

Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Belastung

Teil 2: Berechnung geschweißter Aluminiumkonstruktionen

DIN
4113-2

ICS 91.080.10

Mit
DIN 4113-1:1980-05 und
DIN 4113-1/A1
Ersatz für DIN 4113:1958x-02

Aluminium constructions under predominantly static loading —
Part 2: Static analysis, structural design and execution of welded
constructions

Constructions en aluminium sous chargement prédominantement
statique —
Partie 2: Calcul et caractéristiques d'ouvrage et exécution des
constructions soudées

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	3
2 Normative Verweisungen	3
3 Anforderungen	4
4 Lastannahmen	4
5 Berechnungsgrundsätze	4
6 Berechnung von geschweißten Konstruktionsteilen und Schweißverbindungen, zulässige Spannungen	8
6.1 Allgemeines	8
6.2 Wärmeeinflusszonen, Querschnittswerte und Spannungsnachweis	9
6.2.1 Längsbeanspruchte Stäbe	9
6.2.2 Biegebeanspruchte Stäbe	10
6.3 Schweißnähte, Querschnittswerte und Spannungsnachweise	11
6.3.1 Allgemeines	11
6.3.2 Längsbeanspruchte Stäbe	11
6.3.3 Biegebeanspruchte Stäbe	19
6.3.4 Zulässige Spannungen in Schweißnähten	21
6.4 Zusammenwirken verschiedener Verbindungsmittel	21
6.4.1 Unzulässige Annahme des Zusammenwirkens	21
6.4.2 Zulässige Annahme des Zusammenwirkens	21

Fortsetzung Seite 2 bis 30

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

	Seite
7 Besondere Bemessungsregeln	21
7.1 Zugstäbe	21
7.2 Druckglieder	22
7.3 Auf Biegung beanspruchte Tragwerksteile	22
7.4 Flächentragwerke	22
7.5 Räumliche Bauformen	22
8 Stabilität	22
8.1 Allgemeines	22
8.2 Einteilige Druckstäbe von gleichbleibendem Querschnitt (Biegeknicken)	22
8.2.1 Rechnungsgang I	22
8.2.2 Rechnungsgang II	24
8.3 Biegedrillknicken	27
8.3.1 Rechnungsgang I	27
8.3.2 Rechnungsgang II	28
8.4 Mehrteilige Druckstäbe von gleich bleibendem Querschnitt	28
8.5 Dünnwandige Teile von gedrückten Baugliedern	29
8.6 Biegedrillknicken (Kippen) von Trägern mit I-Querschnitt	30
8.7 Beulung bei Biegeträgern	30
8.8 Bogen- und Rahmenknicken	30
 Bild 1 — Beispiele für Wärmeeinflusszonen	 9
Bild 2 — Stumpfnah mit An- bzw. Auslaufblechen	11
Bild 3 — Rechnerische Nahtlängen l	18
Bild 4 — Die äußeren Sechstel der Knicklänge am Beispiel der Eulerfälle	29
 Tabelle 1 — Halbzeuglegierungen für Konstruktionsteile	 5
Tabelle 2 — Spannungsnachweise für geschweißte Konstruktionen aus Werkstoffen nach DIN 4113-1:1980-05, Tabelle 1 bzw. Tabelle 4	8
Tabelle 3 — Schweißnahtformen und rechnerische Schweißnahtdicken	13
Tabelle 4 — Zulässige Spannungen in der Wärmeeinflusszone (WEZ)	15
Tabelle 5 — Zulässige Spannungen für Schweißnähte	16
Tabelle 6 — Grenزشlankheitsgrad nach Rechnungsgang II	26
Tabelle 7 — Zusammenstellung der Knicknachweise für die jeweiligen Schlankheitsbereiche nach Bild 4	30

Vorwort

Diese Norm wurde erarbeitet vom NABau-Arbeitsausschuss 08.07.00 „Aluminiumkonstruktionen — Bemessung und Herstellung“, Spiegelausschuss zu CEN/TC 250/SC 9 und CEN/TC 135/WG 11. Der Arbeitsausschuss gehört dem NABau-Fachbereich 08 „Stahlbau, Verbundbau, Aluminiumbau“ an.

