

Eine Megatonne über Bern

**Die medizinischen
Auswirkungen von
Kernwaffen**



PSR Ärzte für Soziale Verantwortung

Herausgeber: Physicians for Social Responsibility
PSR Sektion Bern - Solothurn
3000 Bern

(Bei dieser Adresse können weitere Exemplare
der Broschüre bestellt werden)

Bern, im September 1983

Druck: Genodruck Biel
2. Auflage: 2500

Eine Megatonne über Bern

Die medizinischen Auswirkungen von Kernwaffen

"Die Kernwaffen stellen die grösste unmittelbare Bedrohung der
Gesundheit und des Wohlergehens der Menschheit dar"

Weltgesundheitsorganisation (WHO) 1983

PSR Ärzte für Soziale Verantwortung

INHALT

	Seite
Einleitung	3
1. Kernwaffen: physikalische Wirkungen und medizinische Folgen	5
2. Ein Atomkrieg und seine Auswirkung	16
3. Eine Megatonne über Bern	19
4. Medizinische Versorgung in einem Atomkrieg	26
5. "Wir werden euch nicht helfen können!"	29
Anhang	
Literaturverzeichnis	30
Erklärung von Fremdwörtern	31

"Soll die Medizin daher ihre grosse Aufgabe wirklich erfüllen, so muss sie in das grosse politische Leben eingreifen; sie muss die Hemmnisse angeben, welche der normalen Erfüllung der Lebensvorgänge im Wege stehen, und ihre Beseitigung erwirken."

Rudolf Virchow, 1848

Kriege sind keine Naturereignisse, sondern werden von Menschen gemacht. Jeder Krieg, nicht nur ein Atomkrieg, führt zu Leiden und Tod unzähliger Menschen. Der letzte Weltkrieg hat 50 Millionen Menschen das Leben gekostet; seither hat es weltweit über hundert Kriege und bewaffnete Konflikte gegeben, die von Bürgerkriegen bis zu internationalen Auseinandersetzungen reichten.

Es ist das Paradox der Geschichte, so die UNO-Studie Kernwaffen [7], "dass Schrecken und Tragik von Hiroshima und Nagasaki den militärischen Planern sowohl das Bedürfnis wie auch den Zwang auferlegt haben, gerade die Waffen, die diese erschreckende Zerstörungsfähigkeit demonstriert hatten, in ständig zunehmender Anzahl und weiter entwickelter technischer Qualität zu erwerben. Dies hat dazu geführt, dass Kernwaffen heute in Niels Bohrs Worten 'eine ständige Bedrohung der Menschheit' geworden sind." Weltweit stehen heute 40'000 bis 50'000 Kernwaffen mit einem Zerstörungspotential von 13 Milliarden Tonnen TNT oder, anders ausgedrückt, 3 Tonnen nukleare Sprengkraft für jeden Bewohner unserer Erde bereit. Erstmals bedroht ein Krieg die gesamte Menschheit und kann die Zivilisation auslöschen.

Die Vorbereitungen auf einen Atomkrieg führen schon heute zu Krankheit und Tod. Kinder und Jugendliche müssen angesichts der weltweiten Aufrüstung in der Angst leben, keine Zukunft mehr zu haben. Sie stehen vor dem "no future". Das jährliche Wettrüsten verschlingt riesige Geldsummen - jährlich 600 Milliarden Dollar oder 1,2 Billionen Franken - während täglich Zehntausende von Menschen an behandelbaren Krankheiten sterben, täglich 40'000 Kinder an den Folgen von Unterernährung und banalen Krankheiten wie Masern und Brechdurchfall sterben und weltweit 800 Millionen Menschen in absoluter Armut leben.

Gesundheit zu erhalten und zu fördern und Krankheiten zu verhüten ist besondere Aufgabe aller Menschen, die im Gesundheitswesen tätig sind. Kriegsverhütung sollte daher die vordringlichste Aufgabe des Arztes sein, der sich bis heute vorwiegend mit der Linderung von Leiden begnügt hat, die die Kriege geschaffen haben. Als Aerztinnen und Aerzte, ganz allgemein als Angehörige eines medizinischen Berufs, müssen wir aus unserer Helferrolle hinaustreten und präventiv tätig werden.

Wir halten es deshalb für unsere Pflicht, die Leute über die drohenden Gefahren von Atomwaffen aufzuklären und aufzuzeigen, weshalb wir in einem Atomkrieg nicht mehr in der Lage sein werden zu helfen. Die Aussage, ein Atomkrieg sei überlebbar, halten wir für eine Illusion - er

wäre die "letzte Epidemie"[12] der Menschheit. Kriegsprävention ist die einzige mögliche und sinnvolle Antwort auf die weltweite Aufrüstung.

Die vorliegende Arbeit soll aufzeigen, weshalb wir und viele weitere Ärztinnen und Ärzte auf der ganzen Welt, die sich in der Vereinigung "International Physicians for Prevention of Nuclear War (IPPNW)" zusammengefunden haben und zu der auch die PSR Schweiz (Physicians for Social Responsibility) gehört, zu dieser Ueberzeugung gekommen sind.

Bern, im September 1983

Wolfgang Lauterburg
Bernhard Aufderreggen
Edgar von Ballmoos
Thomas Baumann

1. Kernwaffen: physikalische Wirkungen und medizinische Folgen

Bei der Explosion einer Kernwaffe (Nuklearwaffe) wird plötzlich Energie freigesetzt in Form von Druck, Hitze und nuklearer Strahlung; ein äusserst heller Lichtblitz und stärkste Hitzestrahlung breiten sich mit Lichtgeschwindigkeit aus, gefolgt von einer Druckwelle und orkanartigen Winden. Gleichzeitig tritt eine intensive Kernstrahlung, v.a. Gamma- und Neutronenstrahlung, auf. Für Spaltbomben gilt, dass dabei rund 50% der Energie in Druck, 35 - 45% in Hitze und 15% in Kernstrahlung umgesetzt wird ([11], Abb.1); bei Fusionswaffen, v.a. bei der Neutronenbombe, ist der Strahlenanteil höher.

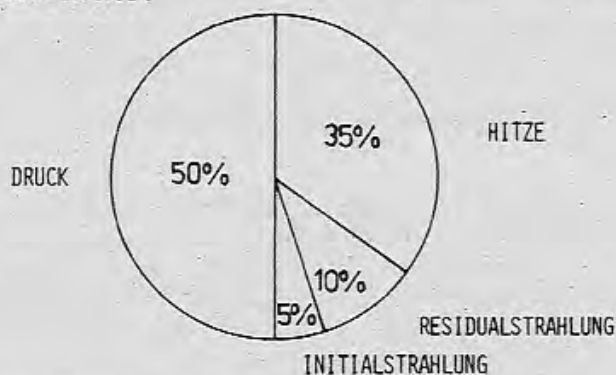


Abb.1 Energiefreisetzung bei einer Spaltbombenexplosion nach [11])

Die Folgen einer Explosion sind, abgesehen von Art und Stärke der Waffe, abhängig von der Explosionshöhe([11], Abb.2):

Oberflächenexplosion. Bei einer Explosion unmittelbar über dem Erdboden oder in geringer Höhe entsteht durch die Druckwelle ein riesiger Krater. Radioaktives Erdmaterial wird in Form eines hohen Staupilzes aufgewirbelt und fällt später als radioaktiver Niederschlag wieder auf die Erde zurück; die schwereren Partikel fallen dabei frühzeitig nieder (früher oder lokaler Fallout), während die kleineren durch den Wind mehrere hundert und tausend Kilometer weit verteilt oder sogar bis in die Stratosphäre geschleudert werden; von dort sinken sie erst im Verlauf von Monaten oder Jahren nieder, z.T. als weltweiter Niederschlag (verzögerter oder globaler Fallout).

Luftexplosion. Demgegenüber ist bei einer Explosion in grosser Höhe, deren Feuerball den Erdboden nicht mehr berührt, die Zone, die der Druck- und Hitzewelle ausgesetzt ist, wesentlich ausgedehnter. Hingegen hat der lokale Niederschlag nur ein geringes Ausmass.

Als Folge der initialen Nuklearstrahlung treten durch die Ionisation von Luft und Boden stärkste elektromagnetische Felder bis zu mehreren Tausend Volt auf, die sich mit Lichtgeschwindigkeit über halbe Kontinente weg ausbreiten können (Elektromagnetischer Puls, EMP). Elektrische und elektronische Anlagen, v.a. diejenigen, die mit langen Leitun-

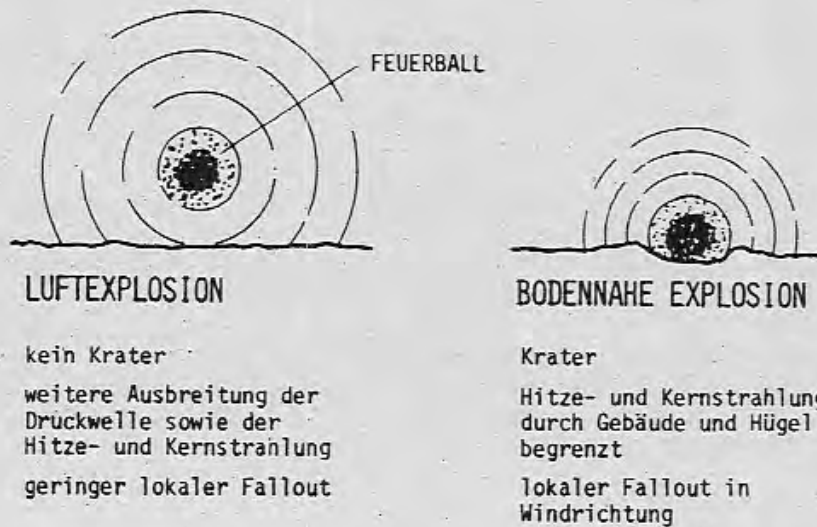


Abb.2 Unterschiede zwischen Oberflächen- und Luftexplosionen (nach [22])

gen verbunden sind wie Stromleitungen und Antennen, können entweder zerstört oder zumindest vorübergehend ausgeschaltet werden [19]. So würde ein in grosser Höhe, ausserhalb der Atmosphäre gezündeter Nuklearsprengkopf wahrscheinlich genügen, um sämtliche Elektrizitäts- und Kommunikationssysteme in einem Umkreis von Tausenden von Kilometern zusammenbrechen zu lassen [4,11].

Druck

Vom Explosionszentrum aus breitet sich die Druckwelle, gefolgt von äusserst heftigen Winden, radiär mit Ueberschallgeschwindigkeit aus, wobei mit zunehmendem Abstand der Druck allmählich abnimmt. In der unmittelbaren Umgebung des explodierenden Sprengkopfs bzw. des Bodennullpunkts (Projektion des Explosionszentrums auf die Erdoberfläche) wird dabei alles, auch stärkste Stahlbetonbauten, dem Erdboden gleichgemacht. Die nebenstehende Abbildung illustriert die Ereignisse, wie sie bei der Explosion einer 1-Megatonnenbombe in 2000 Metern Höhe ablaufen würden (Abb.3, [16]). Sofort nach der Explosion bildet sich eine gleissende, extrem heisse Feuerkugel. Die Explosion setzt eine zerstörerische Druckwelle in Bewegung, die vom Zentrum wegrast. Auf der Erdoberfläche erzeugt sie beim Aufprall eine weitere Druckwelle durch Reflexion und verschmilzt mit ihr. 4,6 Sekunden nach der Explosion hat sich die Druckfront bereits 2 km weit ausgedehnt; es herrscht ein Ueberdruck von über 1 atü (Atmosphäre Ueberdruck) und die Windgeschwindigkeit hinter der Druckfront beträgt etwa 290 km/h. 37 Sekunden nach der Detonation ist die Druckfront ca. 15 km vom Bodennullpunkt entfernt, der Ueberdruck auf 0,06 atü abgeschwächt; die Windgeschwindigkeit beträgt 65 km/h. Stärkste Eisenbetonbauten werden in einem Umkreis von über 2 km, mehrstöckige Backsteinhäuser in 7,8 km niedergewalzt. Holzhäuser halten auch in einer Distanz von 10 km dem dort herrschenden Ueberdruck von 0,2 atü nicht stand; Stahlbetonbauten bleiben hier zwar stehen, ihre Wände werden jedoch

