

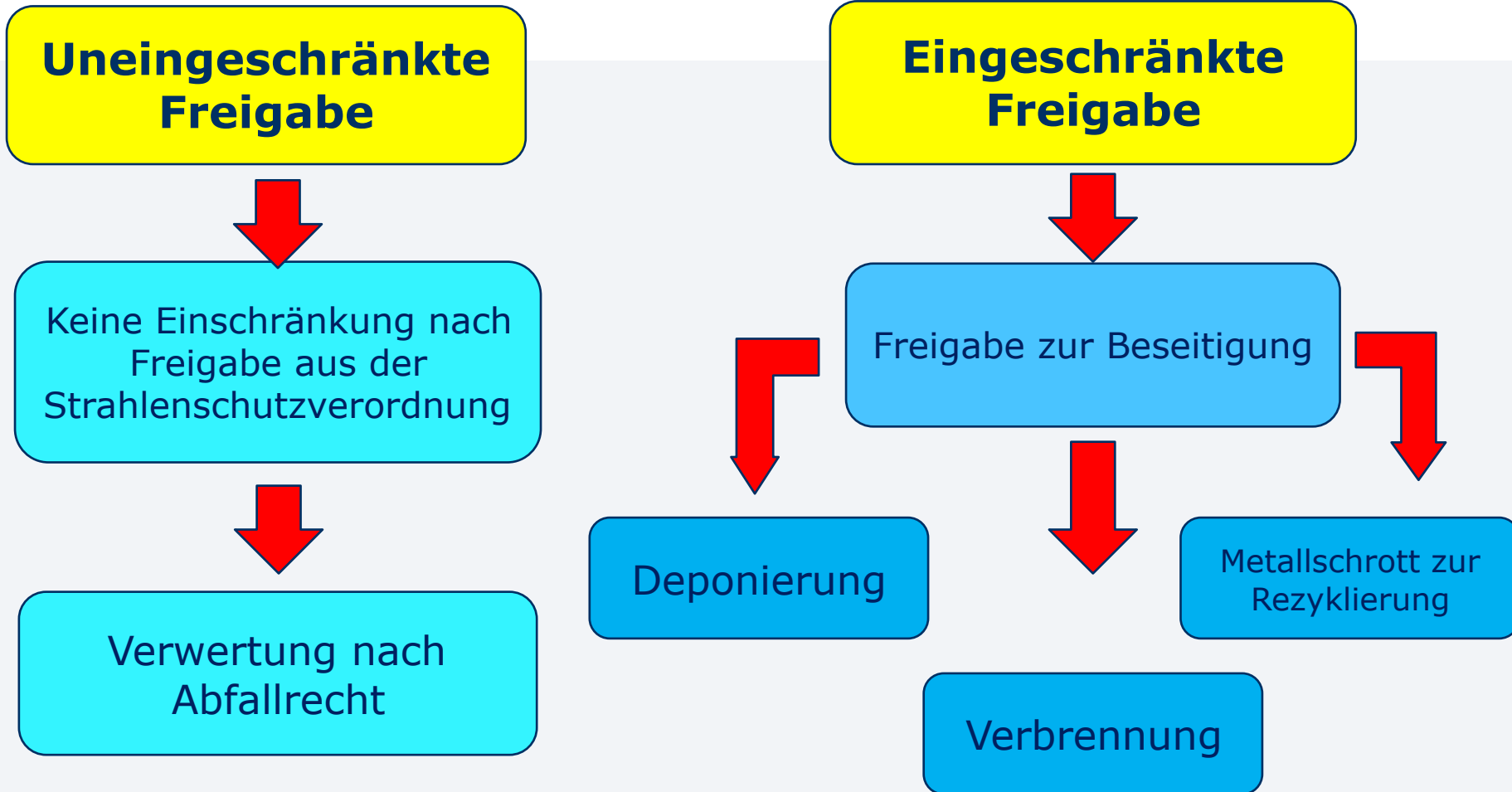
Entsorgung von Abfällen mit vernachlässigbarer Radioaktivität aus dem Abbau kerntechnischer Anlagen

- Das 10 Mikrosievertkonzept -

*Dr. Jürgen Müller
Abteilung für Reaktorsicherheit und
Strahlenschutz*



Schleswig-Holstein
Ministerium für Energiewende,
Landwirtschaft, Umwelt und
ländliche Räume



„10-Mikrosievertkonzept“ Was ist das?

