

DOSISBEGRIFFE

Energiedosis D

= *physikalische Grösse*

Die Energiedosis D ist auf einen Punkt bezogen. Oft wird die Energiedosis einfach nur Dosis genannt. Bei der Energiedosis wird die unterschiedliche biologische Wirkung der verschiedenen Strahlungsarten nicht berücksichtigt. Es wird nur die durch ionisierende Strahlung absorbierte Energie pro Masseneinheit angegeben.

Die Masseinheit der **Energiedosis** ist das Gray
1 J/kg = 1 Gy (Gray)

Äquivalentdosis H

= *biologische Strahlenwirkung,*

Die Äquivalentdosis H ist nicht direkt messbar, sie berücksichtigt die unterschiedliche biologische Wirkung verschiedener Strahlenarten. Sie ist im Strahlenschutz eine wichtige Grösse. Sie misst die biologische Wirkung in Zusammenhang mit der absorbierten Dosis. Die Strahlenwirkung auf biologisches Gewebe bei gleicher, absorbierter Dosis ist von der Strahlenart abhängig.

Bei Neutronen-, Protonen- oder Alphastrahlung (dicht ionisierende Strahlung) ist die Wirksamkeit je nach Strahlenart und Energie um das 5 -20 fache höher als bei Photonen (Gamma- oder Röntgenstrahlung) oder Elektronen (Elektronen- oder Betastrahlung).

Die Masseinheit der **Äquivalentdosis** ist das Sievert
1 Sv (Sievert)

Mit der Äquivalentdosis wird nicht nur die aufgenommene Energie pro Masse berücksichtigt. Es wird zusätzlich auch die unterschiedliche biologische Wirkung der verschiedenen Strahlungsarten berücksichtigt

effektive Dosis E

= entspricht ungefähr einer mittleren Ganzkörperdosis

Die effektive Dosis E kann nicht gemessen werden und basiert auf Berechnungen, welche die verschiedenen Gewebe- und Strahlenwichtungsfaktoren berücksichtigen.

Die effektive Dosis eignet sich für die Angabe von Strahlenexpositionen und Risikoanalysen am Menschen. Zusätzlich zur Organdosis D und zur Äquivalentdosis H, welche die unterschiedliche Wirksamkeit der verschiedenen Strahlungsarten (z.B. Alpha-, Beta-, Gammastrahlung, Röntgenstrahlung- oder Neutronenstrahlung) mit einbezieht, berücksichtigt die effektive Dosis E auch die unterschiedliche Empfindlichkeit der Organe gegenüber der Strahlung.

Die Strahlungswichtungsfaktoren berücksichtigen die unterschiedliche Wirkung der verschiedenen Arten ionisierender Strahlung auf das menschliche Gewebe. Aus den einzelnen Äquivalentdosen in den Organen wird mit Hilfe der Gewebe-Wichtungsfaktoren die effektive Dosis für den gesamten Körper berechnet.

Die folgende Tabelle zeigt die Gewebe-Wichtungsfaktoren für verschiedene Organe.

Organe	Gewebe-Wichtungsfaktor w_T
Keimdrüsen	0,20
Knochenmark rot	0,12
Magen	0,12
Dickdarm	0,12
Lunge	0,12
Brust	0,05
Schilddrüse	0,05
Leber	0,05
Speiseröhre	0,05
Blase	0,05
Haut	0,01
Knochenoberfläche	0,01
Restkörper	0,05

**Die Masseinheit der effektiven Dosis ist das Sievert
1 Sv (Sievert)**

Ionendosis

Ein Atom kann unter besonderen Umständen positiv oder negativ geladen werden. Elektrisch geladene Atome nennt man Ionen. Bei der Ionendosis in Luft wird die Wechselwirkung zwischen Strahlung und Luft gemessen. Die Ionendosis misst die Ladungsmenge pro Masseneinheit in einem luftgefüllten Volumen (Ionisationskammer, Stabdosisimeter), welche durch ionisierende Strahlung erzeugt wurde.

