Fassadentechnik

Oktober 2005

Planung und Ausführung
der Gebäudehülle

Vorgehängte hinterlüftete Fassade

Neue Normen für das Bauen mit Aluminium

SONDERDRUCK

CUBUS
MEDIEN VERLAG

Inhalt

1 Einleitung

2 Auswirkungen der neue Werkstoff-normen auf das Bauen mit Aluminium

3 Berechnung ungeschweißter Konstruktionen nach DIN 4113-1 und DIN 4113-1/ A1

3.1 Werkstoffe

3.2 Fassadenelemente

3.3 Erhöhte Temperaturen

3.4 Stabilitätsnachweise

3.5 Verbindungsmittel

4 Berechnung geschweißter Konstruk-tionen nach DIN 4113-2

4.1 Zusammenwirken verschiedener Verbindungsmittel

4.2 Stabilitätsnachweise

5 Ausführung und Herstellerqualifikation nach DIN V 4114-3

5.1 Anwendungsbereich

5.2 Begriffsbestimmungen und Doku-mentation

5.3 Werkstoffe und Verbindungselemente

5.4 Fertigung

5.5 Verbindungstechnik und Montage

5.6 Korrosionsschutz

5.7 Toleranzen, Prüfen und Hersteller-qualifikation

6 Bauaufsichtliche Behandlung und Blick nach Europa

Bild: Alcan

Vorgehängte hinterlüftete Fassaden

Neue Normen für das Bauen mit Aluminium

Die DIN 4113-1 und die „Richtlinie zum Schweißen von tragenden Bauteilen aus Aluminium“ regeln seit rund 20 Jahren das Bauen mit Aluminium in Deutschland. Ausgenommen hiervon sind natürlich solche Bauarten und Konstruktionen, welche durch spezielle Fachnormen, zum Beispiel DIN 18807-6 bis -9 oder DIN 18516-1, erfasst werden.

1 Einleitung

DIN 4113-1 regelt seit ihrem ersten Erscheinen im Jahre 1958 ausschließlich ungeschweißte Konstruktionen. Mit zunehmender Bedeutung der Schweißtechnik im Aluminiumbau wurde jedoch ein weiterer Normenteil erforderlich. Die Arbeiten an Teil 2 für geschweißte Aluminiumkonstruktionen begannen, wurden aber nicht abgeschlossen. Die Notwendigkeit einer im Sinne des Bauordnungsrechtes stimmigen und in Bezug ihrer technischen Anwendbarkeit praktikablen Lösung wurde in Form der IfBt-Richtlinie „Richtlinie zum Schweißen von tragenden Bauteilen aus Aluminium – Fassung Oktober 1986“ realisiert und im Jahre 1987 bauaufsichtlich eingeführt. Die Richtlinie legte zulässige Spannungen in den Schweißnähten fest, regelte die Ausführung geläufiger Schweißnahtausbildungen und beinhaltete Festlegungen für die Schweißerprüfungen.

Im Laufe der vergangenen 20 Jahre fand zudem der europäische Gedanke seinen Niederschlag in nationales Recht. Das heißt, auf nationaler Ebene ist der freie Waren- und Dienstleistungsverkehr sicher-zustellen, woraus sich konsequenterweise die Notwendigkeit allgemeiner und für jedermann zugänglicher Ausführungsbestimmungen ergibt. Im Idealfall sind diese europäisch einheitlich, zumindest aber national für alle europäischen Anbieter gleich und verbindlich. Unter diesem Aspekt ist es auch leicht nachvollziehbar, dass nicht nur die Ausführung als solche – also konstruktive Vorgaben – zu regeln ist, sondern auch Festlegungen zu treffen sind, welche gleich bleibende und nachvollziehbare Qualität sicher stellen. Der Hersteller eines Produktes hat sich somit zu qualifizieren.

Kurzum: Es galt, das aus DIN 4113-1 und der „Richtlinie“ bestehende Regelwerk den heutigen Erfordernissen anzupassen. Unter Berücksichtigung der doch schon sehr weit fortgeschrittenen europäischen Regelungen, war eine vollständige Neufassung des nationalen Regelwerkes zwar nicht mehr angezeigt – eine Anpassung an geänderte technische Lieferbedingungen war jedoch zwingend erforderlich. Ergebnis dieser Anpassung ist nun die Normenreihe DIN 4113, welche aus den Teilen

- DIN 4113-1:1980-05:„Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Belastung – Berechnung und bauliche Durchbildung“ mit DIN 4113-1/A1:2002-09:„Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Belastung – Berechnung und bauliche Durchbildung – Änderung A1“
- DIN 4113-2:2002-09:„Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Belastung – Berechnung geschweißter Konstruktionen“
- DIN V 4113-3:2003-11:„Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Beanspruchung – Ausführung und Herstellerqualifikation“ besteht.

Inwieweit dieses Regelwerk dem heutigen Stand der Technik entspricht, mag der Bewertung des einzelnen Lesers überlassen sein. Wichtig zu wissen ist allerdings, dass im Zuge der europäischen Harmonisierung an entsprechenden Vorschriften (Eurocode 9 respektive EN 1999) gearbeitet wird und deren Erscheinen in „Kürze“ zu erwarten ist.

links:
Das Märkische Zentrum in Berlin wurde mit Aluminium-Verbundplatten sowie ebenen und gerundete Kassetten bekleidet.
Architekten Alexander Kolbe, Berlin und Schraml & Partner; Berlin

rechts:
Beim Haus Mitte, einem Immobilienunternehmen aus Leinfelden wurde eine Bolzeneinhangkassette FF2 Farbaluminium für Fassadenanwendungen im Farbton kristallsilber (RAL 9006) verwendet.
Architekt Rolf Jürgen Moritz, Leinefelde

AlMgSi0,5

Bevor nachfolgend die Änderungen beziehungsweise neu hinzugekommenen Inhalte der Normenreihe DIN 4113 näher beleuchtet werden, ist an dieser Stelle ein kurzer Überblick für eine erste Orientierung sicherlich hilfreich:

- Es ist auch zukünftig möglich, Aluminiumprodukte auf der Grundlage der zwischenzeitlich zurückgezogenen nationalen Werkstoff- und Produktnormen zu bestellen, zu verwenden und zu berechnen. Zu beachten ist lediglich das „Mischungsverbot".
- Die Normenreihe DIN 4113 basiert weiterhin auf dem Konzept der zulässige Spannungen. Eine Umstellung auf das semiprobabilistische Sicherheitskonzept (Teilsicherheitsbeiwerte und Grenzzustände) wurde nicht vorgenommen. Für die praktische Handhabung bedeutet dies zwar keine Umstellung der Abläufe in der Nachweisführung, aber auch keine Vereinfachung beim „Zusammenbau" mit anderen Werkstoffen, bei denen das semiprobabilistische Sicherheitskonzept bereits umgesetzt wurde. Es sind also auch zukünftig die sich aus den äußeren Lasten ergebenden Spannungen den zulässigen Spannungen in Abhängigkeit des jeweiligen Lastfalles (H, HZ und H_S) gegenüber zu stellen.
- Die Werkstoffbezeichnungen wurden den zwischenzeitlich vorliegenden europäischen Normen angepasst.
- Die möglichen Werkstoffe wurden erheblich, insbesondere um Schmiede- und Gusslegierungen, erweitert.
- Für nichtgeschweißte Konstruktionen wurde die Mindestbauteildicke von 2,0 mm auf 1,2 mm reduziert. Bei geschweißten Konstruktionen beträgt sie grundsätzlich weiterhin 2,0 mm, kann aber in Sonderfällen auf 1,2 mm reduziert werden.
- Teil 2 regelt die Berechnung geschweißter Konstruktionen. Die „Richtlinie zum Schweißen von tragenden Bauteilen aus Aluminium" wird durch diesen ersetzt.
- Ausführungsregeln, konstruktive Vorgaben und Festlegungen bezüglich der Herstellerqualifikation wurden analog zu DIN 18800-7 beziehungsweise ENV 1090 in Teil 3 zusammengefasst.

