



Universität Augsburg



Institut für Physik

Institut für Materials Resource Management

Strahlenschutz-Unterweisung 2023

gem. § 63 der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV)

18.07.2023

Wolfgang Reiber
(Strahlenschutzbeauftragter)



1 „Strahlenschutz“ - Warum? Historische Eckpunkte

• Chronologie

1895	Entdeckung der Röntgenstrahlen (Conrad Röntgen - „X-Strahlen“)
1896	Entdeckung der natürlichen Radioaktivität (Henry Becquerel)
1898	Einführung des Begriffs „radioaktiv“ (Marie Curie)
1934	Entdeckung der künstlichen Radioaktivität (Irène und Frederic Joliot-Curie)
1941	Ur-Fassung der ehemaligen Röntgenverordnung
1960	Ur-Fassung der Strahlenschutzverordnung



Ab ca. 1920:

- Gefahren-Bewusstsein von Radioaktivität und Strahlung
- Einführung und Erlass von Strahlenschutzbestimmungen



2 Strahlenschutzrecht



Atomgesetz - AtG
(*Urspr. Fassg. 1960*)
Gesetz über die friedliche
Verwendung der
Kernenergie und den
Schutz gegen ihre
Gefahren



**Strahlenschutzgesetz
StrlSchG**
(*erl. am 27.06.2017*)
Gesetz zum Schutz
vor der schädlichen
Wirkung ionisierender
Strahlung



**Strahlenschutz-
verordnung
StrlSchV**
(*Neufssg. v. 29.11.2018*)
Verordnung zum Schutz
vor der schädlichen
Wirkung ionisierender
Strahlung

Das StrlSchG

- setzt EU-Recht (Richtlinie 2013/59/EURATOM) in nationales Recht um
- trat, zusammen mit der neuen StrlSchV, am 31. Dezember 2018 in Kraft

Die (neue) StrlSchV

- hat die bisherige StrlSchV und die ehemalige RÖV außer Kraft gesetzt
- ersetzt die bisherige StrlSchV- und die ehemalige RÖV





3 Organisation des Strahlenschutzes an der Uni Augsburg



Strahlenschutzverantwortlicher:
Kanzler der Universität Augsburg



S t r a h l e n s c h u t z b e a u f t r a g t e

3 Organisation des Strahlenschutzes an der Uni Augsburg



3 Organisation des Strahlenschutzes an der Uni Augsburg



Aufgaben- und Zuständigkeitsverteilung im Strahlenschutz an den Instituten für Physik und Materials Resource Management

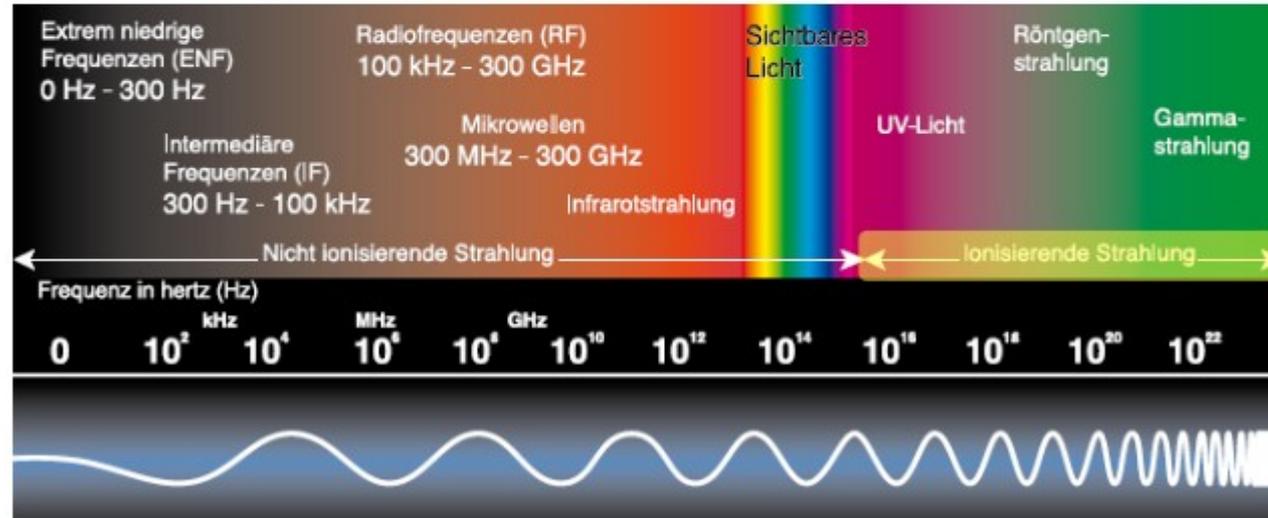
	<u>SSB</u> <u>W. Reiber</u> <u>EP IV</u>	<u>SSB</u> <u>W. Tratz</u> <u>CPM</u>	<u>SSB</u> <u>K. Wiedenmann</u> <u>EP VI</u>	<u>SSB</u> <u>NN</u> <u>(ehem. Dr. Klemm)</u>	<u>SSB</u> <u>Dr. A. Hörner</u> <u>EP I</u>	<u>SSB</u> <u>Dr. R. Homy</u> <u>MRM</u>
Röntgen- u. Störstrahler:						
- Physik-Geb. Süd		Vertretung	ZUSTÄNDIG			
- Physik-Geb. Nord	ZUSTÄNDIG				Vertretung	
- Physik-Hörsaalzentrum	Vertretung				ZUSTÄNDIG	
- MRM			Vertretung			ZUSTÄNDIG
Beschleuniger, Implantier, Plasmaanlagen	ZUSTÄNDIG				Vertretung	
Radioaktive Präparate:						
- Physik-Geb. Süd		ZUSTÄNDIG	Vertretung			
- Physik-Geb. Nord	ZUSTÄNDIG				Vertretung	
- Physik-Hörsaalzentrum, Didaktik	Vertretung				ZUSTÄNDIG	
Entsorgung radioaktiver Stoffe (Gesamtes Inst. f. Physik)	Vertretung				ZUSTÄNDIG	
Personen-Dosimetrie:						
- Physik-Geb. Süd						
- Physik-Geb. Nord	ZUSTÄNDIG				Vertretung	
- Physik-Hörsaalzentrum						
- MRM						
Entsorgung von MA in ext. Kontrollbereiche (§25 StrlSchG/Strahlenpass/Ärztl. Überwachung)						
- Physik-Geb. Süd		ZUSTÄNDIG			Vertretung	
- Physik-Geb. Nord		Vertretung			ZUSTÄNDIG	
- MRM						
Durchführung von Strahlenschutzunterweisungen	ZUSTÄNDIG	ZUSTÄNDIG	ZUSTÄNDIG	ZUSTÄNDIG	ZUSTÄNDIG	ZUSTÄNDIG

4 Begriffe im Strahlenschutz

4.1 Allgemeine Begriffe im Strahlenschutz

Ionisierende Strahlung:

- Hohe Energie → Ionisation von Atomen oder Molekülen
- Energieabgabe im menschlichen Gewebe => Schädigung!
- Arten ionisierender Strahlung:
 - Teilchenstrahlung (α -, β - und Neutronenstrahlung)
 - elektromagn. Wellenstrahlung (Röntgen- und γ -Strahlung)



(Quelle: <https://www.health.belgium.be/de/erlaeuterung-der-fachbegriffe>)



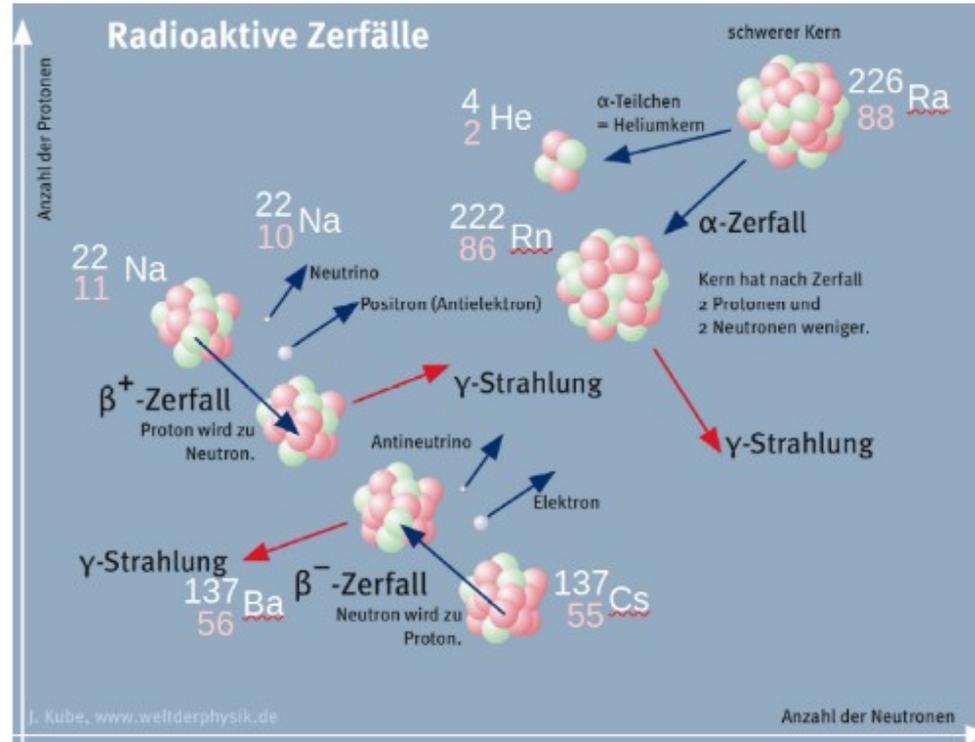
4 Begriffe im Strahlenschutz

4.1 Allgemeine Begriffe im Strahlenschutz

Radioaktivität:

- Eigenschaft instabiler Atomkerne, spontan ionisierende Strahlung auszusenden

= **Radioaktiver Zerfall oder Kernzerfall**



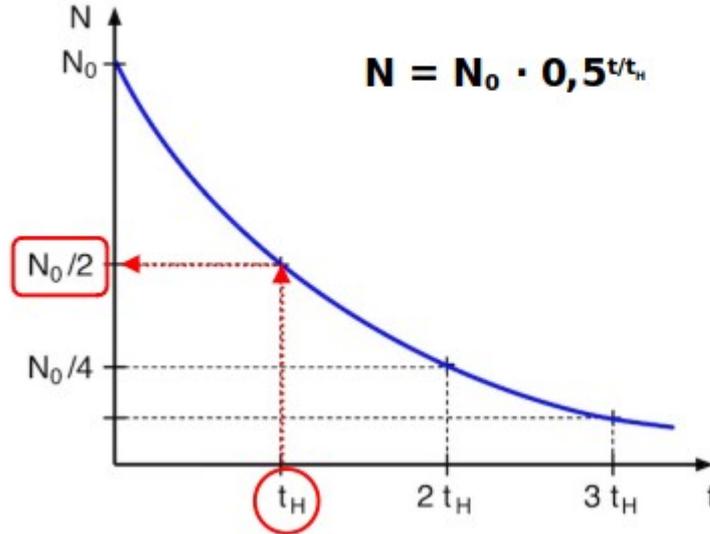
4 Begriffe im Strahlenschutz

4.1 Allgemeine Begriffe im Strahlenschutz



Halbwertszeit:

- Zeit, nach der $\frac{1}{2}$ der ursprüngl. vorhand. Atome N_0 zerfallen ist



Nuklid	t_H
U-238	$4,5 \times 10^9 \text{ a}$
U-234	$0,25 \times 10^6 \text{ a}$
Th-230	$75 \times 10^3 \text{ a}$
Pb-210	$22,3 \times 10^0 \text{ a}$
Pb-214	26,8min
Pa-234	1,2 min
Po-214	0,16 ms

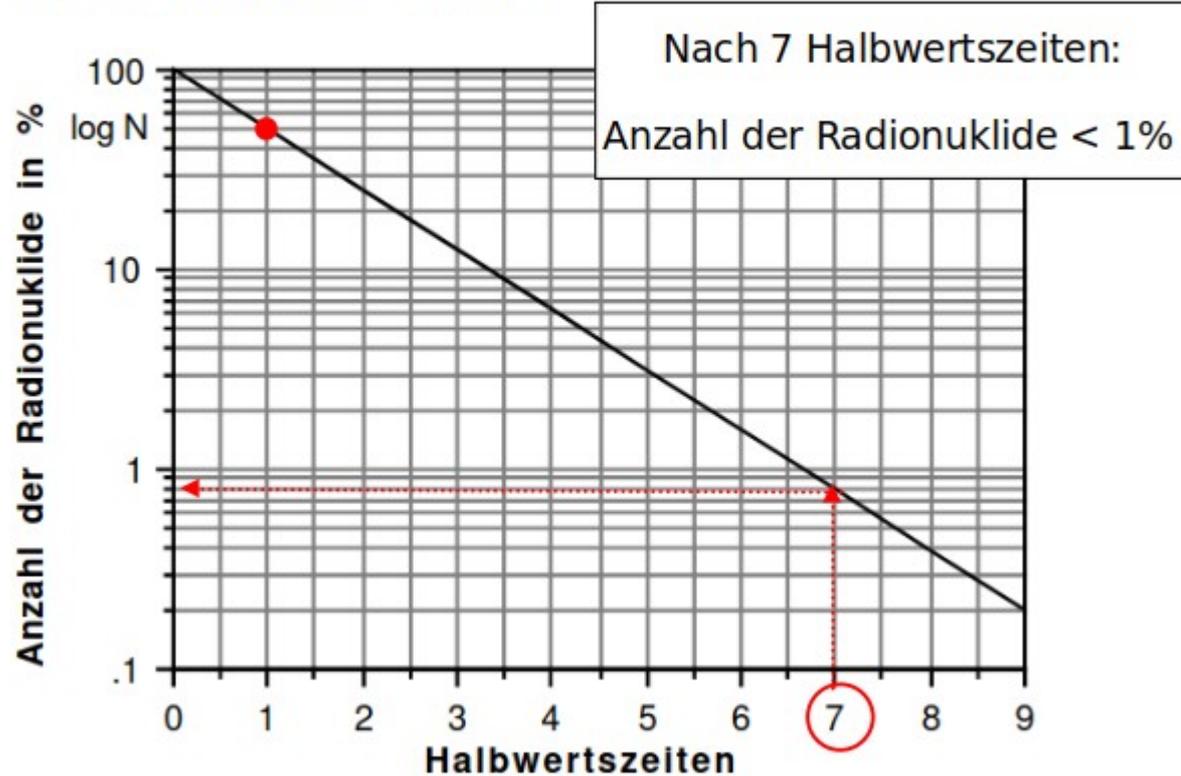
4 Begriffe im Strahlenschutz

4.1 Allgemeine Begriffe im Strahlenschutz



Halbwertszeit:

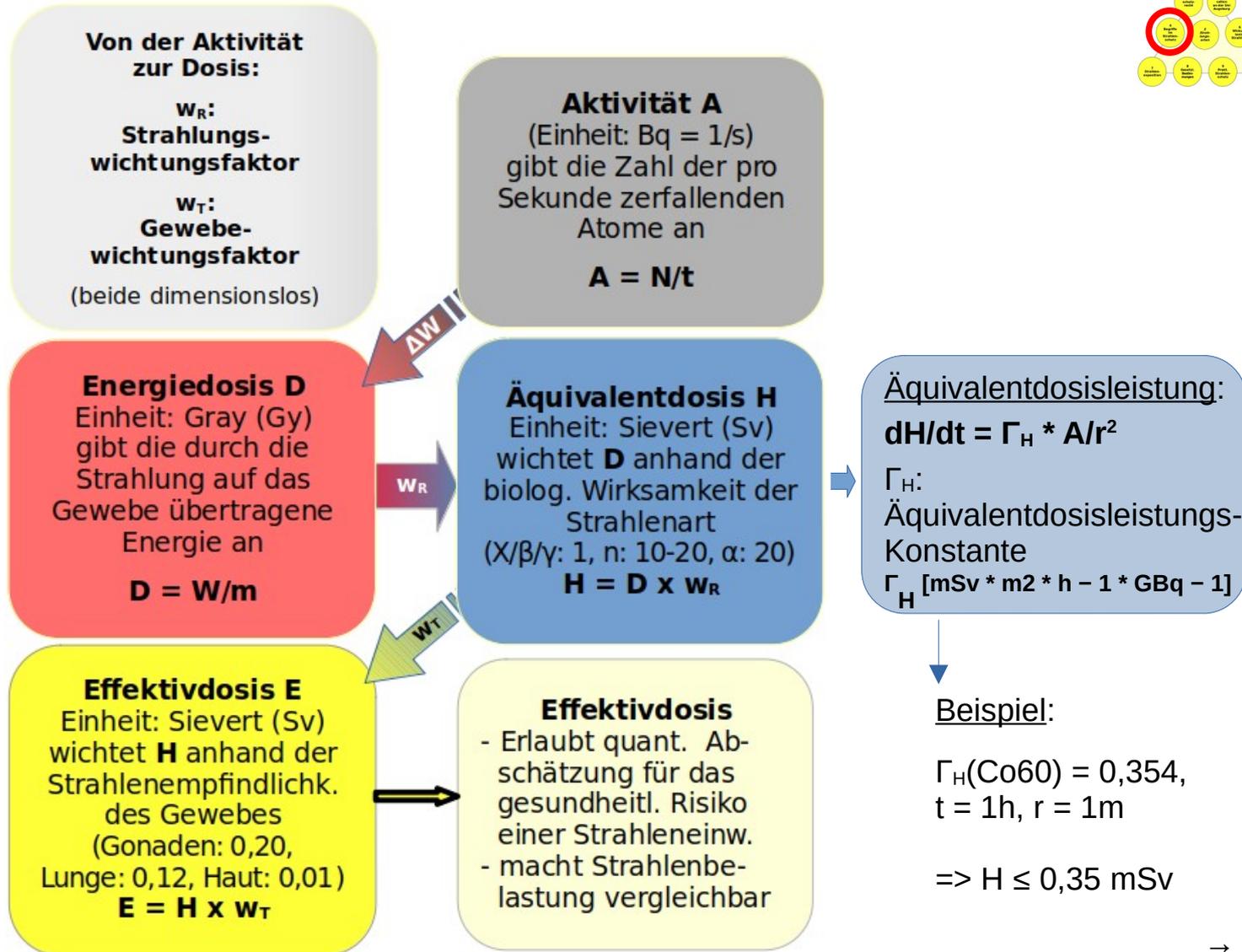
- Logarithmische Darstellung:



(Quelle: <https://www.analytik.ethz.ch/praktika/radiochemie/unterlagen/P01.pdf>)

4 Begriffe im Strahlenschutz

4.2 Dosisbegriffe



5 Einschub: Die verschiedenen Strahlungsarten



Bezeichnung	α -Strahlung	β -Strahlung	γ -Strahlung
Strahlungsteilchen	${}^4_2\text{He}^{++}$ Heliumkern	${}^0_{-1}\text{e}^-$ Elektron	elektromagnetische Wellenstrahlung
mittlere Reichweite	nur wenige cm	ca. 10cm	sehr weit
magnetisch ablenkbar	schwach magnetisch ablenkbar (Gegenrichtung zu β)	stark magnetisch ablenkbar (Gegenrichtung zu α)	nicht magnetisch ablenkbar
Durchdringbarkeit von Materialien	relativ gering	besser als bei der α -Strahlung	ziemlich groß
Abschirmbarkeit (Schutz vor dieser Strahlung)	bereits mit dünnen Schichten der meisten Materialien möglich	durch "mittlere" Schicht- stärken vieler Materialien	große Schicht- stärken von "schweren" Materialien erforderlich

5 Einschub: Die verschiedenen Strahlungsarten



Bezeichnung	α -Strahlung	β -Strahlung	γ -Strahlung
Strahlungsteilchen	${}^4_2\text{He}^{++}$ Heliumkern	${}^0_{-1}\text{e}^-$ Elektron	elektromagnetische Wellenstrahlung

α :	<i>Rn220, Po214</i>
β :	<i>H3 (sehr weich), S35 (weich), P33 (mittelhart), P32 (sehr hart)</i>
γ :	<i>J152 (weich), Cr51 (hart)</i>

Durchdringbarkeit von Materialien	relativ gering	besser als bei der α -Strahlung	ziemlich groß
Abschirmbarkeit (Schutz vor dieser Strahlung)	bereits mit dünnen Schichten der meisten Materialien möglich	durch "mittlere" Schichtstärken vieler Materialien	große Schichtstärken von "schweren" Materialien erforderlich

6 Wirkung ionis. Strahlung auf den menschlichen Körper

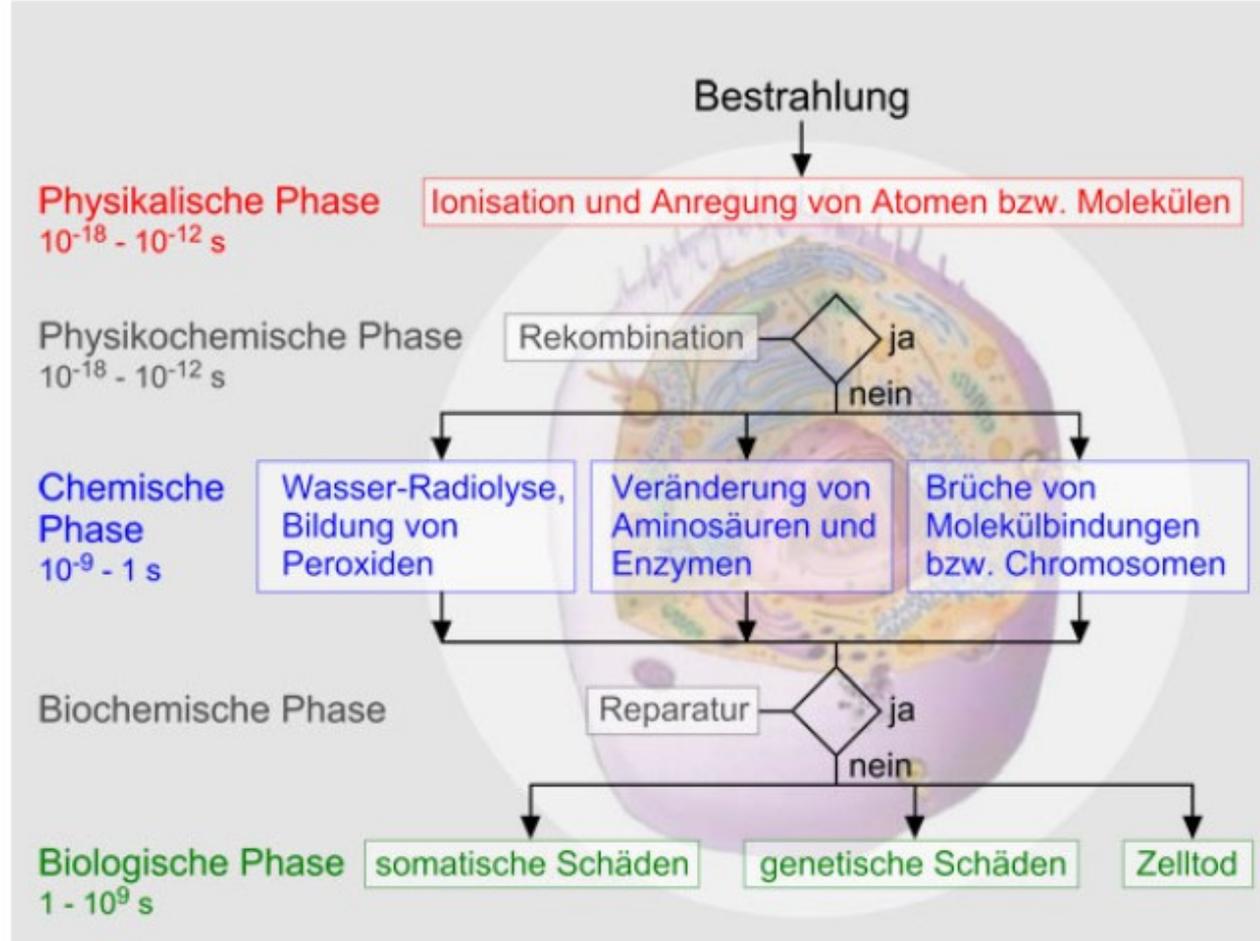
6.1 Effekte der ionisierenden Strahlung



Physikalische Effekte:	Biochemische Effekte:
Ionisation von Atomen und Molekülen	Zerbrechen von Molekülen
Erwärmung von Zellen	Veränderung der DNA (Aufbrechen der Doppelhelix)

6 Wirkung ionis. Strahlung auf den menschlichen Körper

6.1 Effekte der ionisierenden Strahlung



Quelle:

https://vetsuisse.com/vet-impl/learnmodule/htmls/print_all.html?radiosurfvet|radgeneral|radbio|cellularradbio

6 Wirkung ionis. Strahlung auf den menschlichen Körper

6.2 Schäden



- Strahlenschäden am menschlichen Gewebe:

Somatisch	Genetisch	Teratogen
------------------	------------------	------------------

