

**DIN EN 1999-1-4**

**DIN**

ICS 91.010.30; 91.080.10

Teilweiser Ersatz für  
DIN 18807-6:1995-09,  
DIN 18807-7:1995-09 und  
DIN 18807-8:1995-09

**Eurocode 9 –  
Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken –  
Teil 1-4: Kaltgeformte Profiltafeln;  
Deutsche Fassung EN 1999-1-4:2007 + AC:2009**

Eurocode 9 –  
Design of aluminium structures –  
Part 1-4: Cold-formed structural sheeting;  
German version EN 1999-1-4:2007 + AC:2009

Eurocode 9 –  
Calcul des structures en aluminium –  
Partie 1-4: Les structures à plaques formées à froid;  
Version allemande EN 1999-1-4:2007 + AC:2009

Gesamtumfang 74 Seiten

## DIN EN 1999-1-4:2010-05

### Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 1999-1-4:2007 + AC:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird, unter deutscher Mitwirkung erarbeitet.

Im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. ist hierfür der Arbeitsausschuss NA 005-08-07 AA „Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Belastung (DIN 4113, Sp CEN/TC 250/SC 9 + CEN/TC 135/WG 11)“ des Normenausschusses Bauwesen (NABau) zuständig.

Dieses Dokument enthält die Berichtigung, die von CEN am 4. November 2009 angenommen wurde.

Der Anfang und das Ende der Textstellen, die aufgrund der Berichtigung eingefügt bzw. gestrichen wurden, sind durch **[AC]** **[AC]** gekennzeichnet.

### Änderungen

Gegenüber DIN 18807-6:1995-09, DIN 18807-7:1995-09 und DIN 18807-8:1995-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Einführung des semi-probalistischen Teilsicherheitskonzeptes.

### Frühere Ausgaben

DIN 18807-6: 1995-09

DIN 18807-7: 1995-09

DIN 18807-8: 1995-09

EUROPÄISCHE NORM  
EUROPEAN STANDARD  
NORME EUROPÉENNE

**EN 1999-1-4**

Februar 2007

**+AC**

November 2009

---

ICS 91.010.30; 91.080.10

Deutsche Fassung

**Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von  
Aluminiumtragwerken —  
Teil 1-4: Kaltgeformte Profiltafeln**

Eurocode 9: Design of aluminium structures —  
Part 1-4: Could-formed structural sheeting

Eurocode 9: Calcul des structures en aluminium —  
Partie 1-4: Les Structures à plaques formées à froid

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 12. November 2006 angenommen. Die Berichtigung AC wurde vom CEN am 4. November 2009 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG  
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION  
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

**Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B- 1050 Brüssel**

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**

## Inhalt

	Seite
<b>Vorwort .....</b>	<b>4</b>
<b>Nationaler Anhang für EN 1999-1-4.....</b>	<b>8</b>
1    Allgemeines.....	9
1.1  Anwendungsbereich .....	9
1.1.1 Anwendungsbereich von EN 1999 .....	9
1.1.2 Anwendungsbereich von EN 1999-1-4.....	9
1.2  Normative Verweisungen.....	10
1.2.1 Allgemeines .....	10
1.2.2 Bemessung.....	10
1.2.3 Werkstoffe und Werkstoffprüfung .....	10
1.2.4 Verbindungselemente .....	11
1.2.5 Sonstiges .....	11
1.3  Begriffe .....	11
1.4  Formelzeichen.....	12
1.5  Geometrie und Festlegungen für Abmessungen .....	13
1.5.1 Querschnittsformen.....	13
1.5.2 Aussteifungsformen .....	13
1.5.3 Abmessungen der Querschnitte .....	13
1.5.4 Festlegung der Bauteilachsen.....	14
2    Bemessungsgrundlagen.....	14
3    Werkstoffe .....	15
3.1  Allgemeines .....	15
3.2  Aluminiumlegierungen für Bauteile .....	15
3.2.1 Materialeigenschaften .....	15
3.2.2 Blechdicken und geometrische Toleranzen .....	17
3.3  Mechanische Verbindungselemente .....	17
4    Dauerhaftigkeit.....	17
5    Berechnungsmethoden.....	18
5.1  Einfluss ausgerundeter Ecken .....	18
5.2  Geometrische Festlegungen .....	19
5.3  Bemessungsmodelle .....	20
5.4  Einwölbung der Gurte .....	20
5.5  Örtliches Beulen und Gesamtfeldbeulen .....	21
5.5.1 Allgemeines .....	21
5.5.2 Unausgesteifte ebene Teilflächen .....	21
5.5.3 Ebene Teilflächen mit Zwischensteifen .....	23
5.5.4 Trapezprofiltafeln mit Zwischensteifen .....	28
6    Grenzzustände der Tragfähigkeit.....	34
6.1  Beanspruchbarkeit von Querschnitten .....	34
6.1.1 Allgemeines .....	34
6.1.2 Zentrischer Zug .....	35
6.1.3 Zentrischer Druck .....	35
6.1.4 Biegemoment .....	36
6.1.5 Querkraft .....	38
6.1.6 Torsion .....	40
6.1.7 Örtliche Lasteinleitung .....	40
6.1.8 Zugkraft und Biegung .....	45
6.1.9 Druckkraft und Biegung .....	45
6.1.10 Querkraft, zentrische Kraft und Biegung .....	46
6.1.11 Biegemoment und örtliche Lasteinleitung oder Auflagerkraft .....	46
6.2  Beanspruchbarkeit bezüglich Knicken .....	47

	Seite
<b>6.2.1 Allgemeines .....</b>	<b>47</b>
<b>6.2.2 Zentrischer Druck.....</b>	<b>47</b>
<b>6.2.3 Biegung und zentrischer Druck.....</b>	<b>48</b>
<b>6.3 Schubfelder.....</b>	<b>49</b>
<b>6.3.1 Allgemeines .....</b>	<b>49</b>
<b>6.3.2 Scheibenwirkung.....</b>	<b>49</b>
<b>6.3.3 Voraussetzungen.....</b>	<b>50</b>
<b>6.3.4 Schubfelder aus Aluminium-Profiltafeln.....</b>	<b>51</b>
<b>6.4 Gelochte Profiltafeln mit Lochanordnung in Form gleichseitiger Dreiecke.....</b>	<b>52</b>
<b>7 Gebrauchstauglichkeit.....</b>	<b>53</b>
<b>7.1 Allgemeines .....</b>	<b>53</b>
<b>7.2 Plastische Verformungen .....</b>	<b>53</b>
<b>7.3 Durchbiegungen .....</b>	<b>54</b>
<b>8 Verbindungen mit mechanischen Verbindungselementen.....</b>	<b>54</b>
<b>8.1 Allgemeines .....</b>	<b>54</b>
<b>8.2 Blindniete .....</b>	<b>56</b>
<b>8.2.1 Allgemeines .....</b>	<b>56</b>
<b>8.2.2 Bemessungswerte für scherbeanspruchte Nietverbindungen.....</b>	<b>56</b>
<b>8.2.3 Bemessungswerte für zugbeanspruchte Nietverbindungen .....</b>	<b>56</b>
<b>8.3 Gewindeformende Schrauben / Bohrschrauben.....</b>	<b>57</b>
<b>8.3.1 Allgemeines .....</b>	<b>57</b>
<b>8.3.2 Bemessungswerte für scherbeanspruchte Schraubverbindungen .....</b>	<b>57</b>
<b>8.3.3 Bemessungswerte für zugbeanspruchte Schraubverbindungen .....</b>	<b>58</b>
<b>9 Versuchsgestützte Bemessung .....</b>	<b>60</b>
<b>Anhang A (normativ) Versuchsaufbau und -durchführung.....</b>	<b>61</b>
<b>A.1 Allgemeines .....</b>	<b>61</b>
<b>A.2 Versuche mit Profiltafeln .....</b>	<b>61</b>
<b>A.2.1 Allgemeines .....</b>	<b>61</b>
<b>A.2.2 Einfeldträgerversuch.....</b>	<b>62</b>
<b>A.2.3 Zweifeldträgerversuch .....</b>	<b>62</b>
<b>A.2.4 Ersatzträgerversuch.....</b>	<b>63</b>
<b>A.2.5 Endauflagerversuche .....</b>	<b>66</b>
<b>A.3 Versuchsauswertung .....</b>	<b>66</b>
<b>A.3.1 Allgemeines .....</b>	<b>66</b>
<b>A.3.2 Normierung der Versuchsergebnisse .....</b>	<b>66</b>
<b>A.3.3 Charakteristische Werte .....</b>	<b>67</b>
<b>A.3.4 Bemessungswerte.....</b>	<b>69</b>
<b>A.3.5 Gebrauchstauglichkeit.....</b>	<b>69</b>
<b>Anhang B (informativ) Dauerhaftigkeit von Verbindungselementen.....</b>	<b>70</b>
<b>Literaturhinweise .....</b>	<b>72</b>

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**

## **Vorwort**

Dieses Dokument (EN 1999-1-4:2007 + AC:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis August 2007, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2010 zurückgezogen werden.

Diese Europäische Norm ersetzt keine bestehende Europäische Norm.

CEN/TC 250 ist für die Erarbeitung aller Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau zuständig.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

## Hintergrund des Eurocode-Programms

Im Jahre 1975 beschloss die Kommission der Europäischen Gemeinschaften, für das Bauwesen ein Aktionsprogramm auf der Grundlage des Artikels 95 der Römischen Verträge durchzuführen. Das Ziel des Programms war die Beseitigung technischer Handelshemmnisse und die Harmonisierung technischer Spezifikationen.

Im Rahmen dieses Aktionsprogramms leitete die Kommission die Bearbeitung von harmonisierten technischen Regelwerken für die Tragwerksplanung von Bauwerken ein, die im ersten Schritt als Alternative zu den in den Mitgliedsländern geltenden Regeln dienen und diese schließlich ersetzen sollten.

15 Jahre lang leitete die Kommission mit Hilfe eines Lenkungsausschusses mit Vertretern der Mitgliedsländer die Entwicklung des Eurocode-Programms, das in den 80er Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts zu der ersten Eurocode-Generation führte.

Im Jahre 1989 entschieden sich die Kommission und die Mitgliedsländer der Europäischen Union und der EFTA, die Entwicklung und Veröffentlichung der Eurocodes über eine Reihe von Mandaten an CEN zu übertragen, damit diese den Status von Europäischen Normen (EN) erhielten. Grundlage war eine Vereinbarung<sup>1)</sup> zwischen der Kommission und CEN. Dieser Schritt verknüpft die Eurocodes de facto mit den Regelungen der Richtlinien des Rates und mit den Kommissionsentscheidungen, die die Europäischen Normen behandeln (z. B. die Richtlinie des Rates 89/106/EWG zu Bauprodukten (Bauproduktenrichtlinie), die Richtlinien des Rates 93/37/EWG, 92/50/EWG und 89/440/EWG zur Vergabe öffentlicher Aufträge und Dienstleistungen und die entsprechenden EFTA-Richtlinien, die zur Einrichtung des Binnenmarktes eingeführt wurden).

Das Eurocode-Programm umfasst die folgenden Normen, die in der Regel aus mehreren Teilen bestehen:

- |         |   |
|---------|---|
| EN 1990 | <i>Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung</i>                                      |
| EN 1991 | <i>Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke</i>   |
| EN 1992 | <i>Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken</i>  |
| EN 1993 | <i>Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten</i>                           |
| EN 1994 | <i>Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton</i> |
| EN 1995 | <i>Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauwerken</i>                         |
| EN 1996 | <i>Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten</i>                      |
| EN 1997 | <i>Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik</i>                  |
| EN 1998 | <i>Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben</i>                               |
| EN 1999 | <i>Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken</i>                   |

Die EN-Eurocodes berücksichtigen die Verantwortlichkeit der Bauaufsichtsorgane in den Mitgliedsländern und haben deren Recht zur nationalen Festlegung sicherheitsbezogener Werte berücksichtigt, so dass diese Werte von Land zu Land unterschiedlich bleiben können.

---

1) Vereinbarung zwischen der Kommission der Europäischen Gemeinschaften und dem Europäischen Komitee für Normung (CEN) zur Bearbeitung der Eurocodes für die Tragwerksplanung von Hochbauten und Ingenieurbauwerken (BC/CEN/03/89).

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**

## **Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes**

Die Mitgliedsländer der EU und der EFTA betrachten die Eurocodes als Bezugsdokumente für folgende Zwecke:

- als Mittel zum Nachweis der Übereinstimmung von Hoch- und Ingenieurbauten mit den wesentlichen Anforderungen der Richtlinie des Rates 89/106/EWG, besonders mit der wesentlichen Anforderung Nr. 1. Mechanische Festigkeit und Standsicherheit und der wesentlichen Anforderung Nr. 2. Brandschutz;
- als Grundlage für die Spezifizierung von Verträgen für die Ausführung von Bauwerken und die dazu erforderlichen Ingenieurleistungen;
- als Rahmenbedingung für die Erstellung harmonisierter, technischer Spezifikationen für Bauprodukte (ENs und ETAs).

Die Eurocodes haben, da sie sich auf Bauwerke beziehen, eine direkte Verbindung zu den Grundlagendokumenten<sup>2)</sup> auf die in Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hingewiesen wird, wenn sie auch anderer Art sind als die harmonisierten Produktnormen<sup>3)</sup>. Daher sind die technischen Gesichtspunkte, die sich aus den Eurocodes ergeben, von den Technischen Komitees von CEN und den Arbeitsgruppen von EOTA, die an Produktnormen arbeiten, zu beachten, damit diese Produktnormen mit den Eurocodes vollständig kompatibel sind.

Die Eurocodes liefern Regelungen für den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von kompletten Tragwerken und Bauteilen, die sich für die tägliche Anwendung eignen. Sie gehen auf traditionelle Bauweisen und Aspekte innovativer Anwendungen ein, liefern aber keine vollständigen Regelungen für ungewöhnliche Baulösungen und Entwurfsbedingungen. Für diese Fälle können zusätzliche Spezialkenntnisse für den Bauplaner erforderlich sein.

## **Nationale Fassungen der Eurocodes**

Die Nationale Fassung eines Eurocodes enthält den vollständigen Text des Eurocodes (einschließlich aller Anhänge), so wie von CEN veröffentlicht, möglicherweise mit einer nationalen Titelseite und einem nationalen Vorwort sowie einem (informativen) Nationalen Anhang.

Der (informative) Nationale Anhang darf nur Hinweise zu den Parametern geben, die im Eurocode für nationale Entscheidungen offen gelassen wurden. Diese so genannten national festzulegenden Parameter (NDP) gelten für die Tragwerksplanung von Hochbauten und Ingenieurbauten in dem Land, in dem sie erstellt werden. Sie umfassen:

- Zahlenwerte für die Teilsicherheitsbeiwerte und/oder Klassen, wo die Eurocodes Alternativen eröffnen,
- Zahlenwerte, wo die Eurocodes nur Symbole angeben,

---

2) Entsprechend Artikel 3.3 der Bauproduktenrichtlinie sind die wesentlichen Anforderungen in Grundlagendokumenten zu konkretisieren, um damit die notwendigen Verbindungen zwischen den wesentlichen Anforderungen und den Mandaten für die Erstellung harmonisierter Europäischer Normen und Richtlinien für die europäische Zulassung selbst zu schaffen.

3) Nach Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie haben die Grundlagendokumente

- a) die wesentlichen Anforderungen zu konkretisieren, indem die Begriffe und, soweit erforderlich, die technische Grundlage für Klassen und Anforderungsstufen vereinheitlicht werden,
- b) Methoden zur Verbindung dieser Klassen oder Anforderungsstufen mit technischen Spezifikationen anzugeben, z. B. Berechnungs- oder Nachweisverfahren, technische Entwurfsregeln usw.,
- c) als Bezugsdokumente für die Erstellung harmonisierter Normen oder Richtlinien für Europäische Technische Zulassungen zu dienen.

Die Eurocodes spielen de facto eine ähnliche Rolle für die wesentliche Anforderung Nr. 1 und einen Teil der wesentlichen Anforderung Nr. 2.

- landesspezifische geographische und klimatische Daten, die nur für ein Mitgliedsland gelten, z. B. Schneekarten,
- die Vorgehensweise, wenn die Eurocodes mehrere Verfahren zur Wahl anbieten,
- Vorschriften zur Verwendung der informativen Anhänge,
- Hinweise zur Anwendung der Eurocodes, soweit diese die Eurocodes ergänzen und ihnen nicht widersprechen.

### **Verhältnis zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (ENs und ETAs)**

Es besteht die Notwendigkeit, dass die harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte und die technischen Regelungen für die Tragwerksplanung<sup>4)</sup> konsistent sind. Insbesondere sollten alle Hinweise, die mit der CE-Kennzeichnung von Bauprodukten verbunden sind und die die Eurocodes in Bezug nehmen, klar erkennen lassen, welche national festzulegenden Parameter (NDP) zugrunde liegen.

---

4) Siehe Artikel 3.3 und Art. 12 der Bauproduktenrichtlinie ebenso wie die Abschnitte 4.2, 4.3.1, 4.3.2 und 5.2 des Grundlagendokumentes Nr. 1.

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**

## **Nationaler Anhang für EN 1999-1-4**

Diese Norm enthält alternative Verfahren, Zahlenwerte und Empfehlungen für Klassen zusammen mit Hinweisen, an welchen Stellen nationale Festlegungen möglicherweise getroffen werden müssen. Deshalb sollte die jeweilige nationale Ausgabe von EN 1999-1-4 einen Nationalen Anhang mit allen national festzulegenden Parametern enthalten, die für die Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken, die in dem Ausgabeland gebaut werden sollen, erforderlich sind.

Nationale Festlegungen sind nach EN 1999-1-4 in den folgenden Abschnitten vorgesehen:

- 2(3)
- 2(4)
- 2(5)
- 3.1(3)
- 7.3(3)
- A.1(1)
- A.3.4(3)

## **1 Allgemeines**

### **1.1 Anwendungsbereich**

#### **1.1.1 Anwendungsbereich von EN 1999**

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

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

(3) EN 1999 gilt in Verbindung mit folgenden Regelwerken:

- EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*
- EN 1991, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke*
- Europäische Normen für Bauprodukte, die für Aluminiumtragwerke Verwendung finden
- EN 1090-1, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 1: Konformitätsnachweisverfahren für tragende Bauteile*<sup>5)</sup>
- EN 1090-3, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 3: Technische Anforderungen für Aluminiumtragwerke*<sup>5)</sup>

(4) EN 1999 ist in fünf Teile gegliedert:

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

#### **1.1.2 Anwendungsbereich von EN 1999-1-4**

(1)P EN 1999-1-4 behandelt die Bemessung kaltgeformter Profiltafeln. Die Bemessungsmethoden sind anwendbar für profilierte Produkte, die aus kalt- oder warmgewalztem Vormaterial durch Kaltumformung wie Rollformen oder Abkanten hergestellt sind. Die Ausführung von Aluminiumkonstruktionen aus kaltgeformten Profiltafeln ist in EN 1090-3 behandelt.

**ANMERKUNG** Die in diesem Teil angegebenen Regeln ergänzen die Regeln der übrigen Teile von EN 1999-1.

(2) Es werden auch Bemessungsregeln für die Scheibentragfähigkeit von Schubfeldern aus Aluminium-Profiltafeln angegeben.

---

5) ZZ. in Vorbereitung.

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**

(3) Dieser Teil gilt nicht für stabförmige Kaltprofile mit C-, Z- oder ähnlichen Profilquerschnitten sowie kaltgeformte und geschweißte Rund- oder Rechteckhohlquerschnitte aus Aluminium.

(4) EN 1999-1-4 beschreibt Verfahren für die rechnerische und die versuchsgestützte Bemessung. Die rechnerischen Bemessungsverfahren gelten nur in den angegebenen Grenzen für die Werkstoffkennwerte und geometrischen Verhältnisse, für die ausreichende Erfahrung und Versuchsergebnisse vorhanden sind. Diese Einschränkungen gelten nicht für die versuchsgestützte Bemessung.

(5) EN 1999-1-4 beinhaltet keine Lastannahmen für Montage und Gebrauch.

