

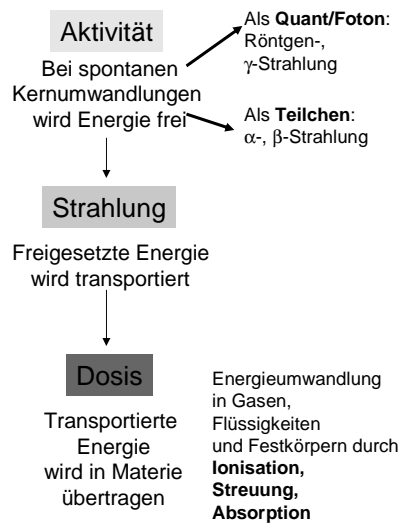


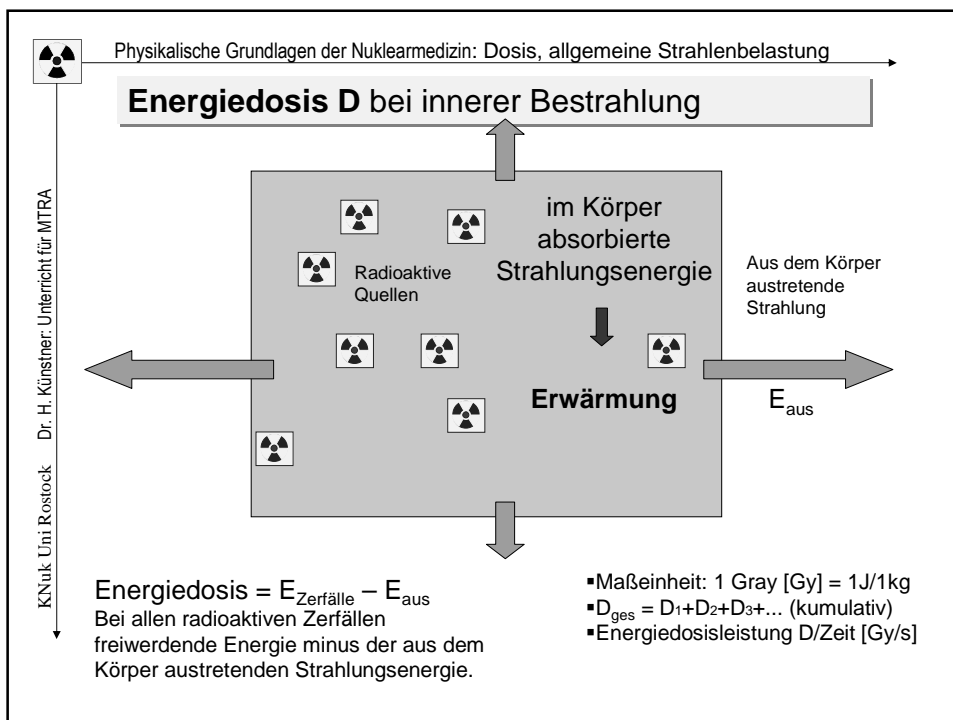
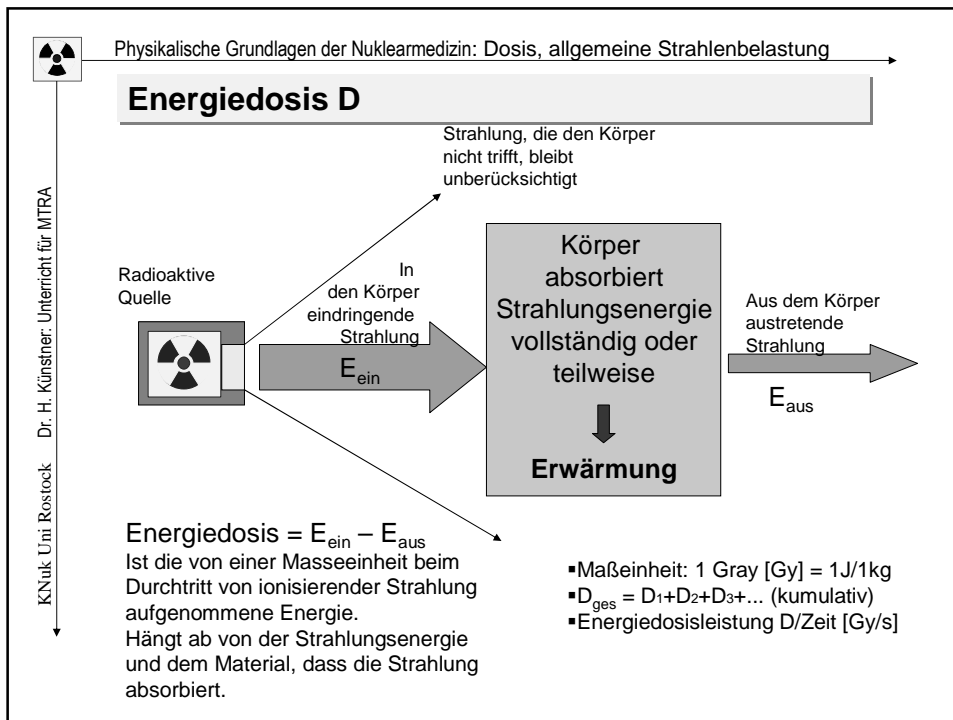
Dosis und natürliche Strahlenbelastung

