



MINISTERIALBLÄTT

FÜR DAS LAND NORDRHEIN-WESTFALEN

45. Jahrgang

Ausgegeben zu Düsseldorf am 2. März 1992

Nummer 16

Inhalt

I.

Veröffentlichungen, die in die Sammlung des bereinigten Ministerialblattes für das Land Nordrhein-Westfalen (SMBI. NW.) aufgenommen werden.

Glied-Nr.	Datum	Titel	Seite
232343	22. 1. 1992	RdErl. d. Ministeriums für Bauen und Wohnen Bemessung und konstruktive Gestaltung von Tragwerken aus dünnwandigen kaltgeformten Bauteilen – DAST-Richtlinie 016 –	380

II.

Veröffentlichungen, die **nicht in die Sammlung des bereinigten Ministerialblattes für das Land Nordrhein-Westfalen (SMBI. NW.) aufgenommen werden.**

Datum	Seite
Hinweise	
Inhalt des Gesetz- und Verordnungsblattes für das Land Nordrhein-Westfalen	
Nr. 7 v. 7. 2. 1992	435
Nr. 8 v. 11. 2. 1992	435
Nr. 9 v. 13. 2. 1992	435
Nr. 10 v. 14. 2. 1992	435

I.

232343

**Bemessung
und konstruktive Gestaltung von Tragwerken
aus dünnwandigen kaltgeformten Bauteilen**

– DAST-Richtlinie 016 –

RdErl. d. Ministeriums für Bauen und Wohnen
v. 22. 1. 1992 – II B 4-480.109

- 1 Die DAST-Richtlinie 016 (Ausgabe Juli 1988) wird hiermit nach § 3 Abs. 3 der Landesbauordnung (BauO NW) als technische Baubestimmung (Richtlinie) bauaufsichtlich eingeführt. Soweit sie Prüfbestimmungen enthält, wird sie als Richtlinie für die Überwachung nach § 24 BauO NW anerkannt.

Antage Die Richtlinie ist als Anlage abgedruckt.

- 2 Bei Anwendung der DAST-Richtlinie 016, Ausgabe Juli 1988, ist folgendes zu beachten:

2.1 Zu Abschnitt 1.2 (Elemente 106, 107 und 108):

Die Verwendung von Bauteilen oder Tragwerken, bei denen der Gültigkeitsbereich der Bemessungsregeln überschritten wird, bedarf im Sinne von § 21 BauO NW eines Nachweises der Brauchbarkeit für den Verwendungszweck, z.B. durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung.

Dies gilt insbesondere für Bauteile oder Konstruktionen

- bei denen die Grenzwerte der b/t-Verhältnisse nach Abschnitt 2.5 überschritten werden,
- für deren Herstellung Stahlsorten verwendet werden sollen, die den Anforderungen nach Abschnitt 2.1, Element 204, nicht entsprechen,
- bei denen Verbindungselemente eingesetzt werden sollen, die nicht genormt oder bauaufsichtlich zugelassen sind,
- bei denen die stützende Wirkung nichtmetallischer Bauglieder (z.B. aus mineralischen Werkstoffen oder Holzwerkstoffen), für die nicht in anderen Normen diesbezügliche Regelungen bestehen, zur Stabilisierung herangezogen wird.

Dies gilt auch für den Nachweis der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit durch Versuche entsprechend Element 107, bis der noch in Bearbeitung befindliche Anhang C vorliegt und bauaufsichtlich eingeführt ist.

Für Bauteile, die nach dieser Richtlinie allein rechnerisch beurteilt werden können, werden für Nachweise aufgrund von Versuchen keine Zulassungen erteilt.

2.2 Hinweis zum Brandverhalten von Haupttraggliedern aus dünnwandigen Bauteilen

Der Brandschutz ist nicht Gegenstand dieser Richtlinie. Seine Notwendigkeit ist in Abhängigkeit von der Art, Nutzung und Konstruktion der baulichen Anlage im Einzelfall zu prüfen und festzulegen.

3 Überwachung:

Nach § 24 der Verordnung über bautechnische Prüfungen (BauPrüfVO) dürfen dünnwandige Bauteile (kaltgeformte Bleche aus Baustahl im Hochbau) nur verwendet werden, wenn ihre Herstellung einer Überwachung unterliegt, bestehend aus Eigen- und Fremdüberwachung.

Als fremdüberwachende Stellen können auch Zertifizierungs- und Überwachungsstellen anderer Mitgliedstaaten eingeschaltet werden, die entsprechend dem Verfahren nach Art. 16 Abs. 2 der Richtlinie 89/106/EWG vom 21. Dezember 1988 für diesen Zweck zugelassen sind.

- 4 Bezuglich der in der DAST-Richtlinie 016, Ausgabe Juli 1988 zitierten Normen gilt, daß auch Produkte und/oder Verfahren angewandt werden dürfen, die Normen anderer Staaten entsprechen, sofern für den Anwendungsfall die Gleichwertigkeit mit der zitierten Norm und die Verträglichkeit mit der DAST-Richtlinie 016, Ausgabe Juli 1988, festgestellt und anerkannt wurde.

- 5 Prüfungen, die von Prüfstellen anderer EG-Mitgliedstaaten erbracht werden, können ebenfalls anerkannt werden, sofern die Prüfstellen nach Art. 16 Abs. 2 der Richtlinie 89/106/EWG vom 21. Dezember 1988 hierfür von einem anderen Mitgliedstaat der Gemeinschaft anerkannt worden sind.

- 6 Das Verzeichnis der nach § 3 Abs. 3 BauO NW eingeführten technischen Baubestimmungen – Anlage zum RdErl. v. 22. 3. 1985 (SMBL. NW. 2323) – erhält im Abschnitt 5.4 folgende Ergänzung:

Spalte 2: Juli 1988

Spalte 3: Richtlinie für die Bemessung und konstruktive Gestaltung von Tragwerken aus dünnwandigen kaltgeformten Bauteilen

Spalte 4: 22. 1. 1992

Spalte 5: MBL. NW. S. 380.
SMBL. NW. 232343

Spalte 6: x

- 7 Weitere Stücke der DAST-Richtlinie 016, Ausgabe Juli 1988, sind bei der Stahlbau-Verlags-GmbH, Ebertplatz 1, 5000 Köln 1, erhältlich.

Deutscher Ausschuß für Stahlbau DAST

1988

Bemessung und konstruktive Gestaltung von Tragwerken aus dünnwandigen kaltgeformten Bauteilen

– DAST-Richtlinie 016 –

INHALT**Vorwort****Vorbemerkungen****1 Allgemeines**

- 1.1 Anwendungsbereich
- 1.2 Grundsätzliches zum Nachweis
- 1.3 Begriffe und Formelzeichen
- 1.3.1 Koordinaten, Verschiebungs- und Schnittgrößen
- 1.3.2 Werkstoffkenngrößen
- 1.3.3 Geometrische Größen
- 1.3.4 Stabkennwerte, Systemwerte
- 1.3.5 Begriffe
- 1.4 Bautechnische Unterlagen

2 Voraussetzungen und Festlegungen

- 2.1 Werkstoffe
- 2.2 Zulässige Maß- und Formabweichungen
- 2.3 Biegeradien
- 2.4 Rechnerische Stahlkerndicken
- 2.5 Grenzwerte von Profilabmessungen beim rechnerischen Nachweis
- 2.6 Verbindungstechnik
- 2.7 Korrosionsschutz

3 Bemessungsgrundlagen

- 3.1 Allgemeines
- 3.2 Sicherheitskonzept
- 3.3 Berechnungsverfahren zum Tragsicherheitsnachweis
- 3.4 Ersatzimperfektionen
- 3.4.1 Ansatz der Ersatzimperfektionen
- 3.4.2 Zahlenwerte für Ersatzimperfektionen
- 3.5 Berücksichtigung von Ausrundungen
- 3.6 Rechenwerte der Streckgrenze
- 3.7 Wirsame Querschnitte druck- oder biegebeanspruchter Teilflächen bei Berücksichtigung örtlichen Beulens
- 3.7.1 Grenzzustand der Tragfähigkeit
- 3.7.1.1 Allgemeines
- 3.7.1.2 Einseitig gelagerte Teilflächen
- 3.7.1.3 Beideitig gelagerte Teilflächen
- 3.7.2 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit
- 3.8 Berücksichtigung von Längsaussteifungen in Teilflächen
- 3.8.1 Einseitig gelagerte Teilflächen mit Randaussteifung
- 3.8.2 Sicken in beidseitig gelagerten Teilflächen

- 3.9 Einfluß breiter Gurte bei Biegebeanspruchung
- 3.9.1 Einfluß von Gurtdurchbiegungen
- 3.9.2 Einfluß ungleichmäßiger Spannungsverteilung im Gurt
- 3.10 Aussteifung von biege- und druckbeanspruchten Traggliedern
- 3.11 Berücksichtigung von Querschnittsverwölbungen
- 3.12 Zusammengesetzte Querschnitte
- 3.13 Tragwerksverformungen

4 Rechnerische Ermittlung der Tragfähigkeit von Bauteilen

- 4.1 Voraussetzung
- 4.2 Zugbeanspruchte Bauteile
- 4.3 Biegebeanspruchte Bauteile
- 4.3.1 Biegemomententragfähigkeit
- 4.3.2 Querkrafttragfähigkeit
- 4.3.3 Tragfähigkeit bei örtlicher Lasteinleitung am Auflager
- 4.3.4 Tragfähigkeit bei Biegung und Querkraft
- 4.3.5 Tragfähigkeit bei Biegung und Zug
- 4.3.6 Tragfähigkeit bei Biegung, Zug und Querkraft
- 4.3.7 Tragfähigkeit bei zweiachsiger Biegung und Zug
- 4.3.8 Beanspruchung bei Biegung und Torsion
- 4.4 Biegedrillknicken biegebeanspruchter Bauteile
- 4.4.1 Allgemeines
- 4.4.2 Vereinfachte Nachweise
- 4.4.3 Allgemeiner Nachweis
- 4.4.4 Vereinfachte Nachweise für Pfetten
- 4.5 Druckbeanspruchte einteilige Stäbe
- 4.5.1 Allgemeines
- 4.5.2 Planmäßig mittiger Druck
- 4.5.2.1 Biegeknicken
- 4.5.2.2 Biegedrillknicken
- 4.5.3 Einachsige Biegung mit Druck
- 4.5.3.1 Biegeknicken
- 4.5.3.2 Biegedrillknicken
- 4.5.4 Zweiachsige Biegung mit Druck
- 4.5.4.1 Biegeknicken
- 4.5.4.2 Biegedrillknicken
- 4.6 Mehrteilige einfeldrige Stäbe mit unveränderlichem Querschnitt und konstanter Normalkraft
- 4.7 Stabilisierung von Bauteilen durch flächenhafte Konstruktionen

5 Rechnerische Ermittlung von Tragfähigkeit von Stabwerken

<p>6 Ermittlung des Tragverhaltens durch Versuche</p> <p>6.1 Grundsätzliche Versuchsanforderungen 6.2 Allgemeines zu Traglastversuchen 6.3 Tragfähigkeit von Querschnitten 6.3.1 Zugversuche 6.3.2 Druckversuche 6.3.3 Biegeversuche 6.3.4 Querkraftversuche 6.3.5 Stegkrüppelversuche 6.4 Tragfähigkeit von Bauteilen 6.5 Tragfähigkeit von Tragwerken 6.6 Allgemeines zu Tragfähigkeitsversuchen für mechanische Verbindungen 6.7 Gebrauchstauglichkeit 6.8 Versuchsumfang und Auswertung der Versuchsergebnisse</p> <p>7 Verbindungen</p> <p>7.1 Allgemeines 7.2 Bemessungsgrundsätze 7.3 Schrauben mit Muttern 7.4 Gewindeformschrauben, Blindniete und Setzbolzen 7.5 Schweißverbindungen 7.5.1 Schweißverbindungen mit Flankenkehlnähten und/oder Stirnkehlnähten 7.5.2 Punktschweißverbindungen</p>	<p>8 Konstruktive Gestaltung</p> <p>8.1 Anschlüsse und Stöße 8.2 Einleitung von Einzellasten</p> <p>9 Überwachung und Kontrollmaßnahmen</p> <p>9.1 Allgemeines 9.2 Eigenüberwachung 9.2.1 Nachweis der Werkstoffeigenschaften 9.2.2 Nachweis der Profilabmessungen 9.2.3 Dokumentation 9.3 Fremdüberwachung (für jedes Herstellwerk) 9.3.1 Erst- bzw. Einzelprüfung 9.3.2 Regelprüfung 9.3.2.1 Art, Umfang, Häufigkeit 9.3.2.2 Beurteilung der Prüfungsergebnisse</p> <p>10 Kennzeichnung</p> <p>11 Zitierte Normen und Unterlagen</p>
--	--

Vorwort

Dünnwandige, kaltgeformte Bauteile werden in zunehmendem Ausmaß sowohl als Bauteile wie Pfetten, Riegel, Verbände und Kassetten für Dach- und Wandkonstruktionen als auch für Tragwerke wie Rahmen, Fachwerke und Schalen eingesetzt.

Einem dringendem Wunsch der Praxis entsprechend, hat der Deutsche Ausschuß für Stahlbau (DAST) die vorliegende "Richtlinie zur Bemessung und konstruktiven Gestaltung von Tragwerken aus dünnwandigen kaltgeformten Bauteilen" durch seinen Unterausschuß "Dünnwandige Bauelemente" erstellen lassen.

Die Richtlinie wurde in einem normenähnlichen Einspruchsverfahren der Fachwelt vorgestellt; sie wird daher von Seiten der Bauaufsicht wie eine entsprechende DIN-Norm behandelt.

Die Richtlinie wird begleitet durch Kommentare zu den Regelungen sowie durch ergänzende Anhänge mit Berechnungsbeispielen (A) und konstruktiven Hinweisen für den Anwender (B). Die Bemessungsregeln ergänzen das Regelwerk DIN 18 807. Die Berechnung der Beanspruchbarkeiten wurde auf die entsprechenden Formeln der künftigen DIN 18 800 abgestimmt.

Der DAST-Unterausschuß erarbeitete die Richtlinie unter der Obmannschaft von Prof. Tekn. dr. Hon DSc R. Baehre mit den Herren

Dipl.-Ing. Kf. Fick

Dipl.-Ing. A. Kniest

Dipl.-Ing. K.G. Kraemer

Dipl.-Ing. V. Krier

Prof. Dr.-Ing. habil. J. Lindner

Prof. Dipl.-Ing. F. Nather

Prof. Dr.-Ing. U. Peil

Dipl.-Ing. W. Riemann

Prof. Dr.-Ing. R. Schardt

Dr.-Ing. R.P. Voß

als Mitglieder, sowie den Herren Dipl.-Ing. Ebeling und Dr.-Ing. Kellner als beratende Gäste.

Für die umfassenden Vergleichsrechnungen sowie die Erarbeitung der Berechnungsbeispiele sei den Herren Dipl.-Ing. T. Gregull, J. Kech und R. Holz herzlich gedankt.

Diese Berechnungsbeispiele sollen den Anwendern verdeutlichen, daß unter Beachtung des wirksamen Querschnittes die Bemessung dünnwandiger, kaltgeformter Profile wie bei warmgewalzten Profilen erfolgen kann.

Dünnwandige, kaltgeformte Bauteile - im allgemeinen Sprachgebrauch "Kaltprofile" - werden aus ebenen Blechen durch Kaltumformung erzeugt. Das charakteristische Merkmal dieser Bauteile ist somit die Profilgestaltung mit einer Folge ebener Teilflächen, die am Anfang und Ende der Abwicklung entweder ungestützt sind oder Abkantungen in Form von Lippen oder Bördeln aufweisen. Die Dünnwandigkeit der Bauteile ist bei konstanter Blechdicke (t) durch die Schlankheitszahlen (b/t) von Teilflächen gekennzeichnet, bei denen unter Druckbeanspruchungen Beulerscheinungen vor Erreichen der Streckgrenze auftreten. Örtliches Beulen kann bezüglich der Auswirkungen auf die Tragfähigkeit und Steifigkeit der Kaltprofile durch eingeprägte Aussteifungen (z.B. Sicken) der Teilflächen günstig beeinflußt werden.

Die Tragfähigkeit eines kompakten Kaltprofils, d.h. bei geringen Schlankheitszahlen der Teilflächen und ausreichend gestützten Profilrändern, unterscheidet sich von dem normalen, warmgewalzten Stahlbauprofil nur insofern, daß bei der Walzprofilierung die Streckgrenze im Kantenbereich, bezogen auf die Profilierrichtung, angehoben wird. In der Richtlinie ist hierfür die Abhängigkeit der Streckgrenzerhöhung von den Biegeradien und Blechdicken pauschal für den Gesamtquerschnitt berücksichtigt.

Mit zunehmender Schlankheit der Teilflächen gewinnt das örtliche Beulen im Bereich der Druck- bzw. Biegedruckspannun-

gen Bedeutung für das Tragverhalten, wobei jedoch vor allem bei der zweiseitig gelagerten Teilfläche nach dem Ausbeulen ein stabiler, sogenannter Nachbeulbereich existiert, der eine weitere Laststeigerung erlaubt. Hierbei wird die homogene Spannungsverteilung einer druckbeanspruchten Teilfläche jedoch abgelöst durch eine mit zunehmender Beanspruchung immer stärker nichtlinearen Spannungsverteilung mit einer Spannungskonzentration an den Längsrändern (Bild 1).

Die dieses Problem beschreibenden Differentialgleichungen sind für eine baupraktische Bemessung nicht geeignet, zumal infolge der geometrischen Imperfektion keine Gleichgewichtsverzweigung vorliegt, sondern eine progressive Zunahme der Verformungen entsprechend Bild 2 auftritt.

Ausgehend von dem Formänderungsverhalten und der Spannungsverteilung beim ausgebeulten Plattenstreifen entwickelte v. Karman das Berechnungsmodell der

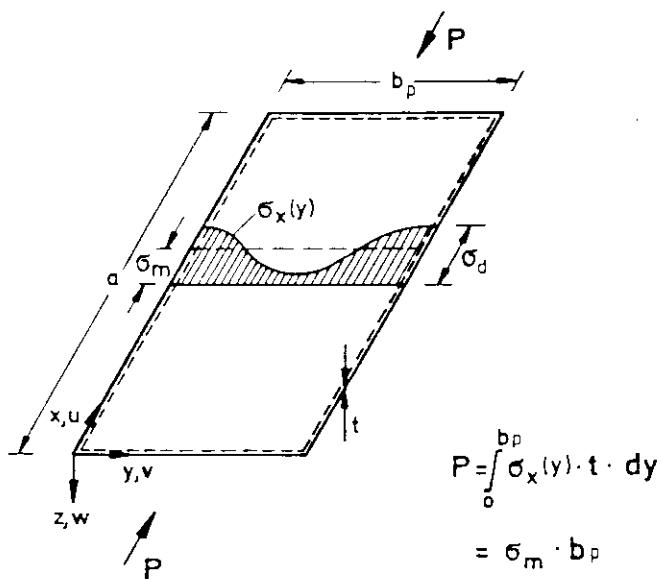


Bild 1: Spannungsverteilung im Nachbeulbereich

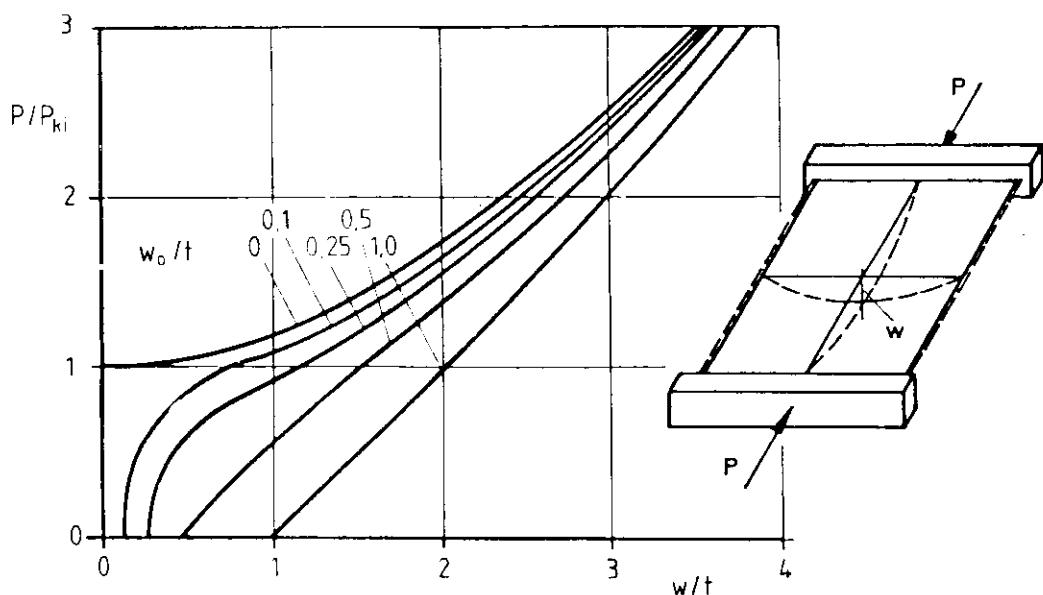


Bild 2: Verformungen w/t in Abhängigkeit vom Verhältnis P/P_{ki} bei verschiedenen Vorverformungen w_0/t

"wirksamen Breite", das sich aus der Bedingung gleicher Tragfähigkeit des wirklichen Plattenstreifens der Breite b bei Erreichen der kritischen Beulspannung σ_{Ki} und des wirksamen Plattenstreifens der Breite b_{ef} bei Erreichen einer konstanten Druckspannung σ_d ergibt. Die Bedingung lautet dann

$$\frac{b_{ef}}{b} = \sqrt{\frac{\sigma_{Ki}}{\sigma_d}},$$

wobei σ_d höchstens die Streckgrenze β_s erreichen darf (Bild 3).

