

Verbindungselemente aus diversen Werkstoffen

Nichteisenmetalle

Eigenschaften von Schrauben und Muttern aus Aluminiumlegierungen

Unverbindliche Angaben je nach Hersteller

Tabellenwerte für: Dichte = 2,8 kg/dm³, Wärmeausdehnungskoeffizient = 23,6 · 10⁻⁶ · K⁻¹, E-Modul = 70 000 N/mm²

Werkstoff- Bezeichnung	Werkstoff- Nr.	Bezeichnung		Bossard Angabe	Fertigungszustand der Schrauben / Muttern ³⁾				Eignung für
		DIN 209-1 Werkstoff- Nr.	EN 28839		EN 515	R _{p0,2} [N/mm ²] min.	R _m [N/mm ²] min.	A ²⁾ [%] min.	
Al Mg5	5019	3.3555	AL 2	–	weich kaltverfestigt	200	280–310	6	sehr gute Korrosions- beständigkeit, Seewasser- beständig, geringe Festigkeit
Al Si1 Mg Mn	6082	3.2315	AL 3	–	ausgehärtet T6	250	310	7	sehr gute Korrosionsbestän- digkeit, geringe Festigkeit
Al Mg SiCu Mn	6056	–	AL 9	–	ausgehärtet T6	360	420	8	hohe Korrosionsbeständigkeit, maximale Festigkeit mit guter Duktilität
Al Mg Si	6060	–	(~AL 3)	P40	ausgehärtet T8	240	270	6	Bossard Verbindungselemente
Al Mg1 Si 0,8 Cu Mn	6013	–	–	–	ausgehärtet T8	370	400	10	noch gute Korrosionsbestän- digkeit, hohe Festigkeit
Al Cu4 Mg Si	2017	3.1325	AL 4	–	ausgehärtet T6	290	420	6	hochfeste Befestigungen, aber geringste Korrosions- beständigkeit ¹⁾
Al Zn6 Cu Mg Zr	7050	3.4144	–	–	ausgehärtet T73	400	500	6	hochfeste Befestigungen, aber geringste Korrosions beständigkeit ¹⁾
Al Zn5,5 Mg Cu	7075	3.4365	AL 6	–	ausgehärtet T73	440	510	7	
Al Zn5,5 Mg Cu	7075	3.4364	(–)	P65	ausgehärtet T6	460	530	7	Bossard Verbindungselemente DIN 931, DIN 7985, DIN 975
			(~AL 6)	P60	ausgehärtet T73	420	490	11	

¹⁾ Spannungsrisskorrosionsempfindlichkeit aufgrund des hohen Cu-Gehaltes²⁾ Bruchdehnung A – Prüfung an Schraube mit Klemmlänge 2 x d³⁾ T6 – Lösungsgeglüht und warmausgelagert

T8 – Lösungsgeglüht, kaltumgeformt und warmausgelagert

T73 – Lösungsgeglüht und überhärtet (warmausgelagert) zur Erzielung einer optimalen Beständigkeit gegen Spannungsrisskorrosion

Eigenschaften von Aluminium im Vergleich

Unverbindliche Angaben je nach Hersteller

Werkstoff- Bezeichnung	Schmelzpunkt	Dichte ρ	Thermische Leitfähigkeit	Elektrische Leitfähigkeit	Zugfestigkeit
	[°C]	$\left[\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \right]$	$\left[\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right]$	$\left[\frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \right]$	[N/mm ²]
Alu 7075 (AL6)	635	2,81	130	19,1	510
Al Zn5,5 Mg Cu P60 (~AL 6)	–	2,7	–	33,3	490
Al Zn5,5 Mg Cu P65 (~AL 6)	–	2,7	–	33,3	530
INOX 304	1450	7,9	15	1,37	700
Kupfer	1080	8,94	390	57	235
Messing	890	8,5	8500	14,3	370
Polyamid PA6	220	1,13	0,24	10 ⁻¹⁷	80