Welche Überlegung steckt dahinter?

Wann sind Stoffe, die der Strahlenschutzüberwachung unterliegen, in dem Sinne „**unbedenklich**“, dass ihr Eintritt in den Wirtschaftskreislauf verantwortbar ist?

Was ist die Lösung?

Einen Wert für diese „**Unbedenklichkeit**“ zu ermitteln, der dem wissenschaftlichen Kenntnisstand über die Wirkung der Radioaktivität möglichst umfassend Rechnung trägt. Darüber hinaus auch die gesellschaftliche Diskussion **nicht** außer Betracht lässt.

Wie wurde die Lösung umgesetzt?

Durch Festlegung eines Wertes von 10 Mikrosievert als unbedenklich und verantwortbar, denn dieser Wert liegt weit unterhalb der Strahlenpegel, die durch natürliche radioaktive Strahlung im Alltag auftreten können.

**Uneingeschränkte
Freigabe**



**Die Aktivität liegt etwa
zwischen 10 und 100
Bq/kg**

**Eingeschränkte
Freigabe**

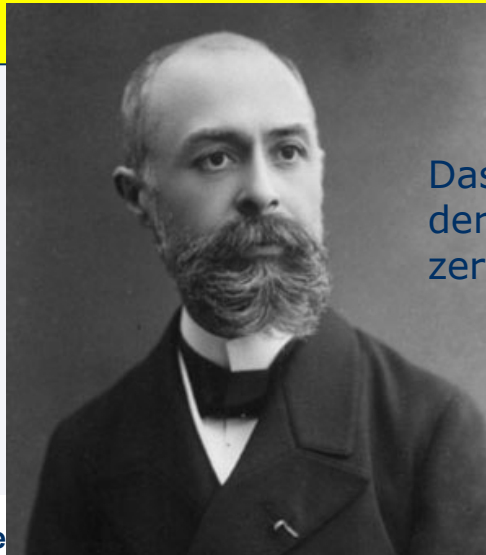


**Die Aktivität liegt etwa
bei 100 Bq/kg oder leicht
darüber**

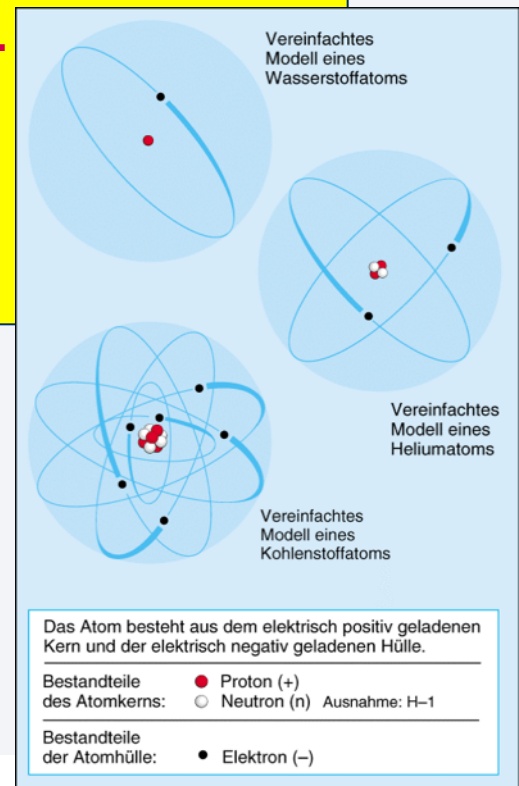
Radioaktivität

Radioaktivität (von lat. radius, Strahl; Strahlungsaktivität), **radioaktiver Zerfall** oder **Kernzerfall** ist die Eigenschaft instabiler Atomkerne, sich spontan unter Energieabgabe umzuwandeln.

Die freiwerdende Energie wird als ionisierende Strahlung, nämlich energiereiche Teilchen und/oder Gammastrahlung, abgegeben.

