Spielt ionisierende Niedrigstrahlung eine Rolle bei der Standortwahl von OFA (Oberflächenanlagen) eines Endlagers für radioaktive Abfälle? (A.)

Fachgruppe Sicherheit der Regionalkonferenz ZNO
(Zürich Nord Ost)
01.07.2021, 19:15h, AZA Andelfingen

Dr. med. Claudio Knüsli, Innere Medizin / Onkologie FMH
Vorstand PSR / IPPNW Schweiz
ÄrztInnen für Soziale Verantwortung und
zur Verhütung eines Atomkrieges

Claudio Knüsli, *1951

- Ausbildung zum Dr. med. FMH, Spezialarzt für Innere Medizin / Krebskrankheiten und Blutkrankheiten in Basel und London
- Präsident PSR/IPPNW Schweiz 2005 bis 2011 (ÄrztInnen für Soziale Verantwortung / zur Verhütung eines Atomkrieges)
- Verheiratet, Vater von 4 erwachsenen Kindern
- Pensioniert

… → weshalb Interesse für niedrige Strahlendosen?

Gliederung des Referates

A. Gesundheitsschäden durch niedrige Dosen ionisierender Strahlen – Allgemeines

B. «Prozesse»: Wie gehen Behörden mit den Effekten durch niedrige Strahlendosen um?

C. Replik zu den Aussagen von Herrn F. Altorfer (ENSI) an der Sitzung der Fachkommission vom 18.5.2021

Sasaki Sadako *1943, Hiroshima

Sadako’s Krankheitsverlauf

一〇月二日　最後の外泊。

一二日　体温が四〇度近くまであがる。足ははれ、激しく痛み、食欲がなくなる。紫の斑点が胸、背中、顔にまで出る。

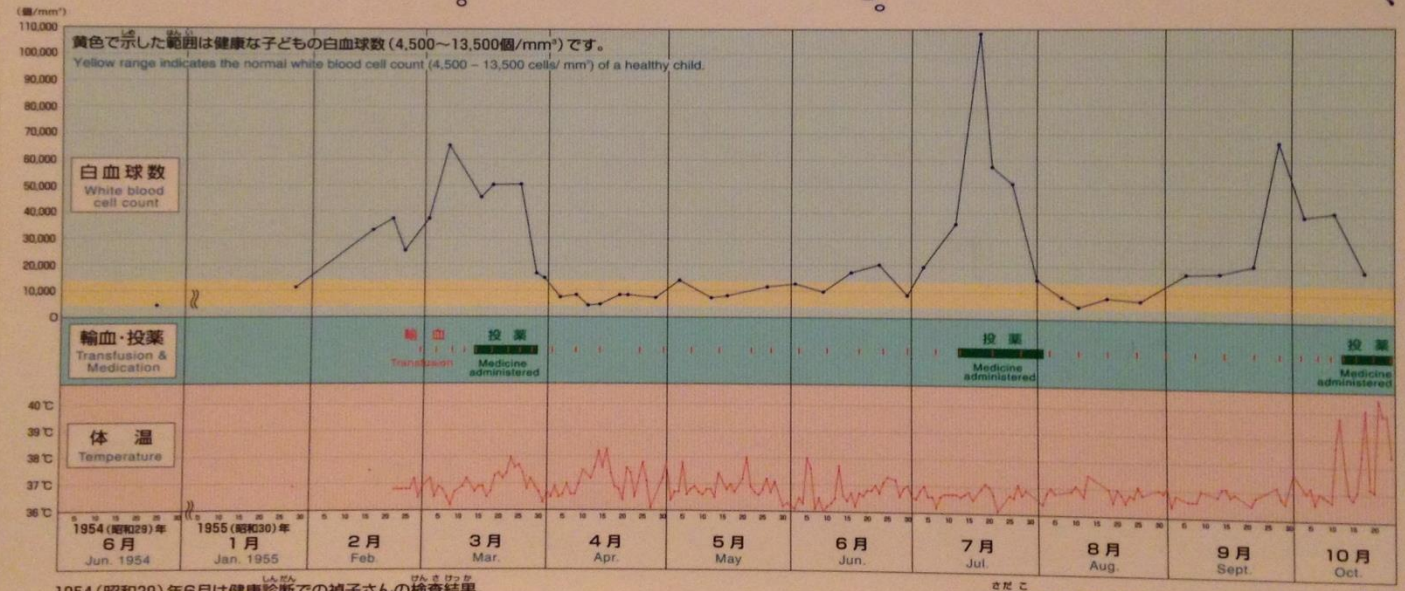
一六日　顔面がひどくむくむ。下半身が激しく痛み、自分の力では歩けなくなる。

二三日　体中が激しく痛み、眠れなくなる。

二四日　左足は紫色になり、一・五倍まではれ、壊死。

二五日朝　家族が見守るなか、亡くなる。最後まで意識ははっきりとしていた。

二六日　市内の寺で葬儀。禎子さんの死は「原爆症患者の死」として新聞の夕刊に掲載される。



1954（昭和29）年6月は健康診断での禎子さんの検査結果。
The figure for June 1954 is from Sadako’s regular physical examination.

