

Das 10 μSv – Konzept: Gibt es eine ungefährliche Dosis?

2. Informationsforum

zur Stilllegung und zum Abbau des Kernkraftwerks Biblis

am 01.07.2014 in Biblis

Alle Dinge sind Gift
und nichts ohn Gift;
allein die Dosis macht,
daß ein Ding kein Gift ist.

Paracelsus (1493–1541)

Internationales Grenzwertesystem und „de minimis“



Strahlenschutz / Atomrecht	
Grenzwert	Ziel
20.000 μSv	Beruflicher Schutz
1.000 μSv	Bevölkerungsschutz
ca. 10 μSv : „außer Acht lassen“	

Eintritt:
Überschreiten von
Freigrenzen

Entlassung:
Unterschreiten von
Freigabewerten

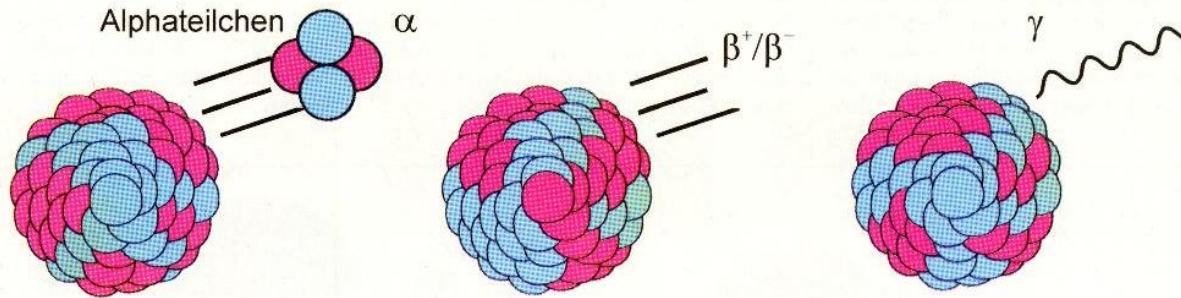
Zum Vergleich:

- ← 30.000 μSv Angiografie
- ← 15.000 μSv Natur Finnland p.a.
- ← 10.000 μSv CT
- ← 4.000 μSv Natur Alpen p.a.
- ← 1.000 μSv Natur Nordsee p.a.
- ← 180 μSv K-40 im Körper p.a.
- ← 100 μSv Flug New York
- ← 50 μSv Röntgen Lunge

Grenzwerte gelten nicht für:

- unberührte Natur
- medizinische Anwendung (Patienten)