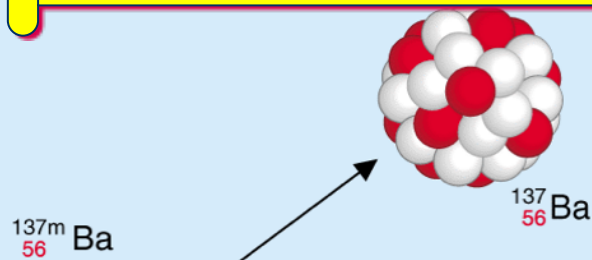


Das Becquerel gibt die Anzahl der Atome an, die pro Sekunde zerfallen: **1 Bq = 1 s⁻¹**



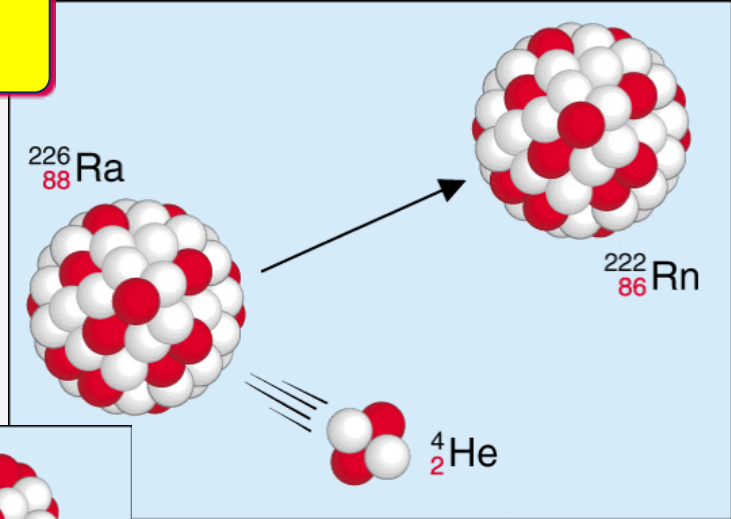
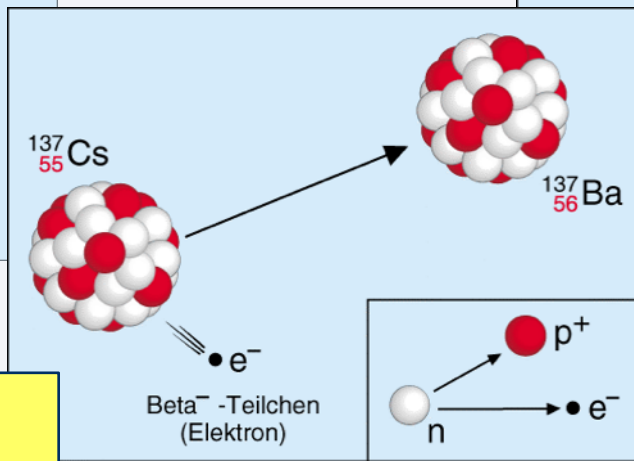
Woher kommt die Strahlungsenergie?

Aus dem radioaktiven Zerfall



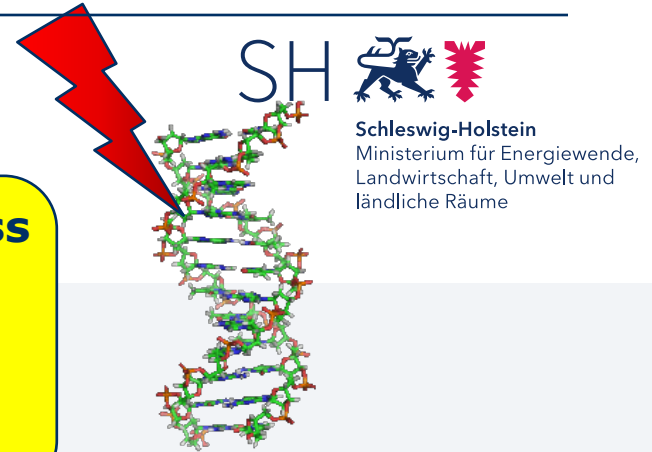
Emission von γ -Strahlung

β -Zerfall



α -Zerfall

Biologische Untersuchungen haben gezeigt, dass die Bestimmung der Energiedosis nicht ausreicht, wenn die medizinischen Konsequenzen der Strahlenabsorption im menschlichen Körper beachtet werden müssen



