

Formeln und Einheiten für die Antriebstechnik

$P = \frac{m \cdot g \cdot v}{\eta \cdot 1000}$	$P = \frac{F_R \cdot v}{1000}$	$P = \frac{M \cdot n}{9550}$
$W = \frac{J \cdot n^2}{182,5}$	$M = \frac{9550 \cdot P}{n}$	$t_a = \frac{J \cdot n}{9,55 \cdot M_a}$
$W = m \cdot g \cdot s$	$J = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r_a^2$	$J = 91,2 \cdot m \cdot \frac{v^2}{n^2}$

Diese Publikation der Fa. Danfoss Bauer GmbH darf ohne vorherige Genehmigung des Herausgebers weder auszugsweise noch vollständig nachgedruckt oder anderweitig vervielfältigt werden.

Alle Rechte vorbehalten.

Die Angaben wurden nach dem derzeitigen Stand der Normen und Vorschriften sorgfältig zusammengestellt und geprüft. Verbindlich ist der jeweilige Stand der technischen und gesetzlichen Regeln.

Für Schäden, die sich aus der Verwendung dieser Angaben ergeben könnten, wird keine Haftung übernommen.

Formeln und Einheiten für die Antriebstechnik

Obering. H. Greiner

Auf Beschluss der 11. »Generalkonferenz für Maß und Gewicht« 1960 wurde mit der ISO-Empfehlung R 1000 vom Februar 1969 ein international gültiges Einheitensystem SI (**S**ystème International d'Unités) eingeführt. DIN 1301 (aktuelle Ausgabe 1993) wurde auf dieser Basis überarbeitet, und das am 5. Juli 1970 in Kraft getretene »Gesetz über Einheiten im Messwesen« (kurz »Einheitengesetz«) und seine Ausführungsverordnungen regeln die Einführung der neuen Einheiten im geschäftlichen und amtlichen Verkehr. Das SI ist »kohärent«, das heißt, alle seine Einheiten sind durch Gleichungen verknüpft, in denen kein von 1 abweichender Zahlenfaktor vorkommt. Es ist außerdem »absolut«, d. h. unabhängig von den Verhältnissen auf unserer Erde (z. B. der Fallbeschleunigung). Es unterscheidet streng zwischen Gewichten im Sinne von Massen mit der Einheit kg, die z. B. durch vergleichende Wägung ermittelt werden, und den von diesen Gewichten infolge der Fallbeschleunigung ausgehenden Kräften (Gewichtskraft) mit der Einheit N (Newton). 1 N ist die Kraft, die einem Gewicht (Masse) von 1 kg die Beschleunigung von 1 m/s^2 erteilt.

Neben den Ländern, die seit jeher das metrische System verwendet haben, benutzen auch alle Länder, die vom Zollsystem zum metrischen System umgestellt haben, das SI als Grundlage ihrer nationalen Normen.

1.1 SI-Basiseinheiten

Größe	Einheit Zeichen	Name
Länge	m	Meter
Masse	kg	Kilogramm
Zeit	s	Sekunde
Elektrische Stromstärke	A	Ampere
Thermodynamische Temperatur	K	Kelvin
Lichtstärke	cd	Candela

1.2 Dezimale Vielfache und Teile von Einheiten

Zehnerpotenz	Vorsatz	Vorsatzzeichen
10^{12}	Tera	T
10^9	Giga	G
10^6	Mega	M
10^3	Kilo	k
10^2	Hekto	h
10	Deka	da
10^{-1}	Dezi	d
10^{-2}	Zenti	c
10^{-3}	Milli	m
10^{-6}	Mikro	μ
10^{-9}	Nano	n
10^{-12}	Piko	p
10^{-15}	Femto	f
10^{-18}	Atto	a

Das Vorsatzzeichen steht ohne Zwischenraum vor dem Einheitenzeichen.
Es ist unzulässig, das Vorsatzzeichen allein zu benutzen,
also $10^{-6} \text{ m} = 1\mu\text{m} = 1 \text{ Mikrometer}$ und nicht $1 \mu = 1 \text{ Mikron}$.

