

Biologische Strahlenwirkung

und

„Rechtliche Folgen“

Dr. K. von Pückler
Dip.ECVDI

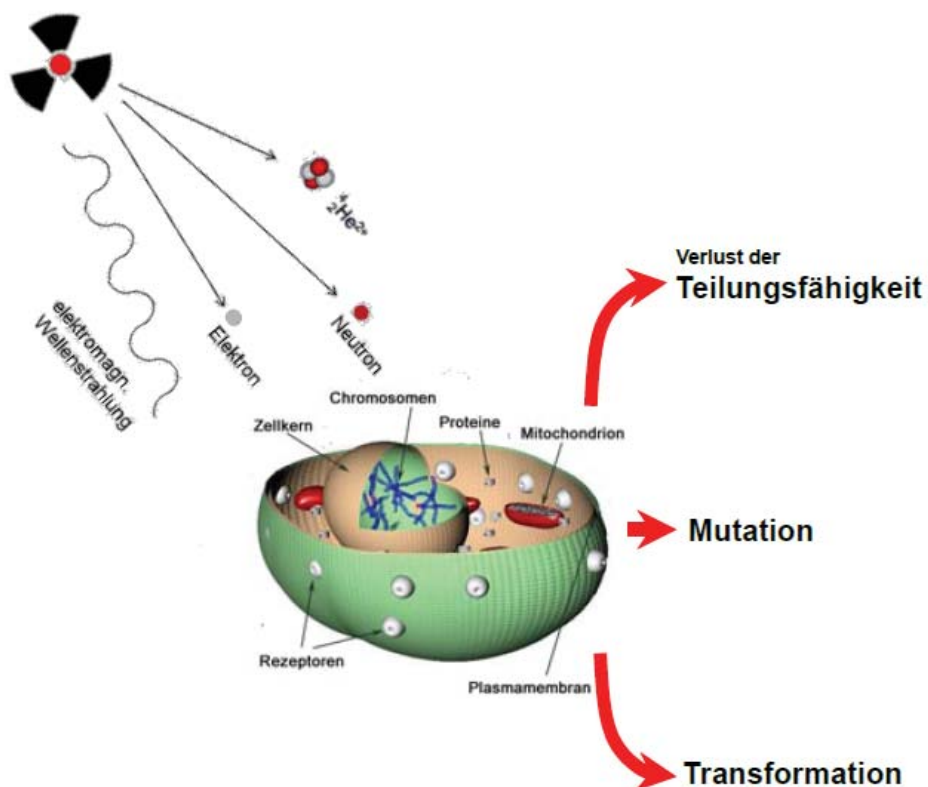
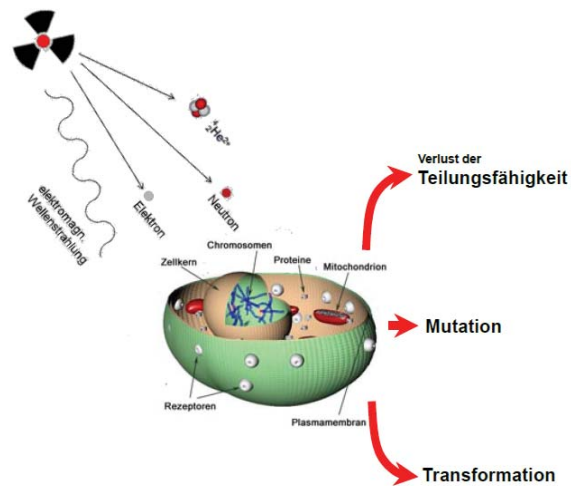
A. Hartmann, M. Kramer, M. Müller, J. Kiefer
Clinic for Small Animals
Prof. Dr. Dr. h.c. M. Kramer
Justus-Liebig-University Giessen

