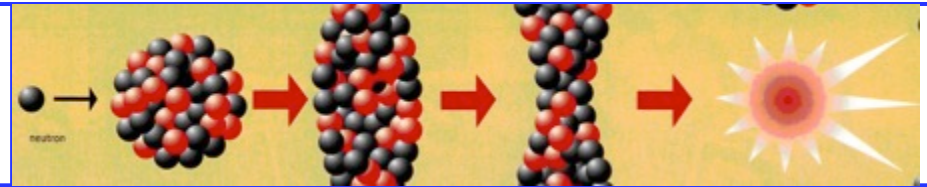
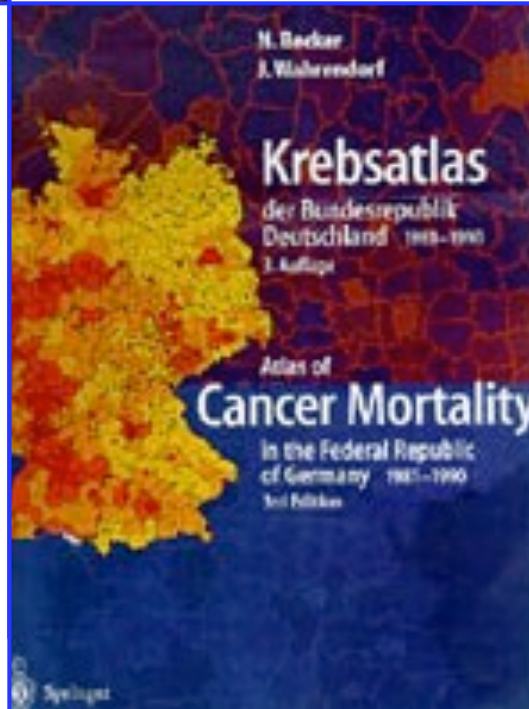


Radioaktivität - unterschätzte oder überschätzte Gefahr?



Dr. sc. nat.
Walter Rüegg
w.ruegg@soclair.ch

Leibstadt,
19.3.2015



1. Unsere Strahlenängste
2. Hiroshima, Nagasaki
3. Die „Radiumgirls“
4. Tschernobyl, Fukushima, die Alpen und der Feinstaub
5. Abfälle

Ausgangspunkt: Unsere Strahlenängste

- **AKW-Unglück:** “...so wird ein heute dicht besiedeltes Gebiet **auf Zehntausende Jahre hinaus unbewohnbar**”*.
- “...hinterlassen wir zukünftigen Generationen **radioaktive Abfälle**, deren Endlagerung bis heute ungelöst ist und von denen **bis zu eine Million Jahre lang Gefahr** ausgeht”*.

*Zitate aus: Wochenkommentar über die Energiewende, AZ, 29. Nov. 2014, von: christian.dorer@azmedien.ch

Bis ≈1960 waren kleine Strahlendosen gesund



LES MALADIES DES FEMMES
sont dominées par le traitement radioactif combiné
* * MÉTRADOL et GYNÉRADINE * *

Radiumbiere
wie Pilsner Gambrinus
Flaschen
liefert
Karl Kraus.
gen in der Bürgerlichen Brauerei
St. Joachimstal.



Une saine et douce chaleur,
radio-active...

Une laine, souple, élastique, résistante, épaisse et confortable, qu'un traitement physico-chimique a doué d'un remarquable pouvoir : la radio-activité. Chacun connaît les extraordinaires effets de stimulation organique, d'excitation cellulaire, transmis par le radium. Une laine ainsi traitée allie aux avantages propres du textile une indéniable valeur hygiénique. Pour tricoter la layette de Bébé, les lainages des enfants, vos sous-vêtements et vos pull-over, utilisez la

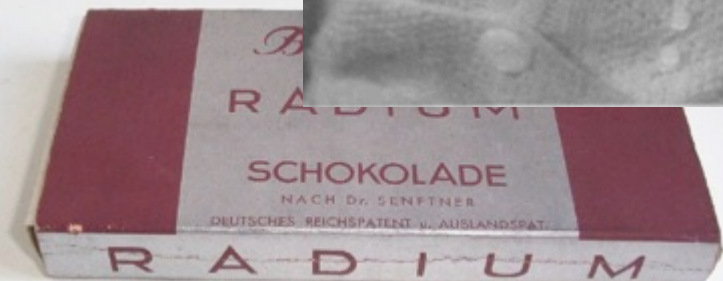
LAINÉ ORADIUM

Source précieuse de chaleur et d'énergie vitale, irrétrécissable, inféutrable. C'est un Produit de la LAINÉ MÉDICALE, 20, rue St-Georges, PARIS - Trud. 07-28

La LAINÉ ORADIUM est vendue chez votre pharmacien au prix imposé de frs : 8.50 la pelote de 50 grammes.

DEMANDEZ LA BROCHURE ET LA CARTE DES COLORIS
Si votre pharmacien habituel n'est pas encore approvisionné ou n'a pas en stock le coloris que vous désirez, veuillez nous en aviser en nous donnant son adresse et nous nous ferons un plaisir de vous faire parvenir les pelotes de LAINÉ ORADIUM par son intermédiaire.

