

II.1.4.9 Leukämie als Zweittumor

II.1.4.9.1 Einleitung

Nach einer Tumortherapie tritt gehäuft als Zweittumor auch eine Leukämie auf. Dabei steht die AML auffallend im Vordergrund. Da häufig in der Behandlung des Ersttumors eine Strahlentherapie eingesetzt worden war, wurde dies auch als Argument für die These herangezogen, die AML sei die strahlentypische Leukämie,

Eine differenzierte Betrachtung ergibt jedoch ein anderes Bild.

Beachtet werden muß das Alter der Patienten zur Zeit der Therapie des Ersttumors und die Art der Behandlung.

II.1.4.9.2 Therapie des Ersttumors im Erwachsenenalter

In einer umfangreichen Studie einer Kohorte von 82.700 Frauen nach der Therapie eines Mammakarzinoms wurden 90 Fälle mit einer Leukämie oder einem MDS einer Fall-Kontroll-Studie zugeführt [19]. Nach einer Strahlentherapie waren eine ALL und CML mit der gleichen relativen Häufigkeit vermehrt aufgetreten wie eine ANLL und MDS, obwohl in der absoluten Anzahl die ANLL mit 74 Fällen und die MDS mit 6 Fällen weitaus häufiger waren, als die 7 CML und 3 ALL (s. Tab. 14, S. 141). Ohne Einsatz einer Strahlentherapie wurden weder eine ALL noch eine CML beobachtet, aber für ANLL und MDS ein vierfach höheres relative risk als nach Strahlentherapie.

Tab. 14: Relative Risk für verschiedene Typen einer Leukämie als Zweittumor nach Strahlentherapie oder Chemotherapie eines Mammakarzinoms
Daten nach [19]

Therapie	ALL, CML	ANLL, MDS
Strahlentherapie	2,1	2,1
Chemotherapie	0	8,7

Die vorherrschende Bedeutung bei der Auslösung der ANLL durch eine Chemotherapie konnte alkylierenden Substanzen zugemessen werden. Sie erhöhten das relative risk auf den Wert 10,0, in Kombination mit einer Strahlentherapie auf 17,4 (s. S. 66, S. 143). Es scheint sich bei dem Zusammenwirken beider Einflußfaktoren um einen nahezu multiplikativen Prozeß zu handeln, wobei jedoch die Chemotherapie mit alkylierenden Substanzen weit im Vordergrund steht. Für Cyclophosphamid und besonders für Melphalan wurde jeweils ein signifikanter Trend des relative risk in Abhängigkeit von der Dosis und der Behandlungszeit gefunden. Bei einer Behandlungsdauer mit dem besonders leukämogenen Melphalan von mehr als 15 Monaten stieg das relative risk sogar auf 105 an.

Eine signifikante Korrelation des relative risk bestand auch zur gewichteten Strahlendosis des roten Knochenmarks. Es wird aber deutlich, daß in einer Gruppe, deren Schicksal nach einer Karzinomtherapie ohne eine Differenzierung in die verschiedenen Arten der Nachbehandlung verfolgt wird, die Häufigkeit einer Leukämie von den ANLL, der AML und des MDS durch Chemotherapie, dominiert wird und der Effekt einer Strahlentherapie daneben kaum sichtbar wird.

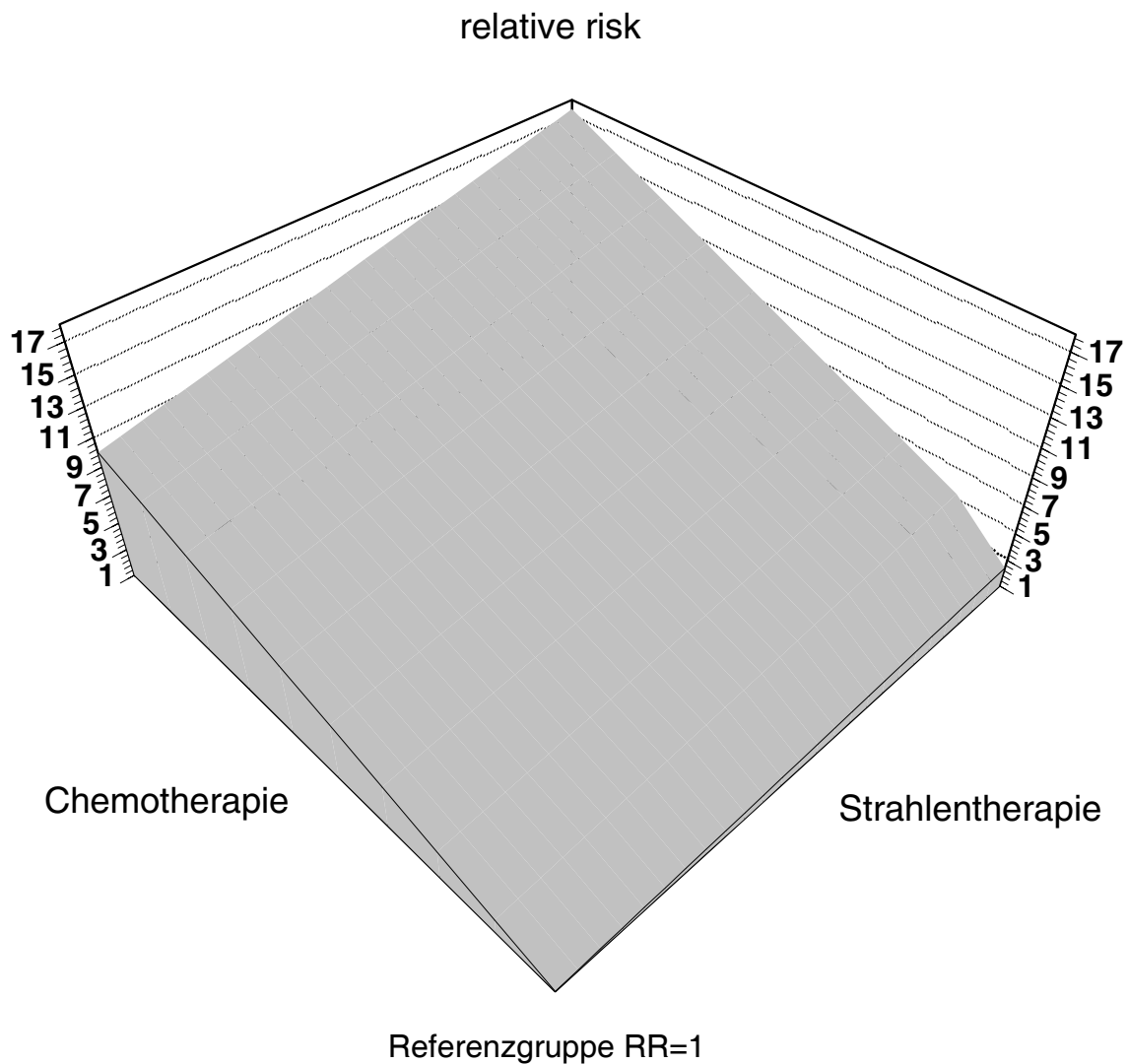


Abb. 66: Relative risk für Leukämie nach Strahlentherapie und/oder Chemotherapie
Nachbehandlung eines Mammakarzinoms. Chemotherapie mit alkylierenden Substanzen
Relative risk von ANLL und MDS
Die Fall-Kontroll-Gruppe ohne Strahlentherapie und Chemotherapie diente als
Referenzgruppe und hatte definitionsgemäß ein RR = 1
Daten nach [19]

Das relative risk einer ANLL als Zweittumor nimmt signifikant mit dem Quadrat des Alters bei Chemotherapie eines Erwachsenen zu. Da die Inzidenz einer spontanen ANLL mit zunehmendem Lebensalter ebenfalls in einer quadratischen Funktion zunimmt, stützt das ein relative risk-Modell für die Induktion einer Leukämie durch die Chemotherapie.

II.1.4.9.3 Therapie des Ersttumors im Kindesalter

Das Alter zum Zeitpunkt der Therapie hat einen so großen Einfluß auf den Typ der Leukämie, daß auch innerhalb des Kindesalters eine Unterscheidung verschiedener Lebensabschnitte sinnvoll ist. Schließlich ist auch der spontan vorherrschende Typ stark vom Alter des Kindes abhängig (s. Kapitel **II.1.4.7.3**). Aus einer Reihe von Publikationen über Zweittumore nach Therapie eines Malignoms mit Strahlentherapie und Chemotherapie, die ausreichende klinische Kasuistiken enthielten, konnte die Übersicht in Tab. 15 (S. 144) zusammengestellt werden. Nach einer Exposition in einem Lebensalter unter 10 Jahren traten fast so viele ALL und AU auf wie ANLL, erst bei höherem Lebensalter zeigte sich die Dominanz der ANLL.

Tab. 15: Typ der Leukämie als Zweittumor in Abhängigkeit vom Alter bei Behandlung des Ersttumors mit Strahlentherapie und Chemotherapie
Bei 2 ALL und 1 ANLL in der Altersgruppe 0-9 Jahre nur Strahlentherapie
Daten nach **14, 20, 57, 78, 87**

Alter [Jahre]	ALL, AU	ANLL
0-9	4	5
10-14	0	4

Bemerkenswert ist die außerordentlich kurze Latenzzeit für die Entwicklung einer AML nach Chemotherapie, die sich markant von dem Verhalten einer radiogenen Leukämie unterscheidet (s. Abb. 67, S. 145).