Änderungen

Gegenüber DIN 4113-2:1958x-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Anpassung von Regeln an den Stand der Technik.
- b) Festlegung der Mindestdicke geschweißter Aluminiumkonstruktionen.
- c) Die Regeln zur baulichen Durchbildung und Herstellung geschweißter Aluminiumkonstruktionen sind jetzt Teil von DIN V 4113-3.

Frühere Ausgaben

DIN 4113: 1958x-02

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für alle tragenden geschweißten Bauteile aus Aluminium, die durch vorwiegend ruhende Belastung (siehe DIN 1055-3:1971-06, 1.4) beansprucht werden. Hierbei ist in der Regel die Mindestdicke von 2 mm aus schweißtechnischen Gründen einzuhalten; in begründeten Fällen sind Dicken bis 1,2 mm zulässig.

Entwurf, Konstruktion, Berechnung und Herstellung (siehe DIN V 4113-3) geschweißter Aluminiumkonstruktionen erfordern in besonderem Maße Sachkenntnisse und Erfahrungen der damit betrauten Personen und Organisationen.

2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

DIN 1055-3:1971-06, *Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten*.

DIN 4113-1:1980-05, *Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Belastung — Berechnung und bauliche Durchbildung*.

DIN 4113-1/A1:2002-09, *Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Belastung — Teil 1: Berechnung und bauliche Durchbildung, Änderung 1*.

DIN V 4113-3, *Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Belastung — Ausführung und Herstellerqualifikation*.

DIN EN 485-2, *Aluminium und Aluminiumlegierungen — Bänder, Bleche und Platten — Teil 2: Mechanische Eigenschaften; Deutsche Fassung EN 485-2:1994*.

DIN EN 573-3, *Aluminium und Aluminiumlegierungen — Chemische Zusammensetzung und Form von Halbzeug — Teil 3: Chemische Zusammensetzung; Deutsche Fassung EN 573-3:1994*.

DIN EN 754-2, *Aluminium und Aluminiumlegierungen — Gezogene Stangen und Rohre — Teil 2: Mechanische Eigenschaften; Deutsche Fassung EN 754-2:1997.*

DIN EN 755-2, *Aluminium und Aluminiumlegierungen — Stranggepresste Stangen, Rohre und Profile — Teil 2: Mechanische Eigenschaften; Deutsche Fassung EN 755-2:1997.*

3 Anforderungen

Für die Anwendung dieser Norm gilt DIN 4113-1/A1:2002-09, Tabelle 1. Ferner ist für die Schweißzusatzstoffe DIN V 4113-3 zu beachten.

4 Lastannahmen

Es gilt DIN 4113-1:1980-05, Abschnitt 4.

5 Berechnungsgrundsätze

Es gilt DIN 4113-1:1980-05, Abschnitt 5 sinngemäß. Durch die Schweißwärme können Fügeteile aus ausgehärteten oder verfestigten Werkstoffen (siehe Tabelle 1 und für zugehörige Schweißzusätze nach DIN V 4113-3) in der Wärmeeinflusszone (WEZ) neben der Schweißnaht entfestigt werden.

Soweit Konstruktionen und Serienteile auf der Grundlage von Berechnungen in Verbindung mit DIN 4113-1 gefertigt werden und die Beschaffung des Halbzeugs nicht auf der Grundlage von DIN 4113-1/A1:2002-09, 3.1 erfolgt, ist darauf zu achten, dass für die nach DIN-EN-Normen beschafften und verwendeten Halbzeuge die zulässigen Spannungen sowohl für den Grundwerkstoff (siehe DIN 4113-1/A1:2002-09, Tabelle 4 sowie Tabelle 7) als auch für WEZ und Schweißnähte (siehe Tabelle 4 und Tabelle 5) mindestens gleich hoch sind, wie sie der Berechnung zugrunde gelegt wurden. Bei AlMgSi0,5 muss gegebenenfalls auf eine AlMgSi0,5-ähnliche Legierung gewechselt werden (EN AW-6060, EN AW-6063, EN AW 6106). Ist dies nicht der Fall, so muss die Berechnung überprüft werden.

