

LNT – Drei Buchstaben, die die Welt bestimmen.

Diese drei Buchstaben sind die Abkürzung für: linear no-threshold (LNT) model. Wohl die teuerste und verhängnisvollste Buchstabenkombination in der Menschheitsgeschichte. Nun sieht es für einen Augenblick so aus, als könnte sie an den Ort ihrer Erschaffung zurückkehren. Man kann zum Wert von Petitionen stehen wie man will, aber sie sind ein Zeichen für das "nicht vertreten sein" von Bürgern in der Welt der Gesetze. Ursprünglich ein Ventil im Obrigkeitsstaat, beginnen sie sich im Internetzeitalter zu einem Kampagneninstrument zu wandeln. Letzte Woche tauchte eine Petition bei "We the people, your voice in our government" (damit kein Mißverständnis aufkommt: Es ist nicht die Seite einer ehemaligen Pionierleiterin, sondern von Barack Obama) zum LNT auf. Sie gipfelt in dem Satz zum Schluss: ...es ist notwendig die Vorschriften der (amerikanischen) Umweltschutzbehörde im Einklang mit wissenschaftlichen Erkenntnissen zu bringen... Starker Tobak, ohne Zweifel. Es wäre wünschenswert, daß 100.000 US Bürger innerhalb von 30 Tagen unterzeichnen würden, denn dann gäbe es eine offizielle Stellungnahme. Bei solch einem "Randthema" eher unwahrscheinlich. Aber, warum kommt plötzlich solch ein spezielles Thema aus dem Elfenbeinturm der Wissenschaften in die Niederungen der Politik herabgestiegen? Ganz offensichtlich braucht jedes Thema seine Zeit. Es gibt immer einen Anlass, bei dem sich der viel bemühte "Gesunde Menschenverstand" plötzlich und unerwartet zu Wort meldet. In den USA scheint der Auslöser die Diskussion um die Evakuierungsmaßnahmen infolge der Fukushima-Ereignisse und dem Stopp des Yucca Mountain Projektes gewesen zu sein.

Das Modell

Das LNT-Modell wird allgemein im Strahlenschutz verwendet um die individuelle Strahlenbelastung zu erfassen und praktikable Grenzwerte festlegen zu können. Die Betonung liegt hierbei auf praktikabel -- im Sinne von einfach zu handhaben. Wenn man einen linearen Zusammenhang von Dosis und Wirkung unterstellt, kann man einzelne Strahlenbelastungen einfach addieren. Man legt eine Dosis fest, die ein Mitarbeiter in einem Jahr erhalten darf. Der Wert ist so bemessen, dass man mit Sicherheit von keiner Schädigung in einem Berufsleben ausgehen kann. Mit anderen Worten, er ist bewußt sehr niedrig angesetzt, denn für einen effektiven Schutz müssen auch noch die sonstigen Strahlenbelastungen (z. B. Röntgenuntersuchungen, Urlaubsflüge etc.) einbezogen werden. Jetzt rüstet man jeden Mitarbeiter mit einer entsprechenden Meßtechnik aus und registriert täglich, wöchentlich, monatlich usw. die ermittelten Dosiswerte. Ab dem Tag, an dem der vorgeschriebene Grenzwert erreicht ist, ist erst einmal Zwangsurlaub angesagt. So weit, so gut -- ganz ohne Ironie. Im Berufsalltag muß eine Sicherheitsvorschrift einfach und eindeutig zugleich sein; so wie: "Auf der Baustelle besteht Helmpflicht". Ganz egal, an welcher Stelle der Baustelle man sich befindet.