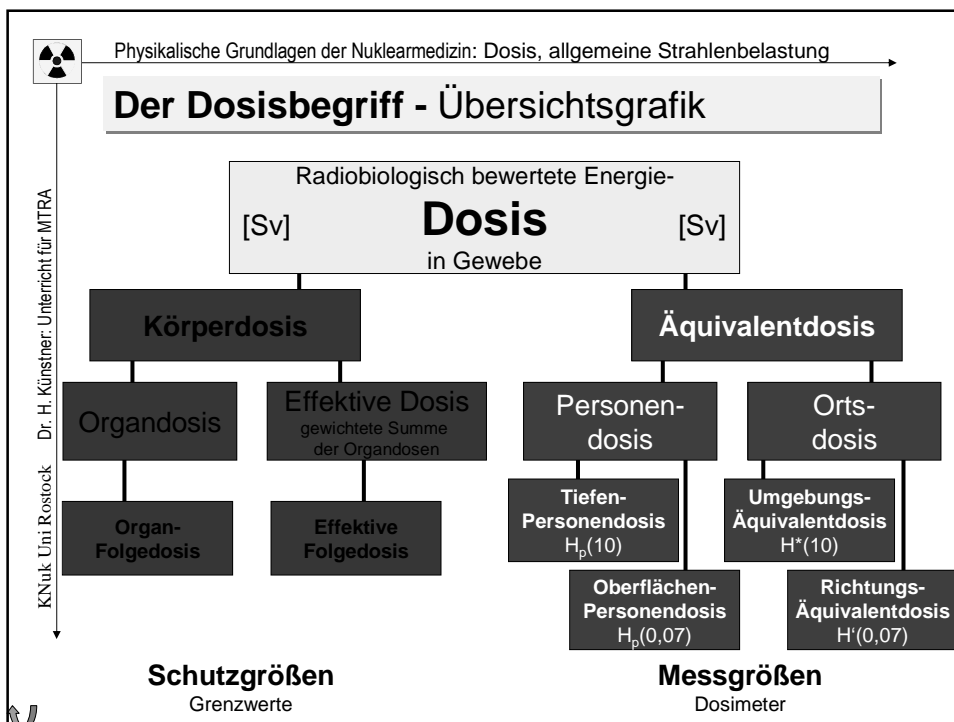
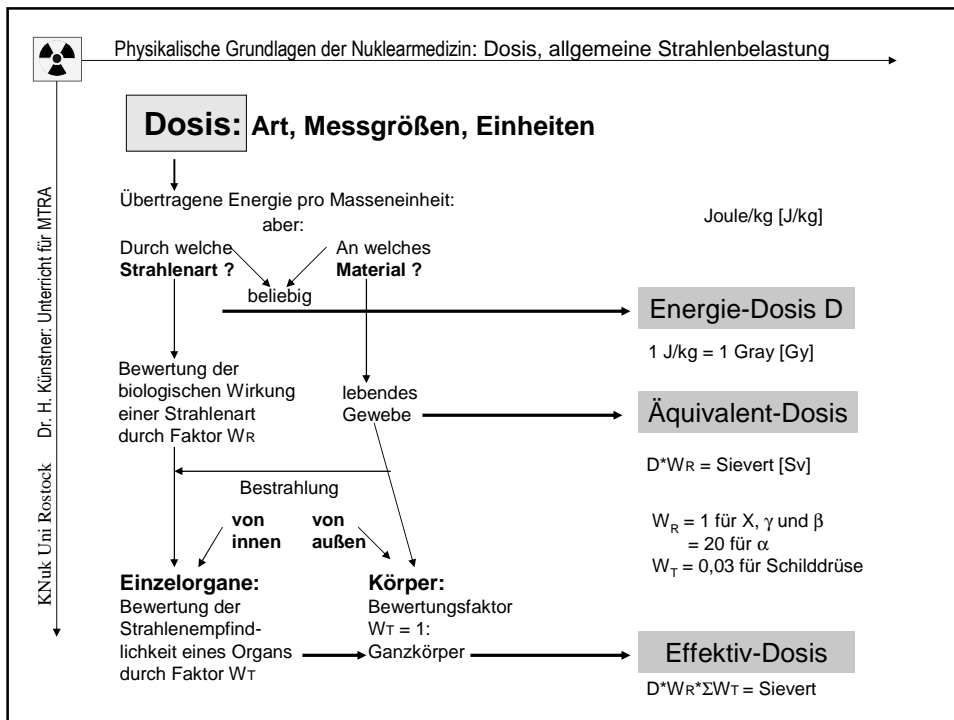
- Begriffsklärung
- Dosisarten
- Messmöglichkeiten
- Umrechnungen
- Natürliche Strahlenbelastung