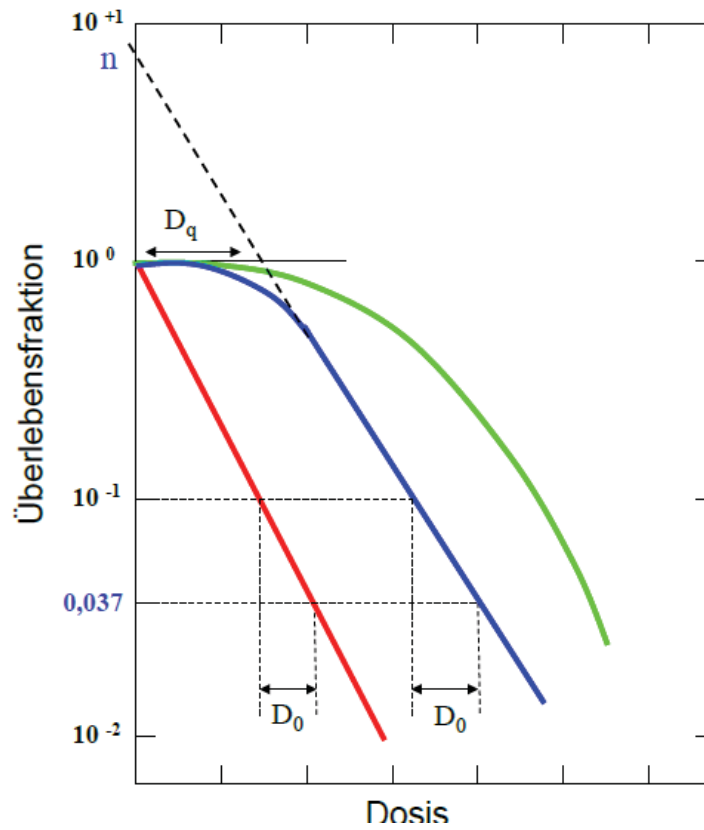


Biologische Strahlenwirkung

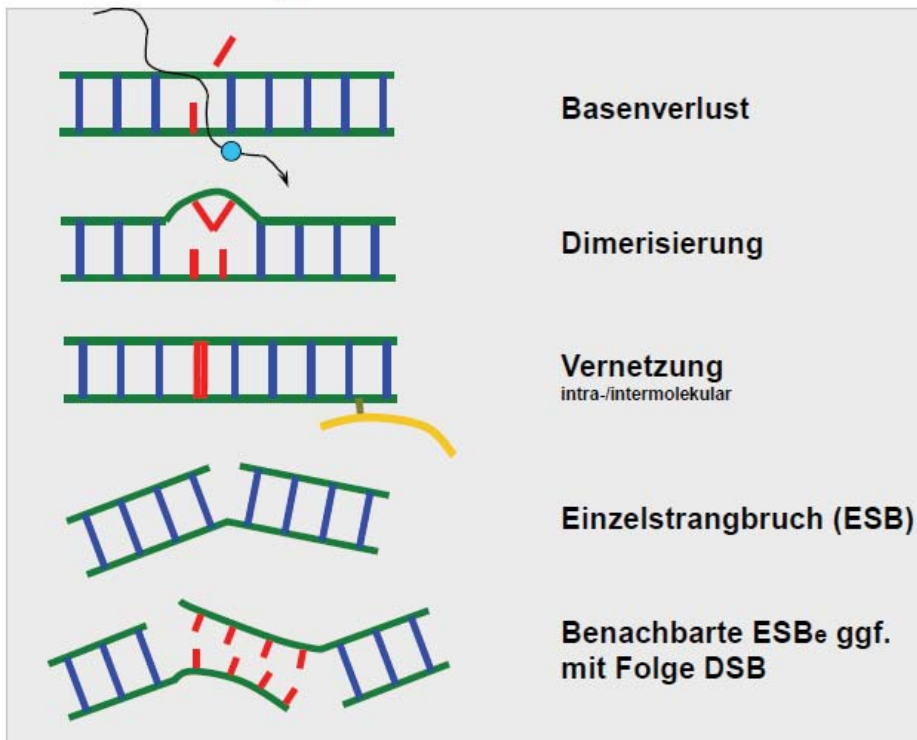
- Zelluläre und molekulare Strahlenbiologie
- Akute Wirkungen und Strahlensyndrom
- Langzeiteffekte, genetisches Risiko und Krebs
- Risikoabschätzung und deren Grundlagen