1.3 Formelzeichen und Einheiten

Sachgebiet	Zeichen	Bedeutung	Einheit	
			Zeichen	Name
Geometrie	A	Fläche	m ²	Quadratmeter
	a	Abstand	m	Meter
	α, β, γ	Winkel	rad	Radian
			°	Grad
	b	Breite	m	Meter
	d, δ	Dicke	m	Meter
	d	Durchmesser	m	Meter
	h	Höhe	m	Meter
	l	Länge	m	Meter
	r	Radius	m	Meter
	s	Weg	m	Meter
V	Volumen	m ³	Kubikmeter	
Zeit	a	Beschleunigung	m/s ²	
	α	Winkelbeschleunigung	rad/s ²	
	f	Frequenz	Hz	Hertz
	g	Fallbeschleunigung	m/s ²	
	n	Drehzahl	1/s	
			r/min	
	ω	Winkelgeschwindigkeit	rad/s	
	T	Zeitkonstante	s	Sekunde
	t	Zeit, Zeitspanne, Dauer	s	Sekunde
	v	Geschwindigkeit	m/s	
Mechanik	E	Elastizitätsmodul	Pa	Pascal
	F	Kraft	N	Newton
	G	Gewichtskraft	N	Newton
	J	Massenträgheitsmoment	kgm ²	
	M	Drehmoment	Nm	
	m	Masse	kg	Kilogramm
	P	Leistung	W	Watt
	p	Druck	Pa	Pascal
	ρ	Dichte	kg/m ³	
	σ	Zug-, Druck-, Biegespannung	Pa	Pascal
	W	Arbeit, Energie	J	Joule
	η	Wirkungsgrad	1	
	μ	Reibungszahl	1	

Sachgebiet	Zeichen	Bedeutung	Einheit	
			Zeichen	Name
Wärme	α	Temperatur-Koeffizient	1/K	
	T	thermodynamische (Kelvin-) Temperatur	K	Kelvin
	t, ϑ	Celsius-Temperatur	°C	Grad Celsius
	$\Delta T, \Delta \vartheta$	Temperaturdifferenz, Übertemperatur	K	Kelvin
Elektrizität	C	el. Kapazität	F	Farad
	G	el. Leitwert	S	Siemens
	I	el. Stromstärke	A	Ampere
	J, S, G	el. Stromdichte	A/m ²	
	P	Wirkleistung	W	Watt
	Q, P_q	Blindleistung	W, var	Var
	R	Wirkwiderstand	Ω	Ohm
	S, P_s	Scheinleistung	W, VA	Voltampere
	U	el. Spannung	V	Volt
	X	Blindwiderstand	Ω	Ohm
	Z	Scheinwiderstand	Ω	Ohm
Magnetismus	B	magn. Flussdichte, Induktion	T	Tesla
	Φ	magn. Fluss	Wb	Weber
	H	magn. Feldstärke	A/m	
	L	Induktivität	H	Henry

1.4 Wichtige Größengleichungen

Translation	Rotation
$v = \frac{s}{t}$	$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n$
$s = v \cdot t$	$v = \omega \cdot r = 2\pi \cdot n \cdot r$
$a = \frac{v}{t_a}$	$\varphi = \omega \cdot t = 2\pi \cdot n \cdot t$
$P = F \cdot v$	$\alpha = \frac{\omega}{t_a}$
$F = m \cdot a$	$M = F \cdot r$
$W = F \cdot s$	$P = M \cdot \omega$
$W = \frac{m \cdot v^2}{2}$	$M = J \cdot \alpha$
$W_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$	$W = M \cdot \varphi$
	$W = \frac{J \cdot \omega^2}{2}$
	$J = m \cdot r^2$

1.5 Wichtige Definitionen

Wirkungsgrad	$\eta = \frac{P_{\text{ab}}}{P_{\text{auf}}} = \frac{P_{\text{auf}} - V}{P_{\text{auf}}} = 1 - \frac{V}{P_{\text{auf}}}$	P_{auf} - Aufnahmeleistung P_{ab} - Abgabeleistung V - Verluste
Übersetzung	$i = \frac{n_1}{n_2}$	n_1 - Eingangs-drehzahl n_2 - Ausgangs-drehzahl

1.6 Wichtige Zahlenwertgleichungen

Bei Zahlenwertgleichungen oder zugeschnittenen Größengleichungen sind die jeweils vorgegebenen Einheiten zu beachten.
Gewichte sind im SI stets im Sinne einer Masse in kg anzugeben.

