

# A Arbeitshilfe A.1.5

## Rohre und Hohlprofile

### Einleitung

Rohre und Hohlprofile werden seit Jahrzehnten erfolgreich im Stahlhochbau eingesetzt. Die geschlossene Form erweist sich im Hinblick auf Druck, mehrachsige Biegung und Verdrehung als äußerst vorteilhaft. Auch im Brückenbau und in anderen weitspannenden Tagwerken wie zum Beispiel Stadionsdächern kann die moderne Stahlarchitektur mit filigranen Rohrfachwerken punkten.

### Normen / Stahlsorten

Für Hohlprofile, die im Stahlbau Verwendung finden, sind im Wesentlichen zwei Produktnormen relevant:

- DIN EN 10210  
Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und Feinkornbaustählen
- DIN EN 10219  
Kaltgeformte geschweißte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und Feinkornbaustählen

Die Aufteilung in zwei Normen ergibt sich aus den unterschiedlichen Prozessen bei der Herstellung. Kaltgeformte Hohlprofile entstehen in der Regel aus Blechen, die zu runden oder eckigen Rohren eingeformt werden, wobei die Umformung bei Raumtemperatur stattfindet. Warmgefertigte Hohlprofile werden aus Blechen oder massiven Rundblöcken hergestellt, wobei der letzte Umformschritt meist oberhalb der Rekristallisationstemperatur erfolgt.

Beide Produktnormen bestehen jeweils aus den drei Teilen:

- Teil 1: Technische Lieferbedingungen
- Teil 2: Grenzabmaße, Maße und statische Werte
- Teil 3: Technische Lieferbedingungen für höher- und wetterfeste Stähle

Für runde und eckige Stahlbauhohlprofile beinhalten die Lieferprogramme des lagerführenden Handels standardmäßig die folgenden Güten:

- Warmgefertigt nach DIN EN 10210-1 => S355J2H (bei eckigen Hohlprofilen häufig auch doppelzertifiziert mit S355NH), S460NH, S500QH, S690QH. Im Rundrohrbereich sind zusätzlich die hochfesten Güten S770QLH und S890QLH mit meist etwas längeren Vorlaufzeiten verfügbar.
- Kaltgefertigt nach DIN EN 10219-1 => S235JRH, S355J2H, S500MH\*, S700MH\*.

\* (eingeschränkter Wanddickenbereich)

### Bemessung

In Tabelle 1 werden die für den Stahlbau relevanten Abmessungsbereiche dargestellt.

Querschnittsform	Durchmesser [mm]	Außenmaße B x B [mm] bzw. H x B [mm]	Wanddicke [mm]
rund	21,3 - 1219	-	2,3 - 100
quadratisch	-	20 x 20 bis 400 x 400	1,5 - 25
rechteckig	-	20 x 50 bis 300 x 500	

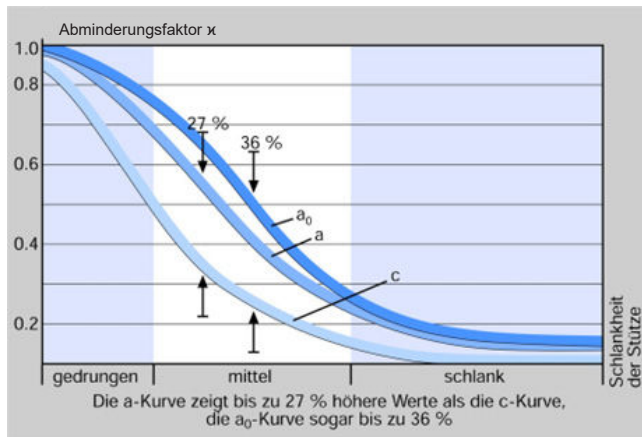
**Tabelle 1** - Abmessungsbereiche Hohlprofile für den Stahlbau

Im Regelfall werden vom lagerführenden Handel Rohrlängen von bis zu 12 Metern vorgehalten. Die tatsächlich verfügbaren Abmessungen variieren in Abhängigkeit vom gewählten Werkstoff und sind im Zuge der Planung zu prüfen.