Dosis: Grundbegriffe und ihr Zusammenhang







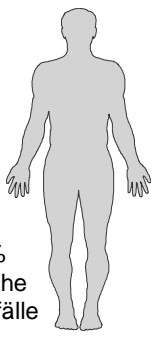
Physikalische Grundlagen der Nuklearmedizin: Dosis, allgemeine Strahlenbelastung

Körperdosis - Energiedosis

Körperdosis
ist ein Maß für Gefährdung
(keine physikalische Größe).

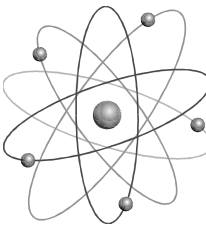
Einheit: Sievert (Sv)

Risiko
1 Sv effektive Dosis = 5 % tödliche Krebsfälle



Energiedosis
beschreibt physikalische Prozesse
(Energieübertrag auf Materie).

Einheit: Gray (Gy)



Energieübertrag von Strahlung auf Materie
1 Gy = 1 J/kg

Bindeglied zwischen Energiedosis und Körperdosis: **Strahlungs-Wichtungsfaktoren**

KNuk Uni Rostock Dr. H. Künstner: Unterricht für MTRA

WEKRA
Schulungs- und Überwachungsstellen zum Strahlenschutz, Stand Juli 2004

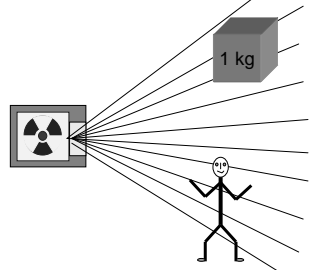
Physikalische Grundlagen der Nuklearmedizin: Dosis, allgemeine Strahlenbelastung

Qualitätsfaktor (Berücksichtigt Wirkung auf lebendes Gewebe)

Wichtungsfaktor

Strahlung	Qualitätsfaktor Q
Röntgenstrahlung Gammastrahlung β-Strahlung	1
Neutronen	10
α-Strahlung	20

Unlebende Materie
(z.B. Blei, Beton,...)



1 kg

Lebendes Gewebe
(z.B. Mensch oder einzelne Organe)

Energiedosis in Gray (Gy)

*

Qualitätsfaktor

=

Äquivalentdosis in Sievert (Sv)

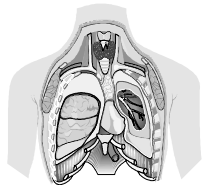
KNuk Uni Rostock Dr. H. Künstner: Unterricht für MTRA



Körperdosis - Äquivalentdosis

Man unterscheidet

Körperdosis und **Äquivalentdosis.**
tatsächliche Dosis, nicht messbar! von einem Dosimeter gemessene Dosis



Schutzgröße



Messgröße



Die Äquivalentdosis ist ein Näherungswert für die Körperdosis.

