

1 Einführung

1.1 Allgemeines

Aluminium ist ein höchst attraktiver Werkstoff, der sich durch folgende Eigenschaften besonders auszeichnet:

- Glanz und Aussehen
- Leichtigkeit
- Vielfältigkeit der Profilformen
- Vielfältigkeit der Werkstoffe
- leichte Be- und Verarbeitbarkeit
- Schweißbarkeit
- hohe Festigkeit
- Dauerhaftigkeit
- höchste und hohe Korrosionsbeständigkeit
- einfache Oberflächenbehandlung mit zusätzlicher Farbgestaltung
- hohe Kerbschlagzähigkeit auch bei tiefen Temperaturen
- vollständig recyclebar

Durch seine besonderen Eigenschaften hat das Aluminium Architekten, Designer und Bauherren allzeit angezogen und zu speziellen Bauformen inspiriert.

Der Einsatz von Aluminium ist in sehr vielen Gebieten nicht mehr wegzudenken. Neben dem Konstruktiven Ingenieurbau sind es vor allem tragende und nicht tragende Ausbauelemente, die wegen ihrer hervorragenden vorgenannten Eigenschaften dauerhaft und schön gestaltet werden können. Weitere Anwendungsfelder sind das Transportwesen, wobei neben den Fahrzeugen selbst – z.B. PKW, LKW, U-Bahnwagen, S-Bahnwagen, Eisenbahnwagen, Schiffe – insbesondere Behältnisse für Waren und Güter aus Aluminium gefertigt werden. Erwähnt sei ferner das sehr wichtige und vielfältige Gebiet des Flugzeugbaus, dem aber andere Legierungswerkstoffe und andere Grundsätze zugrundegelegt werden. Auf die vielen weiteren Anwendungsgebiete außerhalb des eigentlichen Ingenieurwesens mit seinen tragenden und nicht tragenden Konstruktionselementen, z.B. das Verpackungswesen sei hingewiesen.

Entwurf, Berechnung und Konstruktion von Aluminiumbauteilen können nur von Ingenieuren und Konstrukteuren mit Erfahrungen und ausgezeichneten Kenntnissen dieses Werkstoffes fachgerecht vorgenommen werden. Die einfache Übertragung der Kenntnisse, Bauformen, Verarbeitungsmethoden, Transport- und Montageverfahren aus dem Stahlbau auf den Aluminiumbau führt nicht zur optimalen Nutzung dieses Werkstoffes. Es ist vielmehr nötig, daß spezielle Fachkenntnisse, Technologien und Bearbeitungsverfahren genutzt werden, um den Werkstoff Aluminium optimal zu nutzen.

Aluminium wird aus Bauxit gewonnen. Dieser Rohstoff ist in der Erdoberfläche in großen Mengen vorhanden, ein Zurneigegehen ist zur Zeit nicht absehbar. Zur Gewinnung von Aluminiumwerkstoffen für die oben genannten Anwendungsgebiete ist es erforderlich, nach vorgeschalteten chemischen Prozessen das Aluminium durch Elektrolyse aus der Tonerde zu gewinnen. Für diese Elektrolyse werden große Mengen

Strom gebraucht, deshalb ist der Preis des Aluminiums eng mit den Strompreisen gekoppelt. Aluminiumwerke haben sich frühzeitig durch Einkaufen in Wasserkraftwerke und sonstige Kraftwerke günstigere Strompreise gesichert. Manche Länder sind durch ihre reichhaltigen Wasserkraftenergien besonders im Vorteil bei der Herstellung von Aluminium.

1.2 Aluminium im Ingenieurbau

Die Verwendung von Aluminium-Legierungen bei tragenden Bauteilen führt zu schönen, sicheren und dauerhaft nutzbaren Konstruktionen. Aus diesem Grunde bestehen seit vielen Jahren in den entsprechenden Industrieländern Werkstoffnormen und Berechnungsnormen auf den verschiedensten Gebieten.