## **1.2 Normative Verweisungen**

(1) Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

### **1.2.1 Allgemeines**

EN 1090-1, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 1: Konformitätsnachweisverfahren für tragende Bauteile<sup>6)</sup>*

EN 1090-3, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 3: Technische Anforderungen für Aluminiumtragwerke<sup>6)</sup>*

### **1.2.2 Bemessung**

EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1991, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke*

EN 1995-1-1, *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauwerken — Teil 1-1: Allgemeines — Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau*

EN 1999-1-1, *Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln*

### **1.2.3 Werkstoffe und Werkstoffprüfung**

EN 485-2:<sup>AC</sup> 2008 <sup>AC</sup>, *Aluminium und Aluminiumlegierungen — Bänder, Bleche und Platten — Teil 2: Mechanische Eigenschaften*

EN 508-2<sup>AC</sup> gestrichener Text <sup>AC</sup>, *Dachdeckungsprodukte aus Metallblech — Festlegungen für selbstragende Bedachungselemente aus Stahlblech, Aluminiumblech oder nichtrostendem Stahlblech — Teil 2: Aluminium*

EN 1396:<sup>AC</sup> 2007 <sup>AC</sup>, *Aluminium und Aluminiumlegierungen — Bandbeschichtete Bleche und Bänder für allgemeine Anwendungen — Spezifikationen*

EN 10002-1, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur*

<sup>AC</sup> gestrichener Text <sup>AC</sup>

---

<sup>6)</sup> ZZ. in Vorbereitung.

#### 1.2.4 Verbindungselemente

EN ISO 1479, *Sechskant-Blechschauben*

EN ISO 1481, *Flachkopf-Blechschauben mit Schlitz*

EN ISO 15480, *Sechskant-Bohrschauben mit Bund mit Blechschaubengewinde*

EN ISO 15481, *Flachkopf-Bohrschauben mit Kreuzschlitz mit Blechschaubengewinde*

EN ISO 15973, *Geschlossene Blindniete mit Sollbruchdorn und Flachkopf*

EN ISO 15974, *Geschlossene Blindniete mit Sollbruchdorn und Senkkopf*

EN ISO 15977, *Offene Blindniete mit Sollbruchdorn und Flachkopf*

EN ISO 15978, *Offene Blindniete mit Sollbruchdorn und Senkkopf*

EN ISO 15981, *Offene Blindniete mit Sollbruchdorn und Flachkopf*

EN ISO 15982, *Offene Blindniete mit Sollbruchdorn und Senkkopf*

EN ISO 7049:1994, *Linsenkopf-Blechschauben mit Kreuzschlitz*

#### 1.2.5 Sonstiges

EN ISO 12944-2, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 2: Einteilung der Umgebungsbedingungen*

### 1.3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 1999-1-1 und die folgenden Begriffe.

#### 1.3.1

##### Ausgangsmaterial

Bleche und Bänder aus Aluminium, aus welchen durch Kaltumformung Profiltafeln hergestellt werden

#### 1.3.2

##### Streckgrenze des Ausgangsmaterials

0,2%-Dehngrenze  $f_0$  des Ausgangsmaterials

#### 1.3.3

##### Scheibenwirkung

Tragwirkung von Profiltafeln bei Schubbeanspruchung in Scheibenebene

#### 1.3.4

##### elastische Verformungsbehinderung

Behinderung von Verschiebungen und Verdrehungen an Stellen eines Querschnittes, wodurch die Beanspruchbarkeit hinsichtlich Beulen bzw. Knicken erhöht wird

#### 1.3.5

##### bezogener Schlankheitsgrad

normierte, materialbezogene Schlankheit

## **DIN EN 1999-1-4:2010-05 EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**

### **1.3.6**

#### **Verformungsbehinderung**

Behinderung von Verschiebungen, Verdrehungen oder Verwölbungen eines Profils oder eines ebenen Teilquerschnittes, die die Beanspruchbarkeit hinsichtlich Beulen bzw. Knicken erhöht, wie bei einer unnachgiebigen Stützung

### **1.3.7**

#### **Schubfeldbemessung**

Bemessungsmethode zur Berücksichtigung der Scheibenwirkung von Profiltafeln hinsichtlich Steifigkeit und Beanspruchbarkeit einer Konstruktion

### **1.3.8**

#### **Auflager**

Stelle, wo Kräfte oder Momente eines Bauteils zum Fundament oder zu einem anderen Bauteil übergeleitet werden

### **1.3.9**

#### **wirksame Dicke**

rechnerische Dicke in Verbindung mit dem Beulen eines ebenen Querschnittsteiles

### **1.3.10**

#### **reduzierte wirksame Dicke**

rechnerische Dicke in Verbindung mit dem globalen Beulen einer Aussteifung in einem zweiten Berechnungsschritt, wenn lokales Beulen im ersten Berechnungsschritt berücksichtigt wurde

## **1.4 Formelzeichen**

(1) Zusätzlich zu den Formelzeichen in EN 1999-1-1 werden folgende Zeichen benutzt:

### **Abschnitte 1 bis 6**

$C$	Drehfedersteifigkeit;
$k$	Längsfedersteifigkeit;
$\theta$	Verdrehung;
$b_p$	Nennbreite einer ebenen Teilfläche;
$h_w$	Steghöhe, vertikal zwischen den Systemlinien der Gurte gemessen;
$s_w$	Stegbreite, schräg zwischen den Eckenmittnen gemessen;
$\chi_d$	Abminderungsfaktor für Knicken (Biegeknicken der Längsaussteifungen)
$\gamma$	der Winkel zwischen zwei benachbarten ebenen Teilflächen;
$\phi$	die auf die Gurte bezogene Stegneigung.

### **Abschnitt 8 Verbindungen mit mechanischen Verbindungselementen**

$d_w$	Durchmesser von (Dicht-)Scheibe oder Kopf des Verbindungselementes;
$f_{u,min}$	die kleinere Zugfestigkeit der beiden verbundenen Bauteile;

$f_{u,sup}$  Zugfestigkeit der Unterkonstruktion, in welche die Schraube eingedreht ist;

$f_y$  Streckgrenze der Unterkonstruktion aus Stahl;

$t_{min}$  Dicke des dünneren der beiden verbundenen Bauteile;

$t_{sup}$  Dicke der Unterkonstruktion, in welche die Schraube eingedreht ist.

(2) Weitere Begriffe und Formelzeichen werden bei deren Erstverwendung erläutert.

## 1.5 Geometrie und Festlegungen für Abmessungen

### 1.5.1 Querschnittsformen

(1) Kaltgeformte Profiltafeln haben innerhalb festgelegter Toleranzen konstante Blechdicke und über ihre gesamte Länge gleichförmigen Querschnitt.

(2) Die Querschnitte von kaltgeformten Profiltafeln bestehen im Wesentlichen aus einer Anzahl von ebenen Teilflächen, die durch gekrümmte Elemente verbunden sind.

(3) Typische Querschnittsformen von kaltgeformten Profiltafeln zeigt Bild 1.1.

(4) Kaltgeformte Profiltafeln können entweder unausgesteift sein oder Längsaussteifungen in Stegen oder Gurten oder auch in beiden aufweisen.

### 1.5.2 Aussteifungsformen

(1) Typische Formen von Längsaussteifungen kaltgeformter Profiltafeln zeigt Bild 1.2.

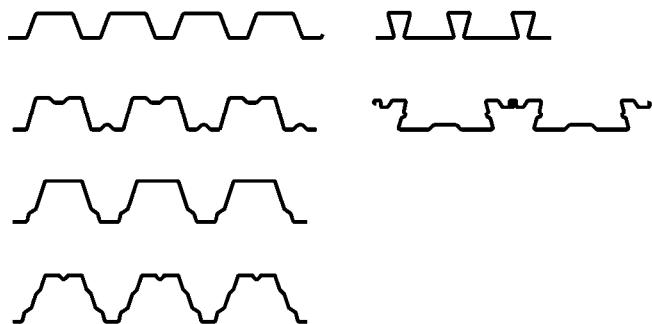


Bild 1.1 — Beispiele kaltgeformter Profiltafeln

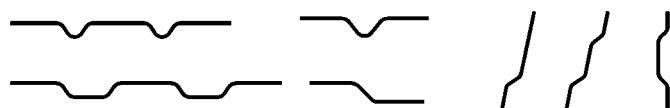


Bild 1.2 — Typische Zwischenaussteifungen

### 1.5.3 Abmessungen der Querschnitte

(1) Die Maße kaltgeformter Profiltafeln, einschließlich Gesamtbreite  $b$ , Gesamthöhe  $h$ , innerer Biegeradius  $r$ , sowie alle Außenabmessungen mit indexloser Bezeichnung werden, falls nicht anders festgelegt, über die Außenkontur gemessen, siehe Bild 5.1.

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**

- (2) Falls nicht anders angegeben, werden die, die mit Index versehen sind, Querschnittsabmessungen kaltgeformter Profiltafeln — wie zum Beispiel  $b_p$ ,  $h_w$  oder  $s_w$  — entweder bis zur Blechmittellinie bzw. bis zur Eckenmitte gemessen.
- (3) Bei geneigten Stegen wird die schräge Länge  $s$  parallel zur Neigung gemessen.
- (4) Die Abwicklung der Steghöhe wird einschließlich der Stegaussteifungen entlang der Blechmittellinien gemessen.
- (5) Die Abwicklung der Gurtbreite wird einschließlich aller inneren Aussteifungen entlang der Blechmittellinie gemessen.
- (6) Die Dicke  $t$  ist, sofern nicht anders angegeben, die Nennblechdicke. Siehe 3.2.2.

#### 1.5.4 Festlegung der Bauteilachsen

- (1) Für Profiltafeln werden in EN 1999-1-4 folgende Festlegungen für die Bauteilachsen verwendet:
  - y-y für die Achse parallel zur Profiltafelebene;
  - z-z für die Achse rechtwinklig zur Profiltafelebene.

## 2 Bemessungsgrundlagen

- (1) Die Bemessung kaltgeformter Profiltafeln muss mit den allgemeinen Regeln in EN 1990 und EN 1999-1-1 übereinstimmen.
- (2) Für die Grenzzustände der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit sind angemessene Teilsicherheitsbeiwerte festzulegen.
- (3) Beim Nachweis der Grenzzustände der Tragfähigkeit gelten folgende Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_M$ :
  - für Beanspruchbarkeit von Querschnitten und Bauteilen, bei denen das Versagen durch Instabilität eintritt:  $\gamma_{M1}$
  - für Beanspruchbarkeit von Querschnitten, bei denen das Versagen durch Zugbruch eintritt:  $\gamma_{M2}$
  - für Beanspruchbarkeit von Verbindungen:  $\gamma_{M3}$

ANMERKUNG Zahlenwerte für  $\gamma_{Mi}$  können im Nationalen Anhang festgelegt werden. Für Bauwerke werden die folgenden Werte empfohlen:

$$\gamma_{M1} = 1,10$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$\gamma_{M3} = 1,25$$

- (4) Für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit ist in der Regel der Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M,ser}$  zu verwenden.

ANMERKUNG Zahlenwerte für  $\gamma_{M,ser}$  können im Nationalen Anhang festgelegt werden. Für Bauwerke wird der folgende Wert empfohlen:

$$\gamma_{M,ser} = 1,0.$$

(5) Bei der Bemessung von Tragwerken aus kaltgeformten Profiltäfeln ist zwischen „Konstruktionsklassen“ zu unterscheiden, die in Abhängigkeit von der Art ihrer tragenden Funktion im Bauwerk wie folgt definiert sind:

- Konstruktionsklasse I:** Tragwerke, bei denen kaltgeformte Profiltäfeln integrierende Elemente des Tragwerks im Hinblick auf Gesamttragfähigkeit und Steifigkeit sind, siehe 6.3.3;
- Konstruktionsklasse II:** Tragwerke, bei denen kaltgeformte Profiltäfeln für die Tragfähigkeit und Stabilität bestimmter Bauteile erforderlich sind;
- Konstruktionsklasse III:** Tragwerke, bei denen kaltgeformte Profiltäfeln derart eingesetzt werden, dass sie lediglich Lasten auf die Unterkonstruktion abgeben.

ANMERKUNG 1 Der Nationale Anhang kann Regeln für die Zuordnung von Konstruktionsklasse mit Schadensfolgenklasse nach EN 1990 festlegen.

ANMERKUNG 2 Bei den Konstruktionsklassen I und II sollten die Anforderungen an die Ausführung in den Ausführungsunterlagen angegeben sein, siehe EN 1090-3.

### **3 Werkstoffe**

#### **3.1 Allgemeines**

- (1) Die auf Rechnung basierenden Bemessungsverfahren nach EN 1999-1-4 dürfen für Bauteile aus den in Tabelle 3.1 aufgeführten Legierungen in den dort angegebenen Zuständen angewendet werden.
- (2) Für rechnerische Bemessungen nach EN 1999-1-4 muss die 0,2%-Dehngrenze  $f_0$  mindestens  $f_0 = 165 \text{ N/mm}^2$  betragen.
- (3) Aluminiumhalbleug, das für kaltgeformte Profiltäfeln verwendet wird, sollte für die vorgesehene Kaltumformung (Querschnittsform und Herstellverfahren) geeignet sein.

ANMERKUNG                    Andere Aluminiumwerkstoffe und -produkte siehe Nationaler Anhang.

#### **3.2 Aluminiumlegierungen für Bauteile**

##### **3.2.1 Materialeigenschaften**

- (1) Die charakteristischen Werte für die 0,2%-Dehngrenze  $f_0$  und für die Zugfestigkeit  $f_u$  sind unmittelbar aus den Produktnormen zu entnehmen, durch Übernahme der Kleinstwerte von  $R_{p0,2}$  und  $R_m$ .
- (2) Es darf vorausgesetzt werden, dass die mechanischen Kennwerte für Druck die gleichen sind wie für Zug.
- (3) Soll ein teilplastischer Biegewiderstand ausgenutzt werden, darf das Verhältnis der charakteristischen Werte von Zugfestigkeit  $f_u$  zu 0,2%-Dehngrenze  $f_0$  nicht kleiner als 1,2 sein.
- (4) Die Bemessungswerte der übrigen Werkstoffkennwerte, z. B. Elastizitätsmodul, sind EN 1999-1-1 zu entnehmen.

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**

**Tabelle 3.1 — Charakteristische Werte für die 0,2%-Dehngrenze  $f_o$ , Zugfestigkeit  $f_u$  und Bruchdehnung  $A_{50}$  für Bleche und Bänder in Zuständen mit  $f_o > 165 \text{ N/mm}^2$  und Dicken zwischen 0,5 mm und 6 mm**

Numerische Bezeichnung EN AW-	Chemische Bezeichnung EN AW-	Beständigkeitsklasse <sup>5)</sup>	Zustand <sup>1), 2), 3)</sup>	Dicke bis zu	$f_u$ $R_m$	$f_o$ $R_{p0,2}^{1)}$	$A_{50}$ % <sup>4)</sup>
3003	AlMn1Cu	A	H18	3,0	190	170	2
			H48	3,0	180	165	2
3004	AlMn1Mg1	A	H14   H24/H34	6   3	220	180   170	2-3   4
			H16   H26/H36	4   3	240	200   190	1-2   3
			H18   H28/H38	3   1,5	260	230   220	1-2   3
			H44	3	210	180	4
			H46	3	230	200	3
			H48	3	260	220	3
3005	AlMn1Mg0,5	A	H16	4	195	175	2
			H18   H28	3	220	200   190	2   2-3
			H48	3	210	180	2
3103	AlMn1	A	H18	3	185	165	2
3105	AlMn0,5Mg0,5	A	H18   H28	3   1,5	195	180   170	1   2
			H48	3	195	170	2
5005	AlMg1(B)	A	H18	3	185	165	2
5052	AlMg2,5	A	H14	6	230	180	3-4
			H16   H26/H36	6	250	210   180	3   4-6
			H18   H28/H38	3	270	240   210	2   3-4
			H46	3	250	180	4-5
			H48	3	270	210	3-4
			H14	6	210	170	2-4
			H16   H26/H36	4	230	200   170	2-3   4-7
5251	AC AlMg2Mn0, 3 AC	A	H18   H28/H38	3	255	230   200	2   3
			H46	3	210	165	4-5
			H48	3	250	215	3

1) Werte für Zustände H1x, H2x, H3x nach EN 485-2: AC 2008 AC  
 2) Werte für Zustände H4x (bandbeschichtete Bleche und Bänder) nach EN 1396: AC 2007 AC  
 3) Sind zwei (drei) Zustände in einer Zeile angegeben, haben durch „|“ getrennte Zustände unterschiedliche und durch „/“ getrennte Zustände gleiche technologische Werte. (Die Unterschiede beziehen sich nur auf  $f_o$  und  $A_{50}$ .)  
 4)  $A_{50}$  kann von der Blechdicke abhängen, erforderlichenfalls sind daher auch  $A_{50}$ -Bereiche angegeben.  
 5) Beständigkeitsklasse, siehe EN 1999-1-1

### **3.2.2 Blechdicken und geometrische Toleranzen**

(1) Die in EN 1999-1-4 angegebenen Berechnungsverfahren können bei Legierungen angewendet werden, mit einer nominellen Blechdicke  $t_{\text{nom}}$  ohne organische Beschichtung von:

$$t_{\text{nom}} \geq 0,5 \text{ mm}$$

(2) Die nominelle Blechdicke  $t_{\text{nom}}$  ist in der Regel als Bemessungswert für die Blechdicke  $t$  zu verwenden, sofern die Minustoleranz kleiner als 5 % ist. Andernfalls gilt

$$t = t_{\text{nom}}(100 - dev)/95 \quad (3.1)$$

Dabei ist

$dev$  die Minustoleranz in %.

(3) Toleranzen für Dachelemente sind in EN 508-2 geregelt.

### **3.3 Mechanische Verbindungselemente**

(1) Folgende mechanische Verbindungselemente können benutzt werden:

- Gewindeformende Schrauben in Form von gewindefurchenden Schrauben und Bohrschrauben nach den in 8.3 aufgeführten Normen;
- Blindniete nach den in 8.2 aufgeführten Normen.

(2) Die charakteristische Tragfähigkeit bezüglich Abscheren  $F_{v,Rk}$  und die charakteristische Zugbruchtragfähigkeit  $F_{t,Rk}$  der mechanischen Verbindungselemente sollten nach 8.2 oder 8.3 ermittelt werden.

(3) Bezuglich weiterer Details zu Gewindeformschrauben und Blindniete wird auf EN 1090-3 verwiesen.

(4) Die charakteristische Tragfähigkeit bezüglich Abscheren und die charakteristische Zugbruchtragfähigkeit von mechanischen Verbindungselementen, die nicht in dieser Norm geregelt sind, können europäischen Zulassungen (ETA) entnommen werden.

## **4 Dauerhaftigkeit**

(1) Für grundsätzliche Anforderungen siehe EN 1999-1-1, Abschnitt 4.

(2) Besondere Aufmerksamkeit ist angebracht, wenn verschiedene Werkstoffe zusammengefügt werden und durch elektrochemische Reaktionen Korrosion auftreten kann.

ANMERKUNG Bezuglich des Korrosionswiderstandes von Verbindungselementen in Abhängigkeit von der Korrosivitätskategorie der Umgebung siehe EN ISO 12944-2, Anhang B.

(3) Die Umgebungs- und Witterungseinflüsse während Herstellung, Transport und Zwischenlagerung auf der Baustelle sind zu berücksichtigen.

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**

## 5 Berechnungsmethoden

### 5.1 Einfluss ausgerundeter Ecken

- (1) In Querschnitten mit ausgerundeten Ecken werden die Nennbreiten  $b_p$  der ebenen Teilflächen als Abstand zwischen den angrenzenden Eckenmittnen gemessen, siehe Bild 5.1.
- (2) Bei Querschnitten mit ausgerundeten Ecken sollte die Berechnung der Querschnittswerte auf der Grundlage der wirklichen Querschnittsgeometrie erfolgen.
- (3) Unabhängig davon, ob geeignete Methoden zur Ermittlung der Querschnittswerte zur Anwendung kommen, kann das in (4) beschriebene Näherungsverfahren angewendet werden. Der Einfluss von Eckausrundungen darf aber bei inneren Biegeradien  $r \leq 10 t$  und  $r \leq 0,15 b_p$  vernachlässigt und der Querschnitt darf unter Annahme scharfkantiger Ecken berechnet werden.
- (4) Bei ausgerundeten Ecken kann die Berechnung von Querschnittswerten über eine Abminderung der Querschnittswerte des scharfkantigen Querschnitts nach folgender Näherungsformel geschehen:

$$A_g \approx A_{g,sh} (1 - \delta) \quad (5.1a)$$

$$I_g \approx I_{g,sh} (1 - 2\delta) \quad (5.1b)$$

mit

$$\delta = 0,43 \times \sum_{j=1}^n \left( r_j \varphi_j / 90 \right) / \sum_{i=1}^m b_{p,i} \quad (5.1c)$$

Dabei ist

$A_g$  die Gesamtquerschnittsfläche;

$A_{g,sh}$  die Fläche  $A_g$  des scharfkantigen Querschnitts;

$b_{p,i}$  die Gesamtbreite der ebenen Teilfläche  $i$  des scharfkantigen Querschnitts;

$I_g$  das Flächenträgheitsmoment des Gesamtquerschnittes;

$I_{g,sh}$  das Flächenträgheitsmoment  $I_g$  des scharfkantigen Querschnitts;

$\varphi$  der Winkel zwischen zwei benachbarten ebenen Teilflächen;

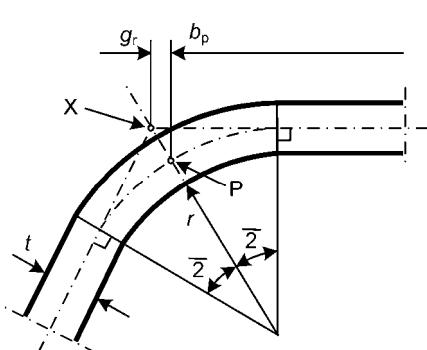
$m$  die Anzahl der ebenen Teilflächen;

$n$  die Anzahl der gekrümmten Teilflächen ohne Berücksichtigung der Bögen von Aussteifungen in Stegen und Gurten;

$r_j$  der innere Biegeradius der gekrümmten Teilfläche  $j$ .

