): Anatomie des Menschen. Lehrbuch und Atlas, Band 1, Bewegungsapparat, 2. Aufl., Georg Thieme, Stuttgart New York, 40-41 (1998)
113. Tölle R: Funktionelle Beschwerden – Somatisierungsstörungen, *Deutsches Ärzteblatt* 3, 108-110 (1999)

114. Tolstykh I, Kozheurov VP, Vyushkova OV, Degteva MO: Analysis of Strontium metabolism in humans on the basis of the Techa river data, *Radiation and Environmental Biophysics* 36, 25-29 (1997)
115. Tomonaga M, Nonaka H, Matsuo T: Atomic bomb irradiation and human leukemias. In: Nagataki S, Yamashita S (Hrsg): Nagasaki Symposium Radiation and Human Health, Proceedings of the Nagasaki Symposium 19.09.1995, Elsevier Amsterdam Lausanne, 197-215 (1996)
116. UNSCEAR: Sources, effects and risks of ionizing radiation, United Nations, New York, 466 (1988)
117. UNSCEAR: Sources and effects of ionizing radiation, United Nations, New York, 100 (1993)
118. UNSCEAR: Sources and effects of ionizing radiation, United Nations, New York, 103-104 (1993)
119. UNSCEAR: Sources and effects of ionizing radiation, United Nations, New York, 115-116 (1993)
120. Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV), Stand 01.10.1996. In: Veith H-M (Hrsg.): Strahlenschutzverordnung, 5. Aufl., Bundesanzeiger, Köln, 114 (1996)
121. Volkmer M: Radioaktivität und Strahlenschutz. Veröffentlichung des Informationskreises Kernenergie, Hamburg, 28-29 (1999)
122. Volkmer M: Radioaktivität und Strahlenschutz. Veröffentlichung des Informationskreises Kernenergie, Hamburg, 62-64 (1999)

-
123. Volkmer M: Basiswissen zum Thema Kernenergie. Die wichtigsten Erkenntnisse aus Kernphysik und Kerntechnik. Veröffentlichung des Informationskreises Kernenergie, Hamburg, 28-30 (1999)
124. Wang G, Mong S, Huang S, Chen Z, Cheng X, Ye G, Yu C, Zhang S: Medical observation of a case of subacute radiation sickness transformed into acute myelogeneous leukemia, *Chinese Journal of Radiation Medicine and Protection* 16, 49-50 (1996)
125. Weiss M, Kossenko MM, Fliedner TM: Questionnaire for the clinical, laboratory and functional follow-up of persons chronically exposed to radiation (Publikation in Vorbereitung)
126. Winkelmann I, Gesewsky P, Buchröder H, Thomas M: Radioaktivitätsmessungen im Südur. In: Burkart W. (Hrsg.): Erste deutsche Aktivitäten zur Validierung der radiologischen Lage im Südur. Veröffentlichung des Bundesamtes für Strahlenschutz, Neuherberg, 2-10 (1994)
127. Wong FL, Yamada M, Sasaki H, Kodama K, Akiba S, Shimaoka K, Hosoda Y: Noncancer disease incidence in the atomic bomb survivors: 1958-1986, *Radiation Research* 135, 418-430 (1993)
128. Yamamoto O, Seyama T, Itoh H, Fujimoto N: Oral administration of tritiated water (HTO) in mouse. III: Low dose-rate irradiation and threshold dose-rate for radiation risk, *International Journal of Radiation Biology* 73, 535-541 (1998)
129. Yevelson II, Abdelgani A, Cwikel J, Yevelson IS: Bridging the gap in mental health approaches between east and west: the psychosocial consequences of radiation exposure, *Environmental Health Perspectives* 105 (suppl 6), 1551-1556 (1997)

Anhang

Inhaltsverzeichnis

1. Table of Contents of "Questionnaire for the Clinical, Laboratory and Functional Follow-up of Persons Chronically Exposed to Radiation
2. Schemata der Morbiditätsentwicklung (seit 1959) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für 80 Tetschka-River-Patienten

Questionnaire for the Clinical, Laboratory and Functional Follow-up of Persons
Chronically Exposed to Radiation

Table of Contents

Date of Report, Investigator Information, Patient Data	2
Part A	
1. Accident and Radiation Exposure Data	3
1.1. General Data	3
1.2. Type of Radiation Source	3
1.3. Description of Site of Principal Exposure	3
1.3.1. Site of Radiation Exposure	3
1.3.2. Time of Residence in this Place	3
1.3.3. Living Conditions in the Contaminated Area	3
1.4. Evaluation of Radiation Exposure	4
1.4.1. Evaluation of External Exposure	4
1.4.2. Evaluation of Internal Exposure	5
1.4.3. Evaluation of Internal Exposure: Whole Body Counter	5
1.5. Estimation of Cumulative Doses	6
1.5.1. Estimation of External Dose	6
1.5.2. Estimation of Internal Dose	6
1.5.3. Estimation of Total Organ Dose (Internal and External Exposure)	7
1.6. Subsequent Radiation Exposure	8
1.7. Exposure to Chemicals	8
2. Clinical Status Before Accident	9
3. Living Conditions	10
3.1. Occupational Activities	10
3.2. Living Situation	10
3.3. Habits	11
3.4. Males	12
3.5. Females	12
3.6. Offspring	12
4. Family Case History	13
5. Functional Status	15
5.1. Education	15
5.2. School Attendance	15
5.3. Working Ability	15
5.4. Invalidism	16
5.5. Retired	16
6. Survival Status	16

Part B

1. General Physical Findings	17
2. Organ System	18
2.1. Skin and its Appendages	18
2.2. Lymph Nodes and Spleen	19
2.3. Liver	19
2.4. Thyroid Gland	20
2.5. Ophthalmology	21
2.6. Otorhinolaryngoscopic Examination	22
2.7. Respiratory System	23
2.8. Cardiovascular System	23
2.9. Gastrointestinal Tract	25
2.10. Abdomen	26
2.11. X-Ray Examination	29
2.12. Scintigraphy	30
2.13. Central and Peripheral Nervous System	32
2.14. Musculoskeletal System	37
3. Laboratory Data	38
3.1. Peripheral Blood Count	38
3.2. Peripheral Blood Smear	38
3.3. Bone Marrow Examination	40
3.4. Bone Biopsy	43
3.5. Hemostatic Data	45
3.6. Cytogenetic Data	46
3.7. Biochemical Parameters	47
3.8. Immune System	49
3.9. Microbiological Analysis	51
3.10. Renal Function and Urinary Tract	53
3.11. Gastrointestinal Tract	54
4. Diagnosis	55
4.1. Codes of Examining Institutions	55
4.2. Codes of Examinations	55
4.3. Diagnosis of CRS	55
4.4. List of Diagnoses	56
4.5. Chronological List of Diseases	58
4.6. Therapeutic Measures	59
4.7. Drug Therapy	59
4.8. Other Observations	60
4.9. Additions	60

Tabelle 1 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 167884

Alter [Jahre] in 1950: 13 Geschlecht Männlich Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): 1 (< 0.3 Gy)

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: 78 km Aufenthaltszeitraum: 1937 - 1969

Evakuierung/Umzug: 1969 Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: keine Angaben

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+	+	+++	+++	+					
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	(+)	+	-	(+)	+	+	+++	+		
04. Blut, blutbildende Organe	+	+++	+	+	+	(+)	+	(+)	(+)	
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+	(+)							
06. Nervensystem	+	+	+++	++	++	++				
07. Kreislaufsystem	+	+	+	+	++	++	++++	++++		
08. Atmungsorgane	-	+	+++	+++	+++	+++	+++	++++		
09. Verdauungsorgane	+	+++	+++	+++	+++	+++	+	+		
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	-	-	-	+++	-	-	+++		
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	-	(+)	-	+	-	-	(+)	-		
13. Bewegungsapparat	-	+++	+++	++	++	++	+++			
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	+	(+)	+					
17. Verletzungen, Vergiftungen	++++++	++++++	++++	++++	++	++	++	++	++	

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 2 : Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 207185

Alter [Jahre] in 1950: **49** Geschlecht **Männlich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **1 (< 0.3 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: **88 km** Aufenthaltszeitraum: **1901 - 1957**

Evakuierung/Umzug: **nein** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: **/**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+									
02. Neubildungen	++++++									
03. Endokrinopathien	++++									
04. Blut, blutbildende Organe	+++									
05. Psychiatrische Krankheiten										
06. Nervensystem	++++									
07. Kreislaufsystem	++++									
08. Atmungsorgane	++++									
09. Verdauungsorgane	++++++									
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-									
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+++									
13. Bewegungsapparat	+++									
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+++									
17. Verletzungen, Vergiftungen	++++++	++++++								

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 3 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 214705

Alter [Jahre] in 1950: **-2** Geschlecht **Männlich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **1 (< 0.3 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: **88 km** Aufenthaltszeitraum: **1952 - 1960**

Evakuierung/Umzug: **1960** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: **keine Angaben**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+	+++	+++++	+	+++					
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	+	+	+	+	+	+	+	+		
04. Blut, blutbildende Organe	(+)	+	(+)	(+)	+	+	(+)			
05. Psychiatrische Krankheiten										
06. Nervensystem	-	++++	++	++	++	++				
07. Kreislaufsystem	++	++	++	+++++	+++++	+++++	++++			
08. Atmungsorgane	+++	+++	+	+	+++					
09. Verdauungsorgane	+++	-	+++	+	-	+++				
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	-	-	-						
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+	+	(+)	-	-	-	-	-		
13. Bewegungsapparat	+	-	-	-	+	-	++	++		
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	(+)	+++	(+)	(+)	+					
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++++	++	++	++	++	++	++	++

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 4 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 257170

Alter [Jahre] in 1950: **33** Geschlecht **Männlich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **1 (< 0.3 Gy)**
 Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: **109 km** Aufenthaltszeitraum: **1917 - 1970**
 Evakuierung/Umzug: **nein** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: **/**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	-									
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	+									
04. Blut, blutbildende Organe	+	(+)	(+)							
05. Psychiatrische Krankheiten	+									
06. Nervensystem	+	+								
07. Kreislaufsystem	(+)	++								
08. Atmungsorgane	++	+++	+++							
09. Verdauungsorgane	+++	+++	+++							
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-									
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+									
13. Bewegungsapparat	+++	++								
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+									
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++++	++++	++++					

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 5 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 268983

Alter [Jahre] in 1950: 37 Geschlecht Weiblich Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): 1 (< 0.3 Gy)

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: 109 km Aufenthaltszeitraum: 1945 - 1967

