



Formelsammlung Packmitteltechnologie

Stand: 04/2015

Herausgeber: Hauptverband Papier- und Kunststoffverarbeitung e.V. (HPV),
Chausseestraße 22, 10115 Berlin.
Unter Mitwirkung von: Josef Fröhlich, Pascal Fries
Letzte Aktualisierung: 02.04.2015

Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons *Namensnennung - Nicht-kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International* Lizenz.



Formelsammlung Packmitteltechnologie

Stand: 04/2015

Einheiten und Größen	4
Basisgrößen	4
Basiseinheiten	5
Prozentrechnung.....	6
Flächen & Körper	7
Flächenberechnung.....	7
Körperberechnung.....	10
Masseberechnung.....	12
Satz des Pythagoras	13
Papier	14
Papierberechnung	14
Die DIN-Formate.....	15
Lösungen	16
Mischen von Lösungen	16
Mechanische Arbeit	18
Elektrotechnik	19
Riemenantrieb	19
Reihen- und Parallelschaltung.....	19
Ohmsches Gesetz	20
Elektrische Leistung	20
Elektrische Arbeit.....	20
Pneumatik und Hydraulik	21
Pneumatik	21
Hydraulik.....	21

Einheiten und Größen

Basisgrößen

Basisgröße	Länge	Masse	Zeit	elektrische Stromstärke	thermo-dynamische Temperatur	Lichtstärke
Basiseinheit	Meter	Kilogramm	Sekunde	Ampere	Kelvin	Candela
Kurzzeichen	m	kg	s	A	K	cd

Aus den Basisgrößen wurden viele für den Maschinenbau wichtige Größen und Einheiten abgeleitet, z.B.

Abgeleitete Größe	Kraft	Druck	Energie (Arbeit)	Leistung	elektrische Spannung
Einheit	Newton	Pascal	Joule	Watt	Volt
Kurzzeichen	N	Pa	J	W	V
Beziehung	1 N=1 kgm / s ²	1 Pa=1 N / m ²	1 J=1 Nm	1 W=1 J / s	1 V=1 W/A

Außerdem lässt das Gesetz auch Einheiten zu, die nicht Basiseinheiten und nicht direkt abgeleitete Einheiten sind. Es handelt sich um Einheiten, die sich aus einem bestimmten Zahlenwert **mal** Einheit ergeben, z.B.

Größe	Zeit	Masse	Druck	Zeit	Zeit
Einheit	Minute	Tonne	Pascal / bar	Stunde	Tag
Kurzzeichen	min	t	Pa	h	D
Beziehung	1 min = 60 s	1 t = 1000 kg	1 Pa = 0,00001 bar 1 mbar = 100 Pa = 1 hPa 1 Pa = 0,0001 N / cm ²	1 h = 60 min 1 h = 3600 s	1 d = 24h 1 d = 86.400 s

Basiseinheiten

Größe Formelzeichen	SI - Einheit	Zeichen	Umrechnung in andere gesetzliche Einheiten	Formel oder DIN - Norm
Länge Weg l s	Meter	m	1 m = 100 cm = 10 dm = 1000 mm	
Zoll	Inch	in	1 Zoll = 1inch = 2,54 cm	
Fläche A	Quadratmeter	m ²	1 m ² = 10.000 cm ² = 1.000.000 mm ² = 10 ⁶ mm ²	Beispiel Kreisfläche $A = r^2 \cdot \Pi$ $A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$
Volumen V	Kubikmeter	m ³	1 m ³ = 1.000 dm ³ 1 dm ³ = 1 Liter	Beispiel Prismen $V = A \cdot h$
Zeit t	Sekunde	s	1 s = 1/60 min	
Geschwindigkeit v	Meter durch Sekunde	$\frac{m}{s}$	1m/s = 60m/min	$v = \frac{s}{t}$
Beschleunigung a	Meter durch Sek. hoch zwei	$\frac{m}{s^2}$	Fallbeschleunigung (gerundet) $g = 9,81 \frac{m}{s^2} \approx 10 \frac{m}{s^2}$	
Volumenstrom Q	Kubikmeter durch Sekunde	$\frac{m^3}{s}$	Liter durch Minute $\frac{l}{min}$ $1 \frac{m^3}{s} = 60.000 \frac{l}{min}$	$Q = \frac{V}{t}$ $Q = v \cdot A$
Umdrehungsfrequenz (Drehzahl) n	Umdrehungen je Sekunde	$\frac{1}{s}$	$\frac{1}{s} = 60/min$ Umdrehungen je Minute $\frac{1}{min}$	
Masse m	Kilogramm	kg		$m = V \cdot \rho$ DIN 1305
Dichte ρ	kg durch Kubikmeter	$\frac{kg}{m^3}$	1 t/m ³ 1 kg/dm ³ 1 g/cm ³	DIN 1306
Kraft F	Newton	N	1 N = 1 $\frac{kg \cdot m}{s^2}$	$F = m \cdot a$ $G = m \cdot g$ DIN 1305
Druck p	Bar	bar	1 bar = 10 $\frac{N}{cm^2} = 10^5 \frac{N}{m^2}$	$p = \frac{F}{A}$ DIN 1314
	Newton durch Quadratmeter	$\frac{N}{m^2}$	1 $\frac{N}{m^2} = 0,00001 \text{ bar} = 1 \text{ Pa}$	
	Pascal	Pa	1 Pa = 10 ⁻⁵ bar	
Temperatur(thermo- dynamische) (Celsiustemperatur) $T\theta$ t, ϑ	Kelvin Celsius	K °C	Die Temperaturdifferenzen werden in K ausgedrückt.	$T = t + T_0$ $T_0 = 273,15 \text{ K}$