Jetzt ist

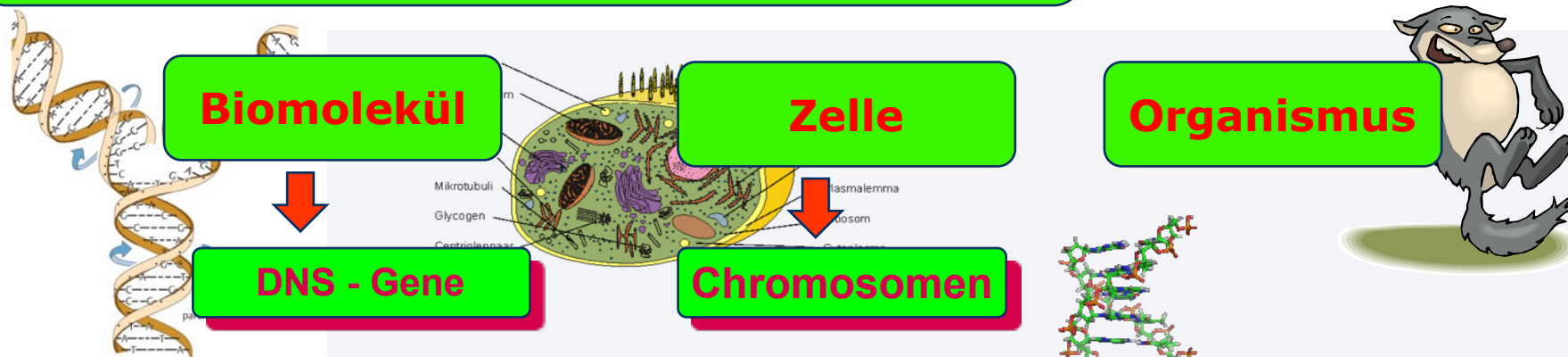
- das biologische Maß für die absorbierte Energie - unter Berücksichtigung der unterschiedlichen biologischen Wirksamkeit verschiedener Strahlenarten – die ...

Äquivalentdosis
(gemessen in Sievert [Sv])

Rolf Maximilian Sievert
(schwedischen Mediziner und Physiker)



Strahlenwirkung auf 3 Ebenen



© Georg Thieme Verlag - Knippers: Molekulare Genetik - 8. Aufl. 2002

Schäden nach
ionisierender
Strahlung

DNA-Strangbrüche

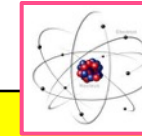
Reparatur-
Genauigkeit

sehr gut

Schadenshäufigkeit pro Zelle und Gy:

Einzelstrangbrüche:	1.000
Doppelstrangbrüche:	40

Das 10-Mikrosievertkonzept



Ein durchschnittlicher Mensch in Deutschland enthält eine Aktivität von ...



... etwa **9.000 Bq**

Nuklid	Aktivität in Bq
H-3	25
Be-7	25
C-14	3.800
K-40	4.200
Rb-87	650
U-238, Th-234, Pa-234m, U-234	4
Th-230	0,4
Ra-226	1
kurzlebige Rn-222-Zerfallsprodukte	15
Pb-210, Bi-210, Po-210	60
Th-232	0,1
Ra-228, Ac-228, Th-228, Ra-224	1,5
kurzlebige Rn-220-Zerfallsprodukte	30