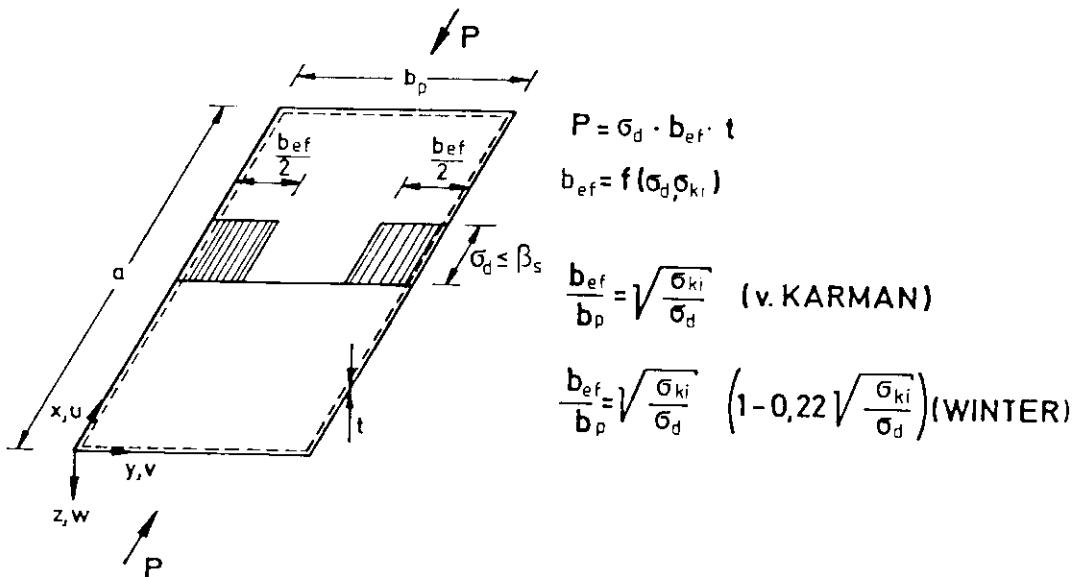


Bild 3: Berechnungsmodell der wirksamen Breite

Dieser Ansatz der wirksamen Breite gilt streng nur für die ideal ebene Teilfläche. Die unvermeidlichen Imperfektionen in Form von Vorverformungen reduzieren die wirksame Breite und führen für Bauteile zu dem halbempirischen Ansatz

$$\frac{b_{ef}}{b} = \sqrt{\frac{\sigma_{Ki}}{\sigma_d}} \left(1 - 0,22 \sqrt{\frac{\sigma_{Ki}}{\sigma_d}}\right),$$

der sog. "Winter-Formel".

Die in der Richtlinie verwendete Schreibweise
(Gl. (314 b)) mit $\psi = 1,0$
d.h. konstanter Normalspannung

$$\beta = \frac{b_{ef}}{b_p} = \frac{1}{\lambda_p} \left(1 - \frac{0,22}{\lambda_p}\right)$$

und mit der bezogenen Schlankheit λ_p nach Gl. (310)

$$\lambda_p = \sqrt{\frac{\sigma_d}{\sigma_{Ki}}} = \frac{1,052}{\sqrt{k_\sigma}} \cdot \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_d}{E}}$$

erlaubt direkt die Berücksichtigung verschiedener k_σ -Werte in Abhängigkeit von den Randbedingungen sowie die Darstellung der wirksamen Breite in Abhängigkeit von der bezogenen Schlankheit der Teilfläche.

Der Referenzwert ist hierbei stets der

$$P = \sigma_d \cdot b_{ef} \cdot t$$

$$b_{ef} = f(\sigma_d, \sigma_{Ki})$$

$$\frac{b_{ef}}{b_p} = \sqrt{\frac{\sigma_{Ki}}{\sigma_d}} \quad (\text{v. KARMAN})$$

$$\frac{b_{ef}}{b_p} = \sqrt{\frac{\sigma_{Ki}}{\sigma_d}} \left(1 - 0,22 \sqrt{\frac{\sigma_{Ki}}{\sigma_d}}\right) \quad (\text{WINTER})$$

für die aktuellen Randbedingungen und Spannungsverteilungen geltende Beulfaktor k_σ .

Als Grenzwert der Beanspruchbarkeit der Teilfläche gilt

$$\sigma_d = \beta_s.$$

Es sei hier vermerkt, daß - ähnlich wie beim Beulen unter Normalspannungen - auch beim Schubbeulen ein Nachbeulbereich vorhanden ist, der umso ausgeprägter ist, je größer die Schlankheitszahl (b/t) der querkraftübertragenden Teilflächen ist. Die Beulkurven der Tabelle 401 tragen diesem Verhalten Rechnung, wobei unterschieden wird zwischen ausgesteiften und unausgesteiften Stegblechen.

Wie eingangs ausgeführt, wird das örtliche Beulen durch Aussteifungen wie Bördel oder Sicken günstig beeinflußt. Die strenge Lösung des Problems ausgesteifter Platten wird im Rahmen der Richtlinie durch ein Näherungsverfahren ersetzt, bei dem die Aussteifung mit einer zugeordneten Anschlußfläche der ebenen Teilflächen als Druckstab mit elastischer Bettung betrachtet wird. Die Größe der elastischen Bettung ergibt sich dabei aus der Querbiegesteifigkeit der anschließenden ebenen Teilflächen unter Berücksichtigung der Randbedingungen. Die Größe der aufnehmbaren Normalkraft des Druckstabes ergibt sich aus einer zugeordneten Knickspannungskurve ($\sigma_K = \kappa \cdot \beta_S$) für die bezogene Schlankheit $\lambda = \sqrt{\beta_S / \sigma_{Ki}}$, wobei σ_{Ki} die Knickspannung des elastisch gebetteten Druckstabes ist.

Beim Druckstab mit planmäßig zentrischer Normalkraft ist zu berücksichtigen, daß infolge der anzunehmenden Krümmung des Stabes kein Verzerrungsproblem, sondern ein Spannungsproblem II. Ordnung vorliegt und daß somit im Traglastzustand keine gleichmäßige Druckspannung, sondern ein Spannungsgradient vorhanden ist. Das bedeutet, daß eine Schwerpunktverschiebung infolge der auf der Druckseite reduzierten wirksamen Quer-

schnittsteile auftritt, und zwar in Ausweichrichtung des Stabes (vgl. Bild 403 der Richtlinie). Diese Schwerpunktverschiebung ist im Ansatz für die Bestimmung des Abminderungsbeiwertes κ berücksichtigt. Bei einfach-symmetrischen Querschnitten (z.B. C-Profilen) ist es wichtig, die Ausweichrichtung zu bestimmen, für die die Traglast N_u ein Minimum annimmt.

Für Stäbe unter Normalkraft und ein- oder zweiachsiger Biegung sind wie in DIN 18 800 Teil 2 Interaktionsbeziehungen angegeben, die eine sichere Abschätzung der Tragfähigkeit erlauben. Die Bemessung darf aber auch mit den Schnittgrößen nach Theorie II. Ordnung erfolgen – ein Verfahren, das sich beim Rechnereinsatz empfiehlt.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß unter Berücksichtigung des Konzeptes der wirksamen Breiten der Querschnittsteilflächen die Bemessung von Stäben und Stabwerken in gleicher Weise erfolgt wie bei dickwandigen Bauteilen; die Übereinstimmung der Nachweisformate von DAST-Richtlinie 016 und DIN 18 800 erlaubt eine problemlose Anwendung dieser Richtlinie für die Bemessung dünnwandiger kaltgeformter Bauteile.

Vorbemerkungen

Der Richtlinie sind Kommentare, Literaturhinweise und Anhänge zum besseren Verständnis des Tragverhaltens dünnwandiger Bauteile zugeordnet.

Im Anhang A sind Berechnungsbeispiele für dünnwandige, kaltgeformte Querschnitte und Bauteile angegeben.

Der Anhang B enthält praktische Hinweise für den Anwender.

Der Anhang C^{*)} enthält Bestimmungen zur Durchführung und Auswertung von Versuchen zum Nachweis der Brauchbarkeit und ist wie die Richtlinie selbst als Regelwerk anzuwenden.

1 Allgemeines1.1 Anwendungsbereich

101 - In dieser Richtlinie wird die Bezeichnung und konstruktive Gestaltung dünnwandiger, kaltgeformter Bauteile und hieraus gebildeter Tragwerke unter vorwiegend ruhender Belastung geregelt. Die Richtlinie ist gültig für Nennblechdicken $t_N \geq 1,0$ mm.

102 - Die in dieser Richtlinie erfaßten Bauteile sind durch Kaltumformen (Gesenkbiegepressen, Ziehen, Walzprofilieren oder Schwenkbiegen) aus flachgewalztem Grundmaterial hergestellt.

103 - Regelungen für Sonderformen kaltgeformter Bauteile sind auch in anderen technischen Baubestimmungen enthalten,

z.B.

- DIN 18 807 Trapezprofile im Hochbau;
Stahltrapezprofile
- DIN 18 808 Tragwerke aus Hohlprofilen unter vorwiegend ruhender Beanspruchung und
- DIN 18 914 Dünnwandige Rundsilos aus Stahl.

104 - In Fällen, für die diese Richtlinie keine Regelungen enthält, gelten die Normen der Reihe DIN 18 800.

1.2 Grundsätzliches zum Nachweis

105 - Tragwerke sollen mit angemessener Zuverlässigkeit während ihrer vorgesehenen Lebensdauer

- möglichen Einwirkungen und Einflüssen während der Errichtung und Nutzung widerstehen,
- vereinbarte Kriterien der Gebrauchstauglichkeit erfüllen,
- ausreichende Dauerhaftigkeit aufweisen.

^{*)} In Vorbereitung

106 - In der Regel ist ein rechnerischer Nachweis auf der Grundlage geeigneter Berechnungsmodelle (siehe z.B. Abschnitte 3 und 4) zu führen.

Das Tragverhalten darf auch aufgrund von Versuchen bestimmt werden, wobei die in Element 107 angegebenen Voraussetzungen erfüllt sein müssen.

107 - Der Nachweis der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit durch Versuche setzt voraus, daß

- die Versuchsergebnisse qualitativ vor- aussehbar sind,
- das Versuchsprogramm bezüglich des Versuchsaufbaues, der -durchführung und der Meßwerterfassung im Anhang C*) dieser Richtlinie genau beschrieben ist,
- die Versuchsergebnisse regelmäßig re- produzierbar sind,
- die Versuchsauswertung auf der Grund- lage anerkannter statistischer Regeln erfolgt (s. hierzu Abschnitt 6.8),
- die Versuche von einer dafür bauauf- sichtlich anerkannten Prüfstelle durchgeführt werden.

108 - Für Bauteile, bei denen der Gültigkeitsbereich der Bemessungsregeln verlassen ist bzw. im Falle der Durch- führung von Versuchen die Voraussetzungen nach Element 107 nicht erfüllt sind, ist der Nachweis der Brauchbarkeit durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulas- sung oder eine Zustimmung im Einzelfall zu führen.

*) In Vorbereitung

1.3 Begriffe und Formelzeichen

1.3.1 Koordinaten, Verschiebungs- und Schnittgrößen

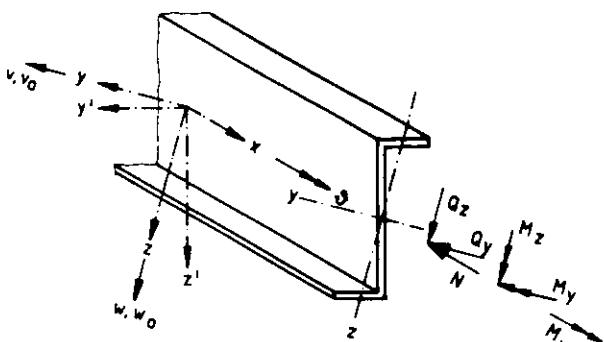


Bild 101: Koordinaten, Schnittgrößen und Verformungen

109 -

x Stabachse

y, z Hauptachsen des Querschnitts (die Bezeichnung ist bei ein- teiligen Stäben mit I-förmigem Querschnitt so zu wählen, daß $I_y > I_z$ ist)

v Verschiebung in Richtung der y-Achse

w Verschiebung in Richtung der z-Achse

s Verdrehung um die x-Achse

v_0, w_0 Stich der Vorkrümmung im span- nungslosen Zustand

N Normalkraft, als Druck positiv

M_y, M_z Biegemomente

Q_y, Q_z Querkräfte

M_x Torsionsmoment

<u>1.3.2 Werkstoffkenngrößen</u>		I_{ef} Trägheitsmoment (Flächenmoment 2. Grades) des wirksamen Querschnitts mit der Fläche A_{ef}
110 -		
E	Elastizitätsmodul	I_T St. Venantscher Torsionswiderstand des Querschnitts mit der Fläche A_g
G	Schubmodul	I_w Wölbwiderstand des Querschnitts mit der Fläche A_g
$\beta_s, \beta_{0,2}$	Nominelle Streckgrenze des flachgewalzten Grundmaterials entsprechend den Gütenormen	W_g elastisches Widerstandsmoment des Querschnitts mit der Fläche A_g
$\beta_{s,r}$	rechnerische Streckgrenze des Kaltprofils unter Berücksichtigung der fertigungsbedingten Streckgrenzerhöhung	W_{ef} elastisches Widerstandsmoment des Querschnitts mit der Fläche A_{ef}
β_z	Zugfestigkeit des flachgewalzten Grundmaterials	a_{pl} plastischer Formbeiwert
<u>1.3.3 Geometrische Größen</u>		N_u Grenz-Normalkraft im vollplastischen Zustand
111 -		M_u Grenz-Moment im elastischen oder vollplastischen Zustand
t_N	Nennblechdicke: Dicke des Stahlblechs (Stahlkern mit Überzug)	i Trägheitsradius des Querschnitts mit der Fläche A_g
t_k	Stahlkerndicke	i_{ef} Trägheitsradius des Querschnitts mit der Fläche A_{ef}
t	rechnerische Stahlkerndicke (nach Element 209)	
b	geometrische Breite eines Querschnittsteils	<u>1.3.4 Stabkennwerte, Systemwerte</u>
b_p	rechnerische Breite eines Querschnittsteils unter Berücksichtigung von Ausrundungen (nach Element 322)	112 -
b_{ef}	rechnerische wirksame Breite eines Querschnittsteils	L Stablänge
A_g	Gesamtfläche des Querschnitts, berechnet mit t	N_{Ki} Normalkraft unter der kleinsten Verzweigungslast nach der Elastizitätstheorie, berechnet mit I_{ef}
A_{ef}	rechnerische wirksame Querschnittsfläche, berechnet mit b_{ef}	M_{Ki} Biegedrillknickmoment nach der Elastizitätstheorie bei alleiniger Biegemomentbeanspruchung
I_g	Trägheitsmoment (Flächenmoment 2. Grades) des Querschnitts mit der Fläche A_g	λ Schlankheitsgrad
		λ_a Bezugsschlankheitsgrad
		$\bar{\lambda}_K$ bezogener Schlankheitsgrad bei alleiniger Druckbeanspruchung
		$\bar{\lambda}_p$ bezogener Plattenschlankheitsgrad

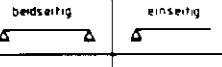
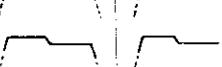
- λ_M bezogener Schlankheitsgrad bei al-
leiniger Biegemomentenbeanspruchung
- κ_M Abminderungsfaktor für das Biege-
knicken
- κ_M Abminderungsfaktor für das Biege-
drillknicken
- ϵ Stabkennzahl
- n_{Ki} Verzweigungslastfaktor

1.3.5 Begriffe

113 - Teilflächen sind Plattenstreifen, deren Längsränder durch die Kanten des Querschnittes gebildet werden. Die Bezeichnungen für Aussteifungen und Lagerungen sind in Tabelle 101 angegeben.

Weitere Begriffe und Formelzeichen sind in den einzelnen Abschnitten erläutert.

Tabelle 101: Bezeichnungen für Aussteifungen und Lagerungen von Teilflächen

Aussteifung	Lagerung	
	beidseitig	einseitig
unversteift		
randversteift		
innenversteift		

114 - Bauteile sind durch Biegemomente, Querkräfte und Normalkräfte beanspruchte einfeldrige Stäbe mit definierten Randbedingungen. Diese können auch Stäbe sein, die Teil eines Tragwerkes sind und gedanklich aus dem Tragwerk unter Beachtung der Randschnittgrößen herausgelöst werden.

115 - Tragwerke bestehen aus mehreren Bauteilen.

1.4 Bautechnische Unterlagen

116 - Die bautechnischen Unterlagen müssen den Nachweis ausreichender Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit der baulichen Anlage während des Bau- und Nutzungszeitraumes enthalten. Sie sind nach DIN 18 800 Teil 1 zu erstellen.

2 Voraussetzungen und Festlegungen

2.1 Werkstoffe

201 - Für die Weiterverarbeitung zu Kaltprofilen sind warm- oder kaltgewalzte Flachprodukte aus Stahl zu verwenden, die für die Kaltumformung geeignet sind und die folgende Anforderungen beim Zugversuch nach DIN 50 114 bzw. DIN 50 145 erfüllen:

Die Bruchdehnung einer 20 mm breiten Längsprobe muß mindestens 10 % bei Erzeugnisdicken $< 3,0$ mm ($L_0 = 80$ mm) und mindestens 16 % bei Erzeugnisdicken $\geq 3,0$ mm ($L_0 = 5,65 \sqrt{A}$) betragen.

202 - Die chemische Zusammensetzung der zu verwendenden Stähle muß folgenden Forderungen der Schmelzenanalyse genügen:

$C \leq 0,25 \%$; $P \leq 0,050 \%$; $S \leq 0,050 \%$.

203 - Die Anforderungen nach Element 201 und 202 sind bei vielen Stahlsorten nach folgenden Normen und Richtlinien eingehalten:

- DIN 1623 Teil 2 Kaltgewalztes Band und Blech
- DIN 17 100 Allgemeine Baustähle; Gütevorschriften
- DIN 17 102 Schweißgeeignete Feinkornstähle, normalgeglüht

- DIN 17 162 Teil 2 Flachzeuge aus Stahl;
Feuerverzinktes Band
und Blech

204 - Andere als in Element 203 genannte Stahlsorten dürfen nur verwendet werden, wenn

- die chemische Zusammensetzung, die mechanischen Eigenschaften und die Schweißeignung in den Lieferbedingungen des Stahlherstellers festgelegt sind und diese Eigenschaften einer der in Element 203 genannten Stahlsorten mit den Eigenschaften nach Element 201 und 202 zugeordnet werden können, oder
- sie in den Fachnormen vollständig beschrieben und hinsichtlich ihrer Verwendung geregelt sind.