Prozentrechnung

Der Prozentwert wird gesucht

Der Prozentwert wird auch Hundertwert genannt.

Man streicht vom Grundwert zwei Stellen ab und nimmt mit dem Prozentsatz mal:

$$\text{Prozentwert} = \frac{\text{Grundwert}}{100} \cdot \text{Prozentsatz}$$

Der Prozentsatz wird gesucht

Der Prozentsatz wird auch Hundertsatz genannt.

Man nimmt den Prozentwert mit 100 mal und teilt dann durch den Grundwert.

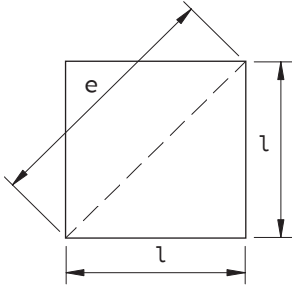
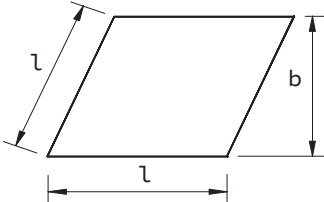
$$\text{Prozentsatz} = \frac{\text{Prozentwert} \cdot 100}{\text{Grundwert}}$$

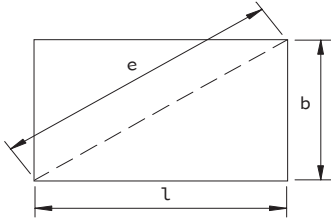
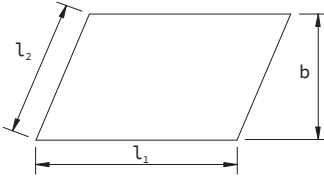
Flächen & Körper

Flächenberechnung

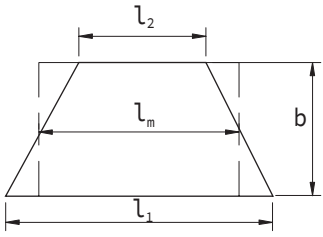
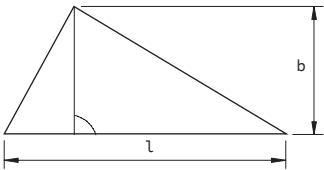
Als Flächen (A) bezeichnet man:

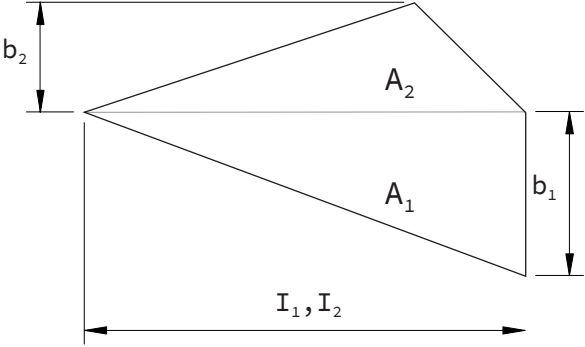
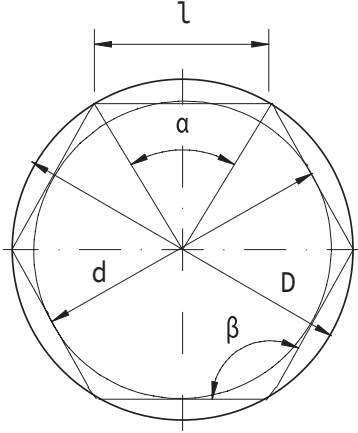
1. Regelmäßige Vierecke

Quadrat	$A = l^2$	Rhombus	$A = l \cdot b$
	<p>A = Fläche l = Seitenlänge e = Eckenmaß = $l \cdot \sqrt{2}$ u = Umfang = $4 \cdot l$</p>		<p>A = Fläche l = Seitenlänge b = Breite U = Umfang = $4 \cdot l$</p>

