

# **Biologische Wirkung ionisierender Strahlung**

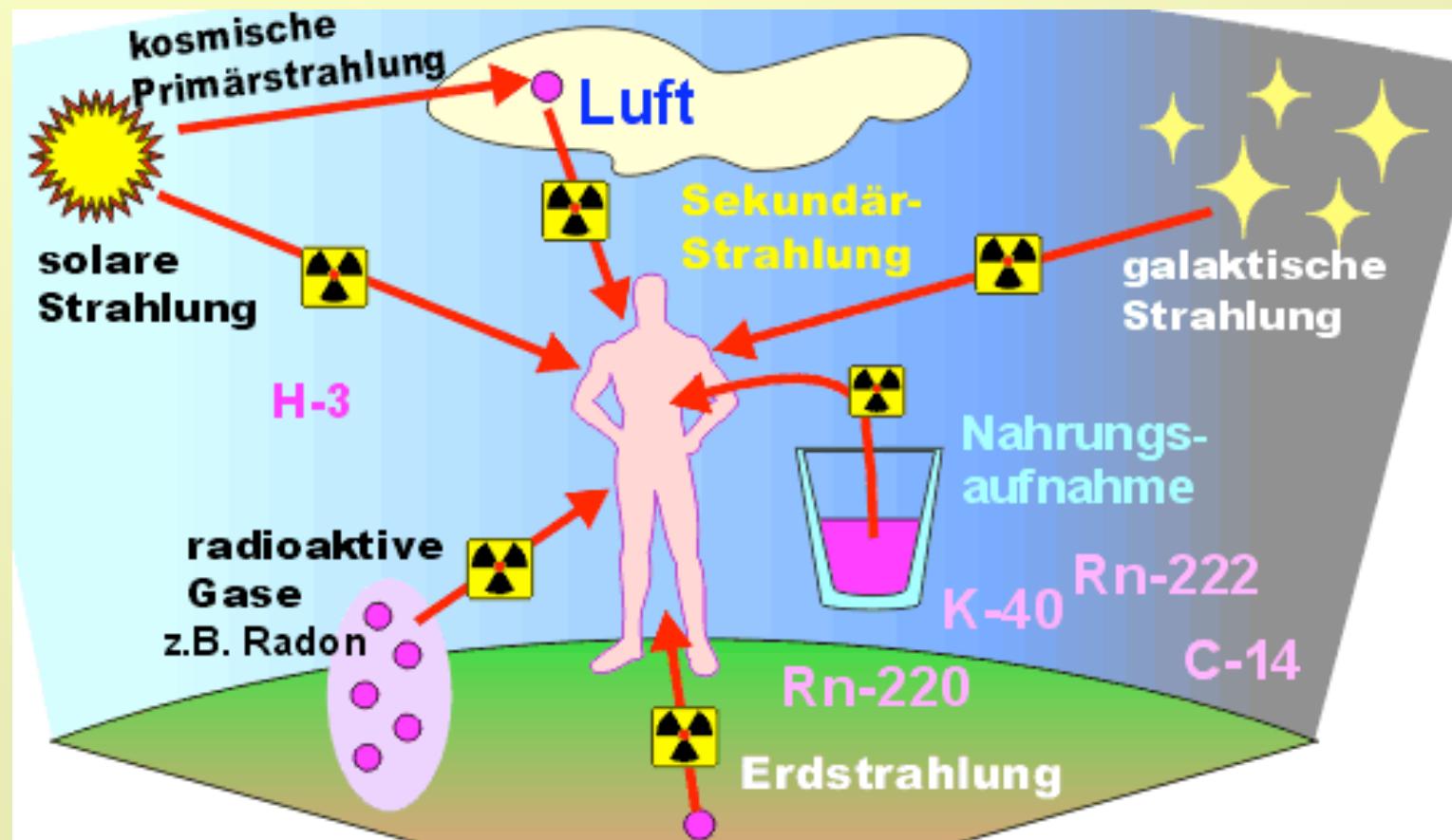
Bettina Dannheim

Remlingen, 2. September 08

# **Biologische Wirkung ionisierender Strahlung**

- Natürliche und zivilisatorische Strahlenbelastung
- Biologische Wirkung ionisierender Strahlung
- Strahlenarten (Alpha, Beta, Gamma)
- Grenzwerte
- Strahlenwirkung auf den Menschen

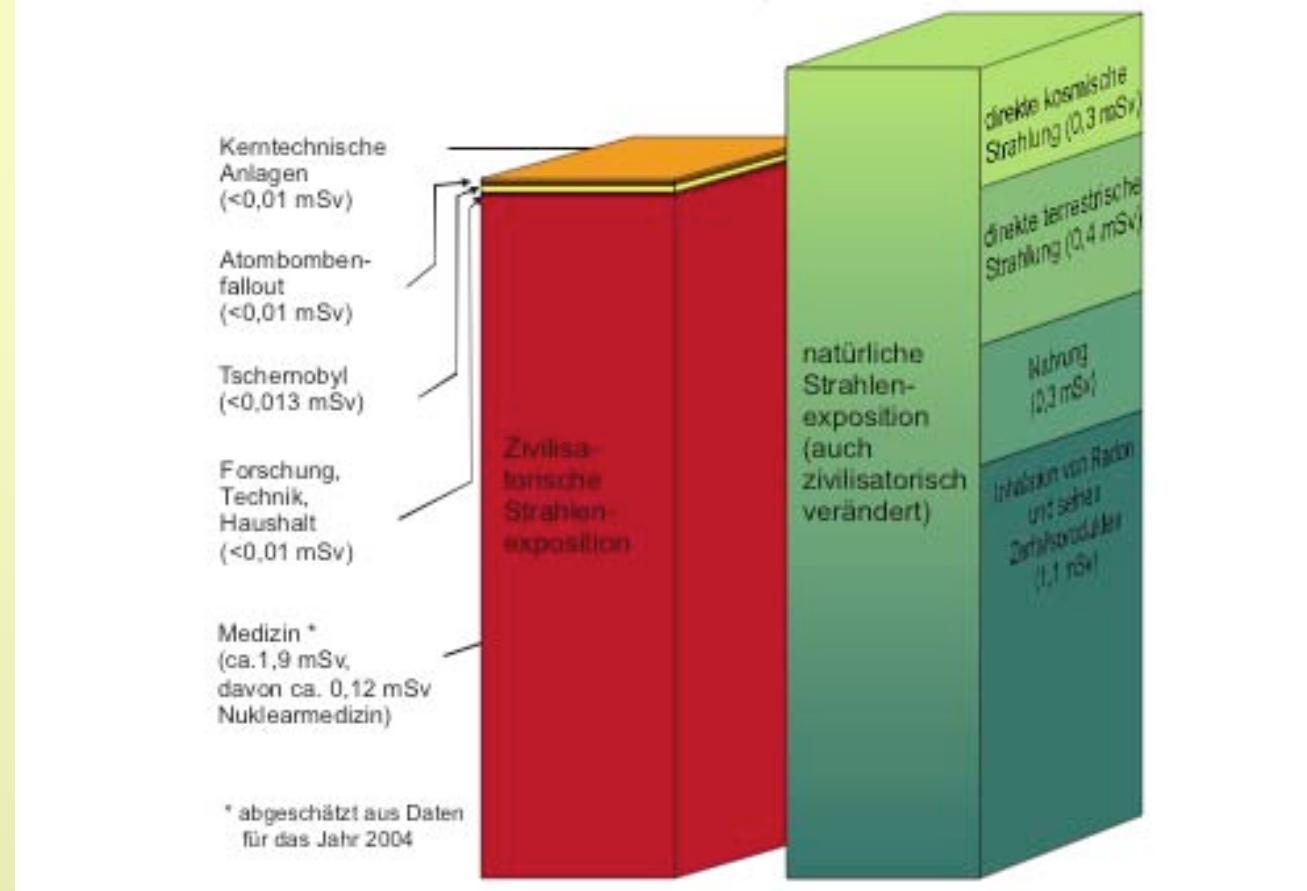
# Natürliche Strahlenbelastung



Remlingen, 2. September 08

Abbildung 1

Mittlere effektive Jahresdosis durch ionisierende Strahlung im Jahr 2006  
(Gemittelt über die Bevölkerung Deutschlands)



