Zeitschrift: IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte

Band: 37 (1982)

Artikel: Ermüdungsverhalten geschweisster Hohlprofil-Fachwerkknoten auf Stahl

Autor: Mang, F. / Bucak, Ö

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-28976

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Ermüdungsverhalten geschweisster Hohlprofil-Fachwerkknoten aus Stahl

Fatigue Behaviour of Welded Joints in Trusses of Steel Hollow Sections

Comportement à la fatigue des assemblages soudés de poutres à treillis en profilés creux d'acier

F. MANG
Prof. Dr. -Ing.
Universität Karlsruhe
Karlsruhe, BRD

Ö. BUCAK
Dipl. Ing.
Universität Karlsruhe
Karlsruhe, BRD

ZUSAMMENFASSUNG
Die spezielle Problematik tragender Hohlprofile liegt im Bereich ihrer Anschlüsse und Verbindungen. Deshalb bedarf ihr Einsatz vorheriger eingehender Analysen zum Tragverhalten unter vorwiegend ruhender und schwingender Belastung. Im Knotenbereich geschweisster Hohlprofil-Fachwerkknoten treten inhomogene Spannungszustände auf, welche durch die Methoden der elementaren Festigkeitslehre nicht erfasst werden können. Untersuchungen zum Ermüdungsverhalten von K-förmigen Fachwerk-Knotenpunkten wurden durchgeführt. Über die Ergebnisse dieser Untersuchungen wird berichtet.

SUMMARY
Special problems arise in the areas of joints and connections of loadbearing hollow sections. Thus before specifying hollow sections the strength of the joints must be assessed for both dynamic and the predominant static loading. However, the non-homogeneous stress states which occur in the region of hollow section truss nodes cannot be analysed by methods of elementary strength theory. Studies of the fatigue behaviour of K-shaped truss nodes have been carried out and the results are presented in this paper.

RESUME
Les problèmes spécifiques aux profilés creux porteurs résident dans leurs zones d'assemblages. Leur emploi nécessite par conséquent des analyses préalables poussées de leur comportement aussi bien sous des charges statiques que dynamiques. Il se produit des états de contraintes inhomogènes dans la zone de tels noeuds soudés, qui ne peuvent être analysés par les méthodes élémentaires de la résistance des matériaux. Les résultats d'une recherche sont présentés dans le but de déterminer le comportement à la fatigue de noeuds d'assemblage de treillis en forme de K.

1. Parameter und Bezeichnungen

Die Definition der maßgebenden geometrischen Parameter von K-Knoten sind Bild 1 zu entnehmen. Für Rund- und Hohlprofil-Knoten gelten entsprechende Parameter.

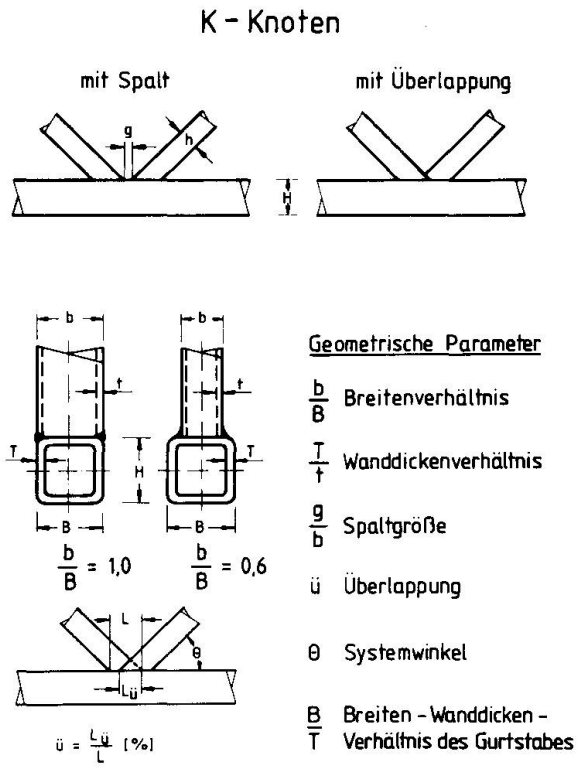


Bild 1: Definition und geometrische Parameter bei Fachwerk-Knoten

2. Bruchfelder

Als Ergebnis Ergebnis einer umfassenden Literaturanalyse, welche sämtliche verfügbaren Versuchsdaten sowie eigene versuchstechnische Untersuchungen erfaßte, wurden die Brucharten gemäß Bild 2 gefunden. Ihre Abhängigkeit von den maßgebenden Parametern ist in diesem Bild dargestellt. Auf dieser Basis wurde in Karlsruhe die "Bruch-Kriterien-Methode" entwickelt.

Bei Knotenpunkten mit Spalt bzw. geringen Überlappungsmaßen und relativ kleinen Wanddicken-Verhältnissen treten die Brüche in der Übergangszone der Kehlnahtverbindung am Gurtstab auf. (Feld 1)
Werden an dem gleichen Knoten alle Maße, mit Ausnahme der Wanddicke des Gurtrohres, konstand gehalten, tritt der Bruch bei größerem T/t-Verhältnis an der Zugdiagonale auf, ausgehend von der Schweißkerbe. (Feld 3) Dabei ist die Bruchspannung (wie später erkennbar wird) in der Diagonalen bei verschiedenen T/t-Verhältnissen konstant.