- (5) Die Abminderungen, die sich aus Formel (5.1) ergeben, dürfen auch bei der Bestimmung der wirksamen Querschnittswerte  $A_{eff}$  und  $I_{y,eff}$  zur Anwendung kommen, wenn für die Nennbreiten der ebenen Teilflächen die Abstände zwischen den Schnittpunkten der Mittellinien angesetzt werden.

(6) Ist der innere Biegeradius  $r \geq 0,04 t E / f_0$ , so ist die Beanspruchbarkeit des Querschnittes durch Versuche zu bestimmen.



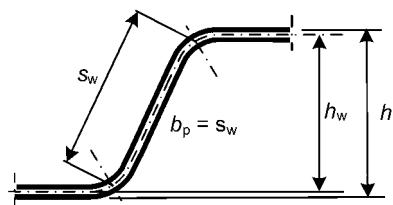
- (a) Mittelpunkt der Ecke oder der Ausrundung / Eckenmitte

X ist der Schnittpunkt der Mittellinien

P ist die Eckenmitte

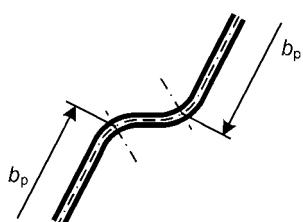
$$r_m = r + t/2$$

$$g_r = r_m \left( \tan\left(\frac{\varphi}{2}\right) - \sin\left(\frac{\varphi}{2}\right) \right)$$

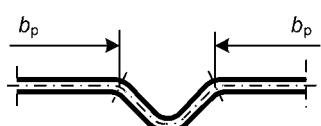


- (b) Nennbreite  $b_p$  eines Steges

( $b_p = \text{schräge Höhe } s_w$ )



- (c) Nennbreite  $b_p$  ebener durch Stegaussteifungen verbundener Teilflächen



- (d) Nennbreite  $b_p$  ebener durch Gurtaussteifungen verbundener Teilflächen

**Bild 5.1 — Nennbreiten ebener Teilflächen  $b_p$  bei ausgerundeten Ecken**

## 5.2 Geometrische Festlegungen

(1) Die Regeln für die rechnerische Bemessung nach EN 1999-1-4 sollten nicht bei Querschnitten mit Breiten-zu-Dicken-Verhältnissen  $b/t$  und  $s_w/t$  angewendet werden, welche die in (2) angegebenen maximal zulässigen Werte überschreiten.

(2) Die maximal zulässigen Breiten-zu-Dicken-Verhältnisse sind:

- für gedrückte Gurte  $b/t \leq 300$
- für Stege  $s_w/t \leq 0,5 E/f_0$

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**

**ANMERKUNG** Die in (2) angegebenen Grenzwerte für  $b/t$  und  $s_w/t$  beschreiben den Anwendungsbereich, für den ausreichende Erfahrungen und Bestätigungen durch Versuchsergebnisse vorliegen. Querschnitte mit größeren Breiten-zu-Dicken-Verhältnissen dürfen zur Anwendung gelangen, wenn Beanspruchbarkeit und Gebrauchstauglichkeit durch Versuche und/oder durch Berechnung ermittelt werden, wobei jedoch Berechnungen durch eine angemessene Anzahl von Versuchen bestätigt werden.

### 5.3 Bemessungsmodelle

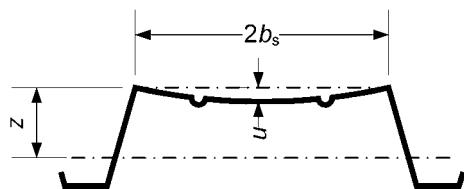
- (1) Für die Berechnung können Querschnittsteile wie in Tabelle 5.1 aufgeführt modelliert werden.
- (2) Der wechselseitige Einfluss mehrerer Aussteifungen ist zu berücksichtigen.

**Tabelle 5.1 — Bemessungsmodelle für Querschnittsteile**

Art des Querschnittsteiles	Modell	Art des Querschnittsteiles	Modell

### 5.4 Einwölbung der Gurte

- (1) Der Einfluss der Einwölbung sehr breiter Gurte (d. h. Durchbiegung in Richtung neutraler Faser) auf die Tragfähigkeit einer biegebeanspruchten Profiltafel oder einer gebogenen Profiltafel, deren konkave Seite Druckbeanspruchungen unterworfen ist, ist in der Regel zu berücksichtigen, es sei denn, das Einwölbungsmaß  $u$  ist geringer als 5 % der Profilhöhe. Ist die Einwölbung größer, so ist die Abminderung der Tragfähigkeit, zum Beispiel durch Verringerung des inneren Hebelarmes des breiten Gurtes zur Schwerachse (AC) zu berücksichtigen.



**Bild 5.2 — Einwölbung von Gurten**

(2) Die Berechnung der Einwölbung darf wie folgt durchgeführt werden. Die angegebenen Formeln gelten sowohl für ausgesteifte als auch unausgesteifte Druck- und Zuggurte, jedoch nicht für querausgesteifte Gurte.

- Für Profiltafeln, die vor Belastung gerade sind, siehe Bild 5.2:

$$u = \frac{2\sigma_a^2 b_s^4}{E^2 t^2 z} \quad (5.1e)$$

- Für gebogene Profiltafeln:

$$u = \frac{2\sigma_a b_s^4}{E t^2 r} \quad (5.1f)$$

Dabei ist

- $u$  die Einwölbung des Gurtes in Richtung der neutralen Achse, siehe Bild 5.2;
- $b_s$  der halbe Stegabstand;
- $z$  der Schwerpunktsabstand des Gurtes;
- $r$  der Krümmungsradius des gebogenen Profils;
- $\sigma_a$  die mittlere, mit der Gesamtfläche ermittelte Spannung im Gurt. Wurde die Spannung mit dem wirksamen Querschnitt ermittelt, ergibt sich die mittlere Spannung durch Multiplikation der mit dem wirksamen Querschnitt ermittelten Spannung mit dem Verhältnis aus wirksamer Gurtfläche und gesamter Gurtfläche.

## 5.5 Örtliches Beulen und Gesamtfeldbeulen

### 5.5.1 Allgemeines

- (1) Die Einflüsse örtlichen Beulens und Gesamtfeldbeulens sind bei der Bestimmung der Beanspruchbarkeit und der Steifigkeit von kaltgeformten Profiltafeln in der Regel zu berücksichtigen.
- (2) Örtliches Beulen kann durch Ansatz wirksamer Querschnittswerte berücksichtigt werden, die auf der Grundlage wirksamer Wanddicken ermittelt werden, siehe EN 1999-1-1.
- (3) Bei der Ermittlung der Beanspruchbarkeit im Hinblick auf örtliches Beulen ist die 0,2%-Dehngrenze  $f_0$  zu verwenden.
- (4) Bezuglich der wirksamen Querschnittswerte beim Nachweis der Gebrauchstauglichkeit siehe 7.1(3).
- (5) Das Gesamtfeldbeulen von Querschnittsteilen mit Zwischenaussteifungen wird in 5.5.3 behandelt.

### 5.5.2 Unausgesteifte ebene Teilflächen

- (1) Die wirksame Dicke  $t_{eff}$  druckbeanspruchter Querschnittsteile ergibt sich aus  $t_{eff} = \rho \cdot t$ , worin  $\rho$  ein das örtliche Beulen berücksichtigender Abminderungsfaktor ist.
- (2) Die Nennbreite  $b_p$  eines ebenen Querschnittsteiles ist nach 5.1 zu ermitteln. Bei ebenen Querschnittsteilen in geneigten Stegen ist die jeweilige schräge Höhe zu verwenden.

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**

(3) Der Abminderungsfaktor  $\rho$  zur Bestimmung von  $t_{\text{eff}}$  ist mit der größten Druckspannung  $\sigma_{\text{com},\text{Ed}}$  in der entsprechenden Teilfläche zu ermitteln (berechnet auf der Grundlage des wirksamen Querschnittes), wenn die Beanspruchbarkeit des Querschnittes erreicht ist.

(4) Ist  $\sigma_{\text{com},\text{Ed}} = f_0 / \gamma_{M1}$ , gilt für den Abminderungsbeiwert  $\rho$  der folgende Ansatz:

$$\text{— bei } \bar{\lambda}_p \leq \bar{\lambda}_{\text{lim}} : \rho = 1,0 \quad (5.2a)$$

$$\text{— bei } \bar{\lambda}_p > \bar{\lambda}_{\text{lim}} : \rho = \alpha \left( 1 - 0,22 / \bar{\lambda}_p \right) / \bar{\lambda}_p \quad (5.2b)$$

worin der bezogene Schlankheitsgrad  $\bar{\lambda}_p$  der ebenen Teilfläche (Platte) gegeben ist durch:

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{f_0}{\sigma_{\text{cr}}}} \equiv \frac{b_p}{t} \times \sqrt{\frac{12(1-\nu^2)f_0}{\pi^2 E k_\sigma}} \cong 1,052 \frac{b_p}{t} \sqrt{\frac{f_0}{E k_\sigma}} \quad (5.3)$$

$k_\sigma$  ist der von der Spannungsverteilung abhängige Beulwert nach Tabelle 5.3. Die Parameter  $\bar{\lambda}_{\text{lim}}$  und  $\alpha$  können Tabelle 5.2 entnommen werden.

**Tabelle 5.2 — Parameter  $\bar{\lambda}_{\text{lim}}$  und  $\alpha$**

$\bar{\lambda}_{\text{lim}}$	$\alpha$
0,517	0,90

(5) Ist  $\sigma_{\text{com},\text{Ed}} < f_0 / \gamma_{M1}$ , sollte der Abminderungsbeiwert  $\rho$  so bestimmt werden, indem in den Ausdrücken (5.2a) und (5.2b) der bezogene Schlankheitsgrad  $\bar{\lambda}_p$  durch einen reduzierten bezogenen Schlankheitsgrad  $\bar{\lambda}_{p,\text{red}}$  ersetzt wird, mit:

$$\bar{\lambda}_{p,\text{red}} = \bar{\lambda}_p \sqrt{\frac{\sigma_{\text{com},\text{Ed}}}{f_0 / \gamma_{M1}}} \quad (5.4)$$

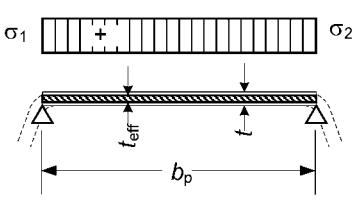
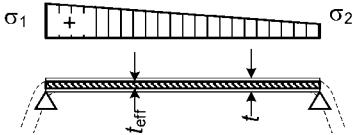
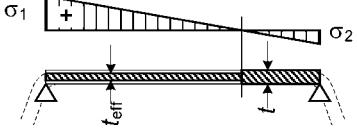
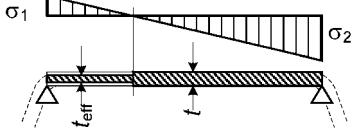
(6) Bezuglich der wirksamen Steifigkeit beim Nachweis der Gebrauchstauglichkeit siehe 7.1(3).

(7) Zur Bestimmung der wirksamen Dicke einer Gurtteilfläche mit ungleichmäßiger Spannungsverteilung dürfen die in Tabelle 5.3 benutzten Spannungsverhältnisse  $\psi$  am Gesamtquerschnitt ermittelt werden.

(8) Für die Bestimmung der wirksamen Dicken bei Stegteilflächen darf das in Tabelle 5.3 angegebene Spannungsverhältnis  $\psi$  unter Ansatz der wirksamen Fläche des druckbeanspruchten Gurtes und des Gesamtquerschnittes der Stege ermittelt werden.

(9) Die wirksamen Querschnittswerte können ausgehend von dem auf dem Gesamtquerschnitt beruhenden wirksamen Querschnitt durch Iteration von (6) und (7) verbessert werden. Für die Berechnung von Spannungsverteilungen sind hierbei mindestens zwei Iterationsschritte vorzunehmen.

Tabelle 5.3 — Beulwerte  $k_\sigma$  für druckbeanspruchte Querschnittsteile

Teilquerschnitt (+ = Druck)	$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	Beulwert $k_\sigma$
	$\psi = +1$	$k_\sigma = 4,0$
	$+1 > \psi \geq 0$	$k_\sigma = \frac{8,2}{1,05 + \psi}$
	$0 > \psi \geq -1$	$k_\sigma = 7,81 - 6,26\psi + 9,78\psi^2$
	$-1 > \psi \geq -3$	$k_\sigma = 5,98(1 - \psi)^2$

### 5.5.3 Ebene Teilflächen mit Zwischensteifen

#### 5.5.3.1 Allgemeines

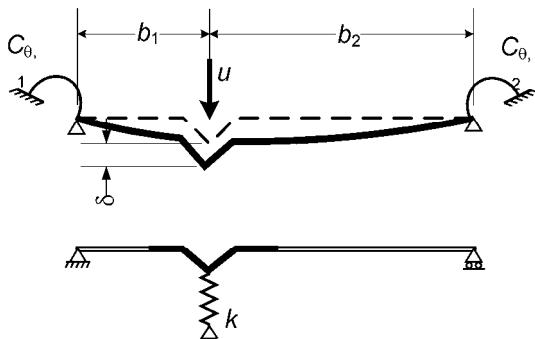
(1) Die Bemessung druckbeanspruchter Teilquerschnitte mit Zwischensteifen sollte auf der Annahme beruhen, dass sich die Aussteifung wie ein Druckstab auf elastischer Bettung verhält, wobei die Bettungsziffer (Federsteifigkeit) von den Randbedingungen und der Biegesteifigkeit der benachbarten ebenen Teilflächen abhängig ist.

(2) Die Federsteifigkeit einer Aussteifung sollte ermittelt werden, indem eine Einheitslast je Längeneinheit  $u$ , wie in Bild 5.3 dargestellt, angebracht wird. Die Federsteifigkeit  $k$  je Längeneinheit ergibt sich dann wie folgt:

$$k = u / \delta \quad (5.5)$$

worin  $\delta$  die Verformung eines durch die Einheitslast  $u$  beanspruchten abgekanteten Plattenstreifens ist, und die Einheitslast  $u$  in der Mittelebene ( $b_1$ ) des wirksamen Teiles der Aussteifung angreift.

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**



**Bild 5.3 — Modell zur Ermittlung der Federsteifigkeit**

- (3) Bei der Ermittlung der Drehfedersteifigkeiten  $C_{\theta,1}$  und  $C_{\theta,2}$  aus der Geometrie des Querschnittes sind mögliche Einwirkungen anderer, an der gleichen Teilfläche vorhandenen Aussteifungen oder anderer druckbeanspruchter Teilflächen des Gesamtquerschnittes zu berücksichtigen.
- (4) Bei Zwischensteifen können, als auf der sicheren Seite liegende Näherung, die Drehfedersteifigkeiten  $C_{\theta,1}$  und  $C_{\theta,2}$  zu null gesetzt werden und die Verformung  $\delta$  kann wie folgt angesetzt werden:

$$\delta = \frac{ub_1^2 b_2^2}{3(b_1 + b_2)} \frac{12(1-\nu^2)}{Et^3} \quad (5.6)$$

- (5) Der Reduktionsfaktor  $\chi_d$  bezüglich Gesamtfeldbeulen bei einer Aussteifung (Biegeknicken bei einer Zwischensteife) ist in Abhängigkeit der nach (5.7) zu ermittelnden bezogenen Schlankheit Tabelle 5.4 zu entnehmen.

$$\bar{\lambda}_s = \sqrt{f_0} / \sigma_{cr,s} \quad (5.7)$$

Dabei ist

$\sigma_{cr,s}$  die elastische kritische Spannung nach 5.5.3.3 oder 5.5.4.2.

**Tabelle 5.4 — Abminderungsfaktoren  $\chi_d$  bezüglich Gesamtfeldbeulen**

$\bar{\lambda}_s$	$\chi_d$
$\bar{\lambda}_s \leq 0,25$	1,00
$0,25 < \bar{\lambda}_s < 1,04$	$1,155 - 0,62 \bar{\lambda}_s$
$1,04 \leq \bar{\lambda}_s$	$0,53 / \bar{\lambda}_s$

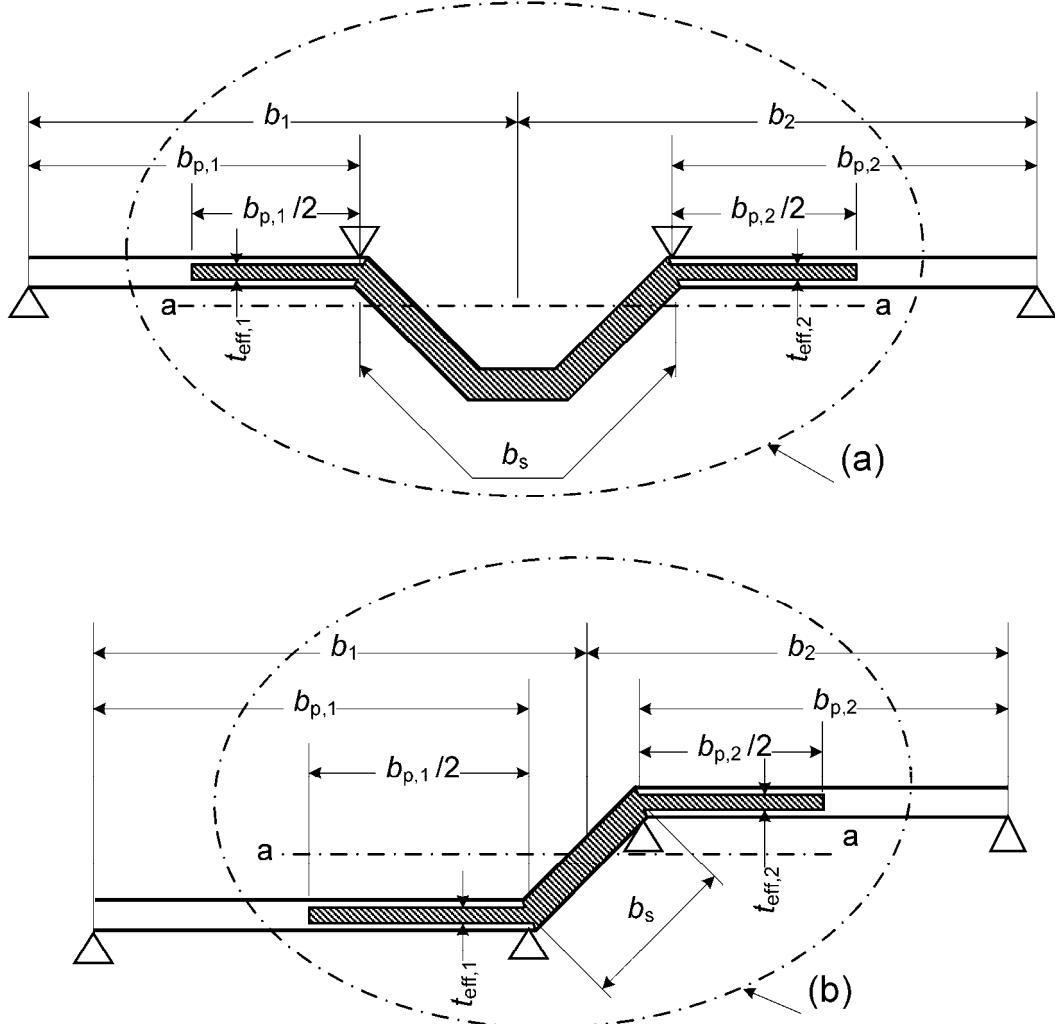
### 5.5.3.2 Voraussetzungen für das Bemessungsverfahren

- (1) Die nachfolgende Vorgehensweise ist anwendbar bei ein oder zwei gleichen Zwischenaussteifungen, welche durch Sicken oder Versätze gebildet werden, vorausgesetzt, alle ebenen Teilflächen werden nach 5.5.2 berechnet.
- (2) Die Aussteifungen sollten gleich geformt sein und ihre Anzahl soll nicht mehr als zwei betragen. Sind mehrere Aussteifungen vorhanden, dürfen nicht mehr als zwei in Ansatz gebracht werden.