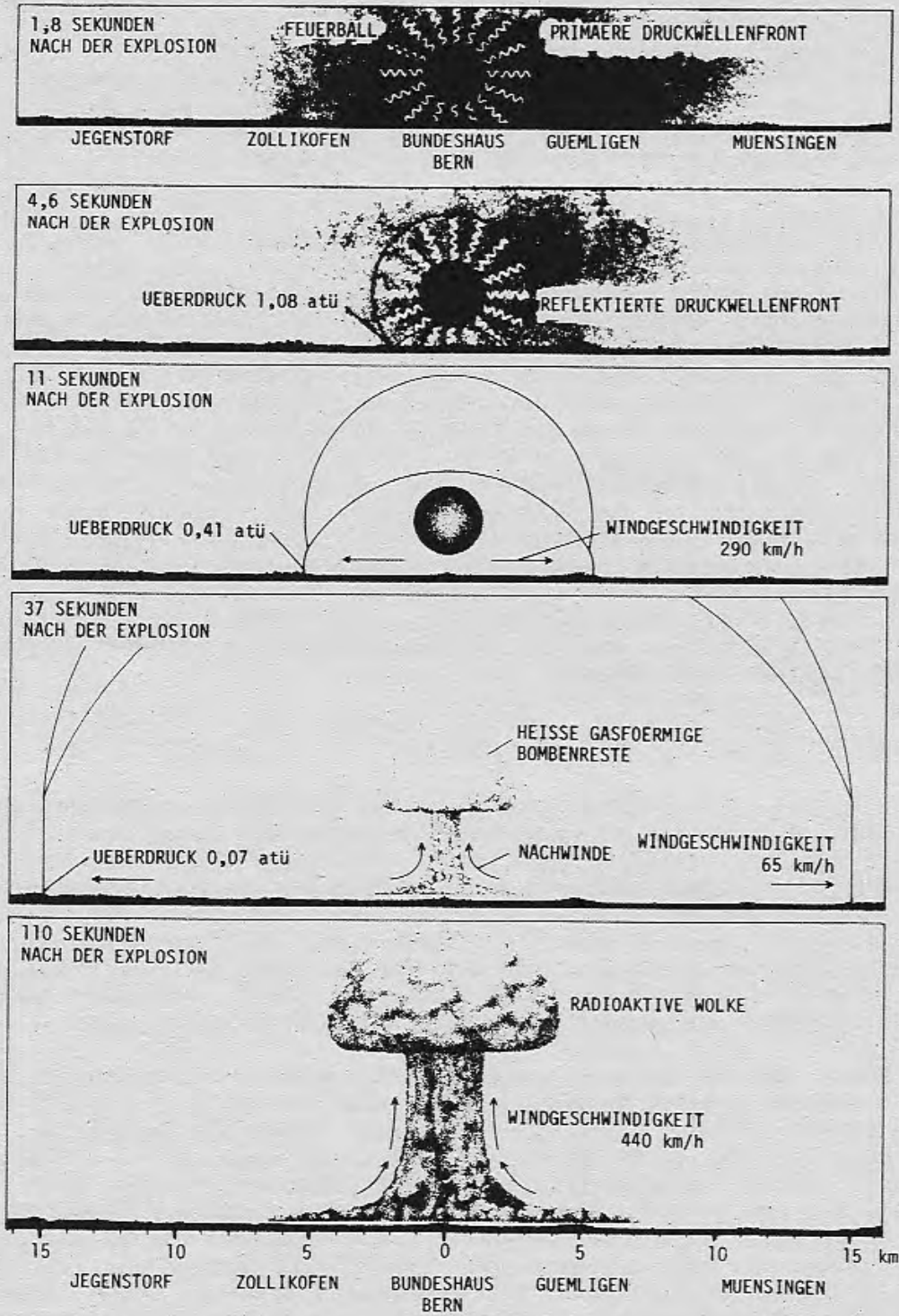


Abb.3 Unmittelbare Folgen der Explosion eines Sprengkopfs von 1 Megatonne in 2000 Meter Höhe über dem Erdboden (aus [16])

hinausgedrückt. Noch über 20 km weit weg können Glasscheiben zersplittern und Ziegel von den Dächern fallen.

Mit der Abkühlung des heissen aufsteigenden Feuerballs und der Bildung der radioaktiven Wolke wird aus der Umgebung kalte Luft angesogen, die anschliessend Winde in umgekehrter Richtung zur Folge hat. Durch diese sog. Nachwinde werden Schutt und Erde mitgerissen, welche zusammen mit den Ueberresten der Bombe die radioaktive Wolke bilden.

Auswirkungen auf den Menschen. Der menschliche Körper ist gegenüber direkten Druckeinwirkungen relativ widerstandsfähig. Hohe Ueberdruckwerte können jedoch schwere innere Verletzungen, v.a. Lungen- und Darmrisse zur Folge haben; Trommelfellrisse werden bereits ab 0,3 atü beobachtet [11]. Ueberdruck von 2 atü hat bei einer Nuklearexplosion den Tod von 50% der Menschen zur Folge [17]. Viel entscheidender sind jedoch die indirekten Druckwirkungen [11]: Verletzungen durch zusammenstürzende Gebäude und herumfliegende Trümmer, daneben Verletzungen, die sich die Menschen zuziehen, welche selbst durch die Druckwelle und die Winde weggeschleudert werden. In jener Zone, in der die Gebäude nahezu vollständig zerstört sind, gibt es kein Ueberleben. Aber auch in Gebieten, wo die Schäden geringer sind, besteht immer noch Lebensgefahr durch herumfliegende Backsteine, Ziegel, Glassplitter usw. An Verletzungen werden vorherrschen: Knochenbrüche von Extremitäten, Wirbelsäule, Schädel, Verletzungen des Brustkorbes und der Bauchorgane; ausgedehnte Rissquetschwunden. Viele werden mehrfachverletzt sein und gleichzeitig noch an Verbrennungen und Strahlenkrankheit leiden (Kombinationsschäden).

Hitze

Der Feuerball einer Nuklearexplosion hat die Wirkung einer kleinen Sonne und gibt seine Energie in Form von Röntgenstrahlen sowie Ultraviolett-, sichtbarem und infrarotem Licht ab [7,17]. Noch 80 km weit weg erscheint der Feuerball einer 1-Megatonnenbombe dem Beobachter viel heller als die Sonne am Mittag [15]. In seinem Innern herrschen Temperaturen von einigen 10 Millionen Grad Celsius [11]; eine solche Hitze würden wir etwa im Zentrum der Sonne antreffen. 10 Sekunden nach der Explosion hat er einen Durchmesser von 1700 Metern erreicht; nach einer Minute ist er abgekühlt und sendet kein sichtbares Licht mehr aus [11].

Die Hitze, die vom Feuerball ausgeht, kann direkt zur Entzündung von brennbaren Materialien führen; noch in einem Abstand von 10 km beginnen Papier, Kleider, Vorhänge usw. auch hinter Fensterscheiben zu brennen [11]. Vor allem innerhalb von Häusern, aber auch in trockenen Wäldern können dadurch grössere Brände entstehen. Zudem kann die Druckwelle elektrische Leitungen, Benzin- und Oeltanks, Gasleitungen zerstören und dadurch Feuer auslösen. Es ist möglich, dass in genügend dicht bebauten Gegenden sich Massenfeuer [11] entwickeln: entweder sog. Feuerstürme, in denen sich mehrere Brände zu einer riesigen Feuersäule zusammenballen, welche die kühlere Luft aus der Umgebung mit enormer Kraft anzieht, oder sog. Feuersbrünste, die sich von Haus zu Haus ausbreiten. In einem Massenbrand kann die Temperatur bis auf mehrere hundert Grad Celsius ansteigen und Glas und Metall schmelzen [16]. Durch die hohen Temperaturen und den Sauerstoffverbrauch gibt

es für Mensch und Tier kein Ueberleben, auch nicht in Schutzräumen [17]. Feuerstürme sind aus dem Zweiten Weltkrieg gut bekannt: Tokyo, Hiroshima, Hamburg, Dresden. In der letzterwähnten Stadt tötete 1945 ein Feuersturm, der durch chemische Bomben entzündet worden war, über 100'000 Menschen [16].

Auswirkungen auf den Menschen. Die Helligkeit des Lichtblitzes einer 1-Megatonnenbombe kann bei Menschen am Tag noch in 21 km Distanz (in der Nacht sogar in 85 km) zu Sekunden bis Minuten dauernder Blendung führen [11]. Netzhautverbrennungen mit folgender Blindheit können noch in 51 km auftreten, jedoch nur bei direktem Blick in den Lichtblitz [11]. Die äusserst intensive Hitzestrahlung führt in der Nähe des Bodennullpunkts bei Temperaturen von mehreren Tausend Grad Celsius [11] zur Verdampfung und Verkohlung des menschlichen Körpers. In einem weiten Umkreis kommt es bei Aufenthalt im Freien zu Verbrennungen; je nach Distanz zum Feuerball, Wetterbedingungen, Hautpigmentation kommt es zu oberflächlichen erst- und zweitgradigen (Rötung, Blasenbildung) oder zu tiefergreifenden drittgradigen (Zerstörung aller Hautschichten) Verbrennungen. So erleiden 100% aller Leute im Freien in einem Umkreis von 10,2 km an ihren unbedeckten Körperstellen drittgradige und in 11,7 km zweitgradige Verbrennungen [11]. Eine andere, nicht weniger wichtige Ursache von Verbrennungen, Rauchvergiftungen und Erstickungen sind die oben beschriebenen Häuserbrände und die Massenfeuer.

Nukleare Strahlung

Eine der Besonderheiten der Nuklearwaffen, die sie auch qualitativ von anderen Waffen unterscheidet, ist die nukleare Strahlung. Je nach der Einwirkungszeit unterscheidet man:

Nukleare Initialstrahlung

Sie entsteht unmittelbar bei und in der Folge der Spalt- bzw. Verschmelzungsreaktion der Bombe, hält etwa 1 Minute lang an und besteht vorwiegend aus Gamma- und Neutronenstrahlung [11]; sie kann erhebliche Schäden im lebenden Organismus anrichten. Ihr Anteil am Energieausstoss einer Spaltbombe beträgt rund 5%, kann jedoch bei der sog. Neutronenbombe als gemischte Spalt-Verschmelzungsbombe (Fissions-Fusions-Bombe) bis zu 40% v.a. in Form von hochenergetischer Neutronenstrahlung betragen [14]. Für grössere Nuklearwaffen (über 100 Kilotonnen) ist die Ausdehnung der intensiven direkten Initialstrahlung geringer als die Zone der tödlichen Wirkung durch Druck und Hitze [9,16]. Bei kleinern Sprengköpfen, v.a. bei der Neutronenbombe, kann jedoch die direkte Strahlung einen ausgedehnteren Wirkungskreis haben [9,14]; so hatte die Initialstrahlung wesentliche gesundheitliche Folgen für die Bevölkerung und ihre Nachkommen von Hiroshima (Uranspaltbombe mit ca 13'000 Tonnen Sprengkraft) und Nagasaki (Plutoniumbombe von 22'000 Tonnen) [6,11].

Residualstrahlung und radioaktiver Niederschlag

Die Nuklearreaktion produziert eine grosse Menge radioaktiven Materials, welches im bekannten Atompilz in die Höhe getragen wird. Dieses stammt v.a. aus zwei Quellen [11]:

einmal entstehen bei der nuklearen Spaltreaktion mehr als 300 Isotope von 36 Elementen; die meisten sind radioaktiv und senden Beta- und Gammastrahlen aus; daneben entgehen einige Uranium- bzw. Plutoniumatome dem primären Spaltprozess;

durch die initiale Neutronenbestrahlung werden zudem Elemente der umgebenden Luft, Teile der Bombe selbst sowie bei bodennaher Explosion Elemente des Erdbodens radioaktiv.

Bei bodennaher Explosion ziehen Feuerball und Nachwinde Staub, Schutt und anderes Material in der Form eines riesigen Pilzes in die Höhe. Das radioaktive Material kondensiert sich auf der Oberfläche dieser Partikel und produziert die radioaktive Wolke, die als radioaktiver Niederschlag in der Folge wieder auf den Erdboden niedersinkt und als Residualstrahlung wirkt [11]. Dabei unterscheidet man zwei Phasen mit fließendem Uebergang [11]:

grössere Partikel fallen innerhalb der ersten 24 Stunden nieder und führen zu einer massiven lokalen Strahlung (früher oder lokaler Fallout);

kleiner Partikel geraten in höhere Schichten der Atmosphäre und werden von den Winden über die ganze Welt verteilt; sie sinken innerhalb von Tagen, Monaten und Jahren über einem weit grösseren Gebiet, z.T. weltweit v.a. als Schnee und Regen zur Erde nieder (verzögerter oder globaler Fallout).