Evakuierung/Umzug: 1967 Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: keine Angaben

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+++	+++	+	-	-					
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	-	-	+	+	+	+				
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+++	+++	+++	+++	+				
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+	+	+	+	+				
06. Nervensystem	+++	+	+	++	++	++				
07. Kreislaufsystem	+	+	(+)	-	++++	++++				
08. Atmungsorgane	+++	+++	+++	+++						
09. Verdauungsorgane	+++	+++	-	+++	+++	+++				
10. Harn-, Geschlechtsorgane	+++	+++	-	-	+	+				
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+	+	+	+++	(+)	-				
13. Bewegungsapparat	+++	+++	-	++	++++	+++				
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+++	+	+	+	+	+				
17. Verletzungen, Vergiftungen	++++++	++++++	++++	++++	++	++	++			

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 6 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 279847

Alter [Jahre] in 1950: **24** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **1 (< 0.3 Gy)**
 Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: **138 km** Aufenthaltszeitraum: **1951 - 1952, vor 1951 ist Wohnsitz unbekannt**
 Evakuierung/Umzug: **1952** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: **109 km**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+	+++	-	+++	+++					
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	(+)	(+)	-							
04. Blut, blutbildende Organe	+	+	(+)	(+)	(+)					
05. Psychiatrische Krankheiten	+									
06. Nervensystem	+	+++	+							
07. Kreislaufsystem	+	-	++	++	++++					
08. Atmungsorgane	--	-	-							
09. Verdauungsorgane	(+)	(+)	(+)	+++						
10. Harn-, Geschlechtsorgane	+++++	+++	++	+++	+++					
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	(+)	-							
13. Bewegungsapparat	-	-	+	++	++					
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+++	(+)							
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 7 : Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 321921

Alter [Jahre] in 1950: **35** Geschlecht **Männlich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **1 (< 0.3 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: **138 km** Aufenthaltszeitraum: **seit 1946**

Evakuierung/Umzug: **nein** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: **/**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	-	-	-							
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	-	-	-	-	-					
04. Blut, blutbildende Organe	+	+++	-	(+)	+	(+)				
05. Psychiatrische Krankheiten										
06. Nervensystem	-	-	+++	+++	+++	++	++			
07. Kreislaufsystem	+	(+)	+	++	++					
08. Atmungsorgane	-	-	-	++	++					
09. Verdauungsorgane	+++	+++	++++	++++	++++	++++	++++			
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	-	-	++	++					
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	-	-	-	-	-					
13. Bewegungsapparat	+++	-	+++	+++	+++	+++	-	++		
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	(+)								
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 8 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 324225

Alter [Jahre] in 1950: **32** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **1 (< 0.3 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: **138 km** Aufenthaltszeitraum: **seit 1918**

Evakuierung/Umzug: **nein** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: **/**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+	+	+	+	-	+++++	+			
02. Neubildungen	+++++									
03. Endokrinopathien	+	+	+	+	+	++++				
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+	+	(+)	(+)	+				
05. Psychiatrische Krankheiten										
06. Nervensystem	(+)	-	++	++	++					
07. Kreislaufsystem	++	++	++	++++	++++	++++	++++			
08. Atmungsorgane	-	(+)	+++++	+++++						
09. Verdauungsorgane	+	+	(+)	(+)	+++++					
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	-	+	-	+++++					
11. Schwangerschaft	-									
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	(+)	(+)	(+)	+++					
13. Bewegungsapparat	++	++	++	++	++					
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	(+)	(+)	+	+	++++					
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 9 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 353702

Alter [Jahre] in 1950: **26** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **1 (< 0.3 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: **138 km** Aufenthaltszeitraum: **1941 - 1994**

Evakuierung/Umzug: **nein** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: **/**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+	+++	+							
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	(+)	-	(+)	(+)						
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+	-	+						
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+	+	+						
06. Nervensystem	+	+	+	++	++					
07. Kreislaufsystem	+	(+)	-	+						
08. Atmungsorgane	-	-	+	-						
09. Verdauungsorgane	+++	+++	+++	+++						
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	+	-	+++						
11. Schwangerschaft	-									
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	+	+	+						
13. Bewegungsapparat	+++	-	-	++						
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	+	+	+					
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 10 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 360843

Alter [Jahre] in 1950: 27 Geschlecht Männlich Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): 1 (< 0.3 Gy)

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: 141 km Aufenthaltszeitraum: 1923 - 1960

Evakuierung/Umzug: 1960 Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: keine Angaben

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	-									
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	-	-	(+)							
04. Blut, blutbildende Organe	+	(+)	(+)	(+)						
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+	+							
06. Nervensystem	+	+	++	++	++++					
07. Kreislaufsystem	+	-	++++	++++						
08. Atmungsorgane	++	++	++	++						
09. Verdauungsorgane	+++	+++	+++	+++	+++					
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	(+)	(+)	(+)						
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	-	-	-	(+)						
13. Bewegungsapparat	-	++	++	++						
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	(+)	+	+					
17. Verletzungen, Vergiftungen	++++++	++++++	++	++	++	++	++	++	++	

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 11 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 366776

Alter [Jahre] in 1950: **28** Geschlecht **Männlich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **1 (< 0.3 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: **141 km** Aufenthaltszeitraum: **1922 - 1959**

Evakuierung/Umzug: **1959** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: **keine Angaben**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	-	-	-	-						
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	-	+	+	+	+	+				
04. Blut, blutbildende Organe	+	+	(+)	(+)	(+)	+				
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+								
06. Nervensystem	+	-	+	(+)	++	++				
07. Kreislaufsystem	-	(+)	(+)	-	++	++++				
08. Atmungsorgane	-	-	-	-						
09. Verdauungsorgane	+++	+++	+++	+++	+++	+++				
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	-	-	-						
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	-	(+)	(+)	(+)	(+)				
13. Bewegungsapparat	++	++	++	++	++					
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	-	+	(+)	+	(+)				
17. Verletzungen, Vergiftungen	++++++	++++++	++	++	++	++	++	++	++	

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 12 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 370383

Alter [Jahre] in 1950: **28** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **1 (< 0.3 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: **148 km** Aufenthaltszeitraum: **1922 - 1993 (lebenslang)**

Evakuierung/Umzug: **nein** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: **/**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+	+	+							
02. Neubildungen	++									
03. Endokrinopathien	-	-	(+)							
04. Blut, blutbildende Organe	+	+	(+)							
05. Psychiatrische Krankheiten	+									
06. Nervensystem	+++	+								
07. Kreislaufsystem	+	-	++++							
08. Atmungsorgane	++									
09. Verdauungsorgane	+	+	+							
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	+	+							
11. Schwangerschaft	-									
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+	(+)	-							
13. Bewegungsapparat	+++	+++	+++							
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+++	+	(+)							
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++		

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 13 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 376608

Alter [Jahre] in 1950: **19** Geschlecht **Männlich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **1 (< 0.3 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: **148 km** Aufenthaltszeitraum: **1931 - 1978**

Evakuierung/Umzug: **1978** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: **keine Angaben**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+++	+	-	+	+					
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	(+)	+	-	(+)						
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+	+	+	+	(+)	+	(+)	-	
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+	+	++	++	++	++	++		
06. Nervensystem	+++	++	++	++	++	++	++	++		
07. Kreislaufsystem	+	+	+	++++	++++	++++	++++	++++	++++	
08. Atmungsorgane	-	-	-	+	-					
09. Verdauungsorgane	-	+++	+++	+	+++					
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	+	+	+	-	+				
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	+	(+)	+	(+)					
13. Bewegungsapparat	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	+	+	+	+	+	+		
17. Verletzungen, Vergiftungen	++++++	++++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 14 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 379547

Alter [Jahre] in 1950: **30** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **1 (< 0.3 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: **148 km** Aufenthaltszeitraum: **1920 - 03/1987**

Evakuierung/Umzug: **03/1987** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: **keine Angaben**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+++	+	+++	+						
02. Neubildungen	++	++	++							
03. Endokrinopathien	+	(+)	-	-	-					
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+++	+	+	(+)	+	+	(+)		
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+	+							
06. Nervensystem	+	+++	+++	+++	+++	+++	+++			
07. Kreislaufsystem	-	(+)	+	++	++	++++	++++	++++		
08. Atmungsorgane	+	-	+	+++	-					
09. Verdauungsorgane	+++	-	+	+	(+)	+	+			
10. Harn-, Geschlechtsorgane	++	++	++	++						
11. Schwangerschaft	-	-	-							
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	+	(+)	+	++	+	+			
13. Bewegungsapparat	+++	+++	+++	++++	++++	++++	++++	++++		
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+++	+++	+++	+++	+++	+++	(+)		
17. Verletzungen, Vergiftungen	++++++	++++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++	

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 15 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 380353

Alter [Jahre] in 1950: 1 Geschlecht Weiblich Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): 1 (< 0.3 Gy)

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: 148 km Aufenthaltszeitraum: 1949 - 1960

Evakuierung/Umzug: 1960 Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: keine Angaben

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+	-	-							
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	-	-	-	(+)						
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+	+++	+						
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+								
06. Nervensystem	-	-	+							
07. Kreislaufsystem	+	+	+							
08. Atmungsorgane	-	-	+++							
09. Verdauungsorgane	+++	+	+++	+++	+++					
10. Harn-, Geschlechtsorgane	+	-	-							
11. Schwangerschaft	-									
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	(+)	(+)							
13. Bewegungsapparat	-	-	++							
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	+							
17. Verletzungen, Vergiftungen	++++++	++++++	++++	++	++	++	++	++	++	++

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 16 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 510973

Alter [Jahre] in 1950: **40** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **1 (< 0.3 Gy)**
 Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: **163 km** Aufenthaltszeitraum: **1910 - 1975**
 Evakuierung/Umzug: **nein** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: **/**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+	+++	+++	+++						
02. Neubildungen	+++++									
03. Endokrinopathien	-	-	+	-						
04. Blut, blutbildende Organe	+++++	+++	+	+++						
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+								
06. Nervensystem	+++	+++	+++	++++						
07. Kreislaufsystem	+	++	+++++	++++						
08. Atmungsorgane	+	+++	+++	++						
09. Verdauungsorgane	++	+++	+++	+++++						
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	+++	-	+						
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+	+	(+)	++						
13. Bewegungsapparat	+++	+++	+++	++						
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	+	++++						
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++++	++++	++++	++++				

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 17 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 525907

Alter [Jahre] in 1950: **41** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **1 (< 0.3 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: **155 km** Aufenthaltszeitraum: **1949 - 1960**

