

# HANSER



## Leseprobe

zu

## Fit für den technischen Strahlenschutz

von Jan-Willem Vahlbruch und Hans-Gerrit Vogt

Print-ISBN: 978-3-446-47571-7

E-Book-ISBN: 978-3-446-47755-1

Weitere Informationen und Bestellungen unter

<https://www.hanser-kundencenter.de/fachbuch/artikel/9783446475717>

sowie im Buchhandel

© Carl Hanser Verlag, München

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> .....	<b>IX</b>
<b>Teil 1</b>	
<b>Aufgaben</b> .....	<b>1</b>
<b>1 Mathematische Vorübungen</b> .....	<b>3</b>
1.1 Rechnen mit Potenzen .....	3
1.2 Verwendung von Präfixen und Umgang mit Größenordnungen .....	5
1.3 Logarithmische Skalen .....	7
<b>2 Physikalische Grundlagen</b> .....	<b>11</b>
2.1 Radioaktive Stoffe, Aktivität und Halbwertszeit .....	11
2.1.1 Grundbegriffe .....	11
2.1.2 Aktivität und Masse .....	11
2.1.3 Abnahme der Aktivität .....	12
2.2 Aufbau und Funktionsweise von Röntengeräten .....	12
2.3 Aufbau und Funktionsweise von Beschleunigern .....	15
2.4 Strahlungsarten und grundlegende Eigenschaften .....	15
2.5 Wechselwirkung von Strahlung mit Materie .....	18
2.6 Dosis .....	21
2.6.1 Dosisbegriffe .....	22
2.6.2 Dosisleistung .....	24
<b>3 Biologische Strahlenwirkung und Strahlenexposition des Menschen</b> .....	<b>25</b>
3.1 Die biologische Wirkungskette .....	25
3.2 Deterministische und stochastische Strahlenschäden .....	26
3.3 Natürliche Strahlenexposition .....	29
3.4 Zivilisatorische Strahlenexposition .....	29
<b>4 Praktischer Strahlenschutz</b> .....	<b>31</b>
4.1 Schutz durch Abstand .....	31
4.1.1 Alphastrahlung .....	31
4.1.2 Betastrahlung .....	32
4.1.3 Gamma- und Röntgenstrahlung .....	32

4.2	<b>Schutz durch Abschirmung</b> .....	33
4.2.1	Alphastrahlung .....	33
4.2.2	Betastrahlung .....	34
4.2.3	Gamma- und Röntgenstrahlung .....	34
4.3	<b>Schutz durch kurze Aufenthaltszeiten</b> .....	37
4.4	<b>Praktischer Strahlenschutz beim Betrieb von Beschleunigern</b> .....	38
<b>5</b>	<b>Berechnung der Strahlenexposition</b> .....	<b>39</b>
5.1	<b>Äußere Exposition bei Photonenstrahlung</b> .....	<b>39</b>
5.1.1	Gammastrahlung .....	39
5.1.2	Röntgenstrahlung .....	40
5.1.3	Dosisleistung beim Betrieb eines Beschleunigers .....	41
5.2	<b>Äußere Exposition bei Betastrahlung</b> .....	<b>41</b>
5.3	<b>Äußere Exposition bei Neutronenstrahlung</b> .....	<b>43</b>
5.4	<b>Äußere Exposition beim Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen</b> .....	<b>43</b>
5.5	<b>Innere Exposition nach Inkorporation</b> .....	<b>44</b>
<b>6</b>	<b>Strahlenschutzmesstechnik</b> .....	<b>47</b>
6.1	<b>Messgeräte und Messverfahren</b> .....	<b>47</b>
6.1.1	Genereller Aufbau von Strahlungsdetektoren .....	47
6.1.2	Aufbau und Funktion von Dosimetern .....	52
6.1.3	Messgeräte und Messverfahren beim Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen ...	54
6.2	<b>Messunsicherheiten, charakteristische Grenzen und Alarmschwellen</b> .....	<b>55</b>
<b>7</b>	<b>Administrativer Strahlenschutz</b> .....	<b>57</b>
7.1	<b>Rechtliche Grundbegriffe</b> .....	<b>57</b>
7.2	<b>Strahlenschutzorganisation</b> .....	<b>59</b>
7.3	<b>Behördliche Vorabkontrolle</b> .....	<b>61</b>
7.4	<b>Strahlenschutzbereiche</b> .....	<b>64</b>
7.5	<b>Grenzwerte</b> .....	<b>66</b>
7.6	<b>Dokumente im Strahlenschutz</b> .....	<b>67</b>
7.7	<b>Aufgaben und Pflichten des Strahlenschutzbeauftragten</b> .....	<b>69</b>
<b>Teil 2</b>		
	<b>Lösungen</b> .....	<b>73</b>
<b>1</b>	<b>Mathematische Vorübungen</b> .....	<b>75</b>
1.1	<b>Rechnen mit Potenzen</b> .....	<b>75</b>
1.2	<b>Verwendung von Präfixen und Umgang mit Größenordnungen</b> .....	<b>76</b>
1.3	<b>Logarithmische Skalen</b> .....	<b>77</b>