禎子さんの白血球数、体温の変化と治療
Sadako’s White Blood Cell Counts, Temperature, and Treatment

Strahleninduzierte Leukämie nach der Atombombenexplosion vom 6. August 1945

佐々木 禎子

Sasaki Sadako

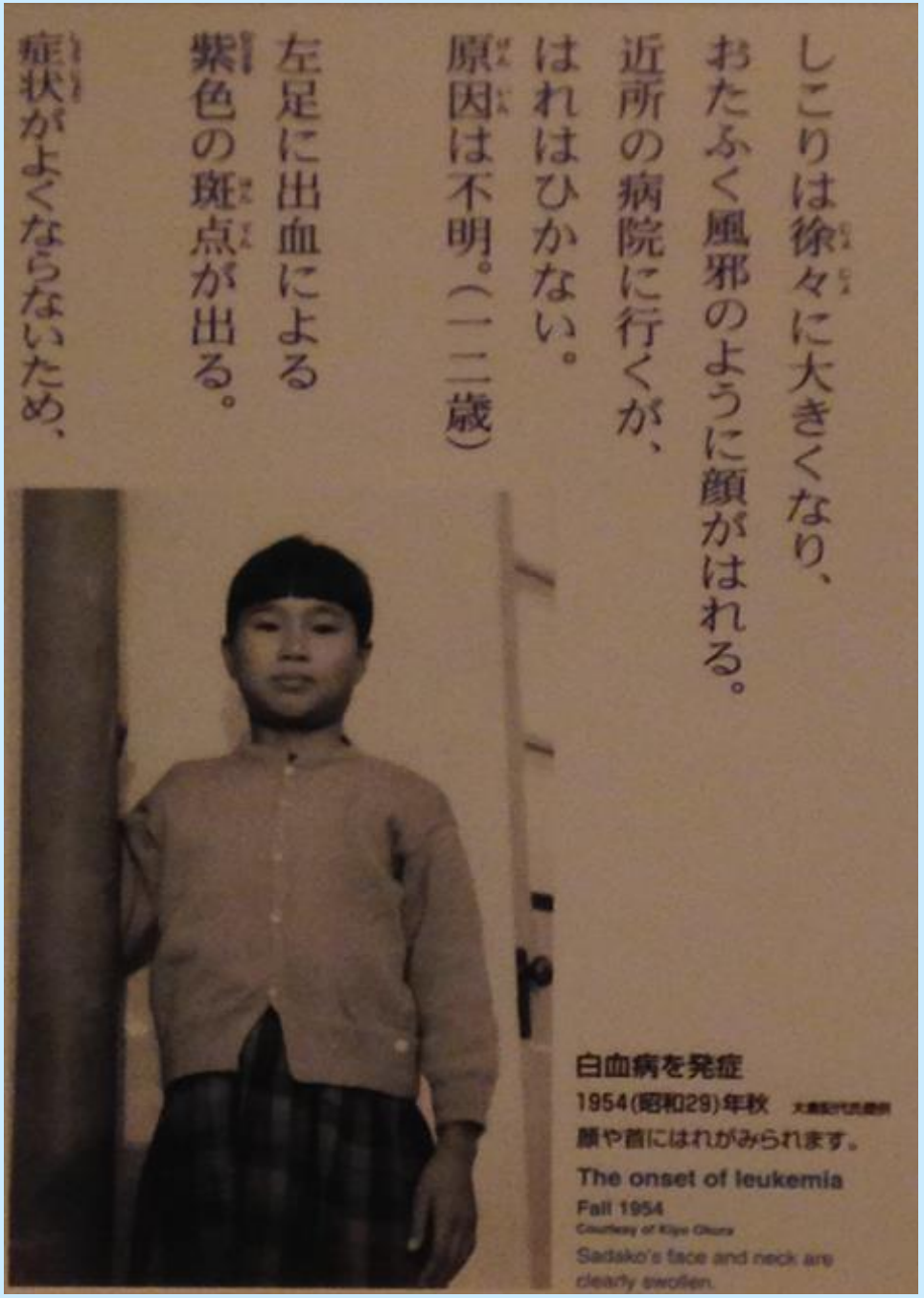
* 7. Januar 1943

in Hiroshima;

† 25. Oktober 1955

In Hiroshima

→ LSS (Life Span Study)



Physikalische Einheit der Strahlendosis

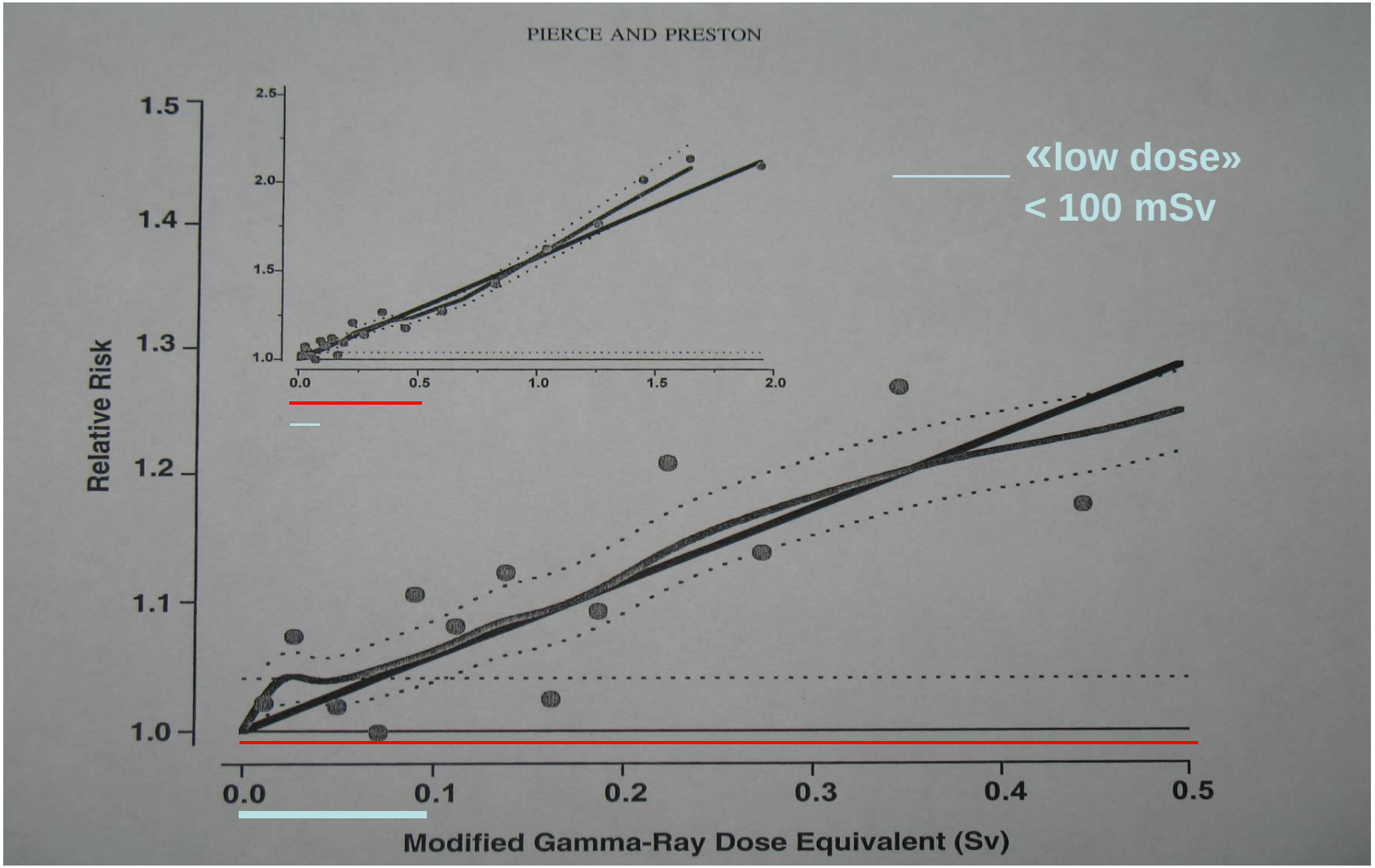
(Aequivalenzdosis, effektive Dosis,
Mass für den biologischen Effekt)