Quelle: Bundesumweltministerium

Remlingen, 2. September 08

# Natürliche Strahlenbelastung

- Direkte kosmische Strahlung (0,3 mSv)
- Direkte terrestrische Strahlung (0,4 mSv)
- Nahrung (0,3 mSv)
- Inhalation (1,1 mSv)

**Mittlere effektive Jahresdosis: 2,1 mSv**

# Zivilisatorische Strahlenbelastung

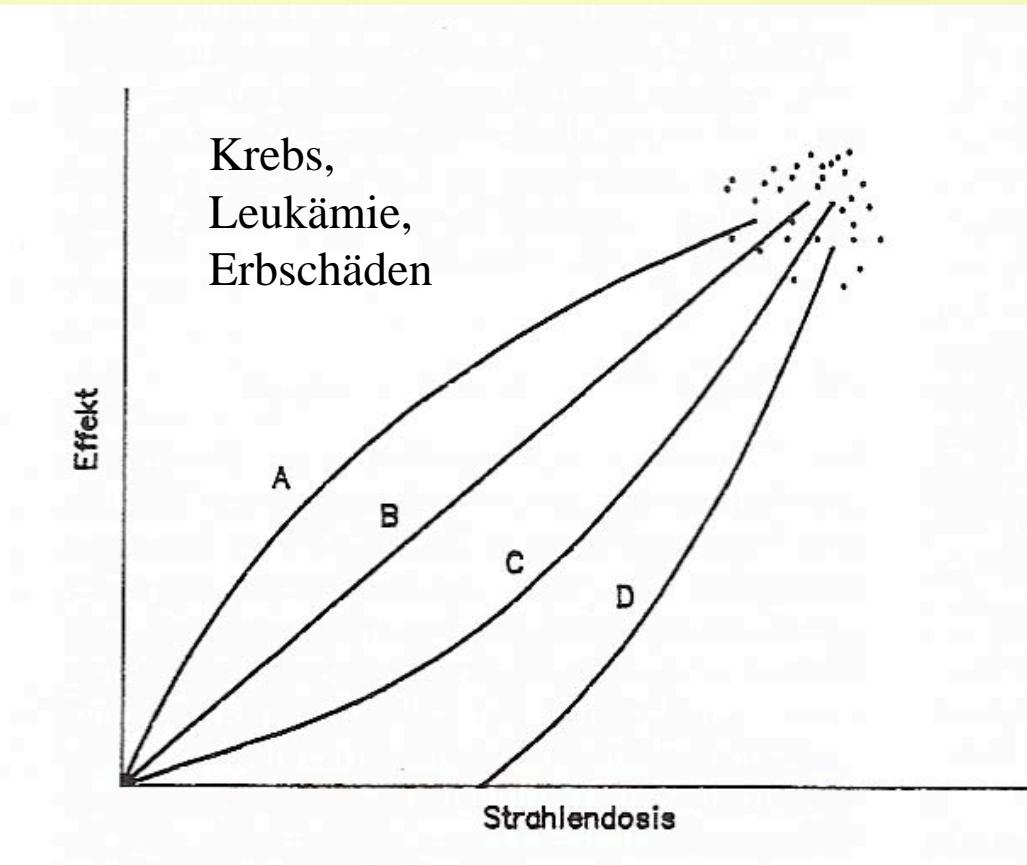
- Medizin (1,9 mSv)
- Atombombenfallout (0,01 mSv)
- Atomanlagen (0,01 mSv)
- Tschernobyl (0,015 mSv)
- Forschung, Technik (0,01 mSv)

**Mittlere effektive Jahresdosis: 1,95 mSv**

# Strahlenwirkung

In der Wirkung ionisierender Strahlung besteht kein Unterschied zwischen natürlicher oder zivilisatorischer Strahlung.