Verbindungselemente aus diversen Werkstoffen

Eigenschaften von Schrauben und Muttern aus Kupferlegierungen

Unverbindliche Angaben je nach Hersteller

Werkstoff- Bezeichnung	Werkstoff- Nr.	Bez. nach EN 28839	Gefüge- zustand	Dichte ρ	Elektrische Leitfähigkeit	Wärmeaus- dehnungs- koeffizient a 30/100 °C	Mechanische Eigenschaften bei 20 °C ³⁾				Einsatz für
							$R_{p0,2}$ [N/mm ²]	R_m [N/mm ²]	$A_5^{2)}$ [%]	E-Modul [N/mm ²]	
				$F = R_m / 10$ [kg/dm ³]	$\left[\frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \right]$	$\left[\frac{mm}{mm \cdot K} \right]$	min.	min.	min.		
E-Cu 58	2.0065	Cu 1	F20 weich	8,94	58,0	$17,0 \cdot 10^{-6}$	150	200	40	110 000	Teile mit hoher elektrischer Leitfähigkeit
OF-Cu	2.0040		F20 ¹⁾				320	350	7		
Cu-ETP E-Cu57	2.0060	Cu 1	–	8,94	–	–	160	240	14	–	–
CuZn37 (Messing)	2.0321 · 10	Cu 2	F29 weich	8,44	15,5	$20,2 \cdot 10^{-6}$	250	290	45	110 000	übliche Befestigungen
	2.0321 · 26		F37 ¹⁾				250	370	27		
CuZn37 (MS 63)	2.0321	Cu 2	–	8,44	–	–	250	370	19	–	–
CuZn39 Pb3 (MS 58)	2.0401	Cu 3	–	–	–	–	250	370	19	–	–
CuNi12 Zn24 (Neusilber)	2.0730 · 10	–	F34 weich	8,67	4,4	$18,0 \cdot 10^{-6}$	290	330	40	125 000	sehr gute Korrosionsbeständigkeit, silberfarben
	2.0730 · 30		F54 weich				440	540	8		
CuSn6 (Resistan)	2.1020	Cu 4	–	–	–	–	200	400	33	–	–
CuNi1,5Si	2.0853 · 73	Cu 5	ausge- härtet	8,8	> 18,0	$16,0 \cdot 10^{-6}$	540	590	12	140 000	hochfeste, elektrisch gut leitende Befestigungen
CuNi3Si	2.0857 · 73	–	ausge- härtet	8,8	> 15,0	$16,0 \cdot 10^{-6}$	780	830	10	144 000	
CuNi1Si (Kuprodur)	2.0853	Cu 5	–	–	–	–	540	590	12	–	Seewasserbeständig
CuZn40 Mn1 Pb	2.0580	Cu 6	–	–	–	–	180	440	18	–	–
CuAl10 Ni5 Fe4	2.0966	Cu 7	–	–	–	–	270	640	15	–	–
CuBe2	2.124 · 75	–	ausge- härtet	8,3	~10	$16,7 \cdot 10^{-6}$	1050	1200	2	125 000	hochfeste Befestigung, Korrosionsbeständigkeit, gute elektrische Leitfähigkeit

¹⁾ Kaltverfestigt²⁾ Bruchdehnung A_5 – Prüfung an abgedrehten Probestab mit Prüflänge 5 x d³⁾ 1 N/mm² = 1 MPa

Mindestbruchdrehmomente für Schrauben bis M5 nach ISO 8839

Gewinde Nenn-Ø	Mindest-Bruchdrehmomente ¹⁾ [Nm] für Werkstoffe										
	CU1	CU2	CU3	CU4	CU5	AL1	AL2	AL3	AL4	AL5	AL6
M1,6	0,06	0,10	0,10	0,11	0,14	0,06	0,07	0,08	0,1	0,11	0,12
M2	0,12	0,21	0,21	0,23	0,28	0,13	0,15	0,16	0,2	0,22	0,25
M2,5	0,24	0,45	0,45	0,5	0,6	0,27	0,3	0,3	0,43	0,47	0,5
M3	0,4	0,8	0,8	0,9	1,1	0,5	0,6	0,6	0,8	0,8	0,9
M3,5	0,7	1,3	1,3	1,4	1,7	0,8	0,9	0,9	1,2	1,3	1,5
M4	1	1,9	1,9	2	2,5	1,1	1,3	1,4	1,8	1,9	2,2
M5	2,1	3,8	3,8	4,1	5,1	2,4	2,7	2,8	3,7	4	4,5