1 Sievert (Sv)

(1 Millisievert (mSv), 1 Mikrosievert (uSv))

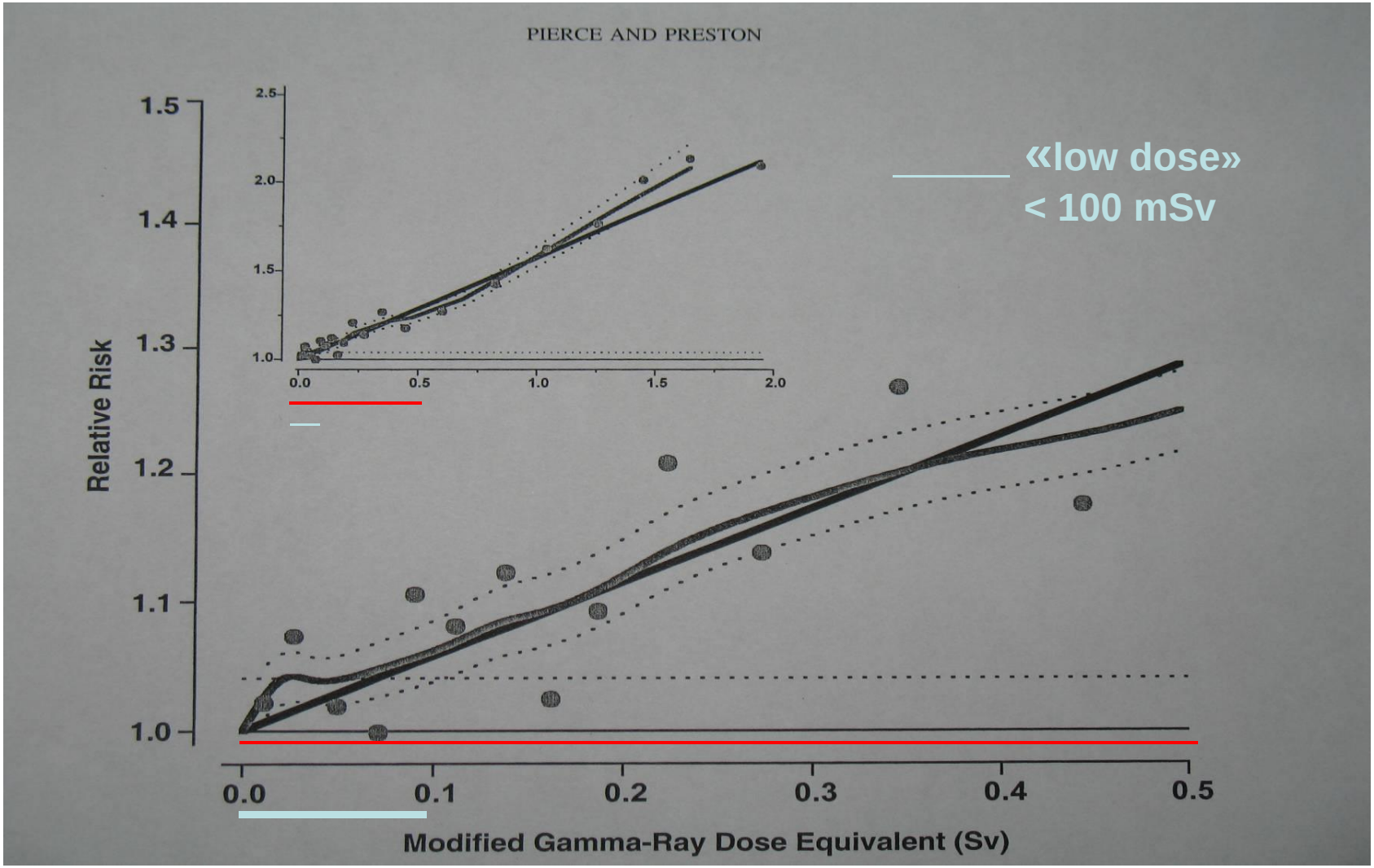
Definition «Kollektivdosis»: Summe aller individuellen, effektiven Strahlendosen in einem Kollektiv – z.B. Gesamtdosis von allen Verstrahlten eines Landes nach einem Kernkraftwerkunfall

Life Span Study (LSS): Strahlungsbedingtes Krebsrisiko bei Atombomben-Überlebenden: D.A.Pierce, D.L.Preston Radiation Res. 154, 178-186 (2000)



Life Span Study (LSS): Strahlungsbedingtes Krebsrisiko bei Atombomben-Überlebenden: D.A.Pierce, D.L.Preston Radiation Res. 154, 178-186 (2000)

→ ***Linear No Threshold (LNT) Modell: «Jede Strahlendosis – sei sie noch so gering – ist schädlich. Es gibt keine Schwellendosis»***



Grenzwerte: Vergleich chemische Stoffe / Radioaktivität am Beispiel von 100-facher Verdünnung (1.)