(3) Sind die in (1) und (2) genannten Bedingungen erfüllt, kann die Wirksamkeit der Aussteifung nach dem in 5.5.3.3 aufgeführten Berechnungsverfahren ermittelt werden.

### 5.5.3.3 Berechnungsverfahren

(1) Der Querschnitt einer Zwischensteife sollte angenommen werden als aus der Aussteifung selbst bestehend und den wirksamen Anteilen der angrenzenden ebenen Querschnittsteilen  $b_{p,1}$  und  $b_{p,2}$ , wie in Bild 5.4 dargestellt.



**Bild 5.4 — Anfänglicher wirksamer Querschnitt  $A_s$  für Zwischensteifen in (a) Gurt und (b) Steg**

- (2) Das in Bild 5.5 dargestellte Verfahren beinhaltet die nachfolgend aufgeführten Berechnungsschritte:
- **Schritt 1:** Ermittlung eines ersten wirksamen Querschnittes für die Aussteifung zur Berechnung der Querschnittsfläche  $A_s$  unter Verwendung wirksamer Dicken, welche unter der Annahme, dass die Aussteifung unverschieblich gelagert ist und  $\sigma_{com,Ed} = f_o / \gamma_{M1}$  ist, berechnet werden, siehe (3) und (4);
  - **Schritt 2:** Ermittlung des wirksamen Flächenträgheitsmomentes unter Verwendung eines weiteren wirksamen Querschnittes, zur Berechnung des Abminderungsfaktors bezüglich Gesamtfeldbeulen unter Berücksichtigung der kontinuierlichen Federsteifigkeit, siehe (5) und (6);

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**

— **Schritt 3:** Wahlweise Iteration zur Verbesserung des Wertes für den Abminderungsfaktor bezüglich Knicken der Zwischensteife, siehe (7) und (8).

(3) Die Eingangswerte für die wirksamen Dicken  $t_{\text{eff},1}$  und  $t_{\text{eff},2}$  sollten, wie in Bild 5.4 dargestellt, unter der Voraussetzung einer zweiseitigen Lagerung der ebenen Teilflächen  $b_{p,1}$  und  $b_{p,2}$  nach 5.5.2 ermittelt werden, siehe Tabelle 5.1.

(4) Die wirksame Querschnittsfläche einer Zwischensteife  $A_s$  ergibt sich aus:

$$A_s = t_{\text{eff},1} b_{p,1} / 2 + t b_s + t_{\text{eff},2} b_{p,2} / 2 \quad (5.8)$$

mit der Steifenbreite  $b_s$  wie in Bild 5.4 dargestellt.

(5) Die kritische (elastische) Beulspannung  $\sigma_{\text{cr},s}$  einer Zwischensteife beträgt:

$$\sigma_{\text{cr},s} = \frac{2\sqrt{kEI_s}}{A_s} \quad (5.9)$$

Dabei ist

$k$  die Federsteifigkeit je Längeneinheit, siehe 5.5.3.1(2);

$I_s$  das wirksame Flächenträgheitsmoment der Zwischensteife unter Ansatz der Dicke  $t$  und der fiktiv angesetzten Breiten  $12t$  der benachbarten ebenen Teilflächen bezogen auf die Schwerachse a – a des wirksamen Querschnittes, siehe Bild 5.6(a).

(6) Der Reduktionsfaktor  $\chi_d$  bezüglich Gesamtfeldbeulen bei einer Zwischensteife ergibt sich mit der elastischen Knickspannung  $\sigma_{\text{cr},s}$  aus dem in 5.5.3.1(5) angegeben Verfahren.

(7) Ist  $\chi_d < 1$ , kann das Ergebnis durch Iteration weiter verbessert werden, indem ein modifizierter Wert  $\rho$  nach 5.5.2(4), ausgehend von  $\sigma_{\text{com},Ed} = \chi_d f_o / \gamma_{M1}$ , berechnet wird, sodass gilt:

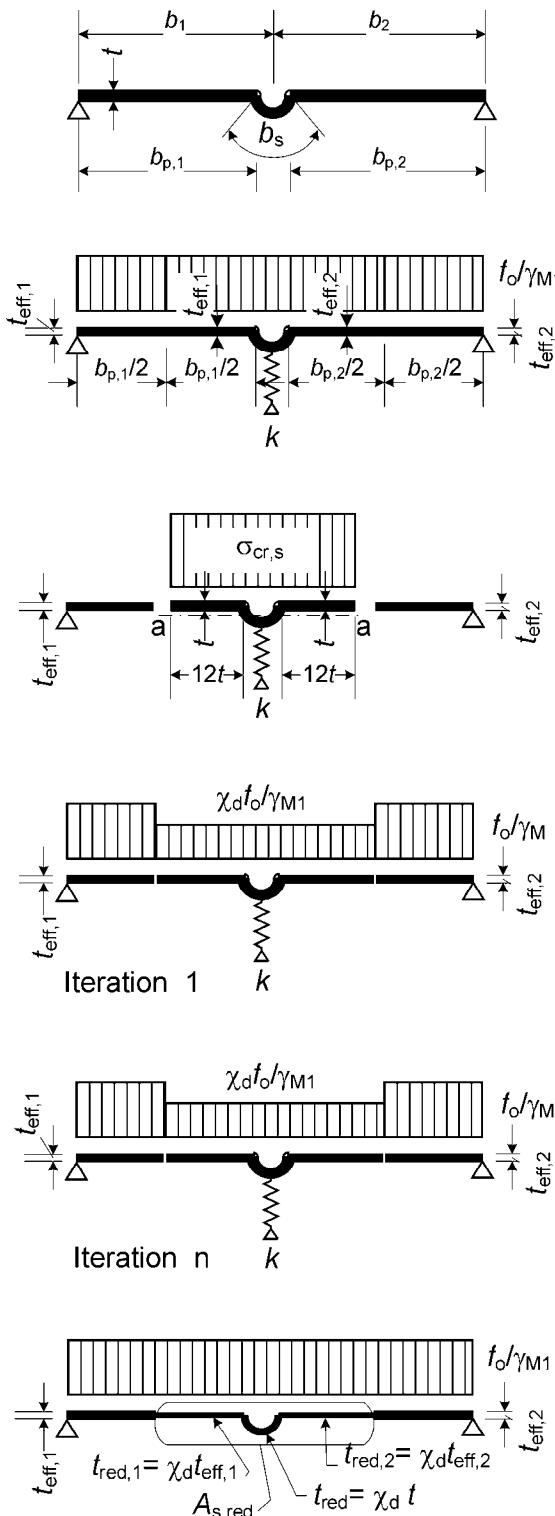
$$\lambda_{p,\text{red}} = \lambda_p \sqrt{\chi_d} \quad (5.10)$$

(8) Wird  $\chi_d$  iterativ ermittelt, sollte die Iteration so lange durchgeführt werden, bis der aktuelle Wert von  $\chi_d$  nahezu gleich dem vorangegangenen Wert ist, jedoch nicht größer.

(9) Die reduzierte Querschnittsfläche  $A_{s,\text{red}}$  der Steife ergibt sich unter Berücksichtigung des Gesamtfeldbeulens zu:

$$A_{s,\text{red}} = \chi_d A_s \frac{f_o / \gamma_{M1}}{\sigma_{\text{com},Ed}} \text{ aber } A_{s,\text{red}} \leq A_s \quad (5.11)$$

und worin  $\sigma_{\text{com},Ed}$  die mit dem wirksamen Querschnitt ermittelte Druckspannung an der Schwerelinie der Steife ist.



a) Gesamtquerschnitt und Randbedingungen

b) **Schritt 1:** Wirksamer Querschnitt für  $k = \infty$  unter der Annahme  $\sigma_{\text{com},\text{Ed}} = f_o / \gamma_M 1$

c) **Schritt 2:** Elastische kritische Spannung  $\sigma_{\text{cr},s}$  für einen auf den wirksamen Breiten  $12t$  und der Federsteifigkeit  $k$  beruhenden wirksamen Querschnitt

d) Reduzierte Festigkeit  $\chi_d f_o / \gamma_M 1$  für die wirksame Fläche  $A_s$  der Aussteifung unter Verwendung des in Abhängigkeit von  $\sigma_{\text{cr},s}$  ermittelten Reduktionsfaktors  $\chi_d$

e) **Schritt 3:** Wahlweise Wiederholung von Schritt 1: Berechnung der wirksamen Dicke infolge reduzierter Druckspannung  $\sigma_{\text{com},\text{Ed},i} = \chi_d f_o / \gamma_M 1$  mit  $\chi_d$  vom vorherigen Iterationsschritt, bis  $\chi_{d,n} \approx \chi_{d,n-1}$  jedoch  $\chi_{d,n} \leq \chi_{d,n-1}$

f) Annahme eines wirksamen Querschnittes  $A_{s,\text{red}}$  unter Ansatz von mit  $\chi_{d,n}$  ermittelten reduzierten Dicken  $t_{\text{red}}$

**Bild 5.5 — Modell zur Ermittlung der Druckbeanspruchbarkeit eines Gurtes mit einer Zwischensteife**

(10) Bei der Berechnung von wirksamen Querschnittswerten ist in der Regel die reduzierte wirksame Steifenfläche  $A_{s,\text{red}}$  durch reduzierte Dicken  $t_{\text{red}} = \chi_d t_{\text{eff}}$  in allen zu  $A_s$  zugehörigen Teilflächen zu berücksichtigen.

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**

### 5.5.4 Trapezprofiltafeln mit Zwischensteifen

#### 5.5.4.1 Allgemeines

(1) Dieser Unterabschnitt sollte in Verbindung mit 5.5.3.3 für Gurte mit Zwischensteifen und für Stege mit Zwischensteifen angewendet werden.

(2) Die Interaktion zwischen Gesamtfeldbeulen von Zwischensteifen in Gurten und Zwischensteifen in Stegen sollte ebenfalls nach dem in 5.5.4.4 angegebenen Verfahren berücksichtigt werden.

#### 5.5.4.2 Gurte mit Zwischensteifen

(1) Bei vorausgesetzter gleichmäßig verteilter Druckspannung kann angenommen werden, dass der wirksame Querschnitt eines Gurtes mit Zwischensteifen aus reduzierten wirksamen Querschnittsflächen  $A_{s,red}$  von bis zu zwei Zwischensteifen und zwei angrenzenden Streifen mit einer Breite von  $0,5 b_p$  und einer Dicke von  $t_{eff}$  besteht, welche an den Stegen aufgelagert sind, siehe Bild 5.5f.

(2) Bei einer zentrischen Steife im Gurt ergibt sich die kritische Beulspannung  $\sigma_{cr,s}$  zu:

$$\sigma_{cr,s} = \frac{4,2\kappa_w E}{A_s} \sqrt{\frac{I_s t^3}{4 b_p^2 (2 b_p + 3 b_s)}} \quad (5.12)$$

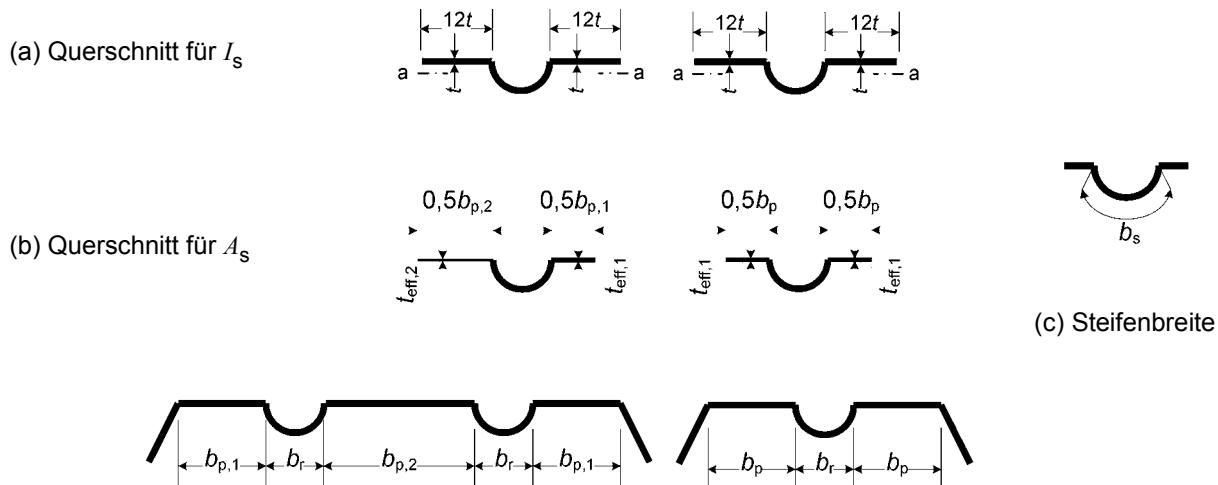
Dabei ist

$b_p$  die Gesamtbreite der ebenen Teilstücke, wie in Bild 5.6 dargestellt;

$b_s$  die (abgewickelte) Breite der Steife, siehe Bild 5.6(c);

$\kappa_w$  ein Beiwert, der die Drehbettung des ausgesteiften Gurtes durch die Stege berücksichtigt, siehe (5) und (6);

$A_s$  und  $I_s$  wie 5.5.3.3 und Bild 5.6 definiert.



**Bild 5.6 — Wirksamer Querschnitt zur Ermittlung von  $I_s$  und  $A_s$  für Druckgurte mit zwei Steifen bzw. einer Steife**

(3) Bei zwei symmetrisch angeordneten Steifen im Gurt ergibt sich die kritische Beulspannung  $\sigma_{cr,s}$  zu:

$$\sigma_{cr,s} = \frac{4,2\kappa_w E}{A_s} \sqrt{\frac{I_s t^3}{8b_1^2(3b_e - 4b_1)}} \quad (5.13)$$

mit

$$b_e = 2b_{p,1} + b_{p,2} + 2b_s$$

$$b_1 = b_{p,1} + 0,5b_r$$

Dabei ist

$b_{p,1}$  die Nennbreite einer äußeren ebenen Teilfläche, wie in Bild 5.6 dargestellt;

$b_{p,2}$  die Nennbreite der inneren ebenen Teilfläche, wie in Bild 5.6 dargestellt;

$b_s$  die (abgewickelte) Breite der Steife, gemessen über den Umfang der Steife, siehe Bild 5.6(c).

(4) Sind drei Zwischensteifen vorhanden, ist die mittlere nicht zu berücksichtigen.

(5) Der Beiwert  $\kappa_w$  ergibt sich aus der Knicklänge  $l_b$  des gedrückten Gurtes wie folgt:

— wenn  $l_b / s_w \geq 2$ :  $\kappa_w = \kappa_{wo}$  (5.14a)

— wenn  $l_b / s_w < 2$ :  $\kappa_w = \kappa_{wo} - (\kappa_{wo} - 1)[2l_b / s_w - (l_b / s_w)^2]$  (5.14b)

Dabei ist

$s_w$  die geneigte Länge des Steges ist, siehe Bild 5.7(a).

$l_b$  die halbe Knicklänge der Aussteifung, siehe (7);

(6) Alternativ darf der Drehbettungsbeiwert  $\kappa_w$  mit 1,0 auf der sicheren Seite liegend, entsprechend einer gelenkigen Lagerung, angesetzt werden.

(7) Die Werte für  $l_b$  und  $\kappa_{wo}$  können wie folgt ermittelt werden:

— für einen druckbeanspruchten Gurt mit einer Zwischensteife:

$$l_b = 3,074 \sqrt{I_s b_p^2 (2b_p + 3b_s) / t^3} \quad (5.15)$$

$$\kappa_{wo} = \sqrt{\frac{s_w + 2b_d}{s_w + 0,5b_d}} \quad (5.16)$$

mit

$$b_d = 2b_p + b_s$$

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**

— für einen druckbeanspruchten Gurt mit zwei oder drei Zwischensteifen:

$$l_b = 3,65 \sqrt[4]{I_s b_1^2 (3b_e - 4b_1) / t^3} \quad (5.17)$$

$$\kappa_{wo} + \sqrt{\frac{(2b_e + s_w)(3b_e - 4b_1)}{b_1(4b_e - 6b_1) + s_w(3b_e - 4b_1)}} \quad (5.18)$$

(8) Die hinsichtlich des Gesamtfeldbeulens (Biegeknicken einer Zwischensteife) reduzierte wirksame Querschnittsfläche  $A_{s,red}$  der Steife ergibt sich zu:

$$A_{s,red} + \chi_d A_s \frac{f_o / \gamma_{M1}}{\sigma_{com,Ed}} \text{ jedoch } A_{s,red} \leq A_s \quad (5.19)$$

(9) Bei unausgesteiften Stegen ergibt sich der Abminderungsfaktor  $\chi_d$  unmittelbar aus  $\sigma_{cr,s}$  nach der in 5.5.3.1(5) angegebenen Berechnungsmethode.

(10) Bei ausgesteiften Stegen ergibt sich der Abminderungsfaktor  $\chi_d$  wiederum aus der in 5.5.3.1(5) angegebenen Berechnungsmethode, jedoch unter Verwendung der modifizierten elastischen kritischen Spannung  $\sigma_{cr,mod}$  nach 5.5.4.4.

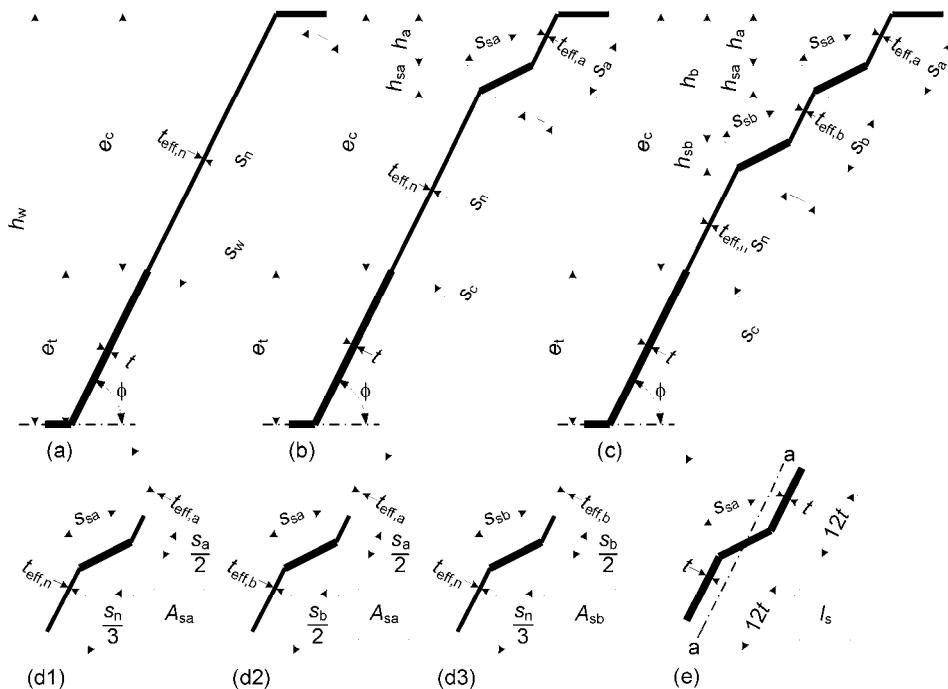
(11) Bei der Bestimmung der wirksamen Querschnittswerte ist die reduzierte wirksame Steifenfläche  $A_{s,red}$  über reduzierte Dicken  $t_{red} = \chi_d t_{eff}$  in allen zu  $A_s$  zugehörigen Teilflächen zu berücksichtigen.

#### 5.5.4.3 Stege mit bis zu zwei Steifen unter ungleichförmiger Spannung

(1) Für den wirksamen Querschnitt des druckbeanspruchten Bereiches eines Steges ist in der Regel anzunehmen, dass sich dieser aus den reduzierten Flächen  $A_{s,red}$  von bis zu zwei Zwischensteifen, einer ebenen mit dem Druckgurt verbundenen Teilfläche und einer ebenen bis zur Schwerachse des Gesamtquerschnittes reichenden Teilfläche zusammensetzt, siehe Bild 5.7. Stege unter konstanter Druckbeanspruchung sind wie ausgesteifte Gurte zu behandeln.