Evakuierung/Umzug: **1960/1968** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: **163 km (seit 1968)**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+++++	+++	+++++							
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	-	-	(+)							
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+	+++							
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+								
06. Nervensystem	+	+	+++							
07. Kreislaufsystem	+	+++	+++++	++++	++++					
08. Atmungsorgane	+++++	+++	++							
09. Verdauungsorgane	+++	+++	+++							
10. Harn-, Geschlechtsorgane	++	++	+							
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	(+)	(+)							
13. Bewegungsapparat	-	+++								
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	+							
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++		

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 18 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 573240

Alter [Jahre] in 1950: **32** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **1 (< 0.3 Gy)**
 Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: **176 km** Aufenthaltszeitraum: **1942 - 1993**
 Evakuierung/Umzug: **nein** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: **/**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	-	-	+	+++	+++	+++				
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	-	-	-	(+)	-	+				
04. Blut, blutbildende Organe	+	+	+++	+++	+	+++				
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+								
06. Nervensystem	+++	(+)	(+)	++	+++	++++				
07. Kreislaufsystem	(+)	(+)	-	++++	++++	++++				
08. Atmungsorgane	-	+++	+++	++++	++++	++++				
09. Verdauungsorgane	+++	+	+++	+++	+++	+++				
10. Harn-, Geschlechtsorgane	(+)	-	-	-	-	++				
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)				
13. Bewegungsapparat	+++	-	++	++	++					
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	(+)	(+)	+	+	+					
17. Verletzungen, Vergiftungen	++++++	++++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++		

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 19 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 755430

Alter [Jahre] in 1950: **29** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **1 (< 0.3 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: **237 km** Aufenthaltszeitraum: **seit 1921**

Evakuierung/Umzug: **nein** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: **/**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+	-								
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	(+)	-								
04. Blut, blutbildende Organe	+++	(+)	(+)							
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+	+							
06. Nervensystem	++++	++++	++++	+++++						
07. Kreislaufsystem	+	-	+	++++						
08. Atmungsorgane	+									
09. Verdauungsorgane	+++	-	-							
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-									
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	(+)	-	-						
13. Bewegungsapparat	+++	+++	+++	+++						
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	+							
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++++	++++	++++	++++	++++			

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 20 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 56397

Alter [Jahre] in 1950: **18** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **2 (0.3 - 0.49 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: **48 km** Aufenthaltszeitraum: **1932 - 1956**

Evakuierung/Umzug: **1956** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: **keine Angaben**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+++	+++	+	-	-					
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	+++	+++	+++	+++	-	+	+			
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+	+	(+)	-	-				
05. Psychiatrische Krankheiten										
06. Nervensystem	+++	++++	++++	++++	++++	++++	++++			
07. Kreislaufsystem	+	-	+	(+)	-	++++	++++			
08. Atmungsorgane	(+)	-	+	-	-	-				
09. Verdauungsorgane	+	+++	+++	+++	+++	+++	+++			
10. Harn-, Geschlechtsorgane	+++	+++	+++	+++	++	++				
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+++	+++	+	+	+	+	+			
13. Bewegungsapparat	+	+++	-	+	-	-	++++			
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+++	+++	+++	+++	+	+	+			
17. Verletzungen, Vergiftungen	++++++	++++++	++	++	++	++	++			

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 21 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 96395

Alter [Jahre] in 1950: **23** Geschlecht **Männlich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **2 (0.3 - 0.49 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: **78 km** Aufenthaltszeitraum: **seit 1951**

Evakuierung/Umzug: **nein** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: **/**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+	+	+	+	-					
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	-	+	-	-						
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+	+++	+	+	+				
05. Psychiatrische Krankheiten										
06. Nervensystem	+	(+)	+++	+	++++	+++++				
07. Kreislaufsystem	+	-	(+)	+	++++	++++				
08. Atmungsorgane	+	+	+	+						
09. Verdauungsorgane	+	+	+	+						
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	-	-	-						
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+	-	-	-	-	-				
13. Bewegungsapparat	+++	+++	+++	++++	+++++					
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	+	+						
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 22 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 116379

Alter [Jahre] in 1950: **14** Geschlecht **Männlich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **2 (0.3 - 0.49 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausstritt: **78 km** Aufenthaltszeitraum: **1936 - 1965**

Evakuierung/Umzug: **1965** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausstritt: **keine Angaben**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	-	+++	-	-	-	+++				
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	-	-	(+)	(+)	+	+++	+++	+++		
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+++	+	+	+	+	(+)	(+)		
05. Psychiatrische Krankheiten										
06. Nervensystem	+	(+)	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	
07. Kreislaufsystem	+	(+)	+	+	++	++++	++++	++++		
08. Atmungsorgane	-	-	-	-						
09. Verdauungsorgane	-	-	+++	+	+	+++	+++	+++	+++	
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	-	-	-	-	-				
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+	+	-	(+)	(+)	(+)	(+)	++		
13. Bewegungsapparat	-	-	+++	+++	++++	++++	++++	++++		
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++++	+++++++	++++	++++	++	++	++	++	++	

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 23 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 138033

Alter [Jahre] in 1950: **51** Geschlecht **Männlich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **2 (0.3 - 0.49 Gy)**
 Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: **78 km** Aufenthaltszeitraum: **1899 - 1964**
 Evakuierung/Umzug: **nein** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: **/**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+++									
02. Neubildungen	++++++									
03. Endokrinopathien	-									
04. Blut, blutbildende Organe	++++++									
05. Psychiatrische Krankheiten	+									
06. Nervensystem	++++									
07. Kreislaufsystem	++++									
08. Atmungsorgane	++									
09. Verdauungsorgane	+++									
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-									
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+++									
13. Bewegungsapparat	+++									
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+++	++++								
17. Verletzungen, Vergiftungen	++++++	++++++	++++							

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 24 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 158485

Alter [Jahre] in 1950: **33** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **2 (0.3 - 0.49 Gy)**
 Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: **78 km** Aufenthaltszeitraum: **1938 - 1987**
 Evakuierung/Umzug: **nein** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: **/**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+++++	+++	-	-						
02. Neubildungen	+++++	+++++								
03. Endokrinopathien	(+)	+	+	+	+					
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+++	+	+	+					
05. Psychiatrische Krankheiten	+									
06. Nervensystem	+	+	+	++	++++					
07. Kreislaufsystem	+	(+)	(+)	++	++++					
08. Atmungsorgane	-	-	-	+++++						
09. Verdauungsorgane	-	+++	+++	+++	+++	+++				
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	+++	+++++	+	+++++					
11. Schwangerschaft	+									
12. Haut, Unterhautzellgewebe	-	-	-	-	(+)					
13. Bewegungsapparat	-	-	+++	++						
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	(+)	+						
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++++	++++	++++	++++	++++			

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 25 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 159030

Alter [Jahre] in 1950: **11** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **2 (0.3 - 0.49 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: **78 km** Aufenthaltszeitraum: **seit 1939**

Evakuierung/Umzug: **nein** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: **/**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	-	-	+	+						
02. Neubildungen	++									
03. Endokrinopathien	(+)	+	(+)	+	(+)	+				
04. Blut, blutbildende Organe	+	+	+	+	+	+	-	(+)		
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+	+	+	+	+	+			
06. Nervensystem	+	+	+	+	+	+	+	++		
07. Kreislaufsystem	(+)	(+)	+	++	++	++	++	+++		
08. Atmungsorgane	-	+	-							
09. Verdauungsorgane	-	(+)	+	+	+	+				
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	+	++	-	-					
11. Schwangerschaft	-	-								
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	(+)	(+)	++	++	+				
3. Bewegungsapparat	-	-	-	-	++					
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	+	+	+	+	+	(+)		
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 26 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 159387

Alter [Jahre] in 1950: **63** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **2 (0.3 - 0.49 Gy)**
 Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: **78 km** Aufenthaltszeitraum: **1887 - 1958**
 Evakuierung/Umzug: **nein** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: **/**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+++	+++++								
02. Neubildungen	+++++	+++++								
03. Endokrinopathien	+									
04. Blut, blutbildende Organe	+++++	+++++								
05. Psychiatrische Krankheiten										
06. Nervensystem	++	++++								
07. Kreislaufsystem	++++	++++								
08. Atmungsorgane	++									
09. Verdauungsorgane	+++	+++								
10. Harn-, Geschlechtsorgane	+++	+++++								
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+++	+++								
13. Bewegungsapparat	+++++	+++++								
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	++++	++++								
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++								

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 27 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 164464

Alter [Jahre] in 1950: **32** Geschlecht **Männlich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **2 (0.3 - 0.49 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: **78 km** Aufenthaltszeitraum: **seit 1918**

Evakuierung/Umzug: **nein** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: **/**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+++++									
02. Neubildungen	+++++									
03. Endokrinopathien	-	-	++							
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+++	+++++							
05. Psychiatrische Krankheiten										
06. Nervensystem	+	+	++++							
07. Kreislaufsystem	+++	+++	++++							
08. Atmungsorgane	+++++									
09. Verdauungsorgane	-	-	+++							
10. Harn-, Geschlechtsorgane	++++									
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+	+	++++							
13. Bewegungsapparat	-	-	-							
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+++	+	+++							
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++++							

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 28 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 164649

Alter [Jahre] in 1950: **44** Geschlecht **Männlich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **2 (0.3 - 0.49 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: **78 km** Aufenthaltszeitraum: **1906 - 1971**

Evakuierung/Umzug: **nein** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: **/**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+++	-								
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	+	+	+	+++						
04. Blut, blutbildende Organe	-	+	+							
05. Psychiatrische Krankheiten										
06. Nervensystem	+++	-	++	++						
07. Kreislaufsystem	++	++	++++	++++						
08. Atmungsorgane	++++	++++	++++	++++						
09. Verdauungsorgane	+	(+)	+++	+++						
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	-	-							
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+	(+)	+++	+++						
13. Bewegungsapparat	+++	+++	+++							
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+++	(+)	+	+++						
17. Verletzungen, Vergiftungen	++++++	++++++	++++	++++	++++					

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 29 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 168857

Alter [Jahre] in 1950: 0 Geschlecht Weiblich Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): 2 (0.3 - 0.49 Gy)

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: 78 km Aufenthaltszeitraum: 1950 - 1968

Evakuierung/Umzug: 1968 Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: keine Angaben