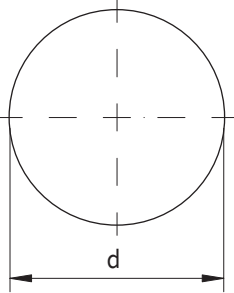
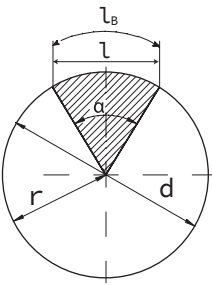
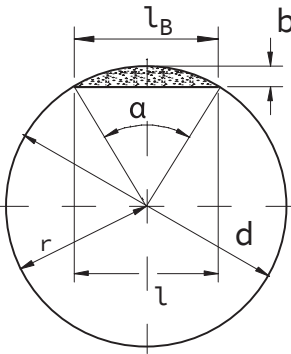
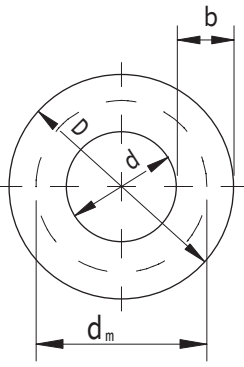
Rechteck	$A = l \cdot b$	Rhomboid	$A = l_1 \cdot b$
	<p>A = Fläche l = Länge b = Breite e = Eckenmaß = $\sqrt{l^2 + b^2}$ U = Umfang = $2(l + b)$</p>		<p>A = Fläche l_1 = Länge l_2 = schräge Seitenlänge b = Breite U = Umfang = $2(l_1 + l_2)$</p>

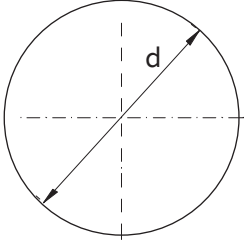
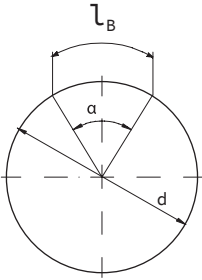
2. Trapez, Dreieck und Vieleck

Trapez	$A = l_m \cdot b$	Dreieck	$A = \frac{l \cdot b}{2}$
	<p>A = Fläche b = Breite l_1 = große Länge l_2 = kleine Länge l_m = mittlere Länge $= \frac{l_1 + l_2}{2}$</p>		<p>A = Fläche l = Seitenlänge b = Breite</p>

Unregelmäßiges Vieleck	$A = A_1 + A_2 + \dots$	Regelmäßiges Vieleck	$A = \frac{n \cdot l \cdot d}{4}$
			
<p>A = Gesamtfläche</p> <p>A_1, A_2 = Teilflächen</p> <p>l_1, l_2 = Längen</p> <p>b_1, b_2 = Breiten</p> <p>U = Umfang = Summe der Teillängen</p>		<p>n = Eckenzahl</p> <p>$A = \text{Fläche} = \frac{l \cdot d}{2} \cdot n$</p> <p>$l = \text{Seitenlänge} = D \cdot \sin\left(\frac{180^\circ}{n}\right)$</p> <p>$D = \text{Umkreisdurchmesser} = \sqrt{d^2 + l^2}$</p> <p>$d = \text{Inkreisdurchmesser} = \sqrt{D^2 - l^2}$</p> <p>$\alpha = \text{Mittelpunktswinkel} = \frac{360^\circ}{n}$</p> <p>$\beta = \text{Eckenwinkel} = \frac{180^\circ(n-2)}{n}$</p> <p>U = Umfang = $n \cdot l$</p>	

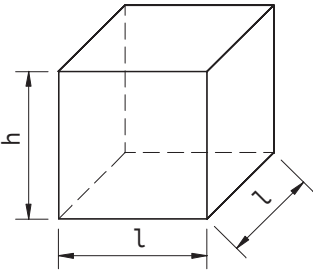
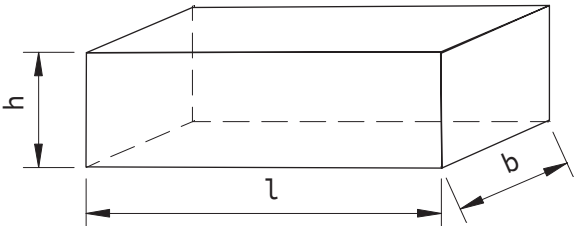
3. Kreisförmige Flächen

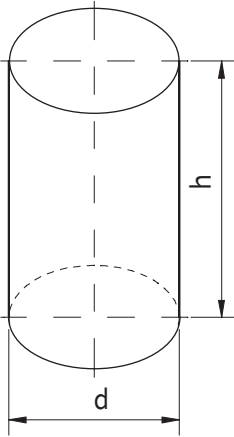
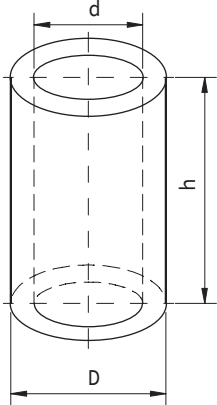
Kreis	$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$	Kreisausschnitt	$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{\alpha}{360^\circ}$
			