205 - Die verwendeten Stähle sind durch Bescheinigungen nach DIN 50 049 zu belegen.

kern vermieden werden (s. DIN 6935). Bei Vormaterial mit metallischem und/oder sonstigem Überzug muß die Wirksamkeit des Korrosionsschutzes gewährleistet sein.

2.4 Rechnerische Stahlkerndicken

209 - Als rechnerische Stahlkerndicke t gilt für $t_k \geq 1,5$ mm die Dicke des Stahlblechs (ohne Überzug und/oder Beschichtung) ohne Berücksichtigung der Toleranzen.

Bei Stahlkerndicken $t_k < 1,5$ mm ist eine Abminderung von 0,04 mm zur Bestimmung der rechnerischen Stahlkerndicke t vorzunehmen.

2.2 Zulässige Maß- und Formabweichungen

206 - Zulässige Abweichungen von der Nenndicke des Grundmaterials ohne und mit Überzügen sind in DIN 1016, DIN 1541, DIN 1544 und DIN 59 381 geregelt.

Für die Minustoleranzen nach DIN 59 232 gelten jedoch nur die Hälfte der dort angegebenen Werte.

207 - Die zulässigen Maß- und Formabweichungen von Kaltprofilen sind teilweise in DIN 59 413 geregelt, andernfalls sind diese in Anlehnung an diese Norm festzulegen.

2.3 Biegeradien

208 - Die Biegeradien (Innenhalbmeß) sind so zu wählen, daß Anrisse im Stahl-

2.5 Grenzwerte von Profilabmessungen beim rechnerischen Nachweis

210 - Das b/t -Verhältnis von Teilflächen mit Druckspannungen ist bei rechnerischer Ermittlung der Tragfähigkeit auf die in Bild 201 dargestellten Grenzwerte zu beschränken.

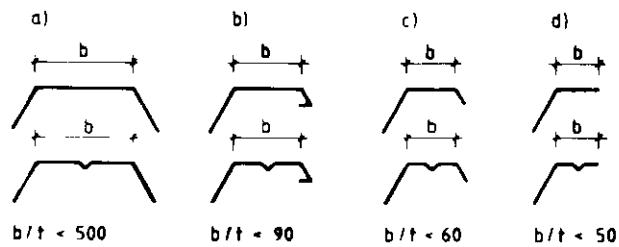


Bild 201:
Grenzwerte der b/t -Verhältnisse

2.6 Verbindungstechnik

211 - Für das Verbinden von Bauteilen sind mechanische Verbindungselemente oder Schweißverbindungen einzusetzen.

212 - Verbindungselemente müssen genormt oder allgemein bauaufsichtlich zugelassen sein. Die Verbindungselemente müssen auf ihrer Verpackung so deutlich beschrieben bzw. selbst so gekennzeichnet sein, daß Verwechslungen ausgeschlossen sind.

213 - Für die Herstellung geschweißter Bauteile und Tragwerke sind Eignungsnachweise nach DIN 18 800 Teil 7 erforderlich.

Es gelten die Festlegungen in DIN 18 800 Teil 7 für die Abgrenzung in Großer bzw. Kleiner Eignungsnachweis.

Die gütesichernden Maßnahmen sind zwischen der anerkannten Stelle und der Schweißaufsichtsperson festzulegen.

2.7 Korrosionsschutz

214 - Für den Korrosionsschutz gelten - unter Berücksichtigung der folgenden Bestimmungen - die Normen der Reihe DIN 55 928.

215 - Je nach der Korrosionsgefährdung sowie der Zugänglichkeit für Kontrolle und Instandhaltung der zu schützenden Bauteile sind für diese - unabhängig von

der jeweils vorhandenen Blechdicke - unter Beachtung von Element 222 die Korrosionsschutzklassen nach DIN 55 928 Teil 8 maßgebend.

216 - Bauteile, für die mindestens Korrosionsschutzklasse II gefordert wird, sind grundsätzlich mit metallischem Korrosionsschutz zu versehen.

217 - Korrosionsschutzsysteme (Überzüge mit jeweils zusätzlicher Beschichtung) zur Verwendung bei Korrosionsschutzklasse III müssen die Anforderungen bei der Eignungsprüfung nach [1] erfüllen.

218 - Korrosionsschutzsysteme, für die ggf. andere Eignungsprüfungen notwendig sind, z.B. spezielle Überzüge wie Aluminium-Zink-Legierungen, mit oder ohne zusätzliche Beschichtung, dürfen ebenfalls bei Korrosionsschutzklasse III verwendet werden, wenn deren Gleichwertigkeit mit Korrosionsschutzsystemen nach Element 217 z.B. durch allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen nachgewiesen ist.

219 - Die Prüfung des Korrosionsschutzes muß an Proben aus der laufenden Produktion erfolgen.

220 - Für alle anderen Korrosionsschutzsysteme (Beschichtungen oder Überzüge mit/ohne Beschichtungen) bzw. Anwendungsbereiche gilt - unter Beachtung der

Elemente 216 und 222 – DIN 55 928, und zwar für Bauteile mit Wanddicken
 < 3 mm: DIN 55 928 Teil 8,
 ≥ 3 mm: DIN 55 928 Teil 5.

221 - Bauteile, die mit der Außenluft in Verbindung kommen können, sind zu behandeln wie im Freien befindliche Bauteile.

222 - Bauteilloberflächen, auch Innenflächen bei Hohlprofilen, die nach Fertigstellung der Konstruktion und erfolgter Montage einer Überwachung und Wartung nicht mehr zugänglich sind, müssen in besonderem Maße (dauerhaft) gegen Korrosion gesichert sein.

Die Eignung eines für derartige Fälle zu verwendenden Korrosionsschutzsystems muß der Hersteller durch ein Prüfzeugnis einer dafür anerkannten Prüfstelle [2] nachweisen.

In derartigen Fällen ist der Nachweis des ausreichenden Korrosionsschutzes Bestandteil des Standsicherheitsnachweises.

223 - Der Korrosionsschutz mechanischer Verbindungselemente und sonstiger metallischer Verbindungen (z.B. Schweißungen) ist durch Korrosionsschutzüberzüge, z.B. Verzinkung, durch Beschichtung oder durch Wahl eines korrosionsbeständigen Werkstoffes dem erforderlichen Korrosionsschutz der zu verbindenden Bauteile anzupassen.

224 - Kontaktkorrosion ist zu verhindern.

3 Bemessungsgrundlagen

3.1 Allgemeines

301 - Die ausreichende Tragsicherheit und die Gebrauchstauglichkeit für das Tragwerk, seine Teile und Verbindungen sind nachzuweisen.

3.2 Sicherheitskonzept

302 - Es ist nachzuweisen, daß die unter den Bemessungswerten der Einwirkungen auftretenden Beanspruchungen S_d die Beanspruchbarkeit des Bauteils R_d nicht überschreiten.

$$S_d \leq R_d \quad (301)$$

Die Beanspruchungen (z.B. Schnittgrößen, Spannungen) sind für γ -fache Gebrauchslasten zu bestimmen. Es gilt

$\gamma = 1,7$ für den LF H (Hauptlasten)
 $\gamma = 1,5$ für den LF HZ (Haupt- und Zusatzlasten)

303 - Für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit sind Kriterien und Einwirkungskombinationen den entsprechenden Fachnormen zu entnehmen oder zu vereinbaren.

304 - Die maßgebenden Einwirkungen (z.B. Lasten) sind den einschlägigen Normen zu entnehmen.

305 - Maßgebend für die Beanspruchbarkeit R_d ist der Rechenwert der Streckgrenze nach Abschnitt 3.6.

3.3 Berechnungsverfahren zum Tragsicherheitsnachweis

306 - Für den Tragsicherheitsnachweis darf eine linearelastische - idealplastische Spannungs-Dehnungs-Beziehung zugrunde gelegt werden. Der Nachweis darf wahlweise nach den in Tabelle 301 angegebenen Verfahren geführt werden.

Anstelle der in Tabelle 301 angegebenen Berechnungsverfahren dürfen auch vereinfachte Nachweise nach Abschnitt 4 und 5 geführt werden.

Tabelle 301: Berechnungsverfahren

	Verfahren	Berechnung der Schnittgrößen infolge der Einwirkungen nach	Beanspruchbarkeiten
1	Elast.-Elast.	Elastizitätstheorie	elastisch
2	Elast.-Plast.	Elastizitätstheorie	plastisch

307 - Es muß sichergestellt sein, daß das Gleichgewicht stabil ist.

308 - Bei der Berechnung der Schnittgrößen ist der Einfluß der Verformungen auf das Gleichgewicht (Theorie II. Ordnung) zu beachten, wenn nicht nachgewiesen wird, daß dieser Einfluß vernachlässigt werden darf; siehe Abschnitt 4.1.

309 - Bei der Berechnung der Schnittgrößen und Beanspruchbarkeiten ist das Beulen der Teileflächen nach Abschnitt 3.7 und 3.8 zu berücksichtigen.

310 - Bei der Berechnung der Schnittgrößen und der Formänderungen dürfen kleine Querschnittsschwächungen durch Schraubenlöcher unberücksichtigt bleiben.

Bei der Berechnung der Beanspruchbarkeiten sind Querschnittsschwächungen zu berücksichtigen. Hierauf darf im Druckbereich verzichtet werden, wenn die Löcher mit Schrauben oder mit Nieten ausgefüllt sind.

311 - Zur Berücksichtigung des Einflusses geometrischer und struktureller Imperfektionen müssen sinnvolle Annahmen getroffen werden. Im allgemeinen gelten die Ersatzimperfektionen nach Abschnitt 3.4.

312 - Der Tragsicherheitsnachweis ist erbracht, wenn die nach der Elastizitätstheorie berechneten Schnittgrößen

a) unter Annahme elastischen Querschnittsverhaltens Vergleichsspannungen ergeben, die an keiner Stelle des Tragwerkes die Streckgrenze überschreiten,

oder

b) die Interaktionsbedingungen des Abschnitts 4 erfüllen.

313 - Bei der Berechnung der Beanspruchbarkeit darf Plastizieren im Biegezugbereich berücksichtigt werden. Für den Druckbereich gilt dies nur, wenn die b/t-Verhältnisse druckbeanspruchter

Querschnittsteile kleiner sind als

- $0,35 \sqrt{E/\beta_s}$ bei einseitiger Lagerung
- $1,20 \sqrt{E/\beta_s}$ bei zweiseitiger Lagerung.

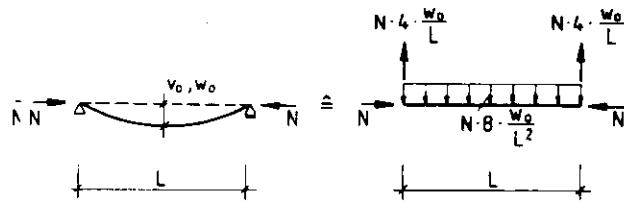


Bild 301: Vorkrümmung und Ersatzbelastung

3.4 Ersatzimperfektionen

3.4.1 Ansatz der Ersatzimperfektionen

314 - Die geometrischen Ersatzimperfektionen, die geometrische Imperfektionen und strukturelle Imperfektionen (z.B. Eigenspannungen) abdecken, sind so anzusetzen, daß sie sich der zum niedrigsten Knickewert gehörenden Verformungsfigur der Stäbe und Systeme möglichst gut anpassen. Sie sind in ungünstigster Richtung anzusetzen.

Die Ersatzimperfektionen brauchen mit den geometrischen Randbedingungen des Systems nicht verträglich zu sein.

Beim Biegeknicken infolge einachsiger Biegung mit Normalkraft brauchen nur Ersatzimperfektionen v_0 oder w_0 in der jeweils untersuchten Ausweichrichtung angesetzt zu werden.

Beim Biegeknicken infolge zweiachsiger Biegung mit Normalkraft braucht im allgemeinen nur diejenige Ersatzimperfektion angesetzt zu werden, die zur maßgebenden Ausweichrichtung bei planmäßig mittiger Druckbeanspruchung gehört.

Beim Biegedrillknicken genügt es, lediglich eine Vorkrümmung mit dem Stich v_0 anzusetzen; Ausnahme siehe Element 320.

315 - Vorkrümmungen sind mit den Stichmaßen v_0 , w_0 in Form einer quadratischen Parabel oder einer Sinus-Halbwelle anzusetzen. Alternativ darf mit einer Ersatzbelastung nach Bild 301 gerechnet werden.

316 - Für alle Stäbe, die am verformten Stabwerk Stabdrehwinkel aufweisen können, sind Vorverdrehungen ψ_0 anzusetzen. Alternativ darf mit einer Ersatzbelastung nach Bild 302 gerechnet werden.

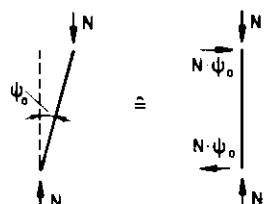


Bild 302: Vorverdrehung und Ersatzbelastung

3.4.2 Zahlenwerte für Ersatzimperfektionen

317 - Für Einzelstäbe und für Stäbe in Stabwerken mit unverschieblichen Knotenpunkten gelten die in Tabelle 302 angegebenen Stichmaße der Vorkrümmungen in Abhängigkeit von der dem Querschnitt zugeordneten Knickspannungslinie sowie vom Berechnungsverfahren.

Tabelle 302: Stichmaße der Vorkrümmungen

Maßgebende Knickspannungslinie (Tab. 408)	Ersatzimperfektionen v_0 , w_0	
	Berechnungsverfahren	
Einteilige Stäbe:	Elastisch-Elastisch	Elastisch-Plastisch
a	L/450	L/300
b	L/375	L/250
c	L/300	L/200
Mehrteilige Stäbe:	L/750	L/500

318 - Als Vorverdrehung ist anzusetzen:

$\psi_0 = 1/300$ für Nachweise nach dem Verfahren Elastisch-Elastisch

$\psi_0 = 1/200$ für Nachweise nach dem Verfahren Elastisch-Plastisch

319 - Bei Stabwerken mit verschiebblichen Knotenpunkten sind für Stäbe mit einer Stabkennzahl $\epsilon = L \cdot \sqrt{N} / (EI_{ef}) > 1,6$ zusätzlich zu den Vorverdrehungen nach Element 318 auch die Vorkrümmungen nach Element 317 in ungünstigster Richtung anzusetzen.

320 - Bei doppelt- und punktsymmetrischen Querschnitten unter planmäßig mittigem Druck ist für die Bestimmung der Drillknicklast eine Querschnittsvorverdrehung der Größe θ_0 in Stabmitte mit einem sinusförmigen Verlauf längs des Stabes anzunehmen. θ_0 ist der kleinere Wert von $0,1 B/H$ bzw. $0,1 H/B$. Hierbei sind B und H in Anlehnung an Bild 303 festzulegen.

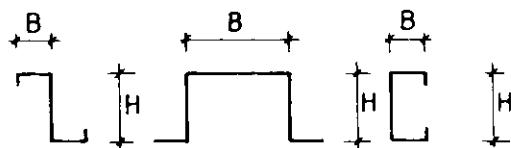


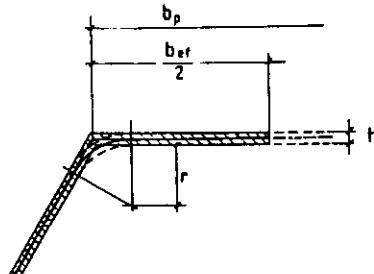
Bild 303: Beispiele für die Zuordnung der Abmessungen B und H

3.5 Berücksichtigung von Ausrundungen

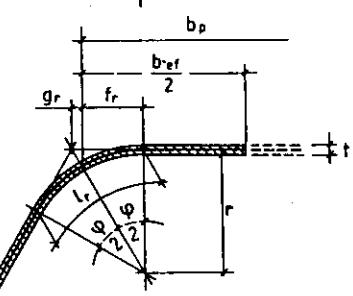
321 - Bei der Berechnung der Querschnittswerte darf der Einfluß von Ausrundungen vernachlässigt werden, wenn $r/b_p \leq 0,15$ und $r \leq 5t$ ist. (r = Innenradius)

322 - Für die Bestimmung der rechnerischen Breite b_p gilt die im Bild 304 dargestellte Regelung.

$$a) \frac{r}{t} \leq 5; \frac{r}{b_p} \leq 0,15$$



$$b) 5 < \frac{r}{t} \leq 10$$



$$r_m = r + \frac{t}{2} \quad f_r = r_m \cdot \sin \frac{\phi}{2} \quad g_r = r_m \cdot (\tan \frac{\phi}{2} - \sin \frac{\phi}{2})$$

----- wirklicher Querschnitt

===== rechnerisch wirksamer Querschnitt

Bild 304: Anfangspunkte für die Breiten b_p und b_{ef} bei Ausrundungen

323 - Zur Berücksichtigung von Ausrundungen dürfen die Querschnittswerte aus denen des idealisierten Bruttoquerschnittes ohne Ausrundungen (s. Bild 305) wie folgt bestimmt werden:

$$A'_g = A_g \cdot (1-\delta) \quad (302)$$

$$I'_g = I_g \cdot (1-2\delta) \quad (303)$$

$$I'_w = I_w \cdot (1-4\delta) \quad (304)$$

mit A'_g , I'_g , I'_w = reduzierte Flächenwerte zur Berücksichtigung der Ausrundungen

$$\delta = 0,43 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n r_i}{\sum_{i=1}^m b_i} \quad (305)$$

n = Anzahl der Abkantungen
 m = Anzahl der Teilflächen
 b_i = Teilflächenbreiten

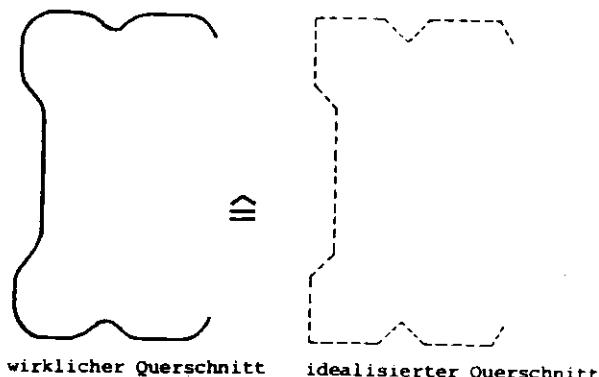


Bild 305: Beispiel eines idealisierten Querschnitts

3.6 Rechenwerte der Streckgrenze

324 - Als Streckgrenze β_S gilt der Mindestwert für das Grundmaterial, wenn das Verhältnis β_z/β_S bzw. $\beta_z/\beta_{0,2} \geq 1,1$ ist. Andernfalls gilt $\beta_S = \beta_z/1,15$. Bei Angabe eines Wertebereichs für β_z gilt dessen unterer Grenzwert. Ein Wert $\beta_S > 380 \text{ N/mm}^2$ darf nicht in Rechnung gestellt werden.

325 - Wenn die Kaltumformung durch Walzprofilieren erfolgt, darf statt der Streckgrenze β_S eine rechnerische Streckgrenze $\beta_{S,r}$ verwendet werden. Bei anderen Verfahren ist dies nicht zulässig.

326 - Für Kaltprofile aus Werkstoffen nach DIN 17 100, DIN 1623 Teil 2, DIN 17 102 (bis StE 350) und DIN 17 162 Teil 2 darf die durch Kaltumformung erhöhte rechnerische Streckgrenze $\beta_{S,r}$ unter Berücksichtigung der vorhandenen Radien wie folgt bestimmt werden:

$$\beta_{S,r} = \beta_S [1 + 4a_v \cdot (\beta_z/\beta_S - 1) / (1 + r/t)] \quad (306)$$

Gleichung (306) ist gültig für

$$\beta_z/\beta_S \geq 1,2 ; \quad (307)$$

$$r/t \leq 7 \quad (308)$$

Hierbei ist

$$a_v = \frac{\sum A_e}{A_g} \quad (309)$$

das Verhältnis der Summe der Flächen der ausgerundeten Querschnittsteile A_e zur Gesamtfläche A_g .

327 - Bei unversteiften, einseitig gelagerten Teilflächen darf die Streckgrenzenzählerhöhung nicht ausgenutzt werden; es gelten die Werte für das Grundmaterial.

3.7 Wirksame Querschnitte druck- oder biegebeanspruchter Teilflächen bei Berücksichtigung örtlichen Beulens

3.7.1 Grenzzustand der Tragfähigkeit

3.7.1.1. Allgemeines

328 - Die Beulwerte k_σ in Tabelle 303 und Gleichung (316) gelten für gelenkige Lagerung der Teilflächenlängsränder. Eine elastische Einspannung darf berücksichtigt werden, wenn ein entsprechender Nachweis für das Gesamtprofil geführt wird.