Die vom radioaktiven Niederschlag betroffene Fläche und die Intensität der Radioaktivität hängt von vielen Faktoren ab: so Grösse und Art der Nuklearwaffe, Explosionshöhe, Windrichtung und -stärke, Niederschlag, Bodenbeschaffenheit im Explosionsgebiet. Mit der Zeit nimmt die Radioaktivität des Niederschlags zudem ab und beträgt nach 7 Stunden z.B. nur noch 1/10 der ursprünglichen Intensität, nach 7x7 Stunden noch 1/100 usw [11]. Die radioaktive Wolke wird vom Wind weggetragen und der frühe Fallout fällt über einem Gebiet nieder, das sich vom Bodennullpunkt der Explosion in Windrichtung ausdehnt. Dieses Gebiet ist

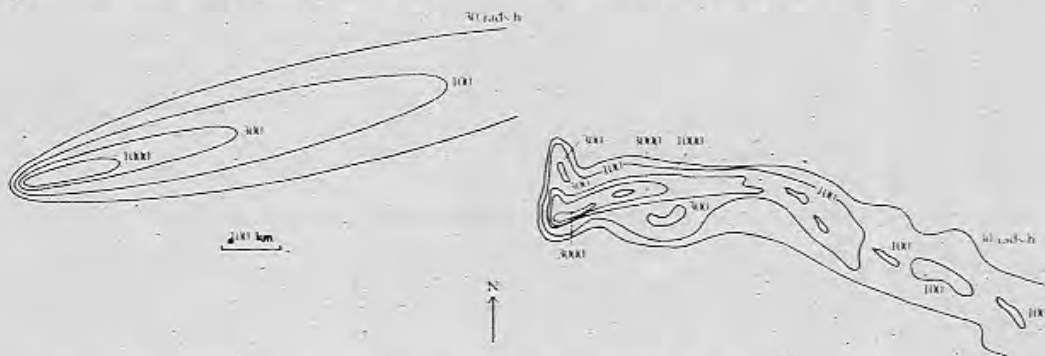


Abb.4 Vergleich zwischen idealisierter und möglicher Verteilung des radioaktiven Niederschlags nach einer Oberflächenexplosion einer 10-Megatonnenbombe (50% Fission, 50% Fusion) bei Windgeschwindigkeiten von 50 km/h (aus [11])

gewöhnlich um ein Vielfaches grösser als dasjenige, das von den initialen Bombenwirkungen (Druck, Hitze, initiale Strahlung) betroffen ist. Es ist üblich, die vom radioaktiven Niederschlag betroffenen Gebiete idealisiert als elliptische Flächen gleicher Dosisraten darzustellen (Abb.4). Verschiedene Umstände - lokale Windverhältnisse, Regen etc. - führen in Wirklichkeit zu einer unregelmässigen Verteilung des Fallouts, so dass exakte Voraussagen nicht möglich sind. Die idealisierten Darstellungen können uns jedoch eine Ahnung geben vom Ausmass des durch den Niederschlag betroffenen Gebiets (Abb.5). So würden nach einer Oberflächenexplosion einer 1-Megatonnenbombe Menschen, die über einen längeren Zeitraum der Strahlung ungeschützt ausgesetzt wären, tödliche Strahlendosen in einem Gebiet von nahezu 2000 Quadratkilometer erhalten; Strahlenschäden würden in einem Gebiet von 10'000 Quadratkilo-

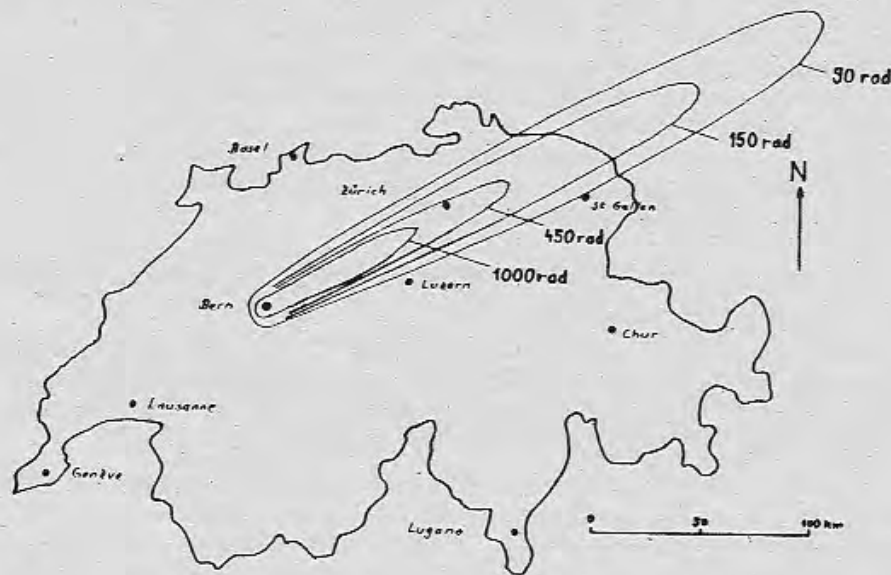


Abb.5 Verstrahlte Fläche nach einer Oberflächenexplosion einer 1-Megatonnenbombe (50% Fission) über dem Zentrum von Bern bei Südwestwind von 24 km/h; die angegebenen Zahlen bezeichnen die in den ersten 14 Tagen gesamthaft akkumulierte Dosis in rad (nach [17])

meter auftreten [9]. Während der radioaktive Fallout in der Frühphase v.a. durch Strahlung von aussen in Form von Beta- und Gammastrahlung schädigend auf den menschlichen Organismus einwirkt, sind in der späteren Zeit die Bestrahlung durch langlebige radioaktive Spaltprodukte wie Strontium-90 (radioaktive Halbwertszeit 28 Jahre) oder Caesium-137 (30 Jahre) sowie durch Plutonium-239 (24'000 Jahre) entscheidend [11].

Wirkung ionisierender Strahlen auf den Menschen

Kernstrahlung, wie sie bei der Explosion von Nuklearwaffen auftritt, führt als ionisierende Strahlung im menschlichen Organismus zu Zell-

schädigungen. Betroffen sind in erster Linie Zellen, die sich häufig teilen, wie diejenigen des blutbildenden Knochenmarks und die Oberflächenzellen (Epithelien) des Magendarmtrakts, v.a. des Dünndarms.

Frühzeitige Folgen

Als Folge der Bestrahlung des ganzen Körpers während kurzer Zeit tritt die sog. Strahlenkrankheit auf; ihre Erscheinungen reichen je nach Dosis von Uebelkeit bis zum Tod innert weniger Stunden. So führt eine akute Ganzkörperbestrahlung unter 200 rad zu Krankheitsfällen, die jedoch selten tödlich enden. Dosen über 200 rad führen praktisch immer zu manifester Erkrankung; bei niedrigen Dosen in diesem Bereich ist die Ueberlebenschance noch relativ gross, nimmt jedoch mit höheren Dosen rasch ab und liegt bei 500 - 600 rad nur noch bei 10% [10,11,23]. Bei noch höheren Dosen, über 1000 rad, ist ein Ueberleben auch mit modernster medizinischer Behandlung unwahrscheinlich. Eine Strahlenbelastung von 450 rad führt zum Tod bei 50% aller exponierten Menschen [10,11,23]; diese Angabe gilt für junge gesunde Individuen, während ältere Leute, Kinder und Kranke mit einer noch geringeren Ueberlebenschance rechnen müssen, ebenso diejenigen mit kombinierten Schäden (d.h. zusätzliche Verletzungen und Verbrennungen) [10]. Kein Mensch hat bis heute eine Dosis von 650 rad ohne medizinische Behandlung überlebt [23].

Die Erscheinungen der Strahlenkrankheit lassen sich wie folgt darstellen (siehe auch Abb.6)[10,11,17]:

Eine Ganzkörperbestrahlung unter 100 rad führt bei Erwachsenen selten zu schweren Symptomen; Säuglinge und Kleinkinder können jedoch vereinzelt erkranken. Bereits ab 25 rad können Blutbildveränderungen nachgewiesen werden (Verminderung der Lymphozytenzahl).

Ab ca 200 rad stehen zu Beginn unspezifische Symptome wie Uebelkeit, Erbrechen und allgemeines Unwohlsein im Vordergrund, gefolgt von einer symptomfreien Periode von einigen Tagen oder Wochen; die Dauer dieser scheinbaren Genesungszeit ist umso kürzer, je höher die Strahlendosis war. Anschliessend machen sich die strahlenbedingten Knochenmarks- und Blutbildveränderungen bemerkbar: wegen der verminderten Zahl der weissen Blutzellen (Leukozyten) und der Blutplättchen (Thrombozyten) treten Infektionskrankheiten sowie Blutungen der Haut, der Schleimhäute sowie innerer Organe auf. Je nach dem Grad der (dosisabhängigen) Knochenmarksschädigung stirbt der Strahlenkranke an den Blutungen und/oder den Infektionen oder er erholt sich langsam während Wochen und Monaten.

Bei noch höheren Dosen, ab etwa 600 rad bis 2000 rad, stehen die Schäden des Magen-Darmtrakts im Vordergrund: Uebelkeit, Erbrechen, Durchfall mit erheblichem Flüssigkeitsverlust und hohe Infektionsanfälligkeit durch das geschädigte Darmepithel mit generalisierten Infektionen (Sepsis) machen ein Ueberleben unwahrscheinlich und der Tod tritt gewöhnlich nach 1 bis 2 Wochen ein.

Dosen über 2000 rad führen zu Schäden am Zentralnervensystem: massive Dosen (über 10'000 rad) bewirken Krämpfe, Bewusstlosigkeit und Tod innert einiger Stunden; geringere Dosen führen zu Apathie, gefolgt von Bewusstlosigkeit und Tod innert weniger Tage.

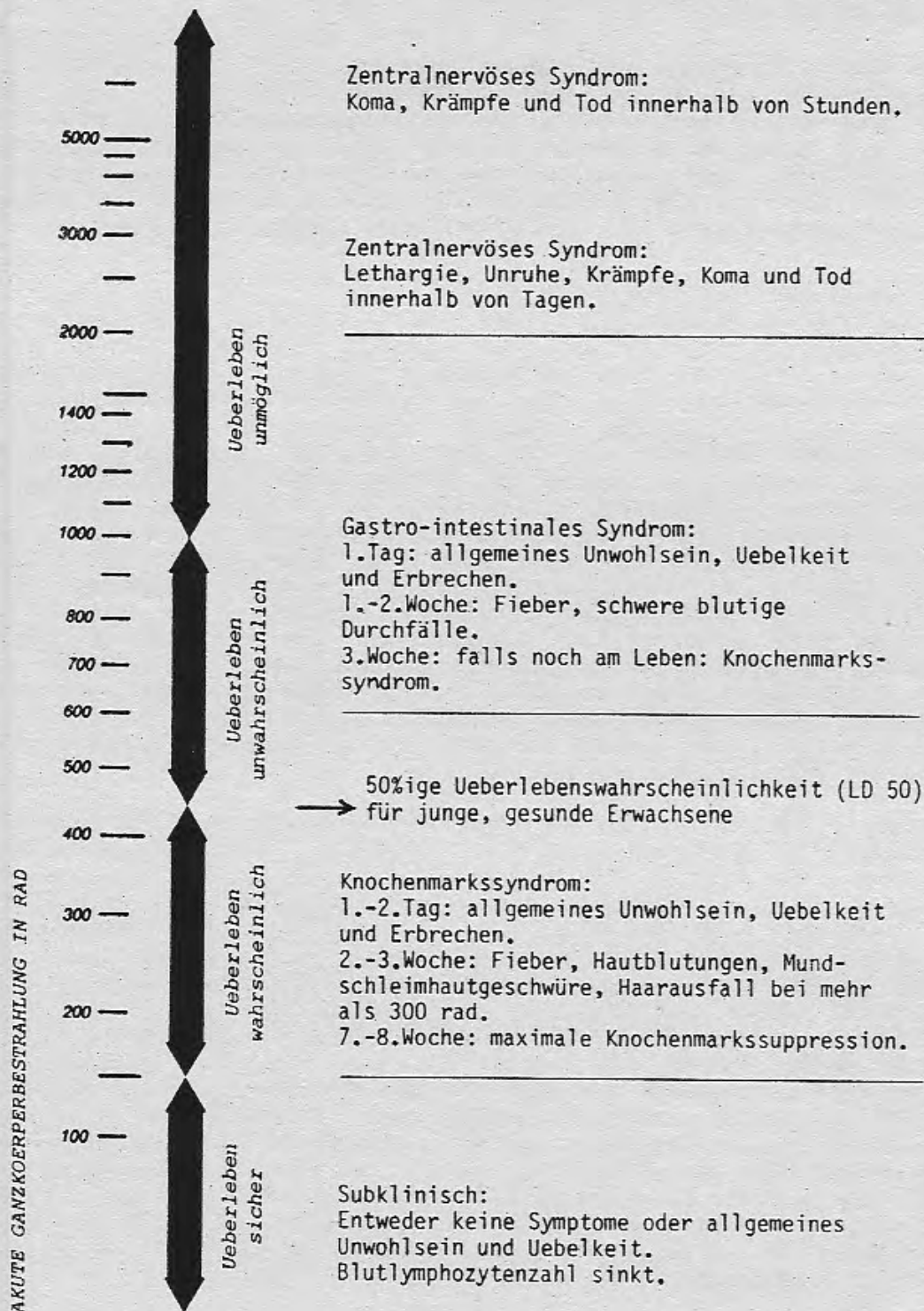


Abb.6 Formen akuter Strahlenkrankheit (nach [17], abgeändert)

Radioaktiver Niederschlag kann, wenn er auf der Haut liegen bleibt, durch Beta-Strahlung zu "Verbrennungen" der Haut führen (sog. Beta-Verbrennungen [11]).