KNuk Uni Rostock Dr. H. Künstner: Unterricht für MTRA



WEKR
Schulungs- und Unterweisungsgleiten zum Strahlenschutz, Stand Juli 2004



Personendosis - Ortsdosis

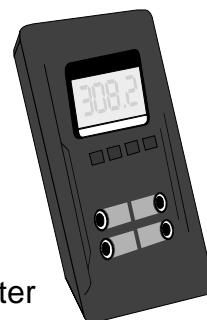
Bei der Äquivalentdosis unterscheidet man zwischen

Personendosis und **Ortsdosis.**

gemessen von einem Personendosimeter



gemessen von einem Ortsdosimeter



Seit der Einführung der neuen Messgrößen hat die Ortsdosis an einem bestimmten Ort denselben Wert wie die entsprechende Personendosis.

KNuk Uni Rostock Dr. H. Künstner: Unterricht für MTRA



WEKR
Schulungs- und Unterweisungsgleiten zum Strahlenschutz, Stand Juli 2004



Vergleich der Dosis-Größen

Dosis (in Sv): Maß für die Gefährdung durch ionisierende Strahlung

Organdosis: Maß für die Gefährdung des angegebenen Organs

Effektive Dosis: Maß für die Gefährdung des gesamten Organismus

Körperdosis: Sammelbegriff für Organdosis und effektive Dosis (nicht messbar !)

Äquivalentdosis: gemessene Dosis

Personendosis: mit einem Personendosimeter gemessene Dosis

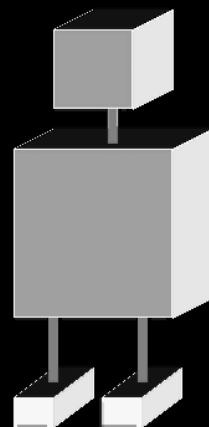
Ortsdosis: mit einem Ortsdosimeter gemessene Dosis

Dosisleistung: gibt an, um wie viel sich die Dosis pro Zeiteinheit erhöht



Vergleich der Dosis-Größen

Menschenmodell



Alpha

Beta

Gamma

ENDE

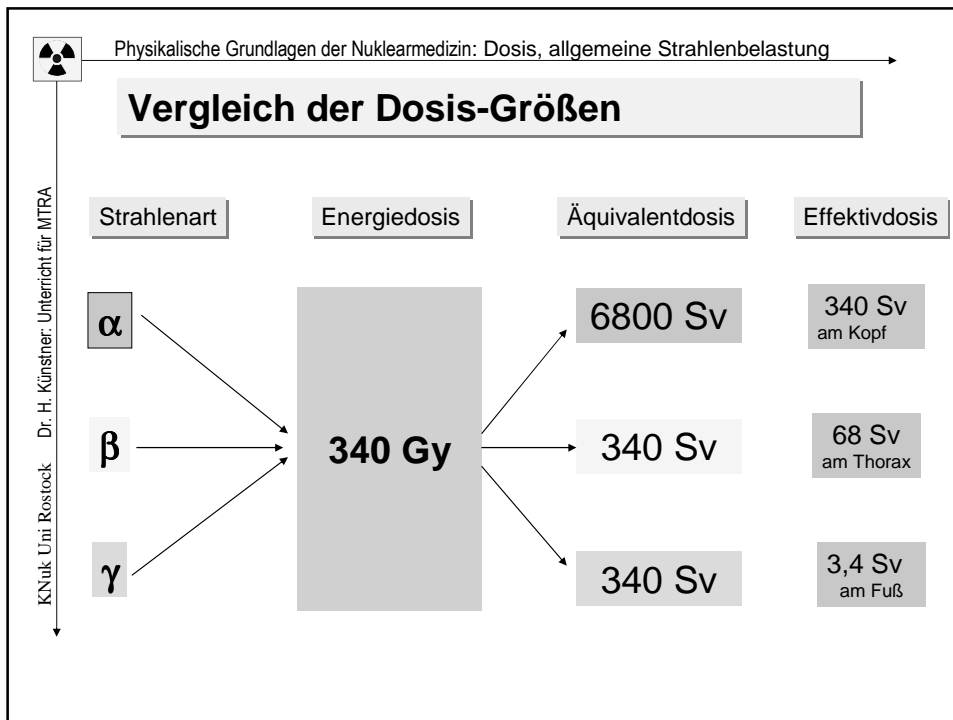
STOP

Ionendosis

Energiedosis

Äquivalentdosis

Effektivdosis



Physikalische Grundlagen der Nuklearmedizin: Dosis, allgemeine Strahlenbelastung

Dosisleistungsmessung

- Die Energiedosis ist sehr schwierig zu messen !
- Einfacher ist die Messung der Energiedosisleistung, d.h. der Energie, die je Zeiteinheit auf eine Fläche/Volumen trifft. Sie ist z.B. proportional zum Strom eines Zählrohres.
- Im medizinischen Bereich benötigen wir meist die Äquivalentdosis