Nun stellen sich natürlich Fragen, nach den Auswirkungen der neuen Normenreihe auf die praktische Tätigkeit des Metall- und Fassadenbauers. Bevor näher auf die einzelnen Normenteile eingegangen wird, ist es zweckmäßig, sich einen groben Überblick über Auswirkungen der neuen Werkstoffnormen zu verschaffen.

2 Auswirkungen der neue Werkstoffnormen auf das Bauen mit Aluminium

Die im Zuge der europäischen Harmonisierung durchgeführte Umstellung der Werkstoffnormen macht ein Umdenken in der täglichen Arbeit erforderlich: Die bisherigen Werkstoffbezeichnungen, aus welcher sich die Legierungsbestandteile ablesen ließen (AlMgSi0,5) wurden dem numerischen Bezeichnungssystem der amerikanischen AA-Liste angepasst. Die nun geltende korrekte Bezeichnung der bisherigen Legierung AlMgSi0,5 lautet zum Beispiel EN AW-6060. Gleichwohl sich durch ein numerisches

Bild: Novelis

Diese BU wir noch nach geliefert.... nicht dort aufgeführte Legierungen grundsätzlich verwendbar, sofern deren Brauchbarkeit von einer anerkannten Stelle festgestellt wurde. In der Regel waren in solchen Fällen die mechanisch-technologischen

Bezeichnungssystem Automatismen weitaus besser darstellen und EDV-gestützt behandeln lassen, widersprechen sie dem menschlichen Naturell. Insofern bietet die europäische Werkstoffnorm EN 573 alternativ auch ein Bezeichnungssystem – ähnlich dem bisher gebräuchlichen – mit chemischen Symbolen an. Für die betrachtete Legierung lautet diese EN AW-AlMgSi. Das heißt, durch die Umstellung der Werkstoffnorm wird aus der Legierung AlMgSi0,5 die Legierung EN AW-AlMgSi (Man beachte: „0,5“ entfällt nach neuer Nomenklatur).

Weitaus wichtiger, als die Änderung des Bezeichnungssystems, sind jedoch die sich hieraus ergebenden Auswirkungen auf den täglichen Umgang mit diesem Werkstoff beziehungsweise mit den aus diesen hergestellten Produkten. Wurden nach alter Normenlage bislang Unterkonstruktionsprofile für vorgehängte Fassaden aus der bereits betrachteten Standardlegierung AlMgSi0,5 F22 bestellt und verwendet, konnten diese im LFH mit einer zulässigen Spannung von 95 N/mm² bemessen werden. Die Umstellung des Bezeichnungssystems könnte nun jedoch dazu führen, dass auf Bestell- und Lieferscheinen „AlMgSi0,5“ durch EN AW-6060 (alternativ: EN AW-AlMgSi) ersetzt wird. Die zulässige Spannung für Profile aus EN AW-6060 T6 beträgt allerdings nur 80 N/mm². Diese zirka 15 prozentige Einbuße an Tragfähigkeit darf jedoch nicht der Änderung der DIN 4113 angelastet werden. Sie hat ihre Ursache ausschließlich in den Änderungen der europäischen Bezugsdokumente. Soll also auch weiterhin ein Tragfähigkeitsniveau auf Grundlage einer zulässigen Spannung von 95 N/mm² aufrecht erhalten werden, so bietet sich hier die Verwendung der Legierung EN AW-6063 (EN AW-AlMg0,7Si) an. Für eine sehr umfassende Zusammenstellung bezüglich der Umstellung der Werkstoffnormen und deren Auswirkung sei hier auf einen Artikel von R. Gitter verwiesen [19].

3 Berechnung ungeschweißter Konstruktionen nach DIN 4113-1 und DIN 4113-1/A1

3.1 Werkstoffe

Bislang kannte DIN 4113-1 im Grunde genommen keine Einschränkungen hinsichtlich der verwendbaren Legierungen. Gleichwohl in Abs. 3.1 auf eine Auswahl von sechs Legierungen (Tabelle 1) verwiesen wurde, welche vorzugsweise zu verwenden sind, waren auch dort nicht aufgeführte Legierungen grundsätzlich verwendbar, sofern deren Brauchbarkeit von einer anerkannten Stelle festgestellt wurde. In der Regel waren in solchen Fällen die mechanisch-technologischen Materialkennwerte (zum Beispiel Dehn- beziehungsweise Proportionalitätsgrenze, Zugfestigkeit, Bruchdehnung oder kleinst möglicher Biegeradius) zu ermitteln.

Durch die A1-Änderung entsteht wohlmöglich der Eindruck, dass dem Verwender diese Möglichkeit der freien Materialaus-

Bild: Novelis

Bei diesem Autohaus in Hamburg plante der Architekt eine polygonale Bolzeneinhangkassette FF2 bestehend aus Farbaluminium für Fassadenanwendungen in kristallsilber (RAL 9006). Architekt Johannes Laukart, Hambühren-Ovelgönne

wahl genommen wurde, da nun ausschließlich auf die in den Tabellen 1 bis 3 der A1-Änderung aufgeführten Legierungen und in den dort angegebenen Zuständen und Produktformen verwiesen wird. Hierbei darf jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass die bislang sechs „Vorzugslegierungen" auf nun insgesamt 20 Legierungen ausgeweitet wurden, von welchen wiederum sechs so genannte Gusslegierungen sind. „Das heißt, dass im Metall- und Fassadenbau durch die A1-Änderung unter bauaufsichtlichen Aspekten nun auch gegossene Bauteile (zum Beispiel Konsolen oder System-Knotenpunkte) per se verwendet und nach allgemeinen Regeln bemessen werden können."
Die Herstellungsverfahren für diese Bauteile sind jedoch auf Sand- und Kokillenguss beschränkt. Dies dürften für übliche Stückzahlen und hinsichtlich der notwendigen technischen Ausstattung auch die am weitest verbreiteten Herstellungsverfahren sein. Sollen darüber hinaus aufgrund großer Stückzahlen oder komplizierter geometrischer Verhältnisse Druckgussverfahren angewendet werden, sind in Bezug auf deren bauaufsichtlicher Behandlung

„Die im Zuge der europäischen Harmonisierung durchgeführte Umstellung der Werkstoffnormen macht ein Umdenken in der täglichen Arbeit erforderlich."

auch weiterhin die beiden Verfahrenswege der „Zustimmung im Einzelfall" oder der „Allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung" möglich. Aus baupraktischer Sicht dürfte mit den in der A1-Änderung aufgeführten 14 Knetlegierungen eine ausreichend große Anzahl verwendbarer Werkstoffe zur Herstellung von Walz- oder Strangpress- und Schmiedeprodukten gegeben sein.

3.2 Fassadenelemente

Bei genauem „Durchforsten" von Tabelle 4 der A1-Änderung fällt auf, dass die Zustände H4x keinen Niederschlag gefunden haben. Hierbei handelt es sich um kaltverfestigte und einbrennlackierte Produkte wie zum Beispiel bandbeschichtete Bleche, also Halbzeug zur Herstellung von Fassadenelementen. Eine Regelung für derartige Bauteile findet sich – zwar an anderer Stelle – aber dennoch in der A1-Änderung: Unter Ziffer 5 wird in Bezug auf die besonderen Bemessungsregeln des Teiles 1 das Spektrum der verwendbaren Halbzeuge um bandbeschichtete Bleche und Bänder erweitert, wonach solche zur Herstellung von Fassadenelementen möglich sind, wenn die Werkstoffe sowohl in Tabelle 1 der A1-Änderung als auch in Tabelle 2 von DIN EN 1396 enthalten sind. Diese Werkstoffe dürfen dann in allen in DIN EN 1396 aufgeführten Zuständen zur Herstellung von Fassadenelementen im Sinne von flächigen Bauteilen (glatte Bleche oder Kassetten) verwendet werden. Die zulässigen Normalspannungen zul σ_H (Zug und Druck) für den Lastfall H sind dann für die Zustände O und H41 bis H48 aus den in DIN EN 1396 festgelegten Werten für die Zugfestigkeit (R_m) und der Proportionalitätsgrenze ($Rp_{0,2}$) wie folgt zu ermitteln

$$\text{zul } \sigma_H = \min \left\{ \frac{R_{p0,2}}{1,7} ; \frac{R_m}{2,1} \right\}$$

wobei die Quotienten jeweils auf die nächste gerade Zahl abzurunden sind. Die zulässigen Normalspannungen zul σ_{HZ} für den Lastfall HZ sowie die korrespondierenden zulässigen Schubspannungen zul τ_H und zul τ_{HZ} können dann für gleiche zulässigen Normalspannungen zul σ_H direkt Tabelle 4 der A1-Änderung entnommen oder über eine einfache Interpolation beziehungsweise Verhältnisrechnung ermittelt werden.