RADIUM-
WASSERZWIEBACK
Grossbäckerei:
Hippmann-Block
St. Joachimstal.
Produkt mit dem goldenen Musterzeichenschild
Unter Zusatz von St. Joachimstaler
Radiumwasser.
mit der goldenen Ausstellungsmedaille.



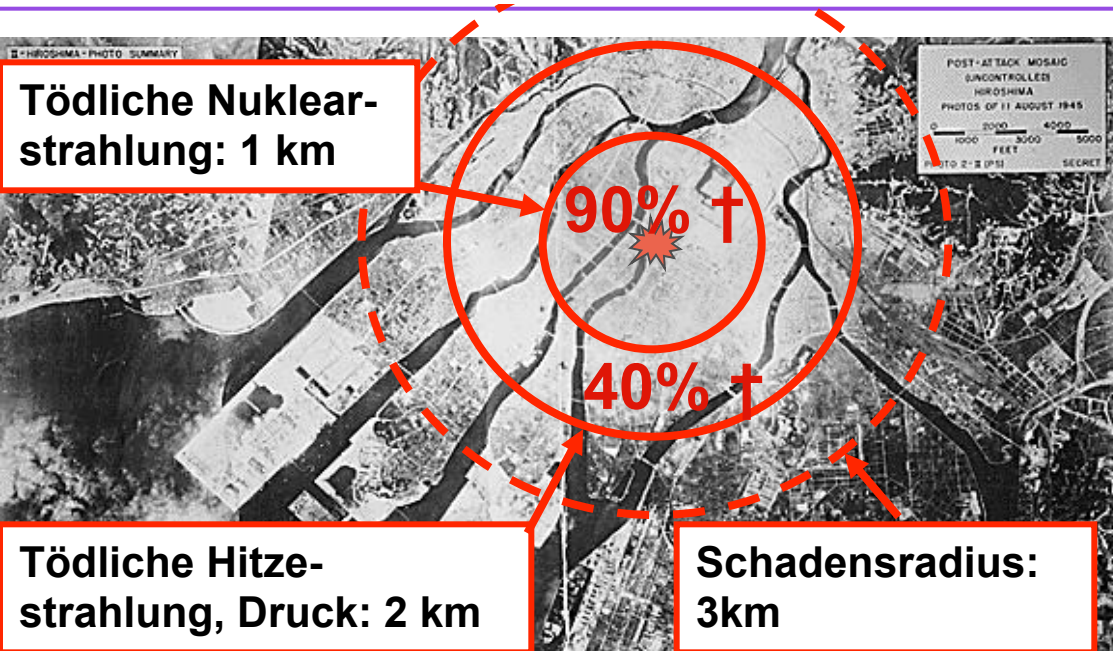
**Was wissen wir über
die Wirkungen von
ionisierenden
Strahlen?**

Strahlenwirkungen: Unsere Wissensquellen

- Quelle Nr. 1: Überlebende von **Hiroshima und Nagasaki**.
Kurze, hochintensive Schockdosis.
- Quelle Nr. 2: **Radiummalerinnen**.
Externe und **interne Dosen, monate- bis jahrelange Bestrahlung.**
- Quelle Nr. 3: **Humanstatistiken**.
Tausende von gewollten und ungewollten internen und externen Bestrahlungen, meist im unteren Dosisbereich.
Aussagen widersprüchlich (viele Fehlerquellen).
- Quelle Nr. 4: **Tierversuche, mikrobiologische Versuche**.
Sehr viele gut kontrollierte Untersuchungen, z.T.
umstrittene Übertragbarkeit der Resultate auf Menschen.

Hiroshima, Nagasaki

Hiroshima, 6. August 1945: 16 kT Uran-Bombe



- 80'000-140'000 †
~100'000 verletzt
~100'000 unverletzt
- ~ 50'000 Überlebende wurden stark bestrahlt.

Todes-Ursachen gemäss der Gesundheitsbehörde von Hiroshima:

- 60% Brandwunden
- 30% Druck
- 10% unbekannt/nuklear

Medizinische Untersuchungen ab Sept. 1945



Verschiedene amerikanische Teams: >1000 Mitarbeiter.

Japanische Teams: 1683 Mitglieder in med. Gruppe.

