

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 μ = 1/1 000 000, entspricht einem Millionstel) tauchen in der Praxis häufig auf.

Aufgabe 1.8: Umwandeln von Größenordnungen

Lösen Sie folgende Aufgaben:

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

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

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

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

Aufgabe 1.9: Umrechnen von Aktivitäten

Rechnen Sie in die jeweiligen Einheiten um.

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

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

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

Aufgabe 1.10: Umrechnen von Äquivalentdosen bzw. -dosisleistungen

Rechnen Sie in die jeweiligen Einheiten um.

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

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

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

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	
μ				
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.

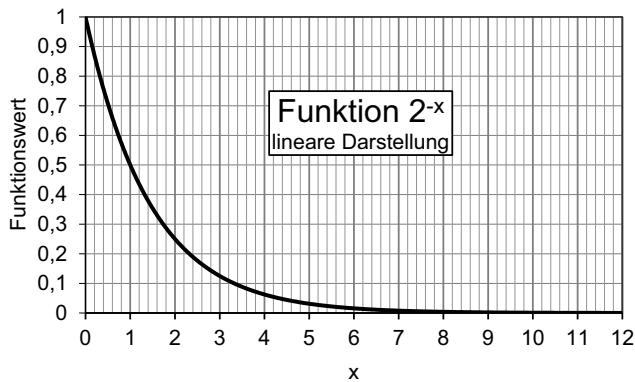


Bild 1.1
Graph der Funktion 2^{-x} in linearer Darstellung

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

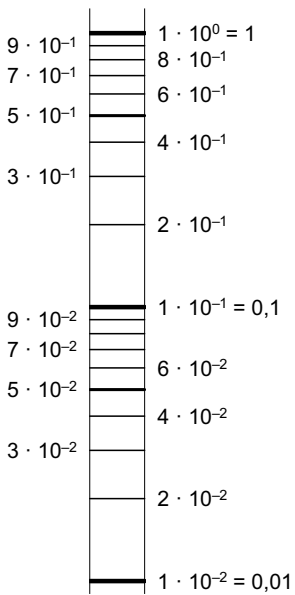


Bild 1.2
Logarithmische Skalierung

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

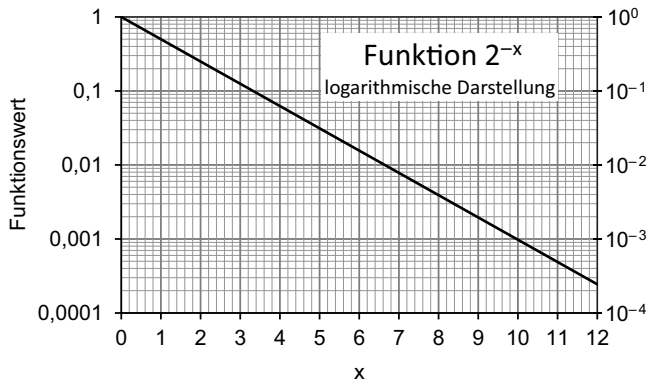


Bild 1.3

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: _____

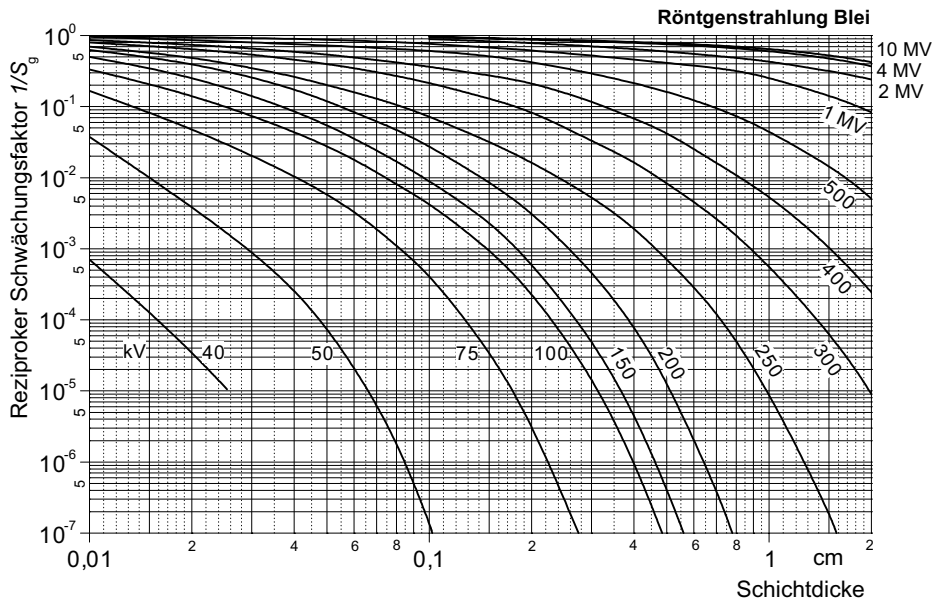


Bild 1.4 Reziproker Schwächungsfaktor von Röntgenstrahlung in Blei (entspricht Anhang 15.64, GdPS)

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: _____

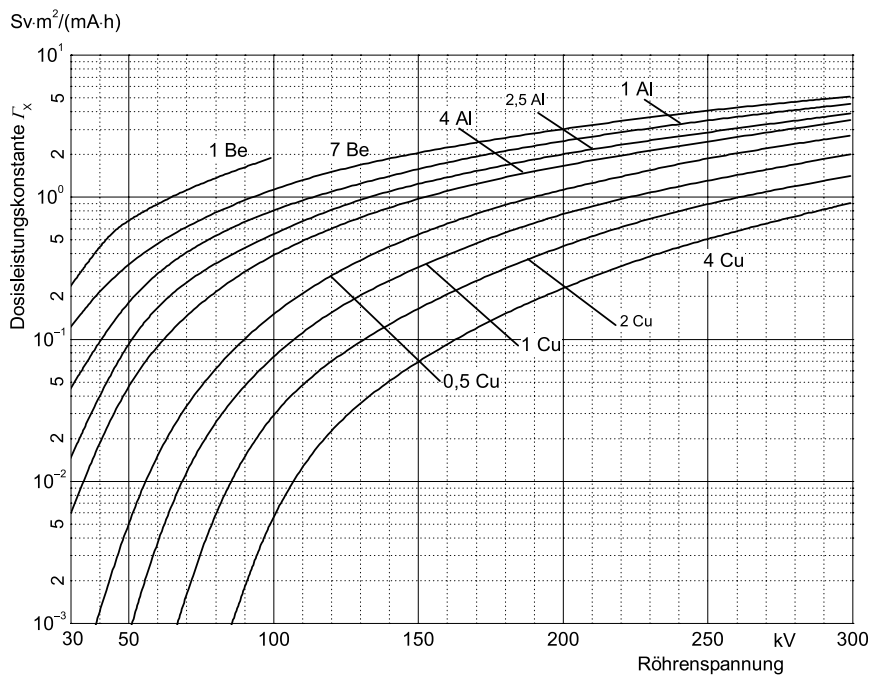


Bild 1.5 Dosisleistungskonstante für Röntgenstrahlung (entspricht Anhang 15.27, GdPS)

1

Aufgabe 1.19: Reziproker Schwächungsfaktor (Gammastrahlung)