1.6.1 Leistung

Hubbewegung

$$P = \frac{m \cdot g \cdot v}{\eta \cdot 1000}$$

P - Leistung in kW

Translation

$$P = \frac{F_R \cdot v}{1000}$$

F_R - Reibwiderstand in N

m - Masse (Gewicht) in kg

g - Fallbeschleunigung (9,81 m/s²)

$$F_R = \mu \cdot m \cdot g$$

v - Geschwindigkeit in m/s

η - Wirkungsgrad als Dezimalbruch

Rotation

$$P = \frac{M \cdot n}{9550}$$

μ - Reibungszahl

M - Moment in Nm

n - Drehzahl in r/min

1.6.2 Drehmoment

$$M = F \cdot r$$

M - Drehmoment in Nm

F_R - Reibwiderstand in N

$$M = \frac{9550 \cdot P}{n}$$

r - Hebelarm (Radius) in m

P - Leistung in kW

n - Drehzahl in r/min

1.6.3 Arbeit

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

W - Arbeit (Energie) in Nm = Ws = J

F - Kraft in N

s - Weg in m

$$W = \frac{J \cdot n^2}{182,5}$$

m - Masse (Gewicht) in kg

g - Fallbeschleunigung (9,81 m/s²)

J - Massenträgheitsmoment in kgm²

n - Drehzahl in r/min

1.6.4 Beschleunigungs- oder Bremszeit

$$t_a = \frac{J \cdot n}{9,55 \cdot M_a}$$

t_a	-	Beschleunigungs- oder Bremszeit in s
J	-	Massenträgheitsmoment in kgm ²
n	-	Drehzahl in r/min
M_a	-	Beschleunigungs- /Bremsmoment in Nm

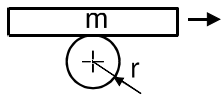
1.6.5 Massenträgheitsmoment und Schwungmoment

Der früher im Technischen Maßsystem übliche Begriff Schwungmoment GD^2 wurde nicht in das SI übernommen. Für Berechnungen mit dem Massenträgheitsmoment mr^2 sind daher nicht nur die unterschiedlichen Einheiten, sondern auch die andere Definition zu beachten.

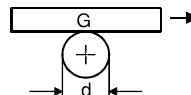
Vollzylinder $J = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r_a^2 = \frac{1}{32} \cdot 1000 \cdot \pi \cdot \zeta \cdot l \cdot d_a^4 = 98 \cdot \zeta \cdot l \cdot d_a^4$

Hohlzylinder $J = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (r_a^2 + r_i^2) = \frac{1}{32} \cdot 1000 \cdot \pi \cdot \zeta \cdot l \cdot (d_a^4 - d_i^4) = 98 \cdot \zeta \cdot l \cdot (d_a^4 - d_i^4)$

Linearbewegung als Tangente am Kreis



$$J = m \cdot r^2 = m \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \frac{m \cdot d^2}{4}$$



$$GD^2 = G \cdot d^2$$

Da hier das Gewicht G als Masse in kg verstanden wird, sind die Zahlenwerte von m und G gleich. Für die Umrechnung von Schwungmomenten in Massenträgheitsmomente gilt daher:

$$J = \frac{GD^2}{4}$$

d. h., die Zahlenwerte des GD^2 (in kpm²) sind durch 4 zu teilen und ergeben so die Zahlenwerte von J (in kgm²).

