

Inhaltsverzeichnis

	Seite
EINFÜHRUNG IN DIE PHYSIK	2
Die Aufgaben der Naturwissenschaft Physik	2
Unterscheidung zwischen Physik und Chemie	2
Teilgebiete der Physik	4
GRÖßEN UND EINHEITEN	5
Basisgrößen und ihre Einheiten	5
Abgeleitete Größen und ihre Einheiten	6
Vielfache und Teile von physikalischen Einheiten	6
Umrechnung von physikalischen Einheiten	7
MESSUNGEN UND MESSGENAUIGKEIT	8
Genauigkeit der Zahlenangaben aus Messungen	8
Bedeutung des Mittelwertes und die Berechnung dieses Wertes	8
Fehlerquellen und Fehlerbetrachtungen	9
Fehlerberechnung	9
GEOMETRISCHE GRUNDLAGEN	10
Die Länge	10
Die Fläche	11
Das Quadrat:	11
Das Rechteck:	12
Das Dreieck:	12
Der Kreis:	13
Der Kreisring:	13
Berechnungsbeispiele:	14
Das Volumen (Rauminhalt)	15
Der Würfel:	16
Der Quader:	17
Der Zylinder:	17
Der Hohlzylinder:	18
Die Kugel:	18
Berechnungsbeispiele:	19
ÜBUNGSAUFGABEN	21
Lösungen	22

Einführung in die Physik

Herzlich willkommen zu unserer ersten Lehreinheit der Physik!

In diesem Kapitel erfahren Sie alle Grundlagen, die Sie später benötigen, um die weiteren Einheiten erfolgreich durcharbeiten zu können.

Ab dem zweiten Kapitel finden Sie am Ende ausführlich beschriebene Beispielaufgaben, die Sie in Ruhe durcharbeiten sollten.

Am Ende der Einheit sind Übungsaufgaben, die Sie versuchen sollen, ohne Hilfe zu lösen. Erst, wenn Sie mit einer Aufgabe Probleme haben, schauen Sie bitte in den Lösungen direkt im Anschluss nach. Sollten Sie wider Erwarten trotzdem etwas nicht verstehen, steht Ihnen unsere E-Mail-Hotline zur Verfügung, über die Sie offene Fragen abklären lassen können.

Die Aufgaben der Naturwissenschaft Physik

Das Wort Physik lässt sich zurückführen auf das altgriechische "Physis", zu deutsch: Natur. Ursprünglich bedeutete damit Physik soviel wie Naturlehre.

Die Naturwissenschaften beschäftigen sich mit den Vorgängen in der uns umgebenden Natur sowie mit dem Bau und den Eigenschaften der an diesen Vorgängen beteiligten Stoffe und Körper.

Der Mensch ist nicht damit zufrieden, die Fülle der ihm durch seine Sinnesorgane vermittelten Naturerscheinungen lediglich zu beobachten, sondern er strebt mit seinem Wissensdrang nach einer Erkenntnis der gegenseitigen Abhängigkeit und Bedingtheit der Naturvorgänge.

Die Beantwortung aller Fragen an die Naturvorgänge entspringen dem Streben des Menschen nach Erkenntnis der Natur und der Erfassung ihrer inneren Zusammenhänge, sind die Aufgaben der Naturwissenschaften.

Alle Naturwissenschaften wollen Naturvorgänge beobachten, beschreiben und die Gesetze erforschen, nach denen sich diese Vorgänge abspielen. Ziel ist es hierbei, für neue, aber irgendwie ähnliche Situationen Voraussagen zu machen.

Die Aufgaben der Physik bestehen darin, Zustände bzw. Zustandsänderungen der Stoffe zu untersuchen und die dafür verantwortlichen Ursachen zu ermitteln.

Es geht in der Physik nicht um Veränderungen in der Zusammensetzung der betrachteten Stoffe. Denn bei physikalischen Vorgängen bleibt der innere Aufbau der Stoffe unverändert erhalten. Eine Zustandsänderung wird deshalb oft auch als äußere Veränderung eines Stoffes bezeichnet.

Die Anwendung physikalischer Erkenntnisse spielt in der Technik eine bedeutende Rolle. Dem Menschen wird es dadurch möglich, die Naturvorgänge zum Nutzen und bisweilen auch zum Schaden der Menschheit zu beherrschen.

Unterscheidung zwischen Physik und Chemie

Im Laufe der Zeit hat das Wissen um die Natur aber so zugenommen, dass die gesamte Naturwissenschaft in viele Teilgebiete aufgliedert wurde. So ist die heutige Physik nur noch ein Zweig der Naturwissenschaft.

Physikalische Grundlagen (P01)

Physik	Vorgänge in der unbelebten Natur ohne Stoffumwandlung
Chemie	Vorgänge in der unbelebten Natur mit Stoffumwandlung
Biologie	Vorgänge in der belebten Natur
Astronomie	Vorgänge in der Welt der Gestirne

Tabelle 1 Übersicht über die Naturwissenschaften

Die moderne Physik und die neuere Chemie verschmelzen in Wirklichkeit immer mehr zu einer sachlichen Einheit. Es ist deshalb überaus schwierig, die Arbeitsgebiete von Physik und Chemie exakt voneinander abzugrenzen. Wenn wir es trotzdem versuchen, dann erfolgt dies nur wegen des ungeheuren Stoffumfanges, d. h. aus rein praktischen Gründen.

Die Versuchsergebnisse lassen uns folgern:

Bei physikalischen Vorgängen ändert sich die innere Zusammensetzung der Körper nicht.

Bei chemischen Vorgängen entstehen neue Stoffe mit einer anderen Zusammensetzung und mit anderen Eigenschaften.

Unter einem Stoff verstehen wir dabei ein Material mit ganz bestimmten, von der jeweiligen Größe oder Gestalt unabhängigen Eigenschaften: ganz gleich, welche Form wir z. B. dem Stoff Eisen geben, in ungeschütztem Zustand wird Eisen rosten.

Stoffe sind also das, woraus Gegenstände bestehen. Für einen Physiker sind alle Gegenstände unserer Umwelt Körper. Jeder Körper besitzt eine Masse und entsprechend den herrschenden Bedingungen ein begrenztes Volumen.

Da es feste, flüssige und gasförmige Stoffe (Marmor, Öl, Luft) gibt, kennt der Physiker feste, flüssige und gasförmige Körper.