- Unterteilung in

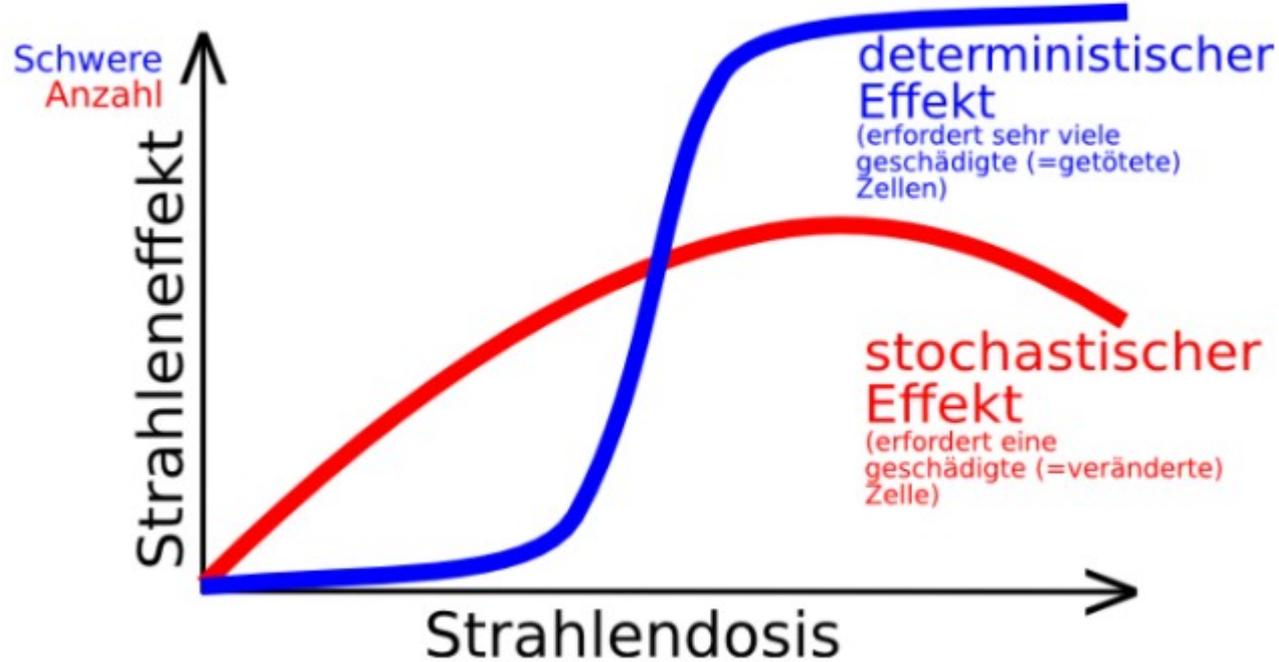
Deterministische Schäden (Akute Strahlenschäden) → Reparatur möglich (Selbstheilungsmechanismen)	Stochastische Schäden (Späte Strahlenschäden) → Keine Reparatur, Heilung möglich
--	--

6 Wirkung ionis. Strahlung auf den menschlichen Körper

6.2 Schäden



Dosis-Effekt-Beziehungen



(Quelle: http://www.biofizika.aok.pte.hu/data/2016/1125/551/Biol_Wirk_der_Str.pdf)

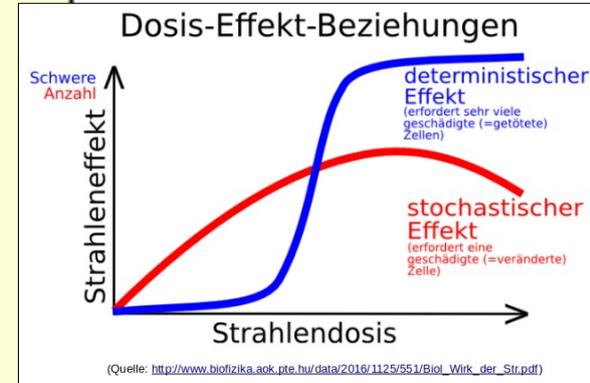
6 Wirkung ionis. Strahlung auf den menschlichen Körper

6.2 Schäden



Deterministische Schäden (Akute Strahlenschäden):

- Treten sofort/nach wenigen Wochen auf
- Die Schwere des Schadens steigt mit der Dosis an
- **Schwellwert**, unter dem kein Schaden auftritt:
250 mSv
- Überschreitung führt „deterministisch“ zu Schäden
- **Dosis** > ~ **500 mSv** → **Akute Strahlensymptome:** Kopfschmerzen, Hautrötungen, -verbrennungen, Übelkeit, Durchfall, Haarausfall, Infektionen, innere Blutungen, Versagen des Nervensystems ...



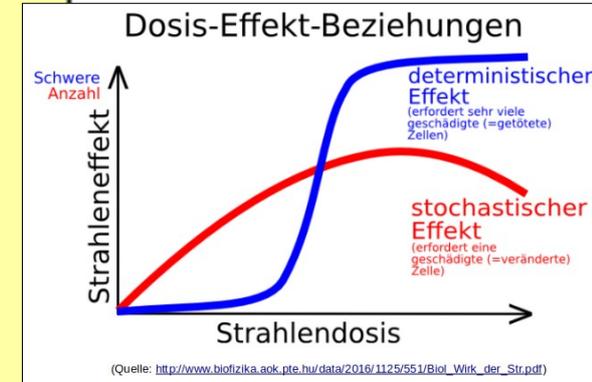
6 Wirkung ionis. Strahlung auf den menschlichen Körper

6.2 Schäden



Schwellwerte für deterministische Strahleneinwirkungen:

Dosis [mSv]	Strahlenschaden
250 - 500	Veränderung am Blutbild, Schäden bei Embryos
1.000	beginnende Strahlenkrankheit (Übelkeit, Erbrechen, Haarausfall)
2.000	Strahlenkrankheit, Hautschäden, ca. 10% Todesfälle
3.000	Blutungen, schwere Veränderung im Blutbild, ca. 20% Todesfälle
4.000	schwere Entzündungen, 50% Todesfälle
> 6000	> 90% Todesfälle



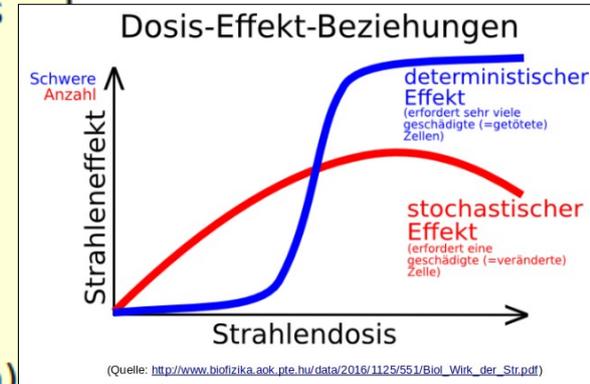
6 Wirkung ionis. Strahlung auf den menschlichen Körper

6.2 Schäden



Stochastische Schäden (Späte Strahlenschäden):

- Treten erst nach Jahren (bis zu Jahrzehnten) auf
- Die Wahrscheinlichkeit eines Schadens steigt mit der Dosis
- Können auch bei geringsten Dosen > 0 auftreten (**Kein** Schwellwert!)
- Mögliche Strahlensymptome bzw. Spätfolgen:
 - Strahlenbedingte Krebserkrankungen
 - Erbkrankheiten, Missbildungen (in späteren Generationen)
 - Unfruchtbarkeit



7 Strahlenexposition in Deutschland

7.1 Natürliche Strahlenexposition



Dosis	Innere Strahlenexposition ($\frac{2}{3}$) durch
1,1 mSv/a	Rn-Inhalation Drei nat. radioakt. Zerfallsreihen: U238, U235, Th232. Rn222: Instabiles Tochterelement aus der Uran-238 Zerfallsreihe
0,3 mSv/a	Nahrung (K-40, seit Entstehung der Erde vorhanden)
Dosis	Äußere Strahlenexposition ($\frac{1}{3}$) durch
300 μSv/a	Kosmische Strahlung (Sonne, Weltall)
400 μSv/a	Terrestrische Strahlung (Erdkruste)
2,1 mSv/a	Ges. nat. Strahlenexpos. (eff. Dosis)