Radioaktivität und ionisierende Strahlen



Alphastrahlung

Betastrahlung

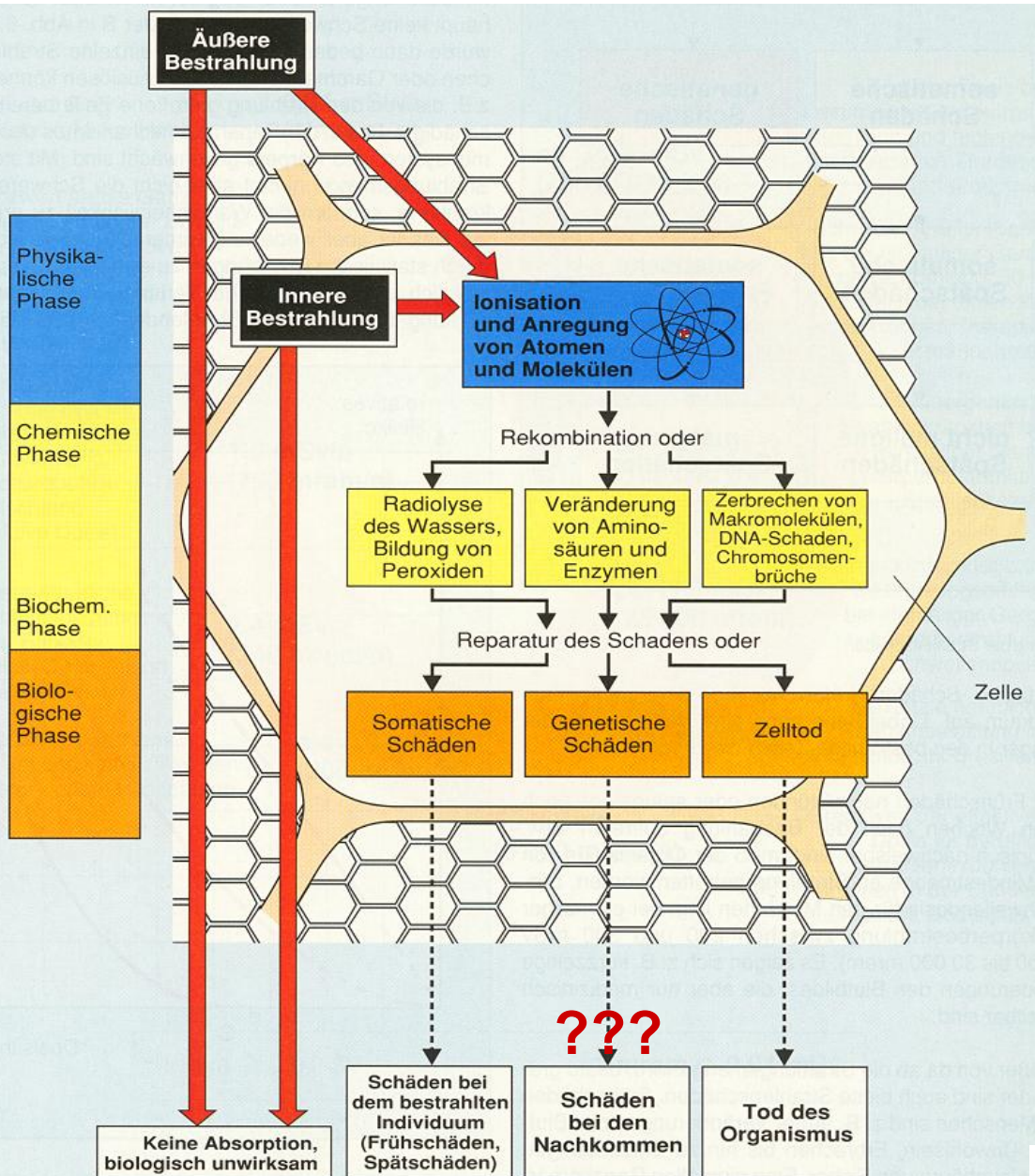
Gammastrahlung

Quelle: BfS

- Radioaktivität ist der spontane Zerfall von Atomkernen
- Führt zur Emission ionisierender Strahlen
- Die Zahl der Zerfälle heißt **Aktivität** und wird in Becquerel gemessen [1 Bq = 1 Zerfall pro Sekunde]
- Ionisierende Strahlen geben Energie an Materie ab
- Die Wirkung der ionisierenden Strahlen heißt **Dosis** und wird in Sievert gemessen [Sv]

- Aktivitätswerte sind meist sehr große Zahlen:
1.000 Bq = 1 kBq, 1.000.000 Bq = 1 MBq, 1.000.000.000 Bq = 1 GBq ...
- Dosiswerte sind meist sehr kleine Zahlen:
1/1.000 Sv = 0,001 Sv = 1 mSv, 1/1.000.000 Sv = 0,000001 Sv = 1 μSv ...