329 - Der bezogene Schlankheitsgrad einer Teilfläche ergibt sich aus

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{\sigma_d}{\sigma_{ki}}} = \frac{1,052}{\sqrt{k_\sigma}} \cdot \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_d}{E}} \quad (310)$$

mit b_p nach Element 322

Hierbei ist σ_d die maximale Druckspannung der Teilfläche. Sofern keine genauere Berechnung erfolgt, ist $\sigma_d = \beta_S$ zu setzen.

3.7.1.2 Einseitig gelagerte Teilflächen

330 - Die wirksamen Breiten von einseitig gelagerten Teilflächen sind nach Tabelle 303 zu bestimmen.

für $\bar{\lambda}_p \leq 0,7$ ist $\rho = 1$ (311a)

für $\bar{\lambda}_p > 0,7$ ist $\rho = 0,7/\bar{\lambda}_p$ (311b)

mit $\bar{\lambda}_p$ nach Gleichung (310).

331 - Bei druckbeanspruchten Teilflächen mit Randaussteifungen in Form von Lippen oder Bördeln gelten ergänzend die Regelungen nach Abschnitt 3.8.1.

332 - Das Randspannungsverhältnis ψ ist aus dem Spannungszustand des rechnerisch wirksamen Querschnitts zu bestimmen. Dabei ist als Rechenwert für die Spannung am freien Rand des nicht reduzierten Querschnitts der aus der Randspannung des rechnerisch wirksamen Querschnitts extrapolierte Wert einzusetzen. (vgl. Tabelle 303) Für die Druckspannung am freien Rand des rechnerisch wirksamen Querschnitts gilt $\sigma_d \leq \beta_s$.

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

mit: $\sigma_1 = \text{maximale Druckspannung}$
(positiv)

Tabelle 303:

Beulwerte k_g und wirksame Breiten b_{ef} für einseitig gelagerte Teilflächen

Spannungsverteilung	k_g					b_{ef}
	$\psi = 1$	$0 \leq \psi \leq 1$	$\psi = 0$	$-1 \leq \psi \leq 0$	$\psi = -1$	
	0,43	$0,57 - 0,21\psi + 0,07\psi^2$	0,57			$\rho \cdot b_p$
			0,57	$0,57 - 0,21\psi + 0,07\psi^2$	0,85	$\rho \cdot b_p$
	0,43	$\frac{0,578}{\psi + 0,34}$	1,70			$\rho \cdot b_p$
				$1,70 - 5\psi + 17,1\psi^2$	23,8	$\rho \cdot b_p + b_z$ ($\leq b_p$)

3.7.1.3 Beidseitig gelagerte Teilflächen

333 - Die wirksamen Breiten einer beidseitig gelagerten Teilfläche werden wie folgt bestimmt:

$$b_{ef1} = k_1 \cdot p \cdot b_p \quad (312a)$$

$$b_{ef2} = k_2 \cdot p \cdot b_p \quad (312b)$$

Es muß gelten: $b_{ef1} + b_{ef2} \leq b_p \quad (313)$

Hierbei ist

für $\bar{\lambda}_p \leq 0,673$: $p = 1 \quad (314a)$

für $\bar{\lambda}_p > 0,673$:

$$p = \frac{0,97 + 0,03 \psi}{\bar{\lambda}_p} - \frac{0,16 + 0,06 \psi}{\bar{\lambda}_p^2}$$

und $p \leq 1 \quad (314b)$

mit $\bar{\lambda}_p$ nach Gleichung (310).

k_1 , k_2 in Gleichung (312) ergeben sich aus:

$$k_1 = -0,04\psi^2 + 0,12\psi + 0,42 \quad (315a)$$

$$k_2 = 0,04\psi^2 - 0,12\psi + 0,58 \quad (315b)$$

k_σ in Gleichung (310) ist

$$k_\sigma = \frac{8,2}{1,05 + \psi} \quad \text{für } 1,0 \geq \psi \geq 0 \quad (316a)$$

$$k_\sigma = 7,81 - 6,29\psi + 9,78\psi^2 \quad \text{für } 0 \geq \psi \geq -1,0 \quad (316b)$$

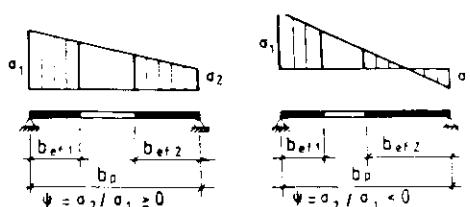


Bild 306: Aufteilung der wirksamen Breiten bei beidseitig gelagerten Teilflächen

334 - Das Spannungsverhältnis ψ darf mit der Annahme des vollen, nicht reduzierten Querschnitts der betrachteten Teilflächen bestimmt werden.

3.7.2 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

335 - Zur Bestimmung des bezogenen Schlankheitsgrades nach Gleichung (310) darf für den Gebrauchszustand für σ_d die Druckspannung im Gebrauchszustand eingesetzt werden. Vereinfachend darf $\sigma_d = \beta_S / \gamma$ verwendet werden (γ nach Element 302).

Damit sind die wirksamen Breiten zur Ermittlung von I_{ef} nach Abschnitt 3.7.1 zu bestimmen.

3.8 Berücksichtigung von Längsaussteifungen in Teilflächen

3.8.1 Einseitig gelagerte Teilflächen mit Randaussteifung

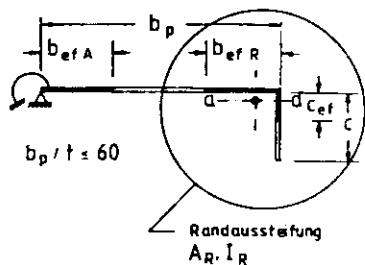
336 - Randaussteifungen in Form von Lippen dürfen nur dann als wirksame Auflagerung für die anschließende Teilfläche herangezogen werden, wenn die Winkelabweichung der Lippe vom rechten Winkel höchstens $\pm 45^\circ$ beträgt und $c \geq 0,2 b_p$ ist (mit c, b_p nach Bild 307).

337 - Die Bestimmung der wirksamen Breiten der Teilfläche und der Randaussteifung erfolgt in zwei Schritten:

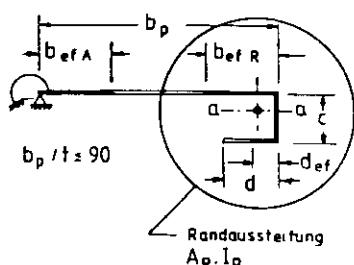
a) Ermittlung des wirksamen Randquerschnitts, bestehend aus den wirksamen Breiten der Teilfläche und der Randaussteifungen unter der Annahme einer starren Lagerung der Teilfläche nach Element 339 bis 341.

b) Berücksichtigung der elastischen Lagerung der Teilfläche durch Bestimmung der kritischen Knickspannung des elastisch gebetteten Randquerschnittes nach Element 342 und 343.

338 - Die Ermittlung der wirksamen Breiten b_{efA} und b_{efR} erfolgt nach Abschnitt 3.7.1.3



a) Randaussteifung mit Lippe



b) Randaussteifung mit Bördel

Bild 307: Teilflächen mit Randaussteifung, Bezeichnungen

339 - Randaussteifungen mit Lippe (Bild 307a):

Die wirksame Breite der Lippe ergibt sich aus

$$c_{ef} = \rho \cdot c \quad (317)$$

mit ρ nach Gleichung (311)

λ_p nach Gleichung (310).

für $c/b_p \leq 0,35$ ist $k_\sigma = 0,5$ (318a)

für $0,35 \leq c/b_p \leq 0,6$ ist

$$k_\sigma = 0,5 + 0,83 \cdot \sqrt{(c/b_p - 0,35)^2} \quad (318b)$$

340 - Randaussteifung mit Bördel (Bild 307b):

Die Querschnittsteile c und d nach Bild 307b sind auf die wirksamen Breiten d_{ef} nach Abschnitt 3.7.1.2 und c_{ef} nach Abschnitt 3.7.1.3 zu reduzieren.

341 - Die wirksamen Querschnittswerte der Randaussteifung ergeben sich aus

$$A_R = (b_{efR} + c_{ef} + d_{ef}) \cdot t \quad (319)$$

I_R = Trägheitsmoment des Querschnitts mit der Fläche A_R , bezogen auf die Schwerachse a-a des wirksamen Randquerschnitts nach Bild 307.

342 - Die Federsteifigkeit $C_R = 1/f$ der elastischen Bettung wird mit Hilfe einer Einheitslast berechnet, die rechtwinklig zur Teilfläche wirkt und auf der Kante zwischen Teilfläche und Randaussteifung steht.

343 - Die ideale Knickspannung des elastisch gebetteten Randquerschnitts beträgt

$$\sigma_{Kir} = 2 \cdot \sqrt{C_R \cdot E \cdot I_R / A_R} \quad (320)$$

$$\text{Mit: } \lambda_{MR} = \sqrt{\beta_S / \sigma_{Kir}} \quad (321)$$

ergibt sich κ_M aus Gleichung (421).

Die reduzierte Fläche des Randquerschnitts ergibt sich zu:

$$A_{efR} = \kappa_M \cdot A_R \quad (322)$$

344 - Ist $\kappa_M < 1$, so darf zunächst dieser Wert durch iterative Berechnung verbessert werden. Dabei ist bei der Ermittlung von $\bar{\lambda}_{MR}$ in Gleichung (321) β_S durch $\kappa_M \cdot \beta_S$ zu ersetzen.

Haben sich gleichzeitig für die Werte b_{efr} , c_{ef} und d_{ef} nicht die vollen Breiten ergeben, so dürfen durch eine weitergehende Iterationsschleife auch diese Werte neu berechnet werden, wobei die Werte $\bar{\lambda}_p$ nach Gleichung (310) mit $\sigma_d = \kappa_M \cdot \beta_S$ bestimmt werden.

Es sind jeweils mindestens zwei Iterationsschritte durchzuführen.

3.8.2. Sicken in beidseitig gelagerten Teilflächen

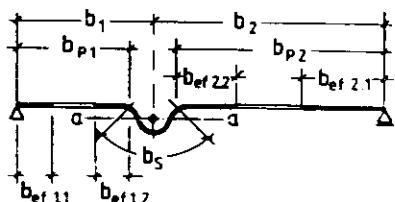


Bild 308: Teilfläche mit Sicken; Bezeichnungen

345 - Die Ermittlung der wirksamen Teilflächen erfolgt analog zu Element 337.

Es gilt:

$$A_{ef\ 1,1} = b_{ef\ 1,1} \cdot t \quad (323a)$$

$$A_{ef\ 2,1} = b_{ef\ 2,1} \cdot t \quad (323b)$$

$b_{ef\ 1,1}$, $b_{ef\ 2,1}$ werden nach Abschnitt 3.7.1.3 bestimmt.

346 - Die Ermittlung der wirksamen Teilfläche A_{efs} erfolgt nach Gleichungen (324) bis (327), ausgehend von dem wirksamen Sickenquerschnitt

$$A_S = (b_{ef\ 1,2} + b_{ef\ 2,2} + b_S) \cdot t \quad (324)$$

mit: $b_{ef\ 1,2}$ und $b_{ef\ 2,2}$ nach Abschnitt 3.7.1.3.

347 - Die ideale Knickspannung des elastisch gebetteten Sickenquerschnitts beträgt

$$\sigma_{Kis} = 2 \cdot \sqrt{c_S \cdot E \cdot I_S} / A_S \quad (325)$$

mit: I_S = Trägheitsmoment des Querschnitts mit der Fläche A_S , bezogen auf die Schwerachse a-a des wirksamen Sickenquerschnitts nach Bild 308.

Die elastische Bettung der Sicke ergibt sich zu

$$c_S = \frac{5 \cdot E \cdot t^3 \cdot (b_1 + b_2)}{16 \cdot (1 - \mu^2) \cdot b_1^2 \cdot b_2^2} \quad (326)$$

348 - Die reduzierte Teilfläche des Sickenquerschnitts ergibt sich zu

$$A_{efs} = \kappa \cdot A_S \quad (327)$$

mit κ nach Knickspannungslinie b (s. Abschnitt 4.5.2) für

$$\bar{\lambda}_{KS} = \sqrt{\beta_S / \sigma_{Kis}} \quad (328)$$

349 - Ist $\kappa < 1$, so darf zunächst dieser Wert durch iterative Berechnung verbessert werden. Dabei ist bei der Ermittlung von $\bar{\lambda}_{KS}$ in Gleichung (328) β_S durch $\kappa \cdot \beta_S$ zu ersetzen.

Ist gleichzeitig $A_S < A_{S,g}$ ($A_{S,g}$ = Sickenquerschnittsfläche bei voll wirksamen Breiten b_{p1} und b_{p2}), so dürfen die Werte $b_{ef\ 1,2}$ und $b_{ef\ 2,2}$ durch eine weitergehende Iterationsschleife neu berechnet werden, wobei die Werte $\bar{\lambda}_p$ nach Gleichung (310) mit $\sigma_d = \kappa \cdot \beta_S$ bestimmt werden.

Es sind jeweils mindestens zwei Iterationsschritte durchzuführen.

3.9 Einfluß breiter Gurte bei Biegebeanspruchung

3.9.1 Einfluß von Gurtdurchbiegungen

350 - Auf die Untersuchung des Einflusses der Gurtdurchbiegung infolge Biegebeanspruchungen des Stabes darf verzichtet werden, wenn die Bedingung

$$b_o/t < 250 \quad h/b_o$$

eingehalten ist. (s. Bild 309)

351 - Für $f \geq 0,05 \cdot h$ ist der Einfluß von f zu berücksichtigen. Dies darf näherungsweise durch Annahme eines um $f/2$ verringerten Abstandes "e" des breiten Gurtes zur Schwerachse erfolgen.

Hierbei ist

$$f = \frac{\sigma_m^2 \cdot b_o^4}{8E^2 \cdot t^2 \cdot e} \quad (329)$$

mit $\sigma_m = \sigma_d \cdot b_{ef} / b_o$

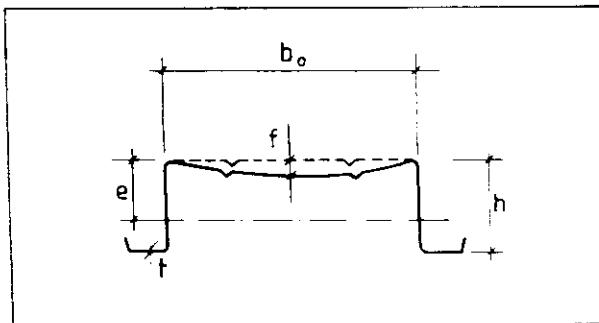


Bild 309: Eigendurchbiegung breiter Gurte

3.9.2 Einfluß ungleichmäßiger Spannungsverteilung im Gurt

352 - Bei biege- und schubbeanspruchten Trägern mit breiten Gurten (z.B. Kassetten) ist zusätzlich zu Abschnitt 3.7 im Druckbereich der Einfluß der mitwirkenden Gurtbreite nach der Scheibentheorie

(shear lag) zu berücksichtigen. Dies darf näherungsweise nach Gleichung (330) erfolgen:

$$b_{ef} = \psi_s \cdot \rho \cdot b \quad (330)$$

mit ψ_s = Abminderungsbeiwert zur Erfassung der mitwirkenden Breite

ρ = Abminderungsbeiwert nach Abschnitt 3.7 zur Erfassung des örtlichen Beulens

354 - Wenn die angeschlossenen Bauteile Stahltrapezprofile oder Stahlkassetten sind, darf die Anschlußstelle als in der Anschlußebene unverschieblich gehalten angesehen werden, wenn

$$S \cdot L_s \geq S_{id} \quad (331)$$

ist, mit

L_s = Schubfeldlänge parallel zur Spannrichtung der angeschlossenen Bauteile [m]

S [kN/m] nach Element 355 bzw. 356

$$S_{id} = \left(EI_w \frac{\pi^2}{L^2} + GI_T + EI_z \frac{\pi^2}{L^2} \cdot 0,25 \cdot h^2 \right) \cdot \frac{70}{h^2}$$

[kN] (332)

355 - Die vorhandene Schubsteifigkeit S von Stahltrapezprofilen ist nach DIN 18 807 Teil 1 bzw. den entsprechenden Trapezprofilzulassungen zu bestimmen. Wenn die Befestigung der Trapezprofile nur in jeder 2. Profilrippe erfolgt, ist der Wert S auf $0,2 \cdot S$ abzumindern.

356 - Die vorhandene Schubsteifigkeit S von Kassetten darf bei Einhaltung der Bedingung (334) nach Gleichung (333) angesetzt werden.

$$S = \frac{a \cdot L_s \cdot b_K}{e_s \cdot (B - b_K)} \quad (333)$$

mit a = 2000 [kN/m]

L_s = Schubfeldlänge parallel zur Spannrichtung der Kassetten

B = Schubfeldbreite

b_K = Kassettenbreite

3.10 Aussteifung von biege- und druckbeanspruchten Bauteilen

353 - Zur Erhöhung des Tragvermögens von biege- und druckbeanspruchten Bauteilen dürfen angeschlossene Bauteile dann herangezogen werden, wenn die erforderlichen Stabilisierungskräfte durch die angeschlossene Aussteifung abgetragen werden und sichergestellt ist, daß die Aussteifungen nicht entfernt werden.

e_S = Abstand der Verbindungselemente im Kassettenlängsstoß

357 - Das Trägheitsmoment des profilierten breiten Gurtes einer Kassette bezüglich der schwachen Hauptachse des Gurtquerschnittes muß der Bedingungen (334) genügen.

$$I_{zG} \geq 7,75 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\frac{b_K}{t}\right)^9 \cdot \left(\frac{T_V}{E}\right)^4 \quad [\text{mm}^4] \quad (334)$$

Hierbei ist:

T_V = Ertragbarer Schubfluß der Verbindungen [N/mm]

$$T_V = \min \{ T_{V,Q} ; T_{V,L} ; T_{V,S} \}$$

$$\text{mit: } T_{V,Q} = 0,8 \cdot (n_F - 1) \cdot F_Q / b_K$$

$$T_{V,L} = F_L / e_L$$

$$T_{V,S} = \left(\frac{1}{e_S} + \frac{1}{L_S} \right) \cdot F_S$$

wobei:

F_Q = Tragfähigkeit einer Verbindung am Querrand

F_L = Tragfähigkeit einer Verbindung am Längsrand

F_S = Tragfähigkeit einer Verbindung im Längsstoß

n_F = Anzahl der Verbindungslemente pro Kassette am Querrand

e_L = Abstand der Verbindungselemente am Längsrand

358 - Bei Trapezprofilen darf die vorhandene Drehbettung berücksichtigt werden. Dabei ist die mögliche Verformung des Anschlußbereichs zwischen dem gestützten Träger und den Trapezprofilen nach Gleichung (337) zu berücksichtigen.

$$\frac{1}{\text{vorh } c_{\theta}} = \frac{1}{c_{\theta M}} + \frac{1}{c_{\theta A}} + \frac{1}{c_{\theta P}} \quad (335)$$

mit

$\text{vorh } c_{\theta}$ = wirksame Drehbettung

$c_{\theta M}$ = Theoretische Drehbettung durch die Biegesteifigkeit I_{ef} des Trapezprofils

$$c_{\theta M} = k \cdot \frac{E \cdot I_{ef}}{L_T} \quad (336)$$

$k = 2$ für Einfeld- und Zweifeldträger

$k = 4$ für Durchlaufträger über mehr als 2 Felder

L_T = Stützweite des Trapezprofils

$c_{\theta P}$ = Drehbettung aus der Profilverformung des gestützten Trägers

$c_{\theta A}$ = Drehbettung aus der Verformung der Anschlußbereiche mit den Werten $\bar{c}_{\theta A}$ nach Tabelle 304

mit

$$c_{\theta A} = \bar{c}_{\theta A} \cdot (\text{vorh } b/100)^2 \quad (337a)$$

für $\frac{\text{vorh } b}{100} \leq 1,25$

$$c_{\theta A} = \bar{c}_{\theta A} \cdot (\text{vorh } b/100) \cdot 1,25$$

für $1,25 \leq \frac{\text{vorh } b}{100} \leq 2,00$ (337b)

$\text{vorh } b$ = vorhandene Gurtbreite [mm] des gestützten Trägers

Tabelle 304:

Anschlußsteifigkeiten \bar{c}_{gA} von Trapezprofilen aus Stahl, bezogen auf eine Gurtbreite $b = 100$ mm des gestützten Trägers.