Umrechnung einer Massenwirkung von Translation auf Rotation

$$J = 91,2 \cdot m \cdot \frac{v^2}{n^2}$$

J	-	Massenträgheitsmoment in kgm^2	r_i	-	Innenhalbmesser in m
m	-	Masse in kg	l	-	Länge in m
r	-	Radius in m	ζ	-	Dichte in kg/dm^3
d_a	-	Außendurchmesser in m	v	-	Geschwindigkeit in m/s
d_i	-	Innendurchmesser in m	n	-	Drehzahl in r/min
r_a	-	Außenhalbmesser in m			

Trägheitsfaktor

Der Trägheitsfaktor FI (Factor of Inertia) ist das Verhältnis sämtlicher auf die Drehzahl des Motors umgerechneter und von ihm angetriebener Massen einschließlich des Trägheitsmoments des Motorläufers zum Trägheitsmoment des Motorläufers, also

$$FI = \frac{J_{\text{total}}}{J_{\text{rotor}}} = \frac{J_{\text{extern1}} + J_{\text{rotor}}}{J_{\text{rotor}}}$$

1.6.6 Elektrische Kennwerte des Antriebsmotors

Aufnahme

$$P_{\text{auf}} = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi}{1000}$$

P	-	Leistung in kW
U	-	Hauptleiterspannung in V
I	-	Hauptleiterstrom in A
$\cos \varphi$	-	Leistungsfaktor als Dezimalbruch

Abgabe

$$P_{\text{ab}} = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \eta}{1000}$$

η	-	Motor-Wirkungsgrad als Dezimalbruch
ΔT	-	Übertemperatur der Wicklung in K
ϑ	-	Temperatur der Wicklung in $^{\circ}\text{C}$

Temperaturzunahme

$$\Delta T = \frac{R_w - R_k}{R_k} \cdot (235 + \vartheta_k)$$

Index		
auf	-	Aufnahme
ab	-	Abgabe
k	-	bezogen auf kalten Zustand
w	-	bezogen auf warmen Zustand

2 Umrechnungsfaktoren für Einheiten

Da Zahlenwertgleichungen sowohl für die Eingaben wie für das Ergebnis bestimmte Einheiten voraussetzen, müssen oft Umrechnungsfaktoren verwendet werden.

Dies gilt auch für Größen des Zollsystems, das in Nordamerika nach wie vor verbreitet ist.

2.1 Länge

		m	dm	cm	mm	yd	ft	in	mil
1 m	=	1	10	100	1000	1.094	3.281	39.370	39.4×10^3
1 dm	=	0.1	1	10	100	0.1094	0.3281	3.937	3937
1 cm	=	0.01	0.1	1	10	10.9×10^{-3}	32.8×10^{-3}	0.3937	393.7
1 mm	=	0.001	0.01	0.1	1	1.09×10^{-3}	3.28×10^{-3}	39.4×10^{-3}	39.37
1 yd	=	0.9144	9.144	91.44	914.4	1	3	36	36×10^3
1 ft	=	0.3048	3.048	30.48	304.8	0.3333	1	12	12×10^3
1 in	=	25.4×10^{-3}	0.2540	2.540	25.40	27.8×10^{-3}	83.3×10^{-3}	1	1000
1 mil	=	25.4×10^{-6}	254×10^{-6}	2.54×10^{-3}	25.4×10^{-3}	27.8×10^{-6}	83.3×10^{-6}	1×10^{-3}	1

1 mile (statute or British mile) = 1760 yd = 5280 ft = 1609.344 m
 1 n mile (nautical mile) = 6080 ft = 1.853 km
 1 km = 39370 in = 3281 ft = 1093.6 yd = 0.6214 mile = 0.5396 n mile
 1 fathom = 6 ft = 1.8288 m