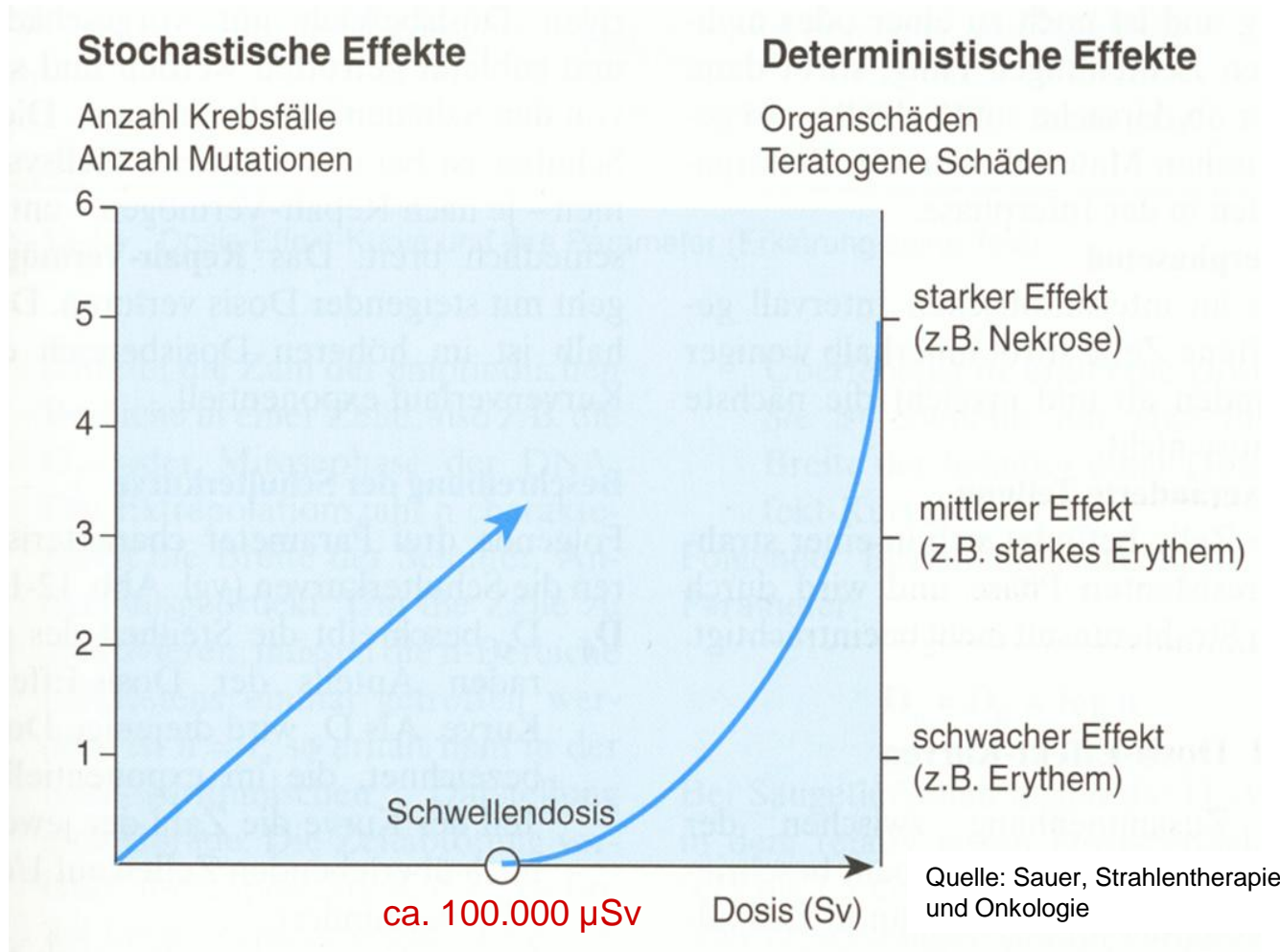
Biologische Wirkung ionisierender Strahlen



Wirkung und Folgen in lebendem Gewebe:

- Energieübertrag, Ionisation
- Direkte **Schädigung** von Biomolekülen
- Bildung von **chemischen Radikalen**
- **Absterben** von Zellen, Organen, Organismus
- DNA – Brüche, Mutationen: **Kanzerogenese**
- Erbschäden ?
→ ICRP103: keine Hinweise

