

Sigmar German

Peter Drath

Handbuch SI-Einheiten

Definition, Realisierung, Bewahrung
und Weitergabe der SI-Einheiten,
Grundlagen der Präzisionsmeßtechnik

Mit 104 Bildern und 67 Tabellen



Friedr. Vieweg & Sohn Braunschweig/Wiesbaden

Inhaltsverzeichnis

1 Das Internationale Einheitensystem	1
1.1 Einleitung	1
1.2 Die SI-Basiseinheiten	2
1.3 Abgeleitete SI-Einheiten	3
1.4 Ergänzende SI-Einheiten	9
1.5 Dezimale Teile und Vielfache von Einheiten	10
1.6 Vorteile der SI-Einheiten	14
1.7 Tendenzen zur Ausweitung des SI	15
1.8 Einheiten außerhalb des Internationalen Einheitensystems	16
1.9 Das Einheitengesetz	20
1.10 EG-Einheitenrichtlinie	25
1.11 Nationale Normung auf dem Gebiet der Einheiten	28
1.12 Internationale Normung auf dem Gebiet der Einheiten	30
1.13 Das OIML-Dokument	31
1.14 Das SI in der Chemie	31
1.15 Das SI im Gesundheitswesen	35
1.16 Größen und Einheiten im Gasfach	40
1.17 Historische Anmerkungen	43
2 Die Meterkonvention	47
2.1 Geschichtliche Bemerkungen zum Metrischen System	47
2.2 Die Organe der Meterkonvention	51
2.3 Das Metrische System in Deutschland	54
2.4 Ausbreitung des SI in der Welt	55
3 Die Realisierung der SI-Basiseinheiten	56
3.0 Einleitung	56
3.1 Das Meter	58
3.1.1 Einleitung	58
3.1.2 Die atomare Definition	59
3.1.3 Laser	63
3.1.4 Die weitere Entwicklung	66
3.1.5 Längenmeßgeräte und Längenmeßverfahren	68
3.1.5.1 Die Abbesche Anordnung	68
3.1.5.2 Komparatoren	70
3.1.5.3 Interferometer	74
3.1.5.4 Das photoelektrische Meßmikroskop	78
3.1.5.5 Endmaße	80
3.1.5.6 Maßstäbe	85
3.1.6 Lagerung	86
3.1.7 Führungen	88

3.2	Das Kilogramm	91
3.2.1	Einleitung	91
3.2.2	Das Kilogramm-Prototyp	91
3.2.3	Massevergleiche	93
3.2.3.1	Einflüsse, die vom Massenormal kommen	93
3.2.3.2	Einflüsse, die vom Wägeverfahren, von der Waage und vom Wägevorgang kommen	94
3.2.4	Die Luftauftriebskorrektur	95
3.2.5	Die Fallbeschleunigung	96
3.2.6	Die Messung der Fallbeschleunigung	101
3.2.7	Die metrologische Bedeutung der Fallbeschleunigung	104
3.2.8	Schwere und träge Masse	105
3.2.9	Gravitationskonstante	107
3.2.10	Gewicht	111
3.2.11	Masse und Wägewert	111
3.2.12	Waagen und Wägemethoden	114
3.3	Die Sekunde	120
3.3.1	Einleitung	120
3.3.2	Die Weltzeit	120
3.3.3	Die Ephemeridenzeit	122
3.3.4	Die Atomzeit	125
3.3.5	Die Atomzeitskalen	125
3.3.6	Die Verbreitung der Zeit	129
3.3.7	Das Datum	131
3.3.8	Atomuhren	133
3.3.9	Uhren in unterschiedlichem Gravitationspotential	137
3.3.10	Stoppuhren	140
3.4	Das Ampere	141
3.4.1	Einleitung	141
3.4.2	Definition der elektrischen Einheiten	142
3.4.2.1	Die heutige Definition der Basiseinheit Ampere	142
3.4.2.2	Definition der abgeleiteten elektrischen Einheiten	143
3.4.3	Realisierung elektrischer Einheiten	144
3.4.3.1	Die Darstellung des Amperes	144
3.4.3.2	Die Darstellung des Farads	146
3.4.3.3	Die Darstellung des Ohms	147
3.4.3.4	Die Darstellung des Volts	148
3.4.3.5	Übersicht über die status-quo-Situation	152
3.4.4	Bewahrung der elektrischen Einheiten und internationaler Vergleich	152
3.4.4.1	Bewahrung des Ohms	152
3.4.4.2	Bewahrung des Volts	155
3.4.5	Die weitere Entwicklung	158
3.5	Das Kelvin	160
3.5.1	Einleitung	160
3.5.2	Die thermodynamische Temperatur	161
3.5.3	Der Tripelpunkt des Wassers	164
3.5.4	Die Internationale Praktische Temperaturskala	164
3.5.5	Die Angabe von Temperaturen	169