- Zelluläre Wirkung
- Subzelluläre Wirkung
- Modifikation
- Strahlenqualität

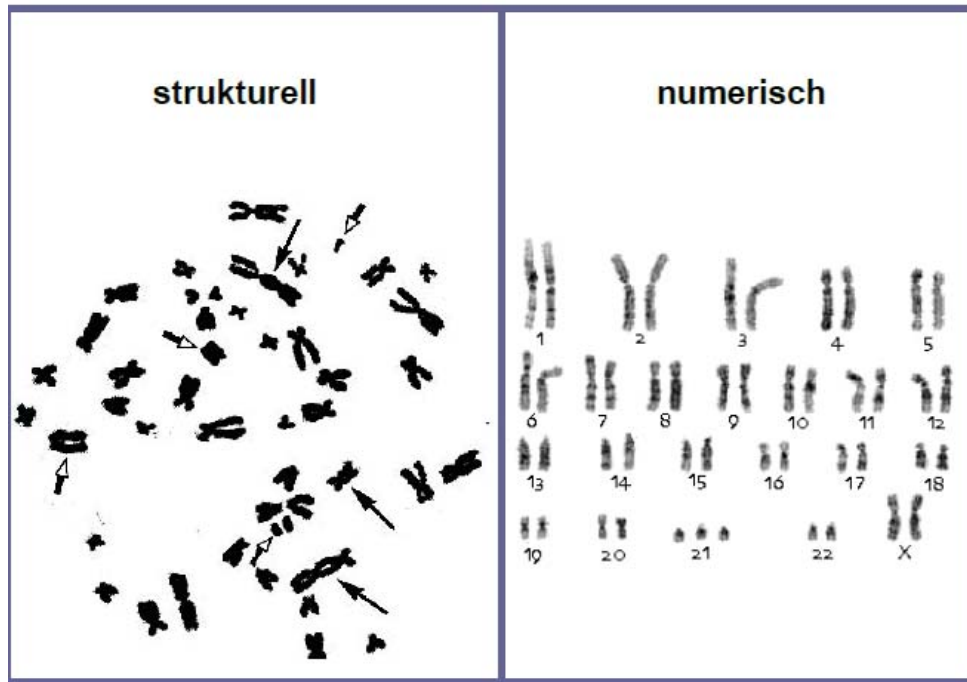




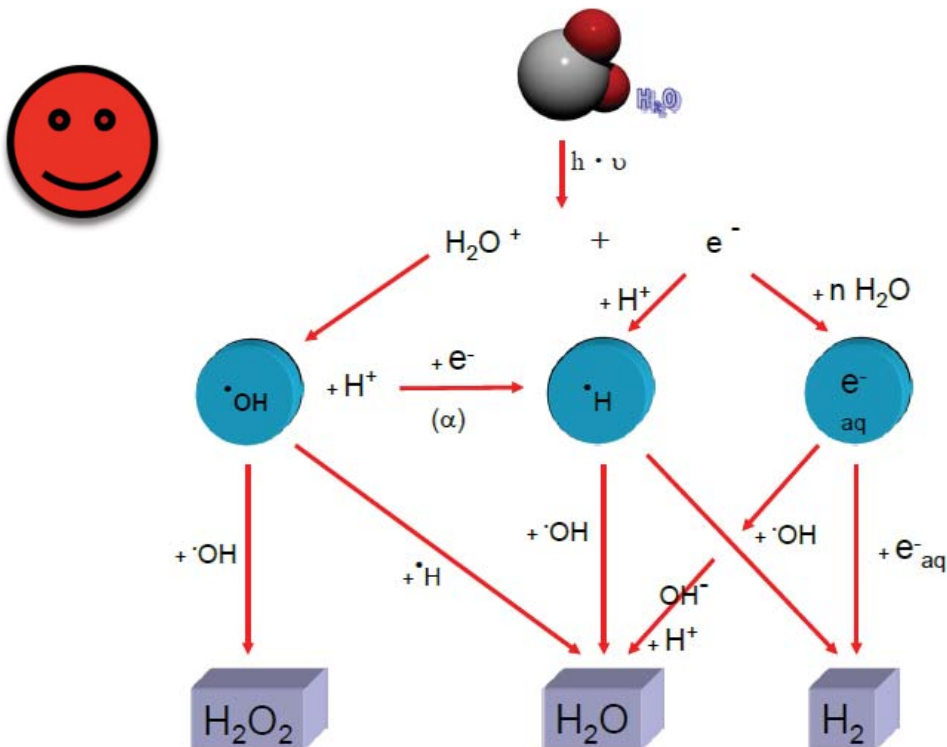
Typische DNA-Schäden



Chromosomale Aberrationen

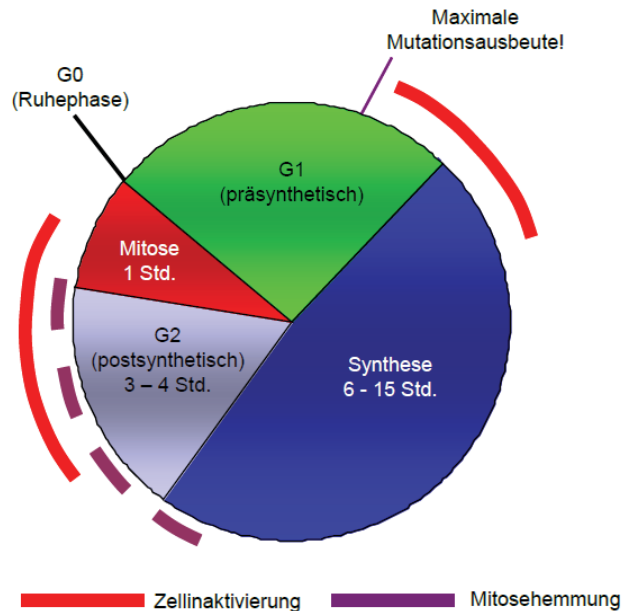


„Strahlenchemie“





- Zellzyklus
- Sensibilisierung
- Reparatur



Schutz durch...



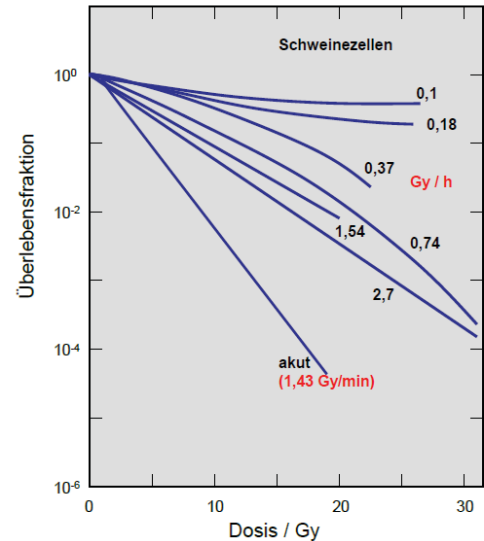