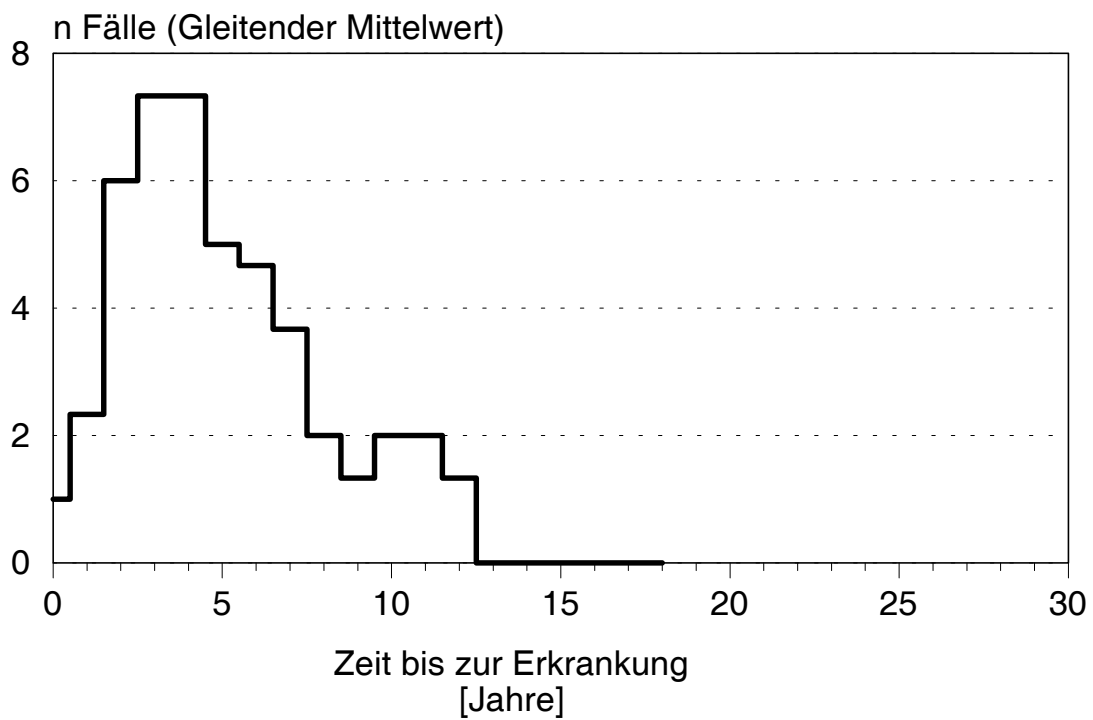


Abb. 67: Zeit bis zur Erkrankung an einer Leukämie nach Chemotherapie
Daten nach [1, 10, 66]

II.1.4.10 Zusammenfassung

II.1.4.10.1 Formale und inhaltliche Struktur des Beitrages

Im Zentrum stehen die absolute und relative Häufung kindlicher Leukämien und das erhöhte relative risk einer CML der Erwachsenen in der Umgebung des AKW Krümmel. Gegen einen ursächlichen Zusammenhang war vorgebracht worden, die erforderlichen Strahlendosen seien so hoch, daß sie in der Umgebung dieses AKW nicht aufgetreten sein konnten. Überdies war behauptet worden, eine kindliche ALL werde durch niedrige Strahlendosen nicht oder nur selten ausgelöst, die strahlentypische Leukämie sei bei Kindern wie Erwachsenen eine AML.

Die Auseinandersetzung mit diesen Fragen zentriert sich hier auf die Leukämien im engeren Sinne.

II.1.4.10.2 Die besondere Stellung der Leukämie unter den strahleninduzierten Tumoren

Leukämien sind nach einer Strahlenbelastung nur für etwa 10% der Schadenserwartung an Todesfällen durch bösartige Tumore verantwortlich. Dennoch eignen sie sich besonders, auf eine Strahlenbelastung als Ursache zusätzlicher Gesundheitsschäden aufmerksam zu machen. Gründe dafür sind: Das hohe relative risk für die radiogene Auslösung, die niedrige spontane Häufigkeit, die kurze Latenzzeit und die zeitliche Dichte der Erkrankungen.

II.1.4.10.3 Ergebnisse der RERF zur Leukämie

Mit großem Aufwand und unter persönlicher Mitwirkung des führenden Mitarbeiters der FAB-Arbeitsgruppe Bennett waren die Diagnosen der Leukämiefälle unter den Atombombenopfern revidiert worden. Die Zahl der Fälle war über die Mortalitätsstatistik der LSS hinaus durch Erfassung der Inzidenz in Hiroshima und Nagasaki erweitert worden. Die Dosiswirkungsbeziehung für die verschiedenen Leukämietypen ist extrem unterschiedlich. Die in Nagasaki endemische ATL, hervorgerufen durch das HTLV-1-Virus, zeigt keinen erkennbaren Dosiseffekt. Die ALL hat ein etwa dreifach und die CML ein etwa zweifach größeres excess relative risk im Vergleich zur AML. CLL,

MDS und Haarzellen-Leukämien waren aufgrund der geringen Anzahl in einer Sammelgruppe zusammengefaßt worden, deren Dosisereffekt etwa dem der AML entspricht. Da die AML spontan und nach einer Strahlenbelastung absolut gesehen der häufigste Typ ist, muß bei der Analyse epidemiologischer Daten sorgfältig zwischen absoluten und relativen Häufigkeitsvergleichen differenziert werden.

Die Ausprägung des relative risk wird durch das Alter bei Strahlenbelastung, das Geschlecht, der nach der Strahlenbelastung vergangenen Zeit (TSE) und dem Ort der Atombombenexplosion so modifiziert, daß Betrachtungen von Mittelwerten ein völlig falsches Bild ergeben können. In Hiroshima war das relative risk für eine CML zu Beginn der Beobachtungsperiode, dem 5. Jahr nach der Atombombenexplosion, am höchsten. Für einen Mann von 25 Jahren ATB beträgt die Verdoppelungsdosis dann nur etwa 5 mSv. Wegen der niedrigen spontanen Inzidenz geht die Verdoppelungsdosis bei Männern mit abnehmendem Lebensalter weiter zurück, bis zum 10. Lebensjahr um eine Größenordnung.

Auch die Fortschreibung der Mortalitätsstatistik bis 1990 bestätigt die Beobachtungen nach einer Strahlentherapie, daß nach einer Strahlenbelastung praktisch lebenslanglich eine erhöhte Gefährdung für eine Leukämie persistiert. In der Regel handelt es sich bei den späten Fällen um eine AML. Durch die ausgeprägte Häufung der zusätzlichen Fälle nach einer Strahlenbelastung in den ersten Jahren nimmt ein als Mittelwert über die gesamte Beobachtungsperiode berechnetes relative risk mit zunehmender Zeitspanne ab.

Besonders drastisch ist das relative risk bei Kindern nach einer Strahlenbelastung in den ersten Lebensjahren erhöht. Die Verdoppelungsdosen sinken in den ersten Jahren der Beobachtung bis auf Werte um ein bis zwei Millisievert. Diese Auswertungen beruhen auf der Mortalitätsstatistik und sind noch nicht nach Typ der Leukämie differenziert.

Es wird von den japanischen Ärzten betont, daß sich das klinische Bild der Leukämien unter den Atombombenopfern nicht von dem spontaner Erkrankungen unterscheidet. Bei näherer Betrachtung fanden sie aber nach einer Dosis über 1 Gy (Strahlenfeld) überdurchschnittlich häufig den Subtyp M_6 (Erythroleukämie) und keine der seltenen M_3 , Promyelozyten-Leukämie. Dies kann ein Hinweis auf besonders schwere Schäden im Genom sein, da eine Häufung von M_6 charakteristisch für die Leukämien nach Einwirkung dichtungisierender Strahlung ist. In der Hochdosisgruppe fand sich auch kein Fall einer AML mit Euploidie und unter den Fällen einer AML eine besonders hohe Häufigkeit von Chromosomenaberrationen. Nach hohen Dosen und Einwirkung dichtungisierender Strahlung scheinen

sich also nicht nur absolut, sondern auch relativ spezifische Formen der AML zu häufen. Daraus kann aber nicht der Schluß gezogen werden, daß dies für den Niedrigdosisbereich auch gilt.

Bei Erwachsenen scheint sich die leukämogene Wirkung chemischer Schadstoffe, wie sie in Berufen der Metallverarbeitung und beim Umgang mit Farben und Lösungsmitteln auftreten, und die Auswirkung einer Strahlenbelastung gegenseitig zu verstärken. Die Frage nach einem additiven oder multiplikativen Effekt kann aus der Beobachtung der Atombombenopfer bisher nicht beantwortet werden.

Die medizinische Strahlenbelastung war in der Kohorte der LSS hochsignifikant größer als in der normalen Bevölkerung, z.B. der Gruppe der NIC. Innerhalb der verschiedenen Dosisklassen scheint aber kein wesentlicher Unterschied zu bestehen.

Nach pränataler Strahlenbelastung fand sich im Erwachsenenalter eine signifikante Steigerung der Krebsmortalität, wobei für die Leukämien die Steigerung nur marginal signifikant war. Dies ist die erste Kohorte, an der diese Auswirkung gezeigt werden konnte. Während des Kindesalters fehlte eine auffällige Vermehrung von Tumoren. Aus statistischen Gründen ist diese Beobachtung aber dennoch mit den Befunden einer signifikanten Vermehrung bösartiger Tumore inklusive der Leukämien nach pränataler Strahlenbelastung aus medizinischen Gründen vereinbar.

Nach präkonzeptioneller Strahlenbelastung war das excess relative risk für Leukämie zwar erhöht, die schwache Ausprägung unterschied sich jedoch nicht signifikant von Null. Die Berechnungen waren auf die kombinierte Gonadendosis beider Eltern bezogen worden. Erhebliche sozioökonomische Inhomogenitäten zwischen den Dosisklassen verlangen, daß diesem Merkmal auch in den Auswertungen der übrigen Dosiswirkungsbeziehungen mehr Aufmerksamkeit gewidmet wird.

II.1.4.10.4 Probleme bei der quantitativen Übertragung auf andere Populationen

Was bereits beim Vergleich der Leukämien und soliden Tumoren nach einer Strahlenbelastung zu beachten ist, gilt auch für den Unterschied zwischen verschiedenen Typen der Leukämie. Zeigt ein Typ wie die AML eine relativ große spontane Inzidenz, tritt auch bei einem niedrigen relative risk eine größere absolute zusätzliche Zahl von Fällen auf als bei der CML. Die CML wird dagegen trotz des niedrigeren absolute risk wegen ihres höheren relative risk nach niedrigeren Strahlendosen zu einem auffallenderen Effekt führen können. Treten die zusätzlichen Krankheitsfälle auch noch in einem

kürzeren Beobachtungszeitraum auf, verschärft sich der Unterschied in der Erkennbarkeit eines Dosiseffektes noch.

Bei genügend langem Beobachtungszeitraum ist ein Vergleich zwischen Populationen mit dem absolute risk Modell gegenüber Unterschieden der Beobachtungszeit robuster, wenn sich die zusätzlichen Krankheitsfälle in einem relativ kurzen Zeitraum häufen. Dies ist aber kein Beweis dafür, daß das gewählte Modell zutrifft. Bei Übertragung auf eine andere Population oder eine andere Epoche mit einer höheren spontaner Inzidenz, aus welchen Gründen auch immer, führt das absolute risk Modell zu einer Unterschätzung der Schadenserwartung. Es wird dafür plädiert, im Niedrigdosisbereich für die ALL und CML vom relative risk Modell auszugehen.

Aus dem Vergleich mit anderen Kohorten nach einer Strahlenbelastung steht fest, daß vor allem bei den Typen ALL und CML sich ein beachtlicher Teil der Erkrankungsfälle bereits vor Beginn der epidemiologischen Erfassung in Hiroshima und Nagasaki ereignet hatten. Dies führt besonders für die Bestimmung des relative risk und der Verdoppelungsdosis für kurze Zeiten nach einer Strahlenbelastung zu einer erheblichen Unterschätzung. Für die Auslösung einer CML bei einem Mann mit 25 Jahren ATB führt eine Extrapolation zurück zum 3. Jahr zu einer Verminderung der Verdoppelungsdosis auf fast die Hälfte. Für die Auslösung einer Leukämie im Kindesalter ist der Effekt noch größer.