Aber, ist es wirklich egal, ob man unterschiedliche Leistungen einfach zu einer Gesamtenergie aufaddiert? Jeder Lehrer würde wohl schon von Grundschulern nur ein mitleidiges Lächeln ernten, wenn er die Dauer eines Marathonlaufes aus der Zeit für ein Rennen über Hundert Meter durch einfache Addition berechnen wollte. Schon jedem Kind ist aus eigener Erfahrung der Unterschied zwischen einer kurzzeitigen hohen Leistung und einer geringen Dauerleistung klar -- jedenfalls spätestens nach dem ersten "Muskelkater". Man kann mit einer hohen Strahlungsleistung Bakterien im vorbeifahren sicher abtöten und damit z. B. Gewürze haltbar machen. Würde man sie über Monate verteilt in einem Regal der gleichen Strahlungsenergie aussetzen, würden sie munter vor sich hin gammeln. Ja, die gesamte Strahlenmedizin beruht auf diesem Zusammenhang: Eine Krebsgeschwulst muß einer so hohen Energie ausgesetzt werden, dass sie abstirbt. Gleichzeitig darf aber das umliegende gesunde Gewebe nicht (nachhaltig) geschädigt werden. Man erreicht dies, durch eine unterschiedliche Einwirkzeit. Es gibt also ganz offensichtlich einen Zusammenhang zwischen Dosis und Zeitraum. Dieser ist auch biologisch erklärbar, doch dazu später.

Zu ganz abenteuerlichen Ergebnissen gelangt man, wenn man die als linear unterstellte Abhängigkeit von Dosis und Wirkung auf Kollektive, also große Gruppen von Menschen überträgt. Sie besagt nichts anderes, als das die gleiche Strahlungsenergie immer zur gleichen Zahl von Schäden (Krebsfälle) führt. Die Absurdität dieser Aussage offenbart sich schon jedem Laien: Wenn bei einer bestimmten Strahlendosis ein zusätzlicher Krebsfall pro 1000 Untersuchten auftritt, kann man wohl kaum davon ausgehen, dass, wenn man 1 Million Menschen mit einem Tausendstel dieser Dosis bestrahlt, wieder genau ein zusätzlicher Krebsfall auftritt oder gar, wenn man 1 Milliarde Menschen mit einem Millionstel bestrahlt. Genau dieser Unsinn, wird uns aber tagtäglich in den Medien aufgetischt. Nur durch diese Zahlendreherei gelangt man zu den bekannten Studien, die uns z. B. "tausende Tote" durch Reaktorunglücke wie Fukushima und Tschernobyl vorrechnen wollen.

Die Entstehungsgeschichte

Wenn man sich mit Strahlenschutz beschäftigt, muß man sich vergegenwärtigen, dass es sich um ein relativ junges Fachgebiet handelt. Natürliche Strahlungsquellen gibt es schon immer. Insofern hat die Biologie auch gelernt damit umzugehen und Gegenmaßnahmen zu ergreifen. Wäre das nicht so, gebe es überhaupt kein Leben auf der Erde. Die technische Nutzung hingegen, begann erst mit der Entdeckung der Röntgenstrahlung 1895 und der Kernspaltung in den 1930er Jahren. Bereits 1902 erschienen die ersten Veröffentlichungen zum Gesundheitsrisiko durch Röntgenstrahlen. Im Jahr 1927 beobachtete Hermann Joseph Muller die spontane Mutation von Genen und konnte durch Röntgenstrahlen Mutationen bei Taufliegen herbeiführen. Er zeigte, dass energiereiche Strahlung zu einer Veränderung des Erbgutes führen kann. Für diese Entdeckung wurde er 1946 mit dem Nobelpreis für Medizin ausgezeichnet.

Bereits 1925 wurde der erste Grenzwert zum Strahlenschutz für Röntgenärzte auf 680 mSv/Jahr festgelegt. Dieser Grenzwert hatte über 30 Jahre Bestand. Man war -- und ist heute eigentlich noch immer -- der Meinung, dass bis zu einem Schwellwert von etwa 700 mSv pro Jahr keine dauerhafte gesundheitliche Schädigung nachweisbar ist. Im Vergleich hierzu gelten heute für beruflich strahlenexponierte Personen 20 mSv/Jahr bzw. 50 mSv/Jahr im Einzelfall. Für Feuerwehrleute gilt pro Einsatz 15mSv, im Lebensrettungsfall 100 mSv und im Katastrophenfall (einmal im Leben) 250 mSv. Der letzte Wert, ist übrigens exakt der Gleiche, den die Japanischen Sicherheitsbehörden nach dem Unfall in Fukushima als Grenzwert für die mit der Schadensbeseitigung beschäftigten Personen angesetzt haben. In Fukushima wurden bisher zwei Elektriker durch radioaktives Wasser im Turbinenraum mit 170 mSv und 30 weitere mit mehr als 100 mSv verstrahlt. So viel zu den (erträumten?) Tartarenmeldungen in deutschen "Qualitätsmedien" zur "Reaktorkatastrophe in Fukushima".