7 Strahlenexposition in Deutschland

7.1 Natürliche Strahlenexposition



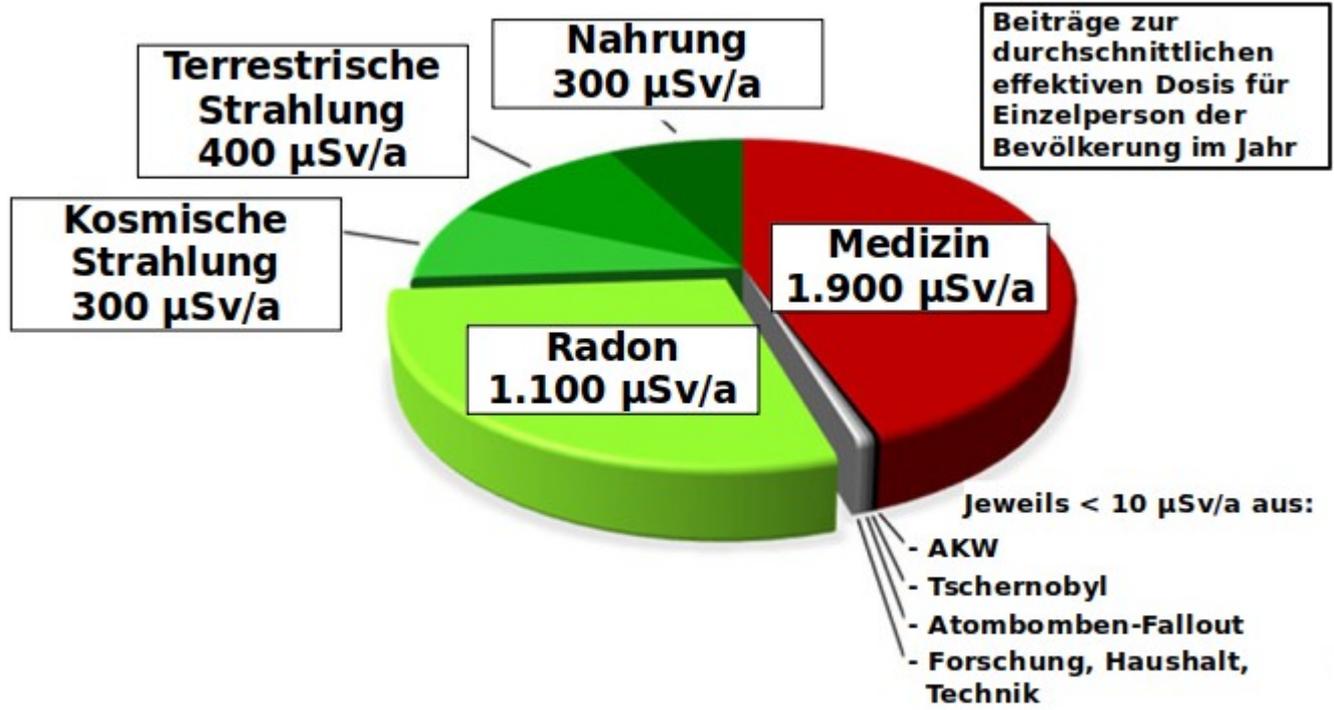
(Quelle: <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/umwelt-natur/kernenergie/strahlenschutz/informationen-zum-strahlenschutz/radioaktivitaet-und-ionisierende-strahlung/natuerliche-zerfallsreihen>)

7 Strahlenexposition in Deutschland

7.2 Zivilisatorisch bedingte Strahlenexposition („man made“)

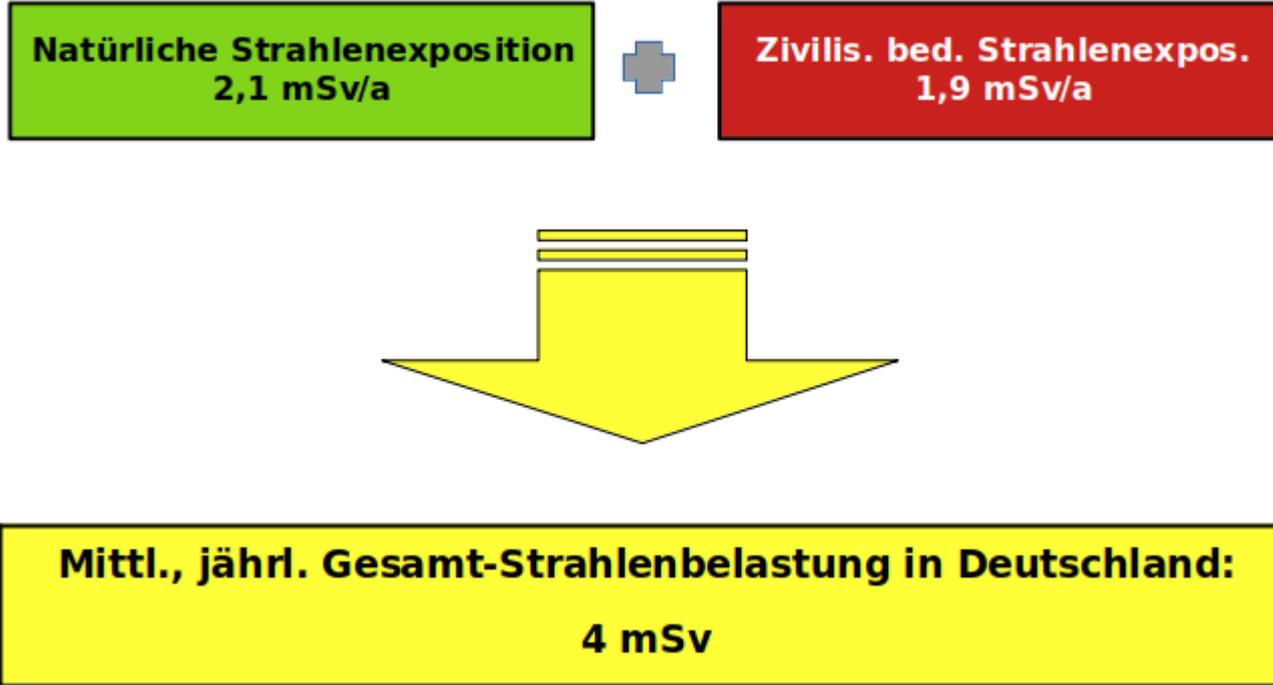


Durchschnittliche Strahlenexposition des Menschen in Deutschland



(Quelle: <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/umwelt-natur/kernenergie/strahlenschutz/informationen-zum-strahlenschutz/strahlenexposition-in-deutschland>)

7 Strahlenexposition in Deutschland



8 Gesetzliche Bestimmungen

8.1 Strahlenschutzgrundsätze (Grundlegende Prinzipien des Strahlenschutzes)



→ stehen jeweils im Kap. 1 des StrlSchG und der StrlSchV

Rechtfertigung	Dosisbegrenzung	Optimierung
Exposition muss begründet und hinsichtl. Nutzen/Risiko angemessen sein	Strahlendosen dürfen Grenzwerte nicht überschreiten	Oberster Grundsatz: Unnötige Strahlenbelastung vermeiden! (ALARA!)

8 Gesetzliche Bestimmungen

8.2 Strahlen(schutz)bereiche (§ 52 StrlSchV)



- räumlich abgetrennte Bereiche, in denen Personen ionisierender Strahlung ausgesetzt sein können, die oberhalb des Grenzwerts für das allg. Staatsgebiet liegt



8 Gesetzliche Bestimmungen

8.3 Max. Grenzwerte für beruflich exponierte Personen (im Kontrollbereich, § 71 StrISchV)



Personenkreis	Mögliche effektive Dosis
Kategorie A	6 - 20 mSv/a
Kategorie B	1 - 6 mSv/a
Einzelperson der Bevölkerung	≤ 1 mSv/a

- Ab 6 mSv/a mögl. Dosis:
Person muss in die Kat. A eingestuft werden
(Dies ist aber kein Grenzwert für Kategorie-B-Personen)

- **Für alle berufl. strahlenexponierten Personen gilt:**

Jahresgrenzwert der effektiven Dosis ≤ 20 mSv

8 Gesetzliche Bestimmungen

8.4 Wichtige Organ-Dosisgrenzwerte (§ 78 StrlSchG)



Dosisgrenzwert ...	
... für die Bevölkerung	
Effektive Dosis	1 mSv/a
Augenlinse	15 mSv/a
Haut	50 mSv/a
... für beruflich strahlenexponierte Personen	
Effektive Dosis	20 mSv/a
Augenlinse	20 mSv/a
Haut, Hände, Unterarme, Füße	Je 500 mSv/a
Berufslebensdosis	400 mSv
... für beruflich strahlenexponierte Personen unter 18 Jahren	
Effektive Dosis	1 mSv/a
Augenlinse	15 mSv/a
Haut, Hände, Unterarme, Füße	Je 50 mSv/a
... für gebärfähige Frauen und ungeborene Kinder	
Eff. Dosis (ungeb. Kind)	1 mSv (ab Bek. d. Schw.)
Uterus (gebärfähige Frauen)	2 mSv/m

8 Gesetzliche Bestimmungen

8.5 Typische Dosiswerte



Effektive Dosis	Ereignis
0,01 - 0,03 mSv	Thorax-CT
$\leq 0,1$ mSv	Flug München - Japan
1 - 3 mSv	Hirnschädel-CT
10 - 20 mSv	Ganzkörper-CT (Erwachsener)

8 Gesetzliche Bestimmungen

8.6 Zum Vergleich: Schwellwerte für deterministische Strahlenwirkungen



Effektive Dosis	Ereignis
0,01 - 0,03 mSv	Thorax-CT
≤ 0,1 mSv	Flug München - Japan
1 - 3 mSv	Hirnschädel-CT
10 - 20 mSv	Ganzkörper-CT (Erwachsener)

Dosis [mSv]	Strahlenschaden
250 - 500	Veränderung am Blutbild, Schäden bei Embryos
1.000	beginnende Strahlenkrankheit (Übelkeit, Erbrechen, Haarausfall)
2.000	Strahlenkrankheit, Hautschäden, ca. 10% Todesfälle
3.000	Blutungen, schwere Veränd. im Blutbild, ca. 20% Todesfälle
4.000	schwere Entzündungen, 50% Todesfälle
> 6.000	> 90% Todesfälle

