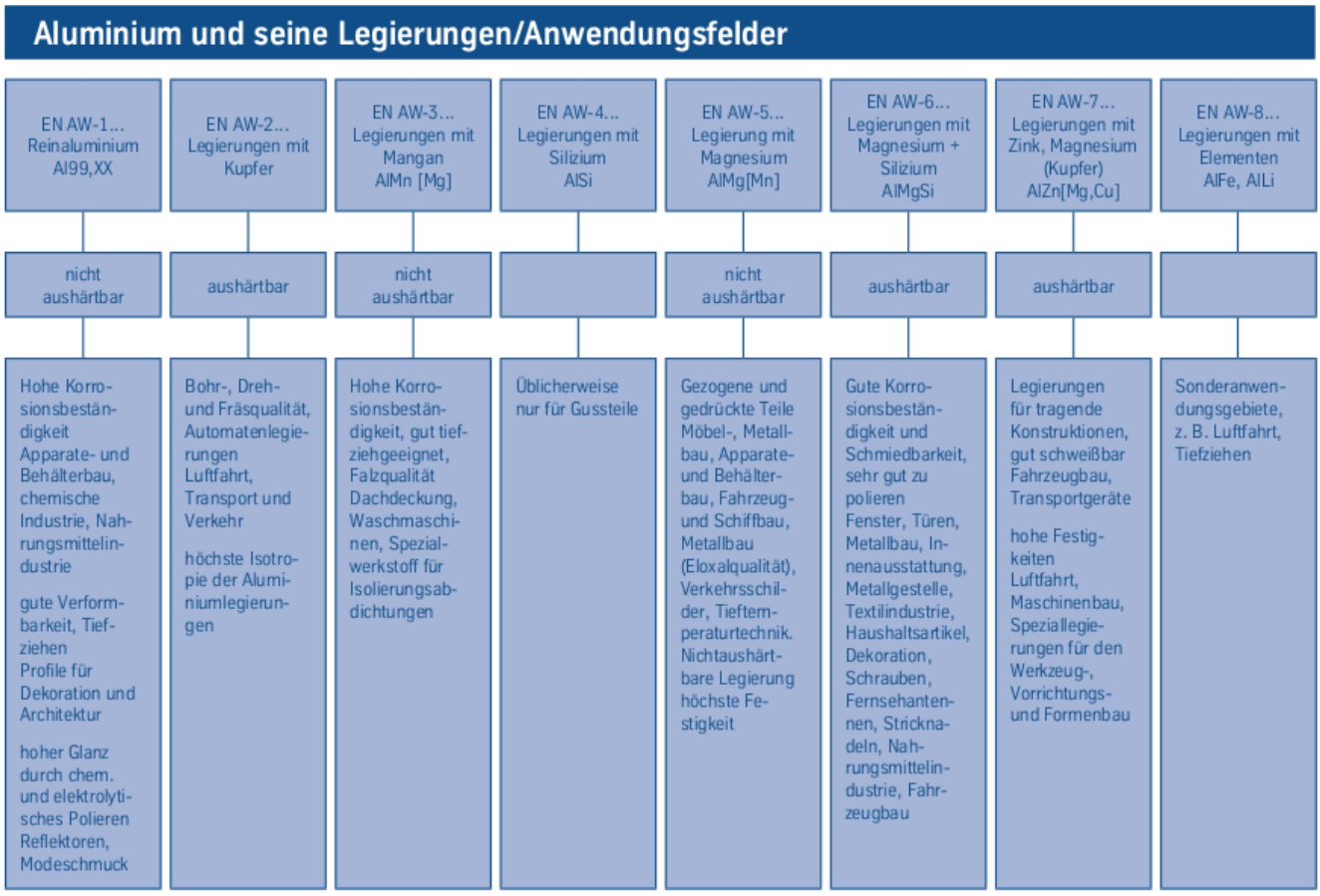
Übersicht Aluminium

** Aluminium Normen, Richtlinien, Hinweise **

1. Vorkommen und Eigenschaften

Aluminium ist nach Sauerstoff und Silizium das dritthäufigste Element und mit ca. 8 % am Aufbau der Erdkruste beteiligt. Trotz seines häufigen Vorkommens wurde es als Metall erst in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts entdeckt und kommt als technischer Werkstoff seit der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts zum Einsatz. Wegen seiner spezifischen Eigenschaften und der reichlichen Ressourcen ist Aluminium das Metall der Gegenwart. Aluminium zeichnet sich durch ein geringes Gewicht (Dichte 2,70 g/cm3), sehr gute Wärmeleitfähigkeit und eine niedrige Schmelztemperatur aus und ist für den Menschen gesundheitlich unbedenklich. Aluminiumlegierungen können sehr weich bis sehr hart produziert werden, so dass sie aufgrund optimaler Bearbeitbarkeit in vielen Einsatzbereichen verwendet werden. Das Metall findet vor allem Anwendung in der Verkehrstechnik (Herstellung von Flugzeugen, Automobilen, Lokomotiven und Schiffen), Verpackung, Hochbau, Maschinenbau sowie als metallisch dekorative Applikation in der Innenarchitektur und im Produktdesign.



Physikalische und mechanische Eigenschaften von Aluminium		
Dichte	g/cm³	2,70
Schmelztemperatur	°C	660
Elastizitätsmodul	N/mm²	68.000–80.000
Ausdehnungskoeffizient	10^{-6}/K	20–24,2
elektrische Leitfähigkeit	m/(Ωmm²)	11–38
Zugfestigkeit[1]	N/mm²	35–465
Bruchdehnung[1]	%	1–35

[1] abhängig vom Behandlungszustand

Aluminium ist ein Metall, dessen Eigenschaften auch nach seiner Nutzung in einem Produkt nicht beeinträchtigt werden, so dass Aluminium beliebig oft ohne Qualitätsverlust wiederverwertet werden kann. Der Energieverbrauch bei der Herstellung von Recycling-Aluminium liegt bei nur 5–10 % des Wertes, der für die Herstellung von Primär-Aluminium benötigt wird. Daher ist das Recyceln von Aluminium sowohl ökonomisch als auch ökologisch sinnvoll. Aluminiumschrott trägt zu rund 25 % zur Deckung des Gesamtbedarfs bei.

2. Wirkung der Legierungselemente

Nicht aushärtbare Legierungen

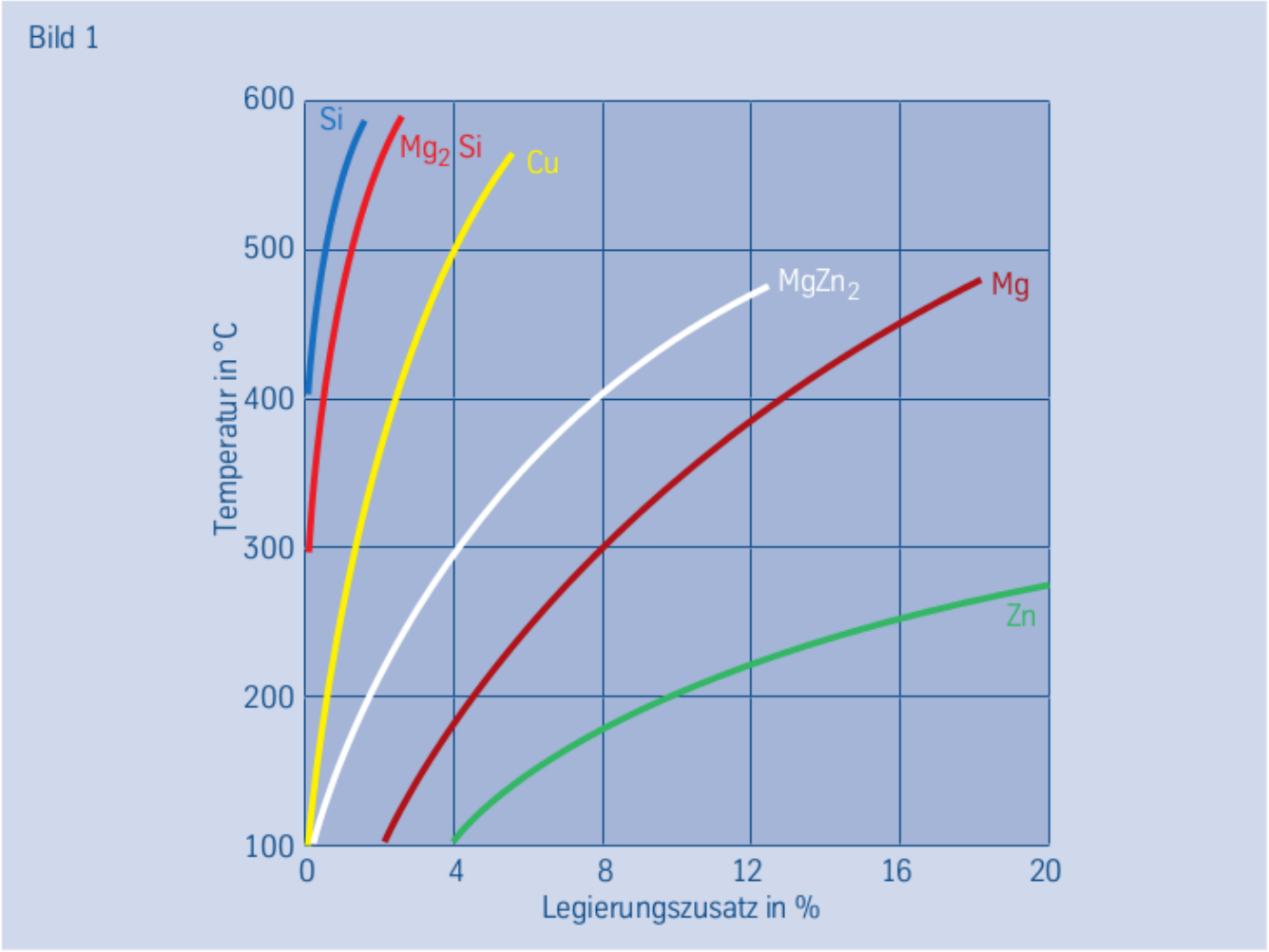
Die nicht aushärtbaren (naturharten) Knetlegierungen des Aluminiums enthalten im Allgemeinen Magnesiumszusätze von 0,5 bis 7 % oder auch Manganzusätze bis 1,5 %. Wirksam für die Festigkeitssteigerung bei den nicht aushärtbaren Legierungen sind hauptsächlich in Lösung befindliche Atome der genannten Elemente, die das Aluminiumgitter verspannen und dadurch verfestigen.