<p>A = Fläche d = Durchmesser U = Umfang = $\pi \cdot d$</p>	<p>A = Fläche = $\frac{l_B \cdot r}{2}$ d = Durchmesser r = Halbmesser l = Sehnenlänge = $2 \cdot r \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$ l_B = Bogenlänge = $\frac{\pi \cdot r \cdot \alpha}{180^\circ}$ b = Breite α = Mittelpunktswinkel</p>		
Kreisabschnitt/ Kreissegment	$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{\alpha}{360^\circ} \cdot \frac{l(r-b)}{2}$	Kreisring	$A = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2)$
			
<p>A = Fläche = $\frac{(l_B \cdot r) - l \cdot (r-b)}{2}$ d = Durchmesser r = Halbmesser l = Sehnenlänge = $2 \cdot r \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$ l_B = Bogenlänge = $\frac{\pi \cdot r \cdot \alpha}{180^\circ}$ b = Breite = $\frac{l}{2} \cdot \tan \frac{\alpha}{4}$</p>		<p>A = Fläche = $\pi \cdot d_m \cdot b$ D = Außendurchmesser d_m = Innendurchmesser = $\frac{D+d}{2}$ b = Breite</p>	

Kreisumfang $U = \pi \cdot d$	Kreisbogen $l_B = \frac{\pi \cdot d \cdot \alpha}{360}$	
		Bezeichnungen: U = Umfang d = Durchmesser l_B = Bogenlänge α = Mittelpunktswinkel

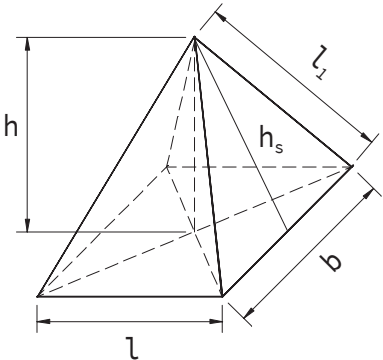
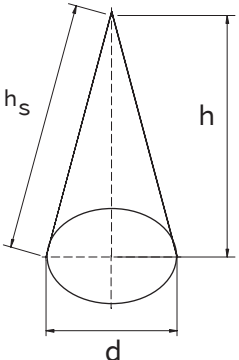
Körperberechnung

1. Körper mit gleichbleibendem Querschnitt Volumen = Fläche · Höhe | $V = A \cdot h$

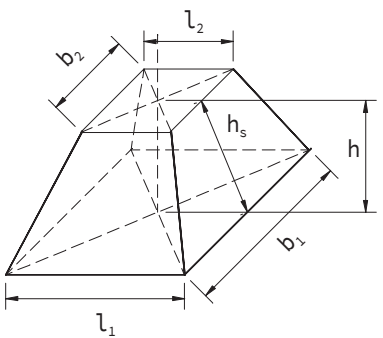
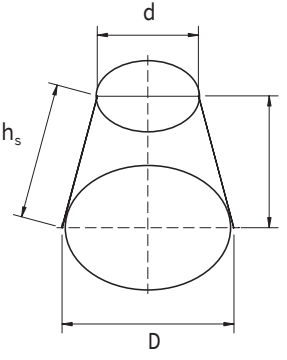
Würfel	$A = l^2$	Vierkantprisma	$A = l \cdot b$
			

Zylinder	$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$	Hohlzylinder	$A = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2)$
			

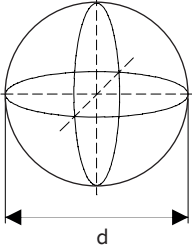
2. Körper mit zugespitzten Querschnitt $V = \frac{A \cdot h}{3}$

Pyramide	$A = l^2$ oder $l \cdot b$	Kegel	$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$
			

3. Abgestumpfte Körper

Pyramidenstumpf	$A_m = \frac{A_1 + A_2}{2}$	Kegelstumpf	
		 $A_m = \frac{\pi \cdot (d_m)^2}{4}$ $d_m = \frac{D + d}{2}$	

4. Kugel

Kugel	$V = \frac{\pi}{6} \cdot d^3$
	

Masseberechnung

Jeder Körper besteht aus einer bestimmten Menge eines Werkstoffs. Diese Stoffmenge bezeichnet man als spezifische Masse. Die spezifische Masse wird durch wägen auf der Waage gemessen und in folgenden Maßeinheiten angegeben.

$\text{Spezifische Masse} = \rho \text{ in } \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \text{ oder } \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \text{ oder } \frac{\text{t}}{\text{m}^3}$
--

Die erhaltende spezifische Masse beziehen wir auf die jeweilige Volumeneinheit und nennen das Verhältnis Dichte. Daraus ergibt sich folgende Grundgleichung.