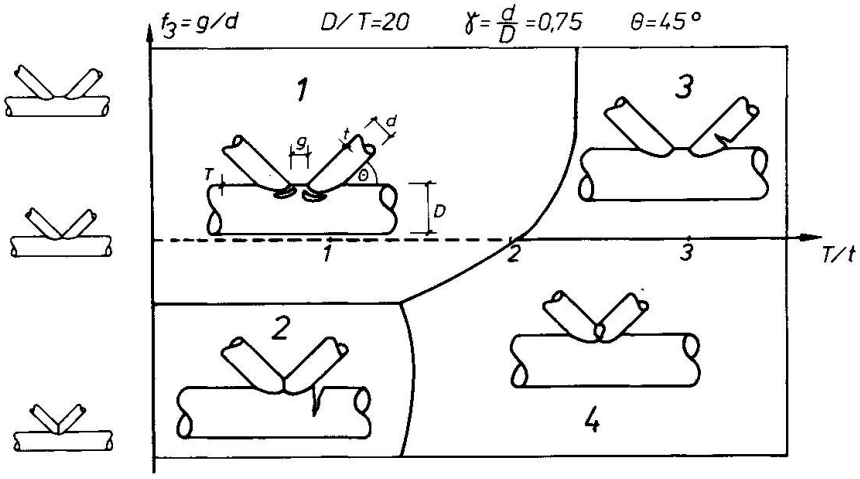


Bild 2: Brucharten bei Hohlprofil-Knotenpunkten

Für größere Überlappungen und kleine T/t-Verhältnisse bricht der Gurtstab quer zur Längsachse des Gurtrohres. (Feld 2) Wird an dem gleichen Knoten die Wanddicke des Gurtstabes vergrößert, tritt der Bruch für den Fall gleicher Diagonalstababmessungen im Überlappungsbereich der Diagonalen auf. (Feld 4) In den Grenzbereichen der Bruchfelder sind Kombinationen dieser Brucharten möglich. Außer den hier kurz erläuterten Knotennachweisen muß für die Bruchfelder 1, 3 und 4 ein Nachweis zum Gurtstab unter Berücksichtigung der Schweißnahtkerbe durchgeführt werden.

3. Diagramme zum Knotennachweis

Auf der Basis der zuvorgenannten Analysen werden zur praktischen Anwendung Diagramme für Rund- und Rechteck-Hohlprofilknoten angeboten. Bild 3 zeigt die Diagramme für Rund- und Bild 4 für Rechteck-Hohlprofilknoten; weitere Diagramme können aus (1) entnommen werden. Als Bezugswert wird hier die Maximalspannung im Diagonalstab angegeben.

Aus diesen und ähnlichen Diagrammen können für bestimmte Durchmesser- bzw. Breitenverhältnisse in Abhängigkeit vom Wanddicken-Verhältnis und vom Spalt- bzw. Überlappungs-Verhältnis (ausgedrückt als g/b bzw. g/d) die ertragbaren Oberspannungen bei $2 \cdot 10^6$ Lastwechseln abgelesen werden. Die für Rund-Hohlprofilknoten aus diesen Diagrammen ablesbaren Werte gelten für eine 95 %ige Überlebenswahrscheinlichkeit und die für Rechteck-Hohlprofile für eine 50 %ige Überlebenswahrscheinlichkeit. Diese Werte müssen je nach Anwendungsfall mit einem Sicher-

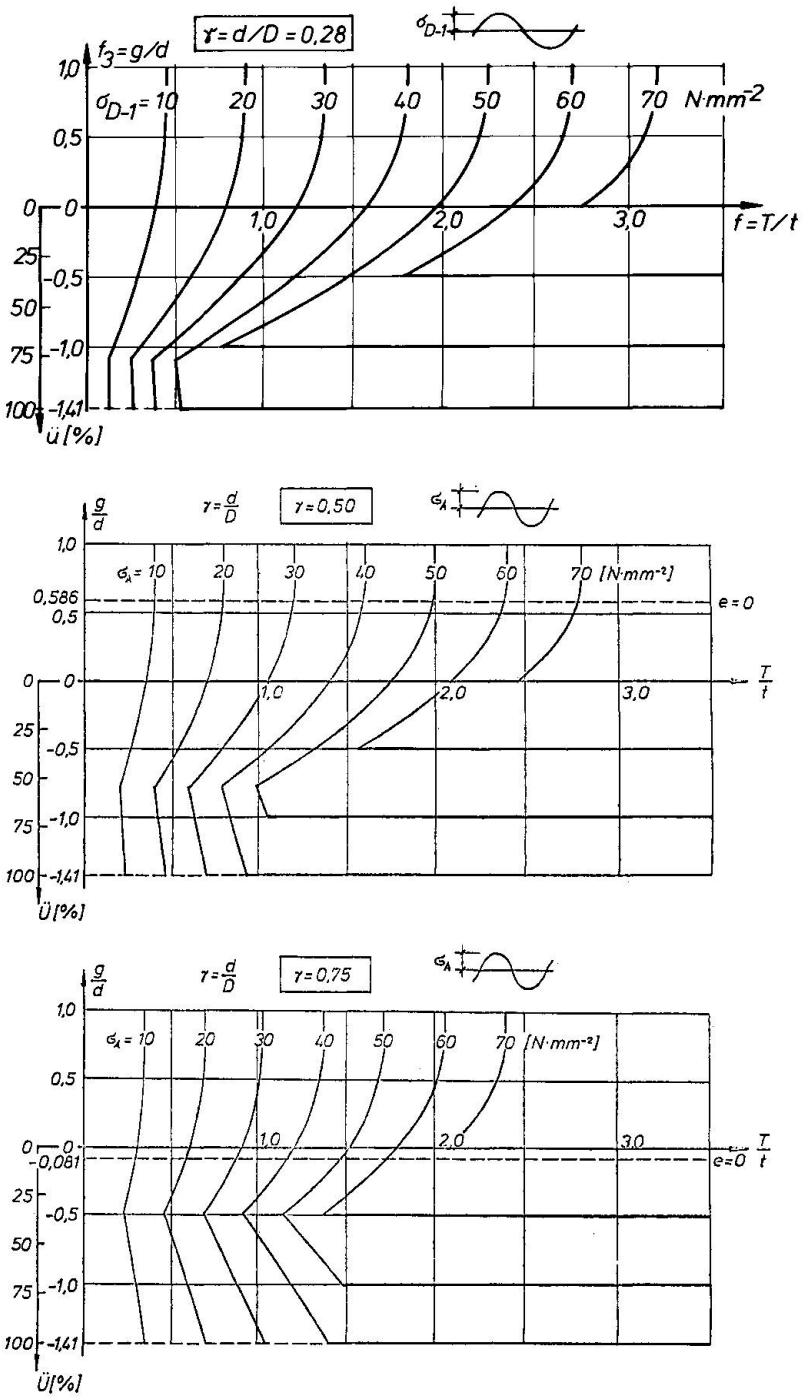
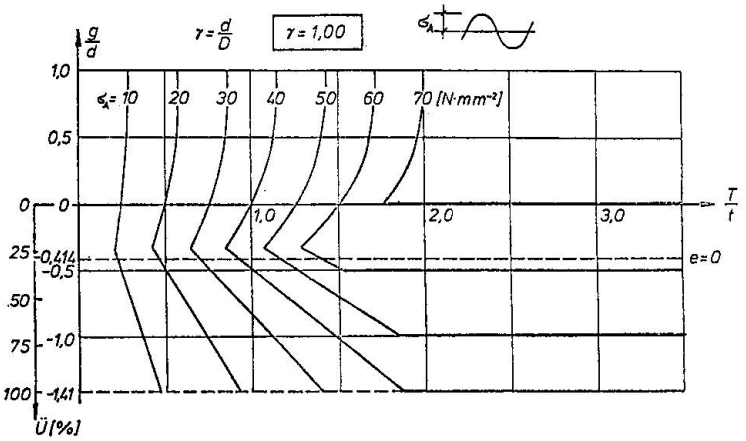