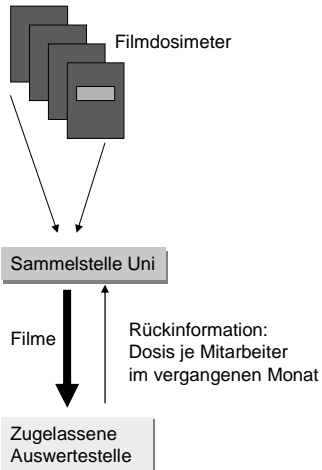
Filmdosimeter	Dosisleistungsmessgerät
Körperdosismessung	Ortsdosismessung
Zur Personenkontrolle vorgeschrieben. Für Schwangere in zugelassenen Bereichen elektronisch mit sofortiger Äquivalentdosisanzeige und Warnfunktion	Zu Kontrollzwecken in allen Bereichen, auch zur Patientenmessung nach der Radioiodtherapie (Patient darf Klinik nur verlassen, wenn die Ortsdosisleistung in 1 m Abstand ca. 14 $\mu\text{Sv/h}$ nicht mehr überschreitet)

KNuk Uni Rostock Dr. H. Künstner: Unterricht für MTRA



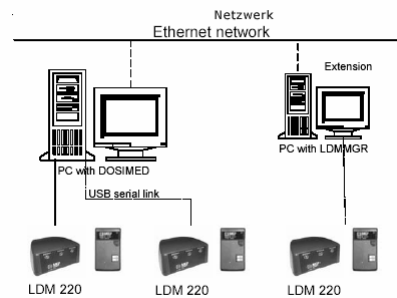
Dosismessung: Personendosis

Heute Standard



Zukünftig

Elektronische Dosimeter, die von Lesestationen im Vorbeigehen ausgelesen werden und die Werte an zentralen Auswerte-PC übertragen.



Natürliche und künstliche Strahlenbelastung

- Woher kommt die natürliche Strahlung ?
- Belastungswege
- Regionale Unterschiede

- Woher kommt die künstliche Strahlenbelastung ?
- Belastete Arbeitsplätze
- Atomwaffenversuche / Tschernobyl
- Medizinische Untersuchungen



Natürliche Radionuklide

Zerfallsreihen der Urane und des Thorium

47 Radionuklide als Zwischenprodukte der Zerfallsreihen, mit sehr unterschiedlichen HWZ

25 weitere primordiale Radionuklide

Langlebige Radionuklide, die aus der Entstehungszeit der Erde stammen

Kosmogene Radionuklide

Radionuklide, die in der Atmosphäre durch Beschuss mit kosmischer Strahlung entstehen

Wichtige Vertreter dieser Gruppen sind:

Radium-224
3,64 d

Radon-220 (Thoron)
55,6 s

Radon-222
3,8 d

Pollonium-xxx

Blei-xxx

Kalium-40
1,3*10⁹ a

Rubidium-87
4,8*10¹⁰ a

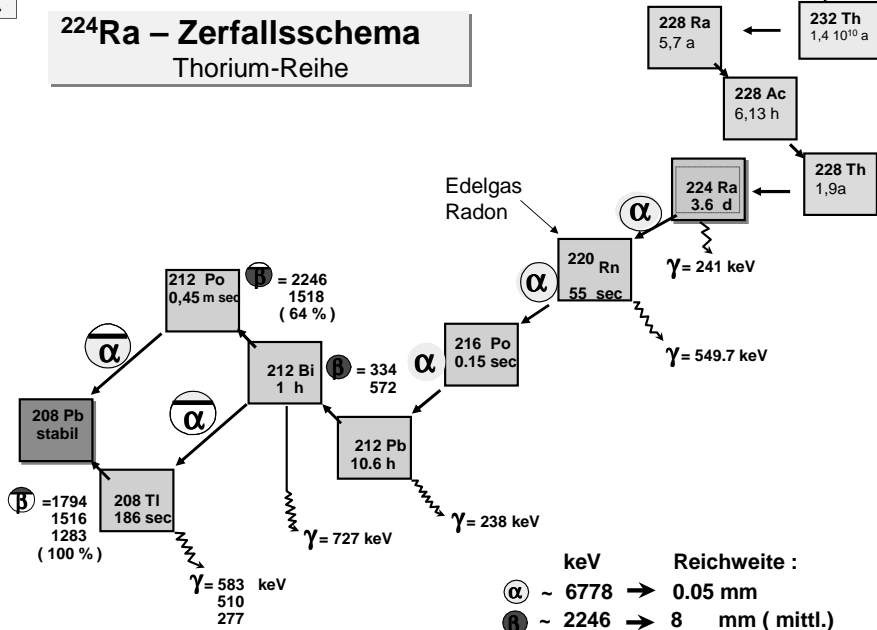
Kohlenstoff-14
5730 a

Dr. H. Künstner: Unterricht für MTRA
KNuuk Uni Rostock



²²⁴Ra – Zerfallsschema Thorium-Reihe

Dr. H. Künstner: Unterricht für MTRA
KNuuk Uni Rostock





KNuk Uni Rostock Dr. H. Küstner: Unterricht für MTRA

Einwirkungsmechanismen der Radioaktivität auf den Menschen

Innere Bestrahlung

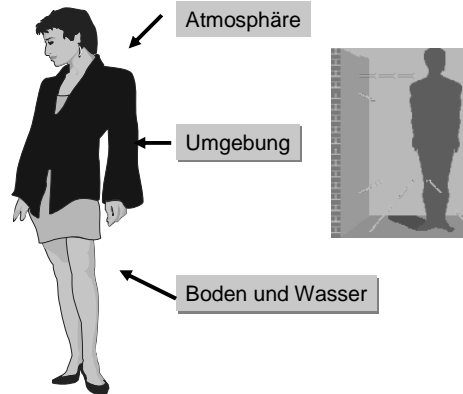
Atmung

Vor allem Radon und deren Folgeprodukte (α -Strahler) zeigen Strahlenwirkung auf Lungengewebe

Nahrungsaufnahme

Hier spielt das Kalium-40 (primodiales Radionuklid) eine maßgebliche Rolle, da es im Körper sehr häufig vorkommt (ca. 2 g/kg Körpergewicht)

Äußere Bestrahlung



KNuk Uni Rostock Dr. H. Küstner: Unterricht für MTRA

Mittlere jährliche effektive Dosis

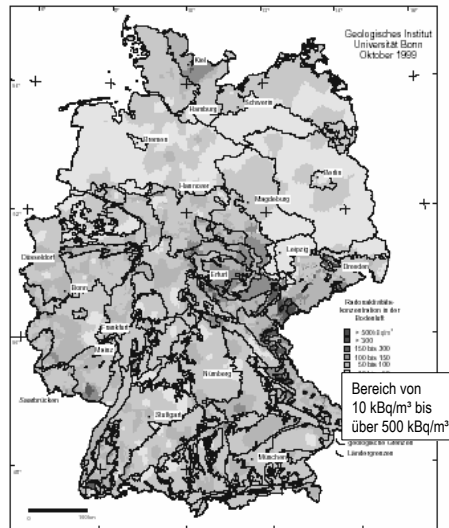
Bundesland	Ortsdosis $\mu\text{Sv/h}$	Bundesland	Ortsdosis $\mu\text{Sv/h}$
MV	0,036	Brandenburg	0,028
Niedersachsen	0,048	Thüringen	0,063
Bayern	0,069	Saarland	0,79

Gebiet	mittl. effektive Dosis der Bevölkerung mSv/Jahr	Maxim. Ortsdosis im Freien mSv/Jahr
Deutschland	0,4	5
Indien: Kerala, Madras	4	50
Brasilien: Espirito Santo	6	800
Iran: Ramsar	6	850



Radonaktivitätsverteilung in der Bodenluft

KNuk Uni Rostock Dr. H. Künstner: Unterricht für MTRA



Mittelwerte der Radonaktivität in Deutschland:
15 Bq/m³ im Freien
50 Bq/m³ in Gebäuden

➔ **Mittlere effektive Dosis** aus der Bestrahlung mit natürlichem Radon und seinen Folgeprodukten
1,4 mSv/a