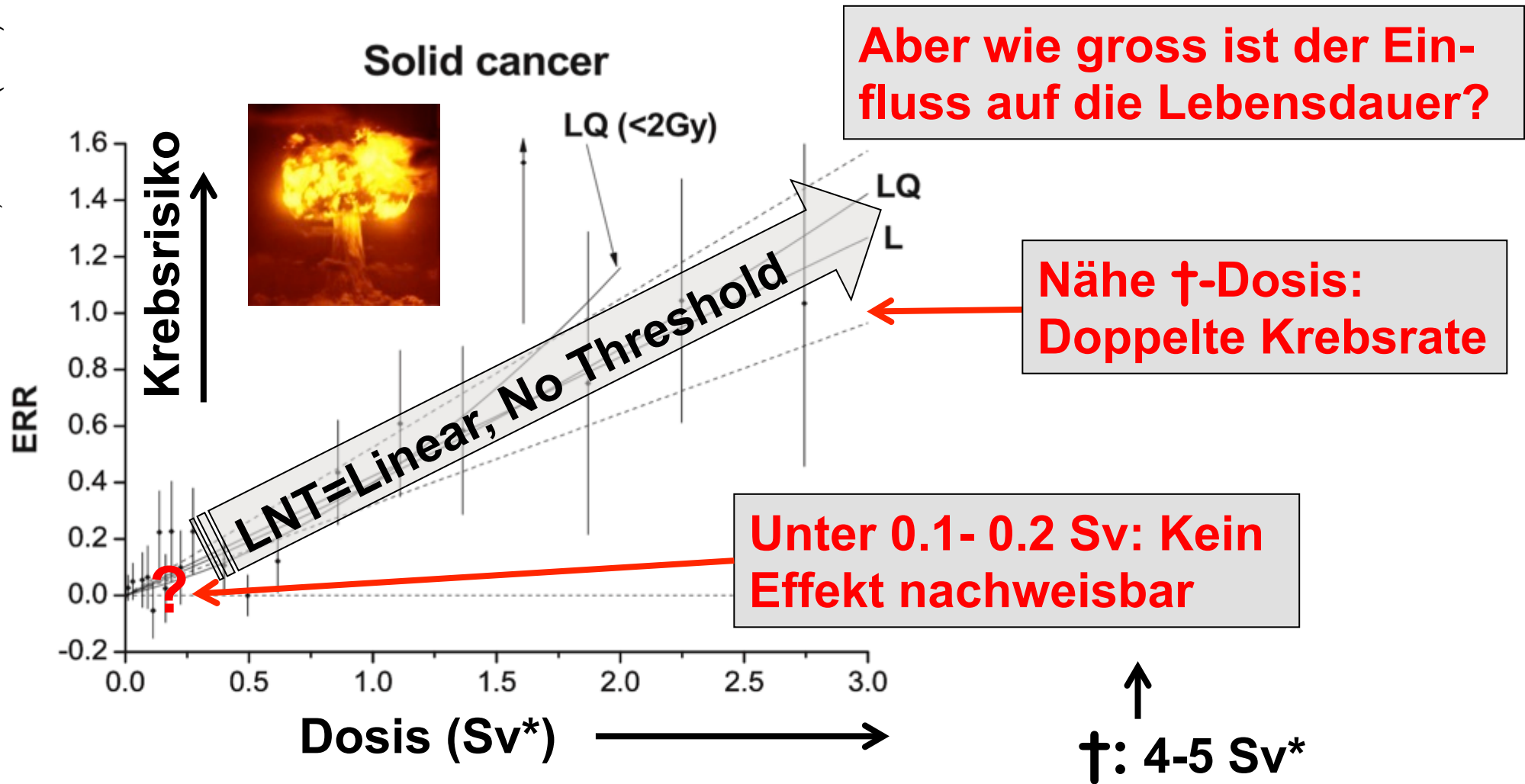
Grösste medizinische Untersuchung aller Zeiten, noch immer aktiv, mehre Milliarden \$ investiert.

Resultate allgemein akzeptiert: Grundlage des heutigen Wissens über Langzeiteffekte (von Schockstrahlungen).

www.rerf.or.jp, www.city.hiroshima.jp

Krebsrisiko steigt linear (Schockdosis)

Kotaro Ozasa et al. RADIATION RESEARCH 177, 229-243 (2012)