(2) Der wirksame Querschnitt eines Steges besteht, wie in Bild 5.7 dargestellt, aus:

- einem am Druckgurt abliegenden Streifen mit der Breite  $s_a / 2$  und der wirksamen Dicke  $t_{eff,a}$ ;
- reduzierten Flächen  $A_{s,red}$  der Stegsteifen, jedoch höchstens zwei;
- einem Streifen mit der Länge  $2s_n / 3$  bis zur Schwereachse des wirksamen Querschnittes;
- dem zugbeanspruchten Stegteil.



**Bild 5.7 — Wirksame Querschnitte in Stegen kaltgeformter Profiltafeln**

(3) Die Eingangswerte für die wirksamen Querschnittsflächen ergeben sich aus:

— bei einer Steife:

$$A_{sa} = \left( t_{eff,a} \frac{s_a}{2} + t_{sa} + t_{eff,n} \frac{s_n}{3} \right), \quad \text{Bild 5.7(d1)} \quad (5.20a)$$

— für die dem Druckgurt zugekehrte Steife bei Stegen mit zwei Steifen:

$$A_{sa} = \left( t_{eff,a} \frac{s_a}{2} + t_{sa} + t_{eff,b} \frac{s_b}{2} \right), \quad \text{Bild 5.7(d2)} \quad (5.20b)$$

— für die zweite Steife

$$A_{sb} = \left( t_{eff,b} \frac{s_b}{2} + t_{sb} + t_{eff,n} \frac{s_n}{3} \right), \quad \text{Bild 5.7(d3)} \quad (5.21)$$

wobei die Abmessungen  $s_a$ ,  $s_{sa}$ ,  $s_b$ ,  $s_{sb}$  und  $s_n$  Bild 5.7 zu entnehmen und  $t_{eff,a}$ ,  $t_{eff,b}$  und  $t_{eff,n}$  nach (5) zu ermitteln sind.

(4) Zu Beginn der Berechnung ist die Lage der wirksamen Schwerachse unter der Annahme von wirksamen Querschnitten in den Gurten und Nennquerschnitten der Stege zu ermitteln.

(5) Wenn die bezogene Schlankheit  $\bar{\lambda}_p$  des druckbeanspruchten Stegbereiches größer ist als  $\bar{\lambda}_{lim}$  (siehe 5.5.2(4)), sollten die wirksamen Dicken  $t_{eff,a}$ ,  $t_{eff,b}$  und  $t_{eff,n}$  wie folgt ermittelt werden:

$$t_{eff} = \rho t \quad (5.22)$$

wobei  $\rho$  nach Gleichung (5.2) mit der Schlankheit  $\bar{\lambda}_p$  und dem Faktor  $\psi$  für die Spannungsverteilung nach Tabelle 5.5 zu bestimmen ist.  $e_c$  und  $e_t$  sind hierbei die Abstände von der wirksamen Schwerachse zu den

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**

Systemlinien des druck- bzw. zugbeanspruchten Gurtes, siehe Bild 5.7. Die Abmessungen  $h_a$ ,  $h_b$ ,  $h_{sa}$ ,  $h_{sb}$  und  $s_n$  sowie  $\phi$  sind Bild 5.7 zu entnehmen.

(6) Zur Bestimmung der Eingangswerte für die wirksamen Querschnittsflächen  $A_{sa}$  und  $A_{sb}$  von Stegaussteifungen sind in der Regel  $s_a$  und  $s_b$  in zwei gleiche Teile  $s_a / 2$  und  $s_b / 2$  zu unterteilen. Der Teil  $s_n$  des Steges oberhalb der  $\text{AC}$  Schwerachse  $\text{AC}$  ist in einen an die Steife angrenzenden Teil  $s_n / 3$ , siehe Bild 5.7(d1) und (d3), und einen der  $\text{AC}$  Schwerachse  $\text{AC}$  zugekehrten Teil  $2 s_n / 3$  aufzuteilen.

$\text{AC}$

**Tabelle 5.5 — Bezogene Schlankheit  $\bar{\lambda}_p$  und Spannungsverhältnisse  $\psi$  für ausgesteifte Stege**

Lage in Steg	Anteil des Steges	Bezogene Schlankheit $\bar{\lambda}_p$	Spannungsverhältnis $\psi$
<b>Keine Aussteifungen, Bild 5.7 (a)</b>			
Zwischen Druckgurt und Schwerachse	$s_n$	$\bar{\lambda}_p = 1,052 \frac{s_n}{t} \sqrt{\frac{f_o}{E k_\sigma}}$	$\psi = -\frac{e_t}{e_c}$
<b>Eine Aussteifung, Bild 5.7 (b)</b>			
Am Druckgurt angrenzend	$s_a$	$\bar{\lambda}_p = 1,052 \frac{s_a}{t} \sqrt{\frac{f_o}{E k_\sigma}}$	$\psi = \frac{e_c - h_a}{e_c}$
An die Schwerachse angrenzend	$s_n$	$\bar{\lambda}_p = 1,052 \frac{s_n}{t} \sqrt{\frac{f_o}{E k_\sigma}} \cdot \frac{(e_c - h_a - h_{sa})}{e_c}$	$\psi = -\frac{e_t}{s_n \cdot \sin \phi}$
<b>Zwei Aussteifungen, Bild 5.7 (c)</b>			
Am Druckgurt angrenzend	$s_a$	$\bar{\lambda}_p = 1,052 \frac{s_a}{t} \sqrt{\frac{f_o}{E k_\sigma}}$	$\psi = \frac{e_c - h_a}{e_c}$
Zwischen zwei Aussteifungen	$s_b$	$\bar{\lambda}_p = 1,052 \frac{s_b}{t} \sqrt{\frac{f_o}{E k_\sigma}} \cdot \frac{(e_c - h_a - h_{sa})}{e_c}$	$\psi = \frac{e_c - h_b}{e_c - h_a - h_{sa}}$
An die Schwerachse angrenzend	$s_n$	$\bar{\lambda}_p = 1,052 \frac{s_n}{t} \sqrt{\frac{f_o}{E k_\sigma}} \cdot \frac{(e_c - h_b - h_{sb})}{e_c}$	$\psi = -\frac{e_t}{s_n \cdot \sin \phi}$

$\text{AC}$

(7) Für eine einzelne Aussteifung oder, im Falle von zwei Aussteifungen, für die dem Druckgurt zugewandte Aussteifung ergibt sich die elastische Beulspannung  $s_{cr,sa}$  aus:

$$\sigma_{cr,sa} = \frac{1,05 \kappa_f E \sqrt{I_{sa} t^3 s_1}}{A_{sa} s_2 (s_1 - s_2)} \quad (5.23)$$

worin  $s_1$  und  $s_2$  wie folgt definiert sind:

— für eine einzelne Aussteifung:

$$s_1 = 0,9 (s_a + s_{sa} + s_c), \quad s_2 = s_1 - s_a - 0,5 s_{sa} \quad (5.24)$$

- im Falle von zwei Aussteifungen für die dem Druckgurt zugewandte Aussteifung, wenn sich die andere Aussteifung im zugbeanspruchten Bereich befindet oder unmittelbar an der  $\square$  Schwerachse  $\square$  liegt:

$$s_1 = s_a + s_{sa} + s_b + 0,5 (s_{sb} + s_c), \quad s_2 = s_1 - s_a - 0,5 s_{sa} \quad (5.25)$$

Dabei ist

$\kappa_f$  ein Beiwert, der die Drehbettung des ausgesteiften Steges durch den Gurt berücksichtigt;

$I_{sa}$  das Flächenträgheitsmoment der Steife, bestehend aus dem Versatz  $s_{sa}$  und zwei angeschlossenen Teilflächen der jeweiligen Länge  $12 t$ , deren  $\square$  Schwerachse  $\square$  parallel zu den ebenen Teilflächen verläuft, siehe Bild 5.7(e). Bei der Ermittlung darf eine mögliche Veränderung der Neigung der ebenen Teilflächen ober- oder unterhalb der Aussteifung vernachlässigt werden.

(8) Falls nicht genauer ermittelt, darf der Drehbettungsbeiwert  $\kappa_f$  mit 1,0, einer gelenkigen Lagerung entsprechend auf der sicheren Seite liegend, angenommen werden.

(9) Bei einer einzelnen druckbeanspruchten Aussteifung oder, im Falle von zwei Aussteifungen, für die dem Druckgurt zugewandte Aussteifung ergibt sich die reduzierte Fläche  $A_{sa,red}$  (Schritt 2 in Bild 5.5) zu:

$$A_{sa,red} = \frac{\chi_d A_{sa}}{1 - \frac{h_a + 0,5 h_{sa}}{e_c}} \quad \text{wobei} \quad A_{sa,red} \leq A_{sa} \quad (5.26)$$

(10) Sind die Gurte ebenfalls ausgesteift, ist der Reduktionsfaktor  $\chi_d$  mit der in 5.5.4.4 angegebenen elastischen kritischen Spannung  $\sigma_{cr,mod}$  in Verbindung mit dem in 5.5.3.1(5) angegebenen Verfahren zu ermitteln.

(11) Für eine einzelne zugbeanspruchte Aussteifung ist die reduzierte wirksame Querschnittsfläche  $A_{sa,red}$  gleich  $A_{sa}$  zu setzen.

(12) Bei Stegen mit zwei Aussteifungen ist die reduzierte Fläche  $A_{sb,red}$  der zweiten, der  $\square$  Schwerachse  $\square$  zugekehrten Aussteifung gleich  $A_{sb}$  zu setzen.

(13) Zur Bestimmung der wirksamen Querschnittswerte wird die reduzierte Fläche  $A_{sa,red}$  durch Ansetzen einer reduzierten Blechdicke  $t_{red} = \chi_d t_{eff}$  für alle  $A_{sa}$  zugehörigen Querschnittsteile erfasst.

(14) Ist  $\chi_d < 1$ , kann wahlweise nach 5.5.3(7) iterativ verfeinert werden.

(15) Bezuglich der wirksamen Querschnittswerte für den Gebrauchszustand siehe 7.1.

#### 5.5.4.4 Profiltafeln mit Gurt- und Stegaussteifungen

(1) Bei Profiltafeln mit Zwischensteifen in Gurten und Stegen, siehe Bild 5.8, ist die Interaktion zwischen dem Gesamtfeldbeulen der Gurtaussteifungen und der Stegaussteifungen unter Verwendung der modifizierten elastischen kritischen Spannung  $\sigma_{cr,mod}$  für beide Aussteifungsarten zu berücksichtigen:

$$\sigma_{cr,mod} = \sqrt[4]{1 + \left[ \beta_s \frac{\sigma_{cr,s}}{\sigma_{cr,sa}} \right]^4} \quad (5.27)$$

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**

Dabei ist

$\sigma_{cr,s}$  die elastische kritische Spannung eines Gurtes mit Zwischenaussteifung, siehe 5.5.4.2(2) für den Gurt mit einer Aussteifung oder 5.5.4.2(3) für den Gurt mit zwei Aussteifungen;

$\sigma_{cr,sa}$  die elastische kritische Spannung einer einzelnen Stegaussteifung oder, im Falle von zwei Aussteifungen, für die dem Druckgurt zugekehrte Aussteifung, siehe 5.5.4.3(7).

$\beta_s = 1 - (h_a + 0,5h_{sa}) / e_c$  für ein biegebeanspruchtes Profil

$\beta_s = 1$  für ein Profil unter zentrischem Druck

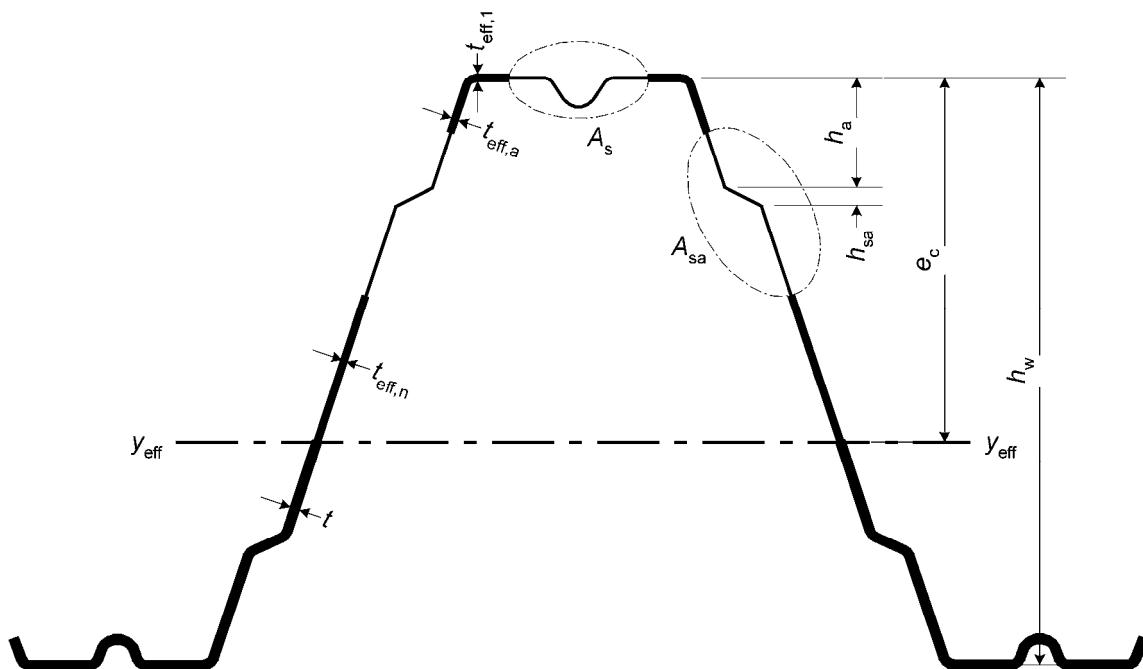


Bild 5.8 — Wirksamer Querschnitt von Profilstahlblechen mit Gurt- und Stegaussteifungen

## 6 Grenzzustände der Tragfähigkeit

### 6.1 Beanspruchbarkeit von Querschnitten

#### 6.1.1 Allgemeines

- (1) Die in diesem Abschnitt angegebenen Regeln gelten für die Bemessung durch Berechnung.
- (2) Anstelle einer Bemessung durch Berechnung kann eine versuchsgestützte Bemessung durchgeführt werden, siehe hierzu Abschnitt 9 und Anhang A.

**ANMERKUNG** Die versuchsgestützte Bemessung wirkt sich besonders bei relativ großen  $b_p / t$ -Verhältnissen günstig aus, zum Beispiel im Hinblick auf nichtelastisches Verhalten, Stegkrüppeln oder Schubverzerrung.

- (3) Bei der Bemessung durch Berechnung sind die Einflüsse aus örtlichem Beulen und Gesamtfeldbeulen durch Verwendung nach 5.5 ermittelter, wirksamer Querschnittswerte zu berücksichtigen.
- (4) Die Beanspruchbarkeit druckbeanspruchter, knickgefährdeter Profilstahlbleche ist nach 6.2 zu berücksichtigen.

### 6.1.2 Zentrischer Zug

(1) Der Bemessungswert der Beanspruchbarkeit  $N_{t,Rd}$  eines Querschnittes unter gleichmäßiger Zugbeanspruchung ergibt sich aus:

$$N_{t,Rd} = \frac{f_o A_g}{\gamma_{M1}} \quad \text{wobei} \quad N_{t,Rd} \leq F_{net,Rd} \quad (6.1)$$

Dabei ist

$A_g$  die Gesamtfläche des Querschnittes;

$F_{net,Rd}$  die Beanspruchbarkeit des Nettoquerschnittes bei Verwendung von mechanischen Verbindungselementen.

### 6.1.3 Zentrischer Druck

(1) Der Bemessungswert der Beanspruchbarkeit  $N_{c,Rd}$  eines Querschnittes unter Druckbeanspruchung wird wie folgt ermittelt:

- wenn die wirksame Fläche  $A_{eff}$  kleiner ist als die Gesamtfläche  $A_g$  (Querschnitt mit Reduktion hinsichtlich örtlichen Beulens und/oder Gesamtfeldbeulens):

$$N_{c,Rd} = A_{eff} f_o / \gamma_{M1} \quad (6.2)$$

- wenn die wirksame Fläche  $A_{eff}$  gleich ist wie die Gesamtfläche  $A_g$  (Querschnitt ohne Reduktion hinsichtlich örtlichen Beulens und/oder Gesamtfeldbeulens)

$$N_{c,Rd} = A_g f_o / \gamma_{M1} \quad (6.3)$$

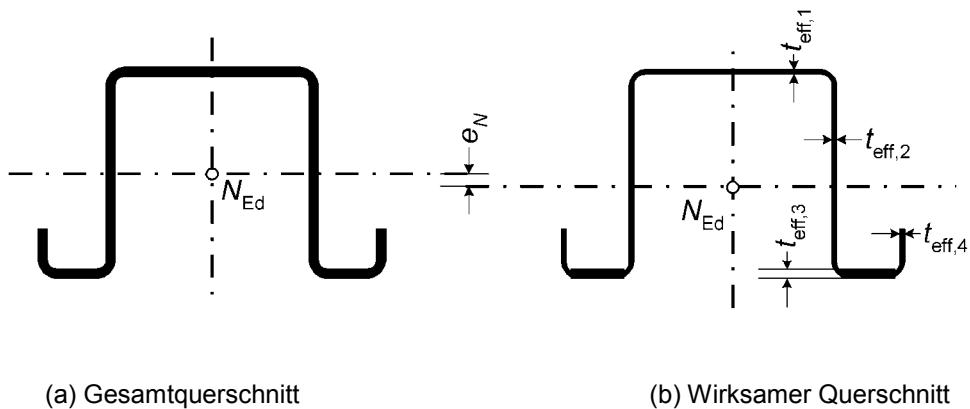
Dabei ist

$A_{eff}$  die wirksame Querschnittsfläche nach 5.5.2 unter der Annahme einer gleichförmigen Druckspannung  $f_o / \gamma_{M1}$ .

(2) Die resultierende Normalkraft eines Bauteiles wirkt im Schwerpunkt des Gesamtquerschnittes. Dies ist eine auf der sicheren Seite liegende Abschätzung, die immer angenommen werden kann. Nähere Untersuchungen können wirklichkeitsnähere Ergebnisse bezüglich des inneren Kräfteverlaufes im druckbeanspruchten Querschnittsteil liefern, zum Beispiel bei gleichmäßig anwachsender Normalkraft.

(3) Der Widerstand eines Querschnittes unter gleichmäßiger Druckbeanspruchung sollte mit seinem Bemessungswert im Schwerpunkt des wirksamen Querschnittes angesetzt werden. Wenn die Schwerachsen des Gesamtquerschnittes und des wirksamen Querschnittes nicht zusammenfallen, ist die Verschiebung  $e_N$  der Schwerachsen (siehe Bild 6.1) nach dem in 6.1.9 angegebenen Verfahren zu berücksichtigen. Wirkt sich die Verschiebung günstig aus, darf diese vernachlässigt werden, vorausgesetzt, die Verschiebung wurde unter Ansatz der Dehngrenzspannung und nicht der vorhandenen Druckspannung ermittelt.

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**



**Bild 6.1 — Verschiebung der Schwerachse bei Querschnitten unter Druckbeanspruchung**

#### 6.1.4 Biegemoment

##### 6.1.4.1 Elastischer und plastischer Widerstand bei Erreichen der Dehngrenze im druckbeanspruchten Gurt

(1) Der Bemessungswert des Biegemomentes  $M_{c,Rd}$  eines Querschnittes ist in der Regel wie folgt zu ermitteln:

— wenn das wirksame Widerstandsmoment  $W_{\text{eff}}$  kleiner ist als das Widerstandsmoment  $W_{\text{el}}$  des Gesamtquerschnittes:

$$M_{c,Rd} = W_{\text{eff}} f_0 / \gamma_{M1} \quad (6.4)$$

— wenn das wirksame Widerstandsmoment  $W_{\text{eff}}$  gleich ist wie das Widerstandsmoment  $W_{\text{el}}$  des Gesamtquerschnittes:

$$M_{c,Rd} = f_0 (W_{\text{el}} + (W_{\text{pl}} - W_{\text{el}}) 4(1 - \lambda / \lambda_{\text{el}})) / \gamma_{M1}, \text{ jedoch nicht größer als } W_{\text{pl}} f_0 / \gamma_{M1} \quad (6.5)$$

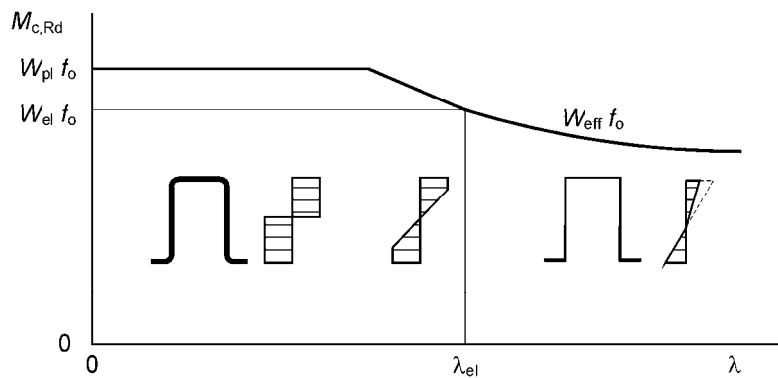
Dabei ist

$\lambda$  die Schlankheit jenes Querschnittsteiles, der den größten Wert für  $\lambda / \lambda_{\text{el}}$  ergibt.