Nach dem 2. Weltkrieg und den ersten Atombombenabwürfen wurde ionisierende Strahlung von der Politik zu einem wissenschaftlichen Rätsel ausgebaut. Der kalte Krieg befeuerte die Angst vor einem Atomkrieg und langsam wurde eine Radiophobie erschaffen. Die begleitenden Untersuchungen der Opfer von Hiroshima und Nagasaki zeigten ein eindeutiges und erwartetes Bild: Bei hohen Dosen ergab sich ein linearer Zusammenhang zwischen Dosis und Krebserkrankung. Aber ebenso eindeutig war, dass unterhalb 200 mSv (20 rem) keine erhöhten Raten feststellbar waren. Unterhalb von 100 mSv (10 rem) waren sie sogar kleiner als in den Kontrollgruppen.

Schon damals verlagerte man solche Probleme gerne in die UNO. Das United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, verabschiedete insbesondere auf Betreiben der Sowjetunion, die lineare Dosis-Wirkungsbeziehung ohne Schwellwert (LNT) (UNSCEAR 1958). Die Begründung war so einfach und klar, wie der Klassenstandpunkt: Die bei hohen Dosen gemessene Dosis-Wirkungs-Beziehung wird linear hin zu kleinen Dosen extrapoliert. Es gibt keinen Schwellwert, da schon kleinste Mengen ionisierender Strahlung irgendeinen biologischen Effekt auslösen. Besonders der zweite Teil, ist so aussagefähig wie: Nachts ist es dunkel. Da man ungern der UNO widerspricht, wurde ein Jahr später das LNT-Modell von der International Commission on Radiation Protection übernommen (ICRP 1959). Bemerkenswert ist nur das "Klein gedruckte" des Berichts, das deshalb im Original wiedergegeben werden soll [National Council on Radiation Protection and Measurements. Principles and Application of Collective Dose in Radiation Protection. NCRP Report No. 121. Bethesda, MD. NCRP, 1995;45]:

"...essentially no human data, can be said to provide direct support for the concept of collective dose with its implicit uncertainties of nonthreshold, linearity and dose-rate independence with respect to risk. The best that can be said is that most studies do not provide quantitative data that, with statistical significance, contradict the concept of collective dose..."

Ultimately, confidence in the linear no threshold dose-response relationship at low doses is based on our understanding of the basic mechanisms involved. ...[Cancer] could result from the passage of a single charged particle, causing damage to DNA that could be expressed as a mutation or small deletion. It is a result of this type of reasoning that a linear nothreshold dose-response relationship cannot be excluded. It is this presumption, based on biophysical concepts, which provides a basis for the use of collective dose in radiation protection activities".

Soll wohl heißen, wir wissen selbst, dass das Blödsinn ist, was wir hier beschließen, aber wir können (aus politischen Gründen?) nicht anders. Interessant sind die beiden Hauptsätze der Lehre vom Strahlenschutz. Wenn man auf einem weißen Blatt Papier keine Buchstaben erkennen kann, darf man

trotzdem nicht ausschließen, dass es sich um eine Tageszeitung handeln könnte. Eine Argumentationsweise, die man sonst nur aus der Homöopathie oder Esoterik gewöhnt ist. Um es noch einmal ganz deutlich zu sagen, es gibt keine Messung, die eine erhöhte Krebsrate infolge kleinster Dosen ionisierender Strahlung nachweist. Eher das Gegenteil ist der Fall (Hormesis)! Alles spricht für einen Schwellwert. Allenfalls die Höhe des Grenzwertes ist strittig. Geschulte "Atomkraftgegner" wissen um diese Zusammenhänge und weichen solchen Diskussionen schnell aus. Die Meldungen von dubiosen Leukämiefällen in der Nähe von Kernkraftwerken sind ähnlich dem Ungeheuer vom Loch Ness aus der Mode gekommen. Sie taugen nicht einmal mehr fürs Sommerloch. Immer weniger "Atomexperten" mögen öffentlich an ihre Prophezeiungen über "Millionen von zusätzliche Krestoten in ganz Europa" infolge der Reaktorunglücke in Tschernobyl und Fukushima erinnert werden. Zu offensichtlich ist der Unsinn. Jede noch so gruselige Gespenstergeschichte nutzt sich schnell ab, wenn man das Gespenst nicht vorführen kann.