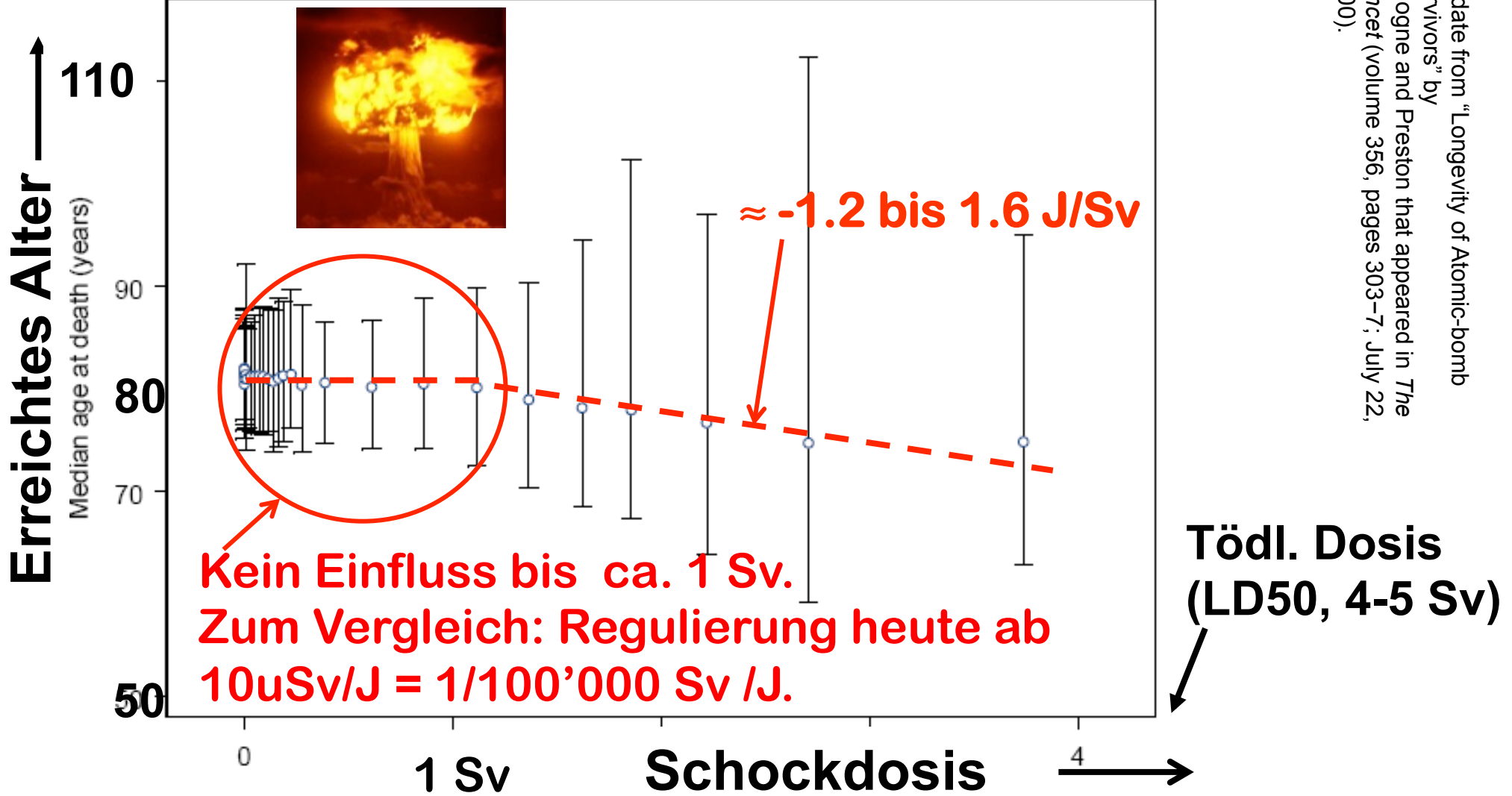


*Sv (Sievert) ist ein Mass für den biologischen Schaden einer Strahlendosis, berücksichtigt Strahlenart und betroffenes Organ/Gewebe, bei Ingestion auch Verteilung im Körper und Ausscheidungsrate. **4-5 Sv Schockdosis sind in 50% der Fälle unbehandelt tödlich.**

Besseres Mass: Verkürzung der Lebensdauer

Median Life Expectancy by LSS Report 13 Exposure Group

Confidence Intervals Estimated from Smooth Hazard Confidence Limits



Update from "Longevity of Atomic-bomb Survivors" by Cologne and Preston that appeared in *The Lancet* (volume 356, pages 303-7; July 22, 2000).

Wichtigste Resultate von Hiroshima/Nagasaki

- **Wenig gesundheitliche Unterschiede zwischen Bestrahlten und Unbestrahlten (1% - 2%).** Lebensstil (Rauchen, Ernährung, Bewegung...) dominiert die Gesundheit.
- Heute **~30 Krebs-†/J** (von ~5'000 verstorbenen Überlebenden/J, davon Krebs ~1'200).
- **Keine erhöhte Missgeburtenrate.**

Unbestritten

Die Radiummalerinnen: Das Tschernobyl der 20er-Jahre

Radium-Malerinnen: Das Tschernobyl der 20er-Jahre

- ~ 30 Akuttote und >>100 Strahlenkranke (nur USA), davon
- ~ 80 Krebstote (Knochensarcoma)
- >1000 kSvP Kollektivdosis Uhrenträger (Tschernobyl ca. 400 kSvP)