Für zweiseitig gelagerte ebene Querschnittsteile ist  $\lambda = \bar{\lambda}_p$  und  $\lambda_{\text{el}} = \bar{\lambda}_{\text{lim}}$  mit  $\bar{\lambda}_{\text{lim}}$  nach Tabelle 5.2.

Für ausgesteifte Querschnittsteile ist  $\lambda = \bar{\lambda}_s$  und  $\lambda_{\text{el}} = 0,25$ , siehe 5.5.3.1.

**ANMERKUNG** Der Zusammenhang zwischen resultierendem Biegetragwiderstand und Schlankheit des schlanksten Querschnittsteiles ist in Bild 6.2 dargestellt.



**Bild 6.2 — Biegewiderstand in Abhängigkeit der Schlankheit**

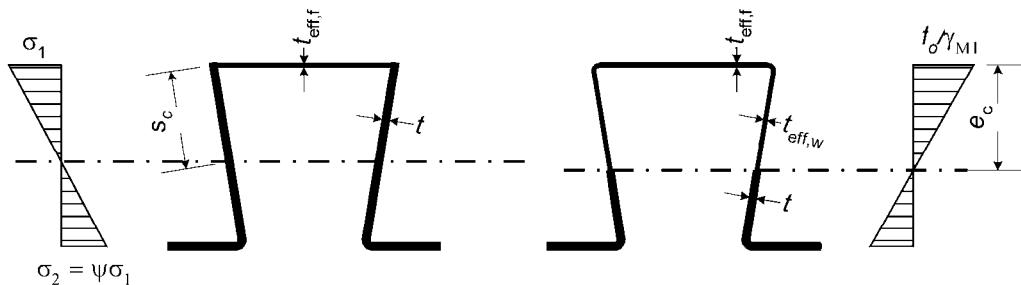
(2) Der Ausdruck (6.5) ist unter der Voraussetzung anwendbar, dass der Stegneigungswinkel  $\phi$  (siehe Bild 6.5)  $60^\circ$  nicht übersteigt

(3) Ist Bedingung (2) nicht erfüllt, sollte folgende Bedingung benutzt werden:

$$M_{c,Rd} = W_{el} f_0 / \gamma_{M1} \quad (6.6)$$

(4) Das wirksame Widerstandsmoment  $W_{eff}$  sollte auf den durch das Biegemoment bestimmten wirksamen Querschnitt bezogen werden, wobei zur Berücksichtigung von Einflüssen aus örtlichem Beulen und Gesamtfeldbeulen, wie in 5.5 aufgezeigt,  $\sigma_{max,Ed}$  gleich  $f_0 / \gamma_{M1}$  zu setzen ist. Falls die mittragende Breite („shear lag“, siehe EN 1999-1-1) maßgebend ist, ist deren Einfluss zu berücksichtigen.

(5) Das zur Ermittlung der wirksamen Steganteile benötigte Spannungsverhältnis  $\psi = \sigma_2 / \sigma_1$  darf mit der wirksamen Fläche des druckbeanspruchten Gurtes und der Gesamtfläche des Steges ermittelt werden, siehe Bild 6.3.



**Bild 6.3 — Wirksamer Querschnitt bezüglich Biegebeanspruchung**

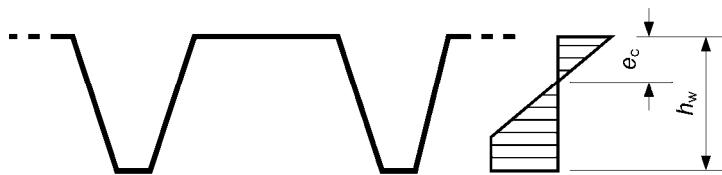
(6) Wird die Streckgrenze zuerst im druckbeanspruchten Bereich Teil des Querschnittes erreicht, ist das Widerstandsmoment  $W_{eff}$  — sofern nicht die in 6.1.4.2 aufgeführten Bedingungen zutreffen — mit einer über die Querschnittshöhe linearen Spannungsverteilung zu ermitteln.

(7) Wird in der Tragwerksberechnung eine Momentenumlagerung in Ansatz gebracht, sollten die in 7.2 aufgeführten Bedingungen erfüllt sein. Wird das Reststützmoment am Zwischenaufhänger nicht zu null gesetzt, so ist das aufnehmbare Reststützmoment durch Versuchsergebnisse zu ermitteln.

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**

**6.1.4.2 Elastischer und plastischer Widerstand bei Erreichen der Dehngrenze ausschließlich im zugbeanspruchten Gurt**

- (1) Wenn die Streckgrenze zuerst im zugbeanspruchten Bereich des Querschnittes erreicht wird, können plastische Reserven im Zugbereich ohne Dehnungsbeschränkung ausgenutzt werden, bis die maximale Druckspannung  $\sigma_{\text{com},\text{Ed}}$  den Wert  $f_0 / \gamma_{M1}$  erreicht. In diesem Abschnitt wird nur die Biegebeanspruchung berücksichtigt. Bei zentrischem Druck mit Biegung ist in der Regel 6.1.8 oder 6.1.9 anzuwenden.
- (2) In diesem Fall sollte das wirksame teilplastische Widerstandsmoment  $W_{\text{pp,eff}}$  mit einer abgeknickten Spannungsverteilung in der Biegezugzone und einer linearen Spannungsverteilung in der Biegendruckzone ermittelt werden.
- (3) Falls keine genauere Berechnung erfolgt, darf die wirksame Dicke  $t_{\text{eff}}$  von Stegen nach 5.5.2 mit  $\psi = -1$  ermittelt werden.  $e_c$  ergibt sich hierin aus der abgeknickten Spannungsverteilung (siehe Bild 6.4).



**Bild 6.4 — Maß  $e_c$  zur Ermittlung wirksamer Dicken**

- (4) Wird in der Tragwerksberechnung eine Momentenumlagerung in Ansatz gebracht, sollten die in 7.2 aufgeführten Bedingungen erfüllt sein. Wird das Reststützmoment am Zwischenauflager nicht zu null gesetzt, so ist das aufnehmbare Reststützmoment durch Versuchsergebnisse zu ermitteln.

**6.1.4.3 Mittragende Breiten infolge Schubverzerrungen**

- (1) Effekte von Schubverzerrungen auf die mittragende Breite sollten nach EN 1999-1-1 berücksichtigt werden.
- (2) Effekte von Schubverzerrungen dürfen bei Gurten mit  $b / t \leq 300$  vernachlässigt werden.

**6.1.5 Querkraft**

- (1) Die Beanspruchbarkeit bezüglich Querkraft  $V_{b,Rd}$  sollte ermittelt werden aus:

$$V_{b,Rd} = (h_w / \sin \phi) t f_{bv} / \gamma_{M1} \quad (6.7)$$

Dabei ist

$f_{bv}$  die Schubbeulspannung nach Tabelle 6.1;

$h_w$  die Steghöhe, gemessen zwischen den Mittellinien der Gurte, siehe Bild 6.5;

$\phi$  die auf die Gurte bezogene Stegneigung.

**Tabelle 6.1 — Schubbeulfestigkeit  $f_{bv}$  in Abhängigkeit der Stegschlankheit  $\bar{\lambda}_w$** 

<b>Bezogene Schlankheit des Steges</b>	<b>Steg ohne Aussteifung am Auflager</b>	<b>Steg mit Aussteifung am Auflager<sup>1)</sup></b>
$\bar{\lambda}_w \geq 0,83$	$0,58 f_0$	$0,58 f_0$
$0,83 < \bar{\lambda}_w \leq 1,40$	$0,48 f_0 / \bar{\lambda}_w$	$0,48 f_0 / \bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,40$	$0,67 f_0 / \bar{\lambda}_w^2$	$0,48 f_0 / \bar{\lambda}_w$

<sup>1)</sup> Aussteifung am Auflager, wie zum Beispiel Profilfüller, die geeignet sind Stegverdrehungen zu verhindern und die Auflagerkräfte zu übertragen.

(2) Die Bezogene Schlankheit  $\bar{\lambda}_w$  des Steges sollte ermittelt werden aus:

— bei Stegen ohne Längsaussteifungen:

$$\bar{\lambda}_w = 0,346 \frac{s_w}{t} \sqrt{\frac{f_0}{E}} \quad (6.8a)$$

— bei Stegen mit Längsaussteifungen, siehe Bild 6.5:

$$\bar{\lambda}_w = 0,346 \frac{s_d}{t} \sqrt{\frac{5,34 f_0}{k_\tau E}} \text{ jedoch } \bar{\lambda}_w \geq 0,346 \frac{s_p}{t} \sqrt{\frac{f_0}{E}} \quad (6.8b)$$

mit

$$k_\tau = 5,34 + \frac{2,10}{t} \sqrt[3]{\frac{\sum I_s}{s_d}} \quad (6.9)$$

Dabei ist

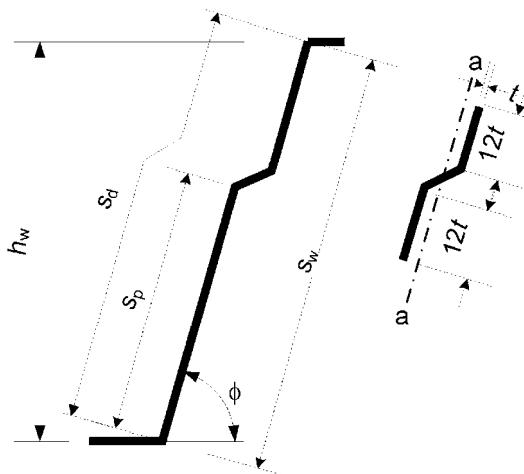
$I_s$  das Flächenmoment 2. Ordnung der Längssteife bezüglich der Achse a – a, wie in Bild 6.5 dargestellt;

$s_d$  die Abwicklung der Steglänge, wie in Bild 6.5 dargestellt;

$s_p$  die größte schräge Länge einer ebenen Teilfläche im Steg, siehe Bild 6.5;

$s_w$  die schräge Länge der zwischen den Eckpunkten gemessenen Steghöhe, siehe Bild 6.5.

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**



**Bild 6.5 — Geometrie eines längsausgesteiften Steges und wirksamer Querschnitt einer Aussteifung**

### 6.1.6 Torsion

- (1) Torsionssteifigkeiten und -beanspruchbarkeiten sind bei profilierten Blechen zu vernachlässigen.

### 6.1.7 Örtliche Lasteinleitung

#### 6.1.7.1 Allgemeines

- (1) Um Zusammendrückungen, Stegkrüppeln oder örtliches Beulen bei einem durch Auflagerkräfte oder örtliche, über die Gurte erfolgende Lasteinleitung beanspruchten Steg zu vermeiden, sollte die transversale Kraft  $F_{Ed}$  der folgenden Bedingung genügen:

$$F_{Ed} \leq R_{w,Rd} \quad (6.10)$$

worin  $R_{w,Rd}$  die Beanspruchbarkeit des Steges unter örtlicher Lasteinleitung ist.

- (2) Die örtliche Beanspruchbarkeit des Steges  $R_{w,Rd}$  wird wie folgt ermittelt:

- a) bei unausgesteiften Stegen: nach 6.1.7.2;
- b) bei ausgesteiften Stegen: nach 6.1.7.3.

- (3) Die örtliche Beanspruchbarkeit des Steges braucht nicht nachgewiesen zu werden, wenn die Auflagerkräfte oder die örtlichen Lasten beispielsweise über Profilfüller eingeleitet werden, die geeignet sind Stegverformungen zu verhindern und die Auflagerkräfte zu übertragen.

#### 6.1.7.2 Querschnitte mit unausgesteiften Stegen

- (1) Die Beanspruchbarkeit eines unausgesteiften Steges unter örtlich begrenzter Lasteinleitung, siehe Bild 6.6, ist in der Regel nach (2) zu ermitteln, vorausgesetzt, dass alle nachfolgend aufgeführten Bedingungen eingehalten sind:

- der Abstand  $c$  von der Wirkungslinie der Auflagerkraft oder der örtlich eingeleiteten Last zum freien Trägerende beträgt mindestens 40 mm, siehe Bild 6.7;

— der Querschnitt genügt folgenden Bedingungen:

$$r/t \leq 10 \quad (6.11a)$$

$$h_w/t \leq 200 \sin \phi \quad (6.11b)$$

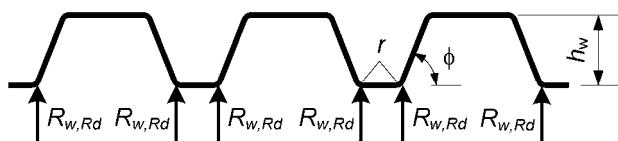
$$45^\circ \leq \phi \leq 90^\circ \quad (6.11c)$$

Dabei ist

$h_w$  die zwischen den Mittellinien der Gurte gemessene Steghöhe;

$r$  der innere Biegeradius der Ecken;

$\phi$  der Stegneigungswinkel [Grad].



**Bild 6.6 — Beispiel eines Querschnittes mit zwei oder mehr Stegen**

(2) Sind beide in (1) genannten Bedingungen erfüllt, ergibt sich die Beanspruchbarkeit bei örtlicher Lasteinleitung  $R_{w,Rd}$  je Steg eines profilierten Bleches zu:

$$R_{w,Rd} = \alpha t^2 \sqrt{f_o E} \left(1 - 0,1\sqrt{r/t}\right) \left(0,5 + \sqrt{0,02l_a/t}\right) \left(2,4 + (\phi/90)^2\right) / \gamma_{MI} \quad (6.12)$$

Dabei ist

$l_a$  die wirksame Auflagerbreite der zugehörigen Lagerungskategorie, siehe (4);

$\alpha$  der Beiwert für die zugehörige Lagerungskategorie, siehe (3);

$s_w$  die schräge Länge des Steges ( $= h_w / \sin \phi$ );

$r$  der innere Biegeradius ( $r < 10 t$ ).

(3) Werte für den Beiwert  $\alpha$  sind in Bild 6.7 aufgeführt.

(4) Die Werte für  $l_a$  sind in der Regel nach (5) zu ermitteln. Der größtmögliche für  $l_a$  ansetzbare Wert ist 200 mm. Ist das Auflager ein kaltgeformtes Profil mit nur einem Steg oder ein Rundrohr, ist in der Regel für  $s_s$  der Wert 10 mm einzusetzen. Die maßgebende Lagerungskategorie (1 oder 2) ergibt sich aus dem Abstand  $e$  von der örtlichen Lasteinleitung bis zum nächstgelegenen Auflager oder dem Abstand  $c$  vom Ende des Auflagers oder der örtlichen Lasteinleitung zum freien Trägerende, siehe Bild 6.7.

(5) Der Wert für die wirksame Auflagerbreite  $l_a$  profilerter Bleche ist in der Regel folgt zu ermitteln:

a) für Kategorie 1:

$$l_a = s_s, \text{ jedoch } l_a \leq 40 \text{ mm} \quad (6.13a)$$

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**

b) für Kategorie 2:

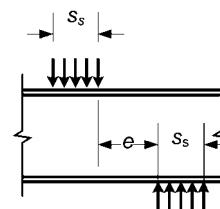
$$\text{wenn } \beta_v \leq 0,2: \quad l_a = s_s \quad (6.13b)$$

$$\text{wenn } \beta_v \geq 0,3: \quad l_a = 10 \text{ mm} \quad (6.13c)$$

wenn  $0,2 < \beta_v < 0,3$ : lineare Interpolation zwischen den Werten  $l_a$  für 0,2 und 0,3 mit:

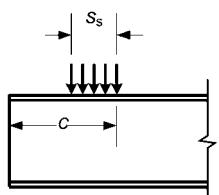
$$\beta_v = \frac{|V_{Ed,1}| - |V_{Ed,2}|}{|V_{Ed,1}| + |V_{Ed,2}|} \quad (6.14)$$

worin  $|V_{Ed,1}|$  und  $|V_{Ed,2}|$  die Beträge der transversalen Kräfte auf jeder Seite der örtlichen Lasteinleitung oder der Auflagerreaktionen sind, wobei  $|V_{Ed,1}| \geq |V_{Ed,2}|$  und  $s_s$  die tatsächliche Auflager- oder Lasteinleitungsbreite ist.



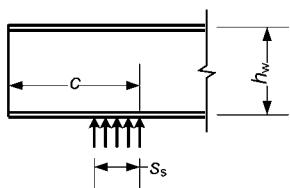
Lagerungskategorie 1;  $\alpha = 0,075$

- örtliche Lasteinleitung mit Abstand  $e \leq 1,5 h_w / t$  vom nächstgelegenen Auflager;



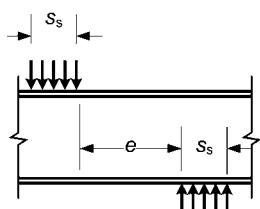
Lagerungskategorie 1;  $\alpha = 0,075$

- örtliche Lasteinleitung mit Abstand  $c \leq 1,5 h_w / t$  vom freien Trägerende;



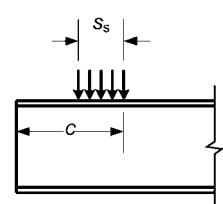
Lagerungskategorie 1;  $\alpha = 0,075$

- Endauflagerreaktion mit Abstand  $c \leq 1,5 h_w / t$  vom freien Trägerende;



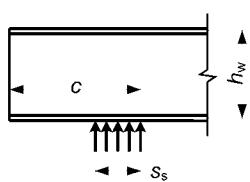
Lagerungskategorie 2;  $\alpha = 0,15$

- örtliche Lasteinleitung mit Abstand  $e > 1,5 h_w / t$  vom nächstgelegenen Auflager;



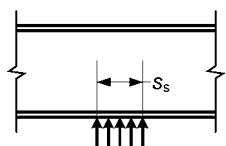
Lagerungskategorie 2;  $\alpha = 0,15$

- örtliche Lasteinleitung mit Abstand  $c > 1,5 h_w / t$  vom freien Trägerende;



Lagerungskategorie 2;  $\alpha = 0,15$

- Endauflagerreaktion mit Abstand  $c > 1,5 h_w / t$  vom freien Trägerende;



Lagerungskategorie 2;  $\alpha = 0,15$

- Zwischenauflagerreaktion.

**Bild 6.7 — Örtliche Lasteinleitungen und Lagerungskategorien für Querschnitte mit zwei oder mehr Stegen**

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**

### 6.1.7.3 Querschnitte mit ausgesteiften Stegen

(1) Die örtliche Beanspruchbarkeit eines ausgesteiften Steges kann bei Querschnitten mit Stegaussteifungen nach (2) ermittelt werden, wenn die Aussteifungen derart ausgebildet sind, dass die beiden Abkantungen der Aussteifungen jeweils auf der gegenüberliegenden Seite einer zwischen den Schnittpunkten der Mittellinien von Gurten und der Stegen gedachten Verbindungsgeraden liegen, siehe Bild 6.8, und folgende Bedingung erfüllt ist:

$$2 < e_{\max} / t < 12 \quad (6.15)$$

Dabei ist

$e_{\max}$  die größere Exzentrizität zwischen den Abkantungen und der Verbindungsgeraden.

