

**DIN EN 1999-1-5****DIN**

ICS 91.010.30; 91.080.17

Einsprüche bis 2021-04-26  
Vorgesehen als Ersatz für  
DIN EN 1999-1-5:2017-03**Entwurf****Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken –  
Teil 1-5: Schalentragwerke;  
Deutsche und Englische Fassung prEN 1999-1-5:2021**Eurocode 9: Design of aluminium structures –  
Part 1-5: Shell structures;  
German and English version prEN 1999-1-5:2021Eurocode 9: Calcul des structures en aluminium –  
Partie 1-5: Coques;  
Version allemande et anglaise prEN 1999-1-5:2021**Anwendungswarnvermerk**Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-02-26 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und  
Stellungnahme vorgelegt.Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs  
besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter [www.din.de/go/entwuerfe](http://www.din.de/go/entwuerfe) bzw. für Norm-  
Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter [www.entwuerfe.normenbibliothek.de](http://www.entwuerfe.normenbibliothek.de),  
sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an [nabau@din.de](mailto:nabau@din.de) möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann  
im Internet unter [www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe](http://www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe) oder für Stellungnahmen zu Norm-  
Entwürfen der DKE unter [www.dke.de/stellungnahme](http://www.dke.de/stellungnahme) abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin oder Saatwinkler  
Damm 42/43, 13627 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten  
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 151 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)



## **Nationales Vorwort**

Dieses Dokument (prEN 1999-1-5:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-08-07 AA „Aluminiumkonstruktionen (SpA zu CEN/TC 250/SC 9 und CEN/TC 135)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN ([www.din.de](http://www.din.de)) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

### **Änderungen**

Gegenüber DIN EN 1999-1-5:2017-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) das Dokument wurde vollständig überarbeitet.

<i>Titel de:</i>	Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-5: Schalentragwerke
<i>Titel en:</i>	Eurocode 9: Design of aluminium structures — Part 1-5: Shell structures
<i>Titel fr:</i>	Eurocode 9: Calcul des structures en aluminium — Partie 1-5: Coques

## Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort .....	4
Einleitung .....	5
1 Anwendungsbereich.....	7
1.1 Anwendungsbereich von EN 1999-1-5 .....	7
1.2 Annahmen .....	8
2 Normative Verweisungen .....	9
3 Begriffe und Symbole .....	9
3.1 Begriffe .....	9
3.1.1 Formen und Geometrie des Tragwerks.....	9
3.1.2 Spezielle Definitionen für Beulberechnungen.....	10
3.2 Symbole .....	11
3.3 Vorzeichenvereinbarungen.....	16
3.4 Koordinatensysteme .....	16
4 Grundlagen der Bemessung.....	17
4.1 Allgemeines .....	17
4.2 Versagensfolgeklasse und Ausführungsklasse.....	18
5 Werkstoffe und Geometrie.....	18
5.1 Werkstoffeigenschaften .....	18
5.2 Bemessungswerte der Abmessungen .....	18
5.3 Geometrische Toleranzen und geometrische Imperfektionen .....	18
6 Dauerhaftigkeit .....	19
7 Tragwerksberechnung .....	19
7.1 Geometrie .....	19
7.2 Randbedingungen .....	20
7.3 Einwirkungen und Umwelteinflüsse .....	20
7.4 Spannungsergebnisse und Spannungen.....	21
7.5 Berechnungskonzepte .....	21
8 Grenzzustand der Tragfähigkeit.....	23
8.1 Beanspruchbarkeit des Querschnitts.....	23
8.1.1 Bemessungswerte der Spannungen.....	23
8.1.2 Bemessungswerte für die Beanspruchbarkeit .....	24
8.1.3 Spannungsbegrenzung .....	25
8.1.4 Bemessung durch numerische Analyse.....	25
8.2 Beulwiderstand .....	25
8.2.1 Allgemeines .....	25
8.2.2 Beulrelevante geometrische Toleranzen.....	26
8.2.3 Schale unter Druck- und Schubbeanspruchung.....	27
8.2.4 Einfluss des Schweißens .....	30
8.2.5 Bemessung durch numerische Berechnung .....	33
9 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit.....	33
9.1 Allgemeines .....	33
9.2 Durchbiegungen.....	33
Anhang A (normativ) Formeln für den Beulsicherheitsnachweis von Schalenkonstruktionen .....	34