Ausgangsstoff	Eigenschaften vor dem Erhitzen	Erscheinungen während des Erhitzens	Eigenschaften nach dem Abkühlen	Art der Änderung
Platin (Draht)	silbrig glänzend	hellrotes Glühen des Drahtes	silbrig glänzend	Wärmezustand (physikalisch)
Magnesium (Band)	silberweißer glänzender Metallstreifen, an einigen Stellen etwas matt angelaufen	blendend weißes Licht	bröckelige, weiße Masse	Stoffumwandlung (chemisch)
Wasser	farblose, geruchlose, leichtbewegliche Flüssigkeit, fade schmeckend	Nach kurzer Zeit bilden sich in der Flüssigkeit Dampfblasen. Der entstehende Dampf ist farblos und besitzt eine Temperatur von etwa 100 °C.	Der farblose Dampf hat sich wieder zu einer farblosen, geruchlosen, fade schmeckenden Flüssigkeit kondensiert.	Formzustand (physikalisch)
Zucker	farblose, kristalline Substanz, süß schme-	Der Zucker schmilzt. Es entwi-	Schwarze unlösliche zusammen-	Stoffumwandlung (chemisch)

Physikalische Grundlagen (P01)

	ckend, löslich in Wasser zu einer farblosen Lösung	ckeln sich gelbliche brenn-bare Dämpfe. An kälteren Teilen bilden sich Wassertropfen. Die verbleibende Substanz wird schwarz.	hängende poröse Masse	(chemisch)
--	--	---	-----------------------	------------

Tabelle 2 Abgrenzung Physik - Chemie

Teilgebiete der Physik

Wenn auch die Physik nur einen Zweig der Naturwissenschaft darstellt, so bleibt dieses Gebiet trotzdem so umfangreich, dass es sinnvoll ist, die Physik in Teilabschnitte zu unterteilen.

So wurde früher die Physik nach den menschlichen Sinnesorganen in verschiedene Teilgebiete getrennt. In der modernen Physik aber verschmelzen früher getrennte Teilgebiete und wachsen zu größeren Einheiten zusammen.

Teilgebiet	Aufgabe
Mechanik*	Lehre von den Kräften und den Bewegungen
Kalorik*	Wärmelehre
Akustik	Lehre vom Schall
Optik*	Lehre vom Licht
Magnetismus	Lehre über magnetische Vorgänge
Elektrizität*	Lehre über elektrische Vorgänge
Atomphysik	Lehre über Vorgänge und Zustände im Innern von Atomen

Tabelle 3 Teilgebiete der klassischen Physik:

Die mit * gekennzeichneten Teilgebiete besitzen ein oder mehrere eigene Lehreinheiten auf unserem Bildungsserver. Die anderen befinden sich zur Zeit in Planung und werden ggf. in Zukunft noch hinzugefügt.

Größen und Einheiten

Beobachtet man die in der Natur von selbst ablaufenden Vorgänge, so kann man feststellen, dass sich diese Vorgänge unter gleichen Bedingungen in der gleichen Weise wiederholen.

Physikalische Vorgänge werden im Experiment künstlich und planmäßig hervorgerufen, um den Ablauf unter bestimmten, vereinfachten und idealisierten Bedingungen zu beobachten und um die grundlegenden physikalischen Zusammenhänge leichter erkennen zu können.

In Experimenten, die beliebig oft wiederholbar sein sollen, müssen subjektive Beobachtungen durch objektive Messungen ersetzt werden.

Das Versuchsergebnis stellt dann die Antwort auf die Frage nach einem physikalischen Zusammenhang dar.

Die Erkenntnisse der Gesetzmäßigkeiten der Physik resultieren aus jederzeit wiederholbaren Versuchen.

Alle Eigenschaften physikalischer Körper, physikalischer Vorgänge oder Zustände, die man beobachten und messen kann, nennt man physikalische Größen.

Physikalische Größen sind zum Beispiel:

Länge, Zeit, Masse, Kraft, Temperatur, elektrische Stromstärke usw.

Den Zusammenhang solcher Größen nennt man ein physikalisches Gesetz. Physikalische Gesetze werden durch eine physikalische Formel dargestellt.

Bei jeder Messung physikalischer Größen erhält man einen Zahlenwert einer genau festgelegten physikalischen Einheit.

Zusammenfassend wurde folgendes festgelegt:

Eine physikalische Größe ist das Produkt aus einem numerischen Wert (einer reinen Zahl) und einer Einheit.

physikalische Größe = Zahlenwert · physikalische Einheit

(Der Punkt zwischen Zahlenwert und Einheit wird normalerweise weggelassen.)

Basisgrößen und ihre Einheiten

Damit wir immer zu gleichen Ergebnissen kommen, auch wenn die Messungen von verschiedenen Personen an unterschiedlichen Orten der Erde ausgeführt werden, ist eine internationale Festlegung der physikalischen Einheiten notwendig. Für uns gilt seit 1970 das internationale Einheitensystem (SI). Fast alle physikalischen Größen können auf andere Größen zurückgeführt werden.

Man unterscheidet *Basisgrößen*, die man nicht weiter auf schon bekannte Größen zurückführen kann, und *abgeleitete Größen*, die sich aus den Basisgrößen entwickeln lassen.

Das Internationale Einheitensystem ist zweckmäßigerweise auf den folgenden sieben Basisgrößen und Basiseinheiten aufgebaut:

Basisgrößen	Größenzeichen	Basiseinheit	Einheitszeichen
Länge	s	Meter	m
Masse	m	Kilogramm	kg
Zeit	t	Sekunde	s
Elektrische Stromstärke	I	Ampere	A
Temperatur	T	Kelvin	K
Lichtstärke	I	Candela	cd
Stoffmenge	n	Mol	mol

Tabelle 4 Basisgrößen und ihre Einheiten

Abgeleitete Größen und ihre Einheiten

Alle anderen physikalischen Größen sind abgeleitete Größen, die sich aus einer oder mehreren Basisgrößen zusammensetzen.

$$\text{z. B. Volumen } V \quad [V] = \text{m}^3$$

$$\text{Geschwindigkeit } v \quad [v] = \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Die Einheiten ergeben sich aus den physikalischen Gleichungen. Physikalische Rechnungen werden durch Größen- und Einheitengleichungen gelöst. Dabei stellt man zunächst die Größengleichung nach der gesuchten Variablen um und setzt anschließend die Zahlenwerte in die dazugehörige Einheitengleichung ein.

Vielfache und Teile von physikalischen Einheiten

Grundsätzlich ist es möglich, sich auf die Anwendung der SI-Einheiten zu beschränken. Aus Gründen der Anschaulichkeit werden wir recht oft Vielfache oder Teile einer SI-Einheit wählen.

Dezimale Vielfache oder dezimale Teile von Einheiten können durch Setzen von Vorsilben vor den Namen der Einheit bezeichnet werden.

Vergrößerung	Vorsatz	Vorsatzzeichen	Zehnerpotenz
Zehnfach	Deka	da	10^1
Hundertfach	Hekto	h	10^2
Tausendfach	Kilo	k	10^3
Millionenfach	Mega	M	10^6
Milliardenfach	Giga	G	10^9

Tabelle 5 Vergrößerung von Einheiten

Verkleinerung auf ein	Vorsatz	Vorsatzzeichen	Zehnerpotenz
Zehntel	Dezi	d	10^{-1}
Hundertstel	Zenti	c	10^{-2}
Tausendstel	Milli	m	10^{-3}
Millionstel	Mikro	μ	10^{-6}
Milliardstel	Nano	n	10^{-9}
Billionstel	Piko	p	10^{-12}

Tabelle 6 Verkleinerung von Einheiten

Die Vergrößerungs- bzw. Verkleinerungsfaktoren der Tabelle 5 und der Tabelle 6 muss man unbedingt beherrschen, um spätere Berechnungsaufgaben korrekt lösen zu können.