<b>2</b>	<b>Physikalische Grundlagen</b>	<b>79</b>
2.1	Radioaktive Stoffe, Aktivität und Halbwertszeit	79
2.1.1	Grundbegriffe	79
2.1.2	Aktivität und Masse	79
2.1.3	Abnahme der Aktivität	80
2.2	Aufbau und Funktionsweise von Röntengeräten	80
2.3	Aufbau und Funktionsweise von Beschleunigern	82
2.4	Strahlungsarten und grundlegende Eigenschaften	83
2.5	Wechselwirkung von Strahlung mit Materie	84
2.6	Dosis	87
2.6.1	Dosisbegriffe	87
2.6.2	Dosisleistung	88
<b>3</b>	<b>Biologische Strahlenwirkung und Strahlenexposition des Menschen</b>	<b>90</b>
3.1	Die biologische Wirkungskette	90
3.2	Deterministische und stochastische Strahlenschäden	91
3.3	Natürliche Strahlenexposition	93
3.4	Zivilisatorische Strahlenexposition	93
<b>4</b>	<b>Praktischer Strahlenschutz</b>	<b>95</b>
4.1	Schutz durch Abstand	95
4.1.1	Alphastrahlung	95
4.1.2	Betastrahlung	95
4.1.3	Gamma- und Röntgenstrahlung	95
4.2	Schutz durch Abschirmung	96
4.2.1	Alphastrahlung	96
4.2.2	Betastrahlung	96
4.2.3	Gamma- und Röntgenstrahlung	97
4.3	Schutz durch kurze Aufenthaltszeiten	99
4.4	Praktischer Strahlenschutz beim Betrieb von Beschleunigern	100
<b>5</b>	<b>Berechnung der Strahlenexposition</b>	<b>103</b>
5.1	Äußere Exposition bei Photonenstrahlung	103
5.1.1	Gammastrahlung	103
5.1.2	Röntgenstrahlung	106
5.1.3	Dosisleistung beim Betrieb eines Beschleunigers	107
5.2	Äußere Exposition bei Betastrahlung	107
5.3	Äußere Exposition bei Neutronenstrahlung	109
5.4	Äußere Exposition beim Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen	110
5.5	Innere Exposition nach Inkorporation	111

<b>6</b>	<b>Strahlenschutzmesstechnik</b> .....	<b>114</b>
<b>6.1</b>	<b>Messgeräte und Messverfahren</b> .....	<b>114</b>
6.1.1	Genereller Aufbau von Strahlungsdetektoren .....	114
6.1.2	Aufbau und Funktion von Dosimetern .....	116
6.1.3	Messgeräte und Messverfahren beim Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen ...	118
<b>6.2</b>	<b>Messunsicherheiten, charakteristische Grenzen und Alarmschwellen</b> .....	<b>120</b>
<b>7</b>	<b>Administrativer Strahlenschutz</b> .....	<b>122</b>
<b>7.1</b>	<b>Rechtliche Grundbegriffe</b> .....	<b>122</b>
<b>7.2</b>	<b>Strahlenschutzorganisation</b> .....	<b>124</b>
<b>7.3</b>	<b>Behördliche Vorabkontrolle</b> .....	<b>126</b>
<b>7.4</b>	<b>Strahlenschutzbereiche</b> .....	<b>128</b>
<b>7.5</b>	<b>Grenzwerte</b> .....	<b>131</b>
<b>7.6</b>	<b>Dokumente im Strahlenschutz</b> .....	<b>132</b>
<b>7.7</b>	<b>Aufgaben und Pflichten des Strahlenschutzbeauftragten</b> .....	<b>134</b>
<b>8</b>	<b>Formelsammlung</b> .....	<b>137</b>
	<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	<b>142</b>

# Vorwort

Die Idee zu diesem Aufgaben- und Übungsbuch ist im Laufe der Durchführung zahlreicher technischer Strahlenschutzkurse entstanden, in denen geeignete Übungsaufgaben jeweils individuell zusammengestellt und auf die Bedürfnisse der einzelnen Kursteilnehmer angepasst werden mussten. Mit diesem Übungsbuch liegt nun erstmal eine deutschsprachige Sammlung von über 200 Übungsaufgaben vor, mit der vorhandenes oder neu erworbenes Wissen im technischen Strahlenschutz angewendet, vertieft oder überprüft werden kann. Es eignet sich damit zum Einsatz in Strahlenschutzkursen, kann aber zum Beispiel auch im Rahmen von Unterweisungen oder anderen Weiterbildungsmaßnahmen eingesetzt werden.

Als Aufgabensammlung erläutert das Buch konsequenterweise nur wenig. Zusätzliche Erklärungen, Formeln, Rechenwege und weitere Informationen finden sich in der 7. Auflage des Buches *Grundzüge des praktischen Strahlenschutzes* (ISBN 978-3-446-44919-0), auf das an den entsprechenden Stellen mit dem Kürzel „GdpS“ verwiesen wird. Allerdings werden alle für die Lösung der Aufgaben notwendigen Daten wie Tabellen oder Grafiken, die im Grundlagenbuch enthalten sind, unter [plus.hanser-fachbuch.de](http://plus.hanser-fachbuch.de) zur Verfügung gestellt. Ganz vorne im Buch finden Sie den dafür benötigten Zugangscode. Damit kann dieses Buch auch ohne das Grundlagenbuch genutzt werden. Das Buch besteht aus einem Aufgaben- und Lösungsteil mit identischer Struktur. Im Lösungsteil wird bei Rechenaufgaben neben dem Endergebnis häufig auch der Lösungsansatz und Rechenweg angegeben. Bei rechtlichen oder administrativen Fragen werden stichwortartig die wichtigsten Inhalte der Antwort angegeben.