Bei Verwendung von rohen Schrauben (TT ≤ 1,0 mm) ergeben sich die zulässigen Spannung für Lochleibung zul σ_L in Abhängigkeit des zu betrachtenden Lastfalles aus

$$\text{zul } \sigma_{L,H} = 0,7 \cdot R_{p0,2}$$

$$\text{zul } \sigma_{L,HZ} = 0,8 \cdot R_{p0,2}$$

wiederum bei Abrundung auf die nächste gerade Zahl. Eine entsprechende Aufbereitung dieser Regelungen ist in nachstehender Tabelle 1 zusammenfassend dargestellt. Die zulässigen Spannungen zul σ_{HZ}, zul τ_H und zul τ_{HZ} wurden hierbei mit Hilfe einer linearen und den gesamten Bereich berücksichtigenden Ausgleichsrechnung auf der Grundlage der in DIN EN 1396 angegebenen Mindestwerte ermittelt, so dass bei Nachrechnung in Einzelfällen Rundungsdifferenzen in der Größenordnung von 1 bis 2 N/mm² auftreten können.

Zulässige Spannungen für Fassadenelemente aus bandbeschichteten Blechen und Bändern in N/mm²

Bleche u. Bänder

nach DIN EN 1396	im Zustand	$R_{m,min}$	$R_{p0,2}$	zul σ		zul τ		zul σ_L	
				H	HZ	H	HZ	H	HZ
EN AW-3103	H44	140	110	64	74	36	42	76	88
EN AW-AlMn1	H46	160	140	76	86	44	50	98	112
	H48	180	160	84	96	48	56	112	128
EN AW-3004	H42	185	130	76	86	44	50	90	104
EN AW-	H43	195	160	92	104	54	60	112	128
AlMn1Mg1	H44	210	180	100	112	58	64	126	144
	H46	230	200	108	124	62	72	140	160
	H48	260	220	122	140	72	80	154	176
EN AW-3005	O	115	45	26	30	14	16	30	36
EN AW-	H41	130	80	46	54	26	30	56	64
AlMn1Mg0,5	H42	140	95	54	64	32	36	66	76
	H44	165	135	78	88	44	50	94	108
	H46	185	160	88	100	50	58	112	128
	H48	210	180	100	112	58	64	126	144
EN AW-5005	O	100	35	20	24	10	12	24	28
EN AW-	H42	125	80	46	54	26	30	56	64
AlMg1(B)	H44	145	110	64	74	36	42	76	88
	H46	165	135	78	88	44	50	94	108
	H48	185	160	88	100	50	58	112	128
EN AW-5754	O	190	80	46	54	26	30	56	64
EN AW-	H41	205	125	72	84	42	48	86	100
AlMg3	H42	220	140	82	94	46	54	98	112
	H44	230	160	94	106	54	60	112	128
	H46	260	190	110	126	64	72	132	152
	H48	280	220	128	146	74	84	154	176

Bild: Alcan

Bei diesem repräsentativen Verwaltungsgebäude in Metzingen kamen Kassetten zum Einsatz, die aus Aluminium-Verbundplatten hergestellt wurden. Architekten Riele + Partner; Reutlingen

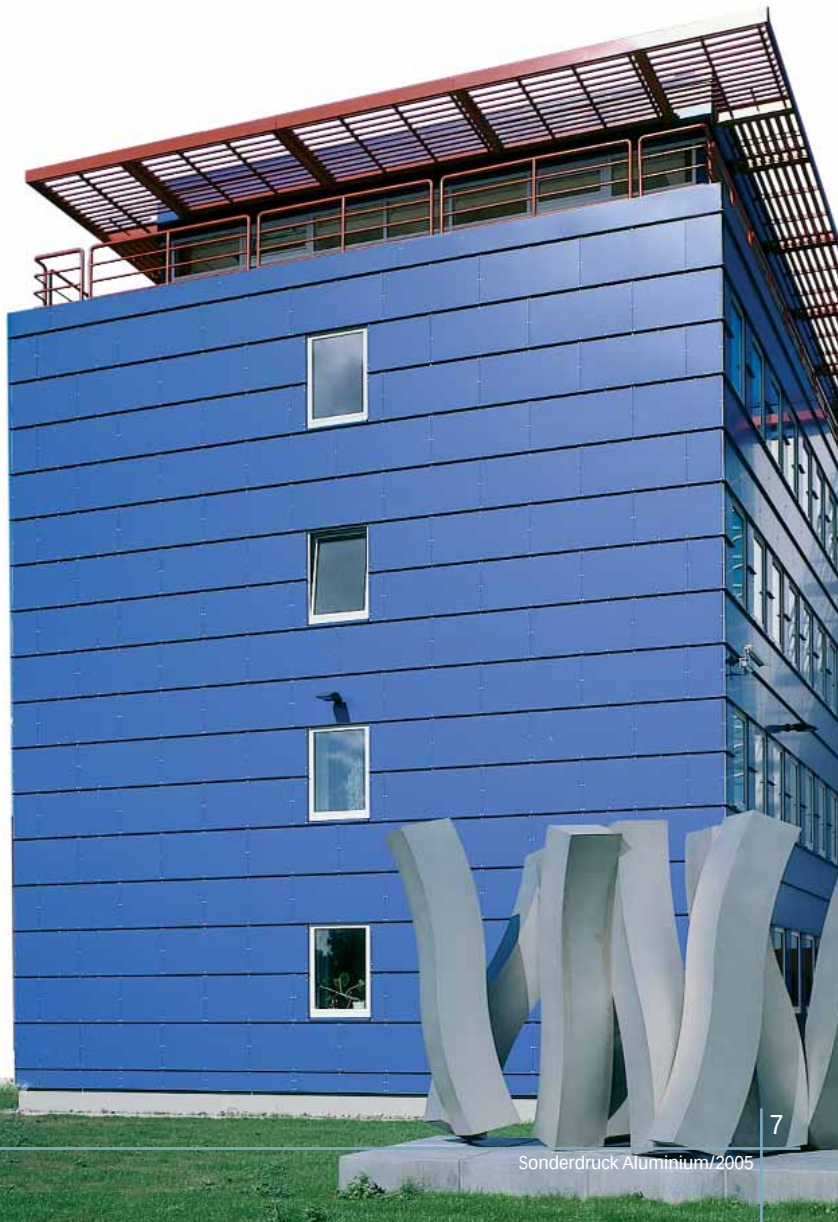


Bild: Novelis

Beim Schifffahrtsamt Rostock erfolgte die Verlegung der Bekleidungselemente eben. Die sichtbar genieteten FF3 Farbaluminium für Fassadenanwendungen wurden als NCS-Farbentwicklung ausgeführt.