# Strahlenwirkung



## Dosiswirkungskurven

A: Supralinear

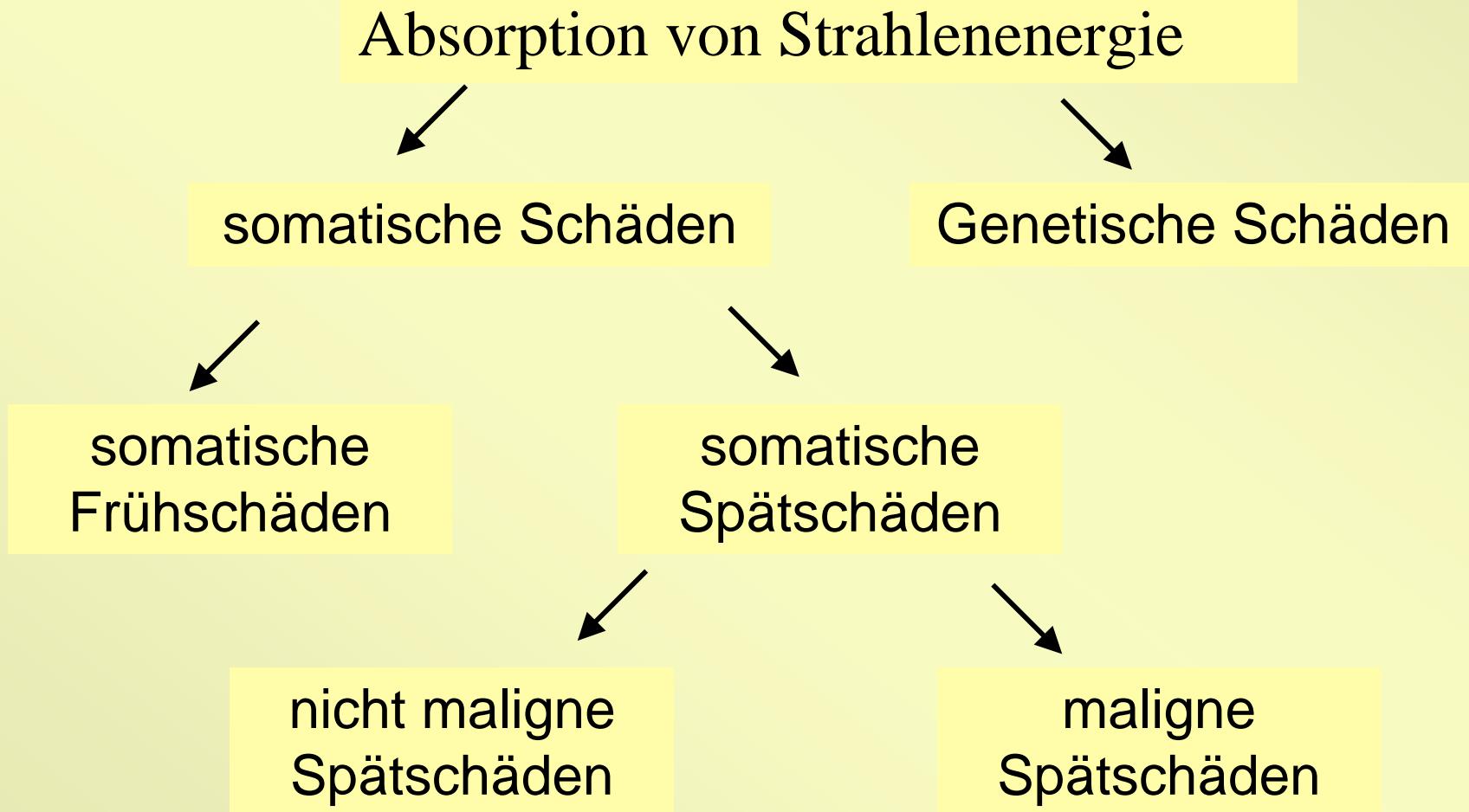
B: Linear

C: Linear-Quadratisch

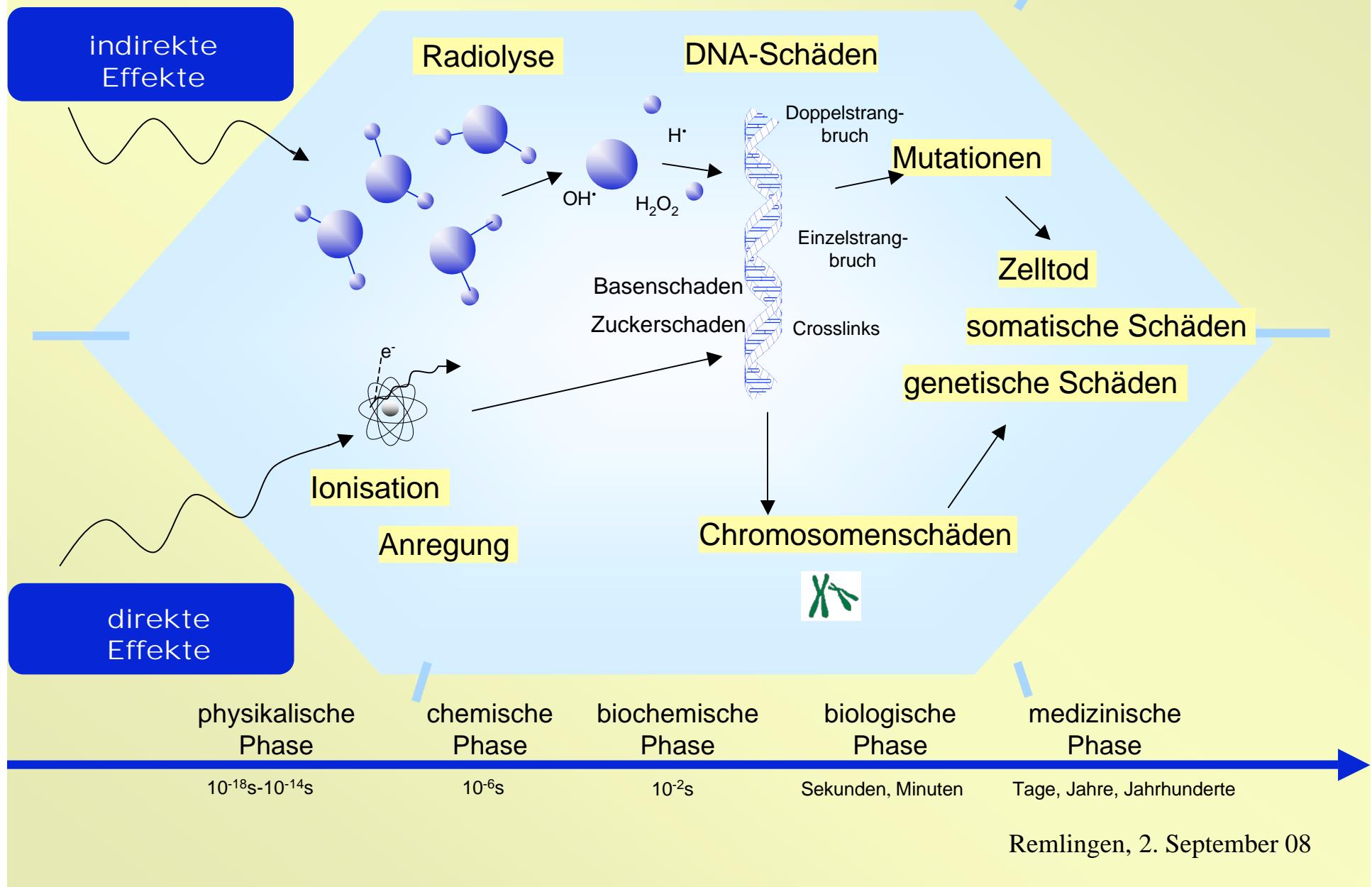
D: mit Schwelle

Keine Dosisschwelle

# Strahlenschäden



# Strahlenbiologische Wirkungskette



# Radioaktivität

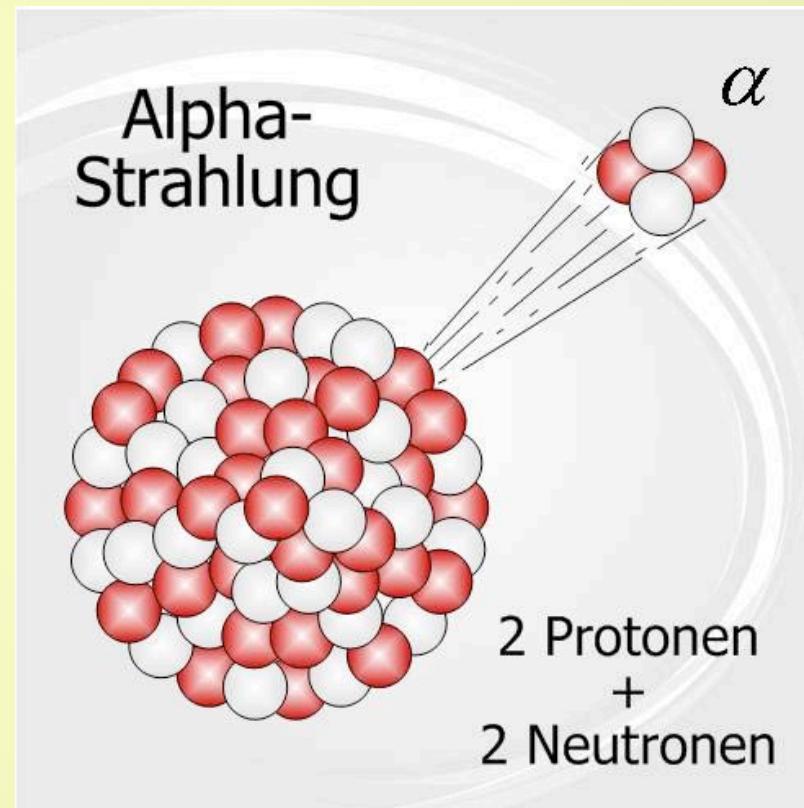
Als Radioaktivität wird eine Eigenschaft bestimmter Atomkerne (Radionuklide) bezeichnet, die sich ohne äußere Einwirkung von selbst in andere Kerne umwandeln und dabei energetische Strahlung aussenden. Im Ergebnis entstehen stabile Atomkerne, die nicht mehr radioaktiv sind.