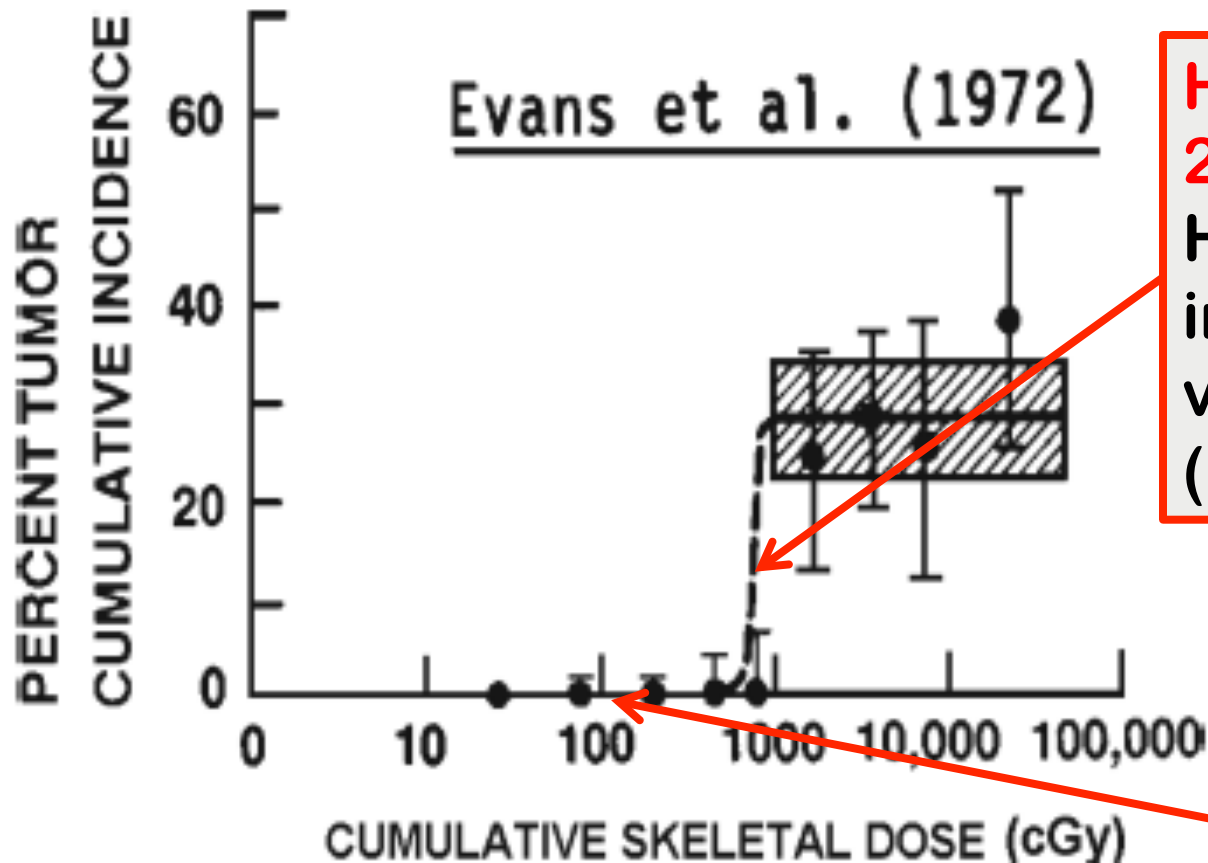
=> *Schlimmer als Tschernobyl!*



Radium in Humans: A Review of U.S. Studies. R.E.Rowland

Radium Girls: Kontinuierliche interne Bestrahlung

Health effects of internally depos



Harte Schwelle bei ca. 200 Sv (Knochen).

Heute gut verstanden und in Übereinstimmung mit vielen Tierversuchen (Modelle von O. Raabe)

Unterhalb Schwelle: Weniger Krebsfälle als bei Unbestrahlten!

Kein einziger Leukämiefall.

Fig. 11. Cumulative bone sarcoma incidence in people exposed to ^{226}Ra as a function of cumulative dose to the skeleton as reported by Evans et al. (1972).

Last (?) surviving Radium Girl died at age 107 (2014)

Im Bild (2012) Mae Keane, **105 Jahre alt**. Sie wurde 1924 **stark bestrahlt** (u.a. **verlor sie sämtliche Zähne**).
Anschliessend normales Leben.

Kleine Dosen: Die Existenz von positiven Effekten (z.B. Lebensverlängerung, weniger Krebs) ist wissenschaftlich gesichert.

<http://www.energie-fakten.de/pdf/hormesis.pdf>.



<http://www.courant.com/health/connecticut/hc-pictures-waterbury-radium-girls-20140303.0.1524590.photogallery?obref=obinsite>

Radioaktivität ist nicht ein «Ultragift»

New York Times, 23.10.2013

“The robust evidence that ionizing radiation is a relatively low health risk dramatically contradicts common fears. ..”

Schlusssatz:

“Without a much broader and persistent effort by various branches and levels of government to help the public understand the actual biological effects of radiation, we will continue to face the threat of deep historic nuclear fears that simply don’t match the facts.”

NYT, 23.10.2013

[http://www.nytimes.com/2013/10/22/opinion/fear-vs-radiation-the-mismatch.html?
nl=todaysheadlines&emc=edit_th_20131022&_r=0](http://www.nytimes.com/2013/10/22/opinion/fear-vs-radiation-the-mismatch.html?nl=todaysheadlines&emc=edit_th_20131022&_r=0)

Vergleiche

Risiken, Einfluss auf Lebensdauer

- Sozioökonomischer Status (max/min): -10 Jahre
- 10% Reduktion des BIP (lange Krise): -1 Jahr (\approx)
- Feinstaub, 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10, dauernd: -1 Jahr (1.4 Sv)

Linear extrapoliert aus “Hochdosis“-Resultaten (LNT):

- Eine Zigarette rauchen: -10 min*
- Ein Apfel essen: +30 min
- Eine Stunde Sport: +5 Std (1 mSv)
- Lebenslänglich in “no-entry-zone” Fukushima -2 Mt (0.4 Sv)

Ein verminderter Lebensstandard führt zu ähnlichen Langzeiteffekten wie eine sehr hohe Strahlendosis.

* entspricht 30 μSv . Zum Vergleich: Gesetzlich reguliert wird ab 10 $\mu\text{Sv}/\text{Jahr}$

Tschernobyl, Fukushima

These: KKWs sind «Hochrisikotechnologien», bei einem GAU sind grosse Gebiete für Jahrtausende unbewohnbar.

Trotzdem sind heute weltweit etwa 70 neue KKWs in Bau.

Vergleich: Hochradioaktive Stoffe - chemische Gifte

Tschernobyl (1986)

≈ 50 t extrem radioaktiver Brennstoff

Ca. 0.5 km²:
† in 5 Std.