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+++	+++++	+++	+	+					
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	(+)	(+)	(+)	-	+	(+)				
04. Blut, blutbildende Organe	+	+	+	(+)	(+)	(+)				
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+	+							
06. Nervensystem	+	-	+	+	+	+++				
07. Kreislaufsystem	(+)	-	-	-	+	+++				
08. Atmungsorgane	+++	-	-	+++						
09. Verdauungsorgane	+	+++++	-	+++	+					
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	-	+++	-	+	+++				
11. Schwangerschaft	-	-								
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	(+)	+	+	+	-				
13. Bewegungsapparat	+++	+++	-	-	+++	++				
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	(+)	(+)	+	+++	+++				
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++++	++	++	++	++	++	++	

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 30 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 194520

Alter [Jahre] in 1950: **30** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **2 (0.3 - 0.49 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: **88 km** Aufenthaltszeitraum: **1920 - 1960**

Evakuierung/Umzug: **1960** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: **keine Angaben**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+++	+	+	+	+	-	-			
02. Neubildungen	+++++									
03. Endokrinopathien	-	-	(+)	(+)	-	-				
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+++	+++	+++	+++	+	+			
05. Psychiatrische Krankheiten										
06. Nervensystem	+	+	++	++	++	++				
07. Kreislaufsystem	+	+	+	+	++++	++++	++++			
08. Atmungsorgane	-	-	-	-	+++++					
09. Verdauungsorgane	+	+	+++	+++	+++	+++	+++			
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	+	+	++						
11. Schwangerschaft	-									
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	(+)	(+)	-	-	(+)				
13. Bewegungsapparat	+++	+++	+++	++	++	++				
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	(+)	+	+	(+)	+	+	+			
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++++	++	++	++	++	++		

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 31 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 196332

Alter [Jahre] in 1950: **20** Geschlecht **Männlich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **2 (0.3 - 0.49 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: **88 km** Aufenthaltszeitraum: **1930 - 1955**

Evakuierung/Umzug: **1955** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: **keine Angaben**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+	-	+	+++	+++					
02. Neubildungen	+++++									
03. Endokrinopathien	-	-	-	-	++++	++++				
04. Blut, blutbildende Organe	+	+	(+)	+	-	+++				
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+	+							
06. Nervensystem	+++++	++	+++++	++++	+++++	+++++				
07. Kreislaufsystem	-	(+)	+	+++	+	+				
08. Atmungsorgane	-	-	-	-	+					
09. Verdauungsorgane	+++	+++	+++	+++	+++	+++++				
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	-	-	-	+++					
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+	(+)	-	+	(+)	+++				
13. Bewegungsapparat	+++	+++	+++	++++	++++	++++				
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+++++	+++	+++++	+++++	+++++	+++++				
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++	++	++	++	++			

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 32 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 209991

Alter [Jahre] in 1950: **9** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **2 (0.3 - 0.49 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: **88 km** Aufenthaltszeitraum: **1941 - 1960**

Evakuierung/Umzug: **1960** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: **keine Angaben**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+++	+++++	+++	+++++	+++	+++	+++	+++	++	
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	+++	+++	(+)	+++	+++	+++	+++	+++	+++	
04. Blut, blutbildende Organe	+++++	+++++	+++	+++++	+++	+++++	+++	+++	+++	
05. Psychiatrische Krankheiten	+									
06. Nervensystem	++	++	++	+++	++	+++	++	++++	++++	
07. Kreislaufsystem	+++	+	+	+	+	+	++++	++++	++++	
08. Atmungsorgane	+++	+++++	+	+++++	+++	+++	+++	+++	+++	
09. Verdauungsorgane	+++	+++++	+++	+++++	+++	+++	+++	+++	+++	
10. Harn-, Geschlechtsorgane	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++++	++++	
11. Schwangerschaft	+	+++								
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+	+	+++	+++++	+	+++	+++	++	++	
13. Bewegungsapparat	+++	+++	+++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+++	+++	+	+	+	+	(+)	(+)		
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++++	+++	+++++	++++	++++	++++	++++	++++

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 33 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 217573

Alter [Jahre] in 1950: **22** Geschlecht **Männlich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **2 (0.3 - 0.49 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: **88 km** Aufenthaltszeitraum: **1928 - 1960**

Evakuierung/Umzug: **1960** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: **keine Angaben**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+	+	+							
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	-	-	-	-						
04. Blut, blutbildende Organe	+	(+)	(+)	+	-	(+)				
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+	+	+	+					
06. Nervensystem	++	++	++	++	+++	++				
07. Kreislaufsystem	+	+	+	+	++	++				
08. Atmungsorgane	+++	-	++	+++	+++					
09. Verdauungsorgane	+	+++	+	+++	+++	+++				
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	(+)	-	-						
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	(+)	(+)	-						
13. Bewegungsapparat	-	-	+	++	+++	+++				
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	+	+	+					
17. Verletzungen, Vergiftungen	++++++	++++++	+++++	++	++	++	++	++	++	

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 34 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 228149

Alter [Jahre] in 1950: 11 Geschlecht Männlich Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): 2 (0.3 - 0.49 Gy)

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausstritt: 100 km Aufenthaltszeitraum: 1939 - 1959

Evakuierung/Umzug: 1959/1962 Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausstritt: 109 km (ab 1962)

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	-	-	+++	-	-	+++				
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	-	-	-	-	-	(+)				
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+	+	(+)	+	(+)				
05. Psychiatrische Krankheiten	+									
06. Nervensystem	+++	-	-	-	++					
07. Kreislaufsystem	+	-	-	-	-	++				
08. Atmungsorgane	+	-	-	-						
09. Verdauungsorgane	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++			
10. Harn-, Geschlechtsorgane	+	-	-	(+)	-	-				
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	-	(+)	(+)	(+)	(+)				
13. Bewegungsapparat	++	++	++	++	++	++				
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+++	(+)	(+)	(+)	(+)					
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 35 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 267612

Alter [Jahre] in 1950: **29** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **2 (0.3 - 0.49 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: **109 km** Aufenthaltszeitraum: **seit 1948**

Evakuierung/Umzug: **nein** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: **/**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+++	+	-	-	-	-				
02. Neubildungen	++	++								
03. Endokrinopathien	+++	+	+	+	+	+	+++	+	+	
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+++	+++	+++	+	+	(+)	+	+++++	
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+	+	+	+					
06. Nervensystem	+++	+++	+	++	+++++	+++	+++++	++++	++++	
07. Kreislaufsystem	+	+	+	++++	++++	++++	++++	++++	++++	
08. Atmungsorgane	+	-	-	-	-	-	+			
09. Verdauungsorgane	+++	+	+	+	+	+++	+++	+	++++	
10. Harn-, Geschlechtsorgane	+++++	+++	+	++	-	(+)	-	-	+++	
11. Schwangerschaft	-									
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	(+)	(+)	(+)	++	(+)	(+)	(+)	++	
13. Bewegungsapparat	+++	-	-	+++	+++	+++	++	++	++	
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+++	+++	+	+++	+++	+++	(+)	+	+++	
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 36 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 320139

Alter [Jahre] in 1950: **24** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **2 (0.3 - 0.49 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: **137 km** Aufenthaltszeitraum: **1926-1950**

Evakuierung/Umzug: **1950** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: **138 km**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	-	-	-	+						
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	-	-	(+)	(+)						
04. Blut, blutbildende Organe	+	+	+	(+)	(+)	(+)	(+)			
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+	+	+	+					
06. Nervensystem	+++	++	+++	+++	+					
07. Kreislaufsystem	(+)	+	+	(+)	+++	+				
08. Atmungsorgane	-	-	++							
09. Verdauungsorgane	+++	+++	+++	+++	+++					
10. Harn-, Geschlechtsorgane	+	+++	++	+						
11. Schwangerschaft	-	-	-							
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	(+)	(+)	(+)						
13. Bewegungsapparat	+	++	+++	+++	+++					
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	+	+	+	+				
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 37 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 523649

Alter [Jahre] in 1950: **32** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **2 (0.3 - 0.49 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: **155 km** Aufenthaltszeitraum: **1937 - 1960**

Evakuierung/Umzug: **1960** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: **163 km**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	++++	++++	++++	++++	++++					
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	-	-	-	+	+					
04. Blut, blutbildende Organe	+	+	+	+	+					
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+								
06. Nervensystem	+	+++	++	++++	++++					
07. Kreislaufsystem	(+)	(+)	++++	++++	++++					
08. Atmungsorgane	++++	++++	++++	++++	++++					
09. Verdauungsorgane	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++			
0. Harn-, Geschlechtsorgane	++++	+++	-	-	-					
11. Schwangerschaft	-									
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	(+)	-	(+)	(+)					
13. Bewegungsapparat	-	+++	++	++	++	++				
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+++	(+)	+	+	+					
17. Verletzungen, Vergiftungen	++++++	++++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 38 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 567709

Alter [Jahre] in 1950: **8** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **2 (0.3 - 0.49 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: **176 km** Aufenthaltszeitraum: **1942 - 1969**

Evakuierung/Umzug: **1969** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: **keine Angaben**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	-	+	+++	+++	+	+++				
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	(+)	+	+	+	+					
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+++	+++	+	+	+	+	+		
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+	+							
06. Nervensystem	+	+	(+)	+++	+	-				
07. Kreislaufsystem	(+)	-	-	-	++					
08. Atmungsorgane	(+)	+	-							
09. Verdauungsorgane	-	-	+	-	+	-				
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	++	++	++	+++	+++				
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+++	-	-	(+)	-					
13. Bewegungsapparat	-	-	-	+++	++					
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	+							
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++++	++++	++	++	++	++	++	

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 39 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 757916

Alter [Jahre] in 1950: **21** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **2 (0.3 - 0.49 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: **237 km** Aufenthaltszeitraum: **1942 - 1991**

Evakuierung/Umzug: **nein** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: **/**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+++	+	+	+	+	+				
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	-	+	+	+	++	++++				
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+	+	(+)	+	(+)				
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+	+	+						
06. Nervensystem	+++	+	+++	+++	+	++	++++			
07. Kreislaufsystem	+	++	++	++++	++++	++++				
08. Atmungsorgane	+	+	-	+	+	+				
09. Verdauungsorgane	+	-	-	+	+++	(+)				
10. Harn-, Geschlechtsorgane	+++	-	+	-	-	-				
11. Schwangerschaft	-	-	+++++							
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	+	(+)	(+)	-	-				
13. Bewegungsapparat	+++	-	+++	+++	++	+++	++			
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	+	+	+	(+)				
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 40 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 287

Alter [Jahre] in 1950: **32** Geschlecht **Männlich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **3 (0.5 - 0.99 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: **7 km** Aufenthaltszeitraum: **1944 - 08/1956**