A.1	Anwendung dieses Anhangs.....	34
A.2	Anwendungs- und Gültigkeitsbereich .....	34
A.3	Unversteifte zylindrische Schalen mit konstanter Wanddicke .....	34
A.3.1	Bezeichnungen und Randbedingungen.....	34
A.3.2	Druckbeanspruchung in Meridianrichtung (Axialrichtung) .....	35
A.3.3	Druck in Umfangsrichtung (Ringspannung) .....	37
A.3.4	Schub.....	40
A.3.5	Druckbeanspruchung in Meridianrichtung (Axialrichtung) mit gleichzeitig wirkendem Innendruck .....	42
A.3.6	Kombinationen von Druckbeanspruchung in Meridianrichtung (Axialdruck), Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung (Ringspannung) und Schubbeanspruchung.....	43
A.4	Unversteifte Zylinderschalen mit abgestufter Wanddicke .....	44
A.4.1	Allgemeines .....	44
A.4.2	Druck in Meridianrichtung (Axialrichtung) .....	46
A.4.3	Druck in Umfangsrichtung (Ringspannung) .....	46
A.4.4	Schub.....	49
A.5	Unversteifte Zylinderschalen mit Überlappstößen .....	49
A.5.1	Geometrie und Spannungsergebnisse.....	49
A.5.2	Druck in Meridianrichtung (Axialrichtung) .....	50
A.5.3	Druck in Umfangsrichtung (Ringspannung) .....	50
A.5.4	Schub.....	50
A.6	Unversteifte Kegelschalen.....	51
A.6.1	Allgemeines .....	51
A.6.2	Bemessungswerte der Beulspannungen.....	52
A.6.3	Beulsicherheitsnachweis.....	52
A.7	Versteifte Zylinderschalen mit konstanter Wanddicke .....	53
A.7.1	Allgemeines .....	53
A.7.2	Isotrope Schalen mit Steifen in Meridianrichtung.....	54
A.7.3	Isotrope Schalen mit Steifen in Umfangsrichtung.....	55
A.7.4	In Umfangsrichtung profilierte Wände mit Steifen in Meridianrichtung.....	55
A.7.5	Axial profilierte Schalenwand mit Ringsteifen.....	59
A.7.6	Als orthotrope Schale behandelte versteifte Wand.....	60
A.7.7	Orthotrope Ersatzsteifigkeiten von profilierten Wandblechen.....	63
A.8	Unversteifte Kugelschalen unter gleichmäßigem Druck in Umfangsrichtung .....	65
A.8.1	Bezeichnungen und Randbedingungen.....	65
A.8.2	Kritische Beulspannungen.....	65
A.8.3	Imperfektionsbeiwert .....	66
<b>Anhang B (informativ) Formeln für die Beulberechnung torikonischer und torisphärischer Schalen .....</b>		<b>67</b>
B.1	Anwendung dieses Anhangs.....	67
B.2	Anwendungs- und Gültigkeitsbereich .....	67
B.3	Bezeichnungen und Randbedingungen.....	67
B.4	Außendruck.....	69
B.4.1	Kritischer Außendruck .....	69
B.4.2	Gleichmäßiger Außendruck an der vollplastischen Grenzlast.....	69
B.4.3	Imperfektionsbeiwert bei Außendruckbelastung .....	71
B.5	Innendruck .....	72
B.5.1	Kritischer Innendruck.....	72
B.5.2	Gleichmäßiger Innendruck an der vollplastischen Grenzlast .....	72
B.5.3	Imperfektionsbeiwert bei Innendruck.....	73
Literaturhinweise.....		75

## Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 1999-1-5:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird. CEN/TC 250 ist für alle Eurocodes des konstruktiven Ingenieurbaus zuständig. Die Verantwortung für alle Angelegenheiten der Tragwerks- und geotechnischen Planung wurde dem CEN/TC 250 von CEN übertragen.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 1999-1-5:2007 ersetzen.

Die erste Generation der EN Eurocodes wurde zwischen den Jahren 2002 und 2007 veröffentlicht. Dieses Dokument wurde als Teil der zweiten Generation der Eurocodes im Rahmen des Mandats M/515 erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation CEN erteilt haben.