Probleme bereitet die Dosimetrie auch nach der Revision DS86 aus mehreren Gründen. Unterschiede in der biologischen Wirksamkeit der lockerionisierenden Strahlung in Abhängigkeit von ihrer Energie bestehen trotz der Praxis, diesen im administrativen Strahlenschutz eine identische Wirksamkeit zuzuschreiben. Nach dem derzeitigen Stand des Wissens scheinen Röntgenstrahlen und ihnen äquivalente Strahlen etwa 3,6fach wirksamer zu sein als die Gammastrahlung der Atombomben. Die relative Wirksamkeit der Neutronen im Vergleich zur Gammastrahlung der Atombomben wurde in verschiedenen Auswertungen der RERF teils mit 1 (meist zur Beschreibung des Strahlenfeldes), teils mit 10 (zur Beschreibung der Organdosen) angesetzt, während das BEIR V-Komitee mit 20 gerechnet hat. Die Annahme einer noch höheren RBW führt keineswegs zu niedrigeren Werten für die leukämogene Wirksamkeit von Gammastrahlung im Niedrigdosisbereich, sondern zu einem größeren Effekt. Die Ursache dafür liegt darin, daß für Leukämien mit einer quadratischen Dosiswirkungskurve gerechnet wird und sich eine größere RBW im Bereich hoher Dosen, die einen relativ größeren Anteil an Neutronen haben, dämpfend auf den quadratischen und steigernd auf den linearen Teil der Kurve auswirkt.

In Hiroshima wird für größere Entfernungen vom Nullpunkt eine zunehmende Unterschätzung der Dosis durch thermische Neutronen diskutiert. Der mindernde Effekt auf die Schadenserwartungskoeffizienten bewegt sich wegen des niedrigen Dosisbeitrages der Neutronen in den großen Entfernungen bei Verwendung einer linear-quadratischen Dosiswirkungskurve je nach angesetzter RBW zwischen etwa 10 und 20%. Die Überlebenden, für die sehr hohe Dosen ermittelt worden waren, und die in Relation zur Dosis einen niedrigeren Effekt der Strahlenbelastung zeigen, werden in verschiedenen Auswertungen unterschiedlich berücksichtigt. Teils werden sie ausgeklammert, teils wird die Dosis auf einen maximalen Wert von 4 Gy oder 4 Sv gekürzt, da ihr Überleben als Indiz für eine Überbestimmung bewertet wird. Dies führt zu einer deutlichen Verflachung der Dosiswirkungskurve im Vergleich zu Modellen, die eine Abflachung der Dosiswirkungskurve bei hohen Dosen aus Ausdruck eines konkurrierenden Zellkillingeffektes interpretieren.

Es gibt Hinweise für eine Selektion der Atombombenopfer in den ersten Jahren vor Beginn der systematischen epidemiologischen Erhebungen durch eine vorzeitige Sterblichkeit besonders empfindlicher Personen, für die auch eine höhere Neigung zur Ausbildung radiogener Tumore angenommen wird, vor allem bei Kindern und alten Menschen. Dies kann zu einer erheblichen Unterbestimmung der Gefährdung dieser Altersgruppen durch eine Strahleneinwirkung führen

Die Schwierigkeiten bei der nachträglichen Klassifizierung nach FAB können zwar zu niedrigeren absoluten Inzidenzen bei den Typen führen, die retrospektiv besonders häufig nicht einzuordnen sind. Die dabei nicht klassifizierbaren Fälle zeigten jedoch keinen signifikanten Unterschied in der Dosisverteilung gegenüber den klassifizierten. Es ist deshalb auch nicht anzunehmen, daß die errechneten Dosiseffekte durch Fehldiagnosen wesentlich verfälscht worden sind. Dabei ist zudem ein errechnetes relative risk gegenüber fehlenden oder falschen Diagnosen robust. Aus statistischen Gründen ist wegen der niedrigen absoluten Zahl der ALL die beobachtete Fallzahl in der Kontrollgruppe mit der erwarteten spontanen Inzidenz noch vereinbar.

Auch für die Leukämie gibt es Hinweise, daß aus genetischen Gründen innerhalb einer Population Untergruppen besonders empfindlich auf eine Strahlenbelastung reagieren. Für die absolut und relativ geringeren Dosiseffekte bei der CML in Nagasaki muß eine solche Ursache diskutiert werden, weil sich auch die spontane Inzidenz der CML signifikant von der in Hiroshima unterscheidet. Dabei sind wahrscheinlich wegen der in Nagasaki endemischen ATL die Beobachtungen in Hiroshima für andere Populationen repräsentativer. Bei den kindlichen Leukämien kennzeichnet eine Anfälligkeit gegenüber bakteriellen und viralen Infekten und insbesondere eine allergische Disposition eine besonders empfindliche Untergruppe, wobei der Effekt in den ersten vier Lebensjahren besonders ausgeprägt ist.

II.1.4.10.5 Die zeitliche Verteilung strahleninduzierter Leukämien

Ein constant risk Modell wird der zeitlichen Verteilung strahleninduzierter Leukämien nicht gerecht. Der zeitliche Verlauf kann allerdings auch nicht durch eine Wellenfunktion hinreichend angenähert werden, da er keiner gleichmäßigen Funktion entspricht. Vielmehr weist er einzelne Gruppen auf, deren Zusammensetzung durch das Alter bei Exposition, das Alter bei der Erkrankung, das Geschlecht, die Diagnose und auch die Zugehörigkeit zu einer der beiden Städte beeinflusst wird. Bei Betrachtung der einzelnen Typen finden sich Zeitabschnitte, in denen die Wahrscheinlichkeit einer Erkrankung erheblich unter dem Mittelwert liegt. Ein mittleres excess risk führt deshalb immer zu einer erheblichen Unterbestimmung der Inzidenz in den Zeitabschnitten, in denen Gipfel der Inzidenz auftreten.

Unter den Atombombenopfern traten 37,5 % der registrierten Fälle einer ALL im Kindesalter vor dem fünften Jahr auf. Alle Auswertungen des RERF, die erst die Fälle ab 1950 berücksichtigen, müssen deshalb in dieser Diagnosegruppe zu einer erheblichen Unterschätzung des absolute und relative risk führen.

II.1.4.10.6 Auswertung mit unterschiedlicher RBW der Neutronen

Bei einer nachträglichen Analyse der Leukämie-Inzidenz unter den Atombombenopfern mit unterschiedlicher RBW der Neutronen erscheinen die Ergebnisse nach dem relative risk-Modell plausibler als nach dem absolute risk-Modell.

Die Dosiswirkungskurven zeigen im Hochdosisbereich eine Abflachung und schließlich nach einem Maximum ein Absinken, wobei der Verlauf vom Typ der Leukämie abhängt. Dieser Verlauf kann als Auswirkung eines konkurrierenden Zellkillingeffektes gedeutet werden. Das Maximum der CML wird bei niedrigeren Dosen gefunden (zwei bis drei Gray) als das der AML (drei bis vier Gray). Bestimmungen des relative oder absolute risk ohne Berücksichtigung des Zellkillingeffektes führen zu einer Unterbewertung.

Die RBW der Neutronen nach der Atombombenexplosion wurde auf 23,6 für ALL, 161 für AML und 46 für CML abgeschätzt, jeweils gegenüber einer 250 kVp Röntgenstrahlung als Referenzstrahlung. Die lineare Komponente der Dosiswirkungskurve für ALL im Alter unter 15 Jahren entspricht einer Verdoppelungsdosis von 12,5 mGy für die Gammastrahlung der Atombomben, äquivalent zu 3,5 mGy einer Röntgenstrahlung.

II.1.4.10.7 Leukämien nach Anwendung lockerionisierender Strahlen in der Medizin

In zwei Studien wurde ein signifikanter Zusammenhang zwischen einer präkonzeptionellen medizinische Röntgendiagnostik beim Vater und einer Häufung von ALL im Kindesalter gefunden. Für die seltenere ANLL und AML waren die Befunde weniger ausgeprägt. Eine pränatale Röntgendiagnostik führt zu einer Häufung von Leukämien und soliden Tumoren im Kindesalter, wobei die Verdoppelungsdosis für bestimmte Entitäten nicht spezifisch ausgeprägt ist. Sie ist abhängig vom Alter der Schwangerschaft und erreicht im ersten Trimester Werte um 2 mSv.

Nach einer Strahlentherapie im Säuglingsalter wurden ausschließlich akute Leukämien beobachtet, die als AU, ALL, SLL oder ASL deklariert worden sind. Ihr Häufigkeitsgipfel reicht bis zum fünften Lebensjahr. Selten und erst im Erwachsenenalter wurde eine AML beobachtet. Nach einer Strahlentherapie im späteren Kindesalter überwog ebenfalls die ALL. Nur nach Chemotherapie bösartiger Tumore im Kindesalter mit alkylierenden Substanzen wurde, auch ohne Strahlentherapie, ein Überwiegen von AML registriert.

Im Erwachsenenalter wurde nach einer Strahlentherapie am häufigsten eine AML vermehrt beobachtet. Das relative risk erreicht jedoch in den ersten Jahren nach Exposition die höchsten Werte für die CML mit raschem Abklingen im zeitlichen Verlauf, während eine AML praktisch lebenslänglich vermehrt beobachtet werden kann. Nach diagnostischer Anwendung von Röntgenstrahlung wurde eine lang anhaltende Häufung von CML registriert, die die Werte der Atombombenopfer aus Nagasaki um ein Vielfaches überstieg. Nach etwa acht Jahren lag das relative risk auch um mehr als das Doppelte über den Werten der Atombombenopfer aus Hiroshima.

II.1.4.10.8 Leukämien nach Exposition gegenüber dichtionisierender Strahlung

Nach Radiuminkorporation wurde eine Übersterblichkeit an Leukämie vermißt. Die Häufung von Leukämien nach Thorotrast ist wesentlich geringer ausgeprägt, als es nach einer vergleichbaren Exposition gegenüber einer äquivalenten Dosis einer lockerionisierenden Strahlung zu erwarten gewesen wäre, wenn unterstellt wird, daß die Dosiskalkulationen für das rote Knochenmark und die Strahlungswichtungsfaktoren zutreffen. Die relative Inzidenz von MDS und Erythroleukämie (M₆ FAB) ist nach einer Exposition gegenüber Thorotrast erhöht. Die Vermutung, daß ein konkurrierender Zellkillingeffekt und eine verminderte Effektivität der Alphastrahlen bei hohen Dosisleistungen Ursachen einer falsch niedrigen Leukämie-Inzidenz sind, wird durch epidemiologische Befunde einer erhöhten Leukämie-Inzidenz nach Exposition gegenüber Alphastrahlung mit niedriger Dosisleistung

gestützt, z.B. nach Ingestion von Trinkwasser, das mit Radium kontaminiert war, oder nach Exposition gegenüber einer erhöhten Radonkonzentration in der Atemluft.

Wird die berufliche Lebensdosis von fliegendem Personal mit erhöhter Leukämie-Inzidenz (vor allem AML) mit den Strahlungswichtungsfaktoren für Neutronen entsprechend der Empfehlung der ICRP als Äquivalentdosis berechnet, muß das Ergebnis etwa mit Zwanzig multipliziert werden, um die beobachtete Erhöhung des relative risk quantitativ mit den Erfahrungen aus Hiroshima und Nagasaki in Einklang bringen zu können.

