



Strahlenschutzbelehrung

<https://www.iph.uni-mainz.de/intern/arbeitssicherheit/strahlenschutz/>



Karl Geib, Peter Blümler
Physik, Universität Mainz





Strahlenschutzverordnung

- Definiert den rechtlichen Rahmen für den Erwerb, die Verwahrung, den Umgang und die Entsorgung von radioaktiven Stoffen (künstlich und natürlich)
 - Bestimmt den Betrieb von Anlagen, welche ionisierende Strahlung von $>5\text{keV}$ (Elektronen ab 1MeV) erzeugt
 - Photonen von $5\text{keV}-1\text{MeV}$ werden von der Röntgenverordnung erfasst
 - Definiert die Vorsichtsmaßnahmen bei Arbeiten mit und in der Umgebung von radioaktiven Quellen
 - Legt Regeln für den Transport von Quellen fest
 - Ziel: Schutz der Menschen und der Natur vor schädlicher ionisierender Strahlung
- 

Verantwortlichkeiten

- Strahlenschutzverantwortlicher ist, als Eigentümer der Anlagen, der Präsident der Universität
- Im Auftrag des Strahlenschutzverantwortlichen übernimmt der Strahlenschutzbeauftragte die Verantwortung im Institut:

Karl Geib

Raum 04-217

Geb. 2.412

Tel. 39-23660

karl.geib@uni-mainz.de



Peter Blümmler

Raum 02-325

Geb. 2.413

Tel.: 39-24240

bluemler@uni-mainz.de





Radioaktivität

- | | Reichweite in Luft |
|---|--------------------|
| – γ -Strahlung | viele Meter |
| – β -Strahlung (Elektron oder Positronen) | 3 Meter (E=1MeV) |
| – α -Strahlung (He-Kerne) | 6 cm (E= 5MeV) |
| – Neutronen aus Kernzerfällen | viele Meter |
-
- Kosmische Strahlung (hauptsächlich Müonen)
 - Künstlich erzeugte Strahlung
 - Gammas (z.B. Bremsstrahlung von Elektronen)
 - Geladene Teilchen aus Beschleunigern
 - Teilchen aus sekundären Prozessen
(Neutronen, Protonen, α -Teilchen, Pionen, Müonen ...)
- 

Einheiten

- Aktivität: Zerfälle pro Sekunde
 - Einheit Bequerel: $1\text{Bq} = 1\text{ Zerfall/s}$
- Energiedeposition pro kg: $D = \Delta E / \Delta m \rightarrow$ Energiedosis
 - Einheit Gray: $\text{Gy} = \text{J/kg}$
- Äquivalentdosis $H = w_R \cdot D$ berücksichtigt biologische Wirkung
 - Einheit Sievert: $\text{Sv} = \text{J/kg}$
 - Wichtungsfaktoren (Qualitätsfaktor, QF)

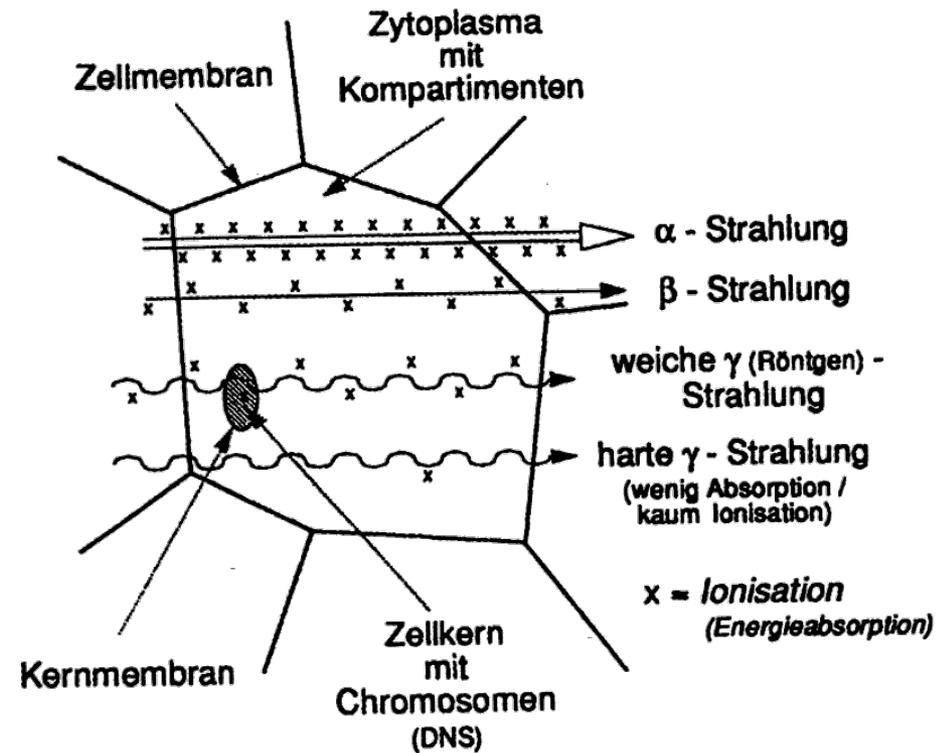
Strahlenart	Energie (MeV)	keV/ μm	QF
α -Teilchen	5	90	20
Schnelle Neutronen	6	20	10
Protonen	2	17	10
Röntgen	0.2	2.5	1
^{60}Co	1.25	0.3	1
β -Strahlung	2	0.3	1