# Arten ionisierender Strahlung

- Alphastrahlung
- Betastrahlung
- Gammastrahlung
- Röntgenstrahlung
- Neutronen

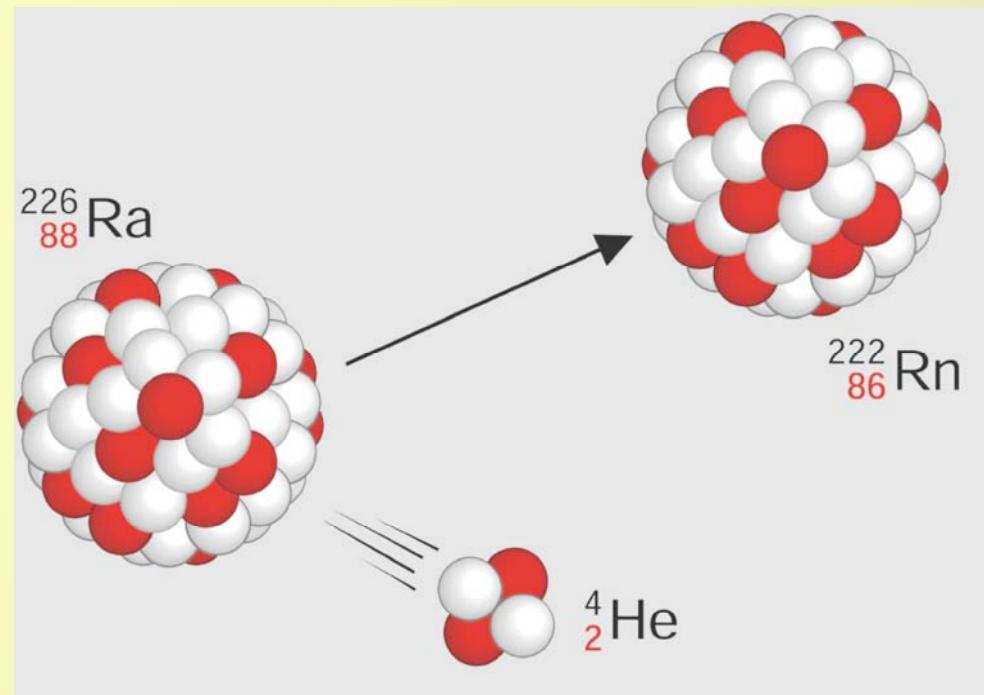
# Alphastrahlung

.....entsteht beim radioaktiven Zerfall von Atomkernen als Kern des Elements Helium. Alphateilchen werden bereits durch wenige Zentimeter Luft absorbiert und können weder ein Blatt Papier noch die Haut des Menschen durchdringen.



# Beispiele für Alpha-Strahler

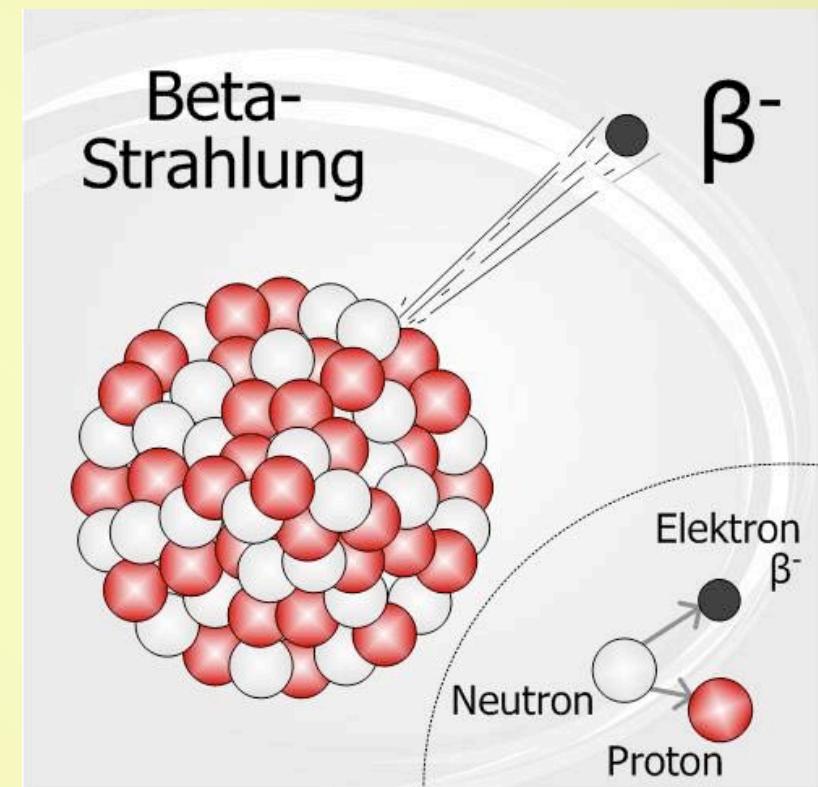
- Uran-233, -234, -235
- Plutonium-238, -239
- Americium-241
- Radium-226,
- Radon-222



# Betastrahlung

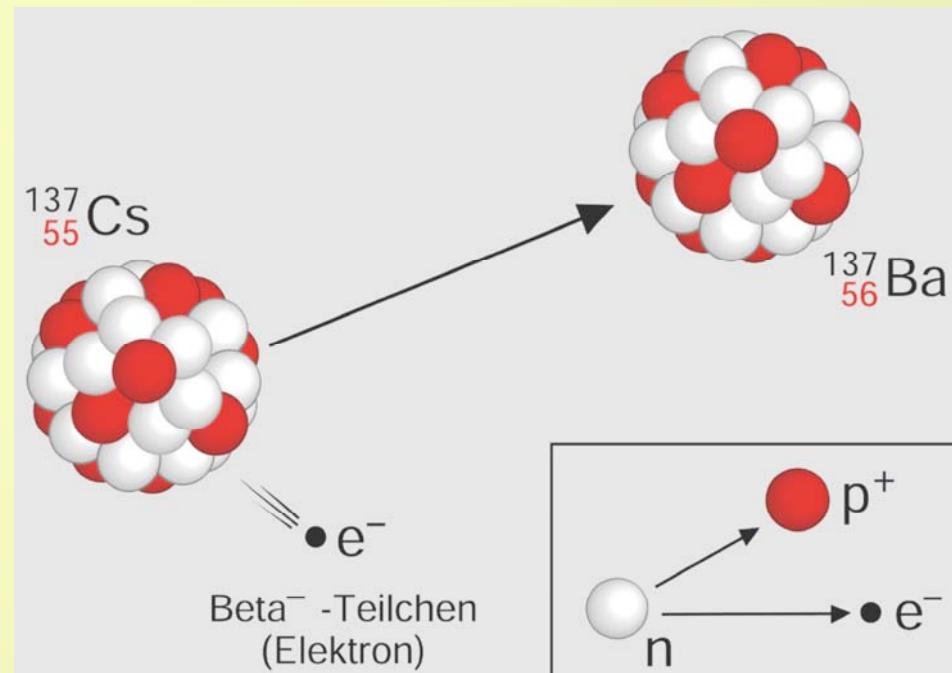
Beim Betazerfall wird aus dem Atomkern ein Elektron oder ein Positron abgegeben.

Das Durchdringungsvermögen von Betateilchen beträgt in Luft einige Zentimeter bis Meter, in Weichtalgewebe oder Kunststoff wenige Millimeter bis Zentimeter.