9 Praktischer Strahlenschutz Strahlenschutz- und Sicherheitsmaßnahmen



9.1 Allgemeines

- **Wdh. (s. 8.1, ALARA):**
 - Jede unnötige Strahlenexposition vermeiden
 - Jede unvermeidbare Strahlenexposition so gering wie möglich halten
- Praktischer Strahlenschutz → 3 grundsätzliche Maßnahmen:

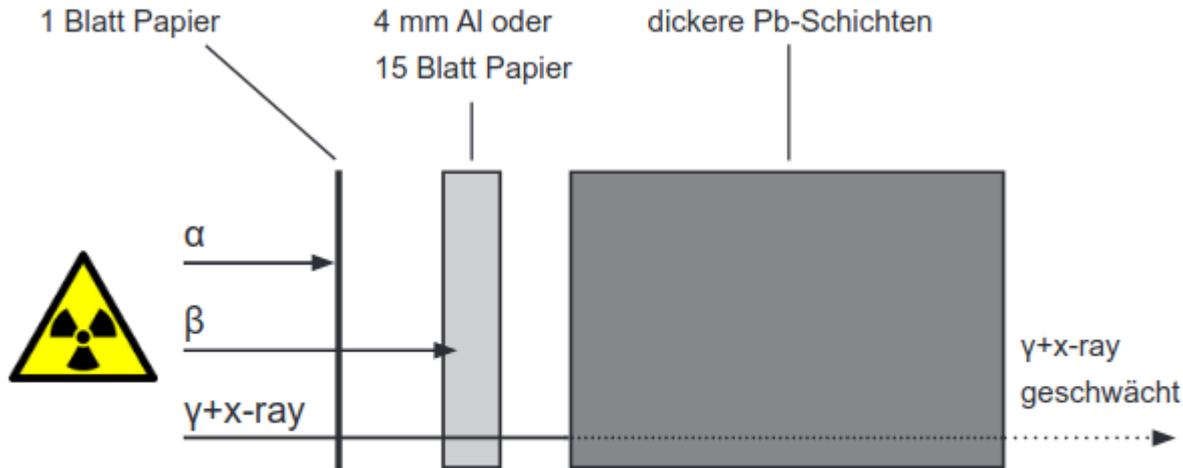
Schutz vor		
Äußerer Strahlung	Kontamination	Inkorporation - Inhalation - Ingestion (- Wunden)

9 Praktischer Strahlenschutz Strahlenschutz- und Sicherheitsmaßnahmen

9.2 Schutz vor äußerer Strahlung (4A-Regel)



1. Abschirmung:



(Quelle: <https://www.uibk.ac.at/mineralogie/laboratory-and-field-security/strahlenschutzunterweisung.pdf>)

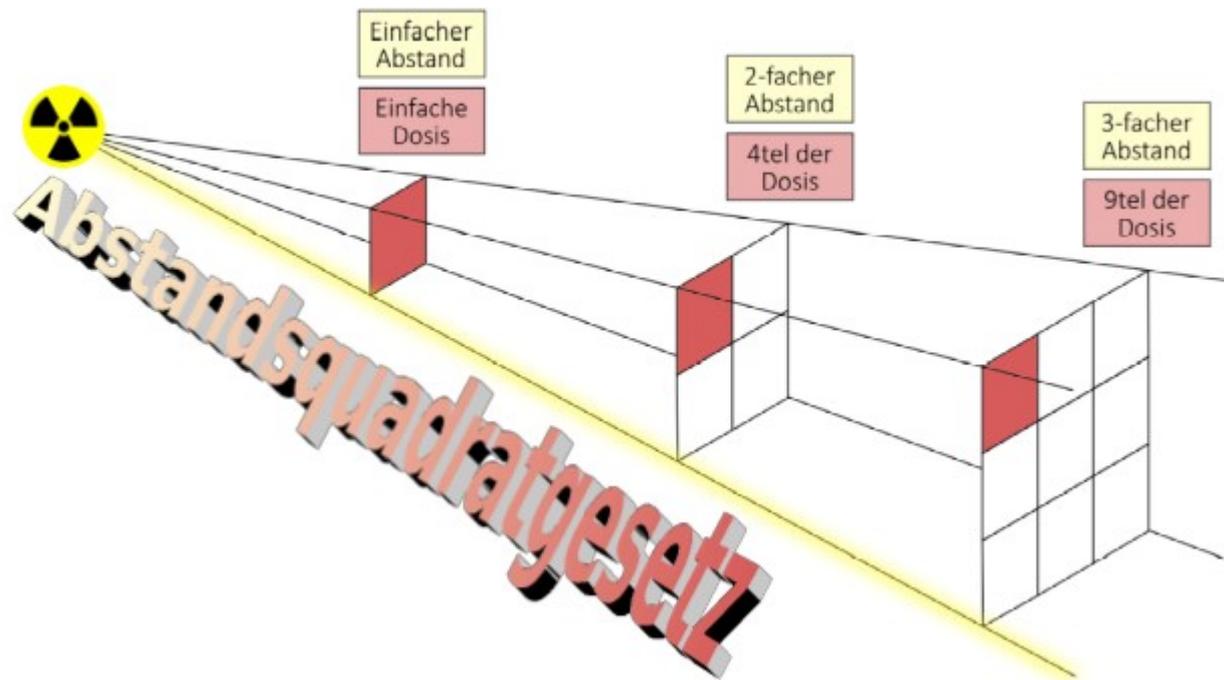
9 Praktischer Strahlenschutz Strahlenschutz- und Sicherheitsmaßnahmen



9.2 Schutz vor äußerer Strahlung

2. Abstand:

$$\text{Dosis} \approx \frac{\text{Aktivität}}{\text{Abstand}^2}$$



(Quelle: <https://medizinphysik.wiki/glossar/abstandsgesetz/>)

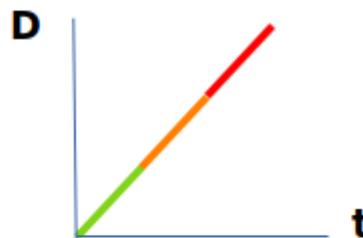
9 Praktischer Strahlenschutz Strahlenschutz- und Sicherheitsmaßnahmen



9.2 Schutz vor äußerer Strahlung

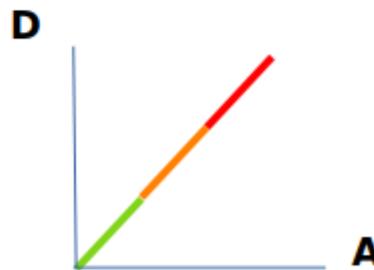
3. Aufenthaltsdauer

- einer Exposition ist so gering wie möglich zu halten
- erhöht linear die empfangene Dosis



4. Aktivität

- eines eingesetzten Radionuklids ist möglichst gering zu halten
- erhöht linear die empfangene Dosis



9 Praktischer Strahlenschutz Strahlenschutz- und Sicherheitsmaßnahmen



9.3 Überwachung und Messung von Strahlung

Voraussetzung

für sicheren Umgang mit ionisierender Strahlung:

- Strahlungsmessgeräte
- Personendosimeter
(OSL-Dosimeter, Stabdosimeter)
 - Dosisleistungsmessgeräte



9 Praktischer Strahlenschutz Strahlenschutz- und Sicherheitsmaßnahmen

9.4 Schutz vor Kontamination und Inkorporation



→ Gleiche Regeln wie beim Umgang mit Giftstoffen:



- Strahler nicht mit bloßen Händen anfassen!
- Vorsicht bei offenen Wunden → mit dichtem Pflaster abdecken!
- Im Labor: Nicht essen, nicht trinken!

9 Praktischer Strahlenschutz Strahlenschutz- und Sicherheitsmaßnahmen

9.5 Beschäftigung in fremden Anlagen (§ 25 StrlSchV), Strahlenschutzregister (§ 170 StrlSchG)

- Wer in fremden Anlagen oder Einrichtungen Aufgaben wahrnimmt oder unter seiner Aufsicht stehende Personen beschäftigt und dies bei diesen Personen zu einer effektiven Dosis von mehr als 1 mSv/a führen kann, benötigt eine Genehmigung.
 - Ausstellung eines Strahlenpasses
 - Unterweisung für Strahlenpass-Inhaber (§ 68 StrlSchV)
- Aufgrund § 170 StrlSchG benötigen
 - alle Strahlenpass-Inhaber
 - sowie
 - beruflich exponierten Personen

ab dem 31.12.2018 eine eindeutig persönliche Kennnummer:

Die Strahlenschutzregisternummer (SSR-Nummer)



9 Praktischer Strahlenschutz Strahlenschutz- und Sicherheitsmaßnahmen

9.5 Beschäftigung in fremden Anlagen (§ 25 StrlSchV), Strahlenschutzregister (§ 170 StrlSchG)

- Wer in fremden Anlagen oder Einrichtungen Aufgaben wahrnimmt oder unter seiner Aufsicht stehende Personen beschäftigt und dies bei diesen Personen zu einer effektiven Dosis von mehr als 1 mSv/a führen kann, benötigt eine Genehmigung.

