

Inhaltsverzeichnis

Landes-Feuerwehrverband Tirol
iroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

1 Physikalische Grundlagen

INHALT	SEITE
Geschichtlicher Werdegang	3
Allgemeines	5
Atom - Allgemein	6
Atom - Aufbau	7
Atom - Größe	8
Atomgewicht	9
Kernladungszahl / Massenzahl	10
Isotope	11
Atom - Grundzustand / Anregung	12
Atom - Elektrische Ladung / Ionisation	13
Stabilität des Atomkerns	14
Radioaktiver Zerfall - Halbwentszeit (HWZ)	15
HWZ-physikalisch	16
Aktivität	17
Elektronenvolt (eV)	18
Kernstrahlung	19
Alpha - Strahlung	20
Beta - Strahlung	21
Neutronen - Strahlung	22
Gamma - Strahlung	23
Elektronenstrahlen	24
Bremsstrahlung / Röntgenstrahlung	25
Gamma-, Brems- und Röntgenstrahlung	26



Inhaltsverzeichnis

SEITE

1.2

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

Ausgestbattet vorc	di Hubert Fankhauter, Dipirrad techn. Assistent
	蝉

INHALT	SEITE
Elektromagnetische Wellen	27
Elektromagnetisches Wellenspektrum	28
Reichweite und Eindringtiefe der verschiedenen	
Strahlenarten	29
Ionisierende Strahlung	30
Die verschiedenen Strahlenarten : zusammenfassender	
Oberblick	31
Künstliche Radioaktivität	32
Kernspaltung	34
Kettenreaktion	35
Kernverschmelzung	36
Freisetzung der Atomenergie	37
Abstandsgesetz	38
Arbeitsblatt Abstand - Rechenbeispiele	39
Abschirmung durch Masse (HWS)	40
Abhängigkeit der erforderlichen HWSD	41
Arbeitsblatt Abschirmung - Rechenbeispiele	42
Offene und umschlossene radioaktive Stoffe	43
Gebräuchliche Radionuklide : Angaben über HWZ,	
Strahlenart und Energie, Abschirmung bzw. HWSD	44
Dezimale Vielfache von Einheiten	45
Arbeitsblatt Abstand - praktische Übung	46
Arbeitsblatt Abschirmung - praktische Übung	47
Eigenkontrollblätter	48

Geschichtlicher Werdegang

Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

Ca. 400

v. Chr. verwendete der griechische Philosoph DEMOKRIT als erster den Begriff Atom (atomos = unteilbar). Er bezeichnete damit die nach seiner Vorstellung vorhandenen, sehr kleinen und unteilbaren Grundbausteine der Materie, die verschieden gestaltig sein können und dicht mit Masse gefüllt sind.

Eine innere Struktur besaßen die Atome der Griechen nicht.

Um 1800 findet der englische Chemiker und Physiker DALTON bei der Untersuchung chemischer Verbindungen einen ersten Hinweis auf die tatsächliche Existenz von Atomen. Er präzisiert auch den Atombegriff und gibt ihm seine heutige Bedeutung: "Ein Atom ist das kleinste Masseteilchen eines Elementes".

Erst etwa 100 Jahre später wurde erkannt, daß diese Atome nicht die eigentlichen Grundbausteine der Materie sind, sondern daß sie aus weiteren, kleineren Bausteinen aufgebaut sind.

1895 Wilhelm Conrad RÖNTGEN entdeckte bei Experimenten mit Kathodenstrahlenröhren die "X-Strahlen", die dann ihm zu Ehren Röntgenstrahlen benannt wurden.

1896 Henri BECQUEREL weist die natürliche Radioaktivität der Uranerze nach.

Pierre und Marie CURIE entdecken zwei weitere Elemente, die ebenfalls radioaktive Strahlen aussandten. Das erste nannte sie zu Ehren ihres Heimatlandes Polonium, und das zweite, das eine besonders starke Strahlungskraft besaß, nannte sie Radium (Radius = Strahl), da es in konzentrierter Form im Dunkeln schwach leuchtete. Die Erscheinung der spontanen Strahlenaussendung heißt seitdem Radioaktivität.

beobachtete BECQUEREL auf seiner Brust ein Hautgeschwür (Strahlenulcus), welches nach Kontakt mit Radium entstanden ist.

wurde vom Physiker Ernest RUTHERFORD der Atomkern mit seiner Zusammensetzung von Masse und elektrischer Ladung entdeckt und eine Theorie über den Aufbau der Atome entwickelt.

Ausgearbeitet von: HBI Hubert Fankhauser, Dipl.rad.techn.Assistent

Geschichtlicher Werdegang

SEITE

Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

- Entwickelte Niels BOHR ein Atommodell, welches zum Verständnis einer 1913 Vielzahl von experimentellen Ergebnissen führte. Die Bohrsche Atomtheorie ist in ihrer durch SOMMERFELD, HEISEN-BERG und SCHRÖDINGER erweiterten Form auch heute noch Grundlage aller Vorstellungen der Atomphysik.
- 1934 Das Ehepaar Joliot CURIE weist die künstliche Radioaktivität nach.
- 1938 Die beiden deutschen Chemiker Otto HAHN und Fritz STRASSMANN entdecken die Spaltung eines Atomkerns beim Beschuß eines Uran-Atomkernes mit Neutronen.
- 1945 Zündung der ersten Atombombe im Wüstental in Neu-Mexiko.

Ausgearbeitet von: HBI Hubert Fankhauser, Dipl.rad.techn. Assistent

Ausgearbeitet von: HBI Hubart Fankhausor, Dipl.rad lechn. Assistent

STRAHLENSCHUTZ

Allgemeines

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

1.5

Der Großteil, der in der Natur vorkommenden Stoffe, wie z.B. Holz oder Marmor, läßt schon rein äußerlich einen aus verschiedenen Bestandteilen bestehenden Aufbau erkennen. Aber auch andere Stoffe, die einheitlich wirken, bestehen aus mehreren Bestandteilen und lassen sich mit einfachen Mitteln weiter zerlegen. So kann z.B. Wasser in zwei gasförmige Produkte, nämlich Wasserstoff und Sauerstoff, zerlegt werden. Diese lassen sich dann weder mit chemischen noch mit gewöhnlich physikalischen Mitteln weiterzerteilen. Substanzen mit solchen Eigenschaften nennt man

GRUNDSTOFFE oder CHEMISCHE ELEMENTE .

Insgesamt kommen auf der Erde 92 Grundstoffe natürlich vor. Zwei davon sind unter normalen Bedingungen (Zimmertemperatur und normaler Luftdruck) flüssig – Brom, Quecksilber – elf gasförmig und die übrigen fest.

Einige Elemente sind z.B. Wasserstoff, Stickstoff, Eisen, Gold, Radium und Uran. Eine vollständige Aufstellung ist im sogenannten Periodensystem der Elemente gegeben.

Um eine kürzere Schreibweise für die Elemente zu haben, wurden besondere Symbole eingeführt. Diese Kurzzeichen sind meistens die Anfangsbuchstaben der lateinischen oder griechischen Elementnamen.

So z.B. für

Wasserstoff - H (Hydrogenium) Kobalt - Co (Cobalt)
Sauerstoff - O (Oxygenium) Gold - Au (Aurium)
Eisen - Fe (Ferrum) Blei - Pb (Plumbum)

Chemische Elemente

sind Grund- oder Urstoffe, die mit chemischen oder gewöhnlich physikalischen Mitteln nicht mehr weiterzerlegt werden können.

Ein Zusammenschluß mehrerer Elemente heißt Chemische Verbindung.



ATOM — Allgemein

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

1-6

Die chemischen Elemente sind ihrerseits wiederum aus sehr kleinen "Bausteinen "den ATOMEN - aufgebaut, die durch Abstände voneinander getrennt sind. Beim Lösen und Verdampfen von Stoffen vergrößern sich z.B. die Abstände zwischen den Atomen.

Die Atome eines bestimmten Elementes sind untereinander hinsichtlich ihrer Größe und chemischen Eigenschaften gleich, gegenüber anderen Elementen jedoch voll-kommen verschieden. Somit hat also jedes Element ihre eigenen, ganz speziellen Eigenschaften.

Die kleinsten Bausteingruppen (mindestens 2 Atome) einer chemischen Verbindung nennt man Moleküle. So besteht z. B. ein Wassermolekül ($\rm H_2O$) aus zwei Wasserstoffatomen und einem Sauerstoffatom. Aber auch ein Element kann Moleküle bilden wie z. B. das Ozon ($\rm O_3$), welches ein Sauerstoffmolekül darstellt. Moleküle können aber auch aus vielen Tausenden von Atomen bestehen, z. B. bei den Kunststoffen. Man nennt dann solche Stoffe "hochmolekular ".

Ein **Atom** ist der kleinste Baustein eines chemischen Elementes, der noch sämtliche Elementeigenschaften besitzt.

Ein Molekül ist der kleinste Teil einer chemischen Verbindung.

ATOM — Aufbau

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

Landes-Feuerwehrverband Tirol

SEITE

Die Atome wurden früher als die letzten unteilbaren Bausteine der Materie angesehen. Inzwischen weiß man aber, daß auch die Atome einen strukturellen Aufbau haben und mit physikalischen Mitteln teilbar sind. Die Bestandteile des Atoms nennt man ELEMENTARTEILCHEN .

Zu den wichtigsten Eigenschaften dieser Teilchen zählen elektrische Ladung und Masse.

Modellmäßig betrachtet besteht das Atom aus dem ATOMKERN und der ATOMHOLLE.

Die Bestandteile des ATOMKERNES (Sammelbegriff "Nucleonen") sind im wesentlichen die positiv geladenen PROTONEN und die elektrisch neutralen NEUTRONEN. Die vorhandenen Neutronen können vereinfacht als eine Bindungs substanz aufgefaßt werden, da sich ja sonst die gleichgeladenen Protonen gegenseitig abstoßen würden und der Atomkern somit nicht existieren könnte. Neben diesen beiden Nucleonen kennt man heute aber bereits schon ca. 100 verschiedene Elementarteilchen, die u.a. beim radioaktiven Zerfall entstehen können. Obwohl die Nucleonen nicht zerlegbar sind, sind doch die meisten von ihnen auch nicht stabil. Sie wandeln sich spontan in andere Elementarteilchen um. Das Neutron ist z. B. instabil und es entstehen bei der Umwandlung ein Proton, ein Elektron und ein Neutrino.

Die ATOMHOLLE wird von den elektrisch negativ geladenen (HOLLEN-) gebildet, die mit hoher Geschwindigkeit den Atomkern schalenförmig umkreisen und durch elektrische Kräfte auf ihrer Bahn gehalten werden.

Atomaufbau	Elementarteilchen		
Atomkern	Neutron Proton		
Atomhülle	Elektron		



Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

ATOM — Größe

Landes-Feuerwehrverband Tirol

SEITE

Aus Versuchen konnte auch die Größe der Atomhülle und des Atomkerns bzw. das Größenverhältnis zueinander ermittelt werden.

Der Durchmesser des Atomkerns ergab sich mit etwa 1 Billionstel (10^{-12}) Zentimeter (= 0,000 000 000 ool cm) und der

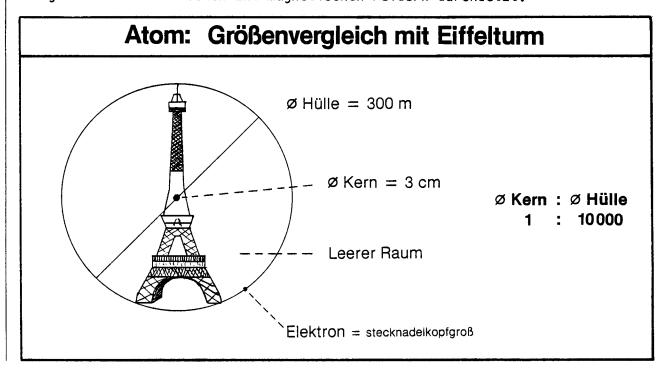
des ganzen Atoms mit etwa 1 Hundertmillionstel (10⁻⁸) Zentimeter.

Somit ist also der Durchmesser des Atomkernes zehntausendmal kleiner als der der Atomhülle.

Um sich jedoch dieses Größenverhältnis besser vorstellen zu können, soll durch einen Vergleich eine Veranschaulichung erfolgen :

Als Ausgangspunkt nehmen wir den Eiffelturm, mit einer Höhe von 300 m her. Wenn wir nun einen Kreis um den Turm anlegen, dann hätte also " unsere Atomhülle " einen Durchmesser von 300 m. " Unser Atomkern " hätte aber nur mehr einen Durchmesser von 3 cm. Das Elektron wäre nur mehr ca. stecknadelkopfgroß. Was weiters auffällt ist, daß der " leere Raum " emens groß ist. Am besten läßt dies folgendes Beispiel erkennen : Wenn man bei sämtlichen Atomen aus denen der Mount Everest besteht, den leeren Raum wegnehmen könnte, so daß Atomkerne und Elektronen eng aneinanderliegen würden, dann hätte der ganze Berg in einem Reisekoffer platz. Ein ca. 70 kg schwerer Mensch hätte auf diese Art nur mehr die Größe eines kleinen Kügelchens!

In Wirklichkeit wird der Raum zwischen der Elektronenhülle und dem Atomkern lediglich von elektrischen und magnetischen Feldern durchsetzt.





Atomgewicht

Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz SEITE

Die Elementarteilchen Proton, Neutron und Elektron besitzen eine bestimmte Masse (Gewicht). Diese Massen werden in einer der Kleinheit der Atome angepaßten Maßeinheit, der atomaren Masseneinheit, angegeben. Als Bezugswert dafür gilt heute der 12. Teil des Kohlenstoffisotopes C-12; es sind dies ca. 1,7 x 10^{-24} g (1,7 quadrillionstel Gramm).

> Masse des Protons = $1,672 \times 10^{-24}$ q Masse des Neutrons = 1.675×10^{-24} g Masse des Elektrons = 0.9107 x 10-2/a

Diese Massen sind von ihrer Kleinheit so, daß sie eigentlich unvorstellbar sind. Deshalb macht man hier meist von einer Bezugsmasse Gebrauch, indem man die Masse des Protons mit 1 wählt und die Masse der anderen Teilchen damit vergleicht.

Masse und Ladung der Atombausteine						
Bezeichnung	Symbol	relative Masse	elektrische Ladung			
Proton	р	1	positiv (+ e)			
Neutron	n	~1	keine			
Elektron	e-, ß-	∼ 1/2000	negativ (- e)			
Positron	e*, 6*	∼ 1/2000	positiv			
Neutrino	υ	~ 1/4000000	keine			

Für die Masse (das Gewicht) eines Atomes sind nur die Nukleonen von Interesse, da ja das Elektron im Vergleich nur ca. ein 2000stel der Masse eines Nucleon aufweist.

Das Atomgewicht = eine Verhältniszahl die angibt, um wieviel mal schwerer ein bestimmtes Atom gegenüber dem 12. Teil eines Kohlenstoff-12 Atomes ist.

Ausgeafbeitet von: HBI Hubert Fankhauser, Dipl.rad.tectm.Assistent

Ausgearbeitet von: HBI Hubert Fankhauser, Dipl.rad techn. Assistent

STRAHLENSCHUTZ

Kernladungszahl/Massenzahl

Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz SEITE

Von den im Atomkern befindlichen Teilchen hat ja nur das Proton eine elektrische Ladung. Demnach wird die Anzahl der Protonen , aus denen ein Atomkern aufgebaut ist, KERNLADUNGSZAHL oder ORDNUNGSZAHL (Symbol = Z) genannt. Der Begriff " Ordnungszahl " stammt daher, daß alle Elemente im Periodensystem systematisch nach der jeweiligen Protonenzahl des Atomkerns geordnet sind. Durch schrittweise Erhöhung der Kernladung um eine Einheit (Anlagerung eines weiteren Protons) wird das ganze Periodensystem, beim Wasserstoffatom beginnend, aufgebaut. So hat z. B. Wasserstoff die Ordnungszahl 1 (also 1 Proton im Kern), Helium 2, Stickstoff 7, Eisen 26, Kobalt 27, Gold 79, Blei 82, Radium 88 und Uran 92.

Von der Atomhülle (Elektronen) und damit auch von der Kernladungszahl hängen ursächlich die chemischen Eigenschaften eines Atoms ab.

Die Masse eines Atomes wird eigentlich nur durch die Nucleonen gebildet. Deshalb wird die Summe derProtonen- und Neutronenzahl eines Atoms MASSEN-ZAHL (Symbol = M) genannt; z. B. Kobalt 60 (radioaktives Kobalt : p = 27, n = 33).

Bei den leichten Elementen ist die Anzahl der Neutronen annähernd gleich derjenigen der Protonen. Mit zunehmendem Atomgewicht steigt sie auf etwa das 1,5-fache der Protonenzahl an.

z. B. für radioaktives Kobalt 60 : $\frac{60}{27}$ Co = $\frac{60}{27}$ Co = Co 60 = Kobalt 60

Kernladungs- oder Ordnungszahl = Anzahl der Protonen Massenzahl = Anzahl der Protonen und Neutronen

Neutronenzahl = Massenzahl — Kernladungszahl



Isotope

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

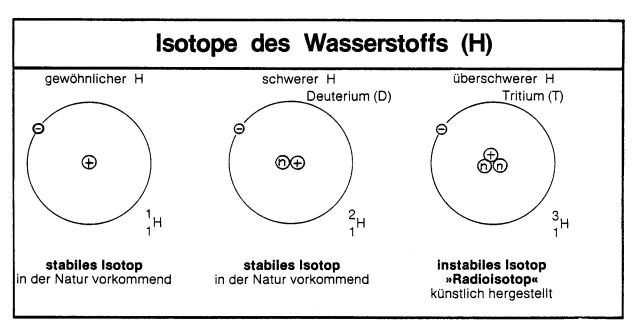
SEITE

1-11

Es gibt eine große Zahl von Atomen, die zwar hinsichtlich ihrer Kernladungszahl gleich sind (ihre Stellung im Periodensystem und somit ihre chemischen
Eigenschaften also gleich sind), sich aber bezüglich ihrer Massenzahl unterscheiden (also eine verschieden große Zahl von Neutronen besitzen). Diese
Atome werden ISOTOPE genannt. Die graphische Darstellung der Atomkerne (Nuklide)
aller bekannten Isotope der Elemente (um die 2000) erfolgt in einer Nuklidkarte.

Fast alle chemischen Elemente sind Gemische mehrerer Isotope. So besteht z. B. das Kalium zu 93,1 % aus K 39, zu 6,88 % aus K 41 und zu 0,02 % aus K 40.Überall wo Kalium in der Natur vorkommt, ist seine prozentuelle Zusammensetzung gleich.

Die Anzahl der Neutronen im Atomkern eines Isotopes hat auch dahingehend eine große Bedeutung, weil sie darüber bestimmen kann, ob es bei dem betreffenden Atom zur Aussendung von Kernstrahlen kommt oder nicht. Den Begriff "Isotop" im Sinne von "radioaktivem (strahlendem) Isotop" zu verwenden, wäre allerdings falsch. Wie z. B. bei den 3 Isotopen des Wasserstoff ersichtlich, sind 2 Isotope stabil – also inaktiv (keine Kernstrahlung aussendend) und nur 1 Isotop (das Tritium) instabil – also radioaktiv.



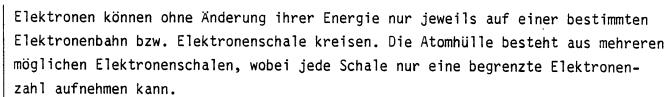
Isotope sind Atomarten eines chemischen Elementes mit

- **gleicher Ordnungszahl** = gleiche chemische Eigenschaften
- unterschiedlicher Massenzahl = unterschiedliche physikalische Eigenschaften (= unterschiedliche Neutronenzahl)



Atom — Grundzustand/Anregung

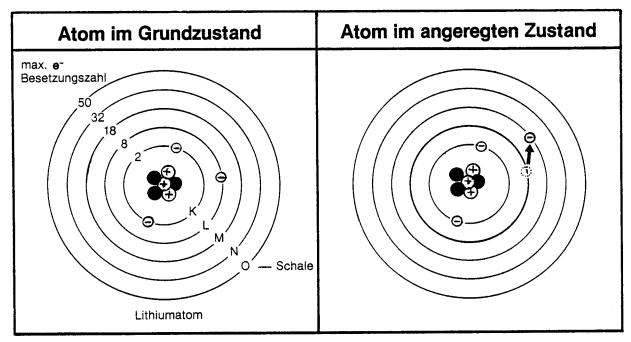
Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz SEITE



Die verschiedenen möglichen Elektronenschalen werden von innen nach außen fortschreitend als K-, L-, M-, N-, O-Schale bezeichnet. Die maximale Elektronen-Besetzungszahl beträgt für die Schalen von innen nach außen 2, 8, 18, 32 und 50. Jedes Hüllenelektron ist mit einer bestimmten Energie, der sogenannten Bindungsenergie, auf seiner Bahn gebunden. Es ist dies derjenige Energiebeitrag der benötigt wird, um ein Elektron gegen der zwischen ihm und dem Atomkern bestehenden Anziehungskraft aus seiner Bahn zu bringen.

Im ungestörten Zustand eines Atoms, dem GRUNDZUSTAND, sind die Elektronen auf den Schalen so angeordnet, daß sie sich möglichst nahe am Atomkern befinden.

Durch die Zuführung von Energie auf Atome (z. B. durch Strahlung, Wärme) können ein oder mehrere Elektronen aus ihren Bahnen im Grundzustand auf äußere unbesetzte Bahnen geworfen werden und so in einen angeregten Zustand übergehen. In so einem Fall befindet sich das ganze Atom in einem ANGEREGTEN ZUSTAND. Nach einer gewissen Zeit geht das Atom wieder in seinen Grundzustand zurück. Dabei gibt das zurückgehende Elektron seine überschüssige Energie in Form einer elektromagnetischen Welle (z. B. sichtbares Licht) ab.





Atom - Elektrische Ladung/Ionisation

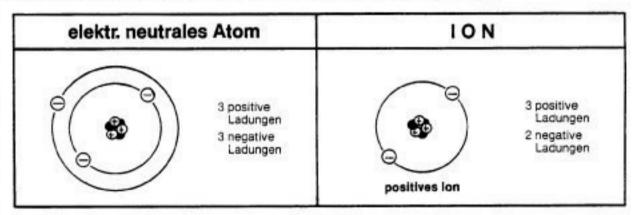
Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

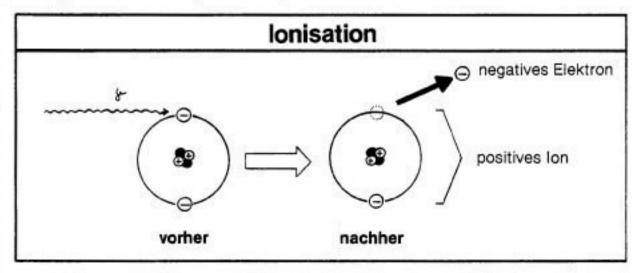
1.13

Das Atom ist normalerweise nach außen hin elektrisch neutral. Es muß daher die elektrisch positive Ladung des Atomkerns durch eine gleich große negative Ladung ausgeglichen werden. Diese Kompensierung erfolgt durch die Elektronen der Atomhülle. Folglich muß ein elektrisch neutrales Atom ebenso viele Elektronen in der Hülle wie Protonen im Kern haben.

Wird aus irgend einem Grund (Übertragung größerer Energie auf Atome durch z. B. Strahlung oder Wärme) das elektrische Gleichgewicht innerhalb eines Atoms oder Moleküls gestört, dann überwiegt irgend eine Ladung und somit weist auch das Atom bzw. das Molekül nach außen hin eine entweder positive oder negative elektrische Ladung auf. Ein solches Atom oder Molekül wird als ION und der Vorgang, wo so etwas zustande kommt als IONISATION bezeichnet.



Bei der IONISATION entstehen positive Ionen und freie Elektronen. Die freien Elektronen können sich an neutrale Atome anlagern, wobei ein negatives Ion gebildet wird. Bei der Ionisation entsteht also ein Ionenpaar_ (positives und negatives Ion).



Ausgearbeitet von: Il Hubert Fankhauser, Digit.rad techn. Assistent

STRAHLENSCHUTZ

Stabilität des Atomkerns

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

Landes-Feuerwehrverband Tirol

SEITE

7.14

Die Atomkerne der meisten natürlichen Elemente sind stabil, das heißt sie ändern sich nicht von selbst. Ein einmal gebildeter stabiler Atomkern bleibt also ohne zusätzlicher Einwirkung von z.B. energiereichen Elementarteilchen für alle Zeit unverändert.

Es gibt aber in der Natur auch Atome, deren Kerne ihre Zusammensetzung und damit ihren Energiegehalt ändern. Vor allem bei schweren Atomkernen mit großer Kernladungszahl kann die Bindungsenergie der Neutronen zu schwach sein, um die Teile des Kerns auf Dauer zusammenzuhalten. Derartige Kerne sind also instabil. Die zu großen abstoßenden Kräfte im Kerninneren können plötzlich das Abstoßen von Kernteilen auslösen oder sich selbst durch Energieabstrahlung verringern. Der Kern strebt damit einen stabileren Zustand an, wobei er meist durch Abstoßen von Kernteilen leichter wird. Diese Erscheinung der spontanen Abgabe von Kernteilen oder von Energie aus instabilen Atomkernen und gleichzeitige Umwandlung in eine andere Atomart nennt man RADIOAKTIVITÄT. Nuklide, die derartige instabile Atomkerne besitzen, bezeichnet man als RADIOAKTIV (RADIO-NUKLIDE).

Die Radioaktivität wurde ja in der Natur bei den schweren Elementen (Uran, Radium) entdeckt. Systematische Untersuchungen ergaben, daß alle Elemente mit einer Ordnungszahl ab 83 (Wismut) von Natur aus radioaktiv sind (NATORLICHE RADIOAKTIVITÄT). Das schwerste Element mit stabilen Isotopen ist demnach das Blei (Pb) mit der Ordnungszahl 82. Später wurden auch bei einigen leichteren Elementen Isotope mit natürlicher Radioaktivität festgestellt (z. B. das Kaliumisotop K 40).

Wenn man stabile Atomkerne durch bestimmte Einwirkungen (z.B. durch Neutronenbeschuß im Reaktor) in instabile umwandelt, dann bezeichnet man die Eigenschaft dieser künstlich gemachten instabilen Atomkerne als KÜNSTLICHE RADIO-AKTIVITÄT.

Radioaktivität = Eigenschaft bestimmter Atomkerne, sich von selbst

umzuwandeln und dabei Kernstrahlen auszusenden.

Radionuklid = Atomart, die unter Aussendung von Kernstrahlen zerfällt.

Natürliche Radioaktivität = Radioaktivität durch in der Natur verkommender Radionuklide

Künstliche Radioaktivität = Radioaktivität durch künstlich erzeugter Radionuklide

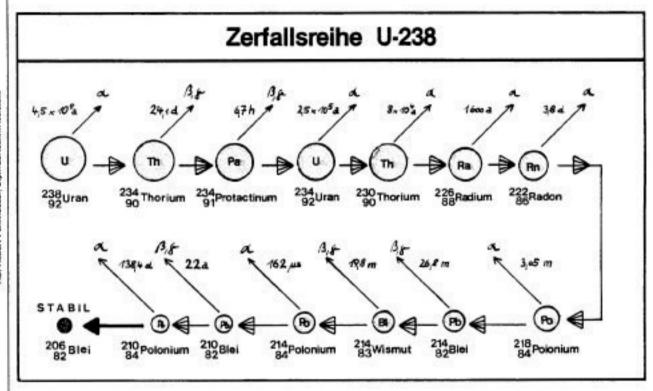
Radioaktiver Zerfall - Halbwertszeit

1 4

SEITE

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

Alle radioaktiven Stoffe senden Strahlung aus und wandeln sich dabei nach und nach in ein anderes Element um. Wenn dieses neue Element wieder ein Radionuklid ist, zerfällt auch dieses wieder. Das geht solange weiter, bis ein
stabiles Nuklid entstanden ist. Wird also durch einen einzelnen radioaktiven
Zerfall die Stabilität des Atomkernes noch nicht hergestellt, so kann eine
ganze Zerfallsreihe entstehen. In der Natur gibt es drei davon. So zerfällt z. B. Uran - 238, wobei sich 14 Radionuklid-Zwischenstufen bilden, in
stabiles Blei.



Die aus radioaktiven Atomen bestehende Materie wandelt sich nicht momentan um, d. h. daß die Atome nicht alle gleichzeitig zerfallen, sondern nach statistischen Gesetzen. Die Zerfallsgeschwindigkeit ist jedoch immer von Radionuklid zu Radionuklid verschieden und somit auch von diesen ein Identitätsmerkmal.

Man charakterisiert also das Radionuklid und seine "Lebensdauer durch die sogenannte Physikalische HALBWERTSZEIT (HWZ phys.). Dies ist jene Zeit, in der gerade die Hälfte der ursprünglich vorhandenen radioaktiven Kerne zerfallen sind und somit die Radioaktivität nur noch die Hälfte beträgt.

Ausgescheitet von: HBI Hubert Fankhauser, Dipl./ad.bechn.Assistent

Halbwertszeit (HWZ phys.)

Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz SEITE

Die bei den Radionukliden beobachteten Halbwertszeiten liegen zwischen Milliarden Jahren und Bruchteilen einer Sekunde. Einige Beispiele zeigen dies :

Uran 238 4.5 Milliarden Jahre

Uran 235 713 Millionen Jahre

Kohlenstoff 14 5 600 Jahre

Radium 226 1 600 Jahre

Kobalt 60 5.3 Jahre

Jod 131 8,1 Tage

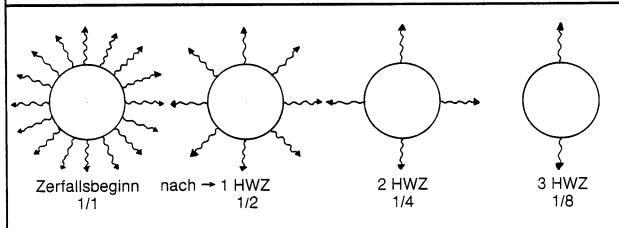
3,8 Tage Radon 222

12 Stunden Kalium 42

o,oool6 Sekunden

Die HWZ vom Kobalt - 60 beträgt 5,3 Jahre. Sind zu einem bestimmten Zeitpunkt gerade 1 ooo Co 6o - Atome vorhanden, dann werden nach Ablauf von 5,3 Jahren (also 1 HWZ) nur noch die Hälfte, also 500 Atome übrig sein. Nach weiteren 5.3 Jahren (also 2 HWZ) nur noch 250 Atome (also 1/4) u.s.w..

physikalische Halbwertszeit (HWZ phys.)



Anzahl der HWZ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Bruchteil der Aktivität	1/2	1/4	1/8	1/16	1/32	1/64	1/128	1/256	1/512	1/1024	

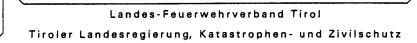
Physikalische Halbwertszeit (HWZ phys.) = Zeitspanne, nach welcher die Hälfte der ursprünglich vorhandenen Atomkerne des radioaktiven Stoffes zerfallen sind.

Aktivität (A)

_

1.17

SEITE



Als Aktivität (A) eines radioaktiven Stoffes bezeichnet man die Anzahl der Kernumwandlungen pro Zeiteinheit.

Die Aktivität stellt also eine bestimmte Menge einer strahlenden Substanz dar, die nicht mit einem Gewichtsmaß, sondern durch die Zahl der Zerfallsakte pro Sekunde ausgedrückt wird.

Früher galt die Aktivität von 1 g Radium (37 Milliarden Zerfälle pro Sekunde) als Standard und eine dieser Aktivität entsprechende Zerfallsrate wurde daher als Einheit gewählt. Einheitsbezeichnung ist das CURIE (Ci).

Die Aktivität von 1 Ci ist also dann vorhanden, wenn 37 Milliarden $(3,7 \times 10^{10})$ radioaktive Atome pro Sekunde zerfallen. Da diese Maßeinheit sehr groß ist, wird wieder unterteilt in :

```
1 Millicurie (1 m Ci) = 37 000 000 Zerf./sec. = 1/tausendstel Ci

1 Mikrocurie (1 \mu Ci) = 37 000 Zerf./sec. = 1/millionstel Ci

1 Nanocurie (1 n Ci) = 37 Zerf./sec. = 1/milliardstel Ci

1 Picocurie (1 p Ci) = 0,037 Zerf./Sec. = 1/billiardstel Ci
```

Seit einiger Zeit wird im Zusammenhang mit dem SI-System (Internationales System der Meßeinheiten) die Aktivität mit der Einheitsbezeichnung BECQUEREL (Bq) definiert.

1 Bq = 1 Zerfall (Kernumwandlung) pro Sekunde.

Aktivität = Anzahl der Kernumwandlungen pro Zeiteinheit

Einheiten: Curie (Ci) - 1 Ci = 37 Milliarden Zerf./sec.

Becquerel (Bq) — 1 Bq = 1 Zerfall/sec.

Umrechnung: 1 Ci = 3.7×10^{10} Bq 1 Bq = 2.703×10^{-11} Ci 1 Ci = 37 GBq 1 Bq = 27.03 pCi

Aktivitätskonzentration (Aktivität/Volumen) :

Ci/m³, µCi/cm³ oder kBq/cm³ usw.

Spezifische Aktivität (Aktivität/Gewicht):

Ci/kg, pCi/g oder Bq/kg usw.

Flächenaktivität (Aktivität/Fläche):

 Ci/m^2 , mCi/cm^2 oder Bq/m^2 usw.

Ausgearbeitet von: 31 Hubert Fankhauser, Dipl. rad. techn. Assistent

Das Elektronenvolt (eV)

Landes-Feuerwehrverband Tirol

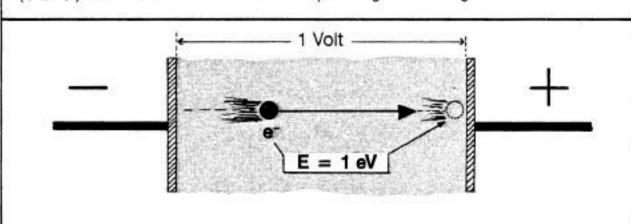
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

Elementarteilchen, die sich bewegen, haben wie jeder materielle Körper Bewegungsenergie. Diese hängt von der Masse und der Geschwindigkeit ab. Je schneller ein Teilchen fliegt und/oder je größer die Teilchenmasse ist, desto höher ist auch seine Energie.

Bei Elementarteilchen wird die Energie in der Einheit ELEKTRONENVOLT (eV) gemessen.

Unter 1 eV versteht man die Bewegungsenergie, die ein einfach geladenes Teilchen (z. B. e⁻) beim freien Durchlaufen einer Spannung von 1 Volt gewinnt.



Ein Teilchen mit mit 2 Elementarladungen hätte bei gleicher Beschleunigungsspannung 2 eV. Hat ein einfach geladenes Teilchen die Spannung loop V durchlaufen, dann hat es eine Bewegungsenergie von looo eV.

Neben dem eV werden oft größere Einheiten verwendet :

1 Kiloelektronenvolt - 1 KeV = 1 000 eV

1 Megaelektronenvolt - 1 MeV = 1 000 000 eV = 10

1 Gigaelektronenvolt - 1 GeV = 1 coo coo coo eV = 10 9

Ein fliegendes Elektron, das sich durch ein Gas bewegt, kann mit einem Energieverlust von ca. 34 eV ein Ionenpaar erzeugen.

Auch die Energie der " Elektromagnetischen Strahlung " wird in Elektronenvolt (eV) angegeben.

Elektronenvolt (eV) = Energieeinheit in der Atomphysik

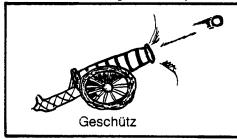
Kernstrahlung

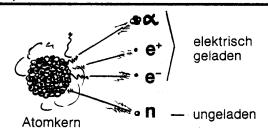
Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz SEITE

Beim Zerfall von Radionukliden werden aus dem Atomkern bestimmte Strahlen mit unterschiedlicher, jedoch sehr hoher Bewegungsenergie ausgesandt.

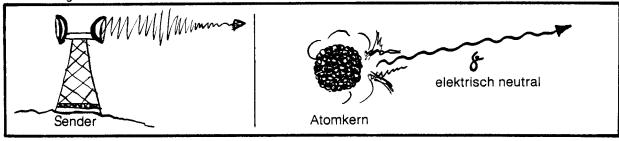
Die Kernstrahlung kann man in zwei verschiedene Formen einteilen : in TEILCHENSTRAHLUNG (Korpuskularstrahlung) und ELEKTROMAGNETISCHE WELLENSTRAHLUNG.

Die TEILCHENSTRAHLUNG besteht aus atomaren Teilchen, die entweder elektrisch geladen (z. B. Protonen, Elektronen) oder ungeladen (z. B. Neutronen) sein können.





A1s ELEKTROMAGNETISCHE WELLENSTRAHLUNG wird jeder elektromagnetische Schwingungsvorgang bezeichnet, der mit Energieabgabe oder Energietransport verknüpft ist. Diese Strahlung ist elektrisch neutral. Im Zusammenhang mit der Kernstrahlung wird die elektromagnetische Wellenstrahlung aus dem Atomkern ausgesandt.



Kernstrahlung = Strahlung, die als Teilchen- oder elektromagnetische Wellenstrahlung aus dem Atomkern kommt.

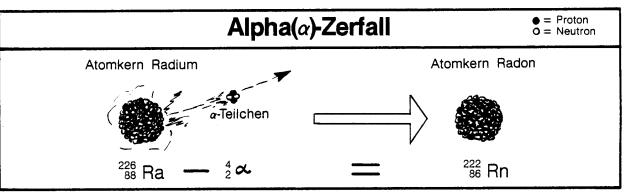
Teilchenstrahlung: dazu gehört z. B. Alpha(α)-, Beta(β)- und Neutronen(n)-Strahlung Elektromagnetische Wellenstrahlung aus dem Atomkern = die Gamma(%)-Strahlung

ALPHA-STRAHLUNG (α)

Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz SEITE

Die ム- Strahlung (ム=Alpha) besteht aus schweren Kernteilchenpaketen, wobei jedes Paket aus 2 Protonen und 2 Neutronen $\binom{4}{2}$ A - also 2-fach positive Ladung) zusammengesetzt ist. Der Kernladungszahl entsprechend handelt es sich also um einen Helium-Atomkern $\frac{4}{2}$ He . Diese α -Teilchen werden aus Atomkernen, die einen hohen Neutronenüberschuß besitzen, mit einer Geschwindigkeit von ca. 30 000 km/sec. herausgeschleudert. Oft ist diese ≪-Strahlung auch mit einer &-Emission verbunden.

Durch das Abstoßen eines α-Kernteilchenpaketes verringert der instabile Kern seine Massenzahl um 4 und seine Ordnungszahl um 2. Der Restkern gehört danach zu einem Element, dessen Ordnungszahl um 2 niedriger ist als die des ursprunglichen Atomkernes.



Die A-Teilchen haben, bedingt durch die große Masse und 2-fach positive Ladung gegenüber der Materie nur eine sehr geringe Durchdringungsfähigkeit. Die Eindringtiefe in Gewebe und diversen anderen Materialien beträgt nur Bruchteile von Millimeter (1 Blatt Papier schirmt die &-Strahlung schon ab !). Selbst in Luft ist die Reichweite nur einige Zentimeter (maximal 7 cm).

Bei der Emission von &-Strahlen werden einige MeV an Energie frei. Wie wir schon gehört haben, werden zur Erzeugung eines Ionenpaares in Luft 34 eV verbraucht. Ein einziges &-Teilchen mit 3,4 MeV wird daher rund 100 000 Ionenpaare auf seinem 2 cm Luftweg oder auf seiner 20 µm Eindringtiefe ins Gewebe erzeugen.

α-Strahlen

- sind schwere, 2fach positiv geladene Kernteilchen (Helium-Kerne ⁴ He)
- haben nur eine sehr geringe Durchdringungstiefe bzw. Eindringtiefe
- können mit einem Blatt Papier bereits abgeschirmt werden
- erzeugen auf ganz kurzem Weg sehr viele lonenpaare = sehr große lonendichte

Ausgearbeitet von: Hubert Fankhauser, Dipl.rad.techn. Assistent

Ausgearfieller von: Hill Hubert Farshauser, Dipl. rad techn. Assistent

STRAHLENSCHUTZ

BETA-STRAHLUNG (B)

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

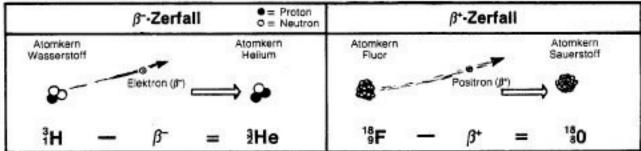
1.21

Die β -Strahlung (β =Beta) besteht aus Elektronen (β) oder Positronen (β), die aus Atomkernen (nicht aus der Hülle!) mit annähernd Lichtgeschwindigkeit emittiert werden. Die β -Teilchen haben eine negative (β) oder positive (β) elektrische Ladung und ihre Masse hat nur etwa den 7 ooosfen Teil der eines α -Teilchens. Die β -Strahlung kann allein (z. β . beim H 3 oder Sr 90) oder in Verbindung mit einer β -Emission (z. β . Co 60) auftreten.

Die Entstehung der B^{*}Strahlung ist so zu verstehen, daß ein Neutron durch eine enge Kopplung zwischen einem Proton und einem Elektron gebildet wird. Wenn diese Kopplung aufgesprengt wird, dann wird das abgesprengte Elektron (B^{*} Teilchen) vom Kern abgestoßen und das Proton bleibt im Kern zurück. Somit nimmt die Ordnungszahl um 1 zu (weil ja 1 Proton dazugekommen ist) und die Neutronenzahl um 1 ab (weil sich ja 1 Neutron umgewandelt hat). Die Massenzahl, als Summe beider, bleibt hingegen gleich.

Nach einem ß Zerfall gehört der Kern zu einem Element, dessen Ordnungszahl um 1 höher ist als die des Elementes des ursprünglichen Atomkerns.

Beim B⁺ Zerfall geht im Atomkern 1 Proton in 1 Neutron über. Dabei wird die überschüssige positive Ladung des Protons von einem Positron übernommen, das den Kern verläßt. Der zurückbleibende Folgekern hat um eine 1 kleinere Ordnungszahl aber die gleiche Massenzahl.



Die Reichweite der β-Strahlen ist wegen ihrer viel geringeren Masse und nur einfachen elektrischen Ladung wesentlich größer als die der α-Strahlen. Damit ist auch die erzeugte Ionendichte wesentlich geringer.

Energiereiche 2,5 MeV β-Strahlen haben in Luft eine Reichweite von ca. 10 m und im menschlichen Gewebe eine Eindringtiefe von fast 1 cm./Ca. 1 cm Wasser oder Plexiglas oder ca. 4 mm Aluminium schirmen diese β-Strahlung bereits ab.

β-Strahlen

- · sind einfach negativ (Elektronen) oder einfach positiv (Positronen) geladene Kernteilchen
- haben in Luft eine Reichweite von einigen Metern und in menschliches Gewebe eine Eindringtiefe bis ca. 1 cm.
- können mit ca. 4 mm Aluminium bereits abgeschirmt werden.
- erzeugen ihre lonenpaare auf l\u00e4ngerem Weg als \u00e4-Strahlen = mittlere lonendichte.

NEUTRONEN-STRAHLUNG (n)

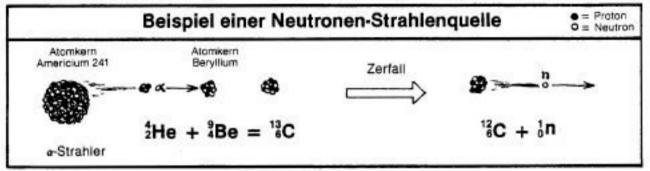
Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

1.22

Die n-Strahlung besteht aus Neutronen, welche aus dem Atomkern herausgeschleudert werden. Sie sind elektrisch neutral und haben demnach auch eine große Durchdringungskraft. In Luft haben sie eine große Reichweite, die ungefähr der einer &-Strahlung entspricht.

Die n-Strahlung ist keine ursprüngliche Strahlung aus radioaktiven Stoffen. Sie wird erst bei künstlichen Kernumwandlungen (z.B. einfache Kernreaktion, Kernspaltung oder Kernverschmelzung) erzeugt.



Die Abbremsung von Neutronen geschieht wegen der optimalen Energieübertragung (bei gleich großen Energien kann die ganze Energie abgegeben werden) am wirkungs-vollsten mit leichten Materialien (z.B. Bor oder Paraffin). 1 MeV-Neutronen sind z.B. im Wasser bereits nach ca. 18 Zusammenstößen und im Kohlenstoff erst nach ca. 144 Stößen auf niedrigste Energie abgebremst.

Man bezeichnet die Neutronen nach ihrer Energie als

langsame oder thermische n : Energie bis etwa **Q**5eV mittelschnelle n : Energien zwischen **Q**5eV und **2**o keV schnelle n : Energie über **2**o keV - bis MeV Bereich

Mit jedem Stoß verliert ein Neutron einen Teil seiner Energie. Aus einem schnellen n wird so ein mittelschnelles und schließlich ein langsames n,das dann in einer Kernumwandlung endet.

Schnelle-n erzeugen über mehrere Stufen längs ihres Weges eine ähnlich hohe Ionendichte wie ≪-Teilchen.

n-Strahlen

- sind elektrisch neutrale Kernteilchen (Neutronen)
- entstehen nur bei k\u00fcnstlichen Kernumwandlungen
- haben in Luft, je nach Energie, eine sehr große Reichweite
- werden am besten mit ganz leichten Stoffen abgebremst (z. B. Paraffin, Graphit, Wasser) und anschließend mit Neutronenabsorbern (z. B. Bor) absorbiert.
- schnelle Neutronen haben eine sehr hohe lonendichte

Ausgearbeitst von: Hubert Farkhauser, Dipt.rad.tectm.Assistent



GAMMA-STRAHLUNG (%)

Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz SEITE

Im Gegensatz zur Teilchenstrahlung handelt es sich bei der &-Strahlung (&=Gamma) um eine elektromagnetische Wellenstrahlung, die aus dem Atomkern ausgesandt wird. Sie hat keine Masse und auch keine elektrische Ladung und breitet sich mit Lichtgeschwindigkeit aus.

Durch einen z. B.
δ- oder β-Zerfall eines instabilen Atomkernes entsteht meistens im Kern ein erhöhter Energiezustand. Diese überschüssige Energie wird dann vom jeweiligen Atomkern in Form der &-Strahlung abgestrahlt und damit abgebaut. Die Zusammensetzung des Atomkernes (Kernteilchen) ändert sich bei der &-Emission nicht, sein " Energie-Inhalt " nimmt jedoch ab. Der Abbau des erhöhten Energiezustandes erfolgt vom Kern in der Regel in weniger als 10⁻¹⁰ s (Zehnmilliardstel Sekunde), sodaß die ₹-Strahlung mit der auslösenden ٨- oder ß -Strahlung praktisch zusammenfällt. Demnach gibt es zunächst keine reinen &-Strahlem.

Es ist aber auch möglich, daß bestimmte Radionuklide ihren erhöhten instabilen Energiezustand nicht sofort, sondern erst mit einer " Energie-HWZ " bis zu mehreren Stunden abgeben und somit wieder ihren " stabilen Energiegehalt " erreichen. Solche Radionuklide werden als metastabil betrachtet. Metastabile Atomkerne werden bei der Kennzeichnung oft zusätzlich mit einem " m " hinter der Massenzahl versehen. Ein Beispiel hiefür ist der angeregte Zustand des ⁹⁹ Tc (Technetium 99), der eine HWZ von 6 Stunden besitzt und deshalb als 99mTc bezeichnet wird.

Atome, die sich nur durch ihren Energieinhalt unterscheiden, werden isomere Kerne genannt. (Molybdän-99 B→ Tc-99m → Tc 99)

Die &-Strahlung verfügt, weil sie elektrisch neutral ist und keine Masse aufweist, über eine sehr große Reichweite und ein bis zum 10 000-fachen Durchdringungsvermögen gegenüber der &- bzw. B-Strahlung. Die Reichweite kann dieht Stahlungsf nicht angegeben werden da nie nicht vollstindig afzorbiert sondern men gerdensächt sind. Mit Hille des deffiniert angegeben werden, sondern muß jeweils mit dem Abstandsgesetz.

AISTANDSGESETZES kom jedoch die jeweilige Shahleninderrifät in beliebigen Euffernung ermithelt werden ermittelt werden.

Die Ionendichte ist wesentlich geringer als bei ← oder β-Strahlen. Dementsprechend müssen bei den Y-Strahlen auch wesentlich größere Abschirmdicken verwendet werden.

&-Strahlen

- sind elektromagnetische Wellenstrahlen aus dem Atomkern ohne Masse u. ohne elektr. Ladung
- haben ein sehr großes Durchdringungsvermögen, jewiligen Stralleninkmität mit Abfandsgesetz.
 haben eine sehr große Reichweite Ermittlung nach Abstandsgesetz.
- erfordern zur Abschirmung sehr große Materialdichten bzw. Materialdicken
- · weisen eine geringe Ionendichte auf



ELEKTRONENSTRAHLEN (e-)

Landes-Feuerwehrverband Tirol

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

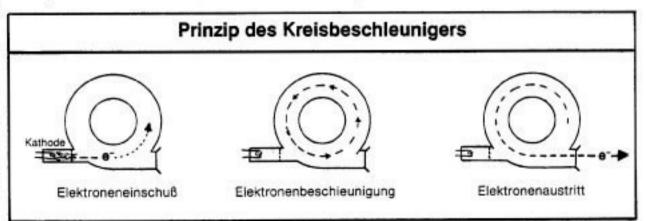
7.24

Elektronenstrahlen (e") können auch außerhalb eines Atomkernes erzeugt werden. Die Reichweite der Elektronenstrahlung ist ja auch von deren Energie abhängig. So besitzt z. B. eine ß" Strahlung von 3 MeV eine Eindringtiefe in menschliches Gewebe von ca. 1 cm.

Für einige Zwecke (nicht nur in der Medizin) benötigt man aber ß-Strahlen mit einer viel größeren Energie als sie von Radionukliden ausgesandt wird. Solche "Energiereichen ß-Strahlen " werden dann künstlich in sogenannten Teilchenbeschleunigern erzeugt. Die Elektronen werden entweder auf kreisförmigen Bahnen (Kreisbeschleuniger) oder geradlinig (Linearbeschleuniger) auf die gewünschte Energie gebracht.

Die z.B. in der Medizin eingesetzten Elektronenbeschleuniger können in der Regel einen in Luft austretenden Strahl energiereicher Elektronen mit wählbaren Teilchenenergien von etwa 3 bis 45 MeV erzeugen.

Die Erzeugung von energiereichen Elektronen in einem Kreisbeschleuniger erfolgt folgendermaßen: In einem hochevakuierten Beschleunigungsgefäß werden von einer durch Strom geheizten Drahtwendel (der Kathode) durch Glühemission Elektronen erzeugt. Diese werden durch ein elektromagnetisches Feld in eine kreisförmige Bahn gelenkt und beschleunigt. Bei jedem Umlauf erreichen die Elektronen einen Energiezuwachs, der sie dann bis annähernd Lichtgeschwindigkeit beschleunigen kann. Nach Erreichen der gewünschten Energie wird der Elektronenstrahl kurzzeitig mit einer Ablenkspule aus dem Gefäß geleitet.



Elektronen-Strahlen (künstlich erzeugt)

- sind elektrisch negativ geladene Teilchen (Elektronen), die aus der Atomhülle stammen
- können künstlich außerhalb eines Atomkernes in Elektronenbeschleunigeranlagen mit Energien bis ca. 50 MeV erzeugt werden
- haben eine Eindringtiefe in Gewebe von ca. 1 cm pro 3 MeV

BREMSSTRAHLUNG/RÖNTGENSTRAHLUNG

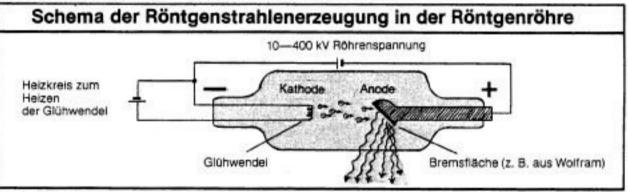
Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

1-25

Stoßen Beta (B⁻)-oder Elektronen (e⁻)-Teilchen auf Materie und werden dort abgebremst, dann entsteht dabei eine elektromagnetische Wellenstrahlung, die die selben Eigenschaften wie Röntgenstrahlung aufweist und als BREMS-STRAHLUNG bezeichnet wird. Die Energie der entstehenden Bremsstrahlung hängt von der auftreffenden B- oder e-Strahlenenergie und vom abbremsenden Material ab. Um die Entstehung einer Bremsstrahlung zu verhindern bzw. zu vermindern, sollen zur Abschirmung der B-Strahlung eines radioaktiven Präparates möglichst Materialien mit geringem spezifischen Gewicht (z. B. Plexiglas) verwendet werden.

RÖNTGENSTRAHLEN sind elektromagnetische Wellen, die künstlich mit elektrischem Strom in einer Röntgenröhre Verzeugt werden. Wird die Stromzuführung unterbrochen, so bricht auch die Erzeugung und Aussendung von Röntgenstrahlung sofort ab. — Röntgenstrahlung ist eine Bremsstrahlung!

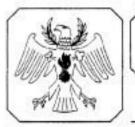


In einer Hochvakuum-Röhre befindet sich eine durch elektrischen Strom erhitzte Glühwendel aus Draht -die Kathode (= negative Elektrode). Ihr gegenüber steht die metallische Anode (= positive Elektrode). Durch das Glühen der Kathode werden Elektronen emittiert, die dann durch die angelegte Hochspannung (ca. lo - 400 kV) auf die Anode zu beschleunigt und dort mit hoher Bewegungs-energie am Anodenmaterial abgebremst werden. Nur ein sehr kleiner Teil der Bewegungsenergie der Elektronen (ca. 1 %) wird dabei in elektromagnetische Wellenstrahlung und der Großteil in Wärme umgewandelt.

Je energiereicher die Röntgenstrahlung ist, desto größer ist auch die Durchdringungsfähigkeit. Für medizinische Röntgenuntersuchungen werden Energien von 25 - 150 keV verwendet.

Wenn die in Elektronenbeschleuniger erzeugten hochenergetischen Elektronen (bis 45 MeV) beim Austritt aus der Beschleunigeranlage mit einer Schwermetallplatte abgebremst werden, entsteht eine ultraharte Röntgenstrahlung mit derselben Energie.

Ausgescheitst von: HBI Hubert Fankhauser, DipLrad techn. Assistent



GAMMA-, BREMS- bank RÖNTGENSTRAHLEN

Landes-Feuerwehrverband Tirol

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

Gamma-, Brems- und Röntgenstrahlen haben alle die gleichen Grundeigenschaften. Sie unterscheiden sich vom Prinzip her eigentlich nur durch ihren Ursprung:

8-Strahlung

elektromagnetische Wellenstrahlung aus Atomkern

Bremsstrahlung =

elektromagnetische Wellenstrahlung aus Atomhülle ensteht

(Rontgenstrahlung)

★ durch Abbremsung von β- oder e-Strahlung in Materie

Röntgenstrahlung - elektromagnetische Wellenstrahlung aus Atomhülle # durch Abbrewang von Elektronen on Köntgenröhre der Elektronen - mit elektrischem Strom in Röntgenröhre erzeugt Elektronen werden hier mit elektrischem Strom organist.

&-, Brems- ધેમાર્ચ Rö.-Strahlung: Unterscheidung dem Ursprung nach

&-Strahlung aus Atomkern



Entsteht beim radioaktiven Zerfall Bremsstrahlungaus Atombülle



ntsteht beim Abbrem ven 8 oder e Strahlung in Malerie

BREMSSTRAHLUNG - aus Afornhille -Röntgenstrahlung our Atombrillo

in he hobre oden e-Centles

sofort

Röntgenröhre kann abgeschalten werden = keine Strahlung Radioaktivität kann nicht abgeschalten werden = dauernde Strahlung (Abnahme nur nach HWZ)

Röntgenstrahlen &, Brems-

sind allee elektromagnetische Wellenstrahlen

haben alle die gleichen Grundeigenschaften

 haben bei gleicher Energie gleiche Reichweite und Eindringtiefe Ermittlung nach dem Abstandsgesetz

weisen eine geringe, lonendichte auf

bis mittlere



Elektromagnetische Wellen

Landes-Feuerwehrverband Tirol

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

Elektrische und magnetische Felder sind eng miteinander verknüpft.

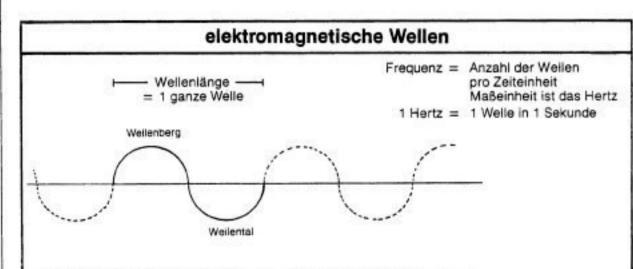
Es zeigt sich nämlich, daß durch Änderung der elektrischen Feldstärke an einem Ort ein magnetisches Feld in dessen Umgebung erzeugt wird und umgekehrt wird durch die Änderung der magnetischen Feldstärke an einem Ort ein elektrisches Feld aufgebaut. Durch diese Verknüpfung kann sich eine lokale Feldänderung durch den Raum ausbreiten = elektromagnetische Wellen. Bei einem Elementarakt wird nicht etwa ein unendlich langer Wellenzug, sondern nur ein Wellenpaket endlicher räumlicher Ausdehnung erzeugt. Solche Wellenpakete bezeichnet man auch als Quanten oder Photonen.

Photonen oder Quanten sind die kleinsten Energiebeträge einer elektromagnetischen Wellenstrahlung

Alle elektromagnetischen Strahlungen breiten sich in Luft mit Lichtgeschwindigkeit (= 300 oookm/sec.) aus. Je nach Wellenlänge unterscheidet man z. B. Radiowellen, Infrarotstrahlung, sichtbares Licht, Röntgen- und Gammastrahlung.

Jede elektromagnetische Wellenart ist durch ihre Wellenlänge (= Länge von 1 Welle) und der Anzahl solcher Wellen pro Zeiteinheit - Frequenz - charakterisiert.

Mit abnehmender Wellenlänge nimmt die Energie ("Härte") der Strahlung zu.



- breiten sich in Luft alle mit Lichtgeschwindigkeit fort (300 000 km/sec.)
- unterscheiden sich untereinander durch unterschiedliche Wellenlänge, Frequenz und Energie
- unterschiedlicher Wellenlängen zeigen ein ganz unterschiedliches Verhalten
- Bei abnehmender Wellenlänge nimmt die Energie der Strahlung zu
- Reichweite in Luft nach dem Abstandsgesetz.