2.2 Fläche

		m ²	dm ²	cm ²	mm ²	yd ²	ft ²	in ²	CM
1 m ²	=	1	100	10×10^3	1×10^6	1.196	10.764	1550	–
1 dm ²	=	0.01	1	100	10×10^3	12×10^{-3}	0.1076	15.50	–
1 cm ²	=	0.1×10^{-3}	0.01	1	100	0.12×10^{-3}	1.08×10^{-3}	0.1550	197×10^3
1 mm ²	=	1×10^{-6}	0.1×10^{-3}	0.01	1	1.2×10^{-6}	10.8×10^{-6}	1.55×10^{-3}	1.97×10^3
1 yd ²	=	0.8361	83.61	8361	836×10^3	1	9	1296	–
1 ft ²	=	92.9×10^{-3}	9.290	929.03	92.9×10^3	0.1111	1	144	183×10^6
1 in ²	=	0.645×10^{-3}	64.5×10^{-3}	6.4516	645.16	772×10^{-6}	6.94×10^{-3}	1	1.27×10^6
1 CM	=	–	–	5.07×10^{-6}	0.507×10^{-3}	–	5.45×10^{-9}	0.785×10^{-6}	1

CM – circular mil – Zolleinheit für kleine Flächen

1 square mile = 640 acres = 2.590 km² = 259 ha
 1 acre = 4840 yd² = 0.405 ha = 4047 m²
 1 km² = 0.386 sq. mile = 100 ha = 10 000 a
 1 ha = 100 a = 2.471 acres = 11959.6 yd²
 1 a = 100 m² = 119.6 yd² = 1076.4 ft²

2.3 Volumen

		m ³	dm ³	cm ³	yd ³	ft ³	in ³	gal (UK)	gal (US)
1 m ³	=	1	1000	1 x 10 ⁶	1.3079	35.32	61.02 x 10 ³	220	264.2
1 dm ³	=	1 x 10 ⁻³	1	1000	1.3 x 10 ⁻³	35.3 x 10 ⁻³	61.02	0.22	0.2642
1 cm ³	=	1 x 10 ⁻⁶	1 x 10 ⁻³	1	1.3 x 10 ⁻⁶	35.3 x 10 ⁻⁶	61 x 10 ⁻³	0.22 x 10 ⁻³	0.26 x 10 ⁻³
1 yd ³	=	0.765	764.6	765 x 10 ³	1	27	46.7 x 10 ³	168.2	202
1 ft ³	=	28.3 x 10 ⁻³	28.32	28.3 x 10 ³	37 x 10 ⁻³	1	1728	6.229	7.481
1 in ³	=	16.4 x 10 ⁻⁶	16.4 x 10 ⁻³	16.39	21.4 x 10 ⁻⁶	579 x 10 ⁻⁶	1	3.6 x 10 ⁻³	4.3 x 10 ⁻³
1 gal (UK)	=	4.55 x 10 ⁻³	4.546	4546	5.95 x 10 ⁻³	0.1605	277	1	1.201
1 gal (US)	=	3.79 x 10 ⁻³	3.785	3785	4.95 x 10 ⁻³	0.1337	231	0.8327	1

1 bushel (UK) = 8 gal (UK) = 64 pt (UK) = 36.37 l
 1 bushel (US) = 0.969 bu (UK) = 35.24 l
 1 pint (UK) = 1/8 gal (UK) = 0.5682 l
 1 liqu. pt (US) = 1/8 gal (US) = 0.4732 l
 1 l = 1.76 pt (UK) = 2.113 liqu. pt (US)

2.4 Kraft

		N	kgf	p	dyn	tonf (UK)	lbf	ozf
1 N	=	1	0.1020	102.0	1 x 10 ⁵	100.4 x 10 ⁻⁶	0.2248	3.597
1 kgf	=	9.807	1	1000	981 x 10 ³	0.984 x 10 ⁻³	2.205	35.27
1 p	=	9.81 x 10 ⁻³	1 x 10 ⁻³	1	980.7	0.984 x 10 ⁻⁶	2.2 x 10 ⁻³	35.3 x 10 ⁻³
1 dyn	=	1 x 10 ⁻⁵	1.02 x 10 ⁻⁶	1.02 x 10 ⁻³	1	1 x 10 ⁻⁹	2.25 x 10 ⁻⁶	36 x 10 ⁻⁶
1 tonf (UK)	=	9964	1016	1.02 x 10 ⁶	996 x 10 ⁶	1	2240	35.8 x 10 ³
1 lbf	=	4.448	0.4536	453.6	445 x 10 ³	446 x 10 ⁻⁶	1	16
1 ozf	=	0.278	28.4 x 10 ⁻³	28.35	27.8 x 10 ³	27.9 x 10 ⁻⁶	62.5 x 10 ⁻³	1