- Radikalfänger: Reduktion des indirekten Effekts (z.B. Alkohole)
- SH-Substanzen: Elektronendonatoren
- 2/3 indirekte Strahlenwirkung



Reparatur durch...



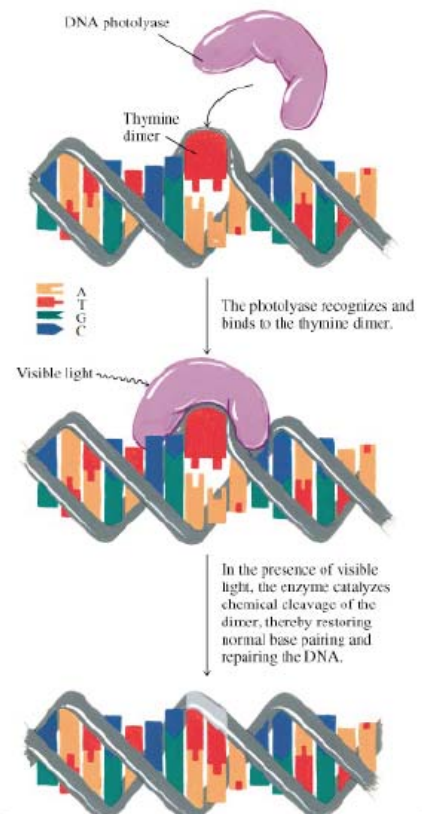
- Zelluläre Effekte
- Erholung bei zeitlicher Veränderung der Bestrahlung
- Erholung von potentiell letalen Schäden
- **Fraktionierung**
- Variation der Dosisleistung