Im Zuge der Europäisierung des Marktes hat die EAA (European Aluminium Association) beschlossen, wie für andere Werkstoffgebiete auch, einen Eurocode 9 „Design of Aluminium Structures“ zu erarbeiten. Seit 1993 ist CEN/TC 250/SC9 mit dieser Arbeit betraut. Der erste Entwurf für eine formale Abstimmung ist im Februar 1997 an die nationalen Standardisierungsorganisationen (z.B. DIN) versandt worden und lag der Öffentlichkeit zur Diskussion vor. Inzwischen wurde im CEN/TC 250/SC9 das „formal voting“ durchgeführt, mit 100%iger Zustimmung der beteiligten Länder, damit existiert jetzt die ENV 1999-1-1, ENV 1999-1-2 und ENV 1999-2.

Vorläufer dieser europäischen Bestrebungen für einen Eurocode 9 ist die EKS (Europäische Konvention für Stahlbau) TC 2 (Technical Committee 2) „Aluminium Alloys Structures“. Hier wurden in vielen Jahren Empfehlungen erarbeitet, die zwar keinen bindenden Charakter für nationale Normungsinteressen hatten, die aber bei der Überarbeitung der nationalen Normen sehr oft als Grundlage herangezogen wurden. Schon hierdurch wurde eine gewisse Vorharmonisierung der nationalen Normen in den europäischen Ländern über viele Jahre erreicht bzw. erleichtert.

Die wichtigsten Abschnitte dieser Berechnungsnormen umfassen folgende Teilgebiete:

1. Anwendungsgebiete
2. Grundprinzipien für Entwurf, Berechnung und Konstruktion von Aluminiumbauwerken
3. Legierungen
4. Gebrauchstauglichkeitsnachweise
5. Tragfähigkeitsnachweise
6. Verbindungen, hierunter zählen vor allem geschraubte Verbindungen, Schweißverbindungen, geklebte Verbindungen, hybride Konstruktionen
7. Herstellung und Montage
8. Tragfähigkeitsnachweise durch experimentelle Untersuchungen

Es wurden weitere Teile des Eurocode 9 wie folgt erarbeitet:

Feuerwiderstandsberechnungen von Aluminiumbauwerken (ENV 1999-1-2 [2])

Ermüdungsnachweis bei Aluminiumbauwerken (ENV 1999-2 [2])

Der Eurocode 9 wurde jetzt nach Zustimmung aller beteiligten Länder als ENV 1999 in den drei offiziellen Sprachen englisch, deutsch und französisch herausgegeben. Die Umsetzungsphase in den EN 1999 durch CEN/TC250/SC9 hat gerade begonnen. Der Zeitplan sieht vor, daß dies in zwei Jahren abgeschlossen sein soll.

Der Eurocode 9 erfordert als Grundnorm eine erhebliche Anzahl von Anwendungsnormen aus den verschiedensten Gebieten, die deren spezielle Erfordernisse berücksichtigen. Insbesondere sind sehr viele Bezugsnormen zu Aluminium-Werkstoffen zitiert.

Der Eurocode 9 „Design of Aluminium Structures“ folgt in seiner Konzeption und Gliederung den anderen europäischen Grundnormen:

- ENV 1991: Grundlagen und Belastungen
- ENV 1992: Massivbau
- ENV 1993: Stahlbau
- ENV 1994: Verbundbau
- ENV 1995: Holzbau
- ENV 1996: Mauerwerksbau
- ENV 1997: Gründungen
- ENV 1998: Erdbeben

Aus diesem Grunde wurde insbesondere das Sicherheitskonzept aus ENV 1993-1-1: 1992: Stahlbau im wesentlichen übernommen. Mit diesem Konzept wird sichergestellt, daß Bauteile und Bauwerke aus Aluminium sicher sind und ihre Gebrauchstauglichkeit behalten.