(2) Für Querschnitte mit ausgesteiften Stegen, welche die in (1) genannten Bedingungen erfüllen, ergibt sich die transversale Beanspruchbarkeit eines ausgesteiften Steges durch Multiplikation des entsprechenden Wertes von 6.1.7.2 für einen vergleichbaren unausgesteiften Steg mit dem Faktor  $\kappa_{a,s}$ :

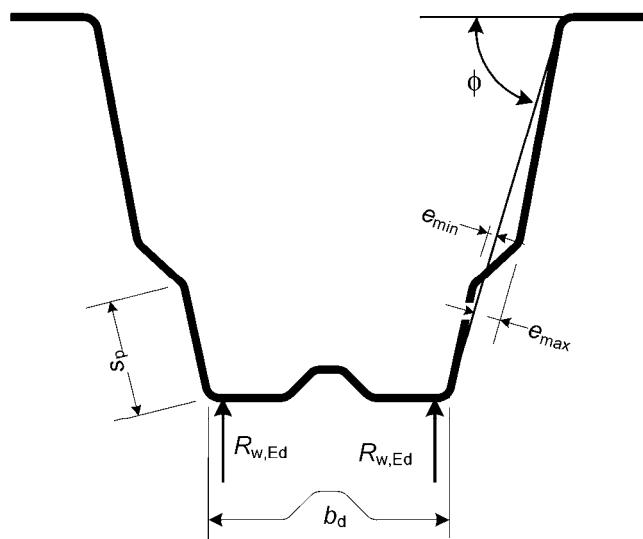
$$\kappa_{a,s} = 1,45 - 0,05 e_{\max} / t, \text{ jedoch } \kappa_{a,s} \leq 0,95 + 35000 t^2 e_{\min} / (b_d^2 s_p) \quad (6.16)$$

Dabei ist

$b_d$  die abgewickelte Länge des belasteten Gurtes, siehe Bild 6.8;

$e_{\min}$  die kleinere Exzentrizität zwischen den Abkantungen und der Verbindungsgeraden, siehe Bild 6.8;

$s_p$  die schräge Länge des am belasteten Gurt anliegenden ebenen Steganteiles, siehe Bild 6.8.



**Bild 6.8 — Auflagerkräfte und Geometrie ausgesteifter Stege**

### 6.1.8 Zugkraft und Biegung

(1) Bei Querschnitten unter gleichzeitiger Beanspruchung durch zentrische Zugkraft  $N_{Ed}$  und Biegemoment  $M_{y,Ed}$  ist in der Regel nachzuweisen, dass:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,ten}} \leq 1 \quad (6.17a)$$

Dabei ist

$N_{t,Rd}$  der Bemessungswert des Querschnittes bezüglich zentraler Zugbeanspruchung ist (6.1.2);

$M_{cy,Rd,ten}$  der Bemessungswert des Querschnittes für die maximale Zugbeanspruchbarkeit bezüglich Biegung um die Achse  $y - y$  (6.1.4).

(2) Ist  $M_{cy,Rd,com} \leq M_{cy,Rd,ten}$ , wobei  $M_{cy,Rd,com}$  der Bemessungswert des Querschnittes für die maximale Druckbeanspruchbarkeit ist, sollte die folgende Bedingung ebenfalls erfüllt sein:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,com}} - \frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1 \quad (6.17b)$$

### 6.1.9 Druckkraft und Biegung

(1) Bei Querschnitten unter gleichzeitiger Beanspruchung durch zentrische Druckkraft  $N_{Ed}$  und Biegemoment  $M_{y,Ed}$  ist in der Regel nachzuweisen, dass:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,com}} \leq 1 \quad (6.18a)$$

worin  $N_{c,Rd}$  nach 6.1.3 und  $M_{cy,Rd,com}$  nach 6.1.8 definiert sind.

(2) Das sich aus dem Versatz der  $\text{AC}$  Schwerachsen  $\text{AC}$  ergebende Zusatzmoment  $\Delta M_{y,Ed}$  sollte ange nommen werden:

$$\Delta M_{y,Ed} = N_{Ed} e_N \quad (6.18b)$$

worin  $e_N$  die Verschiebung der  $y - y - \text{AC}$  Schwerachse  $\text{AC}$  infolge axialer Kräfte ist, siehe 6.1.3 (3).

(3) Ist  $M_{cy,Rd,ten} \leq M_{cy,Rd,com}$ , sollte die folgende Bedingung ebenfalls erfüllt sein:

$$\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,ten}} - \frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad (6.19)$$

worin  $M_{cy,Rd,ten}$  nach 6.1.8 definiert ist.

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**

### 6.1.10 Querkraft, zentrische Kraft und Biegung

(1) Die Beanspruchbarkeit bezüglich Biegung und Normalkraft muss nicht zur Berücksichtigung der Querkraft reduziert werden, wenn das Verhältnis  $V_{Ed} / V_{w,Rd}$  weniger als 0,5 beträgt. Beträgt das Verhältnis  $V_{Ed} / V_{w,Rd}$  mehr als 0,5, so ist für die kombinierte Beanspruchung aus zentrischer Normalkraft  $N_{Ed}$ , Biegemoment  $M_{y,Ed}$  und Querkraft  $V_{Ed}$  in der Regel nachzuweisen, dass:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \left(1 - \frac{M_{f,Rd}}{M_{pl,Rd}}\right) \left( \frac{2V_{Ed}}{V_{w,Rd}} - 1 \right)^2 \leq 1 \quad (6.20)$$

Dabei ist

- $N_{Rd}$  der Bemessungswert des Querschnittes bezüglich zentrischer Zug- oder Druckbeanspruchung nach 6.1.2 oder 6.1.3;
- $M_{y,Rd}$  der Bemessungswert des Querschnittes bezüglich Biegung nach 6.1.4;
- $V_{w,Rd}$  der Bemessungswert des Querschnittes bezüglich Querkraft nach 6.1.5. Bei Bauteilen mit mehr als einem Steg ist  $V_{w,Rd}$  die Summe der Beanspruchbarkeiten aller Stege;
- $M_{f,Rd}$  der Bemessungswert der plastischen Momententrägfähigkeit des aus den wirksamen Querschnitten in den Gurten bestehenden Querschnittes;
- $M_{pl,Rd}$  der Bemessungswert der plastischen Momententrägfähigkeit des unabhängig von der Querschnittsklasse aus den wirksamen Querschnitten in den Gurten und Nennquerschnitten der Stege bestehenden Querschnittes.

### 6.1.11 Biegemoment und örtliche Lasteinleitung oder Auflagerkraft

(1) Bei Querschnitten unter gleichzeitiger Beanspruchung durch Biegemoment  $M_{Ed}$  und transversal eingeleiteter Kraft  $F_{Ed}$  infolge örtlicher Lasteinleitung oder Auflagerreaktion ist in der Regel nachzuweisen, dass:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \quad (6.21a)$$

$$\frac{F_{Ed}}{R_{w,Rd}} \leq 1 \quad (6.21b)$$

$$0,94 \cdot \left[ \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \right]^2 + \left[ \frac{F_{Ed}}{R_{w,Rd}} \right]^2 \leq 1 \quad (6.22)$$

Dabei ist

- $M_{c,Rd}$  der Bemessungswert des Querschnittes bezüglich Biegung nach 6.1.4.1;
- $R_{w,Rd}$  die Summe der entsprechenden Werte der einzelnen Stege nach 6.1.7.

(2) Im Ausdruck (6.22) darf das Biegemoment  $M_{Ed}$  vom Auflagerrand eingesetzt werden.

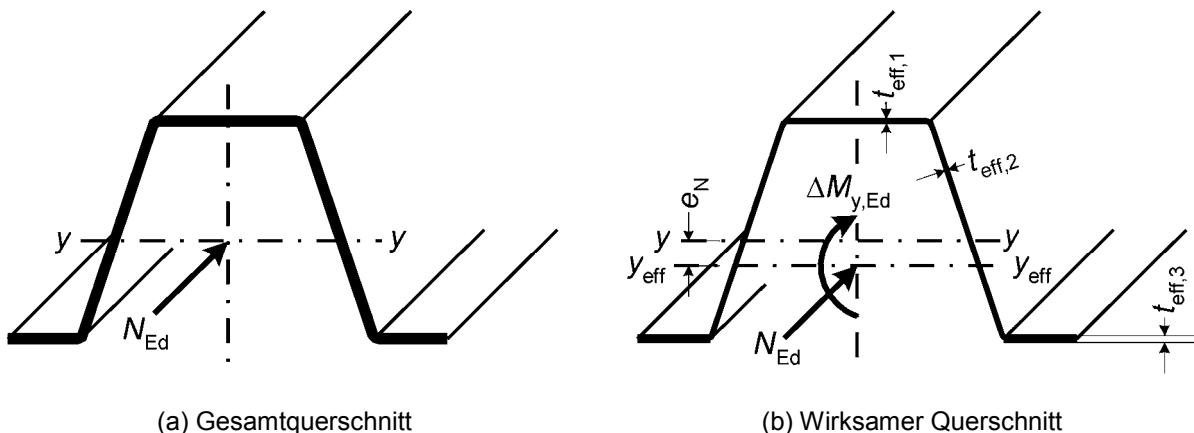
## 6.2 Beanspruchbarkeit bezüglich Knicken

### 6.2.1 Allgemeines

(1) Die Effekte aus örtlichem Beulen und Gesamtfeldbeulen sind in der Regel zu berücksichtigen. Hierfür können die in 5.5 angegebenen Verfahren verwendet werden.

(2) Die resultierende Normalkraft wirkt in der  $\text{AC}$  Schwerachse  $\text{AC}$  des Gesamtquerschnittes.

(3) Die Beanspruchbarkeit von Profiltafeln wird auf die  $\text{AC}$  Schwerachse  $\text{AC}$  des wirksamen Querschnittes bezogen. Fällt diese nicht mit der  $\text{AC}$  Schwerachse  $\text{AC}$  des Gesamtquerschnittes zusammen, sollten die sich hieraus ergebenden Zusatzmomente (siehe Bild 6.9) nach dem in 6.2.3 angegebenen Verfahren berücksichtigt werden.



**Bild 6.9 — Verschobene  $\text{AC}$  Schwerachse  $\text{AC}$  im wirksamen Querschnitt**

### 6.2.2 Zentrischer Druck

#### 6.2.2.1 Beanspruchbarkeit bezüglich Knicken

(1) Der Bemessungswert der Beanspruchbarkeit bezüglich Knicken infolge einer zentrischen Druckkraft  $N_{b,Rd}$  ergibt sich aus:

$$N_{b,Rd} = \chi A_{\text{eff}} f_o / \gamma_{M1} \quad (6.23)$$

Dabei ist

$A_{\text{eff}}$  die nach Abschnitt 5 unter Voraussetzung einer konstanten Druckbeanspruchung  $\sigma_{\text{com},Ed} = f_o / \gamma_{M1}$  ermittelte wirksame Querschnittsfläche;

$\chi$  der zugehörige Abminderungsfaktor bezüglich Knicken.

(2) Der Abminderungsfaktor  $\chi$  bezüglich Knicken ergibt sich aus:

$$\chi = \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \lambda^2)^{0,5}}, \quad \text{jedoch} \quad \chi \leq 1,0 \quad (6.24a)$$

mit:

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**

$$\phi = 0,5 \left( 1 + \alpha (\bar{\lambda} - \bar{\lambda}_0) + \bar{\lambda}^2 \right) \quad (6.24b)$$

Dabei ist

- $\alpha$  der die Imperfektionen berücksichtigender Faktor;
- $\bar{\lambda}_0$  die Grenze des horizontalen Bereichs der bezogenen Schlankheit;
- $\bar{\lambda}$  die bezogene Schlankheit des zugehörigen Knickfalles.

(3) Der Imperfektionsfaktor für Profiltafeln ist  $\alpha = 0,13$  und  $\bar{\lambda}_0 = 0,2$ .

(4) Die bezogene Schlankheit bezüglich Knicken ergibt sich aus:

$$\bar{\lambda} = \frac{l}{i\pi} \sqrt{\frac{f_0}{E}} \quad (6.25)$$

Dabei ist

- $l$  die Knicklänge bezüglich Knicken um die  $y - y$ -Achse ( $l_y$ );
- $i$  der mit den Abmessungen des Gesamtquerschnittes ermittelte Trägheitsradius bezüglich der zugehörigen Achse ( $i_y$ ).

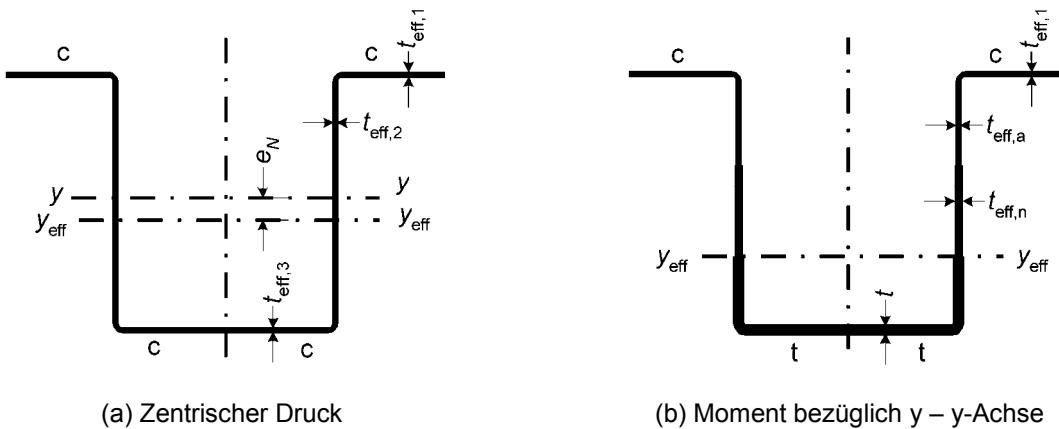
### 6.2.3 Biegung und zentrischer Druck

(1) Alle einer kombinierten Beanspruchung aus Biegung und zentrischem Druck unterworfenen Bauteile sollten der folgenden Bedingung genügen:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y f_0 \omega_x A_{eff}/\gamma_{M1}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{f_0 W_{eff,y,com}/\gamma_{M1}} \leq 1 \quad (6.26)$$

Dabei ist

- $A_{eff}$  die wirksame Fläche eines ausschließlich durch zentrischen Druck beanspruchten Querschnittes; siehe Bild 6.10(a);
- $W_{eff,y,com}$  das wirksame Widerstandsmoment für die maximale Druckbeanspruchbarkeit bezüglich Biegung um die Achse  $y - y$ , siehe Bild 6.10(b);
- $\Delta M_{y,Ed}$  das sich aus Verschiebung der  $\text{AC}$  Schwerachsen  $\text{AC}$  in  $y$ -Richtung ergebende Zusatzmoment  $\Delta M_{y,Ed}$ ; siehe 6.1.9(2);
- $\chi_y$  der Reduktionsfaktor nach 6.2.2 bezüglich Knicken um die  $y - y$ -Achse;
- $\omega_x$  ein die Interaktion berücksichtigender Ausdruck, siehe (2).



**Bild 6.10 — Modell zur Ermittlung wirksamer Querschnittswerte**

(2) Profiltafeln, die einer kombinierten Beanspruchung aus zentrischen Normalkräften und ungleichen Randmomenten und/oder Transversalkräften unterworfen sind, sind in der Regel entlang ihrer Stützweite abschnittsweise zu untersuchen. Das im untersuchten Abschnitt vorhandene Moment ist in der Regel in der Interaktionsgleichung zu verwenden und

$$\omega_x = \frac{1}{\chi_y + (1 - \chi_y) \sin(\pi x_s/l_c)} \quad (6.27)$$

Dabei ist

$x_s$  der Abstand des untersuchten Abschnittes zu einem gelenkigen Lager oder zu einem Wendepunkt der Knicklinie infolge zentrischen Drucks, siehe Bild 5.9 in EN1999-1-1;

$l_c = KL$  die Knicklänge, siehe Tabelle 5.7 in EN 1999-1-1.

ANMERKUNG Zur Vereinfachung darf  $\omega_x = 1$  gesetzt werden.

### 6.3 Schubfelder

#### 6.3.1 Allgemeines

(1) Das planmäßige Zusammenwirken von Tragwerksteilen und Profiltafeln als kombinierte Tragstruktur kann, wie in diesem Abschnitt beschrieben, berücksichtigt werden.

(2) Aluminium-Profiltafeln können in der Anwendung als Dach- oder Wandelemente als Schubfelder wirken.

ANMERKUNG Weitere Informationen über Schubfelder sind enthalten in:

ECCS Publication No. 88 (1995): *European recommendations for the application of metal sheeting acting as a diaphragm*.

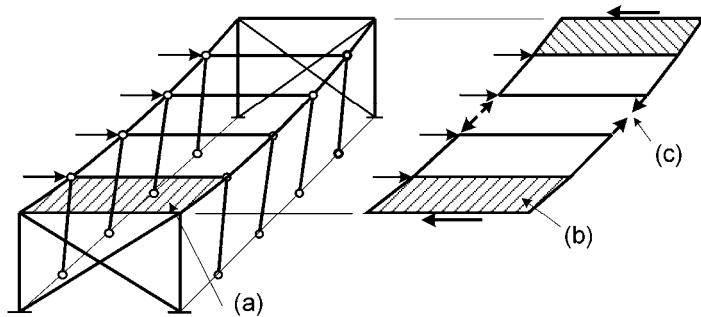
#### 6.3.2 Scheibenwirkung

(1) Mit der Schubfeldbemessung kann das Beitragen der Scheibenwirkung von Dach-, Wand- und Deckenkonstruktionen aus profilierten Blechen zur Steifigkeit und Tragfähigkeit der Tragstruktur ausgenutzt werden.

(2) Dächer und Decken dürfen als Scheiben betrachtet werden, die in ihrer Ebene angreifende Kräfte zu lastabtragenden vertikalen Tragwerken wie Giebelkonstruktionen oder Rahmen überführen können. Die Profiltafeln können dabei als schubbeanspruchte Stege mit Randgliedern als Gurte zur Aufnahme der Druck- und Zugkräfte betrachtet werden, siehe Bilder 6.11 und 6.12.

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**

- (3) In ähnlicher Weise können Wände als Schubfelder zur Gebäudestabilisierung herangezogen werden.



**Legende**

- (a) Profiltafel
- (b) Profiltafel als Schubfeld
- (c) Gurtkräfte in Randgliedern

**Bild 6.11 — Scheibenwirkung bei einem ebenen Dach**

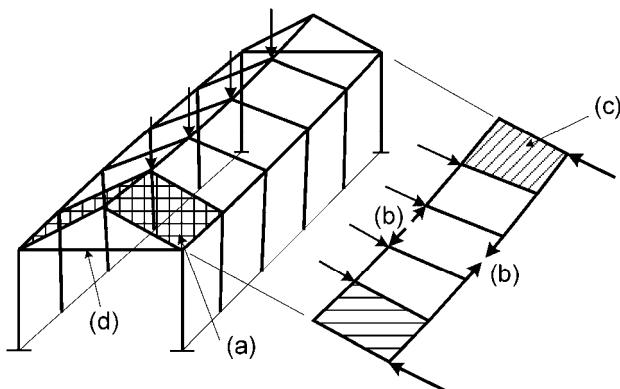
**6.3.3 Voraussetzungen**

- (1) Die Ausnutzung der Scheibenwirkung als integrierender Teil des Tragwerkes ist an folgende Voraussetzungen gebunden:

- die über die primäre Aufgabe der Lastabtragung rechtwinklig zur Profilierung hinausgehende Anwendung ist auf die Ausbildung von Schubfeldern mit Lastabtragung in Scheibenebene beschränkt;
- die Schubfelder haben Randglieder zur Aufnahme der Gurtkräfte aus der Schubfeldwirkung;
- die Scheibenkräfte in Dächern oder Decken werden über Rahmen oder vertikale Schubfelder in die Fundamente weitergeleitet;
- es werden zur Lastüberleitung vom Schubfeld zu den als Gurten wirkenden Randgliedern und zum Tragwerk geeignete Verbindungsmittel angeordnet;
- die Profiltafeln bilden Tragwerkskomponenten und dürfen nicht ohne Genehmigung entfernt werden;
- sowohl die Ausführungsunterlagen als auch die Berechnungen und die Zeichnungen müssen Warnvermerke enthalten, die auf die planmäßige Scheibenwirkung der Profiltafeln hinweisen;
- es wird empfohlen, Warnschilder anzubringen, die darauf hinweisen, dass die Wände als Schubfelder dienen und dass bei Demontage Sicherungsmaßnahmen zum Erhalt der Stabilität erforderlich sind.

- (2) Die Scheibenwirkung sollte vorzugsweise in Gebäuden mit wenig Geschossen, in Decken und in Außenwänden von mehrgeschossigen Gebäuden ausgenutzt werden.

- (3) Die Scheibenwirkung sollte vorzugsweise zur Abtragung von Wind- und Schneelasten sowie anderen Lasten, die über die Profiltafeln eingetragen werden, ausgenutzt werden. Die Scheibenwirkung darf auch bei der Abtragung geringer Brems- oder Stoßkräfte ausgenutzt werden, die von leichten Hebezeugen oder Laufkranen erzeugt werden. Sie darf dagegen nicht zur Aufnahme permanenter Lasten aus dem Betrieb des Gebäudes herangezogen werden.