Bei kaltgeformten und warmgefertigten Hohlprofilen ergeben sich bei den quadratischen und rechteckigen Abmessungen, bedingt durch den Herstellprozess, verschiedene Eckrundungen und somit unterschiedliche Querschnittsflächen (Geometrien) sowie statische Werte. Tabellen mit einer Auswahl an Abmessungen und statischen Werten sind im Anhang B der Produktnormen DIN EN 10210-2 und DIN EN 10219-2 zu finden. Aufgrund ihrer günstigen statischen Werte eignen sich Hohlprofile besonders als knickbeanspruchte Bauelemente wie Stützen, Rahmen und Druckstäbe in Fachwerken. Für druckbeanspruchte Bauteile hängt die Knicklast von der Schlankheit und der Querschnittsform ab. Die Schlankheit ist definiert als Verhältnis der Knicklänge zum Trägheitsradius. Der Trägheitsradius eines Hohlprofils (bezogen auf das Bauteilgewicht) ist im Allgemeinen wesentlich höher als der von offenen Querschnitten für die schwache Achse. Gemäß DIN EN 1993-1-1 muss für planmäßig zentrisch belastete Druckstäbe ein Bemessungswert der Biegeknickbeanspruchbarkeit nachgewiesen werden. Die Einstufung der verschiedenen Hohlprofilquerschnitte in unterschiedliche Knicklinien regelt die DIN EN 1993-1-1 in Tabelle 6.2, die im Folgenden auszugsweise dargestellt ist:

Querschnitte	Herstellungsprozess	Knickspannungslinie	
		S 235, S 275 S 355, S 420	S460
	Warmformgebung	a	a <sub>0</sub>
	Kaltformgebung	c	c

**Tabelle 2** - Zuordnung der Querschnitte zu den Knicklinien nach DIN EN 1993-1-1, Tabelle 6.2



**Abbildung 1** - Die Auswirkung für die Bemessung  
(nach DIN EN 1993-1-1, Bild 6.4 Knicklinien)

Die günstigeren Abminderungsfaktoren insbesondere für höher-feste warmgefertigte Hohlprofile bedeuten für die Praxis deutlich größere aufnehmbare Lasten bei gleicher Profilabmessung. Anders ausgedrückt, kann bei gleicher Beanspruchung ein höheres Sicherheitsniveau erreicht werden.

### Toleranzen / Oberflächenqualität

Abmessungstoleranzen von Rohren finden sich in den Produktnormen DIN EN 10210-2, DIN EN 10219-2 (Teil 2, Grenzabmaße, Maße und statische Werte) und in den Stahlbau-Arbeitshilfen B.11.1.3.3 und B.11.1.3.4. Auf das Herstellverfahren zurückzuführende Ungängen in der Oberfläche dürfen vom Hersteller, unter Einhaltung der zulässigen Mindestwanddicke, durch Schleifen beseitigt werden. Moderne Fertigungsanlagen und optimierte Einsatzgüten ermöglichen die Herstellung glatter Rohroberflächen, vergleichbar mit offenen Walzprofilen.

### Anschlüsse / Schweißeignung

Die Bemessung von Anschlüssen erfolgt nach DIN EN 1993-1-8. Geschraubte Anschlüsse zwischen Hohlprofilelementen können mit Flanschplatten, Knotenblechen oder Ausschnitten aus offenen Profilen hergestellt werden. Neben Verbindungen mit überstehenden Platten gibt es mehrere Methoden, um Schraubenverbindungen herzustellen, die von einer Seite befestigt werden können:

- aufgeschweißte Gewindebolzen
- Bohren und Gewindebohren (Mindestwanddicke 16 mm)
- Loch mit bündig eingeschweißter Mutter
- Hollo-Bolt
- Flowdrill-System

In Fachwerkkonstruktionen werden Hohlprofile in Kombination mit Gussknoten verwendet oder meistens direkt miteinander verschweißt. Die schweißtechnischen Anforderungen für Hohlprofilkonstruktionen weichen im Allgemeinen nicht von denen für übliche Blech- und Profilkonstruktionen ab. Besonderes Augenmerk ist bei kaltgeformten Hohlprofilen auf das Verhältnis vom inneren Rundungsradius zur Wanddicke im Eckbereich zu legen. Abhängig vom Verformungsgrad, kann in diesem Bereich Sprödbruchgefahr bestehen.

Die DIN EN 1993-1-8 gibt in Tabelle 4.2 die Bedingungen für das Schweißen in kaltverformten Bereichen und Umgebung vor.