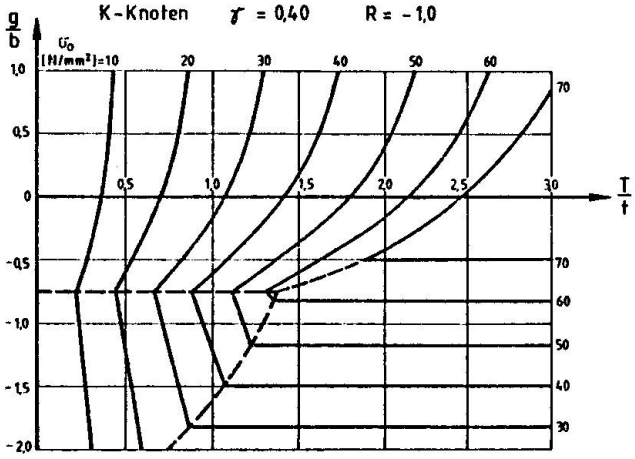
Bild 3: Bemessungsdiagramme für K-Knoten aus Rund-Hohlprofilen ($P_{ü}$ = 95 %)

heitsfaktor vermindert werden, welcher z.B. zwischen 1,2 und 1,5 liegen könnte.

Für andere Grenzspannungsverhältnisse als R = -1 sowie für den Zeitfestigkeitsbereich muß die Diagonalspannung mit Hilfe dimensionsloser Faktoren umgerechnet werden. Hierzu können z.B. die Formeln der DIN 15 018 angewendet werden. Die Abweichungen betrugen beim Vergleich mit den Versuchswerten maixmal 12 %.



Noch zu Bild 3



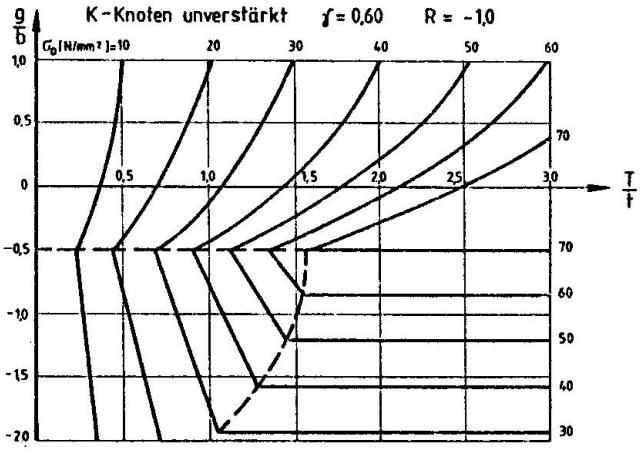


Bild 4: Bemessungsdiagramme für K-Knoten aus Rechteck-Hohlprofilen ($P_{ü}$ = 50 %)

Die Umrechnung für den Zeitfestigkeitsbereich erfolgt über die unten angegebene Formel:

$$\log.\ \sigma_{max,nenn} = \frac{6{,}3 + K \cdot \log \sigma_{Diagr} - \log N_B}{K}$$

Darin bedeuten:

K ..... Maß für die Steigerung der Wöhlerlinie

σ_{Diagr} ..... Oberspannung aus dem Bemessungsdiagramm für $2 \cdot 10^6$ Lastwechsel bei R = -1,0

N_B ..... erwartete Lastspielzahl

$\sigma_{max,nenn}$ .. maximal zulässige Nennspannung für die Lastwechselzahl N_B

Die K-Faktoren können in Abhängigkeit von der Geometrie und vom Werkstoff aus der unten angegebenen Tabelle entnommen werden.