Diese Aktivität ergibt eine Strahlendosis von **300 μ Sv pro Jahr**

**Uneingeschränkte
Freigabe**



**Die Aktivität liegt etwa
zwischen 10 und 100
Bq/kg**

**Eingeschränkte
Freigabe**

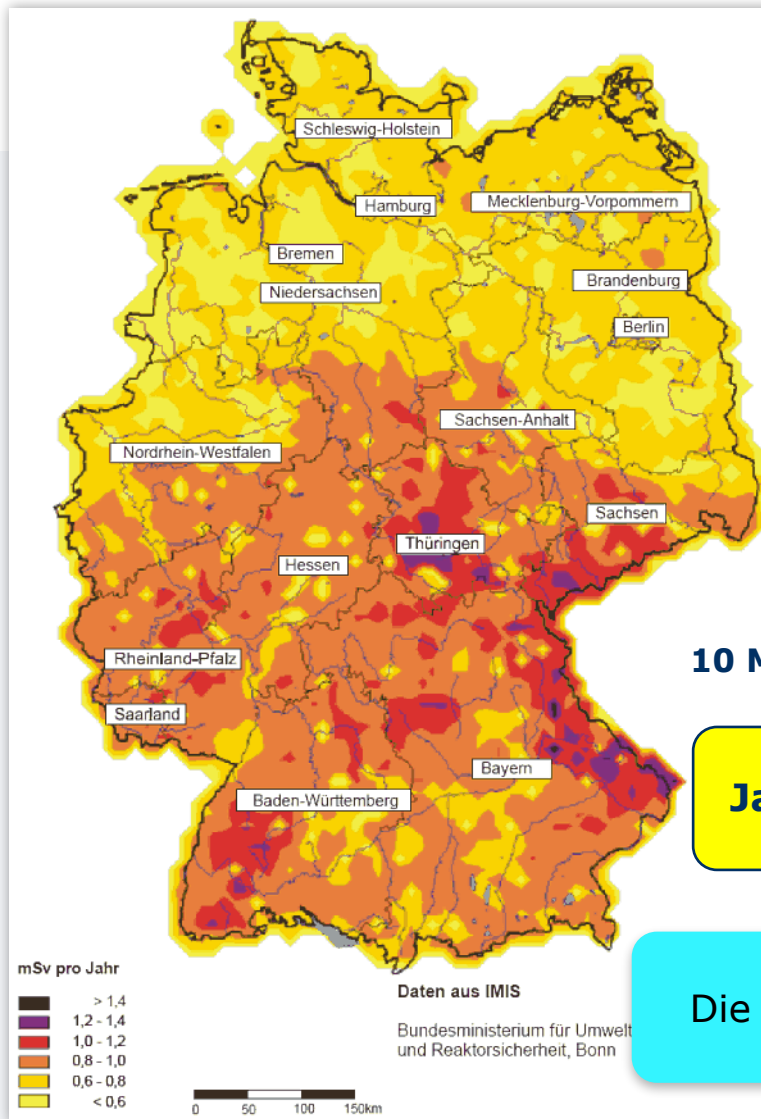


**Die Aktivität liegt etwa
bei 100 Bq/kg oder leicht
darüber**

Das 10-Mikrosievertkonzept



Schleswig-Holstein
Ministerium für Energiewende,
Landwirtschaft, Umwelt und
ländliche Räume



Natürliche Strahlenexposition in der Bundesrepublik Deutschland (ohne den Anteil des Edelgases Radon)

[Dosis pro Jahr]

Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz

10 Mikrosievert entsprechen 0,01 mSv

Jahresdosis in Norddeutschland: 700 μ Sv

Die 10 μ Sv wären nach etwa 4 Tagen erreicht



Aufregung um strahlende Pflastersteine

Die Stadt Northeim hat am Mittwoch die Zufahrt zu einem Supermarkt wegen radioaktiver Strahlung zeitweise abgesperrt. Das Göttinger Gewerbeaufsichtsamt wurde eingeschaltet und ein Uni-Institut mit Messungen beauftragt.

(Artikel veröffentlicht: Freitag, 15.07.2011 10:37 Uhr)

Northeim. Ursache der erhöhten Werte ist die natürliche Strahlung der Pflastersteine, die dort schon seit Jahrzehnten liegen – vermutlich hergestellt aus sogenannter Mansfelder Kupferschlacke. Da keine Gefahr bestehe, sei die Sperrung am Abend wieder aufgehoben worden, sagte Northeims Bürgermeister Harald Kühle (SPD). Ähnlich belastetes Baumaterial gebe es mit Sicherheit an vielen Stellen. Steine aus Mansfelder Kupferschlacke aus der ehemaligen DDR seien in den 70er Jahren auch häufig im Westen verwandt worden. Die erhöhten Werte waren einem Northeimer Mitarbeiter des Bundesamtes für Güterverkehr aufgefallen. Sein eingeschalteter Geigerzähler, mit dem sonst Lastwagen untersucht werden, schlug auf der Fahrt zum Einkaufen in der Graf-Otto-Straße aus. Er informierte die Stadtverwaltung, die Gewerbeaufsicht und Bundesstrahlenamt einschaltete. Ein Gutachter des Göttinger Uni-Labors für Radioisotope stellte Vergleichsmessungen an. Auf dem Pflaster in der Zufahrt seien **0,59 Mikrosievert pro Stunde** gemessen worden, sagte Ordnungsamtsleiter Michael Kaiser. Über einem Rasen wurden 0,18 und über einem anderen Pflaster **0,43 Mikrosievert pro Stunde** festgestellt. **Eine Strahlenbelastung von einem Millisievert im Jahr wird als unbedenklich angesehen, soll aber möglichst nicht überschritten werden.** Die Belastung aus der Northeimer Pflaster ist rund das Dreifache – allerdings nur, wenn sich jemand das ganze Jahr dort Tag und Nacht aufhält.