Nicht nur "Atomkraftgegner", sondern auch andere interessierte Kreise beschränken sich deshalb heute auf den zweiten Hauptsatz des Strahlungsschutzes: Jedes einzelne Photon oder radioaktive Partikel kann zu einem Bruch in der Erbsubstanz führen. Dies ist unbestritten der Fall. Nur, führt jede kaputte Zündkerze zum Totalschaden eines Autos? Natürlich nicht. Entscheidend ist, wie schnell man den Schaden erkennt und ihn repariert. Die entscheidende Frage für die Beurteilung des Risikos durch ionisierende Strahlung ist deshalb, wie viele Schäden ohnehin in einer Zelle auftreten und wie die Reparaturmechanismen funktionieren. Mit den heute zur Verfügung stehenden Methoden kann man die Kopie der Erbsubstanz in lebenden Zellen beobachten. Es ist beileibe kein mechanischer Kopiervorgang, sondern eine "Chemiefabrik" in aggressiver Umgebung. Ohne auf die Zusammenhänge hier im Einzelnen eingehen zu können, kann man zusammenfassend sagen, die täglich auftretenden Fehler durch Radikale, Temperatur etc. gehen in die Milliarden -- in jeder einzelnen Zelle, wohl gemerkt. Wenn also ein einzelner Fehler tatsächlich ausreichen würde, um Krebs auszulösen, wäre längst jedes Leben ausgestorben. Ähnlich kann man heute die Schäden durch die natürliche Hintergrundstrahlung bestimmen. Sie beträgt ungefähr 0,005 DNA-Fehler pro Zelle oder andersherum: Alle 200 Tage wird jede Zelle durch die natürliche Radioaktivität nachhaltig geschädigt. Selbst von diesen Schäden (Doppelbrüche) ist nur jeder 500ste nicht reparierbar und führt zu Mutationen. Anschließend greift der Mechanismus der Selbstvernichtung: Über 99% der mutierten Zellen werden entfernt. Kennt man diese Zusammenhänge, ist einsichtig, warum es einen entscheidenden Unterschied zwischen einer kurzzeitigen hohen Dosis und einer geringen dauerhaften Belastung gibt. Im ersten Fall hat der Körper einfach zu wenig Gelegenheit für Reparaturmaßnahmen.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Anzahl der Mutationen infolge unserer Körpertemperatur, Nahrungsaufnahme und Atmung millionenfach höher ist, als die durch die natürliche Strahlung hervorgerufenen Mutationen. Wie soll also eine noch geringere zusätzliche Strahlung das Krebsrisiko merklich erhöhen?

Die Yucca Mountain Frage

Yucca Mountain ist das traurige Gegenstück zum Endlagerstandort Gorleben. Im Jahr 2011 wurde das Endlager unter der Regierung von Präsident Obama aufgegeben. Seit dem, bricht auch in den USA eine erneute Diskussion zur "Atomüllfrage" los. Interessant ist hierbei, dass die US-Umweltbehörde 2001 eine maximale Strahlenbelastung von 15 mrem pro Jahr (0,15 mSv/a) (für 10.000 Jahre nach Schließung des Lagers gefordert hatte. Im Jahre 2009 erweiterte sie nach gerichtlichen Auseinandersetzungen den Zeitraum auf 1.000.000 Jahre. Für diesen zusätzlichen Zeitraum wurde eine maximale Belastung von 100 mrem pro Jahr (1 mSv/a) gefordert.