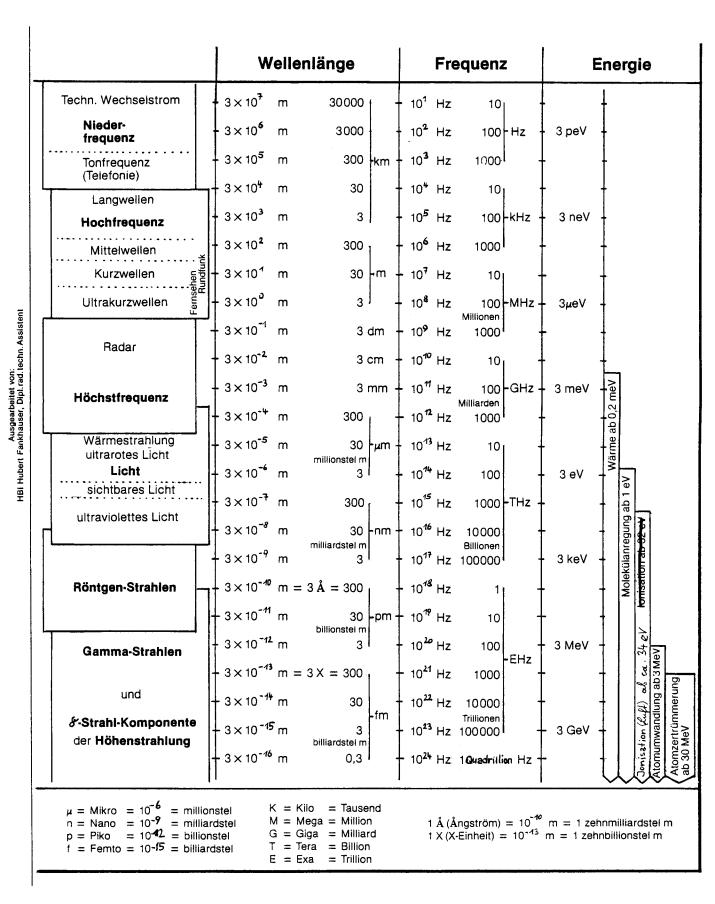
Elektromagnetisches Wellenspektrum

Landes-Feuerwehrverband Tirol

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

-28



Reichweite und Eindringtiefe der verschiedenen Strahlenarten

Landes-Feuerwehrverband Tirol

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

.29

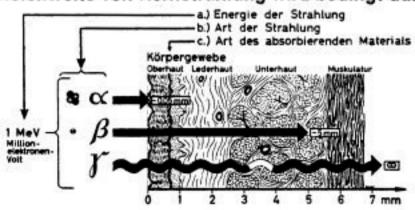
α-, β-, n- und Röntgen- oder &-Strahlen haben unterschiedliche Reichweiten in Luft und unterschiedliche Eindringtiefen in Gewebe bzw. andere Materie. Aber auch jede Strahlenart hat für sich selbst unterschiedliche Reichweiten und Eindringtiefen, die durch die unterschiedlichen Energien beeinflußt werden.

α-	und B	Stra	hlen:	Reicht in Abh		uft und Eindri ihrer Energie	ngtiefe in Materie	
Strahlenart	Energie in MeV	Luft in cm	Re Gewebe in mm	Wasser Plexiglas in mm	in Alu- minium in mm	Blei in mm		
Alpha- Strahlen	1 2 3 4 5 6 7 8 9	0,45 0,94 1,6 2,6 3,50 4,7 6 7,0 8,5	0,0065 0,014 0,021 0,033 0,045 0,06 0,078 0,095 0,12 0,14	0,0094 0,016 0,026 0,035 0,047 0,060 0,073	0,0034 -0,0064 -0,012 -0,015 -0,021 -0,028 -0,035 -0,045 -0,052 -0,065	0,001 0,003 0,0045 0,007 0,01 0,013 0,017 0,021 0,025 0,03	Einige a-Strahler und ihre Energie in MeV Uran-238 Radium-226 Actinium-227 Americium-241 Radon-222 Thorium-227 Polonium-212	4,2 4,5 4,9 5,4 6,0 8,7
Beta- Strahlen	0,2 0,3 0,5 1 2 3 5	in m 0.5 0.9 1.7 4.3 10 16 25 55	in mm 0,4 0,7 1,5 3,4 7 12 18 35	in mm - 0,5 - 0,9 - 1,8 - 4,3 - 9,8 - 15 - 28 - 50 - 190	in mm 0,31 0,62 1 2,2 6,2 8,8 17,7 40	in mm 0.07 0.14 0.23 0.5 1.4 2 4	Einige β-Strahler und ihre Energie in MeV Wasserstoff-3 Kohlenstoff-14 Promethium-147 Strontium-90 Elektronenbeschleu- nigeranlage	0,0 0,1 0,2 2,2 3—4

Gamma-Strahlen: nach dem Abstandsgesetz und Eindringtiefe in Materie

Neutronen-Strahlen: Reichweite und Durchdringungsvermögen von »schnellen Neutronen« entspricht etwa den g-Strahlen. Mit leichten Stoffen (z. B. Graphit, Paraffin, Wasser) können »schnelle-n« abgebremst werden. Die dann entstehenden »thermischen Neutronen« können von Neutronen-Absorbern (z. B. 1 mm Bor oder Kadmium) praktisch schon vollkommen absorbiert werden.

Die Reichweite von Kernstrahlung wird bedingt durch:



Ionisierende Strahlung

Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz SEITE

Strahlung, die beim Zusammentreffen mit Materie deren Atome und Moleküle ionisieren kann. bezeichnet man als IONISIERENDE STRAHLUNG . Man unterscheidet dabei noch zwischen DIREKT ionisierender Strahlung und INDIREKT ionisierender Strahlung.

DIREKT IONISIERENDE STRAHLUNG ist eine Korpuskularstrahlung, die aus elektrisch geladenen Teilchen besteht (z. B. Elektronen, Positronen, Protonen, A-Teilchen). Diese Teilchen besitzen eine solche Bewegungsenergie. so daß sie durch Stoß und direkter Ladungszuführung zu ionisieren vermögen. Diese Strahlenarten weisen deswegen auch nur ein kleines Durchdringungsvermögen bzw. eine kurze Reichweite auf.

INDIREKT IONISIERENDE STRAHLUNG ist eine ungeladene Teilchen - oder elektromagnetische Wellenstrahlung die imstande ist, beim Durchgang durch Materie direkt ionisierende Teilchen freizusetzen und damit Ionen zu erzeugen oder Kernumwandlungen herbeizuführen. Indirekt ionisierende Strahlung besitzt ein großes Durchdringungsvermögen und damit eine große Reichweite.

Ionisierende Strahlung

Direkt Ionisierende Strahlung

- · elektrisch geladene Teilchen z. B.: a- undß-Strahlung
- · erzeugt direkt lonen
- hat geringes Durchdringungsvermögen und Reichweite
- hat große lonendichte

Indirekt Ionisierende Strahlung

- · neutrale Teilchen bzw. Strahlung z. B. Neutronen-, &- und Röntgenstrahlung
- erzeugt indirekt lonen
- hat großes Durchdringungsvermögen und Reichweite
- hat geringe lonendichte

Die Ionisierenden Strahlen sind also in der Lage, Ionen zu erzeugen. Diese Ionen werden mittelbar auf dem Fortpflanzungsweg der Strahlung erzeugt. Wieviele solcher Ionen erzeugt werden können, hängt u. a. von der Reichweite und der Energie der einzelnen Strahlenarten ab. Wenn eine Strahlung nur eine sehr geringe Reichweite hat, dann wird sie ihre ganze Energie auf einem sehr kurzen Weg abgeben (z. B. ★-Strahlung). Hat die Strahlung jedoch eine sehr große Reichweite, dann gibt sie ihre Energie auf einem langen Weg verteilt ab (z. B. &-Strahlung). Die Zahl der Ionen, die auf einem bestimmten Strahlendurchgangsweg erzeugt werden können, nennt man IONENDICHTE (oder auch Ionisationsdichte).

Verhältnis des Ionisationsvermögens in einer bestimmten Strecke = Ionendichte (I) von Alpha-, Beta- und Röntgen- oder Gammastrahlen

 $|\alpha:|\beta:|\mathcal{E}/R\ddot{o}=10000:100:1$



Die verschiedenen Strahlenarten: Zusammenfassender Überblick der Eigenschaften

Landes-Feuerwehrverband Tirol

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

1.31

Ausgearbeitet van: HBi Hubert Famkhasser, Dipirad bechn. Assistent

	Strahlenart	Symbol	Masse	elektrische Ladung	lonisierende Wirkung	Ionisationsdichte — Biologische Wirkung	Eindringtiefe In Gewebe	Reichweite in Luft	Abschirmung
-6	Q Alpha-Strahlung	1.09	5	2fach positiv	direkt	sehr hoch	Bruchteile von mm	einige cm	1 Blatt Papier
	8	1.78	-	negativ	Talib	ionilian	mm anima	manua	bis zu ca. 1,5 cm Plexiglas
	Beta-Strahlung	1.78	2000	positiv				O. C.	oder 0,8 cm Aluminium
Strehlung aus adioaktiven Zerfa	n Neutronen-Strahlung	400	-	neutral	indirekt	bls sehr hoch (cel schreben Neutroner)	durchdringend	100 m und viel mehr Albekadsgesefa (Abbremsung durch sehr leichte Absorber materialien
— פחופט ו	Gamma-Strahlung		0	keine	indirekt	Buing	durchdringend	100 m und viel mehr Abstandsgesetz!	Abschwächung durch Material HWS
	Röntgenröhre (keV) X Röntgen-Strablung	}	۰	keine	indrekt	mille!	teils- bis ganz- durchdringend	einige m bis weit über 100 m	Abschwächung durch Material
oh erzeug	ultraharte (MeV)	-	6			960-06	durchdringend	Abstandsgeset2	HWS
Strahlung - Künstli	e- Elektronen		- 2	negativ	direkt	mittel	einige cm	m 051 ~ sid	bis zu 19 cm Plexiglas oder
	(1-45 MeV)	1:	2000				(** I crispio 3 Mari)		9 cm Aluminium



Künstliche Radioaktivität

Landes-Feuerwehrverband Tirol

SEITE

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

Werden stabile Atomkerne mit z.B. &-Teilchen, Protonen, Neutronen oder & -Quanten (die jedoch alle einem bestimmtem Energiezustand haben müssen) beschossen, dann ist es möglich, daß diese in die Atomkerne eindringen können. Dabei wird jedoch der innere Energiegehalt des Kernes so verändert, daß der betroffene Atomkern instabil wird. So ein neu gebildeter instabiler Atomkern zerfällt wieder und stößt dabei unter Umständen ganz andere Kernteilchen als jene, mit denen er beschossen wurde, ab.

Eine derartige künstlich hervorgerufene Kernumwandlung wird als KÜNSTLICHE RADIOAKTIVITÄT bezeichnet.

Künstlich erzeugte radioaktive chemische Elemente, die schwerer als Uran sind (Z= über 92), werden als Transurane bezeichnet (z.B. Plutonium, Americium usw.) Die wichtigsten Hilfsmittel zur Herstellung von den über 1500 künstlichen Radiomukliden sind große Beschleunigeranlagen und Kernreaktoren.

Beispiel einer Kemumwandlung					
Beschuß		Zerfall			
O=→ Neutron	=	⊕ β HWZ 5	5,3 a		
Stabiler Kobalt-Atomkern		instabiler Kobalt-Atomkern	stabiler Nickel-Atomkern		
¹ ₀n + ⁵⁹ ⁄ ₂₇ Co	=	⁶⁰ Cο <u>β-, β</u>	60 28 Ni		
stabil		radioaktiv	stabil		

Ausgearbeitet von: Hubert Fankhauser, Dipl.rad.techn. Assistent

Ausgearbeitet von: HBI Hubert Fankhauser, Dipl.rad.techn.Assistent

STRAHLENSCHUTZ

Künstliche Radioaktivität

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

1-33

Neutronen sind für den Kernbeschuß besonders gut geeignet, da sie elektrisch neutral sind und so durch die positive elektrische Ladung der Atomkerne nicht abgestoßen werden können. Starke Neutronenstrahlung wird im Inneren von Atomreaktoren erzeugt, so daß diese u.a. zur Herstellung von künstlichen radioaktiven Stoffen benutzt werden kann.

Die Bindung der Protonen und Neutronen im Atomkern (Kernbindungsenergie) ist im Bereich von MeV (bis maximal 8,5 MeV) und übersteigt daher die chemische Bindungsenergie (= Bindung der Hüllenelektronen an den Kern) um das Millionenfache. Deshalb ist es bis auf wenige Ausnahmen auch nicht möglich, mit der aus radioaktiven Stoffen ausgesandten &-, &- oder &-Strahlung oder mit normaler Röntgenstrahlung eine Radioaktivität zu erzeugen. Diese Strahlen treten dann also nicht mit dem Atomkern, sondern mit den Elektronen der Atomhülle in Wechselwirkung (Ionisationen!). Eine Ausnahme ist z.B. die Einwirkung von &-Strahlen auf leichte Kerne wie Deuterium (D) oder Beryllium (Be). Dabei verändern sich die Kerne und es entstehen Neutronen (siehe unter "Neutronen-Strahlung"). Mit diesen Neutronen lassen sich dann viele Kernreaktionen durchführen.

- Künstliche Radioaktivität = Radioaktivität aus künstlichen Radionukliden, die durch Beschuß von stabilen Atomkernen mit Kernteilchen oder Quanten einer bestimmten Energie erzeugt werden.
- Künstliche Radionuklide werden vorwiegend in Kernreaktoren und Beschleunigeranlagen hergestellt.
- Aus Radionukliden und Röntgenröhre ausgesandte Strahlung erzeugt keine Radioaktivität.

(Ausnahme: Einwirkung von a-Strahlung auf leichte Atomkerne)

Kernspaltung

1_34

SEITE

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

Das in der Natur vorkommende Uran besteht zu mehr als 99 % aus dem Isotop U-238 und nur zu 0.007 % aus dem Isotop U-235.

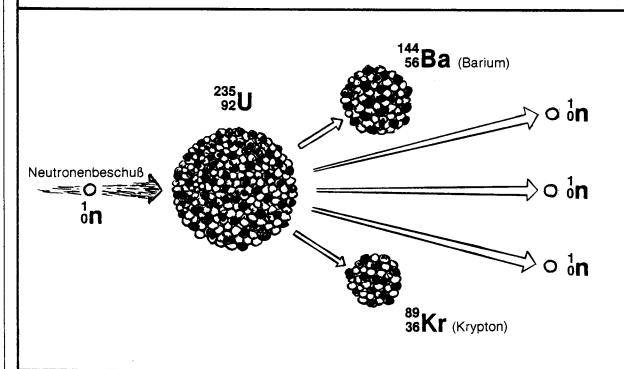
Wird Uran mit langsamen Neutronen beschossen, so SPALTET sich der Kern des Isotopes U-235 in zwei mittelschwere KERNTRÜMMER und zwei oder drei freie NEUTRONEN auf (die Spaltung von U-238 ist schwieriger zu erreichen). Bei diesem Vorgang wird ein Energiebeitrag von ca. 200 MeV frei.

Aus 1 kg spaltbarem Material können ca. 24 Millionen Kilowattstunden Energie erzeugt werden.

Kernspaltung

ist die Spaltung eines schweren Atomkerns durch Neutronenbeschuß.

Dabei werden auch zwei bis drei Neutronen frei.



Bei der Spaltung eines schweren Atomkernes entstehen zwei, meist unterschiedlich schwere, Spaltprodukte. Diese Spaltprodukte sind Atome leichterer Elemente. Die wichtigsten Spaltprodukte sind z.B.: Strontium-90, Jod-131, Caesium-137, Barium-144, Krypton-89, Promethium-147.

Kettenreaktion

SEITE

Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

Die bei der Kernspaltung zusätzlich erzeugten Neutronen können ihrerseits wieder jedes für sich einen Uran-235 Kern spalten, wobei auch bei den neuerlichen Spaltvorgängen je Spaltung neben den ebenfalls radioaktiven Spaltkernen zwei bis drei Neutronen entstehen. Auf diese Art und Weise hat man bereits nach der 16. Spaltstufe etwa eine Million Neutronen auf einmal erzeugt. Ein derartig lawinenartiges Anwachsen von Kernspaltungsvorgängen nennt man KETTENREAKTION. Um so eine Kettenreaktion voll auszunützen, muß die Masse des U-235 genügend groß sein, damit die Neutronen nicht entweichen können, ohne auf einen Kern zu stoßen. Die erforderliche Mindestmasse wird auch "KRITISCHE MASSE" genannt. Beim Uran-235 beträgt diese Masse rund 10 kg, was einer Urankugel von der Größe einer Kegelkugel entspricht.

Um ein erfolgreiches Anlaufen der Kettenreaktion zu garantieren, muß also mindestens ein bei der Spaltung ausgeschleudertes Neutron selbst wieder eine Spaltung auslösen. Übersteigt diese Zahl der spaltenden Neutronen -sogar den Wert 1. dann ent-"EXPLOSIVE KETTENREAKTION" (Atombombe). Hierbei entsteht eine gigantische Detonation, die im Bruchteil einer Sekunde ungeheure Energiemengen freisetzt.

Eine kontrollierte und ausgenütze Kettenreaktion erfolgt in den "KERNREAKTOREN".

Kettenreaktion ist eine lawinenartige Zunahme der Kernspaltungsprozesse infolge Neutronenvermehrung. = Neutron Uran-235 = Barium-144 = Krypton-89 Bei der 3. Spaltung sind aus Platzmangel keine Spaltkerne mehr eingezeichnet. Selbstverständlich entstehen aber auch dabei Ba-144 und Kr-89

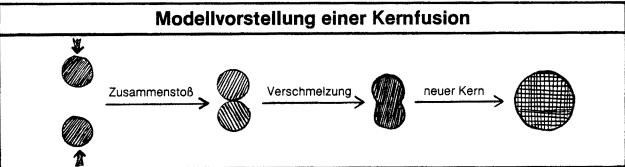


Kernverschmelzung

Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz SEITE

versteht man das Zusammenschmelzen Unter Kernverschmelzung - KERNFUSION von zwei leichten Atomkernen zu einem gemeinsamen Kern. Bei diesem Vorgang wird sehr viel Energie frei. und was besonders orfreulich ist, as bleiben keinerlei de ährliche radioaktive Abfallprodukte zurück.

FUSION besteht darin, daß sich z. B. schwere Wasserstoffisotope, wie das Die Deuterium oder Tritium, miteinander oder mit Lithium vereinigen; und zwar entweder zu Helium oder zu einem seiner Isotope, dem Helium-3. Bei jeder dieser Umwandlung vermindert sich die Masse um 0,5 bis 0,7 Prozent und es wird pro Kilogramm Brennstoff fünf- bis siebenmal soviel Energie wie bei einer Kernspaltung frei. Außerdem ist der Vorrat an Fusionsbrennstoff, nämlich Deuterium, praktisch unbegrenzt vorhanden.



Damit es zu einer Kernfusion kommt, müssen die Kerne der Wasserstoffisotope sehr heftig aufeinander prallen. Wegen der großen Abstoßungskräfte zwischen den Kernen sind derartige Zusammenstöße nur bei Temperaturen von Millionen Grad Celsius möglich. Deshalb wird die Kernfusion auch noch als "THERMONUKLEARE REAKTION" bezeichnet. So hohe Temperaturen hat man bereits in der "Wasserstoffbombe" (thermonukleare Bombe) dadurch erreicht, daß der Fusionsbrennstoff in eine Atombombe (Spaltungsbombe) eingebettet wurde. Die Zündung der Atombombe ist quasi nur zur Erzeugung der für die Kernfusion erforderlichen hohen Temperatur:notwendig. So entsteht eine unkontrollierte Kernfusionsreaktion, bei der die gesamte Energie in kürzester Zeit frei wird.

Es ist allerdings bisher noch nicht gelungen, eine Fusionsreaktion über einen längeren Zeitraum aufrechtzuerhalten, bei der die Energie dann in technisch nutzbaren Mengen kontrolliert freigesetzt würde.

"Kernfusionsreaktor" unseres Planetensystems ist die Dort werden z. B. die gigantischen Energien durch andauernd laufende Kernfusionen erzeugt.

Kernfusion (Kernverschmelzung) =

- das Verschmelzen von zwei leichten Atomkernen zu einem, wobei sehr hohe Temperaturen erforderlich sind.
- Dabei wird 5- bis 7mal mehr Energie freigesetzt als bei der Kernspaltung.
- Es bloiben heinerlei redisektive Speltprodukte switch. Fusionsbreunstoff ist praktisch unbegreust verhanden
 Auf der Sonne wird die ganze Energie durch Kernfusionsprozesse erzeugt.



Freisetzung der Atomenergie

Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz SEITE

Die ganze Energie, die aus einer Materie kommen kann, stammt aus dem Atom = ATOMENERGIE. Der Atomkern und die Atomhülle stellen dabei eine Art "Energiespeicher" dar, wobei

> aus der ATOMHÜLLE CHEMISCHE ENERGIE und die aus dem ATOMKERN die KERNENERGIE kommt.

Diese beiden Energiearten unterscheiden sich sehr stark sowohl in ihrer Energieart als auch in ihrer Energiemenge.

So kommt etwa die Energie, die bei einer Verbrennung frei wird (z. B. Hitzestrahlung, Licht, UV-Strahlung) aus der Atomhülle. Die beim radioaktiven Zerfall oder bei der Kernumwandlung frei werdenden riesigen Energien kommen hingegen aus dem Atomkern.

Das frei werdende Energieverhältnis zwischen Chemischer Energie (E1) und Kernenergie (E2) verhält sich wie 1 zu 1 Million.

 $E_1 : E_2 = 1 : 1 000 000$

	Freisetzung der Atomenergie							
E ₁ : E ₂ 1: 1000.000	in große kontrolliert	em Maß unkontrolliert	(in bleinen Europeportionen) (Strahlung)					
Chemische Energie & E1	Verbrennung z.B.Ofen, kalorisches Kraftwerk	Verbrennung (Verpuffung, Explosion oder Detonation) z. B. Brand, konventionelle Waffen	Temperaturstrahlung z. B. Hitzestrahlung, UV-Strahlung, sichtbares Licht Röntgenstrahlung					
Kern- Energie Kern- Lambert E2 aus Atomkern	Kernspaltung Reaktor Kernverschmelzung Sonne (vielleicht einmal im Fusionsreaktor)	Kernspaltung Atom-Bombe Kern- verschmelzung- Wasserstoff- Bombe	Kernstrahlung (»radioaktive Strahlung«) (»Shallung radioaklivn Stoffe «)					

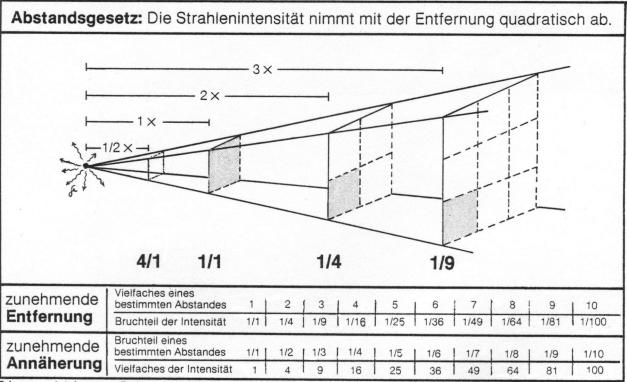
Abstandsgesetz

SEITE

Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

So wie die Helligkeit einer Lichtquelle mit der Entfernung rasch abnimmt, nimmt auch die Intensität von Neutronen -, Gamma- und Röntgenstrahlung rasch ab. Die rasche Intensitätsabnahme hat vor allem geometrische Gründe. Das sogenannte QUADRATISCHE ABSTANDSGESETZ besagt, daß die Intensität der Strahlung (Dosisleistung) von "punktförmigen" Quellen bzw. Quellen, die in alle Richtungen gleichmäßig abstrahlen, mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt (die Quellendimensionen müssen jedoch gegenüber dem Abstand kleiner als 1/10 sein). Das bedeutet, daß bei ZUNAHME der ENTFERNUNG die DOSISLEISTUNG rasch ABNIMMT - z. B. bei doppelter Entfernung auf 1/4, bei dreifacher Entfernung auf 1/9 der Intensität u.s.w..

Andererseits nimmt aber bei zunehmender ANNÄHERUNG auch die DOSIS-LEISTUNG rasch ZU - z. B. bei 1/2 Entfernung auf das 4-fache, bei 1/10 Entfernung auf das 100-fache der Ausgangsintensität u.s.w..



Die praktische Erkenntnis daraus soll sein, daß man sich IMMER möglich von einer Strahlenquelle entfernen und bei erforderlichen Tätigkeiten diese nur unter voller Ausnutzung des größtmöglichen Abstandes durchführen soll. Demnach auch NIE einen radioaktiven Stoff mit den Händen anfassen, sondern nur mit Abstandsgeräten (wie z. B. Greifzangen, lange Pinzetten, Schaufeln) berühren!

Radioaktive Stoffe nie mit Händen anfassen

Abstandvergrößerung = Verminderung der Strahlenbelastung

[•] Der Abstand ist einer der wichtigsten Schutzfaktoren des praktischen Strahlenschutzes.

Arbeitsblatt — ABSTAND Rechenbeispiele

Landes-Feuerwehrverband Tirol

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

1-39

Für grobe Abschätzungen einer Strahlenbelastungsveränderung durch Zu- oder Abnahme des Abstandes von einer Strahlenquelle muß man sich unbedingt das ABSTANDSGESETZ merken.

Es ist aber auch möglich, auf mathematischem Wege gewünschte Abstände oder Dosisleistungen, von einer Strahlenquelle ausgehend, zu ermitteln.

$$DL = \frac{A \cdot K_F}{r^2}$$

$$r = \sqrt[2]{\frac{A \cdot K_F}{DL}} = \sqrt[2]{\frac{DL \text{ in 1 m}}{\text{gewünschte DL}}}$$

$$A = \frac{DL \cdot r^2}{K_{fe}}$$

DL = Dosisleistung A = Aktivität in Ci

r = Abstand in m

K = Dosisleistungskonstante (siehe Kapitel »Dosisbegriffe«); ist ein für den jeweiligen &-Strahler spezieller Wert, der aus Tabelleiersichtlich ist. K = die DL in 1 m Abstand

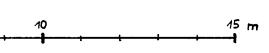
von der jeweiligen &-Strahlenquelle, die die Aktivität von 1 Ci hat.

BEISPIEL 1 : Natrium 24; 200 mCi, $K_F = 1.8$

■ Welche DL ist in 2m Entfernung ?

mR/h

* Welche DL ist in einer Entfernung von



BEISPIEL 2: Iridium 192; 50 Ci, $K_{\epsilon} = 0.5$

- Welche DL ist in 1m ?
- * in welcher Entfernung ist die DL

..... R/h mR/h mR/h

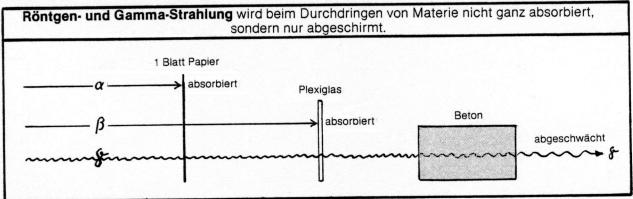
	 	-
		_
۰	 	

Ausgearbeitet von: HBI Hubert Fankhauser, Dipl.rad.techn.Assistent

SEITE

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

Da Alpha- und Betastrahlen schon von dünnen bzw. leichten Materialien bereits absorbiert werden, benötigt man zur Abschirmung keinen besonderen Aufwand. Gamma- und Röntgenstrahlung wird aber wegen seiner großen Durchdringungsfähigkeit (die je nach Strahlenenergie noch unterschiedlich ist) auf diese Art nicht unschädlich gemacht. Durchdringt eine energiereiche Röntgen- oder Gamma-Strahlung ein bestimmtes Material, dann wird die Strahlenenergie lediglich abgeschwächt.

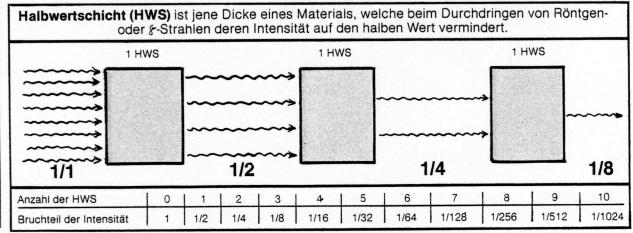


Zur ABSCHWÄCHUNG sind Materialien mit möglichst großer Dichte am geeignetsten. Man charakterisiert das "Absorptionsvermögen", also die Fähigkeit eines Stoffes Röntgen- und Gamma-Strahlung einzufangen, durch die sogenannte

HALBWERTSSCHICHT - HWS

Die HWS ist jene Dicke (HWSD = Halbwertsschichtdicke) eines Materiales in platter Form, die die Strahlungsintensität auf den halben Wert vermindert. Wenn mehrere HWS eines Materiales aneinander gegeben werden, dann verringert sich selbstverständlich die Strahlungsintensität nach jeder Schicht wieder um die Hälfte.

ZEHNTELWERTSSCHICHT (1/10 WS) = 3,3 HWS = Verringerung der Strahlenintensität auf 1/10.



