

# **Zusatztutorium PPH**

## **#1: Einheiten**

# Physikalische Größen und SI-Einheiten

- Alle physikalischen Größen haben eine fest zugeordnete physikalische Einheit, z.B.
  - Weg, Länge, Höhe ... : Meter (m)
  - Zeit: Sekunde (s)
  - Kraft: Newton (N)
- Im Allgemeinen werden Einheiten verwendet, welche auf dem internationalen Einheitensystem (*Système international d'unités, SI-Einheitensystem*) beruhen
  - Diese Einheiten werden auch als SI-Einheiten bezeichnet
- Das SI-Einheitensystem besteht aus 7 Basisgrößen und den davon abgeleiteten Größen/Einheiten, diese Basisgrößen sind:
  - Länge, Masse, Zeit, Stromstärke, Temperatur, Stoffmenge, Lichtstärke

# Physikalische Größen und SI-Einheiten

- Das SI-Einheitensystem besteht aus 7 Basisgrößen:
  - Länge, Masse, Zeit, Stromstärke, Temperatur, Stoffmenge, Lichtstärke
  - Die Standardeinheiten dieser 7 Basisgrößen sind
    - [Name, Standard-Symbol] – Standardeinheit

[Länge  $l$ ] – Meter, m

[Lichtstärke  $I_v$ ] – Candela, Cd

[Masse  $m$ ] – Kilogramm, kg

[Stoffmenge  $n$ ] – Mol, mol

[Zeit  $t$ ] – Sekunde, s

[Temperatur  $T$ ] – Kelvin, K

[Stromstärke  $I$ ] – Ampere, A

# Physikalische Größen und SI-Einheiten

- Die Standardeinheiten aller weiteren physikalischen Größen sind sogenannte von den SI-Basisgrößen *abgeleitete Einheiten*
  - [Druck p] – Pascal Pa
    - ❖  $Pa = kg/(m \cdot s^2)$
  - [Frequenz f] – Hertz Hz
    - ❖  $Hz = 1/s$
  - [Leistung P] – Watt, W
    - ❖  $W = m^2 \cdot kg/s^3$
  - [Spannung U] – Volt V
    - ❖  $V = m^2 \cdot kg/(s^3 \cdot A)$
  - ... etc.
- Somit kann jede beliebige Einheit einer physikalischen Größe auf die Einheiten der 7 Basisgrößen des SI-Systems zurück gerechnet werden, siehe hierzu das Beispiel auf der nächsten Seite
- **Wichtig ist, dass jeder Zahlenwert einer physikalischen Größe stets mit der dazugehörigen Einheit notiert wird! Ohne Einheit ist der Zahlenwert bedeutungslos und damit falsch! In welcher Einheit (Basis oder abgeleitet) notiert werden soll, kommt auf die Aufgabe an!**
  - **Richtig:  $v = 775 \text{ m/s}$ ,  $v = 0,775 \text{ km/s}$  Falsch:  $v = 775$**

# Physikalische Größen und SI-Einheiten

- *Beispiel 1: Berechnen Sie die Geschwindigkeit der abgeschossenen Kugel*

➤ *geg.: Abschussenergie  $E = 3000 \text{ J}$ , Gewicht der Kugel  $m = 0,01 \text{ kg}$*

➤ *ges.: Abschussgeschwindigkeit  $v$*

➤ *lös.:*

➤ *Kinetische Energie*  $E_{Kin} = \frac{1}{2}mv^2 \longrightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{Kin}}{m}}$

➤ *Schnelle Kontrolle der Richtigkeit der umgestellten Formel:*

➤ *Standardeinheit der Geschwindigkeit ist  $[v] = \text{m/s}$*

➤ *Einheiten in die Formel einsetzen und überprüfen*

❖ *Einsetzen der Standardeinheiten für Energie und Masse (die 2 kann vernachlässigt werden, da sie keine Einheit besitzt)*

$$\frac{\text{m}}{\text{s}} = \sqrt{\frac{\text{J}}{\text{kg}}}$$

❖ *Dargestellt in den Basisgrößen ergibt nach Kürzen die richtige Einheit von  $v$ :*

$$\frac{\text{m}}{\text{s}} = \sqrt{\frac{\text{m}^2 \cdot \text{kg}}{\text{s}^2} \cdot \frac{1}{\text{kg}}} = \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

❖ *Formel richtig!*

# Physikalische Größen und SI-Einheiten

- Aufgrund dieser Kontrollmöglichkeit ist es äußerst hilfreich und notwendig, beim notieren der Formeln mit eingesetzten Zahlenwerten auch die dazugehörigen physikalischen Einheiten zu notieren!

- Streng genommen sind eingesetzte Zahlenwerte ohne Einheiten falsch!
- Richtig: Eingesetzte Zahlenwerte mit abgeleiteten Einheiten

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 3000 \text{ J}}{0,01 \text{ kg}}} = 774,597 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- Ebenfalls richtig: Eingesetzte Zahlenwerte mit Basiseinheiten (aufwendiger)

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 3000 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}}{0,01 \text{ kg} \cdot \text{s}^2}} = 774,597 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- Falsch bzw. unzureichend und fehleranfällig: Keine Einheiten beim Einsetzen, aber richtige Einheit beim Ausrechnen

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 3000}{0,01}} = 774,597 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- Falsch: Keine Einheiten (und keine Kontrollmöglichkeit)