Umrechnung von physikalischen Einheiten

Sollen Einheiten ineinander umgerechnet werden, hält man sich üblicherweise an folgendes Schema.

1. Eine kleinere Einheit soll in eine größere umgerechnet werden.

Man teilt die Zahl durch den Vergrößerungsfaktor

Beispiel: 225 cm in km

Faktor = 100 000 (in einem Meter sind 100 Zentimeter und in einem Kilometer sind 1000 Meter, $100 \cdot 1000 = 100\,000$)

$$\frac{225 \text{ cm}}{100000} = 0,00225 \text{ km}$$

2. Eine größere Einheit soll in eine kleinere umgerechnet werden.

Man multipliziert die Zahl mit dem Verkleinerungsfaktor

Beispiel: $38,5 \text{ m}^3$ in Liter; Faktor = 1 000 (in einem Kubikmeter sind 1 000 Kubikdezimeter, das entspricht auch 1 000 Liter)

$$38,5 \text{ m}^3 \cdot 1000 = 38\,500 \text{ dm}^3 = 38\,500 \text{ L}$$

In späteren Kapiteln dieser und der folgenden Einheiten werden wir immer wieder auf solche Umrechnungen eingehen.

Messungen und Messgenauigkeit

Bei physikalischen Experimenten spielen Messungen und insbesondere deren Genauigkeit eine besondere Rolle. Im folgenden werden die entsprechenden Richtlinien zusammengestellt.

Genauigkeit der Zahlenangaben aus Messungen

Ein Messergebnis richtet sich nach der Messgenauigkeit und nach dem praktischen Bedürfnis.

Bei einer Streckenangabe über 450 km genügt im allgemeinen eine Genauigkeit von ± 1 km. Bei einer Angabe von 5 km Gesamtstrecke wäre ein solcher Fehler zu groß. Sämtliche Zahlen, die wir an einem Messgerät ablesen oder durch Messungen erhalten haben, sind gerundete Zahlen. Die letzte Stelle ist oft nur geschätzt. Deshalb besteht die Forderung, eine Zahlenangabe soll mit so vielen Stellen erfolgen, dass die vorletzte Stelle als sicher gilt: Die Angabe 2,5 m bedeutet daher etwas anderes als 2,50 m.

Bedeutung des Mittelwertes und die Berechnung dieses Wertes

Jeder Messvorgang kann von vielen Fehlern beeinflusst werden, so dass wir für eine gemessene Größe kaum einen absolut exakten Zahlenwert erhalten. Selbst wenn wir die Messung ein und derselben Größe mehrfach wiederholen, kommen wir nicht immer zum gleichen Ergebnis. Einmal ist der abgelesene Wert etwas zu klein, ein anderes Mal zu groß. Um den tatsächlichen Fehler möglichst klein zu halten, führen wir bei jeder Bestimmung eine größere Zahl von Einzelmessungen durch. Wir dürfen erwarten, dass der wahre Wert der zu messenden Größe mit großer Wahrscheinlichkeit innerhalb des Streubereiches, und zwar im Bereich der stärksten Häufung der Einzelergebnisse liegt. Wir streichen deshalb stark abweichende Einzelwerte und bilden von den verbleibenden Ergebnissen einen Mittelwert. Wir addieren hierzu die restlichen Einzelwerte und dividieren die erhaltene Summe durch die Anzahl dieser Werte.

Wir dürfen annehmen, dass ein so berechneter Mittelwert dem wahren Wert einer Größe doch ziemlich nahe kommt.

Beispiel: Fünf verschiedene Personen messen ein Grundstück aus und geben das Ergebnis in Quadratmetern an.

	Person 1	Person 2	Person 3	Person 4	Person 5
Messung	233,45 m ²	232,88 m ²	234,12 m ²	220,77 m ²	233,64 m ²

Die Messung der Person 4 bleibt wegen der großen Abweichung zu den übrigen Messwerten unberücksichtigt. Die anderen Werte werden zusammengezählt (Ergebnis = 934,09 m²) und durch die Anzahl der Werte (= 4) geteilt. Das Ergebnis ist 233,52 m². Es kann bis zur vorletzten Stelle als sicher betrachtet werden.

Fehlerquellen und Fehlerbetrachtungen

Jeder Messvorgang ist mit Fehlern behaftet.
Man unterscheidet:

1. Systematische Fehler oder Instrumentalfehler
Diese Fehler ergeben sich aus der Unvollkommenheit der verwendeten Messinstrumente. Eine Ungenauigkeit eines Messinstrumentes kann durch Nacheichen bzw. Wartung des Gerätes behoben werden.
2. Experimentelle Fehler
Sie resultieren aus Mängeln an der Versuchsanordnung oder an den Versuchsbedingungen, beispielsweise Temperatur- oder Luftdruckschwankungen.
3. Subjektive Fehler oder zufällige Fehler
Sie haben ihre Ursache in dem begrenzten Unterscheidungsvermögen der Sinnesorgane und in der mangelhaften Geschicklichkeit der messenden Personen. Subjektive Fehler können durch Übung verringert werden.

Fehlerberechnung

Bei der Berechnung von Messfehlern unterscheidet man zwischen absoluten und relativen Fehlern. Der absolute Fehler ist stets der exakte Zahlenwert des Messfehlers, unabhängig vom Messwert. Der relative Fehler wird auf den Messwert bezogen und meist in Prozent angegeben.

Beispiel: Eine Strecke ist tatsächlich 124,0 cm lang. Bei einer Messung wurde gefunden 123,8 cm. Der absolute Fehler beträgt dann 0,2 cm. Es ist aber nicht gleich, ob wir eine Abweichung von 0,2 cm bei einer Gesamtstrecke von 10 cm oder 124 cm haben. Der gleiche Fehler von 0,2 cm wäre bei einer Gesamtlänge von 10 cm ungleich schwerwiegender als bei der größeren Strecke. Um die Abweichung im Verhältnis zum Gesamtmessergebnis besser beurteilen zu können, setzen wir das Gesamtergebnis gleich 100 Prozent und errechnen dann die der Abweichung entsprechende Prozentzahl. Diese Prozentzahl bezeichnen wir als relativen Fehler.