Wirkung von ionisierender Strahlung

Direkte Wirkung

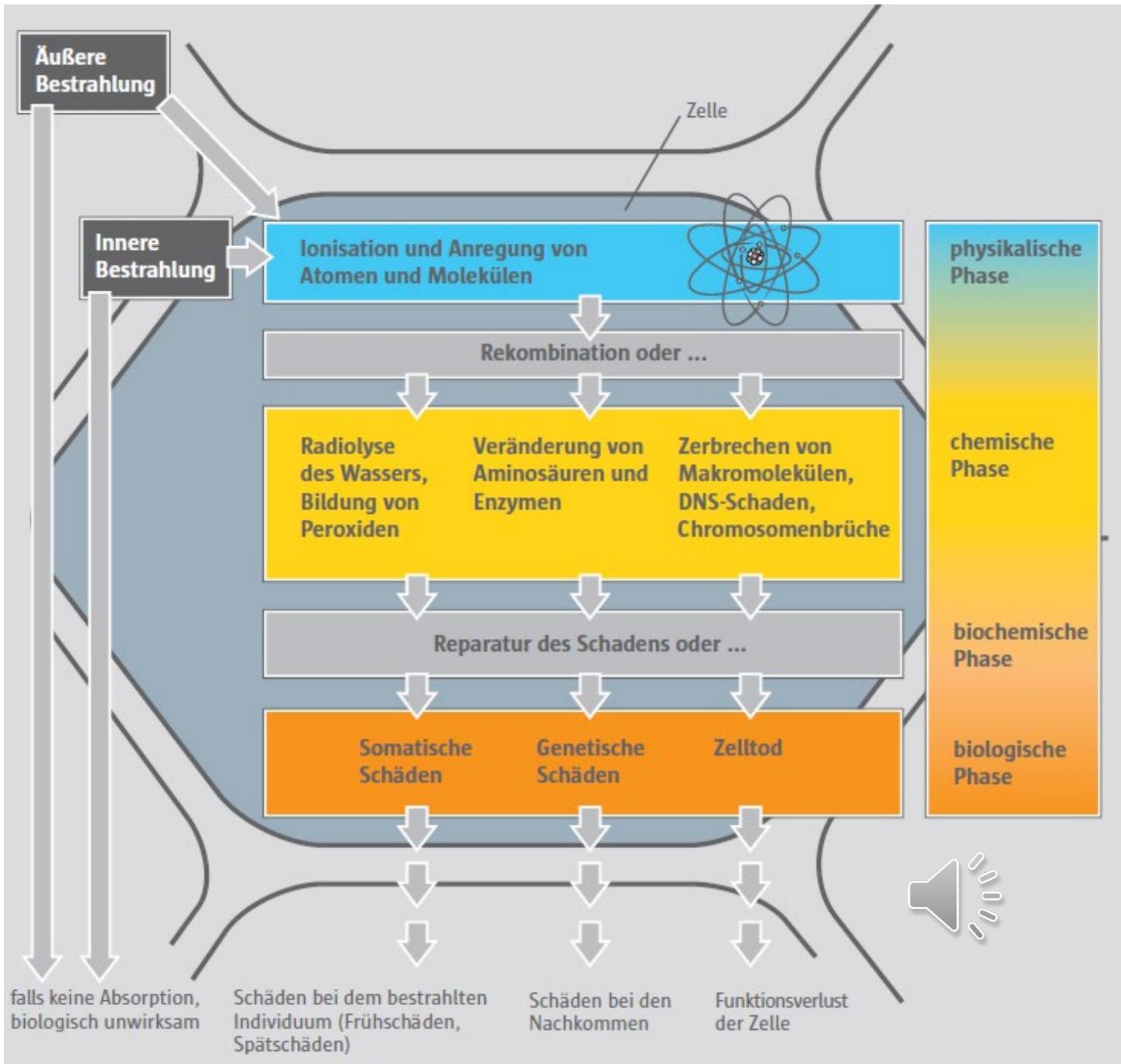
- Hoher Energieübertrag (Anregung) auf Molekül und direkte Dissoziation
- Proteine, Polysaccharide, Fettsäuren recht resistent, bzw. werden schnell abgebaut und ersetzt
- Gefährdet: Nukleinsäuren, aber recht effiziente Reparaturmechanismen



ca. 10^{14} Ionenpaare durch natürliche Strahlenexposition pro Jahr und kg Körpergewicht