II.1.4.10.9 Leukämie als Zweittumor

Bei Zusammenwirken einer leukämogenen Chemotherapie und einer Strahlentherapie scheint das multiplikative risk-Modell zu gelten. Alkylierende Substanzen scheinen fast ausschließlich eine ANLL (einschließlich einer AML) oder ein MDS auszulösen, wobei die Latenzzeit besonders kurz ist. Der Effekt einer zusätzlichen Strahlentherapie tritt quantitativ dagegen in den Hintergrund. Bei Erwachsenen fand sich nach der Strahlentherapie eines Mammakarzinoms ohne zusätzliche Chemotherapie zwar in absoluten Zahlen nur in 11% eine ALL oder CML, das relative risk war für diese Typen jedoch genauso hoch wie für eine ANLL oder MDS.

Nach kombinierter Therapie im Kindesalter finden sich eine ALL und eine AU fast genauso häufig wie eine ANLL, wenn das Alter bei Behandlung unter 10 Jahren war. Bei älteren Kindern wurden nur ANLL beobachtet.

Insgesamt kann aus den Beobachtungen nicht nur nicht abgeleitet werden, die AML sei die typische radiogene Leukämie, sondern es zeigt sich wiederum das hohe relative risk für ALL und CML nach einer Strahlenbelastung trotz der niedrigen absoluten Häufigkeit dieser Typen. Dies gilt insbesondere für die ALL nach einer Exposition junger Kinder.

II.1.4.11 Anmerkung

Diese Studie hat Daten der Radiation Effects Research Foundation (RERF) in Hiroshima, Japan, verwendet. Die RERF ist eine private Stiftung, die zu gleichen Teilen durch das japanische Ministerium für Gesundheit und Wohlfahrtspflege und dem U.S. Department of Energy über die U.S. National Academy of Sciences unterhalten wird. Die Schlußfolgerungen diese Studie sind ausschließlich solche des Autors und geben nicht notwendigerweise eine wissenschaftliche Beurteilung des RERF oder eine ihrer sie unterhaltenden Organisationen wider.

II.1.4.12 Quellen

- 1 Aisenberg, A.C. 1983
Leukemia after Treatment for Hodgkin's Disease
Amer. J. Med. 75, 449-454
- 2 Andersson, M., Carstensen, B., Visfeldt, J. 1993
Leukemia and Other Related Hematological Disorders among Danish Patients Exposed to Thorostrast
Radiat. Res. 134, 224-233
- 3 Band, S. R., Le, N.D., Fang, R., Deschamps, M., Coldman, A.J., Gallagher, R.S. , Moody, J. 1996
Cohort Study of Air Canada Pilots: Mortality, Cancer Incidence, and Leukemia Risk
Am. J. Epidemiol. 143, 137-143
- 4 BEIR V 1990
Committee on the **B**iological **E**ffects of **I**onizing **R**adiations
Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation
National Academy Press, Washington DC, 1990
- 5 Bennett, J.M., Catovsky, D., Daniel, M.T., Flandrin, G., Galton, D., Gralnck, H.R., Sultan, C. 1985
Proposed Revised Criteria for the Classification of Acute Myeloid Leukemia
Ann. Int. Med. 103, 626-629
- 6 Bessho, F. 1989
Acute Non-Lymphocytic Leukemia is not a Mayor Type of Childhood Leukemia in Japan
Eur. J. Cancer Clin. Oncol. 25, 729-732
- 7 Bithell, J.F. 1993
Statistical Issues in Assessing the Evidence Associating Obstetric Irradiation and Childhood Malignancy
In: Lengfelder, E., Wendhausen, H. (Hrsg.): Neue Bewertung des Strahlenrisikos, Niedrigdosis-Strahlung und Gesundheit, MMV Medizin Verlag, München, 1993, S. 53ff
- 8 Bithell, J.F., Stewart, A.M. 1975
Pre-Natal Irradiation and Childhood Malignancy: A Review of British Data from the Oxford Survey
Br. J. Cancer 31, 271-287

II.1.4 Kanzerogenität unter besonderer Berücksichtigung immunhämatopoetischer Malignitäten

II.1.4.12 Quellen

- 9 Bizzozero, J., Jr., Johnson, K.G., Ciocco, A., Hoshino, T., Itoga, T., Toyoda, S., Kawasaki, S. 1966
Radiation-Related Leukemia in Hiroshima and Nagasaki, 1946-1964, I. Distribution, Incidence and Appearance Time
N. Engl. J. Med. 274, 1095-1101

- 10 Blayney, D.W.; Longo, D.L., Young, R.C.; Greene, M.H., Hubbard, S.M., Postal, M.G., Duffey, S.L., DeVita, V.T., Jr. 1987
Decreasing Risk of Leukemia with Prolonged Follow-Up After Chemotherapy and Radiotherapy for Hodgkin's Disease
N. Engl. J. Med. 316, 710-714

- 11 Boice, Jr., J.D. 1996
Risk Estimates for Radiation Exposures
In: Hendee, W.R., Edwards, F.M. (Hrsg.): Health Effects of Exposure to Low-Level Ionizing Radiation, Institute of Physics Publishing, Bristol and Philadelphia, 1996, S. 237-268

- 12 Boice Jr., J.D., Blettner, M., Kleinerman, R.A., Stovall, M., Moloney, W.C., Engholm, G., Austin, D.F., Bosch, A., Cookfair, D.L., Krentz, E.T., Latourette, H.B., Peters, L.J., Schulz, M.D., Lundell, M., Petterson, F., Storm, H.H., Bel, C.M.J., Coleman, M.S., Fraser, S., Palmer, M., Prior, S., Choi, N.W., Hislop, T.G., Koch, M., Robb, D., Robson, D., Spengler, R.F., von Fournier, D., Frischkorn, R., Lochmüller, H., Pompe-Kirn, V., Rimpela, A., Kjoerstad, K., Pejovic, M.H., Sigurdsson, K., Pisani, S., Kucera, H., Hutchison, G.B. 1987
Radiation Dose and Leukemia Risk in Patients Treated for Cancer of the Cervix
J. Natl. Cancer Inst. 79, 1295-1311

- 13 Boice Jr., J.D., Day, N.E., Andersen, A., Brinton, L.A., Brown, R., Choi, N.W., Clark, E.A., Coleman, M.P., Curtis, R.E., Flannery, J.T., Hakama, M., Hakulinen, T., Howe, G.R., Jensen, O.M., Kleinerman, R.A., Magnin, D., Magnus, K., Makela, K., Malke, B., Miller, A.B., Nelson, N., Patterson, C.C., Petterson, F., Pompe-Kirn, V., Primic-Zakelj, M., Prior, P., Ravnihar, B., Skeet, R.G., Skjerven, J.E., Smith, P.G., Sok, M., Spengler, R.F., Storm, H.H., Stovall, M., Tomkins, G.W.O., Wall, C. 1985
Second Cancers Following Radiation Treatment for Cervical Cancer. An International Collaboration among Cancer Registries
J. Natl. Cancer Inst. 74, 955-975

- 14 Boivin, J.-F., Hutchison, G.B., Lyden, M., Godbold, J., Chorosh, J., Schottenfeld, D. 1984
Second Primary Cancers Following Treatment of Hodgkin's Disease
J. Natl. Cancer Inst. 72, 233-241

- 15 Bross, I.J., Natarajan, N. 1972
Leukemia from Low-level Radiation
New Engl. J. Med. 287, 107-110

II.1.4 Kanzerogenität unter besonderer Berücksichtigung immunhämatopoetischer Malignitäten

II.1.4.12 Quellen

- 16 Carter, R.L., Bennett, J.M., Pisciotta, A.V., Finch, S.C. 1991
Differential Effects of Atomic Bomb Irradiation in Inducing Major Leukemia Types: Analyses of Open-city Cases Including the Life Span Study Cohort Based upon Updated Diagnostic Systems and the Dosimetry System 1986 (DS86)
Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima, Technical Report Series, RERF TR 9-91, 1991

- 17 Carter, R.L., Sposto, R., Preston, D.L. 1992
Estimating the Temporal Distribution of Exposure-related Cancers
Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima, Commentary and Review Series, RERF CR 4-92, 1992

- 18 Chakraborty, R. , Little, M.P., Sankaranarayanan, K. 1997
Cancer Predisposition, Radiosensitivity and the Risk of Radiation-induced Cancers. III. Effects of Incomplete Penetrance and Dose-Dependent Radiosensitivity on Cancer Risks in Populations
Radiat. Res. 147, 309-320

- 19 Curtis, R.E., Boice Jr., J.D., Stovall, M., Bernstein, L., Greenberg, R.S., Flannery, J.T., Schwartz, A.G., Weyer, P., Moloney, W.C., Hoover, R.N. 1992
Risk of Leukemia after Chemotherapy and Radiation Treatment for Breast Cancer
New Engl. J. Med. 326, 1745-1751

- 20 de Vathaire, F., François, P., Hill, C., Schweisguth, O., Rodary, C., Sarrazin, D., Oberlin, O., Beurtheret, C., Dutreix, A., Flamant, R. 1989
Role of Radiotherapy and Chemotherapy in the Risk of Second Malignant Neoplasms after Cancer in Childhood
Br. J. Cancer 59, 792-796

- 21 Degteva, M.O., Kozheurov, V.P., Burmistrov, D.S.; Vorobyova, M.I., Valchuk, V.V., Bougrov, N.G., Shishkina, H.A. 1996
An Approach to Dose Reconstruction for the Urals Population
Health Phys. 71, 71-76

- 22 Delongchamp, R.R., Mabuchi, K., Yoshimoto, Y., Preston, D.L. 1997
Cancer Mortality among Atomic Bomb Survivors Exposed in Utero or as Young Children, October 1950-May 1992
Radiat. Res. 147, 385-395

- 23 Gardner, M.J., Snee, M.P., Hall, A.J., Powell, A.J., Downes, S., Terell, J.D. 1990
Results of Case-Control Study of Leukaemia and Lymphoma among Young People near Sellafield Nuclear Plant in West Cumbria
Brit. Med. J. 300, 423-429

- 24 Gaßmann, W. 1994
Die Leukämien in der Nähe des Kernkraftwerkes Krümmel
Manuskript, Kiel, 19.12.1994

II.1.4 Kanzerogenität unter besonderer Berücksichtigung immunhämatopoetischer Malignitäten

II.1.4.12 Quellen

- 25 Gaßmann, W. 1995
Persönliche Mitteilung

- 26 Gaßmann, W. 1996
Brief an den Umweltsenator der Freien und Hansestadt Hamburg Herrn Dr. Vahrenholt v.
26.11.1996

- 27 Harvey, E.B., Boice Jr., J.D., Honeyman, M., Flannery, J.T. 1985
Prenatal X-Ray Exposure and Childhood Cancer in Twins
N. Engl. J. Med. 312, 541-545