Evakuierung/Umzug: **08/1956** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: **keine Angaben**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+++	+++	+++	+						
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	+	+	+	++++	++++	++				
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+++	+++	(+)	+	(+)				
05. Psychiatrische Krankheiten										
06. Nervensystem	++	++++	++++	++++						
07. Kreislaufsystem	+	+	+	++	++	++++				
08. Atmungsorgane	+++	+++	+++	-						
09. Verdauungsorgane	+++	+++	+++	+						
10. Harn-, Geschlechtsorgane	+	+								
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+++	+	(+)	-						
13. Bewegungsapparat	+++	+++	+++	+++	++++					
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	+	+						
17. Verletzungen, Vergiftungen	++++++	++++++	++	++	++	++	++	++		

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 41 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 10884

Alter [Jahre] in 1950: **32** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **3 (0.5 - 0.99 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: **7 km** Aufenthaltszeitraum: **1938 - 1955**

Evakuierung/Umzug: **1955** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: **keine Angaben**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+++	+++	+++	+++						
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	-	(+)	+							
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+	+	+++	+	+				
05. Psychiatrische Krankheiten										
06. Nervensystem	++	++++	++++							
07. Kreislaufsystem	++	++	++	++++	++++					
08. Atmungsorgane	+	++	++							
09. Verdauungsorgane	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++			
10. Harn-, Geschlechtsorgane	+++	+++	(+)	+++						
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	-	(+)							
13. Bewegungsapparat	-	+	++	++						
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	(+)	(+)							
17. Verletzungen, Vergiftungen	++++++	++++++	++	++	++	++	++	++	++	++++

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 42 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 16853

Alter [Jahre] in 1950: **18** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **3 (0.5 - 0.99 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausstritt: **7 km** Aufenthaltszeitraum: **1932 - 05/1956**

Evakuierung/Umzug: **05/1956** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausstritt: **keine Angaben**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+	+	+	+++	+++	+++				
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	+	-	-	+	+	+	+			
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+++	+	+	+	+	+			
05. Psychiatrische Krankheiten	+									
06. Nervensystem	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++			
07. Kreislaufsystem	-	-	+	+	+	+	++			
08. Atmungsorgane	(+)	-	-	+	+					
09. Verdauungsorgane	+	+	+	+++	+	+	+++			
10. Harn-, Geschlechtsorgane	+	-	-	+	-	-				
11. Schwangerschaft	-	-	-							
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+++	(+)	(+)	(+)	+	(+)	(+)			
13. Bewegungsapparat	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++			
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++			
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++++	+++++++	++	++	++	++	++			

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 43 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 17073

Alter [Jahre] in 1950: **19** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **3 (0.5 - 0.99 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: **7 km** Aufenthaltszeitraum: **1931 - 1956**

Evakuierung/Umzug: **1956** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: **keine Angaben**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	-	+++++	+++	+++	+					
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	(+)	-	(+)	++	++	++	++	++++		
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+++	+	(+)	+	(+)	-	-	+	
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+	+	+	+	+				
06. Nervensystem	+	+	+	+	+++	+	+	+++	+++	
07. Kreislaufsystem	+	+	(+)	+	+	++	++	++++	++++	
08. Atmungsorgane	(+)	(+)	+	(+)	-	+				
09. Verdauungsorgane	-	+	+++++	+	+	+	-	+	+++	
10. Harn-, Geschlechtsorgane	+++	+	+++	+	+	+	-	-		
11. Schwangerschaft	-	(+)								
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+++	+++	+	+	(+)	(+)	(+)	+	+++	
13. Bewegungsapparat	+++	+++	+++	+++	++++	++++	++++	++++	++++	
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+++	+++	+	+++	+	+	+	+++	+++	
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++	++	++	++	++	++	++	++

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 44 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 46944

Alter [Jahre] in 1950: **46** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **3 (0.5 - 0.99 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: **43 km** Aufenthaltszeitraum: **1904 - 1955**

Evakuierung/Umzug: **1955** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: **keine Angaben**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+++	+++	-							
02. Neubildungen	+++++	+++++								
03. Endokrinopathien	-	-	(+)	(+)						
04. Blut, blutbildende Organe	+	+	+	-						
05. Psychiatrische Krankheiten										
06. Nervensystem	+	++	+++	+++						
07. Kreislaufsystem	(+)	++	++	++						
08. Atmungsorgane	-	++	++	++						
09. Verdauungsorgane	+++	+++	+++	+++						
10. Harn-, Geschlechtsorgane	+	+++++	+	(+)						
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+	-	++	++						
13. Bewegungsapparat	+	+++	+++							
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+									
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++	++	++					

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 45 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 48730

Alter [Jahre] in 1950: **24** Geschlecht **Männlich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **3 (0.5 - 0.99 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: **43 km** Aufenthaltszeitraum: **1935 - 07/1956**

Evakuierung/Umzug: **07/1956** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: **keine Angaben**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+	-	-	+++	+					
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	-	-	-	-	-					
04. Blut, blutbildende Organe	++	+	-	+	+	+				
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+								
06. Nervensystem	+	+	+	-	(+)	+				
07. Kreislaufsystem	(+)	-	(+)	++	++	++				
08. Atmungsorgane	-	-	+++	+++						
09. Verdauungsorgane	+	-	+++	+++	+++					
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	-	(+)	-	-					
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+	+	-	(+)	-	-				
13. Bewegungsapparat	-	-	-	(+)	+	++++				
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	+	+	+	+				
17. Verletzungen, Vergiftungen	++++++	++++++	++	++	++	++	++	++	++	

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 46 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 70960

Alter [Jahre] in 1950: 13 Geschlecht Weiblich Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): 3 (0.5 - 0.99 Gy)

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: 60 km Aufenthaltszeitraum: 1938 - 1955

Evakuierung/Umzug: 1955 Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: keine Angaben

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	-	+++	+++	+++	+++	+++				
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	+++	+	+	+++	+++	+++	++++			
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+++	(+)	+++	+++	+++	(+)	(+)		
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+	+							
06. Nervensystem	+	+	(+)	+	+	++++				
07. Kreislaufsystem	-	+	+	+++	+++	++++	++++			
08. Atmungsorgane	-	-	+++	+++	-					
09. Verdauungsorgane	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++++		
10. Harn-, Geschlechtsorgane	+	++++	++++	++++	++++	++++	++++			
11. Schwangerschaft	-									
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	(+)	-	+	+	-	-			
13. Bewegungsapparat	+++	+++	+++	+++	+++	++	++			
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+++	+++	(+)	+	+					
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++	++	++	++	++			

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 47 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 96537

Alter [Jahre] in 1950: 12 Geschlecht Männlich Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): 3 (0.5 - 0.99 Gy)

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: 78 km Aufenthaltszeitraum: 1938 - 1961

Evakuierung/Umzug: 1961 Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: keine Angaben

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+++++	-	+	-	-	-				
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	-	(+)	-	-	-	-				
04. Blut, blutbildende Organe	+	+++	+	(+)	(+)	(+)	-			
05. Psychiatrische Krankheiten										
06. Nervensystem	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+			
07. Kreislaufsystem	-	(+)	+	+	+	+				
08. Atmungsorgane	+	-	-	-	-					
09. Verdauungsorgane	+	+++	+	+	+++	+++	+++			
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	(+)	(+)	-	-	+				
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+	+	+	+	-	+				
13. Bewegungsapparat	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++		
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+++	+++	+++	+++	+++	+			
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++	++	++	++	++	++	++	

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 48 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 113280

Alter [Jahre] in 1950: **36** Geschlecht **Männlich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **3 (0.5 - 0.99 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausstritt: **78 km** Aufenthaltszeitraum: **1914 - 1978**

Evakuierung/Umzug: **nein** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausstritt: **/**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	-	+++++	+++	+	+++					
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	-	(+)	(+)	(+)	(+)					
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+++++	+++	+++++	+					
05. Psychiatrische Krankheiten										
06. Nervensystem	+	+	+	+++	+++					
07. Kreislaufsystem	++	++++	++++	++++	++++					
08. Atmungsorgane	+++++	+++	++	++++						
09. Verdauungsorgane	-	+++++	-	+++	-					
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	(+)	-	-	-					
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	-	+++	+	+	+					
13. Bewegungsapparat	+	-	+	-						
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	+	+	+					
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++++	++++	++++	++++				

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 49 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 119058

Alter [Jahre] in 1950: 17 Geschlecht Männlich Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): 3 (0.5 - 0.99 Gy)

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: 78 km Aufenthaltszeitraum: 1933 - 1990

Evakuierung/Umzug: 1990 Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: /

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	-	+	-							
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	-	+	+	+						
04. Blut, blutbildende Organe	+	(+)	+	(+)	+	(+)				
05. Psychiatrische Krankheiten	+									
06. Nervensystem	+++	++	++	++	++	++				
07. Kreislaufsystem	(+)	(+)	-	+	++++					
08. Atmungsorgane	-	-	-	-	+++					
09. Verdauungsorgane	-	+++	+++	+++	++					
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	-	-	-	-					
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	+	+	-	-	-				
13. Bewegungsapparat	-	+	++	++	++					
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+++	+	(+)	(+)	(+)					
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 50 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 141542

Alter [Jahre] in 1950: **11** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **3 (0.5 - 0.99 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: **78 km** Aufenthaltszeitraum: **1939 - 1994**

Evakuierung/Umzug: **nein** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: **/**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	-	+								
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	+	+	++	++						
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+	+++	+++	+++	+	(+)			
05. Psychiatrische Krankheiten										
06. Nervensystem	(+)	(+)	(+)	+	+	++				
07. Kreislaufsystem	+	-	(+)	-	++++	++++				
08. Atmungsorgane	-	+++	+							
09. Verdauungsorgane	-	-	+	+	+	+++				
10. Harn-, Geschlechtsorgane	++	++	++							
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	(+)	(+)	+	-	-				
13. Bewegungsapparat	+++	-	-	++++	++++	++++				
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	+	(+)	(+)					
17. Verletzungen, Vergiftungen	++++++	++++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 51 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 148551

Alter [Jahre] in 1950: -1 Geschlecht **Männlich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **3 (0.5 - 0.99 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: **78 km** Aufenthaltszeitraum: **1951 - 9/1966**