Die Eurocodes wurden erarbeitet, um in Verbindung mit einschlägigen Ausführungs-, Werkstoff-, Produkt- und Prüfnormen angewendet zu werden und um Anforderungen an Ausführung, Werkstoffe, Produkte und Prüfung zu identifizieren, auf denen die Eurocodes beruhen.

Die Eurocodes erkennen die Verantwortlichkeit aller Mitgliedstaaten an und wahren deren Recht, sicherheitsbezogene Werte auf nationaler Ebene in Nationalen Anhängen festzulegen.

## Einleitung

### 0.1 Einleitung zu den Eurocodes

Die Eurocodes des konstruktiven Ingenieurbaus umfassen die folgenden Normen, die in der Regel aus mehreren Teilen bestehen:

- EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*
- EN 1991, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke*
- EN 1992, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken*
- EN 1993, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten*
- EN 1994, *Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton*
- EN 1995, *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten*
- EN 1996, *Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten*
- EN 1997, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik*
- EN 1998, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben*
- EN 1999, *Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken*
- <Neue Teile>

Die Eurocodes sind für die Anwendung durch Tragwerksplaner, Bauherren, Hersteller, Ausführende, zuständige Behörden (bei der Wahrnehmung ihrer Aufgaben in Übereinstimmung mit nationalen oder internationalen Vorschriften), Lehrkräfte, Softwareentwickler und Normenausschüsse, in denen verwandte Produktnormen, Prüfnormen und Ausführungsnormen erarbeitet werden, gedacht.

**ANMERKUNG** Einige Entwurfs- und Bemessungsaspekte werden am zutreffendsten von den zuständigen Behörden festgelegt oder können, sofern keine Festlegungen getroffen wurden, für ein bestimmtes Bauvorhaben zwischen den beteiligten Parteien wie Tragwerksplanern und Bauherren vereinbart werden. In den Eurocodes werden solche Aspekte durch ausdrückliche Bezugnahme auf die zuständigen Behörden und die beteiligten Parteien gekennzeichnet.

### 0.2 Einleitung zu EN 1999, Eurocode 9

EN 1999 gilt für den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von Bauwerken und Tragwerken aus Aluminium. Sie entspricht den Grundsätzen und Anforderungen an die Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit von Tragwerken sowie den Grundlagen für ihre Bemessung und Nachweise, die in EN 1990, Grundlagen der Tragwerksplanung, enthalten sind.

EN 1999 behandelt ausschließlich Anforderungen an die Tragfähigkeit, die Gebrauchstauglichkeit, die Dauerhaftigkeit und den Feuerwiderstand von Tragwerken aus Aluminium. Andere Anforderungen, wie z. B. Wärmeschutz oder Schallschutz, werden nicht behandelt.

EN 1999 behandelt nicht die besonderen Anforderungen an die Auslegung gegen Erdbeben. Bestimmungen zu diesen Anforderungen sind in EN 1998 in Ergänzung zu und Übereinstimmung mit EN 1999 angegeben.

EN 1999 ist in fünf Teile gegliedert:

- EN 1999-1-1, *Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln*
- EN 1999-1-2, *Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-2: Tragwerksbemessung für den Brandfall*
- EN 1999-1-3, *Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-3: Ermüdungsbeanspruchte Tragwerke*
- EN 1999-1-4, *Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-4: Kaltgeformte Profiltafeln*
- EN 1999-1-5, *Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-5: Schalenträgerwerke*

### 0.3 Einleitung zu EN 1999-1-5

EN 1999-1-5 gilt für die Bemessung von ausgesteiften und nicht ausgesteiften Aluminiumtragwerken, die in Form einer Rotationsschale oder einer als Schale gestalteten kreisförmigen Platte vorliegen.

### 0.4 In den Eurocodes verwendete Verbformen

Das Verb „muss“ beschreibt eine Anforderung die zwingend zu befolgen ist und von der bei Anwendung der Eurocodes keine Abweichung zulässig ist.

Das Verb „sollte“ beschreibt eine streng empfohlene Auswahl oder Vorgehensweise. In Abhängigkeit von nationalen Regeln und/oder relevanten Vertragsbestimmungen könnten alternative Lösungen verwendet/angenommen werden, wenn sie technisch verifiziert sind.

Das Verb „darf“ beschreibt eine erlaubte Vorgehensweise innerhalb der Anwendungsgrenzen der Eurocodes.