Bei der Abfassung der A1-Änderung wurden die bislang aus DIN 1725 1 bekannten Legierungsbezeichnungen durch die neuen EN-Bezeichnungen ersetzt. Die neue Bezeichnung für die aus DIN 1725-1 bekannte Legierung AlMg1 lautet nun EN AW-5005A. Zur Herstellung bandbeschichteter Bleche wird jedoch die Legierung EN AW-5005 verwendet. Beide Legierungen entsprechen sich in ihren mechanischen Eigenschaften und unterscheiden sich nur äußerst marginal in ihren Legierungsbestandteilen. Aus diesem Grunde sollten auch beide Legierungen gleichwertig unter der„Sammelbezeichnung" EN AW-5005/5005A in die A1-Änderung einfließen. Durch versehentliches Weglassen der Zeichenfolge„/5005" (Druckfehler) besteht nun die Gefahr, dass unter der in der A1-Änderung abgedruckten Bezeichnung „EN AW-5005 A" ausschließlich die Legierung EN AW-5005A verstanden wird. In Tabelle 1 wurde die Legierung EN AW-5005 entsprechend berücksichtigt.

3.3 Erhöhte Temperaturen

Die A1-Änderung bietet die Möglichkeit Bauteile über die bisher festgelegte Maximaltemperatur (80°C) bis hin zu 100°C zu bemessen. In Abhängigkeit der verwendeten Legierung und der zu erwartenden Temperatur sind mit Hilfe des Abminderungsfaktors c_T reduzierte zulässige Spannungen zu ermitteln, mit welchen dann die Spannungsnachweise zu führen sind.

Bei den Stabilitätsnachweisen ist analog vorzugehen: Die sich im Rechnungsgang II aus dem so genannten ω-Verfahren ergebenden vorhandenen Spannungen σ sind den reduzierten Spannungen zul σ_T gegenüber zu stellen. Die im Rechnungsgang I benötigten Tabellenwerte (mit Ausnahme des rechnerischen Elastizitätsmodul E*) sind mit dem Abminderungsfaktor c_T zu multiplizieren.

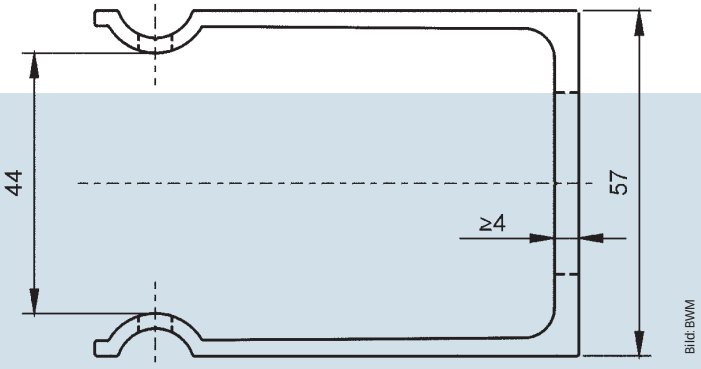


Bild: BWM

U-Halter aus Aluminium zur Aufnahme eines geschlossenen Tragprofils. Die an den Enden gekröpften Schenkel erlauben eine zusätzliche Feinjustage über die Torsionsachse. Diese Wandhalter werden in verschiedenen Längen angeboten, sodass jede gewünschte Dämmstoffdicke eingebaut werden kann.

Die Abminderungsfaktoren c_τ sind in Tabelle 2 in Abhängigkeit der verwendeten Legierung für die direkte Anwendung aufbereitet. Eine Bemessung für unmittelbar einwirkende Wärme (Brandlastfall) ist allerdings erst mit Erscheinen von EN 1999 (Eurocode 9) möglich.

Abminderungsfaktor c_T für Temperaturen 80°C ≤ T ≤ 100C°

c_τ	Legierung
1,8 – 0,010 · T	Aushärtbare Legierungen: EN AW-6005A, EN AW-6060, EN AW-6061, EN AW-6063, EN AW-6082, EN AW-6106, EN AW-7020, EN AC-42100, EN AC-42200, EN AC-43300
1,4 – 0,005 · T	Nicht aushärtbare Legierungen: alle übrigen in DIN 4113-1, Tabelle 1 oder DIN 4113-1/A1, Tabellen 1 bis 3 genannten Legierungen

3.4 Stabilitätsnachweise

Durch die neu hinzugekommene Legierung EN AW-5005/EN AW-5005A (= AlMg1) wurde der Bereich der bisher berücksichtigten Proportionalitätsgrenzen von 275 N/mm² bis 80 N/mm² nach unten hin auf 35 N/mm² erweitert. Insofern war eine Erweiterung der auf diesem Werkstoffkennwert beruhenden Berechnungsparameter (zum Beispiel ideale Beulspannungen) erforderlich. Die Tabellen 8b, 9 und 10 des Teiles 1 werden durch die A1-Änderung um die entsprechenden Werte erweitert. Stabilitätsnachweise nach Rechnungsgang II sind für die Legierung EN AW-5005/EN AW-5005A jedoch nicht zulässig, da es für nicht sinnvoll erachtet wurde, ω-Zahlen für diese Legierung zu ermitteln. Ist zum Beispiel ein Biegekicknachweis für einen durch Abkanten eines Bleches aus EN AW-5005/EN AW-5005A hergestellten Stab erforderlich, kann dies nur nach Rechnungsgang I erfolgen.

3.5 Verbindungsmittel

Die bisherigen Festlegungen für Verbindungsmittel (im Sinne von Verbindungselementen wie Schrauben, Niete und Schließringbolzen) schrieben für vollschäftige Schrauben vor, dass deren Gewindeteil nicht mehr als 20 Prozent in die Lochleibungsfläche des äußeren Bleches hineinragen durfte. Diese Regelung wurde etwas„entschärft", so dass unter bestimmten Umständen (in der

Bild: Alcan

Genietete Aluminium-Verbundplatten an einer Wohnanlage in Magdeburg. Architekten ATB Zesewitz; Magdeburg

Konstruktion können größere Deformationen der Verbindungen akzeptiert werden, die Verbindung wird nicht wechselwirkend beansprucht oder es handelt sich nicht um eine ungestützte einschnittige Verbindung, wie beispielsweise eine Einschraubenverbindung zweier Flachstäbe) das Gewinde in die Scherfugen hineinragen darf. Die zulässigen Lochleibungsspannungen sind in diesen Fällen jedoch auf 80 Prozent zu reduzieren.

Es dürfen nun auch Schrauben mit Senkkopf verwendet werden, wenn die Dicke des am Schraubenkopf anliegenden Materials um 1,5 mm größer ist, als die Höhe des Senkkopfes und es sich nicht um eine ungestützt einschnittige Verbindung handelt. Für den Lochleibungsnachweis im anliegenden Blech darf jedoch nur die Blechdicke des am Schraubenkopf anliegenden Materials abzüglich der Hälfte der Ansenkungstiefe angesetzt werden. Weiterhin muss in den Fertigungsunterlagen ausdrücklich vermerkt werden, dass die Ansenkung nicht tiefer als blecheben ausgeführt werden darf.

Von besonderem Interesse für den Fassadenbauer dürfte es sein, das mit der A1-Änderung und mit Teil 3 erstmals Grundlagen für die Bemessung von Langlöchern festgelegt werden. Bei kurzen Langlöchern ($L \leq 1{,}5\ d$) sind die zulässigen Lochleibungsspannung bei Beanspruchung senkrecht zur Langlochachse auf das 0,80-fache und bei langen Langlöchern ($1{,}5\ d < L \leq 2{,}5\ d$) auf das 0,65-fache der in Teil 1 und in der A1-Änderung angegebenen zulässigen Lochleibungsspannungen für rohe Schrauben zu begrenzen. Es wird zudem ausdrücklich darauf hingewiesen, dass Langlöcher überwiegend in querkraftbeanspruchten Auflagerbereichen angeordnet werden und diese somit besonders zu überprüfen sind (Querkraftnachweis im Nettoquerschnitt).

„Eine weitere Erleichterung zur Gestaltung filigraner Fassadenansichten ist durch die Möglichkeit reduzierter Rand- und Schraubenabständen gegeben.“ So dürfen der kleinste Randabstand in Kraftrichtung 1,5 d, der kleinste Randabstand rechtwinklig zur Kraftrichtung 1,2 d und der kleinste Lochabstand 2,4 d betragen, wenn die zulässigen Lochleibungsspannungen zu höchstens 65 Prozent ausgenutzt werden.