Evakuierung/Umzug: **09/1966** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: **keine Angaben**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+	+	+	+	+					
02. Neubildungen	(+)	(+)								
03. Endokrinopathien	-	-	-	+	+	+				
04. Blut, blutbildende Organe	+	+	+	(+)	-	(+)	-			
05. Psychiatrische Krankheiten	+++	+++	+	+						
06. Nervensystem	-	+	+++	+	++					
07. Kreislaufsystem	++	++	++	++						
08. Atmungsorgane	-	+	-	+						
09. Verdauungsorgane	-	+	(+)	+++	+++	+++				
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	-	-	(+)	+++					
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	-	(+)	(+)	-	-					
13. Bewegungsapparat	-	-	(+)	++	++					
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	(+)	+	(+)	(+)	+					
17. Verletzungen, Vergiftungen	++++++	++++++	+++++	+++++	++	++	++	++	++	++

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 52 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 156003

Alter [Jahre] in 1950: **11** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **3 (0.5 - 0.99 Gy)**
 Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: **78 km** Aufenthaltszeitraum: **seit 1939**
 Evakuierung/Umzug: **nein** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: **/**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+++	+++	+	+						
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	+++	+++	+++	(+)	-					
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+++	+++	+	+					
05. Psychiatrische Krankheiten	+									
06. Nervensystem	+++	+++	+							
07. Kreislaufsystem	(+)	++	++	++	++++					
08. Atmungsorgane	+++	-	++++	++++	+++++					
09. Verdauungsorgane	+++	-	+	+	(+)					
10. Harn-, Geschlechtsorgane	(+)	+++	+	+	+					
11. Schwangerschaft	-									
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+++	+++	+	-	+					
13. Bewegungsapparat	-	-	++++							
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	(+)	+						
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++		

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 53 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 156970

Alter [Jahre] in 1950: **1** Geschlecht **Männlich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **3 (0.5 - 0.99 Gy)**
 Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: **78 km** Aufenthaltszeitraum: **1949 - 1967**
 Evakuierung/Umzug: **nein** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: **/**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	-	+++								
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	-	++++								
04. Blut, blutbildende Organe	+	+++++								
05. Psychiatrische Krankheiten										
06. Nervensystem	-	+++++								
07. Kreislaufsystem	+	+++++								
08. Atmungsorgane	-	+++								
09. Verdauungsorgane	-	+++								
10. Harn-, Geschlechtsorgane	+++									
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	+++++								
13. Bewegungsapparat	-									
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	(+)	+++++								
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++++	++++						

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 54 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 167876

Alter [Jahre] in 1950: **14** Geschlecht **Männlich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **3 (0.5 - 0.99 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: **78 km** Aufenthaltszeitraum: **seit 1936**

Evakuierung/Umzug: **nein** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: **/**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+	+	+	-	-	-				
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	-	-	-	-	-	-				
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+	+	+	+	(+)	(+)	-		
05. Psychiatrische Krankheiten	+									
06. Nervensystem	+++	+++	+	+	+	+++	+++	+++		
07. Kreislaufsystem	+	-	-	(+)	+	+	+++	++++		
08. Atmungsorgane	-	-	+	-	+++	+++				
09. Verdauungsorgane	+	+++	+	+	+++	+++	+++	+		
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	-	-	-	-	-	-			
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	(+)	(+)	(+)	+	+	(+)	-		
13. Bewegungsapparat	+++	+++	+++	++++	++++	++++	++++	++++		
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+++	+++	+	+	+	+++	+			
17. Verletzungen, Vergiftungen	++++++	++++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 55 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 197139

Alter [Jahre] in 1950: 12 Geschlecht Männlich Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): 3 (0.5 - 0.99 Gy)

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: 88 km Aufenthaltszeitraum: 1938 - 1960

Evakuierung/Umzug: 1960 Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: keine Angaben

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	-	-	+	+++						
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	-	-	(+)	-	+	+	+	+++		
04. Blut, blutbildende Organe	+	(+)	+	-	-	+	(+)			
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+	+	+	+	+	+			
06. Nervensystem	+++	+	+++	+++	+	+++	+++	++++		
07. Kreislaufsystem	+	++	++	++	++	++	++++	++++		
08. Atmungsorgane	-	(+)	-	-	+++	+++				
09. Verdauungsorgane	+	(+)	-	-	-	+++	+++	+++		
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	-	-	-	-					
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	-	(+)		
13. Bewegungsapparat	+++	+++	+++	+++	+++	++++	++++			
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+++	+	+++	+++	+	+++	+++	+++		
17. Verletzungen, Vergiftungen	++++++	++++++	++++	++	++	++	++	++	++	

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 56 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 198475

Alter [Jahre] in 1950: **23** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **3 (0.5 - 0.99 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: **88 km** Aufenthaltszeitraum: **1927 - 1960**

Evakuierung/Umzug: **1960** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: **keine Angaben**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	-	-	-							
02. Neubildungen	+++++									
03. Endokrinopathien	-	-	-							
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+++	+	-	-	+				
05. Psychiatrische Krankheiten	+									
06. Nervensystem	+	+	+	++++						
07. Kreislaufsystem	+	+	+	++++						
08. Atmungsorgane	-	-	++	+++++						
09. Verdauungsorgane	+++	-	-	+++	+++++					
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	-	(+)							
11. Schwangerschaft	-									
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	(+)	(+)	(+)						
13. Bewegungsapparat	-	-	-	+++	++					
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	+	(+)						
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++++	++	++	++	++	++	++	

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 57 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 212010

Alter [Jahre] in 1950: **13** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **3 (0.5 - 0.99 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: **88 km** Aufenthaltszeitraum: **1937 - 1960**

Evakuierung/Umzug: **1960** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: **keine Angaben**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+++	+	+	+						
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	+++	+++	(+)	+						
04. Blut, blutbildende Organe	+	+	+++	+						
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+								
06. Nervensystem	+++	+	+	+						
07. Kreislaufsystem	(+)	+	(+)	+						
08. Atmungsorgane	-	+	(+)	+						
09. Verdauungsorgane	+	+	+	+++						
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	-	(+)							
11. Schwangerschaft	-									
12. Haut, Unterhautzellgewebe	-	(+)	(+)	(+)						
13. Bewegungsapparat	-	-	+	-						
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	(+)	+	+						
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++++	++	++					

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 58 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 234562

Alter [Jahre] in 1950: **34** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **3 (0.5 - 0.99 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: **109 km** Aufenthaltszeitraum: **lebenslang**

Evakuierung/Umzug: **nein** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: **/**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+++	+++	+							
02. Neubildungen	+++++									
03. Endokrinopathien	-	-	-	+						
04. Blut, blutbildende Organe	+	+	+++++							
05. Psychiatrische Krankheiten	+									
06. Nervensystem	+++	+++	+++	+++++						
07. Kreislaufsystem	(+)	+	++++	+						
08. Atmungsorgane	+	(+)	+++++							
09. Verdauungsorgane	+++	+	-	-	+					
10. Harn-, Geschlechtsorgane	+	+++++								
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	(+)	-	+						
13. Bewegungsapparat	+++	+++	+++	+++						
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+++	+++	+	++++						
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 59 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 325310

Alter [Jahre] in 1950: **43** Geschlecht **Männlich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **3 (0.5 - 0.99 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: **138 km** Aufenthaltszeitraum: **1907 - 1986**

Evakuierung/Umzug: **nein** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: **/**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	-	+++	+							
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	-	+	+							
04. Blut, blutbildende Organe	+	+	(+)							
05. Psychiatrische Krankheiten										
06. Nervensystem	++	++	++							
07. Kreislaufsystem	(+)	(+)	++	++						
08. Atmungsorgane	++	++								
09. Verdauungsorgane	+	+++	+++	+						
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	-	-							
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	-	(+)							
13. Bewegungsapparat	++	++++	++++	++++						
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+									
17. Verletzungen, Vergiftungen	++++++	++++++	++++	++++	++++	++++	++++			

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 60 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 377317

Alter [Jahre] in 1950: **24** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **3 (0.5 - 0.99 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: **148 km** Aufenthaltszeitraum: **1926 - 1973**

Evakuierung/Umzug: **1973** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: **keine Angaben**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+	+	+++	-	(+)					
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	+	+	-	-	(+)	+	+			
04. Blut, blutbildende Organe	+	+	+	(+)	+	+	(+)			
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+	+	+	+	+				
06. Nervensystem	+	+	+	+	+	+	++++	++++		
07. Kreislaufsystem	+	+	+	+	+	+	++++	++++		
08. Atmungsorgane	-	-	-	-	-	++	++			
09. Verdauungsorgane	+	+++	+++	+++	+++	+++	+++			
10. Harn-, Geschlechtsorgane	+	+	+	-	(+)	-	-			
11. Schwangerschaft	-	-	-							
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	++			
13. Bewegungsapparat	-	-	-	-	-	++	++			
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	+	+	+	+	+	+		
17. Verletzungen, Vergiftungen	++++++	++++++	++++	++++	++++	++	++	++	++	++

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 61 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 768

Alter [Jahre] in 1950: **36** Geschlecht **Männlich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **4 (>= 1.0 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: **7 km** Aufenthaltszeitraum: **1914 - 1956**

Evakuierung/Umzug: **1956** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: **keine Angaben**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+	+++	+++	+++						
02. Neubildungen	+++++	+++++	+++++							
03. Endokrinopathien	-	-	-	-	-	-	-			
04. Blut, blutbildende Organe	+	+	+	+++	+	+	+			
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+	+	+	+					
06. Nervensystem	+	+	++	++	++++	++++				
07. Kreislaufsystem	-	++	++++	++++	++++	++++	++++			
08. Atmungsorgane	++	++	+++	+++++	+++++	+++++				
09. Verdauungsorgane	+++	+++	+++	+++	+	+				
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	-	++	++	++	++				
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)			
13. Bewegungsapparat	-	-	-	++	+++					
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+++	+++	+++	+++					
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	++++	++	++	++	++	++	++		

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 62 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 3910

Alter [Jahre] in 1950: 0 Geschlecht Männlich Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): 4 (>= 1.0 Gy)

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: 7 km Aufenthaltszeitraum: 1950 - 1955

Evakuierung/Umzug: 1955 Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: keine Angaben

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	-	+	-							
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	(+)	(+)	-							
04. Blut, blutbildende Organe	+	+	-	(+)						
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+	+							
06. Nervensystem	++	++	++	++						
07. Kreislaufsystem	+	+	+	+						
08. Atmungsorgane	-	+	-							
09. Verdauungsorgane	+	+	-	+++						
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	-	-							
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	(+)	(+)	(+)						
13. Bewegungsapparat	-	-	-	-						
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	+	+						
17. Verletzungen, Vergiftungen	++++++	++++++	++	++	++	++	++			

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 63 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 4653

Alter [Jahre] in 1950: **40** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **4 (>= 1.0 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: **7 km** Aufenthaltszeitraum: **1924 - 08/1955**