Werkstoff	K-Faktoren Rund-Hohlprofile Spalt	Rund-Hohlprofile überlappt	Rechteck-Hohlprofile Spalt	Rechteck-Hohlprofile überlappt
St 37	5,0	6,5	5,0	4,0
St 52	4,5	6,0	5,0	4,0
St E 690	4,0	5,5	--	--

Die Grenzen der einzelnen Brucharten verlagern sich in Abhängigkeit vom Durchmesserverhältnis d/D. Außerdem ist damit die Höhe der ertragbaren Dauerschwingspannung unterschiedlich.

4. Fachwerkknoten mit örtlichen Verstärkungen

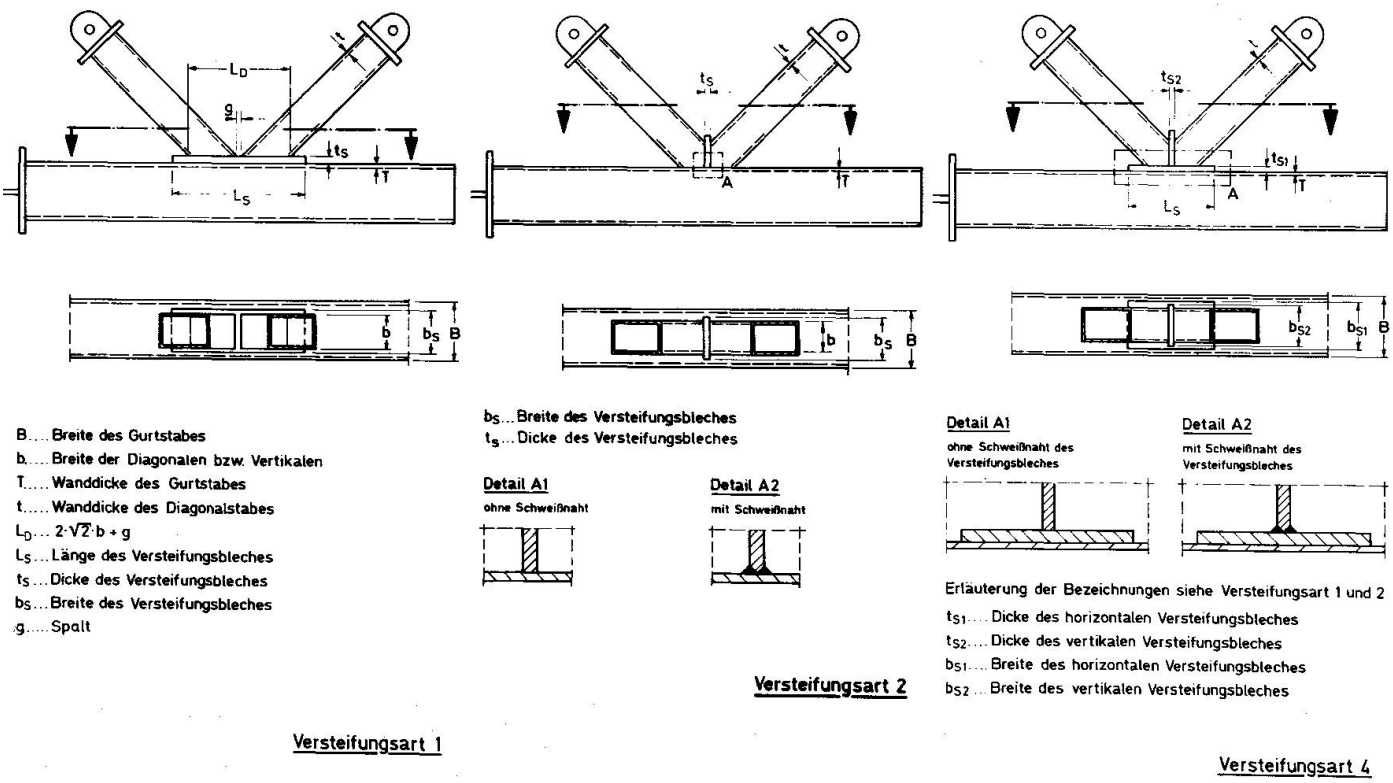


Bild 5: Versteifungsarten mit den zugehörigen maßgebenden Parametern

Die vorgestellten Bemessungsdiagramme für Rund- und Rechteck-Hohlprofile sind nur zutreffend für unmittelbar miteinander verschweißte Rohre.

Zur Steigerung der Zeit- und Dauerfestigkeit von Rechteck-Hohlprofil-Knotenpunkten kommen verschiedene Versteifungsarten in Betracht (siehe Bild 5).

Von diesen Versteifungsarten wurde die Form 1 bis jetzt ausführlich untersucht. Die Bilder 6 und 7 geben entsprechende Wöhlerlinien vergleichend wieder.

Die Steigerung der Zeit- und Dauerfestigkeit für die Versteifungsart 1 ist in den Bildern 6 und 7 in Abhängigkeit von der Dicke des Versteifungsbleches im Vergleich mit einem unausgesteiften Knotenpunkt zu entnehmen.