Gesamtstrecke	124 cm	10 cm
absoluter Fehler	0,2 cm	0,2 cm
relativer Fehler	ca. 0,16%	2%

Tabelle 7 absoluter und relativer Fehler

Geometrische Grundlagen

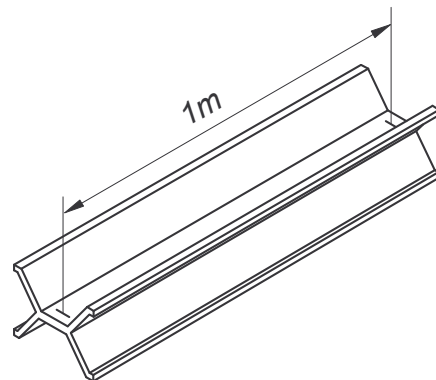
Um physikalische Berechnungen durchführen zu können, benötigt man geometrische Grundlagen. Da die Geometrie eine besondere Rolle bei der Berechnung insbesondere mechanischer Aufgaben spielt, sollen in dieser Einheit die wichtigsten geometrischen Größen, Figuren und Körper betrachtet werden.

Die Länge

Die Länge ist eine physikalische Grundgröße!

Größenzeichen: l oder s (Länge bzw. Strecke)
SI-Einheit: Meter (metron, griechisch: Maß)
Einheitenzeichen: m

Ursprünglich sollte ein Meter gerade der 40 000 000ste Teil eines Erdmeridians werden. Tatsächlich aber fiel der Abstand zwischen den beiden Marken auf dem Urmeter in Paris etwas zu klein (0,08 mm) aus. Trotzdem wurde in den meisten Ländern der Erde dieses Meter zur gesetzlichen Längeneinheit erklärt.



Diese Definition des Meters ist zwar für die meisten Zwecke ausreichend, für Messungen von höchster Genauigkeit erwies sie sich aber doch als nicht exakt genug. Die Striche auf dem Urmeter haben eine gewisse Breite und bei den Metallstäben treten Umkristallisationen auf.

Ab 1960 galt folgende Definition:

Das Meter ist das 1.650.763,73fache der im Vakuum gemessenen Wellenlänge des roten Kryptonlichtes.

Seit 1983 gilt:

Das Meter ist die Länge der Strecke, die Licht im Vakuum während des Intervalls von $(1 / 299\,792\,458)$ Sekunden durchläuft.

Solche Definitionen wurden in Anlehnung an den Urmeter willkürlich gewählt und erreichten eine immer höhere Genauigkeit. Es besteht allerdings nicht die Notwendigkeit, diese Definitionen auswendig zu lernen!

1 m ist die Basiseinheit der Länge. 1 km, 1 dm, 1 cm, 1 mm sind von dieser Basiseinheit abgeleitet und damit abgeleitete Einheiten.

Längen werden gemessen mit dem Metermaß oder Bandmaß. Kleine Strecken misst man mit dem Messschieber oder Bügelmessschraube.

Die Fläche

Die Fläche ist eine von der Länge abgeleitete Größe!
Fläche = Länge 1 · Länge 2 (z. B. Quadrat, Rechteck)

Größenzeichen: A (von Areal)
SI-Einheit: Quadratmeter
Einheitenzeichen: m²

Definition:

Die Flächeneinheit 1 m² ist das Quadrat der Einheit der Länge 1 m.

Flächenmaß	Einheitenzeichen	Beziehung
Quadratkilometer	km ²	1 km ² = 10 ⁶ m ²
Hektar	ha	1 ha = 10 ⁴ m ²
Ar	a	1 a = 10 ² m ²
Quadratmeter	m ²	1 m ² = 10 ⁰ m ²
Quadratdezimeter	dm ²	1 dm ² = 10 ⁻² m ²
Quadratzentimeter	cm ²	1 cm ² = 10 ⁻⁴ m ²
Quadratmillimeter	mm ²	1 mm ² = 10 ⁻⁶ m ²

Tabelle 8 Gebräuchliche Flächenmaße

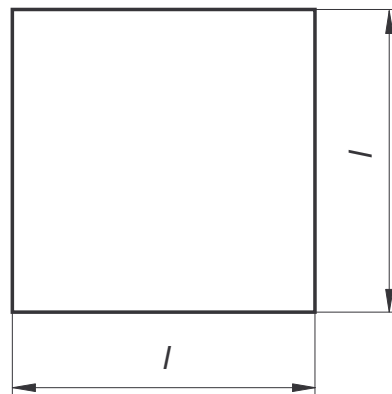
Flächen werden meist nicht gemessen sondern berechnet, wenn die Längen bekannt sind. Sind die Flächen unregelmäßig können sie mit einem Planimeter ausgemessen werden.

Das Quadrat:

Ein Quadrat ist ein Viereck mit vier rechten Winkeln und vier gleichen Seiten.

$$\text{Umfang} = 4 \cdot \text{Länge}, \quad U = 4 \cdot l$$

$$\text{Fläche} = \text{Länge 1} \cdot \text{Länge 2}, \quad A = l^2$$



Das Rechteck:

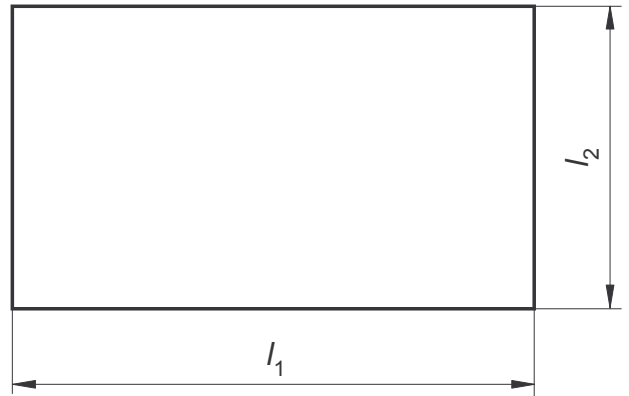
Ein Rechteck ist ein Viereck mit vier rechten Winkeln. Im Rechteck sind je zwei Gegenseiten parallel.

Umfang = $2 \cdot \text{Länge 1} + 2 \cdot \text{Länge 2}$

$$U = 2 \cdot l_1 + 2 \cdot l_2$$

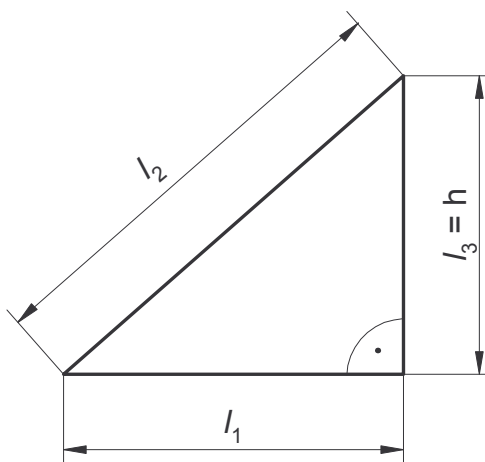
Fläche = Länge 1 \cdot Länge 2

$$A = l_1 \cdot l_2$$

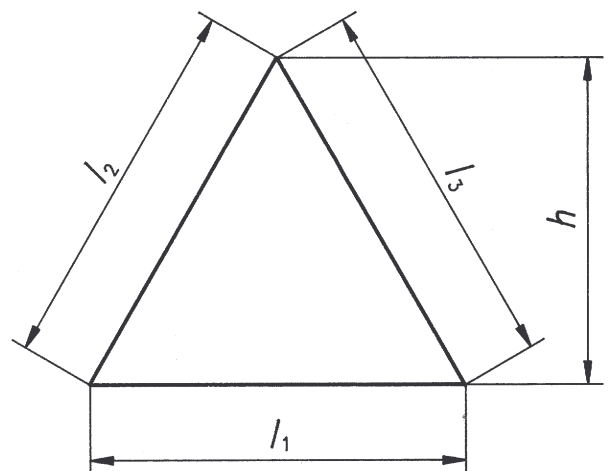


Das Dreieck:

Verbindet man drei Punkte A B C, die nicht auf einer Geraden liegen, paarweise durch Strecken, so erhält man ein ebenes Dreieck. Die drei angegebenen Punkte heißen Ecken des Dreiecks. Ein Dreieck hat drei bzw. zwei spitze Winkel. Die Summe der Innenwinkel eines Dreiecks beträgt 180° .



rechtwinkliges Dreieck



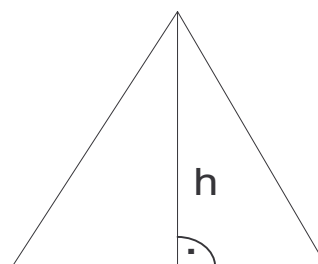
gleichseitiges Dreieck

Umfang = Länge 1 + Länge 2 + Länge 3

$$U = l_1 + l_2 + l_3$$

$$\text{Fläche} = \frac{\text{Länge} \cdot \text{Höhe}}{2}$$

$$A = \frac{l_1 \cdot h}{2}$$



Höhe eines Dreiecks

Bei einem *gleichschenkligen* Dreieck sind zwei Seiten gleich lang und zwei Winkel gleich groß.

Physikalische Grundlagen (P01)

Bei einem *gleichseitigen* Dreieck sind alle drei Seiten gleich lang und alle drei Winkel gleich groß.

Bei einem *rechtwinkligen* Dreieck beträgt ein Winkel genau 90° , die beiden anderen müssen konsequenterweise spitz sein (d.h. kleiner als 90° sein).

Die *Höhe* eines Dreiecks ist die Strecke, die eine Ecke mit der gegenüberliegenden Seite verbindet, wobei diese senkrecht aufeinander stehen müssen (siehe Abbildungen).

Der Kreis:

Ein Kreis ist die Linie aller Punkte, die von einem festen Punkt in einer Ebene die gleiche Entfernung haben. Der feste Punkt heißt Mittelpunkt des Kreises. Die Gesamtheit aller Punkte ist der Umfang des Kreises. Eine Verbindungsstrecke zweier Kreispunkte durch den Mittelpunkt bezeichnet man als Durchmesser. Die Verbindungsstrecke des Mittelpunktes mit einem Kreispunkt ist der Radius oder Halbmesser des Kreises.

Wichtig ist in diesem Zusammenhang die Kreiskonstante π (sprich "Pi"). Ihr Wert 3,14159265359... ist eine irrationale Zahl (d.h. eine Zahl mit unendlich vielen Stellen hinterm Komma) und wird in Berechnungen meist gerundet (3,14) eingesetzt.

$$\text{Umfang} = \text{Durchmesser} \cdot \pi$$

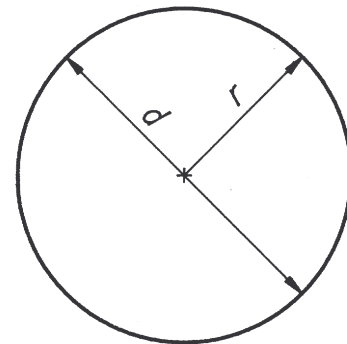
$$U = d \cdot \pi$$

$$U = 2r \cdot \pi$$

$$\text{Fläche} = \text{Radius} \cdot \text{Radius} \cdot \pi$$

$$A = r^2 \cdot \pi$$

$$A = \frac{d^2}{4} \cdot \pi$$



$$2r = d$$

Der Kreisring:

Einen Kreisring können wir als Differenz zweier "Vollkreise" ansehen. Bezeichnen wir die Fläche des größeren Kreises mit A_1 , die des kleineren mit A_2 und die des Kreisringes mit A_R so gilt:

$$\text{Fläche} = A_{\text{außen}} - A_{\text{innen}}$$

$$A_1 = r_1^2 \cdot \pi$$

$$A_2 = r_2^2 \cdot \pi$$

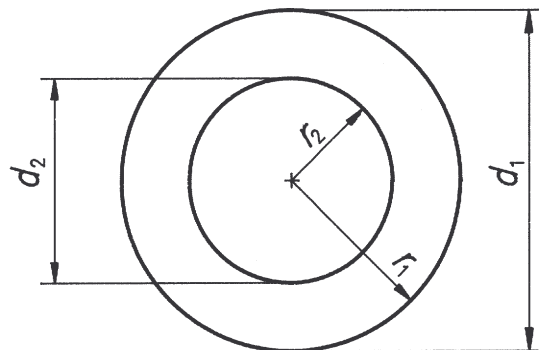
$$A_R = \pi (r_1^2 - r_2^2)$$

oder:

$$A_1 = \frac{d_1^2}{4} \cdot \pi$$

$$A_2 = \frac{d_2^2}{4} \cdot \pi$$

$$A_R = \frac{\pi}{4} (d_1^2 - d_2^2)$$



Art der Fläche	Umfang	Fläche
Quadrat	$U = 4 \cdot l_1$	$A = l_1^2$
Rechteck	$U = 2 \cdot l_1 + 2 \cdot l_2$	$A = l_1 \cdot l_2$
Dreieck	$U = l_1 + l_2 + l_3$	$A = \frac{l_1 \cdot h_1}{2}$
Kreis	$U = 2 r \cdot \pi$ $U = d \cdot \pi$	$A = r^2 \cdot \pi$ $A = \frac{d^2}{4} \cdot \pi$
Kreisring		$A = \pi (r_1^2 - r_2^2)$ $A = \frac{\pi}{4} (d_1^2 - d_2^2)$

Tabelle 9 Zusammenfassende Übersicht der Flächenberechnungen:

Berechnungsbeispiele:

1. Berechnen Sie Umfang und Fläche eines Quadrates, dessen Seite $l_1 = 5 \text{ m}$ ist!

Gegeben: $l_1 = 5 \text{ m}$ Gesucht: $U, [U] = \text{m}; A, [A] = \text{m}^2$

Lösung:

Formeln: $U = 4 \cdot l_1$
 $A = l_1^2$

Einsetzen der Zahlen: $U = 4 \cdot 5 \text{ m} \Rightarrow \quad \quad \quad \mathbf{U = 20 \text{ m}}$

$A = 5 \text{ m} \cdot 5 \text{ m} \Rightarrow \quad \quad \quad \mathbf{A = 25 \text{ m}^2}$

2. Berechnen Sie den Umfang und Flächeninhalt eines Rechtecks mit folgenden Seiten: $l_1 = 15 \text{ m}$ und $l_2 = 8 \text{ m}$!

