

---

# TASCHENBUCH DER PHYSIK

---

von  
Horst Kuchling, Oberstudienrat i. R.

18., neu bearbeitete Auflage

Mit zahlreichen Bildern und Tabellen



**FACHBUCHVERLAG LEIPZIG**  
im Carl Hanser Verlag

### 3 Internationales Einheitensystem (SI)

Das Messen ist eine der wichtigsten Aufgaben in Physik und Technik. Neben den erforderlichen Messgeräten werden dafür vor allem genormte Einheiten benötigt, die in einem System („Maßsystem“) zusammengefasst sind.

Heute wird ausschließlich das 1960 international vereinbarte „Système International d’Unités“ verwendet. Dieses „Internationale Einheitensystem“ wird in allen Sprachen der Welt mit SI abgekürzt, seine Einheiten werden als **SI-Einheiten** bezeichnet.

#### 3.1 Basiseinheiten des SI

Das SI baut auf folgenden 7 Basiseinheiten (Grundeinheiten) auf:

▶ Einheit der Länge	<b>das Meter</b>	(m)
▶ Einheit der Zeit	<b>die Sekunde</b>	(s)
▶ Einheit der Masse	<b>das Kilogramm</b>	(kg)
▶ Einheit der elektrischen Stromstärke	<b>das Ampere</b>	(A)
▶ Einheit der Temperatur	<b>das Kelvin</b>	(K)
▶ Einheit der Stoffmenge	<b>das Mol</b>	(mol)
▶ Einheit der Lichtstärke	<b>die Candela</b>	(cd)

#### 3.2 Abgeleitete SI-Einheiten

Die weiteren SI-Einheiten werden als *Potenzprodukte* aus den Basiseinheiten **kohärent**, also *ohne* Verwendung von Zahlenfaktoren, abgeleitet. In [3.6] sind sie mit „SI“ gekennzeichnet. Alle anderen Einheiten sind **inkohärent** und somit keine SI-Einheiten.

Eine Liste der SI-Einheiten mit besonderem Namen → vordere Einbandinnenseite.

##### **Beispiel:**

Watt (W) ist eine *kohärente* Leistungseinheit, weil

$$1 \text{ W} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^3, \text{ also ohne Zahlenfaktor abgeleitet.}$$

Kilowatt (kW) ist eine *inkohärente* Leistungseinheit, weil

$$1 \text{ kW} = 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^3, \text{ also mit Hilfe eines Zahlenfaktors abgeleitet.}$$

<b>Wärme, spezifische <math>q</math></b>	$L^2 T^{-2}$
Joule/Kilogramm (J/kg) = $m^2/s^2$	SI /
Kalorie/Gramm (cal/g) = kcal/kg = 4 186,8 J/kg	ug -
= 4,186 8 kJ/kg	
<b>Wärmedurchgangskoeffizient <math>k</math></b>	$MT^{-3} \Theta^{-1}$
<b>Wärmeübergangskoeffizient <math>\alpha</math></b>	
$W/(m^2 \cdot K)$ = kg/(s <sup>3</sup> · K)	SI /
kcal/(m <sup>2</sup> · h · grd) = 1,163 W/(m <sup>2</sup> · K)	ug /
cal/(cm <sup>2</sup> · s · grd) = 4,186 8 · 10 <sup>4</sup> W/(m <sup>2</sup> · K)	ug /
= 41,868 kW/(m <sup>2</sup> · K)	
<b>Wärmekapazität <math>C</math></b>	$L^2 MT^{-2} \Theta^{-1}$
<b>Entropie <math>S</math></b>	
Joule/Kelvin (J/K) = W · s/K = N · m/K = kg · m <sup>2</sup> /(s <sup>2</sup> · K)	SI /
Kilokalorie/Grad (kcal/grd) = 4 186,8 J/K = 4,186 8 kJ/K	ug /
Kalorie/Grad (cal/grd) = 4,186 8 J/K	ug /
<b>Wärmekapazität, molare <math>C_m</math></b>	$L^2 MT^{-2} \Theta^{-1} N^{-1}$
J/(mol · K) = kg · m <sup>2</sup> /(s <sup>2</sup> · mol · K)	SI /
<b>Wärmekapazität, spezifische <math>c</math></b>	$L^2 T^{-2} \Theta^{-1}$
J/(kg · K) = m <sup>2</sup> /(s <sup>2</sup> · K)	SI /
kcal/(kg · grd) = cal/(g · grd) = 4 186,8 J/(kg · K)	ug /
= 4,186 8 kJ/(kg · K)	
<b>Wärmeleitfähigkeit <math>\lambda</math></b>	$L MT^{-3} \Theta^{-1}$
$W/(m \cdot K)$ = kg · m/(s <sup>3</sup> · K)	SI /
kcal/(m · h · grd) = 1,163 W/(m · K)	ug /
cal/(cm · s · grd) = 418,68 W/(m · K)	ug /
<b>Widerstand, elektrischer <math>R</math></b>	$L^2 MT^{-3} I^{-2}$
Ohm ( $\Omega$ ) = V/A = kg · m <sup>2</sup> /(s <sup>3</sup> · A <sup>2</sup> )	SI +
<b>Widerstand, spezifischer elektrischer <math>\rho</math></b>	$L^3 MT^{-3} I^{-2}$
Ohmmeter ( $\Omega \cdot m$ ) = V · m/A = kg · m <sup>3</sup> /(s <sup>3</sup> · A <sup>2</sup> )	SI +
Ohmzentimeter ( $\Omega \cdot cm$ ) = 10 <sup>-2</sup> $\Omega \cdot m$	VT /
$\Omega \cdot mm^2/m$ = 10 <sup>-6</sup> $\Omega \cdot m$ = $\mu\Omega \cdot m$	VT /
<b>Winkel, ebener <math>\alpha, \varphi, \dots</math></b>	
Radian (rad) = m/m = 1	SI +
Grad (°) = ( $\pi/180$ ) rad = 17,453 29 mrad	g -
Minute (′) = 1°/60 = 0,290 888 2 mrad	g -
Sekunde (″) = 1′/60 = 1°/3 600 = 4,848 14 $\mu$ rad	g -
Gon (gon) = ( $\pi/200$ ) rad = 0,9° = 15,707 96 mrad	g +
Neugrad (ᵍ) = ( $\pi/200$ ) rad = 1 gon	ug -
Neuminute (ᶜ) = ( $\pi/2 \cdot 10^4$ ) rad = 10 mgon	ug -
Neusekunde (ᶜᶜ) = ( $\pi/2 \cdot 10^6$ ) rad = 0,1 mgon	ug -
degree (d) = 1,745 329 · 10 <sup>-2</sup> rad = 17,453 29 mrad	a -
degré (°, d) = 1,745 329 · 10 <sup>-2</sup> rad = 17,453 29 mrad	a -