	Trapezprofil- lage positiv	negativ	Schrauben im Untergurt	Schrauben im Obergurt	Schrauben- abstand $e=b_R$	Schrauben- abstand $e=2b_R$	Scheiben $\phi \geq [mm]$	\bar{c}_{gA} [kNm/m]	max b_T [mm]
Auflast									
1	x		x		x	x	22	5,2	40
2	x		x		x	x	22	3,1	40
3		x		x	x	x	Ka	10,0	40
4		x		x	x	x	Ka	5,2	40
5		x	x		x		22	3,1	120
6		x	x		x	x	22	2,0	120
Sog									
7	x		x		x		16	2,6	40
8	x		x		x	x	16	1,7	40
mit					Diese Werte sind gültig für:				
b_R = Rippenabstand					Ka = Abdeckkappen aus Stahl mit Blechdicke $t \geq 0,75$ mm				
b_T = Breite des angeschlossenen Gurtes des Trapezprofils					Schrauben $\phi 6,3$ mm				
					Dichtscheiben aus Stahl $t \geq 1,0$ mm				

3.12 Zusammengesetzte Querschnitte

360 - Es ist nachzuweisen, daß druckbeanspruchte Querschnittsteile zwischen den Verbindungspunkten nicht vor Erreichen der Traglast des Bauteils versagen.

361 - Der Nachweis gilt als erbracht, wenn für die Abstände a_f der Verbindungsmitte die Bedingungen (338) und (339) eingehalten sind.

$$a_f \leq t \cdot \sqrt{E/\sigma_d} \quad (338)$$

und zusätzlich

$$a_f \leq 3c \text{ für } c \geq t \cdot \sqrt{E/\beta_s} \quad (339)$$

Druckspannung σ_d nach Bild 310

3.11 Berücksichtigung von Querschnittsverwölbungen

359 - Bei Torsionsbeanspruchung können Wölbnormalspannungen auftreten, die am wirksamen Querschnitt zu ermitteln sind. Diese sind in der Regel beim Nachweis zu berücksichtigen (siehe Element 416).

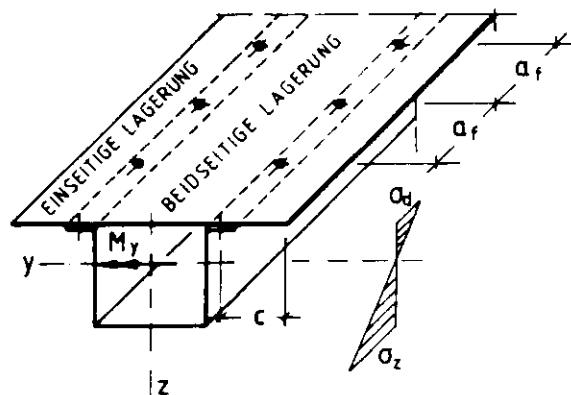


Bild 310: Abstand der Verbindungsmitte bei zusammengesetzten Querschnitten

3.13 Tragwerksverformungen

362 - Für die Berechnung der Verformungen ist das wirksame Trägheitsmoment I_{ef} maßgebend.

4 Rechnerische Ermittlung der Tragfähigkeit von Bauteilen

4.1 Voraussetzung

401 - Bei der Berechnung der Schnittgrößen ist der Einfluß der Verformungen auf das Gleichgewicht zu beachten, wenn

$$\eta_{Ki} = \frac{N_{Ki}}{N} < 10 \quad (401)$$

ist.

402 - Die in den folgenden Abschnitten verwendeten Tragfähigkeiten $M_{u,y}$ und $M_{u,z}$ sind jeweils mit denjenigen wirksamen Querschnitten zu bestimmen, die sich aus der Spannungsverteilung unter der alleinigen Wirkung der betrachteten Schnittgröße ergeben. Dies gilt auch dann, wenn diese Werte in Interaktionsgleichungen verwendet werden.

4.2 Zugbeanspruchte Bauteile

403 - Für mittig beanspruchte Zugstäbe beträgt die Beanspruchbarkeit unter Berücksichtigung des Lochabzuges

$$N_u = \beta_s \cdot A_n \quad (402)$$

4.3 Biegebeanspruchte Bauteile

4.3.1 Biegemomententrägfähigkeit

404 - Für biegebeanspruchte Bauteile beträgt die Beanspruchbarkeit:

$$M_u = \beta_s \cdot W_{ef} \leq M_{u,B} \quad (403)$$

mit

$M_{u,B}$ = Momententrägfähigkeit unter Berücksichtigung des Biegedrillknickens (Abschnitt 4.4.3).

405 - Wenn die Bedingungen des Elementes 313 erfüllt sind, darf M_u am plastizierten Querschnitt bestimmt werden.

4.3.2 Querkrafttragfähigkeit

406 - Die Beanspruchbarkeit beträgt:

$$Q_u = \tau_u \cdot A_Q \quad (404)$$

mit

τ_u = Tragschubspannung nach Tabelle 401

A_Q = querkraftübertragende Teilfläche

Tabelle 401: Werte τ_u in Abhängigkeit von $\bar{\lambda}_p$

$\bar{\lambda}_p = 0,346 \cdot \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{\beta_S}{E}}$	$\tau_u \sqrt{3}/\beta_S$ unausgesteift	$\tau_u \sqrt{3}/\beta_S$ Stegblech mit Auflageraussteifung
$\leq 0,84$	1	1
$0,84 \leq \bar{\lambda}_p \leq 1,38$	$0,84/\bar{\lambda}_p$	$0,84/\bar{\lambda}_p$
$1,38 < \bar{\lambda}_p$	$0,84/\bar{\lambda}_p$	$0,84/\bar{\lambda}_p$

In Tabelle 401 ist b_p/t die Schlankheit der querkraftübertragenden Teilfläche.

Bezüglich des Einflusses von Längssicken in der querkraftübertragenden Teilfläche auf die Querkrafttragfähigkeit wird auf DIN 18 807 Teil 1 (Ausgabe 6.87), Abschnitt 4.2.5 verwiesen.

4.3.3 Tragfähigkeit bei örtlicher Lasteinleitung am Auflager

407 - Die Beanspruchbarkeit bezüglich Stegkrüppeln hängt von der Lasteinleitung und der Profilform ab. Die im folgenden angegebenen Tragfähigkeiten gelten für ein Stegblech.

Bezüglich des Einflusses von Längssicken im Steg auf die Tragfähigkeit bei örtlicher Lasteinleitung wird auf DIN 18 807 Teil 1 (Ausgabe 6.87), Abschnitt 4.2.6.2 verwiesen.

408 - Für Einzelprofile nach Bild 401 ergibt sich:

für $e \leq 1,5 h_w$

$$R_{u1} = 0,057 \cdot t^2 \cdot \sqrt{\beta_S} \cdot E \cdot (1 - 0,1 \cdot \sqrt{r/t}) \cdot (0,5 + \sqrt{0,02 L_A/t}) \cdot (2,4 + (\phi/90)^2) \quad (405)$$

für $e > 1,5 h_w$ (gilt auch für Zwischenauflager)

$$R_{u2} = 2 R_{u1} \quad (406)$$

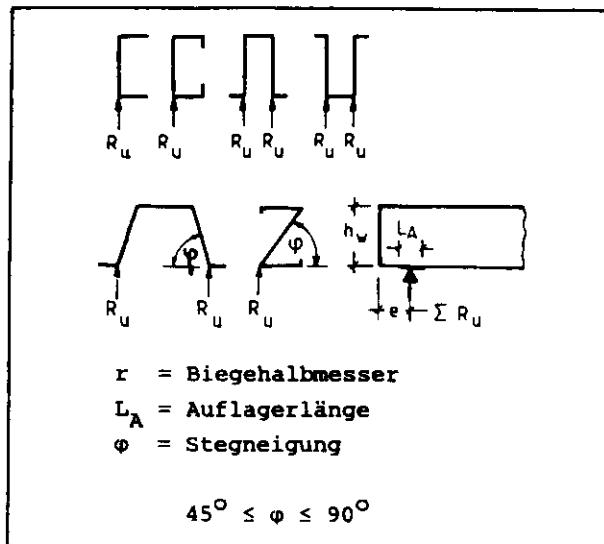


Bild 401: Beispiele für Einzelprofile

409 - Für zusammengesetzte Profile nach Bild 402 ergibt sich:

für $e \leq 1,5 h_w$

$$R_{u3} = t^2 \cdot \beta_S \cdot (7,4 + 0,93 \cdot \sqrt{L_A/t}) \quad (407)$$

für $e > 1,5 h_w$ (gilt auch für Zwischenauflager)

$$R_{u4} = t^2 \cdot \beta_S \cdot (11,1 + 2,41 \cdot \sqrt{L_A/t}) \quad (408)$$

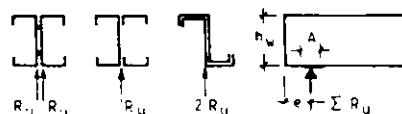


Bild 402: Beispiele für zusammengesetzte Profile

4.3.4 Tragfähigkeit bei Biegung und Querkraft

410 - Es ist Bedingung (409) einzuhalten:

für: $Q/Q_u < 0,25$: $M/M_u \leq 1,0$ (409a)

: $0,25 \leq Q/Q_u \leq 0,9$:

$$M/M_u + Q/Q_u \leq 1,25 \quad (409b)$$

$$: Q/Q_u > 0,9 : M = 0 \quad (409c)$$

411 - Bei Stegblechen ist im Bereich von Auflagern bzw. bei örtlicher Lasteinleitung Bedingung (409) einzuhalten. Dabei ist im Fall ohne Aussteifung Q/Q_u durch R/ER_u (Bild 401) nach Abschnitt 4.3.3 zu ersetzen. Hierbei ist R die Auflagerkraft oder die Einzellast.

4.3.5 Tragfähigkeit bei Biegung und Zug

412 - Es ist Bedingung (410) einzuhalten.

$$N/N_u + M/M_u \leq 1,0 \quad (410)$$

mit

$$N_u = \text{Zugtragfähigkeit nach Gleichung (402)}$$

$$M_u = \text{Biegemomententragfähigkeit nach Gleichung (403)}$$

4.3.6 Tragfähigkeit bei Biegung, Zug und Querkraft

413 - Es ist Bedingung (411) einzuhalten.

für: $Q/Q_u < 0,1$:

$$N/N_u + M/M_u + Q/Q_u \leq 1,0 \quad (411a)$$

: $0,1 \leq Q/Q_u \leq 0,9$:

$$N/N_u + M/M_u + Q/Q_u \leq 1,1 \quad (411b)$$

$$: Q/Q_u > 0,9 : N = M = 0 \quad (411c)$$

Hierbei ist die Querkrafttragfähigkeit Q_u nach Gleichung (404) zu ermitteln.

4.3.7 Tragfähigkeit bei zweiachsiger Biegung und Zug

414 - Es ist Bedingung (412) einzuhalten:

$$N/N_u + M_y/M_{u,y} + M_z/M_{u,z} \leq 1,0 \quad (412)$$

mit den Bezeichnungen entsprechend Abschnitt 4.3.5.

4.3.8 Beanspruchung bei Biegung und Torsion

415 - Torsionsbeanspruchung tritt insbesondere dann auf, wenn die Wirkungslinie der Last nicht durch den Schubmittelpunkt geht. Wenn infolge des Ausbeulens von Teilstücken nur die wirksamen Querschnittsteile angesetzt werden, können die Hauptachsen und der Schubmittelpunkt ihre Lage ändern.

416 - Es sind folgende Spannungsnachweise zu führen:

$$\tau_{\text{ges}} = \tau_{Q_y} + \tau_{Q_z} + \tau_T \leq \tau_u \quad (413)$$

$$\sigma_{\text{ges}} = \sigma_N + \sigma_{M_y} + \sigma_{M_z} + \sigma_w \leq \beta_S \quad (414)$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_{\text{ges}}^2 + 3\tau_{\text{ges}}^2} \leq 1,1 \beta_S \quad (415)$$

mit

τ_{Q_y}, τ_{Q_z} Schubspannungen infolge Q_y, Q_z

τ_T Summe aus St.Venant'schen und Wölbschubspannungen

$\sigma_N, \sigma_{M_y}, \sigma_{M_z}$ Normalspannungen infolge Längskraft N , Biegemomenten M_y, M_z

σ_w Wölbnormalspannungen

417 - Die Spannungsnachweise nach Element 416 dürfen auch durch äquivalente Interaktionsbedingungen ersetzt werden.

4.4 Biegedrillknicken biegebeanspruchter Bauteile

4.4.1 Allgemeines

418 - Der Einfluß des Biegedrillknickens braucht nicht berücksichtigt zu werden bei

- Stäben mit Hohlquerschnitten, sowie
- Stäben, deren Verdrehung θ oder seitliche Verschiebung v ausreichend behindert ist.

4.4.2 Vereinfachte Nachweise

419 - Bei diskreter Stützung des Druckgurtes einfach-, doppelt- oder punktsymmetrischer Querschnitte gilt der Nachweis als erbracht, wenn

$$\bar{\lambda} = \frac{c}{i_{z,G} \cdot \lambda_a} \leq 0,5 \quad (416)$$

$$\text{oder } \frac{0,843 \cdot M_y}{\kappa \cdot \beta_s \cdot W_{ef}} \leq 1 \text{ ist} \quad (417)$$

mit

c = Abstand zwischen den Abstützungen des Druckgurtes

$i_{z,G} = \sqrt{I_{z,G}^* / A_G^*}$ = Trägheitsradius des Gurtes um die Achse z

κ = Abminderungsfaktor nach Knickspannungslinie c (s. Abschnitt 4.5.2) für $\bar{\lambda}$ aus Gleichung (416)

M_y = Absolutwert des größten Biegemomentes

$A_G^* = A_{Gurt} + A_{Lippe} + A_{Steg}/5$ der wirksamen Querschnittsteile

$\lambda_a = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{\beta_s}}$, Bezugsschlankheitsgrad

$I_{z,G}^*$ = Trägheitsmoment des Querschnittes mit der Fläche A_G^*

420 - Bei kontinuierlicher Stützung des Druckgurtes ohne planmäßige Belastung in Richtung der Aussteifung gilt der Nachweis als erbracht, wenn die Aussteifung so bemessen ist, daß der infolge der Vorkrümmung v_0, w_0 nach Tabelle 302 berechnete seitliche Verformungszuwachs f des Druckgurtes $\leq L/2000$ ist und die auf die Aussteifung wirkenden Abtriebskräfte

$$q_h = 0,025 N_G / L \quad (418)$$

aufgenommen werden können.

Hierin ist

$$N_G = \beta_s \cdot A_G^*$$

L = Länge des Druckbereiches.

4.4.3 Allgemeiner Nachweis

421 - Für den Fall geringer Normalkraft ($N \leq 0,1 N_u$, N_u nach Abschnitt 4.5.2) ist nachzuweisen, daß für das vorhandene Biegemoment M_y gilt:

$$M_y \leq M_{u,B} \quad (419)$$

422 - Für Stäbe mit voll wirksamen Querschnitten ($W_{ef} = W_g$) gilt:

$$M_{u,B} = \kappa_M \cdot M_{pl} = \kappa_M \cdot \alpha_{pl} \beta_s \cdot W_g \quad (420)$$

$$\kappa_M = 1,0 \text{ für } \bar{\lambda}_M \leq 0,4 \quad (421a)$$

$$\kappa_M = \left(\frac{1}{1 + \bar{\lambda}_M^5} \right)^{0,4} \text{ für } \bar{\lambda}_M > 0,4 \quad (421b)$$

$$\text{mit } \bar{\lambda}_M = \sqrt{\frac{\alpha_{pl} \cdot \beta_s}{\sigma_{Ki,M}}} \quad (422)$$

$$\alpha_{pl} = W_{pl} / W_{el} \quad (423)$$

$$\sigma_{Ki,M} = M_{Ki,y} / W_g \quad (424)$$

$M_{Ki,y}$ = Biegedrillknickmoment des nicht reduzierten Querschnitts nach der Elastizitätstheorie bei alleiniger Wirkung von Momenten

$$M_y$$

423 - Für Stäbe mit nicht voll wirksamen Querschnitten ($W_{ef} < W_g$) gilt mit $\alpha_{pl} = 1,0$

$$M_{u,B} = \kappa_M \cdot M_{el} = \kappa_M \cdot \beta_S \cdot W_{ef} \quad (425)$$

κ_M folgt aus Gleichung (421)

$$\text{mit } \bar{\lambda}'_M = \sqrt{\frac{\beta_S}{\sigma'_{Ki,M}}} \quad (426)$$

$$\sigma'_{Ki,M} = M'_{Ki,y} / W_{ef} \quad (427)$$

Das wirksame Biegedrillknickmoment $M'_{Ki,y}$ darf mit Gleichung (428) berechnet werden.

$$M'_{Ki,y} = M_{Ki,y} \cdot \sqrt{\frac{1}{1 + \left(\frac{M_{Ki,y}}{M_{Ki,B}}\right)^2}} \quad (428)$$

mit

$M_{Ki,y}$ nach Element 422

$$M_{Ki,B} = k \cdot \sigma_e \cdot W_g \quad (429)$$

kritisches Biegemoment nach der Elastizitätstheorie für das Beulen des Querschnitts oder des ungünstigsten Querschnittsteils

$$\sigma_e = 189800(t/b)^2 \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (430)$$

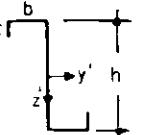
k = Beulwert, ggf. unter Berücksichtigung der Einflüsse von Schubspannungen und von örtlicher Lasteinleitung durch Einzelleisten

Wenn diese Einflüsse vernachlässigbar sind, dürfen die Werte nach Abschnitt 3.7 verwendet werden.

4.4.4 Vereinfachte Nachweise für Pfetten

424 - Pfetten mit C, Z und Σ-Querschnitt dürfen vereinfacht nachgewiesen werden, wenn die Bedingungen der Tabelle 402 eingehalten sind. Dies gilt auch dann, wenn im Gurt oder Steg zusätzlich Sicken vorhanden sind.