Aushärtbare Legierungen

Bei der Herstellung aushärtbarer Legierungen werden die Elemente Silizium, Kupfer, Zink oder Verbindungen dieser (Halb-)Metalle zulegiert (Bild 1), die bei höheren Temperaturen gelöst sind. Beim Abkühlen wird das Aluminium-Gefüge sich selbst überlassen (Auslagern). Die Atome der Legierungsbestandteile versuchen nun, sich zu vereinigen und Ausscheidungen zu bilden. Auf ihrer Diffusion (Wanderung) zueinander bleiben sie unterwegs im Aluminium stecken und bewirken eine besonders starke Verspannung, die zur Festigkeitssteigerung führt.

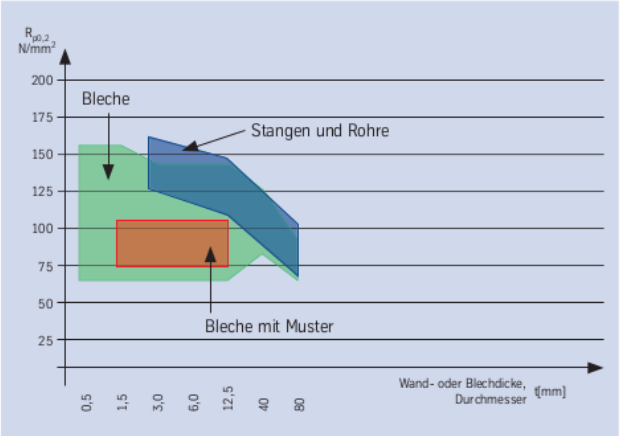
Löslichkeit von Legierungszusätzen in Aluminium

Bild 1

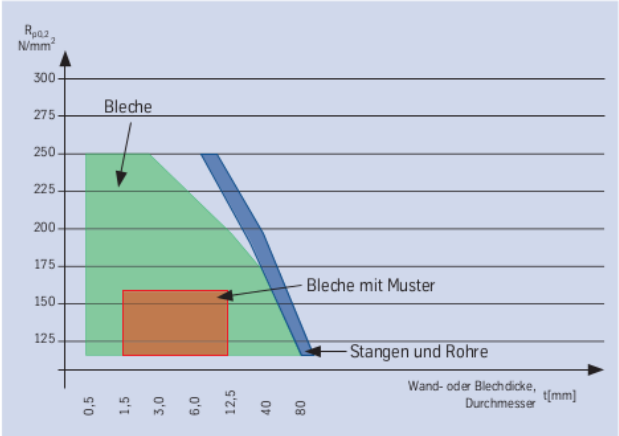


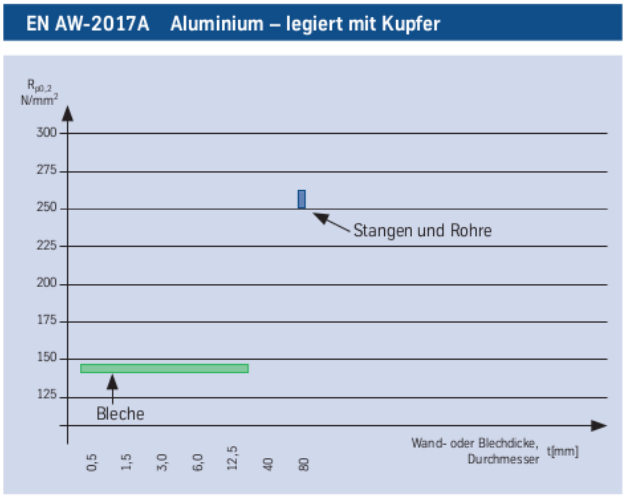
3. Mechanische Eigenschaften gängiger Aluminiumlegierungen

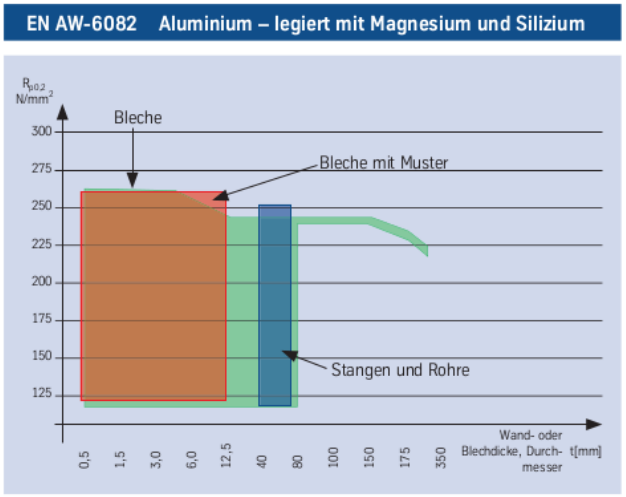
EN AW-1050A Aluminium – Reinaluminium

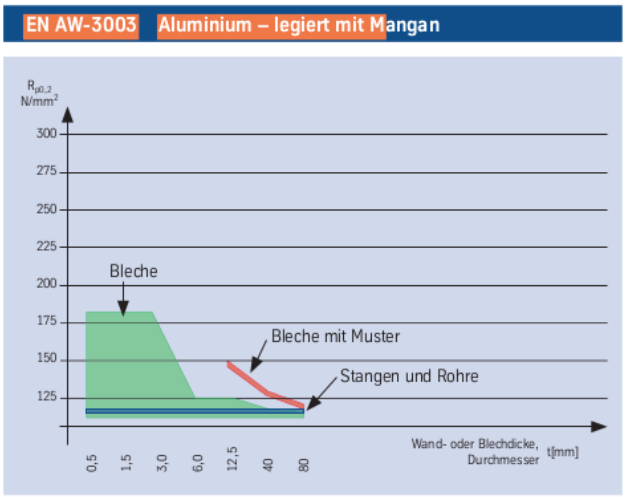


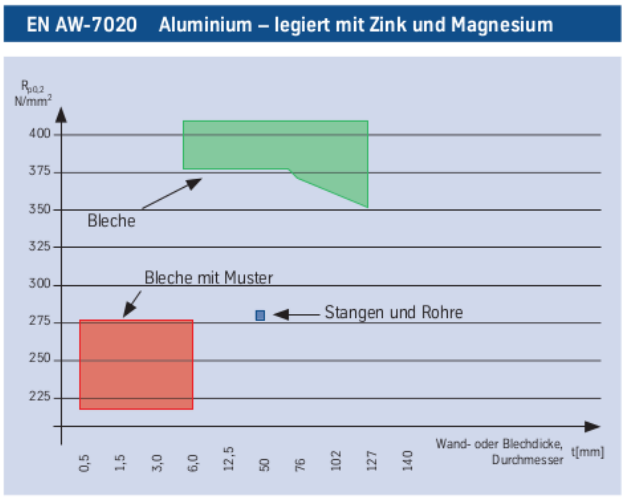
EN AW-5754 Aluminium – legiert mit Magnesium











4. Normenvergleich DIN EN – Übersicht der Aluminiumlegierungen



Aufbau der Werkstoffnummern

Aufbau der Werkstoffnummern

EN	A	W	1	0	5	0	A
1	2	3	4	5	6	7	8

1 = Präfix
2 = Bezeichnung für Aluminiumwerkstoff (A)
3 = Werkstoffform (hier W = Knetlegierung)
4 = Zahl zwischen 1–8 (Legierungsgruppe)
5–7 = Zahlen zwischen 111–999 (haben keine bestimmte Bedeutung)
8 = Buchstabe A–Z (Zusatz, wenn für die Benennung die Zahlenkombinationen nicht ausreichen)