Bei Daueraufenthalt ergibt sich eine Strahlendosis von **5.200 μSv pro Jahr**

Die **10 μSv** wären bei einer Aufenthaltsdauer von **17 Stunden** erreicht

Das 10-Mikrosievertkonzept



Schleswig-Holstein
Ministerium für Energiewende,
Landwirtschaft, Umwelt und
ländliche Räume

Material	Spezifische Aktivität in Bq/kg					
	K-40		Ra-226		Th-232	
	Bereich	Mittelwert	Bereich	Mittelwert	Bereich	Mittelwert
Granit	600-4000	1000	30-500	100	17-311	120
Basalt	130-380	270	6-36	26	9-37	
Kalkstein, Marmor	<40-240	90	4-41	24	2-20	
Kies, Sand	3-1200	380	1-39	15	1-64	
Natürlicher Gips	6-380	70	2-70	10	1-100	
Tuff, Bims	500-2000	1000	<20-200	100	30-300	
Ton, Lehm	300-2000	1000	<20-90	40	18-200	60
Ziegel, Klinker	100-2000	700	10-200	50	12-200	52
Beton	50-1300	450	7-92	30	4-71	2
Kalksandstein	40-800	200	6-80	15	1-60	
Leichtebeton	700-1600	1100	<20-90	30	<20-80	30

Gehalt natürlicher radioaktiver Stoffe in Baumaterialien in Deutschland
Quelle: VOG04

TABLE 4 Assumed concentrations of radionuclides in ash and coal

Material	Radionuclide concentration (Bq kg ⁻¹)					
	²³⁸ U series		²³⁵ U series	All radionuclides in ²³⁸ U series*	All radionuclides in ²³² Th series	⁴⁰ K
	²³⁸ U to ²²⁶ Ra	²¹⁰ Pb and ²¹⁰ Po				
Ash to atmosphere	100	200		5	50	
Ash to landfill	100	100		5	50	
Ash used in building materials	100	200		5	50	900
Coal	15	15		0.75	7.5	144

* The concentrations of the radionuclides in the ²³⁸U series are based on the natural isotopic content of ²³⁸U in uranium (0.72% by mass, 4.5% by activity).

TABLE 8 Peak annual individual doses from building materials

Component	Individual dose (μSv y ⁻¹)		
	Manufacturer	Construction worker	Resident
Ash	13.6	5.1	580
Building materials containing ash	34.7	13.2	1467
Building materials not containing ash	30.2	11.5	1266
Excess dose from use of ash	4.5	1.7	201