Eine weitere Frühfolge der Nuklearwaffenexplosionen sind die Entwicklungsschäden von Föten, die im Mutterleib bestrahlt werden. In Hiroshima und Nagasaki wurden nach den Atombombenabwürfen vermehrt Tot- und Frühgeburten registriert [6], zudem war die Säuglingssterblichkeit erhöht. Bestrahlung während der ersten 18 Schwangerschaftswochen, v.a. von der 3. bis zur 15. Schwangerschaftswoche, hatten Entwicklungsstörungen des Gehirns zur Folge (Mikrozephalie) [6].

Langzeitwirkung ionisierender Strahlen

Strahlenschäden können jedoch auch noch nach langer Zeit - mehreren Jahren und Jahrzehnten - und wahrscheinlich in späteren Generationen auftreten, sowohl als Folge der Initialstrahlung wie des Niederschlags. Dabei wirkt der radioaktive Fallout auf zwei Weisen auf den menschlichen Körper ein: durch äussere (externe) Bestrahlung von Gamma-Strahlen aussendenden Isotopen v.a. in der Frühphase und durch innere (interne) Bestrahlung; radioaktive Partikel können durch Nahrung, Atmung und offene Wunden in den Körper eindringen [11]. Neben dem radioaktiven Iod-131, welches sich in der Schilddrüse ansammelt, spielen weitere langlebige Isotope eine grosse Rolle. Diese können jahre- und jahrzehntelang im menschlichen Körper bleiben. So wird z.B. Strontium-90 aufgrund seiner chemischen Aehnlichkeit mit Kalzium im Knochen abgelagert; es kann Knochenkrebs bewirken und die Blutbildung schädigen [11]. Eingeatmetes Plutonium-239 bleibt entweder in der Lunge liegen oder kann über den Blutweg zur Leber oder zum Knochen transportiert werden. Durch die kontinuierliche langdauernde Strahlenwirkung am selben Ort kann es zu schweren Schäden wie Knochen- oder Lungenkrebs führen [11].

Studien bei Ueberlebenden der Atombombenabwürfe in Japan und bei Patienten, die Röntgenstrahlen zu diagnostischen oder therapeutischen Zwecken erhalten haben, haben ergeben, dass ionisierende Strahlen das Risiko erhöhen, an Leukämie oder solidem Krebs zu erkranken [17]. V.a. zwischen 1950 und 1953, 4 bis 7 Jahre nach den Atombombenabwürfen, kam es in Japan zu einem massiven Ansteigen der Leukämiefälle; genaue Untersuchungen zeigen, dass das Risiko für alle Arten von Leukämie (ausser dem chronisch lymphatischen Typ) mit zunehmender Strahlenbelastung ansteigt [6]. Die Häufigkeit von Krebserkrankungen, Schilddrüsen-, Brust- und Lungenkrebs, aber auch von Speiseröhren-, Magen-, Dickdarm- und Harnwegskrebs ist nach Einwirkung ionisierender Strahlen ebenfalls erhöht. Strahleninduzierte Krebse treten wesentlich später auf als die Leukämien, mit einer Latenzzeit von etwa 20 bis 25 Jahren [6]. Das durchschnittliche Risiko, an einem strahleninduzierten Krebs zu sterben, ist ca. $1,25 \cdot 10^{-6}$ pro rad; d.h. Personen, welche während des Atombombenabwurfs einer totalen Strahlendosis von beispielsweise 100 rad ausgesetzt waren, haben ein Risiko von 1:80, später an einem strahleninduzierten Krebs zu sterben [17,23].

Wenn Eizellen oder Spermien bzw. Spermiovorläufer durch ionisierende Strahlen geschädigt werden, ist mit körperlichen oder geistigen Schäden

bei den Nachkommen zu rechnen [11,23]. Eine Vermehrung genetischer Schädigungen bei Menschen konnte nach den Atombombenabwürfen in Japan bis heute nicht nachgewiesen werden [6]; für eine endgültige Schlussfolgerung ist es jedoch zu früh, da sich Erbschäden häufig erst nach mehreren Generationen bemerkbar machen. Seit den Atombombenabwürfen sind jedoch erst 38 Jahre verstrichen, Zeitspanne zweier Generationen. Zudem konnten vermehrt chromosomale Abweichungen - Schäden an der Erbsubstanz - u.a. in Blutzellen von bestrahlten opfern nachgewiesen werden, deren Zahl eng mit der Höhe der Strahlendosis korreliert [6].

In den ersten Jahren nach der Explosion wurde eine grosse Zunahme der Sterilität bei Männern beobachtet [6]; die menschlichen Spermazellen sind besonders empfindlich gegenüber ionisierenden Strahlen. Zudem wiesen Ueberlebende der Atombombenexplosionen vermehrt Linsentrübungen der Augen auf [6.11].

2. Ein Atomkrieg und seine Auswirkungen

Die Beurteilung der Folgen eines Atomkriegs ist komplex. Auch ein sogenannter "begrenzter" Atomkrieg hätte unvorstellbare Folgen: eine Studie von ARKIN u.a. [20] schätzt, dass nach einem Nuklearangriff mit Sprengköpfen von 200 Kilotonnen auf 172 militärische Ziele in den beiden deutschen Staaten 10 Millionen Menschen in Europa getötet und eine gleiche Anzahl schwer verletzt würden. Die Wahrscheinlichkeit ist zudem gross, dass ein zu Beginn "begrenzter nuklearer Schlagabtausch" sich zu einem weltweiten Atomkrieg ausweiten würde. Auf der Erde dürften heute rund 40'000 oder mehr nukleare Sprengköpfe mit einem gesamten Zerstörungspotential von 13 Milliarden Tonnen konventionellen Sprengstoffs (Trinitrotoluol TNT) gelagert sein [7]; das entspricht etwa 1 Million Hiroshimabomben. Auf jeden Menschen kommt heute mehr als 3 Tonnen nukleare Sprengkraft.

Verschiedentlich wurden sog. Szenarien von möglichen Atomkriegen ausgearbeitet. Eines der letzten wurde 1982 von AMBIO, der Zeitschrift der Königlichen schwedischen Akademie der Wissenschaften, veröffentlicht [20]. Es geht von einem Nuklearkrieg zwischen den USA und der UdSSR im Jahr 1985 aus; ungefähr die Hälfte des vorhandenen Atomwaffenpotentials würde eingesetzt. Die berechneten Folgen: 750 Millionen Menschen würden getötet, 340 Millionen ernsthaft verletzt. Von den 200 Millionen unverletzt Ueberlebenden würden viele an Infektionskrankheiten sowie an späten Folgen der Nuklearstrahlung zu Grunde gehen.

Biologisches Ueberleben bedeutet jedoch nicht vollwertiges Weiterleben. Berechnungen, wieviele Menschen nach einem Atomangriff noch am Leben bzw. am Leben und unverletzt sind, haben eine geringe Bedeutung. Die biologisch Ueberlebenden haben mit aller Wahrscheinlichkeit nur ihren Tod etwas hinausgeschoben - für Tage, Wochen, Monate oder einige Jahre - um dann an den sekundären Folgen des Nuklearkriegs zu sterben. Laut einem 1975 erschienenen Bericht der National Academy of Sciences der USA ([18, zit. in [19]) hätte ein Atomkrieg aller Wahrscheinlichkeit nach erhebliche, irreversible Auswirkungen auf die gesamte Umwelt; Menschen, Tiere und Pflanzen, Erde, Wasser und Luft, das ganze ökologische System wäre betroffen. Leben nach einem Nuklearkrieg würde keine Aehnlichkeit mit dem Leben vorher haben.

Die folgenden Ausführungen, die sich vor allem auf den oben erwähnten Bericht im AMBIO stützen [20], sollen dies anhand einiger ausgewählter Aspekte beleuchten.

Folgen in der Atmosphäre

Durch die Atompilze emporgesogene Staubpartikel und durch grossflächige Brände von Wäldern, Städten und Oelfeldern hochgewirbelte Russpartikel absorbieren in höheren Luftschichten für mehrere Wochen, solange die Brände anhalten, einen grossen Teil des Sonnenlichts. Die Dauerdämmerung verzögert oder verhindert den Reifungsprozess von Getreide und weiteren landwirtschaftlichen Produkten; sie hat insbesondere auch für die Oekosysteme der Meere schwere Folgen; u.a. geht ein Grossteil des Planktons zu Grunde. Stickstoffoxyde, die bei den

ausgedehnten Bränden entstehen, führen in den tieferen Schichten der Atmosphäre auf Grund photochemischer Reaktionen zu einer Zunahme von Ozon und anderen Produkten, die ebenfalls pflanzliches Wachstum hemmen, noch lange nachdem die Staub- und Russpartikel aus der Atmosphäre verschwunden sind. In den höheren Schichten, der Stratosphäre, wird der bestehende Ozonschild durch die Stickstoffoxyde zerstört; die Folge ist eine verstärkte Ultraviolettstrahlung, welche durch ihre Wirkung auf intrazelluläre Makromoleküle wie Eiweiss und Nukleinsäuren lebende Zellen schädigt. Blindheit und von Hautkrebse werden gehäuft auftreten [9].

Folgen in der Biosphäre

Hochentwickelte Pflanzen, Bäume und Tiere sind sehr strahlenempfindlich; sie werden durch die Nuklearstrahlung zuerst zerstört. Nach einer Exposition von 5000 bis 6000 rad sterben in einem Wald alle Bäume ab; Büsche und Sträucher ertragen etwas höhere Dosen. Die Strahlenbelastung überleben v.a. Gräser, Moose und Flechten. Grosse Landpartien versteppen und der Erdboden ist der Erosion schutzlos ausgeliefert. Inwieweit sich die Vegetation wieder erholt, lässt sich nicht genau voraussagen.

Soziale und wirtschaftliche Folgen

In den direkt betroffenen Gebieten ist das soziale Gefüge zerstört. Angehörige und Bekannte sind tot, Wohnhäuser, Geschäfte, Fabriken, Spitäler, Restaurants, Kinos, Theater usw. sind zerstört. Bahn- und Busverkehr sowie privater Autoverkehr sind durch das Fehlen von Transportmittel, Treibstoff und Elektrizität lahmgelegt und reduzieren die Mobilität. Sämtliche Medien sind betroffen, keine Zeitungen, kein Radio, kein Fernsehen, kein Telephon mehr vorhanden; die Kommunikation ist erschwert. Geld und Kapitalinvestitionen verschwinden, der Tauschhandel bürgert sich wieder ein. Der Konsum ist auf Nahrung, Kleidung, Schutz und Gesundheit reduziert. Die Trinkwasserversorgung ist vielerorts wegen der radioaktiven Kontamination von Regen-, Fluss- und Seewasser sowie der zerstörten Leitungen ein grosses Problem. Die Nahrung ist an Menge und an Vielseitigkeit drastisch eingeschränkt.