- 28 Hellriegel, K.-P. 1997
Chronisch lymphatische Leukämie und Haarzellen-Leukämie
Dt. Ärztebl. 94, B-100 - B-103

- 29 Hempelmann, L.H. 1967
Neoplasms in Youthful Populations Following X-Ray Treatment in Infancy
Environ. Res. 1, 338-358, zitiert nach Lundel et al. [62]

- 30 Hempelmann, L.H., Hall, W.J., Phillips, M., Cooper, R.A., Ames, W.R. 1975
Neoplasms in Persons Treated With X Rays in Infancy: Fourth Survey in 20 Years
J. Natl. Cancer Inst. 55, 519-530

- 31 Hempelmann, L.H., Pifer, J.W., Burke, G.J., Terry, R., Ames, W.R. 1967
Neoplasms in Persons Treated With X Rays in Infancy for Thymic Enlargement. A Report of the
Third Follow-Up Survey
J. Natl. Cancer Inst. 38, 317-341

- 32 Henshaw, D.L., Eatough, J.S., Richardson, R.B. 1990
Radon as a Causative Factor in the Induction of Myeloid Leukaemia and Childhood Cancer
Lancet i, 1008-1012

- 33 Henshaw, S. S., Hawkins, J.W. 1944
Incidence of Leukemia in Physicians
J. Natl. Cancer Inst. 4, 339-346 (zitiert nach Mossman]

- 34 Hoffmann, W.: Inzidenz maligner Erkrankungen bei Kindern und Jugendlichen in der Region
Ellweiler, Rheinland-Pfalz, Anwendung der Biologischen Dosimetrie zur Ermittlung möglicher
Belastungspfade, Inauguraldissertation Marburg, 1993

- 35 Hoffmann, W., Greiser, E. 1994
Retrospektive Inzidenzstudie Elbmarsch
Bremer Institut für Präventionsforschung und Sozialmedizin (BIPS), Bremen

II.1.4 Kanzerogenität unter besonderer Berücksichtigung immunhämatopoetischer Malignitäten

II.1.4.12 Quellen

- 36 Hoffmann, W., Kuni, H., Artmann, S., Bahr, A., Götz, A., Herrwerth, C., Schmitz-Feuerhake, I., Schubert, F. 1990
Leukämiefälle in Birkenfeld und Umgebung: Eine erste Bestandsaufnahme
In: Köhnelein, W., Kuni, H., Schmitz-Feuerhake, I. (Hrsg.: Niedrigdosisstrahlung und Gesundheit, Medizinische, rechtliche und technische Aspekte mit dem Schwerpunkt Radon, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hongkong, Barcelona, 1990, S. 175-181
- 37 Hoshi, M. 1995
Estimations of Radiation Dose
In: [89], S. 367 ff.
- 38 IARC 1992
International Agency for Research on Cancer
Cancer Incidence in Five Continents (Volume VI)
CI5VI.EXE mit Datendateien vom 11.11.92, Lyon
- 39 ICRP 60 1991
International Commission on Radiological Protection
Publication 60
1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection
Annals of the ICRP Vol. 21, No. 1-3
Pergamon Press, Oxford, New York, Seoul, Tokyo
- 40 ICRU 40 1986
International Commission on Radiation Units and Measurements
The Quality Factor in Radiation Protection
Report of a Joint Task Group of the ICRP and ICRU to the ICRP and ICRU
Report 40, Bethesda, Maryland 20814, USA
- 41 Inskip, S. D.; Kleinerman, R.A., Stovall, M., Cookfair, D.L., Hadjimichael, O., Moloney, W.C., Monson, R.R., Thompson, W.D., Wactawski-Wende, J., Wagoner, J.K., Boice, Jr., J.D. 1993
Leukemia, Lymphoma, and Multiple Myeloma after Pelvic Radiotherapy for Benign Disease
Radiat. Res. 135, 108-125
- 42 Ishimaru, M., Ishimaru, T., Belsky, J.L., Tomiyasu, T., Sadamori, N., Hishino, T., Tomonaga, M., Shimizu, N., Okada, H. 1976
Incidence of Leukemia in Atomic Bomb Survivors, Hiroshima & Nagasaki, 1950 - 71, by Radiation Dose, Years after Exposure, Age, & Type of Leukemia
Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima, Technical Report Series, RERF TR 10-76, 1976
- 43 Ishimaru, M., Ishimaru, T., Mikami, M., Yamada, Y., Ohkita, T. 1981
Incidence of Leukemia in a Fixed Cohort of Atomic Bomb Survivors and Controls, Hiroshima and Nagasaki, October 1950 - December 1978
Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima, Technical Report Series, RERF TR 13-81, 1981

II.1.4 Kanzerogenität unter besonderer Berücksichtigung immunhämatopoetischer Malignitäten

II.1.4.12 Quellen

- 44 Ishimaru, T., Okada, H., Tomiyasu, T., Tsuchimoto, T., Hoshino, T., Ishimaru, M. 1971
Occupational Factors in the Epidemiology of Leukemia in Hiroshima and Nagasaki
Amer. J. Epidem. 93, 157-165

- 45 Jacobi, W., Chmelevsky, D. 1993
Possible Age-specific Leukaemia Rate from Natural Radiation
In: Michaelis, J. (Hrsg.): Epidemiology of Childhood Leukaemia, Medizinische 6, Akademie der
Wissenschaften und Literatur, Mainz, G. Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York, 1993,
S. 81-95

- 46 Juckett, D:A., Rosenberg, B. 1993
Correlation of Human Longevity Oscillations with Sunspot Cycles
Radiat. Res. 133, 312-320

- 47 Kaletsch, U., Haaf, G., Kaatsch, P., Krummenauer, F., Meinert, R., Miesner, A., Michaelis, J.
1995
Fallkontrollstudie zu den Ursachen von Leukämie bei Kindern in Niedersachsen
IMSD, Mainz, Manuskript

- 48 Kamada, N. 1991
Cytogenetic and Molecular Changes in Leukemia Found among Atomic Bomb Survivors
J. Radiat. Res. Suppl., 172-179

- 49 Kamada, N. 1995
Leukemia
In: [89], S. 45 ff.

- 50 Kamada, N., Uchino, H. 1977
Preleukemic States in Atomic Bomb Survivors in Japan
In: Bessis, M., Brecher, G. (Hrsg.) 1977
Hemopoietic Dysplasias (Preleukemic States)
Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, S. 57 ff.

- 51 Kellerer, A.M., Barclay, D. 1992
Age Dependences in the Modelling of Radiation Carcinogenesis
Radiat. Prot. Dosim. 41, 273-281

- 52 Kneale, G.W. 1993
Geographic and Sociodemographic Factors in the Etiology of Juvenile Neoplasms: Implications
for Leukaemia Clusters of Several Factors Including Density, Background Radiation, Infections
and Immunisations
In: Lengfelder, E., Wendhausen, H. (Hrsg.):
Neue Bewertung des Strahlenrisikos, Niedrigdosis-Strahlung und Gesundheit
MMV Medizin Verlag, München, S. 141 ff.

II.1.4 Kanzerogenität unter besonderer Berücksichtigung immunhämatopoetischer Malignitäten

II.1.4.12 Quellen

- 53 Kossenko, M.M., Degteva, M.O. 1994
Cancer Mortality and Radiation Risk Evaluation for the Techa River Population
Sci. Total Environ. 142, 73-89
zitiert nach [114]
- 54 Kossenko, M.M., Degteva, M.O., Vyushkova, O.V., Preston, D.L., Mabuchi, K., Kozheurov, V.P.
1997
Issues in the Comparison of Risk Estimates for the Population in the Techa River Region and
the Atomic Bomb Survivors
Radiat. Res. 148, 54-63
- 55 Kuni, H. 1993
Die Bewertung von Alpha- und Neutronenstrahlen bei der Berechnung der Äquivalentdosis
In: Lengfelder, E., Wendhausen, H. (Hrsg.): Neue Bewertung des Strahlenrisikos, Niedrigdosis-
Strahlung und Gesundheit, MMV Medizin Verlag, München, 1993, S. 19-27
- 56 Kuni, H. 1994
Niedrige Strahlendosen und Gesundheit der Arbeitnehmer,
Berichte des Otto Hug Strahleninstitutes, Bonn, Bericht 8-11, MMV Verlag München
- 57 Li, F.P. 1977
Second Malignant Tumors after Cancer in Childhood
Cancer 40, 1899-1902
- 58 Little, M.P., Charles, M.W. 1990
Bomb Survivor Selection and Consequences for Estimates of Population Cancer Risks
Health Phys. 59, 765-775
- 59 Löffler, H., Gaßmann, W. 1996
Welche hämatologischen Neoplasien können durch radioaktive Strahlung ausgelöst werden?
Manuskript, Kiel, 14.10.1996
- 60 Löffler, H., Gaßmann, W. 1996
Die Leukämien beim Kernkraftwerk Krümmel; Manuskript, Kiel, 21.11.1996
- 61 Löffler, H., Gaßmann, W. 1996
Die Leukämien in der Nähe des Kernkraftwerkes Krümmel, Kurzfassung
Manuskript, Kiel, 21.11.1996
- 62 Lundell, M., Holm, L.-E. 1996
Mortality from Leukemia after Irradiation in Infancy for Skin Hemangioma
Radiat. Res. 145, 595-601

II.1.4 Kanzerogenität unter besonderer Berücksichtigung immunhämatopoetischer Malignitäten

II.1.4.12 Quellen

- 63 Lyman, G.H., Lyman, C.G., Johnson, W. 1985
Association of Leukemia with Radium Groundwater Contamination
JAMA 254, 621-626
- 64 Matsuo, T., Tomonaga, M., Bennett, J.M., Kuriyama, K., Imanaka, F., Kuramoto, A., Kamada, N., Ichimaru, M., Finch, S.C., Pisciotto, A.V., Ishimaru, T. 1987
Reclassification of Leukemia among A-Bomb Survivors by French-American-British (FAB) Classification, 1. Concordance of Diagnosis in Nagasaki Cases by RERF Members and a Member of FAB Cooperative Group French-American-British (FAB)
Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima, Technical Report Series, RERF TR 4-87, 1987
- 65 Mays, C.W., Spiess, H. 1984
Bone Sarcoma in Patients Given Radium-224
In: Boice, J.D., Fraumeni, Jr., J.F. (Eds.), Radiation Carcinogenesis: Epidemiology and Biological Significance, Raven Press, New York, 1984, S. 241-252
- 66 Michels, S.D., McKenna, R.W., Arthur, D.C., Brunning, R.D. 1985
Therapy-Related Acute Myeloid Leukemia and Myeloplastic Syndrome: A Clinical and Morphologic Study of 65 Cases
Blood 65, 1364-1371
- 67 Mole, R.H. 1989
Alpha-particle Irradiation and Human Leukaemia
In: Taylor, D.M., Mays, C.W., Gerber, G.B., Thomas, R.G (Hrsg.): Risks from Radium and Thorotrast, BIR Report 21, British Institute of Radiology, London, 1989, S. 153-158
- 68 Mole, R.H. 1990
Childhood Cancer after Prenatal Exposure to Diagnostic X-Ray Examinations in Britain
Br. J. Cancer 62, 152-168
- 69 Moloney, W.C., Lange, R.D. 1954
Leukemia in Atomic Bomb Survivors, II. Observations on Early Phases of Leukemia
Blood 9, 663-685
- 70 Mori, T., Kato, Y., Aoki, N., Hatakeyama, S. 1983
Statistical Analysis of Japanese Thorotrast-Administered Autopsy Cases-1980
Health Phys. 44, Suppl. 1, 281-292
- 71 Mossman, K.L. 1996
A Brief History of Radiation Bioeffects
In: Hendee, W.R., Edwards, F.M. (Eds.): Health Effects of Exposure to Low-Level Ionizing Radiation, Institute of Physics Publishing, Bristol and Philadelphia, 1996, S. 1-26