Die in Abschnitt 4.4 der A1-Änderung aufgeführte Beschränkung hinsichtlich der Verwendbarkeit hochfester stählerner Schrauben wird bei Umsetzung der Musterliste der technischen Baustimmungen gestrichen.

„Eine weitere Erleichterung zur Gestaltung filigraner Fassadenansichten ist durch die Möglichkeit reduzierter Rand- und Schraubenabständen gegeben.“

Bild: Alcan

Genietete Aluminium-Verbundplatten am Wohnhochhaus am Seeufer in Magdeburg. Architekten Planungsring GmbH; Magdeburg

4 Berechnung geschweißter Konstruktionen nach DIN 4113-2

Die „Richtlinie zum Schweißen von tragenden Bauteilen aus Aluminium“ wird mit der bauaufsichtlichen Einführung von DIN 4113-2 durch diese ersetzt. Gleichzeitig erfolgt hierdurch die inhaltliche Trennung in einen Berechnungsteil (DIN 4113-2) und in einen die Ausführung, die Schweißerprüfung und die Schweißaufsicht betreffenden Teil (DIN 4113-3). Auf die Einzelheiten der einzelnen Nachweisformeln kann an dieser Stelle nicht eingegangen werden. Es werden jedoch die wichtigsten Änderungen im Vergleich zur bisherigen Grundlage aufgeführt.

Bereits mit dem ersten in Abs. 5 (Berechnungsgrundsätze) der DIN 4113-2 aufgeführten Satz wird deutlich auf das materialspezifische Verhalten geschweißter Bauteile aus Aluminium hingewiesen: Im Gegensatz zu geschweißten Bauteilen aus Stahl, bei denen sich grundsätzlich eine Aufhärtung in der Schweißnaht und in schweißnahtnahen Bereichen einstellt, tritt bei Aluminium in Abhängigkeit der Intensität des Wärmeeintrages eine mehr oder weniger starke Entfestigung des Grundwerkstoffes ein. Dieser Effekt ist um so stärker, je höher das Grundmaterial durch Kaltumformen verfestigt wurde.

Quasi im Vorgriff auf die zu erwartenden europäischen Regelungen wird mit DIN 4113-2 der Doppelnachweis einer geschweißten Verbindung eingeführt. Dieser beinhaltet den eigentlichen Tragsicherheitsnachweis der Schweißnaht in Form von zulässigen Spannungen, wie auch die Berücksichtigung legierungs- und zustandsspezifischer Auswirkungen des Wärmeeintrags in den weiteren Grundwerkstoff in Form von rechnerischen Querschnittsreduktionen.

Auf die Querschnittsreduktionen darf verzichtet werden, wenn im allgemeinen Spannungsnachweis die zulässigen Spannungen zul σ_{WEZ} nicht überschritten werden. Es ist allerdings zu beachten, dass sich die ansetzbaren zulässigen Spannungen in der Wärmeeinflußzone (wie auch in den Nähten) danach richten, wie die Lage der Bruchfuge im Versagensfall zu erwarten ist.

Wichtig anzumerken ist noch, dass sich die lokal eng begrenzten Querschnittsreduktionen nicht auf das globale Tragverhalten auswirken. Das heißt: Zur Schnittgrößenermittlung und -verteilung sowie bei Durchbiegungs- und Verformungsberechnungen kann bezüglich des Schweißens von Bruttoquerschnitten ausgegangen werden.

In den eigentlichen Nachweisformeln für die Spannungsermittlung in den Querschnitten ($\sigma = F/A_\kappa$ beziehungsweise $\sigma = M/W_\kappa$) erscheint die rechnerische Reduktion in Form der reduzierten Querschnittswerte A_κ und I_κ (respektive W_κ). Auf die Berücksichtigung einer Verschiebung der Schwerelinien kann verzichtet werden, wenn der gesamte anzusetzende wärmebeeinflußte Bereich nicht größer als 20 Prozent des Bruttoquerschnittes ist. Eine erforderlichenfalls anzusetzenden Verschiebung der Schwerelinie wirkt sich nicht nur bei der Ermittlung der Querschnittswerte I_κ (respektive W_κ) aus, sie kann auch dazu führen, dass bei bezüglich zentrisch in den Bruttoquerschnitt eingeleiteten Normalkräften nun auch Exzentrizitäten zu beachten sind.

4.1 Zusammenwirken verschiedener Verbindungsmittel

Eine gemeinsame Kraftübertragung bei kombinierten Verbindungen aus Schweißnähten und Schrauben darf nur unter bestimmten Voraussetzungen bei Verwendung hochfester vorgespannter Schrauben (GV- beziehungsweise GVP-Verbindungen), Nieten oder Pass-Schrauben angenommen werden. Diese Verbindungsart ist im Fassadenbau allerdings unüblich.

4.2 Stabilitätsnachweise

Bezüglich der Stabiltätsnachweise gelten auch bei geschweißten Konstruktionen weiterhin die grundsätzlichen Festlegungen nach DIN 4113-1. Allerdings ist jedoch in jedem Einzelfall der Einfluss der geringeren Festigkeiten in den Schweißnähten und in den übrigen wärmebeeinflussten Zone zu berücksichtigen. Sind allerdings die $\beta_{0,2}$-Werte im Grundwerkstoff und in der Wärmeeinflußzone gleich, erübrigen sich diese gesonderten

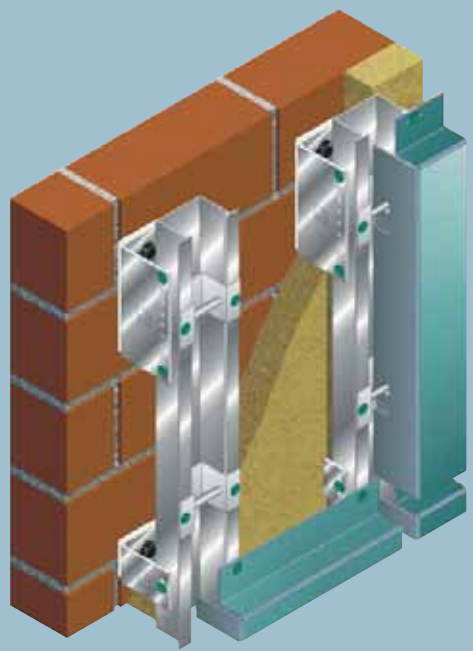


Bild: BWM

Prinzipdarstellung einer Aluminium-Unterkonstruktion mit horizontal befestigten Sinus-Profiltafeln aus Aluminium.

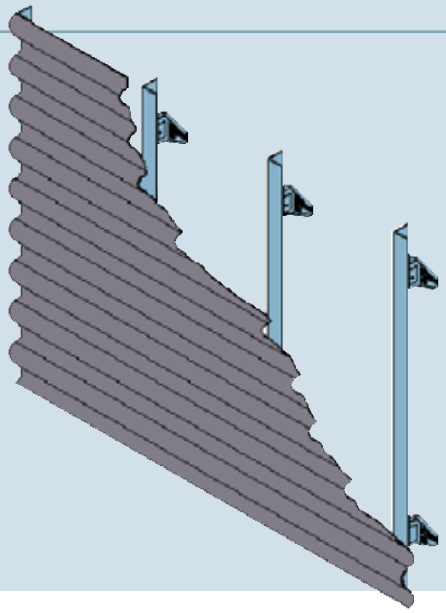
Nachweise, da sich hierdurch keine rechnerischen Querschnittsreduktionen ergeben.