Abhängigkeit der erforderlichen HWSD (HWSD = Halbwertschichtdicke)

Landes-Feuerwehrverband Tirol

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

1.41

Die erforderliche Halbwertsschichtdicke (HWSD) ist abhängig vom SPEZIFISCHEN GEWICHT des verwendeten Abschirmmateriales und von der STRAHLENERGIE der jeweils vorherrschenden Röntgen- oder &-Strahlung.

Materialien mit höherem spezifischem Gewicht - also "schwere Materialien" - wie z. B. Blei, Wolfram oder Schwerbeton haben eine größere Abschirmwirkung als "leichte Materialien" - wie z. B. Holz, Wasser oder Erde. Demnach ist also zur Erreichung 1 HWS mit leichten Abschirmmaterialien eine wesentlich dickere Materialschicht erforderlich als mit schweren.

Halbwertschichtdicke (HWSD) verschiedener Materialien für Kobalt-60 Reduzierung der Strahlenintensität von 100 % auf 50 % **Spezifisches Gewicht** von: 4,5 cm Wasser 1 g/cm³ Baryt-Betor 14 cm Ziegel $= 1.2 \text{ g/cm}^3$ Beton $= 2.2 \text{ g/cm}^3$ Ziegel 2,4 cm Baryt-Beton Eisen $= 3,2 \text{ g/cm}^3$ Eisen $= 7.8 \text{ g/cm}^3$ 1,2 cm Blei $= 11,8 \text{ g/cm}^3$ 17 cm Blei Wolfram = 19,1 g/cm³ Wasser 0,9 cm 100 % Wolfram (Material Blei Eisen Baryt-B Beton Sand Ziegel Wasser Holz Vielfaches des HWSD 2 4 8 14 12 20 von Blei

Die jeweils erforderliche HWSD ist aber auch von der Energie der Röntgen- oder §-Strahlung abhängig. Je energiereicher die vorhandene Strahlung ist, desto größer muß die HWSD bei den einzelnen Materialien sein.

			keit unter		,	···		
1	H	WSD in mm i	für	Radio-	F -Energie	H۷	VSD in mm	für
Energie in MeV	Blei	Eisen	Beton	Nuklid	in MeV	Blei	Eisen	Beto
0,05	0,11	0,8	10	J 125	0,035	0.05	0.4	
0,1	0,38	2,7	25	Am 214	0,06	0,2	1,5	1.
0,5	5,6	16	64	Jr 192	0,32	4	15	6
1	11	22	75	Cs 137	0.662	8	19	7
2	16	27	92	Co 60	1,33	12	24	l 8
10	17	30	130	Na 24	2.75	17	30	13

Im praktischen Strahlenschutz wird auch manchmal mit dem "SCHUTZWERT" (SW) angegeben, wieviel z.B. ein Mauerwerk oder sonstiges Material vor Röntgen- oder \{\frac{2}{3}}-Strahlung schützt. Dieser Wert ist eine Verhältniszahl zwischen Dosisleistung (DL) vor und DL hinter der Abschirmung.

Ausgearbeitet von: Hubert Fankhauser, Dipl.rad.techn.Assistent

Arbeitsblatt — ABSCHIRMUNG Rechenbeispiele

Landes-Feuerwehrverband Tirol

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

1-42

	BEISPIEL 1:
	Strahlenquelle: Co 6o/ HWSD für Blei = 1,2 cm
	DL ungeschützt:
	DL nach 3 HWSD Blei =
	Welche Sanddicke wird für gleiche Abschirmung benötigt?
	Welche Wasserdicke wird für gleiche Abschirmung benötigt ?
	BEISPIEL 2:
	Strahlenquelle: Ir 192/ HWSD für Blei = 4 mm
	DL hinter 12 mm Blei:
	DL hinter 6 HWSD Blei =
istent	Wie hoch ist die DL ohne Abschirmung ?
n. Ass	
Ausgearbeitet von: HBI Hubert Fankhauser, Dipl.rad.techn.Assistent	BEISPIEL 3:
arbeite er, Dipl	Ermittlung des Schutzwertes:
Ausgekhaus	DL ohne Abschirmung
rt Fan	DL hinter Abschirmung
Hube	Schutzwert der Abschirmung =
뮢	
	BEISPIEL 4:
	Gammastrahlen unbekannter Energie:
	DL an einer bestimmten Stelle
	DL soll auf reduziert werden
	Erforderlicher Schutzwert =
	Wieviel HWS des Abschirmmateriales sind erforderlich ?
	Das sind ca. <u>cm Blei</u> oder ca. <u>cm Sand</u>

Faustregel für Abschirmung von &-Strahlen unbekannter Energie: HWSD für Blei = 1,5 cm



Offene und umschlossene radioaktive Stoffe

Landes-Feuerwehrverband Tirol

SEITE

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

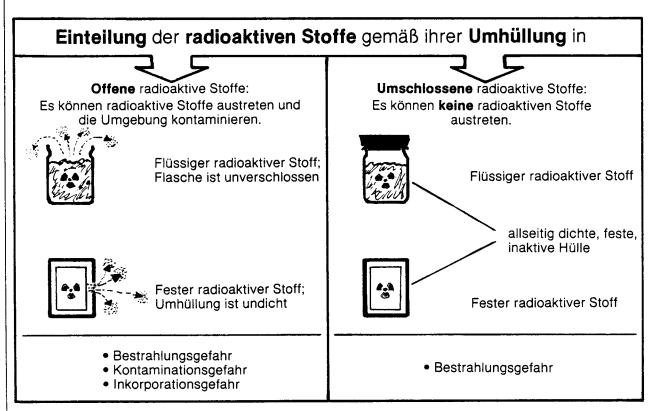
Radioaktive Stoffe können sowohl in fester, flüssiger als auch gasförmiger Form vorliegen. Eine Strahlenquelle - ganz gleich in welchem Aggregatzustand sie sich befindet - besteht ja aus einer Unzahl ihrer radioaktiven Atome. Hat eine solche Strahlenquelle mit anderen "inaktiven" Materialien einen Kontakt. dann bleiben daran sicherlich auch radioaktive Atome (als Flüssigkeit, Gas oder Abrieb von festen Stoffen) haften und "verunreinigen" (KONTAMINIEREN) somit das "saubere" (= nicht radioaktive) Material.

Für den praktischen Strahlenschutz ergeben sich daraus zusätzliche Gefahrenmomente bzw. speziell erforderliche Verhaltensmaßnahmen.

Um so eine "radioaktive VERUNREINIGUNG" (= KONTAMINATION) zu verhindern, kann die Strahlenquelle in eine "inaktive Verpackung" (Umhüllung) gegeben und dort dicht eingeschlossen werden.

Demnach kann unterschieden werden zwischen:

- * OFFENE radioaktive Stoffe haben gar keine oder keine entsprechende Umhüllung
- * UMSCHLOSSENE radioaktive Stoffe sind ständig von einer allseitig dichten, festen, inaktiven Hülle derart umschlossen, daß bei üblicher, betriebsmäßiger Beanspruchung ein Austritt von radioaktiven Stoffen mit Sicherheit verhindert wird.



Je nach verwendetem Umhüllungsmaterial kann die evtl. vorhandene «-und/oder B-Strahlung dadurch bereits abgeschirmt werden. Es gibt aber auch hauchdünne Umhüllungen, welche die ペ- und∕oder ß-Strahlung durchläßt. Die &-Strahlung geht jedoch auf jeden Fall durch das Umhüllungsmaterial durch

Ausgearbeitet von: HBI Hubert Fankhauser, Dipl. rad. techn. Assisten!



Gebräuchliche Radionuklide: Angaben über HWZ, Strahlenart und Energie Abschirmung bzw. HWSD

Landes-Feuerwehrverband Tirol

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

44

	Ordnungszahl und Element	Radionuklid	HWZ _p	Strahle und max. I in Me	Energie	der αίβ ca. Mat	hirmung SStrahlen erialstärke nm für	Abschwächung der &Str. HWSD für Blei
	Z.omon(αίβ	ا ا		Aluminium	in mm
1	Wasserstoff -	Н 3	12,3 a	β ⁻ 0,0186		->o,1	->0,1	-
6	Kohlenstoff	- C 14	5 730 a	β ⁻ 0,156	 	~0,3	>0,1	-
11	Natrium	Na. 22	2,6 a	β ⁺ 1,8	1,27 -	8 -	3,5	12
11	Natrium -	Na 24	15 h	β ⁻ 1,39	2,75	- 5 -	2,5	16
15	Phosphor -	- P 32	14,3 d	β ⁻ 1,71	+	7 -	3 -	-
16	Schwefel -	· S 35	88 d	β ⁻ 0,167	ļ	~ 0,3 -	>0,1	<u>-</u> ·
19	Kalium -	- K 4o	$1,28 \times 10^9$ a	β ⁻ 1,32	1,46	5 -	2,5	13
24	Chrom -	Cr 51	27,8 d	-	0.32 -		- .	3,5
26	Eisen -	Fe 59	45 d	β ⁻ 0,48	1,29	1.8	0,65	12
27	Kobalt -	Co 6o	5,27 a	β ⁻ 0,31	1, 33 -	1 -	0,6	. 12
36	Krypton	Kr 85	10,2 a	β-0,67	0,51 -	2,5-	1,2	5,6
38	Strontium -	Sr 90	28 a	β ⁻ 0,55	ļ .	1,8-	0,8	. -
42	Molybdän -	Mo 99	→ 66,5 h	β ⁻ 1,23	0.74	- 5 -	2,5	8,5
43	Technetium -	Te 99 ^m	6 h	-	0,14 -			0,8
53	Jod -	J 125	59,2 d	<u>-</u>	0,035			0,08
53	Jod -	J 131	8,1 d	β ⁻ 0,81	0,36	- 3,2-	1,5	3,5
53	Jod -	J 132	2,35 h	β ⁻ 2,1	1,4	- 9 -	- 4 -	13
54	Xenon -	X 133	5,4 d	β ⁻ 0,35	0,08	0,9-	0,6	0,3
55	Caesium -	Cs 137	30 a	β ⁻ 1,18	-0,662	8 -	3,5	7
61	Promethium -	Pm 147	2,6 a	β-0,22	+	0,5-	0,3 -	-
77	Iridium -	Ir 192	74,3 d	β ⁻ 0,67	0,61	2,5	1,2 -	- 7
86	Radon -	Rn 222	3,82 d	a 5,49	+	0,047	0,028	-
88	Radium -	Ra 226	1 600 a	a4,78	0,186	0,035 -	0,020	1,35
95	Americium -	Am 241	458 a	a 5,486	-0,06	-0,047-	- 0,028-	- 0,18

Abkürzungen bei der HWZ: a = Jahr, d = Tag, h = Stunde

Ausgearbeitet von: HBI Hubert Fankhauser, Dipl.rad.techn.Assistent Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz



Landes-Feuerwehrverband Tirol

Angaben über **gebräuchliche Radionuklide**

HWZ, Zerfallsart und Energie, Herstellungsart, hauptsächliche Anwendungsgebiete

Nuklid	Halbwert- zeit	Zerfallsart und Energie in MeV	γ-Energie in MeV	Herstellungs- art	Hauptsächliche Anwendungsgebiete
н 3	12,33 a	- β- 0,0186	-	Li 6 (n, α)	- Medizin, Chemie, Lichtquellen, Physik
C11 -	20,4 min	β+ 0,96	0,511	B 10 (d, n)	- Medizin
C 14	5730 a	β- 0,156	-	N 14 (n, p)	Landwirtschaft, Medizin, Chemie, Altersbestimmung
F 18 -	109,8 min	β+ 0,633; EC	0,511	F 19 (p, pn)	Medizin
Na 22	2,6 a	β+ 0,545; EC	0,511; 1,275	Mg 24 (d, a)	- Medizin
Na 24	15,02 h	β- 1,392	1,369; 2,754	Na 23 (n, γ)	Medizin, Landwirtschaft
P 32	14,28 d	β- 1,71	-	P 31 (n, γ) S 32 (n, p)	Landwirtschaft, Medizin, Chemie
S 35	87,2 d	β- 0,167	-	Ct 35 (n, p)	Landwirtschaft, Medizin, Chemie
K 40 -	1,28 · 10° a ·	β- 1,314 β+ 0,483; EC	1,461	nat. Rad.	- Altersbestimmung
K 42	12,36 h	- β- 3,52	1,5 25	K 41 (n, γ) -	Medizin
Ca 45	163 d	β- 0,257	-	Ca 44 (n, γ)	Medizin, Landwirtschaft
Ca 47	4,54 d	β- 0,69; 1,99	1,297; 0,49; 0,815	Ca 46 (n, y)	Medizin, Landwirtschaft
Cr 51 •	27,71 d	EC	0,320	Cr 50 (n, γ) - V 51 (p, n)	Medizin, Chemie
Mn 54	312,5 d	€C	0,835	Cr 54 (p, n) - Fe 54 (n, p)	- Landwirtschaft
Fe 55	2,7 a	• EC	-	- Mn 55 (p, n)	Medizin, Landwirtschaft, Chemie
Fe 59	44,6 d	β- 0,467; 0,273	1,099; 1,292; 0,192	+ Fe 58 (n, γ) ·	Medizin, Chemie, Landwirtschaft, Industrie
Co 57	+ 271 d ·	EC	0,122; 0,136; 0,014	Ni 60 (p, α)	- Medizin
Co 58	71,3 d	β+ 0,475; EC	0,811; 0,511; 0,864	Ni 58 (n, p)	- Medizin
Co 60	5,27 a	ь β− 0,318	1,173; 1,332	Co 59 (π, γ)	Medizin, Landwirtschaft, Werkstoffprüfung, Meß- und Regeltechnik
Ni 63	100 a	β- 0,066	-	Ni 62 (n, y)	Industrie, Chemie
Cu 64	12,74 h	β- 0,575 β+ 0,656	0,511; 1,34	Cu 63 (n, y)	- Medizin
Zn 65	243,7 h	β+ 0,329	1,115; 0,511	Zn 64 (n, γ)	Landwirtschaft, Medizin, Chemie
Ga 67	78,26 h	€C	0,093; 0,184; 0,300	Zn 67 (p, n)	- Medizin
As 74	17,76 d	β- 1,36 β+ 1,54 EC	0,596; 0,511; 0,635	Ga 71 (a, n)	- Medizin
Se 75	120 d	₽ EC	0,265; 0,136; 0,28	+ Se 74 (n, γ) ·	Medizin
Br 82	35,4 h	β- 0,444	0,777; 0,554; 0,619	Br 81 (n, γ)	Medizin
Kr 85	10,73 a	β- 0,67	0,514 (0,4 %)	U (n, f)	Lichtquellen, Regel- und Meßtechnik, Medizin
Rb 86	18,65 d	β- 1,78	1,078	Rb 85 (n, γ)	Medizin, Landwirtschaft
Rb 87	4,7 · 10 ¹⁰ a	β- 0,274	- 0,514	nat. Rad.	Altersbestimmung Medizin
Sr 85 Sr 87m	65,2 d 2,81 h	EC	0,388	+ Sr 84 (n, γ) · + Y 87 EC ·	Medizin
Sr 89	50,5 d	e- β- 1,463	- ·	U (n, f)	Landwirtschaft
Sr 90	29 0	β- 0,546 (2,27)	_	U (n, f)	Medizin, Regel- und Meß- technik, Stromerzeugung
Y 87	80,3 h	EC (β+ 0,3 °/•)	0,485	Sr 87 (p, n)	Sr 87m Generator
Y 90	64,0 h	β- 2,27	-	Sr 90 β	Medizin
Ma 99	66,02 h	β- 1,23	0,74; 0,181; 0,78	- Mo 98 (n, γ) -	Tc 99m Generator
Tc 99m	6,02 h	+ e −.	0,140	- Mo 99 β-	- Medizin
Ru 106/	369 d/	β- 0,039/3,54	-/0,512; 0,622	U(n, f) -	Regel- und Meßtechnik.
Rh 106	+ 30 s	<u>† </u>	······································	<u> </u>	+ Medizin



Landes-Feuerwehrverband Tirol

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

Angaben über gebräuchliche Radionuklide

HWZ, Zerfallsart und Energie, Herstellungsart, hauptsächliche Anwendungsgebiete

Nuklid	Halbwert- zeit	Zerfallsart und Energie in MeV	γ-Energie in MeV	Herstellungs- art	Hauptsächliche Anwendungsgebiete
Ag 110m	252 d	β- 0,087; 0,53	0,658; 0,885; 0,937	Ag 109 (n, γ)	Tracer
Cd 115	53,5 h	β- 1,11	0,53; 0,49	Cd 114 (n, y)	+ Landwirtschaft
In 111	2,83 d	EC	0,245; 0,171	Cd 111 (p, n)	Medizin
In 113m	1,66 h	e-	0,393	Sn 113 EC	Medizin
Sn 113	115 d	EC	(0,393)	Sn 112 (n, y)	In 113m Generator
	1 1		0,603; 1,692; 0,72	Sb 123 (n, y)	Industrie
Sb 124	60,2 d	β- 2,31			J 132 Generator
Te 132	† 78 h †	β- 0,22	0,228; 0,050	U (n, f)	Medizin
J 125	59,7 d	EC, e-	0,035; 0,027 R8	Xe 124 (n, γ), β-	Medizin
J 131	8,04 d +	β- 0,606	0,364; 0,637; 0,284	+ U (n, f)	+ Medizin
J 132	2,29 h	β- 2,1 2	0,53; 0,85	Te 132 β-	Medizin
Xe 133	5,29 d	β- 0,346	0,081	Te 132 β-	Medizin
Cs 131	9,69 d	EC	Xe-Rö	Ba 130 (n, γ) EC	Medizin
C- 124	204-	0= 0.442	0.794 . 0.405 . 0.57	Cs 133 (n, y)	Industrie
Cs 134	2,06 a	β- 0,662	0,796; 0,605; 0,57	i	Medizin, Werkstoffprüfung
Cs 137	30,1 a	β- 1,176; e-	0,662; Ba-Rō	U (n, f)	Regel- und Meßtechnik
Ce 144/ Pr 144	284,4 d 17,3 min	β- 0,31 β- 2,99	0,134; 0,08 0,695 (1,5 °/•)	U (n, f)	Radionuklidbatterien
Pm 147	2,62 a	β- 0,224	-	U (n, f)	Regel- und Meßtechnik, Lid quellen, Radionuklid- batterien
Tm 170	129 d	β- 0,97; e-	0,084	Tm 169 (n, γ)	Regel- und Meßtechnik, Werkstoffprüfung
Yb 169	J 31 d J	EC, e⁻	0,063; 0,198; 0,177	Yb 168 (n, γ)	Medizin
	1 1			1	Medizin, Werkstoffprüfung
Ta 182	† 115 d †	β- 0,522; e-	0,068; 1,122; 1,222	Ta 181 (n, γ)	
Ir 192	† 74,3 d †	β- 0,67; e-	0,317; 0,468; 0,308	Ir 191 (n, γ)	Medizin, Werkstoffprüfung
Au 198	2,69 d	β- 0,962; e-	0,412	+ Au 197 (n, γ)	† Medizin
Hg 197	↓ 64,1 h →	EC, e-	0,077; 0,191	Hg 196 (n, γ)	+ Medizin
Hg 203	46,6 d	β- 0,214; e-	0,279	Hg 202 (n, y)	+ Medizin
_	1 1	•	_	TI 203 (n, y)	Regel- und Meßtechnik
TI 204 Po 210	3,78 c 138,38 d	· β-0,766; EC · α 5,305; e-	_	Bi 209 (n, y),	Radionuklidbatterien
				β-	
Ra 224	+ 3,64 d +	a 5,68; 5,45	0,241	Nat. Rad.	+ Medizin
Ra 226	1600 a	a 4,78; 4,60	0,186	Nat. Rad.	Medizin, Industrie, Neutronenquellen
TL 229	1 1910	α 5,43; 5,34; e-	0,084	Nat. Rad.	Gamma-, Neutronenquelle
Th 228 Th 232	1,91 a	α 4,01; 3,95; e ⁻	0,059	Nat. Rad.	Brutmaterial,
U 235	7,0 · 10° α	- a. 4,40; 4,37	0,185; 0,143; 0,204	Nat. Rad.	Altersbestimmung Kernbrennstoff,
U 238	4,5 · 10° a	- a. 4,20; 4,15; e-	-	Nat. Rad.	Altersbestimmung Kernbrennstoff,
Pu 238	87,8 a	α 5,50; 5,46; e-	-	Np 237 (n, γ),	Altersbestimmung Radionuklidbatterien
p., 020		616 511		β-	Kernbrennstoff
Pu 239	2,44 · 10 ⁴ a	- α 5,16; 5,11	-	U 238 (n, γ), 2 β-	
Am 241	433 a	· a 5,49; 5,44	0,060	mehrf. Neutr. Einfang	Regel- und Meßtechnik, Neutronenquellen
Cm 242	163 d	a 6,12; 6,07	-	Am 241 (n, γ), β ⁻	Radionuklidbatterien
Cf 252	2,65 a	• a 6,12; 6,08 e− SF (3 %)	0,043	mehrf. Neutr. Einfang	Neutronenquelle

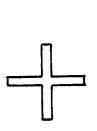
Dezimale Vielfache von Einheiten

SEITE

Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

Potenzen

Vorsatzzeichen



lo ⁰	1	-	(Eins)
101	lo	Deka - da	(Zehn)
102	100	Hekto- h	(Hundert)
10 ³	1 000	Kilo - k	(Tausend)
10 ⁶	1 000 000	Mega - M	(Million)
10 ⁹	1 000 000 000	Giga - G	(Milliard)
10 ¹²	1 000 000 000 000	Tera - T	(Billion)
10 ¹⁵	(1 und 15 Nullen)	Peta - P	(Billiard)
10 ¹⁸	(1 und 18 Nullen)	Exa - E	(Trillion)

Ausgearbeitet von: HBI Hubert Fankhauser, Dipl.rad.techn. Assistent

10 ⁻¹	0,1	Dezi - d	(zehntel)
1o ⁻²	0,01	Zenti- c	(hunderstel)
10 ⁻³	0,001	Milli- m	(tausendstel)
10 ⁻⁶	0,000 001	Mikro- /	(milliondstel)
10 ⁻⁹	0,000 000 001	Nano - n	(milliardstel)
10 ⁻¹²	0,000 000 000 001	Piko - p	(billionstel)
10 ⁻¹⁵	(1 steht an 15. Kommast.)	Femto- f	(billiardstel)
10 ⁻¹⁸	(1 steht an 18. Kommast.)	Atto - a	(trilliardstel)

BEISPIELE

1 Ci = 1 ooo m Ci (
$$10^3$$
 m Ci) = 1 ooo ooo μ Ci (10^6 μ Ci)
o,5 Ci = 500 m Ci (5×10^2 m Ci) = 500 ooo μ Ci (5×10^5 μ Ci)

1 Ci =
$$3.7 \times 10^{10}$$
 Zerf./s = 37×10^{9} Zerf./s = 37×10^{10} Zerf./s

o,oo32 Ci =
$$\frac{mCi}{}$$
 = $\frac{\mu Ci}{}$ 328 mCi = $\frac{Ci}{}$ = $\frac{\mu Ci}{}$

Wie werden folgende Zahlen als Potenzen (Hochzahlen) geschrieben ?

Erklärung einiger Zeichen:

= kleiner als

= ist ungefähr gleich

∞ = unendlich

> = größer als

entspricht

Arbeitsblatt — ABSTAND Praktische Übung

Landes-Feuerwehrverband Tirol

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

Übung **Abstandsgesetz**

Ubungsquelle: Koba		1,3 / Aktivität =	_ m
1 1		leistung	
Entfernung	gemessen	errechnet	
→ 0,5 m	+	<u> </u>	
1 m ———			
			
5 m ———			

-			
10 m		4	
		•	
			
15 m —			
.5			
 			
20 m			

Ausgearbeitet von: HBI Hubert Fankhauser, Dipl.rad.techn.Assistent

Arbeitsblatt — ABSCHIRMUNG Praktische Übung

Landes-Feuerwehrverband Tirol

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

1.47

Übung	Absch	imung
-------	--------------	-------

SW = DL ohne Abschimrung
DL mit Abschirmung

1.	MESSUNG	OHNE	ABS	SCHI	RMUNG	:

			Strahlen	ß gerät		
Abstand >	< 1		→ []	DL =	mF	₹/h

2. MESSUNG MIT ABSCHIRMUNG:

	Abschirmmaterial			
Abstand wie x 1		DL	=	?

a)	DL	hinter	• • • • • • •	cm	••••	(Material) =	mR/h
b)	DL	hinter	• • • • • • •	cm	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	(Material) =	mR/h
c)	DL	hinter	• • • • • • •	cm	•••••	(Material) =	mR/h
d)	DL	hinter		cm		(Material) =	mR/h

3.	ERMITTLUNG	DES	SCHUTZWERTES	(SW)	:

SW	von	Material	a)	=	
SW	von	Materia1	b)	=	
SW	von	Material	c)	=	
SW	von	Material	d)	=	



Eigenkontrollblatt

Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

. Was sind Atome?

Die kleinsten Bausteine eines chemischen Elementes, welche noch sämtliche Elementareigenschaften besitzen.

. Prinzipieller Atomaufbau

Atomkern und Atomhülle

. Elementarteilchen des Atoms

Protonen - elektrisch positiv geladen Atomkern:

Neutronen - elektrisch neutral

Atomhülle: Elektronen - elektrisch negativ geladen

. Relative Massen der Elementarteilchen?

Protonen - 1 / Neutron - ca. 1 / Elektron - ca. 1/2000

. Was ist die Kernladungs- oder Ordnungszahl?

Anzahl der Protonen im Atomkern

. Was ist die Massenzahl?

Anzahl der Protonen und Neutronen Neutronenzahl = Massenzahl - Kernladungszahl

. Was sind Isotope?

Atomarten eines chemischen Elementes mit gleicher Ordnungszahl (= gleiche chemische Eigenschaften) aber unterschiedlicher Massenzahl (= unterschiedliche physikalische Eigenschaften).

. Was versteht man unter "angeregten Zustand" eines Atoms?

Wenn durch Energiezuführung auf Atome (z.B. durch Wärme- oder radioaktiver Strahlung) Hüllenelektronen aus ihren üblichen Bahnen in außere Bahnen geworfen werden. Nach einer gewissen Zeit fallen die Elektronen wieder in ihre ursprünglichen Bahnen zurück (= Grundzustand) und geben dabei ihre überschüssige Energie (z.B. als sichtbares Licht) ab.



Bigenkontrollblatt

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

7.49

. Wie ist normalerweise die gesamtelektrische Ladung eines Atoms nach außen hin? Neutral; das heißt, es sind gleich viel Protonen (positive Ladungen) im Atomkern wie Elektronen (negative Ladungen) in der Atomhülle.

. Was sind Ionen?

Atome oder Moleküle, die nach außen hin nicht elektrisch neutral sind, sondern eine positive oder negative Ladung aufweisen.

. Was geschieht bei der Ionisation?

Die Umwandlung von elektrisch neutralen Atomen oder Molekülen in elektrisch geladene. Dies geschieht durch Elektronenabgabe oder Elektronenzunahme.

. Was ist eine ionisierende Strahlung?

Eine Strahlenart, die beim Auftreffen auf Atome Ionen erzeugen kann.

. <u>Was versteht man unter Radioaktivität?</u>

Die Eigenschaft bestimmter Atomkerne, sich von selbst umzuwandeln und dabei Kernstrahlen auszusenden.

. Was sind Radionuklide?

Atomarten, die unter Aussendung von Kernstrahlen zerfallen.

. Was versteht man unter natürlicher und künstlicher Radioaktivität?

Natürliche: ist Radioaktivität durch in der Natur vorkommender Radionuklide Künstliche: ist Radioaktivität durch künstlich erzeugter Radionuklide

. <u>Was versteht man unter der physikalischen Halbwertszeit - HwZ phys.?</u>
Jene Zeitspanne, nach welcher die Hälfte der ursprünglich vorhandenen Atomkerne des radioaktiven Stoffes zerfallen sind.

. Wieviel Aktivität ist noch nach 1 bis 10 HwZ vorhanden?