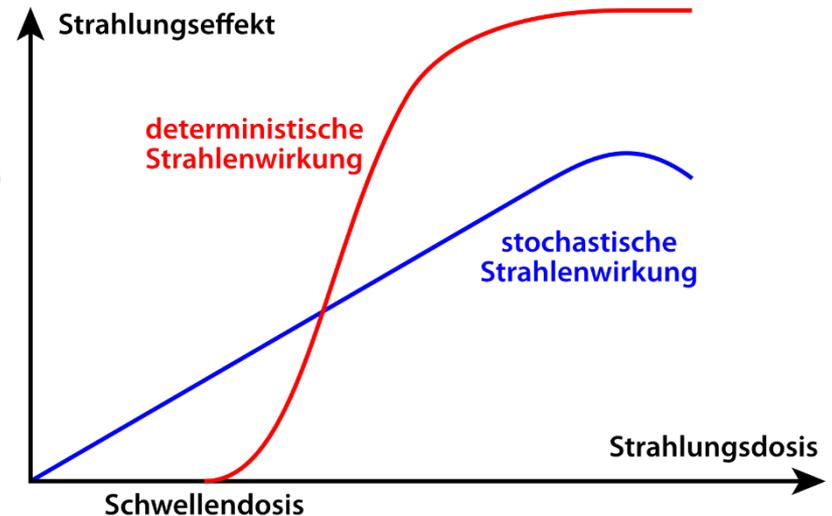


Biologische Wirkung/Schäden



Strahlenschädigung

Stochastische Schädigungen (z.B. Krebserkrankungen)
Schädigung zufallsabhängig (z.B. Mutationen)
Höhe der Dosis beeinflusst nicht Schwere sondern **Wahrscheinlichkeit** der Schädigung
Keine Schwellendosis !