5 Ausführung und Herstellerqualifikation nach DIN V 4113-3

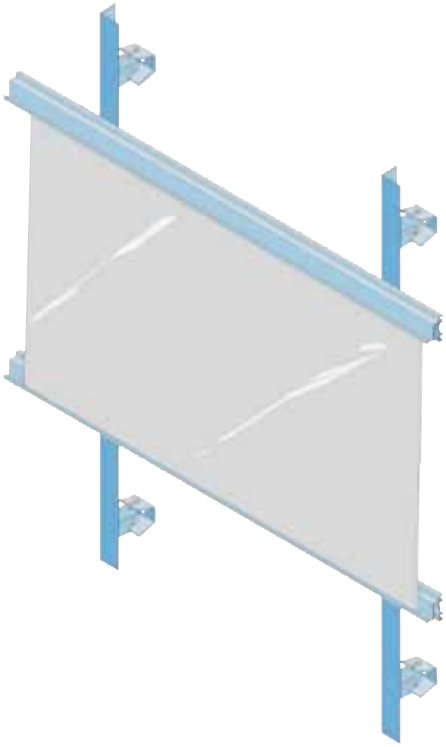
Die mit Abstand wesentlichsten Auswirkungen auf die tägliche Arbeit eines bislang ausschließlich Aluminium verarbeitenden Unternehmens wird DIN 4113-3 mit sich bringen, da diese sehr tief in – möglicherweise seit Jahrzehnten tradierte – Betriebsabläufe eingreift. Dies ist nachvollziehbar, da ausschließlich Aluminium verarbeitende Betriebe in der Regel durch die Fertigung von Serienprodukten sehr oft ganz spezielle Verfahrensabläufe praktizieren, welche jetzt eventuell umzustellen sind. Dem „allgemeinen" Stahl- oder Metallbauer wird DIN 4113-3 allerdings bekannt vorkommen, da er sich bereits mit DIN 18800-7 beschäftigen musste. Die kongruenten Formulierungen in DIN 4113-3 und DIN 18800-7 sind nicht zufällig entstanden, sondern das Ergebnis der auf die jeweilige Werkstoffart angepasste Umsetzung der europäischen Vorlage ENV 1090-1 in nationale Dokumente. Insofern ist es auch leicht nachzuvollziehen, dass in DIN 4113-3 an vielen Stellen auf DIN 18800-7 Bezug genommen wird.

Eventuell verführt DIN 4113-3 zu Unmutsbekundungen über eine wieder einmal nicht nachvollziehbare Regelungswut. Unter Berücksichtigung des europäischen Gedankens – wie er weiter oben kurz anskizziert wurde – ist es jedoch unerlässlich, zumindest national für alle europäischen Anbieter gleiche und verbindliche Regelungen zur Verfügung zu stellen. Im Sinne von definierter, gleich bleibender und nachvollziehbarer Qualität ist dies sicherlich im Interesse des Endkunden.

Aber auch der Hersteller beziehungsweise Verarbeiter von Aluminiumprodukten sollte DIN 4113-3 nicht als Restriktion, sondern als Hilfestellung im eigenen Interesse verstehen. Mit Erscheinen dieses Normenteiles werden viele konstruktive Ausführungsdetails und fertigungstechnische Angaben zur Verfügung gestellt, deren bisherige Unkenntnis oftmals zu Mängeln und somit zu wirtschaftlichen Einbußen geführt haben.



Genietete Aluminium-Verbundplatten am Wohnhochhaus am Seeufer in Magdeburg. Architekten Planungsring GmbH; Magdeburg



Aluminium-Unterkonstruktion mit horizontalen Stülpdeckungsprofilen zur Aufnahme etwa von getönten Gläsern.

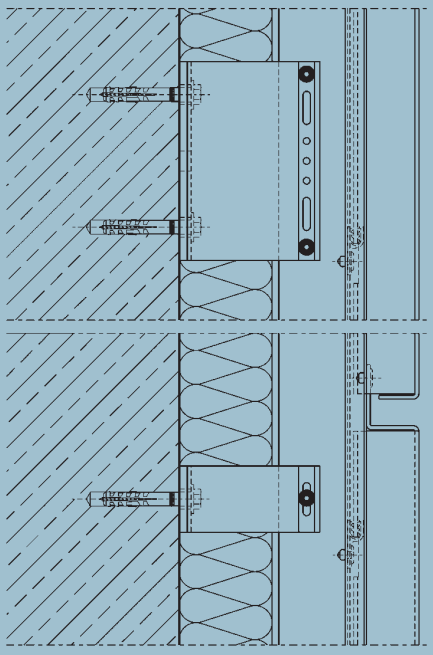
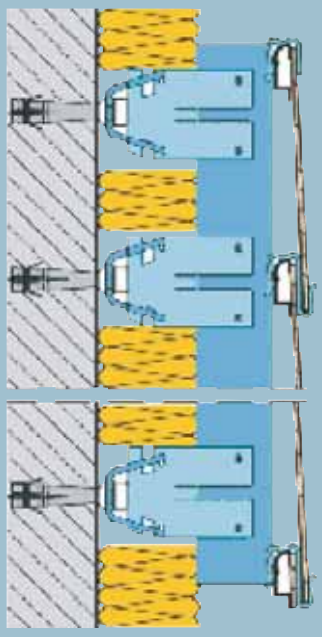


Bild: BWM

Aluminium-Unterkonstruktion mit Fest- und Gleitpunkten sowie nietbefestigten Kassetten aus Aluminium.



Bilder: WS Fassadenelemente

Schnittdarstellung kleinformatige Fassadenplatten, geklammert auf einer Aluminium-Unterkonstruktion.

Bild: Alcan

Beim Porsche-Zentrum in Stuttgart-Zuffenhausen verwendete der Architekt radial verformte Kassetten aus Aluminium-Verbundplatten. Architekten Kilian + Hagman; Stuttgart

Eine detaillierte Kommentierung aller Einzelpassagen wäre nicht sehr zielführend und würde den Rahmen dieses Artikels sprengen – zudem sind die meisten Festlegungen selbsterklärend. Insofern werden nachfolgend lediglich die wichtigsten „Neuerungen" beleuchtet:

5.1 Anwendungsbereich

Dem heutigen Stand der Technik entsprechend wird die Mindestdicke für tragende, nicht geschweißte Bauteile auf 1,2 mm festgelegt. Bei zu verschweißenden Bauteilen beträgt diese weiterhin 2,0 mm. An dieser Stelle sei wiederum vermerkt, dass Fachnormen, wie zum Beispiel DIN 18807, durchaus geringere Mindestdicken für tragende Bauteile (Aluminium-Trapezprofile als Dachtragschalen in Kompostierungsanlagen) vorsehen können oder zum Beispiel auf DIN 18516-1, Außenwandbekleidungen, hinterlüftet, Abschn. 7.2.2, die dann einen zusätzlichen Korrosionsschutz erforderlich macht.

5.2 Begriffsbestimmungen und Dokumentation

Der besseren und eindeutigeren Nachvollziehbarkeit des nachfolgenden Normentextes wegen, werden Begriffe definiert. Der Abschnitt „Dokumentationen" stellt im Grunde auf ein einzuführendes QS-System ab und erweitert die in Teil 1 noch gültigen Passagen die Bauvorlagen betreffend.

5.3 Werkstoffe und Verbindungselemente

Neben speziellen und nach Knet- und Gusslegierungen getrennten Anforderungen an die Werkstoffe, werden in Tabelle 1 und 2 alle im Rahmen von DIN 4113 verwendbaren Produkte aus Aluminium, sowie die Schweißzusatzstoffe aufgeführt. Wichtig hierbei zu beachten ist, dass die Werkstoffeigenschaften aller Konstruktionsbauteile (Walz- oder Strangpressprodukte) durch 3.1.B-Abnahmeprüfzeugnisse zu belegen sind. Dies gilt auch für Verbindungselemente aus Aluminium. Für Verbindungselemente aus Stahl wird allerdings die etwas „weichere" Regelung nach DIN 18800-7 festgelegt. Für Gussteile, als besondere Produkte hinsichtlich ihres in der Regel schlecht zu reproduzierenden Materialverhaltens, gelten besondere Bestimmungen.