Ein Grossteil der Nahrungsmittel ist zerstört oder durch Strahlung verseucht. Die Ernte kann nicht eingebracht und verteilt werden, da Treibstoff, Maschinen und Transportmittel fehlen. Treibstoff, der für den Getreidetransport verwendet wird, fehlt in der Landwirtschaft: makabre Wahl zwischen Hunger heute durch mangelnde Getreideverteilung oder Hunger morgen wegen mangelnder landwirtschaftlicher Produktion [1]. Für den landwirtschaftlichen Anbau fehlt es zudem an notwendigen Düngern und Pestiziden, da die entsprechende Industrie zerstört ist. Der Tod von Millionen von Nutztieren bedeutet ebenfalls Ausfall an Nahrung.

Länder der südlichen Hemisphäre, welche an einem globalen Nuklearkrieg nicht teilnehmen, sind von den Auswirkungen gleichwohl direkt betroffen. Entwicklungsländer in Asien, Lateinamerika, Afrika und dem

mittleren Osten mit ihrer Ueberbevölkerung, ihren schwindenden Ressourcen, ihrem Mangel an landwirtschaftlich nutzbarem Land und ihren einfachen Techniken geraten selbst mitten in eine übermächtige ökonomische und soziale Krise. Die meisten dieser Länder können bereits heute nicht genug Nahrung für den Eigenbedarf produzieren; sie sind abhängig von massiven Nahrungsmittel- und Technologieimporten, um ihre eigene Bevölkerung zu ernähren und ihre Wirtschaft in Gang zu halten. Technologie und Nahrung stammen zum Grossteil aus jenen Weltteilen, die von einem globalen Nuklearkrieg direkt betroffen wären. Versiegt die Quelle, bedrohen weitverbreitete Hungersnot, Krankheiten und soziale Unruhen die Länder der Dritten Welt. Y.LAULAN, Professor für Oekonomie am Institut d'études politiques de Paris und Chefökonom der grössten französischen Bank, schätzt, dass in einem Atomkrieg "zu den 750 Millionen Toten der nördlichen Hemisphäre 1 bis 3 Milliarden in den tropischen Regionen und der südlichen Hemisphäre dazukommen" werden [20].

3. Eine Megatonne über Bern

Der Versuch, die Folgen eines Atomkriegs realistisch zu beschreiben, scheitert zum Vornherein am Unvermögen unserer Sprache. Wir wissen heute, dass die Explosion einer einzigen Nuklearwaffe mittlerer Stärke in den heutigen Arsenalen der Supermächte über einer Stadt der Schweiz oder irgend eines anderen Landes zu Tod, Verletzung, Zerstörung und Verwüstung in einem Ausmass führen würde, welches in der Geschichte der Menschheit ohne Beispiel ist. Der Versuch, schon nur die "medizinischen" Folgen darzustellen, führt, wie H.J.GEIGER ausführt [2,6], zu einem Paradox:

einerseits können wir die physikalischen und biologischen Folgen beschreiben und sogar, bis zu einem gewissen Grad, wissenschaftlich darstellen: die Druckwelle in Atmosphären Ueberdruck (atü), Windstärke in km/h, Hitze in Kalorien pro Quadratcentimeter (cal/cm²), Kernstrahlung in verschiedenen Einheiten (Roentgen, rad, rem), und als Folge die Zahl der getöteten und verletzten Menschen berechnen.

Auf der anderen Seite ist es uns absolut unmöglich, uns ein auch nur annähernd wirklichkeitsnahes Bild von der Art und dem Ausmass einer solchen Zerstörung zu machen; uns fehlt Vergleichbares. Unser Begriffsvermögen versagt beim Versuch, sie wirklich zu begreifen.

Um doch irgend eine Vorstellung vom Ausmass der Folgen eines Atomkriegs zu haben, wurden in den letzten Jahren mehrere sog. Szenarien berechnet, die entweder die Wirkung eines einzigen Sprengkopfs, eines "begrenzten" Atomschlags oder eines globalen Atomkriegs abzuschätzen versuchen [6,10,19,20].

Von einem solchen Modellfall - Abwurf einer Nuklearbombe über Bern - sind auch wir ausgegangen. Das Modell entstand unter folgenden Annahmen: an einem Werktag bei schönem Wetter explodiert 2000 Meter über der Bundeshauskuppel in Bern eine Thermonukleare Bombe von der Sprengkraft 1 Megatonne - 2000 Meter hoch, weil bei dieser Höhe die Druckwelle mit der grössten Zerstörungskraft von 1 atü die grösste Ausdehnung erreicht [11]. Die Folgen der Nuklearstrahlung sind dabei zu vernachlässigen, da ihr Wirkungskreis kleiner ist als derjenige der tödlichen Druck- und Hitzewirkung; ebenfalls spielt der lokale Fallout bei der Luftexplosion keine nennenswerte Rolle.

Ueblicherweise werden die physikalischen Folgen einer solchen Explosion dargestellt in Form konzentrischer Kreise um den Bodennullpunkt (Abb.7). Jeder dieser Kreisringe umfasst eine Zone, in der Grössen wie nukleare Strahlung, Hitze, mechanische Zerstörung und ihre Wirkungen auf Menschen grob geschätzt werden können. Aus diesen Schätzungen können auch die "medizinischen" Wirkungen abgeleitet werden. Unser Modell beschreibt nur die unmittelbaren Folgen. Weitere Auswirkungen wie Zerstörung der ganzen Infrastruktur - Transportwege und -mittel, Kommunikationsmöglichkeiten, Wasser- und Nahrungsmittelversorgung, Nachschub von medizinischem und Pflegematerial -, insbesondere aber auch der Zusammenbruch des ganzen sozialen Systems sind nicht berücksichtigt. Diese Auswirkungen können, sowohl was ihre Wahrscheinlichkeit wie was ihr Ausmass anbetrifft, nur schwierig abgeschätzt werden.

Grundlagen für unsere Beschreibungen und Berechnungen bildeten frei zugängliche Unterlagen, in erster Linie die offiziellen US-Studien "The Effects of Nuclear Weapons"[11] und "The Effects of Nuclear War"[19], weiter Darstellungen der medizinischen Dimensionen eines Nuklearkriegs, herausgegeben von der Vereinigung International Physicians for Prevention of Nuclear War (IPPNW) unter dem Titel "Last Aid"[6].

Der innerste Kreis mit einem Radius von 2,7 km umschliesst eine Fläche von 24 km² - die Zone der totalen Zerstörung und des totalen sofortigen Todes. Der Ueberdruck reicht von 13 atü bis 1,3 atü; alle Gebäude in dieser Zone, auch die stärksten Stahlgerüst- und Stahlbetonbauten werden niedergewalzt; die Stadt Bern und ihre Quartiere (Länggasse, Mattenhof, Wabern, Kirchenfeld, Schosshalde, Breitenrain) sind dem Erdboden gleichgemacht. Temperaturen im Feuerball über dem Nullpunkt überschreiten 15 Millionen Grad Celsius, alles verdampft; überall im Kreis schmelzen Glas und Stahl. Die nukleare Initialstrahlung reicht von 11'000 bis 1'100 rad am Rand der Kreisfläche. Alle Menschen in diesem Kreis sterben sofort - verdampft, verkohlt, zerquetscht oder verstrahlt. In dieser Zone gibt es keine Ueberlebenden - und damit keine medizinischen Probleme.

Im zweiten Kreisring mit einem Radius von 4,3 km und einer Fläche von 35 km² beträgt der Ueberdruck 0,66 bis 1,33 atü, genügend, um alle ausser den stabilsten Gebäuden total zu zerstören; von diesen werden jedoch auch die Wände und Dächer fortgerissen. Betroffen sind u.a. Muri, Köniz, Bümplitz, Bremgarten, Ostermundigen. Winde blasen mit 400 bis 500 km/h, genügend stark, um einen 90 kg schweren Menschen 100 Meter weit wegzuschleudern. Ueber 50% aller Menschen sterben in diesem Kreis allein an mechanischen Verletzungen: Brustkorb- und Extremitätenquetschungen, Schädelbrüche, penetrierende Wunden an Brustkorb und Abdomen, Lungen-, Darm- und Leberrisse, Wirbelsäulenverletzungen, ausgedehnte Weichteilverletzungen und -blutungen. Alle Personen, die den Verwundungen entgehen, erleiden drittgradige Verbrennungen, wenn sie nicht durch ein Gebäude vor der Hitzestrahlung geschützt sind. Die Hitze verdampft Aluminiumverkleidungen, schmilzt Akrylglas und entzündet Kleider.

Der dritte Kreisring hat einen Radius von 6,4 km und seine Fläche beträgt 70 km²; gegen Norden dehnt er sich bis über das Zentrum von Zollikofen aus, im Osten umschliesst er Gümligen. Es herrscht ein Ueberdruck von 0,33 atü. Wingschwindigkeiten von 250 km/h genügen, um einen erwachsenen Menschen mit einer Geschwindigkeit von 22 km/h 6 Meter weit zu schleudern. Fabriken und andere solide Bauwerke werden schwer beschädigt, mehrstöckige Backsteinhäuser fallen zusammen. Trümmer (Beton-, Stahl-, Stein- und Glasstücke) werden zu todbringenden Geschossen. Die Hitze, ca 40 cal/cm², schmelzt Asphalt; die primäre Hitzestrahlung entzündet Holz und Stoffe, Teppiche, Möbelpolster, Vorhänge in Gebäuden sowie auch Kleider und führt zu grösseren Bränden in zumindest 10% aller Gebäude. Alle ungeschützten Personen ausserhalb der Gebäude erleiden drittgradige Verbrennungen, viele zudem Brandwunden durch die brennende Umgebung und die brennenden Kleider. In den Feuerball blickende Menschen sind blind, viele zudem für einige Zeit geblendet. Manche haben Trommelfellrisse.

In diesem zweiten und dritten Kreisring sterben über 50% der Bevöl-

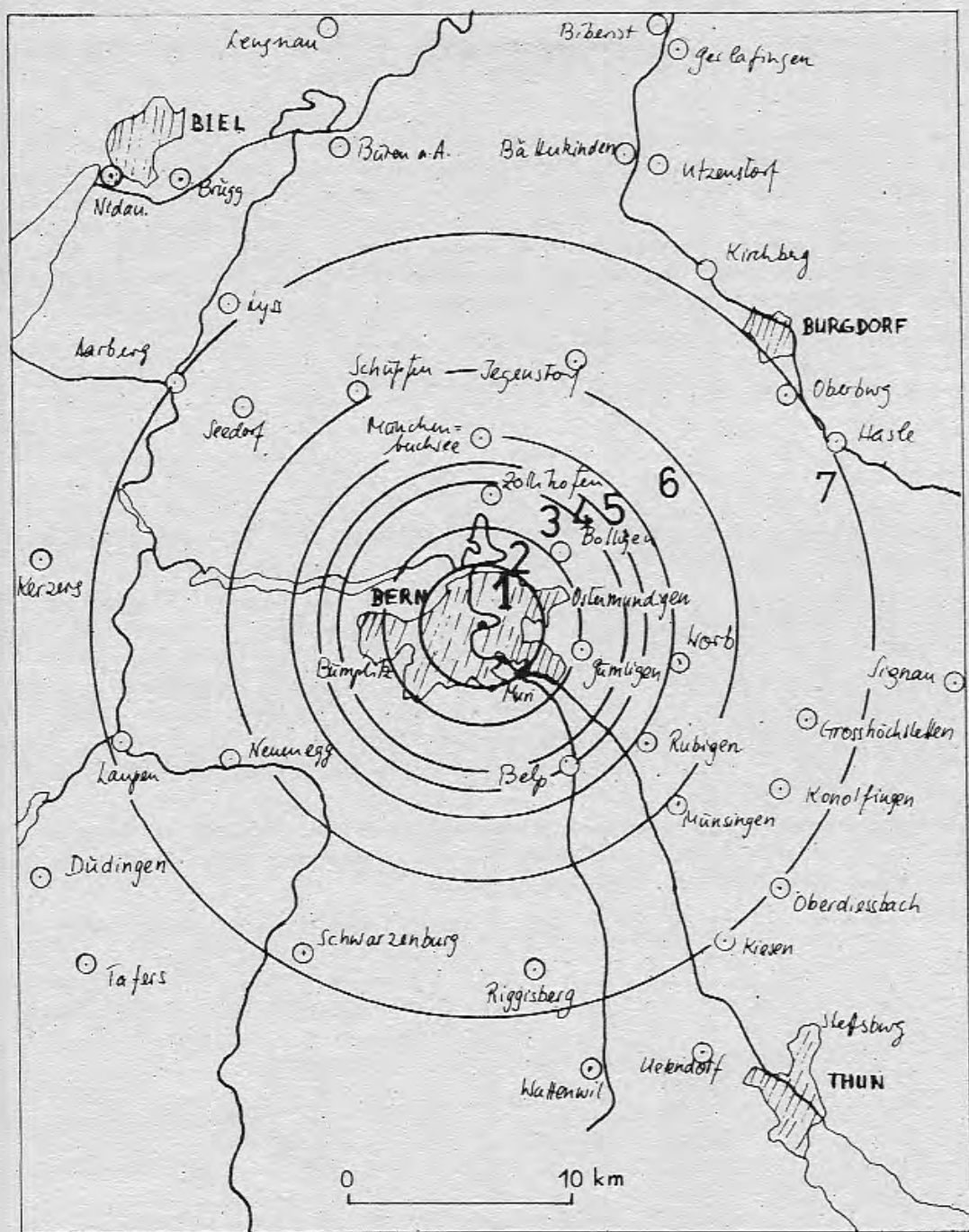


Abb. 7 Die sieben Kreise einer 1-Megatonnenexplosion über Bern (vgl. nebenstehenden Text)

kerung sofort und erleiden über 40% schwere Verletzungen. Durch Infektionen und infolge mangelnder Behandlung werden viele von ihnen ebenfalls sterben.