DIN Bezeichnung Kurzzeichen	Werkstoff-Nr.	EN Bezeichnung Werkstoff-Nr.	Chemisches Symbol	Bänder, Bleche, Platten DIN EN 573-3 DIN EN 485-1 DIN 40501-1	Bleche mit eingewalzten Mustern DIN EN 573-3 DIN EN 1386 DIN EN 485-1	gezogene Stangen und Rohre DIN EN 573-3 DIN EN 754-1 DIN 40501-2 DIN 40501-3	stranggepresste Stangen, Rohre und Profile DIN EN 573-3 DIN EN 755-1 DIN 40501-2 DIN 40501-3	Vordraht DIN EN 573-3 DIN EN 1715-1 DIN EN 1745-2 DIN 40501-4	Schmiedestücke DIN EN 573-3 DIN EN 586-1
Reinaluminium, nicht aushärtbar									
Al99,9	3.0305	–	–						
AlMg1,5	3.3316	–	–						
E-Al99,85MgSi	3.2307	–	–						
E-AlMgSi	3.2305	–	–						
Al99,5	3.0255	**EN AW-1050A**	EN AW-Al 99,5	●	●	●	●	●	
–	–	**EN AW-1060**	EN AW-Al 99,6						
Al99,7	3.0275	**EN AW-1070A**	EN AW-Al 99,7	●			●	●	
Al99,8	3.0285	**EN AW-1080A**	EN AW-Al 99,8(A)	●				●	
–	–	**EN AW-1085**	EN AW-Al 99,85						
–	–	**EN AW-1090**	EN AW-Al 99,90					●	
Al99,98R	3.0385	**EN AW-1098**	EN AW-Al 99,98					●	
–	–	**EN AW-1100**	EN AW-Al 99,0Cu						
–	–	**EN AW-1198**	EN AW-Al 99,98(A)						
–	–	**EN AW-1199**	EN AW-Al 99,99						
Al99	3.0205	**EN AW-1200**	EN AW-Al 99,0	●		●	●	●	
–	–	**EN AW-1200A**	EN AW-Al 99,0(A)						
–	–	**EN AW-1235**	EN AW-Al 99,35						
–	–	**EN AW-1350**	EN AW-EAl 99,5				●	●	
E-Al	3.0257	**EN AW-1350A**	EN AW-EAl 99,5(A)						
–	–	**EN AW-1370**	EN AW-EAl 99,7					●	
–	–	**EN AW-1450**	EN AW-Al 99,5Ti					●	
Legierungen mit Kupfer, aushärtbar									
–	–	**EN AW-2001**	EN AW-Al Cu5,5MgMn						
AlCuMgPb	3.1645	**EN AW-2007**	EN AW-Al Cu4PbMgMn			●	●		
AlCuBiPb	3.1655	**EN AW-2011**	EN AW-Al Cu6BiPb			●	●	●	●
–	–	**EN AW-2011A**	EN AW-Al Cu6BiPb(A)			●	●		
AlCuSiMn	3.1255	**EN AW-2014**	EN AW-Al Cu4SiMg	●		●	●		●
–	–	**EN AW-2014A**	EN AW-Al Cu4SiMg(A)	●		●	●	●	
AlCuMg1	3.1325	**EN AW-2017A**	EN AW-Al Cu4MgSi(A)	●		●	●	●	●
AlCuMg2	3.1355	**EN AW-2024**	EN AW-Al Cu4Mg1	●		●	●	●	●
–	–	**EN AW-2030**	EN AW-Al Cu4PbMg			●	●	●	
–	–	**EN AW-2031**	EN AW-Al Cu2,5NiMg						●
–	–	**EN AW-2091**	EN AW-Al Cu2Li2Mg1,5						
AlCu2,5Mg0,5	3.1305	**EN AW-2117**	EN AW-Al Cu2,5Mg					●	
–	–	**EN AW-2124**	EN AW-Al Cu4Mg1(A)						
–	–	**EN AW-2214**	EN AW-Al Cu4SiMg(B)						
–	–	**EN AW-2219**	EN AW-Al Cu6Mn						●
–	–	**EN AW-2319**	EN AW-Al Cu6Mn(A)					●	
–	–	**EN AW-2618A**	EN AW-Al Cu2Mg1,5Ni						●
Legierungen mit Mangan, nicht aushärtbar									
–	–	**EN AW-3002**	EN AW-Al Mn0,2Mg0,1						
AlMnCu	3.0517	**EN AW-3003**	EN AW-Al Mn1Cu	●	●	●	●	●	
AlMn1Mg1	3.0526	**EN AW-3004**	EN AW-Al Mn1Mg1	●					
AlMn1Mg0,5	3.0525	**EN AW-3005**	EN AW-Al Mn1Mg0,5	●					
–	–	**EN AW-3005A**	EN AW-Al Mn1Mg0,5(A)						
–	–	**EN AW-3017**	EN AW-Al Mn1Cu0,3						
–	–	**EN AW-3102**	EN AW-Al Mn0,2						
AlMn1	3.0515	**EN AW-3103**	EN AW-Al Mn1	●	●	●	●	●	

DIN Bezeichnung Kurzzeichen	Werkstoff-Nr.	EN Bezeichnung Werkstoff-Nr.	Chemisches Symbol	Bänder, Bleche, Platten DIN EN 573-3 DIN EN 485-1 DIN 40501-1	Bleche mit eingewalzten Mustern DIN EN 573-3 DIN EN 1386 DIN EN 485-1	gezogene Stangen und Rohre DIN EN 573-3 DIN EN 754-1 DIN 40501-2 DIN 40501-3	stranggepresste Stangen, Rohre und Profile DIN EN 573-3 DIN EN 755-1 DIN 40501-2 DIN 40501-3	Vordraht DIN EN 573-3 DIN EN 1715-1 DIN EN 1745-2 DIN 40501-4	Schmiedestücke DIN EN 573-3 DIN EN 586-1
Legierungen mit Mangan, nicht aushärtbar									
–	–	**EN AW-3103A**	EN AW-Al Mn1(A)						
–	–	**EN AW-3104**	EN AW-Al Mn1Mg1Cu						
AlMn0,5Mg0,5	3.0505	**EN AW-3105**	EN AW-Al Mn0,5Mg0,5	●					
–	–	**EN AW-3105A**	EN AW-Al Mn0,5Mg0,5(A)						
–	–	**EN AW-3105B**	EN AW-Al Mn0,6Mg0,5						
AlMn0,6	3.0506	**EN AW-3207**	EN AW-Al Mn0,6						
–	–	**EN AW-3207A**	EN AW-Al Mn0,6(A)						
Legierungen mit Silizium									
–	–	**EN AW-4004**	EN AW-Al Si10Mg1,5						
–	–	**EN AW-4006**	EN AW-Al Si1Fe	●					
–	–	**EN AW-4007**	EN AW-Al Si1,5Mn	●					
–	–	**EN AW-4014**	EN AW-Al Si2						
–	–	**EN AW-4015**	EN AW-Al Si2Mn	●					
–	–	**EN AW-4016**	EN AW-Al Si2MnZn						
–	–	**EN AW-4017**	EN AW-Al SiMnMgCu						
–	–	**EN AW-4018**	EN AW-Al Si7Mg						
–	–	**EN AW-4032**	EN AW-Al Si12,5MgCuNi						●
–	–	**EN AW-4043A**	EN AW-Al Si5(A)					●	
–	–	**EN AW-4045**	EN AW-Al Si10					●	
–	–	**EN AW-4046**	EN AW-Al Si10Mg					●	
–	–	**EN AW-4047A**	EN AW-Al Si12(A)					●	
–	–	**EN AW-4104**	EN AW-Al Si10MgBi						
–	–	**EN AW-4343**	EN AW-Al Si7,5						
Legierungen mit Magnesium, nicht aushärtbar									
–	–	**EN AW-5005**	EN AW-Al Mg1(B)	●		●	●	●	
AlMg1	3.3315	**EN AW-5005A**	EN AW-Al Mg1(C)	●		●	●		
–	–	**EN AW-5010**	EN AW-Al Mg0,5Mn						
–	–	**EN AW-5018**	EN AW-Al Mg3Mn0,4					●	
AlMg5	3.3555	**EN AW-5019**	EN AW-Al Mg5			●	●	●	●
–	–	**EN AW-5040**	EN AW-Al Mg1,5Mn	●					
–	–	**EN AW-5042**	EN AW-Al Mg3,5Mn						
AlMg2Mn0,8	3.3527	**EN AW-5049**	EN AW-Al Mg2Mn0,8	●					
–	–	**EN AW-5050**	EN AW-Al Mg1,5(C)	●					
–	–	**EN AW-5050A**	EN AW-Al Mg1,5(D)						
AlMg1,8	3.3326	**EN AW-5051A**	EN AW-Al Mg2(B)				●	●	
AlMg2,5	3.3523	**EN AW-5052**	EN AW-Al Mg2,5	●	●	●	●	●	
AlMg5	3.3555	**EN AW-5056A**	EN AW-Al Mg5						
–	–	**EN AW-5058**	EN AW-Al Mg5Pb1,5						
AlMg4,5	3.3345	**EN AW-5082**	EN AW-Al Mg4,5					●	
AlMg4,5Mn	3.3547	**EN AW-5083**	EN AW-Al Mg4,5Mn0,7	●	●	●	●		●
AlMg4Mn	3.3545	**EN AW-5086**	EN AW-Al Mg4	●	●	●		●	
–	–	**EN AW-5087**	EN AW-Al Mg4,5MnZr					●	
Al99,85Mg0,5	3.3307	**EN AW-5110**	EN AW-Al 99,85Mg0,5					●	
–	–	**EN AW-5119**	EN AW-Al Mg5(A)					●	
–	–	**EN AW-5119A**	EN AW-Al Mg5(B)						
–	–	**EN AW-5149**	EN AW-Al Mg2Mn0,8(A)					●	
–	–	**EN AW-5154A**	EN AW-Al Mg3,5(A)	●		●	●	●	
–	–	**EN AW-5154B**	EN AW-Al Mg3,5Mn0,3						
AlMg5Mn	3.3549	**EN AW-5182**	EN AW-Al Mg4,5Mn0,4	●					
–	–	**EN AW-5183**	EN AW-Al Mg4,5Mn0,7(A)					●	
–	–	**EN AW-5183A**	EN AW-Al Mg4,5Mn0,7(C)						
–	–	**EN AW-5186**	EN AW-Al Mg4Mn0,4						
–	–	**EN AW-5187**	EN AW-Al Mg4,5MnZr(A)						
Al99,9Mg0,5	3.3308	**EN AW-5210**	EN AW-Al 99,9Mg0,5					●	
–	–	**EN AW-5249**	EN AW-Al Mg2Mn0,8Zr					●	
AlMg2Mn0,3	3.3525	**EN AW-5251**	EN AW-Al Mg2Mn0,3	●		●	●	●	
–	–	**EN AW-5252**	EN AW-Al Mg2,5(B)						
–	–	**EN AW-5283A**	EN AW-Al Mg4,5Mn0,7(B)						
Al99,85Mg1	3.3317	**EN AW-5305**	EN AW-Al 99,85Mg1					●	
AlRMg0,5	3.3309	**EN AW-5310**	EN AW-Al 99,98Mg0,5						
–	–	**EN AW-5352**	EN AW-Al Mg2,5(A)						
–	–	**EN AW-5354**	EN AW-Al Mg2,5MnZr					●	
–	–	**EN AW-5356**	EN AW-Al Mg5Cr(A)					●	
–	–	**EN AW-5356A**	EN AW-Al Mg5Cr(B)						
–	–	**EN AW-5383**	EN AW-Al Mg4,5Mn0,9	●					
–	–	**EN AW-5449**	EN AW-Al Mg2Mn0,8(B)	●					