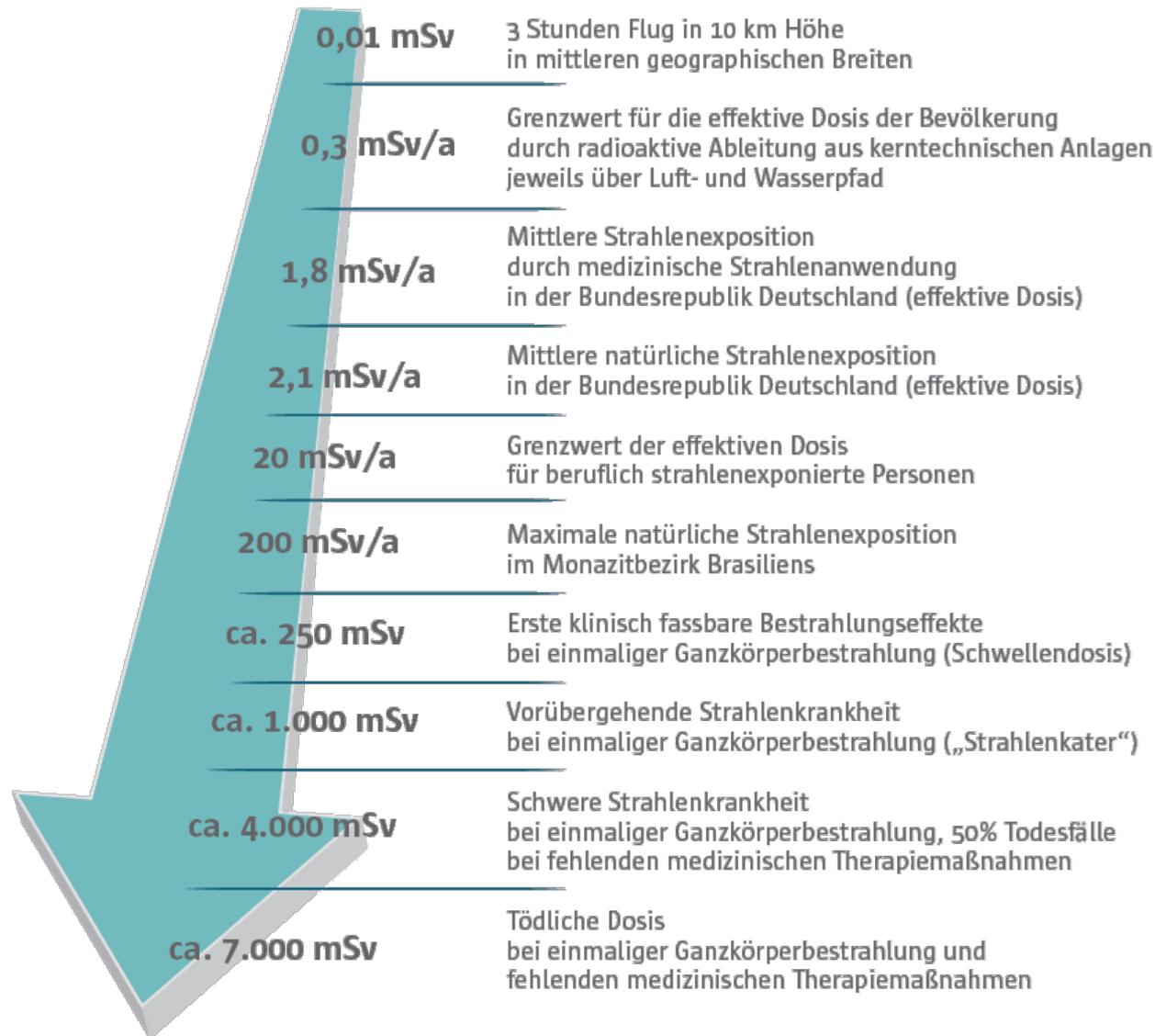


Nicht-stochastische (deterministische) Schädigungen

- **Individuelle Schwelle** ab der Strahlenfolgerscheinungen auftreten
- Unterhalb der Schwelle (ca. 0.5 Sv): Reparaturmechanismen der Zellen und damit keine sofort erkennbare Effekte
- Oberhalb der Schwelle steigen Erscheinungen an (proportional mit Dosis).
Z. B. massive Organschäden/Strahlenkrankheit (Haut, Haare, Darm)

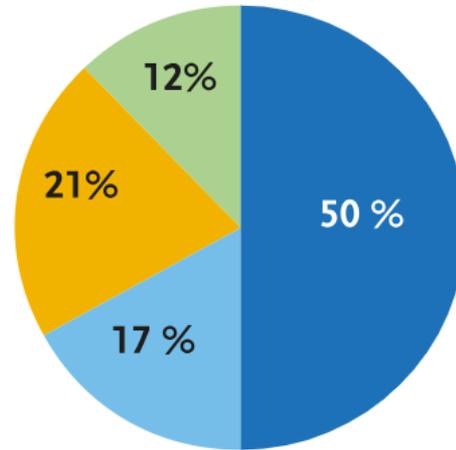


Typische Werte/Schäden



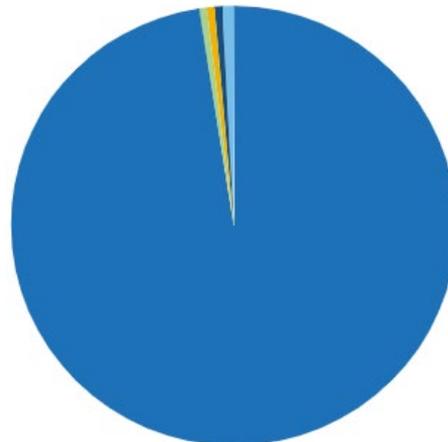
Strahlenbelastung

Belastung durch natürliche



- Inhalation von Radon und Zerfallsprodukten 1,1 mSv
- kosmische Strahlung 0,3 mSv
- terrestrische Strahlung 0,4 mSv
- Aufnahme von Radionukliden 0,3 mSv

und zivilisatorische Strahlung der Gesamtbevölkerung



- Medizin 1,7 mSv/a
- Tschernobyl < 0,01 mSv/a
- Industrie, Forschung < 0,01 mSv/a
- Atombomben-Fallout < 0,01 mSv/a
- Kerntechnische Anlagen < 0,01 mSv/a

Spätfolgen

Häufigsten Spätschäden aufgrund lokaler Bestrahlung sind:

- **Katarakt** Linsentrübung aufgrund gestörter Zellteilung
- **Hautschäden** Pigmentierung, Geschwüre, krebsartige Entartung

Bei Ganzkörperbestrahlung:

- **Tumore in jedem Organ möglich** (Wahrscheinlichkeiten für jedes Organ und Individuum unterschiedlich)