Ausdrückliches Ziel dieses Übungsbuches ist es, Aufgaben aus dem Bereich des technischen Strahlenschutzes anzubieten, die nicht nur das Wissen vertiefen, sondern auch Spaß machen und vielleicht an der einen oder anderen Stelle zum Schmunzeln anregen. Wir haben uns bemüht, viele unterschiedliche Methoden in den Übungsaufgaben zu verwenden. Naturgemäß variiert auch der Schwierigkeitsgrad der Aufgaben, sodass sich neben einfachen Aufgaben auch solche finden, für die ein vertieftes mathematisches Verständnis notwendig ist. Deshalb enthält Kapitel 1 mathematische Vorübungen, mit denen mathematische Fertigkeiten überprüft und anhand einfacher Aufgaben aufgefrischt werden können.

Selbstverständlich kann eine solche Sammlung von Übungsaufgaben nicht vollständig sein oder alle Themen im technischen Strahlenschutz abdecken. Die Aufgaben wenden sich an Personen, die für die Anwendung von radioaktiven Stoffen, den Umgang mit Röntgengeräten und den Betrieb von Beschleunigern verantwortlich sind. Dementsprechend finden sich Aufgaben aus den Bereichen der physikalischen Grundlagen (Kapitel 2), der biologischen Wirkungen sowie der natürlichen und zivilisatorischen Strahlenexposition sowie deren Berechnung (Kapitel 3 und 5), des praktischen Strahlenschutzes (Kapitel 4), der Strahlenschutzmesstechnik (Kapitel 6) und des administrativen Strahlenschutzes (Kapitel 7). Manchmal befinden sich ähnliche Fragen zu einem Themengebiet im Buch. Dies ist durchaus beabsichtigt, um den Fleißigen unter Ihnen die Möglichkeit zu geben, ihr Wissen an mehr als einem Beispiel anzuwenden. Die Formelsammlung in Kapitel 8 beinhaltet Formeln, die Sie zur Lösung der Aufgaben benötigen.

Im Folgenden möchten wir Ihnen noch paar Hinweise zum Arbeiten mit diesem Buch geben.



Dieser Kastentyp ist zu Beginn von Kapiteln oder Abschnitten platziert. Er führt kurz in das Thema und den Kontext der folgenden Übungsaufgaben ein.



In diesem Kastentyp werden Tipps oder wichtige Hinweise gegeben, die beim Lösen der Aufgaben unterstützen sollen.



In diesem Kastentyp finden sich Worthilfen, die bei der Lösung von Strahlenschutzrätseln (Suchrätsel, Kreuzworträtsel, Lückentexte) helfen sollen.

Sollten sich unbemerkte Fehler eingeschlichen haben, sind wir über entsprechende Rückmeldungen dankbar (gerne per E-Mail an [vahlbruch@irs.uni-hannover.de](mailto:vahlbruch@irs.uni-hannover.de)).

Danken möchten wir insbesondere Michael Steppert und Laura Leifermann für die Unterstützung bei der Erstellung dieses Übungsbuches.

Viel Spaß beim Knobeln, Rechnen und Grübeln wünschen

*Jan-Willem Vahlbruch*

*Hans-Gerrit Vogt*

Hannover, November 2022

# Teil 1

## Aufgaben

1	Mathematische Vorübungen .....	3
2	Physikalische Grundlagen .....	11
3	Biologische Strahlenwirkung und Strahlenexposition des Menschen .....	25
4	Praktischer Strahlenschutz .....	31
5	Berechnung der Strahlenexposition .....	39
6	Strahlenschutzmesstechnik .....	47
7	Administrativer Strahlenschutz .....	57



## 1.1 Rechnen mit Potenzen



Häufig begegnen uns im Strahlenschutz sowohl sehr kleine als auch sehr große Zahlen, sodass die Darstellung einer Zahl mithilfe von Potenzen sehr sinnvoll ist. Es gelten folgende Regeln:

$$a^n = a \cdot a \cdot a \cdot \dots \cdot a \quad (n \text{ Faktoren}) \quad (1.1)$$

$$a^0 = 1$$

$$a^n \cdot a^m = a^{n+m} \quad \text{und} \quad \frac{a^n}{a^m} = a^{n-m} \quad (1.2)$$

### Aufgabe 1.1: Rechnen mit positiven Zehnerpotenzen

Lösen Sie folgende Aufgaben:

$10^1 = 10 \qquad 10^4 = \underline{\hspace{2cm}} \qquad 10^7 = \underline{\hspace{2cm}}$

$10^2 = \underline{\hspace{2cm}} \qquad 10^5 = \underline{\hspace{2cm}} \qquad 10^8 = \underline{\hspace{2cm}}$

$10^3 = \underline{\hspace{2cm}} \qquad 10^6 = \underline{\hspace{2cm}} \qquad 10^9 = \underline{\hspace{2cm}}$

### Aufgabe 1.2: Umrechnen in Dezimalzahlen

Lösen Sie folgende Aufgaben:

$1 \cdot 10^2 = 100 \qquad 1 \cdot 10^5 = \underline{\hspace{2cm}}$

$5,4 \cdot 10^2 = \underline{\hspace{2cm}} \qquad 0,5 \cdot 10^5 = \underline{\hspace{2cm}}$