Chem. Stoffe - Kochsalz

- **1 Kg Kochsalz** in Suppe (10 Liter) verteilt auf ein Kollektiv von 100 Personen → **alle erbrechen da Salz in dieser Dosis** (10g/dl Suppe) **«Gift» ist**

- 1 Kg Kochsalz in Suppe (1000 Liter) eines Kollektivs von 10’000 Personen → **nach Verdünnung: „angenehm gesalzene Suppe“ oder: „Bitte nachsalzen“**

Grenzwerte: Vergleich chemische Stoffe / Radioaktivität am Beispiel von 100-facher Verdünnung (1.)

Chem. Stoffe - Kochsalz

- **1 Kg Kochsalz** in Suppe (10 Liter) verteilt auf ein Kollektiv von 100 Personen → **alle erbrechen, da Salz in dieser Dosis** (10g/dl Suppe) **«Gift» ist**

- 1 Kg Kochsalz in Suppe (1000 Liter) eines Kollektivs von 10’000 Personen → **nach Verdünnung: „angenehm gesalzene Suppe“ oder: „Bitte nachsalzen“**

Radioaktivität

- **1 Sievert** verteilt auf ein Kollektiv (ob dieses nun aus 100 oder 10’000 Personen besteht) **führt zu total ca. 5 zusätzlichen tödlichen Krebserkrankungen**

- Denn die Kollektivdosis und damit die **Krebs-Opferzahl bleibt trotz Verdünnung unverändert** (… ca. 5 zusätzliche tödliche Krebserkrankungen)

Grenzwerte: Vergleich chemische Stoffe / Radioaktivität am Beispiel von 100-facher Verdünnung (2.)

Chem. Stoffe - Kochsalz

Schlussfolgerung:

Verdünnung von chemischen Stoffen löst Gifteffekt auf

→

Verdünnung ist **taugliches Konzept**

Radioaktivität

Grenzwerte: Vergleich chemische Stoffe / Radioaktivität am Beispiel von 100-facher Verdünnung (2.)

Chem. Stoffe - Kochsalz

Schlussfolgerung:

Verdünnung von chemischen Stoffen löst Gifteffekt auf

→

Verdünnung ist **taugliches Konzept**

Radioaktivität

Schlussfolgerung:

Verdünnung von radioaktiven Stoffen kann lediglich Risiko auf grösseres Kollektiv verteilen – die absolute Opferzahl bleibt unverändert

→

Verdünnung ist **untaugliches Konzept zur Verringerung der Strahlenopferzahl**

Grenzwerte: Vergleich chemische Stoffe / Radioaktivität am Beispiel von 100-facher Verdünnung (3.)

Chem. Stoffe - Kochsalz

(Verdünnung ist taugliches Konzept)

→ ***Konsequenzen***

→ **Schadenverhinderung durch Formulierung von Dosis-Grenzwerten**

Radioaktivität

(Verdünnung ist untaugliches Konzept zur Verringerung der Strahlenopferzahl)

→ ***Konsequenzen:***

→ **Schadenverhinderung durch Vermeiden von Strahlenexposition**

(Oder: Formulierung von Dosis-Limiten, die abgestützt sind auf «ethisch-politisch vertretbare Opferzahl pro exponierte Anzahl Personen».)

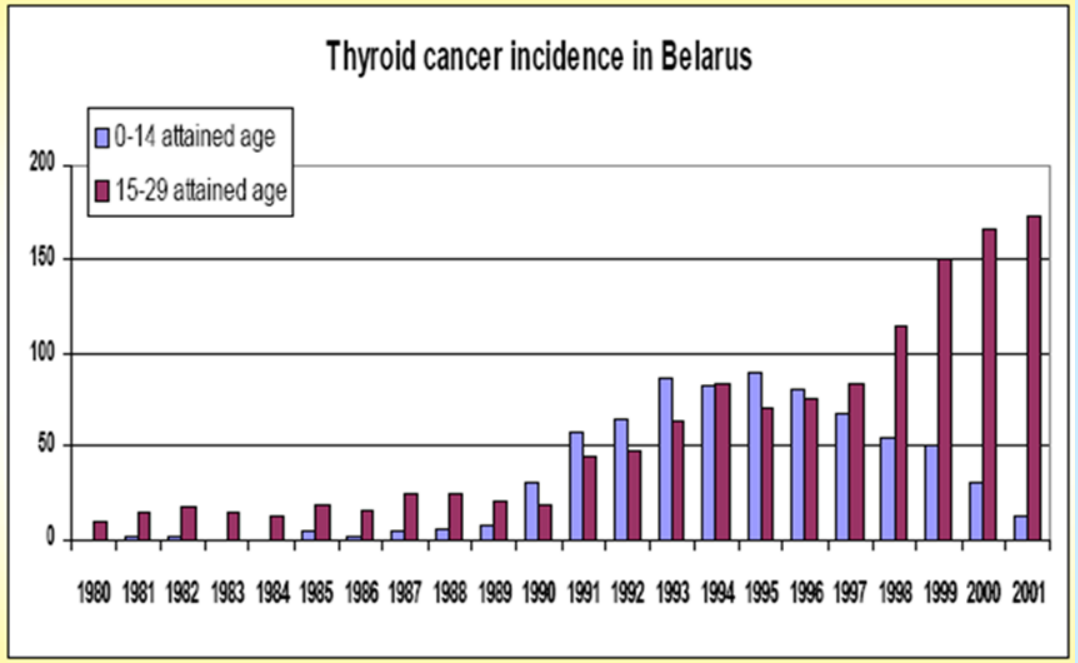
Schilddrüsenkrebs durch AKW-Katastrophen (Tschernobyl 1986, Fukushima 2011)