Im vierten Kreis mit einem Radius von 7,3 km und einer Fläche von ca 40 km² herrschen ein Ueberdruck von 0,26 atü und Windgeschwindigkeiten über 200 km/h - stärker als Hurrikane - genügend, um Backsteinhäuser zu zerstören. In den stabileren stehenbleibenden Gebäuden entstehen Brände, nicht nur durch die primäre Hitzestrahlung, sondern auch durch von der Druckwelle zerstörte Heizungen, beschädigte Strom- und Gasleitungen, Benzin- und Oeltanks.

Im fünften Kreisring mit einem Radius von 8,6 km, er reicht im Norden über Moosseedorf und im Süden über Belp hinaus, wehen Winde mit 160 km/h bei einem Ueberdruck von 0,2 atü, immer noch genügend, um Leute aus Häusern zu blasen und Wände aus Häusern herauszudrücken. Zwar liegen auch hier viele mechanische Verletzungen vor, aber Verbrennungen beherrschen das Bild. Die primäre Hitzestrahlung genügt, um bei 80% der Menschen drittgradige Verbrennungen an unbedeckten Körperstellen zu erzeugen; Zeitungen, Blätter und trockenes Gras entzünden sich und es entstehen viele Brände.

Der sechste Kreis mit einem Radius von 11,5 km, ungefähr begrenzt von den Ortschaften Münsingen, Neuenegg, Schüpfen, Krauchthal, umschliesst eine Fläche, in der immer noch ein Ueberdruck von 0,13 atü herrscht. Winde blasen mit 120 km/h, viele kleinere Trümmer und v.a. Glassplitter fliegen wie Geschosse herum. 30% aller Bäume und Leitungsmasten sind geknickt, Backsteinbauten schwer beschädigt. immer noch erleiden 20 % aller Menschen im Freien drittgradige Verbrennungen, 70 % zweitgradige.

Vierter, fünfter und sechster Kreisring bedecken zusammen eine Fläche von nahezu 300 km²; zwar sterben hier nur 5% aller Menschen unmittelbar, aber 45% sind schwer verletzt.

Der siebente und letzte Kreisring schliesslich mit einem Radius von 17,6 km umfasst eine weitere Fläche von 560 km²; Burgdorf, Lyss und Kiesen liegen an ihrer äusseren Begrenzung. Der Ueberdruck beträgt noch 0,07 atü. Die Menschen sind gefährdet durch einstürzende Wände und herum-

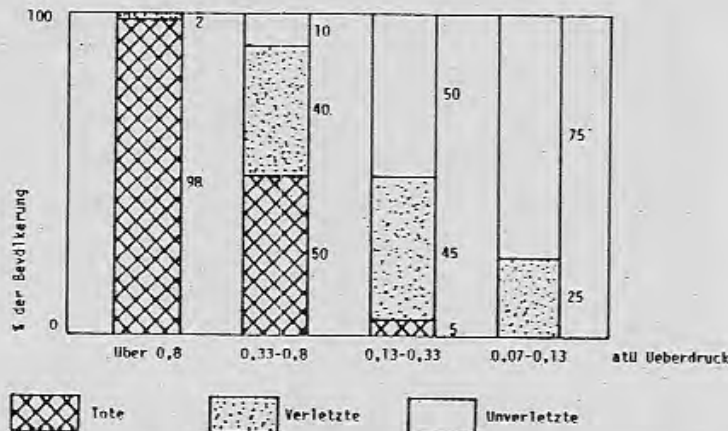


Abb.8 Anzahl Opfer in verschiedenen Ueberdruckzonen (aus [19])

fliegende Trümmer und Glassplitter. In dieser Zone sind immer noch 25% schwer verletzt, weitere leiden an Verbrennungen.

Distanz, in der Verbrennungen 1.Grades mit 50%iger Wahrscheinlichkeit auftreten	16,0 km
Distanz, in der Verbrennungen 2.Grades mit 50%iger Wahrscheinlichkeit auftreten	12,9 km
Distanz, in der Verbrennungen 3.Grades mit 50%iger Wahrscheinlichkeit auftreten	11,0 km

Abb.9 Wirkung der Hitzestrahlung bei der Explosion einer 1-Megatonnenbombe (nach [9])

Die unmittelbaren schweren Schäden nach der Explosion einer 1-Megatonnenbombe über Bern würden weit mehr als die Agglomeration betreffen und sich auf eine gesamte Fläche von rund 1000 km² ausdehnen, was rund einem Sechstel der Fläche des Kantons Bern entspricht. Im betroffenen Gebiet leben rund 400'000 Menschen [3]. Unter den gemachten Annahmen (Abb.8) würde nur die Druckwelle dieses einen nuklearen Sprengkopfs 200'000 Menschen oder 50% der Bevölkerung sofort töten; 80'000 oder 20% wären schwer verletzt und nur 30% oder 120'000 würden unverletzt bleiben. Die Gesamtzahl der Opfer - getötete und verletzte zusammen - würde 280'000 oder 70% der in diesem Gebiet wohnhaften Bevölkerung betragen, nicht eingerechnet die Opfer mit Verbrennungen. Unter der Annahme, dass sich 25% der Bevölkerung im Freien aufhalten, müssten mit zusätzlich rund 15'000 durch die Hitzestrahlung Verbrannten gerechnet werden (Abb.9). Die Gesamtzahl der Opfer würde sich auf 295'000 erhöhen - drei Viertel der Bewohner (Abb.10). Häuserbrände und Massenfeuer würden die Zahl noch einmal vergrößern.

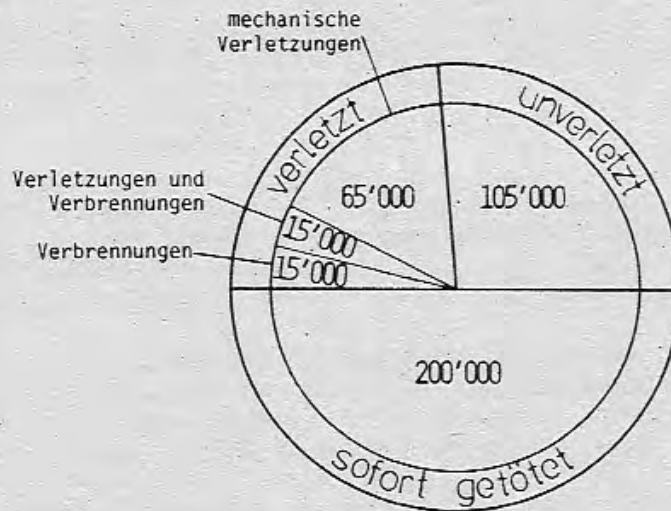


Abb.10 Nuklearexplosion von 1 Megatonne Sprengkraft in 2000 Meter Höhe über Bern: wahrscheinliche unmittelbare Folgen für die Bevölkerung

Wie könnte die ärztliche Versorgung aussehen? Im erwähnten Gebiet leben und arbeiten rund 1350 Aerzte [8,13]; da der grösste Teil von ihnen in der Stadt ansässig ist, würde es unter ihnen einen höheren Prozentsatz an Opfer geben als unter der übrigen Bevölkerung. Nur 180 Aerzte würden unverletzt überleben, weitere 200 wären selber schwer verletzt und würden Hilfe benötigen. Ein unverletzter Arzt würde also im Inferno für je 450 bis 550 schwerverletzte Patienten übrig bleiben. Wenn jeder Arzt 18 Stunden im Tag arbeiten und für jeden Patienten nur 15 Minuten für Diagnose und Behandlung aufwenden würde, würde es länger als 6 bis 7 Tage dauern, bis er jedes überlebende Opfer nur ein einziges Mal gesehen hätte. Aehnliche Verhältniszahlen würden sich in Bezug auf Krankenschwestern, Arztgehilfinnen und andere Berufsgruppen im medizinischen Sektor ergeben; genau wie die Aerzte wären auch sie dezimiert. Die vorwiegend in und um Bern konzentrierten Spitalbetten würden nicht mehr zur Verfügung stehen (siehe Abb.11).

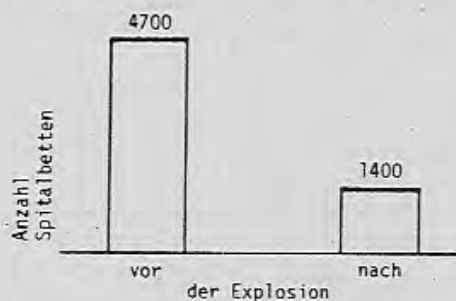


Abb.11 Spitalbetten vor und nach einer 1-Megatonnenexplosion in 2000 Meter Höhe über Bern innerhalb des 7.Kreises; schwere Gebäudeschäden durch Druckwirkung bis 4,5 km vom Bodennullpunkt [11]

In Wirklichkeit sind diese bizarren Schilderungen und Berechnungen noch optimistische Schätzungen. Zu denjenigen, die medizinische Hilfe benötigen, würden noch jene Unverletzten dazukommen, welche akut erkranken würden, z.B. an Herzinfarkt, Appendizitis ("Blinddarm-entzündung"), blutenden Magen- und Zwölffingerdarmgeschwüren usw. Viele weitere, deren Weiterleben von medikamentöser Behandlung abhängt, z.B. insulinabhängige Diabetiker, herzinsuffiziente Patienten, würden ebenfalls ärztliche Hilfe beanspruchen. Dazu müsste die ganze Infrastruktur intakt sein: Praxisräume, Spitäler, Instrumente, Medikamente müssten vorhanden sein und der Zugang zu ärztlicher Hilfe direkt möglich sein.

Das Ausland beneidet uns häufig um unseren Zivilschutz. Aus Schweizer Sicht stellt z.B. H.MUMENTHALER, Direktor des Bundesamts für Zivilschutz, fest, dass "unsere Schutzräume zwar keineswegs einen absoluten Schutz, aber auch den modernen Waffenwirkungen gegenüber einen fairen Schutz bieten" [5]. An einer kürzlich durchgeführten Pressekonferenz von Verantwortlichen für den Koordinierten Sanitätsdienst hiess es, unser Land habe "mit den Schutzräumen des Zivilschutzes, den schon erstellten sanitätsdienstlichen Schutzbauten und dem Koordinierten Sanitätsdienst im Fall einer Katastrophe oder eines konventionellen oder Nuklearkriegs die besten Ueberlebenschancen" (Tagesanzeiger vom 17.9.1983).

Wir haben deshalb unser Modell auch unter veränderten Bedingungen, wie sie der Zivilschutz idealerweise vorsieht, durchgerechnet; nehmen wir an, die Bevölkerung sei vorgewarnt worden und habe die Zivilschutzräume bezogen; für alle Leute stehe zudem schon heute ein "vollwertiger" Schutzplatz mit einem Schutzzumfang von 1 atü bzw. 3 atü zur Verfügung. Ueber einen längeren Zeitraum können sich nicht alle Menschen gleichzeitig in den Schutzräumen aufhalten, da u.a. die Wirtschaft und Landwirtschaft für die Versorgung zumindest mit lebenswichtigen Gütern weiterproduzieren und -verteilen muss (siehe dazu [5]). Es dürfte nicht unrealistisch sein anzunehmen, dass zum Zeitpunkt der Explosion rund ein Viertel der Bevölkerung sich aus diesen oder anderen Gründen ausserhalb der Schutzräume befindet.