Wirkung ionisierender Strahlen auf den Menschen



Wahrscheinlichkeit für Schaden \propto Dosis

Wirkung verzögert: Krebsentstehung

Schwere des Schadens \propto Dosis

Wirkung schnell: Blutbild, Übelkeit, Nekrosen, Tod

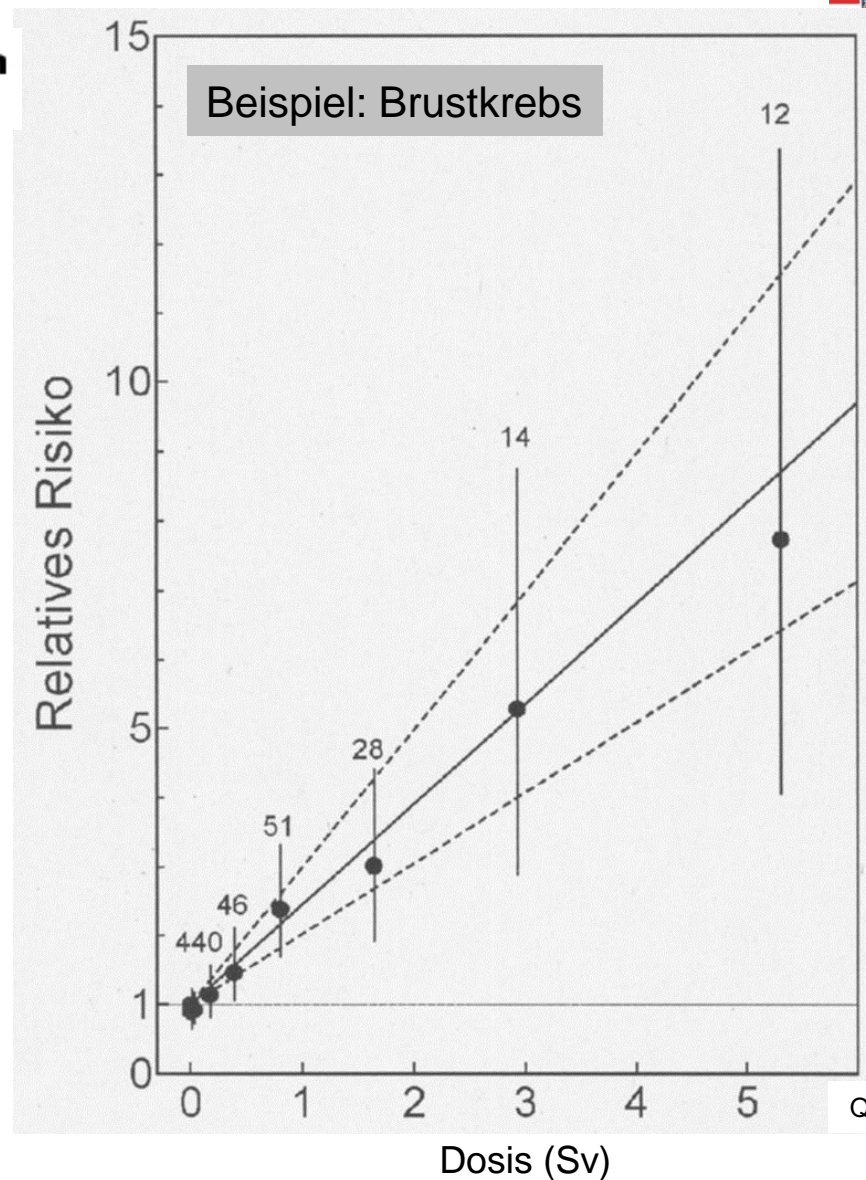
$L_D(50) = 5.000.000 \mu\text{Sv}$

Life Span Study (LSS)