AKW

- Explosion /
- Brand /
- Kernschmelze

→ **Freisetzung grosser Mengen von Jod 131 (Radiojod)**

→ Massive Zunahme von Schilddrüsenkarzinomen beso. bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen



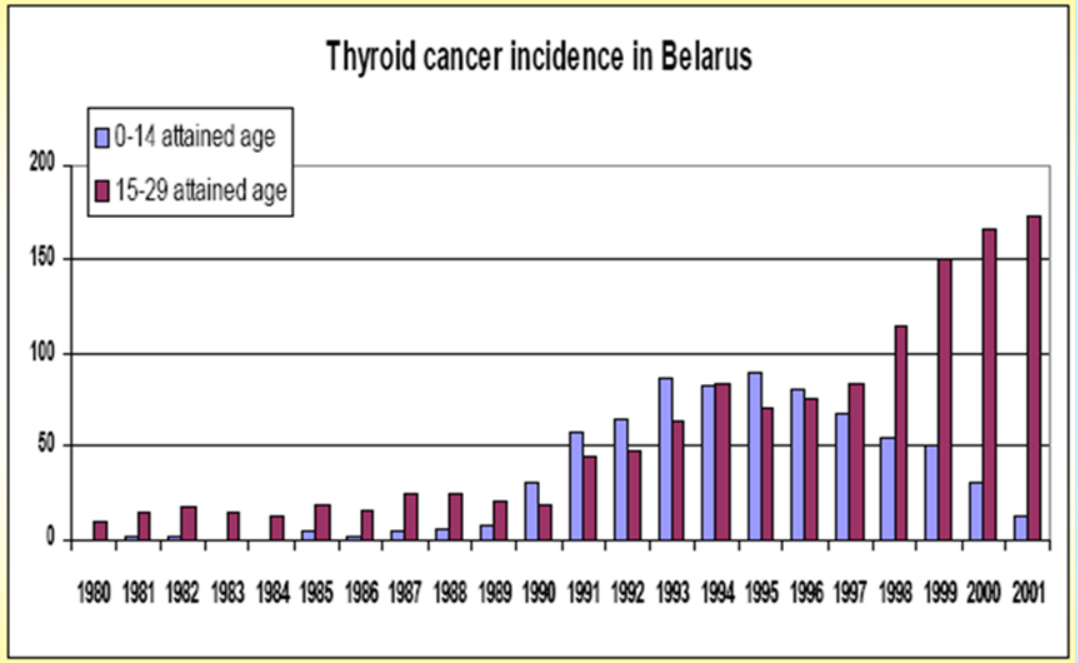
Schilddrüsenkrebs durch AKW-Katastrophen (Tschernobyl 1986, Fukushima 2011)

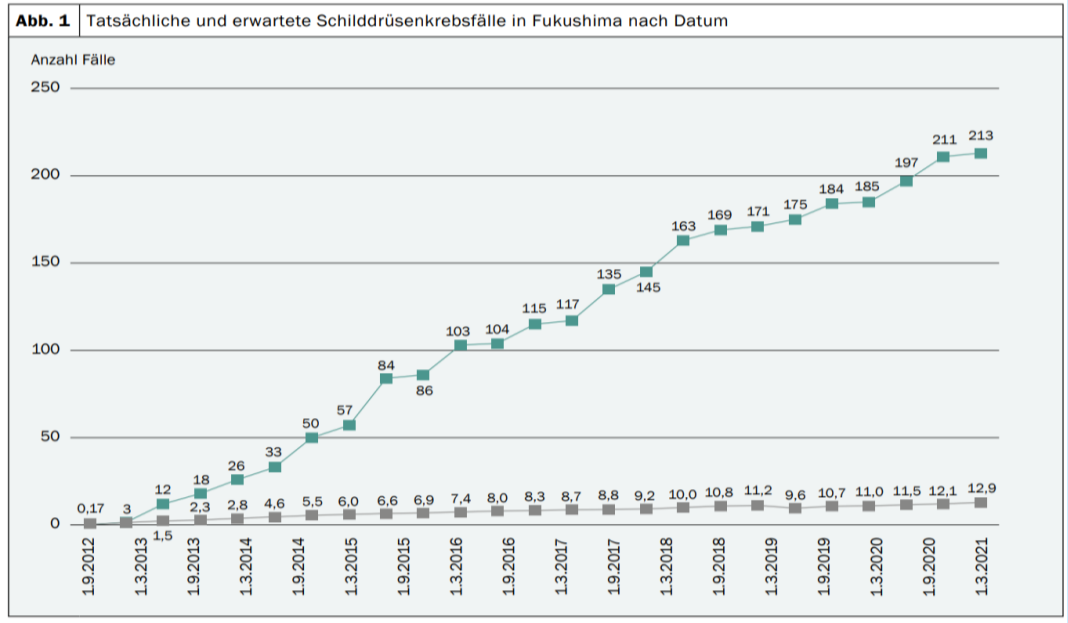
AKW

- Explosion /
- Brand /
- Kernschmelze

→ **Freisetzung grosser Mengen von Jod 131 (Radiojod)**

→ Massive Zunahme von Schilddrüsenkarzinomen beso. bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen





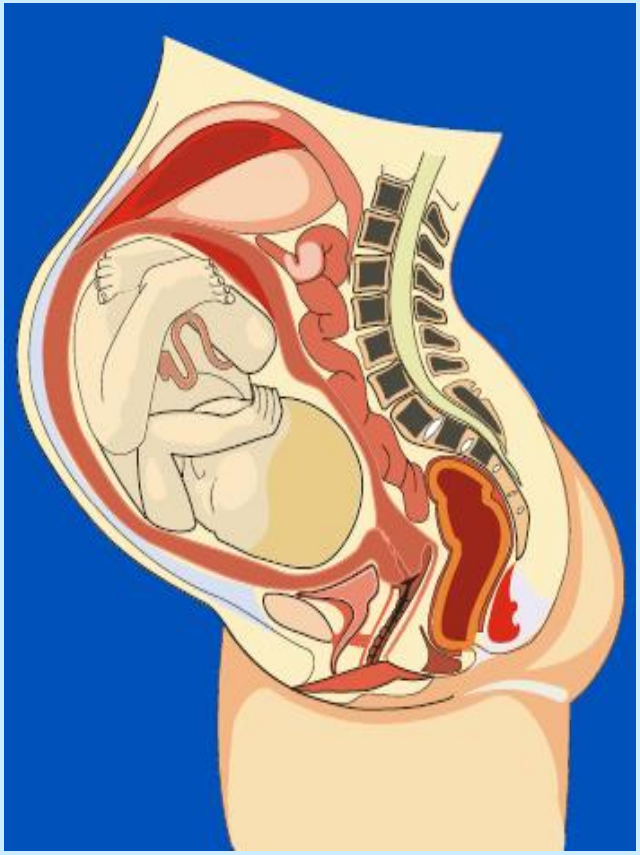
Krebs als Strahlenfolge «beweisen» ?

- «Beweis» im Sinne von 1 + 1 = 2 ist nicht möglich, da im Einzelfall Krebsursache nie eindeutig bekannt.

- ABER:
  Grosse ***epidemiologische*** Studien können aussagen, wie hoch die Wahrscheinlichkeit für eine Ursache ist.

Dr. Alice Stewart (1906 – 2002, Epidemiologin):

”Overall, children who were exposed to radiation in utero had about a 40% greater risk of cancer than children who were not exposed” **Lancet 1956**



Gesundheitsschäden durch ionisierende Strahlung

Niedrige Dosen

- Dosen > 0 mSv, **keine Schwelle** (LNT: «linear no threshold») !

- Keine akuten Schäden, aber Langzeitwirkungen durch Schäden im Erbgut der Zellen (→Jahrzehnte) → **Krebs, Herzinfarkte, Hirnschläge, vorzeitiges Altern, Stoffwechselstörungen, Immunstörungen, *Fortpflanzungsstörungen*, Totgeburten, Fehlbildungen usw.**

- = «stochastische» Schäden d.h. «zufallsbedingt, dosisabhängige Ereignishäufigkeit»

Zufallsbedingte Effekte durch niedrige Strahlendosen («Low dose ionizing radiation» definiert als **<** 100 mSv): ***Didaktischer Vergleich***

- Stochastischer Effekt durch ionisierende Strahlung vergleichbar mit Schrotschusseffekt (z.B. Taubenjagd)
- Nur ein Teil der Tauben wird getroffen - Anteil ist u.a. abhängig von Zahl der Vögel, Anzahl der Kugeln pro Schuss usw.

Gesundheitsschäden durch ionisierende Strahlung:

Hohe Dosen:

- Schäden an weissen Blutkörperchen ab 100 mSv feststellbar
- ab ca. 250-500 mSv: ***Schwelle*** für Haarausfall, Hautrötung, Schleimhautschäden (z.B. → Durchfälle), …..→ Knochenmarksversagen, Tod (LD 50: 4 Sievert)
- = «deterministische» Schäden» - dosisabhängig

«Niedrigdosis»: Ein schwammiger Begriff!

Definition Niedrigstrahlung:

- Strahlendosis **unterhalb von 100 mSv** (***arbiträrer Wert***)

Spannbreite von «Niedrigdosis» ist realitätsfremd (10^4)

von 0.01 mSv («de minimis») bis **100 mSv** ist **1 : 10 000**

Vergleich aus dem Alltag:

Fussgänger (5km/h) vs. Flugzeug (5^4 km/h = 625 km/h):

→ Verschiedene Verkehrsregeln notwendig!

Um was für Dosen (Grössenordnung) im «Niedrigdosisbereich» geht es konkret ?

A. Hintergrunddosis CH ca. 5.8 mSv/Jahr: davon ***Radon*** 3.2 mSv; ***Med. Diagnostik*** 1.4 mSv; 0.36 mSv ***terrestrisch***; 0.4mSv ***kosmisch***; 0,35 mSv ***Nahrung***; weniger als 0,1 mSv durch ***Kernkraftwerke*** usw. (ENSI, 2018)

C. Zulässiger Dosisgrenzwert aus künstlichen (nichtmedizin.) Quellen für die Bevölkerung: 1 mSv /Jahr (Strahlenschutz §) (→ 70 mSv pro Lebenszeit)

D. Dosis pro Einwohner (Schweiz) nach Tschernobyl (1986 bis 2005): 0.5 mSv/20 Jahre (d.h. unter 1 mSv pro Lebenszeit)

E. AKW-Mitarbeiter (berufl. Lebensdosis, INWORK-Studie): 20 mSv

Vergleich von Lebenszeitdosen im «Niedrigdosisbereich 0.01 bis 100mSv»

0.01 0.1 1 10 100 Millisievert

x---------x---------x---------x---------x Lebensdosis*

<1 **20** **70**

C. **Dosisgrenzwert künstliche ionisierende Strahlung**
D. **Dosis pro Einwohner (Schweiz) nach Tschernobyl**
E. **KKW-Mitarbeiter**

*logarithmische Skala !

Was wissen wir heute über das Krebsrisiko durch niedrige Dosen ionisierender Strahlung?

- ***Theoretisches Modell***: «LNT» bekannt seit < **2000**

- ***Praktische Bestätigung:*** Umfassende, wissenschaftlich hochstehende Übersichts-Analyse zu allen *relevanten epidemiologischen Studien:*

Metaanalyse des National Cancer Institute USA (NCI) vom Juli 2020

- Hauptmann M, et al. Epidemiological Studies of Low-Dose Ionizing Radiation and Cancer: JNCI Monographs, Vol 2020, Issue 56, July 2020, p 188–200, https://doi.org/10.1093/jncimonographs/lgaa010

July 13, 2020, **Journal of the National Cancer Institute NCI**

CANCER RISKS
FROM LOW-DOSE RADIATION

A comprehensive review of the latest human data on the most critical question for radiation protection.