1 (long) ton (UK) = 160 stones = 2240 lb = 1.016 t
 1 (short) ton (US) = 142.9 stones = 2000 lb = 0.907 t
 1 stone = 14 lb = 224 oz = 6.35 kg
 1 ton = 20 cwt
 1 cwt (UK) = 4 quarters = 8 stones = 112 lb
 1 cwt (US) = 100 lb = 45.36 kg
 1 t = 1000 kg = 0.984 ton (UK) = 1.101 ton (US)

2.5 Geschwindigkeit

		km/h	m/min	m/s	mile/h	ft/min	f t/s	in/s
1 km/h	=	1	16.667	0.2778	0.6214	54.68	0.9113	10.936
1 m/min	=	0.06	1	16.7×10^{-3}	37.3×10^{-3}	3.281	54.7×10^{-3}	0.656
1 m/s	=	3.6	60	1	2.237	196.85	3.281	39.37
1 mile/h	=	1.609	26.82	0.4470	1	88	1.467	17.6
1 ft/min	=	18.3×10^{-3}	0.3048	5.08×10^{-3}	11.4×10^{-3}	1	16.7×10^{-3}	0.2
1 ft/s	=	1.097	18.288	0.3048	0.6818	60	1	12
1 in/s	=	91×10^{-3}	1.524	25.4×10^{-3}	56.8×10^{-3}	5	83.3×10^{-3}	1

2.6 Drehmoment

		Nm	cNm	kgfm	cpm	lbf x ft	lbf x in	ozf x in
1 Nm	=	1	100	0.10197	10.2×10^3	0.73756	8.8507	141.61
1 cNm	=	0.01	1	1.02×10^{-3}	101.97	7.376×10^{-3}	88.5×10^{-3}	1.4161
1 kgfm	=	9.8067	980.67	1	100×10^3	7.233	86.796	1389
1 cpm	=	98.1×10^{-6}	9.81×10^{-3}	10×10^{-6}	1	72.3×10^{-6}	868×10^{-6}	13.9×10^{-3}
1 lbf x ft	=	1.356	135.6	0.1383	13.8×10^3	1	12	192
1 lbf x in	=	0.1129	11.29	11.5×10^{-3}	1152	83.3×10^{-3}	1	16
1 ozf x in	=	7.062×10^{-3}	0.7062	0.72×10^{-3}	72.01	5.21×10^{-3}	62.5×10^{-3}	1

2.7 Leistung

		kW	mhp	hp	kgfm/s	ft x lbf/s	kcal/s	Btu/s
1 kW	=	1	1.360	1.341	102.0	737.6	0.2388	0.9478
1 mhp	=	0.7355	1	0.9863	75	542.5	0.1757	0.6971
1 hp	=	0.7457	1.014	1	76.04	550	0.1781	0.7068
1 kgfm/s	=	9.81×10^{-3}	13.33×10^{-3}	13.15×10^{-3}	1	7.233	2.342×10^{-3}	9.295×10^{-3}
1 ft x lbf/s	=	1.36×10^{-3}	1.84×10^{-3}	1.82×10^{-3}	0.1383	1	0.324×10^{-3}	1.285×10^{-3}
1 kcal/s	=	4.1868	5.692	5.615	426.9	3088	1	3.968
1 Btu/s	=	1.055	1.435	1.415	107.6	778.2	0.2520	1

2.8 Massenträgheitsmoment und Schwungmoment

	kgm ² (mr ²)	kgfm ² (GD ²)	lbf x ft ² (WK ²)	kpms ²	ft x lbf s ²
1 kgm ² (mr ²)	= 1	4	23.73	0.102	0.7376
1 kgfm ² (GD ²)	= 0.25	1	5.933	25.5 x 10 ⁻³	0.1844
1 lbf x ft ² (WK ²)	= 42.1 x 10 ⁻³	0.1686	1	4.30 x 10 ⁻³	31.1 x 10 ⁻³
1 kpms ²	= 9.807	39.23	232.7	1	7.233
1 ft x lbf s ²	= 1.356	5.423	32.17	0.1383	1