Evakuierung/Umzug: **08/1955** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: **keine Angaben**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+++	+++	+++	+++	+	++	++	+++		
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	+	+	+	+++	+	+	(+)			
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+++	+++	+++	+++	+	+	+		
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+	+	+	+	+				
06. Nervensystem	+++	+++	+	++	++++	++++	++++	++++		
07. Kreislaufsystem	+	++	++	++++	++++	++++	++++			
08. Atmungsorgane	+++	+++	++	++++	++++	++++	++++			
09. Verdauungsorgane	+++	+++	+++	+	+	+++	+++	+++		
10. Harn-, Geschlechtsorgane	++	+++	+++	+	++	++	++			
11. Schwangerschaft	-									
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+++	+++	(+)	+++	+	-	(+)	-		
13. Bewegungsapparat	(+)	+++	-	-	-	++	++			
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+++	+++	+	+	+	+	+	+		
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++++	+++++++	++	++	++	++	++	++		

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 64 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 5007

Alter [Jahre] in 1950: **15** Geschlecht **Weiblich**

Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **4 (>= 1.0 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: **7 km**

Aufenthaltszeitraum: **1935 - 08/1954**

Evakuierung/Umzug: **08/1954**

Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: **keine Angaben**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+++									
02. Neubildungen	++++++									
03. Endokrinopathien	+									
04. Blut, blutbildende Organe	++++++									
05. Psychiatrische Krankheiten										
06. Nervensystem	+++									
07. Kreislaufsystem	+									
08. Atmungsorgane	+++++									
09. Verdauungsorgane	+++++									
10. Harn-, Geschlechtsorgane	+++									
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+++									
13. Bewegungsapparat	+++									
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+++++									
17. Verletzungen, Vergiftungen	++++++									

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 65 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 6903

Alter [Jahre] in 1950: **13** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **4 (>= 1.0 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: **7 km** Aufenthaltszeitraum: **1937 - 1956**

Evakuierung/Umzug: **1956** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: **keine Angaben**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+++	-	-							
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	-	-	(+)	+	+	+++				
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+	(+)	(+)	+	+				
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+	+							
06. Nervensystem	+	+	-	+	+++	++				
07. Kreislaufsystem	-	-	-	+	++	++				
08. Atmungsorgane	(+)	+	-							
09. Verdauungsorgane	+++	+	+++	+	+++	+++++				
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	(+)	+	-						
11. Schwangerschaft	-	-								
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+++	+++	-	(+)	(+)	(+)				
13. Bewegungsapparat	-	-	-	+++	++++					
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	+	+	+					
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++	++	++	++	++	++	++	

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 66 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 9396

Alter [Jahre] in 1950: **49** Geschlecht **Männlich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **4 (>= 1.0 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: **7 km** Aufenthaltszeitraum: **1945 - 08/1956**

Evakuierung/Umzug: **08/1956** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: **keine Angaben**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	-	+	+++							
02. Neubildungen	+++++	+++++								
03. Endokrinopathien	-	-	-	++	++					
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+++	+++++	+++++						
05. Psychiatrische Krankheiten										
06. Nervensystem	+	+++	+++	++++	++++					
07. Kreislaufsystem	+	++++	++++	++++	++++					
08. Atmungsorgane	+++	++++	++++	++++	++++					
09. Verdauungsorgane	++++	++++	++++	++++	++++					
10. Harn-, Geschlechtsorgane	+	+	+							
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+	+++	-	+	+					
13. Bewegungsapparat	+++	+++	+++	++++	++++					
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	+	+	++					
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++	++	++					

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 67 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 9755

Alter [Jahre] in 1950: **43** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **4 (>= 1.0 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: **7 km** Aufenthaltszeitraum: **1926 - 1956**

Evakuierung/Umzug: **1956** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: **keine Angaben**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	-	-	+++++							
02. Neubildungen	+++++									
03. Endokrinopathien	-	-	-	+++						
04. Blut, blutbildende Organe	+	+	(+)	(+)	+++					
05. Psychiatrische Krankheiten										
06. Nervensystem	++	++	++	++	++	++	++++			
07. Kreislaufsystem	++	++	++	++	++	++++	++++			
08. Atmungsorgane	-	+++++								
09. Verdauungsorgane	+++	+++	+++	+++	+					
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	-	(+)							
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	-	-	(+)	(+)						
13. Bewegungsapparat	-	-	++	++	++					
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	(+)							
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++	++	++	++	++	++		

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 68 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 12085

Alter [Jahre] in 1950: 27 Geschlecht Weiblich Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): 4 (>= 1.0 Gy)

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: 7 km Aufenthaltszeitraum: 09/1949 - 1956

Evakuierung/Umzug: 1956 Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: keine Angaben

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+++++	+++	-	-	+	+				
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	-	+	+	+	+	+				
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+++	+	+	+	(+)	(+)	(+)		
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+	+	+						
06. Nervensystem	+++	+++	+	+++	++	+++	+++	++++		
07. Kreislaufsystem	+++++	++	++	++	++++	++++	++++	++++		
08. Atmungsorgane	+	+	+	+	+					
09. Verdauungsorgane	+++	+++	+	+++	+++	-				
10. Harn-, Geschlechtsorgane	++	+++	++	-	++	-	+			
11. Schwangerschaft	-									
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+	+++	+	+	(+)	++	++	(+)		
13. Bewegungsapparat	+++	+++	++++	++++	++++	++++	++++	++++		
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+++	+++	+++	+++	+	+++	+++	+++		
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++	++	++	++	++	++	++	

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 69 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 13618

Alter [Jahre] in 1950: **25** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **4 (>= 1.0 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: **7 km** Aufenthaltszeitraum: **1925 - 1956**

Evakuierung/Umzug: **1956** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: **keine Angaben**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+++	+++	-							
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	(+)	-	+	+						
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+++	+	+	(+)					
05. Psychiatrische Krankheiten	+									
06. Nervensystem	+	+++	+++	+++						
07. Kreislaufsystem	+	+	+	++	++					
08. Atmungsorgane	-	-	-							
09. Verdauungsorgane	+++	+++	+	+	+++					
10. Harn-, Geschlechtsorgane	+	(+)	-	+++						
11. Schwangerschaft	-	-								
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+++	+++	+	-						
13. Bewegungsapparat	+++	+++	-	++++	++++					
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	+	+						
17. Verletzungen, Vergiftungen	++++++	++++++	++	++	++	++	++	++	++	

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 70 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 16200

Alter [Jahre] in 1950: **30** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **4 (>= 1.0 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: **7 km** Aufenthaltszeitraum: **1920 - 03/1956**

Evakuierung/Umzug: **03/1956** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: **keine Angaben**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+++	+++	+++	-	+++	+++	-			
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	+	-	-	+	++	++	++++	++++		
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+++	+	+++	+++	+++	+	+		
05. Psychiatrische Krankheiten	+									
06. Nervensystem	+	+++	+	+	++	++	++++			
07. Kreislaufsystem	-	+	+	+	+	++	++			
08. Atmungsorgane	+++	+++	+++	(+)	+++	+++				
09. Verdauungsorgane	+++	+++	+++	(+)	+++	+++	+++	+++		
10. Harn-, Geschlechtsorgane	+++	++++	-	+++	+++	++				
11. Schwangerschaft	-									
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+	+++	+	+	+	+	-	-		
13. Bewegungsapparat	+++	+++	+++	+++	++++	++++	++++			
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+++	+	+	-	+				
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++++	++	++	++	++	++	++	++		

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 71 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 44635

Alter [Jahre] in 1950: 14 Geschlecht Weiblich Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): 4 (>= 1.0 Gy)

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: 41 km Aufenthaltszeitraum: 1936 - 1954

Evakuierung/Umzug: 1954 Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: keine Angaben

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+++	+	+++	+++++						
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	+++	-	-	(+)	+++					
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+++	+	+++	+	-	+++++			
05. Psychiatrische Krankheiten	+++	+	+							
06. Nervensystem	+++	-	(+)	+	+++	+++				
07. Kreislaufsystem	(+)	(+)	-	-	-	+				
08. Atmungsorgane	(+)	-	+	+++	+++	+++				
09. Verdauungsorgane	+++	+++	+	+	+++	+++	+++			
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	-	-	-	-					
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+++	-	+	(+)	(+)	(+)	+++			
13. Bewegungsapparat	+++	+++	++++	++++	++++	++++				
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+++	-	+	+	+++	+++	+++++			
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	++	++	++	++	++	++			

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 72 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 61127

Alter [Jahre] in 1950: **29** Geschlecht **Männlich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **4 (>= 1.0 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: **48 km** Aufenthaltszeitraum: **1921 - 1955**

Evakuierung/Umzug: **1955** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: **keine Angaben**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+++	-	-	-	-	-	-	-		
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	-	-	-	-	(+)	-	-	-		
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+	+	+	+	+	-	+		
05. Psychiatrische Krankheiten										
06. Nervensystem	+	+	(+)	(+)	+++	+++	++++	++++		
07. Kreislaufsystem	(+)	(+)	(+)	-	+++	++++	++++	++++		
08. Atmungsorgane	-	-	-	-	-	+++	-	++		
09. Verdauungsorgane	+++	+	+++	+++	+++	+++	+++	+		
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	-	-	-	-	-	-	-		
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	-			
13. Bewegungsapparat	+++	+++	+++	+++	++++	++++	++++	++++		
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+++	+	+	+	+++	+++	-	+		
17. Verletzungen, Vergiftungen	++++++	++++++	++	++	++	++	++			

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 73 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 62751

Alter [Jahre] in 1950: **20** Geschlecht **Männlich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **4 (>= 1.0 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: **50 km** Aufenthaltszeitraum: **1930 - 06/1955**

Evakuierung/Umzug: **06/1955** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: **keine Angaben**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	-	-	+	+	-	+	+			
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	-	-	-	(+)	-	+	+			
04. Blut, blutbildende Organe	+	+	(+)	(+)	(+)	+	(+)	+		
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+	+							
06. Nervensystem	+++	+++	+++	+	+++	+++	++++	++++		
07. Kreislaufsystem	-	(+)	+	++++	++++	+++++	+++++			
08. Atmungsorgane	+	+	++++	++++						
09. Verdauungsorgane	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++		
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	-	-	-	++++	++++				
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+	+	+	(+)	+	+	(+)	(+)		
13. Bewegungsapparat	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++		
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+++	+++	+++	+	+++	+++	+++	+++		
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++	++	++	++	++	++	++	

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 74 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 62794