Das Verb „kann“ beschreibt Möglichkeiten und Fähigkeiten; es wird für Tatsachenfeststellungen und Erklärungen verwendet.

### 0.5 Nationaler Anhang zu prEN 1999-1-5

Nationale Festlegungen können dann getroffen werden, wenn in diesem Dokument im Rahmen von Anmerkungen eine Wahl ausdrücklich gestattet ist. Nationale Festlegungen schließen die Wahl von Werten für national festzulegende Parameter (NDP, en: nationally determined parameters) ein.

Hierzu kann die jeweilige nationale Ausgabe von EN 1999-1-5 einen Nationalen Anhang mit allen national festgelegten Parametern enthalten, die für den Entwurf und die Bemessung von Hoch- und Ingenieurbauten im jeweiligen Land Verwendung finden.

Wird keine nationale Festlegung angeführt, ist der in diesem Dokument angegebene Standardwert anzuwenden.

Wenn keine nationale Festlegung angeführt wird und kein Standardwert in diesem Dokument angegeben ist, kann die Festlegung durch eine zuständige Behörde getroffen werden, oder sofern keine Festlegungen getroffen wurden, können die beteiligten Parteien im Einzelfall eine Vereinbarung treffen.

Nationale Festlegungen sind in EN 1999-1-5 zu den folgenden Abschnitten gestattet:

- N/A

Nationale Festlegungen sind in EN 1999-1-5 bei der Anwendung der folgenden informativen Anhänge gestattet:

Anhang B (informativ), Gleichungen für die Beulberechnung torikonischer und torisphärischer Schalen.

## 1 Anwendungsbereich

### 1.1 Anwendungsbereich von EN 1999-1-5

(1) EN 1999-1-5 gilt für die Bemessung von ausgesteiften und nicht ausgesteiften Aluminiumtragwerken, die in Form einer Rotationsschale oder einer als Schale gestalteten kreisförmigen Platte vorliegen.

(2) EN 1999-1-5 behandelt zusätzliche Bestimmungen in Ergänzung zu denen, die in den maßgebenden Teilen von EN 1999 für die Bemessung und Konstruktion von Aluminiumbauten angegeben sind.

ANMERKUNG Zusätzliche Informationen für bestimmte Arten von Schalen werden in EN 1993-1-6 und in den für bestimmte Anwendungen zutreffenden Teilen angegeben, z. B.:

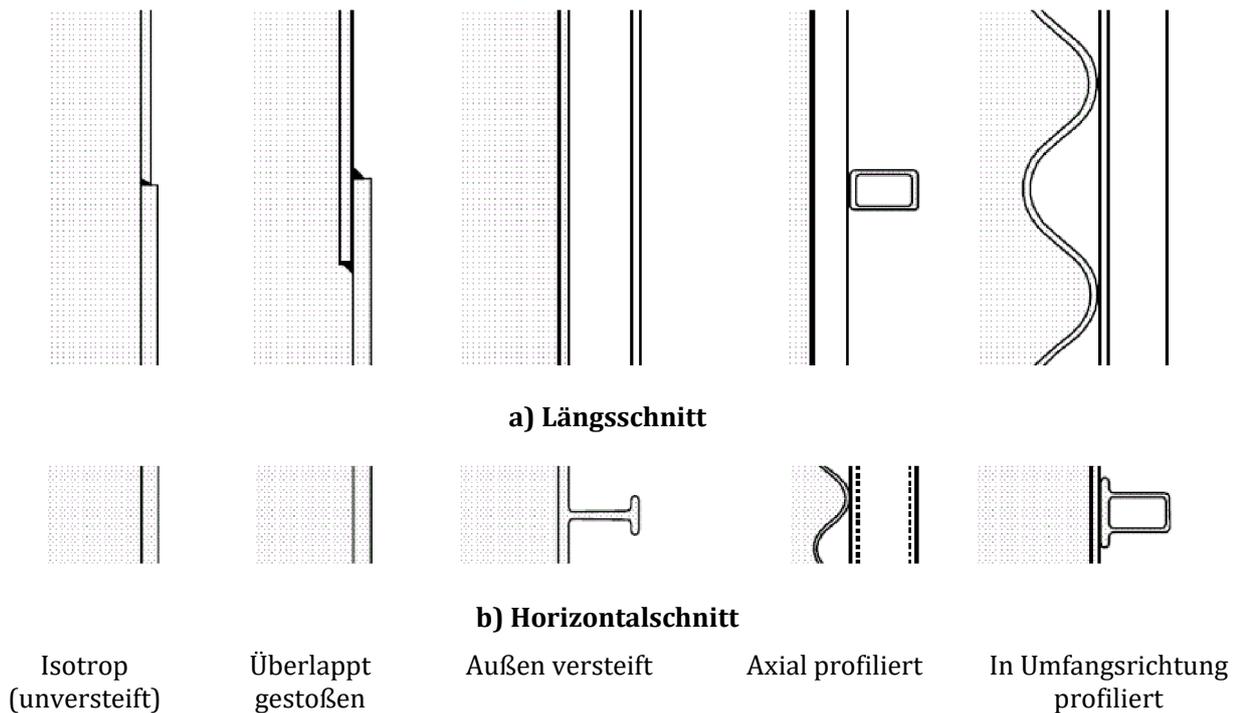
- Teil 3-1 für Türme und Maste;
- Teil 3-2 für Schornsteine;
- Teil 4-1 für Silos;
- Teil 4-2 für Tankbauwerke;
- Teil 4-3 für Rohrleitungen.