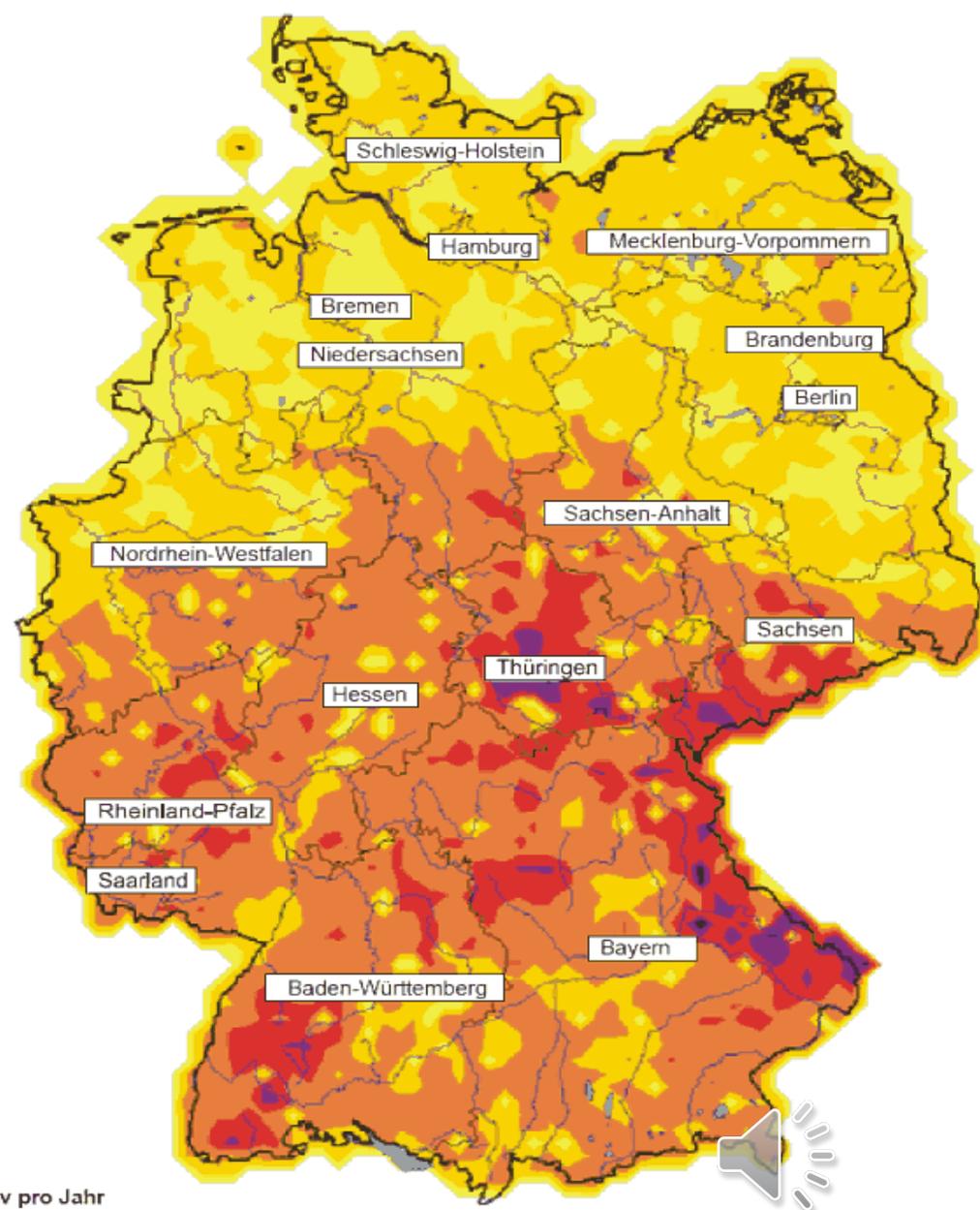
Zeitspanne 10-15 Jahre für Leukämie und 25-40 Jahre für Hautkrebs

Zusätzliches Krebsrisiko pro Sv = 5%

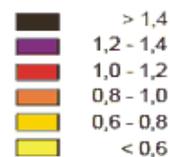
(muss zu 20% Risiko addiert werden)

Krebsart	Risiko-Koeffizient % pro Sv	letaler Anteil der Krebsfälle [%]
Magenkrebs	1,1	90
Leberkrebs	0,15	95
Lungenkrebs	0,85	95
Knochenmark/ Leukämie	0,5	99
Schilddrüse	0,08	10
Brustkrebs	0,2	50
Hautkrebs	0,02	0,2
Totales zusätz- liches Risiko	5	80

Terrestrische Strahlung



mSv pro Jahr



Daten aus IMIS

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit, Bonn



Terrestrische Strahlung

Tabelle II: Gehalt verschiedener Bodenarten an natürlichen Radionukliden

Radionuklid ($T_{1/2}$)	Konzentration	Bodenart			
		Granit	Lehm	Kalk	Sand
Ra226 ($1,6 \times 10^3$ a)	$\mu\text{g/t}$ (ppb)	1,7	1,3	0,44	0,15
Th232 ($1,4 \times 10^{10}$ a)	g/t (ppm)	18	12	1,1	1,7
K40 ($1,3 \times 10^9$ a)	g/t (ppm)	3,8	1,7	0,2	0,6

- Natürliche Strahlenbelastung aus der Erde schwankt sehr stark!
- Z.B hoch im Schwarzwald und Erzgebirge: früher Uranabbaugebiete
- Geringste Belastung in Norddeutschland (Sandboden)
- Hauptbelastung aus U-238 Zerfallskette: vor allem Radon-gas in Kellern

Tabelle III: Terrestrische Strahlendosis in verschiedenen Gebieten der Erde

Gebiet	Bewohner in Mill.	Dosisleistung in mSv/a	
		Mittelwert	Maximum
Bundesrepublik Deutschland	80	0,5	5
Frankreich, Granitbezirke	7	2,5	4
Frankreich "hot spot"	0	-	900
Indien, Kerala	0,07	10	40
Brasilien, Atlantikküste	0,04	8	170
Brasilien, Poco de Caldas	0	-	250
Iran, Ramsar		18	450

Tabelle IV: Einfluß der Baumaterialien auf die Strahlenexposition in Wohngebäuden

Baustoff	zusätzliche Strahlenexposition in $\mu\text{Sv/a}$
Holz	0
Kalkstein, Sandstein	0-100
Ziegel, Beton	100-200
Naturstein, Glas	200-400
Schlackenstein, Granit	400-2000

Beruflicher Strahlenschutz



Kennzeichnung

- Strahlenschutzverordnung
 - Kennzeichnung von Präparaten
 - Kennzeichnung von Kontroll- bzw. Sperrbereichen
 - Kennzeichen NICHT in den Müll tun!