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

a) 6 cm Eisen und ⁷⁵Se: _____

b) 8 cm Eisen und ¹²³I: _____

c) 10 cm Eisen und ²²⁴Ra: _____

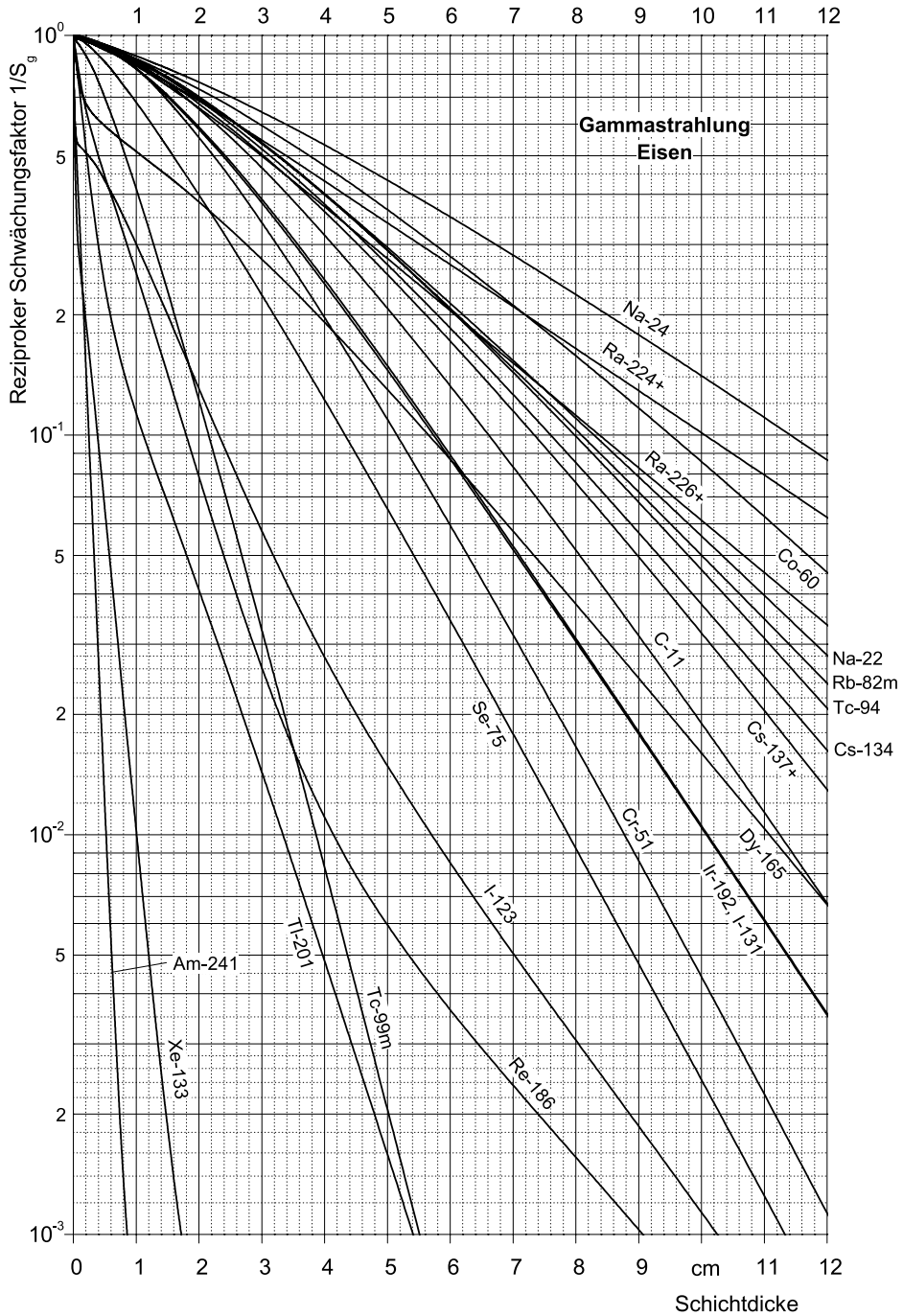


Bild 1.6 Reziproker Schwächungsfaktor von Gammastrahlung in Eisen (entspricht Anhang 15.54, GdpS)

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, 126 f.
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, 41 f., 81, 107 f.

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