$7 \cdot 10^4 = \underline{\hspace{2cm}} \qquad 10 \cdot 10^6 = \underline{\hspace{2cm}}$

### Aufgabe 1.3: Rechnen mit negativen Zehnerpotenzen

Lösen Sie folgende Aufgaben:

$10^{-1} = 0,1 \qquad 10^{-4} = \underline{\hspace{2cm}} \qquad 10^{-7} = \underline{\hspace{2cm}}$

$10^{-2} = \underline{\hspace{2cm}} \qquad 10^{-5} = \underline{\hspace{2cm}} \qquad 10^{-8} = \underline{\hspace{2cm}}$

$10^{-3} = \underline{\hspace{2cm}} \qquad 10^{-6} = \underline{\hspace{2cm}} \qquad 10^{-9} = \underline{\hspace{2cm}}$

## 1

**Aufgabe 1.4: Umrechnen in Dezimalzahlen**

Lösen Sie folgende Aufgaben:

$1 \cdot 10^{-2} = 0,01$

$1 \cdot 10^{-4} = \underline{\hspace{2cm}}$

$3,2 \cdot 10^{-2} = \underline{\hspace{2cm}}$

$6,12 \cdot 10^{-5} = \underline{\hspace{2cm}}$

$0,56 \cdot 10^{-3} = \underline{\hspace{2cm}}$

$8 \cdot 10^{-6} = \underline{\hspace{2cm}}$

**Aufgabe 1.5: Umrechnen in Zehnerpotenzen**

Lösen Sie folgende Aufgaben:

$0,0832 = 8,32 \cdot 10^{-2}$

$432 = \underline{\hspace{2cm}}$

$0,000\ 024 = \underline{\hspace{2cm}}$

$0,000\ 000\ 68 = \underline{\hspace{2cm}}$

$0,000\ 25 = \underline{\hspace{2cm}}$

$69\ 000\ 000 = \underline{\hspace{2cm}}$

**Aufgabe 1.6: Umrechnen von Brüchen mit Zehnerpotenzen**

Lösen Sie folgende Aufgaben:

$\frac{1}{10^0} = 10^0 = 1$

$\frac{1}{10^4} = 10^{-\text{---}} = \underline{\hspace{2cm}}$

$\frac{1}{10^1} = 10^{-1} = 0,1$

$\frac{1}{10^5} = 10^{-\text{---}} = \underline{\hspace{2cm}}$

$\frac{1}{10^2} = 10^{-\text{---}} = \underline{\hspace{2cm}}$

$\frac{1}{10^6} = 10^{-\text{---}} = \underline{\hspace{2cm}}$

$\frac{1}{10^3} = 10^{-\text{---}} = \underline{\hspace{2cm}}$

$\frac{1}{10^7} = 10^{-\text{---}} = \underline{\hspace{2cm}}$

**Aufgabe 1.7: Gemischte Zehnerpotenzen**

Lösen Sie folgende Aufgaben:

$10^1 \cdot 10^5 = 10^6$

$10^5 \cdot 10^{-2} = 10^{\pm\text{---}}$

$\frac{10^5}{10^2} = 10^{\pm\text{---}}$

$\frac{10^{-5}}{10^{-2}} = 10^{\pm\text{---}}$

$10^{-1} \cdot 10^{-2} = 10^{\pm\text{---}}$

$\frac{10^3}{10^{-2}} = 10^{\pm\text{---}}$

$\frac{10^{-2}}{10^{-4}} = 10^{\pm\text{---}}$

## 1.2 Verwendung von Präfixen und Umgang mit Größenordnungen



Zur Erleichterung des praktischen Arbeitens werden häufig **Vorsilben** verwendet. Diese sollten Sie auf keinen Fall verwechseln. Insbesondere die Vorsilben „milli“ (Abkürzung m = 1/1000, entspricht einem Tausendstel) und „mikro“ (Abkürzung  $\mu$  = 1/1 000 000, entspricht einem Millionstel) tauchen in der Praxis häufig auf.

### Aufgabe 1.8: Umwandeln von Größenordnungen

Lösen Sie folgende Aufgaben:

$$1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$$

$$1 \text{ }\mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m} = 10^{-3} \text{ mm}$$

$$10^2 \text{ m} = \text{_____} \text{ km} = \text{_____} \text{ km}$$

$$10^4 \text{ m} = \text{_____} \text{ km} = \text{_____} \text{ km}$$

### Aufgabe 1.9: Umrechnen von Aktivitäten

Rechnen Sie in die jeweiligen Einheiten um.

$$10 \text{ kBq} = \text{_____} \text{ Bq} \quad 10 \text{ kBq} = \text{_____} \text{ MBq} \quad 10 \text{ MBq} = \text{_____} \text{ kBq}$$

$$2 \cdot 10^3 \text{ Bq} = \text{_____} \text{ Bq} = \text{_____} \text{ kBq} = \text{_____} \text{ MBq}$$

$$3 \cdot 10^9 \text{ Bq} = \text{_____} \text{ GBq}$$

### Aufgabe 1.10: Umrechnen von Äquivalentdosen bzw. -dosisleistungen

Rechnen Sie in die jeweiligen Einheiten um.