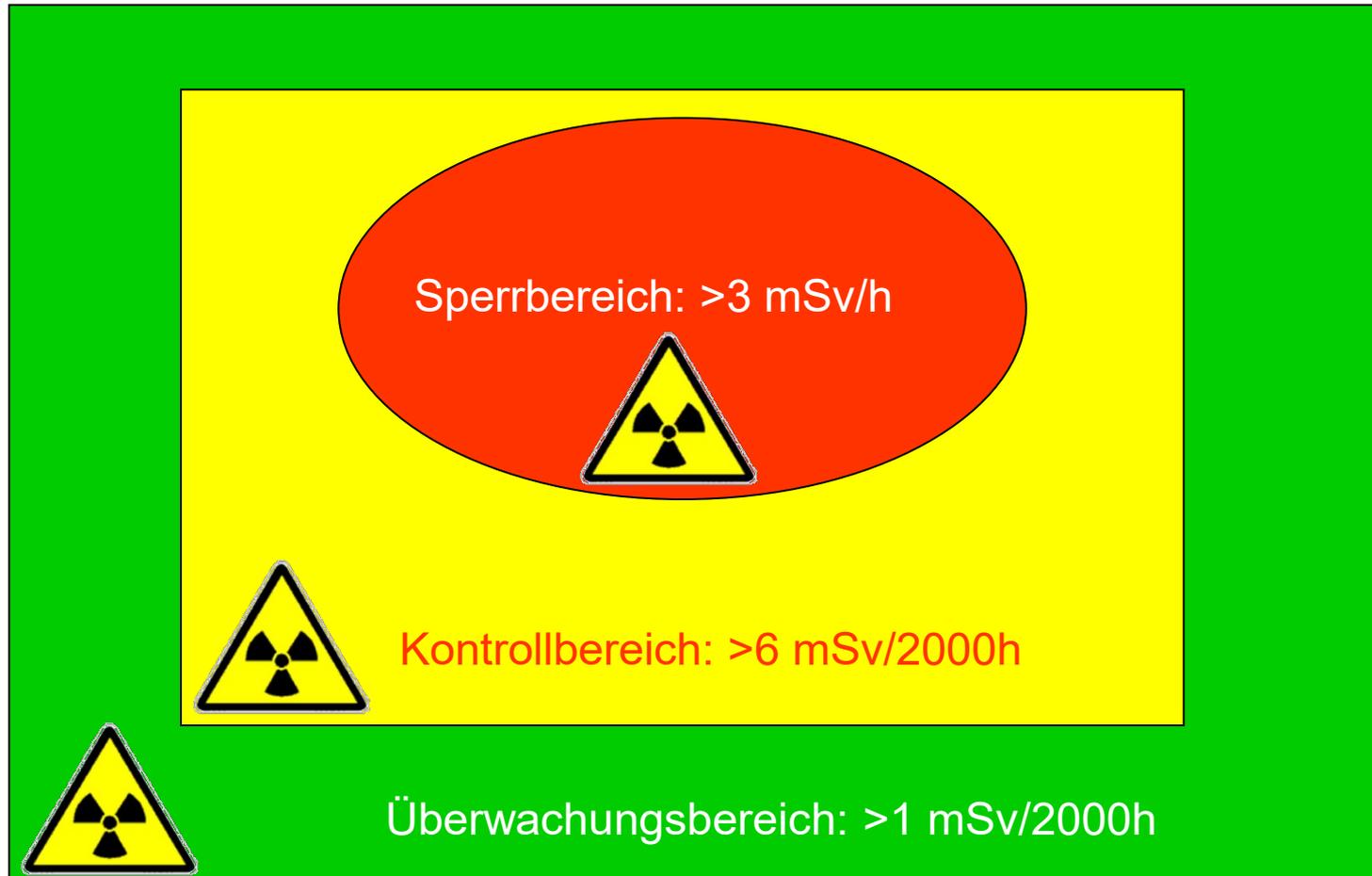


- Röntgenverordnung
(kein spezielles Zeichen!)

Röntgenstrahlung – kein Zutritt



Strahlenschutzbereich



Allgemeines Staatsgebiet: $<1 \text{ mSv/a}$





Regeln beim Umgang mit radioaktiven Stoffen

Alle Räumlichkeiten, in denen dauerhaft oder gelegentlich radioaktive Präparate oder andere Quellen ionisierender Strahlung Verwendung finden oder gelagert werden, bedürfen **UNBEDINGT** einer **UMGANGSGEHMIGUNG** und **KENNZEICHNUNG!** (durch den Strahlenschutzbeauftragten)

- Essen, trinken, rauchen ist nicht gestattet !!
- Vor dem Umgang mit radioaktiven Stoffen nachdenken!