(4) Die in EN 1999-1-5 erfassten Bestimmungen gelten für rotationssymmetrische Schalen (Zylinder, Kegel, Kugeln) und die zugehörigen kreisförmigen oder ringförmigen Bleche sowie für Ringe mit Balkenprofil und Längssteifen, die Teile des kompletten Tragwerks sind.

(5) EN 1999-1-5 beschäftigt sich nicht ausdrücklich mit einzelnen Schalenstreifen (zylindrisch, konisch oder kugelförmig). Die Regeln können jedoch bei entsprechender Berücksichtigung der zutreffenden Randbedingungen anwendbar sein.

(6) In EN 1999-1-5 können folgende Arten von Schalenwänden erfasst werden (siehe Bild 1.1):

- Schalenwand aus flach gewalztem Blech mit durch Stumpfschweißnähte verbundenen aneinandergrenzenden Blechen, als ‚isotrop‘ bezeichnet;
- Schalenwand mit überlappten Verbindungen aneinandergrenzender Bleche, als ‚überlappt gestoßen‘ bezeichnet;
- Schalenwand mit an der Außenseite angebrachten Steifen, die unabhängig vom Abstand der Steifen als ‚außen versteift‘ bezeichnet werden;
- Schalenwand mit Profilierung in Meridianrichtung, als ‚axial profiliert‘ bezeichnet;
- Schalenwand aus profilierten Blechen (Wellblechen) mit Profilierung in Umfangsrichtung, als ‚in Umfangsrichtung profiliert‘ bezeichnet.



**Bild 1.1 — Darstellung der Formen zylindrischer Schalen**

(7) Die Bestimmungen von EN 1999-1-5 sind für einen Temperaturbereich vorgesehen, der in EN 1999-1-1 festgelegt wird. Die maximale Temperatur wird so beschränkt, dass der Einfluss des Kriechens vernachlässigt werden kann. Für Tragwerke, die bei einem Brand erhöhten Temperaturen ausgesetzt sind, siehe EN 1999-1-2.

(8) EN 1999-1-5 beschäftigt sich nicht mit Undichtheit der Schale.

## 1.2 Annahmen

(1) Es gelten die allgemeinen Annahmen nach EN 1990.

(2) Es gelten die Bestimmungen nach EN 1999-1-1.

(3) Die Bemessungsverfahren sind nur anwendbar, wenn die Anforderungen an die Ausführung nach EN 1090-3 oder andere äquivalente Anforderungen erfüllt sind.

(4) Für die Bemessung und Konstruktion neuer Tragwerke ist prEN 1999 (alle Teile) vorgesehen, für die direkte Anwendung in Zusammenhang mit EN 1990, EN 1991, EN 1992, EN 1993, EN 1994, EN 1995, EN 1997 und EN 1998.

(5) EN 1999 (alle Teile) gilt in Verbindung mit folgenden Regelwerken:

- Europäische Normen für Bauprodukte, die für Aluminiumtragwerke Verwendung finden:
- EN 1090-1, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 1: Konformitätsnachweisverfahren für tragende Bauteile*
- EN 1090-3, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 3: Technische Regeln für die Ausführung von Aluminiumtragwerken*