$$10 \text{ }\mu\text{Sv} = \text{_____} \text{ Sv} \quad 20 \text{ mSv} = \text{_____} \text{ }\mu\text{Sv} \quad 300 \text{ }\mu\text{Sv} = \text{_____} \text{ mSv} \quad 2 \text{ Sv} = \text{_____} \text{ }\mu\text{Sv}$$

$$0,03 \text{ mSv} = \text{_____} \text{ }\mu\text{Sv} \quad 2500 \text{ }\mu\text{Sv} = \text{_____} \text{ mSv} \quad 2 \cdot 10^{-2} \text{ Sv/h} = \text{_____} \text{ mSv/h}$$

$$20 \text{ }\mu\text{Sv/min} = \text{_____} \text{ mSv/h} \quad 40 \text{ mSv/min} = \text{_____} \text{ Sv/h} \quad 10 \text{ mSv/h} = \text{_____} \text{ }\mu\text{Sv/h}$$

### Aufgabe 1.11: Umrechnen von Geschwindigkeitseinheiten

Lösen Sie folgende Aufgabe:

$$90 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \text{_____} \frac{\text{km}}{\text{min}} = \text{_____} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

## 1

**Aufgabe 1.12: Berechnung der Wegstrecke nach 15 Minuten Fahrzeit**

Lösen Sie folgende Aufgabe:

$$90 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot 15 \text{ min} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ km}$$

**Aufgabe 1.13: Zeitumrechnungen von Stunden (h) in Tage (d) oder Jahre (a)**

Lösen Sie folgende Aufgabe:

$$1 \text{ h} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ d} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ a}$$

**Aufgabe 1.14: Zeitumrechnungen von Tagen (d) in Stunden (h) oder Minuten (min)**

Lösen Sie folgende Aufgabe:

$$1 \text{ d} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ h} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ min}$$

**Aufgabe 1.15: Präfixe und Potenzen**

Vervollständigen Sie Tabelle 1.1.

**Tabelle 1.1** Präfixe und Potenzen

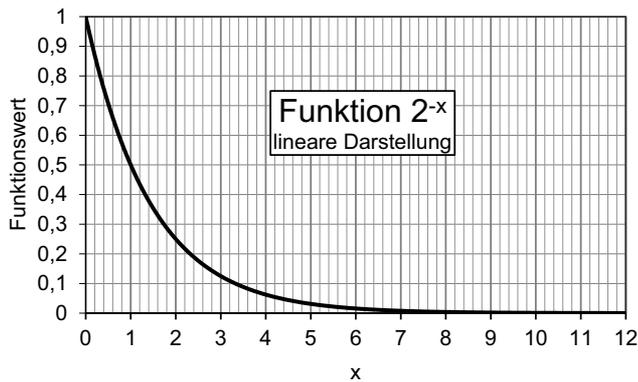
Symbol	Name	Potenz	ausgeschrieben	gesprochen
P				
T	Tera			
G				
	Mega			
		$10^3$	1000	
		$10^0$	1	Eins
				Zehntel
	centi			
			0,001	
$\mu$				
n				
p				

## 1.3 Logarithmische Skalen



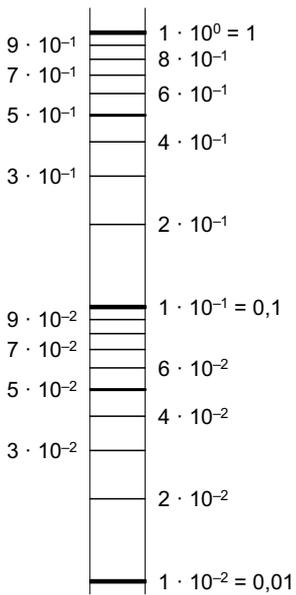
Im Strahlenschutz müssen manchmal Zahlenwerte betrachtet werden, die sich um einige Größenordnungen unterscheiden. Um dies darzustellen und um insbesondere kleine Werte gut ablesen zu können, wird häufig eine **logarithmische Skala** verwendet.

So erkennt man in Bild 1.1, dass die niedrigen Funktionswerte für  $x > 6$  kaum noch abzulesen sind.



**Bild 1.1**  
Graph der Funktion  $2^{-x}$  in linearer Darstellung

In solchen Fällen kann die Skala im Bereich der kleinen Zahlen durch die Verwendung einer logarithmischen Einteilung wie in Bild 1.2 gestreckt werden.



**Bild 1.2**  
Logarithmische Skalierung

Bild 1.3 zeigt die gleiche Funktion wie Bild 1.1, jedoch mit einer logarithmischen y-Achse. So können auch kleine Werte abgelesen werden.

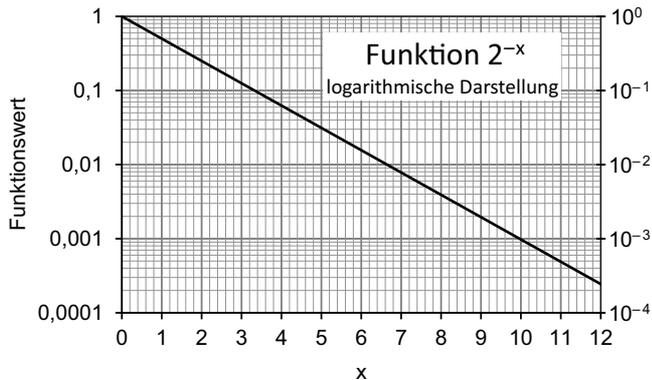


Bild 1.3

Graph der Funktion  $2^{-x}$  in logarithmischer Darstellung

### Aufgabe 1.16: Übungen mit logarithmischen Skalen

Lesen Sie folgende Werte aus Bild 1.3 ab:

a) Welcher Funktionswert ist  $x = 0$  zugeordnet?