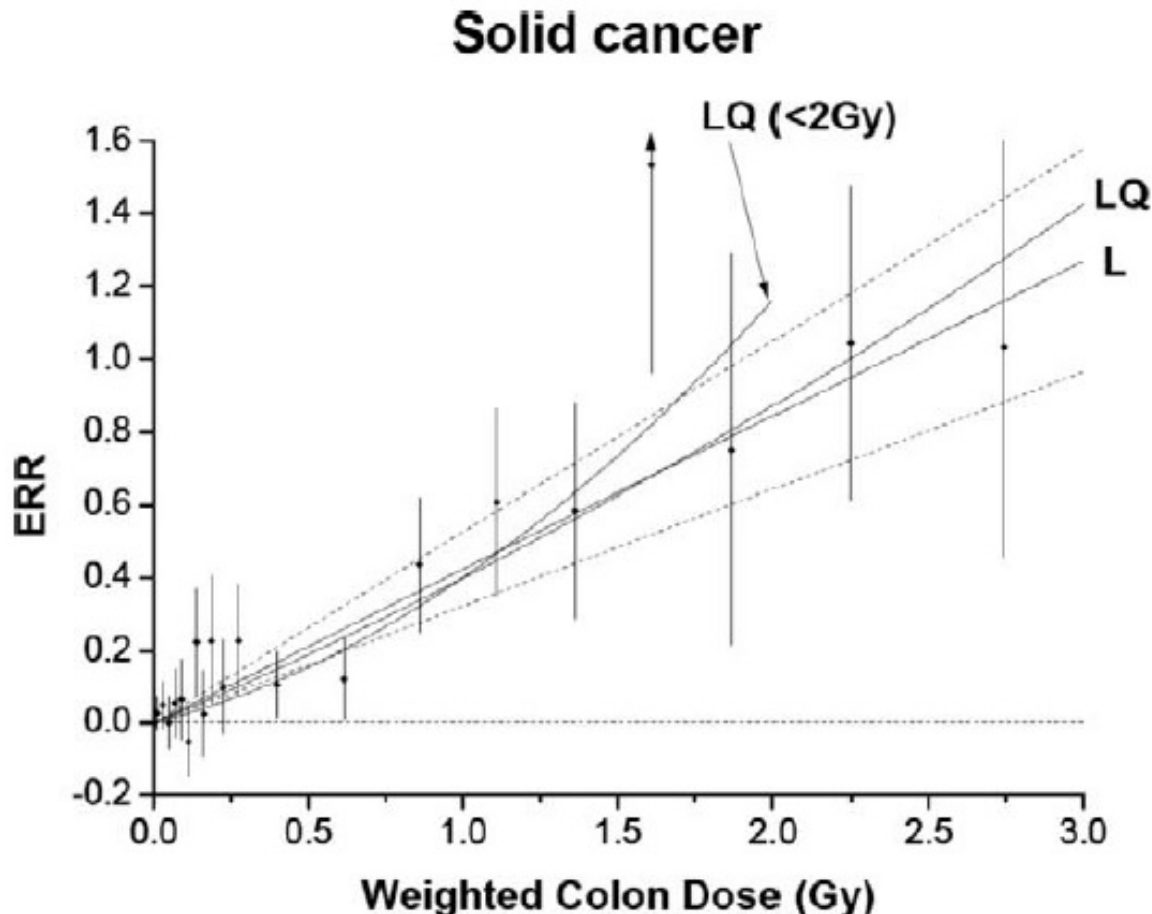
- **Wahrscheinlichkeit**
für Schadenseintritt \propto Dosis
- Verzögerte Effekte:
Mutationen, Kanzerogenese
- kein Schwellwert (?)
- linearer Verlauf (?)