DIN Bezeichnung Kurzzeichen	Werkstoff-Nr.	EN Bezeichnung Werkstoff-Nr.	Chemisches Symbol	Bänder, Bleche, Platten DIN EN 573-3 DIN EN 485-1 DIN 40501-1	Bleche mit eingewalzten Mustern DIN EN 573-3 DIN EN 1386 DIN EN 485-1	gezogene Stangen und Rohre DIN EN 573-3 DIN EN 754-1 DIN 40501-2 DIN 40501-3	stranggepresste Stangen, Rohre und Profile DIN EN 573-3 DIN EN 755-1 DIN 40501-2 DIN 40501-3	Vordraht DIN EN 573-3 DIN EN 1715-1 DIN EN 1745-2 DIN 40501-4	Schmiedestücke DIN EN 573-3 DIN EN 586-1
Legierungen mit Magnesium, nicht aushärtbar									
AlMg2,7Mn	3.3537	**EN AW-5454**	EN AW-Al Mg3Mn	●			●		●
–	–	**EN AW-5456A**	EN AW-Al Mg5Mn1(A)					●	
–	–	**EN AW-5456B**	EN AW-Al Mg5Mn1(B)						
Al99,9Mg1	3.3318	**EN AW-5505**	EN AW-Al 99,9Mg1					●	
–	–	**EN AW-5554**	EN AW-Al Mg3Mn(A)					●	
AlMg5Mn	3.3549	**EN AW-5556A**	EN AW-Al Mg5Mn					●	
–	–	**EN AW-5556B**	EN AW-Al Mg5Mn(A)						
–	–	**EN AW-5605**	EN AW-Al 99,98Mg1						
–	–	**EN AW-5654**	EN AW-Al Mg3,5Cr					●	
–	–	**EN AW-5654A**	EN AW-Al Mg3,5Cr(A)						
–	–	**EN AW-5657**	EN AW-Al 99,85Mg1(A)						
AlMg3	3.3535	**EN AW-5754**	EN AW-Al Mg3	●	●	●	●	●	●
Legierungen mit Magnesium und Silizium, aushärtbar									
–	–	**EN AW-6003**	EN AW-Al Mg1Si0,8						
–	–	**EN AW-6005**	EN AW-Al SiMg				●		
AlMgSi0,7	3.3210	**EN AW-6005A**	EN AW-Al SiMg(A)				●		
–	–	**EN AW-6005B**	EN AW-Al SiMg(B)						
–	–	**EN AW-6008**	EN AW-Al SiMgV						
–	–	**EN AW-6011**	EN AW-Al Mg0,9Si0,9Cu						
AlMgSiPb	3.0615	**EN AW-6012**	EN AW-Al MgSiPb			●	●	●	
–	–	**EN AW-6013**	EN AW-Al Mg1Si0,8CuMn						
–	–	**EN AW-6015**	EN AW-Al Mg1Si0,3Cu						
–	–	**EN AW-6016**	EN AW-Al Si1,2Mg0,4	●					
–	–	**EN AW-6018**	EN AW-Al Mg1SiPbMn				●		
–	–	**EN AW-6056**	EN AW-Al Si1MgCuMn						
AlMgSi0,5	3.3206	**EN AW-6060**	EN AW-Al MgSi			●	●	●	
AlMg1SiCu	3.3211	**EN AW-6061**	EN AW-Al Mg1SiCu	●	●	●	●	●	
–	–	**EN AW-6061A**	EN AW-Al Mg1SiCu(A)						
–	–	**EN AW-6063**	EN AW-Al Mg0,7Si			●	●	●	
–	–	**EN AW-6063A**	EN AW-Al Mg0,7Si(A)			●	●		
–	–	**EN AW-6081**	EN AW-Al Si0,9MgMn				●		
AlMgSi1	3.2315	**EN AW-6082**	EN AW-Al Si1MgMn	●	●	●	●	●	●
		EN AW-6082A	EN AW-Al Si1MgMn(A)						
–	–	**EN AW-6101**	EN AW-EAl MgSi					●	
–	–	**EN AW-6101A**	EN AW-EAl MgSi(A)				●		
E-AlMgSi0,5	3.3207	**EN AW-6101B**	EN AW-EAl MgSi(B)				●		
–	–	**EN AW-6106**	EN AW-Al MgSiMn				●		
–	–	**EN AW-6181**	EN AW-Al Si1Mg0,8						
–	–	**EN AW-6201**	EN AW-EAl Mg0,7Si					●	
–	–	**EN AW-6261**	EN AW-Al Mg1SiCuMn				●		
–	–	**EN AW-6262**	EN AW-Al Mg1SiPb			●	●		
–	–	**EN AW-6351**	EN AW-Al Si1Mg0,5Mn				●		
–	–	**EN AW-6351A**	EN AW-Al Si1Mg0,5Mn(A)						
Al99,9MgSi	3.3208	**EN AW-6401**	EN AW-Al 99,9MgSi					●	
–	–	**EN AW-6463**	EN AW-Al Mg0,7Si(B)				●		
–	–	**EN AW-6951**	EN AW-Al MgSi0,3Cu						
Legierungen mit Zink, Magnesium (Kupfer), aushärtbar									
–	–	**EN AW-7003**	EN AW-Al Zn6Mg0,8Zr				●		
–	–	**EN AW-7005**	EN AW-Al Zn4,5Mg1,5Mn				●		
–	–	**EN AW-7009**	EN AW-Al Zn5,5MgCuAg						
–	–	**EN AW-7010**	EN AW-Al Zn6MgCu						●
–	–	**EN AW-7012**	EN AW-Al Zn6Mg2Cu						●
–	–	**EN AW-7015**	EN AW-Al Zn5Mg1,5CuZr						
–	–	**EN AW-7016**	EN AW-Al Zn4,5Mg1Cu						
AlZn4,5Mg1	3.4335	**EN AW-7020**	EN AW-Al Zn4,5Mg1	●	●	●	●		●
–	–	**EN AW-7021**	EN AW-Al Zn5,5Mg1,5	●					
AlZnMgCu0,5	3.4345	**EN AW-7022**	EN AW-Al Zn5Mg3Cu	●		●	●		
–	–	**EN AW-7026**	EN AW-Al Zn5Mg1,5Cu						
–	–	**EN AW-7029**	EN AW-Al Zn4,5Mg1,5Cu						
–	–	**EN AW-7030**	EN AW-Al Zn5,5Mg1Cu						
–	–	**EN AW-7039**	EN AW-Al Zn4Mg3						
–	–	**EN AW-7049A**	EN AW-Al Zn8MgCu			●	●		
–	–	**EN AW-7050**	EN AW-Al Zn6CuMgZr					●	
–	–	**EN AW-7060**	EN AW-Al Zn7CuMg						
AlZn1	3.4415	**EN AW-7072**	EN AW-Al Zn1						
AlZnMgCu1,5	3.4365	**EN AW-7075**	EN AW-Al Zn5,5MgCu	●		●	●	●	●