Antwort: Der zugeordnete Funktionswert ist \_\_\_\_\_.

b) Welcher Funktionswert ist  $x = 1$  zugeordnet?

Antwort: Der zugeordnete Funktionswert ist \_\_\_\_\_.

c) Welcher Funktionswert ist  $x = 4,6$  zugeordnet?

Antwort: Der zugeordnete Funktionswert ist \_\_\_\_\_.

d) Umkehrung! Welcher x-Wert ist dem Funktionswert  $1 \cdot 10^{-3} = 0,001$  zugeordnet?

Antwort:  $x =$  \_\_\_\_\_

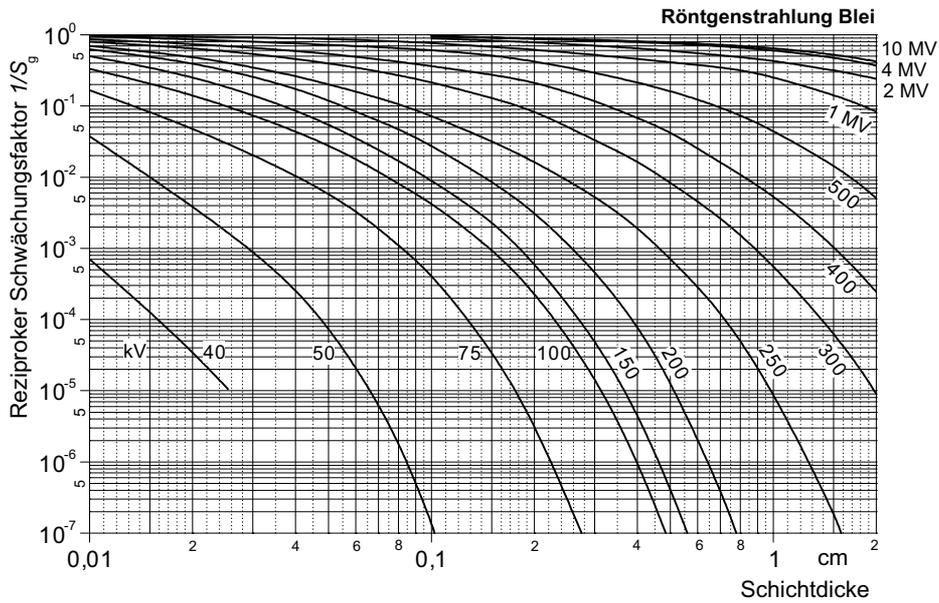
### Aufgabe 1.17: Reziproker Schwächungsfaktor (Röntgenstrahlung)

Lesen Sie in Bild 1.4 den reziproken Schwächungsfaktor für folgende Bedingungen ab:

75 kV und 0,10 mm Blei: \_\_\_\_\_

100 kV und 0,15 mm Blei: \_\_\_\_\_

250 kV und 0,8 mm Blei: \_\_\_\_\_

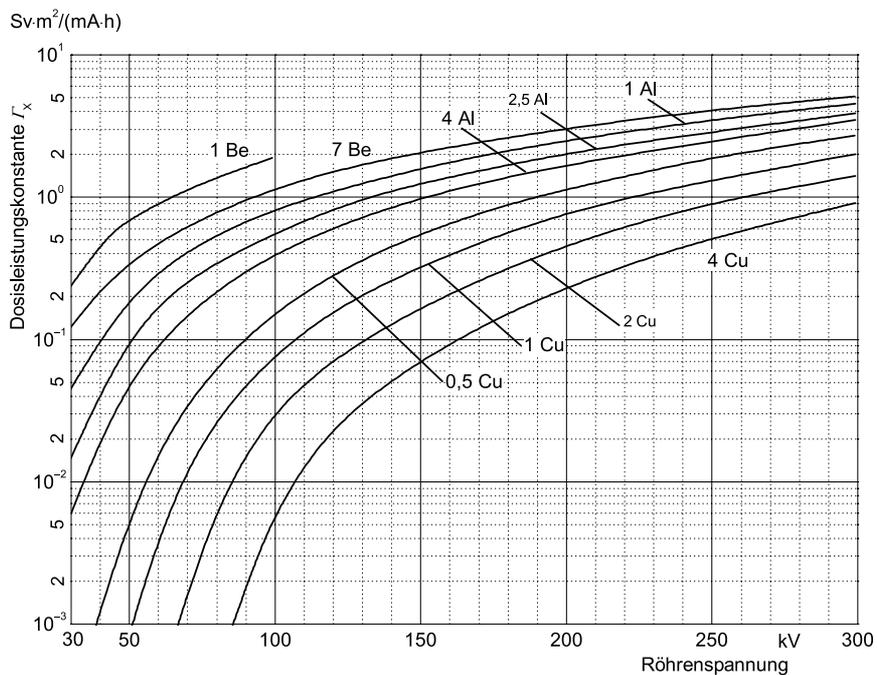


**Bild 1.4** Reziproker Schwächungsfaktor von Röntgenstrahlung in Blei (entspricht Anhang 15.64, GdPS)

### Aufgabe 1.18: Dosisleistungskonstante (Röntgenstrahlung)

Lesen Sie in Bild 1.5 die Dosisleistungskonstante für folgende Bedingungen ab:

- a) 50 kV und 1 mm Be: \_\_\_\_\_
- b) 150 kV und 4 mm Al: \_\_\_\_\_
- c) 260 kV und 0,5 mm Cu: \_\_\_\_\_



**Bild 1.5** Dosisleistungskonstante für Röntgenstrahlung (entspricht Anhang 15.27, GdPS)

1

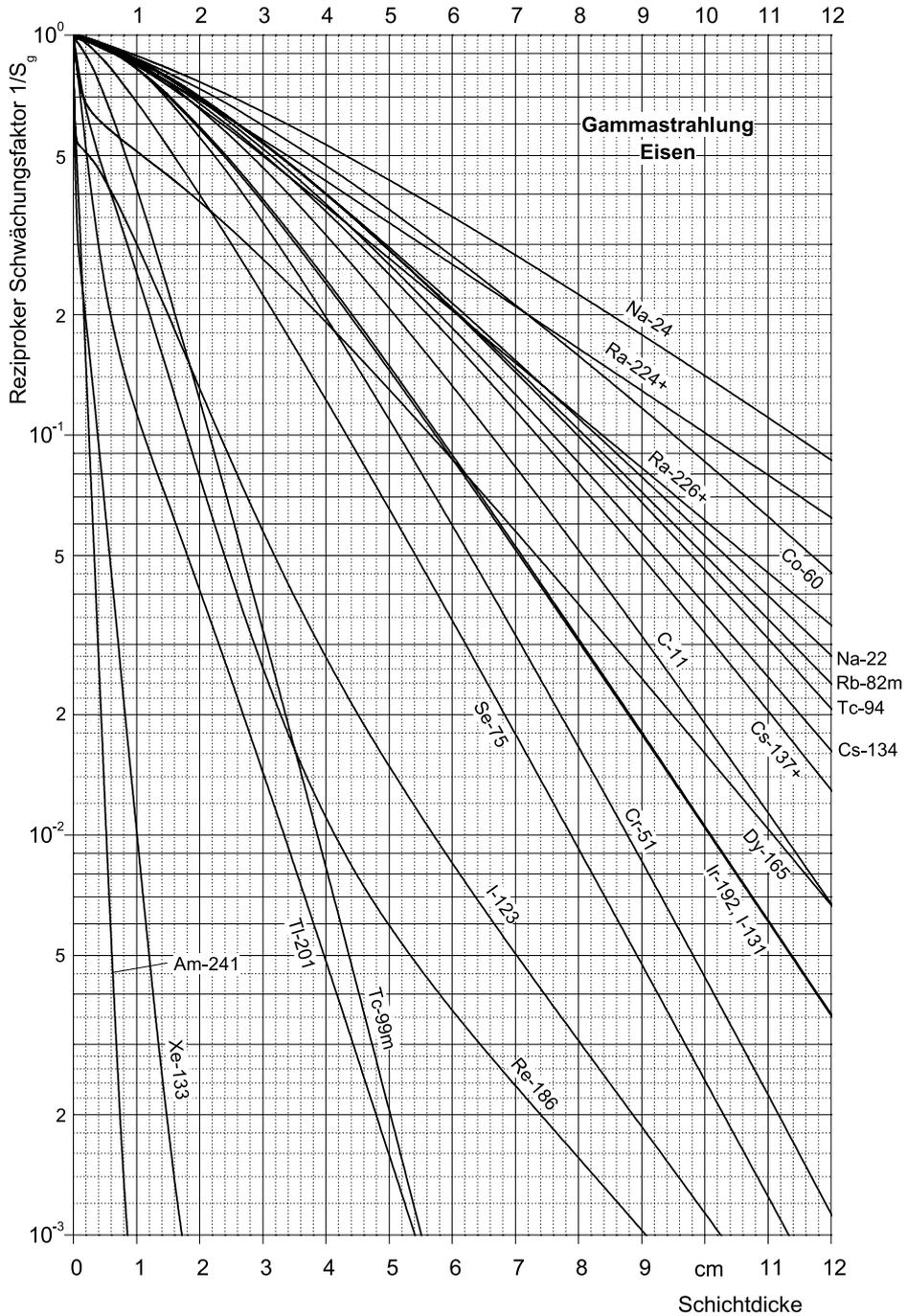
**Aufgabe 1.19: Reziproker Schwächungsfaktor (Gammastrahlung)**

Bestimmen Sie in Bild 1.6 den reziproken Schwächungsfaktor für folgende Szenarien:

a) 6 cm Eisen und <sup>75</sup>Se: \_\_\_\_\_

b) 8 cm Eisen und <sup>123</sup>I: \_\_\_\_\_

c) 10 cm Eisen und <sup>224</sup>Ra: \_\_\_\_\_



**Bild 1.6** Reziproker Schwächungsfaktor von Gammastrahlung in Eisen (entspricht Anhang 15.54, GdpS)

# Stichwortverzeichnis

## Symbole

50-Jahre-Folgedosis 45

## A

Abschirmung 100  
Abstand 100  
Abstandsquadratgesetz 33, 100  
Aktivierung 38, 44, 100  
Aktivität 11, 79  
Aktivitätskonzentration 11  
Alphastrahlung 15, 83, 85  
Anmeldung 61  
Anzeige 62, 63, 126f.  
Aufbewahrungsdauer 67  
Aufbewahrungspflichten 133  
Aufenthaltszeit 100  
Auflösungszeit 48

## B

Bauartzulassung 126  
behördliche Vorabkontrolle 61, 126  
beruflich exponierte Person 58, 123  
- Kategorie A 58  
- Kategorie B 58, 67  
Beschleuniger 15, 38, 82, 100  
Besucher 64  
Betastrahlung 15, 83, 85  
biologische Wirkungskette 25, 90  
Bremsstrahlung 14, 18, 41f., 81, 107f.