Der filigranen und dünnwandigen Bauweise Rechnung tragend – wie sie durch die quasi freie Querschnittsgestaltbarkeit von Strangpressprofilen möglich ist – ist nun auch neben den üblichen Stahlbauschrauben erstmals die Verwendung der aus dem Stahlleichtbau bekannten gewindefurchenden Schrauben und Bohrschrauben möglich. Bezogen auf bereits bauaufsichtlich zugelassene Verbindungselemente dieser Art [20] wird hierdurch der kleinst mögliche Schraubendurchmesser auf d = 4,2 mm abgesenkt. Unter Hinzuziehung von DIN 18807-6 lassen sich für mit solchen Verbindungselementen hergestellte Standardverbindungen oder -anschlüsse sogar rechnerisch die Tragfähigkeitswerte ermitteln, welche das reale Tragvermögen sehr konservativ auf der sicheren Seite liegend abschätzen.

Für besondere Einzelfälle (Befestigung von UK-Profilen an Konsolen, Schraubkanäle) liegen den Schraubenherstellern auch allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse oder Zulassungen vor. „Dem schon immer bestehenden und unbefriedigenden Zustand, dass der Markt keine kurzen vollschäftigen Schrauben in den Abmessungen M8 und M10 zur Verfügung stellt, wird hierdurch etwas die Schärfe genommen."

5.4 Fertigung

Bislang wurden alle die Fertigung betreffenden Ausführungen in DIN 4113-1 pauschal mit der Festlegung „Entwurf, Bemessung und Ausführung von tragenden Bauteilen aus Aluminium erfordern eine gründliche Kenntnis dieser Bauart" geregelt. DIN 4113-3 bietet nun im Zusammenhang mit Schneiden, Lochen und Formgebung materialspezifische Hinweise an, welche wohlmöglich über den allgemeinen Kenntnisstand hinausgehen. Insbesondere der Bearbeitung der „hochfesten" Legierung EN AW-7020 (EN AW-AlZn4,5Mg) wird ein besonderer Augenmerk gewidmet.

Spätestens seit der Einführung des Ü-Zeichens beziehungsweise der CE-Kennzeichnung wird der Identifizierbarkeit verwendeter Produkte und der Nachvollziehbarkeit ihrer Verwendung – insbesondere die nachvollziehbare Dokumentation von in weiteren Verfahrensabläufen geteilter Produkte – große Aufmerksamkeit gewidmet. In welcher administrativen Tiefe sich dies auf den

Das Gustavo-Haus, Berlin besticht durch seine farbenfrohe Fassade. Die einzelnen Figuren wurden aus Aluminium Verbundplatten zusammengesetzt, die auf die Unterkonstruktion genietet wurden. Arbeitsgruppe Stadtplanung + Architektur Heinken Rüter von Gossler; Berlin

Bild: Alcan

Tätigkeitsbereich eines Fassaden- oder Metallbauers auswirkt, hängt natürlich vom den Gegebenheiten des einzelnen Betriebes ab. Wichtig ist lediglich die Eindeutigkeit der Zuordnung.
Unter diesem Aspekt kann es bereits hilfreich sein, dass es sich bei Strangpressprofilen oftmals um so genannte Zeichnungsprofile handelt, welche speziell für einen Kunden in einem Presswerk und in einer vorher festzulegenden Qualität hergestellt werden. Eine Verwechslung, wie sie zum Beispiel bei Bezug von Standardwalzprofilen aus Stahl über den Handel vorkommen könnte, kann somit fast schon ausgeschlossen werden.

5.5 Verbindungstechnik und Montage

Während in der „Richtlinie" infolge ihrer damaligen schnellen Einführung in einem schweißenden Betrieb generell ein Schweißfachingenieur beschäftigt sein musste, bildet DIN 4113-2 die technischen Anforderungen, den Ausbildungsstand der Schweißer und die erforderliche Schweißaufsicht weitaus realer ab. Durch die Einteilung der Konstruktionen in die „Schwierigkeitsklassen" A bis C, kann die Schweißaufsicht durch einen geprüften Schweißer (Klasse A), einen Schweißfachmann (Klasse B) oder einen Schweißfachingenieur (Klasse C) durchgeführt werden.
Die bereits weitestgehend aus der „Richtlinie" bekannten Verfahrensprüfungen und Festlegungen für Arbeitsproben sind in den normativen Anhängen A und B zusammengefasst. Die Inhalte wurden an die zwischenzeitlich vorliegende EN 288 angepasst.

Bezüglich einer regelkonformen Ausbildung von Verbindungen (Schweißen und Verbindungselemente) oder der korrekten Montage sah DIN 4113-1 keinen besonderen Regelungsbedarf. Hier vertraute man ganz auf den Ausbildungsstand des deutschen Handwerks. Dieses Vertrauen wurde durch die nun teilweise sogar fast elementaren Festlegungen nicht geschmälert; vielmehr ist dies die Konsequenz aus der Forderung nach einheitlichen und festgelegten (Mindest-) Anforderungen.

5.6 Korrosionsschutz

Gleichwohl Aluminiumkonstruktionen bei fachgerechter Detailausbildung unter normalen atmosphärischen Bedingungen im allgemeinen ohne Korrosionsschutz eine ausreichende Beständigkeit aufweisen, wird dieser Thematik in DIN 4113 3 ein recht umfangreicher Raum eingeräumt. Die Neuerung im Vergleich zu bisherigen Festlegungen besteht darin, dass in Abhängigkeit der verwendeten Legierung (Tabelle 3 und 4) und einer Risikoanalyse (Anhang C) mit Hilfe eines Punktesystems die Notwendigkeit von Korrosionsschutzmaßnahmen ermittelt werden kann beziehungsweise ob die vorgesehene Konstruktion hinsichtlich einer ausreichenden Korrosionsbeständigkeit überhaupt zulässig ist. Konkrete Angaben, welches Korrosionsschutzsystem erforderlichenfalls einzusetzen ist, sind nicht in DIN 4113-3 aufgenommen worden. Dies würde der Rahmen der Norm sprengen, zumal für Aluminiumprodukte bei normalen Umweltbedingungen – ganz im Gegensatz zu Bauteilen aus üblichen Baustählen – die Notwendigkeit eines besonderen Korrosionsschutzes nicht besteht.

5.7 Toleranzen, Prüfen und Herstellerqualifikation

Die Inhalte der Abschnitte Toleranzen, Prüfen und Herstellerqualifikation ist weitestgehend selbsterklärend und können durchaus als Grundlage zur Einführung eines QS-Systemes oder als Hilfestellung bei der Ausarbeitung von Verfahrensanweisungen verstanden werden.
Es soll an dieser Stelle jedoch noch darauf hingewiesen werden, dass die im Abschnitt 11 aufgeführten Angaben bezüglich der Toleranzen weitaus nicht den Umfang entsprechender Regelungen aus dem Stahlbau (ENV 1090) annehmen, da für Aluminiumkonstruktionen in der Regel ohnehin individuelle und vom Einsatzzweck abhängige Toleranzen festgelegt werden müssen (technisch aufwendige und dekorativ anspruchsvolle Fassadenkonstruktionen). Insofern beschränken sich die aufgeführten Festlegungen weitestgehend auf pauschale Angaben nach DIN 18202, Ausmittigkeiten bei Stützenstößen, Parallelität von Kontaktfugen oder die Ebenheit von Beulfeldern.

Die bereits der Klassifizierung der Schweißaufsichtspersonen zugrunde liegende Einteilung in „Schwierigkeitsklassen" dient auch der Festlegung der Anforderungen an den Herstellerbetrieb. Hinsichtlich der zu erfüllenden Betriebsanforderungen (Nachweis gegenüber anerkannten Stellen) und der Einstufung nach DIN EN 729 sind für die Klassen B und C identische Festlegungen getroffen worden.

6 Bauaufsichtliche Behandlung und Blick nach Europa

Die nun vorliegende Normenreihe DIN 4113 ist bereits seit der Fassung September 2004 in der Musterliste der Technischen Baubestimmungen berücksichtigt, welche mit Stand 08.07.2005 von den Ländern Nordrhein-Westfalen, Sachsen und Thüringen umgesetzt ist.