DIN Bezeichnung Kurzzeichen	Werkstoff-Nr.	EN Bezeichnung Werkstoff-Nr.	Chemisches Symbol	Bänder, Bleche, Platten DIN EN 573-3 DIN EN 485-1 DIN 40501-1	Bleche mit eingewalzten Mustern DIN EN 573-3 DIN EN 1386 DIN EN 485-1	gezogene Stangen und Rohre DIN EN 573-3 DIN EN 754-1 DIN 40501-2 DIN 40501-3	stranggepresste Stangen, Rohre und Profile DIN EN 573-3 DIN EN 755-1 DIN 40501-2 DIN 40501-3	Vordraht DIN EN 573-3 DIN EN 1715-1 DIN EN 1745-2 DIN 40501-4	Schmiedestücke DIN EN 573-3 DIN EN 586-1
Legierungen mit Zink, Magnesium (Kupfer), aushärtbar									
–	–	**EN AW-7108**	EN AW-Al Zn5Mg1Zr						
–	–	**EN AW-7116**	EN AW-Al Zn4,5Mg1Cu0,8						
–	–	**EN AW-7129**	EN AW-Al Zn4,5Mg1,5Cu(A)						
–	–	**EN AW-7149**	EN AW-Al Zn8MgCu(A)						
–	–	**EN AW-7150**	EN AW-Al Zn6CuMgZr(A)						
–	–	**EN AW-7175**	EN AW-Al Zn5,5MgCu(B)						
–	–	**EN AW-7178**	EN AW-Al Zn7MgCu						
–	–	**EN AW-7475**	EN AW-Al Zn5,5MgCu(A)						
Legierungen mit Elementen AlFe, AlLi									
–	–	**EN AW-8006**	EN AW-Al Fe1,5Mn						
–	–	**EN AW-8008**	EN AW-Al Fe1Mn0,8						
AlFeSi	3.0915	**EN AW-8011A**	EN AW-Al FeSi(A)	●					
–	–	**EN AW-8014**	EN AW-Al Fe1,5Mn0,4						
–	–	**EN AW-8015**	EN AW-Al FeMn0,3						
–	–	**EN AW-8016**	EN AW-Al Fe1Mn						
–	–	**EN AW-8018**	EN AW-Al FeSiCu						
–	–	**EN AW-8021B**	EN AW-Al Fe1,5						
–	–	**EN AW-8079**	EN AW-Al Fe1Si						
–	–	**EN AW-8090**	EN AW-Al Li2,5Cu1,5Mg1						
–	–	**EN AW-8091**	EN AW-Al Li2,5Cu2Mg1						
–	–	**EN AW-8111**	EN AW-Al FeSi(B)						
–	–	**EN AW-8112**	EN AW-Al 95						
–	–	**EN AW-8211**	EN AW-Al FeSi(C)						

5. Verarbeitung

5.1 Umformen

Das Umformen von Aluminium und seinen Legierungen setzt eine sach- und werkstoffgerechte Verarbeitung, unter Beachtung einiger Besonderheiten, voraus. Die Werkstoffe sind relativ weich und kerbempfindlich. Die Eigenspannung der Halbzeuge sorgt für eine Rückfederung beim Biegen. Alle Aluminium-Werkstoffe sind gekennzeichnet durch große Wärmedehnung und hohe Wärmeleitfähigkeit. Aluminium-Oberflächen sind sehr empfindlich. Verunreinigungen an Werkbänken, Arbeitstischen und Arbeitsböcken sind zu vermeiden. Die Kontaktflächen sollten mit einem Belag aus dickem Papier oder Platten aus Kunststoff bzw. Filz ausgerüstet werden. Um der Kerbempfindlichkeit entgegenzuwirken, müssen die Arbeitsflächen glatt sein und ggf. sind Schmiermittel zu verwenden. Für Markierungen verwendet man Blei- oder Fettstifte. Beim Anreißen mit einer Reißnadel entstehen oft irreparable Kerben.

Kaltumformen

Die meisten Umformarbeiten werden kalt, d. h. bei Umgebungstemperatur durchgeführt. Schon ein Anwärmen kann bei dünnwandigen Profilen und Blechen zu Verwerfungen, bei dickwandigen Bauteilen zu Spannungen führen. Für das Abkanten von Blechen sind in der folgenden Tabelle die Radien für das Oberwerkzeug zusammengestellt. Sie unterscheiden wegen der unterschiedlichen Bruchdehnungen verschiedene harte Legierungen und deren Behandlungszustand.

Richtwerte für erzielbare kleinste Biegeradien r (Abkanten), bei Aluminiumhalbzeug (90°-Biegung)

			Dicke mm											
Werkstoff-kurzzeichen	Bezeichnung EN AW	Werkstoffzustand	> 0,5 – 0,8	> 0,8 – 1	> 1 – 1,5	> 1,5 – 2	> 2 – 3	> 3 – 4	> 4 – 5	> 5 – 6	> 6 – 7	> 7 – 8	> 8 – 10	> 10 – 12
Al99,8	**EN AW-1080A**	weich	0,3	0,4	0,6	0,8	1,3	2,0	2,5	3	4	5	6	8
bis	**bis**	halbhart	0,6	0,7	1,1	1,4	2,3	3,0	4,5	6	7	8	11	–
Al99	**EN AW-1200(A)**	hart	1,6	1,9	2,9	3,8	6,0	8,5	11,5	15	18	22	29	–
AlMn1	**EN AW-3103**	weich	0,5	0,6	1,0	1,3	2,0	3,0	4,0	5	6	8	10	–
AlMnCu	**EN AW-3003**	halbhart	1,0	1,2	1,8	2,4	3,8	5,5	7,5	9	11	14	18	–
AlMg1	**EN AW-5005(A)**	hart	2,6	3,2	4,8	6,4	10,0	–	–	–	–	–	–	–
AlMn1Mg1	**EN AW-3004**	weich	0,6	0,8	1,2	1,6	2,5	3,5	5,0	6	8	9	11	–
AlMg2Mn0,3	**EN AW-5251**	halbhart	1,3	1,6	2,4	3,2	5,0	7,0	10,0	12	15	18	24	–
AlMg2,5	**EN AW-5052**	hart	3,2	4,0	6,0	8,0	12,5	–	–	–	–	–	–	–
AlMg3	**EN AW-5754**	weich	1,0	1,2	1,8	2,4	3,8	5,5	7,0	9	12	14	18	23
		halbhart	1,6	2,0	3,0	4,0	6,3	9,0	12,0	15	19	23	30	–
		hart	3,5	4,5	7,0	9,0	14,5	–	–	–	–	–	–	–
AlMgMn0,8	**EN AW-5049**	weich	1,0	1,3	1,9	2,6	4,0	6,0	8,0	10	12	15	20	25
		halbhart	2,1	2,7	4,0	5,4	8,4	12,0	16,0	20	25	30	40	–
		hart	4,1	5,1	7,5	10,5	16,0	–	–	–	–	–	–	–
AlMg4Mn	**EN AW-5086**	weich	1,3	1,6	2,5	3,3	5,1	7,0	10,0	13	15	19	25	32
AlMg4,5Mn	**EN AW-5083**	halbhart (G)	–	–	4,5	6,0	9,0	13,0	17,5	–	–	–	–	–
AlMgSi0,5	**EN AW-6060**	kaltausgehärtet	1,5	1,9	2,9	3,8	6,0	9,0	11,5	15	18	22	29	37
AlMgSi0,7	**EN AW-6005(A)**	warmausgehärtet	1,9	2,5	3,7	5,0	7,8	11,0	15,0	19	23	28	38	47
AlMgSi1	**EN AW-6082**	weich	0,4	0,5	0,8	1,0	1,6	2,5	3,5	4	5	6	8	–
AlMg1SiCu	**EN AW-6061**	frisch abgeschreckt	0,6	0,7	1,1	1,4	2,3	3,5	4,5	6	7	8	11	14
		kaltausgehärtet	1,6	2,0	3,0	4,0	6,3	9,0	12,0	15	19	23	30	38
		warmausgehärtet	2,4	3,0	4,5	6,0	9,4	13,0	18,0	23	28	35	45	57
AlCuMg1	**EN AW-2017(A)**	weich	1,1	1,4	2,0	2,7	4,3	6,0	8,0	10	13	16	21	26
		kaltausgehärtet	2,1	2,7	4,0	5,4	8,4	12,0	16,0	20	25	30	40	51
AlZn4,5Mg1	**EN AW-7020**	weich	–	–	–	2,0	3,1	4,5	6,0	8	–	–	–	–
		nach Wärmestoß	1,0	1,2	1,8	2,4	3,8	5,5	7,5	9	12	14	18	23

Warmumformen

Ein Warmumformen von Aluminium und seinen Legierungen ist wegen der vielen Risiken, die in Gefügeveränderungen und damit Festigkeitsverlusten und Oberflächenveränderungen begründet sind, nicht besonders verbreitet. Eine sorgfältige Temperaturkontrolle ist unerlässlich. Der Temperaturbereich ist 300–450 °C. Höhere Temperaturen führen zu Gefügeanomalien.