	1 .	1		1	i	1		i				
Bruchteil der Aktivität	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	_
		2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024	



Eigenkontrollblatt

Landes-Feuerwehrverband Tirol

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

- . In welchem Zeitbereich liegen die HwZ der Radionuklide? Milliarden von Jahren bis Bruchteile von Sekunden
- . Was versteht man unter Aktivität? Die Anzahl der Kernumwandlungen pro Zeiteinheit
- . Wie heißt die Einheit der Radioaktivität und auf was beruht sie? Curie (Ci) - 1 Ci = 37 Milliarden Zerfälle pro Sekunde und nach den Si-Einheiten: Becquerel (Bq) - 1 Bq = 1 Zerfall pro Sekunde
- . Was bedeuten die Abkürzungen der dezimalen Vielfachen K, M, G,T und

m, μ, n, p

K	-	Kilo	=	Tausend =				1	000	=	
M	-	Mega	=	Million =			1	000	000		10 ⁶
G	-	Giga	=	Milliard =		1	000	000	000		10 ⁹
T	_	Tera	=	Billion =		1 000	000	000	000		1o ¹²
m	-	milli	=	Tausendstel	=	0,001					1o ⁻³
μ	-	mikro	=	Millionstel	=	0,000	001				1o ⁻⁶
n	-	Nano	=	Milliardstel	=	0.000	000	001			1o ⁻⁹
p	-	Piko	=	Billionstel	=	0,000	000	000	001		1o ⁻¹²

Unterschied zwischen Volt (V) und Elektronenvolt (eV)

- V = die Einheit der elektrischen Spannung
- eV = Die Energieeinheit der Elementarteilchen und elektromagnetischen Strahlung 1 eV = die Bewegungsenergie, die ein einfach geladenes Teilchen beim freien Durchlauf einer Spannung von 1 V gewinnt.
- . Was versteht man unter Kernstrahlung? Strahlung, die aus dem Atomkern kommt
- . Grobe Einteilung der Kernstrahlung In Teilchenstrahlung (Korpuskularstrahlung) - z.B. α-, β- oder n-Strahlen Elektromagnetische Wellenstrahlung - &-Strahlung



Eigenkontrollblatt

Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

- . Woraus besteht die a-Strahlung und wann entsteht sie? Aus schweren, 2-fach positiv geladenen Kernteilchen (Helium-Kerne $\frac{4}{2}$ He); Sie entsteht beim radioaktiven Zerfall.
- . Woraus besteht die β-Strahlung und wann entsteht sie? Aus einfach negativ (Elektronen) oder einfach positiv (Positronen) geladenen, sehr leichten Kernteilchen; sie entstehen beim radioaktiven Zerfall.
- . Woraus besteht die n-Strahlung und wann entsteht sie? Aus elektrisch neutralen Kernteilchen (Neutronen); entstehen nur bei künstlicher Kernumwandlung
- . Woraus besteht die &-Strahlung und wann entsteht sie? Sind elektromagnetische Wellenstrahlen aus dem Atomkern, die keinerlei elektrische Ladung aufweisen; entstehen beim radioaktiven Zerfall.
- . Woraus besteht Elektronenstrahlung (e) und wann entsteht sie? Aus elektrisch negativ geladenen Teilchen (Elektronen), die aus der Atomhülle stammen. Sie wird künstlich in einer Elektronenbeschleunigeranlage mit Energien bis ca. 50 MeV erzeugt.
- . Was ist eine Bremsstrahlung em. (Röntgenstrahlung) und wann entsteht sie? Sind elektromagnetische Wellenstrahlunqaus der Atomhülle, die keinerlei elektrische Ladung aufweist; Bremsstrahlen entstehen beim Auftreffen und dadurch Abbremsen von energiereichen Elektronen (β-oder e - Strahlen) auf Materie.
 Röntgenstrahlen sind Bremsstrahlen, die in der Röntgenröhre mit elektrischem Strom erzeugt werden.

Strabbing Shalling Staffe
Unterschied zwischen radioaktiver Strahlung und Röntgenstrahlung?

radioaktiverStrahlung: Strahlung kommt aus dem Atomkern und wird dauernd

ausgesandt (Abnahme nur nach HwZ)

Strahlung wird mit elektrischem Strom in der Röntgen-Röntgenstrahlung:

röhre/durch das Abbremsen von Elektronen erzeugt.

Strahlenerzeugung ist durch Stromunterbrechung

Ausgearbeitet von: HBI Hubert Fankhauser, Dipl.rad.techn.Assistent

Eigenkontrollblatt

Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz SEITE

. Wie groß ist die Reichweite von ∞ -, β -, n- und δ -Strahlen in Luft?

 ∠ - einige cm / /3 - einige m / /

. Wie groß ist die Eindringtiefe von «-, β- n- und 8-Strahlen im Gewebe?

∠ - Bruchteile von mm

β - einige mm

n+ 8 - durchdringen das Gewebe

. Wieviel Material ist für die Abschirmung von α-, β-, und 8-Strahlen erforderlich?

← ein Blatt Papier

β - maximal 1,5 cm Plexiglas oder 8 mm Aluminium

n - Abbremsung mit ganz leichten Materialien und anschließende Absorbierung mit Neutronenabsorben

KEINE Abschirmung sondern nur ABSCHWÄCHUNG / HwSD - 1,5 cm Blei

. Welche Ionendichte haben α-, β-, n- und &-Strahlen?

/ ∠ - sehr hohe / β - mittlere n - bis sehr hohe / & - geringe $I \leq (n) : I\beta : I \leq (R0) = 10000 : 100 : 1$

. Wie wirken die ionisierenden Strahlen ionisierend?

Strahlenarten mit elektrischer Ladung -a, ß, e - wirken DIREKT ionisierend (erzeugen also direkt Ionen)

Strahlenarten ohne elektrischer Ladung - n, &, Rö.- wirken INDIREKT ionisierend (erzeugen also nur indirekt Ionen)

. Was versteht man unter Kernspaltung?

Die Spaltung eines schweren Atomkernes durch Neutronenbeschuß in zwei radioaktive Spaltkerne und zwei bis drei freie Neutronen. Dabei werden sehr große Energiemengen frei.

. Was versteht man unter Kettenreaktion?

Eine lawinenartige Zunahme der Kernspaltungsprozesse in Folge Neutronenvermehrung.

Ausgearbeitet von: HBI Hubert Fankhauser, Dipl.rad.techn.Assistent

Ausgearbeitet von: HBI Hubert Fankhauser, Dipl.rad techn. Assistent

STRAHLENSCHUTZ

Eigenkontrollblatt

Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz SEITE

• Was versteht man unter Kernfusion?

Das Verschmelzen von zwei leichten Atomkernen zu einem, wobei sehr hohe Temperaturen erforderlich sind. Dabei wird bis siebenmal so viel Energie wie bei der Kernspaltung frei. Es bleiben heine mat

In welchen Teilen des Atoms ist die Energie gespeichert?

Im Atomkern

Kernenergie

in der Atomhülle

Chemische Energie

. Welches Energie-Größenverhältnis ist zwischen Chemischer Energie und Kernenergie?

Chemische Energie : Kernenergie = 1 : 1 Million

. Beispiele der Freisetzung von Chemischer Energie

z.B. Verbrennung, Detonation oder Explosion, Hitzestrahlung, sichtbares Licht usw.

Beispiele der Freisetzung von Kernenergie

Kernspaltung im Reaktor oder A-Bombe, Kernfusion, Kernstrahlung

. Was besagt das Abstandsgesetz; Beispiele

Die Strahlenintensität nimmt mit dem Quadrat der Entfernung ab und dem Quadrat der Annährung zu

z.B. bei zweifacher Entfernung auf 1/4 bei dreifacher auf 1/9 bei fünffacher auf 1/25 usw.

bei 1/2 Entfernung auf das vierfache, bei 1/4 Entferung auf das 16-fache usw.

. Was ist die Halbwertsschicht (HwS)?

Ist jene Dicke eines Materials, welche beim Durchdringen von Rö.- oder 8-Strahlen deren Intensität auf den halben Wert vermindert.

. Von was ist die erforderliche HWSD abhängig?

Vom spezifischen Gewicht eines Materials und von der Strahlenenergie. Je schwerer das verwendete Abschirmmaterial ist, desto besser ist die Abschirmwirkung und je energiereicher die Strahlung ist, desto größer muß die HWSD sein.

Eigenkontrollblatt

Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und ZivilschutzSEITE

- . Wie ist die Faustregel für die Abschirmung von &-Strahler unbekannter Energie? HWSD: für Blei = 1,5 cm / Beton = 9 cm / Sand = 12 cm
- . Auf wieviel wird die Strahlenintensität nach 1/2/3/5/8/10 HWS vermindert? auf 1/2 / 1/4 / 1/8 / 1/32 / 1/256 / 1/1o24
- . Was versteht man unter dem Begriff Schutzwert (SW)? Ist eine Zahl die angibt, wieviel ein bestimmtes Material (z.B. Mauer) vor Rö.- oder &-Strahlung schützt. SW = Dosisleistung ungeschützt : Dosisleistung geschützt.
- Wie werden die radioaktiven Stoffe gemäß ihrer Unhüllung eingeteilt? In offene und umschlossene radioaktive Stoffe
- Welcher Unterschied besteht zwischen offenen und umschlossenen radioaktiven Stoffen?

offene:

Es können radioaktive Stoffteilchen austreten und die Umgebung

kontaminieren

keine radioaktiven Stoffteilchen austreten, weil umschlossene: es können

sie von einer allseitig dichten, festen, inaktiven Hülle um-

geben sind.

. Welche Strahlenarten können bei umschlossenen radioaktiven Stoffen durch die Umhüllung austreten?

Es hängt vom verwendeten Umhüllungsmaterial ab. Bei hauchstdünnster Hülle können auch noch &-Strahlen durch, bei dünner Umhüllung nur noch &- und *-Strahlen und bei etwas dickerer Hülle lediglich noch die *-Strahlen.

Ausgearbeitet von: HBI Hubert Fankhauser, Dipl.rad.techn.Assistent



Inhaltsverzeichnis

Landes-Feuerwehrverband Tirol

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

2-1

2 Dosisbegriffe und Dosiswerte

INHALT	SEITE
Definition der Dosis	2
Ionendosis und Energiedosis	3
Qualitätsfaktor	4
Äquivalentdosis	5
Dosisleistung / Aufenthaltsdauer	6
Arbeitsblatt Aufenthaltsdauer - Rechenbeispiele	7
Gamma-Dosisleistungkonstante	8
Überblick über die Dosis- und Dosisleistungsarten	9
Lebensaltersdosis	10
Zulässige Jahres- und Vierteljahresdosen	11
Einsatzdosen für äußere Strahlenbelastung	12
Spezielle Dosisbegriffe	13
Arbeitsblatt Aufenthaltsdauer - praktische Übung	14
Eigenkontrollblätter	15

Ausgearbeitet von: HBI Hubert Fankhauser, Dipl.rad.techn.Assistent

STRAHLENSCHUTZ

Definition der Dosis

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

Landes-Feuerwehrverband Tirol

SEITE

Genauso wie man in der Pharmakologie bei der Verabreichung von Medikamenten DOSIS spricht, verwendet man diesen Begriff in der Strahlenkunde von einer für die Verabreichung einer bestimmten Menge von Strahlung.

Als Dosis im allgemeinen Sinn bezeichnet man die Wirkung einer bestimmten Strahlenmenge. Sie kann physikalischer, chemischer oder physiologisch-biologischer Natur sein. Jeder dieser Wirkungen kann ein DOSISBEGRIFF zugeordnet werden. In der Strahlenschutzpraxis zieht man

> das IONISATIONSVERMOGEN

die ENERGIEÜBERTRAGUNG und

BIOLOGISCHE WIRKSAMKEIT die

einer Strahlung in Betracht. Die entsprechenden Dosisbegriffe sind:

IONENDOSIS

ENERGIEDOSIS

AQUIVALENTDOSIS

Damit eine Aussage über eine bestimmte Strahlenwirkung im Vergleich zu einer anderen gemacht werden kann, muß diese gemessen werden.

Strahlendosis = die Wirkung einer bestimmten Strahlenmenge

Unterteilung der Strahlendosis gemäß ihrer Wirkungen Wirkung Dosisbegriff Ionendosis Ionisationsvermögen Energieübertragung Energiedosis Äquivalentdosis Biologische Wirksamkeit

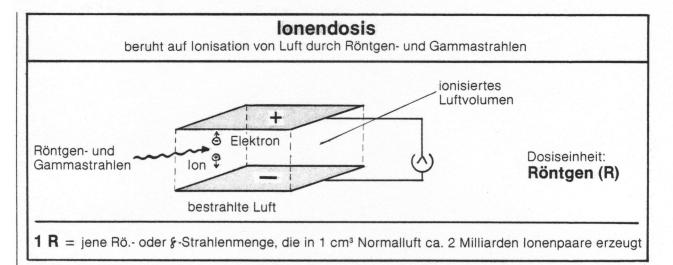
Ionendosis und Energiedosis

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

Landes-Feuerwehrverband Tirol

SEITE

2.3

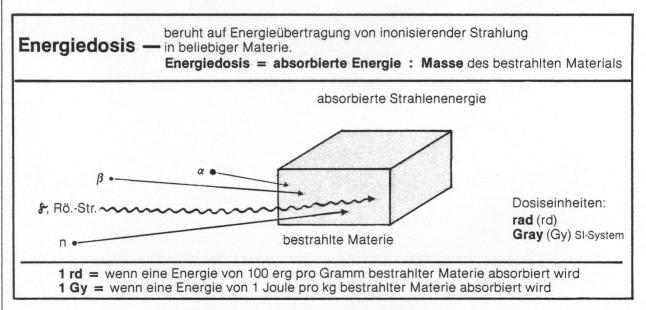


Nach dem Si-System ist die Einheit der Ionendosis das "COLOMB pro kg (C/kg)".

1 C/kg = 3 876 R

 $1 R = 258 \mu C/kg$

Zur Erzeugung eines Ionenpaares sind im Luft ca. 33,7 eV nötig; deshalb entspricht 1 R der Energieabgabe an die Luft von ca. 54 Millionen MeV pro Gramm Luft.



"rad" kommt vom Englischen "radiation absorbed dose" = absorbierte Strahlenmenge.

1 rd = 0.01 Gy (10 m Gy)

1 Gy = 100 rd

Für den praktischen Strahlenschutz gilt

1 R ≅ 1 rd (0,01 Gy)

1 K = 1 rd (0,01 G)

Ausgearbeitet von: Hubert Fankhauser, Dipl.rad.techn.Assistent



Qualitätsfaktor

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

24

Im Tierexperiment konnte festgestellt werden, daß bei gleicher verabreichter Energiedosis verschiedener Strahlenarten die jeweilige biologische Wirkung sehr unterschiedlich sein kann.

Entscheidend für die Wirksamkeit einer Strahlung auf Gewebe ist die erzeugte IONENDICHTE und die Art der biologischen Reaktion. Die biologische Wirkung ist für Rö.-, &- und β -Strahlung gleich und für \swarrow - und γ -

Um diese unterschiedlichen biologischen Wirkungen berücksichtigen zu können, wurde der

QUALITÄTS-FAKTOR (Q) bzw. Relative Biologische Wirkungsfaktor (RBW) eingeführt. Der Q-Faktor gibt an, wieviel mal größer eine Strahlung im Vergleich zur Rö.- und &-Strahlung biologisch wirksam ist.

Der Qualitätsfaktor ist von der Strahlenart und deren Energie abhängig

Strahlenart	Energie	Q-Faktor
Röntgen-, ε- und β-Strahlen	ab 30 keV-Maximalenergie bis 30 keV	1 1,7
Protonen	bis 10 MeV	10
α-Strahlen		10 -20
schwere Rückstoßkerne		20
Neutronen	thermisch / 10 keV / 100 keV 1 MeV / 10 MeV / 100 MeV / 1000 MeV	3/3,8/8 10,5/6,5/4,7/3,4

Der **Q-** bzw. **RBW-Faktor** gibt an, um wieviel mal größer die biologische Wirkung einer bestimmten Strahlung im Vergleich zur Röntgen- und Gamma-Strahlung ist.



Äquivalentdosis

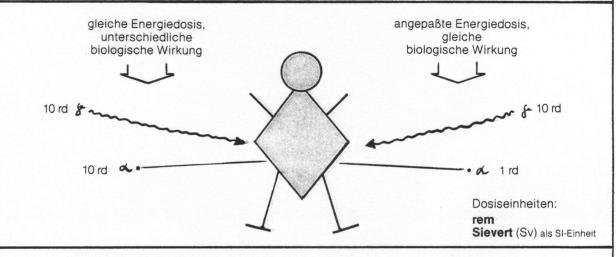
Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

2.5

Die ÄQUIVALENTDOSIS (früher als "biologische Wirkdosis" bezeichnet) berücksichtigt die jeweilige Wirkung der verschiedenen Strahlenarten auf den Körper.

Äquivalentdosis erfaßt die unterschiedlichen biologischen Auswirkungen der Strahlenarten. Verschiedene Strahlenarten haben bei gleicher Energiedosis (rd) eine unterschiedliche biologische Wirkung.



 $rem = rd \times Q$ -Faktor

 $Sv = Gy \times Q$ -Faktor

"rem" kommt vom Englischen "radiation equivalent men"

1 rem = 0.01 Sv (0.01 J/kg)

1 Sv (1 J/kg) = 100 rem

Im praktischen Strahlenschutz gilt für Röntgen- und &-Strahlen

1 R (258 μ C/kg) \simeq **1 rd** (0,01 Gy) = **1 rem** (0,01 Sv)

Ausgearbeitet von: HBI Hubert Fankhauser, Dipl.rad.techn.Assistent

Dosisleistung — Aufenthaltsdauer

Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

Als Dosisleistung (DL) bezeichnet man die DOSIS pro ZEITEINHEIT. Also jene Strahlenmenge, die in einer bestimmten Zeit zur Wirkung gelangt. Als Vergleich kann man sich den Tachomenter eines Autos vorstellen, der ja auch nur anzeigt, wieviel Kilometer man bei einer konstanten Geschwindigkeit pro Stunde fahren wird. Und so gibt die DL Auskunft, welche Strahlenmenge bei konstanter DL pro Zeiteinheit (Stunde, Minute oder Sekunde) wirksam wird.

Die Maßeinheiten der DL sind: (in Klammern = nach SI-System)

von Ionendosisleistung:

von Energiedosisleistung:

von Äquivalentdosisleistung:

R/h (C/kq.h)

rd/h

(Gy/h)

rem/h

(Sv/h)

R/min (C/kg.min) R/s (C/kg.s)

rd/min

(Gy/min)

rem/min

(Sv/min)

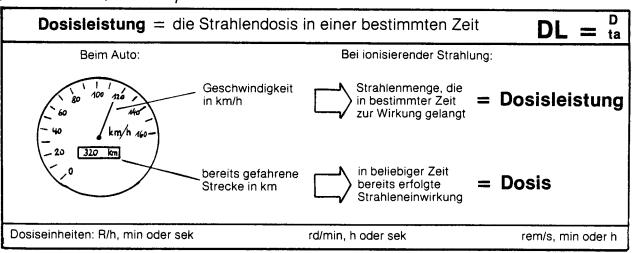
rd/s

(Gy/s)

rem/s

(Sv/s)

Selbstverständlich gibt es auch hier noch in der Größendimension die Unterteilungen in z.B. k, m oder μ.



Aus der Abhängigkeit "DL = D pro t" geht hervor, daß die Aufenthaltsdauer in einem Strahlenfeld so kurz wie möglich zu bemessen ist, damit eine bestimmte Dosis nicht überschritten wird.

Dosis = Dosisleistung x Aufenthaltsdauer

 $(D = D1 \times t_a)$

Umgekehrt kann die Aufenthaltsdauer aus der zulässigen Dosis und der gemessenen Dosisleistung errechnet werden.

Aufenthaltsdauer = Dosis: Dosisleistung

 $(t_a = D:DL)$

Aufenthaltsdauer (ta) = jene Zeitdauer, in der sich jemand im Strahenbereich aufhält $t_a = D:DL$ $D = DL \times t_a$ $DL = D: t_a$

Wichtige praktische Strahlenschutzmaßnahme:

Aufenthaltsdauer im Strahlenbereich unbedingt kurz halten

Arbeitsblatt — AUFENTHALTSDAUER Rechenbeispiele

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

2.7

ta	=	D	:	DL
ta	=	D	:	DL

$$D = DL \times t_a$$

$$DL = D:t_a$$

Beträgt die DL eines &-Strahlers in einem bestimmten Abstand 200 mR/h, dann würden in 5 Stunden an dieser Stelle vom Körper 1000 mR = 1 R aufgenommen.

BEISPIEL 1: Ermittlung der erhaltenen Dosis

Vorhandene DL = 10 mR/h; welche Dosis bekommt man ab bei einem Aufenthalt von

1	Std	
2	Std	
10	Std	
1/2	Std	

BEISPIEL 2: Ermittlung der Dosisleistung

Abbekommene Dosis = 3R; welche DL war vorhanden, bei einem Aufenthalt im Strahlenbereich von

10	min	
	Std	
5	Std	

BEISPIEL 3:

Ermittlung der Aufenthaltsdauer

Vorhandene DL = 36 R/h; wie lange darf man im Strahlenbereich sein, um folgende Dosiswerte nicht zu überschreiten?

200	mR	
3	R	
6	R	
15	R	

D und DL müssen immer in gleichen Größen angegeben werden: z.B.

$$R + R/h \qquad mR + mR/h \qquad \mu R + \mu R/h$$
 Soll t_a -Ergebnis in Minuten sein dann: t_a in min = $\frac{Dx60}{DL}$ pro h

Soll
$$t_a$$
-Ergebnis in Sekunden sein dann/ t_a in $s = \frac{Dx60x60}{DL \text{ pro h}} = \frac{D \times 60}{DL \text{ pro min}}$



&-Dosisleistungskonstante (K&)

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

2.8

Unterschiedliche g-Strahler von gleicher Aktivität erzeugen in gleicher Entfernung eine unterschiedliche Dosisleistung. Um für die Ermittlung der DL diese unterschiedlichen Stoffabhängigkeiten berücksichtigen zu können, wurde der Begriff der DOSISLEISTUNGSKONSTANTE (K_g oder auch I-g) eingeführt. K_g besagt, welche DL in R/h ein punktförmiger Gamma-Strahler mit der Aktivität von 1 Ci in 1 m Entfernung erzeugt.

Der $K_{\&}$ -Wert der bekannten Gamma-Strahler liegt zwischen o.2 und 2. Vielfach wird für grobe Abschätzungen $K_{\&}$ = 1 angenommen. Daraus resultiert eine in der Praxis oft verwendete Faustformel:

Ein Gammastrahler mit X Curie (z.B. 2 Ci) Aktivität erzeugt in 1 Meter Entfernung eine Dosisleistung von X \Re /h (in diesem Beispiel 2 R/h).

Der jeweilige K&-Wert der verschiedenen &-Strahler ist aus Tabellen zu entnehmen.

ধ-Dosisleistungskonstante (Kg) für einige Gamma-Strahler

Radionuklid	K&	Radionuklid	K&		
Natrium 22	1,192	Jod 125	0,0044		
Natrium 24	1,828	Jod 131	0,212		
Kalium 40	0,08	Jod 132	1,333		
Eisen 59	0,627	Xenon 133	0,014		
Kobalt 60	1,298	Caesium 137	0,323		
Krypton 85	0,0012	Iridium 192	0,444		
Molybdän 99	0,078	Radium 226	0,825		
Technetium 99 ^m	0,0608	im Gleichgewicht			
		Americium 241	0,016		

Faustformel:

x Ci (z. B 2 Ci) erzeugen in 1 m eine DL von x R/h (im Beispiel 2 R/h)

Ausgearbeitet von: HBI Hubert Fankhauser, Dipl.rad.techn. Assistent

STRAHLENSCHUTZ

Überblick über die Dosis- und Dosisleistungsarten

Landes-Feuerwehrverband Tirol

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

lonendosis

Standard-Ionendosis: für Röntgen und Gamma-Strahlen

allgemein: für alle Strahlenarten

Standard-Ionendosis = Ionisation pro Volumen (Masseneinheit) Luft

Standard-Ionendosis = Ionisation pro Volumen (Masseneinheit) Luft

und zwar Erzeugung von ca. 2.1 × 109 lonenpaare/cm³ Luft

Einheit: **Röntgen (R)**Coulumb pro kg (C/kg) nach SI-System

Ionendosis (allgemein) = Ionisation pro Masseneinheit eines Gases

Einheit: Ladungseinheit/Gramm

Dosiseinheiten: $1 R = 258 \,\mu \text{C/kg}$ 1 C/kg = 3875,9 R

Dosisleistungseinheiten: $1 \text{ R/h} = 258 \,\mu\text{C/kg}$. h 1 C/kg. 1 h = 3875, Counts (Entladungen) pro Minute — Cpm oder pro Sekunde — cps $1 \, \text{C/kg} \cdot 1 \, \text{h} = 3875,9 \, \text{R/h}$

Energiedosis =

absorbierte Energie pro g Material

gültig für alle Materialien und Strahlenarten

Einheit: rad (rd) -

nach dem SI-System Gray (Gy) oder Joule/kg (J/kg)

Verhältnis rd: Gy(J/kg) = 100 : 1

Dosiseinheiten:

1 rd = 10 mGy

1 Gy = 100 rd

Dosisleistungseiheiten:

1 rd/h = 10 mGy/h

1 Gy/h = 100 rd/h (1 Gy/s = 360 krd/h)

Aquivalentdosis —

berücksichtigt durch den Q-Faktor die unterschiedlichen biologi-

schen Wirkungen der verschiedenen Strahlenarten und Energien

Einheit: **rem** — nach dem SI-System **Sievert (Sv)** oder Joule/kg (J/kg)

Verhältnis rem : Sv(J/kg) = 100 : 1

 $rem = rd \times Q$ $Sv = Gy \times Q$

Dosiseinheit:

1 rem = 10 mSv

 $1 \, \text{Sv} = 100 \, \text{rem}$

Dosisleistungseinheit:

1 rem/h = 10 mSv/h

1 Sv/h = 100 rem/h

Im praktischen Strahenschutz gilt für Röntgen- und Gamma-Strahlen

 $1 R \approx 1 rd = 1 rem$

Ausgearbeitet von: HB! Hubert Fankhauser, Dipl.rad.techn.Assistent



STRAHLENSCHUTZ

Lebensalterdosis

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

Z-10

Auf gesetzlicher Basis werden Maßnahmen zum Schutz des Lebens einschließlich ihrer Nachkommenschaft vor Schäden durch ionisierende Strahlen getroffen. Unter anderem werden auch Dosis-Werte für die maximal zulässige Strahlenbelastung angeführt. Der Personenkreis, der aus beruflicher Tätigkeit mit ionisierenden Strahlen oder radioaktiven Stoffen zu tun hat, wird im Strahlenschutzgesetz und -Verordnung speziell berücksichtigt.

Es werden auch Anforderungen an solche Personen gestellt, die neben körperlicher und geistiger Eignung auch ein Mindestalter von 18 Jahren vorschreiben. Bei Frauen sind zusätzlich noch werdende und stillende Mütter prinzipiell von Tätigkeiten im Strahlenbereich ausgeschlossen.

Anforderungen an Personen von Strahlenschutzeinheiten der Einsatzorganisationen:

- Mindestalter von 18 Jahren
- geistige und k\u00f6rperliche Eignung
- Atemschutztauglichkeit

Bis zu einem x-beliebigen Alter (Alter von N Jahren) darf eine bestimmte Gesamtstrahlendosis nicht überschritten werden. Diese Gesamtstrahlendosis wird als "höchstzulässige LEBENSALTERDOSIS" bezeichnet. Zur Ermittlung dieser ebensalterdosis für beruflich strahlenexponierte Personen ist die höchstzulässige Jahresdosis von 5 rem der Ausgangspunkt. Alter N - 18 bei der Berechnung deshalb, weil ja Personen unter 18 Jahren vom beruflichen Umgang mit ionisierenden Strahlen oder radioaktiven Stoffen ausgeschlossen sind.

höchstzulässige Lebensalterdosis: D (rem) = 5. (N—18)

Ist die höchstzulässige Lebensaltersdosis überschritten, darf die folgende Strahlenbelastung solange 5 rem/Jahr nicht erreichen, bis die höchstzulässige Lebensaltersdosis wieder erreicht ist.

Wie groß ist die Lebensaltersdosis für eine 3o-jährige Person?

D(rem) = 5 rem x (30-18) = 5 rem x 12 = 60 rem

Diese Dosis von 60 rem darf allerdings nur verteilt und im Laufe von 12 Jahren aufgenommen werden (=Langzeitdosis).

Zulässige Jahres- und Vierteljahresdosen

SEITE

Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

Die zur Ermittlung der höchstzulässigen Lebensaltersdosis bereits angegebene "höchstzulässige JAHRESDOSIS" von 5 rem darf jedoch normalerweise nicht bei einer einmaligen, kurzzeitigen Bestrahlung aufgenommen werden. Es ist aber nicht nur die pro Jahr verteilte Dosis mit 5 rem, sondern auch die Dosis pro Vierteljahr verteilt - "höchstzulässige VIERTELJAHRESDOSIS"mit 3 rem limitiert. Diese Dosiswerte gelten für die Ganzkörperbestrahlung und die Bestrahlung von Keimdrüsen und rotem Knochenmark.

Bei der Festsetzung der höchstzulässigen Strahlendosen werden nicht nur die zwei verschieden verteilten Bestrahlungs-Zeiträume, sondern auch die bestrahlte Körperregion berücksichtigt. So gelten für Ganzkörperbestrahlungen wesentlich niedrigere Dosiswerte als für Teilkörperbestrahlungen.

GANZKÖRPERBESTRAHLUNG

Bestrahlung des ganzen Körpers oder

mindestens des Körperstammes

TEILKORPERBESTRAHLUNG

Bestrahlung von Körperteilen

Wird die Jahres- und Vierteljahresdosis vo**m** Ganzkörper, Keimd**rüs**en und rotem Knochenmark nicht überschritten, dann dürfen bestimmte Körperteile und Organe einer verstärkten Strahlenbelastung ausgesetzt werden.