Die Masseinheit der **Ionendosis** ist das Coulomb pro kg
1 C/kg

Um in Luft 1Coulomb freier Ionen zu erzeugen, benötigt man eine Energie von ca.34 Joule.

1 C/kg **Ionendosis** entspricht ungefähr 34 J/kg **Energiedosis**

Dosisleistung

Falls die Strahlenexposition pro Zeiteinheit von Interesse ist, wird die entsprechende Dosisgrösse pro Zeit verwendet.

Die Masseinheit der **Energiedosisleistung** ist das Gray pro Sekunde
1 Gy/s

Die Masseinheit der **Äquivalentdosisleistung** ist das Sievert pro Sekunde
1 Sv/s

1 Millisievert pro Stunde = 1 mSv/h = 0,001 Sv/h

1 Mikrosievert pro Stunde = 1 μ Sv/h = 0,000 001 Sv/h

1 Millisievert pro Jahr = 1 mSv/a = 0,001 Sv/a

Patientendosen in der DIAGNOSTIK

Durchleuchtung:

- **Dosisflächenprodukt (DFP) – Gy×cm²**

Das Dosisflächenprodukt entspricht der gesamten, bei einer Untersuchung das Röhren-Austrittsfenster passierenden "Strahlenmenge". Das Dosisflächenprodukt wird mittels einer Ionisationskammer am Strahlenaustrittsfenster ermittelt. Es entspricht dem Produkt aus Dosis und Nutzstrahlenfläche.

Radiographie:

- **Oberflächendosis
(ESD Entrance Surface Dose) – mGy**

Die Oberflächendosis ist die Energiedosis (inkl. Rückstreuung) in einem bestimmten Abstand von der Strahlenquelle auf der Oberfläche des bestrahlten Körpers. Die Werte können mittels an der Hautoberfläche angeordneter Ionisationskammer gemessen werden. Dieses Verfahren wird in der Personendosimetrie mittels dem Thermolumineszenzdosimeter (TLD) angewendet.

- **Organdosis – mSv**

Die Organdosis ist die absorbierte Energiedosis in einem bestimmten Organ, welche durch ionisierende Strahlung aufgenommen wurde. Sie ist relevant für die Auswirkung auf das betroffene Gebiet, das betrifft insbesondere die strahlensensiblen Organe.

Computertomographie

- **CT-Dosisindex**
(CTDI computed tomography dose index) - **mGy**
Der CT-Dosisindex ist die Dosis, die eine Einzelschicht zur Dosis im Volumen beiträgt (inklusive der Beiträge, die ausserhalb der Schicht absorbiert werden).
- **CT-Dosis-Längenprodukt (DLP) - mGy×cm**
Das CT-Dosis-Längenprodukt ist eine Art "integrale Dosis". Es entspricht dem Produkt der Scanlänge mit dem CTDI. Das DLP korreliert gut mit der effektiven Dosis einer Untersuchung.

Patientendosen in der NUKLEARMEDIZIN

Aktivität

Das Becquerel ist die Einheit der Aktivität. Die Aktivität ist ein Mass dafür, wie viele Kernzerfälle in einem radioaktiven Stoff in einer bestimmten Zeit stattfinden. Die Aktivität von einem Becquerel bedeutet, dass (durchschnittlich) ein Kernzerfall pro Sekunde passiert.

Die Masseinheit der **Aktivität** ist das Becquerel
1 Zerfall/s= 1 Bq (Becquerel)

Die Aktivität ist eine stoffspezifische Eigenschaft, damit hängt sie sowohl von der Art als auch von der Menge des Stoffes ab.

Strahlenexpositionen in der diagnostischen Radiologie

Bei den folgenden Angaben zur Strahlenexposition in der diagnostischen Radiologie handelt es sich um typische Dosen in mSv, die als Richtwerte für die Grösse der betreffenden medizinischen Strahlenexposition zu betrachten sind. Je nach Aufnahmetechnik sowie Konstitution, Geschlecht und Alter des Patienten können grössere individuelle Unterschiede auftreten.