### Korrosionsschutz / Brandschutz

Hohlprofilkonstruktionen bieten Vorteile hinsichtlich des Korrosionsschutzes, da durch ihre runde Form, beziehungsweise die Eckausrundungen, eine bessere Schutzwirkung erzielt werden kann. Die geschlossene Form ohne scharfe Kanten reduziert zudem die zu schützende Oberfläche und verlängert die Haltbarkeit des aufgetragenen Korrosionsschutzes. Forschungsergebnisse zeigen, dass bei luftdicht verschweißten Hohlprofilkonstruktionen keine Innenkorrosion auftritt. Für den passiven Korrosionsschutz bieten sich, je nach Anforderungen, folgende Möglichkeiten an:

- Beschichtungssysteme – nass/trocken
- Feuerverzinkung
- Duplex-System, d. h. die Kombination von Feuerverzinkung und Beschichtungssystem

Werkstoffe über S500 bedürfen einer gesonderten Verfahrensprüfung für Feuerverzinkung, siehe dazu DAST-Richtlinie 022 – „Feuerverzinken von tragenden Stahlbauteilen“.

Der Nachweis der Standsicherheit unter Brandeinwirkung kann in gleicher Weise wie bei offenen Profilen durchgeführt werden. Nähere Informationen dazu gibt die Arbeitshilfe B.12.2.2 Profilkonstruktionen für Stahlbauteile. Neben Brandschutzbeschichtungen oder -bekleidungen besteht bei Rohren die Möglichkeit, mit Wasser oder Beton gefüllte Stützen einzusetzen.

### Wirtschaftlichkeit

Trotz der etwas höheren Materialkosten, die durch den aufwendigen Herstellungsprozess bedingt sind, können Hohlprofile wirtschaftlich eingesetzt werden. Kleine Oberflächen reduzieren den Aufwand für den Korrosionsschutz. Exzellente statische Eigenschaften verringern das Eigengewicht der Konstruktion. Die Verwendung von hochfesten Hohlprofilen macht es möglich, das Gewicht der Konstruktion und das Schweißnahtvolumen weiter zu reduzieren. Bislang wurden hochfeste Hohlprofile überwiegend im Maschinenbau und in Offshore-Konstruktionen eingesetzt. Es gibt zudem einige Brückenbauwerke aus hochfesten Stählen, die mit einer Zustimmung im Einzelfall realisiert worden sind. Mit der Einführung der zweiten Generation des Eurocode 3 wird in Zukunft die Verwendung von hochfesten Werkstoffen im Stahlbau standardmäßig möglich.

## Referenzen

- DIN EN 10210-1:2006-07, Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen - Teil 1: Technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung EN 10210-1:2006
- DIN EN 10210-2:2019-07, Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau - Teil 2: Grenzabmaße, Maße und statische Werte; Deutsche Fassung EN 10210-2:2019
- DIN EN 10210-3:2020-11, Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau - Teil 3: Technische Lieferbedingungen für höher- und wetterfeste Stähle; Deutsche Fassung EN 10210-3:2020
- DIN EN 10219-1:2006-07, Kaltgefertigte geschweißte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen - Teil 1: Technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung EN 10219-1:2006
- DIN EN 10219-2:2019-07, Kaltgeformte geschweißte Hohlprofile für den Stahlbau - Teil 2: Grenzabmaße, Maße und statische Werte; Deutsche Fassung EN 10219-2:2019
- DIN EN 10219-3:2020-11, Kaltgeformte geschweißte Hohlprofile für den Stahlbau - Teil 3: Technische Lieferbedingungen für höher- und wetterfeste Stähle; Deutsche Fassung EN 10219-3:2020
- DIN EN 1993-1-1:2010-12, Eurocode 3 - Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- DIN EN 1993-1-8:2010-12, Eurocode 3 - Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-8: Anschlüsse
- DAST-Richtlinie 022, „Feuerverzinken von tragenden Stahlbauteilen“; 2016-6; Deutscher Ausschuss für Stahlbau DAST, Düsseldorf
- CIDECT Design Guides
- Wardenier, J., Stahlbau-Hohlprofile in Theorie und Praxis, revidierte Fassung, Stand 01/2003
- Stahlbau-Arbeitshilfe B.12.2.2 Brandschutz im Stahlbau - Profilmfaktoren für Stahlbauteile, bauforumstahl e.V., Sohnstraße 65, Düsseldorf
- Stahlbau-Arbeitshilfe B.11.1.3.3 Erzeugnistoleranzen für warmgefertigte Hohlprofile, bauforumstahl e.V., Sohnstraße 65, Düsseldorf
- Stahlbau-Arbeitshilfe B.11.1.3.4 Erzeugnistoleranzen für kaltgewalzte geschweißte Hohlprofile, bauforumstahl e.V., Sohnstraße 65, Düsseldorf