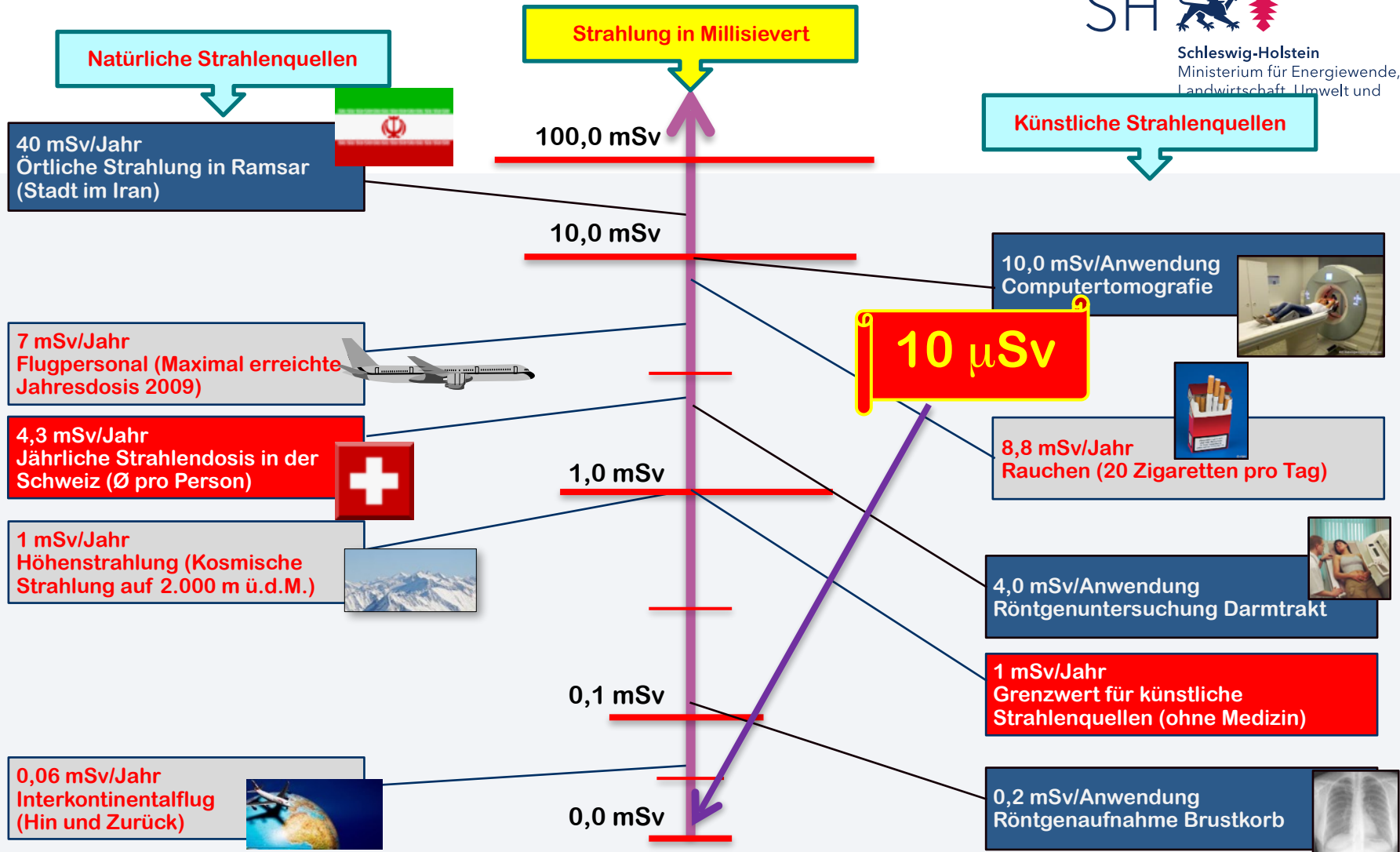
Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung - TrinkwV 2001)

Parameterwerte für Radon-222, Tritium und Richtdosis

Laufende Nummer	Parameter	Parameterwert	Einheit
1	Radon-222	100	Bq/l
2	Tritium	100	Bq/l
3	Richtdosis	100	Mikrosievert pro Jahr

Anlage 3a (zu den §§ 7a, 9 und 14a) Anforderungen an Trinkwasser in Bezug auf radioaktive Stoffe

Das 10-Mikrosievertkonzept



Einordnung der 10 Mikrosievert (10 μSv)

Milli: $10^{-3} = 0,001 =$ Tausendstel
 Mikro: $10^{-6} = 0,000.001 =$ Millionstel

In Diskussionen tauchen immer wieder zwei Fragen auf:

1. Die Risikozahlen für die Abschätzung des Strahlenkrebsrisikos basieren auf den Abschätzungen, die vor dem Jahr 1990 gültig waren.

„Inzwischen stellt man fest, dass viele dieser Grundlagen, die zu den heute geltenden Grenzwerten geführt haben, im Grunde nicht mehr haltbar sind. Der Risikofaktor für das Krebsrisiko, die Strahlengefährlichkeit wird in der Fachwelt deutlich höher angesehen, auch in Studien der japanischen Kommission, die nach Hiroshima und Nagasaki das Strahlenkrebsrisiko bewertet.“ (Dr. Neumann, Erörterungsverfahren KKB)

2. Als Referenzperson für die Quantifizierung des Strahlenkrebsrisikos wird ein durchschnittlicher erwachsener Mann zugrunde gelegt.

Das 10-Mikrosievertkonzept

1. Die Risikozahlen für die Abschätzung des Strahlenkrebsrisikos basieren auf den Abschätzungen, die vor dem Jahr 1990 gültig waren.