Die unten stehende Tabelle wurde von Dr. Hans W. Roser, Medizinphysiker, Radiologische Physik, Universitätsspital Basel und Prof. Jakob Roth, Arisdorf erstellt.

Typische Dosen bei Röntgen- und CT-Untersuchungen

Röntgenuntersuchung	Dosen [mSv]				
	Oberfläche	Knochenmark	Gonaden Frau	Gonaden Mann	effektive Dosis
Schädel					
Schädel ap	3.2	0.11	<0.0001	<0.0001	0.064
Schädel lat	1.9	0.11	<0.0001	<0.0001	0.038
Zahnaufnahme (einzeln)	1.3	0.04	<0.0001	<0.0001	0.004
Zahnstatus	1.8	0.59	0.0001	0.0001	0.052
OPT (Orthopantomogramm)	0.78	0.014	0.0002	0.0002	0.065
DVT (digit. Vol.-Thomographie)		0.17			0.094
Wirbelsäule					
HWS ap	2.0	0.11	0.0001	0.0001	0.20
BWS ap	3.5	0.44	0.0014	0.0024	0.50
BWS lat	5.5				0.80
LWS ap	5.5	1.8	0.78	0.008	0.70
LWS lat	12.	1.8	0.78	0.008	1.5
Beckenübersicht ap	5.1	0.29	2.4	4.5	1.8
Beckenübersicht lat	12.				2.5
Iliosakralgelenk bds	4.5				1.2
Obere Extremitäten					
Hand dv/schräg	0.40				0.001
Unterarm ap	0.30				0.010
Ellbogen ap	0.30	< 0.01	<0.01	<0.01	0.013
Oberarm ap	0.65				0.006
Schulter ap	0.45				0.060
Untere Extremitäten					
Fuss dp/schräg	0.35				0.001
Unterschenkel ap	0.35				0.002
Knie ap	0.50	< 0.01	<0.01	<0.01	0.015
Oberschenkel ap	0.60				0.010
Hüfte ap	8.6				1.2
Übrige Nativdiagnostik					

Thorax stehend pa	0.20	0.005	0.0005	0.0002	0.040
Thorax stehend lat	0.30				0.060
Sternum lat	5.5				0.20
Magen ap	3.5	0.25	0.01	< 0.01	0.40
Abdomen pa	4.3	0.72	0.040	0.010	1.1
Mammographie	4.1	0.04	0.0001	—	0.11

CT-Untersuchung	Dosen [mSv]				
	CT-Dosis-index	Knochenmark	Gonaden Frau	Gonaden Mann	effektive Dosis
Schädel CT	60.	5.6			2.0
Thorax CT (Hodenkapsel)	9.0	4.4	0.10		6.2
Abdomen CT (Hodenkapsel)	12.	8.6	16.7	4.5*	11.

* Wert ohne Hodenkapsel, Hoden am Feldrand

Die effektiven Dosen wurden nach ICRP 60 bestimmt.

Die Dosen sind als Grössenordnungen zu betrachten. Sie wurden unter definierten Expositionsbedingungen bestimmt.

Medizinische Strahlenexposition in der Schweiz

- Bei der medizinischen Strahlendiagnostik, deren biologisches Potential in Form der effektiven Dosis (Einheit «Sievert» = Sv) abgeschätzt wird, sind Langzeiteffekte vor allem in Form maligner Neoplasien zu erwarten.
- Das Lebenszeitrisiko für Krebsmortalität beträgt bei 100 mSv 0,5%; es steigt mit jüngerem Alter zum Zeitpunkt der Exposition und sinkt mit höherem Alter.
- In der Schweiz trug die medizinische Diagnostik 1998 mit im Mittel 1,34 Röntgenuntersuchungen pro Person, 1 mSv oder 25% zur Bevölkerungsexposition mit ionisierender Strahlung bei.
- Die medizinische Kollektivdosis war 1998
 - zu 41% durch Röntgenuntersuchungen,
 - zu je 28% durch Computertomographie und durch Durchleuchtungen
 - aber nur zu 1% zahnärztlich bedingt.
- Zahnmedizinische, Extremitäten- und Thoraxröntgenuntersuchungen überwogen zahlenmässig die Röntgenuntersuchungen am übrigen Körperstamm (namentlich der Wirbelsäule und dem Becken), die Computertomographien und die Durchleuchtungen (inkl. Durchleuchtungsgestützte Interventionen) trugen demgegenüber den grössten Teil zur medizinischen Bevölkerungsexposition bei.