5.2 Zerspanen von Aluminium

Aluminium ist im Allgemeinen leicht spanbar. Gegenüber Stahl gleicher Festigkeit sind die erforderlichen Schnittkräfte wesentlich günstiger (ca. 30 % der von Stahl). Die Spanform ist wegen des verhältnismäßig großen möglichen Spanvolumens bei Aluminium ein wichtiges Kriterium. Sie hängt vom Werkstoff selbst, den Schneidbedingungen und zum Teil auch von der Werkzeuggeometrie ab. Die Standzeit differiert beim Zerspanen von Aluminium mitunter erheblich. Die entscheidende

Verschleißgröße ist der Freiflächenverschleiß (annähernd gleichmäßiger Abtrag von Schneidstoff an der Schneidfläche des Werkzeugs). Kolkverschleiß (d. h. muldenförmiger Abtrag von Schneidstoff) tritt bei Aluminiumzerspanung nicht auf.

Aluminium-Knetlegierungen sind in der Gruppe N (Farbe: grün) der VDI Richtlinie 3323 aufgeführt.

Werkstoffuntergruppe	Zerspanungsgruppe
nicht aushärtbar	21
aushärtbar	22

5.3 Mechanisches Fügen

Das mechanische Fügen wird unterteilt in

- Fügen durch Umformen
  - Bördeln
  - Falzen
  - Clinchen
- Fügen durch Nieten
  - Blindnieten
  - Hohlnieten
  - Vollnieten
  - Stanznieten (Voll- und Hohlnieten)
- Fügen durch Anpressen
  - Schrauben
  - Klemmen/Klammern
  - Klipsen

Die wichtigsten der aufgeführten Fügearten sind das Schrauben und speziell in der Luft- und Raumfahrt das Nieten. Schrauben aus Aluminium haben z. B. gegenüber Stahlschrauben einen werkstoffspezifischen Nachteil. Ihre Zugfestigkeit ist wesentlich geringer, deshalb müssen bei der Übertragung von Kräften größere Schraubendurchmesser angewendet werden. Aluminiumnieten werden kalt geschlagen, somit entfallen gegenüber Warmnieten die Zugspannungen, da kein Schrumpfen auftritt. Die Reibung der miteinander verbundenen Bauteile ist deshalb nicht groß, sodass sie keine größeren Kräfte übertragen können. Der Nietschaft wird somit auf Scheren und das Bauteil auf Lochleibung (Druck) beansprucht.

5.4 Schneidverfahren

5.4.1 Laserbrennschneiden

Voraussetzung für das Laserbrennschneiden ist wie bei allen metallischen Werkstoffen eine ausreichende Absorption der Laserstrahlung. Blanke Aluminium-Oberflächen reflektieren die Laserstrahlung sehr effektiv und Al-Werkstoffe sind gute Wärmeleiter. In der Regel haben sie jedoch eine dünne, fest anhaftende Oxidschicht auf der Oberfläche. Diese Oxidschicht vermindert die Reflexion der Laserstrahlung, besitzt aber eine hohe Schmelztemperatur. Um einen Schneidprozess

mit Lasern zu ermöglichen, muss die Oxidationsschicht aufgebrochen und anschließend die Laserstrahlung an der entstehenden blanken Schmelzfront in der Schnittfuge absorbiert werden. Heutzutage stehen Strahlquellen mit hoher Intensität zur Verfügung.

5.4.2 Wasserstrahlschneiden

Dieses Verfahren setzt sich wegen seiner Vorteile zum Schneiden von Aluminium immer mehr durch:
• kaltes Trennverfahren, ohne Wärmeeinflusszone
• keine thermische Änderung des Gefüges
• gute Schnittqualität
• sehr geringe bzw. keine Gratbildung

Im Schneidkopf wird das komprimierte Wasser (max. 4.000 bar) mittels einer speziellen Wasserdüse (0,1–0,3 mm Durchmesser) von potenzieller in kinetische Energie umgesetzt und so der Schneidvorgang vollzogen.

5.5 Schweißen

Das Schweißen von Aluminium unterscheidet sich grundsätzlich vom Stahlschweißen. Die Schmelztemperatur von Stahl liegt bei etwa 1.500 °C, die von Aluminium bei 660 °C und die von Aluminiumlegierungen bei 570 bis 600 °C. Wie alle passivierbaren Metalle hat Aluminium eine hochschmelzende Oxidschicht (die Schmelztemperatur beträgt etwa 2.040 °C), die ein Bauteil komplett einschließt und die das Schweißen stark behindert. Hinzu kommen noch weitere werkstoffspezifische Besonderheiten, die beim Schweißen berücksichtigt werden müssen: • Aluminium hat aus Sicht des Schweißers keine oder nur eine kleine teigige Phase, die es erlauben würde, eine Schweißnaht zu formen.
• Die hohe Wärmeleitfähigkeit des Werkstoffes erfordert ein hohes Wärmeeinbringen.
• Anders als zum Beispiel bei Stahlwerkstoffen wandelt Aluminium nicht um, so dass beim Schweißen hauptsächlich auf gutes Ausgasen von Fremdpartikeln aus dem aufgebrachten Schweißgut zu achten ist.
• Die hohe Wärmeausdehnung verursacht Spannungen und Verzug am geschweißten Bauteil.
• Die bereits erwähnte Oxidschicht muss durch mechanisches (Schleifen, Bürsten, oder Schaben) oder durch chemisches (Beizen) Entfernen beseitigt werden.

5.5.1 Schweißverfahren

Als Schweißverfahren kommen die WIG-Wechselstromschweißung, die WIG-Gleichstromschweißung, die MIG-Schweißung und die Elektrohandschweißung in Frage, die alle spezielle Besonderheiten aufweisen: • WIG (Wolfram-Inert-Gas)-Wechselstromschweißung
Bei der WIG-Wechselstromschweißung von Aluminium zerstört die Plushalbwelle des Wechselstroms (AC = Alternating Current) die über dem reinen Material liegende Oxidschicht, um in der darauffolgenden Minusphase eine einwandfreie Aufschmelzung des Aluminiumgrundmaterials zu ermöglichen.
• WIG-Gleichstromschweißung
Ca. 70 % der Lichtbogenenergie sind bei diesem Verfahren auf das Werkstück konzentriert, so dass durch die hohe Wärmekonzentration ein dünnflüssiges Schmelzbad entsteht, aus dem die Oxide und

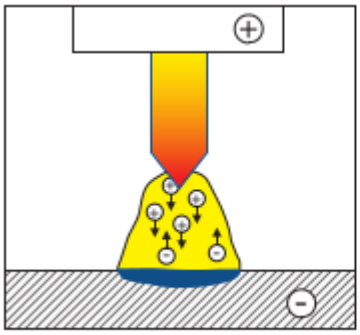
Passivschicht durch Oberflächenspannung hinausgedrängt werden. Der Hauptvorteil von diesem Verfahren liegt in der hohen Schweißgeschwindigkeit und dem geringen Verzug des Werkstückes.

• MIG (Metall-Inert-Gas)-Schweißung

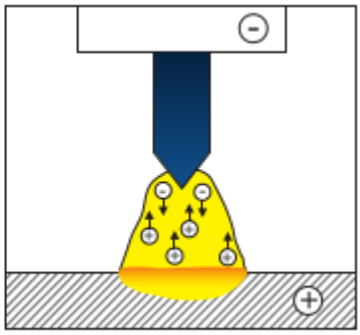
Hier kommt vorwiegend die Impulslichtbogentechnik zum Einsatz. Dabei wird genau ein Tropfen Zusatzdraht pro Impuls von der Drahtelektrode abgelöst. Der Hauptvorteil dieses Verfahrens liegt in einer nahezu spritzerfreien Schweißung begründet.

• Elektrohandschweißung

Das bei Aluminium erforderliche Flussmittel zur Beseitigung der Oxidschicht und lichtbogenstabilisierende Zusätze bildet die Umhüllung der Stabelektrode. Da von Hand hergestellte Nähte aufgrund des niedrigen Wärmeeinbringens sehr schnell erstarren und eine korrekte Ausgasung verhindern, hat die Verbindung im Allgemeinen eine schlechte Qualität und wird für Schweißkonstruktionen kaum eingesetzt. Lediglich für Reparaturzwecke kommt diesem Verfahren eine Bedeutung zu.



WIG-Wechselstromschweißung



WIG-Gleichstromschweißung

5.5.2 Zusatzwerkstoffe für Aluminiumschweißen

Gruppeneinteilung für Zusatzwerkstoffe

Typ	Legierungs-bezeichnung	Chemische Bezeichnung	Bemerkung
Typ 1	R-1450 R-1080A	Al99,5Ti Al99,8(A)	Ti vermindert die Bildung von Erstarrungsrissen im Schweißgut durch Maßnahmen zur Kornverfeinerung.
Typ 3	R-3103	AlMn1	
Typ 4	R-4043A R-4046 R-4047A R-4018	AlSi5(A) AlSi10Mg AlSi12(A) AlSi7Mg	Die Typ 4-Zusatzwerkstoffe oxidieren beim Anodisieren oder durch atmosphärische Einwirkungen und ergeben eine dunkelgraue Verfärbung, deren Intensität mit größerem Si-Gehalt zunimmt. Derartige Zusatzwerkstoffe ergeben keine gute Farbanpassung zum Grundwerkstoff aus Knetlegierungen. Diese Legierungen werden speziell angewendet, um der Bildung von Erstarrungsrissen in Verbindung mit hoher Aufmischung und starrer Einspannung vorzubeugen.
Typ 5	R-5249 R-5754	AlMg2Mn0,8Zr AlMg3	Wenn guter Korrosionswiderstand und die Farbanpassung als entscheidend anzusehen sind, dann sollte der Mg-Gehalt des Zusatzwerkstoffes dem des Grundwerkstoffes gleichen. Wenn eine hohe Dehngrenze und eine hohe Bruchfestigkeit des Schweißgutes als entscheidend anzusehen sind, sollte ein Zusatzwerkstoff mit einem Mg-Gehalt von 4,5 % bis 5 % verwendet werden.
	R-5556A R-5183 R-5087 R-5356	AlMg5Mn AlMg4,5Mn0,7(A) AlMg4,5MnZr AlMg5Cr(A)	Cr und Zr vermindern die Anfälligkeit zur Bildung von Erstarrungsrissen durch Maßnahmen zur Kornverstärkung. Zr vermindert die Gefahr von Heißrissen.