Mit der Umsetzung in Landesrecht werden DIN 4113-1, DIN 4113-1/A1, DIN V 4113-2 und DIN 4113-2 einschließlich ihrer in der Musterliste aufgeführten Anlagen als technische Baubestimmungen allgemein verbindlich, da sie zur Erfüllung der Grundsatzanforderungen des Bauordnungsrechts als unerlässlich angesehen werden.

Durch die mitgeltenden Anlagen wird auch zukünftig die alternative Anwendbarkeit der britischen Norm BS 8118-1:1991 geregelt, die Berücksichtigung plastischer Querschnittsreserven analog dem Verfahren Elastisch-Plastisch nach DIN 18 800-1:1990-11 ermöglicht und die in DIN 4113-1/A1, Abs. 4.4, zu findende Beschränkung, wonach hochfeste stählerne Schrauben nur mit voller Vorspannung verwendet werden dürfen, wieder gestrichen. Somit können auch zukünftig hochfeste stählerne Schrauben zur Ausbildung einfacher SL-Verbindungen verwendet werden.

Mit Veröffentlichung im Amtsblatt der Europäischen Union vom 19.12.2003 empfiehlt die Kommission die Verwendung der Eurocodes in den Mitgliedstaaten. In Anbetracht der Tatsache, dass der für Aluminiumkonstruktionen geltende Eurocode 9 (respektive ENV 1999) bereits weitestgehend fertig gestellt ist, dürfte in allernächster Zukunft mit dessen „Inbetriebnahme" zu rechnen sein. Für die Praxis bedeutet dies, dass nach einer Koexistenzphase in etwa fünf Jahren die Normenreihe DIN 4113 durch „DIN EN 1999" ersetzt wird.

Thomas Maria Ladwein, Bühl / Korschenbroich

Literatur

[1] DIN EN 729-1, Ausgabe:1994-11 Schweißtechnische Qualitätsanforderungen – Schmelzschweißen metallischer Werkstoffe – Teil 1: Richtlinien zur Auswahl und Verwendung; Deutsche Fassung EN 729-1:1994

[2] DIN EN 729-2, Ausgabe:1994-11 Schweißtechnische Qualitätsanforderungen – Schmelzschweißen metallischer Werkstoffe – Teil 2: Umfassende Qualitätsanforderungen; Deutsche Fassung EN 729-2:1994

[3] DIN EN 729-3, Ausgabe:1994-11 Schweißtechnische Qualitätsanforderungen – Schmelzschweißen metallischer Werkstoffe – Teil 3: Standard-Qualitätsanforderungen; Deutsche Fassung EN 729-3:1994

[4] DIN EN 729-4, Ausgabe:1994-11 Schweißtechnische Qualitätsanforderungen – Schmelzschweißen metallischer Werkstoffe – Teil 4: Elementar-Qualitätsanforderungen; Deutsche Fassung EN 729-4:1994

[5] (Vornorm) DIN V ENV 1090-1, Ausgabe:1998-07 Ausführung von Tragwerken aus Stahl – Teil 1: Allgemeine Regeln und Regeln für Hochbauten; Deutsche Fassung ENV 1090-1:1996

[6] DIN EN 1396, Ausgabe:1997-02 Aluminium und Aluminiumlegierungen – Bandbeschichtete Bleche und Bänder für allgemeine Anwendungen – Spezifikationen; Deutsche Fassung EN 1396:1996

[7] (Kurzverfahren) DIN EN 1999-1-1 Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln; Deutsche Fassung EN 1999-1-1

[8] DIN 4113-1, Ausgabe:1980-05 Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Belastung; Berechnung und bauliche Durchbildung

[9] DIN 4113-1/A1, Ausgabe:2002-09 Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Belastung – Teil 1: Berechnung und bauliche Durchbildung; Änderung A1

[10] DIN 4113-2, Ausgabe:2002-09 Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Belastung – Teil 2: Berechnung geschweißter Aluminiumkonstruktionen

[11] Vornorm DIN V 4113-3, Ausgabe:2003-11 Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Belastung – Teil 3: Ausführung und Herstellerqualifikation

[12] DIN 4113T1EErl ND, Bauaufsicht: Technische Baubestimmungen; DIN 4113 Teil 1; Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Belastung (Ausgabe 05.80), Ausgabe:1987-03-31 Veröffentlicht in: ND MBl (1987)

[13] BS 8118-1, Ausgabe:1992-03-31 Verwendung von Aluminium in Baustrukturen – Anleitung für die Praxis der Konstruktion

[14] DIN 18202, Ausgabe:1997-04 Toleranzen im Hochbau – Bauwerke

[15] Norm-Entwurf DIN 18202, Ausgabe:2004-11 Toleranzen im Hochbau – Bauwerke

[16] DIN 18516-1, Ausgabe:1999-12 Außenwandbekleidungen, hinterlüftet – Teil 1: Anforderungen, Prüfgrundsätze

[17] DIN 18800-7, Ausgabe:2002-09 Stahlbauten – Teil 7: Ausführung und Herstellerqualifikation

[18] DIN 18807-6, Ausgabe:1995-09 Trapezprofile im Hochbau - Teil 6: Aluminium-Trapezprofile und ihre Verbindungen; Ermittlung der Tragfähigkeitswerte durch Berechnung

[19] Reinhold Gitter„Aluminium-Strangpreßprofile im konstruktiven Ingenieur-, Maschinen und Apparatebau“, Stahlbau 67 (1998), Sonderheft Aluminium; auch als Sonderdruck erhältlich beim Gesamtverband der Aluminiumindustrie e.V., Düsseldorf

[20] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-14.1-4„Verbindungselemente zur Verwendung bei Konstruktionen mit Kaltprofilen aus Stahlblech – insbesondere mit Stahlprofiltafeln“

Quellenverweis

Titel: Alcan
Seite 2: Siehe Titel
Seite 3: Novelis
Seite 4: v.l.n.r.: Novelis; Novelis; Novelis; Novelis
Seite 5: oben: Novelis;
unten: v.l.n.r.: Novelis; Alcan; Alcan
Seite 6: Novelis
Seite 7: oben: Alcan
unten: Novelis
Seite 8: oben: Alcan
unten: BWM
Seite 9: unten:Alcan
Seite 10: BWM
Seite 11: v.o.n.u.: WS Fassadenelemente; WS Fassadenelemente; WS Fassadenelemente;
unten links: BWM
Seite 12: Alcan
Seite 13: Alcan

Der Autor

Thomas Maria Ladwein war bis 1998 Wissenschaftlicher Assistent am Lehrstuhl für Stahl- und Leichtmetallbau und wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine der Universität Karlsruhe (TH). Von 1998 bis 2000 arbeitete er als Referent für Bauwesen in der Aluminium-Zentrale e.V., Düsseldorf. Seitdem ist der Mitinhaber der Karcher & Ladwein – Ingenieurpartnerschaft für Bautechnik, Bühl / Korschenbroich (www.klib.de)

Impressum

Redaktionelle Beratung:
Martin Jung
Telefon: (0 40) 28 09 67 50
E-Mail: redaktion@fassadentechnik.de

Layoutkonzept- und Design:
marketingtools, Rolf Kuhl, Köln

Druck:
Druckerei Peipers, Köln

Verlag:
Cubus Medien Verlag GmbH
Geschäftsführung: Kirsten Jung, Martin Jung
Eppendorfer Baum 25
20249 Hamburg

Telefon: (0 40) 28 09 67 50
Telefax: (0 40) 28 09 67 52
E-Mail: cubus@fassadentechnik.de
www.fassadentechnik.de

Fachverband Baustoffe und Bauteile für vorgehängte hinterlüftete Fassaden e.V.(FVHF)
Kurfürstenstraße 129 · 10785 Berlin · Telefon 030/21286-281 · Telefax 030/21286-241
www.fvhf.de · E-Mail:info@fvhf.de