LNT-Modell

- Beste Beschreibung der Daten
- Liefert Dosis-Risikoeffizienten:
ca. 5 % Risiko pro Sv
für die effektive Dosis bei
Ganzkörperexposition



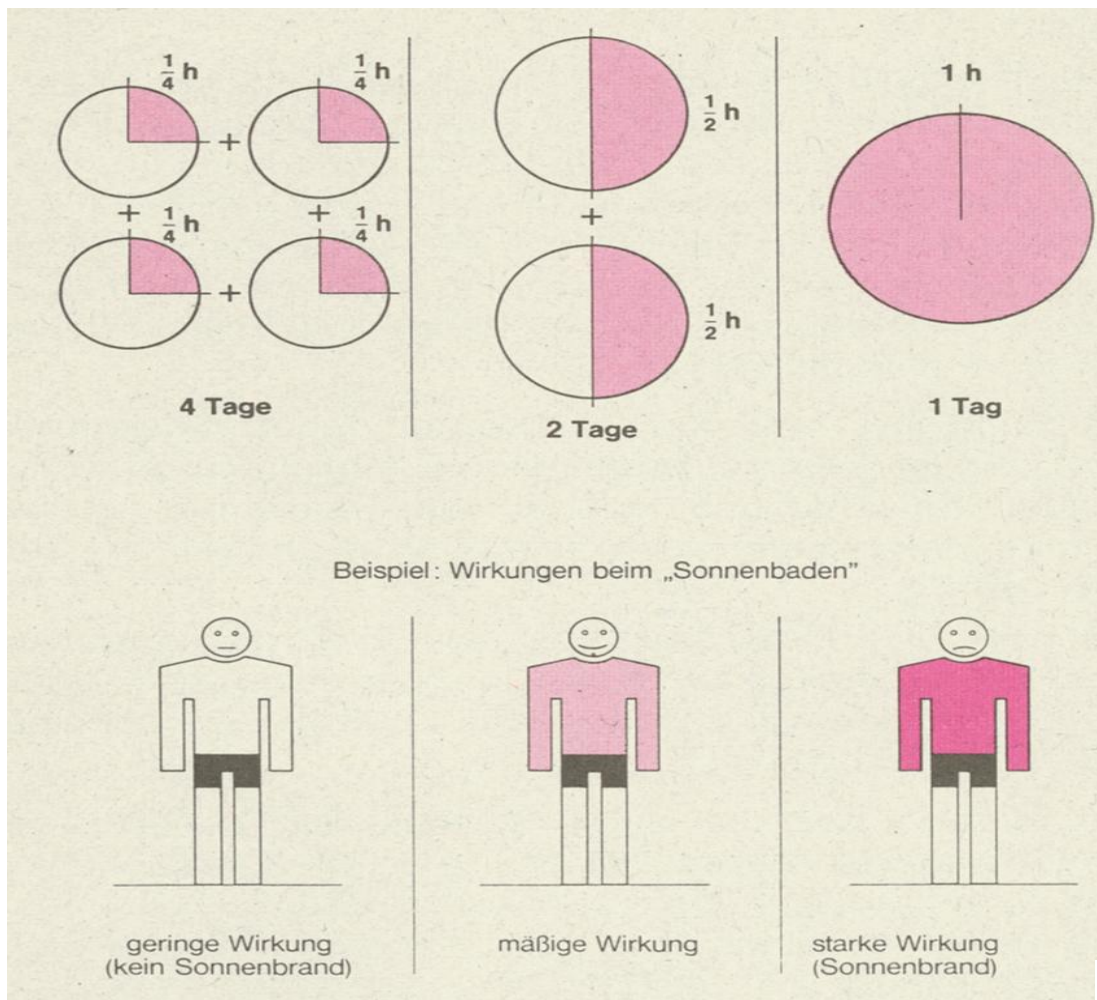
Life Span Study (LSS)



Quelle: Osaza et al;
Rad. Research 177 (2012)

FIG. 4. Excess relative risk (ERR) for all solid cancer in relation to radiation exposure. The black circles represent ERR and 95% CI for the dose categories, together with trend estimates based on linear (L) with 95% CI (dotted lines) and linear-quadratic (LQ) models using the full dose range, and LQ model for the data restricted to dose <2 Gy.

