

Hoppe/Mönter

Das internationale Einheitensystem



Messen mit Maßen – Maße zum Messen



Seit 1. 1. 1978 gesetzlich
vorgeschrieben!

**Ulrich Hoppe
Burckhard Mönter**

Das internationale Einheitensystem SI

Messen mit Maßen – Maße zum Messen



Verlagsgesellschaft Schulfernsehen, Köln

Inhalt

Einleitung

| | |
|--|----|
| Messen mit Maßen – Maße zum Messen | 11 |
| Die Einheiten – ein Politikum | 14 |

Das Meter

| | |
|---|----|
| Längenmessung, eine Notwendigkeit | 17 |
| Körpermaße – sehr individuell | 18 |
| Ein Naturmaß für die Länge | 20 |
| Der schwierige Weg zum „Meter“ | 22 |
| Das Urmeter, eine verkörperte Maßeinheit | 24 |
| Auch bei den Maßen: Eine Kopie ist nicht das Original | 26 |
| Die neue Definition des Meters | 27 |
| Licht und andere Strahlen: Signale aus Atomen | 27 |
| Die ⁸⁶ Kr-Wellenlängennormal-Lampe | 30 |
| Interferenz von Wellen | 32 |
| Das Michelson-Interferometer | 34 |
| Weitergabe der Längeneinheit in der Praxis | 36 |
| Endmaße, die industriellen Längennormale | 36 |
| Bestimmung der Endmaße | 37 |
| Genauigkeitsanforderung | 38 |
| Konsequenzen der neuen Meter-Definition im SI | 38 |
| Abgeleitete Einheiten zum Messen von Fläche und Volumen | 40 |

Die Sekunde

| | |
|---|----|
| Vom Sonnenstand zur Stundeneinteilung | 41 |
| Erste künstliche Uhren | 42 |
| Von der Sonnenuhr zum Fadenpendel | 44 |
| Astronomische Zeitmarken | 47 |
| Die neue Definition der Sekunde – nicht solar, sondern atomar | 48 |
| Die amtliche Zeit – ein Kompromiß | 51 |

| | |
|--|----|
| Aussendung von Zeitsignalen | 52 |
| Zeit-Verbraucher | 54 |
| Die Vielfachen der Sekunde — aus historischen und natürlichen Gründen nicht dezimal | 55 |
| Abgeleitete Einheiten aus Meter und Sekunde | 56 |
| Geschwindigkeit | 56 |
| Beschleunigung | 57 |

Das Kilogramm und das Newton

| | |
|---|----|
| Die Verbindung von Masse und Kraft | 58 |
| Was ist Masse? | 59 |
| Die Waage, Meßinstrument und Symbol | 59 |
| Massen ziehen sich an | 60 |
| Nachweis der Anziehungskraft mit einer Drehwaage | 61 |
| Die Gewichtskraft ist ortsabhängig | 63 |
| Massevergleich mit der Balkenwaage | 65 |
| Ein Naturmaß für die Masse? | 65 |
| Das Urkilogramm, Darstellung der Masseneinheit | 66 |
| Die Problematik eines Prototyps, Hierarchie der Normale | 68 |
| Genauigkeit bei der Weitergabe der Einheit | 70 |
| Meßunsicherheit bei der Wägung | 70 |
| Einflüsse vom Massenormal | 72 |
| Geforderte und erreichte Präzision der Massebestimmung | 72 |
| Die Suche nach der Krafteinheit | 74 |
| Ein Kilopond, die frühere Krafteinheit | 75 |
| Der Weg zu einer neuen Einheit | 75 |
| Die Trägheit von Masse und ihre Folgen | 76 |
| Der Zusammenhang zwischen Kraft, Masse und Beschleunigung | 76 |
| Die neue Krafteinheit im SI, das Newton | 78 |
| Die Verbindung zwischen Newton und Kilopond | 79 |
| Umrechnen bei den neuen Einheiten? | 80 |
| Zusammenfassung | 81 |

Druck, Arbeit, Energie und Leistung

| | |
|---|----|
| Das Pascal — die Einheit für den Druck | 82 |
| Das Joule — die Einheit für die Arbeit | 84 |
| Arbeit — ein Maß für Energieänderungen | 85 |
| Die Wärme — eine weitere Form der Energie | 89 |
| Der Energieerhaltungssatz | 90 |

| | |
|---|----|
| Eine Einheit für die Leistung | 91 |
| Der Abschied von der Pferdestärke | 91 |