# Beispiele für Beta-Strahler

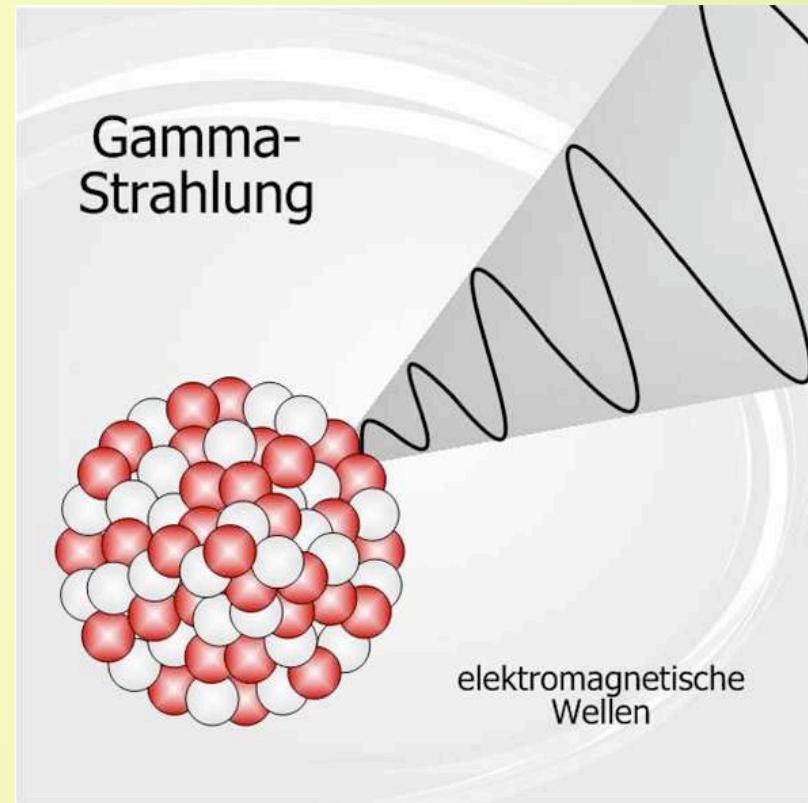
- Strontium-90
- Cobalt-60
- Tritium
- Cäsium-134, -137



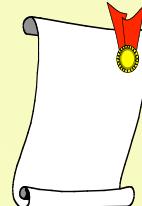
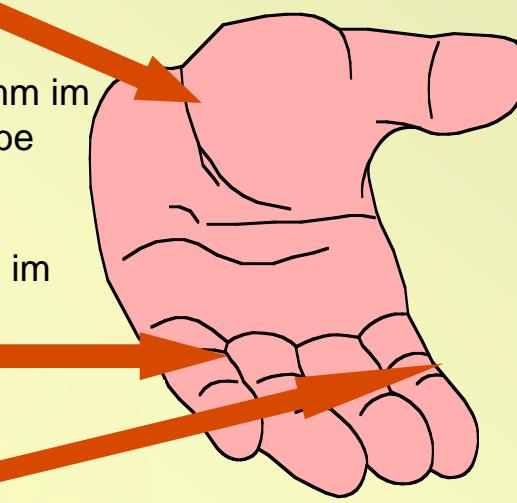
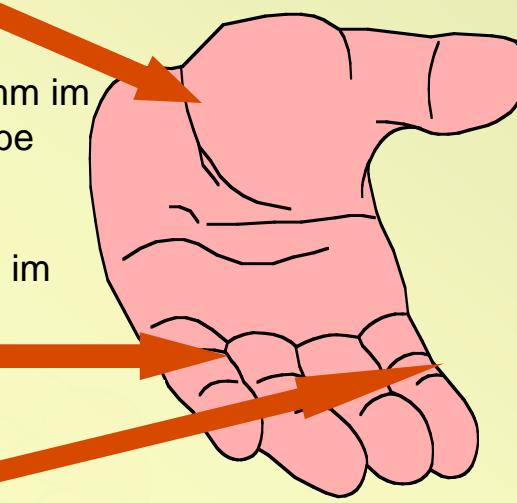
# Gammastrahlung

..... entsteht, wenn ein Atomkern von einem energetisch höheren in einen energetisch niedrigeren Zustand übergeht.

Gammastrahlen sind sehr durchdringend und können durch Materialien mit hoher Dichte abgeschwächt werden.



# Reichweite von Strahlung

	<b>Strahlungsarten</b>	<b>in Materialien</b>	<b>in Gewebe</b>
Teilchenstrahlung	Alphastrahlung	 durchdringt Papier nicht	 0,05 mm im Gewebe
	Betastrahlung	 Alu wird im Material absorbiert	 zirka 1 cm im Gewebe
Photonenstrahlung	Röntgenstrahlung	 Blei wird im Material abgeschwächt	durchdringt das Gewebe, wird teilweise absorbiert
	Gammastrahlung		

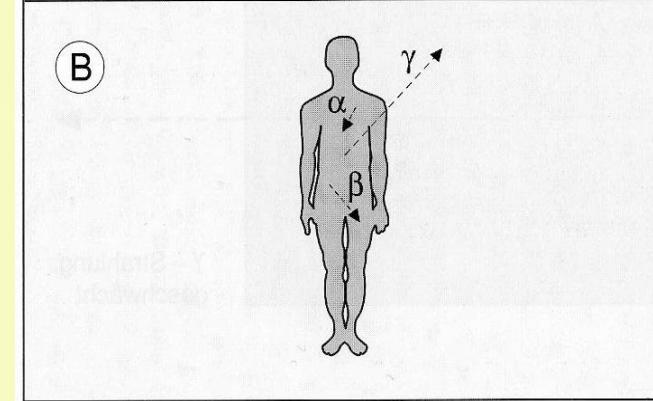
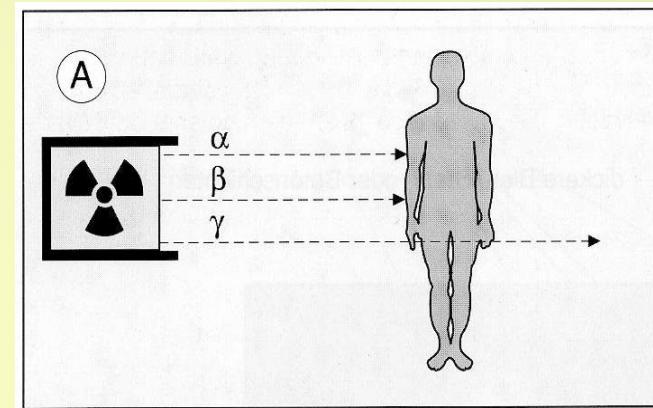
# Auswirkung der Reichweiten

## ❖ Alpha-Strahlung

- Wegen ihrer geringen Reichweite in Gewebe werden Alpha Strahlen schon in den oberen Hautschichten absorbiert.
- Bei Inkorporation wird die Energie der Alpha Strahlung in einem sehr kleinen Volumen abgegeben was zu einer hohen biologischen Wirksamkeit führt.  
Der Effektive Qualitätsfaktor (Strahlungswichtungsfaktor) für diese Strahlenart beträgt dementsprechend: **Q = 20.**

## ❖ Beta-Strahlung

- Abhängig von der Maximalenergie der Betateilchen beträgt die Eindringtiefe in Gewebe bei äußerer Bestrahlung bis zu 10 mm (3 MeV).
- Bei Inkorporation wird nahezu die gesamte Energie im Körper bzw. im Organ deponiert. Aufgrund des niedrigeren linearen Energieübertragungsvermögens (LET), ist der Effektive Qualitätsfaktor **Q = 1.**