Dieses Sicherheitskonzept legt fest, daß sämtliche Tragfähigkeitsnachweise auf dem Bemessungslastniveau mit Lasten, bzw. Einwirkungen, die um die maßgebenden Teilsicherheitsbeiwerte γ_F erhöht sind, geführt werden. Die Teilsicherheitsbeiwerte für belastende Einwirkungen liegen in der Größenordnung von 1,35 und 1,5, für entlastende Belastungen liegen sie in der Größenordnung von 0,9 bis 1,0. Sind zwei oder mehr unabhängige, nicht ständige Lasten zu berücksichtigen, so darf auf der Basis der Wahrscheinlichkeit des Zusammentreffens der Höchstwerte aller nicht ständigen Lasten mit Hilfe von Kombinationsfaktoren ψ eine Ermäßigung vorgenommen werden. Die Kombinationsfaktoren bewegen sich in der Größenordnung von 0,9 und geringer. Fachnormen können andere Werte festlegen. Die mit den Bemessungslasten errechneten Spannungen in Querschnitten bzw. Schnittgrößen in Bauteilen bzw. Gesamtkonfigurationen der Lasten auf Bauwerke werden den Beanspruchbarkeiten gegenübergestellt. Die Beanspruchbarkeiten ergeben sich in der Regel aus dem maßgebenden Querschnittswert, einem Festigkeitswert und einem Teilsicherheitsbeiwert γ_M , der Systemungenauigkeiten und nicht erfaßte Unwägbarkeiten bei der Festigkeitsangabe berücksichtigt. Der Teilsicherheitsbeiwert γ_M für das Bemessungslastniveau auf der Widerstandsseite liegt in der Regel zwischen 1,1 für Bauteile und 1,25 für Verbindungen.

Der Gebrauchstauglichkeitsnachweis soll sicherstellen, daß Bauteile und Bauwerke aus Aluminium über die Nutzungsdauer gebrauchsfähig bleiben. Dazu ist erforderlich, daß z. B. große Durchbiegungen und Verformungen, nachteiliges Schwingungsverhalten, Störung des Aussehens durch Beulen etc. vermieden werden. Die Gebrauchstauglichkeitsnachweise werden mit den Gebrauchslasten und in der Regel verminderten, elastischen Tragfähigkeiten nachgewiesen.

1.3 Überblick über Werkstoffe und Bezeichnungen

Der Werkstoff Aluminium liegt seit jeher in einer umfangreichen Legierungspalette vor. Ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal ist die folgende Eigenschaft:

- kalt oder warm aushärtbar
- nicht aushärtbar

Im Kapitel 2 – „Werkstoffe“ – werden hierzu detaillierte Angaben gemacht. Die Werkstofffestigkeiten aushärtbarer Werkstoffe werden nach der Herstellung der Profile durch Kaltauslagern oder durch Warmauslagern je nach Zeit und Temperatur erheblich angehoben. Bei nicht aushärtbaren Legierungen bleiben die Festigkeiten durch Lagern unverändert. Die Verfestigung der Werkstoffe durch Kaltauslagern oder durch Warmauslagern kann in verschiedene Höhen getrieben werden. Zustände wie T6 sind in der Regel Zustände mit der größten Steigerungsrate in den Festigkeitswerten; Zustände w bedeuten weich.