Unter diesen Bedingungen würden trotz Zivilschutz durch die Druckwelle einer einzigen 1-Megatonnenbombe über Bern immer noch 130'000 Menschen (32,5% der Bevölkerung) sofort getötet; weitere 40'000 (10%) würden durch den Druck und zu einem kleinern Anteil durch die Hitzeabstrahlung schwer verletzt und verbrannt. Massenfeuer innerhalb dicht bebauter Quartiere könnten durch die enorme Hitzeentwicklung und den Sauerstoffentzug die Schutzräume zu Krematorien machen und Tausende von weiteren Opfern fordern. Falls die erstellten sanitätsdienstlichen Einrichtungen des Koordinierten Sanitätsdienstes KSD, zur Zeit rund 50% der für das Jahr 2000 geplanten, bezogen und unbeschädigt wären und wenn 70% der eingesetzten Aerzte im KSD (bei gleichmässiger Verteilung der rund 15'000 Aerzte und Aerztinnen auf die 6 Millionen Schweizer Einwohner rund 1000 auf 400'000 Bewohner) unbeschadet überleben würden, würden rund 700 Aerzte und 5000 Liegestellen zur Verfügung stehen - für mindestens 40'000 Schwerverletzte.

Zusammenfassend hätte die Mehrzahl von denen, die medizinische Behandlung benötigten, überhaupt keine Chance, je einen Arzt oder medizinischen Helfer zu sehen - die meisten Opfer würden ohne ärztliche Hilfe bleiben. Angesichts schon nur der Zahl von Toten und Verwundeten, die die Explosion einer einzigen Nuklearwaffe fordern würde, ist es reichlich zynisch, die Bevölkerung mit den "besten Ueberlebenschancen in einem Nuklearkrieg" zu beruhigen.

4. Medizinische Versorgung in einem Atomkrieg

Medizinische Versorgung Stunden bis wenige Tage nach der Explosion

Die überlebenden und einsatzfähigen Aerzte und Personen mit medizinischen Kenntnissen werden sich einer Unzahl von Verletzten mit folgenden Problemen und vielfach kombinierten Verletzungen gegenübersehen (vergl. Kapitel 1):

Druckeinwirkungen: Knochenbrüche, Schädelhirnverletzungen, Verletzungen innerer Organe und ausgedehnte Rissquetschwunden, Blutungen

Hitzeinwirkungen: Verbrennungen im Bereich der Haut, der Luftwege, der Netzhaut

Strahlenfolgen: Strahlenkrankheit in unterschiedlicher Ausprägung, sog. Beta-Verbrennungen

Menschen, die in erster Linie durch die Druckwirkungen verletzt worden sind, benötigen eine rasche Blutstillung und Schocktherapie (Flüssigkeitsersatz, Infusionen und Bluttransfusionen). Ein zeitgerechter Transport der Helfer zu den Verletzten oder der Verletzten in die übrig gebliebenen Arztpraxen und Spitäler wird nach dem Zusammenbruch des Transportsystems durch mit Trümmer verbarriadierte Strassen und durch die Gefahr einer Verstrahlung in den inneren Zonen verunmöglicht oder zumindest ausserordentlich erschwert. Für die Verletzten, die medizinische Hilfe erreichen, werden Blut, Plasma, Antibiotika und Schmerzmittel bald zur Mangelware. Patienten mit schweren inneren Verletzungen werden wohl kaum mehr in den Genuss von ausreichender medizinischer Hilfe kommen, für sie würden auch zuwenig Operationsräume und Operateure zur Verfügung stehen, da insbesondere die in der Versorgung schwerer Verletzungen geübten Chirurgen an universitären Zentren in Städten die Explosion nicht überleben würden.

Bei einer Nuklearexplosion entstehen Verbrennungen an menschlichen Körpern einerseits durch die Hitzestrahlung direkt bei der Explosion und andererseits in der Folge von Bränden, die durch Entzündung von brennbaren Materialien entstehen.

Bei der Explosion einer 1-Megatonnenbombe erleiden noch in einem Abstand von 11 km 50% der Menschen im Freien drittgradige und 50% zweitgradige Verbrennungen allein durch die initiale Hitzestrahlung [11]. Wohin mit den mindestens 30'000 schwer verbrannten und z.T. zusätzlich verletzten Patienten, wenn wir wissen, dass in der ganzen Schweiz für hochgradige Verbrennungen bei Erwachsenen nur etwa 15 Spezialbetten existieren? Wie die Triage (Auswahl der Patienten nach der Dringlichkeit der Behandlung) in diesem Fall auszusehen hätte, beschreibt S.KRUPP im Schweizer Lehrbuch "Katastrophenmedizin [15]: "Unter Katastrophenbedingungen fehlen die personellen und materiellen Mittel intensiver Betreuung für die Schwerstverbrannten ... Unter solchen Bedingungen geniessen Priorität der Betreuung 11 - 35jähriger mit höchstens 35% tiefgreifend verbrannter Körperoberfläche, da sie erfolgreich durch perorale Flüssigkeitszufuhr behandelt werden können". Laut

J.H.DUNANT (mündliche Mitteilung am Katastrophenmedizinischen Kurs Luzern 1983) werden für 1000 Verbrennungspatienten während 5 bis 7 Tagen 2850 kg Verbandstoff und 21'000 Liter Infusionen benötigt, d.h. für 30'000 Verbrannte wären es 85 Tonnen Verbandstoff und 630'000 Liter Infusionen. Viele der Verbrennungspatienten werden gleichzeitig mechanische Verletzungen und, bei einer bodennahen Explosion mit lokalem Fallout, Strahlenkrankheit aufweisen. Dies wird das Problem der Wundheilung und -infektion in nie gekannte Dimensionen steigern. Die benötigten Antibiotika werden bald zur Neige gehen. Vordringlicher wird das Problem sein, genügend Schmerzmittel anwenden zu können; diese werden jedoch in den benötigten Mengen kaum zur Verfügung stehen. Wer wird entscheiden, welcher Patient die Schmerzmittel erhält?

Für die im Modell angenommenen Bedingungen (1-Megatonnenbombe, Explosionspunkt 2000 Meter über der Erdoberfläche) wird die nukleare Strahlung eine untergeordnete Rolle spielen. Grösser werden die Probleme bei Sprengköpfen im Kilotonnenbereich und bei bodennahen Explosionen. Die Patienten mit Verstrahlungen werden an das medizinische Personal v.a. diagnostische und Triageprobleme stellen. Eine leichte, mit Infusionen über einige Tage zu behandelnde Strahlenkrankheit und eine von vornherein tödliche Strahlendosis erzeugen primär dieselben Symptome, nämlich Uebelkeit, Erbrechen, Durchfall und allgemeines Unwohlsein.

Epidemische Erkrankungen und Infektion als Hauptprobleme der Periode Tage bis Wochen nach einem Atomkrieg

In der ersten Zeit nach einem Atomkrieg werden im betroffenen Gebiet massenweise Infektionen, ja wahrscheinlich sogar Epidemien auftreten, begünstigt durch folgende Faktoren [11]:

ionisierende Strahlung schädigt das körpereigene Abwehrsystem auf vielfache Weise (Knochenmarks- und Lymphknotenschädigung mit folgender Verminderung der weissen Blutkörperchen, abgeschwächte Antikörperreaktionen, verminderte Wirksamkeit der zellulären Abwehr, verminderte Wirksamkeit von Impfstoffen, gesteigerte Empfänglichkeit für Toxine);

Wunden, herrührend von mechanischen Verletzungen oder Verbrennungen werden unter den schwierigen sanitären und hygienischen Bedingungen in vermehrtem Mass von Bakterien besiedelt werden; die Wundheilung wird durch eine zusätzlich vorliegende Strahlenkrankheit verzögert sein;

der Ausbreitung von epidemischen Krankheiten ist bei mangelnden sanitären Einrichtungen und schwieriger Hygiene keine Grenze gesetzt; epidemische Gelbsucht, Infektionen mit Kolibakterien, Salmonellen und Shigellen (Erzeuger der Ruhr) werden sich häufen;

die gegen Strahlen resistenteren Insekten werden das ihre zur Verbreitung von Infektionskrankheiten beitragen, wenn man sich die

Tausenden von verwesenden Leichen und Tierkadavern vorstellt, die wegen der Verstrahlungsgefahr nicht beseitigt werden können;

Unterernährung, bedingt durch Verknappung der Lebensmittelvorräte und, je nach Jahreszeit, durch Zerstörung der erntereifen Getreidefelder, führt ihrerseits zu einer erhöhten Anfälligkeit für Infektionskrankheiten; Wassermangel, Erschöpfung, Schutzlosigkeit und materielle Not tragen weiter dazu bei.

Wirksame medizinische Massnahmen gegen Epidemien bedingen zudem ein intaktes ärztliches Versorgungssystem mit genügend vorhandenen Mitteln. Zur Entdeckung und genauen Diagnose von vielen Infektionskrankheiten werden Laboratorien gebraucht. Nach einem Atomkrieg kann nicht mehr damit gerechnet werden.

Krankheiten wie Atemwegserkrankungen (Viruspneumonie, Grippe, Pneumokokken- und Streptokokkeninfektionen), Tuberkulose, Durchfallerkrankungen werden weit verbreitet sein und bei den geschwächten Menschen häufiger schwer oder tödlich verlaufen. Heute seltenere bis in unseren Breitengraden nicht mehr bekannte Krankheiten werden vermehrt auftreten und auch die Stadtbevölkerung heimsuchen: Starrkrampf, Tollwut, Pest. Insgesamt werden die Todesfälle aufgrund ansteckender Krankheiten unter den Ueberlebenden zwischen 20 und 25% liegen [1].

Ethische Probleme

Das überlebende und einsatzfähige medizinische Personal sieht sich im strahlenverseuchten Gebiet sehr bald vor die drängende Alternative gestellt, sich und die Angehörigen durch rasches Verlassen des betroffenen Gebiets in Sicherheit zu bringen oder sich im Bewusstsein der Strahlengefahr den Verletzten zu widmen. Verschiedene weitere Problemkreise seien stichwortartig aufgelistet: was geschieht mit der Versorgung der vorbestehenden Patienten in den Spitälern? Welches ist die Maxime des Handelns in einer Situation, in der es an allem fehlt: sich einsetzen, um möglichst viele Leben zu retten oder sich bemühen, möglichst vielen zu helfen, ihr Leiden zu ertragen und ihnen beim Sterben beizustehen? Und welchen Verletzten werden die beschränkten Schmerzmittel zugute kommen? Wie kann der Situation der schwangeren Frauen und ihrer Angst vor der Geburt von missgebildeten Kindern begegnet werden?

Die Schlussfolgerungen, die vor mehr als 20 Jahren eine Aerztegruppe in Boston zog, nachdem sie sich mit den Konsequenzen eines thermoklearen Kriegs auseinandergesetzt hatte, gilt noch heute: weder der Hippokratische Eid noch das Genfer Aerztegelöbniß noch die persönliche moralische Einstellung jedes Einzelnen erlauben eine klare und eindeutige Antwort auf alle diese drängenden Fragen [21].

5. „Wir werden euch nicht helfen können“*)

In den vorangegangenen Kapiteln haben wir uns mit den Folgen des Einsatzes von Kernwaffen auseinandergesetzt; das heisst jedoch nicht, dass wir als Aerzte oder Aerztinnen den Einsatz konventioneller Waffen und anderer als atomarer Massenvernichtungswaffen für weniger verwerflich oder weniger gefährlich halten.

Die konventionellen Kriege der letzten Jahre und Jahrzehnte wurden immer zerstörerischer. Erfindung, Fabrikation und Bereitstellung von atomaren, biologischen und chemischen Waffen (ABC-Waffen) in diesem Jahrhundert haben die Zerstörungsmöglichkeiten quantitativ ins Unermessliche gesteigert und qualitativ verändert.

Unser Anliegen ist es, die Konsequenzen aufzuzeigen, die die Anwendung von Massenvernichtungsmitteln wie Kernwaffen für die Menschen hat. Hoffnung auf Ueberleben und auf wirksame medizinische Hilfe entpuppen sich als Illusion.

In einem Expertenbericht der Weltgesundheitsorganisation WHO von 1983 wird festgehalten, dass kein Gesundheitsdienst irgendwo auf der Welt in der Lage wäre, die Hunderttausenden von Schwerverletzten adäquat zu behandeln, die nach der Explosion auch nur einer 1-Megatonnenbombe anfallen würden. Sogar die unbeabsichtigte Explosion einer einzigen Bombe, ein Atombombenunfall, würde laut WHO so viele Opfer fordern, dass jeder Gesundheitsdienst irgend eines Landes völlig überfordert wäre. Die Generalversammlung der WHO hielt deshalb die Schlussfolgerung für gerechtfertigt, dass "die Nuklearwaffen die grösste unmittelbare Bedrohung der Gesundheit und des Wohlergehens der Menschheit darstellen"[9].