II.1.4 Kanzerogenität unter besonderer Berücksichtigung immunhämatopoetischer Malignitäten

II.1.4.12 Quellen

- 72 Neel, J.V., Schull, W.J. 1991
The Children of Atomic Bomb Survivors, A Genetic Study
National Academic Press, Washington D.C. 1991
- 73 Newcombe, H.B., McGregor, J.F. 1971
Childhood Cancer Following Obstetric Radiography
Lancet ii, 1151-1151
- 74 Peresen-Bjergaard, J., Specht, L., Larsen, S.O., Ersbøll, J., Struck, J., Hansen, M.M., Hansen, H.H., Nissen, N.I. 1987
Risk of Therapy -Related Leukaemia and Preleukaemia after Hodgkin's Disease
Lancet 2, 83-88
- 75 Pierce, D.A., Shimizu, Y., Preston, D.L., Vaeth, M., Mabuchi, K. 1996
Studies of the Mortality of Atomic Bomb Survivors. Report 12, Part I. Cancer: 1950-1990
Radiat. Res. 146, 1-27
- 76 Pierce, D.A., Vaeth, M. 1991
The Shape of the Cancer Mortality Dose-Response Curve for the A-Bomb Survivors
Radiat. Res. 126, 36-42
- 77 Pifer, J.W., Toyooka, E.T., Murray, R.W., Ames, W.R., Hempelmann, L.H. 1963
Neoplasms in Children Treated with X Rays for Thymic Enlargement. I. Neoplasms and Mortality
J. Natl. Cancer Inst. 31, 1333-1356
- 78 Potish, R.A., Dehner, L.P., Haselow, R.E., Kim, T.H., Levitt, S.H., Nesbit, M. 1985
The Incidence of Second Neoplasms Following Megavoltage Radiation for Pediatric Tumors
Cancer 56, 1534-1537
- 79 Preston, D.L., Kusumi, S., Tomonaga, M., Izumi, S., Ron, E., Kuramoto, A., Kamada, N., Dohy, H., Matsui, T., Nonaka, H., Thompson D.E., Soda, M., Mabuchi, K. 1994
Cancer Incidence in Atomic Bomb Survivors, Part III: Leukemia, Lymphoma and Multiple Myeloma, 1950-1987
Radiat. Res. 137, S68-S97
- 80 Preston-Martin, S., Thomas, D.C., Yu, M.C., Henderson, B.E. 1989
Diagnostic Radiography as a Risk Factor for Chronic Myeloid and Monocytic Leukaemia (CML)
Br. J. Cancer 59, 639-644
- 81 RERF 1994
Radiation Effects Research Foundation
Leukaemia Incidence File HAEMA87.DAT
Erzeugungsdatum 9.09.1994, Hiroshima

- 82 RERF 1997
Radiation Effects Research Foundation
r12leuk.dat, R12supp.xls
<http://www.rerf.or.jp/eigo/archives/lss12cm.htm>
Hiroshima
- 83 Rodvall, Y., Pershagen, G., Hrubec, Z., Ahlbom, A., Pedersen, N.L., Boice, J.D.
Prenatal X-Ray Exposure and Childhood Cancer in Swedish Twins
Int. J. Cancer 46, 362-365
- 84 Ron, E., Modan, B., Boice Jr., J.D. 1988
Mortality after Radiotherapy for Ringworm of the Scalp
Am. J. Epidemiol. 127, 713-725
- 85 Rossi, H.H., Zaider, M. 1996
Comment on the Contribution of Neutrons to the Biological Effect at Hiroshima
Pierce, D.A., Shimizu, Y., Preston, D.L., Vaeth, M., Mabuchi, K. 1996
Response to the Letter of Drs. Rossi and Zaider
Radiat. Res. 146, 590-593
- 86 Sankaranarayanan, K., Chakraborty, R. 1995
Cancer Predisposition, Radiosensitivity and the Risk of Radiation-induced Cancers.
I. Background.
Radiat. Res. 143, 121-143
- 87 Scaradavou, A., Heller, G., Sklar, C.A., Ren, L., Ghavimi, F. 1995
Second Malignant Neoplasms in Long-Term Survivors of Childhood Rhabdomyosarcoma
Cancer 76, 1860-1867
- 88 Schmitz-Feuerhake, I. 1990
Der Wandel im Erkenntnisstand über stochastische Strahlenwirkungen im Niedrigdosisbereich
In: Otto Hug Strahleninstitut (Hrsg.): Strahlenexposition und -risiko sowie Sicherheit bei der sog.
'schadlosen Verwertung' von bestrahlten Brennelementen im Ausland, Gutachten erstellt im
Auftrag der Freien und Hansestadt Hamburg, Bonn, 1990, S. VIII-1-VIII-29
- 89 Shigematsu, I., Ito, C., Kamada, N., Akiyama, M., Sasaki, H. (Übers.: Harrison, B.) 1995
Effects of A-Bomb Radiation on the Human Body
Harwood Academic Publishers, Chur 1995
- 90 Shimizu, Y., Kato, H., Schull, W.J. 1988
Life Span Study Report 11, Part 2. Cancer Mortality in the Years 1950-85 Based on the Recently
Revised Doses (DS86)
Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima, Technical Report, RERF TR 5-88, 1988

II.1.4 Kanzerogenität unter besonderer Berücksichtigung immunhämatopoetischer Malignitäten

II.1.4.12 Quellen

- 91 Shimizu, Y., Kato, H., Schull, W.J., Hoel, D.G. 1992
Studies of the Mortality of the Atomic Bomb Survivors. Report 9. Mortality 1950-1985: Part 3. Noncancer Mortality based on the Revised Doses (DS86)
Radiat. Res. 130, 249-266
- 92 Shore, R.E., Albert, R.E., Pasternack, B.S. 1976
Follow-up Survey Study of Patients Treated by X-ray Epilation for Tinea Capitis
Arch. Environ. Health 31, 21-28¹
- 93 Shu, X.O., Gao, Y.T., Brinton, L.A., Linet, M.S., Tu, J.T., Zheng, W., Fraumeni Jr., J.F. 1988
A Population-Based Case-Control Study of Childhood Leukemia in Shanghai
Cancer 62, 635-644
- 94 Shu, X.O., Reaman, G.H., Lampkin, B., Sather, H.N., Pendergrass, T.W., Robison, L.L. 1994
Association of Paternal Diagnostic X-Ray Exposure with Risk of Infant Leukemia
Cancer Epidem., Biomark. & Prev. 3, 645-653
- 95 Simpson, C.L., Hempelmann, L.H., Fuller, L.M. 1955
Neoplasia in Children Treated with X-Rays in Infancy for Thymic Enlargement
Radiology 64, 840-845
- 96 Simpson, C.L., Hempelmann, L.H. 1957
The Association of Tumors and Roentgen-Ray Treatment of the Thorax in Infancy
Cancer 10, 42-56
- 97 Sorahan, T. 1988
Suicide, Selection, and A-Bomb Survivors
Lancet I, 1110-1111
- 98 Sorahan, T., Roberts, P.J. 1993
Childhood Cancer and Paternal Exposure to Ionizing Radiation: Preliminary Findings From the Oxford Survey of Childhood Cancers
Amer. J. Ind. Med. 23, 343-354
- 99 SSK 1995
Strahlenschutzkommission
Stellungnahme der SSK zum Beitrag von H. Kuni, Marburg „Gefährdung der Gesundheit durch Strahlung des CASTOR“
132. Sitzung der SSK am 22.09.1995

¹ In der Zusammenfassung und in vielen Zitaten findet sich die falsche Seitenangabe 17-24

II.1.4 Kanzerogenität unter besonderer Berücksichtigung immunhämatopoetischer Malignitäten

II.1.4.12 Quellen

- 100 Stewart, A. 1997
Cancer Effects of Fetal Irradiation - Comparisons between Oxford Survey of Childhood Cancer data and A-bomb data
In: Schmitz-Feuerhake, I., Lengfelder, E. (Hrsg.): 100 Jahre Röntgen: Medizinische Strahlenbelastung - Bewertung des Risikos, Thomas Dersee, Strahlentelex, Berlin, 1997, S. 88ff.
- 101 Stewart, A.M., Kneale, G.W. 1970
Age-Distribution of Cancers Caused by Obstetric X-Rays and their Relevance to Cancer Latent Periods
Lancet 4-8
- 102 Stewart, A.M., Kneale, G.W. 1989
A-Bomb Survivors as a Source of Cancer Risk Estimates: Confirmation of Suspected Bias
In: Baverstock, K.F., Stather, J.W. (Hrsg.): Low Dose Radiation: Biological Bases of Risk Assessment, Taylor & Francis, London, New York, Philadelphia, 1989, S. 354 ff.
- 103 Stewart, A.M., Kneale, G.W. 1990
A-Bomb Radiation and Evidence of Late Effects other than Cancer
Health Phys. 58, 729-735
- 104 Stewart, A.M., Kneale, G.W. 1993
A-Bomb Survivors: Further Evidence of Late Effects of Early Deaths
Health Phys. 64, 467-472
- 105 Stewart, A., Webb, J., Hewitt, D. 1958
A Survey of Childhood Malignancies
BMJ i, 1495-1508
- 106 Stram, D.O., Spoto, R., Preston, D., Abrahamson, S., Honda, T., Awa, A.A. 1992
Stable Chromosome Aberrations among A-bomb Survivors: An Update
Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima, Technical Report, 1992, RERF TR 13-92
- 107 Straume, T. 1995
High-Energy Gamma Rays in Hiroshima and Nagasaki: Implications for Risk and w_R
Health Phys. 69, 954-956
- 108 Straume, T., Harris, L.J., Marchetti, A.A., Egbert, S.D. 1994
Neutrons Confirmed in Nagasaki and at the Army Pulsed Radiation Facility: Implications for Hiroshima
Radiat. Res. 138, 193-200

II.1.4 Kanzerogenität unter besonderer Berücksichtigung immunhämatopoetischer Malignitäten