Eine jährliche Strahlenbelastung von 0,15 mSv (15 mrem) entspricht 1/20 der (durchschnittlichen) natürlichen Strahlenbelastung in den USA. Erstmals wird auch in der Presse die Sinnhaftigkeit solcher Grenzwerte hinterfragt. Es wird der Vergleich mit jemandem gezogen, den man an eine viel befahrene Kreuzung stellt und zur Lärminderung auffordert, leiser zu atmen, da man mit einem Stethoskop deutlich seine Atemgeräusche hören könne. Ich finde, treffender kann man es nicht, in die durch unsere Sinne unmittelbar erfahrene Alltagswelt, übersetzen.

Die mörderische Kraft der Angst

Noch zwei Jahre nach dem Reaktorunglück in Fukushima sind 160.000 Menschen aus der "Schutzzone" evakuiert und 70.000 Menschen ist die dauerhafte Rückkehr verwehrt. Eine Tatsache, die immer mehr Kritik hervorruft. Nach offiziellen Zahlen sind bereits 1.100 Menschen infolge der Evakuierung gestorben. Die Bandbreite der Todesursachen geht von mangelnder medizinischer Versorgung während der Evakuierung, bis hin zum Suizid infolge der psychischen Belastung durch die "Wohnumstände". Ein Phänomen, das bereits hinlänglich durch die Evakuierungen in Tschernobyl bekannt war. Lang andauernde Evakuierungen erzeugen die gleichen psychischen Belastungen wie

Flucht und Vertreibung.

Es erscheint daher sinnvoll, die Freisetzung mal in bekannte Maßeinheiten zu übersetzen. In Fukushima wurden etwas über 40 Gramm I-131 freigesetzt, die überdies bis heute längst wieder zerfallen sind. Ebenso knapp 4 kg Cs-137. Ein wegen seiner Halbwertszeit von 30 Jahren relevantes Nuklid. Verstreut und damit verdünnt, über hunderte von Quadratkilometern Land und offenes Meer. Die biologische Halbwertszeit im menschlichen Körper für Cäsium beträgt übrigens nur 70 Tage. Durch gezieltes Essen von "freigemessenen" Lebensmitteln wäre die Strahlenbelastung damit fast beliebig klein zu halten. Zugegeben, hören sich diese Mengen in "Greenpeace-Sprech" gleich viel gruseliger an: Es wurden 199.800.000.000.000.000 Bq des Schilddrüsenkrebs auslösenden Jod-131 und 12.950.000.000.000.000 Bq des stark radioaktiven Cäsium-137 bei der Explosion des Katastrophenreaktors ausgestoßen. Wer sich allein durch große Zahlen in Furcht und Schrecken versetzen läßt, sollte zukünftig besser nicht mehr über Voodoo-Zauber oder den Glauben an Hexen lächeln.

ALARA oder AHARS

Risiken sind immer relativ. Jeder Fünfte von uns, wird bis zu seinem 70sten Lebensjahr an Krebs erkrankt sein. Jeder Dritte, eine Herz- Kreislaufkrankung erleiden. Demgegenüber beträgt das Risiko an Krebs zu sterben, nach einer Bestrahlung mit 1 Sv (100 rem) etwa 1:100 oder nach einer Bestrahlung mit 10 mSv (1 rem) weniger als 1:1.000.000.

Was bedeutet es für jemanden, der ein persönliches Risiko von 1:100 hat zu sterben, wenn diesem ohnehin vorhandenem Risiko noch eine Wahrscheinlichkeit von 1:1 Million hinzugefügt wird? Das ist die entscheidende Frage, die gestellt werden muß und die letztlich jeder für sich beantworten muß. Oder noch eindeutiger formuliert: Auf welche Lebensqualität ist jeder einzelne bzw. eine Gesellschaft bereit zu verzichten, um die Wahrscheinlichkeit an Krebs zu sterben, um (beispielsweise) ein Millionstel zu verringern? Wenn man gewisse Risikoportarten oder Tabak- und Alkoholkonsum in unserer Gesellschaft betrachtet, kann man gespannt auf die Antwort sein. Wem das zu abstrakt ist, dem mag vielleicht folgende Rechnung etwas mehr sagen: In den letzten 40 Jahren wurden allein in den USA mehr als 150 Milliarden Euro für den Strahlenschutz ausgegeben. Eine Abschätzung nach LNT ergibt, dass dadurch etwa 100 "virtuelle Leben" gerettet worden sind. In wie vielen Fällen war unsere Gesellschaft bereit, für die Lebensverlängerung eines realen Lebens 1.500 Millionen Euro auszugeben? Wem es jetzt vor Empörung von seinem weichen Sofa in seiner warmen Stube reist, sollte sich mal anschauen wie viele Kinder immer noch sterben müssen, weil ihnen eine Hand voll Dollar für Medikamente oder Trinkwasser fehlen. Ganz neben bei, erhält er noch die Antwort, warum immer mehr Länder nach "billiger" Kernenergie streben und Wind- und Sonnenstrom bestenfalls für ein Luxusgut halten. Jemanden, der ohnehin nur eine Lebenserwartung von weniger als 50 Jahren hat, läßt ein theoretisches Krebsrisiko ab 90 ziemlich kalt.