Reparaturprozesse



- Photoreaktivierung
- Exzision
- Postreplikationsreparatur
- Induzierte Reparatur
- Strangbruchreparatur



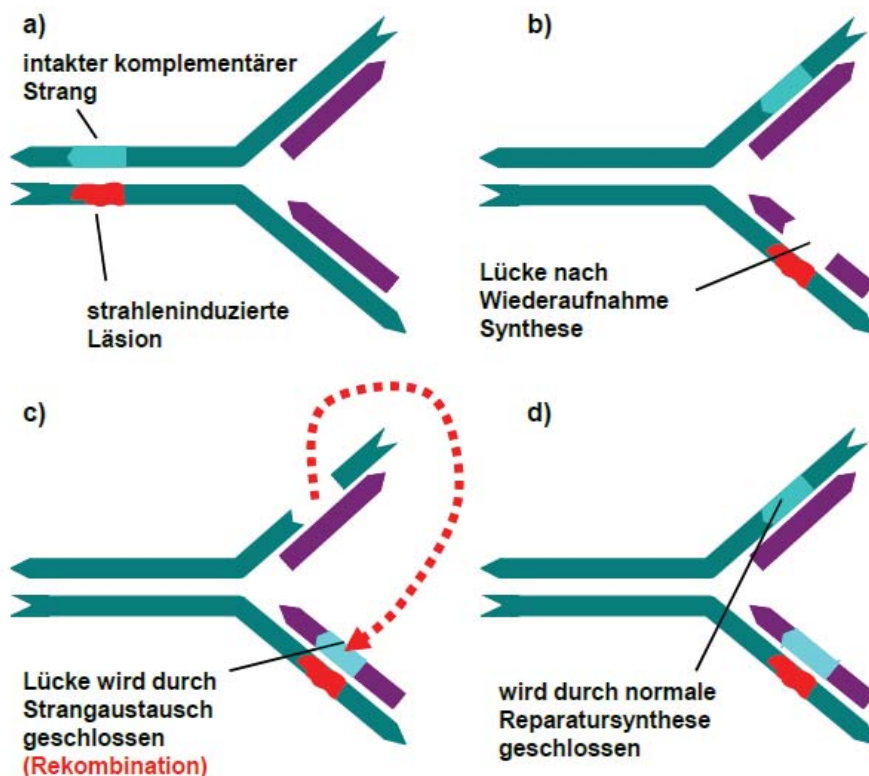
- Voraussetzung:

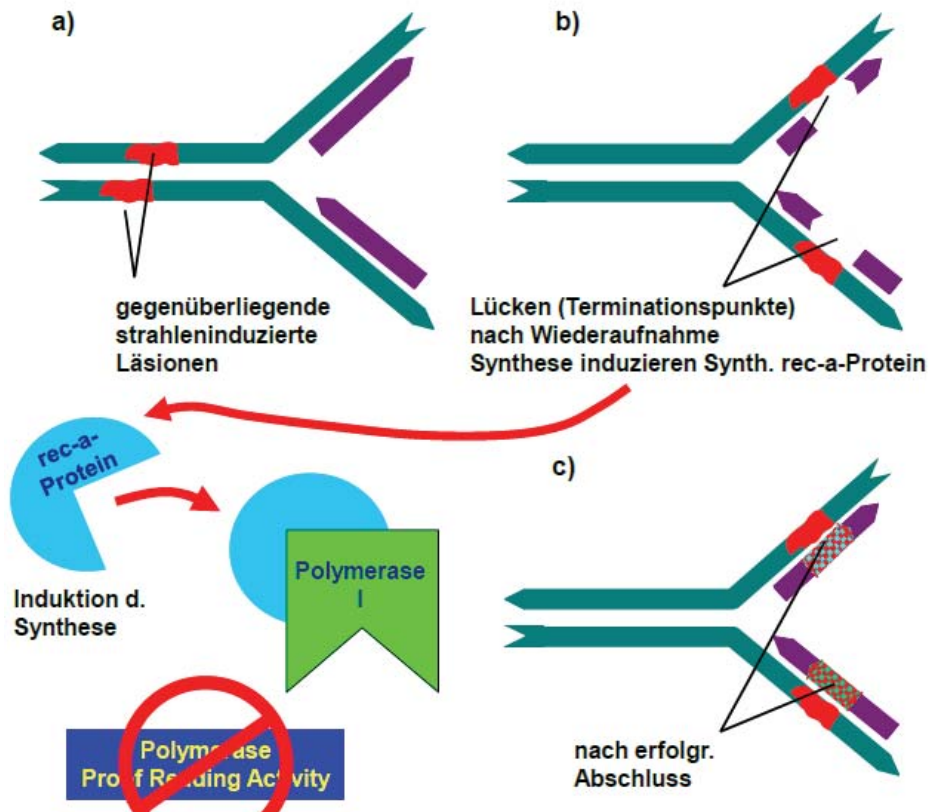
Intakter zweiter DNS-Strang als Matrize

Muss vor normaler Synthese abgeschlossen werden

Ansonsten wird der Schaden repliziert und damit fixiert

Postreplikation





DNS Schäden

- Einzelstrangbrüche
- Doppelstrangbrüche: häufig „Fehler“ in der Folge, möglicherweise letal
- Reparatur: Exonukleasen zur Bearbeitung der Bruch-Enden
- Rekombination mit homologem Chromosom
- Keine Reparatur möglich: Apoptose



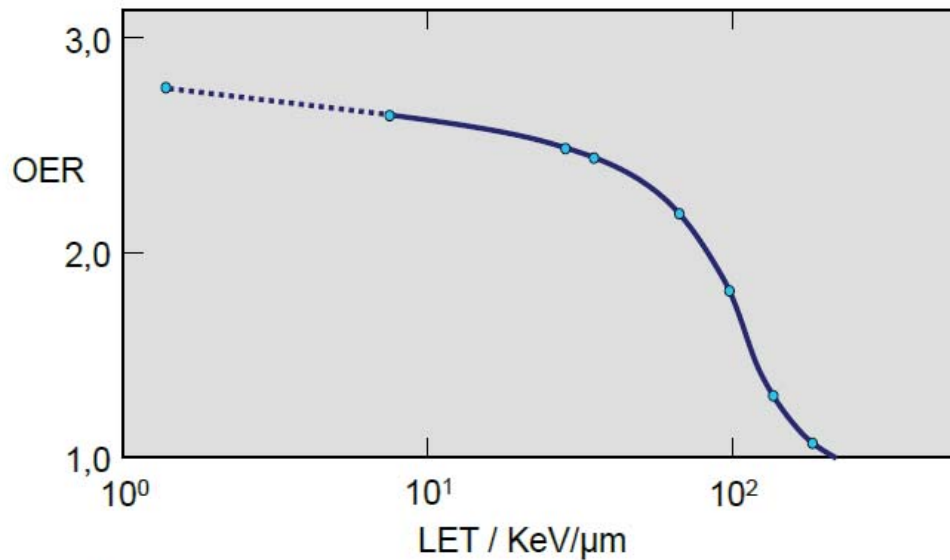
- Strahlenqualität
- Unterschiedliche biologische Wirksamkeit von Strahlenarten
- Energiedeposition
- Unterschiede in Reparatur
- Spektrum der Sekundärstrahlung



- Lineare Energie Übertragung pro Längeneinheit entlang des „Weges“
- Röntgen: $1\text{keV}/\mu\text{m}$ (gering ionisierend)
- Alpha Teilchen: $100\text{keV}/\mu\text{m}$ (dicht ionisierend)
- Bei gleicher Dosis mehr Schaden durch dicht ionisierende Strahlung
- Aber: cave Eindringtiefe!