Alter [Jahre] in 1950: 25 Geschlecht Männlich Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): 4 (≥ 1.0 Gy)

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: 48 km Aufenthaltszeitraum: 1925 - 1955

Evakuierung/Umzug: 1955 Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: keine Angaben

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	++	++	++	++	++	++				
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	+	(+)	-	(+)	-	+				
04. Blut, blutbildende Organe	+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)				
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+								
06. Nervensystem	+	+	-	++	++	++				
07. Kreislaufsystem	(+)	-	-	++++	++++	++++				
08. Atmungsorgane	++	++	++	++	++	++				
09. Verdauungsorgane	+++	+++	+++	+++	+++	+++				
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	-	-	-	-	-				
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+	-	-	-	+	+				
13. Bewegungsapparat	++	++	++	++	++					
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	+	+	(+)	(+)				
17. Verletzungen, Vergiftungen	++++++	++++++	++	++	++	++	++			

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 75 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 63645

Alter [Jahre] in 1950: 15 Geschlecht Männlich Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): 4 (>= 1.0 Gy)

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausstritt: 50 km Aufenthaltszeitraum: 1935 - 07/1955

Evakuierung/Umzug: 1955 Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausstritt: keine Angaben

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	-	-	+	(+)	-	+	-	-		
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	(+)	-	-	-	-	(+)	-	-	-	
04. Blut, blutbildende Organe	+	+	+	+	(+)	+	+	+	(+)	
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+	+							
06. Nervensystem	++	++	++	++	++++	++++	++++	++++	++++	
07. Kreislaufsystem	+	+	+	(+)	-	+	+	(+)	++++	
08. Atmungsorgane	(+)	(+)	-	-	(+)	+	++	++	++	
09. Verdauungsorgane	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	-	-	+	(+)	-	-	-	-	
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
13. Bewegungsapparat	+++	+++	+++	+++	+++	++++	++++	++++	++++	
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	+	+	+	++	++	++	++	
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++++	+++++++	++	++	++	++	++	++		

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 76 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 65997

Alter [Jahre] in 1950: 13 Geschlecht Männlich Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): 4 (>= 1.0 Gy)

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: 54 km Aufenthaltszeitraum: 1937 - 1955

Evakuierung/Umzug: 1955 Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: keine Angaben

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	-	-	-	-						
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	+	+	+	+	+++	++++				
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+	+	+	-	+				
05. Psychiatrische Krankheiten										
06. Nervensystem	+	+	+	++						
07. Kreislaufsystem	+	-	-	++++	++++	++++				
08. Atmungsorgane	-	-	+	+	+	++++				
09. Verdauungsorgane	+++	+++	+++	+++	+++	+++				
10. Harn-, Geschlechtsorgane	+	+	(+)	+	-	++				
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	-	-	-	-	-					
13. Bewegungsapparat	+++	-	++++	++++	++++	++++				
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	+	++	+					
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++++	+++++++	++	++	++	++	++	++	++	

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 77 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 140809

Alter [Jahre] in 1950: **16** Geschlecht **Männlich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **4 (>= 1.0 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenaustritt: **78 km** Aufenthaltszeitraum: **1934 - 1995**

Evakuierung/Umzug: **nein** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenaustritt: **/**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	-	+++	+++	+	+++	-	+++	+		
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	-	(+)	+	+	+	+	++	++	++	
04. Blut, blutbildende Organe	+	+	(+)	+	+	-	-	-		
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+	+	+++						
06. Nervensystem	+	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	
07. Kreislaufsystem	+	++	++	++	++	++++	++++	++++	++++	
08. Atmungsorgane	-	(+)	-	+	-	++	++	++		
09. Verdauungsorgane	(+)	+++	-	+++	+++	+++	+++	+++	+++	
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	-	-	-	-	-	-	-	(+)	
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	+	(+)	(+)	(+)	-	+	(+)	-	
13. Bewegungsapparat	+++	+++	+++	+++	++++	++++	++++	++++		
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
17. Verletzungen, Vergiftungen	++++++	++++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 78 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 142349

Alter [Jahre] in 1950: 12 Geschlecht Weiblich Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): 4 (≥ 1.0 Gy)

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: 78 km Aufenthaltszeitraum: 1938 - 1959

Evakuierung/Umzug: 1959 Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: keine Angaben

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+									
02. Neubildungen	+++++									
03. Endokrinopathien	-	+	+++							
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+	+++++							
05. Psychiatrische Krankheiten	+									
06. Nervensystem	+	+	+++							
07. Kreislaufsystem	(+)	+	+							
08. Atmungsorgane	(+)	+								
09. Verdauungsorgane	+++	+++	+							
10. Harn-, Geschlechtsorgane	+	-								
11. Schwangerschaft	-	-								
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+	-	+++							
13. Bewegungsapparat	+++	+++	+++							
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+++	+++	+++++							
17. Verletzungen, Vergiftungen	+++++	+++++	++	++	++	++	++	++		

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 79 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 162380

Alter [Jahre] in 1950: **14** Geschlecht **Männlich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **4 (>= 1.0 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: **78 km** Aufenthaltszeitraum: **1936 - 1960**

Evakuierung/Umzug: **1960** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: **keine Angaben**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+++	+	+	+	-					
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	-	-	+	+	+	-				
04. Blut, blutbildende Organe	+	-	(+)	(+)	+	(+)				
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+	+	+	+					
06. Nervensystem	+	+	+	++	++	++				
07. Kreislaufsystem	+	-	-	+	(+)	+				
08. Atmungsorgane	-	(+)	-	-	-	-				
09. Verdauungsorgane	+++	+++	+++	+++	+++	+++				
10. Harn-, Geschlechtsorgane	-	-	-	-	-	-				
11. Schwangerschaft										
12. Haut, Unterhautzellgewebe	(+)	-	(+)	(+)	(+)	-				
13. Bewegungsapparat	+++	++	++	++	++	++				
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	+++	+	+	-				
17. Verletzungen, Vergiftungen	++++++	++++++	+++++	++	++	++	++	++	++	

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Tabelle 80 :Morbiditätsentwicklung (seit 1950) in 5-Jahresabständen nach ICD-9-Klassifikation für Patient Nr. 167431

Alter [Jahre] in 1950: **33** Geschlecht **Weiblich** Dosisgruppe (Knochenmarksdosis): **4 (>= 1.0 Gy)**

Entfernung des Wohnorts vom Strahlenausritt: **78 km** Aufenthaltszeitraum: **seit 1934**

Evakuierung/Umzug: **nein** Entfernung des neuen Wohnorts vom Strahlenausritt: **/**

Organsystem	1950-54	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99
01. Infektionen	+	+++	+++	+						
02. Neubildungen										
03. Endokrinopathien	-	(+)	-	-	(+)					
04. Blut, blutbildende Organe	+++	+++	+	+	+	+	(+)			
05. Psychiatrische Krankheiten	+	+	+							
06. Nervensystem	+	+	(+)	++	++					
07. Kreislaufsystem	-	(+)	(+)	++	++++	++++				
08. Atmungsorgane	(+)	(+)	(+)	(+)	+					
09. Verdauungsorgane	+++	+++	+++	(+)	+++	+++				
10. Harn-, Geschlechtsorgane	+	+	+++	-	+++					
11. Schwangerschaft	-									
12. Haut, Unterhautzellgewebe	+	+++	-	+	-					
13. Bewegungsapparat	+++	+	++	++	++	++				
14. Kongenitale Anomalien										
15. Affektionen in Perinatalzeit										
16. Symptome, Affektionen	+	+	(+)	+	+					
17. Verletzungen, Vergiftungen	++++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	

Gy: Gray leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch Gy: Gray
 leeres Feld: keine Information vorhanden -: Normalbefund (+): Nebenbefund, untere/obere Normgrenze +: milde Form, transitorisch
 ++: milde Form, irreversibel +++: moderat, transitorisch ++++: moderat, irreversibel +++++: schwer, transitorisch ++++++: schwer, irreversibel

Danksagung

Als erstes möchte ich mich bei Herrn **Prof. (em.) Dr. med. Dr. h. c. mult. Theodor M. Fliedner** für die äußerst wertvolle fachliche und menschliche Unterstützung herzlich bedanken, die mir die Anfertigung dieser Arbeit durch produktive Diskussionen, Anregungen und Ermutigung überhaupt ermöglichte.

Die vorliegende Arbeit entstand innerhalb einer Kooperation der Arbeitsgruppe für strahlenmedizinische Forschung der Universität Ulm mit dem Uraler Forschungszentrum für Strahlenmedizin in Tscheljabinsk, Rußland (Ural's Research Center for Radiation Medicine, URCRM). Dessen ärztlicher Geschäftsführer Herrn **Prof. Dr. Alexander V. Akleyev** und insbesondere der verantwortlichen Leiterin der klinischen Abteilung und dem epidemiologischen Labor Frau **Prof. Dr. Mira M. Kossenko** und dem **ganzen Team des URCRM** sei an dieser Stelle für die hervorragende produktive fachliche Zusammenarbeit gedankt. Dieses Projekt wurde gefördert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Rahmen des Bundesamtes für Strahlenschutz.

Dank gebührt auch Frau **Dr. med. Melanie Weiss** aus der Arbeitsgruppe für strahlenmedizinische Forschung, die eine Vorreiterfunktion für das Zustandekommen des gemeinsamen Projektes mit den russischen Kooperationspartnern hatte. Diese Arbeit wäre auch so nicht entstanden ohne die wohlwollende Unterstützung **aller Kollegen** (ehemalig und aktuell) aus dieser Arbeitsgruppe. Insbesondere möchte ich mich bei **Frau Stefanie Braig, Herrn Dr. biol. hum. Dieter H. Gräßle, Frau Annett Kratzer** und **Herrn Dipl. math. Rober Wedel** für die kritischen Anmerkungen, kompetente Beratung und sachliche Hilfe bedanken. Es hat besonderen Spaß gemacht mit ihnen zu arbeiten.

Ich möchte mich außerdem auch bei **PD Dr. med. Donald Bunjes** bedanken - für die fachliche Beratung und konstruktive Anregung.

Für die Nutzung der Ressourcen und technischen Infrastruktur des Forschungsinstituts für anwendungsorientierte Wissensverarbeitung (FAW) im Science Park I, Ulm, möchte ich mich bei seinem Leiter **Prof. Dr. Dr. Franz Josef Radermacher** bedanken.

„Last but not least“ danke ich vom ganzen Herzen meinen Mann Rüdiger Paulsen, der mir die nötige Kraft gegeben hat mit Ermutigung und moralischer Unterstützung.