II.1.4.12 Quellen

- 109 Streffer, C. 1995
Kurzfassung des Positionspapieres zur Bewertung der biologischen Wirksamkeit von Neutronenstrahlung
Manuskript, Essen
- 110 Thompson, D.E., Mabuchi, K., Ron, E., Soda, M., Tokunaga, M., Ochikubo, S., Sugimoto, S., Ikeda, T., Terasaki, M., Izumi, S., Preston, D.L. 1992/1994
Cancer Incidence in Atomic Bomb Survivors. Part II: Solid Tumors, 1958-1987
Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima, Technical Report, 1992, RERF TR 5-92
Radiat. Res. 137 (1994), S17-S67
- 111 Tomonaga, M., Matsuo, T., Carter, R.L., Bennett, J.M., Kuriyama, K., Imanaka, F., Kusumi, S., Mabuchi, K., Kuramoto, A., Kamada, N., Ichimaru, M., Pisciotto, A.V., Finch, S.C. 1991
Differential Effects of Atomic Bomb Irradiation in Inducing Major Leukemia Types: Analyses of Open-city Cases Including the Life Span Cohort Based upon Updated Diagnostic Systems and the Dosimetry System 1986 (DS86)
Technical Report Series TR 9-91, RERF, Hiroshima, 1991
- 112 Toyooka, E.T., Pifer, J.W., Hempelmann, L.H. 1963
Neoplasms in Children Treated with X Rays for Thymic Enlargement. III. Clinical Description of Cases
J. Natl. Cancer Inst. 31, 1379-1405
- 113 UNSCEAR 1993
United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation
UNSCEAR 1993 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes
United Nations, New York, 1993
- 114 UNSCEAR 1994
United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation
UNSCEAR 1993 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes
United Nations, New York, 1994
- 115 van Kaick, G., Muth, H., Kaul, A., Immich, H., Lieberman, D., Lorenz, D., Lorenz, W., Lührs, H., Scheer, K.E., Wagner, G., Wegener, K., Wesch, H. 1983
Recent Results of the German Thorotrast Study - Epidemiological Results and Dose Effect Relationships in Thorotrast Patients
Health Phys. 44, Suppl. 1, 299-306
- 116 Weiss, H.A., Darby, S.C., Fearn, T., Doll, R. 1995
Leukemia Mortality after X-Ray Treatment for Ankylosing Spondylitis
Radiat. Res. 142, 1-11

II.1.4 Kanzerogenität unter besonderer Berücksichtigung immunhämatopoetischer Malignitäten

II.1.4.12 Quellen

- 117 Wright, E.G. 1995
The Pathogenesis of Leukaemia
In: Hendry, J.H., Lord, B.I. (Hrsg.): Radiation Toxicology: Bone marrow and leukaemia
Taylor & Francis, London 1995, S. 245ff.
- 118 Yamamoto, O., Antoku, S., Russell, W.J., Fujita, S., Sawada, S. 1986
Medical X-Ray Exposure Doses as a Possible Contaminant of Atomic Bomb Doses
Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima, Technical Report, RERF TR 16-86
- 119 Yoshimoto, Y. 1995
Mortality Rates and Cancer Incidence in Prenatally Exposed Atomic Bomb Survivors
In: [89], S. 239 ff.
- 120 Yoshimoto, Y. 1995
Cancer Incidence and Mortality Rates among the Offspring of Atomic Bomb Survivors
In: [89], S. 349 ff.
- 121 Yoshimoto, Y., Kato, H., Schull, W.J. 1988
Risk of Cancer among Children Exposed in utero to A-Bomb Radiations, 1950-84
Lancet II, 665-669
- 122 Yoshimoto, Y., Schull, W.J., Kato, H., Neel, J.V. 1991
Mortality among the Offspring (F1) of Atomic Bomb Survivors, 1946-85
Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima, Technical Report, RERF TR 1-91
- 123 Zaider, M. 1991
Evidence of a Neutron RBE of 70 (± 50) for Solid-Tumor Induction at Hiroshima and Nagasaki
and its Implications for Assessing the Effective Neutron Quality Factor
Health Physics 61, 631-636

II.1.4.13 Index

Alle Stichworte beziehen sich, soweit nicht ausdrücklich eine andere Tumorart angeführt wird, auf die Leukämie.

- # Allergie promoviert kindliche Leukämie 68; 70
- χ^2 für O/E 90
- A**
- absolute risk 15
- Alter ATB 20
 - Geschlecht 21
 - solide Tumore 15
- absolute risk-Modell 48; 90
- AKW Krümmel 12
- AL**
- Strahlentherapie Erwachsener 134; 135
 - TSE-Effekt 79; 80
- alkylierende Substanzen Zweittumor 142
- ALL** *Siehe auch ANLL Siehe auch AL*
- Ataxia telangiectasia 67
 - Diagnosenrevision 17
 - Dosiswirkungskurve 91; 92; 98; 99; 100
 - Fehldiagnose 65
 - Geschlecht 21
 - Kind Strahlentherapie 123; 124; 128
 - Kind Zweittumor 144
 - präkonzeptionelle Röntgendiagnostik 109; 110; 111
 - pränatale Strahlenbelastung 42
 - RBW Neutronen 91
 - Strahlentherapie
 - Erwachsene 130; 134
 - Kindesalter 128
 - Säuglingsalter 123; 124
 - TSE-Effekt 80; 81; 86; 87
 - Verdoppelungsdosis 95
 - Zweittumor
 - Erwachsener 141
 - Kind 144
- Alter ATB *Siehe auch Kind*
- < 15 Jahre Dosiswirkungskurve 93; 94; 100
 - > 35 Jahre Frauen Dosiswirkungskurve 95
 - 20-60 Jahre Dosiswirkungskurve 96
 - CML
 - relative risk 25
 - Verdoppelungsdosis 24
 - Inzidenz 20
 - relative risk CML 25
 - Verdoppelungsdosis CML 24
- AML** *Siehe auch ANLL Siehe auch AL Siehe auch ML*
- Alter ATB 20
 - Aneuploidie 36
 - Chemotherapie 144; 145
 - Latenzzeit 144; 145
 - Chromosomenaberrationen 35
 - Diagnosenrevision 17
 - Dosiswirkungsfläche 94
 - Dosiswirkungskurve 21; 91; 92; 98; 99; 100
 - Geschlecht 21
 - Kind Strahlentherapie 124; 128
 - Latenzzeit
 - >35 Jahre 27
 - Chemotherapie 144; 145
 - Neutronen 140
 - präkonzeptionelle Röntgendiagnostik 109; 111
 - pränatale Strahlenbelastung 42
 - RBW Neutronen 91; 140
 - Strahlentherapie
 - Erwachsene 129; 130; 131; 133; 134
 - Kindesalter 128
 - Säuglingsalter 124
 - Subtypen 33
 - TSE-Effekt 79; 83; 84; 85

ANLL

II.1.4 Kanzerogenität unter besonderer Berücksichtigung immunhämatopoetischer Malignitäten

II.1.4.13 Index

- präkonzeptionelle Röntgendiagnostik 109; 110
- Strahlentherapie Erwachsener 136
- Zweittumor
 - Erwachsener 141
 - Kind 144

Ataxia telangiectasia 67

ATL 67

- Diagnosenrevision 17
- Hiroshima 21
- Nagasaki 21

Atombombenopfer

- CLL 21
- Dosimetrie *Siehe* DS86
- Dosiswirkungskurve Mortalität 72
- Haarzellenleukämie 21
- Inzidenz 1950-1987 18
- Kind Einflußfaktoren 40
- MDS 21
- Mortalität
 - 1950-1990 26
 - Dosiswirkungskurve 72
 - junge Kinder 1950-1992 27
- präkonzeptionelle Strahlenbelastung 44
- pränatale Strahlenbelastung 41
- Röntgendiagnostik 41
- Selbstmord 63
- Selektion 62
- sozioökonomische Faktoren 45
- Wert der Daten 17

attributable risk 15

- solide Tumore 15

B

BEIR V

- Dosiswirkungskurve 94; 100
- relative risk 100; 140

berufliche Exposition 40

berufliche Strahlenbelastung 14

- fliegendes Personal 140
- präkonzeptionelle Strahlenbelastung 109

biologische Dosimetrie DS86 59

C

Chemotherapie Zweittumor 141

Chromosomenaberrationen

- AML 35
- biologische Dosimetrie DS86 59
- DS86 59

City-Effekt 27

- CML 21
- Neutronen 58; 89

CL Strahlentherapie Erwachsener 136

CLL 67

- Atombombenopfer 21
- Diagnosenrevision 18
- Strahlentherapie Erwachsener 130; 131; 133; 135; 136
- TRC 72

CML *Siehe auch* CL

- Alter ATB
 - relative risk 25
 - Verdoppelungsdosis 24
- Atombombenopfer 137
- City-Effekt 21
- Diagnosenrevision 17
- Dosiswirkungskurve 91; 92; 98; 99; 100
- Geschlecht 21
 - Verdoppelungsdosis 24
- Kind
 - Strahlentherapie 124; 128
 - Verdoppelungsdosis 26
- Philadelphia Chromosom 32
- RBW Neutronen 91
- relative risk 23; 50
 - Alter ATB 25
- Röntgendiagnostik 136; 137
- Strahlentherapie
 - Erwachsene 130; 131; 133; 134; 135
 - Kindesalter 128
 - Säuglingsalter 124
- TSE-Effekt 78; 81; 82; 83
- Verdoppelungsdosis 23; 24; 51
 - Alter ATB 24
 - Geschlecht 24
 - Kind 26

– Zweittumor 141

D

DDR Mortalitätsstatistik 65

Diagnosenrevison 17; 65

Dosimetrie Atombombenopfer *Siehe* DS86

Dosiswirkungskurve 21

- ALL 91; 92; 98; 99; 100
- Alter ATB < 15 Jahre 93; 94; 100
- Alter ATB > 35 Jahre Frauen 95
- Alter ATB 20-60 Jahre 96
- AML 21; 91; 92; 98; 99; 100
- BEIR V 100
- CML 91; 92; 98; 99; 100
- Cutoff hoher Dosen 60; 61
- hohe Dosen 59
 - Cutoff 60; 61
- Kind 28
- Kurvenanpassung Methodik 90
- lineare 21
- lineare Komponente 56; 57
- quadratische Komponente 21; 56; 57; 91; 93
- Unsicherheit der Dosis 60

DS86 54

- biologische Dosimetrie 59
- Gammastrahlendosis Nagasaki 27; 59
- Neutronen 55
- Neutronendosis 58; 59
- Unsicherheit der Dosis 60

E

erreichtes Lebensalter 47

Erythroleukämie

- Alphateilchen 138
- Atombombenopfer 33
- Thorotrast 138

excess absolute risk *Siehe* absolute risk

excess relative risk *Siehe* relative risk

Exposition

- berufliche *Siehe* berufliche Exposition

F

FAB *Siehe* Diagnosenrevison

fliegendes Personal 140

G

Gammastrahlung der Atombomben RBW 54

genetische Prädisposition 67; 68

- prädiktive Merkmale 68; 69; 70
- TRC
 - ethnische Gruppen 74; 75
 - Vergleich mit LSS 72
- Verdoppelungsdosis 70
- Vergleich LSS/TRC 72