Tabelle 402:
Grenzbedingungen für vereinfachte Pfettennachweise

Pfetten Typ	t [mm]	b/t	h/t	h/b	c/t	b/c	L/h
	$\geq 1,5$	$\leq 46,7$	≤ 160	$\leq 3,43$	$\leq 13,3$	$\leq 4,0$	≥ 15
	$\geq 1,5$	$\leq 46,7$	≤ 160	$\leq 3,0$	$\leq 13,3$	$\leq 4,0$	≥ 15

425 - Der vereinfachte Nachweis von Pfetten, die die Voraussetzungen von Tabelle 402 erfüllen und die durch am Obergurt angeschlossene Trapezprofile

ausgesteift sind, so daß die Anschlußsteifigkeiten von Tabelle 304 erfüllt sind, dürfen mit Bedingung (431) nachgewiesen werden.

$$\text{vorh } M_y \leq \text{grenz } M_y \quad (431)$$

mit

$$\text{grenz } M_y = \frac{\beta_s \cdot I_{y,ef}}{z'} \cdot \frac{\kappa_M}{k_d} = \beta_s \cdot W_{y,ef} \cdot \frac{\kappa_M}{k_d} \quad (432)$$

$W_{y,ef}$ = Widerstandsmoment des wirksamen Querschnitts bezüglich der Achse y'

κ_M Abminderungsfaktor für das Biegedrillknicken nach Element 422 bzw. 426, wobei in Gleichung 427 W_{ef} durch $W_{y,ef}$ zu ersetzen ist

k_d Beiwert zur Berücksichtigung der Wirkung des nicht gestützten Druckbereiches nach Gleichung (433) und Tabelle 403

$$k_d = (a_1 - a_2 \frac{L}{h})$$

jedoch $k_d \geq 1,0$ (433)

mit a_1, a_2 nach Tabelle 403

und L = Stützweite

h = Pfettenhöhe

Tabelle 403:

Faktoren a_1, a_2 für Gleichung (433)

System	Z-Pfetten		C-Pfetten		Σ-Pfetten	
	a_1	a_2	a_1	a_2	a_1	a_2
Einfeldtr. Auflast	1,0	0	1,1	0,002	1,1	0,002
Einfeldtr. Sogbel.	1,3	0	3,5	0,050	1,9	0,020
Mehrfeldtr. Auflast	1,0	0	1,6	0,020	1,6	0,020
Mehrfeldtr. Sogbel.	1,4	0,010	2,7	0,040	1,0	0

426 - Der Abminderungsfaktor κ_M darf vereinfacht nach Gleichung (434) bestimmt werden, wenn ein Einfeldträger unter Auflast vorliegt oder Bedingung (435) erfüllt ist.

$$\kappa_M = 1,0 \quad (434)$$

$$\text{vorh } c_g \geq \text{erf } c_g \quad (435)$$

mit vorh c_g nach Gleichung (335)

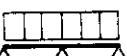
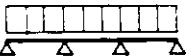
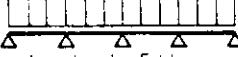
Die erforderlichen Drehbettungswerte erf c_g ergeben sich in Abhängigkeit vom System und Lastart aus Gleichung (436), wobei die Beiwerte k_g Tabelle 404 zu entnehmen sind.

$$\text{erf } c_g = k_g \cdot \frac{M_{el}^2}{E \cdot I_{z,g}} \quad (436)$$

$$\text{mit } M_{el} = W_{y,g} \cdot \beta_s$$

$$I_{z,g} = \text{Trägheitsmoment um die Hauptachse } z$$

Tabelle 404: Drehbettungsbeiwerte k_g

System	Belastung als Auflast		Sog
	-		0,210
	0,07		0,029
	0,15		0,066
	0,10		0,053
4 und mehr Felder			

427 - Der Abminderungsfaktor κ_M ist für das Biegedrillknicken mit gebundener Drehachse in den Fällen, die nicht durch Element 426 abgedeckt sind, nach Element 422 bzw. 423 zu ermitteln. Das ideale Biegedrillknickmoment $M_{Ki,y}$ ist dabei nach Gleichung (437) zu ermitteln.

$$M_{Ki,y} = \frac{k}{L} \sqrt{G \cdot I_T^* \cdot E \cdot I_{z,g}} \quad (437)$$

mit

$$I_T^* = I_T + \text{vorh } c_\theta \cdot \frac{L^2}{\pi^2 \cdot G} \quad (438)$$

mit

$\text{vorh } c_\theta$ nach Gleichung (335)

k = Beiwert für das Biegedrillknicken, z.B. nach Tabelle 405

$I_{z,g}$ = Trägheitsmoment um die Hauptachse z

Tabelle 405:
Beiwerte k für das Biegedrillknicken von Trägern mit gebundener Drehachse am Obergurt, Belastung Gleichstreckenlast, $L = \text{const}$

System	Belastung als	
	Auflast	Sog
	∞	10,3
	17,7	27,7
	12,2	18,3
	14,6	20,5

4.5 Druckbeanspruchte einteilige Stäbe

4.5.1 Allgemeines

428 - Die Regeln der Elemente 435, 441, 442, 444 und 445 gelten nur für doppelt-, einfach- und punktsymmetrische einteilige Querschnitte.

429 - Der Berechnung sind die nach Abschnitt 3.7 bzw. 3.8 bestimmten reduzierten Querschnittswerte zugrunde zu legen. Hierbei ist der Einfluß der Verschiebung des Schwerpunktes infolge des Überganges vom vollen auf den reduzierten Querschnitt zu berücksichtigen (s. Bild 403).

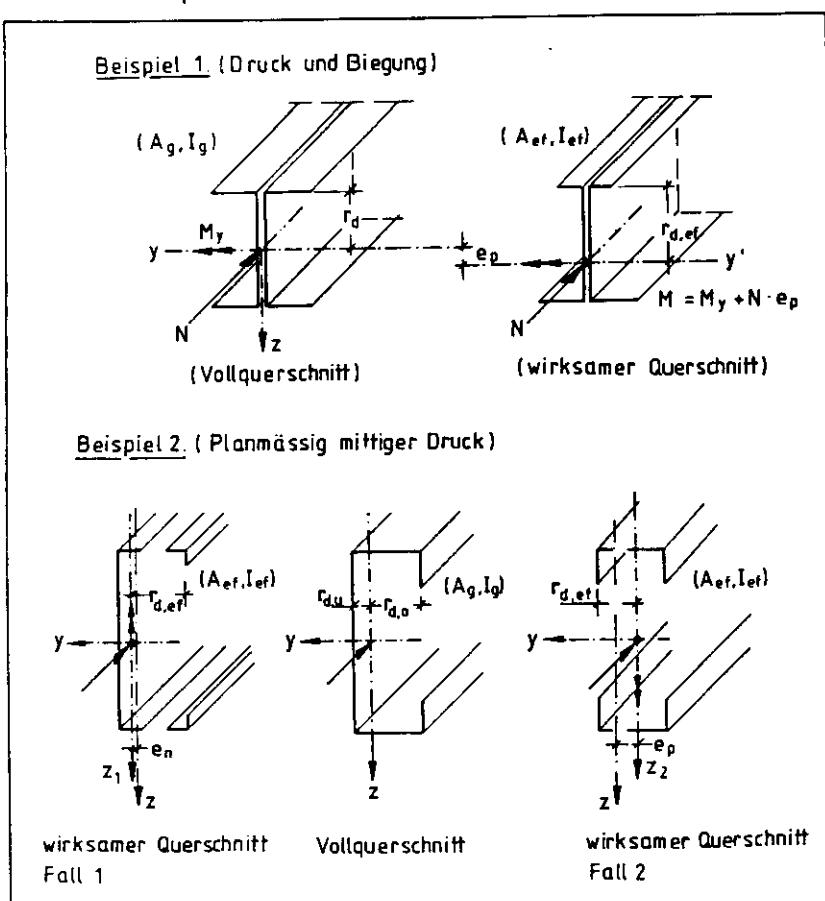


Bild 403: Beispiele für Querschnittsreduktion

430 - Die Reduktion des Querschnitts ist in Übereinstimmung mit dem Drehsinn des vorhandenen bzw. durch die Schwerpunktverschiebung erzeugten Biegemomentes vorzunehmen. Der Biegezuggurt wird nicht reduziert.

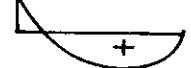
431 - Sofern kein planmäßiges Biegemoment vorliegt, ist die der Versagensform zugeordnete Vorkrümmung maßgebend für die Definition des Biegedruckgurtes. Bei einfachsymmetrischen Querschnitten ist es erforderlich, beide Ausweichrichtungen zu untersuchen (s. Bild 403).

432 - Die durch Ansatz des reduzierten Querschnitts bedingte Schwerpunktverschiebung darf vereinfacht nach Element 433 bzw. 434 durch eine Vergrößerung der Ersatzimperfektion berücksichtigt werden.

433 - Bei Stäben, für die eine Vorkrümmung mit dem Stich w_o anzunehmen ist, muß w_o um Δw_o nach Tabelle 406 erhöht werden. Hierbei resultiert der Momentenverlauf aus Vorkrümmung und ggf. planmäßiger Belastung.

Bei zur Biegeachse symmetrischem Querschnitt und der Annahme, daß σ_d infolge des positiven und negativen Momentes gleich groß ist, ergibt sich $e_p = e_n = e$.

Tabelle 406: Vergrößerung Δw_o des Stichs der Vorkrümmung durch Querschnittsreduktion

	1	2	3
Momentenverlauf			
Δw_o	e_p	$e_p + \frac{1}{2} e_n$	$e_p + e_n$
e_p Schwerpunktverschiebung infolge eines positiven Momentes e_n Schwerpunktverschiebung infolge eines negativen Momentes			

434 - Bei Stäben, für die eine Vorverdrehung ψ_o anzunehmen ist, muß ψ_o um

$$\Delta \psi_o = (e_p + e_n)/L$$

erhöht werden, wenn beide Stabenden eingespannt sind und dort Momente verschiedener Vorzeichen auftreten können. Ist ein Stabende gelenkig gelagert, so darf e_p bzw. e_n zu Null gesetzt werden. e_p und e_n sind in Element 433 definiert.

4.5.2 Planmäßig mittiger Druck4.5.2.1. Biegeknicken

435 - Der Tragsicherheitsnachweis ist mit Bedingung (439) zu führen.

$$N/N_u \leq 1 \quad (439)$$

mit

$$N_u \text{ als kleinerem Wert von } N_u^D \text{ und } N_u^B$$

mit

$$N_u^D = A_{ef}^D \cdot \beta_S \quad (440a)$$

$$N_u^B = \kappa' \cdot A_{ef}^B \cdot \beta_S \quad (440b)$$

A_{ef}^D = wirksamer Querschnitt,
bestimmt unter der Annahme kon-
stanter Druckspannung über den
gesamten wirksamen Querschnitt

A_{ef}^B = wirksamer Querschnitt,
unter Berücksichtigung von wirk-
samen Breiten im Biegedruckgurt
und im Steg. Der Biegezuggurt
wird nicht reduziert. Zur Ermitt-
lung der wirksamen Breite im
Steg ist ψ aus der Spannungsver-
teilung des reduzierten Quer-
schnitts zu ermitteln, sofern
nicht vereinfachend $\psi = +1,0$
gewählt wird.

Bei einfach-symmetrischen Quer-
schnitten ist es erforderlich,
beide Ausweichrichtungen zu un-
tersuchen.

$$\kappa' = \frac{1}{\kappa' + \sqrt{\kappa'^2 - \bar{\lambda}_K'^2}}, \text{ jedoch } \kappa' \leq 1 \quad (441)$$

$$\kappa' = \frac{1}{2} (1 + \alpha' \cdot (\bar{\lambda}_K' - 0,2) + \bar{\lambda}_K'^2 + \frac{4w_o \cdot r_{d,ef}}{i_{ef}^2}) \quad (442)$$

$$\alpha' = \alpha \cdot \frac{i \cdot r_{d,ef}}{i_{ef} \cdot r_d}, \text{ jedoch } \alpha' \geq \alpha \quad (443)$$

$$\bar{\lambda}_K' = \frac{L}{i_{ef} \cdot \lambda_a} \quad (444)$$

$$i_{ef} = \sqrt{I_{ef}/A_{ef}} \quad (445)$$

Δw_o : die zur betrachteten Ausweichrichtung gehörende Schwerpunktverschiebung

e_p oder e_n (siehe Bild 403)

$r_d, r_{d,ef}$: Abstand des Biegedruckrandes von der Schwerachse des vollen bzw. reduzierten Querschnittes (s. Bild 403)

α : Parameter nach Tabelle 407

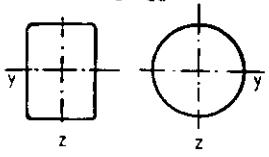
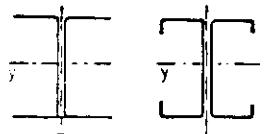
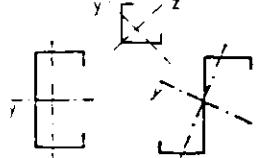
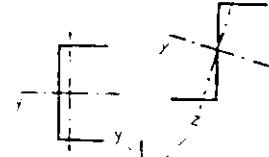
$$\lambda_a = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{\beta_s}} \text{ Bezugsschlankheitsgrad}$$

Tabelle 407: Zuordnung der α -Werte zu den Knickspannungslinien

Knickspannungslinie	a	b	c
α -Wert	0,21	0,34	0,49

436 - Die Zuordnung der Querschnitte zu den Knickspannungslinien erfolgt nach Tabelle 408.

Tabelle 408: Zuordnung der Querschnitte zu den Knickspannungslinien

	QUERSCHNITT	KNICKEN RECHTWINKLIG ZUR ACHSE		BEMERKUNG
		y - y	z - z	
1	HOH PROFILE 	a	a	GESCHLOSSENE PROFILE
2	I, H - PROFILE 	a	b	DOPPELT-SYMMETR PROFILE
3		b	b	PROFILE MIT RANDAUS-STEIFUNG
4		c	c	PROFILE OHNE RANDAUS-STEIFUNG

Andere Querschnitte als die in Tabelle 408 dargestellten sind sinngemäß einzuordnen.

4.5.2.2. Biegedrillknicken

437 - Der Nachweis für Biegedrillknicken ist nicht erforderlich bei Stäben mit Hohlquerschnitten und bei Stäben, deren Verdrehung θ oder seitliche Verschiebung v ausreichend behindert ist.

438 - Bei Stäben mit beliebiger, aber unverschieblicher Lagerung der Stabenden, unveränderlichem Querschnitt und mit konstanter Längskraft (ohne planmäßige Torsion) ist der Nachweis nach Bedingung (439) zu führen. Bei der Berechnung des bezogenen Schlankheitsgrades

$$\bar{\lambda}_K' = \sqrt{\beta_S/\sigma_{K1}'} \quad (446)$$

ist für σ_{K1}' die Spannung unter der kleinsten Verzweigungslast für Drill- oder Biegedrillknicken anzusetzen. Hierbei ist der wirksame Querschnitt zu berücksichtigen.

439 - Für den Nachweis der Tragfähigkeit ist die Knickspannungslinie c maßgebend.

4.5.3 Einachsige Biegung mit Druck

4.5.3.1. Biegeknicken

440 - Der Tragsicherheitsnachweis darf mit den Schnittgrößen nach Theorie II.

Ordnung mit Bedingung (447) geführt werden.

$$N/A_{ef} + M^{II}/W_{ef} \leq \beta_S \quad (447)$$

mit

M^{II} Biegemoment nach Theorie II.
Ordnung

441 - Der Tragsicherheitsnachweis darf auch mit Bedingung (448) geführt werden.

$$N/N_u + \beta_m \cdot M^I/M_u + \Delta n \leq 1 \quad (448)$$

mit

N_u nach Gleichung (440)

β_m Momentenbeiwert für Biegeknicken nach Tabelle 409; Momentenbeiwerte $\beta_m < 1$ sind nur bei unverschieblicher Lagerung der Stabenden, unveränderlichem Querschnitt und konstanter Längskraft bei Belastung ohne Querlasten zulässig.

M^I Biegemoment nach Theorie I. Ordnung

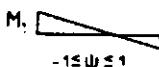
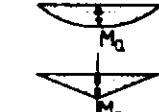
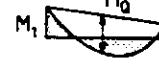
$$M_u = \beta_S \cdot W_{ef}$$

$$\Delta n = \frac{N}{N_u} \cdot \left(1 - \frac{N}{N_u} \right) \cdot \kappa'^2 \cdot \bar{\lambda}_K'^2 \quad (449)$$

jedoch $\Delta n \leq 0,1$

mit $\bar{\lambda}_K'$ nach Gleichung (444)

Tabelle 409: Momentenbeiwerte

Momentenverlauf	Momentenbeiwerte β_m für Biegeknicken	Momentenbeiwerte β_m für Biegedrillknicken
<u>Stabendmomente</u> 	$\beta_{m,\psi} = 0.66 + 0.4L \cdot \psi$ jedoch $\geq 1 - \frac{1}{\eta_{k1}} \text{ *)}$ und ≥ 0.44	$\beta_{m,\psi} = 1.8 - 0.7 \cdot \psi$
<u>Momente aus Querlast</u> 	$\beta_{m,q} = 1.0$	$\beta_{m,q} = 1.3$ $\beta_{m,q} = 1.4$
<u>Querlast mit Stabendmomenten</u> 	$\beta_m = \frac{M_0 + M_1 \cdot \beta_{m,\psi}}{M_0 + M_1}$	$\beta_m = \beta_{m,\psi} \cdot \frac{M_0}{\Delta M} \cdot (\beta_{m,q} - \beta_{m,\psi})$
	jedoch $\beta_m \geq 1.0$	$M_0 = \max M \text{ nur aus Querlast}$
		$\Delta M = \begin{cases} \max M & \text{bei nicht durch-} \\ \max M + \min M & \text{schlagendem} \\ & \text{Momentenverlauf} \\ & \text{bei durch-} \\ & \text{schlagendem} \\ & \text{Momentenverlauf} \end{cases}$
*) η_{k1} nach Gl. (401)		

4.5.3.2. Biegedrillknicken

442 – Der Tragsicherheitsnachweis ist mit Bedingung (450) zu führen:

$$N/N_u + (M_y/M_{u,B}) \cdot k_y \leq 1 \quad (450)$$

mit N_u nach Gleichung (440) für das Ausweichen rechtwinklig zur Achse z-z bzw. mit Beachtung von Element 438

M_y Absolutwert des größten Biegemomentes. Die Stabendmomente sind aus einer Untersuchung des Gesamtsystems, erforderlichenfalls nach Theorie II. Ordnung, zu bestimmen. Die Feldmomente dürfen anschließend mit diesen Stabendmomenten nach Theorie I. Ordnung berechnet werden.

$M_{u,B}$ nach Gleichung (425)

$$k_y = 1 - (N/N_u) \cdot a_y, \text{ jedoch } \leq 1 \quad (451)$$

$$a_y = 0,15 \cdot \bar{\lambda}_{Kz} \cdot \beta_{M_y} - 0,15, \text{ jedoch } \leq 0,9 \quad (452)$$

mit

$\bar{\lambda}_{Kz}$ = bezogener Schlankheitsgrad nach Gleichung (444)

β_{M_y} = Momentenbeiwert für Biegedrillknicken nach Tabelle 409

4.5.4 Zweiachsige Biegung mit Druck

4.5.4.1 Biegeknicken

443 - Der Tragsicherheitsnachweis darf nach Bedingung (453) geführt werden:

$$N/A_{ef} + M_y^{II}/W_{ef,y} + M_z^{II}/W_{ef,z} \leq \beta_S \quad (453)$$

Bei der Schnittgrößenermittlung dürfen die Momente M_y^{II} , M_z^{II} durch Superposition der Teilbelastungsfälle der einachsigen Biegung um die y- bzw. z-Achse bestimmt werden.

Als Normalkraft bei der Ermittlung der Momente M_y^{II} , M_z^{II} nach Theorie II. Ordnung ist dabei die resultierende Normalkraft zu berücksichtigen.

444 - Der Tragsicherheitsnachweis darf auch mit Bedingung (454) geführt werden.

$$\frac{N}{N_u} + \frac{M_y^{I} \cdot \beta_{my}}{M_{u,y}} k_y + \frac{M_z^{I} \cdot \beta_{mz}}{M_{u,z}} k_z + \Delta_n \leq 1 \quad (454)$$

mit N_u nach Gleichung (440) mit Beachtung von Element 438, hierbei ist der kleinere Wert von $N_{u,y}$, $N_{u,z}$ zu verwenden.