Quelle: Peter Vock, Jean-François Valley

(im Auftrag der Eidgenössischen Kommission für Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität, KSR)

Dosisgrenzwerte

Für beruflich strahlenexponierte Personen gelten die folgenden Grenzwerte:

- | | |
|---|---------------------|
| – Effektive Dosis | 20 mSv/Jahr |
| – Haut, Hände, Füsse | 500 mSv/Jahr |
| – Augenlinsen | 150 mSv/Jahr |
| – Effektive Dosis für Person im Alter von 16 – 18 Jahren | 5 mSv/Jahr |
| – Dosis an der Abdomenoberfläche
(ab Kenntnis einer Schwangerschaft) | 2 mSv |

Anwendung der Diagnostischen Referenzwerte DRW

Sowohl im Bereich der Standarduntersuchungen und der dosisintensiven Untersuchungen mit Computertomographen, als auch bei Durchleuchtungen in der interventionellen Radiologie sind Verbesserungsmöglichkeiten hinsichtlich Strahlenexposition der Patienten auch im Jahre 2010 nach wie vor wünschenswert.

Die DRW sind ein Mittel zur Optimierung unserer Arbeit. Mit dem DRW sind wir als Anwender von Röntgenstrahlen mit einem „Werkzeug“ ausgerüstet, das uns konkret hilft, einschätzen zu können, ob die von uns applizierten Dosen am Patienten gering, im üblichen Rahmen oder hoch sind.

Der Grundsatz der Optimierung ist durch das ALARA-Prinzip festgelegt (so wenig als möglich, soviel wie nötig).

Wer kennt das nicht:

- bisher war die Angabe des Dosis-Flächenproduktes, welches bei jeder Untersuchung protokolliert werden muss, eine reine Pflichtübung. Es war eine eher abstrakte Grösse, die wir jeweils eingetragen haben.
- und wie sieht es in der konventionellen Radiologie aus? Ist die Dosis bei besserem Einblenden des Nutzstrahlenfeldes wirklich kleiner?
- mit dem DRW können wir auch am Computertomographen Angaben zur Strahlenexposition machen.

Die Einheiten für die Anzeige des Dosis-Flächenprodukts DFP können je nach Gerätehersteller unterschiedlich sein und mit den publizierten Referenzwerten zu Unsicherheiten führen.

Das BAG hat deshalb ein kleines Software-Programm auf Excel-Basis erstellt, welches zur einfachen Umrechnung der angezeigten DFP-Werte in die entsprechende Einheit des publizierten Referenzwertes dient.

Das Tool steht in den 3 Landessprachen auf den Merkblättern und Weisungen zum Download bereit.
<http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/02883/02885/02889/> (R-06-05 DFPCConvert 1.1)
letzter Zugriff: 21.12.2009

Ein Programm (Excel-Basis) zur Ermittlung der Oberflächendosis und deren Vergleich mit dem entsprechenden Diagnostischen Referenzwert steht als Download bereit.
<http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/02883/02885/02889/> (R-06-04 DRWCalc 4.0)
letzter Zugriff: 21.12.2009

Wir von der Fachstelle Strahlenschutz des SVMTRA möchten Sie aufmuntern:

- sind Sie neugierig
- probieren Sie aus
- sammeln Sie selber praktische Erfahrungen mit dem DRW
- Sie tragen damit viel zum Strahlenschutz bei. Danke!

Das ganze Dokument wurde von Herrn Dr. Hans W. Roser, Medizophysiker,
Radiologische Physik, Universitätsspital Basel, überarbeitet und teilweise ergänzt.

Herzlichen Dank!