Bisher wurde in der Kerntechnik immer nach dem Prinzip „As Low As Reasonably Achievable (ALARA)“ (so niedrig wie vernünftigerweise erreichbar) gearbeitet. Ein in sich schlüssiges Prinzip, so lange man davon ausgeht, dass es keinen Schwellwert gibt und alle Dosen additiv wirksam sind. Inzwischen diskutiert man immer mehr einen Übergang zu "As High As Reasonably Safe (AHARS)" (so hoch, wie sicherheitstechnisch erforderlich). Für die Frage der Evakuierung nach Unfällen, erscheint ein Übergang zu AHARS zwingend erforderlich. Eine Evakuierung kann immer auch tödlich sein. Das Risiko steigt ganz erheblich an, wenn sie überhastet oder mit starker Angst verbunden, erfolgt. Die Ausdehnung auf unnötig große Gebiete oder unnötig lange Zeiträume verstärkt diesen Effekt noch. Beispielsweise zeigen sich bereits heute "soziale Schäden" bei Kindern und Jugendlichen in Fukushima. Hervorgerufen, durch die zwangsweise Unterbringung in Notunterkünften und erschwerte Ausbildungsbedingungen. Man kann sich teilweise des Eindrucks nicht erwehren, daß dies politisch gewollt ist. Insbesondere, wenn man immer wieder liest, dass der oberste Wunsch bei den "Vertriebenen", die möglichst schnelle Rückkehr in ihre alte Umgebung ist. Gleiches kennt man auch aus Tschernobyl. Bemerkenswert ist dabei, dass der Gesundheitszustand der illegalen (inzwischen längst geduldeten) Rückkehrer in die Verbotene Zone, deutlich besser ist, als der, der zwangsweise Umsiedelten. Obwohl die Rückwanderer sogar Landwirtschaft zur Eigenversorgung auf dem "verseuchten" Grund betreiben.

Etwas anders stellt sich das ALARA Prinzip beim Arbeitsschutz dar. Natürlich sollte jede gesundheitliche Belastung am Arbeitsplatz möglichst klein gehalten werden. Man sollte aber nicht so blauäugig sein zu glauben, es ginge nicht auch um wirtschaftliche Interessen. Rund um den Strahlenschutz hat sich eine ganze Industrie etabliert. Auf jeder Messe werden neue Mittelchen vorgestellt, die noch ein paar Promille Verbesserung versprechen. In Behörden sind ganze Karriereplanungen auf eine stetige Ausweitung aufgebaut. Gerade, wenn sich die Anzahl der Objekte

durch einen "Ausstieg aus der Kernenergie" verringert, ist der Stellenkegel nur zu halten, wenn man ständig neue Probleme schafft, die man vorgibt anschließend zu lösen. Ein Schelm, wer hier an die Asse denkt. Trotzdem gilt auch hier, man kann jeden Euro nur einmal ausgeben. Was man für den Strahlenschutz ausgibt, kann man nicht mehr für andere Zwecke verwenden und jeden dieser Euros müssen wir selbst bezahlen. Dabei ist es gleich, ob aus Steuermitteln oder höheren Energiepreisen. Es lohnt sich also schon, einmal selbst darüber nach zu denken und sich eine eigene Meinung zu bilden.

Dr. Klaus-Dieter Humpich

Dieser Artikel ist zuerst im Blog [„www.nukeklaus.de“](http://www.nukeklaus.de) erschienen.