Gegeben: $l_1 = 15 \text{ m}, l_2 = 8 \text{ m}$ Gesucht: $U, [U] = \text{m}; A, [A] = \text{m}^2$

Lösung:

Formeln: $U = 2 \cdot l_1 + 2 \cdot l_2, A = l_1 \cdot l_2$

Einsetzen der Zahlen: $U = 2 \cdot 15 \text{ m} + 2 \cdot 8 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{U = 46 \text{ m}}$

$A = 15 \text{ m} \cdot 8 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{A = 120 \text{ m}^2}$

3. Wie groß ist die Grundlinie eines Dreiecks mit dem Flächeninhalt $A = 12 \text{ m}^2$ und der Höhe $h_1 = 2,5 \text{ m}$?

Gegeben: $A = 12 \text{ m}^2, h_1 = 2,5 \text{ m}$ Gesucht: $l_1, [l_1] = \text{m}$

Lösung:

Formeln: $A = \frac{l_1 \cdot h_1}{2}, l_1 = \frac{2 \cdot A}{h_1}$

Physikalische Grundlagen (P01)

Einsetzen der Zahlen: $l_1 = \frac{2 \cdot 12 \text{ m}^2}{2,5 \text{ m}} \Rightarrow l_1 = 9,6 \text{ m}$

4. Wie groß ist der Umfang und die Fläche von einem Kreis mit dem Radius $r = 2 \text{ cm}$?

Gegeben: $r = 2 \text{ cm}$ Gesucht: U , [U] = cm; A , [A] = cm^2

Lösung:

Formeln: $U = 2 \cdot r \cdot \pi$; $A = r^2 \cdot \pi$

Einsatz der Zahlen: $U = 2 \cdot 2 \text{ cm} \cdot 3,14 \Rightarrow U = 12,56 \text{ cm}$

$A = 2 \text{ cm} \cdot 2 \text{ cm} \cdot 3,14 \Rightarrow A = 12,56 \text{ cm}^2$

5. Das Kühlrohr eines Kühlers hat eine Länge von 80 cm. Der äußere Durchmesser $d = 2 \text{ cm}$. Berechnen Sie die Kühlfläche!

Gegeben: $l = 80 \text{ cm}$; $d = 2 \text{ cm}$ Gesucht: A , [A] = cm^2

Lösung:

Formel: $A = l \cdot d \cdot \pi$

Einsetzen der Zahlen: $A = 80 \text{ cm} \cdot 2 \text{ cm} \cdot 3,14 \Rightarrow A = 502,4 \text{ cm}^2$

Das Volumen (Rauminhalt)

Das Volumen ist eine von der Länge abgeleitete Größe!

Volumen = Länge 1 · Länge 2 · Länge 3 (z. B. Quader)

Größenzeichen: V (von Volumen)

SI-Einheit: Kubikmeter

Einheitenzeichen: m^3

Definition: 1 m^3 ist der Rauminhalt eines Würfels mit den Kantenlänge 1 m.

Raummaß	Einheitenzeichen	Beziehung
Kubikkilometer	km^3	$1 \text{ km}^3 = 10^9 \text{ m}^3$
Kubikdezimeter	dm^3	$1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$
Kubikzentimeter	cm^3	$1 \text{ cm}^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$
Kubikmillimeter	mm^3	$1 \text{ mm}^3 = 10^{-9} \text{ m}^3$

Tabelle 10 Vom Kubikmeter abgeleitete Raummaße

Alle Körper nehmen einen bestimmten Raum ein.

Feste Körper mit der Form von einfachen geometrischen Figuren wie Würfel, Zylinder, Kegel oder Kugel kann man durch Längenmessungen mit anschließender Berechnung ermitteln.

Das Volumen von Flüssigkeiten misst man häufig mit Messzylindern. Eine Skala am Rande des Messzylinders zeigt die Flüssigkeitshöhe an und ist direkt in Volumeneinheiten geeicht.

Physikalische Grundlagen (P01)

Das Volumen unregelmäßig geformter Körper wird durch die Verdrängung von Wasser im Überlaufgefäß gemessen.

Ein andere Bezeichnung für das Kubikdezimeter ist der Liter.

$$1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3; 1 \text{ L} = \frac{1}{1000} \text{ m}^3$$

Raumaß	Einheitenzeichen	Beziehung
Hektoliter	hL	$1 \text{ hL} = 10^2 \text{ L}$ $1 \text{ hL} = 10^{-1} \text{ m}^3$
Zentiliter	cL	$1 \text{ cL} = 10^{-2} \text{ L}$ $1 \text{ cL} = 10^{-5} \text{ m}^3$
Milliliter	mL	$1 \text{ mL} = 10^{-3} \text{ L}$ $1 \text{ mL} = 10^{-6} \text{ m}^3$ $1 \text{ mL} = 1 \text{ cm}^3$
Mikroliter	μL	$1 \mu\text{L} = 10^{-6} \text{ L}$ $1 \mu\text{L} = 10^{-9} \text{ m}^3$ $1 \mu\text{L} = 1 \text{ mm}^3$

Tabelle 11 Vom Liter abgeleitete Raumaße:

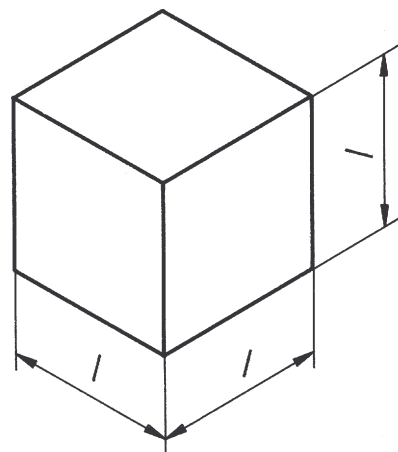
Der Würfel:

Ein Würfel ist ein Körper, der von sechs gleichgroßen Quadraten begrenzt wird. Jede Fläche steht senkrecht zu jeder ihrer Nachbarflächen. Der Würfel ist ein quadratisches gerades Prisma, dessen Höhe gleich der Grundkante ist.

$$\text{Oberfläche} = 6 \cdot \text{Kantenlänge}^2$$

$$\text{Volumen} = \text{Kantenlänge}^3$$

$$V = l^3$$



Der Quader:

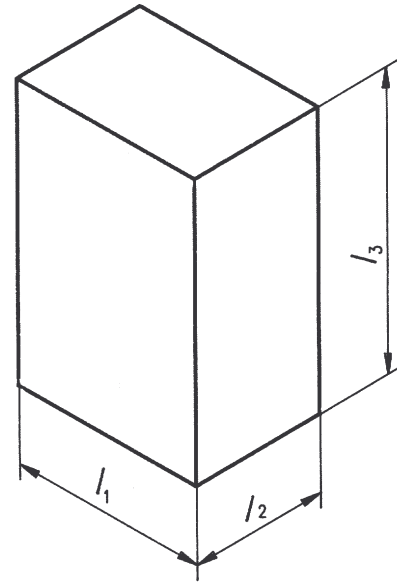
Ein Quader ist ein vierseitiges gerades Prisma, dessen sechs Begrenzungsflächen Rechtecke sind.