Äußere (A) und innere (B) Einwirkung von Alpha-, Beta-, und Gammastrahlung

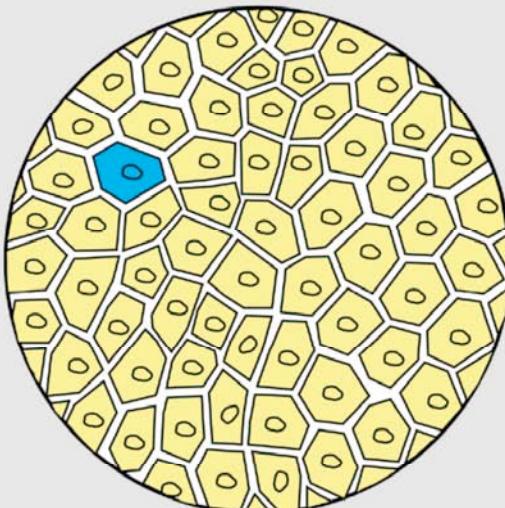
# Biologische Strahlenwirkung



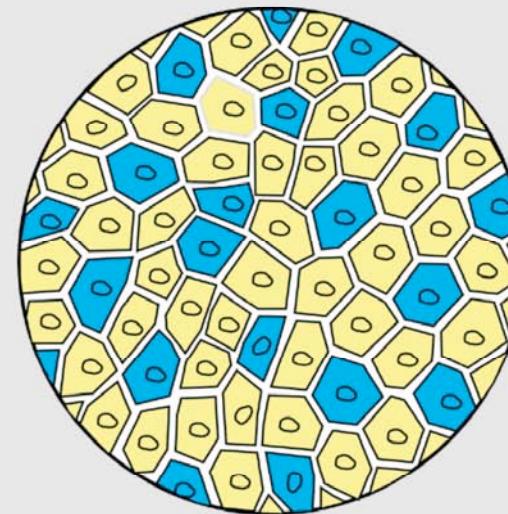
intakte Zelle



geschädigte Zelle



Menschliches Gewebe mit Betastrahlen bestrahlt. Ange- nommene Energiedosis 0,1 Gy.  
Biologische Strahlenwirkung in relativen Einheiten: 1



Menschliches Gewebe mit Alphastrahlen bestrahlt. Ange- nommene Energiedosis 0,1 Gy.  
Biologische Strahlenwirkung in relativen Einheiten: 20

# Strahlungswichtungsfaktoren der Strahlenschutzverordnung

- Röntgenstrahlung (Referenzstrahlung) 1
- Betastrahlung 1
- Gammastrahlung 1
- Langsame Neutronen 2 - 50
- Schnelle Neutronen 5 - 50
- Alphastrahlung 20

# Äquivalentdosis

## ❖ Äquivalentdosis

- Zur Ermittlung der **Äquivalentdosis**, die ein Maß für die zu erwartende Schädigung darstellt, muss die Energiedosis noch mit dem Effektiven Qualitätsfaktor  $Q$  für die Strahlenart multipliziert werden:  $H = Q \cdot D$
- Die Einheit der Äquivalentdosis ist das **Sievert [Sv]**.

## ❖ Effektive Äquivalentdosis

- Liegt keine homogene Ganzkörperbestrahlung vor, sondern werden verschiedene Gewebe bestrahlt, wird dieses durch unterschiedliche Wichtungsfaktoren  $w_T$  für die Organe berücksichtigt. Die effektive Äquivalentdosis ergibt sich dann aus einer so gewichteten Summe der Teilkörperdosen:  $H = Q \cdot D \cdot w_T$
- Die Einheit der Effektiven Äquivalentdosis ist das **Sievert [Sv]**.

**Äquivalentdosis und Effektive Äquivalentdosis sind keine physikalischen Größen mehr, sondern Risikozahlen**

Keimdrüsen	0,25
Brustdrüsen	0,15
rotes Knochenmark	0,12
Lunge	0,12
Schilddrüse	0,03
Knochenoberfläche	0,03
übriges Gewebe bzw. Organe	0,30

Wichtungsfaktoren für  
verschiedene Organe

# **Strahlenwirkung und Risikoabschätzung**

## **- untersuchte Kollektive**

- Überlebenden der Atombombenabwürfe von Hiroshima und Nagasaki
- Patienten, die aus diagnostischen oder therapeutischen Gründen bestrahlt wurden
- Beruflich strahlenbelastete Personen
- Menschen, die in Gegenden mit hoher natürlicher Hintergrundstrahlung leben
- Menschen, die in der direkten Umgebung kerntechnischer Anlagen wohnen
- Personen, die durch die Atombombentests bestrahlt wurden

# Grenzwerte der Strahlenschutzverordnung

	Bevölkerung	Beruflich exponierte Personen
Effektive Dosis	1 mSv	20 mSv

Ableitung radioaktiver Stoffe aus Atomanlagen

Effektive Dosis	0,3 mSv aus der Luft und Wasse
-----------------	--------------------------------

# **Strahlenschutzverordnung**

## **§ 1 Zweckbestimmung**

Zweck dieser Verordnung ist es, zum Schutz des Menschen und der Umwelt vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung Grundsätze und Anforderungen für Vorsorge- und Schutzmaßnahmen zu regeln, die bei der Nutzung und Einwirkung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung zivilisatorischen und natürlichen Ursprungs Anwendung finden.

# **Strahlenschutzverordnung**

## **§ 4 Rechtfertigung**

(1) Neue Arten von Tätigkeiten, ..... mit denen Strahlenexpositionen oder Kontaminationen von Mensch und Umwelt verbunden sein können, müssen unter Abwägung ihres wirtschaftlichen, sozialen oder sonstigen Nutzens gegenüber der möglicherweise von ihnen ausgehenden gesundheitlichen Beeinträchtigung gerechtfertigt sein. Die Rechtfertigung bestehender Arten von Tätigkeiten kann überprüft werden, sobald wesentliche neue Erkenntnisse über den Nutzen oder die Auswirkungen der Tätigkeit vorliegen.

# **Strahlenschutzverordnung**

## **§ 6 Vermeidung unnötiger Strahlenexposition und Dosisreduzierung**

- (1) Wer eine Tätigkeit nach § 2 ..... (Anwendungsbereich) plant oder ausübt, ist verpflichtet, jede unnötige Strahlenexposition oder Kontamination von Mensch und Umwelt zu vermeiden.
- (2) Wer eine Tätigkeit nach § 2 ..... plant oder ausübt, ist verpflichtet, jede Strahlenexposition oder Kontamination von Mensch und Umwelt unter Beachtung des Standes von Wissenschaft und Technik und unter Berücksichtigung aller Umstände des Einzelfalls auch unterhalb der Grenzwerte so gering wie möglich zu halten.

# **Freigabe § 29**

## **Strahlenschutzverordnung**

(2) Die zuständige Behörde erteilt auf Antrag des Inhabers einer Genehmigung nach den §§ 6, 7 oder 9 des Atomgesetzes, eines Planfeststellungsbeschlusses nach § 9b des Atomgesetzes oder einer Genehmigung nach § 7 oder § 11 Abs. 2 dieser Verordnung schriftlich die Freigabe, wenn für Einzelpersonen der Bevölkerung nur eine effektive Dosis im Bereich von 10 Mikrosievert im Kalenderjahr auftreten kann. ....