¹⁾ Der Torsionsversuch ist nach ISO 898-7 durchzuführen

Verbindungselemente aus diversen Werkstoffen

Sonderwerkstoffe

Werkstoffbezeichnung Werkstoff-Nr.	Beschreibung und Anwendungsbereich nach Herstellerangaben	
Hastelloy® B B-2 B-3	2.4617 2.4600	Hochkorrosionsbeständige Nickel-Molybdän-Legierung mit ausgezeichneter Beständigkeit gegen reduzierende Medien, besonders gegen Salzsäure aller Konzentrationen bis zum Siedepunkt, feuchtes Chlorwassergas, Schwefel- und Phosphorsäure, alkalische Lösungen. Ausreichend beständig bei oxidierenden und reduzierenden Gasen bis 800 °C. Nicht empfohlen für stark oxidierende Agenzien, Eisen- und Kupfersalze (siehe Hastelloy C). Anwendung: Bauteile, die starker chemische Beanspruchung ausgesetzt sind, Turbolader.
Hastelloy® C C-4 C-22 C-276 C-2000	2.4610 2.4602 2.4819 2.4675	Hochkorrosionsbeständige Nickel-Chrom-Molybdän-Legierung mit besonders hoher Beständigkeit gegen aggressive, oxidierende und reduzierende Medien, beispielsweise Bleichlösungen, die freies Chlor enthalten, Chloriten, Hypochloriten, Schwefel- und Phosphorsäure, organische Säuren wie Essig- und Ameisensäure, Lösungen von Nitraten, Sulfaten und Sulfiten, Chloriden und Chloraten, Chromaten sowie Cyanverbindungen. Anwendung: Bauteile, die starker chemischer Beanspruchung ausgesetzt sind, in chemischen Verfahren und Anlagen, Abgasreinigungssysteme, bei der Faser- und Papierherstellung, Müllentsorgung etc.
Hastelloy® G G-3 G-30	2.4619 2.4603	Nickel-Chrom-Eisen-Legierung mit ausgezeichneter Korrosionsbeständigkeit in oxidierenden Medien. Anwendung: In der chemischen Verfahrenstechnik, besonders geeignet für die Herstellung von Phosphor- und Salpetersäure.
Inconel® 600 601 625 718	2.4816 2.4851 2.4856 2.4668	Nickel-Chrom-Legierung mit guten technologischen Eigenschaften bei hohen Temperaturen bis über 1000 °C und ausgezeichneter Oxidationsbeständigkeit. Widersteht auch der Korrosion durch ätzende Stoffe. Anwendung: Wärmebehandlungsanlagen, Kernenergie-technik, Gasturbinen, Auskleidungen, Ventilatoren und Gebläse, chemische Industrie etc.
Monel® 400 K-500	2.4360 2.4375	Nickel-Kupfer-Legierung mit hoher Festigkeit und Zähigkeit über grosse Temperaturbereiche. Ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit gegenüber Salzwasser und einer Vielzahl von Säuren und alkalischen Lösungen. Auch für Press- und Schmiedeteile geeignet. Anwendung: Ventile, Pumpen, Befestigungselemente, mechanisch beanspruchte Bauteile mit Meerwasser-Beaufschlagung etc.
Nimonic® 75 80A 90 105	2.4951 2.4952 2.4969 2.4634	Die Nickelbasis-Chrom-Werkstoffe sind Legierungen mit besonders hoher Zeitstandfestigkeit und Oxidationsbeständigkeit. Für hohe mechanische Beanspruchung bei Temperaturen bis 1000 °C. Aufgrund verschiedenster Ausscheidungswärmebehandlungen lassen sich Relaxations- und Kriechverhalten steuern. Anwendung: Rotierende Bauteile bei hohen Temperaturen, Federn, Befestigungselemente, Brennkammer-Bauteile
Titan Gr. 1 Gr. 2 Gr. 3 Gr. 4	3.7025 3.7035 3.7055 3.7065	Reaktiver Werkstoff mit hoher Festigkeit bezogen auf die geringe Dichte. Hervorragende Korrosionsbeständigkeit in chloridhaltigen, oxidierenden Medien. Anwendung: Bauteile für gewichtsparende Konstruktion mit hoher Festigkeit, stark oxidierende Beanspruchung, besonders in Gegenwart von Chloriden. Chemische Industrie, Meerwasserentsalzung, Kraftwerktechnik, Medizintechnik etc.
Titan Gr.5	3.7164/ 3.7165	Titanlegierung mit einer hohen spezifischen Festigkeit. Anwendung: Bauteile für die Luft- und Raumfahrt, chemische Prozesstechnik, rotierende Bauteile, Befestigungselemente, Fahrzeugtechnik etc.
Titan Gr. 7 Gr. 11	3.7235 3.7225	Reintitan mit Palladium legiert. Erhöhte Korrosionsbeständigkeit vor allem gegenüber feuchten chloridhaltigen Medien. Grade 11 verfügt über erhöhte Verformungseigenschaften. Anwendung: Chemische und petrochemische Anlagen, Gehäuse etc.