Höchstzulässige Jahres- und Vierteljahresdosen

durch äußere Strahlenbelastung, ohne Berücksichtigung der natürlichen und medizinischen Strahlenbelastung

	Strahlenbelastung							
Organ	pro Vierteljahr	pro Jahr						
Ganzkörper, Keimdrüsen, rotes Knochenmark	3 rem (30 mSv)	5 rem (50 mSv)						
Haut, Schilddrüse, Knochen	15 rem (150 mSv)	30 rem (300 mSv)						
Hände, Unterarme, Füße, Knöchel	40 rem (400 mSv)	75 rem (750 mSv)						
innere Organe (ausgenommen bereits vorher aufgezählte)	8 rem (80 mSv)	15 rem (150 mSv)						

Vom Ganzkörper-Jahresdosis ERRECHNETE Monats- und Wochendosis:

Monatsdosis 400 mrem (4 mSv oder mJ/kg)

Wochendosis 100 mrem (1 mSV oder mJ/kg) \simeq



Einsatzdosen für äußere Strahlenbelastung

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

- Jede unnötige Bestrahlung ist zu vermeiden
- Jede unumgängliche Strahlenbelastung ist so gering wie möglich zu halten
- Es sind so wenig Personen als möglich der Strahlenbelastung auszusetzen

Für die Verhütung von Zwischenfällen oder Strahlenunfällen und die Eindämmung von Unfallsfolgen sind Einzeldosen bis 10 rem gesetzlich erlaubt (= NOTDOSIS). Wenn es sich ausschließlich um den Schutz oder die Rettung von Menschenleben handelt, können EINMAL IM LEBEN 25 rem ohne besonderes somatisches Strahlenrisiko ertragen werden (= KATASTROPHENDOSIS). Eine Überschreitung einer Personendosis von 25 rem ist wegen des stark zunehmenden Risikos für Gesundheit und Leben auch allfälliger Nachkommenschaft möglichst zu vermeiden.

Beabsichtigte (daß man vorher schon damit rechnet - Einsatz) oder unbeabsichtigte (z.B. durch Unfall) außergewöhnliche Strahlenbelastungen dürfen im Leben einer Person insgesamt nicht mehr als 25 rem betragen.

Einsatzdosen von mehr als 1,5 rem sind ohne ausreichender Begründung für eine solche Überschreitung nicht zulässig.

Analog zu den Dosisgrenzwerten durch äußere Strahlenbelastung gibt es auch für die Aufnahme von radioaktiven Stoffen in den Körper höchstzulässige Aktivitäts-aufnahmewerte. Der Notdosis entsprechend bedeutet es eine Aktivitätsaufnahme bis zum Doppelten, und der Katastrophendosis entsprechend bis zum Fünffachen der jährlich höchstzulässigen Aktivitätsaufnahme.

Einsatzdosen für äußere Strahlenbelastungen (außergewöhnliche StrBelastungen)									
Dosi	swert	Ärztliche Untersuchung nach Einsatz erforderlich	Bemerkungen bzw. Einsatzbegründungen						
1,5 rem (15 mSv)		nein	Überschreitung dieses Wertes ohne Ausreichende Begründung nicht zulässig						
3 rem (30 mSv)	Virteljahres- dosis	(ja)							
10 rem (100 mSv)	Notdosis	ja (gem. <u>§</u> 18(1) Str.Scl.V0)	Durchführung von Maßnahmen, die der Verhütung von Zwischenfällen und Unfällen oder der Ein- dämmung von Unfallfolgen dienen.						
25 rem (250 mSv)	Kata- strophen- dosis	ja (pem. § 18(1) Sh. Sch. VO)	Durchführung von Maßnahmen, die ausschließlich zum Schutz oder zur Rettung von Menschenleben erforderlich sind.						

Spezielle Dosisbegriffe

SEITE

2.13

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

PERSONENDOSIS - ist die Strahlenmenge, die eine Person betrifft

GANZKÖRPERDOSIS- ist eine Strahleneinwirkung, die den ganzen Körper oder mindestens den Rumpf des Körpers belastet

TEILKÖRPERDOSIS- ist eine Strahleneinwirkung nur auf bestimmte Teile des Körpers

sofortdosis - ist eine Dosisbelastung, die in so kurzer Zeit erfolgt, daß keine biologischen Erholungsprozesse vom Körper selbst wirksam werden. Nach der gegenwärtigen Auffassung beträgt dieser Zeitraum ca. 2 Tage.

LANGZEITDOSIS- ist eine so verteilte Dosisbelastung, daß körpereigene biologische Erholungsprozesse selbst wirksam werden. (also von 3 Tagen aufwärts bis Jahre und mitunter Jahrzehnte).

NOTDOSIS - Grenzwert 10 rem (100 mSv) für den Gesamtkörper (siehe Seite 2-12)

KATASTROPHENDOSIS - Grenzwert 25 rem (250 mSv) für den Gesamtkörper; Belastung darf nur einmal im Leben erfolgen (siehe Seite **2**-12)

WIRKDOSIS (D_w) - ist jene Dosis, die auf den Körper schon eingewirkt hat.

VERFÜGUNGSDOSIS (D_V) - ist jene Dosis, die man bis zum Erreichen der erlaubten oder empfohlenen Dosis noch zur Verfügung hat. Sie ergibt sich aus befohlener oder erlauberter Dosis abzüglich der bereits eingewirkten Dosis.

$$D_{V} = D_{M} - D_{W}$$

MELDEDOSIS (D_{M}) - ist jene Sofortdosis oder Dosisleistung, die vom MELDEDOSISLEISTUNG (DL_{M}) - Einsatzleiter befohlen wurde und bei Erreichen ihm zu melden ist.

ABSPERRDOSISLEISTUNG - ist ein befohlener DL-Wert, wo bei Erreichen dieses Wertes eine Absperrung zu errichten ist. Wird kein eigener DL-Wert befohlen, so gilt als Absperr-

dosisleistung 1 mR/h.

1981

Arbeitsblatt — AUFENTHALTSDAUER Praktische Übung

Landes-Feuerwehrverband Tirol

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

2₋₁₄

Übung: Aufenthaltsdauer (ta)

 $t_a = D : DL$

1. BERECHNUNG DER AUFENTHALTSDAUER:

D = mR	D =														mR
--------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

2. BESTRAHLUNG DES DOSIMETERS AUF GRUND DER ERRECHNETEN ta

Ablauf:

- * Ermittlung der vorgegebenen DL und Markierung der Meßstelle
- * Dosimeter holen und zur Bestrahlung an die vorher markierte Stelle legen. Sofort den Strahlenbereich wieder verlassen und <u>außerhalb</u> die vorher errechnete Bestrahlungsdauer abwarten
- * Knapp vor Ablauf der errechneten ta in den Strahlenbereich laufen und das Dosimeter wieder holen.
- * Auswertung des Ergebnisses -

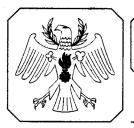
```
ta errechnet: ..... min / vorgegebene D..... mR

ta Bestrahlung: ..... min / abgelesene D ..... mR

Dosisdifferenz von ..... mR
```

Ausgearbeitet von: HBI Hubert Fankhauser, Dipl.rad.techn. Assistent

Sämtliche Tätigkeiten im Strahlenbereich rasch und überlegt durchführen Jeder unnötige Aufenthalt bedeutet eine unnötige Strahlenbelastung.



Eigenkontrollblatt

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

2-15

- Was versteht man unter Strahlendosis?
 Die Wirkung einer bestimmten Strahlenmenge (Strahleneinwirkung)
- <u>Wie wird die Strahlendosis gemäß ihrer Wirkung unterteilt?</u>
 In die Ionendosis (Ionisationsvermögen), Energiedosis (Energieübertragung) und Äquivalentdosis (biologische Wirksamkeit).
- Auf was beruht die Ionendosis und wie ist ihre Einheit? die Standard-Ionendosis beruht auf der Ionisation von Normalluft durch Röntgen- und Gammastrahlen. Dosiseinheit ist das Röntgen (R). 1 R = dann, wenn eine bestimmte Anzahl von Ionenpaare in einem bestimmten Luftvolumen erzeugt wurden.

Die Ionendosis (Allgemein) beruht auf der Ionisation pro Masseneinheit eines Gases durch alle Strahlenarten

Sie beruht auf der Energieübertragung ionisierender Strahlung in beliebige Materie. Energiedosis ist absorbierte Energie: Masse des bestrahlten Materials. Die Dosiseinheit ist das rad (rd) oder nach dem SI-System das Gray (Gy).

. Auf was beruht die Energiedosis und wie ist ihre Einheit?

. Auf was beruht die Äquivalentdosis und wie ist ihre Einheit?
Sie berücksichtigt durch den Q-Faktor die unterschiedlichen biologischen Wirkungen der verschiedenen Strahlenarten und Energien.
Die Dosiseinheit ist das rem oder nach dem SI-System das Sievert (Sv).

 $rem = rd \times Q$

100 rd = 1 Gy

 $Sv = Gy \times Q$

100 rem = 1 Sv

Was ist der Qualitätsfaktor (Q)?

Ist ein Wert, der angibt, um wieviel mal größer die biologische Wirkung einer bestimmten Strahlung im Vergleich zur Röntgen- und Gammastrahlung ist. Er ist zum Beispiel für Rö.-, &- und &-Strahlen 1 / für &-Strahlen 10-&/ für Neutronen 3-10

Eigenkontrollblatt

Figenvoitti onotatt

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

Z-16

- . Für welche Strahlenarten gilt im praktischen Strahlenschutz 1 R = 1 rd = 1 rem? Für Röntgen- und Gammastrahlen.
- Bei welchen Strahlenarten mißt man die Dosis in Röntgen?
 Bei Röntgen- und Gammastrahlen
- . Was versteht man unter Dosisleistung (DL)?

 Die Strahlendosis in einer bestimmten Zeiteinheit (DL = D : t_a)
- In welchen Einheiten wird die Dosisleistung angegeben?

 Ionen DL in R/h (Minute oder Sekunde)

 Entladungen pro Minute cpm oder pro Sekunde cps
 Energie DL in rd/h oder Gy/h
 Äquivalent-DL in rem/h oder Sv/h

Sämtliche DL-Einheiten können eine Zeitunterteilung in pro Stunde (h), Minute (min) oder Sekunde (s) und eine Größenunterteilung in k, m, μ usw. aufweisen.

- . Was versteht man unter Aufenthaltsdauer (t_a) und wie kann man diese ermitteln? Die t_a ist jene Zeitspanne, in der sich jemand im Strahlenbereich aufhält. $t_a = D$: DL $D = DL \times t_a$
- . Welche Auswirkung hat die t_a auf den praktischen Strahlenschutz?

 Je kürzer die t_a ist, desto geringer ist die Strahlenbelastung und je länger die t_a ist, desto größer ist die Strahlenbelastung. Deshalb die Aufenthalts-dauer im Strahlenbereich unbedingt kurz halten.
- Was ist die &-Dosisleistungskonstante (K_k) und was besagt sie?
 K& ist ein für jeden &-Strahler spezieller Wert, der die Erzeugung einer unterschiedlichen DL trotz gleicher Aktivität und gleichen Abstand berücksichtigt.

 $K_{\mathcal{E}}$ besagt, welche DL in R/h ein punktförmiger ℓ -Strahler mit der Aktivität von 1 Ci in 1 m Entfernung erzeugt.

Eigenkontrollblatt

.

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

2.17

- Welche Anforderungen werden an Personen von Strahlenschutzeinheiten gestellt? Mindestalter von 18 Jahren, geistige und k\u00f6rperliche Eignung, Atemschutztauglichkeit
- . <u>Wie wird die höchstzulässige Lebensaltersdosis berechnet?</u>

 $D (rem) = 5 \times (N-18)$

- Welche höchstzulässige Jahresdosis dürfen beruflich strahlenexponierte Personen erhalten?
 - 5 rem für den Gesamtkörper, roles Knochenmark oder Keimdrüsen
- . <u>Welcher Dosiswert darf bei einem Einsatz ohne ausreichender Begründung nicht</u> Überschritten werden?

1,5 rem als Sofortdosis für den Gesamtkörper

durch andere Bestrahlung

- . Ab welchem Dosisbelastungswert/muβ danach eine ärztliche Untersuchung erfolgen?

 At 2¹⁰rem als Sofortdosis für den Gesamtkörper
- . Wie hoch ist der Grenzwert der Notdosis und welche Einsatzbegründung muß vorliegen?

10 rem als Sofortdosis für den Gesamtkörper; Durchführung von Maßnahmen, die der Verhütung von Zwischenfällen und Unfällen oder der Eindämmung von Unfallsfolgen dienen.

. <u>Wie hoch ist der Grenzwert der Katastrophendosis und welche Einsatzbegründung muß vorliegen?</u>

25 rem als Sofortdosis für den Gesamtkörper; Durchführung von Maßnahmen, die ausschließlich zum Schutz oder zur Rettung von Menschenleben erforderlich sind.

- . <u>Welche Grundsätze gelten im praktischen Strahlenschutz gegen äußere Strahlenbelastung?</u>
 - ★ jede unnötige Strahlenbelastung ist zu vermeiden
 - * jede unumgängliche Strahlenbelastung ist so gering wie möglich zu halten (durch Abstandsvergrößerung, Schutz durch Abschirmung, Aufenthaltsdauer Verkürzung)
 - \star Es sind so wenig Personen wie möglich der Strahlenbelastung auszusetzen.

Ausgearbeitet von: HBI Hubert Fankhauser, Dipl.rad.techn. Assistent

Eigenkontrollblatt

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

2.18

. Was ist die Personendosis?

Die Strahlenmenge, die eine Person betrifft.

. Was ist die Ganzkörperdosis?

Eine Strahleneinwirkung, die den ganzen Körper oder mindestens den Rumpf des Körpers belastet.

. Was ist die Teilkörperdosis?

Eine Strahleneinwirkung nur auf bestimmte Teile des Körpers

. Was ist die Sofortdosis?

Eine Dosisbelastung, die in so kurzer Zeit erfolgt, daß keine biologischen Erholungsprozesse vom Körper selbst wirksam werden. Nach der gegenwärtigen Auffassung beträgt dieser Zeitraum ca. 2 Tage.

. Was ist die Langzeitdosis?

Eine so verteilte Dosisbelastung, daß körpereigene biologische Erholungsprozesse selbst wirksam werden (Also von 3 Tagen aufwärts bis Jahre und mitunter Jahrzehnte)

. Wie oft darf im Leben eine einmalige Belastung mit 25 rem erfolgen?

Nur einmal im Leben

. Was ist die Wirkdosis (D_)?

Ist jene Dosis, die auf den Körper schon eingewirkt hat

. Was ist die Verfügungsdosis (D_v)?

Jene Dosis, die man bis zum Erreichen der erlaubten oder befohlenen Dosis noch zur Verfügung hat. Sie ergibt sich aus befohlener oder erlaubter Dosis abzüglich der bereits eingewirkten Dosis

$$D_v = D_m - D_w$$

. Was ist die Meldedosis und Meldedosisleistung $(D_{M} DL_{M})$?

Ist jene Sofortdosis oder Dosisleistung, die vom Einsatzleiter befohlen wurde und bei Erreichen ihm zu melden ist.



Eigenkontrollblatt

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

2.19

. Was ist die Absperrdosisleistung und wie hoch ist sie?

Ist ein befohlener DL-Wert, wo bei Erreichen dieses Wertes eine Absperrung zu errichten ist. Wird kein eigener DL-Wert befohlen, so gilt als Absperrdosisleistung $1\,\text{mR/h}$.



3.1



Inhaltsverzeichnis

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

3 Begriffe aus der Strahlenschutzgesetzgebung / ÖNORMEN

INHALT	SEITE
Strahlenschutzgesetz - Strahlenschutzverordnung	2
Strahlenschutzverordnung	3
Strahlen-, Kontroll- und Überwachungsbereich	4
Toxizitätsklassen	5
Höchstzulässige Dosen, Aktivitäten und Konzentration	6
Melde- und Bewilligungspflicht	7
Beruflich strahlenexponierte Person/ Strahlenschutz- beauftragter	7
Ärztliche Kontrolle	8
Physikalische Kontrolle	9
Kennzeichnung mit Strahlenwarnzeichen	10
Aufbewahrung radioaktiver Stoffe	11
Beförderung radioaktiver Stoffe innerhalb von Betrieben	12
Höchstzulässige Werte der Kontamination	13
Arbeitsplatztypen für den Umgang mit offenen	
radioaktiven Stoffen	14
Anforderungen an Arbeitsplatztypen A, B und C	15
ONORMEN	16
Eigenkontrollblätter	20



Strahlenschutzgesetz Strahlenschutzverordnung

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

3.2

Das österreichische STRAHLENSCHUTZGESETZ BGB1 Nr. 227/1969, ist am 1. Jänner 1971 in Kraft getreten. Es enthält die grundsätzlichen Regelungen über den Strahlenschutz

Die Durchführungsbestimmungen sind in der STRAHLENSCHUTZVERORDNUNG - "Verordnung über Maßnahmen zum Schutz des Lebens oder der Gesundheit von Menschen einschließlich ihrer Nachkommenschaft vor Schäden durch ionisierende Strahlung" vom 12. Jänner 1972, BGB1 Nr. 47/1972, enthalten.

Bei der Erstellung der Strahlenschutzverordnung wurde unter anderem auf die einschlägigen Empfehlungen und Richtlinien internationaler Vereinigungen bedacht genommen. Es sind dies z.B.: die Internationale Kommission für Strahlenschutz (ICRP) / die Internationale Atomenergieorganisation (IAEO) / das Internationale Arbeitsamt (ILO) / die Organisation für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD).

Die Strahlenschutzverordnung (StrSchVo) besteht aus fünf Teilen, mit umfangreichen Tabellenmaterial in zwölf Anhängen:

I. Teil: ALLGEMEINE BESTIMMUNGEN (§§1 - 31)

Begriffsbestimmungen ($\S\S1-5$) / Ausnahmen von der Bewilligungsund Meldepflicht; Dosisleistungsgrenze für die Zulassung von Bauarten ($\S\S6-8$) / Höchstzulässige Dosen, Aktivitäten und Konzentrationen ($\S\S9-15$) / Gesundheitliche Eignung; ärztliche Kontrolle ($\S\S16-23$) / Physikalische Kontrolle ($\S\S24-27$) / Personen, die mit der Wahrnehmung des Strahlenschutzes betraut sind; Anforderungen und Aufgaben ($\S\S28-31$)

II. Teil: STRAHLENEINRICHTUNGEN (§§ 32-78)

- RONTGENEINRICHTUNGEN: Allgemeine Bestimmungen (§§ 32-34) / medizinische Röntgeneinrichtungen (§§ 35-63) / Nichtmedizinische Röntgeneinrichtungen (§§ 64-68) / Gemeinsame Bestimmungen (§§ 69 + 70)
- 2. ELEKTRONENBESCHLEUNIGER: Anforderungen an Elektronenbeschleuniger (§§ 71-75) / Betriebsvorschriften für Elektronenbeschleuniger (§§ 76 + 77) / Anforderungen an Strahlenanwendungsräume (§ 78).

Strahlenschutzverordnung

SEITE

Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

III. Teil: RADIOAKTIVE STOFFE (§§ 79 - 112)

 ALLGEMEINE BESTIMMUNGEN (§§ 80 - 93) Kennzeichnung (§ 80) / Aufbewahrung radioaktiver Stoffe (§§ 81u.82) / Beförderung radioaktiver Stoffe (§§ 83 u. 84) / Reiniqung von Räumen; Kontamination und Dekontaminierung (§§ 85 - 88) / Radio-

aktive Abfälle (§§ 89 - 92) / Radioaktivitätsüberwachung der

Umgebung (§ 93)

2. UMSCHLOSSENE RADIOAKTIVE STOFFE: (§§ 94 - 102) Allgemeine Anforderungen (§§ 94 + 95) / Anwendung umschlossener radioaktiver Stoffe zu medizinischen Zwecken (§§ 96 - 99) / Anwendung umschlossener radioaktiver Stoffe zu nichtmedizinischen Zwecken (§§ 100 - 102)

3. OFFENE RADIOAKTIVE STOFFE: (§§ 103 - 112) Allgemeine Bestimmungen (§§ 103 - 105) / Arbeitsplätze der Type C (§§ 106 - 107) / Arbeitsplätze der Type B (§§ 108 + 109) / Arbeitsplätze der Type A (§ 110 + 111) / Verabreichung offener radioaktiver Stoffe zu medizinischen Zwecken (§ 112)

IV. Teil: KERNANLAGEN (§§ 113 - 123

V. Teil: ÜBERGANGS- und SCHLUSSBESTIMMUNGEN

Betreffend der Haftung für nukleare Schäden ist das ATOMHAFTPFLICHTGESETZ Bundesgesetz vom 29. April 1964, BGBl Nr. 117 - das zuständige Bundesgesetz.



Strahlen-, Kontroll- und Überwachungsbereich

Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

STRAHLENBEREICH ist ein Bereich, in dem Personen pro Jahr einer Der Strahlenbelastung durch Einstrahlung von außen oder durch Inkorporation durch radioaktiver Stoffe ausgesetzt sein können, die ein Dreißigstel (= 0,166 rem/a oder 1.66 m Sv/a für äußere Bestrahlung) der für beruflich strahlenexponierte Personen jährlich höchstzulässigen Werte (5 rem/a oder 50 mSv/a) übersteigt.

Ausgehend von einer 4o-Stunden-Arbeitswoche würde das 1/30 einem DL-Wert von o.o75 mrem/h bzw. o.75 µSv/h entsprechen.

Der Strahlenbereich wird in den "Kontrollbereich" und "Überwachungsbereich" unterteilt!

KONTROLLBEREICH ist derjenige Teil eines "Strahlenbereiches", in dem Personen bei Ausübung ihrer beruflichen Tätigkeit oder bei ihrer Ausbildung pro Jahr einer Strahlenbelastung durch Einstrahlung von außen oder durch Inkorporation radioaktiver Stoffe ausgesetzt sein können, die drei Zehntel (= 1,5 rem/a oder 15 mSv/a für äußere Bestrahlung) der für beruflich strahlenexponierte Personen jährlich höchstzulässigen Werte übersteigt.

Ausgehend von einer 4o-Stunden-Arbeitswoche würdendie 3/10 einem DL-Wert von o,75 mR/h entsprechen.

ÜBERWACHUNGSBEREICH ist derjenige Teil eines "Strahlenbereiches", in dem Personen bei den gleichen Bedingungen wie unter "Kontrollbereich" einer Belastung ausgesetzt sein können, die 1/30 - nicht aber 3/10 der für beruflich strahlenexponierte Personen jährlich höchstzulässigen Werte übersteigt. Entspricht einem DL-Wert bei 4o Stunden-Arbeitswoche zwischen o,o75 mR/h und D,75 mR/h.

Strahlenbereich

Bereich, wo jährliche Strahlenbelastung über 0,166 rem (= > 1/30 von 5 rem) sein kann DL bei 40 Std./Woche: über 0,075 mR/h



Überwachungsbereich

= jener Teil des Strahlenbereiches, in dem eine jährliche Strahlenbelastung bzw. Inkorporation zwischen 1/30 und 3/10 der höchstzulässigen Jahreswerte erfolgen kann.

Dosis pro Jahr: 0,166 — 1,5 rem (15 mSv) DL bei 40 Std./Woche: 0.075 - 0.75 mR/h



Kontrollbereich

= jener Teil eines Strahlenbereiches, in dem eine jährliche Strahlenbelastung bzw. Inkorporation über 3/10 der höchstzulässigen Jahreswerte erfolgen kann.

Dosis pro Jahr: über 1,5 rem (15 mSv) DL bei 40 Std./Woche: über 0,75 mR/h



Toxizitätsklasse

Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz SEITE

Radiotoxizität = die Giftwirkung eines radioaktiven Stoffes auf den menschlichen Organismus, wenn der radioaktive Stoff inkorporiert wurde.

Die Radiotoxizität eines inkorporierten radioaktiven Stoffes hängt von mehreren Faktoren ab. So z.B. von der:

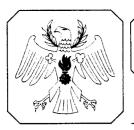
- * chemischen Eigenschaft beeinflußt, wieviel im Organismus resorbiert wird und in welchem Organ speziell = kritisches Organ
- * äußeren Beschaffenheit lösliche oder unlösliche Verbindungen
- * Stoffwechselgeschwindigkeit des Körpers bzw. Organes Menge und Zeit der Ausscheidung aus dem Körper
- * physikalischen Eigenschaft Strahlenart, Strahlenenergie, Aktivität, HWZ

Je nach ihrer Schädlichkeit für den menschlichen Organismus werden die einzelnen Radionuklide in 4 TOXIZITÄTSKLASSEN eingeteilt.

Die Zuordnung eines Radionuklides zu einer dieser Gruppen zeigt aber nicht das absolute Ausmaß seiner Schädlichkeit für den Organismus an, sondern bringt nur das Verhältnis der Schädlichkeit der Radionuklide untereinander (= relative Radiotoxizität) zum Ausdruck.

Toxizitätsklassen :	= Einteilung der Radionuklide	nach ihrer Schädlichkeit
(Radiotoxizität) für den men:	schlichen Organismus	Aus Anlage 1 StrSchVO

Toxizitätsklasse		Radionuklide (Beispiele aus der StrSchVO)			
sehr hohe Radiotoxizität		Am-241, Pu-238, Ra-226, Po-210			
2	hohe Radiotoxizität	Na-22, Co-60, J-125, J-131, Cs-137, Ir-192, Th-232, U-235			
3	mäßige Radiotoxizität	C-14, Na-24, Co-58, Fe-59, Y-90, Mo-99, J-135, Pm-147, Au-198, Rn-222			
4	niedrige Radiotoxizität	H-3, O-15, Tc-99 ^m , In-113 ^m , Xe-133, Cs-135			



Höchstzulässige Dosen, Aktivitäten und Konzentrationen

Landes-Feuerwehrverband Tirol

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

3.6

Leitender Grundsatz des Strahlenschutzes (§ 9 StrSchVO)

Jede Einwirkung ionisierender Strahlen auf den menschlichen Körper ist innerhalb der festgesetzten höchstzulässigen Strahlenbelastung so niedrig wie möglich zu halten; jede unnötige Einwirkung ist zu vermeiden.

Bei der Ermittlung der höchstzulässingen STRAHLENDOSIS ist die Strahlenbelastung

- * durch Einstrahlung von außen und
- * durch Inkorporation radioaktiver Stoffe zu berücksichtigen.

Die Strahlenbelastung durch natürliche Umgebungsstrahlung auf der Erdoberfläche sowie durch medizinische Untersuchungen und Behandlungen als Patient ist nicht zu berücksichtigen.

Für Personen außerhalb des Strahlenbereiches gilt als höchstzulässiger Dosis-, Aktivitäts- oder Konzentrationswert jeweils 1/30 der für beruflich strahlen- exponierte Personen zulässigen Höchstwerte.

Wegen der höchstzulässigen Dosiswerte siehe Kapitel 2, Seite 11 - "Höchstzulässige Dosen".

Weiters sind in der StrSchVO noch folgende höchstzulässige Werte vorgeschrieben:

- ★ Höchstzulässige AKTIVITÄTEN (HZA) im Gesamtkörper oder im kritischen Organg
- ★ höchstzulässige AKTIVITÄTSAUFNAHME aus Atemluft und Wasser pro Jahr (HZAA/a)
- * höchstzulässige KONZENTRATIONEN radioaktiver Stoffe in der Atemluft bei 4o-stündiger (HZK 4o) und 168-stündiger (HZK 168) Exposion pro Woche sowie im Wasser (HZK 168).

Kern-				Krit. 3)	HZ	ZA	HZ.	1.A/a	HZK 40 40 Std.	HZK 168 Std. p		
ladungs- zahl	Element		Radionuklid, Strahlenart phys. Halbwertszeit	Zustand 1) *)	Organ oder Gewebe	Ganz- körper μCi ⁴) ⁵)	Krit. Organ μCi 4) 3)	Luft µCira 4) 5)	Wasser (μCi/a ⁴) ⁵)	pro W. Luft μCi/cm ³ ⁴) ⁵)	Luft µCi/cm³ () ()	Wasser µCi/cm ⁴ () 5)
1	Wasserstoff	H 3 β ⁻ (HTO, ³ H ₂ O) 12,35 a	löslich Immersion	Körper- gewebe H	1 .10 ³	1 .103	1,2.104	2,6.104	5.10 ⁻⁶ 2.10 ⁻³	2.10 ⁻⁶ 4.10 ⁻⁴	0,03	
4	Beryllium	Be 7 ε, γ 53 d	löslich unlöslich	GK MDT L MDT	600 	560 52 	1,4.10 ⁴ 3,0.10 ³	1,4.10 ⁴ 1,4.10 ⁴	6.10 ⁻⁶ 10 ⁻⁶	2.10 ⁻⁶ - 4.10 ⁻⁷	0,02 - 0,02	
6	Kohlenstoff	C 14 β (CO ₂) 5730 a	löslich Immersion	F GK	300	160	8,7.10 ³	6,6 . 10 ³	4.10 ⁻⁶ 5.10 ⁻⁵	10 ^{—6} 10 ^{—5}	8.10-	
9	Fluor	F 18 β+ 1,87 h	löstich unlöslich	MDT MDT	_	_	1,3.10 ⁴ 6,4.10 ³	6,6.10 ³ 4,0.10 ³	5.10 ⁻⁶ 3.10 ⁻⁶	2.10 ⁴ 9.10 ⁷	8.10- 5.10-	
11	Natrium	Na 22 β ⁺ , γ 2,6 a	löslich unlöslich	GK L MDT	10 _ _	10 1 -	4,3.10 ² 2,1.10	3,2.10 ² - 2,4.10 ²	2.10 ⁻⁷ 9.10 ⁻⁹	6.10 ⁻⁸ 3.10 ⁻⁹	4.10 - 3.10	
		Na 24 β ⁻ , γ 15,0 h	löslich unlöslich	MDT MDT	_		3,1.10 ³ 3,6.10 ²	1,5.10 ³ 2,2.10 ²	10 ⁻⁶ 10 ⁻⁷	4.10 ⁻⁷ 5.10 ⁻⁸	2.10 ⁻¹ 3.10 ⁻¹	



Melde- und Bewilligungspflicht Beruflich strahlenexponierte Personen Strahlenschutzbeauftragter

Landes-Feuerwehrverband Tirol

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

3.7

* Der Besitz von und der Umgang mit radioaktiven Stoffen oder Strahleneinrichtungen ist bei der Behörde MELDE- und BEWILLIGUNGSPFLICHTIG.
Es gibt jedoch auch einige Ausnahmen von dieser Pflicht.
Eine dieser Ausnahmen richtet sich nach der Gesamtaktivität in µCi und der Radiotoxizität der vorhandenen Radionuklide.

lach Aktivität und Radiotoxizit	ät	(Anlage 3 StrSchV
Toxizitätsklasse	Meldefrei bis zu	Bewilligungsfrei bis zu
1 2 3 4	0,01 μCi 1 μCi 10 μCi 100 μCi	0,1 μCi 1 μCi 10 μCi 100 μCi

- * BERUFLICH STRAHLENEXPONIERTE PERSONEN: Dazu zählen 3 Personengruppen.
 - 1. Personen, die sich im Kontrollbereich aufhalten oder
 - 2. Personen, die mit offenen radioaktiven Stoffen umgehen, sofern die Aktivität unter Bedachtnahme auf Toxizitätsklasse und Art des Umganges bestimmte Grenzwerte (Anlage 2 Str.SchVo) übersteigt, sowie
 - 3. Strahlenschutzbeauftragte.