UNSCEAR2000

I. Measured exposure rates in air on 26 April 1986 in the local area of the Chernobyl
Units of IsoInes are R/h⁴.

- 28 Akuttote
- 137 Strahlenverletzte
- Langzeitschäden?

Bhopal (1984)

30 t Methyl-iso-cyanat

Ca. 5 km²:
† in 5 min.

http://www.jimedcbr.org/Issue_0301/Garrett/Garrett_0705.htm

- 3'800-50'000 Akuttote
- 300'000-500'000 Verletzte
- >100'000 Langzeitschäden



100-1000 mal schlimmer als Tschernobyl?!

Strahlung in Pripjat, 3 km vom Reaktor entfernt



... auf zehntausende Jahre hinaus unbewohnbar ...?

Bild Pripjat, 2008: Mit freundlicher Genehmigung von Prof. K. W. Fornalski

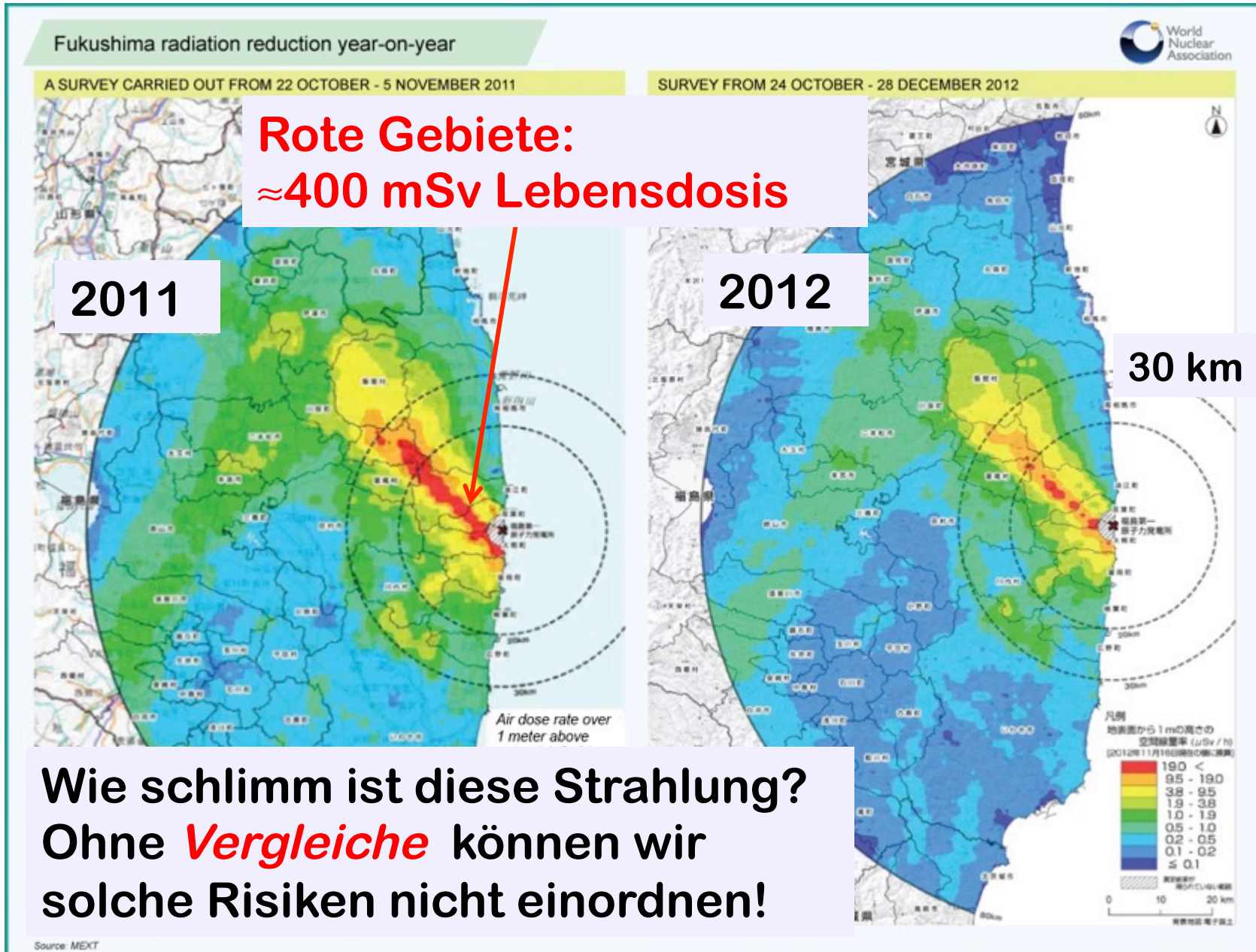


Rom: 0.27 uSv/h, bis 0.6 uSv/h

Bild: W. Rüegg

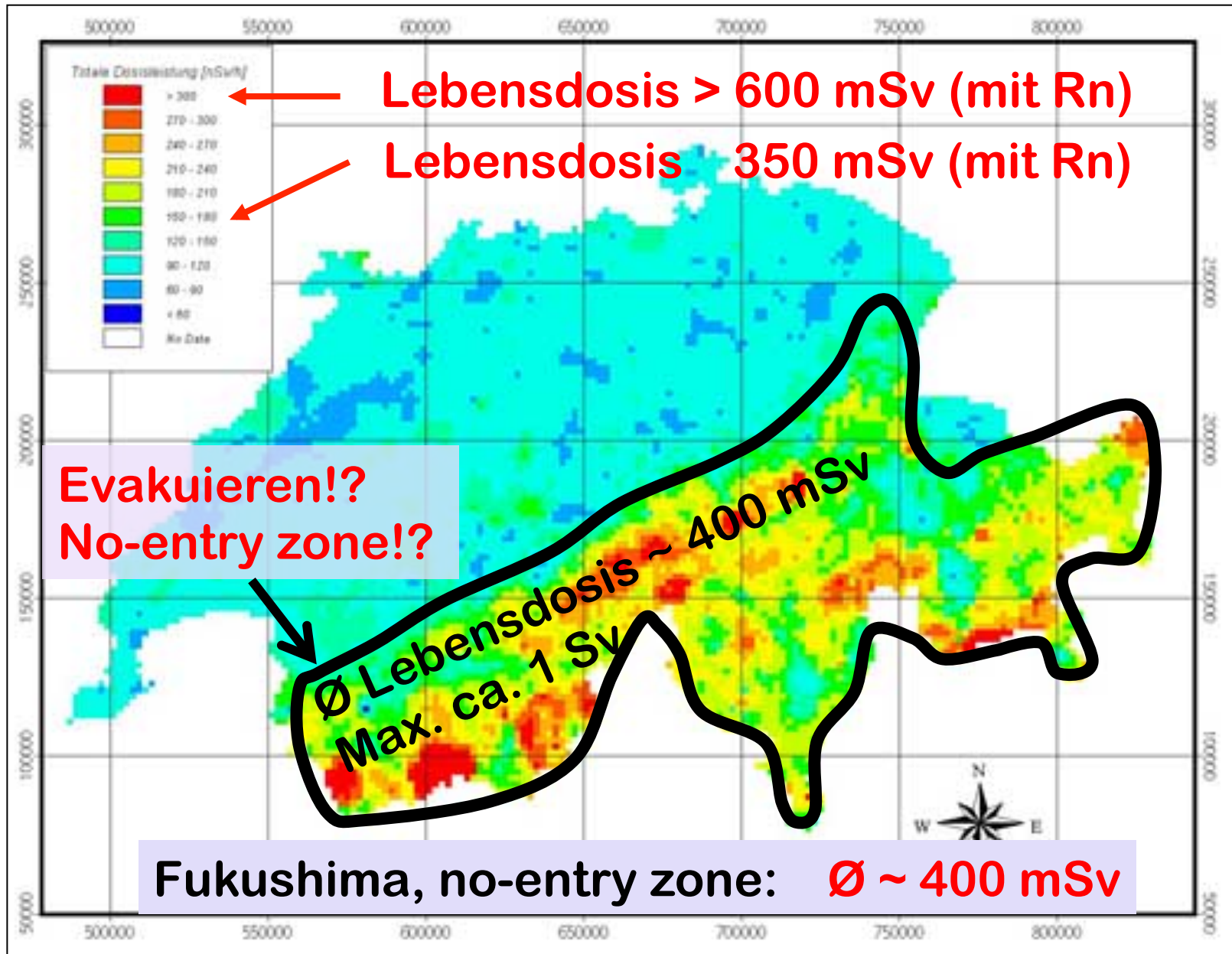
Andere bewohnte Gebiete bis 10 uSv/h (Spitzen 100 uSv/h)!

Fukushima: Strahlung Ende 2011 und Ende 2012



[http://www.world-nuclear-news.org/uploadedImages/wnn/
Images/
Fukushima_Radiation_map_2011_2012%201280x967.jpg](http://www.world-nuclear-news.org/uploadedImages/wnn/Images/Fukushima_Radiation_map_2011_2012%201280x967.jpg)

Lebensdosen in den Alpen und in Fukushima



Karte aus: Radiation doses of Swiss population from external sources
L. Rybach a,*, D.Ba"chler a, B. Bucher a,b, G. Schwarz, Journal of Environmental Radioactivity 62 (2002) 277-286

Fakten zu verbreiten, kann heute gefährlich sein

Prof. Z. Jaworowski, former President of UNSCEAR (UN Scientific committee on the Effects of Atomic Radiation):

Tschernobyl: “The most nonsensical action, however, was the evacuation of 336’000 people.....”

<http://world-nuclear.org/info/chernobyl/jaworowski.html>

Prof. Shunichi Yamashita, Koordinator der med. Versorgung der Evakuierten: 100 mSv unbedenklich. Folge: **Beschimpft als Professor Mengele**, musste auf politischen Druck hin zurücktreten.



Abfälle

... von denen **bis zu eine Million Jahre**
lang Gefahr ausgeht ...