Wesentlich höhere Werte der Radonaktivität in:
•Kellerräumen in Gebirgslagen
•Bergwerken, Stollen
•Höhlen
•Grundwasserspeichern

Abb. 13. Karte der Radonaktivitätskonzentrationen in der Bodenluft in 1 m Tiefe (Geologisches Institut Bonn 1999)



Strahlenexpositionen bei Flügen und Raumflügen

KNuk Uni Rostock Dr. H. Künstner: Unterricht für MTRA

Flugbelastung

Frankfurt – New York – Frankfurt
100 μSv
Frankfurt – Singapur – Frankfurt
60 μSv
Frankfurt- Mallorca – Frankfurt
6 μSv

Nach etwa **400** Transatlantikflügen im Jahr wird der Grenzwert von 20 mSv erreicht

Bei 600 Flugstunden in mittlerer Höhe von 10 km in unseren Breiten ergibt sich eine effektive Dosis von etwa 3 mSv/a

Belastung bei Raumflügen

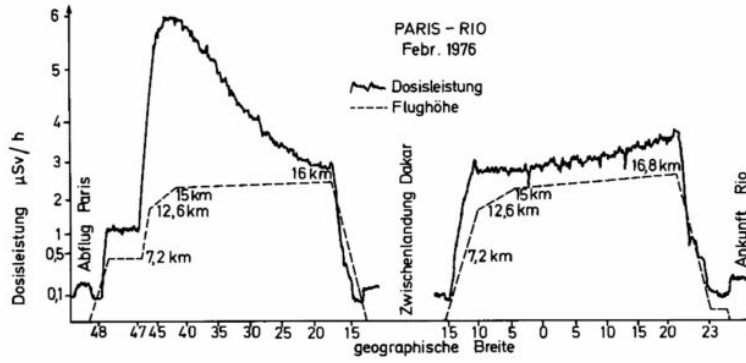
Flug	Dauer h	Dosis mSv
Erdumkreisung Apollo VII	260	3,6 14 μSv/h
Erdumkreisung Salut 6	4200	55 13 μSv/h
Mondlandung Apollo XI	195	6 30 μSv/h
Mondlandung Apollo XIV	209	15 72 μSv/h

Höhere Werte bei den Mondflügen resultieren aus der Durchquerung der Strahlungsgürtel der Erde in 8000 bzw. 50000 km Höhe über dem Äquator



Einfluss der Flughöhe und der geografischen Breite auf die Dosisleistung beim Fliegen

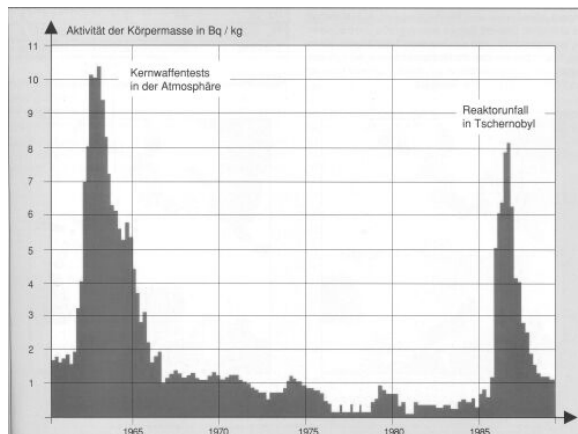
KNuk Uni Rostock Dr. H. Künstner: Unterricht für MTRA



Zivilisatorische Strahlenbelastung

Atombombenversuche in der Atmosphäre und Reaktorunfall von Tschernobyl (1986)

KNuk Uni Rostock Dr. H. Künstner: Unterricht für MTRA



Person in Mitteleuropa von 1960 bis 2050 aus Atombombenversuchen etwa 2 mSv effektive Dosis (80% davon von 1960-70)



Strahlenexposition durch Bildschirme u.a.