<p>Masse = Volumen · Dichte</p> $m = V \cdot \rho$	<p>flächenbezogene Masse* = $\frac{\text{Masse}}{\text{Fläche}}$</p> $m'' = \frac{m}{A}$
---	--

* Papierflächengewicht wird in flächenbezogene Masse (g / m²) angegeben.

Dichte einiger Stoffe

Stoff	ρ in $\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$	Stoff	ρ in $\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$
Aluminium	2,72	Wasser (rein)	1,0
Eisen/Stahl	7,85	Öl	ca. 0,92
Kupfer	8,93	Spiritus	0,81
PE - LD	ca. 0,92		
PE - HD	ca. 0,96		

Satz des Pythagoras

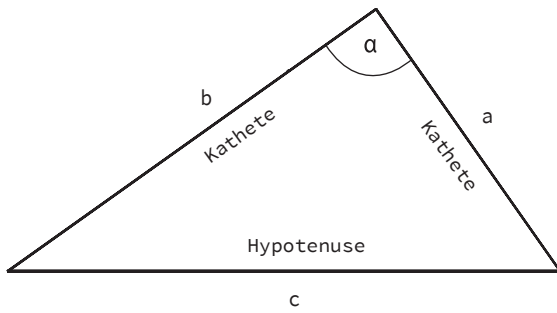


Abb. 1: Bezeichnungen am rechtwinkligen Dreieck

Der Satz des Pythagoras lautet:

$$a^2 + b^2 = c^2$$

Im rechtwinkligen Dreieck ist das Hypotenusenquadrat gleich der Summe der beiden Kathetenquadrate (Abb. 2).

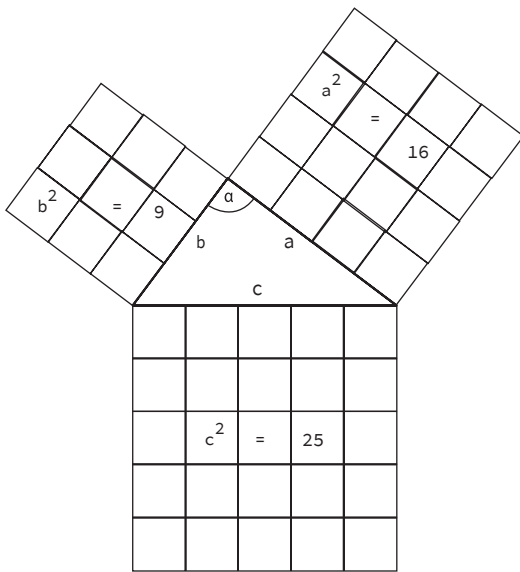


Abb. 2: Der Satz des Pythagoras

Papier

Papierberechnung

$$\text{Bogenzahl} = \frac{\text{Gesamtnutzanzahl}}{\text{Nutzen pro Bogen}}$$

$$\text{Bogenzahl (bei Stapel)} = \frac{\text{Gesamtgewicht Stapel (g)}}{\text{Gewicht pro Stapel (g)}}$$

$$\text{Gesamtnutzanzahl} = \text{Nutzen pro Bogen} \cdot \text{Bogenzahl}$$

$$\text{Quadratmeterpreisgewicht bei Bogen (€ / m}^2\text{)} = \frac{\text{Gesamtgewicht pro Bogen (g)}}{\text{Fläche des Bogens (m}^2\text{)}}$$

$$\text{Quadratmeterpreisgewicht bei Rolle (€ / m}^2\text{)} = \frac{\text{Gesamtgewicht der Rolle (g)}}{\text{Gesamtfläche der Rolle (m}^2\text{)}}$$

$$\text{Papierdicke (mm)} = \frac{\text{Flächenmasse} \cdot \text{Volumen}}{1.000}$$

Länge bzw. Breite einer Papierrolle

<i>1. Schritt</i>	$\text{Gesamtfläche (m}^2\text{)} = \frac{\text{Gesamtgewicht (g)}}{\text{Quadratmetergewicht (g/m}^2\text{)}}$
<i>Wenn Breite gesucht</i>	$\text{Breite der Papierrolle (m)} = \frac{\text{Gesamtfläche (m}^2\text{)}}{\text{Länge (m)}}$
<i>Wenn Länge gesucht</i>	$\text{Länge der Papierrolle (m)} = \frac{\text{Gesamtfläche (m}^2\text{)}}{\text{Breite (m)}}$

Die DIN-Formate

Klasse	Endformat mm	Rohformat mm
DIN A 0	841 × 1189	860 × 1220
DIN A 1	594 × 841	610 × 860
DIN A 2	420 × 594	430 × 610
DIN A 3	297 × 420	305 × 430
DIN A 4	210 × 297	215 × 305
DIN A 5	148 × 210	153 × 215
DIN A 6	105 × 148	108 × 153
DIN A 7	74 × 105	77 × 108
DIN A 8	52 × 74	54 × 77

Tabelle zur Entnahme von DIN Formatmaßen

A 0	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	A 7	A 8
A 0	2	4	8	16	32	64	128	256
	A 1	2	4	8	16	32	64	128
		A 2	2	4	8	16	32	64
			A 3	2	4	8	16	32
				A 4	2	4	8	16
					A 5	2	4	8
						A 6	2	4
							A 7	2

Formel:

$$2^{(n_1 - n)}$$

n_1 = Entnahmemasse

n = Endmaß

Beispiel: Wieviele DIN A4-Blätter können einem DIN A1-Bogen entnommen werden?