Anmerkung 1 Die Typnummern 1, 3, 4 und 5 stimmen mit der ersten Ziffer der Legierungsbezeichnung überein.

Anmerkung 2 Diese Tabelle ist zu verwenden, bis eine neue Norm für die Zusatzwerkstoffe existiert.

Auswahl der Zusatzwerkstoffe

Auswahl der Zusatzwerkstoffe innerhalb jedes Kastens
(die Ziffern beziehen sich auf die Typennummern aus der vorherigen Tabelle, Seite 15)
Erste Zeile: Optimale mechanische Eigenschaften
Zweite Zeile: Optimaler Korrosionswiderstand
Dritte Zeile: Optimale Schweißeignung

Grund-werkstoff	

	1										
	4										
AlMn	4 o. 5	3 o. 4									
	1	3									
	4	4									
AlMg < 1 %	4 o.5	4	4								
	1	4	4								
	4	4	4								
AlMg 3 %	4 o. 5	5	5	5							
	5	5 o. 3	5	5							
	4 o. 5	4	4	5							
AlMg 5 %	5	5	5	5	5						
	5	5	5	5	5						
	5	5	5	5	5						
AlMgSi	4 o. 5	4 o. 5	4 o. 5	5	5	4 o. 5					
	5	5	5	5	5	5					
	4	4	4	4	4	4					
AlZnMg	5	5	5	5	5	5	5				
	5	5	5	5	5	5	5				
	5	5	5	5	5	5	5				
AlSiCu < 1 %	4	4	4	4	4	4	4	4			
	4	4	4	4	4	4	4	4			
	4	4	4	4	4	4	4	4			
AlSiMg	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
AlSiCu	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
AlCu						4	4	4	4	4	
						4	4	4	4	4	
						4	4	4	4	4	4
Grund-werkstoff	Al	AlMn	AlMg < 1 %	AlMg 3 %	AlMg 5 %	AlMgSi	AlZnMg	AlSiCu < 1 %	AlSiMg	AlSiCu	AlCu

5.6 Löten

Das Verbinden metallischer Werkstoffe mit Hilfe eines geschmolzenen Zusatzmetalls (Lotes) nennt man Löten. Die Berührungsstellen der Grundwerkstoffe müssen mit flüssigem Lot benetzt werden, es darf aber nicht anschmelzen!

Hartlöten

Die Festigkeit beim Hartlöten ist fast so gut wie bei Schweißverbindungen. Allerdings ist darauf zu achten, dass die Arbeitstemperatur nur wenig unterhalb bzw. oberhalb der Solidustemperatur – dem Trennpunkt zwischen fest und flüssig – liegt. Die meisten Hartlötverbindungen lassen sich anodisch oxidieren, dabei tritt eine teilweise starke Verfärbung der Lötstellen ein, die das Aussehen, nicht aber

die Schutzwirkung der anodischen Schicht beeinträchtigt.

Weichlöten

Im Vergleich zum Hartlöten sind die Festigkeit und die Korrosionsbeständigkeit beim Weichlöten wesentlich geringer. Zum Weichlöten sollte man niedrig schmelzende Schwermetalle nehmen. Bei Einfluss von Feuchtigkeit kann sich an den Berührungsstellen zwischen Leicht- und Schwermetallen ein elektrolytisches Element bilden, das zu Kontaktkorrosion führen kann. Daher sind in der Regel Weichlötverbindungen nur im Trockenen beständig bzw. dann, wenn sie entsprechend geschützt werden. Zum Beispiel durch Lackieren und Entfetten. Weichgelötete Aluminiumteile können nicht anodisch oxidiert werden und sollten nicht längere Zeit über 100 °C erhitzt werden.

5.7 Kleben

Voraussetzung für eine einwandfreie Klebeverbindung ist die Vorbereitung bzw. Vorbehandlung der Aluminiumoberfläche. Abgesehen von der mechanischen Festigkeit des Klebstoffes selbst – das ist die Kohäsion –, ist die Bindefestigkeit zwischen Klebstoff und den zu klebenden Werkstoffen – das ist die Adhäsion –, für eine gute Klebeverbindung entscheidend. Das Kriterium hierfür heißt Adhäsion ≥ Kohäsion mit der Folge, dass bei optimaler Ausführung der Klebeverbindung eine Trennung in der Klebstoffschicht erfolgt. Unabdingbare Voraussetzungen für eine befriedigende Adhäsion beim Kleben sind:
• die Oberfläche muss frei von Schmutz, Farbresten, Staub, Fett, Öl und dergleichen sein
• die Oberfläche muss trocken sein
Die Adhäsion des Klebstoffs beruht hauptsächlich auf den zwischenmolekularen Kräften (Van der Waals-Kräfte). Diese kommen aber nicht zustande, wenn ein Schmutz-, Fett-, Öl- oder Wasserfilm dazwischen liegt, auch wenn er für das Auge unsichtbar ist. Die Adhäsion des Klebstoffs kann durch Oberflächenbehandlung der zu klebenden Flächen (Aufrauhen) verstärkt werden, um den Klebstoff auch mechanisch zu verankern. Hierfür gibt es mehrere Alternativen:
• Mechanisches Aufrauhen durch Bürsten, Schmirgeln oder Strahlen
• Chemische Vorbehandlung durch Beizen
• Haftgrundverstärkung durch chemische oder elektrolytische Oxidation
Die Auswahl von Klebstoffen ist auf Grund der vielen Angebote unterschiedlicher chemischer Mechanismen und Hersteller enorm; im Einzelfall ist eine Beratung durch den Hersteller des Klebstoffes sinnvoll.

6. Oberflächenveredelung

Aluminium und seine Legierungen sind durch ihre Oxidschicht, die sich unter Einwirkung des Luftsauerstoffs auf der Oberfläche ausbildet, für viele Anwendungsbereiche ausreichend gegen Korrosion geschützt. Durch zusätzliche Oberflächenbehandlungen kann diese Oxidschicht verstärkt oder chemisch verändert werden, um bestimmte Anforderungen zu erfüllen: z. B.
• verbesserte Korrosionsbeständigkeit
• erhöhter Verschleißschutz
• verbesserte Haftung nachfolgender Beschichtungen
• dekoratives Aussehen
Zur Oberflächenbehandlung werden bevorzugt chemische oder elektrolytische (anodische Oxidation)

Verfahren angewendet.

6.1 Chemische Oberflächenbehandlung

Bei diesen Verfahren werden durch chemische Reaktionen Umwandlungsschichten (Konversionsschichten) an der Aluminium-Oberfläche erzeugt, um die Korrosionsbeständigkeit bei geringer korrosiver Belastung zu erhöhen, oder um die Haftfestigkeit von Beschichtungssystemen zu verbessern, wobei die gebildeten Schichten auch eine korrosionshemmende Wirkung zeigen. Bei den chemischen Reaktionen wird der Grundwerkstoff mit in die Schichtbildung einbezogen, so dass eine ausgezeichnete Haftung entsteht. Folgende Verfahren werden eingesetzt:
• Chromatieren (Gelb-, Grün-, Transparentchromatierung)
• Phosphatieren
• Konversionsverfahren auf Basis komplexer Titan- oder Zirkoniumverbindungen
Voraussetzung für die gleichmäßige Ausbildung dieser Umwandlungsschichten ist das Entfetten und Beizen der Oberfläche. Die Behandlung kann durch Sprühen, Tauchen, Streichen oder im Walzenauftragsverfahren (Rollcoat) erfolgen.

6.2 Elektrolytische Oberflächenbehandlung

Da die an der Luft gebildete Oxidschicht mit einer Dicke von etwa 0,01 µm nicht in allen Fällen eine ausreichende Korrosionsbeständigkeit aufweist, werden mit diesen Verfahren (anodische Oxidation, Anodisieren, elektrolytische Oxidation, Eloxieren) Oxidschichten erzeugt, die um ein Vielfaches dicker als die natürliche Oxidschicht sind und Dicken um 10–12 µm für die Innenanwendung und um 20 µm für die Außenanwendung erreichen. Hierbei wird das zu anodisierende Aluminiumteil in eine Schwefelsäurelösung eingehängt und mit dem positiven Pol (Anode) einer Gleichspannungsquelle verbunden. Dabei werden die Aluminiumatome im Oberflächenbereich oxidiert, und die so erzeugten Oxidschichten sind daher mit dem Grundwerkstoff strukturell verbunden. In der Praxis finden unterschiedliche Verfahrensvarianten Anwendung, und durch die Wahl des Verfahrens lassen sich dekorative oder technisch funktionelle Oxidschichten herstellen. Noch vorhandene Poren können durch eine geeignete Behandlung, z. B. in siedendem Wasser oder mit Wasserdampf, geschlossen werden. Durch die so verdichteten Schichten wird die Widerstandsfähigkeit der Aluminiumoberfläche gegen Korrosion an der Atmosphäre und in neutralen wässrigen Lösungen deutlich verbessert. Im nicht verdichteten Zustand sind diese Schichten aufnahmefähig für verschiedene Stoffe und lassen sich einfärben, bedrucken und imprägnieren. Sie dienen als Träger für Farbstoffe, lichtempfindliche Stoffe und als Haftgrund für Beschichtungen und Klebstoffe.