In einem Atomkrieg wäre auch die Schweiz kein Sonderfall mehr. Kernwaffen und ihre Langzeitfolgen machen an unseren Grenzen nicht Halt; die Folgen eines Nuklearkriegs würden die ganze Erde und mit ihr die ganze Menschheit bedrohen. Und es gibt keine Therapie; deshalb ist die Kriegsverhütung die einzig sinnvolle Massnahme.

Als Angehörige eines medizinischen Berufs betrachten wir es als unsere Pflicht, die Illusion des Ueberlebens und der wirksamen medizinischen Hilfeleistung in und nach einem Nuklearkrieg zu entlarven. Die Einsicht in den Irrsinn und die Gefahr von Rüstung und Kriegsvorbereitung kann ein erster Schritt zu einer hoffnungsvollen Zukunft sein.

*) Motto des 3. Medizinischen Kongresses zur Verhütung eines Atomkriegs in München 1983

Anhang

LITERATURVERZEICHNIS

- 1 ABRAMS H.L. and VON KAENEL W.E. "Medical problems of survivors of nuclear war. Infection and the spread of communicable disease." *New England Journal of Medicine* 305, 1226-1232, 1981
- 2 ADAMS R. and CULLEN S. eds. "The final epidemic. Physicians and scientists on nuclear war." Chicago, Illinois, 1981
- 3 Amt für Statistik des Kantons Bern "Kanton Bern: Wohnbevölkerung der Gemeinden und Bezirke am 1.1.1982". Bern, 1982
- 4 BROAD W.J. "Nach einer atomaren Explosion könnten alle elektromagnetischen Systeme und Verbindungen ausfallen". *Tagesanzeiger Magazin* vom 19.2.1983
- 5 Bundesamt für Zivilschutz "Aktuelle Zivilschutzreferate". Bern 1979
- 6 CHIVIAN E., CHIVIAN S., LIFTON R.J. and MACK J.E. eds. "Last aid: the medical dimensions of nuclear war". San Francisco, 1982
- 7 "Comprehensive study on nuclear weapons". Report of the Secretary-General of the United Nations. New York, 1981 (deutsch: "Die UNO-Studie: Kernwaffen". München, 1982)
- 8 Direktion des Gesundheits- und Fürsorgewesens des Kantons Bern "Betriebliche Kennzahlen 1981"
- 9 "Effects of nuclear war on health and health services". Report of the International Committee of Experts in Medical Sciences and Public Health to implement Resolution WHA 34.38. WHO, 1983 (im Druck)
- 10 ERWIN F.R., GLAZIER J.B., ARONOW S., NATHAN D., COLEMAN R., AVERY N., SHOHET S. and LEEMAN C. "The medical consequences of thermonuclear war.- I. Human and ecologic effects in Massachusetts of an assumed thermonuclear attack on the United States." *New England Journal of Medicine* 266, 1127-1137, 1962
- 11 GLASSTONE S. and DOLAN P.J. eds. "The effects of nuclear weapons". U.S. Department of Defense and U.S. Department of Energy. 3rd ed. Washington D.C., 1977
- 12 HIATT H.H. "Preventing the last epidemic". *JAMA* 244, 2114-2315, 1980
- 13 Kantonale Gesundheitsdirektion Bern, unveröffentlichte Daten
- 14 KAPLAN F.M. "Enhanced-radiation weapons". *Scientific American* 238, Nr 5, 44-51, 1978
- 15 LANZ R., ROSSETTI M., (Hrsg.) "Katastrophenmedizin". Stuttgart, 1980
- 16 LEWIS K.N. "The prompt and delayed effects of nuclear war". *Scientific American* 241, Nr 1, 27-39, 1979
- 17 Medical Campaign Against Nuclear Weapons (MCANW) and the Medical Association for the Prevention of War (MAPW) "The medical consequences of nuclear weapons". Erhältlich bei MCANW, 23a Tenison Road, Cambridge CB1 2 DG, England
- 18 National Academy of Sciences "Effects of multiple nuclear explosions worldwide". Washington D.C., 1975
- 19 Office of Technology Assessment of the U.S. Congress "The effects of nuclear war". Washington D.C., 1979

- 20 Royal Swedish Academy of Sciences "Nuclear war: the aftermath". AMBIO 11, 76-176, 1982
- 21 SIDEL V.W., GEIGER H.J. and LOWN B. "The medical consequences of thermonuclear war.- II. The physicians role in the postattack period." New England Journal of Medicine 266, 1137-1145, 1962
- 22 SMITH J. and SMITH T. "Nuclear war: the medical facts". British Medical Journal 283, 771-774, 1981
- 23 "The radiological effects of nuclear war". Report of a British Institute of Radiology Working Party. The British Journal of Radiology 56, 147-170, 1983

ERKLAERUNG VON FACHWOERTERN

Alphastrahlung: Besteht aus Alpha-Teilchen, welche identisch sind mit Kernen von Heliumatomen.

Atom: Kleinstes Teilchen eines Elements. Jedes Atom besteht aus einem Kern und einer Hülle. Der Kern besteht aus Protonen und Neutronen, die Hülle aus Elektronen.

Atomwaffen: Im deutschen Sprachbereich meist synonym gebraucht für Kernwaffen". (Im Englischen bedeutet Atomwaffen i.Allg. Fissionswaffen.)

Betastrahlung: Besteht aus Beta-Teilchen, welche identisch sind mit schnellen Elektronen.

Fission = Kernspaltung: Spaltung eines schweren Atomkerns in zwei leichtere Kerne (= Spaltprodukte) unter Freisetzung von Energie und mehreren Neutronen.

Fusion = Kernverschmelzung: Verschmelzung zweier leichter Atomkerne zu einem schwereren Kern unter Freisetzung von Energie und z.T. auch von Neutronen (i.Allg. Verschmelzung von zwei schweren Wasserstoffkernen, Deuterium oder Tritium, zu einem Heliumkern).

Gammastrahlung: Hochenergetische elektromagnetische Strahlung, welche aus dem Atomkern stammt (z.B. Fissionsreaktion, radioaktiver Zerfall).

Ionisierende Strahlung: Teilchenstrahlen (Alpha-, Beta-Teilchen, Neutronen) oder elektromagnetische Wellen (Röntgenstrahlen, Gammastrahlen), welche bei ihrem Durchtritt durch die Materie Ionen (elektrisch geladene Atome) erzeugen; meist entsteht ein positiv geladenes Atom durch Abstreifung eines negativen Elektrons aus der Hülle.

Isotope: Formen desselben Elements mit gleichen chemischen Eigenschaften, aber verschiedenem Atomgewicht (Beispiele: Uran-235 / Uran-238, Wasserstoff 1H / Deuterium 2H / Tritium 3H).

Kernstrahlung = Nukleare Strahlung: elektromagnetische und Teilchenstrahlung, die aus dem Atomkern stammt und bei verschiedenen Prozessen freigesetzt wird; jede Kernstrahlung ist eine ionisierende Strahlung.

Kernwaffen = Nuklearwaffen: Waffen, bei denen die Energie durch Kernreaktionen (Fission, Fusion) freigesetzt wird:

Fissionsbombe (Spaltbombe, "A-Bombe"): Energiefreisetzung durch reine Fissionsreaktion (meist von Uran-235 oder Plutonium-239), wobei die freigestzten Neutronen in einer sog. unkontrollierten Kettenreaktion weitere Atome spalten.

Thermonukleare Bombe (Wasserstoffbombe, "H-Bombe"): Energiefreisetzung zum Teil durch Fusionsreaktionen; zur Erreichung der nötigen hohen Temperaturen wird gewöhnlich eine Fissionsexplosion eingesetzt (gemischte Fissions-Fusions-Bombe). Um die Bombe kann zusätzlich ein Mantel von Uran -238 gelegt werden, der durch die hochenergetische Neutronenstrahlung der Fusionsreaktion wie eine zusätzliche Spaltbombe wirkt (Fissions-Fusions-Fissions-Bombe).

Neutronenbombe (Enhanced-Radiation Weapon, ERW): spezielle Form einer Thermonuklearen Bombe mit relativ geringer Sprengkraft (einige Kilotonnen) aber mit hohem Anteil an hochenergetischer Neutronenstrahlung.

Neutronenstrahlung: Besteht aus energetischen Neutronen (Bestandteile der Atomkerne) und wird bei verschiedenen Kernreaktionen freigesetzt.

Radioaktivität: Spontaner Zerfall von einzelnen Atomkernen unter Aussendung ionisierender Strahlen.

Röntgenstrahlen (X-Strahlen): hochenergetische elektromagnetische Strahlung, physikalisch identisch mit Gammastrahlen, stammt jedoch nicht aus dem Kern, sondern entsteht auf andere Weise (z.B. durch Abtrennen schneller Elektronen aus der Hülle).

Sprengkraft: Gemessen in Sprengkraft von konventionellem chemischem Sprengstoff, gewöhnlich Trinitrotoluol TNT. 1 Kilotonne entspricht Tausend Tonnen TNT, 1 Megatonne entspricht einer Million Tonnen TNT.

Strahlungseinheiten:

Curie: Einheit des radioaktiven Zerfalls. 1 Curie (Ci) = $3,7 \times 10^{10}$ radioaktive Umwandlungen pro Sekunde (SI-Einheit: 1 Becquerel (Bq) = 1 Umwandlung pro Sekunde).

Röntgen: Einheit der Strahlungsmenge. 1 Röntgen (R) erzeugt in 1 cm³ Luft $2,082 \times 10^9$ Ionenpaare (SI: 1 Coulomb/kg (Cb/kg) = 3876 R).

rad (Radiation Absorbed Dose): Mass (Dosis) für die in der lebenden oder toten Materie aufgenommene Strahlungsenergie. 1 rad entspricht einer Energieaufnahme von 100 erg pro Gramm Materie (SI: 1 gray (Gy) = 100 rad).

rem (Roentgen Equivalent Man): biologische Strahlendosis. Sie ergibt sich aus der verschiedenartigen Wirkungsweise verschiedener Strahlenarten, bezeichnet mit dem Relativen biologischen Wirkungsfaktor RBW. Dieser ist für Gamma- und Röntgenstrahlen definitionsgemäss 1, für Neutronen kann er 5 - 20 betragen. rem = rad x RBW (SI: 1 Sievert (Sv) = 100 rem).

Wer ist PSR?

1981 wurde PSR Schweiz (Physicians for Social Responsibility = Aerzte für Soziale Verantwortung) als Schwesterorganisation einer seit über 20 Jahren bestehenden internationalen Vereinigung gegründet, deren Absicht es war, auf wissenschaftlicher Basis die medizinischen Aspekte der zivilen und militärischen Nukleartechnologie aufzuzeigen. 1982 wurde PSR Schweiz zudem Kollektivmitglied der Vereinigung IPPNW (International Physicians for the Prevention of Nuclear War = Internationale Aerzte für die Verhütung eines Atomkriegs), welche sich ausschliesslich mit den militärischen Aspekten der atomaren Bedrohung beschäftigt.

Laut den Statuten hat die Vereinigung PSR Schweiz zum Ziel:

der Aerzteschaft, den politischen Instanzen und der allgemeinen Bevölkerung wissenschaftlich begründete Informationen über die Gesundheitsgefährdung durch radioaktive Emissionen zur Verfügung zu stellen;

die Risiken bekannt zu machen, die jeglichem Gebrauch nuklearer Energie innewohnen, sei er sogenannt friedlich oder militärisch; diese Risiken betreffen das Individuum, seine Nachkommen wie die menschliche Gemeinschaft als Ganzes;

die internationalen Anstrengungen zu fördern, die auf nukleare Abrüstung gerichtet sind.

Die Hauptaktivitäten finden auf der Ebene lokaler Sektionen statt, deren Aufgabe es ist, mittels Informationsveranstaltungen, Pressecommuniqués etc. die Anliegen von PSR zu vertreten und neue Mitglieder zu gewinnen. Zur Zeit bestehen in der Schweiz drei aktive Sektionen (Basel, Bern, Romandie), weitere sollen gebildet werden.

Mitglieder von PSR können alle in der Schweiz wohnhaften Aerztinnen und Aerzte werden, zudem weitere Personen, die im Einverständnis mit den Zielen von PSR stehen.

Weitere Informationen können eingeholt werden bei

Vereinigung PSR Schweiz
Postfach 1040
4001 Basel