Letale Dosen bei Ingestion (Schockdosis, worst case)

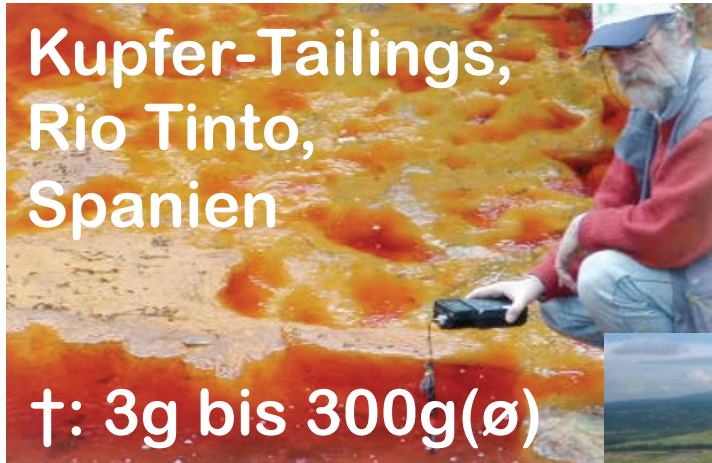
Alter	50 Jahre	1'000 Jahre	100'000 Jahre
Giftstoff			
Brennstoff* (UO ₂ -Keramik)	25 mg – 1 g	0.25 g – 10g	7.5 g – 300 g
Verglaste rad. Abfälle*	25 mg – 1 g	0.50 g – 20 g	100 g – 4 kg
Chemische Gifte	Ricin, VX: 1 mg Beryllium: 30 mg Strychnin: 50 mg Nicotin: 50 mg Arsenik: 100 mg	Blausäure: 0.2 g Thallium: 1g Tailings max: 3 g Pb, Cu, U: 10 g Coffein: 15 g	Fe: 10 g Aspirin: 15 g Kochsalz: 200 g Tailings ø: 300 g Zucker: 2 kg

* Berechnet aus Angaben von CEA/2004, KIT, NAGRA

Rot (worst case): Spaltprodukte (Cs, Sr, ...) und Aktiniden (U, Pu, ...) extrahiert (ausserhalb Glas/Keramik-Matrix)

Grün: Werte für Abfälle eingeschlossen in Glas- oder Keramik-Matrix (realistisch bei Ingestion von Abfällen), nur grobe Schätzung möglich.

Jede Stromerzeugung verursacht Abfälle und CO₂



Kupfer-Tailings,
Rio Tinto,
Spanien

†: 3g bis 300g(ø)

Toxische
Bergbauabfälle

[http://www.doka.ch/
BuntmetalltailingsDoka.pdf](http://www.doka.ch/BuntmetalltailingsDoka.pdf)

Radioaktive Abfälle sind anfänglich ca. 10'000 mal toxischer als Bergbauabfälle (Tailings), aber kleine Mengen/zerfallen.



Alu-Tailings,
Devecser,
Ungarn

← **Unterschiedliche
Lagerorte/-arten,
wie bewerten?**



†: 25mg anfänglich

Radioaktive Abfälle

Pro kWh el. Strom:
Anzahl freigesetzter Giftdosen bei
Wind- und Sonnenenergie grösser als
bei Nuklearenergie. Top: Wasserkraft

Weltweite Produktion von toxischen Stoffen/Abfällen

Abfall/Produkt	Tonnen/Jahr	†-Dosis*	†-Dosen/J
Bergbau, Tailings (As, Cd, Hg, ...)	>10 Milliarden	300 g**	$>10^{14}$
Kohle (Asche mit As, Be, Pb, ...)	600 Millionen	vers.	1×10^{13}
Sondermüll (hazardous waste)	400 Millionen	50 g	4×10^{12}
Ammoniak	140 Millionen	25 g	3×10^{12}
Arsen	150'000	100 mg	7×10^{11}
Blei	8 Millionen	20 g	4×10^{11}
Radioaktive Abfälle Welt	10'000	25 mg***	10^{11}
Radioaktive Abfälle (Schweiz)	100	25 mg***	10^9
Sondermüll (Schweiz)	2 Millionen	100 g	10^{10}

- * Benutzter Wert für LD50 bei Ingestion (Dosis mit 50% Todesfälle, unbehandelt)
- ** nur Elemente/Schwermetalle in den Tailings, ohne Säuren und Laugen.
- *** Nach 50 J Zwischenlagerung, Worst Case (radioaktive Substanzen aus Glas/Keramik-Matrix extrahiert).

Schlusswort

Zusammenfassung

- **These:** KKW's sind «Hochrisikotechnologien», bei einem GAU sind grosse Gebiete für Jahrtausende unbewohnbar.
- **Meine Gegenthese:** Nach einer KKW-Grosskatastrophe ist die Lebensdosis der umliegenden Bevölkerung vergleichbar mit der Lebensdosis in Gebieten mit höherer Untergrundstrahlung (z.B. Alpen) - und weniger schlimm als der Feinstaub in Agglomerationen.
- **These:** Wir hinterlassen zukünftigen Generationen radioaktive Abfälle die bis zu einer Million Jahre lang eine grosse Gefahr darstellen.
- **Meine Gegenthese:** Die Gefahr von hochradioaktiven Abfällen, gemessen in Anzahl tödlicher Dosen, ist wesentlich kleiner als diejenige von chemischen Abfällen. Nach einigen 100 Jahren sind sie nur noch mässig toxisch.

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Feedback und Kommentare: w.ruegg@soclair.ch