Antwort: 8

Lösungsweg:

$$n_1 = \text{DIN A4} = 4$$

$$n = \text{DIN A1} = 1$$

$$\Rightarrow 2^{(4-1)} = 2^3 = 8$$

Lösungen

Mischen von Lösungen

Formel:

$$G = \frac{P \cdot L}{100}$$

G = Gehalt (Konzentration / Substanzen
z.B. Stärke)

P = Prozent der Konzentration

L = Lösung (fertiger Klebstoff)

Berechnen von Mischungen

Mit der folgenden Formel können Mischungen aus beliebig vielen Stoffen berechnet werden.

$$\text{Stoff}_1 + \text{Stoff}_2 + \dots + \text{Stoff}_n = \text{Mischung}_M$$

$$c_1 \cdot m_1 + c_2 \cdot m_2 + \dots + c_n \cdot m_n = c_M \cdot m_M$$

Darin sind:

$c_1, c_2 \dots c_n$	Die Konzentrationen der zu mischenden Stoffe in % oder ‰
$m_1, m_2 \dots m_n$	Die Masse der zu mischenden Stoffe in g, kg, ...
c_M	Die Konzentration der Mischung in % oder ‰
m_M	Die Masse der Mischung in g, kg, ... ($m_M = m_1 + m_2 + \dots + m_n$)

Durch Umstellen der Formel kann die gesuchte Größe bestimmt werden. Die Einheiten für die Konzentrationen und die Masse müssen jeweils gleich sein.

Anwendungsbeispiel: Klebstoff aus mindestens drei Komponenten

Werden nur zwei verschiedene Stoffe gemischt, zum Beispiel Wasser und Stärke, vereinfacht sich die Formel wie folgt:

$$100\% \cdot m = c_M \cdot m_M$$

Mischzahl

Das Verhältnis der Mischung wird mit der Mischzahl angegeben. Sie sagt aus, wie viele Teile von Stoff₂ zu *einem* Teil von Stoff₁ gemischt werden.

Beispiel: Verhältnis Leim (Stoff₁) zu Wasser (Stoff₂) sei **1 : 4**. Das heißt: 4 Teile Wasser auf 1 Teil Leim.

Berechnen von Rezepturen nach Mischzahlen für mehrere Stoffe:

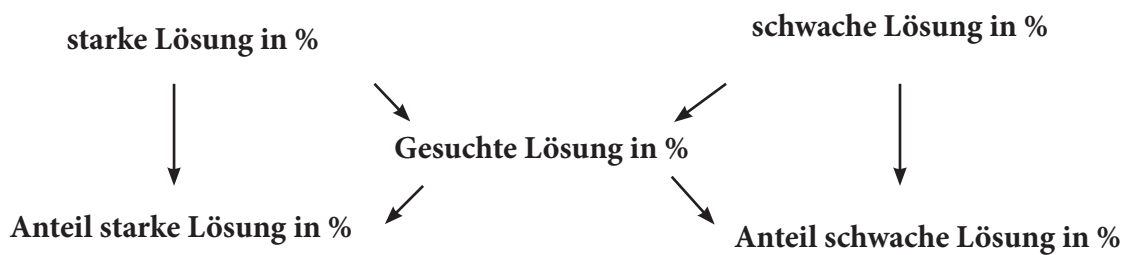
- Bestimmung der Summe aller Teile
- Es wird bestimmt, wie viel Teil bezogen auf die Gesamtmenge ist
- Berechnung der einzelnen Mengen für die Zutaten

Berechnung des Mischverhältnisses

$$\frac{\text{Konzentrat}}{\text{Lösungsmittel}} = 1 : x$$

Kreuzregel

Soll aus einer höherprozentigen Lösung eine niedrigerprozentige Lösung hergestellt werden, so kann man nach der Kreuzregel verfahren.