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 3000}{0,01}} = 774,597$$

# Physikalische Größen und SI-Einheiten

- Eine weitere wichtige Eigenschaft von physikalischen Größen und deren Einheiten ist die sogenannte Standardeinheit
- Für eine physikalische Größe können u.a. mehrere Einheiten verwendet werden, z.B.:
  - [Volumen  $V$ ] –  $\text{m}^3$ , l
  - [Temperatur  $T$ ] – K, °C, °F
- Hinzu kommt, dass die Einheiten von physikalischen Größen zur besseren Verwendung/einfacheren Schreibweise skaliert werden können:
  - $0,000003 \text{ kg} = 3 \text{ mg}$  (Milligramm, Masse skaliert mit  $1/1000000$ )
  - $1000 \text{ m} = 1 \text{ km}$  (Kilometer, Länge skaliert mit 1000)
  - Siehe hierzu die Skalierungstabelle auf der nächsten Seite
- Die Standardeinheiten sind die im SI-Einheitensystem (wie vorher beschrieben) angegebenen Einheiten ohne eine Skalierung
  - °C, °F oder l sind in dem Fall keine Standardeinheiten!
- Vor dem Berechnen von Formeln und zum Vermeiden von Fehlern muss jede Einheit in die dazugehörige Standardeinheit umgerechnet werden, da ansonsten Konflikte auftreten können und die Ergebnisse fehlerhaft sind!

# Physikalische Größen und SI-Einheiten

- Nachfolgend sind die am meisten benutzten Skalierungen anhand der Einheit Watt dargestellt
- Die Skalierungen sind für jede andere physikalische Einheit ebenfalls zulässig
- Um Schreibaufwand zu sparen, werden darüber hinaus sehr große und sehr kleine Zahlen als Potenzen von 10 dargestellt, was auch wissenschaftliche Schreibweise genannt wird

Name	Kürzel	Dezimal	Wissenschaftlich
Atto	aW	0,0000000000000001 W	$10^{-15}$ W
Piko	pW	0,0000000000001 W	$10^{-12}$ W
Nano	nW	0,000000001 W	$10^{-9}$ W
Mikro	$\mu$ W	0,000001 W	$10^{-6}$ W
Milli	mW	0,001 W	$10^{-3}$ W
Centi	cW	0,01 W	$10^{-2}$ W
Dezi	dW	0,1 W	$10^{-1}$ W
-	W	1 W	$10^0$ W
Hekto	hW	100 W	$10^2$ W
Kilo	kW	1000 W	$10^3$ W
Mega	MW	1000000 W	$10^6$ W
Giga	GW	1000000000 W	$10^9$ W
Tera	TW	1000000000000 W	$10^{12}$ W
Peta	PW	1000000000000000 W	$10^{15}$ W



# Physikalische Größen und SI-Einheiten

- Bei negativen Zahlen gibt die Potenz über der 10 in der wissenschaftlichen Schreibweise die Anzahl der Stellen vor der Zahl in Dezimalschreibweise an (inklusive der Null vor dem Komma)
- Bei positiven Zahlen gibt die Potenz die Anzahl der Stellen nach der Zahl an
  - $10^{-4} = 0,0001$ ,  $10^7 = 10000000$
- Zum Umrechnen der Skalierungen in die entsprechende Standardeinheit hilft es, sich die Skalierungskürzel als Variable oder Platzhalter vorzustellen
  - $\mu$  steht als Kürzel für  $0,000001$  bzw.  $10^{-6}$
  - Somit ist  $3,56 \mu\text{m} = 3,56 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 0,00000356 \text{ m}$
  - Die Zahl wird also mit der Skalierung multipliziert, um auf die Standardeinheit zu kommen
- Umgekehrt muss man beim Umrechnen von einer Standardeinheit in die skalierte Einheit die Zahl durch den Skalierungswert teilen
  - $10,04 \text{ J in nJ}$
  - $10,04 \text{ J} = 10,04 \cdot \frac{1}{10^{-9}} \text{ nJ} = 10,04 \cdot 10^9 \text{ nJ}$
  - *Kontrolle:*  $10,04 \cdot 10^9 \text{ nJ} = 10,04 \cdot 10^9 \cdot 10^{-9} \text{ J} = 10,04 \text{ J}$

# Physikalische Größen und SI-Einheiten

- *Beispiel 2: Berechnen Sie die Geschwindigkeit der abgeschossenen Kugel*

➤ *geg.:* Abschussenergie  $E = 3000 \text{ J}$ , Gewicht der Kugel  $m = 10 \text{ g}$

➤ *ges.:* Abschussgeschwindigkeit  $v$

➤ *lös.:*

➤ *Kinetische Energie*  $E_{Kin} = \frac{1}{2}mv^2 \longrightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{Kin}}{m}}$

- ❖ Fehlerhaft: Einsetzen der Werte ohne Umrechnung auf Standardeinheit, Keine Überprüfung der Einheiten des Ergebnis

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 3000 \text{ J}}{10 \text{ g}}} = 24,495 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- ❖ Kontrolliert man die Einheiten in der Formel, so würde man bemerken, dass das Ergebnis nicht die Einheit m/s besitzt!

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 3000 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}}{10 \text{ g} \cdot \text{s}^2}} = 24,495 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \sqrt{\frac{\text{kg}}{\text{g}}}$$

- ❖ Die richtige Vorgehensweise ist daher, zu allererst die Eingangswerte auf (nichtskalierte) Standardeinheiten umzurechnen!

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 3000 \text{ J}}{0,01 \text{ kg}}} = 774,597 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$