- Sauerstoff sensibilisiert Zelle
- 2 bis 3fach bei Röntgenstrahlen



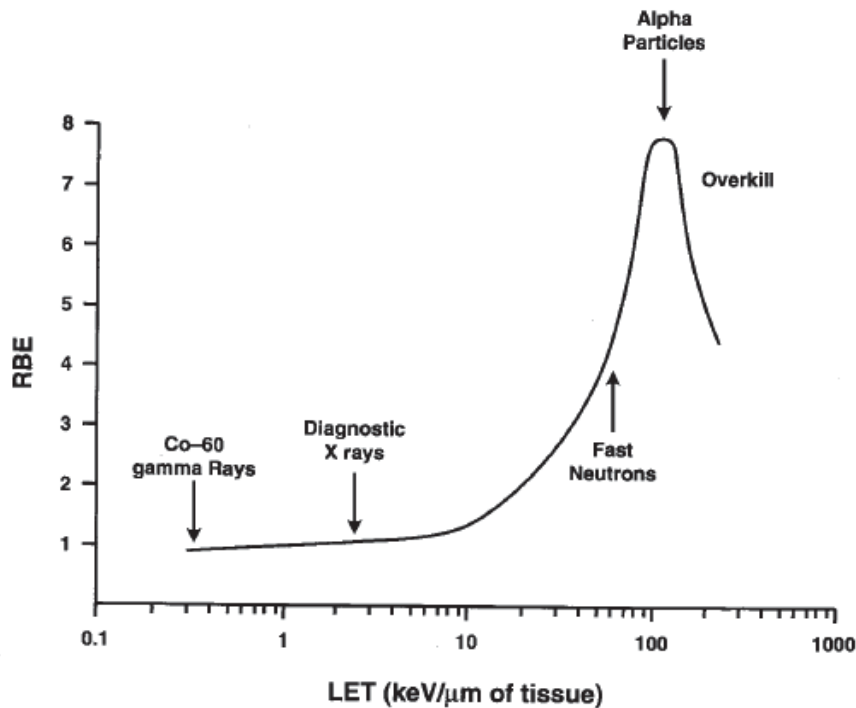
Huda (2010)

Relative Biologische Wirksamkeit



- Relative Wirksamkeit einer Strahlenart im Vergleich zur Referenz:
- **250keV** Röntgenstrahlung
- Vergleich Überlebensfraktion versus Dosis (Gy)

Huda (2010)



Bushberg (2002) & Huda (2010)

Dosisbegriffe



- Äquivalentdosis (H)
- Wichtung der StrahlungsART
- Produkt aus absorbiertes Dosis und Wichtungsfaktor W_r in Sievert (Sv)

	W_r
Röntgen- und gamma-Strahlen	1
Beta-Strahlung	1
Neutronen	5-20
Alpha-Strahlung	20

Huda (2010) & Bushberg (2002)



- Effektive Dosis
- Wichtung der Organ-Empfindlichkeit
- Produkt aus Äquivalentdosis (H) und Organ-Wichtungsfaktor w in Sievert (Sv)

Organ	Wichtungsfaktor
Knochenmark, Colon, Lunge, Brust	0.12
Gonaden	0.08
Blase, Ösophagus, Leber, Schilddrüse	0.04
Kortikalis, Haut, Gehirn	0.01

Huda (2010) & Bushberg (2002)

Strahlenbelastung Personal



- Streustrahlung

Untersuchung	Air Kerma in 1m Entfernung
Thoraxröntgen	0.1mGy
Kopfröntgen	1.5mGy
Abdomenröntgen	3mGy
CT Untersuchung	30mGy
Durchleuchtung (1min)	20mGy

Huda (2010)

- LD₅₀ bei jungen gesunden Menschen: 3-4Gy

Dosis	Folge
100Gy Ganzkörper	Tod durch cerebrovaskuläres Syndrom in 1-2 Tagen
10Gy Ganzkörper	Tod durch gastrointestinales Syndrom in 5-10 Tagen
2-5Gy Ganzkörper	Hämatopoietisches Syndrom



Huda (2010) & Zeit.de

Deterministische Effekte

- Deterministische Effekte haben Schwellenwerte
- Überschreiten der Schwelle ist deren Eintritt möglich
- **Die Ausprägung steigt mit der Dosis**
- 2Gy als genereller Schwellenwert