# Risikofaktoren für den Strahlenschutz

**ICRP (International Commission on Radiological Protection):**

empfiehlt eine akzeptable maximale Dosis auf Grundlage einer Kosten-Nutzen-Analyse. Das Risiko an einem Strahlen bedingten Tumor oder Leukämie zu erkranken und zu sterben, soll dem allgemeinen Risiko entsprechen, aufgrund der Beschäftigung zu Tode zu kommen.

Lebenszeit-Risikokoeffizienten:

10 % pro Sv =  $10 \text{ mSv} \times 10.000 \text{ Personen} = 10 \text{ Personen zusätzlich an Krebs oder Leukämie sterben}$

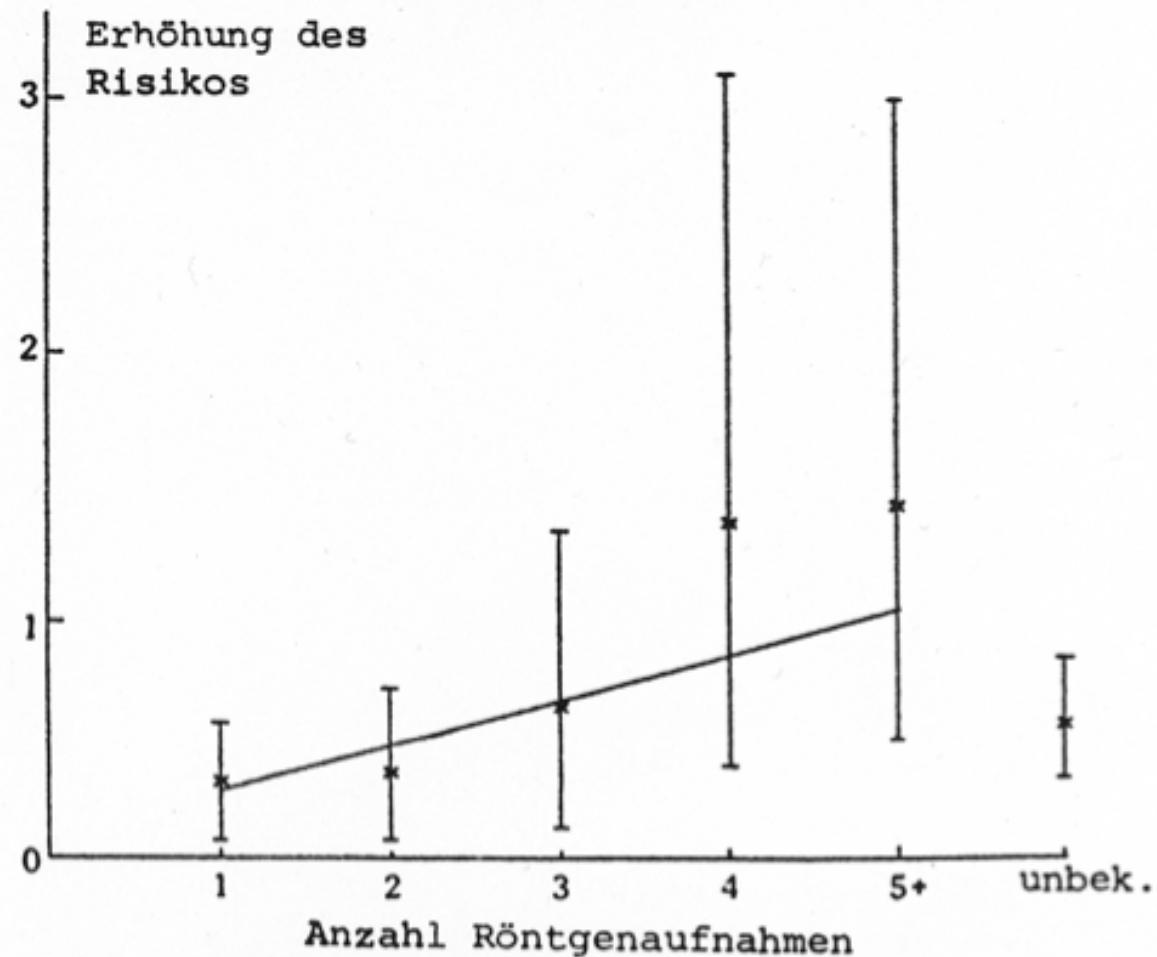
Dosisreduktionsfaktor:

5 % pro Sv =  $10 \text{ mSv} \times 10.000 \text{ Personen} = 5 \text{ Personen zusätzlich an Krebs oder Leukämie sterben.}$

# **Der Streit der Wissenschaft, der Politik und der Atomlobby:**

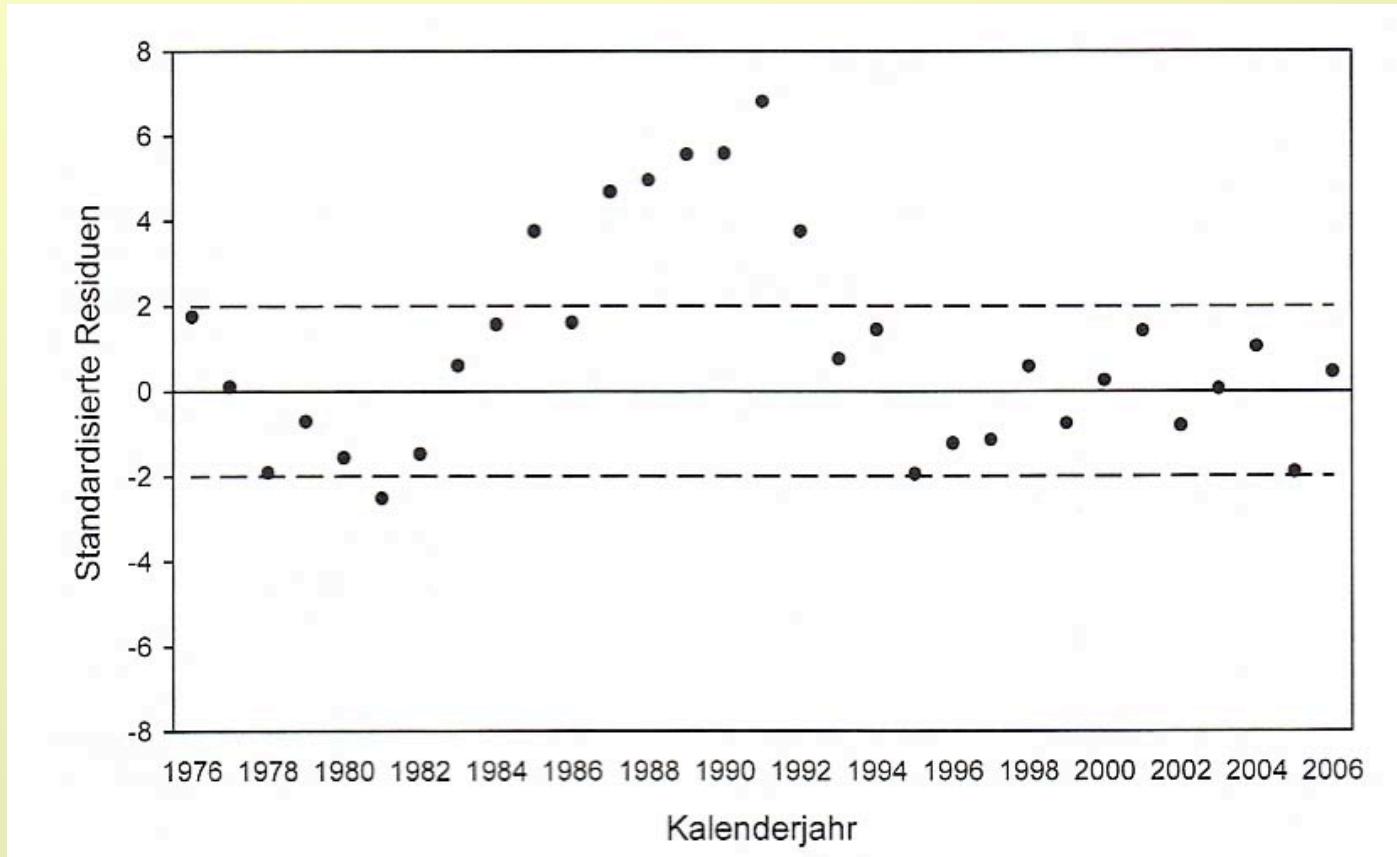
Wie hoch ist das Risiko, an den  
Wirkungen ionisierender Strahlung  
zu erkranken oder zu sterben  
wirklich!