Die Momentangeschwindigkeit ist die 1. Ableitung der  $s, t$ -Funktion nach der Zeit ( $v = \dot{s}$ ).

**Beachte:**

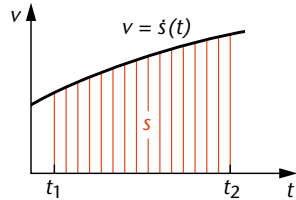
- Zur Berechnung von  $v$  muss das Weg-Zeit-Gesetz der jeweiligen Bewegung bekannt sein.
- (M 6.1) und (M 6.3) sind mit  $a = 0$  bzw.  $a = \text{konstant}$  einfache Sonderfälle von (M 6.15).

Aus (M 6.15) folgt

$ds = v dt$  und durch Integration

$$\int ds = \int v dt \quad \text{oder}$$

$$(M 6.16) \quad s = \int_{t_1}^{t_2} v dt$$



Der Weg ist das Zeitintegral der Geschwindigkeit.

**Beachte:**

- Zur Berechnung von  $s$  muss das Geschwindigkeit-Zeit-Gesetz der jeweiligen Bewegung bekannt sein.

**Durchschnittsgeschwindigkeit (mittlere Geschwindigkeit)**

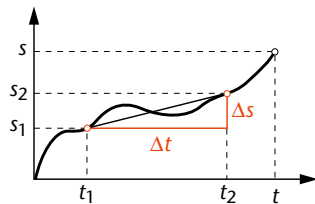
Sie ergibt sich aus der Definition

$$\text{Durchschnittsgeschwindigkeit} = \frac{\text{Gesamtweg}}{\text{benötigte Gesamtzeit}} \quad \text{zu}$$

$$(M 6.17) \quad \bar{v} = \frac{s}{t} \quad \text{SI} \quad \left| \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{m} \quad \text{s} \right.$$

oder für ein **Intervall** der Bewegung übereinstimmend mit (M 6.13)

$$(M 6.18) \quad \bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$$



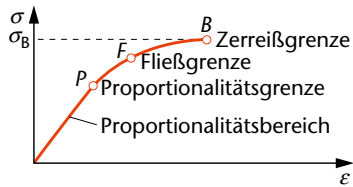
**Momentanbeschleunigung**

Das  $v, t$ -Diagramm zeigt die zu bestimmten Zeiten vorhandene Geschwindigkeit. Je steiler die Kurve, desto größer ist die Momentanbeschleunigung zu diesem Zeitpunkt.

M

## 12 Elastizität fester Körper

In den Gebieten Statik, Kinematik und Dynamik werden die Körper als Abstraktionen „Massenpunkt“ und „starrer Körper“ betrachtet. Tatsächlich treten aber unter dem Einfluss äußerer Kräfte Form- und Volumenänderungen (**Deformationen**) auf, die eine Relativbewegung zwischen den Körperelementen (Molekülen) voraussetzen.



Verswinden mit der äußeren Kraft die Deformationen, so spricht man von **Elastizität**. Bei Überschreiten der Elastizitätsgrenze treten jedoch Gefügeänderungen ein, der Körper wird **plastisch**, er bleibt auch ohne äußere Kraft deformiert. Hinsichtlich der Auswirkung äußerer Kräfte können folgende Möglichkeiten unterschieden werden.

### Übersicht:

Vorgang	Formänderung	Volumenänderung	→ Abschnitt
Dehnung	ja	ja	[12.1]
Kompressibilität	nein	ja	[12.2]
Scherung	ja	nein	[12.3]
Drillung, Torsion	ja	nein	[12.4]

### 12.1 Dehnung

Bei einem stabförmigen Körper verursacht eine Zug- oder Druckkraft eine Längenänderung  $\Delta l$ . Ihre Größe hängt außer von den Abmessungen des Stabes vom Material und der Kraft ab.

Wenn

- $l$  Stablänge ohne Kraftwirkung,
- $\Delta l$  Längenänderung unter Kraftwirkung,
- $\varepsilon$  Dehnung =  $\Delta l/l$ , relative Längenänderung,