**Unsere heutigen Risikozahlen
(Krebsmortalität) leiten sich aus
Hiroshima/Nagasaki ab**



Entwicklung der Risikozahlen*):

ICRP 27 (1977):	125 pro 10^4 PSv = 1,25% pro Sv
ICRP 60 (1990):	500 pro 10^4 PSv = 5% pro Sv
ICRP 103 (2007):	500 pro 10^4 PSv = 5% pro Sv

Alternative maximal: 7.000 pro 10^4 PSv = 70% pro Sv

*) ICRP (International Commission on Radiological Protection - Internationale Strahlenschutzkommission)
Die Veröffentlichungen und Risikoabschätzungen entsprechen den Auswertungen der epidemiologischen Daten aus Hiroshima und Nagasaki 20 Jahre, 40 Jahre und 60 Jahre nach den Atombombenabwürfen.

ICRP 103 (2007): **500 pro 10^4 PSv = 5% pro Sv**
Vorsichtige Interpretation: **1.000 pro 10^4 PSv = 10% pro Sv**



Das entspricht bei einer Dosis von 10 Mikrosievert einem zusätzlichen Strahlenkrebsrisiko von 10^{-6} (Risiko von 1 : 1.000.000)

Die Aufnahme einer Dosis von 10 μ Sv bedeutet demnach eine Risikoerhöhung von 25% auf 25,0001%

2. Als Referenzperson für die Quantifizierung des Strahlenkrebsrisikos wird ein durchschnittlicher erwachsener Mann zugrunde gelegt.

Teil B: Lebensgewohnheiten

Tabelle 1

mittlere Verzehrsmengen der Referenzperson in kg/a

	1	2	3	4	5	6	7	8
Altersgruppe		<= 1 Jahr	> 1 - <= 2 Jahre	> 2 - <= 7 Jahre	> 7 - <= 12 Jahre	> 12 - <= 17 Jahre	> 17 Jahre	
Lebensmittel								
Trinkwasser		55 3)	100	100	150	200	350	2
Muttermilch, Milchfertigprodukte mit Trinkwasser		200 3, 4)	-	-	-	-	-	1,6
Milch, Milchprodukte		45	160	160	170	170	130	3
Fisch 5)		0,5	3	3	4,5	5	7,5	5
Fleisch, Wurst, Eier		5	13	50	65	80	90	2

3) Mengenangabe in (l/a)
Zur jährlichen Trinkwassermenge des Säuglings von 55 l/a kommen, 160 l/a, wenn angenommen wird, dass der Säugling nicht gestillt wird, sondern nur Milchfertigprodukte erhält, die überregional erzeugt werden und als nicht kontaminiert anzusetzen sind. Dabei wird angenommen, dass 0,2 kg Konzentrat (entspricht 1 l Milch) in 0,8 l Wasser aufgelöst werden.

4) Je nach Nuklidzusammensetzung ist die ungünstigste Ernährungsvariante zugrunde zu legen.

5) Der Anteil von Süßwasserfisch am Gesamtfischverzehr beträgt im Mittel ca. 17% und ist den regionalen Besonderheiten anzupassen.

Anlage VII der Strahlenschutzverordnung (zu §§ 29 und 47) Annahmen bei der Ermittlung der Strahlenexposition

Das 10-Mikrosievertkonzept



Schleswig-Holstein
Ministerium für Energiewende,
Landwirtschaft, Umwelt und
ländliche Räume

Anlage VII der Strahlenschutzverordnung
(zu §§ 29 und 47) Annahmen bei der
Ermittlung der Strahlenexposition

Altersgruppe	<= 1 Jahr	> 1 - <= 2 Jahre	> 2 - <= 7 Jahre	> 7 - <= 12 Jahre	> 12 - <= 17 Jahre	> 17 Jahre	
Lebensmittel							
mittlere Verzehrsmengen der Referenzperson in kg/a							
Getreide, Getreideprodukte	12	30	80	95	110	110	2
einheimisches Früchthol, Obstprodukte, Säfte	25	45	65	65	60	35	3
Kartoffeln, Wurzelgemüse, Säfte	30	40	45	55	55	55	3
Blattgemüse	3	6	7	9	11	13	3
Gemüse, Gemüseprodukte,	5	17	30	35	35	40	3

Tabelle 2

Altersgruppe	<= 1 Jahr	> 1 - <= 2 Jahre	> 2 - <= 7 Jahre	> 7 - <= 12 Jahre	> 12 - <= 17 Jahre	> 17 Jahre
Atemrate in cbm/Jahr	1 100	1 900	3 200	5 640	7 300	8 100

**Vielen Dank
für Ihre
Aufmerksamkeit**



Schleswig-Holstein
Ministerium für Energiewende,
Landwirtschaft, Umwelt und
ländliche Räume