In Deutschland wurden über Jahrzehnte die Legierungen so bezeichnet, daß man die wichtigsten Elemente und die Festigkeit erkennen konnte: AlMgSi1 F32 bedeutete, daß neben Aluminium die Legierungselemente Mg und Si in bestimmten Konzentrationen vorhanden sind und daß die Festigkeit des Werkstoffes 320 N/mm² betrug. Die Festigkeitsangaben waren abhängig von der Form des Halbzeuges, z. B. Bleche, Rohre oder Profile, und von der Erzeugnisdicke. Diese Bezeichnung, die auch in Frankreich und anderen europäischen Ländern über lange Zeit beibehalten wurde, wird im Eurocode 9 durch die vierstellige numerische Bezeichnung nach dem amerikanischen Nummerierungssystem ersetzt. Fachleute können an der 1000er-Ziffer sofort erkennen, ob es sich um ein nicht aushärtbares oder ein aushärtbares Material handelt, und, welche Legierungselemente zugesetzt wurden. Im Kapitel 2 – Werkstoffe – wird eine Übersetzungstabelle zwischen ehemaliger deutscher und neuer numerischer Bezeichnung angegeben, die dem neuen Eurocode 9 [2] entnommen ist. Die Nummern 1xxx bis 3xxx gelten für die niedrigsten Mg-Legierungen, die 5xxxer-Nummern stehen für wesentliche Mn-Anteile, die 6xxxer-Nummern kennzeichnen wesentliche Mg-Si-Anteile und die 7xxx-Nummern sind i. w. für Zn-Anteile reserviert (vgl. Tabelle 2-1).

1.4 Wärmeeinflußzonen

Alle kalt ausgehärteten oder warm ausgehärteten Legierungen erfahren durch Wärmebeeinflussung eine Reduktion ihrer Festigkeit auf ein niedrigeres Niveau. Demzufolge bewirken insbesondere Schweißungen an Aluminiumbauteilen eine Beeinträchtigung der Beanspruchbarkeit. Die Wärmeeinflußzone um Schweißnähte herum liegt in der Größenordnung von 25 bis 30 mm zu jeder Seite der Schweißnaht, in diesem Bereich ist in der Berechnung sprunghaft eine verminderte Festigkeit anzunehmen. In Wirklichkeit hat der Festigkeitsverlauf von der Naht zum unbeeinflussten Werkstoff hin einen kontinuierlichen Verlauf, dieser wird aber in der Berechnung durch die Einführung der diskreten WEZ (Wärmeeinflußzone) in Rechnung gestellt.

Die ungewollte Festigkeitsreduktion von Aluminiumquerschnitten mit Schweißungen erfordert besonderes Können bei Entwurf und Konstruktion, denn durch geschickte Anordnung der Schweißnähte kann die Beeinträchtigung der Beanspruchbarkeiten von Querschnitten erheblich positiv beeinflusst werden.

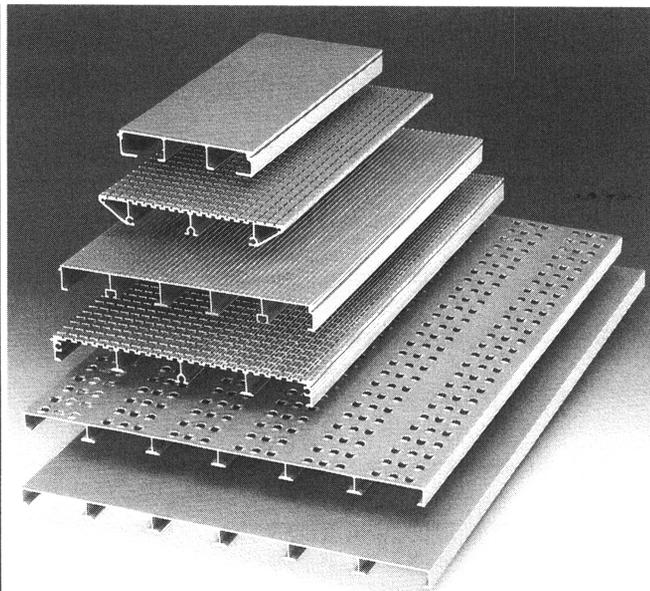
Bei normalkraft- und biegebeanspruchten Stäben mit Spannungen in Längsrichtung des Stabes unterscheidet man zwischen Längsnähten und Quernähten. Während Längsnähte innerhalb des Querschnitts lediglich in einigen Bereichen, nämlich den WEZ, Festigkeitsreduktionen bewirken, können Quernähte den gesamten Querschnitt beeinträchtigen. Es kommt also darauf an, Quernähte nicht innerhalb eines einzigen Querschnitts anzuordnen, sondern schräg oder versetzt.