Mechanische Arbeit

$$\begin{aligned} \text{Mechanische Arbeit [J]} &= \text{Kraft [N]} \cdot \text{Kraftweg [m]} \\ W &= F \cdot s \end{aligned}$$

Größenwertgleichung

Bezeichnungen und Einheiten

$$W = F \cdot s$$

$$W = \text{Arbeit in J}$$

$$F = \text{Kraft in N}$$

$$W = m \cdot g \cdot s$$

$$s = \text{Kraftweg in m}$$

$$m = \text{Masse in kg}$$

$$g = \text{Fallbeschleunigung in m / s}^2$$

Mechanische Leistung ist die in Zeiteinheit (z.B. in 1 Sekunde) verrichtete Arbeit.

$$\text{Mechanische Leistung [W]} = \frac{\text{mechanische Arbeit [J]}}{\text{Zeit [s]}}$$

Größenwertgleichung

Bezeichnungen und Einheiten

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot s}{t} = F \cdot v$$

$$P = \text{Leistung in W}$$

$$W = \text{Arbeit in J}$$

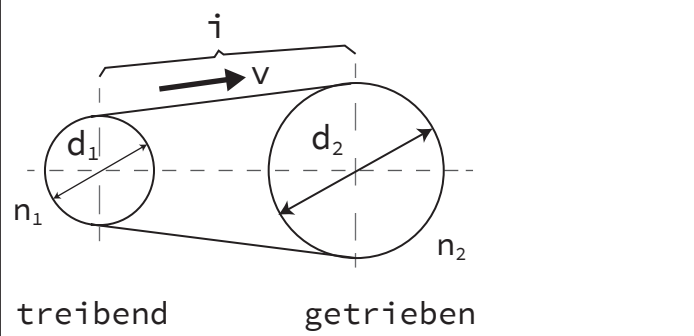
$$s = \text{Kraftweg in m}$$

$$t = \text{Zeit in s}$$

$$v = \text{Geschwindigkeit in m / s}$$

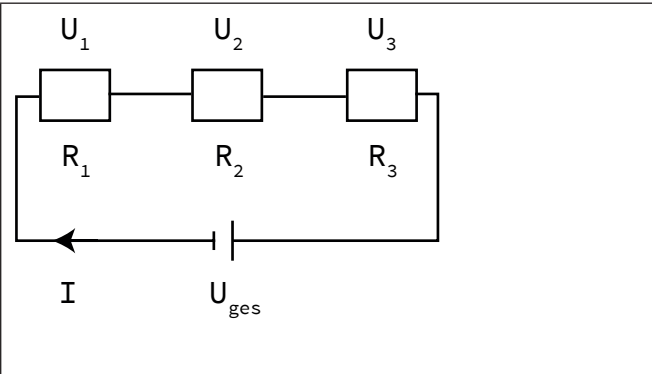
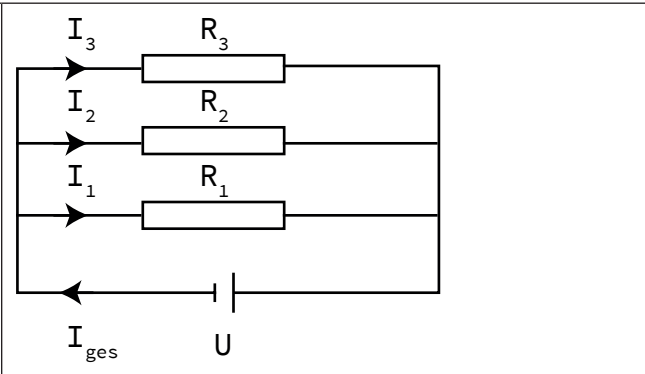
Riemenantrieb

Bezeichnungen und Einheiten

 <p>treibend getrieben</p>	<p>v = Umfangsgeschwindigkeit in $\frac{m}{s}$</p> <p>d_1 = Durchmesser der treibenden Scheibe in mm d_2 = Durchmesser der getriebenen Scheibe in mm n_1 = Drehzahl (Umdrehungsfrequenz) der treibenden Scheibe in 1/min n_2 = Drehzahl (Umdrehungsfrequenz) der getriebenen Scheibe in 1/min</p>
---	--

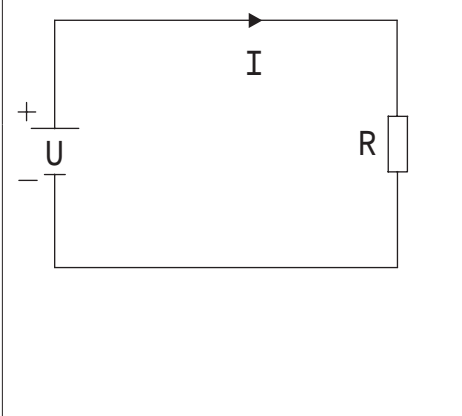
Übersetzungsverhältnis	$n_1 \cdot d_1 = n_2 \cdot d_2$
Übersetzungsverhältnis	$i = \frac{n_1}{n_2}$ bzw. $\frac{d_2}{d_1}$
Umdrehungsgeschwindigkeit	$v = \frac{\text{Umfang (m)} \cdot \text{Anzahl der Umdrehungen}}{\text{Zeit (s)}}$