Verbindungselemente aus diversen Werkstoffen

Thermoplaste

Richtwerte physikalischer Eigenschaften nach Herstellerangaben

Mechanische Eigenschaften

Werkstoff-Kurzzeichen DIN 7728	Dichte [g/cm³] DIN 53479	Zugfestigkeit [N/mm²] DIN 53455	Reissdehnung % DIN 53455	Zug E-Modul [N/mm²] DIN 53457	Kugeldruckhärte 10-sec Wert [N/mm²] DIN 53456	Schlagzähigkeit [kJ/m²] DIN 53453	Kerbschlag- zähigkeit [kJ/m²] DIN 53453
PE-HD	0,94/0,96	18/35	100/1000	700/1400	40/65	ohne Bruch	ohne Bruch
PE-LD	0,914/0,928	8/23	300/1000	200/500	13/20	ohne Bruch	ohne Bruch
PP	0,90/0,907	21/37	20/800	1100/1300	36/70	ohne Bruch	3/17
POM	1,41/1,42	62/70	25/70	2800/3200	150/170	100	8
PA 6	1,13	70/85	200/300	1400	75	ohne Bruch	ohne Bruch
PA 66	1,14	77/84	150/300	2000	100	ohne Bruch	15/20

Elektrische Eigenschaften

Werkstoff-Kurzzeichen DIN 7728	spez. Durchgangs- Widerstand [Ω cm] DIN 53482	Oberflächen- Widerstand [Ω] DIN 53482	Dielektrizitätszahl DIN 53483		dielekt. Verlustfaktor tan δ DIN 53483		Durchschlagsfestigkeit		Kriechstromfestigkeit Stufe	
			50 Hz	10⁶ Hz	50 Hz	10⁶ Hz	[kV/25 μm] ASTM D 149	[kV/cm] DIN 53481	KA	KB/KC
PE-HD	> 10¹⁷	10¹⁴	2,35	2,34	2,4 · 10⁻⁴	2,0 · 10⁻⁴	> 700	–	3 c	> 600
PE-LD	> 10¹⁷	10¹⁴	2,29	2,28	1,5 · 10⁻⁴	0,8 · 10⁻⁴	> 700	–	3 b	> 600
PP	> 10¹⁷	10¹³	2,27	2,25	< 4 · 10⁻⁴	< 5 · 10⁻⁴	800	500/650	3 c	> 600
POM	> 10¹⁵	10¹³	3,7	3,7	0,005	0,005	700	380/500	3 b	> 600
PA 6	10¹²	10¹⁰	3,8	3,4	0,01	0,03	350	400	3 b	> 600
PA 66	10¹²	10¹⁰	8,0	4,0	0,14	0,08	400	600	3 b	> 600