“4A-Regel”:

- Abstand zur Quelle so groß wie möglich
- Aufenthaltszeit im Bereich der Quelle so kurz wie möglich
- Aktivität der Quelle so gering wie möglich
- Abschirmung der Quelle so dick wie nötig





Regeln beim Umgang mit radioaktiven Stoffen

- Offene Quellen
 - Arbeitsplatz so einrichten, dass keine Kontamination passieren kann (z.B. Auffangwanne)
 - Schutzkleidung und Handschuh tragen
 - Kontamination sofort dem Strahlenschutzbeauftragten melden!

WICHTIG: Selbst über lokale Gegebenheiten informieren!



Grenzwerte für Körperdosen

Körperdosis	Grenzwerte der Körperdosis (mSv) / Jahr	
	Beruflich strahlenexponierte Personen	Nicht beruflich strahlenexponierte Personen
Effektive Dosis (gewichteter Mittelwert)	20	1
Organdosis: Keimdrüsen, Gebärmutter, rotes Knochenmark	50	entfällt
Organdosis: Augenlinse	150*)	15
Organdosis: Schilddrüse, Knochenoberfläche	300	entfällt
Organdosis: Hände, Unterarme, Füße, Knöchel, Haut	500	50
Organdosis: Dickdarm, Lunge, Magen, Blase, Leber etc.	150	entfällt



Dosimetrie

Überwachung durch Dosimeter vorgeschrieben für Personen, die im Kontrollbereich arbeiten ($> 6 \text{ mSv}$, Kat A)

Müssen dann bei Umgang mit Quellen getragen werden



Filmdosimeter
(β) γ x-ray



Albedo- (Thermolumineszenz)
Dosimeter: n (β) γ x-ray
Neutronen $> 0.5 \text{ eV}$

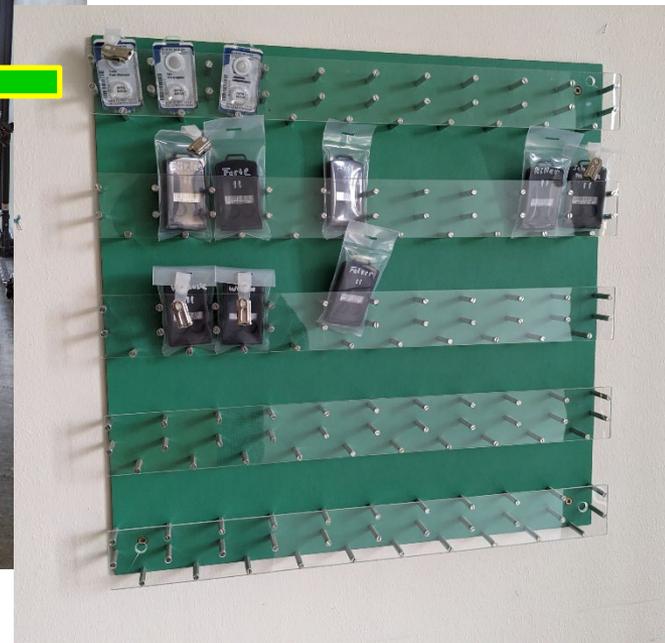
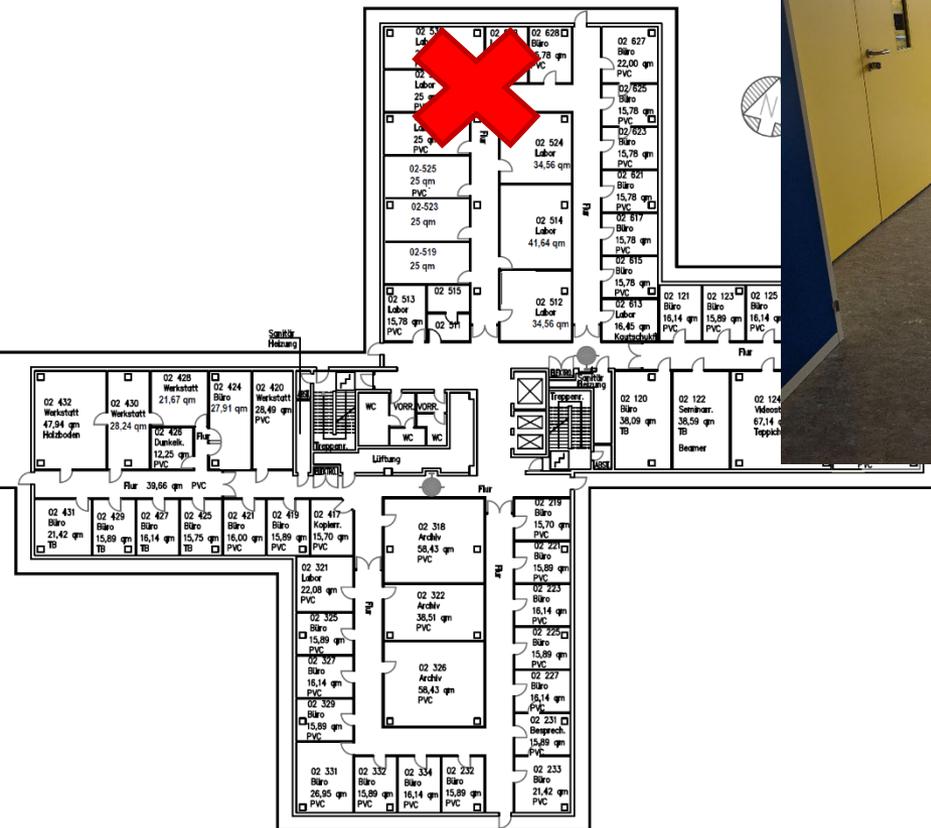