$M_{u,y} = \beta_S \cdot W_{y,ef}$ für Biegung um die y-Achse

$M_{u,z} = \beta_S \cdot W_{z,ef}$ für Biegung um die z-Achse

k_y^I, k_z^I Abminderungsfaktoren nach Gleichung (441)

M_y^I, M_z^I Maximalmomente nach Theorie I. Ordnung

β_{my}, β_{mz} Momentenbeiwerte β_m für Biegeknicken nach Tabelle 409 zur Erfassung der Form des Biegemomentes M_y^I bzw. M_z^I nach Gleichung (449)

$$k_y = 1; k_z = c_z \text{ für } k_y^I < k_z^I$$

$$k_y = 1; k_z = 1 \text{ für } k_y^I = k_z^I$$

$$k_y = c_y; k_z = 1 \text{ für } k_y^I > k_z^I$$

$$c_z = \frac{1}{c_y} = \frac{1 - \frac{N}{A_{ef}^D \cdot \beta_S} \bar{\lambda}_{Ky}^{I2}}{1 - \frac{N}{A_{ef}^D \cdot \beta_S} \bar{\lambda}_{Kz}^{I2}} \quad (455)$$

4.5.4.2 Biegendrillknicken

445 - Falls keine planmäßige Torsion vorhanden ist, darf der Tragsicherheitsnachweis mit Bedingung (456) geführt werden.

$$\frac{N}{N_u} + \frac{M_y}{M_{u,B}} \cdot k_y + \frac{M_z}{M_{u,z}} \cdot k_z \leq 1 \quad (456)$$

Zusätzlich zu Abschnitt 4.5.3.2. gilt:

$M_{u,z}$ nach Element 444

$$k_z = 1 - \frac{N}{N_u} \cdot a_z \quad (457)$$

jedoch $k_z \leq 1,5$

$$a_z = \bar{\lambda}_{Kz}^{I2} (2\beta_{Mz} - 4) + 0,5; \quad (458)$$

jedoch $a_z \leq 0,8$

4.6 Mehrteilige einfeldrige Stäbe mit unveränderlichem Querschnitt und konstanter Normalkraft

446 - Mittig gedrückte Rahmenstäbe mit dem in Bild 404 dargestellten Querschnitt aus dünnwandigen C-Profilen dürfen nach DIN 18 800 Teil 2 Abschnitt 4 nachgewiesen werden, wenn die nachfolgenden Voraussetzungen erfüllt sind:

- Der Querschnitt ist voll wirksam,
- Drillknicken der Rahmenstäbe ist ausgeschlossen. Der Nachweis hierfür ist erbracht, wenn die Anzahl der aussteifenden Bindeblechpaare größer ist als n_b nach Gleichung (459).

$$n_b = i_M \sqrt{I_z/I_w} \quad (459)$$

mit

$$i_M^2 = i_p^2 + z_M^2 \quad \text{für das einzelne C-Profil}$$

$$i_p = \sqrt{i_y^2 + i_z^2} \quad \text{polarer Trägheitsradius für das einzelne C-Profil}$$

I_z, I_w : Trägheitsmoment und Wölbwiderstand des einzelnen C-Profil

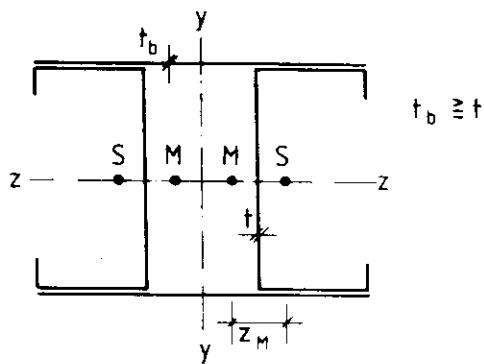


Bild 404: Rahmenstab mit Bindeblechen

4.7 Stabilisierung von Bauteilen durch flächenhafte Konstruktionen

447 - Zur Vermeidung von Ausweicherscheinungen bei dünnwandigen Bauteilen,

bedingt durch Instabilität, dürfen Beplankungen mit Profiltafeln oder Tafeln aus nichtmetallischen Werkstoffen herangezogen werden, wenn sie ständig vorhanden sind.

448 - Bezuglich der Stabilisierung von Kaltprofilen durch angeschlossene Stahltrapezprofile oder -kassetten wird auf Abschnitt 3.10 verwiesen.

449 - Die Stabilisierung durch Beplankungen aus

- Bau-Furniersperrholz (DIN 68 750 Teil 3 und Teil 5)
- Flachpressplatten (DIN 68 763)

ist unter Berücksichtigung der Bemessungsregeln der DIN 1052 Teil 1 nachzuweisen.

450 - Für Konstruktionen mit tragenden Verbindungen zwischen Beplankungen aus mineralischen Werkstoffen und Kaltprofilen ist eine bauaufsichtliche Zulassung oder eine Zustimmung im Einzelfall erforderlich.

451 - Werden druckbeanspruchte Bauteile oder Bauelemente durch Beplankungen aus mineralischen Werkstoffen oder Holzwerkstoffen ausgesteift, ist eine ausreichende Schubsteifigkeit zu gewährleisten.

452 - Die elastische Bettung durch die an das Kaltprofil angeschlossene Beplankung ergibt sich für mineralische Werkstoffe und Holzwerkstoffe aus der Schubsteifigkeit der Beplankung und aus den Anschlußsteifigkeiten der Verbindungen. Die Anschlußsteifigkeiten dürfen der Tabelle 410 entnommen werden.

Tabelle 410: Anschlußsteifigkeiten

Beplankung	Verbindungsmitte	c [kN/mm]
12 mm Bau-Furniersperrholz (Faserrichtung)	Schraube \varnothing 6,3 mm	3,9
12 mm Bau-Furniersperrholz (⊥ Faserrichtung)	Schraube \varnothing 6,3 mm	2,0
20 mm Flachpressplatten	Schnellbauschrauben \varnothing 3,9 mm	0,9
10 mm zementgebundene Holzspanplatten (TYP A2)	Schrauben \varnothing > 5,5 mm	2,5
10 mm zementgebundene Holzspanplatten (TYP B1)	Schrauben \varnothing > 5,5 mm	2,0
18 mm zementgebundene Holzspanplatten (TYP B1)	Schrauben \varnothing > 5,5 mm	1,8
12 mm Faserzementplatten	Schrauben \varnothing > 5,5 mm	3,2
12,5 mm Gipskartonplatten	Schnellbauschrauben \varnothing 3,9 mm	0,9

5 Rechnerische Ermittlung der Tragfähigkeit von Stabwerken

501 - Die Schnittgrößen sind entsprechend Abschnitt 3.2 nach der Elastizitätstheorie zu ermitteln. Die Ersatzimperfektionen nach Abschnitt 3.4 sind zu beachten.

Die Nachweise dürfen in Anlehnung an die Regelung der Normenreihe DIN 18 800 geführt werden. Dabei sind zusätzlich die wirksamen Querschnitte nach den Abschnitten 3.7 und 3.8 dieser Richtlinie zu berücksichtigen.

6 Ermittlung des Tragverhaltens durch Versuche

6.1 Grundsätzliche Versuchsanforderungen

601 - Die Regelungen des Abschnittes 6 enthalten grundsätzliche Anforderungen. Detaillierte Angaben für den Einzelfall sind dem Anhang C zu entnehmen.

602 - Die Durchführung und Beurteilung der Versuche erfordert versuchstechnische und fachliche Erfahrung. Die Versuchsdurchführung ist auf hierfür bauaufsichtlich anerkannte Prüfstellen [3] beschränkt.

603 - Das Tragverhalten während der Prüfung soll die Verhältnisse im Bauwerk möglichst genau simulieren.

604 - Versuchseinrichtung und Lasteintragung müssen so festgelegt werden, daß die Größe und Verteilung der Lasten richtig simuliert werden und daß sich der Prüfkörper den Verhältnissen am Bauwerk entsprechend verhalten kann. Versuchstechnisch bedingte Abweichungen dürfen keinen günstigen Einfluß auf das Tragverhalten haben.

605 - Die Meßausrüstung ist so zu wählen, daß hiermit eine vollständige Dokumentation und Beurteilung des Tragverhaltens und Verformungsverhaltens des Systems vorgenommen werden kann.

606 - Meßergebnisse aus den Versuchen sind nach Form und Umfang nachvollziehbar zu dokumentieren.

Die Aufzeichnungen müssen mindestens beinhalten:

- die mechanisch-technologischen Eigenschaften des Werkstoffes,
- die mechanisch-technologischen Eigenschaften und tatsächlichen Abmessungen und Vorverformungen der Prüfkörper,
- Last-Verformungswerte zur Beurteilung des elastischen Verhaltens und des Grenzzustandes der Tragfähigkeit,
- die Verformungen zur Beurteilung der Gebrauchsfähigkeit.

6.2 Allgemeines zu Traglastversuchen

607 - Traglastversuche dienen dem Studium des Tragverhaltens und der Bestimmung der Traglast unter Berücksichtigung fertigungstechnisch bedingter struktureller und geometrischer Imperfektionen. Es wird unterschieden zwischen den Traglasten von Querschnitten (6.3), Bauteilen (6.4) und Tragwerken (6.5).

608 - Die mechanischen Materialkennwerte ergeben sich aus dem Zugversuch nach DIN 50 145 mit den für das entsprechende Flachzeug geltenden Probenabmessungen. Die Belastungsgeschwindigkeit oberhalb der Proportionalitätsgrenze soll $10 \text{ N}/(\text{mm}^2 \cdot \text{min})$ nicht überschreiten. Die Proben sind den ebenen Querschnittsteilen der Kaltprofile zu entnehmen. In der Regel sind mindestens 3 repräsentative Zugproben erforderlich.

609 - Die Belastungsgeschwindigkeit ist bei Versuchen nach Abschnitt 6.3 bis 6.5 in der Regel so zu wählen, daß die Beanspruchungen als quasi-statisch gewertet werden können; sie sollte bei den in den Abschnitten 6.3 bis 6.5 beschriebenen Versuchen einer Versuchsreihe etwa gleich sein. Bis zum Erreichen der Traglast sind ausreichend viele Laststufen vorzusehen.

610 - Während der Lastaufbringung ist etwa in Höhe der Gebrauchslast eine Entlastung vorzusehen. Oberhalb der Gebrauchslast soll die Last stufenweise erhöht werden, wobei die Last jeweils so lange konstant zu halten ist bis keine nennenswerten, plastischen Verformungen mehr auftreten.

6.3 Tragfähigkeit von Querschnitten

611 - Bei Traglastversuchen an Querschnitten ist ein globales Ausweichen des Prüfkörpers zu vermeiden; örtliche Verformungen dürfen nicht behindert werden.

6.3.1 Zugversuche

612 - Die Mindestlänge des Prüfkörpers L_z wird durch die größere der beiden Querschnittsabmessungen B oder H (nach Bild 303) bestimmt; es gilt $L_z \geq 5 B$ bzw. $5 H$. Der Prüfkörper ist so zu gestalten, daß das Versagen in einem Bereich des Stabquerschnittes erfolgt, der mindestens $0,2 L_z$ von der Einspannung entfernt liegt. Bei Rohrquerschnitten tritt an die Stelle von B bzw. H der Außendurchmesser D.

613 - Aus der Tragnormalkraft $N_{u,v}$ bei zentrischer Zugkraft lassen sich die gemittelte Streckgrenze $\beta_{S,M}$ bzw. die $0,2\%$ - Dehnungsgrenze $\beta_{0,2,M}$ des Querschnittes ermitteln.

6.3.2 Druckversuche

614 - Die Mindestlänge des Prüfkörpers L_d wird durch die größere der beiden Querschnittsabmessungen B oder H nach Bild 303 bestimmt. Es gilt $L_d \geq 3 B$ bzw. $3 H$. Übersteigt die Prüfkörperlänge den 20fachen Wert des kleinsten Trägeradius ($L_d > 20 i$), sind geeignete Horizontalabstützungen anzuordnen, so daß ein Stabknicken ausgeschlossen wird. Bei Rohrquerschnitten tritt an die Stelle von B bzw. H der Außendurchmesser D.

615 - Die Stabenden sind im allgemeinen planparallel zu bearbeiten.

616 - Ist $\max b_p/t \leq 1,33 \cdot \sqrt{E/\beta_S}$, so ergibt sich aus der Traglast bei konstanter Druckspannung der Mittelwert der Stauchgrenze des Querschnittes.

6.3.3 Biegeversuche

617 - Die Mindestlänge des Prüfkörpers L_b wird durch die maximalen Profilabmessungen (Breite B, Höhe H, nach Bild 303) bestimmt. Es gilt $L_b \geq 15 B$ bzw. $15 H$. Druckbeanspruchte Querschnittsteile sollten im Abstand c von höchstens dem 20fachen Wert des geringsten Trägeradius gegen globales Ausweichen ausgesteift sein.

618 - Die Belastung des Prüfkörpers erfolgt mit mindestens 2 Einzellasten, für deren Abstand a die Bedingung $L_b/5 \leq a \leq L_b/3$ einzuhalten ist. Die Wirkungslinien der Lasten müssen durch den Schubmittelpunkt gehen. Örtliche Verformungen im Lasteinleitungsbereich sind durch geeignete konstruktive Maßnahmen zu verhindern.

Anstelle einer Belastung mit Einzellasten dürfen auch Stabendmomente aufgebracht werden.

619 - Die Durchbiegungen des Prüfkörpers sind mindestens an den Auflagern, den Lasteinleitungsstellen sowie in Feldmitte zu registrieren. Aus dem Versuch erhält man neben dem Tragmoment die Rotationskapazität des Querschnittes.

6.3.4 Querkraftversuche

620 - Die Mindestlänge des Prüfkörpers L_Q wird durch die maximale Profilabmessung B,H nach Bild 303 bestimmt. Es gilt $L_Q \geq 5 B$ bzw. $5 H$.

621 - Querkraftversuche werden am Einfeldträger durchgeführt. Druckbeanspruchte Querschnittsteile sollen im Abstand von nicht mehr als dem 20fachen Wert des geringsten Trägeradius ($c \leq 20 i$) gegen globales Ausweichen ausgesteift sein. Eine Einzellast ist über eine Einleitungskonstruktion im Abstand $u \geq H$ (Profilhöhe) vom Auflager aufzubringen. Das Auflager ist bauwerkentsprechend auszubilden. Der Überstand des Trägers am Auflager soll höchstens

40 mm betragen, sofern keine bauwerksentsprechende Ausführung vorgegeben ist.

622 - Die Verformungen des Trägers sind sowohl an der Stelle der Lasteinleitung als auch am Auflager zu registrieren.

623 - Die Tragquerkraft ist durch Schubfließen oder Schubbeulen gekennzeichnet.

6.3.5 Stegkrüppelversuche

624 - Die Mindestlänge des Prüfkörpers L_s wird durch die Steghöhe h bestimmt. Es gilt $L_s \geq 4 h$.

625 - Der Prüfkörper wird auf ebener Unterlage kontinuierlich aufgelagert und an den Profillängsrändern gegen seitliches Ausweichen gesichert. Die Lasteinleitung ist bauwerksentsprechend auszubilden.

626 - Die Eindrückung an der Lasteinleitungsstelle ist zu registrieren.

6.4 Tragfähigkeit von Bauteilen

627 - Wenn sich das zu prüfende Bauteil und anschließende Bauteile gegenseitig beeinflussen, ist dies zu berücksichtigen.

6.5 Tragfähigkeit von Tragwerken

628 - Traglastversuche an Tragwerken, z.B. Rahmen, Fachwerken können erforderlich werden, wenn die gegenseitige Beeinflussung der einzelnen Bauteile erfaßt werden soll.

6.6 Allgemeines zu Tragfähigkeitsversuchen für mechanische Verbindungen

629 - Traglast- und Gebrauchstauglichkeitsversuche für Verbindungen oder Verbindungselemente sind so zu konzipieren, daß die zu erwartende Beanspruchungsart versuchsmäßig erfaßt wird. Besondere Aufmerksamkeit gilt Verbindungen, bei denen infolge der Dünzwandigkeit der anschließenden Bauteile sekundäre Beanspruchungen infolge Verformungen zu erwarten sind.

6.7 Gebrauchstauglichkeit

630 - Untersuchungen des Gebrauchszustandes dienen zur Bestätigung, daß die Kriterien für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit eingehalten werden.

6.8 Versuchsumfang und Auswertung der Versuchsergebnisse

631 - Der Versuchsumfang und die statische Auswertung der Versuchsergebnisse sind im Anhang C geregelt.

7 Verbindungen

7.1 Allgemeines

701 - Der Tragsicherheitsnachweis der Anschlüsse oder Stöße darf mit den Schnittgrößen an der Verbindungsstelle erfolgen. Mindestens sind jedoch diejenigen Schnittgrößen anzusetzen, die 50 % der Traglast des Bauteils entsprechen.

702 - Bei der Einleitung von Lasten dürfen rechnerisch höchstens 6 hintereinander liegende Verbindungselemente unter der Annahme einer gleichmäßigen Aufteilung der Kraft berücksichtigt werden. Der Abstand der äußeren Verbindungselemente untereinander darf höchstens $30 d_n$ betragen (d_n = Nenndurchmesser des Verbindungselementes).

7.2 Bemessungsgrundsätze

703 - Für die Bemessung von Verbindungen dürfen die Kräfte auf die einzelnen Verbindungselemente und Schweißnähte in günstiger Weise verteilt werden, wenn dabei:

- a) die Kräfte mit den einwirkenden Schnittgrößen im Gleichgewicht stehen,
- b) die vorausgesetzten Verformungen im Rahmen der Verformbarkeit der Verbindungselemente, der Schweißnähte und der verbundenen Teile liegen,
- c) jedes Element der Verbindung die Kräfte und Spannungen aufnehmen kann, die ihm durch die Berechnung zugewiesen werden.

704 - Bauteile sollen möglichst so angeschlossen werden, daß die Schwerachsen zusammenfallen. Treten Exzentrizitäten auf, müssen die Bauteile und Verbindungen für die daraus resultierenden Momente bemessen werden.

705 - Für die einzelnen Verbindungen sind Rand- und Mindestabstände nach Tabelle 701 einzuhalten.

Tabelle: 701: Rand- und Mindestabstände bei Verbindungen.

		Schrauben mit Muttern Gewindeformschrauben Blindniete	Setzbolzen	Punktschweißungen
	e_1	$\geq 3 d_n$	$\geq 4,5 d_n$	$\leq 6 d_s ; \geq 2,5 d_s$
	e_2	$\geq 3 d_n$	$\geq 4,5 d_n$	$\leq 8 d_s ; \geq 3 d_s$
	u_1	$\geq 1,5 d_n$	$\geq 4,5 d_n$	$\leq 4 d_s ; \geq 2 d_s$
	u_2	$\geq 3 d_n$	$\geq 4,5 d_n$	$\leq 6 d_s ; \geq 3 d_s$

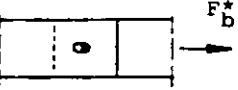
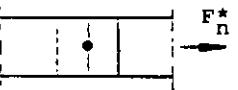
mit d_n = Nenndurchmesser der Verbindungselemente, d_s = Schweißpunktdurchmesser

7.3 Schrauben mit Muttern

706 - Schubbeanspruchung

Es gelten die in Tabelle 702 angegebenen Traglasten.

Tabelle 702: Traglasten von Schraubenverbindungen

Versagensform	Traglasten
Lochaufweitung	$F_b^* = 2,0 \cdot \delta_s \cdot t_I \cdot d_n$ 
Fließen im Nettoquerschnitt	$F_n^* = A_n \cdot \delta_s$ $A_n = \text{Nettoquerschnitt}$ 
Abscheren	$F_a^* = \gamma \cdot zult_a \cdot A$ mit $A = A_{Sch}$ (Schaftquerschnitt) bzw. bei durchgehendem Gewinde $A = A_{Sp}$ (Spannungsquerschnitt) $zult_a$ nach DIN 18 800 Teil 1 Ausgabe März 81 bzw. nach DIN 18 914 γ nach Abschnitt 3.2 mit t_I = Dicke des dünneren Bleches in der Verbindung t_{II} = Dicke des dickeren Bleches in der Verbindung F^* = Traglast je Verbindungselement

707 - Zugbeanspruchung in Schaftrichtung
Für Bauteile mit $t_N \geq 3$ mm gilt DIN 18 800 Teil 1.

Für Bauteile mit $t_N < 3$ mm sind allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen oder Zustimmungen in Einzelfällen erforderlich, wenn die Voraussetzungen nach Element 107 nicht erfüllt sind.

7.4 Gewindeformschrauben, Blindniete und Setzbolzen

708 - Dieser Abschnitt gilt unter folgenden Voraussetzungen:

für Gewindeformschrauben:

$4,8 \text{ mm} \leq d_n \leq 8,0 \text{ mm}$ (701)

für Blindniete:

$$4,8 \text{ mm} \leq d_n \leq 6,4 \text{ mm} \quad (702)$$

für Setzbolzen:

$$3,7 \text{ mm} \leq d_n \leq 6,0 \text{ mm} \quad (703)$$

$$t_{II} \geq 6 \text{ mm} \quad (704)$$

t_{II} = Dicke des Grundmaterials

d_n = Nenndurchmesser der Verbindungselemente

709 - Die zulässigen übertragbaren Kräfte sind den entsprechenden Verbindungselemente-Zulassungen zu entnehmen. Die Tragfähigkeiten ergeben sich daraus durch Multiplikation mit dem Faktor 2.

710 - Interpolationen von in den Zulassungen angegebenen zulässigen Kräften - z.B. für nicht angegebene Kombinationen von Bauteil I mit Bauteil II - sind bei Berücksichtigung der Versagensart erlaubt.

7.5 Schweißverbindungen

7.5.1 Schweißverbindungen mit Flankenkehlnähten und/oder Stirnkehlnähten

711 - Für geschweißte Verbindungen gelten die Regeln nach DIN 18 800 Teil 1 und Teil 7.