Stochastische Effekte – offene Fragen



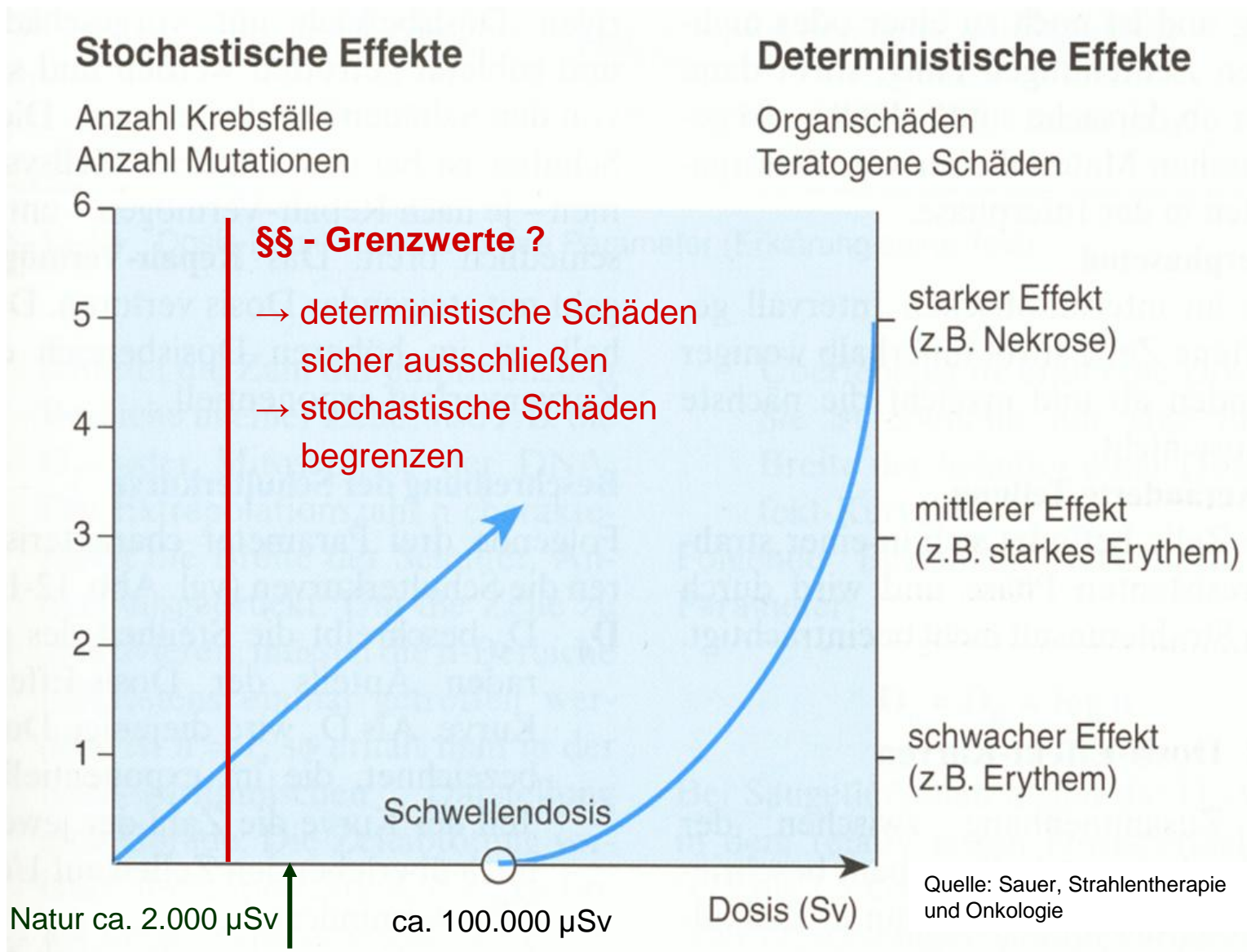
- Dosisprotahierung?
- Hohe / niedrige Dosis und Dosisleistung?
- Genetische Aspekte?
- Adaptive response?
- Hormesis?
- Bystander effect?
- Lineare oder quadratische Dosis-Wirkungsbeziehung?
- Schwellenwerte?
- LNT?
- ...?