Dosis	Folge
2Gy	Erythem
3-5Gy	Vorübergehender Haarverlust
7Gy	Dauerhafter Haarverlust
10Gy	Desquamation

Huda (2010)

Deterministische Effekte



MTA-R.de & dupuytren-patienteninfo.d

Deterministische Effekte



Dosis	Folge
2Gy	Akute Katarakt (besonders Neutronenstrahlung!)
5Gy	Chronische Katarakt
2Gy	Dauerhafte Sterilität Frau
6Gy	Dauerhafte Sterilität Mann



Huda (2010)



*Figure 4:
Typical professional
radiodermatitis of the hand of a
former radiology technician;
note the nail alteration and the
hyperkeratotic aspects.
© 2010*



Stochastische Effekte

- Haben keine Schwellenwerte
- Eintritt jederzeit möglich
- Wahrscheinlichkeit steigt mit der Dosis
- Abhängig von Geschlecht, Alter
- Karzinogenese
- Beispiele:
 - Medizinische Bestrahlung
 - Mienenarbeiter (Uran)
 - Ärzte/ Tierärzte

Lebenszeit Dosis: max. 400mSv



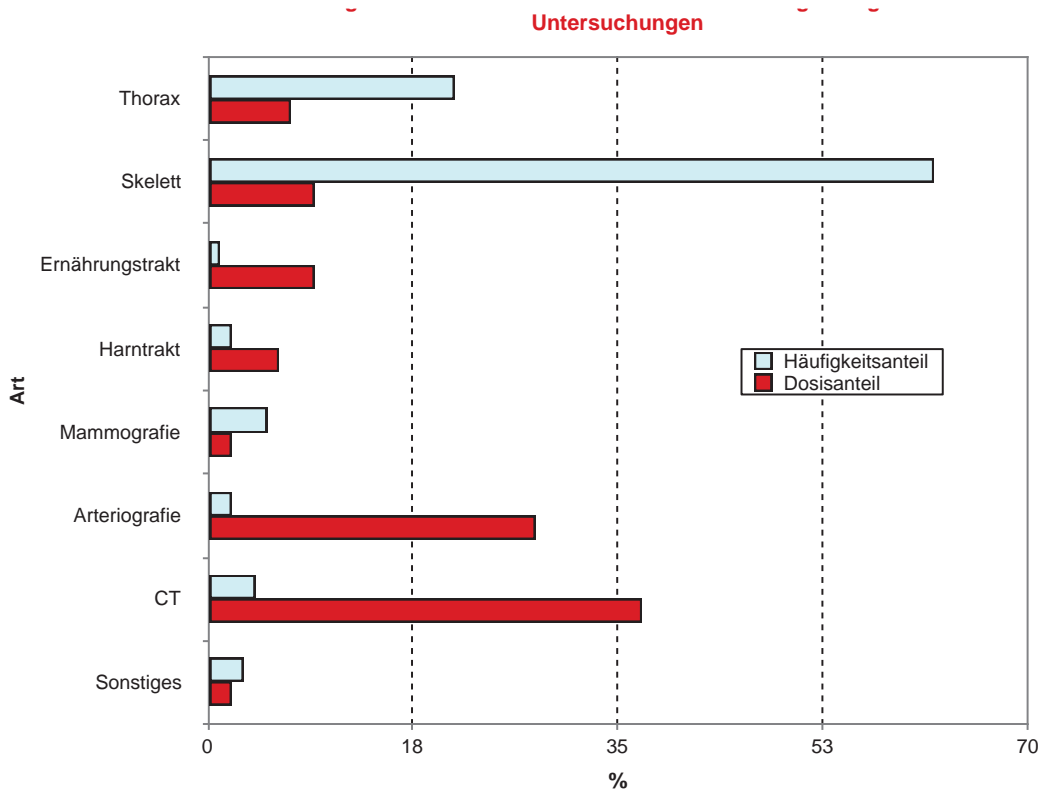
Minderjährige:

Effektive Dosis < 1mSv/ Jahr

Augenlinse 15mSv

Haut 50 mSv

Es sei denn: Ausbildungsziel erfordert es



Wachsam bleiben