→ Ausstellung eines Strahlenpasses
→ Unterweisung für Strahlenpass-Inhaber (§ 68 StrlSchV)

- Aufgrund § 170 StrlSchG benötigen
 - alle Strahlenpass-Inhaber
sowie
 - beruflich exponierten Personen

ab dem 31.12.2018 eine eindeutig persönliche Kennnummer:

Die Strahlenschutzregisternummer (SSR-Nummer)



Bundesamt für Strahlenschutz

Zertifikat

Herr/Frau **Wolfgang Reiber**

(geb. **Reiber**)

geboren am **19.05.1960 in Stuttgart**

erhält folgende

Strahlenschutzregisternummer

DEA000247179

ausgestellt am **02.05.2019**

Bitte bewahren Sie dieses Dokument sorgfältig auf!

Die Strahlenschutzregisternummer (SSR-Nummer) ist Ihre persönliche Kennnummer nach §170 Strahlenschutzgesetz und für die zentrale Überwachung der beruflichen Strahlendosis erforderlich. Über die SSR-Nummer sind Sie im Strahlenschutzregister eindeutig identifiziert. Mithilfe dieser Nummer können sowohl Dosisfeststellungen aus Ihrer beruflichen Strahlendosisexposition als auch Strahlenpassdaten korrekt Ihrer Person zugeordnet werden. Ihre Strahlenschutzregisternummer bleibt stets gleich, auch bei Änderung Ihres Familiennamens.

Die SSR-Nummer ist Ihrem zuständigen Strahlenschutzbeauftragten auf Verlangen (insbesondere nach Wechsel des Betriebs) sowie der zuständigen Behörde bei der Registrierung eines Strahlenpasses vorzulegen. Bitte geben Sie Ihre Strahlenschutzregisternummer auch bei allen Anträgen, Anfragen oder Mitteilungen an das Strahlenschutzregister, an Strahlenschutzbehörden oder Messstellen an.

Datenschutzerklärung

Ihre personenbezogenen Daten werden im Rahmen der Beantragung einer persönlichen Kennnummer (SSR-Nummer) und zur Überwachung von Dosisgrenzwerten durch das Bundesamt für Strahlenschutz gemäß § 170 Strahlenschutzgesetz verarbeitet. Diese Angabe personenbezogener Daten ist nötig, um eine eindeutige Zuordnung und Bilanzierung der individuellen Dosiswerte aus der beruflichen Strahlendosisexposition im Strahlenschutzregister zu gewährleisten.

Bitte beachten Sie, dass personenbezogene Daten grundsätzlich nicht an Dritte weitergegeben werden, sondern lediglich der Überwachung von Dosisgrenzwerten dienen. Im Einzelfall können die gemeldeten personenbezogenen Daten jedoch gemäß § 170 Strahlenschutzgesetz mit schriftlicher Einwilligung der betroffenen Personen zu Forschungszwecken verwendet oder an Dritte übermittelt werden. Ohne diese Einwilligung dürfen die Daten ausschließlich nach den dafür vorgesehenen Maßnahmen des § 27 Bundesdatenschutzgesetz verarbeitet bzw. nach § 170 Strahlenschutzgesetz übermittelt werden.

Weitere Informationen, insbesondere zu Ihren Rechten im Zusammenhang mit der Nutzung dieser Daten, finden Sie in der Datenschutzerklärung unter www.bfs.de

Dieses Dokument ist maschinell erstellt und auch ohne Unterschrift gültig.

Bundesamt für Strahlenschutz, Strahlenschutzregister, Ingolstädter Landstr. 1, 85764 Neuherberg, www.bfs.de, ssr@bfs.de



Geregelt im StrlSchG:

- § 12 StrlSchG (Genehmigungsbedürftiger Betrieb)

(1) Einer Genehmigung bedarf, wer

1. ...
2. ...
3. ...
- 4.

eine Röntgeneinrichtung betreibt; ausgenommen sind Röntgeneinrichtungen, für deren Betrieb, auch unter Berücksichtigung der Genehmigungsbedürftigkeit nach § 19 (...) eine Anzeige (...) ausreichend ist,

5.

einen Störstrahler betreibt; ausgenommen ist ein Störstrahler, der (...) genehmigungsfrei betrieben werden darf.

(2) Einer Genehmigung bedarf auch, wer eine der in Absatz 1 Nummer 1 bis 5, jeweils erster Halbsatz, genannten genehmigungsbedürftigen Tätigkeiten wesentlich ändert.



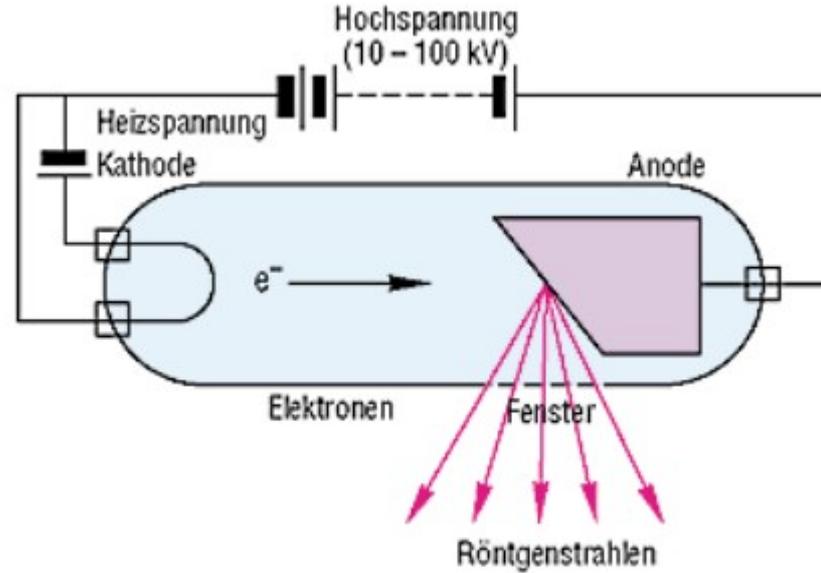
- **§ 19 StrlSchG** (Genehmigungsfreier- aber anzeigebed. Betrieb)

„Bauartzugelassene“ Röntgenstrahler,
Basis-, Hoch-, und Vollschutzgeräte
sowie Schulröntgeneinrichtungen
sind von der Genehmigungspflicht befreit,
müssen aber 4 Wochen vor beabsichtigtem Beginn
beim GAA angezeigt werden

Hierzu zählen die meisten unserer Röntgenanlagen!
(Ausnahmen - z.B.: Beide JEOL-TEMs, RIGAKU-SmartLab)

10 Röntgenstrahler

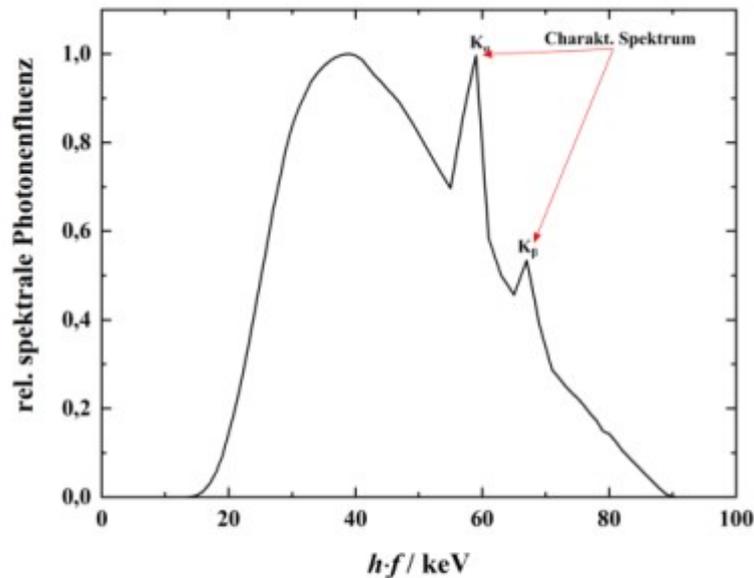
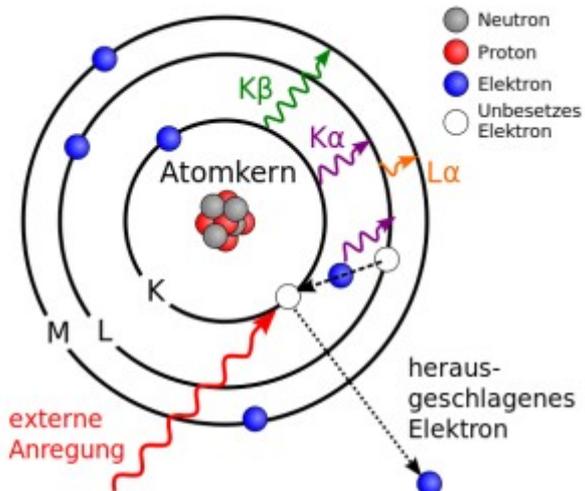
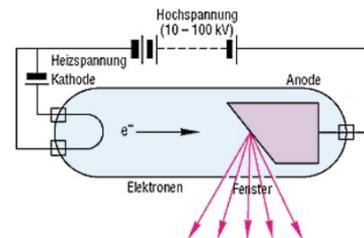
10.2 Aufbau und Funktion einer Röntgenröhre