### Krebs im Kindesalter (<15 J.) nach vorgeburtlicher Bestrahlung



Quelle: Bitell, J. F., A. M. Stewart, Pre-natal irradiation and childhood malignancy, in: British Journal of Cancer 31, 1975, S. 271 ff.

# Säuglingssterblichkeit nach Tschernobyl

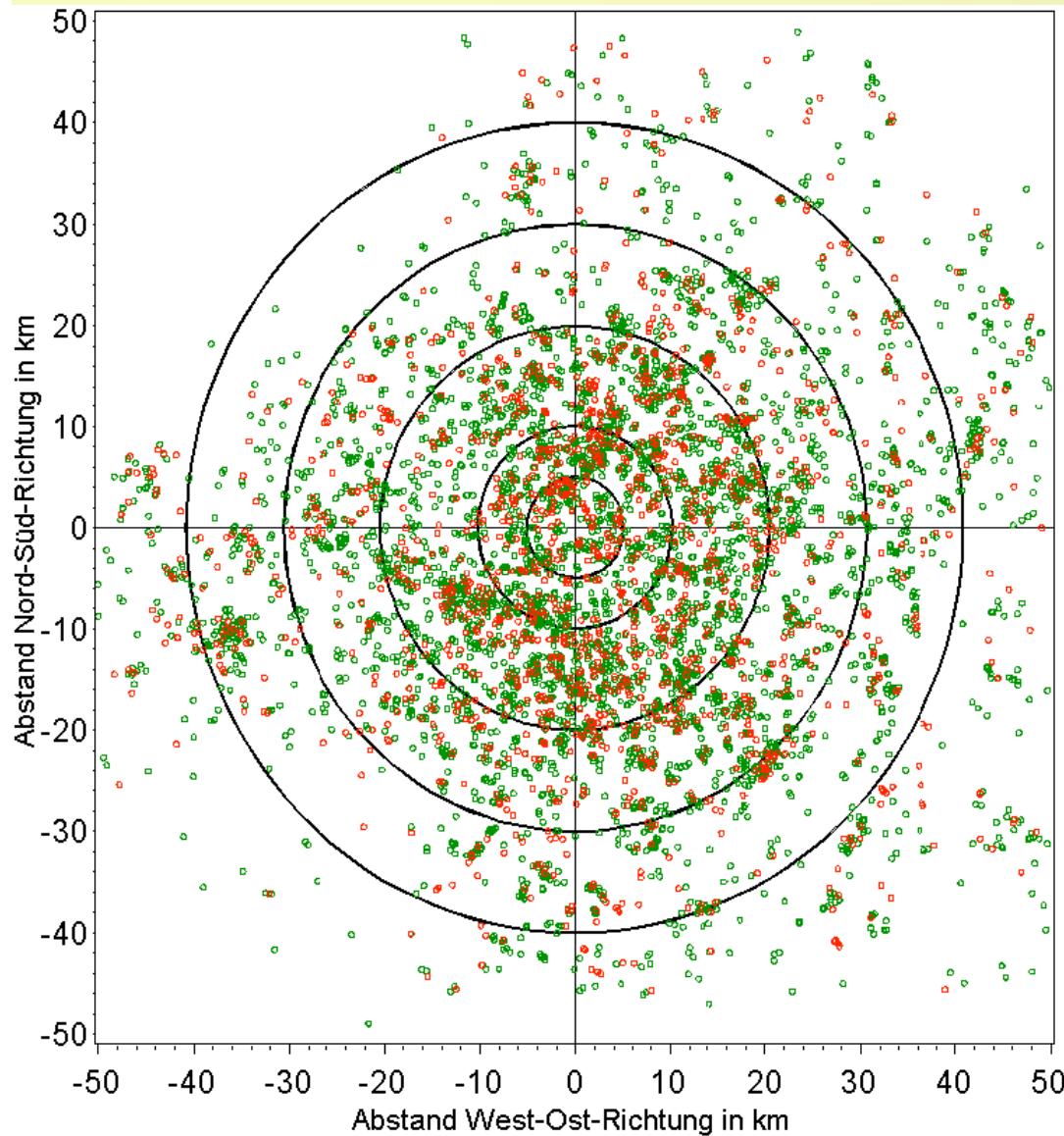


Von 1987 bis 1992 ergibt sich eine 15,8 prozentige Erhöhung

Abweichung der Säuglingssterblichkeit vom ungestörten Verlauf in Schweden, Finnland und Norwegen von 1976 bis 2006.

Quelle: [www.alfred-koerblein.de](http://www.alfred-koerblein.de)

Remlingen, 2. September 08



Quelle: [www.alfred-koerblein.de](http://www.alfred-koerblein.de)

# Epidemiologische Studie zu Kinderkrebs in der Umgebung von Kernkraftwerken (KiKK-Studie)

Mainzer Kinderkrebsregister 2007

Untersucht wurden:

1.592 an Krebs erkrankte Kinder unter 5 Jahren, die im 50 Km-Radius um ein AKW leben (rote Punkte)

4.735 nicht an Krebs erkrankte Kinder unter 5 Jahren aus Kontrollregionen (grüne Punkte)

Remlingen, 2. September 08

# Ergebnisse der KiKK-Studie

- Im Umkreis von 50 Kilometern um die Atomkraftwerke wurde eine signifikante kontinuierliche Zunahme des Risikos für Krebserkrankungen und Leukämie mit zunehmender Nähe des Wohnortes zum AKW nachgewiesen.
- Im Umkreis von 5 bis 10 Kilometern ist das Risiko für Kinder unter 5 Jahren an Krebs oder Leukämie zu erkranken um 20 bis 40 Prozent erhöht.
- Im Umkreis von 5 Kilometern ist das Risiko für Kinder unter 5 Jahren an Krebs oder Leukämie zu erkranken um 60 bis 75 Prozent erhöht.

# Fazit

- Es gibt keine „ungefährliche“ Strahlung.
- Risikoabschätzungen über die Wirkung ionisierender Strahlen folgen einer Kosten-Nutzen-Abwägung.
- Untersuchungen, die sich nicht mit bekannten Modellen zur Wirkung ionisierender Strahlung erklären lassen, werden in der Regel ignoriert, als unseriös abgetan oder verschwinden in den Schubladen.

# **Besten Dank**

Remlingen, 2. September 08