Die Festigkeitsbeeinflussung von Querschnitten oder Querschnittsteilen durch Schweißnähte mit Mehrlagennähten kann besonders dadurch gemildert werden, daß man zwischen den einzelnen Lagen eine ausreichende Abkühlphase einschaltet. Hierdurch werden die Aufheizbereiche und damit die Festigkeitsbeeinträchtigung beschränkt.

1.5 Korrosionsfestigkeit

Der Werkstoff Aluminium ist durch seine hohe Korrosionsfestigkeit in den meisten Anwendungsgebieten besonders beliebt. So werden z.B. bestimmte Legierungen im Bereich von Straßenschildern und Autobahnschilderbrücken ohne weiteren Anstrich oder Schutz verwendet, ohne daß die winterliche Besprühung mit Streusalz irgendwelche Schäden anrichten kann. Andere Werkstoffe, selbst feuerverzinkte Stahlbauteile, versagen hier durch Korrosionsbefall.

Bei manchen Legierungen und bei speziellen aggressiven Atmosphären werden auch für Aluminiumlegierungen Schutzmaßnahmen empfohlen. Diese können z.B. Beschichten oder Eloxieren o.ä. sein. Um auch hinsichtlich der Korrosionssicherheit zufriedenstellende Ergebnisse zu erzielen, präsentiert der Eurocode 9 Anwendungstabellen mit entsprechenden Kennzeichnungen von zusätzlich empfohlenen Korrosionsschutzmaßnahmen. An diese Regeln sollte man sich unbedingt halten.



ALCAN EXTRUDED PRODUCTS

Alcan Singen GmbH

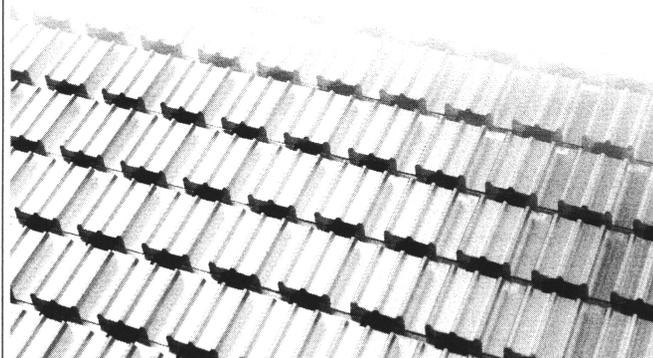
Ihr Partner
im Ingenieurbereich für
Profile und Großprofile

Auf Nummer Sicher gehen!

Aluminium-Begehplanken und -Treppenstufen verbinden anspruchsvolle Ästhetik und zuverlässige Funktion dauerhaft. Modernste Strangpreßtechnologie und ein über Jahrzehnte gewachsenes Know-how machen es möglich.

Die Multifunktionsprofile von Alcan Singen mit längsgerillter und quergefräster Oberfläche garantieren hohe Rutschsicherheit, Korrosionsbeständigkeit, hervorragende Steifigkeitswerte und ein dekoratives Design.

Mit diesen und weiteren Vorteilen hat sich der bewährte Konstruktionswerkstoff Aluminium in Architektur und Industrie ein breites Anwendungsspektrum geschaffen.



ALCAN EXTRUDED PRODUCTS
Alcan Singen GmbH
78221 Singen/Htwl.

**Informationen und
technische Beratung:**

Tel. 0 77 31 / 80 - 27 03
Fax 0 77 31 / 80 - 36 60
e-mail eberhard.boelle@alcan.com
www.stepsandplanks.com