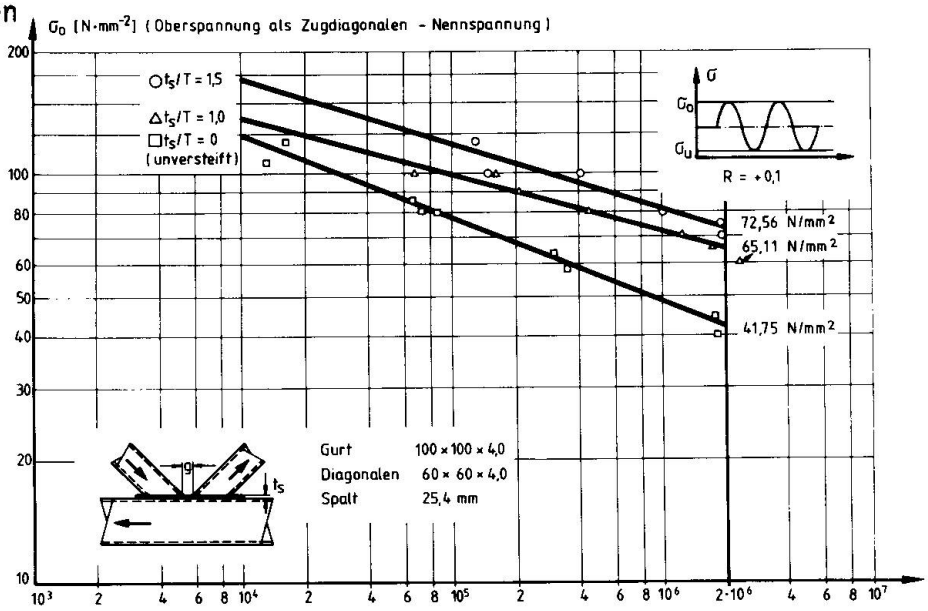


Bild 6: Steigerung der Zeit- und Dauerfestigkeit mit zunehmender Verstärkungs-Blechdicke

Solche Versteifungsarten werden insbesondere im Bereich der Auflager angewandt, wo aus statischen Gründen größere Diagonalkräfte und kleinere Gurtkräfte auftreten. Dies führt zu einer wirtschaftlichen Bemessung solcher Fachwerke.

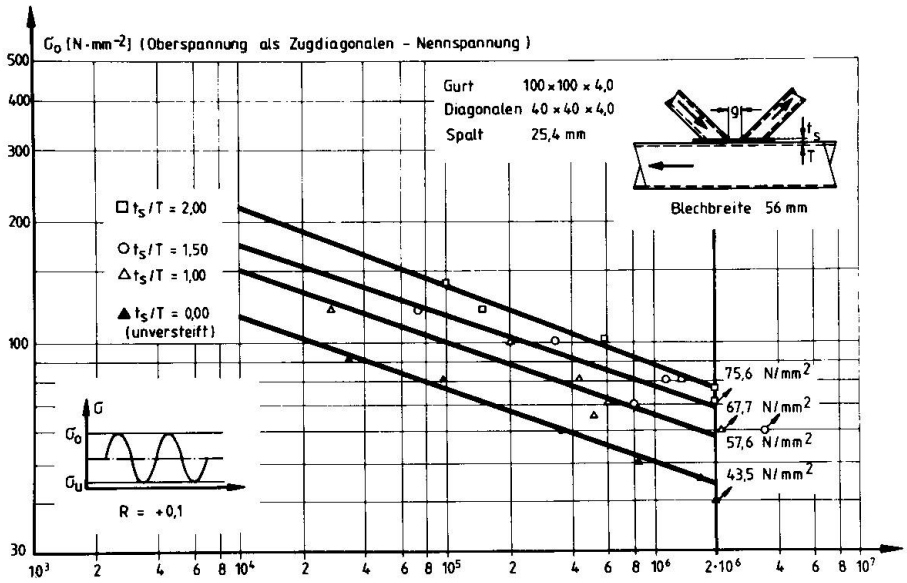


Bild 7: Steigerung der Zeit- und Dauerfestigkeit mit zunehmender Verstärkungs-Blechdicke

Die Wahl der optimalen Verstärkungsblech-Länge und Breite wird z.Zt. untersucht. Aus Bild 8 geht z.B. hervor, daß bei einem Breitenverhältnis b/B = 0,4 eine Verstärkungsblechbreite von 56 mm höhere Zeit- und Dauerfestigkeitswerte liefert als jene mit 80 mm. Dies ist auf die wachsende "Weichheit" des Aussteifungsbleches mit zunehmender Breite zurückzuführen. Es werden nämlich die Zusatzbiegungen infolge der Verformungen des Aussteifungsbleches größer.