Das Kelvin und das Mol

| | |
|---|-----|
| Die Temperatur – ein Maß für heiß und kalt | 93 |
| Die physikalische Temperatur – eine abstrakte Größe | 94 |
| Ein natürlicher Nullpunkt für die Temperatur | 97 |
| Kein echter Nullpunkt: der Schmelzpunkt von Wasser | 97 |
| Die thermodynamische Temperaturskala | 99 |
| Wie Temperaturen gemessen werden | 102 |
| Weshalb die Kalorie ausgedient hat | 104 |
| Eine junge Basiseinheit: das Mol | 105 |
| Mol und Kilogramm | 105 |
| Wo das Mol gebraucht wird | 106 |
| Beim Gasverbrauch geht's um das Mol | 107 |

Die Candela

| | |
|--|-----|
| Lichtquellen – aktiv und passiv | 109 |
| Licht – eine vielschichtige Angelegenheit | 110 |
| Licht als elektromagnetische Strahlung | 110 |
| Lichtfarben – im Spektrum quantifizierbar | 111 |
| Licht – für den Menschen eine Sache der Physiologie? | 112 |
| Die Candela – sehr auf den Menschen bezogen | 114 |
| Ein einfaches Meßgerät: das Fettfleckphotometer | 114 |
| Schwarze Strahler | 116 |
| Erstarrendes Platin | 117 |
| Realisierung der Candela | 119 |
| Die Zukunft der Candela | 120 |
| Die lichttechnischen Größen | 120 |
| Das SI, ein lebendiges System | 122 |

Das Ampere

| | |
|---|-----|
| Was ist elektrischer Strom? | 125 |
| Die Geschwindigkeit von Elektronen in Leitern | 127 |
| Elektrischer Strom erzeugt Wärme | 127 |

| | |
|--|-----|
| Die chemische Wirkung des elektrischen Stroms | 129 |
| Die alte Definition der Stromstärkeeinheit Ampere | 130 |
| Die magnetische Wirkung des elektrischen Stroms | 131 |
| Die neue Definition der Stromstärke | 132 |
| Hält die Definition, was sie verspricht? | 132 |
| Die Definition einer Einheit unterscheidet sich von ihrer Realisierung | 133 |
| Experimentelle Einführung der Spannung | 135 |
| Die elektrische Energie. | 137 |
| Die Einheit der Leistung im SI | 138 |
| Die Weitergabe der elektrischen Einheiten | 138 |
| Das Ampere – in Zukunft überholt? | 139 |

Das System

| | |
|--|-----|
| Was ist ein System? | 141 |
| Zielsetzung von Systemen | 142 |
| Hintergründe des Einheitensystems | 142 |
| Die Basisgrößen des SI | 143 |
| Sind die Basiseinheiten des SI wirklich unabhängig | 144 |
| Die Vorzüge des SI | 144 |
| Ein Beispiel für die Kohärenz: Energieeinheiten | 145 |
| Der Energiekreislauf. | 145 |
| Umformung ist nicht gleich Umformung | 146 |
| Wie „gut“ sind die Basiseinheiten? | 146 |
| Was geschieht mit SI-Sündern? | 148 |

Tabellen

| | |
|--|-----|
| Rechtsvorschriften zur Festsetzung der gesetzlichen Einheiten im Meßwesen | 150 |
| Basisgrößen und SI-Basiseinheiten | 151 |
| Definitionen der SI-Basiseinheiten | 151 |
| Vorsätze und Vorsatzzeichen für bestimmte dezimale Vielfache und Teile von Einheiten | 152 |
| Benennung abgeleiteter Einheiten | 153 |
| Abgeleitete SI-Einheiten mit besonderen Namen | 153 |
| Ursprung der Namen nach Personen benannter SI-Einheiten | 155 |
| Wichtige physikalische Größen und ihre SI-Einheiten | 158 |
| Nicht kohärente gesetzliche Einheiten | 168 |

| | |
|--|-----|
| Spezielle atomphysikalische Einheiten | 169 |
| Gesetzliche Einheiten mit eingeschränkter Anwendung | 170 |
| Unzulässige Einheiten | 171 |
| Umrechnungstabellen für häufig verwendete Einheiten | 178 |
| Umrechnung von englischen und amerikanischen Einheiten in SI- Einheiten | 180 |
| Internationale Verbreitung der metrischen (SI-)Einheiten | 181 |

Anhang

| | |
|-----------------------------|-----|
| Literaturhinweise | 187 |
| Register | 187 |