Natürliche Umgebungsstrahlung	100.000 pSv/h
Bildschirmgeräte (Abstand 0,5 m) - betriebsbedingte Röntgenstrahlung - Gammastrahlung enthaltener natürlicher radioaktiver Stoffe	6 pSv/h 1200 pSv/h
Farbfernseher (Abstand 3 m) - betriebsbedingte Röntgenstrahlung - Gammastrahlung enthaltener natürlicher radioaktiver Stoffe	2 pSv/h 100 pSv/h
Zeitschriften (Abstand 0,35 m) - Gammastrahlung von Ra- und Th-Folgeprodukten	30 pSv/h
Anderer Mensch (Abstand 0,5 m) - Gammastrahlung von Ka-40	50 pSv/h

pSv = Picosievert, 1 pSv = 0,000 000 001 mSv
1 pSv = 0,000 001 µSv



Natürliche und zivilisatorische Strahlungsbelastung für Deutschland (statistisches Mittel)

Strahlenexposition aus natürlichen Quellen

Jährliche Dosis in mSv

Kosmische Strahlung	0,3
Terrestrische Strahlung	0,5
Natürliche Radionuklide im Körper	0,3
Inhalation von Radon und Folgeprod.	1,3
Summe	2,4

Strahlenexposition aus zivilisatorischen Quellen

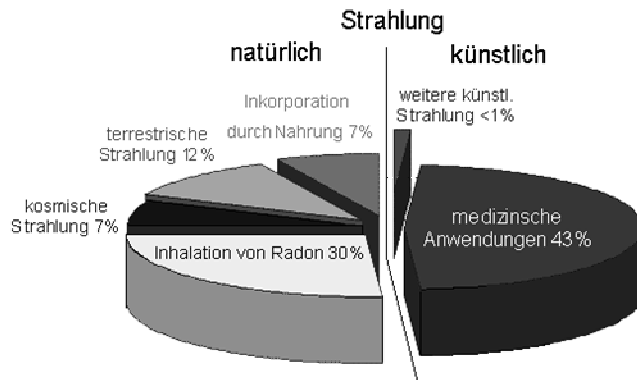
Jährliche Dosis in mSv

Medizin	1,5
Kernwaffenfallout	0,02
Reaktorunglück Tschernobyl	0,02
Wissenschaft, Technik, KKW	0,01
Summe	1,55



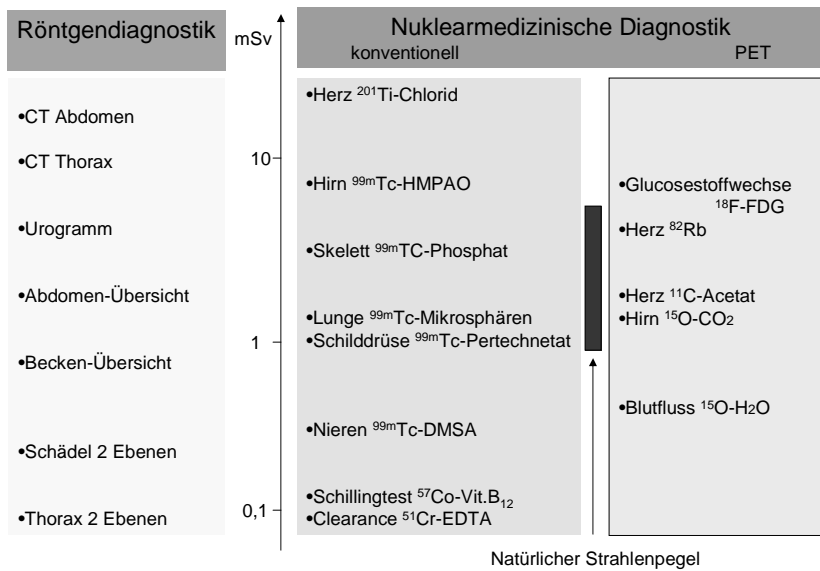
Anteile der jährlichen Strahlendosis

KNuk Uni Rostock Dr. H. Küstner: Unterricht für MTRA



Strahlenbelastung bei medizinischen Untersuchungen

KNuk Uni Rostock Dr. H. Küstner: Unterricht für MTRA

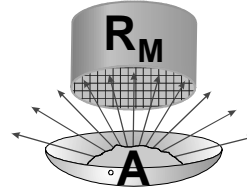




Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad eines Strahlenmessplatzes ist das **Verhältnis der Anzahl der gemessenen Impulse zur tatsächlichen Anzahl von Zerfällen.**

Detektor erfasst nur einen Bruchteil der tatsächlich emittierten Strahlung.



$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{\text{Impulsrate}}{\text{Aktivität}}$$

$$\eta = \frac{R_M - R_0}{A}$$

Je höher der Wirkungsgrad, desto geringer ist der statistische Fehler.