Oberfläche

$$A = 2 (l_1 \cdot l_2 + l_1 \cdot l_3 + l_2 \cdot l_3)$$

Volumen

$$V = l_1 \cdot l_2 \cdot l_3$$



Der Zylinder:

Verbindet man die Endpunkte paralleler Radien zweier in parallelen Ebenen liegender gleich großer Kreise miteinander durch Strecken, so entsteht ein Kreiszyylinder. Stehen die Verbindungsstrecken senkrecht auf den parallelen Kreisebenen, so haben wir einen geraden Zylinder vor uns. Die Verbindungsstrecke der Kreismittelpunkte heißt Achse des Zylinders. Der Abstand der beiden parallelen Ebenen ist die Höhe des Zylinders.

Oberfläche des Zylinders

Mantelfläche + 2 Deckflächen

Mantelfläche $A = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h$

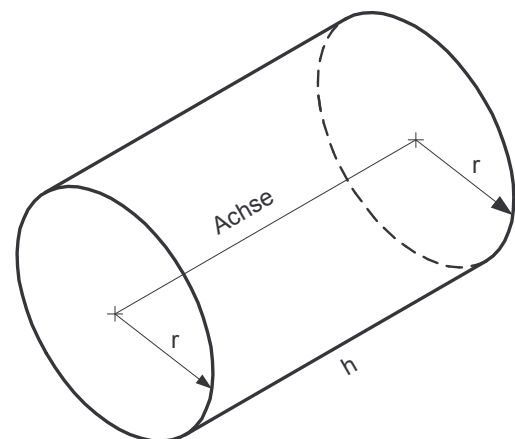
2 Deckflächen $A = 2 \cdot r^2 \cdot \pi$

Oberfläche $A = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h + 2 \cdot r^2 \cdot \pi$

$$A = 2 \cdot r \cdot \pi \cdot (h + r)$$

Volumen $V = \text{Grundfläche} \cdot \text{Höhe}$

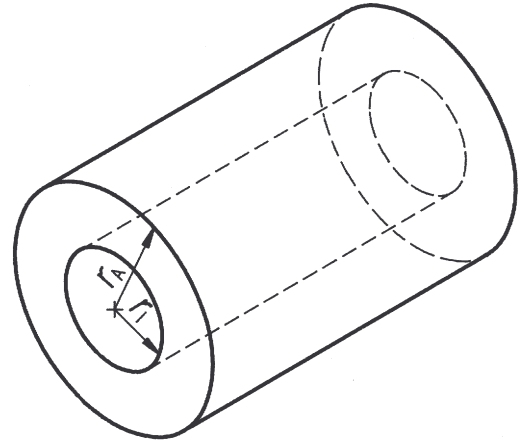
$$V = r^2 \cdot \pi \cdot h$$



Der Hohlzylinder:

Einen Hohlzylinder können wir als die Differenz zwischen einem Kreiszyylinder mit größerem Radius und einem Kreiszyylinder mit kleinerem Radius auffassen.

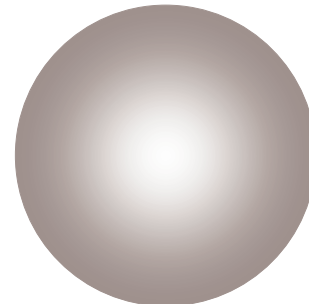
- Oberfläche des Hohlzylinders
- Mantel Außenmantel + Innenmantel + 2 Kreisringe
- Volumen Außenmantel $V = r_A^2 \cdot \pi \cdot h$
- Volumen Innenmantel $V = r_I^2 \cdot \pi \cdot h$
- Volumen $V = (r_A^2 \cdot \pi \cdot h) - (r_I^2 \cdot \pi \cdot h)$
 $V = \pi \cdot h (r_A^2 - r_I^2)$



Die Kugel:

Die Kugel ist der geometrische Ort für alle Punkte des dreidimensionalen Raumes, die von einem gegebenen Punkt gleichen Abstand haben. Dieser gegebene Punkt heißt Mittelpunkt der Kugel, der Abstand Radius.

- Oberfläche $A = 4 \cdot \pi \cdot r^2$
- Volumen $V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$



Körper	Oberfläche	Volumen
Würfel	$A = 6 \cdot l^2$	$V = l^3$
Quader	$A = 2 (l_1 \cdot l_2 + l_2 \cdot l_3 + l_1 \cdot l_3)$	$V = l_1 \cdot l_2 \cdot l_3$
Zylinder	$A = 2 \cdot r \cdot \pi (h + r)$	$V = r^2 \cdot \pi \cdot h$
Hohlzylinder	$A = 2 \cdot \pi (r_1^2 - r_2^2 + r_1 \cdot h + r_2 \cdot h)$	$V = \pi \cdot h (r_1^2 - r_2^2)$
Kugel	$A = 4 \cdot r^2 \cdot \pi$	$V = \frac{4 \cdot r^3 \cdot \pi}{3}$

Tabelle 12 Zusammenfassende Übersicht der Körperberechnungen:

Physikalische Grundlagen (P01)

Berechnungsbeispiele:

6. Wie groß ist die Oberfläche und das Volumen eines Würfels mit der Kantenlänge $l = 5 \text{ cm}$?

Gegeben: $l = 5 \text{ cm}$ Gesucht: A , $[A] = \text{cm}^2$; V , $[V] = \text{cm}^3$

Lösung:

Formeln: $A = 6 \cdot l^2$; $V = l^3$

Einsetzen der Zahlen: $A = 6 \cdot l^2$; $A = 6 \cdot 5 \text{ cm} \cdot 5 \text{ cm} \quad \Rightarrow \mathbf{A = 150 \text{ cm}^2}$

$V = 5 \text{ cm} \cdot 5 \text{ cm} \cdot 5 \text{ cm} \quad \Rightarrow \mathbf{V = 125 \text{ cm}^3}$

7. Ein Gefäß in der Form eines Quaders ist 15 cm lang und 5 cm breit. Wie hoch stehen in diesem Gefäß $1,5 \text{ L}$ Flüssigkeit?

Gegeben: $l_1 = 15 \text{ cm}$; $l_2 = 5 \text{ cm}$; $V = 1,5 \text{ L} = 1500 \text{ cm}^3$ Gesucht: l_3 , $[l_3] = \text{cm}$

Lösung:

Formeln: $V = l_1 \cdot l_2 \cdot l_3$; $l_3 = \frac{V}{l_1 \cdot l_2}$

Einsetzen der Zahlen: $l_3 = \frac{V}{l_1 \cdot l_2}$; $l_3 = \frac{1500 \text{ cm}^3}{15 \text{ cm} \cdot 5 \text{ cm}} \quad \Rightarrow \mathbf{l_3 = 20 \text{ cm}}$

8. Welche Oberfläche in dm^2 müsste ein Blech besitzen, wenn daraus eine 8 m lange Röhre mit einem Durchmesser von 25 cm entstehen soll?