Es ist kein dauernder Aufenthalt im Kontrollbereich und auch kein dauernder Umgang mit radioaktiven Stoffen erforderlich, sonder es genügt bereits ein gelegentlicher Aufenthalt oder Umgang, um zu dieser Personengruppe zu zählen. Auch Personen, die bei Unfällen zur Beseitigung radioaktiver Verunreinigungen herangezogen werden (z.B. Strahlenschutztrupps der verschiedenen Einsatzorganisationen), gehören in die 2. Gruppe der beruflich strahlenexponierten Personen. Diese dürfen somit auch nach dem Gesetz höheren Strahlenbelastungsdosen und Aktivitäten als andere Personen ausgesetzt werden.

* STRAHLENSCHUTZBEAUFTRAGER ist eine Person, die neben körperlicher und geistiger Eignung auch nachweislich hinreichende Kenntnisse im Strahlenschutz besitzt und vom Bewilligungsinhaber mit der Wahrnehmung des Strahlenschutzes betraut ist. Je nach Aufgabengebiet sind unterschiedliche Vor- und Ausbildungen vorgeschrieben. Um die Erteilung einer Betriebsbewilligung durch die Behörde zu erhalten, muß unter anderem vom Betrieb auch ein Strahlenschutzbeauftragter bestellt worden sein.

Ärztliche Kontrolle

Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz SEITE

ARZTLICHE KONTROLLE :

Eignung: Als beruflich strahlenexponierte Personen dürfen nur solche Personen tätig werden, die das 18. Lebensjahr vollendet haben, keine werdenden und stillenden Mütter sind und deren gesundheitliche Eignung durch eine ärztliche Untersuchung festgestellt wurde.

Kontrollen: Der Gesundheitszustand ist in Jahresabständen durch ärztliche Untersuchungen zu kontrollieren. Im Bedarfsfall ist auch ein kürzerer Zeitraum möglich.

Enduntersuchung: Endet die Tätigkeit einer strahlenexponierten Person, so hat sich diese einer ärztlichen Untersuchung (Enduntersuchung) zu unterziehen.

Eventuell zutreffende Untersuchungen für Personen von Einsatzorganisationen:

- 1. Bei Beginn der einschlägigen Tätigkeit innerhalb einer Strahlenschutzeinheit;
- 2. Nach erfolgter Strahlenexposition über 10 rem Sofortdosis auf Ganzkörper, bei Kontamination oder bei Inkorporationsverdacht;
- 3. Nach Beendigung der Tätigkeit innerhalb einer Strahlenschutzeinheit, wenn innerhalb des Tätigkeitszeitraumes wenigstens einmal eine Belastung nach 2. erfolgt ist.



Physikalische Kontrolle

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

3.9

PHYSIKALISCHE KONTROLLE:

*Die von beruflich strahlenexponierten Personen durch Einstrahlung von außen erhaltenen Dosen sind zu kontrollieren. Zu diesem Zweck ist ein Dosimeter am Rumpf zu tragen. In bestimmten Fällen sind noch zusätzliche Dosimeter, auch am Rumpf oder an anderen exponierten Körperstellen angebracht, zu verwenden.

Für diese Dosis-Messungen sind nicht direkt anzeigende, unlöschbare Dosimeter zu verwenden (z.B. Film- oder Thermolumineszenzdosimeter). Bei der Auswertung des Thermolumineszenzdosimeters (TLD) erfolgt allerdings eine Löschung der Dosisinformation; doch wird bei diesem Dosimeter von gesetzesseite her der Computer als "unlöschbar" angesehen.

In besonderen Fällen sind die Messungen nach zwei voneinander unabhängigen Verfahren durchzuführen. Dabei muß eine Messung durch ein nicht direkt anzeigendes, unlöschbares Dosimeter und die andere Messung durch ein direkt anzeigendes Dosimeter, welches eine jederzeitige Feststellung der empfangenen Dosis ermöglicht, erfolgen.

never Absorb (zusalplich)

Von Einsatzorganisationen verwendete Dosimeter und deren Auswertung:

- 1. Nicht direkt anzeigende, unlöschbare Dosimeter: Film- oder TL-Dosimeter Auswertung erfolgt durch staatlich autorisierte Stelle mindestens einmal jährlich und nach Strahlenbelastung.
- 2. Direkt anzeigende Dosimeter: Ionisationskammer-Dosimeter / Dosimerer
 Auswertung erfolgt durch Strahlenschutzbeauftragten sofort nach jeder eventuellen Strahlenbelastung.

* Kann bei herrift. strablenexp. Personen eine Inkorporation radioaktiver Stoffe nicht ansgeschlossen werden so üt die Aktivität der inkorporierten Stoffe durch geeignete Melhoden, wie ganzkärpermessungen oder Untersuchungen von Körperausscheidungen, zu ermitteln. Diese Ermittlung hat nach entsprechender Erfordernis, jedoch mindestens einmal jährlich zu entolgen.



Kennzeichnung mit Strahlenwarnzeichen

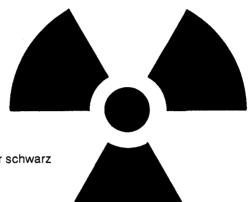
Landes-Feuerwehrverband Tirol

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

Kennzeichnung von Strahlenbereichen und radioaktiven Stoffen

a) Mit dem Strahlenwarnzeichen



Farbe der Kreisfläche und der drei Ringsektoren: purpurrot oder schwarz

Farbe des Hintergrundes: gelb



- **b)** Vermerke zum Strahlenwarnzeichen
 - 1. Vorsicht Strahlung
 - 2. Radioaktiv
 - 3. Spaltpares Material
 - 4. Kontamination

- c) Weitere Kennzeichnungsangaben
 - 1. Radionuklid:
 - 2. Aktivität:
 - Datum der Ermittlung der Aktivität:
 - 4. Sonstiges:

KONTROLLBEREICHE STRAHLENANWENDUNGSRÄUME müssen durch das Strahlenund warnzeichen mit dem Vermerk "Vorsicht Strahlung" gekennzeichnet sein.

RADIOAKTIVE STOFFE und deren BEHÄLTNISSE müssen durch das Strahlenwarnzeichen mit dem Vermerk "RADIOAKTIV" und den weiteren Kennzeichnungsangaben über Radionuklid, Aktivität und dessen Ermittlungsdatum gekennzeichnet sein. SPALTBAREM MATERIAL ist zusätzlich noch der Vermerk "SPALTBARES MATERIAL" Bei anzuführen.

KONTAMINIERTE BEREICHE sind unverzüglich durch das Strahlenwarnzeichen mit dem Vermerk "KONTAMINATION" zu kennzeichnen.

Die Kennzeichnungsangaben müssen deutlich sichtbar und dauerhaft angebracht werden. Wenn dies wegen der Beschaffenheit oder Größe von radioaktiven Stoffen oder deren Behältnisse nicht möglich ist, müssen die Kennzeichnungsangaben aus einem beigegebenen Begleitschein jederzeit zu entnehmen sein; soweit als möglich sind jedoch das Strahlenwarnzeichen oder nur der Vermerk "RADIOAKTIV" und eine mit dem Begleitschein übereinstimmende Kennzahl an den Objekten selbst anzubringen.



Aufbewahrung radioaktiver Stoffe

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

3-11

AUFBEWAHRUNG RADIOAKTIVER STOFFE:

Radioaktive Stoffe sind während der Zeit, in der sie nicht verwendet werden, in ausschließlich für Aufbewahrungszwecke bestimmte Einrichtungen (z.B. Schränke, Tresore, Bunker) unter Verschluß zu halten. Diese Einrichtungen müssen gewährleisten, daß bei maximalem Inhalt und geschlossener Einrichtung Personen keiner höheren Strahlenbealstung ausgesetzt sein können, als 1/30 oder sofern diese Einrichtungen sich in Kontrollbereichen befinden, 1/10 der für beruflich strahlenexponierte Personen höchstzulässigen Ganzkörperdosis.

Befinden sich solche Einrichtungen in eigenen, nur zur Aufbewahrung radioaktiver Stoffe dienenden Räumen, darf die DL der austretenden Strahlung bis 30 mrem/h in 5 cm Entfernung und bis zu 2 mrem/h in 1 m Entfernung von der Oberfläche der Einrichtung betragen.

Weiters müssen Einrichtungen zur Aufbewahrung radioaktiver Stoffe folgenden Anforderungen entsprechen:

- 1. Sie müssen mit dem Strahlenwarnzeichen und dem Vermerk "Radioaktiv" gekennzeichnet sein;
- 2. Sie dürfen nur den zum Umgang mit diesen Stoffen befugten Personen zugänglich sein;
- 3. Sie müssen gegen Feuereinwirkung geschützt sein;
- 4. Bei Aufbewahrung radioaktiver Stoffe, die auch eine andere Gefährdung als durch Strahlung verursachen können, muß ein diesbezüglicher Hinweis angebracht sein;
- 5. Offene, pulverförmige, flüssige oder gasförmige radioaktive Stoffe müssen entweder in unzerbrechlichen Gefäßen oder zerbrechliche Gefäße in unzerbrechlichen, dichten, verschließbaren Behältern aufbewahrt werden.



Beförderung radioaktiver Stoffe innerhalb von Betrieben

Landes-Feuerwehrverband Tirol

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

3-12

BEFÖRDERUNG RADIOAKTIVER STOFFE innerhalb von Betrieben:

Radioaktive Stoffe dürfen innerhalb von Betrieben nur in Schutzbehältern befördert werden, die folgenden Anforderungen entsprechen:

- 1. Sie müssen mit dem Strahlenwarnzeichen und dem Vermerk "Radioaktiv" gekennzeichnet sein;
- 2. Sie müssen so beschaffen sein, daß die mit der Beförderung beschäftigten Personen den erforderlichen Abstand halten können;
- 3. Sie müssen ≪- und β-Strahlung zur Gänze absorbieren und sonstige Strahlung derart schwächen, daß die DL weder 200 mrem/h an ihrer Oberfläche noch 10 mrem/h in 1 m Entfernung von ihrer Oberfläche überschreitet;
- 4. Sie müssen bei der Beförderung offener pulverförmiger, flüssiger oder gasförmiger radioaktiver Stoffe, die einem zerbrechlichen Gefäß enthalten sind, unzerbrechlich sein.
 - Bei radioaktiven Flüssigkeiten muß der Schutzbehälter so viel aufsaugendes Material enthalten, daß von diesem die ganze Flüssigkeitsmenge aufgenommen werden kann.

Für die Beförderung radioaktiver Stoffe AUSSERHALB von Betrieben gelten jeweils die diesbezüglichen Bestimmungen über den Transport gefährlicher Güter.

Höchstzulässige Werte der Kontamination

SEITE

Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

Bei der KONTAMINATION von Oberlfächen dürfen die nachstehend angegebenen Werte nicht überschritten werden:

- 1. Höchstzulässige **DL** der **&-Strahlung** von kontaminierten Oberflächen 0,5 mR/h in 5 cm Abstand von der Oberfläche
- 2. a) Höchstzulässige Werte der Aktivität von Flächen oder Gegenständen, die durch α - oder β -Strahler kontaminiert sind; Angaben in μ Ci/cm²

	Tox. Kla	sse 1	Tox. Klasse 2—4	
Flächen oder Gegenstände	Alpha- strahler	Beta- strahler	Alpha- und Betastrahler	
Flächen mit weniger als 100 cm² so- wie Laboratoriumsgegenstände, wie Glaswaren und Werkzeuge	10-4	10-*	10-*	
Flächen ab 100 cm²	10-4	10-4	10-4	

2. b) Höchstzulässige Werte der **Aktivität** von **Kleidung**, die durch α - oder β-Strahler kontaminiert sind; Angaben in μCi/cm² (Mittelwerte über 150 cm²)

	Tox. Kla	sse 1	Tox. Klasse 2—4	
Kleidung	Aipha- strahler	Beta- strahler	Alpha- und Betastrahler	
Unterziehwäsche und Unterzieh- handschuhe	10	10-4	10-4	
Oberkleidung, Schutzkleidung und Schuhe	10-4	5.10-4	5.10-4	

2. c) Höchstzulässige Werte der **Aktivität** von **Hautpartien**, die durch α - oder β-Strahler kontaminiert sind; Angaben der Aktivität in μCi/Hand bzw. μCi/cm²

	Tox. Klasse 1		Tox. Klasse 2—4	
Hautbereich	Alpha-	Beta-	Alpha- und Beta-	
	strahler	strahler	strahler	
Hände	3 . 10 ⁻³ μCi je Hand	3.10 ⁻² μCi je Hand	3.10 ⁻² μCl je Hand	
Haut anderer Körperpartien	10 ⁻⁵ μCi	10 ⁻⁴ μCl	10-4 μCi/cm²	
(Mittelwert über 30 cm²)	pro cm ³	pro cm²		

Werden die angeführten DL- und Aktivitätswerte überschritten, sind unverzüglich Maßnahmen zur DEKONTAMINIERUNG zu treffen.

DEKONTAMINIERUNG = jede Herabsetzung oder Beseitigung einer Kontamination



Arbeitsplatztypen für den Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen

Landes-Feuerwehrverband Tirol

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

3-14

Für den "Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen" werden ARBEITSPLÄTZE der Typen A, B und C definiert.

Die vorgeschriebenen Werte für die Einteilung der verschiedenen Arbeitsplatztypen sind unter Bedachtnahme auf die TOXIZITÄTSKLASSE des radioaktiven Stoffes und die ART des UMGANGES festgelegt worden.

Diese Einteilung ist für Einsatzorganisationen deshalb auch von Wichtigkeit, da bereits allein durch die Arbeitsplazttype eine bestimmte Klassifizierung der möglichen Strahlengefahr vorgenommen werden kann.

So ist z.B. im allgemeinen bei Arbeitsplätzen der "Type C" keine allzu gefährliche Kontamination zu erwarten

An Arbeitsplätzen der "Type A" sind hingegen Stoffe hoher Radiotoxizität bzw. hoher Aktivität anzutreffen.

Typeneinteilung der Arbeitsplätze nach der Radiotoxizität, Aktivität und dem Arbeitsverfahren

Relative Radio-	Grenz-					
toxizität	aktivität	С	В	A		
Klasse 1	0,1 μCi	mehr als 0,1—10 μCi	mehr als 10 μCi bis 10 mCi	mehr als 10 mCi		
Klasse 2	1 μCi	mehr als 1—100 μCi	mehr als 100 μCi bis 100 mCi	mehr als 100 mCi		
Klasse 3	10 μCi	mehr als 10 μCl bis 1 mCi	mehr als 1 mCi bis 1 Ci	mehr als 1 Ci		
Klasse 4	100 μCi	mehr als 100 μCi bis 10 mCi	mehr als 10 mCi bis 10 Ci	mehr als 10 Ci		

*) Die in der Tabelle angegebenen Werte gelten für gewöhnliche Verfahren. Die für die Einteilung anderer Arbeitsverfahren maßgebenden Werte ergeben sich durch Multiplikation der angegebenen Aktivitäten mit dem für das betreffende Arbeitsverfahren angeführten Faktor.

Arbeitsverfahren	Faktor
a) Lagerung (Stammlösungen)	100
b) sehr einfache Verfahren auf nassem Wege	10
c) gewöhnliche Verfahren	1
d) komplexe Verfahren auf nassem Wege, bei denen die Gefahr des Verschüttens von	
Flüssigkeit besteht, und einfache Verfahren auf trockenem Wege	0,1
e) Verfahren auf trockenem Wege mit Staubentwicklung	0,01

 $1 \mu \text{Ci} = 37 \text{ kBq} / 100 \mu \text{Ci} = 3.7 \text{ MBq} / 1 \text{ mCi} = 37 \text{ MBq}$

Ausgearbeitet von: HBI Hubert Fankhauser, Dipl.rad.techn.Assistent



STRAHLENSCHUTZ

Anforderung an Arbeitsplatztypen, A, B, C

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

3-15

Entsprechend den zu erwartenden Gefahren, die sehr unterschiedlich sein können, wurden an die einzelnen Arbeitsplatztypen verschiedene Anforderungen gestellt.

Anforderungen an Arbeitsplätze der Typen C, B, A

Anforderungen	Arbeitsplätze der Type C	Arbeitsplätze der Type B	Arbeitsplätze der Type A
1. Kennzeichnung	+ mit Strahlenwarnzeichen	+ mit Strahlenwarnzeichen	+ mit Strahlenwarnzeichen
2. Bauliche Voraussetzungen a) Allgemein	+ keine besondere bauliche Ausführung	+ der Raum, in dem der Arbeitsplatz eingerichtet ist, muß brandhemmend ausge- staltet sein	+ eigener, nur diesem Zweck dienender Raum aus brand- hemmendem Material + nur über Umkleidekabinen und Duschen zugänglich
b) Wände Fußböden Einrichtungs- gegenstände	+ glatte Oberfläche, leicht rei- nigbar	Oberfläche darf Flüssigkeit nicht absorbieren, chemisch widerstandsfähig bis zu 3 m Höhe muß eine abwaschbare, widerstandsfähige und undurchlässige Schutzschicht vorhanden sein	+ wie in B + der ganze Raum muß flüssig- keitsundurchlässig sein
c) Belüftung	+ ausreichend belüftbar	+ wie in C	+ künstliche Lüftung + Unterdruck
3. Geräte und Hilfsmittel a) für persönliche Reinigungszwecke	+ Waschbecken erforderlichen- falls Duschen	+ wie in C	+ Waschbecken, Duschen, Um kleideraum
b) bei Kontaminationsgefahr	+ Laborbecken (nur) für De- kontaminationsarbeiten	+ wie in C + geschlossene Arbeitskammer mit Unterdruck (bei Arbeiten mit Gefahr einer Kontamina- tion)	
c) Abschirmungen	+ erforderliches Abschirmungs- material gegen Strahlungen	+ wie in C	+ wie in B und C
d) Spezielle Geräte		+ Distanziergeräte oder Mani- pulatoren	+ wie in B
4. Persönliche Ausrüstung a) Körperschutz	+ kein spezieller Körperschutz	+ gekennzeichnete Schutz- kleidung und Schutzaus- rüstung	+ wie in B + Schutzanzüge
b) Atemschutz	+ kein spezieller Atemschutz	+ wie in C	+ Atemschutzgeräte
5. Messungen	Kontaminationsmessungen von Oberflächen (in regelmäßigen Zeitabständen und bei Er- fordernis) Messung der Kontamination der Körperteile bei Arbeiten mit offenen rad. St. (bei Ver- lassen der Arbeitsbereiche)	+ wie in C + Kontaminationsmessung der Luft (wenn erforderlich)	+ Kontaminationsmessung von Oberflächen und Luft (regel- mäßig und wenn erforderlich) + wie in C und B (Aufzeichnungen sind zu führen) + Überwachung erforderlichen- falls auch außerhalb der Be- triebszeit



ÖNORMEN zum Thema Strahlenschutz

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

3-16

Um die Behandlung und EINHEITLICHE Durchführung vieler Aufgabenbereiche innerhalb Österreich zu unterstützen, werden durch das "Österreichische Normungsinstitut" Richtlinien - sogenannte NORMEN - erarbeitet und festgelegt.

Gesetzlich verpflichtend sind die einzelnen ÖNORMEN allerdings erst dann, wenn sie vom Gesetzgeber oder in Einzelfällen von der Behörde als solche erklärt worden sind.

Für die Behandlung der einzelnen Gebiete auf dem Strahlenschutzsektor ist der sogenannte "Fachnormenausschuß Strahlenschutz" zuständig.

Zu beziehen sind die ÖNORMEN beim Österr. Normungsinstitut, Leopoldgasse 4, Postfach 130, 1021 Wien.

Folgende ONORMEN auf dem Gebiete des Strahlenschutzes existieren bereits, sind bereits im Entwurf (i.E.) oder in Vorbereitung (i.V.)

CNORM

TITEL:

A 6601 (i.V.) Strahlenschutz; Benennungen mit Definitionen

F 314o (i.V.) Ionisationsrauchmelder; Strahlenschutzanforderungen

S 2600 (i.V.) Radioaktiver Abfall

S 5201 (i.E.) Strahlenpass

Diese ÖNORM enthält Richtlinien für die Ausstellung eines Strahlenpasses und für die laufenden Eintragungen unter Berücksichtigung der Österr. Strahlenschutzgesetzgebung.

Der Strahlenpaß wird für beruflich und/oder einsatzmäßig strahlenexponierte Personen ausgestellt. Für beruflich strahlenexponierte Personen ist er im wesentlichen ein Auszug aus den aufgrund der Strahlenschutzgesetzgebung zu führenden Aufzeichnungen über Strahlendosen, äzrtliche Kontrollen und Belehrungen, ferner über die Eignung gemäß der Dienstnehmerschutzgesetzgebung.

Für einsatzmäßig strahlenexponierte Personen dient der Strahlenpaß zur Aufzeichnung von Dosen, die bei Übungen oder Einsätzen aufgenommen wurden.



ÖNORMEN — Strahlenschutz

Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz SEITE

ÖNORM

Titel:

S 5202

Richtlinien für den Einsatz von Personen bei Vorhandensein radioaktiver Stoffe - GEFAHRENBEREICHE

Diese ÖNORM ist beim Einsatz in Verbindung mit radioaktiven Stoffen anzuwenden. Sie enthält Hinweise für die Ausrüstung und das Verhalten des Einsatzpersonals.

Durch die Definition und Unterteilung der Gefahrenbereiche sollen Schutzmaßnahmen für den Einsatz direkt abgeleitet werden können. Kontamination und Inkorporation sollen durch die Aufteilung in die Gefahrenbereiche I. II.III und IV gekennzeichnet sein, d.h. im Gefahrenbereich I ist die Kontamination und Inkorporation auszuschließen, in den Bereichen II, III und IV können diese jedoch auftreten.

Diese önorm kann auch zur vorbeugenden Kennzeichnung möglicher Gefahrenbereiche herangezogen werden.

S 52o3

Richtlinien für den Einsatz bei Vorhandensein radioaktiver Stoffe: Kennzeichnung von Gefahrenbereichen - STRAHLENWARN-SCHILD

Diese ÖNORM enthält Festlegungen für die Kennzeichnung von Gefahrenbereichen beim Einsatz in Verbindung mit radioaktiven Stoffen. Sie regelt die Warnung vor ionisierender Strahlung durch Strahlenwarnschilder, die an Absperrketten, Stangen oder anderen Absperrvorrichtungen befestigt oder auf dem Boden ausgelegt werden.

Diese ÖNORM kann auch zur vorbeugenden Kennzeichnung möglicher Gefahrenbereiche herangezogen werden.

Diese ÖNORM dient nicht für die Kennzeichnung im Zusammenhang mit der Beförderung von radioaktiven Stoffen.

ÖNORMEN — Strahlenschutz

Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

ONORM

Titel:

S 5204 (i.E.) Richtlinien für die Erstellung eines Alarmplanes bei Vorhandensein radioaktiver Stoffe

> Diese ÖNORM ist anzuwenden bei der Erstellung eines Alarmplanes für Objekte, in denen mit radioaktiven Stoffen in offener und/oder umschlossener oder besonderer Form bei technischen oder medizinischen Einrichtungen umgegangen wird und in denen Strahlenbelastungen entsprechend den Gefahrenbereichen II bis IV gemäß ÖNORM S 5202 nicht auszuschließen sind (z.B. Laboratorien der Typen A und B gemäß Anhang 12 der StrSchVO).

Bei Vorhandensein offener radioaktiver Stoffe braucht kein Alarmplan erstellt zu werden, wenn die Aktivität der vorhandenen radioaktiven Stoffe geringer ist als eine, die für einen Arbeitsplatz der Type B zulässig ist; für diesen Fall obliegt es dem Str.Sch-Beauftragen, entsprechende organisatorische Vorkehrungen zu treffen.

S 5206 (i.V.) Strahlenschutzkleidung - Anforderungen

Diese ÖNORM ist bei der Herstellung von Strahlenschutzkleidung für den Umgang mit offenen und umschlossenen radioaktiven Stoffen anzuwenden.

Die Anforderungen gelten nicht für die Herstellung von Röntgenschutzkleidung für medizinische und technische Verwendung.

S 5207 (i.V.) Planzeichen für Strahlenschutzpläne

> Die Planzeichen dieser ÖNORM sollen in Strahlenschutzpläne oder in bereits vorhandene Brandschutzpläne eingetragen werden. Für die Wahl des Maßstabes ist einerseits die Größe des Objektes andererseits die erforderliche Übersichtlichkeit entscheidend. Bei farblicher Gestaltung ist für Strahlenschutz - Planzeichen die Farbe gelb zu wählen.

Ausgearbeitet von: HBI Hubert Fankhauser, Dipl.rad.techn.Assistent



ÖNORMEN — Strahlenschutz

Landes-Feuerwehrverband Tirol

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

ÖNORM	<u>Titel:</u>
S 5211	Medizinische Röntgeneinrichtungen bis 400 kV; Strahlenschutzregeln für die Herstellung
S 5212 (i.V.)	Medizinische Röntgeneinrichtungen bis 400 kV; Strahlenschutzregeln für die Errichtung
 S 5213 (i.V.)	Strahlenschutzkleidung, Strahlenschutzkanzeln, Strahlenschutzwände und andere Strahlenschutzvorrichtungen für Röntgenstrahlung bis 400 kV
S 5214 (i.E.)	Strahlenschutzprüfungen in medizinischen Röntgenbetrieben; Regeln für die Prüfung des Strahlenschutzes nach Errichtung medizinischer Röntgenanlagen bis 400 kV
S 5215	Strahlenschutzregeln für die technische Anwendung umschlossener radioaktiver Stoffe; umschlossene Strahler
S 5221	Strahlenschutz beim Arbeiten mit offenen radioaktiven Stoffen in medizinischen Betrieben.
S 5222	Teil 2; Umschlossene radioaktive Stoffe; Periodisch wiederkehrende Dichtheitsprüfungen
S 5225	Klassifikation von innerbetrieblich verwendeten Stand- und Trans- portbehältern für radioaktive Stoffe, Strahlenschutztischen und Strahlenschutztresoren in nuklearmedizinischen Betrieben
S 523o	Strahlenschutzdosimeter; Allgemeine Regeln
S 5231 (i.E.)	Strahlenschutzdosimeter; Ionisationskammerdosimeter

Ausgearbeitet von: HBI Hubert Fankhauser, Dipl.rad.techn. Assistent



Eigenkontrollbaltt

Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz SEITE

. Was ist der Strahlenbereich?

Jener Bereich, in dem eine jährliche Strahlenbelastung bzw. Inkorporation über 1/30 der für beruflich strahlenexponierte Personen geltenden höchstzulässigen Jahreswerte erfolgen kann.

Für äußere Strahlenbelastung: ab o.166 rem/a bzw. 1,66 mSv/a entspricht einer DL bei einer 4o-Stunden-Arbeitswoche von ca. o.o75 mrem/h

. Wie wird der Strahlenbereich eingeteilt?

In Überwachungsbereich und Kontrollbereich

. Was ist der Überwachungsbereich?

Jener Teil eines Strahlenbereiches, in dem eine jährliche Strahlenbelastung bzw. Inkorporation zwischen 1/30 und 3/10 der für beruflich strahlenexponierte Personen höchstzulässigen Jahreswerte erfolgen kann.

Für äußere Strahlenbelastung: von o.166 rem/a (1.66 mSv/a) bis 1.5 rem/a (15 mSv/a)

entspricht einer DL bei einer 4o-Stunden-Arbeitswoche zwischen o.o75 mR/h und o,75 mR/h.

Was ist der Kontrollbereich?

Jener Teil eines Strahlenbereiches, in dem eine jahrliche Strahlenbelastung bzw. Inkorporation über 3/10 der für beruflich strahlenexponierte Personen höchstzulässigen Jahreswerte erfolgen kann.

Für äußere Strahlenbelastung: über 1,5 rem/a (15 mSv/a) bis 5 rem/a (50 mSv/a) entspricht einer DL bei einer 4o-Stunden-Arbeitswoche über 0,75 mR/h

. Was versteht man unter Radiotoxizität?

Die Giftwirkung eines radioaktiven Stoffes auf den menschlichen Organismus, wenn der radioaktive Stoff inkorporiert wurde.

. Was versteht man unter Toxizitätsklassen und welche gibt es?