2.9 Druck

		Pa (N/m ²)	bar	kgf/m ²	kgf/cm ²	kgf/mm ²	lbf/yd ²
1 Pa	=	1	1 x 10 ⁻⁵	0.102	10.2 x 10 ⁻⁶	0.102 x 10 ⁻⁶	0.188
1 bar	=	1 x 10 ⁵	1	10.2 x 10 ³	1.02	10.2 x 10 ⁻³	18.8 x 10 ³
1 kgf/m ²	=	9.81	98.1 x 10 ⁻⁶	1	0.1 x 10 ⁻³	1 x 10 ⁻⁶	1.843
1 kgf/cm ²	=	98.1 x 10 ³	0.981	10 x 10 ³	1	0.01	18.4 x 10 ³
1 kgf/mm ²	=	9.81 x 10 ⁶	98.1	1 x 10 ⁶	100	1	1.84 x 10 ⁶
1 lbf/yd ²	=	5.32	53.2 x 10 ⁻⁶	0.543	54 x 10 ⁻⁶	0.54 x 10 ⁻⁶	1
1 lbf/ft ²	=	47.88	479 x 10 ⁻⁶	4.882	0.488 x 10 ⁻³	4.88 x 10 ⁻⁶	9
1 lbf/in ²	=	6.89 x 10 ³	68.9 x 10 ⁻³	703	70.3 x 10 ⁻³	0.703 x 10 ⁻³	1296
1 tonf/in ²	=	15.4 x 10 ⁶	154	1.58 x 10 ⁶	157.5	1.575	2.9 x 10 ⁶

		lbf/ft ²	lbf/in ²	tonf/in ²
1 Pa	=	20.88 x 10 ⁻³	145 x 10 ⁻⁶	64.75 x 10 ⁻⁹
1 bar	=	2.088 x 10 ³	14.5	6.475 x 10 ⁻³
1 kgf/m ²	=	0.2048	1.42 x 10 ⁻³	0.64 x 10 ⁻⁶
1 kgf/cm ²	=	2.05 x 10 ³	14.223	6.4 x 10 ⁻³
1 kgf/mm ²	=	205 x 10 ³	1.422 x 10 ³	0.6349
1 lbf/yd ²	=	0.1111	772 x 10 ⁻⁶	0.345 x 10 ⁻⁶
1 lbf/ft ²	=	1	6.94 x 10 ⁻³	3.1 x 10 ⁻⁶
1 lbf/in ²	=	144	1	0.446 x 10 ⁻³
1 tonf/in ²	=	0.323 x 10 ⁶	2240	1

1 N/m² = 1 Pa (Pascal)

1 mbar = 1 hPa (Hektopascal)

2.10 Temperatur

	°F	°C	K	°Réau	°R
v °F =	v	$5/9 (v - 32)$	$5/9 (v - 32) + 273$	$4/9 (v - 32)$	$v + 460$
w °C =	$9/5 w + 32$	w	$w + 273$	$4/5 w$	$9/5 w + 492$
x K =	$9/5 x - 460$	$x - 273$	x	$4/5 (x - 273)$	$9/5 x$
y °Réau =	$9/4 y + 32$	$5/4 y$	$5/4 y + 273$	y	$9/4 y + 492$
z °R =	$z - 460$	$5/9 z - 273$	$5/9 z$	$4/9 z - 219$	z

Bezugspunkte der Temperatur:

Siedepunkt des Wassers:

212 °F 100 °C 373.15 K 80 °Réau 671.67 °R

Gefrierpunkt des Wassers:

32 °F 0 °C 273.15 K 0 °Réau 491.67 °R

Absoluter Nullpunkt:

- 459.67 °F - 273.15 °C 0 K – 0 °R