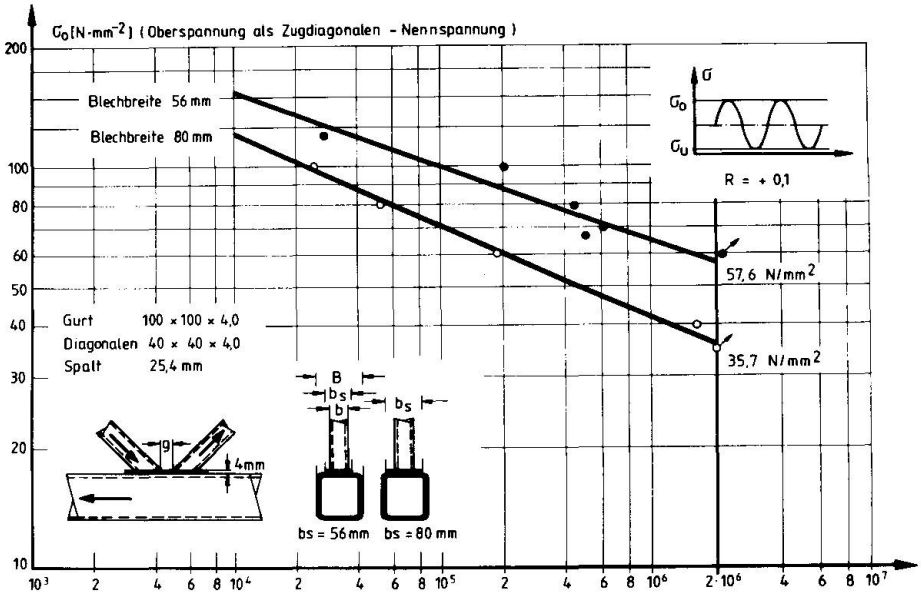


Bild 8: Einfluß der Blechbreite auf die Zeit- und Dauerfestigkeit

Eine kurze Versteifungsblechlänge ist gemäß Bild 9 im Falle des Knotens mit Spalt vorteilhaft.

Ab einem bestimmten Längenmaß für das Versteifungsblech ist kein Einfluß mehr feststellbar. Bei überlappten Knotenpunkten, die in unversteifter Ausführung durch Gurtbrüche (Bruchart 2 gem. Bild 2) quer zur Gurtlängsachse versagen, wird sich durch diese Versteifungsart und größere Blechlängen eine Zeit- und Dauerfestigkeitssteigerung erreichen lassen. Dabei wird nämlich im kritischen Bereich

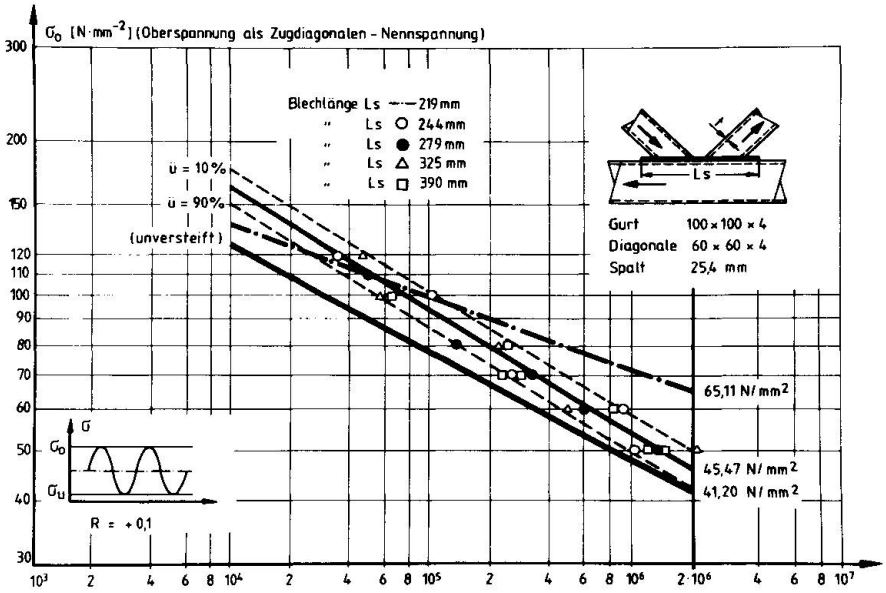


Bild 9: Einfluß der Blechlänge auf die Zeit- und Dauerfestigkeit

anstelle einer Quernaht eine durchlaufende Längsnaht vorliegen und die im Knotenbereich maßgebenden Beanspruchungen durch die zusätzliche Versteifungsplatte abgemindert werden.

Die zusätzliche Erhöhung der Zeit- und Dauerfestigkeit durch die Versteifungsart 4 ist im Vergleich mit den Daten zur Versteifungsform 1 in Bild 10 erkennbar.

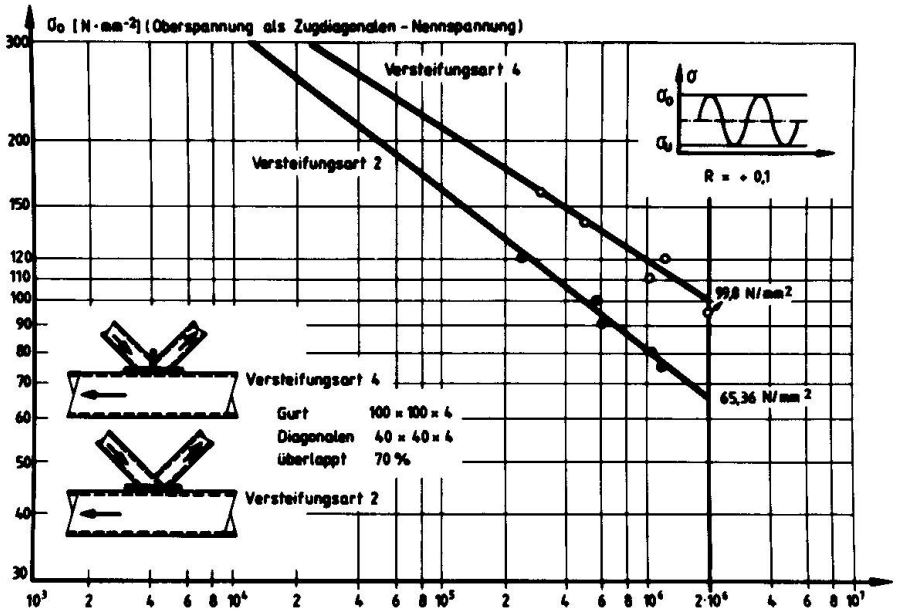


Bild 10: Vergleich verschiedener Versteifungsarten

Daß die gleichen Tendenzen bei den verstärkten Knotenpunkten wie bei den unverstärkten Knoten bezüglich der Auswirkung von Überlappungen gelten (g/b-Verhältnis), ist aus dem Bild 11 erkennbar. Eine 70 %-Überlappung ist nicht günstiger als jene mit 37 % Überlappung.