Prof. Dr. M. Hauptmann, Erstautor

Krebsrisiken durch Ionisierende Niedrigstrahlung

«Eine umfassende Review der neuesten Erkenntnisse zu der wichtigsten Frage für den Strahlenschutz»

Zusammenfassung NCI-Studie (2020)

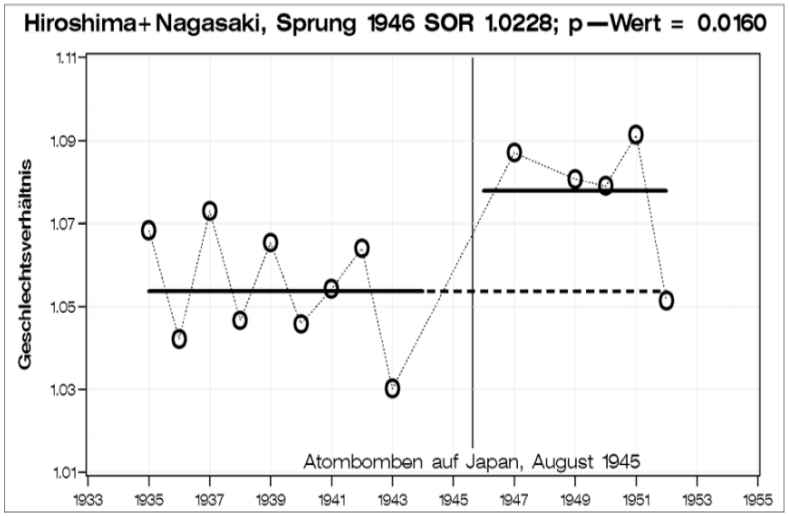
1. **„Diese neuen, ausführlichen epidemiologischen Daten belegen direkt ein erhöhtes Krebsrisiko durch niedrig dosierte ionisierende Strahlung.“**

2. Größenordnung der Krebsrisiken durch die niedrigen Strahlendosen statistisch gut passend zu den Krebsrisiken bei Atombombenüberlebenden.

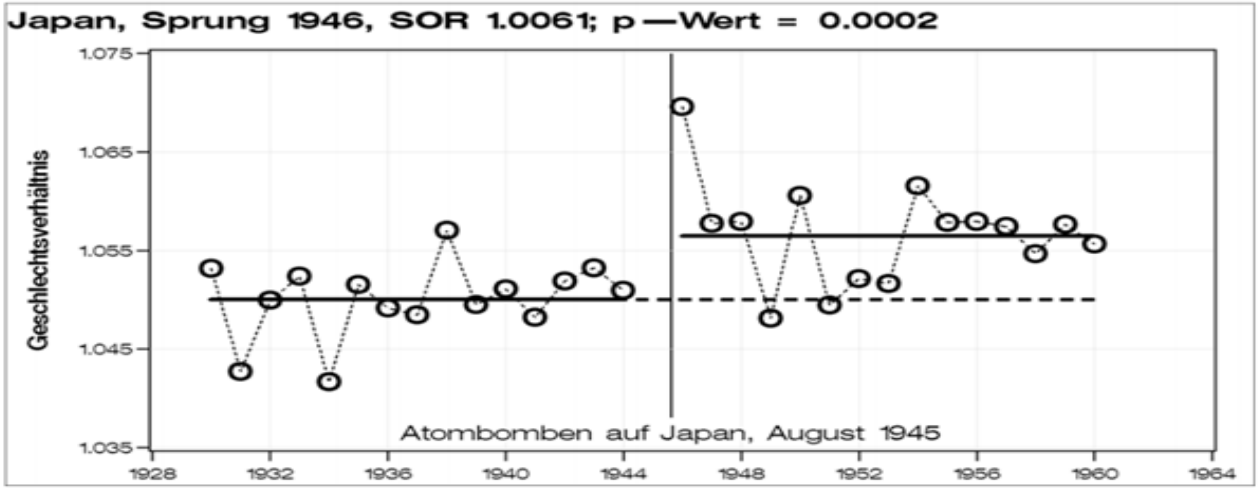
Veränderungen des Geschlechterverhältnisses (Knaben zu Mädchen) bei Lebendgeburten und ionisierende Niedrigstrahlung (… «Sex Odds»)

- Zahlenverhältnis Buben zu Mädchen bei Geburt über ***längere Zeiträume*** und **grössere *Regionen*** + / - konstant
- **Normal ca. 105 bis 106 Knaben auf 100 Mädchen (Lebendgeburten)**
- Erhöhte ionisierenden Strahlenbelastungen im Niedrigdosisbereich → Zahlenverhältnis nimmt zu («mehr Knaben» oder «weniger Mädchen»)
- Japan (spez. Hiroshima und Nagaski) nach 1946 (d.h. ab 9 Monate nach den Atombombenabwürfen im Aug. 1945),

Zunahme des Geschlechterverhältnisses (Knaben zu Mädchen) bei Lebendgeburten nach den Atombombenabwürfen