(Quelle: http://www.elsevier-data.de/rochelexikon5a/pics/a33570.000-1_big.gif)

10 Röntgenstrahler

10.2 Aufbau und Funktion einer Röntgenröhre



(Quelle: <https://medizinphysik.wiki/wp-content/uploads/2019/12/Entstehung-der-charakteristischen-R%C3%B6ntgenstrahlung.png>)

(Quelle: <https://medizinphysik.wiki/wp-content/uploads/2019/12/Darstellung-eines-typischen-R%C3%B6ntgenspektrums.png>)



- Beeinflussung der Röntgen-Strahlung (u.a.) durch:

Röhrenspannung [kV] (Beschleunigungssp.)	→ <u>Energie</u> der beschl. Elektronen → Höhere Spannung → höhere Eindringtiefe, → härtere Strahlung (weich hart: 100kV)
Röhrenstrom [mA]	→ <u>Anzahl</u> der beschl. Elektronen → Höherer Strom → Strahlungsintensität ↗ (höhere Strahldichte)
Anodenmaterial	→ „Härte“ der Strahlung → Höheres Z → härtere Strahlung → Anforderung für guten η : Hohes Z, hohe T_s , hohe λ



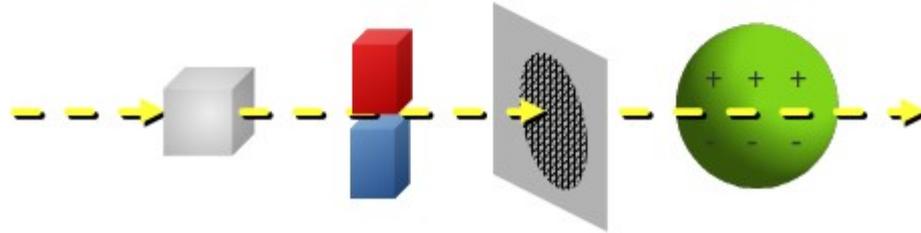
- Beeinflussung der Röntgen-Strahlung (u.a.) durch:

Röhrenspannung [kV] (Beschleunigungssp.)	→ <u>Energie</u> der beschl. Elektronen → Höhere Spannung → höhere Eindringtiefe, → härtere Strahlung (weich hart: 100kV)
Röhrenstrom [mA]	→ <u>Anzahl</u> der beschl. Elektronen → Höherer Strom → Strahlungsintensität ↗ (höhere Strahldichte)
Anodenmaterial	→ „Härte“ der Strahlung → Höheres Z → härtere Strahlung → Anforderung für guten η : Hohes Z, hohe T_s , hohe λ

$$\text{Gesamt-Intensität}_{\text{emX}} \approx I_{\text{Anode}} \times U^2_{\text{Beschl.}}$$

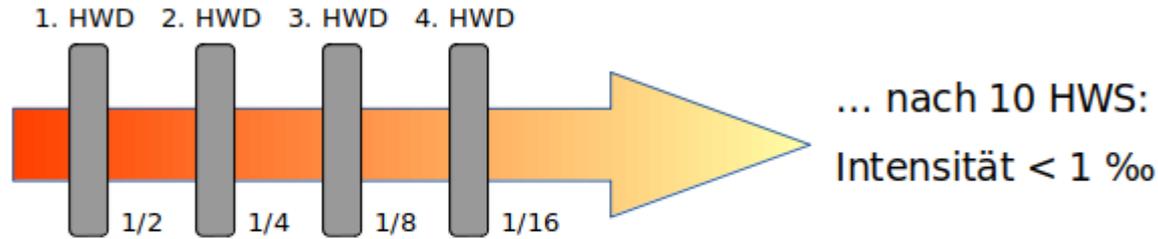


- Geradlinige Ausbreitung
- Durchdringung von Materie
- Keine Ablenkung durch elektrische/magnetische Felder
- Schwärzung lichtempfindlicher Materialien
- Ionisation von Gasen





- „**Halbwertschichtdicke**“ des Abschirmmaterials:
 - Schwächung der Intensität (DL) auf Hälfte des urspr. Wertes
 - Schwächung umso stärker, je höher ρ und Z des Absorbers

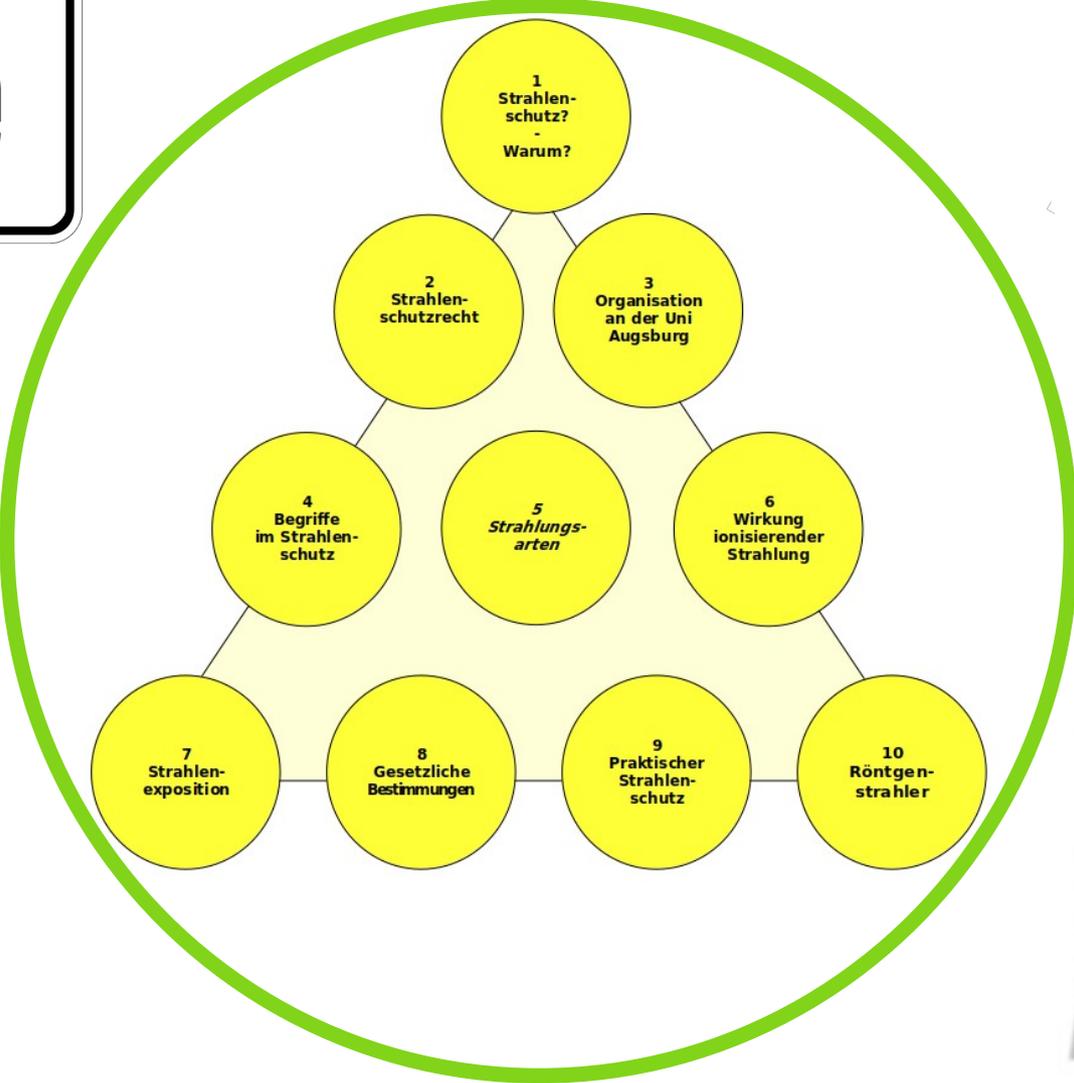


Energie [kV]	Halbwertsschichtdicke [mm]		
	Wasser	Beton	Blei
20	8	0,1	0,005
50	20	2	0,02
100	40	7	0,1





Ende



Bitte unterschreiben



(Quelle: <https://www.businessinsider.de/wissenschaft/nasa-die-sonne-laechelt-auf-einem-neuen-satellitenbild-a/>)