Geschlecht

- absolute risk 21
- ALL 21
- AML 21
- CML 21
 - Verdoppelungsdosis 24
- Inzidenz 21
- relative risk 21
- Verdoppelungsdosis
 - CML 24

H

Haarzellenleukämie Atombombenopfer 21

Hämangiomtherapie *Siehe* Strahlentherapie
Säuglingsalter

Healthy-population-Effekt 64; 72

Hiroshima *Siehe* auch City-Effekt *Siehe* auch
Atombombenopfer

- ATL 21

I

Indikator für Strahlenbelastung 15

Infektion

- konkurrierende Mortalität 109; 119
- promoviert kindliche Leukämie 68; 69

Inzidenz

- Alter ATB 20

II.1.4 Kanzerogenität unter besonderer Berücksichtigung immunhämatopoetischer Malignitäten

II.1.4.13 Index

- Geschlecht 21
- spontane *Siehe* spontane Inzidenz

K

Kellerer-Barclay-Modell 47

Kind

- Allergie promoviert Leukämie 68; 70
- Atombombenopfer
 - Einflußfaktoren 40
 - Selektion 63
- CML Verdoppelungsdosis 26
- Dosiswirkungskurve 28
- Einflußfaktoren Atombombenopfer 40
- genetische Prädisposition prädiktive Merkmale 68; 69; 70
- Infektion promoviert Leukämie 68; 69
- konkurrierende Mortalität 109; 119
- Mortalität der Atombombenopfer 1950-1992 27
- prädiktive Merkmale 68; 69; 70
- relative risk 30; 52
- Strahlentherapie 126; 128
 - Leukämietyp 128
 - Säuglingsalter 119; 121
 - Alter bei Erkrankung 124; 125; 126
 - Leukämietyp 123; 124
- Verdoppelungsdosis 31; 53
 - CML 26
- Zweittumor 144

konkurrierende Mortalität 63; 109; 119

konkurrierender Zellkillingeffekt

- ALL 98
- AML 97; 98
- Atombombenstrahlung 59; 97; 98
- CML 97; 98
- Strahlentherapie 61; 101; 120

Krümmel 13

Kurvenanpassung Dosiswirkungskurve
Methodik 90

Kychtym Unfall 71

L

Latenzzeit *Siehe auch* TSE-Effekt

- > 35 Jahre AML 27

- AML > 35 Jahre 27
- Leukämietyp 76; 77

Lebensalter erreichtes *Siehe* erreichtes
Lebensalter

lockerionisierende Strahlung RBW 55

M

M₃ 34

M₆

- Alphateilchen 138
- Atombombenopfer 33
- Thorotrast 138

Mayak Wiederaufarbeitungsanlage 70

MDS 32; 33

- Alphateilchen 138
- Atombombenopfer 21
- Diagnosenrevision 18
- Thorotrast 138
- Zweittumor 141

medizinische Strahlenbelastung *Siehe auch*
Strahlentherapie *Siehe auch*
Röntgendiagnostik

- dichtungisierende Strahlen 138
- lockerionisierende Strahlung 108

ML Strahlentherapie Erwachsener 134

Mortalität

- Hiroshima/Nagasaki/Saarland/DDR 64; 65
- LSS/TRC 72

N

Nagasaki *Siehe auch* City-Effekt *Siehe auch*
Atombombenopfer

- ATL 21
- Gammastrahlendosis 27; 59

natürliche Strahlenbelastung

- Gammastrahlung
 - relative risk 118
 - Verdoppelungsdosis 118
- Radonkonzentration
 - relative risk 118
 - Verdoppelungsdosis 118

- relative risk 16
- Verdoppelungsdosis 16

Neutronen

- Atombomben
 - City-Effekt 58
 - Dosis 58; 59
 - RBW 89
 - RBW für solide Tumore 89
 - RBW und Dosiswirkungskurve 56; 57
- RBW 55; 59; 89
 - ALL 91
 - AML 91
 - CML 91

O

Osteosarkom

- TSE-Effekt 76

P

Prädisposition genetische *Siehe* genetische Prädisposition

präkonzeptionelle Röntgendiagnostik 110; 111

- Leukämietyp 109

präkonzeptionelle Strahlenbelastung 108

- Atombombenopfer 44
- berufliche Strahlenbelastung 109
- Röntgendiagnostik 110; 111
 - Leukämietyp 109

pränatale Röntgendiagnostik

- Inzidenz 112; 113; 114; 115
- Leukämietyp 112; 113; 114; 115
- relative risk 116; 117
- relative risk pro Trimester 118
- Verdoppelungsdosis 116; 117
- Verdoppelungsdosis pro Trimester 118

pränatale Strahlenbelastung

- ALL 42
- AML 42
- Atombombenopfer 41
- natürliche Gammastrahlenbelastung
 - relative risk 118
 - Verdoppelungsdosis 118
- natürliche Gammastrahlung
 - relative risk 118
- natürliche Strahlenbelastung

- relative risk 118
- Radonkonzentration
 - relative risk 118
 - Verdoppelungsdosis 118; 139
- Röntgendiagnostik
 - Inzidenz 112; 113; 114; 115
 - Leukämietyp 112; 113; 114; 115
 - relative risk 116; 117
 - relative risk pro Trimester 118
 - Verdoppelungsdosis 116; 117
 - Verdoppelungsdosis pro Trimester 118

Promyelozyten-Leukämie 34

R

Radium 138

- Trinkwasser 139

Radonkonzentration 140

- pränatale Strahlenbelastung
 - relative risk 118
 - Verdoppelungsdosis 118; 139

RBW

- Alphateilchen *Siehe*
- Gammastrahlung der Atombomben 54
- lockerionisierende Strahlung 55
- Neutronen 55; 59
 - ALL 91
 - AML 91
 - Atombomben 56; 57; 89
 - CML 91
 - solide Tumore 89

relative biologische Wirksamkeit *Siehe* RBW

relative risk 15

- Alter ATB 20
 - CML 25
- Atombombenopfer
 - Mortalität 72
 - pränatale Strahlenbelastung 43
- BEIR V 100; 140
- Chemotherapie 143
- CML 23; 50
 - Alter ATB 25
- Geschlecht 21
- Kind 30; 52
- Mortalität
 - Atombombenopfer 72
 - TRC 72

II.1.4 Kanzerogenität unter besonderer Berücksichtigung immunhämatopoetischer Malignitäten

II.1.4.13 Index

- pränatale Strahlenbelastung
 - Atombombenopfer 43
- solide Tumore 15
- Strahlentherapie 143
- TRC
 - Mortalität 72
- Zweittumor 143

relative risk-Modell 47; 90

RERF

- Ergebnisse 17

Risikomodell

- absolutes *Siehe* absolute risk-Modell
- relatives *Siehe* relative risk_Modell

Röntgendiagnostik

- Atombombenopfer 41
 - TSE-Effekt 88
- CML 136; 137
- präkonzeptionelle *Siehe* präkonzeptionelle Röntgendiagnostik
- pränatale *Siehe* pränatale Röntgendiagnostik
- Vergleich LSS/TRC 73; 74

S

Saarland Mortalitätsstatistik 65

Schwangerschaft *Siehe* pränatale Strahlenbelastung

solide Tumore

- absolute risk 15
- attributable risk 15
- RBW der Neutronen 89
- relative risk 15

sozioökonomische Faktoren Atombombenopfer 45

spontane Inzidenz

- Hiroshima und Nagasaki 64; 65
- im Vergleich der Länder 64; 65

Strahlenbelastung

- berufliche *Siehe* berufliche Strahlenbelastung
- medizinische *Siehe* Strahlentherapie *Siehe* Röntgendiagnostik

- natürliche *Siehe* natürliche Strahlenbelastung
- präkonzeptionelle *Siehe* präkonzeptionelle Strahlenbelastung
- pränatale *Siehe* pränatale Strahlenbelastung

Strahlenexposition *Siehe* Strahlenbelastung

Strahlentherapie 101

- Cervix-Krebs
 - Dosiswirkungskurve 101; 102
 - Typ der Leukämie 134; 135; 136
- Dosiswirkungskurve
 - Cervix-Krebs 101; 102
 - gutartige gynäkologische Erkrankungen 102; 104; 105
 - Spondylitis ancylosans 105; 106
- gutartige gynäkologische Erkrankungen
 - Dosiswirkungskurve 102; 104; 105
 - TSE-Effekt und Typ der Leukämie 132; 133; 134; 135; 136
 - Typ der Leukämie 132; 133; 134
- Kindesalter 126; 128
 - Leukämietyp 128
- Säuglingsalter 119; 121
 - Alter bei Erkrankung 124; 125; 126
 - Leukämietyp 123; 124
- Spondylitis ancylosans
 - Dosiswirkungskurve 105; 106
 - TSE-Effekt und Typ der Leukämie 131
 - Typ der Leukämie 129; 130; 131
- TSE-Effekt und Typ der Leukämie
 - Cervix-Krebs 134; 135; 136
 - gutartige gynäkologische Erkrankungen 132; 133; 134
 - Spondylitis ancylosans 131
- Typ der Leukämie
 - Cervix-Krebs 134; 135; 136
 - gutartige gynäkologische Erkrankungen 132; 133; 134
 - Spondylitis ancylosans 129; 130; 131
- Zweittumor 141

T

T65D Neutronen 55

Techa 70

Thorotrast 138

II.1.4 Kanzerogenität unter besonderer Berücksichtigung immunhämatopoetischer Malignitäten

II.1.4.13 Index

- Thymusbestrahlung *Siehe* Strahlentherapie
Säuglingsalter
- Tinea capitis *Siehe* Strahlentherapie
Kindesalter
- genetische Prädisposition 67; 68
- TRC
- Dosimetrie 71
 - Dosiswirkungskurve 72
 - Mortalität 72
 - Röntgendiagnostik 73; 74
- TSE-Effekt 49; 76 *Siehe auch* Latenzzeit
- AL 79; 80
 - ALL 80; 81; 86; 87
 - AML 79; 83; 84; 85
 - CML 78; 81; 82; 83
 - Leukämien 87; 88
 - Osteosarkom 76
 - Röntgendiagnostik Atombombenopfer 88
- T-Zell Leukämie *Siehe* ATL
- U**
- Unfall von Kychtym 71
- V**
- Verdoppelungsdosis
- ALL 95
 - Alter ATB
 - CML 24
 - CML 23; 24; 51
 - Alter ATB 24
 - Geschlecht 24
 - Kind 26
 - genetische Prädisposition 70
 - Geschlecht
 - CML 24
 - Kind 31; 53
 - CML 26
- Verteilung zeitliche *Siehe* TSE-Effekt
- W**
- Wiederaufarbeitungsanlage Mayak 70
- Z**
- zeitliche Verteilung *Siehe* TSE-Effekt
- Zellkillingeffekt konkurrierender *Siehe*
konkurrierender Zellkillingeffekt
- Zweittumor 141
- Erwachsener 141
 - Kind 144
 - relative risk 143