Reihen- und Parallelschaltung

	
Bei Reihenschaltungen bleibt der Strom (Ampere) gleich.	Bei Parallelschaltungen bleibt die Spannung (Volt) gleich.
$U_{ges} = U_1 + U_2 + U_3$	$U = U_1 = U_2 = U_3$
$I = I_1 = I_2 = I_3$	$I_{ges} = I_1 + I_2 + I_3$
$R_{ges} = R_1 + R_2 + R_3$	$R_{ges} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

Ohmsches Gesetz

In einem Stromkreis besteht zwischen Spannung, Strom und Widerstand folgender Zusammenhang:

	In einem Stromkreis besteht zwischen Spannung, Strom und Widerstand folgender Zusammenhang:	
	Formel: $\text{Strom} = \frac{\text{Spannung}}{\text{Widerstand}}$ $I = \frac{U}{R}$	Bezeichnungen und Einheiten: U = Spannung in Volt (V) R = Widerstand in Ohm (Ω) I = Strom in Ampere (A)

Elektrische Leistung

Im Gleichstromkreis und im Wechselstromkreis z.B. bei Wärmegeräten errechnet man die elektrische Leistung wie folgt:

$$\text{elektrische Leistung (P)} = \text{Spannung (U)} \cdot \text{Strom (I)}$$

$$P = U \cdot I$$

P = Leistung in Watt (W)
U = Spannung in Volt (V)
I = Strom in Ampere (A)

Elektrische Arbeit

Die elektrische Arbeit ist das Produkt aus Leistung und Zeit.

$$\text{elektrische Arbeit} = \text{Leistung} \cdot \text{Zeit}$$

$$W = P \cdot t$$

W = elektrische Arbeit in Kilowattstunden (kWh)
P = elektrische Leistung in Kilowatt (kW)
t = Zeit in Stunden (h)

Pneumatik und Hydraulik

Pneumatik

Formel

Kraft = Betriebsdruck (p) · Kolbenfläche (A) · Wirkungsgrad (η)

$$F = p_e \cdot A \cdot \eta$$

Bezeichnungen und Einheiten

F_1, F_2	wirksame Kolbenkraft	in N
p_e	Betriebsdruck	in bar
A_1	Kolbenfläche	in cm^2
A_2	Kolbenstangenfläche	in cm^2
η	Wirkungsgrad	in %

$$1 \text{ bar} = 10 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 100.000 \text{ Pa} = 100.000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Hydraulik

Unter Hydraulik versteht man die Lehre vom Gleichgewicht ruhender und bewegter Flüssigkeiten. Ein durch äußere Kräfte hervorgerufener Druck pflanzt sich in einer Flüssigkeit allseitig und in gleicher Stärke fort.

Hydraulische Kraftübertragung:

	<h3>Bezeichnungen und Einheiten</h3> <table border="0"> <tr> <td>F_1</td> <td>Kraft auf den Druckkolben</td> <td>in N</td> </tr> <tr> <td>A_1</td> <td>Fläche des Druckkolbens</td> <td>in cm^2</td> </tr> <tr> <td>s_1</td> <td>Hub des Druckkolbens</td> <td>in cm</td> </tr> <tr> <td>F_2</td> <td>Kraft auf den Arbeitskolben</td> <td>in N</td> </tr> <tr> <td>A_2</td> <td>Fläche des Arbeitskolbens</td> <td>in cm^2</td> </tr> <tr> <td>s_2</td> <td>Hub des Arbeitskolbens</td> <td>in cm</td> </tr> <tr> <td>V_1</td> <td>bewegte Flüssigkeit unter dem Druckkolben</td> <td>in cm^3</td> </tr> <tr> <td>V_2</td> <td>bewegte Flüssigkeit unter</td> <td>in cm^3</td> </tr> </table>	F_1	Kraft auf den Druckkolben	in N	A_1	Fläche des Druckkolbens	in cm^2	s_1	Hub des Druckkolbens	in cm	F_2	Kraft auf den Arbeitskolben	in N	A_2	Fläche des Arbeitskolbens	in cm^2	s_2	Hub des Arbeitskolbens	in cm	V_1	bewegte Flüssigkeit unter dem Druckkolben	in cm^3	V_2	bewegte Flüssigkeit unter	in cm^3
F_1	Kraft auf den Druckkolben	in N																							
A_1	Fläche des Druckkolbens	in cm^2																							
s_1	Hub des Druckkolbens	in cm																							
F_2	Kraft auf den Arbeitskolben	in N																							
A_2	Fläche des Arbeitskolbens	in cm^2																							
s_2	Hub des Arbeitskolbens	in cm																							
V_1	bewegte Flüssigkeit unter dem Druckkolben	in cm^3																							
V_2	bewegte Flüssigkeit unter	in cm^3																							

Druck:
$$P = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

Die Kräfte verhalten sich wie die Kolbenflächen $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$ oder $\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2}$.

Das Übersetzungsverhältnis: $i = \frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{s_2}{s_1}$