Thermische Eigenschaften

Werkstoff-Kurzzeichen DIN 7728	Gebrauchstemperatur °C			Formbeständigkeit °C		linearer Ausdehnungs- koeffizient	Wärmeleit- fähigkeit	spezifische Wärme
	max. kurzzeitig	max. dauernd	min. dauernd	VSP (Vicat 5 kg) DIN 53460	ASTM D 648 1,86/0,45 [N/mm²]			
PE-HD	90/120	70/80	–50	60/70	50	200	0,38/0,51	2,1/2,7
PE-LD	80/90	60/75	–50	–	35	250	0,32/0,40	2,1/2,5
PP	140	100	0/–30	85/100	45/120	150	0,17/0,22	2,0
POM	110/140	90/110	–60	160/173	110/170	90/110	0,25/0,30	1,46
PA 6	140/180	80/100	–30	180	80/190	80	0,29	1,7
PA 66	170/200	80/120	–30	200	105/200	80	0,23	1,7

Kurzzeichen

PE-HD

PE-LD

PP

POM

PA 6

PA 66

Bedeutung

Polyethylen hoher Dichte

Polyethylen niedriger Dichte

Polypropylen

Polyoxymethylen, Polyacetal

Polyamid 6

Polyamid 6.6

Hinweise für Schrauben aus thermoplastischen Kunststoffen

- Mechanische und physikalische Eigenschaften, insbesondere Zugfestigkeit und Vorspannkraft sowie Farbgebung, Toleranzen der Gewindepartie und Kopfgeometrie unterliegen klimatischen Bedingungen. Richtwerte für Toleranzen, Hinweise und Montagemomente sind DIN 34810, ISO 4759-1 zu entnehmen.
- Vorspannkraften können durch Spannungsrelaxation abfallen. Hinweise für Konstruktion und Auslegung sind in Anlehnung an VDI 2544 zu verfolgen.

Verbindungselemente aus diversen Werkstoffen

Beständigkeit gegen den Angriff durch Chemikalien

Werkstoff-Kurzzeichen	Wasser, kalt	Wasser, heiss	Säuren, schwach	Säuren, stark	oxidierende Säuren	Flusssäure	Laugen, schwach	Laugen, stark	Lösungen anorg. Salze	Halogene, trocken	aliphatische KW	chlorierte KW	Alkohole	Ester	Ketone	Ether	Aldehyde	Amine	organische Säuren	aromatische KW	Kraftstoffe	Mineralöl	Fette, Öle	ungesättigte, chlorfreie KW	Terpentin	Wasser-aufnahme, % ASTM D 570
PE-HD	●	●	●	●	○	◐	●	●	●	○	●	◐	●	●	●	◐	◐	●	●	◐	◐	●	●	○	○	< 0,01
PE-LD	●		●	◐	○	◐	●	●	●	○	●	○	◐	◐	◐	○			●	○	○	◐	◐	○	○	< 0,01
PP	●	●	●	◐	○	◐	●	●	●	◐	●	○	●	◐	◐	○	●	●	◐	◐	◐	●	●	○	○	0,01 bis 0,03
POM	●	●	◐	○	○	○	●	●	●	○	●	●	●	○	◐	●	◐	◐	●	◐	●	●	●	●	◐	0,22 bis 0,25
PA 6	●	◐	○	○	○	○	●	◐	●	○	●	◐	●	●	●	●	◐	●	◐	●	●	●	○	◐	◐	1,3 bis 1,9