Toxizitätsklassen sind die Einteilungen der Radionuklide nach ihrer Schädlichkeit (Radiotoxizität) für den menschlichen Organismus.

> Toxizitätsklasse 1 sehr hohe Radiotoxizität

> Toxizitätsklasse 2 hohe Radiotoxizität

> Toxizitätsklasse 3 mäßige Radiotoxizität

> Toxizitätsklasse 4 niedrige Radiotoxizität

Ausgearbeitet von: HBt Hubert Fankhauser, Dipl.rad.techn.Assistent



Eigenkontrollbaltt

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

Landes-Feuerwehrverband Tirol

SEITE

3-21

. Wie lautet der leitende Grundsatz des Strahlenschutzes?

Jede Einwirkung ionisierender Strahlen auf den menschlichen Körper ist innerhalb der festgesetzten höchstzulässigen Strahlenbelastung so niedrig wie möglich zu halten; jede unnötige Einwirkung ist zu vermeiden.

- . Welche höchstzulässigen Dosis-, Aktivitäts- oder Konzentrationswerte gelten für nicht beruflich strahlenexponierte Personen also übrige Bevölkerung? jeweils 1/30 der für beruflich strahlenexponierte Personen zulässigen Höchstwerte.
- . Welche Personen zählen zur Gruppe der beruflich strahlenexponierten Personen?
 - 1. Personen, die sich im Kontrollbereich aufhalten
 - 2. Personen, die mit offenen radioaktiven Stoffen umgehen, wobei bestimmte Grenzwerte der Aktivität überschritten werden
 - 3. Strahlenschutzbeauftrage

Weiters auch Personen, die bei Unfällen zur Beseitigung radioaktiver Verunreinigungen herangezogen werden.

. <u>Wann zählen Personen von Einsatzorganisationen zur Gruppe der beruflich strahlen-</u> exponierten Personen?

Nur im Strahleneinsatz; z.B. bei Unfällen zur Beseitigung radioaktiver Verunreinigungen oder Sicherungs- und Menschenrettungsaufgaben.

Somit dürfen auch diese Einsatz-Personen nach dem Gesetze höheren Strahlenbelastungen und Aktivitäten als andere Personen ausgesetzt werden.

. Was ist ein Strahlenschutzbeauftragter?

Ist eine Person, die nachweislich hinreichende Kenntnisse (sind gesetzlich vorgeschrieben) im Strahlenschutz besitzt und mit der Wahrnehmung des Strahlenschutzes betraut wurde.

. Wann muß bei Personen von Einsatzorganisationen sofort eine ärztliche Untersuchung erfolgen?

Nach erfolgter Strahlenexposition über 10 rem (100 mSv) Sofortdosis auf Ganz-körper, bei Kontamination oder bei Inkorporationsverdacht.

Ausgearbeitet von: HBI Hubert Fankhauser, Dipl.rad.techn. Assistent



Eigenkontrollbaltt

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

Landes-Feuerwehrverband Tirol

SEITE

3-22

. <u>Wie muss die durch Einstrahlung von außen erhaltene Dosis kontrolliert werden?</u>
Mit nicht direkt anzeigendem unlöschbarem Dosimeter (z.B. Filmdosimeter, TLD)
das am Rumpf zu tragen ist.

In besonderen Fällen können bzw. müssen noch zusätzliche Dosimeter (z.B. Ionisationskammerdosimeter), welche direkt oder indirekt ablesbar sein können, getragen werden.

. Wie schaut das internationale Strahlenwarnzeichen aus? Ein purpurrotes oder schwarzes Windrad mit drei Flügel. Wenn färbiger Untergrund, dann gelb.

- . Wie müssen Kontrollbereiche und Strahlenanwendungsräume gekennzeichnet sein? Durch das Strahlenwarnzeichen mit dem Vermerk "Vorsicht Strahlung".
- . <u>Wie müssen radioaktive Stoffe und deren Behältnisse gekennzeichnet sein?</u>

 Durch das Strahlenwarnzeichen mit dem Vermerk "Radioaktiv" und den weiteren Kennzeichungsangaben über Radionuklid, Aktivität und dessen Ermittlungsdatum.
- . <u>Wie müssen kontaminierte Bereiche gekennzeichnet werden?</u>
 Sie sind unverzüglich durch das Strahlenwarnzeichen mit dem Vermerk "Kontamination" zu kennzeichnen.
- . <u>Wie groß ist die höchstzulässige DL- der &-Strahleung von kontaminierten</u> Oberlfächen?

o,5 mR/h in 5 cm Abstand von der Oberlfäche

. Wie werden die höchstzulässigen Werte der Aktivität von Kontaminationen durch «-und β-Strahler angegeben?

In höchstzulässigen Wert der Aktivität je Flächeneinheit = μ Ci/cm² bzw. in Angaben der Aktivität je Hand = μ Ci/Hand



Eigenkontrollbaltt

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

Landes-Feuerwehrverband Tirol

SEITE

3-23

- . <u>Wann sind unverzüglich Maßnahmen zur Dekontamination zu treffen?</u>
 Wenn die angeführten höchstzulässigen DL und Aktivitätswerte überschritten werden.
- Was versteht man unter Dekontaminierung?
 Jede Herabsetzung oder Beseitigung einer Kontamination
- . Wann erfolgt eine Einteilung der Arbeitsplätze in Type A, B und C? Beim Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen
- Nach welchen Gesichtspunkten erfolgt die Typeneinteilung der Arbeitsplätze?
 Nach der Radiotoxizität, Aktivität und dem Arbeitsverfahren
- Bei welchem Arbeitsplatztyp sind die geringsten und bei welchem die größten Gefahren vom Strahlenschutzgesichtspunkt zu erwarten?

 Beim "Typ C" ist keine allzu gefährliche Kontamination zu erwarten;

 Beim "Typ A" sind jedoch Stoffe hoher Radiotoxizität bzw. hoher Aktivität anzutreffen.





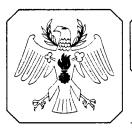


Inhaltsverzeichnis

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

4 Strahlenwirkung auf den Menschen Schutzmaßnahmen und Erste Hilfe

Einleitung	3			
Natürliche Strahlenbelastung	4			
Künstliche Strahlenbelastung	5			
Gefährdungsmöglichkeiten des Menschen				
durch radioaktive Stoffe				
Äußere Bestrahlung	7			
Kontamination	8			
Inkorporation				
Kritisches Organ				
Biologische Halbwertszeit - HWZ	11			
Effektive Halbwertszeit - HWZ _{eff}	12			
Radionuklide - Angaben über				
Kritisches Organ HWZp / HWZb / HWZeff	13			



Einleitung

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

4.3

Der Mensch ist mit vielen Sinnesorganen ausgestattet, die ihm unter anderem auch eine Gefahrenwahrnehmung ermöglichen und dann eine dementsprechende Verhaltensweise bewirken können.

So z.B. verspührt jemand durch das Temparaturempfinden eine Temperaturerhöhung oder Hitze. Dadurch weiß der Mensch auch, daß er sich durch die Einwirkung übermäßiger Hitze einer Gefährdung bzw. Schädigung aussetzt. Die logische Konsequenz ist dann, sich gerne und schnell aus dem Hitzebereich zu entfernen.

Ionisierende Strahlen können mit unseren Sinnesorganen NICHT wahrgenommen werden und bedeuten auch gerade deshalb für uns eine erhöhte Gefahr. Erst gesetzte Schäden (allerdings manche davon wieder reparabel) werden vom Menschen verspürt und bemerkt.

Daher ist der Mensch bei der Wahrnehmung von ionisierenden Strahlen ganz und gar auf Hilfsmittel - z.B. "Strahlenmeßgeräte" - und bei der richtigen und möglichst gefahrlosen Maßnahmenergreifung auf seinen Geist - "HIRN" - angewiesen.

Ionisierende Strahlen können mit unseren Sinnesorganen **nicht** wahrgenommen werden. Erst mit Strahlen-Meßgeräten ist der Nachweis möglich.



Im Strahlenschutz wiegt ein Gramm Hirn mehr als eine Tonne Blei.



Natürliche Strahlenbelastung

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

44

Die Tier- und Pflanzenwelt einschließlich des Menschengeschlechtes sind auf unserer Erde seit Urzeiten einer

NATÜRLICHEN STRAHLENBELASTUNG

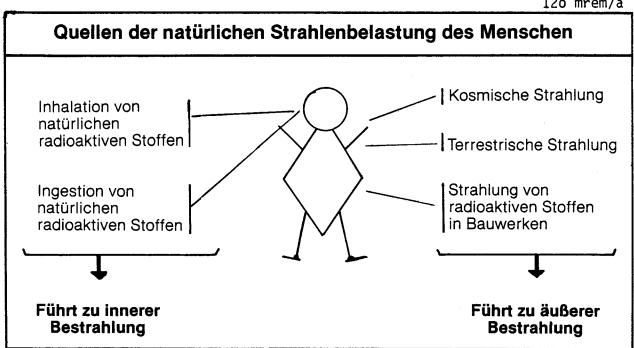
ausgesetzt. Das zeigt also, daß der Mensch durchaus mit der Strahlung ohne wesentliche Schäden leben kann, solange nicht bestimmte Grenzwerte überschritten werden.

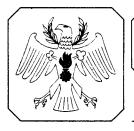
Paracelsus prägte einen inhaltsreichen Satz: "Jedes Ding ist Gift. Und kein Ding ist ohne Gift. Es kommt nur auf die Dosis an."

Die natürliche Strahlenbelastung kommt als "Umgebungsstrahlung" aus dem Erdboden (= terrestrische Strahlung), dem Kosmos (= kosmische Strahlung), den uns umgebenden Bauwerken und aus den mit der Luft, Speise und Getränk inkorporierten natürlichen Radionukliden (z.B. Radium, Kalium 40, Kohlenstoff 11).

Die jeweilige Strahlenbelastung ist sehr stark auch von der geographischen Lage bladt von radiolitischen in Erdboden und Raumafenialien, untersliedliche Sceliche) und kann demnach abhängig: So variiert z.B. der terrestrische Strahlungsanteil in den österreichischen Städten bis zum 10-fachen.

Die natürliche Strahlenbelastung beträgt bei uns durchschnittlich im Jahr ca. 120 mrem. Diese setzt sich zusammen aus:





Künstliche Strahlenbelastung

Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

Zur natürlichen Strahlenbelastung kommt heute im vermehrtem Maße die vom Menschen hervorgerufene

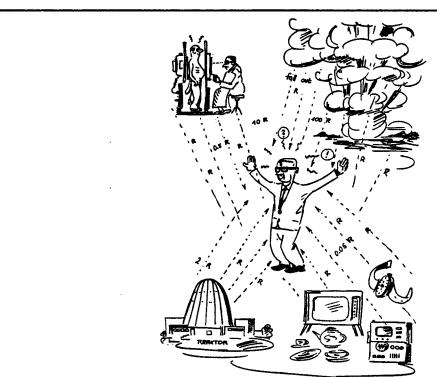
KÜNSTLICHE STRAHLENBELASTUNG

dazu. Diese ist ein Produkt der in einer modernen Welt nicht mehr wegzudenkenden Zivilisationseinrichtungen. Allein die medizinische Strahlenanwendung (Röntgenuntersuchung, nuklearmedizinische Untersuchung, Strahlenbehandlung) bewirkt 80 -90 % der künstlichen Strahlenbelastungsdosis. Weitere Quellender zivilisatorisch bedingten Belastungen sind z.B. der radioaktive Niederschlag durch Kernwaffenversuche, Leuchtziffern, Fernseher, Anwendung von Radionukliden in der Technik, jegliche Nutzung der Kernenergie und beruflich bedingte Tätigkeit mit Strahlenquellen.

Die "künstliche Strahlenbelastung" der Schweizer Bevölkerung wurde mit folgenden durchschnittlichen pro Kopf und Jahr-Werten ermittelt:

Medizinische Diagnostik und Behandlung			ca.	12o mrem/a
Radioaktiver Niederschlag durch Kernwaffenversuche			ca.	4 mrem/a
Leuchtziffern, Fernseher			ca.	1 mrem/a
Technik Allgemein (inklusive Kernmaktoren)			ca.	1 mrem/a
berufliche Strahlenexposition	•	٠	ca.	1 mrem/a
Künstliche Strahlenbelastung pro Kopf und Jahr			ca.	13o mrem

Quellen der künstlichen Strahlenbelastung





Gefährdungsmöglichkeiten des Menschen durch radioaktive Stoffe

Landes-Feuerwehrverband Tirol

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

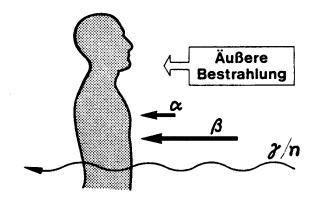
SEITE

4-6

Es gibt prinzipiell drei Möglichkeiten der Gefährdung des Menschen durch radioaktive Stoffe:

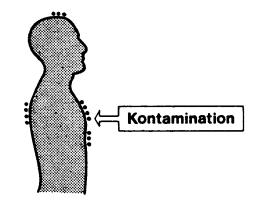
1. Bestrahlung von außen:

Eine Bestrahlung von außen ist insbesonders bei β-Strahlen zu erwarten. Bei Neutronen-Quellen besteht ebenfalls die Gefahr einer Bestrahlung von außen. Wegen der begrenzten Reichweite von α- undβ-Strahlen, die bereits von der normalen Kleidung absorbiert werden, besteht bei diesen keine Gefahr der Bestrahlung von außen.



2. Kontamination (= Verunreinigung einer Körperoberfläche durch radioaktive Stoffe):

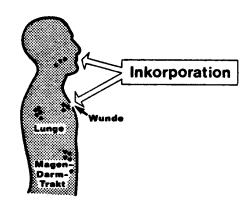
Bei offenen radioaktiven Stoffen und beim freiwerden umschlossener radioaktiver Stoffe infolge Beschädigung der Umhüllung besteht die Gefahr der Verunreinigung von Körperoberflächen.



3. Inkorporation (= Aufnahme radio-aktiver Stoffe in den Körper):

Die Inkorporation kann über die Atemwege (Schwebstoffe und Gase in der Atemluft), durch Verschlucken oder über Wunden (bei radioaktiven Edelgasen auch über intakte Haut) erfolgen.

 α - und β -Strahler sind in diesen Fällen besonders gefährlich.



II E E N S C II O I

Äußere Bestrahlung

Landes-Feuerwehrverband Tirol

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

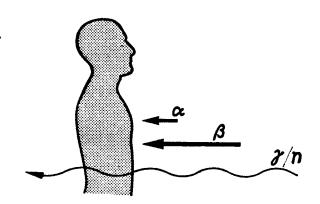
4.7

Äußere Strahlenbelastung

ist Bestrahlung durch ionisierende Strahlen von außen

Befindet sich eine radioaktive Quelle vom Menschen entfernt, dann trifft auf den menschlichen Organismus in diesem Falle nur die von "außen" kommende ionisierende Strahlung auf.

Die Reichweite in Luft und Eindringtiefe im Gewebe von α- und β-Strahlen ist sehr gering. Deshalb gelangt die α-Strahlung gar nicht zum Menschen und die β-Strahlung nur dann, wenn eine geringe Entfernung (bis einige Meter) von der radioaktiven Quelle besteht. Die β-Strahlung gelangt aber nur in die Hautschicht bzw. wird bereits von der Kleidung absorbiert.



Völlig anders ist die Situation bei der &- und n-Strahlung. Diese Strahlen durch-dringen die Kleidung und den Körper. Demnach bietet auch ein "Schutzanzug" nicht den geringsten Schutz; selbst Bleischürzen, wie sie bei Röntgenanlagen verwendet werden, sind völlig sinnlos.

Schutz vor äußerer Strahlenbelastung

α-Strahlen: Kein Schutz erforderlich, da Reichweite in Luft nur einige cm.

β-Strahlen: Wenn man zu nahe ist, bietet die normale Kleidung bzw. für die

Augenlinsen eine Brille einen ausreichenden Schutz.

Strahlen: Schutz durch keine Kleidung möglich, sondern nur durch

Abstandsvergrößerung

Abschirmung

Aufenthaltsdauer-Verkürzung

Kontamination

Landes-Feuerwehrverband Tirol

Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

4.8

Kontamination (Verstrahlung) = jede Verunreinigung von Oberflächen durch radioaktive Stoffteilchen.

Auf der menschlichen Haut können sich vor allem staubförmige, flüssige und auch gasförmige radioaktive Substanzen ablagern. Es besteht dann aber auch die Gefahr, daß diese Stoffe in die Poren der Haut eindringen und dadurch noch wirksamer werden. Die biologisch stark wirkenden α -Strahlen und die β -Strahlen werden praktisch schon α -der Hautschicht absorbiert.

Da ja durch den direkten Kontakt des radioaktiven Teilchens mit der Haut der Abstandsschutz völlig hinfällig ist, kommen auch dementsprechend hohe DL zur Wirkung. So ergibt sich z.B. bei einer Flächenkontamination von 1 μ Ci/cm² eines α -Strahlers von 5 MeV nach JAKOBI an der Oberfläche eine mittlere DL von 1500 rem/h pro μ Ci/cm². Für weiche β -Strahlen von 0,6 MeV (z.B. P-32 und Sr-89) errechnet sich ein Wert von 3 rem/h pro μ Ci/cm².

Die bei einer Kontamination auftretende große DL wirkt sich auf der Körperoberfläche glücklicherweise nicht so katastrophal aus, wie dies im Körperinneren sein kann. Der Grund liegt in der je nach Körperregion unterschiedlich dicken, wenig strahlenempfindlichen äußeren Hautschicht, in welcher die α- und weichen β-Strahlen bereits absorbiert werden. Trotzdem kann es bei großen Flächen-Aktivitäten zu Hautrötungen, Verbrennungen und Spätschäden kommen.

Schutz vor Kontamination der Haut

- Bedeckung der jeweiligen K\u00f6rperoberfl\u00e4chen durch entsprechenden K\u00f6rperschutz.
 Schutz des ganzen K\u00f6rpers: Schutzanzug (Einsatzkleidung), Gummihandschuhe, Stiefel, Schutz der Kopfpartie Haare! und evtl. Atemschutzmaske mit Filter.
 Nur Schutz der H\u00e4nde: dichte Gummihandschuhe.
- Schutzanzüge bzw. andere Schutzausrüstungsgegenstände verhindern die direkte Berührung von radioaktiven Stoffen mit dem menschlichen Körper. Sie schützen vor α- und β-Strahlung, bieten aber keinen Schutz vor β-Strahlung.
- Achtung: Bei Hautverletzungen kann es über einer Kontamination zur Inkorporation kommen!



Inkorporation

Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz SEITE

Inkorporation = die Aufnahme von Stoffen in den Körper; in unserem Fall handelt es sich um die Aufnahme von radioaktiven Substanzen.

Gelangen offene radioaktive Stoffe in den Körper, dann können diese im Atmungsoder Verdauungstrakt resorbiert und entsprechend ihren chemischen Eigenschaften im Körper verteilt werden.

Während bei der äußeren Bestrahlung des Menschen vor allem die &-Strahlung für die Strahleneinwirkung im Körper entscheidend ist, sind es bei der Inkorporation von Radionukliden die α- und β-Strahlen. Diese beiden Strahlenarten werden im Körper vollständig absorbiert und bewirken so eine starke Dosiserhöhung in den Organen, wo die radioaktiven Substanzen abgelagert wurden. Ein großer Teil der &-Strahlen hingegen durchdringen den Organismus und verlassen ihn, ohne eine Schädigung zu erzeugen.

Als Beispiel nehmen wir eine Inkorporation von J-131 an. Ca. 30% des inkorporierten Radiojodes gelangen in die Schilddrüse und verweilen dort einige Zeit. Pro uCi inkorporierten J-131 erhält die Schilddrüse eine Dosis von ca. 1,4 rem durch die B-Strahlung und nur o,1 rem durch die &- Strahlung. Die Gesamtbelastung der Schilddrüse beträgt demnach ca. 1,5 rem pro µCi.

Die Aufnahme der radioaktiven Stoffe in den Körper kann auf drei Arten erfolgen:

- * durch den Mund Resorption im Magen-Darm-Trakt
- * durch Einatmung Ablagerung oder Diffusion im Atemtrakt
- durch die Haut auf Blutweg bei Wunden; Edelgase auch ohne Verletzungen über Hautporen.

Schutz vor Inkorporation

- Körperschutz = dichte Bedeckung der Körperoberfläche durch z. B. Schutzanzug (Kopfpartie!), Stiefel, Gummihandschuhe.
- Atemschutz = umluftunabhängig und gleichzeitig durch Maske Abschluß von Mund- und Nasenbereich.
- Achtung: Bei radioaktiven Edelgasen muß schwerer Schutzanzug (Gasschutzanzug) getragen werden.



Kritisches Organ

Landes-Feuerwehrverband Tirol Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz SEITE

Kritisches Organ ist jenes Organ, das infolge der Strahleneinwirkung durch inkorporierte Radionuklide die größte Schädigung des gesamten Organismus abbekommt.

Bei der Auswahl des kritischen Organes kommt es auf die chemischen Eigenschaften des inkorporierten radioaktiven Stoffesan. Da der Organismus die Substanzen nicht unterschiedslos aufnimmt, sondern ein Wahlvermögen besitzt, kann er gewisse chemische Verbindungen bevorzugt aufnehmen, während andere von ihm nur zu einem geringen Teil resorbiert werden.

Sehr häufig werden chemische Substanzen in einem bestimmten Organ, dem sogenannten "kritischen Organ", bevorzugt abgelagert und dort gespeichert, während sich andere Stoffe ziemlich gleichmäßig in allen Organen verteilen.

Von erheblicher Bedeutung ist es, ob es sich um "lösliche Verbindungen" handelt, die auf dem Wege der Blut- und Lymphbahnen über den Körper leicht verteilt werden, während "unlösliche Verbindungen" nur an den Stellen, an denen sie sich befinden (im Atmungs- oder Verdauungstrakt), lokale Wirkungen hervorrufen.

Kritisches Organ (nur Beispiele)	Radionuklide in löslichen Verbindungen (nur Beispiele)				
Knochen	Thorium 234, Radium 226, Strontium 90, Phosphor 32				
Leber	Kobalt 60, Gold 198, Tantal 182				
Schilddrüse	alle Radionuklide vom Jod				
Nieren	Selen 75, Molybdän 99, Iridium 192, Americium 241				
Gesamtkörper	Natrium 22, Arsen 73, Krypton 85				

Wenn Radionuklide in chemische Verbindungen eingebaut werden (radioaktive Markierung), dann muß das kritische Organ nicht ident mit dem des reinen Radionuklides sein, sondern es kann je nach chemischer Verbindung unterschiedlich sein.



Biologische HALBWERTSZEIT — HWZb

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

4.11

Biologische Halbwertszeit (HWZ_b)

ist jene Zeitspanne, in der die Hälfte der inkorporierten Substanzen durch biologische Prozesse vom Körper selbst ausgeschieden werden.

Welche Menge eines radioaktiven Stoffes im Körper zur Wirkung gelangt, hängt nicht nur allein z.B. von der Aktivität und Art eines Radionuklides oder dessen HWZphys bzw. vom kritischen Organ, sondern auch noch von anderen Einflüssen, wie z.B. der biologischen HWZ ab.

Normalerweise scheidet der Körper einen bestimmten Stoff nach einer mehr oder weniger langen Zeit wieder aus. In diesem Zusammenhang spricht man von der "biologischen Halbwertszeit", die selbstverständlich nicht nur bei radio-aktiven Substanzen, sondern ganz allgemein eine Rolle spielt. Jedes aufgenommene Medikament oder jeder konsumierte Alkohol wird in kürzerer oder längerer Zeit vom Körper abgebaut und in Form von Harn, Stuhl oder Schweiß ausgeschieden. Im Vergleich zur physikalischen HWZ wird die Zeit, die verstreicht bis die Hälfte der in Frage kommenden Substanz ausgeschieden wird, biologische HWZ genannt.

Für die Praxis ist es wichtig, diese biologische HWZ zu kennen. Denn es ist durchaus möglich, daß ein radioaktiver Stoff mit langer physikalischer HWZ biologisch gesehen keine große Rolle spielt, weil er auf Grund der Stoffwechselvorgänge nach sehr kurzer Zeit schon wieder aus dem Körper ausgeschieden wird.

So ist es verständlich, daß bei der Beurteilung aufgenommener radioaktiver Substanzen nicht allein die physik.HWZ von Bedeutung ist, sondern auch der Stoffwechselumsatz (biologische HWZ) berücksichtigt werden muß.



Effektive HALBWERTSZEIT — HWZeff

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

4-12

Effektive Halbwertszeit (HWZeff)

ist jene Zeitspanne, die eine radioaktive Substanz im Körper benötigt, um auf die Hälfte ihres Ausgangswertes abzufallen. Berücksichtigt wird dabei sowohl die physikalische als auch die biologische HWZ.

 $T_{eff} = (T_b \cdot T_{ph}) : (T_b + T_{ph})$

Drei Beispiele sollen für das Verständnis sorgen:

Beispiel 1: Jod 131 / kritisches Organ = Schilddrüse / HWZ_p = ca. 8 Tage Wenige Stunden nach der Inkorporation findet sich fast die gesamte Aktivität im Schilddrüsengewebe , so daß hier mit einer sehr hohen Dosisbelastung gerechnet werden muß. Eine Aktivität von etwa 20 μCi Jod 131 führt zu einer Gesamtbelastung der Schilddrüse von 30 bis 50 rem, während die Ganzkörperbelastung weitgehend vernachlässigt werden kann.

Das Jod-131 hat nun aber eine HWZ_p von ca. 8 Tagen, eine HWZ_b von ca. 138 Tagen, so daß sich daraus eine HWZ_{eff} von 7.6 Tagen ergibt.

Beispiel 2: Caesium 137 / kritisches Organ = Gesamtkörper / HWZ_p = 30 a Anders liegen die Verhältnisse bei einem Nuklid, daß sich im gesamten Körper gleichmäßig verteilt. Ein typisches Beispiel dafür ist das Cs-137. Dieses hat zwar eine HWZ_p von 30 Jahren, jedoch liegt die HWZ_{eff} wegen der kurzen HWZ_b von 70 Tagen ebenfalls bei ca. 70 Tagen.

Beispiel 3: Strontium 90, Radium 226 / kritisches Organ = Knochen

Typische "Knochensucher" wie Sr-90 oder Ra-226 haben sowohl eine lange HWZp

(Sr-90 ca. 28 Jahre, Ra-226 ca. 1600 Jahre) als auch eine lange HWZb

(Sr-90 ca. 49 Jahre, Ra 226 ca. 44 Jahre), so daß sich für Sr-90 eine HWZeff

von etwa 18 Jahren und für Ra-226 eine HWZeff von etwa 44 Jahren ergibt.

$\begin{array}{c} \textbf{Radionuklide} & \textbf{--Angaben \"{u}ber} \\ \textbf{Kritisehes Organ } & \textbf{--HWZ}_p/HWZ_b/HWZ_{eff} \end{array}$

Landes-Feuerwehrverband Tirol
Tiroler Landesregierung, Katastrophen- und Zivilschutz

SEITE

4-13

Ausgearbeitet von: HBI Hubert Fankhauser, Dipl.rad.techn. Assistent

Element	Radio- nuklid	Kritisches Organ bei offener Form	physik. HWZ	biolog. HWZ	effektive HWZ
Wasserstoff	Н 3	Gk,H	12,35 a	12 d	12 d
Kohlenstoff	C 14	F,Gk	5 73o a	40 d	40 d
Natrium	Na 22	GK	2,6 d	11 d	11 d
Phosphor	Р 32	К	14,3 d	3,2 a	14,1 d
Schwefel	S 35	Hd	88 d	90 d	44,3 d
Eisen	Fe 59	Mz	45 d	2,2 a	42 d
Kobalt	Co 60	Lb,MDT	5 , 27 a	9,5 d	9 , 5 d
Strontium	Sr 90	К	28 a	49 a	18 a
Jod	J 131	S	8,1 d	138 d	7 , 6 d
Jod	J 132	S	2,35 h	138 d	2,35 h
Caesium	Cs 137	GK	30 a	70 d	7o d
Promenthium	Pm 147	K,MDT	2,64 a	656 d	39o d
Iridium	Ir 192	N,MDT	74 d	2o d	15 , 7 d
Gold	Au 198	Gk,Lb	2,7 d	28o d	2,7 d
Radium	Ra 226	Κ,	1 600 a	44 a	44 a
Plutonium	Pu 239	К	2,4x10 ⁴ a	178 a	178 a

Abkürzungen für Zeiten: h = Stunde, d = Tag, a = Jahr

Abkürzungen für kritische Organe:

Gk = Ganzkörper

F = Fett

Lb = Leber

H = Haut

K = Knochen

S = Schilddrüse

Hd = Hoden

Mz = Milz

MDT = Magen-Darm-Trakt

N = Niere

REST des 4. Kapitels ist noch in BEARBEITUNG

WEITERS WERDEN NOCH FOLGENDE KAPITEL BEHANDELT:

- 5 Nachweis von ionisierender Strahlung Strahlenmess- und Nachweisgeräte
- 6 Anwendungsgebiete von radioaktiven Stoffen
- 7 Transport von radioaktiven Stoffen
- 8 Aufgaben und Ausrüstung der Str.Sch.Einheiten
- 9 Taktische Maßnahmen bei Einsätzen in Verbindung mit radioaktiven Stoffen
- 10 Tabellen
 - 11 Begriffserläuterungen
- 12 Sachregister und Literaturangaben

Endergebnis soll als LOSEBLATT - SAMMLUNG in Ringmappe erscheinen.