Die Bemessung geschweißter Konstruktionen aus Werkstoffen nach DIN 4113-1:1980-05, Tabelle 1 erfolgt entsprechend der Bemessung der Werkstoffe nach Tabelle 1 dieser Norm. Dabei gilt bezüglich der Streckgrenze der Schweißverbindung und der zulässigen Spannung die Umschlüsselung nach Tabelle 2.

Tabelle 1 — Halbzeuglegierungen für Konstruktionsteile

Spalte	1a	1b	1c	1d	2a	2b	2c	3a	3b	3c	4a	4b	4c	5a	5b
Zelle	DIN EN 573-3	Werkstoffe, Werkstoffzustände nach	Zustand	Halbzeug	β_z N/mm ²	β_{02} N/mm ²	Dicke mm	β_z N/mm ²	β_{02} N/mm ²	Dicke mm	β_z N/mm ²	β_{02} N/mm ²	Dicke mm	β_{zwef} N/mm ²	β_{02wef} N/mm ²
1	EN AW-6005A EN AW-6005Mg(A)	AlMgSi0,7	T6		—	—	—	—	—	—	250	200	V ≤ 25 H ≤ 15	165	115
2a	EN AW-6060 EN AW-6060MgSi	AlMgSi0,5	T6		—	—	—	215	160	≤ 20	170	140	≤ 25	100	60
2b			T66		—	—	—	—	—	—	195	150	≤ 25	110	65
3	EN AW-6061 EN AW-6061MgSiCu	AlMg1SiCu	T6/ T651		290	240	≤ 100	290	240	≤ 20	260	240	≤ 25	175	115
4a	EN AW-6063 EN AW-6063Mg0,7Si		T6		—	—	—	220	190	≤ 20	195	160	≤ 25	110	65
4b			T66		—	—	—	230	195	≤ 20	225	180	≤ 25	130	75
5a	EN AW-6082 EN AW-6082MgSiMn	AlMgSi1	T6/ T651		295	240	≤ 100	310	240	≤ 20	290	250	V ≤ 25 H ≤ 15 H ≤ 25 ^a	185	125
5b			T61/ T651 T5		275	200	≤ 175	—	—	—	—	—	—	—	—
6	EN AW-6106 EN AW-6106MgSiMn		T6		—	—	—	—	—	—	250	200	≤ 10	160	95
7	EN AW-7020 EN AW-7020MgSi	AlZn4,5Mg1	T6/ T651		340	270	≤ 100	350	280	≤ 20	350	290	≤ 40 ≤ 15 ^a	280	205
8	EN AW-3103 EN AW-3103Mg1	AlMn1	H18		185	165	≤ 3	—	—	—	—	—	—	90	44
9a	EN AW-3004 EN AW-3004Mg1	AlMn1Mg1	H14/H24 /H34		220	170	≤ 6	—	—	—	—	—	—	155	75
9b			H16/H26 /H36		240	190	≤ 4	—	—	—	—	—	—	—	—
10a	EN AW-3005 EN AW-3005Mg0,5	AlMn1Mg0,5	H16		195	175	≤ 4	—	—	—	—	—	—	115	56
10b			H18/ H28		220	190	≤ 3	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Spalte	1a	1b	1c	1d	2a	2b	2c	3a	3b	3c	4a	4b	4c	5a	5b
Zelle	DIN EN 573-3	Werkstoffe, Werkstoffzustände nach DIN 1725	Zustand	Halbzeug	Bänder, Bleche, Platten nach DIN EN 485-2	$\beta_{\perp}$ N/mm ²	β_{02} N/mm ²	Dicke mm	Gezogene Rohre nach DIN EN 754-2	$\beta_{\perp}$ N/mm ²	β_{02} N/mm ²	Dicke mm	Stangen, Rohre, stranggepresste Profile, nach DIN EN 755-2	$\beta_{\perp}$ N/mm ²	Wärmeinflusszone (WEZ)
11a	EN AW-5005(A) EN AW-AMg1	AlMg1	OH11 H112		100	35	≤ 50	100	40	≤ 20	100	40	alle	100	35
11b			H12		125	95	≤ 12,5	–	–	–	–	–	–	–	–
11c			H22/H32		125	80	≤ 12,5	–	–	–	–	–	–	100	44
11d			H14/H24 /H34		145	110	≤ 12,5	140	110	≤ 5	–	–	–	–	–
12a	EN AW-5049 EN AW-AMg2Mn0,8	AlMg2Mn0,8	OH11 H112		190	80	≤ 80	–	–	–	–	–	–	190	80
12b			H112	b	200	120	6-25	–	–	–	–	–	–	–	–
12c			H14		240	190	≤ 25	–	–	–	–	–	–	190	100
12d			H24/H34		240	160	≤ 25	–	–	–	–	–	–	–	–
13a	EN AW-5083 EN AW-AMg4,5Mn0,7	AlMg4,5Mn	OH11 H112	P	–	–	–	270	110	≤ 20	270	110	≤ 200	270	110
13b				W	275	125	≤ 50/ 40°C	–	–	–	–	–	–	275	125
13c			H12		315	250	≤ 40	–	–	–	–	–	–	–	–
13d			H22/H32 /H116	d	305	215	≤ 40	280	200	≤ 10	–	–	–	275	140