712 - Für Überlappungsverbindungen mit Blechdicken $t_I < 3 \text{ mm}$ und der Schweißnahtdicke $a = t_I/\sqrt{2}$ gelten darüber hinaus folgende Tragfähigkeiten je Naht:

für Flankenkehlnähte:

$$F_F = t_I \cdot L_w \cdot \beta_S \cdot (0,9 - 0,4L_w/b) \quad (705)$$

für Stirnkehlnähte:

$$F_S = t_I \cdot L_w \cdot \beta_S \cdot (1 - 0,3L_w/b) \quad (706)$$

mit β_S = Streckgrenze des Grundmaterials

t_I = Dicke des dünneren Bleches in der Verbindung

b = Breite des anzuschließenden Teils

L_w = wirksame Nahtlänge,
wobei $L_w \geq 8 t_I$ und $L_w \leq b$

Bei Vorhandensein von Stirn- und Flankenkehlnähten gilt $F = \Sigma F_F + \Sigma F_S$.

7.5.2. Punktschweißverbindungen

713 - In Überlappungs- oder Laschenköpfen sind Punktschweißverbindungen (Widerstandsschweißung oder Schmelzgasschweißung) zulässig. In Kraftrichtung hintereinander sind mindestens 2 Schweißpunkte anzuordnen. Es dürfen nicht mehr als 3 Teile durch einen Schweißpunkt verbunden werden.

714 - Die Eignung der verwendeten Werkstoffe zum Punktschweißen durch Widerstands- oder Schmelzgassschweißung muß vom Stahlhersteller bestätigt sein.

715 - Die Einhaltung der Schweißparameter ist durch gütesichernde Maßnahmen zu überwachen, die zwischen der anerkannten Stelle und der Schweißaufsichtsperson festzulegen sind.

716 - Punktschweißungen dürfen nicht planmäßig auf Zug beansprucht werden.

717 - Für Werkstoffe nach DIN 17 100 und DIN 17 162 gelten die in Tabelle 703 angegebenen Traglasten unter folgenden Voraussetzungen:

a) Grundmaterialdicke

$$1,5 \text{ mm} \leq (t_I, t_{II}) \leq 4 \text{ mm}$$

b) Schweißlinsendurchmesser d_s

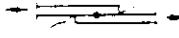
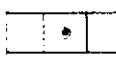
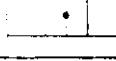
- Schmelzpunktschweißung

$$d_s = 5 + 0,5t_I \text{ [mm]}$$

- Widerstandspunktschweißung

$$d_s = 5 \sqrt{t_I} \text{ [mm]}$$

Tabelle 703:
Traglasten für Punktschweißverbindungen
in Abhängigkeit von den Versagensformen

Versagensform	Traglasten
Abscheren des Schweißpunktes 	$F_{sk}^* = \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} \cdot \tau_a$ mit $\tau_a = \beta_S / \sqrt{3}$
Aufweitung im Nahtbereich 	$F_b^* = 3,5 \cdot t_I \cdot d_s \cdot \beta_S$
Randversagen 	$F_e^* = 1,4 \cdot t_I \cdot e_1 \cdot \beta_S$
Fließen im Nettoquerschnitt 	$F_n^* = A_n \cdot \beta_S$ $A_n = \text{Nettoquerschnitt}$
mit $t_I = \text{Dicke des dünneren Bleches in der Verbindung}$	

8 Konstruktive Gestaltung

8.1 Anschlüsse und Stöße

801 - Die Ausbildung von Anschlägen und Stößen hat so zu erfolgen, daß die Kräfte überwiegend im Bereich der wirksamen Querschnittsflächen übertragen werden.

802 - Im Bereich von Krafteinleitungen oder -umlenkungen ist zu prüfen, ob konstruktive Maßnahmen erforderlich sind, um den vorgesehenen Kraftfluß zu gewährleisten. Insbesondere ist sicherzustellen, daß keine unzulässigen örtlichen Verformungen auftreten.

803 - Stöße und Anschlüsse sollen gedrungen ausgebildet werden. Unmittelbare und symmetrische Stoßdeckung ist anzustreben. Die einzelnen Querschnittsteile, z.B. Flansche oder Stege, sind in der Regel für sich anzuschließen.

8.2 Einleitung von Einzellasten

804 - Bei der Einleitung von Einzellasten in Bauteilen ist das örtliche Versagen infolge Krüppeln nach Abschnitt 4.3.3 besonders zu beachten. Die örtliche Tragfähigkeit kann durch Aussteifungen (z.B. Pfettenschuhe, Schotte) wesentlich erhöht werden.

805 - Einzellasten sind so einzuleiten, daß Profilverdrehungen und -verformungen möglichst vermieden werden oder von untergeordneter Bedeutung sind.

9 Überwachung und Kontrollmaßnahmen

9.1 Allgemeines

901 - Die Einhaltung der in Abschnitt 2 geforderten Werkstoff- und Bauteileigenschaften ist im Herstellwerk durch die Überwachung, bestehend aus Eigen- und Fremdüberwachung, zu prüfen. Für die Überwachung der Kunststoffbeschichtung gilt [1]. Als Herstellwerk gilt diejenige Produktionsstätte, in der die Einzelbauteile durch Kaltumformen ihr Querschnittsprofil erhalten. Für das Verfahren der Überwachung ist DIN 18 200 (Ausgabe Dez. 1986) maßgebend.

902 - Bei auf ein einzelnes Bauvorhaben bezogener Herstellung besteht die Fremdüberwachung aus der Einzelprüfung, bei Serien- bzw. Fließbandproduktion aus einer Erstprüfung und aus Regelprüfungen und ist von einer dafür anerkannten Gütekommune oder anerkannten Prüfstelle [4] auf der Grundlage eines Überwachungsvertrages durchzuführen. Für den Nachweis der Überwachung ist das einheitliche Überwachungszeichen zu führen. In dem Überwachungszeichen ist die fremdüberwachende Stelle und diese DAST-Richtlinie als Überwachungsgrundlage anzugeben.

9.2 Eigenüberwachung

9.2.1 Nachweis der Werkstoffeigenschaften

903 - Von jedem Hauptcoil/jeder Ausgangstafel sind die Streckgrenze σ_s bzw. $\sigma_{0,2}$, die Zugfestigkeit, die Bruchdehnung und ggf. die Zinkschichtdicke, die Zinkhaftung sowie - wenn vorhanden - die Beschichtung gemäß [1] zu prüfen. Die Prüfungen für die Verzinkung sind entsprechend DIN 17 162 Teil 2 bzw. für artverwandte Überzüge in Anlehnung daran durchzuführen.

904 - Diese Nachweise dürfen auch durch Bescheinigungen für die Ausgangs-Flach-

produkte (die nicht profilierten Bleche) nach DIN 50 049-2.3 erbracht werden.

9.2.2 Nachweis der Profilabmessungen

905 - Bei Aufnahme der Fertigung eines neuen Querschnittstyps sind alle zur Beschreibung der Querschnittsgeometrie erforderlichen Maße zu prüfen.

906 - Während der laufenden Fertigung sind mindestens folgende Maße zu prüfen:

- a) bei jedem Profilwechsel,
bei jeder Änderung der Blechdicke,
bei jedem Hauptcoil / jeder Ausgangstafel
 - die Blechdicke,
 - die Profilhöhe,
 - die Profilbreite (Gurtbreiten),
- b) in halbjährlichen Abständen von jedem gefertigten Profiltyp die komplette Querschnittsgeometrie.

9.2.3 Dokumentation

907 - Das Ausgangsmaterial ist zu kennzeichnen. Diese Kennzeichnung ist - bis hin zum fertigen Bauteil - auf jeden zur Weiterverwendung gelangenden Materialabschnitt zu übertragen.

908 - Die Ergebnisse der Eigenüberwachung sind nach Maßgabe der fremdüberwachenden Stelle in einem Werktagebuch aufzuzeichnen, statistisch auszuwerten und der überwachenden Stelle vorzulegen. Die Aufzeichnungen müssen mindestens 5 Jahre lang aufbewahrt werden.

9.3 Fremdüberwachung (für jedes Herstellwerk)

9.3.1 Erst- bzw. Einzelprüfung

909 - Zur Prüfung der Herstellungsbedingungen stellt die fremdüberwachende Stelle fest, ob

- a) die Produktionsstätte zur Herstellung von dünnwandigen, kaltgeformten Bauteilen aus Stahl nach dieser Richtlinie geeignet ist,
- b) geeignete Prüfeinrichtungen für die Eigenüberwachung verfügbar sind,
- c) die Eigenüberwachung sachgemäß durchgeführt werden kann.

910 - Maßgebend für den Nachweis der Werkstoffeigenschaften sind die der fertig profilierten Bauteile.

911 - Von jeder Ausgangsmaterialgüte sind Proben der kleinsten, einer mittleren und der größten für die laufende Herstellung vorgesehenen Blechdicke zu entnehmen. Die Proben sind als Zufallsproben aus den zum Zeitpunkt der Probenentnahme vorliegenden Bauteilen zu entnehmen.

912 - Es sind die Blechdicke, die Streckgrenze, die Zugfestigkeit und die Bruchdehnung, ggf. die Dicke und die Haftqualität des Zinküberzuges sowie die Dicke der zusätzlichen Korrosionsschutzbeschichtung zu ermitteln. Die Prüfungen sind entsprechend der DIN 17 162 Teil 2 bzw. in Anlehnung daran durchzuführen.

913 - Die Überprüfung der Profilabmessungen hat an allen für die Fertigung vorgesehenen Profiltypen zu erfolgen. Die Bauteile müssen auf den für die laufende Herstellung vorgesehenen Anlagen gefertigt worden sein. Es sind jeweils drei Profile der kleinsten, einer mittleren und der größten dafür vorgesehenen Materialdicke auf Einhaltung der in Abschnitt 2.2 festgelegten maximal zulässigen Maß- und Formabweichungen hin zu überprüfen.

914 - Der Nachweis der Freiheit von Anrissen im Stahlkern für die Kaltumformzonen des Profils ist zu erbringen.

915 - Über die Prüfung und deren Ergebnisse ist ein Prüfungsbericht zu erstellen.

9.3.2 Regelprüfung

9.3.2.1 Art, Umfang, Häufigkeit

916 - Die Überwachungsprüfung durch die Gütegemeinschaft bzw. anerkannte Prüfstellen [4] erstreckt sich auf stichprobenartige Prüfung der Dicken, der mechanischen Werkstoffeigenschaften und der Profilgeometrie der Bauteile, ggf. der Schichtdicke des Zinküberzuges und dessen Haftung sowie die Dicke der Beschichtung. Die Prüfungen sind an den ebenen Querschnittsteilen der Profile durchzuführen. Die vom Herstellwerk durchgeführte Eigenüberwachung ist zu prüfen, wobei diese auch auf systematische Fehler bei Probenentnahme, Prüfvorgang, Auswertung und Kennzeichnung hin zu kontrollieren ist.

917 - Von jedem zum Zeitpunkt der Probenentnahme vorliegenden Profiltyp sind je Blechdicke stichprobenartig mindestens 3 Proben zu entnehmen. Die Regelprüfung ist in halbjährlichen Abständen durchzuführen.

9.3.2.2 Beurteilung der Prüfungsergebnisse

918 - Die im Abschnitt 2.1 angegebenen Nennwerte sind 5%-Fraktilwerte einer Normalverteilung.

919 - Bei der Regelprüfung

- dürfen die Einzelwerte der Streckgrenze den Mindestwert für das Ausgangsmaterial nicht mehr als 10 N/mm² unterschreiten,
- müssen die Meßwerte für die Profilabmessungen innerhalb der in Abschnitt 2.2 angegebenen Toleranzgrenzen liegen.

920 - Die Ergebnisse der Fremdüberwachung sind statistisch auszuwerten.

921 - Über jede Regelprüfung, deren Ergebnisse und die zugehörige Auswertung ist ein Prüfungsbericht zu erstellen.

922 - Die Prüfungsberichte sind mindestens 5 Jahre aufzubewahren.

10 Kennzeichnung

1001 - An jeder Profil-Liefereinheit muß ein Schild angebracht sein, das Angaben über das Herstellwerk, das Herstellungs-jahr, die Profilbezeichnung, die Blech-dicke, die Materialgüte und das einheitliche Überwachungszeichen enthält.

11 Zitierte Normen und Unterlagen

DIN 1016 Warmgewalztes Band, warmgewalztes Blech unter 3 mm Dicke
 DIN 1052 Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung
 DIN 1055 Lastannahmen für Bauten
 DIN 1541 Kaltgewalztes Breitband und Blech aus unlegierten Stählen
 DIN 1544 Kaltgewalztes Band aus Stahl
 DIN 1623 Flacherzeugnisse aus Stahl; kaltgewalztes Band und Blech
 DIN 17 100 Allgemeine Baustähle
 DIN 17 102 Feinkornbaustähle, normalgeglüht
 DIN 17 162 Teil 2, Flachzeug aus Stahl; Feuerverzinktes Band und Blech
 DIN 18 200 Überwachung (Güteüberwachung) von Baustoffen, Bauteilen und Bauarten
 DIN 18 800 Teil 1, Stahlbauten; Bemessung und Konstruktion (z.Z. Entwurf)
 DIN 18 800 Teil 2, Stahlbauten; Stabilitätsfälle, Knicken von Stäben und Stabwerken (z.Z. Entwurf)
 DIN 18 800 Teil 3, Stahlbauten; Stabilitätsfälle, Plattenbeulen (z.Z. Entwurf)
 DIN 18 800 Teil 7, Stahlbauten; Herstellen, Eignungsnachweise
 DIN 18 801 Stahlhochbau; Bemessung, Konstruktion, Herstellung
 DIN 18 807 Stahltrapezprofile im Hochbau

DIN 18 808 Stahlbauten, Tragwerke aus Hohlprofilen unter vorwiegend ruhender Beanspruchung

DIN 18 914 Dünnwandige Rundsilos aus Stahl

DIN 50 049 Bescheinigung über Materialprüfungen

DIN 50 144 Prüfung metallischer Werkstoffe; Zugversuch ($t_N < 3$ mm)

DIN 50 145 Prüfung metallischer Werkstoffe; Zugversuch

DIN 59 232 Flachzeug aus Stahl; Feuerverzinktes Breitband und Blech

DIN 59 381 Kaltgewalztes Band aus nichtrostenden und aus hitzebeständigen Stählen

DIN 59 413 Kaltprofile aus Stahl

DIN 59 928 Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge

IfBt Zulassungsbescheid Z-14.1-4:

Verbindungselemente zur Verwendung bei Konstruktionen mit Profiltafeln aus Stahlblech;

[1] IfBt-Richtlinie 1987 zur Beurteilung und Überwachung des Korrosionsschutzes dünnwandiger Bauteile aus verzinktem und organisch beschichtetem Flachzeug aus Stahl; IfBt-Mitteilung 4/87. Institut für Bautechnik (IfBt), Berlin

[2] Liste der für die Prüfung und Beurteilung von Korrosionsschutz bei dünnwandigen Bauteilen anerkannten Prüfstellen, geführt beim Institut für Bautechnik (IfBt), Berlin

[3] Liste der für die Durchführung und Beurteilung von Versuchen zur Bestimmung der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit dünnwandiger kaltgeformter Bauteile aus Stahl bauaufsichtlich anerkannten Prüfstellen, geführt beim Institut für Bautechnik (IfBt), Berlin.

[4] Verzeichnis der fremdüberwachenden Stellen, geführt beim Institut für Bautechnik, Berlin.

II.

Hinweise

Inhalt des Gesetz- und Verordnungsblattes für das Land Nordrhein-Westfalen

Nr. 7 v. 7. 2. 1992

(Einzelpreis dieser Nummer 1,85 DM zuzügl. Portokosten)

Glied-Nr.	Datum	Seite	
2030	23. 12. 1991	Verordnung über beamtenrechtliche Zuständigkeiten im Geschäftsbereich des Ministeriums für Bauen und Wohnen	46
20320	24. 1. 1992	Vierte Verordnung zur Änderung der Wegstreckenentschädigung nach § 6 Abs. 1 Satz 2 LRKG	47
20320	24. 1. 1992	Neunte Verordnung zur Änderung der Kraftfahrzeugverordnung	48
20340	23. 12. 1991	Verordnung zur Bestimmung der mit Disziplinarbefugnissen ausgestatteten Dienstvorgesetzten im Geschäftsbereich des Ministeriums für Bauen und Wohnen	47

– MBl. NW. 1992 S. 435.

Nr. 8 v. 11. 2. 1992

(Einzelpreis dieser Nummer 1,85 DM zuzügl. Portokosten)

Glied-Nr.	Datum	Seite	
820	6. 2. 1992	Verordnung zur Änderung der Verordnung zur Regelung von Zuständigkeiten nach dem Sozialgesetzbuch	50
	31. 1. 1992	Verordnung über die Festsetzung von Zulassungszahlen und die Vergabe von Studienplätzen in höheren Fachsemestern an den Hochschulen des Landes Nordrhein-Westfalen zum Sommersemester 1992	51

– MBl. NW. 1992 S. 435.

Nr. 9 v. 13. 2. 1992

(Einzelpreis dieser Nummer 1,85 DM zuzügl. Portokosten)

Glied-Nr.	Datum	Seite	
205	26. 1. 1992	Bekanntmachung des Abkommens zwischen den Ländern der Bundesrepublik Deutschland über die erweiterte Zuständigkeit der Polizei der Länder bei der Strafverfolgung	58
77	8. 1. 1991	Bekanntmachung des Verwaltungsabkommens über die Bestimmung der zuständigen Behörde für die Genehmigung und Überwachung der mechanisch-biologischen Kläranlage Diemelstadt-Wethen sowie für die Erteilung der wasserrechtlichen Erlaubnis für die Abwassereinleitung und deren Überwachung	59
	15. 1. 1992	Bekanntmachung der Genehmigung der 7. Änderung des Gebietsentwicklungsplanes für den Regierungsbezirk Köln, Teilabschnitt Kreise Düren, Euskirchen, Heinsberg (Änderung von Wohnsiedlungsbereichen betr. Umsiedlungsstandorte Inden-Lamersdorf und Langerwehe-Jüngersdorf)	60

– MBl. NW. 1992 S. 435.

Nr. 10 v. 14. 2. 1992

(Einzelpreis dieser Nummer 1,85 DM zuzügl. Portokosten)

Glied-Nr.	Datum	Seite	
77	20. 1. 1992	Satzung für den Ruhrverband	62

– MBl. NW. 1992 S. 435.

Einzelpreis dieser Nummer 17,60 DM
 zuzügl. Porto- und Versandkosten

Bestellungen, Anfragen usw. sind an den A. Bagel Verlag zu richten. Anschrift und Telefonnummer wie folgt für

Abonnementsbestellungen: Grafenberger Allee 100, Tel. (0211) 9682/238 (8.00–12.30 Uhr), 4000 Düsseldorf 1

Bezugspreis halbjährlich 81,40 DM (Kalenderhalbjahr) Jahresbezug 162,80 DM (Kalenderjahr), zahlbar im voraus. Abbestellungen für Kalenderhalbjahresbezug müssen bis zum 30. 4. bzw. 31. 10. für Kalenderjahresbezug bis zum 31. 10. eines jeden Jahres beim A. Bagel Verlag vorliegen.

Reklamationen über nicht erfolgte Lieferungen aus dem Abonnement werden nur innerhalb einer Frist von drei Monaten nach Erscheinen anerkannt.

In den Bezugs- und Einzelpreisen ist keine Umsatzsteuer i. S. d. § 14 UStG enthalten.

Einzelbestellungen: Grafenberger Allee 100, Tel. (0211) 9682/241, 4000 Düsseldorf 1

Von Vorabeinsendungen des Rechnungsbetrages – in welcher Form auch immer – bitten wir abzusehen. Die Lieferungen erfolgen nur aufgrund schriftlicher Bestellung gegen Rechnung. Es wird dringend empfohlen, Nachbestellungen des Ministerialblattes für das Land Nordrhein-Westfalen möglichst innerhalb eines Vierteljahres nach Erscheinen der jeweiligen Nummer beim A. Bagel Verlag vorzunehmen, um späteren Lieferschwierigkeiten vorzubeugen. Wenn nicht innerhalb von vier Wochen eine Lieferung erfolgt, gilt die Nummer als vergriffen. Eine besondere Benachrichtigung ergeht nicht.

Herausgeber: Landesregierung Nordrhein-Westfalen, Haroldstraße 5, 4000 Düsseldorf 1

Herstellung und Vertrieb im Namen und für Rechnung des Herausgebers: A. Bagel Verlag, Grafenberger Allee 100, 4000 Düsseldorf 1

Druck: TSB Tiefdruck Schwann-Bagel, Düsseldorf und Mönchengladbach

ISSN 0177-3569