## C

charakteristische Grenzen 55, 120  
charakteristische Strahlung 14, 81  
Comptoneffekt 18

## D

Dichtheitsprüfung 70, 136  
DIN-Normen 123  
Dosisbegrenzung 122  
Dosisleistung 24, 88

Dosisleistungskonstante 9, 78  
Dosisoptimierung 122  
Dosischwelle 26  
Durchlassstrahlung 98

## E

effektive Dosis 21, 45, 87, 111, 116  
Energie 15  
Energiedosis 21, 87  
Erholungszeit 48, 115  
Erkennungsgrenze 55, 120  
Expositionssituation 57  
- bestehende 57  
- geplante 57, 66  
- Notfall 57

## F

Flussdichte 21, 86  
Freigrenze 63, 127

## G

Gammastrahlung 15, 83, 85  
Genehmigung 61, 63, 127  
Gleitschattenfilm dosimeter 52, 116  
Grenzwerte 66, 131  
Grundregeln des praktischen Strahlenschutzes 31  
- Abschirmung 33, 96  
- Abstand 31, 95  
- Aufenthaltszeit 37, 99

## H

Halbleiterdetektor 49, 115  
Halbwertsbreite 50, 116  
Halbwertsschichtdicke 34, 97, 100  
Halbwertszeit 11  
- biologische 25, 90  
- effektive 25, 90  
Hautdosis 44, 107, 110

**I**

ICRP-Veröffentlichungen 123  
 Immersion 44  
 Ingestion 44, 113  
 Inhalation 44, 112 f.  
 Inhalations-Dosiskoeffizienten 131  
 Inkorporation 44  
 Iodprophylaxe 26, 91  
 Ionisationskammer 47, 114

**K**

Kontamination 118  
 Kontaminationsmonitor 54 f., 118  
 Kontrollbereich 64, 128, 130  
 Kündigungsschutz 60, 125

**L**

Logarithmus 7, 77  
 Lumineszenz 116  
 – optisch stimulierte 53

**M**

Meldepflicht 132  
 Mess-Äquivalentdosis 21, 87

**N**

Nachweisgrenze 55, 121  
 Neutronenstrahlung 15, 83, 85  
 Nulleffekt 55  
 Nutzstrahlung 36, 98

**O**

Organ-Äquivalentdosis 21, 45, 87, 116  
 Ortsdosimeter 53, 116  
 Ortsdosisleistung 39 ff., 43, 64, 66, 103, 105 f., 109

**P**

Paarbildung 18  
 Personendosimeter 53, 116  
 Personendosis 69, 134  
 Photoeffekt 18  
 Photonen 15  
 Potenzen 3, 75  
 Präfix 5, 76  
 Proportionalzählrohr 48, 114

**R**

radioaktiver Stoff 11  
 – offener 58, 122  
 – umschlossener 58, 70, 122  
 Radon 93  
 Ratemeter 55  
 Rechtfertigung 122  
 Reichweite von Betastrahlung 32  
 Richtlinie 123  
 Röntgengerät 12, 80  
 – bauartzugelassenes 62  
 Röntgenstrahlung 12, 15  
 Rückstreufaktor 36, 98

**S**

Sachverständiger  
 – behördlich bestimmter 62, 126, 134, 136  
 Sättigungsaktivität 38  
 Schwächungsfaktor 97  
 – reziproker 8, 10, 34, 40 f., 78, 97, 99, 104 f.  
 Schwangere 70, 131, 135  
 Spektrum 50, 116  
 Sperrbereich 64  
 spezifische Aktivität 11  
 Störstrahlung 36, 98  
 Strahlenexposition  
 – natürliche 29, 93  
 – zivilisatorische 29, 93  
 Strahlenpass 68, 134  
 Strahlenschaden  
 – deterministischer 26, 91 f.  
 – somatischer 26  
 – stochastischer 26, 91 f.  
 Strahlenschutzanweisung 67, 132  
 Strahlenschutzbeauftragter 59, 125  
 Strahlenschutzbereich 64, 129  
 Strahlenschutzbevollmächtigter 125  
 Strahlenschutzgrundsätze 57, 122  
 Strahlenschutzregisternummer (SSR) 61  
 Strahlenschutzverantwortlicher 132  
 Streustrahlung 36  
 Submersion 44, 110  
 Szintillationszähler 49, 115

**T**

Tätigkeit 66  
 Thermolumineszenz 53  
 Totzeit 48, 115

**U**

Überdeckungsintervall 55  
Überwachungsbereich 64  
Unterweisung 70, 135

**W**

Wirkungsquerschnitt 20, 38, 85, 100  
Wischtest 54, 118

**Z**

Zehntelwertsschichtdicke 34, 97