● beständig ◐ bedingt beständig ○ unbeständig

Kurzzeichen	Bedeutung
PE-HD	Polyethylen hoher Dichte
PE-LD	Polyethylen niedriger Dichte
PP	Polypropylen
POM	Polyoxymethylen, Polyacetal
PA 6	Polyamid 6
PA 66	Polyamid 6.6

Verbindungselemente aus diversen Werkstoffen

Elastomere

Brennbarkeit

Materialkurzzeichen nach ISO 1629		CR	FPM	NBR	EPDM	TPE
Name		Chloropren- Kautschuk	Fluor-Kautschuk	Nitril-Butadien- Kautschuk	Ethylen-Propylen- Dien-Kautschuk	Thermoplastisches Elastomer
Brennbarkeit nach		UL 94-V2	UL 94-V2	UL 94 HB	UL 94 HB	UL 94 HB
Einsatztemperatur ¹⁾	min.	–30 °C	–20 °C	–30 °C	–40 °C	–30 °C
	max. dauernd	+100 °C	+200 °C	+120 °C	+130 °C	+80 °C
	kurzzeitig	+120 °C	+280 °C	+150 °C	+170 °C	+120 °C

¹⁾ Die Minuswerte beim Temperatureinsatzbereich gelten nur für Teile im Ruhezustand ohne Schlagbeanspruchung.

Chemische Beständigkeit²⁾

Materialkurzzeichen nach ISO 1629	CR	FPM	NBR	EPDM	TPE
Name	Chloropren-Kautschuk	Fluor-Kautschuk	Nitril-Butadien- Kautschuk	Ethylen-Propylen- Dien-Kautschuk	Thermoplastisches Elastomer
Alkohol	A	A	A	A	A
Benzin	C	A	A	C	B
Diesel	C	A	A	C	B
Mineralöl	B	A	A	B	B
Tierische und pflanzliche Fette	B	A	A	B	A
schwache Laugen	A	B	B	A	A
starke Laugen	B	C	C	A	B
schwache Säuren	B	A	B	A	A
starke Säuren	C	A	C	A	A
Wasser	C	A	C	A	A
Ozon	C	A	C	A	A

²⁾ Alle Werte beziehen sich auf Angaben der Rohstoffhersteller, eine Gewähr unsererseits kann deshalb nicht übernommen werden. Diese Angaben sind als Richtwerte anzusehen. Eine konkrete Aussage kann nur anhand des jeweils vorliegenden Anwendungsfalls gemacht werden. So kann z. B. ein Präzisionsteil schon aufgrund geringfügiger Volumenänderung versagen. Andererseits können aggressive Medien bei kurzzeitigem Kontakt als Reinigungsmittel durchaus verwendet werden.

A Sehr gute chemische Beständigkeit, ständige Einwirkung des Mediums verursacht innerhalb von 30 Tagen keine Schädigung des Materials. Das Material kann über Jahre resistent bleiben.

B Gute bis bedingte chemische Beständigkeit, ständige Einwirkung des Mediums verursacht innerhalb des 7. bis 30. Tages geringfügige Schädigungen, die zum Teil reversibel sind (Quellen, Erweichen, Nachlassen der mechanischen Festigkeit, Verfärbungen).

C Geringe chemische Beständigkeit, nicht für ständige Einwirkung des Mediums geeignet. Schädigungen können sofort eintreten (Nachlassen der mechanischen Festigkeit, Deformation, Verfärbung, Risse, Auflösung).

Chemische Inhaltsstoffe

Materialkurzzeichen nach ISO 1629	CR	FPM	NBR	EPDM	TPE
Name	Chloropren-Kautschuk	Fluor-Kautschuk	Nitril-Butadien- Kautschuk	Ethylen-Propylen- Dien-Kautschuk	Thermoplastisches Elastomer
halogenfrei	–	–	ja	ja	ja
phosphatfrei	ja	ja	ja	ja	ja
silikonfrei	ja	ja	ja	ja	ja