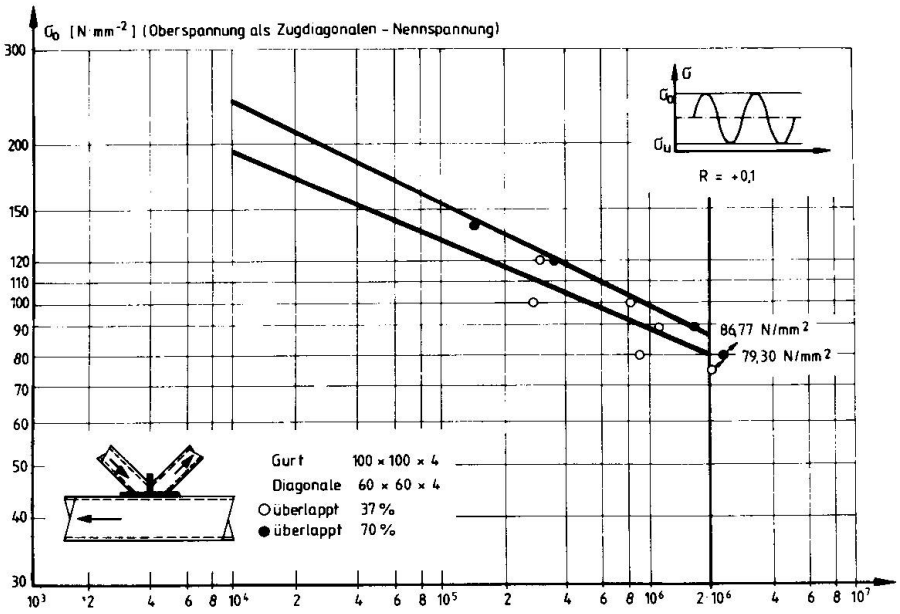


Bild 11: Auswirkungen von Überlappungsverhältnissen auf die Zeit- und Dauerfestigkeit von Knotenpunkten, verstärkt gemäß Form 4

5. Anwendungsfälle

Die vorgestellten Bemessungsgrundlagen konnten in den letzten Jahren mehrfach angewendet werden. Einige Bauwerke werden nachfolgend vorgestellt:

5.1 Lion's Gate Bridge in Vancouver-Canada

Die Hauptträger dieses teilweise zu erneuernden Bauwerkes sind als Fachwerkträger, mit aus Blechen zusammengesetzten Kastenträgern als Gurte, ausgebildet. Die Füllstäbe sind Rechteck-Hohlprofile. Die Knotennachweise wurden nach der behandelten Bruch-Kriterien-Methode geführt. Die Schweißnähte der Gurte wurden zusätzlich untersucht. Danach ergab sich, daß die Schweißnahtausführung nach Detail F auch für Detail E ausreichend ist, wenn wegen der Terrassenbruchgefahr des Stegbleches die Knotenvorbereitung am Stegblech ausgeführt wird. Die Schweißnahtdetails der Knotenpunkte sind dem Bild 13 zu entnehmen.