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Spalte	1a	1b	1c	1d	2a	2b	2c	3a	3b	3c	4a	4b	4c	5a	5b	
Zeile	Werkstoffe, Werkstoffzustände nach				Bänder, Bleche, Platten nach DIN EN 485-2			Gezogene Rohre nach DIN EN 754-2			Stangen, Rohre, stranggepresste Profile, nach DIN EN 755-2			Wärmeinflusszone (WEZ)		
	DIN EN 573-3	DIN 1725	Zustand	Halbzeug	β_z N/mm ²	β_{02} N/mm ²	Dicke mm	β_z N/mm ²	β_{02} N/mm ²	Dicke mm	β_z N/mm ²	β_{02} N/mm ²	Dicke mm	β_{WEZ} N/mm ²	$\beta_{02 WEZ}$ N/mm ²	
14a	EN AW-5754 EN AW-AMg3	AMg3	OH11 H112 H112 H14 H24/H34		190	80	≤ 80	180	80	≤ 20	180	80	≤ 25	180	80	
14b					200	120	6–25									
14c					240	190	≤ 5	240	180	≤ 10	–	–	–			
14d					240	160	≤ 25	–	–	–	–	–				

Die angegebenen Werte für Festigkeit und Streckgrenze als Basis für die Festlegung der zulässigen Spannungen des betreffenden Zustandes bzw. der Zustandsgruppe sind die jeweiligen Mindestwerte aus der Bezugsnorm über alle Dicken innerhalb des angegebenen Dickenbereichs. In der Spalte „Stangen, Rohre, stranggepresste Profile“ wurden aus DIN EN 755-2 als maximale Werte der Wanddicke die der Halbzeugform Strangpressprofile eingetragen. Diese Werte können und dürfen von den Halbzeugwerken auch für Querschnitte bescheinigt werden, wenn die Querschnitte eigentlich als Rohre oder Stangen einzustufen wären. Soweit Stangen und Rohre in den betreffenden Zuständen nach DIN EN 755-2 die in der obigen Tabelle angegebenen Mindestwerte auch bei größeren Fertigungsdicken erfüllen, dürfen diese Halbzeuge unter Zugrundelegung der für die jeweilige Zeile geltenden zulässigen Spannungen verwendet werden.