3.5.6	Meßgeräte zur Temperaturmessung	170
3.5.6.1	Tripelpunktgefäß	170
3.5.6.2	Gasthermometer	170
3.5.6.3	Die Interpolationsgeräte	173
3.6	Das Mol	174
3.7	Die Candela	182
3.7.1	Einleitung	182
3.7.2	Radiometrische Größen zur Beschreibung elektromagnetischer Strahlung	183
3.7.3	Der spektrale Hellempfindlichkeitsgrad	184
3.7.4	Photometrische (lichttechnische) Größen zur Beschreibung des Lichts	186
3.7.5	Die historische Entwicklung bei der Einführung einer photometrischen Basiseinheit	187
3.7.6	Zusammenhang zwischen Strahlungsphysik und Lichttechnik	189
3.7.7	Die Darstellung der Candela	190
3.7.8	Die weitere Entwicklung	192
3.7.9	Die Messung des Lichtstroms	195
4	Realisierung und Verbreitung des SI in Westeuropa	196
4.1	Einleitung	196
4.2	Die nationalen Normale für die SI-Basiseinheiten	197
4.3	Rechtsgrundlagen für die Weitergabe der SI-Basiseinheiten	198
4.4	Meßunsicherheiten bei der Weitergabe der SI-Basiseinheiten	200
4.5	Meßunsicherheiten bei der Weitergabe weiterer Einheiten	204
4.6	Referenzsubstanzen	207
4.7	Kalibrierdienst	208
5	Das gesetzliche Meßwesen	210
5.1	Das Eichgesetz	210
5.2	Die Eichordnung	211
5.3	OIML-Empfehlungen	216
6	Dimension, Größe, Einheit, Zahlenwert	218
6.0	Allgemeines	218
6.1	Dimension, Größenart	218
6.2	Physikalische Größe	223
6.3	Einheit	226
6.4	Zahlenwert	231
6.5	Gleichungen	232
6.6	Größenquotienten	236
6.7	Größenverhältnisse	237
6.8	Systeme	243
6.9	Zahlen	251

6.9.1	Das Dezimalzeichen	251
6.9.2	Schreibweise von Zahlen	252
6.9.3	Runden	253
6.9.4	Runden mit Unsicherheit	253
6.9.5	Runden nach dem Umrechnen in andere Einheiten	254
6.9.6	Prozent, Promille	256
7	Meßtechnische Grundbegriffe	257
7.0	Einleitung	257
7.1	Der Begriff des Messens und das Meßergebnis	257
7.2	Meßverfahren	262
7.3	Meßgeräte	264
7.4	Die Ausgabe (Anzeige)	269
7.5	Skalen	270
8	Konsistenter Satz von Fundamentalkonstanten	272
9	Literatur	278
Anhang		280
A1	Gesetz über Einheiten im Meßwesen (Einheitengesetz)	281
A2	Ausführungsverordnung zum Gesetz über Einheiten im Meßwesen	286
A3	Tafel der gesetzlichen Einheiten	302
A4	Auslaufende Einheiten und ihre Übergangsfristen	319
A5	Rechtsvorschriften für die Umrechnung früherer Landesmaße in Deutschland in metrische Einheiten	322
A6	Gesetz über die Zeitbestimmung	326
A7	Beispiel eines Bulletins über den Zeitzeichensender DCF 77	328
A8	Zeitzeichensender, die in Mitteleuropa bequem empfangen werden können	329
A9	Verbreitung des metrischen Systems	330
A10	Abkürzungen von Organisationen	335
A11	OIML-Dokument „Unités de Mesure Légales“	337
A12	Verzeichnis von Normen über Einheiten in anderen Ländern	351
A13	Verzeichnis der DIN-Normen und Norm-Entwürfe über Größen, Einheiten und Formelzeichen	353
A14	Darstellung der Einheitenamen in Systemen mit beschränktem Schriftzeichen-vorrat	361
A15	Bekanntmachung über Temperaturskalen (Internationale Praktische Temperaturskala 1968)	363
A16	Chemische Elemente	383
A17	Tabellen: Größenbenennungen in Deutsch, Englisch und Französisch, Formelzeichen, Einheiten	385
A18	Umrechnungsbeziehungen	416
A19	Richtlinie des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Einheiten im Meßwesen (EG-Einheitenrichtlinie)	430
A20	Entwurf einer EG-Einheitenrichtlinie; Stand Februar 1979	443