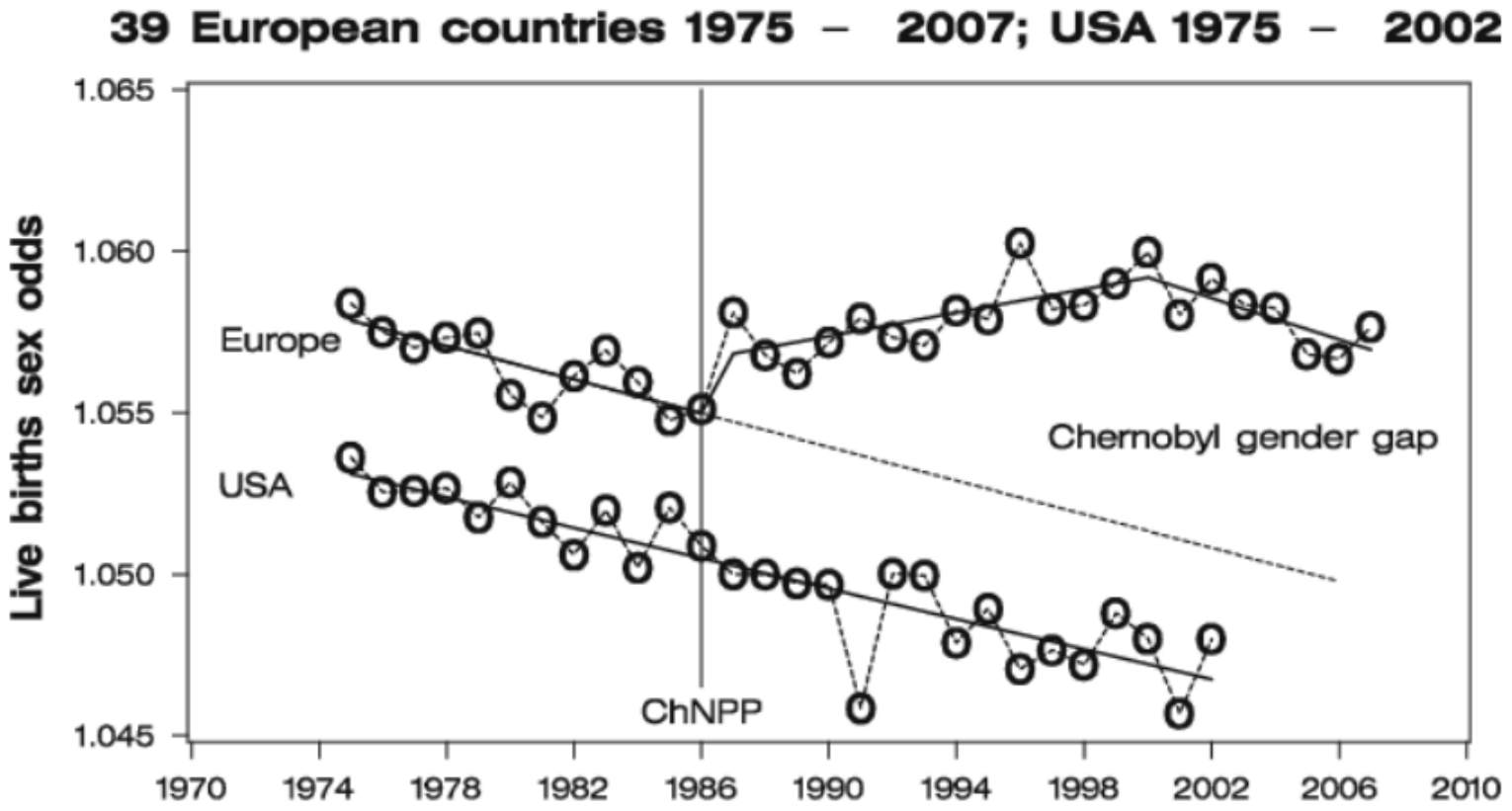


Hiroshima, Nagasaki



Japan

Geschlechterverhältnis (Knaben zu Mädchen) bei Lebendgeburten vor und nach Tschernobyl: Vergleich Europa gegenüber USA (gem. H.Scherb, K.Voigt)



Veränderung des Geschlechterverhältnisses bei Lebendgeburten (LG) in der Schweiz nach Tschernobyl

- Zunahme des Geschlechterverhältnisses bei LG → Berechnung Zahl «fehlender Schwangerschaften»

- Hintergrundbericht HB1 von PSR/IPPNW Schweiz zum 35. Jahrestag der Tschernobyl-Katastrophe:

„Rechnerisch fehlen in der Schweiz zwischen 1987 und 2019 in etwa 3200 Mädchen-Lebendgeburten, was am ehesten Ausdruck von klinisch nicht erfassten Frühaborten sein dürfte.“

Sex Odds und nukleare Lagerstätten in Gorleben (D), Philippsburg (D), Aube (F)*

Nukleares Transportbehälterlager Gorleben:

- Behördlich bestätigte Erhöhung der Sex Odds in der Umgebung (Gebiet mit DM 75 km) ab 1996 nachweisbar. Der Beginn der **Castorentransporte** 1995.

Nukleares Oberflächenlager AUBE (Nordfrankreich):

- Reduktion der Mädchengeburten um über 8%

Kernkraftwerk sowie nukleares Zwischenlager Philippsburg (D)

- Reduktion der Mädchengeburten um nahezu 7 %

** **Vgl. Stellungnahme PSR/IPPNW.ch vom 23.10.2020 an die UREK-N zum Bericht des BR vom 2.3.2018***

Atomtransporte mit Castoren - Neutronenwirkung

…Alpha- und Betastrahlung durch den Behälter abgeschirmt, jedoch **ein Teil der Gamma- und Neutronenstrahlung nach außen dringend.**

Wichtungsfaktoren (2000): Gammastrahlung 1,
Neutronenstrahlung 10

In der Debatte wurde eine **Erhöhung des Neutronenwichtungsfaktors um das 30- bis 60- fache** gefordert.

(Quelle: BFS, 2000, Radioaktive Frachten unterwegs; Einführung durch W.König, Präsident des Bundesamtes für Strahlenschutz)

Unterschiedliche biologische Wirkung

Gammastrahlung : locker ionisierende Strahlung. Neutronenstrahlung: dicht ionisierenden Strahlenart.

Schlussfolgerung

Referat Teil A.

Die ***Heisse Zelle (Oberflächenanlagen)*** eines künftigen ***Atomtiefenlagers*** sollte aus Gründen des Gesundheitsschutzes nicht in der näheren Umgebung von bewohnten Ortschaften geplant werden.

Claudio Knüsli, PSR/IPPNW Schweiz 1.7.2021

Kurze Pause