Gegeben: $l = 8 \text{ m}$; $d = 25 \text{ cm}$ Gesucht: A , $[A] = \text{dm}^2$

Lösung:

Formel: $A = d \cdot \pi \cdot l$

Einsetzen der Zahlen: $A = 2,5 \text{ dm} \cdot 3,14 \cdot 80 \text{ dm} \quad \Rightarrow \mathbf{A = 628 \text{ dm}^2}$

Physikalische Grundlagen (P01)

9. In ein stehendes, oben offenes zylindrisches Gefäß von 95 cm äußeren Durchmesser, 1 m Höhe und einer Wandstärke von 10 mm werden 280 L Wasser eingefüllt. Wie hoch in dm steht das Wasser in dem Gefäß?

Gegeben: $d_A = 95 \text{ cm}$; $h = 100 \text{ cm}$; $V = 280 \text{ L}$; $s = 10 \text{ mm}$ (Wandstärke)

Gesucht: h_w , [h_w] = dm

Lösung:

$$\text{Formeln: } V = \frac{d^2}{4} \cdot \pi \cdot h_w; h_w = \frac{V \cdot 4}{d_i^2 \cdot \pi}$$

$$\text{Einsetzen der Zahlen: } h_w = \frac{V \cdot 4}{d_i^2 \cdot \pi}; h_w = \frac{280 \text{ dm}^3 \cdot 4}{9,3 \text{ dm} \cdot 9,3 \text{ dm} \cdot 3,14} \Rightarrow h_w = 4,123 \text{ dm}$$

Übungsaufgaben

1. Rechnen Sie um!

- a) 0,038 mm = ? nm
- b) 4,350 cm = ? dm
- c) 1,565 dm = ? m
- d) 530 μm = ? cm
- e) 480 cm^2 = ? dm^2
- f) $1,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ = ? cm^2
- g) 0,040 dm^2 = ? cm^2
- h) 4,856 dm^3 = ? cm^3
- i) 8150,5 L = ? hL
- k) 48,5 mL = ? cL
- l) 54,7 m^3 = ? L
- m) 70,8 cm^3 = ? mL
- n) 340 mL = ? L
- o) 800 L = ? m^3

2. Ein Rohr hat ein Mantelvolumen von $V = 8,3 \text{ dm}^3$. Der Innendurchmesser beträgt $d_i = 4,8 \text{ cm}$, der Außendurchmesser $d_a = 5,6 \text{ cm}$. Berechnen Sie die Länge l des Rohres in dm!

3. In ein zylinderförmiges Überlaufgefäß werden 4,8 L Wasser gefüllt. Der Innendurchmesser des Gefäßes beträgt $d = 40 \text{ cm}$. Wie hoch steht das Wasser in mm?

4. Bei Volumenbestimmung einer Kugel mit einem Rauminhalt von genau 125 cm^3 wurde ein Wert von $123,5 \text{ cm}^3$ gemessen. Berechnen Sie den absoluten und den relativen Fehler.

5. In der Physik unterscheiden wir zwischen Basisgrößen und abgeleiteten Größen. Erklären Sie den Sachverhalt anhand eines Beispiels!

6. Wie wird eine physikalische Größe dargestellt?

Lösungen

1.

- a) 0,038 mm = **38 000** nm
- b) 4,350 cm = **0,435** dm
- c) 1,565 dm = **0,1565** m
- d) 530 μm = **0,053** cm
- e) 480 cm^2 = **4,8** dm^2
- f) $1,4 \cdot 10^{-6}$ m^2 = **0,014** cm^2
- g) 0,040 dm^2 = **4** cm^2
- h) 4,856 dm^3 = **4856** cm^3
- i) 8150,5 L = **81,505** hL
- k) 48,5 mL = **4,85** cL
- l) 54,7 m^3 = **54700** L
- m) 70,8 cm^3 = **70,8** mL
- n) 340 mL = **0,34** L
- o) 800 L = **0,8** m^3

2. Gegeben: $V = 8,3 \text{ dm}^3$; $d_i = 4,8 \text{ cm} \Rightarrow r_i = 2,4 \text{ cm}$; $d_a = 5,6 \text{ cm} \Rightarrow r_a = 2,8 \text{ cm}$
Gesucht: l , [l] = cm

Lösung:

$$\text{Formeln: } V = \pi \cdot h (r_a^2 - r_i^2) \Rightarrow h = l = \frac{V}{\pi \cdot (r_a^2 - r_i^2)} = \frac{8300 \text{ cm}^3}{3,14 \cdot [(2,8 \text{ cm})^2 - (2,4 \text{ cm})^2]}$$

$$l = \frac{8300 \text{ cm}^3}{3,14 \cdot [7,84 \text{ cm}^2 - 5,76 \text{ cm}^2]} \Rightarrow l = 1270,8 \text{ cm} = \mathbf{127,08 \text{ dm}}$$

3. Gegeben: $V = 4,8 \text{ L} = 4800 \text{ dm}^3$; $d = 40 \text{ cm} \Rightarrow r = 20 \text{ cm}$
Gesucht: l , [l] = mm

Lösung:

$$\text{Formeln: } V = \pi \cdot h \cdot r^2 \Rightarrow h = l = \frac{V}{\pi \cdot r^2} = \frac{4800 \text{ cm}^3}{3,14 \cdot (20 \text{ cm})^2} = 3,82 \text{ cm} = \mathbf{38,2 \text{ mm}}$$

4. Der absolute Fehler ist die Differenz zwischen Messwert und tatsächlichem Wert:
 $125 \text{ cm}^3 - 123,5 \text{ cm}^3 = \mathbf{1,5 \text{ cm}^3}$
Der relative Fehler ist der Prozentwert, dem der absolute Fehler bezogen auf den tatsächlichen Wert entspricht.

$$\frac{1,5 \text{ cm}^3}{125 \text{ cm}^3} = 0,012 = \mathbf{1,2\%}$$

Man teilt also den absoluten Fehler durch den exakten Wert und multipliziert das Ergeb-

Physikalische Grundlagen (P01)

nis mit 100, um auf den relativen Fehler zu kommen.

5. In der Physik gibt es nur sieben Basisgrößen:
Länge, Masse, Zeit, Temperatur, Stoffmenge, elektrische Stromstärke und Lichtstärke.
Alle anderen Größen leiten sich von diesen Basisgrößen ab.
Beispiel: Die Fläche ist eine von der Länge abgeleitete Größe. $\text{Fläche} = \text{Länge} \cdot \text{Länge}$
6. Eine physikalische Größe wird mit einer Zahl und einer dazu gehörenden Einheit dargestellt.
Beispiel: 6,5 cm.