Aluminiumoxidschichten sind hart, abriebfest und ermöglichen die mechanische Oberflächenbeanspruchung anodisch oxidierter Bauteile. Darüber hinaus lassen sich hochverschleißfeste Oberflächen durch Hartanodisieren herstellen. Bei dieser speziellen Verfahrensvariante der anodischen Oxidation werden besonders harte und verschleißfeste Oxidschichten für technische Zwecke erzeugt, bei denen an das Aussehen dieser zumeist grauen Schichten keine dekorativen Ansprüche gestellt werden. Die Schichtdicken liegen werkstoffabhängig im Bereich von 25 µm bis 150 µm. Die anodisch erzeugten Oxidschichten weisen vor allem im verdichteten Zustand eine hohe elektrische Isolationsfähigkeit auf. Anodisch oxidiertes Aluminium ist in medizinischer und lebensmittelrechtlicher Hinsicht unbedenklich. Die Standardverfahren GS- und GSX-Verfahren (Gleichstrom-Schwefelsäure, Gleichstrom- Schwefelsäure-Oxalsäure) ergeben eine farblose, transparente Oxidschicht, welche das ursprüngliche Oberflächenaussehen weitgehend unverändert lässt. Der Grad der Transparenz richtet sich dabei nach der Oxidschichtdicke und der

Werkstoffzusammensetzung. Geeignet für dekorative Ansprüche sind Reinaluminium und homogene, niedrig legierte AlMg- und AlMgSi- Werkstoffe in Eloxalqualität. Höhere Legierungsanteile bewirken, dass heterogene Bestandteile in der Oxidschicht auftreten, was zu einer optischen Beeinträchtigung durch Trübung und Färbung der Schicht führen kann. Farbige Oxidschichten lassen sich zum einen durch Imprägnieren der verdichteten transparenten Schichten mit Farbstoffen herstellen und zum anderen elektrolytisch, indem in einem zweiten elektrolytischen Prozess über eine Metallsalzlösung mittels Wechselstrom Metallionen am Porengrund der Oxidschicht abgeschieden und eingelagert werden. Die erreichte Farbintensität richtet sich nach der abgeschiedenen Metallmenge. Es werden Metallsalze auf der Basis von Zinn (Sn), Kobalt (Co), Nickel (Ni) und Kupfer (Cu) verwendet.

6.3 Bezeichnungssystem für die Vorbehandlung der Oberfläche

Auszug aus der DIN 17611:2007-11

Symbol	Art der Vorbehandlung	Anmerkung
E0	Entfetten und Desoxidieren	Oberflächenbehandlung vor dem Anodisieren, bei dem die Oberfläche ohne weitere Vorbehandlung entfettet und desoxidiert wird. Mechanische Oberflächenfehler, z. B. Eindrücke und Kratzer, bleiben sichtbar. Korrosionsstellen, die vor der Behandlung kaum wahrgenommen werden konnten, können nach der Behandlung sichtbar werden.
E1	Schleifen	Schleifen führt zu einem vergleichsweise einheitlichen, aber etwas stumpfmatten Aussehen. Alle vorhandenen Oberflächenfehler werden weitgehend beseitigt, aber in Abhängigkeit von der Schleifmittelkörnung können Schleifriefen sichtbar bleiben.
E2	Bürsten	Mechanisches Bürsten bewirkt eine einheitliche glänzende Oberfläche mit sichtbaren Bürstenstrichen. Oberflächenfehler werden nur teilweise entfernt.
E3	Polieren	Mechanisches Polieren führt zu einer glänzenden, blanken Oberfläche, während Oberflächenfehler nur teilweise beseitigt werden.
E4	Schleifen und Bürsten	Durch Schleifen und Bürsten wird eine einheitlich glänzende Oberfläche erreicht; mechanische Oberflächenfehler werden beseitigt. Korrosionswirkungen, die bei den Behandlungen E0 oder E6 sichtbar werden können, werden beseitigt.
E5	Schleifen und Polieren	Durch Schleifen und Polieren wird ein glattes, glänzendes Erscheinungsbild erreicht; mechanische Oberflächenfehler werden beseitigt. Korrosionswirkungen, die bei den Behandlungen E0 oder E6 sichtbar werden können, werden beseitigt.
E6	Beizen	Nach dem Entfetten erhält die Oberfläche einen seidenmatten oder matten Glanz, indem sie in speziellen alkalischen Beizlösungen behandelt wird. Mechanische Oberflächenfehler werden ausgeglichen, jedoch nicht vollständig beseitigt. Korrosionseinwirkungen auf der Metalloberfläche können beim Beizen sichtbar werden. Eine mechanische Vorbehandlung vor dem Beizen kann diese Wirkungen beseitigen; es ist jedoch günstiger, das Metall so zu behandeln und zu lagern, dass Korrosion vermieden wird.

6.4 Standard-Farbfächer, Farbgrenzmuster

Über das dekorative Aussehen und den Glanz sowie über den Farbton ist nach DIN 17611 mit dem Anodisierenden (Eloxalbetrieb) eine genaue Farbgrenzmustervereinbarung zu treffen. Für die elektrolytische Einfärbung (Zweistufenverfahren) und die Farbanodisation wird von der Europäischen Vereinigung der Anodiseure (EURAS) ein Standard-Farbfächer herausgegeben. Die Farbbezeichnung für die Tauchfärbung mit den Kurzbezeichnungen EV 1 bis EV 6 sind heute nicht mehr gebräuchlich.

Farbbezeichnung nach EURAS für elektrolytische Färbung C0 bis C35					
EURAS	C0	Farblos	vergleichbar	EV 1	Naturton
EURAS	C31	Leichtbronze	vergleichbar	EV 2	Neusilber hell
EURAS	C32	Hellbronze	vergleichbar	EV 3	Gold
EURAS	C33	Mittelbronze	vergleichbar	EV 4	Bronze mittel
EURAS	C34	Dunkelbronze	vergleichbar	EV 5	Bronze dunkel
EURAS	C35	Schwarz	vergleichbar	EV 6	Schwarz

Farbbezeichnungen nach EURAS für Farbanodisation C36 bis C38		
EURAS	C36	Hellgrau
EURAS	C37	Mittelgrau
EURAS	C38	Dunkelgrau

Der EURAS-Farbfächer ist über den Eloxalverband e. V., Nürnberg, zu beziehen.

6.5 Mess- und Prüfverfahren

Die Prüfung der Qualität anodisch erzeugter und verdichteter Oxidschichten wird entsprechend den in DIN 17611 aufgeführten Mess- und Prüfverfahren vorgenommen.

7. Werkstoffe für Luft- und Raumfahrt

Aluminium und Aluminiumlegierungen

Werkstoffnummer DIN	Werkstoffnummer Luft- und Raumfahrt	Bleche	Bänder	Platten	gezogene Stangen	gepresste Stangen	Profile	Leitungsrohre	Innendruckrohre	Konstruktionsrohre	Gesenkschmiedestücke	Freiformschmiedestücke
EN AW-6061	3.1124											
EN AW-2214	3.1254										●	●
EN AW-2017A	3.1324											
–	3.1354	●	●	●	●	●	●			●		
–	3.1364	●	●	●			●					
–	3.1734											
–	3.1754											
–	3.1854											
EN AW-2618A	3.1924					●					●	●
–	3.2134											
–	3.2364											
–	3.2374											
–	3.2384											
EN AW-6061	3.3214	●		●	●	●	●		●	●	●	●
EN AW-5119	3.3354											
EN AW-5052	3.3524	●	●					●	●			
EN AW-7050	3.4144										●	●
EN AW-7175	3.4334				●	●	●				●	●
EN AW-7009	3.4354				●	●	●				●	●
EN AW-7075	3.4364	●		●							●	●
EN AW-7075	3.4374	●					●					
EN AW-7475	3.4377	●										
EN AW-7475	3.4384											
EN AW-7010	3.4394										●	●

Die Aluminiumwerkstoffe für die Deutsche Luft- und Raumfahrt sind im Teil 1 „Metallische Werkstoffe“, 2. Band „Leichtmetalle“ genormt. Sie sind hinsichtlich ihrer chemischen und mechanisch/technologischen Eigenschaften mit den gegenübergestellten Werkstoffen identisch, so dass die aufgeführten Angaben für die Behandlung anwendbar sind.

info, al

From:
https://test-it.gdl-solutions.de/ -

Permanent link:
https://test-it.gdl-solutions.de/doku.php/infos:fachbereiche:fertigung:schweissen:werkstoffe:aluminium:aluminium_uebersicht?rev=1376475939

Last update: **2025/08/28 12:40**