V: gilt für Vollquerschnitte; H: gilt für Hohlquerschnitte; P: Strangpressprodukte; W: Walzprodukte.

a für „echte“ Rohre, d. h. Rohr- und Formrohrquerschnitte mit gleichen Wanddicken.

b die erhöhten Werte im Zustand H112 gelten nur für Bleche im angegebenen Dickenbereich.

c 50 mm bei O/H111; 40 mm bei H112; bis 120 mm Dicke gelten die zulässigen Spannungen für Strangpressprodukte.

d gezogene Rohre auch H12.

e gezogene Rohre auch H24, H34.

f Rechnerische Werte zur Festlegung der zulässigen Spannungen. Aus normungssystematischen Gründen bestehen zum Teil Unterschiede zwischen diesen Werten und jenen von DIN V 4113-3.

Tabelle 2 — Spannungsnachweise für geschweißte Konstruktionen aus Werkstoffen nach DIN 4113-1:1980-05, Tabelle 1 bzw. Tabelle 4

	1	2	3	4	5
1	Werkstoff nach DIN 1725 in Verbindung mit DIN 1745, DIN 1746, DIN 1748	Zeilen-Nr. von DIN 4113-1:1980-05, Tabelle 4	Bemerkung	Als Werte für die zulässigen Spannungen beim Schweißfestigkeitsnachweis gelten jene von	Zuzüglich
2	AlZn4,5Mg1 F35	1	B, R, P	EN AW-7020 T6	—
3	AlMgSi1 F31/F32	2	B, R, P	EN AW-6082 T6	—
4	AlMgSi1 F28	3	B, R, P	EN AW-6082 T61	—
5	AlMgSi0,5 F22	4	R, P	EN AW-6063 T6	—
6	AlMg4,5Mn G31	5	B	EN AW-5083 H22	—
7	AlMg4,5Mn F27/W28	6a	B	EN AW-5083 O	—
8	AlMg4,5Mn F27	6b	R, P	EN AW-5083 O	10 % bei WEZ und Stumpfnah
9	AlMg2Mn0,8 F24, F25, G24	7	B, R	EN AW-5049 H24	—
10	AlMg3 F24, F25, G24	7	B, R	EN AW-5754 H24	—
11	AlMg2Mn0,8 F20	8	R, P	EN AW-5049 O	20 % bei WEZ und Stumpfnah
12	AlMg3 F18	9	R, P	EN AW-5754 O	—
13	AlMg2Mn0,8 W18, W/F19	10	B, R	EN AW-5049 O	—
14	AlMg3 W18, W19, F19	10	B, R	EN AW-5754 O	—

B: Bleche; R: Rohre; P: Strangpressprofile.
Umschlüsselung gilt nur für Schweißfestigkeitsnachweise.

Bei den maßgebenden Querschnittswerten für geschweißte Stöße und Anschlüsse ist sinngemäß zu DIN 4113-1:1980-05, 5.3 auf die jeweilige Erstreckung der Wärmeeinflusszone (WEZ) zu achten. Ferner ist unter anderem auch bei Druckstäben die Lage von Schweißungen zu beachten.

Beim Bolzenschweißen mit Spitzenzündung braucht eine Wärmeeinflusszone nicht berücksichtigt zu werden.

6 Berechnung von geschweißten Konstruktionsteilen und Schweißverbindungen, zulässige Spannungen

6.1 Allgemeines

Für geschweißte Aluminiumbauteile sind neben den Festlegungen aus DIN 4113-1 für nichtwärmebeeinflusste Bereiche auch Festigkeitsnachweise in der Wärmeeinflusszone (WEZ) und in der Schweißnaht zu führen.

Die zulässigen Schnittgrößen in der WEZ und in den Nähten richten sich danach, wie die Lage der Bruchfuge im Versagensfall zu erwarten ist:

- Verläuft diese rechtwinklig zur Nahtichtung, also teilweise durch die WEZ und teilweise durch unbeeinflussten Werkstoff, so gelten bei Reduktion der WEZ-Querschnittswerte die zulässigen Spannungen für den ungeschweißten Werkstoff nach DIN 4113-1:1980-05, Tabelle 4.
- Verläuft die Bruchfuge sowohl durch unbeeinflussten Werkstoff, durch WEZ und Schweißgut oder gegebenenfalls schräg zur Nahtichtung, so muss die kleinste zulässige Schnittgröße nach den sich hierbei ergebenden Querschnittsanteilen und zugehörigen zulässigen Spannungen ermittelt werden.