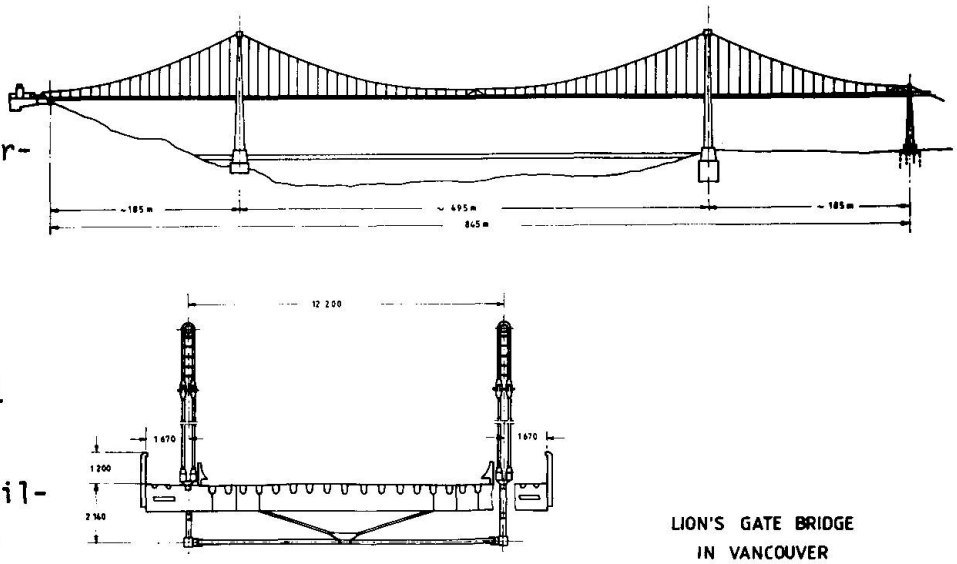


Bild 12: Gesamtansicht und Querschnitt der Brücke

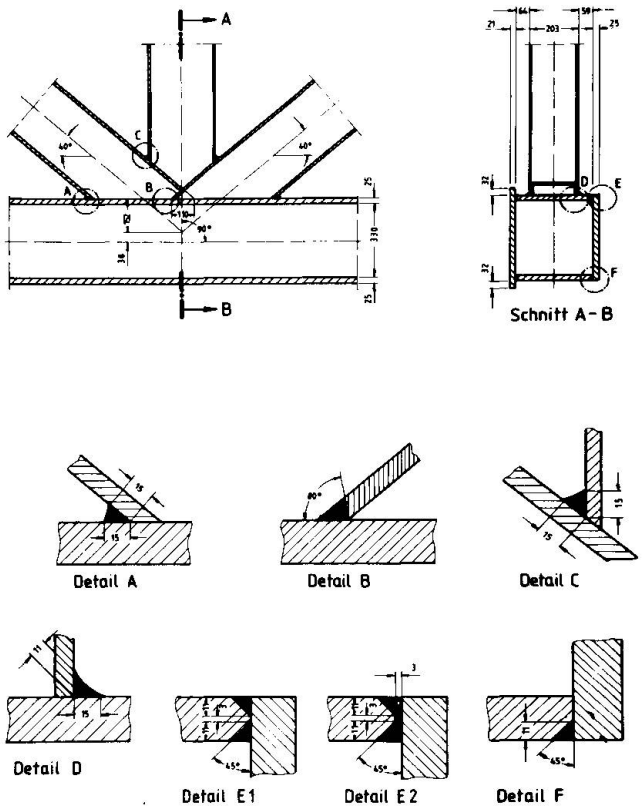


Bild 13: Die ursprünglichen Schweißnahtdetails der Brücke

5.2 Überdachung des Flugzeughangars Singapur

Die größte Überdachung für einen Flugzeughangar ohne Zwischenstützen, mit den Grundrißabmessungen von ca. 220 m x 100 m wurde aus Rund-Hohlprofilen gebaut. Das statische System ist durch einen Diagonalrost gebildet, welcher im Bereich der großen Öffnung von einem räumlichen Randträger gestützt ist. Da am Dach verschiedene bewegliche Krananlagen und Wartungsplattformen montiert sind, wurde das Bauwerk für eine Lastwechselzahl von 100.000 der Maximalgröße bemessen. Die größten Rohrabmessungen des Daches, im Bereich der großen Seitenöffnung betragen Ø 813 x 60 mm. Das Bild 14 zeigt dieses Dach im Vormontagezustand in Bodennähe. Nach fertigstellung ist die Anhebung in die Endposition vorgesehen.

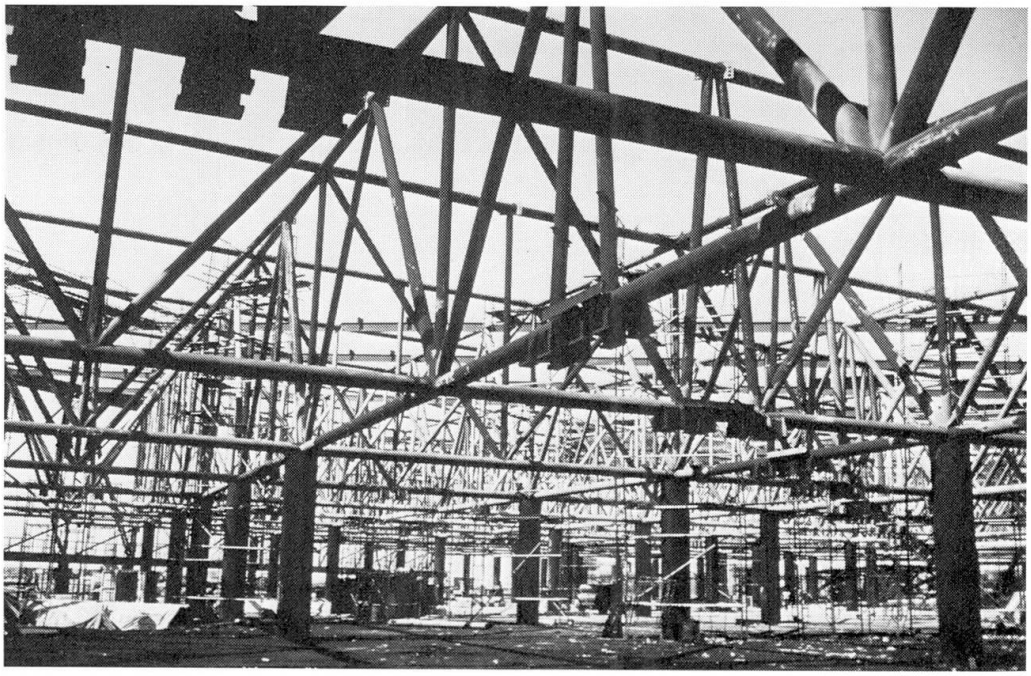


Bild 14: Montagezustand; das Dach liegt auf den Hilfsstützen

Literatur

1) Mang, F., D. Dutta und J. Wardenier: "Schwingfestigkeitsverhalten geschweißter Hohlprofilverbindungen". Herausgeber: Beratungsstelle für Stahlverwendung, Düsseldorf, November 1981, ca. 400 Seiten

2) Mang, F., J. Wardenier, Ö. Bucak und D. Dutta: "Zeit- und Dauerfestigkeit von einfachen geschweißten Fachwerkknoten aus Rund-Hohlprofilen". November 1980 Herausgeber: Studiengesellschaft für Anwendungstechnik von Eisen und Stahl e.V., Düsseldorf

3) Mang, F. : Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben "Untersuchungen an Knotenpunkten aus Rechteck-Hohlprofilen mit örtlichen Verstärkungen".(unveröffentlicht) AIF-Nr. 4133, DVS-Nr. 9.078, März 1981