Quelle: BfS

Praktischer Strahlenschutz

Life Span Study,
Dosis-Risikoeffizienten

Wie hoch dürfen Grenzwerte sein?



Vergleichende Risikobetrachtungen



Ziel: Harmonisierter Schutz vor schädlichen Wirkungen verschiedener Noxen

Grundlage: Risikobetrachtungen und -vergleiche für Einzelpersonen;

“**detriment**” = Wahrscheinlichkeit für Mortalität oder schwere Erkrankung:

- Detriment $< 1/1.000.000$ pro Jahr ist **unerheblich**, allgemeines Lebensrisiko
- Zivilisatorische Risiken typisch $1/10.000$ pro Jahr
- Berufliche Risiken typisch $1/1.000$ pro Jahr

Ionisierende Strahlung: Effektive Dosis **1 Sv** entspricht Risiko von **ca. 5%**;
d.h. Detriment $5/100$ entspricht $1.000.000 \mu\text{Sv}$.

- Detriment $1/1.000.000$ pro Jahr entspricht ca. **20 μSv** im Jahr
→ unerheblich, allgemeines Lebensrisiko: „*de minimis non curat lex*“
- Detriment $1/10.000$ pro Jahr entspricht ca. **2.000 μSv** im Jahr
→ Schutz Bevölkerung
- Detriment $1/1.000$ pro Jahr entspricht ca. **20.000 μSv** im Jahr
→ Schutz beruflich exponierter Personen

Internationales Strahlenschutzrecht

Strahlenschutz / Atomrecht		
Grenzwert	Ziel	Strahlenschutzregelungen
20.000 μSv	Beruflicher Schutz	Einhaltung Grenzwerte Rechtfertigung Optimierung „ALARA“
1.000 μSv	Bevölkerungsschutz	
ca. 10 μSv : Freigrenzen und Freigabewerte		

Eintritt



Bei Unterschreiten: „*de minimis non curat lex*“

- Allgemeines Lebensrisiko, unerheblich, außer Acht lassen können
- kein radioaktiver Stoff im Sinne des Atomrechts
- keine Anwendung von Strahlenschutzregelungen

Entlassung



Sind 10 μSv eine ungefährliche Dosis?

- **Strahlenschutzrecht:** ca. 10 μSv pro Jahr sind „unerheblich“, „allgemeines Lebensrisiko“, können „außer Acht gelassen werden“

- **Vergleich 1: Zigarettenrauch**



Ursache: **Po-210** (Radonfolgeprodukt), setzt sich auf Tabakblättern ab

Wirkung: alpha-Strahler; 4,6 $\mu\text{Sv}/\text{Bq}$ bei Inhalation; ca. 1 μSv pro Zigarette

Folge: 10 μSv durch Rauchen von 10 Zigaretten

1 Packung am Tag entspricht ca. 7.000 μSv pro Jahr

Passivraucher: ca. 1%; Kleinkind 4,2mal empfindlicher: ca. 300 μSv pro Jahr

- **Vergleich 2: Bananen**



Ursache: natürliches **K-40**, ca. 15 Bq pro Banane

Wirkung: beta- und gamma-Strahler; 0,0062 $\mu\text{Sv}/\text{Bq}$ bei Ingestion, d.h. 0,093 μSv pro Banane

Folge: 10 μSv durch Verzehr von 110 Bananen