Spezielle Dosimeter
(Finger, Armband, Kopf)

Dosimeter

Gebäude 2.412
2. Obergeschoss

02-531



Überwachung

jede Person, die durch **berufliche Tätigkeit** eine **Jahresdosis von 1 mSv** überschreiten könnte

Kategorie	A	B
Mögliche Jahresdosis	> 6 mSv	1 – 6 mSv
Betriebsärztliche Untersuchung	Jährlich*	Nicht zwingend, Erst-/Eignungs-Untersuchung*
Dosimeterüberwachung	ja	u.U.



*zahlt die wiss. AG



Strahlenschutz

- Unterweisung (jährlich)
- Überwachung (neu 2019: **SSR-Nr.**)
 - Medizinische Untersuchung (Hämatologie der Uni-klinik)
 - Strahlenpass: Erfassung aller Expositionen an verschiedenen Orten
 - Filmplaketten (Kontrollbereich): monatliche Auswertung
 - Dosismessgeräte
- Absolute Grenzwerte der effektiven Dosis für strahlenexponierte Personen
 - 20 mSv/a (neu 2019: auch Organdosis für Augenlinse)
 - 400 mSv während des Berufslebens
- Tätigkeitsverbot
 - Personen unter 18 Jahren (Ausnahme: Ausbildung)
 - Schwangere und stillende Frauen



Strahlenpass

Bei Nutzung externer Einrichtungen mit möglicher Strahlenexposition (z.B. BESSY, DESY, CERN..)

Dokumentation der gesammelten Dosis

Beantragung über P. Blümler (ca. 1 Monat Vorlauf)
Eine Anleitung befindet sich auf dieser Webseite

Kauf über Institutssekretariate

Es wird eine SSR benötigt.



Neu (seit 7/20)

Alte Strahlenpässe sind weiter gültig





SSR-Nr.

- **StrahlenSchutzRegistrier-Nummer**

Für Strahlenpassinhaber (bitte hineinschreiben)
und Dosis-überwachte Personen

Kann über: <https://ssr.bfs.de/ssr/>

erhalten werden!

(mittels Sozialversicherungsnr.)

Bitte Zertifikat ausdrucken (PDF) und speichern
(→ P. Blümler)





Was gibt es im Institut?

- Radioaktive Quellen in den Arbeitsgruppen
 - Für alle Quellen gibt es **Umgangsgenehmigungen** für bestimmte Räume! D.h. Quellen dürfen ausschließlich dort benutzt werden!
 - Lagerung erfolgt in Tresor/Stahlschrank
 - Dokumentation notwendig, wo sich Strahler befindet (“Tresorbuch”)
- Radioaktive Quellen in den Praktika
 - Auch hier liegen Umgangsgenehmigungen für bestimmte Räume vor!
- Anschaffung/Entsorgung radioaktiver Stoffe erfolgt über Strahlenschutzbeauftragten (P. Blümmler, Karl Geib)
- Anträge/Änderungen der Umgangsgenehmigung müssen über Strahlenschutzbeauftragten (P. Blümmler, Karl Geib) erfolgen 



Bestätigung der Teilnahme

Beantworten Sie nun, nachdem Sie das Video ganz angesehen haben, bitte das folgende kurze Quiz anhand des auf dieser Webseite bereitgestellten Antwortbogens. Geben Sie diesen anschliessend Peter Blümler (bluemler@uni-mainz.de) oder in einem Sekretariat ab.

Ein korrekt beantwortetes Quiz berechtigt Sie für ein weiteres Jahr zum Umgang mit ionisierender Strahlung.

Bei weiteren Fragen zum Thema Strahlenschutz bitte an dieselbe Adresse



QUIZ

- a) In welcher Einheit wird die (biologisch) effektive Dosis bestimmt?
- b) Welche effektive Dosis darf bei Arbeiten mit radioaktiven Proben pro Jahr nicht überschritten werden?
- c) Nennen Sie mindestens einen der Strahlenschutzbeauftragten am Institut für Physik.
- d) Welche Strahlung hat den höchsten Wichtungsfaktor?
- e) Was ist die „4A Regel“?
- f) Was darf man niemals mit einem „Radioaktiv“-Schild machen?
- g) Was muss erfüllt sein, damit man mit radioaktiven Proben in bestimmten Räumen arbeiten darf?