Im Übrigen ist ein Nachweis mit den vollen Querschnittswerten und den Spannungen nach Tabelle 4 und Tabelle 5 erlaubt.

6.2 Wärmeeinflusszonen, Querschnittswerte und Spannungsnachweis

6.2.1 Längsbeanspruchte Stäbe

Werden bei aushärtbaren und kaltverfestigten Werkstoffen zur Ermittlung der maßgebenden Querschnittswerte von Druck- und Zugstäben Teilflächen ($A - A_{WEZ}$) des unbeeinflussten sowie gleichzeitig Teilflächen A_{WEZ} des wärmebeeinflussten Werkstoffes erfasst, so darf Gleichung (1) angesetzt werden:

$$\sigma = \frac{F}{A_K} \quad (1)$$

Die reduzierte Querschnittsgröße A_K lautet mit

$$\kappa = \frac{\beta_{0,2 \text{ WEZ}}}{\beta_{0,2}}; \text{ Werte nach Tabelle 1} \quad (2)$$

$$A_K = A - (1 - \kappa) \sum_i A_{WEZ,i} \quad (3)$$

Dabei ist

A die volle Querschnittsfläche,

$A_{WEZ,i}$ die Summe der einzelnen WEZ-Querschnittsflächen.

Als Wärmeeinflusszone bei geschweißten Konstruktionen ist rechnerisch ein Bereich von 30 mm von Schweißnahtmitte bzw. Nahtwurzelpunkt aus nach allen Seiten hin anzusetzen (siehe zum Beispiel Bild 1).

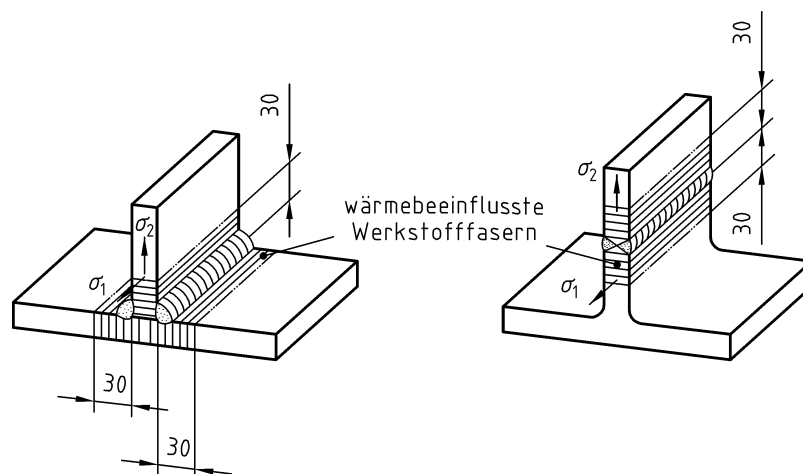


Bild 1 — Beispiele für Wärmeeinflusszonen

Die nach Gleichung (1) berechnete Spannung darf die zulässige Werkstoffspannung zul. σ nach DIN 4113-1:1980-05, Tabelle 4 bzw. nach DIN 4113-1/A1:2002-09, Tabelle 4 bzw. Tabelle 5 nicht überschreiten. Für die reduzierten Querschnittswerte darf angenommen werden, dass die Schwerlinienverschiebung infolge der Teilflächenreduktionen vernachlässigbar ist. Wenn im Gesamtquerschnitt und auch in Teilbereichen, wie zum Beispiel im Flansch, das Verhältnis

$$\frac{\sum_i A_{WEZ,i}}{A} > 0,2$$

ist, ist die Verschiebung der Schwerlinie in der Berechnung zu berücksichtigen.