**Legende**

- |                                |   |
|--------------------------------|---|
| (a) Profiltafel                | (d) Giebelkonstruktion zur Abtragung der aus der Schubfeldwirkung resultierenden Kräfte |
| (b) Gurtkräfte in Randgliedern |   |
| (c) Profiltafel als Schubfeld  |   |

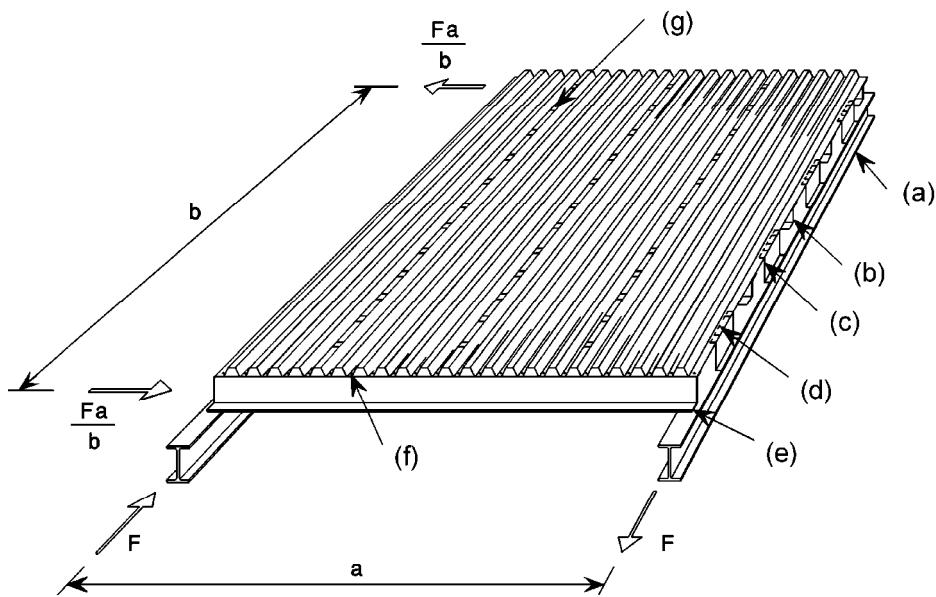
**Bild 6.12 — Scheibenwirkung bei einem Satteldach****6.3.4 Schubfelder aus Aluminium-Profiltäfeln**

- (1) Bei einem Schubfeld aus Aluminium-Profiltäfeln, siehe Bild 6.13, werden beide Enden der Profiltäfeln auf der Unterkonstruktion mit gewindeformenden Schrauben, Schweißnähten, Schrauben mit Muttern oder anderen Verbindungsmitteln befestigt. Die Verbindungselemente sollten sich im Gebrauch nicht lockern, nicht herausgezogen werden können oder durch Abscheren versagen, bevor nicht das Blech reißt. Die Befestigung der Profiltäfeln auf der Unterkonstruktion erfolgt direkt durch die Untergurte, sofern nicht durch besondere Maßnahmen die anzusetzenden Kräfte einwandfrei in die Unterkonstruktion geleitet werden.
- (2) Die Längsstöße der Profiltäfeln werden mit Hilfe von Nieten, Bohrschrauben, Schweißnähten oder anderen Verbindungselementen verbunden. Die Verbindungselemente sollten sich im Gebrauch nicht lockern, nicht herausgezogen werden können oder durch Abscheren versagen, bevor nicht das Blech reißt. Der Abstand der Verbindungselemente sollte 500 mm nicht überschreiten.
- (3) Die Rand- und Endabstände der Verbindungselemente sollten so gewählt werden, dass kein vorzeitiges Versagen in Blech eintritt.
- (4) Kleine, nicht systematisch verteilte Öffnungen bis zu etwa 3 % der Gesamtfläche dürfen ohne besonderen Nachweis angeordnet werden, vorausgesetzt, dass die Gesamtanzahl der Verbindungselemente nicht reduziert wird. Öffnungen bis zu 15 % der zugehörigen Fläche sind zugelassen, wenn eine entsprechende Berechnung durchgeführt wird. Flächen, die größere Öffnungen haben, sind in der Regel in kleinere Flächen für die Schubfelder aufzuteilen.
- (5) Alle Profiltäfeln, die Teil eines Schubfeldes sind, sind in der Regel zunächst für ihren primären Zweck der Biegebeanspruchung zu bemessen. Um sicherzustellen, dass unter Biegebeanspruchung die Beanspruchbarkeit bezüglich Scheibenwirkung nicht vermindert ist, ist in der Regel nachzuweisen, dass die Schubbeanspruchungen aus der Scheibenwirkung nicht größer sind als  $0,25 f_o / \gamma_{M1}$ .

(6) Die Beanspruchbarkeit des Schubfeldes entspricht entweder der Grenzlochleibungskraft der Verbindungen der Längsstöße der Profiltäfeln oder — bei Schubfeldern, die nur an den Längsrändern befestigt sind — der Beanspruchbarkeit der Längsrandsbefestigungen. Die Beanspruchbarkeit der Verbindungs-elemente bei anderen Versagenstypen sollte größer sein als die Grenzlochleibungskraft; und zwar:

- bei Profiltafel-Pfettenbefestigung unter Beanspruchungen durch Scherkräfte und Windsog mindestens 40 %;
- bei jedem anderen Versagenszustand mindestens 25 %.

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**



**Legende**

- |   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| (a) Binder                              | (e) Träger                          |
| (b) Träger                              | (f) Verbindung Profiltafel – Träger |
| (c) Schubblech                          | (g) Verbindungen im Längsstoß       |
| (d) Verbindung Profiltafel – Schubblech |                                     |

**Bild 6.13 — Aufbau eines einzelnen Schubfeldes**

#### 6.4 Gelochte Profiltafeln mit Lochanordnung in Form gleichseitiger Dreiecke

(1) Gelochte Profiltafeln mit Lochanordnung in Form gleichseitiger Dreiecke können durch Modifizierung der Bemessungsregeln für nicht gelochte Profiltafeln durch Einführen der nachfolgend aufgeführten wirksamen Dicke bemessen werden.

**ANMERKUNG** Diese Berechnungsregeln ergeben auf der sicheren Seite liegende Werte. Wirtschaftlichere Lösungen werden durch eine versuchsgestützte Bemessung erzielt.

(2) Für den Fall, dass  $0,2 \leq d/a \leq 0,9$  ist, dürfen die Kennwerte des Gesamtquerschnittes nach 6.1.2 bis 6.1.5 berechnet werden, wobei  $t$  durch  $t_{a,\text{eff}}$  zu ersetzen ist, mit:

$$t_{a,\text{eff}} = 1,18 t(1 - d/(0,9 a)) \quad (6.28)$$

Dabei ist

- $d$  der Durchmesser der Perforierung;
- $a$  der Abstand zwischen den Mittelpunkten der Perforierung.

(3) Für den Fall, dass  $0,2 \leq d/a \leq 0,9$  ist, dürfen die Kennwerte des Gesamtquerschnittes nach 5.5 berechnet werden, wobei  $t$  durch  $t_{b,\text{eff}}$  zu ersetzen ist, mit:

$$t_{b,\text{eff}} = t\sqrt[3]{1,18(1 - d/a)} \quad (6.29)$$

(4) Für den Fall, dass  $0,2 \leq d/a \leq 0,8$  ist, kann die Beanspruchbarkeit eines einzelnen unausgesteiften Steges durch örtliche Lasteinleitung nach 6.1.7 ermittelt werden, wobei  $t$  durch  $t_{c,eff}$  zu ersetzen ist, mit:

$$t_{c,eff} = t \left[ 1 - (d/a)^2 s_{per} / s_w \right]^{3/2} \quad (6.30)$$

Dabei ist

$s_{per}$  die schräge Länge der Perforation im Steg zentrisch in Steghöhe;

$s_w$  die schräge Gesamtlänge des Steges.

## 7 Gebrauchstauglichkeit

### 7.1 Allgemeines

- (1) Die Grundsätze für die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit nach EN 1999-1-1 gelten auch für kaltgeformte Profiltafeln.
- (2) Die sich aus (3) ergebenden Kennwerte für den wirksamen Querschnitt sind in der Regel in allen Berechnungen bezüglich der Gebrauchstauglichkeit von Profiltafeln zu verwenden.
- (3) Das Flächenträgheitsmoment darf durch Interpolation zwischen dem Gesamtquerschnitt und dem wirksamen Querschnitt mit Hilfe der nachfolgend aufgeführten Gleichung ermittelt werden:

$$I_{eff,ser} = I_{gr} - \sigma_{gr} (I_{gr} - I_{eff}) / f_0 \quad (7.1)$$

Dabei ist

$I_{gr}$  das Flächenträgheitsmoment des Gesamtquerschnittes;

$I_{eff}$  das Flächenmoment 2. Ordnung (Trägheitsmoment) des wirksamen Querschnittes für den Grenzzustand der Tragfähigkeit, wobei örtliches Beulen zugelassen ist;

$\sigma_{gr}$  die maximale am Gesamtquerschnitt ermittelte Biegedruckspannung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (Druck ist in der Formel positiv einzusetzen).

- (4) Das Flächenträgheitsmoment  $I_{eff,ser}$  darf entlang der Stützweite als veränderlich angenommen werden. Alternativ kann ein konstanter Wert angenommen werden, welcher sich aus dem maximalen Feldmoment unter Gebrauchslast ergibt.

### 7.2 Plastische Verformungen

- (1) Für den Fall einer Traglastberechnung unter Ansatz von Fließgelenken, sollte die Kombination aus Stützmoment und Auflagerkraft am Zwischenauflager den 0,9-fachen Bemessungswert der Beanspruchbarkeit bezüglich Interaktion unter Verwendung von  $\gamma_{M,ser}$  und  $I_{eff,ser}$  nach 7.1(3) nicht überschreiten.
- (2) Der Bemessungswert der Beanspruchbarkeit bezüglich Interaktion kann nach Gleichung (6.22) in 6.1.11 ermittelt werden, wobei jedoch der wirksame Querschnitt für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit und  $\gamma_{M,ser}$  zu verwenden sind.

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**

### **7.3 Durchbiegungen**

- (1) Durchbiegungen dürfen unter der Annahme elastischen Verhaltens ermittelt werden.
- (2) Der Einfluss von Schlupf an den Verbindungsstellen (zum Beispiel bei durch Überlappung hergestellten Profiltafelbahnen) ist in der Regel bei der Ermittlung von Verformungen, Kräften und Momenten zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Bei den gebräuchlichen Verbindungselementen nach 8.2 und 8.3 kann der Schlupf vernachlässigt werden.

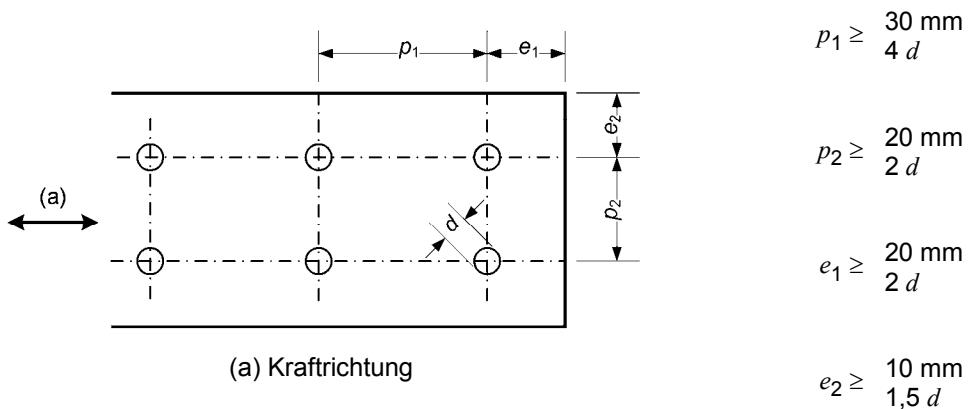
- (3) Mit Bezug auf EN 1990, Anhang A, A.1.4, sind in der Regel Durchbiegungsbeschränkungen in jedem Einzelfall mit dem Auftraggeber zu vereinbaren.

ANMERKUNG Im Nationalen Anhang können hierzu Grenzwerte festgelegt werden.

## **8 Verbindungen mit mechanischen Verbindungselementen**

### **8.1 Allgemeines**

- (1) Verbindungen mit mechanischen Verbindungselementen sollten kompakt gestaltet sein. Die Anordnung der Verbindungselemente ist in der Regel so festzulegen, dass ausreichend Platz für die Montage und die Wartung zur Verfügung steht.
- (2) Die durch die einzelnen Verbindungselemente zu übertragenden Scherkräfte dürfen als gleichmäßig verteilt angenommen werden, vorausgesetzt, dass:
  - die einzelnen Stellen der Verbindung ausreichende Duktilität aufweisen;
  - Abscheren des Verbindungselementes nicht die maßgebende Versagensform ist.
- (3) Bei der Bemessung durch Berechnung sind in der Regel die Beanspruchbarkeiten der mechanischen Verbindungselemente infolge vorwiegend ruhender Beanspruchung für Blindniete nach 8.2 und für gewindeformende Schrauben nach 8.3 zu ermitteln.
- (4) Die Bedeutung der Formelzeichen in den oben genannten Abschnitten ist in EN 1999-1-1 und ergänzend in EN 1999-1-4, 1.4, angegeben.
- (5) Der Teilsicherheitsbeiwert zur Ermittlung der Bemessungswerte der Beanspruchbarkeit von mechanischen Verbindungselementen ist in der Regel  $\gamma_{M3}$  (siehe 2(3)).

**Bild 8.1 — Rand- und Lochabstände von Verbindungselementen**

(6) Die in 8.2.3.1 für Blindniete bzw. in 8.3.3.1 für gewindefurchende Schrauben angegebenen Beanspruchbarkeiten bezüglich Durchknöpfen hängen von der Lage der Verbindungselemente ab. Die Beanspruchbarkeiten sind in der Regel abzumindern, wenn die Verbindungselemente nicht mittig in den Rippen der Profiltafeln angeordnet werden. Bei Befestigung im Viertelpunkt ist in der Regel der Bemessungswert des Verbindungselementes auf  $0,9 F_{p,Rd}$  abzumindern. Bei Befestigung mit zwei Verbindungselementen in beiden Viertelpunkten ist in der Regel der Bemessungswert jedes Verbindungselementes auf  $0,7 F_{p,Rd}$  abzumindern, siehe Tabelle 8.3.

(7) Bei gleichzeitiger Beanspruchung eines Verbindungselementes durch Quer- und Zugkraft ist in der Regel die Beanspruchbarkeit des Verbindungselementes durch folgende Interaktionsbedingung nachzuweisen, vorausgesetzt, die Beanspruchbarkeiten  $F_{p,Rd}$ ,  $F_{o,Rd}$ ,  $F_{b,Rd}$  und  $F_{n,Rd}$  wurden für Blindniete nach 8.2 bzw. für gewindefurchende Schrauben nach 8.3 ermittelt:

$$\frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{p,Rd}, F_{o,Rd})} + \frac{F_{v,Ed}}{\min(F_{b,Rd}, F_{n,Rd})} \leq 1 \quad (8.1)$$

(8) Die Verformung des Gesamtquerschnittes kann vernachlässigt werden, wenn die Bemessungswerte nach 8.2.3 und 8.3.3 ermittelt werden, vorausgesetzt, die Befestigung erfolgt durch einen Gurt, der nicht breiter als 150 mm ist.

(9) Der Bohrlochdurchmesser bei gewindeformenden Schrauben sollte nach den Angaben des Schraubenherstellers ausgeführt werden. Diesen Angaben sollten folgenden Kriterien zugrunde liegen:

- das Anziehdrehmoment ist geringfügig größer als das Eindrehmoment;
- das Anziehdrehmoment ist geringer als das Überdrehmoment;
- das Anziehdrehmoment ist geringer als  $2/3$  des Bruchdrehmomentes.

(10) Die Bemessungsregeln für Blindniete gelten nur, wenn der Bohrlochdurchmesser nicht größer als 0,1 mm als der Durchmesser der Niethülse ist.

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**

## 8.2 Blindniete

### 8.2.1 Allgemeines

(1) Der Bemessungswert der Beanspruchbarkeit einer schubbeanspruchten Blindnietverbindung ist der kleinste Wert aus den Beanspruchbarkeiten bezüglich Lochleibung  $F_{b,Rd}$ , bezüglich Versagen des Nettoquerschnittes  $F_{net,Rd}$  des Bauteiles und bezüglich Abscheren des Verbindungselementes  $F_{v,Rd}$ .

(2) Die Niethülse sollte aus EN AW- 5019 bestehen.

(3) Es sind in der Regel Blindniete nach EN ISO 15973, EN ISO 15974, EN ISO 15977, EN ISO 15978, EN ISO 15981 oder EN ISO 15982 zu verwenden.

### 8.2.2 Bemessungswerte für scherbeanspruchte Nietverbindungen

#### 8.2.2.1 Beanspruchbarkeit bezüglich Lochleibung

$$F_{b,Rd} = 2,5 f_{u,min} \sqrt{t^3 d} / \gamma_{M3} \quad \text{für } t_{sup} / t = 1,0, \text{ jedoch } F_{b,Rd} \leq 1,5 f_{u,min} t d / \gamma_{M3} \quad (8.2a)$$

$$F_{b,Rd} = 1,5 f_{u,min} t d / \gamma_{M3} \quad \text{für } t_{sup} / t \geq 2,5 \quad (8.2b)$$

#### 8.2.2.2 Beanspruchbarkeit bezüglich Versagen des Nettoquerschnittes

$$F_{net,Rd} = A_{net} f_u / \gamma_{M3} \quad (8.3)$$

#### 8.2.2.3 Beanspruchbarkeit bezüglich Abscheren des Verbindungselementes

$$F_{v,Rd} = 38 d^2 / \gamma_{M3} [\text{N}] \text{ mit } d \text{ in mm} \quad (8.4)$$

Bedingungen bezüglich Lochleibung und Abscheren:

- Werte von  $f_{u,min} > 260 \text{ N/mm}^2$  sollten nicht angesetzt werden;
- $2,6 \text{ mm} \leq d \leq 6,4 \text{ mm}$ .

### 8.2.3 Bemessungswerte für zugbeanspruchte Nietverbindungen

#### 8.2.3.1 Beanspruchbarkeit bezüglich Durchknöpfen

$$F_{p,Rd} = 2,35 \alpha_E t f_o / \gamma_{M3} [\text{N}] \text{ mit } t \text{ in mm und } f_o \text{ in N/mm}^2; \alpha_E \text{ nach Tabelle 8.3} \quad (8.5)$$

Bedingungen:

- $t \leq 1,5 \text{ mm}; d_w \geq 9,5 \text{ mm};$
- Werte von  $f_o > 220 \text{ N/mm}^2$  sollten nicht angesetzt werden.

### **8.2.3.2 Beanspruchbarkeit bezüglich Ausreißen**

— bei Unterkonstruktion aus Stahl:  $F_{o,Rd} = 0,47 t_{sup} d f_y / \gamma_{M3}$  (8.6)

— bei Unterkonstruktion aus Aluminium:  $F_{o,Rd} = 0,20 t_{sup} d f_o / \gamma_{M3}$  (8.7)

Bedingungen:

- $t_{sup} > 6 \text{ mm}$ ,  $f_y > 350 \text{ N/mm}^2$  und Werte von  $f_o > 220 \text{ N/mm}^2$  sollten nicht angesetzt werden (jeweils zu erfüllen);
- Ausführung der Bohrlöcher nach den Angaben des Nietherstellers.

### **8.2.3.3 Beanspruchbarkeit bezüglich Zugbruch**

$F_{t,Rd} = 47 d^2 / \gamma_{M3} [\text{N}]$ , worin  $d$  in mm einzusetzen ist. (8.8)

## **8.3 Gewindeformende Schrauben / Bohrschrauben**

### **8.3.1 Allgemeines**

(1) Der Bemessungswert der Beanspruchbarkeit schubbeanspruchter Schraubenverbindungen ist der kleinste Wert aus den Beanspruchbarkeiten bezüglich Lochleibung  $F_{b,Rd}$ , bezüglich Versagen des Nettoquerschnittes  $F_{net,Rd}$  des Bauteils und bezüglich Abscheren des Verbindungselementes  $F_{v,Rd}$ .

(2) Die in den folgenden Abschnitten angegebenen Anwendungsgrenzen bezüglich der Schraubendurchmesser sind in der Regel einzuhalten, es sei denn, andere Grenzen werden durch entsprechende Versuche bestätigt.

(3) Die Anwendungsgrenzen bezüglich der Festigkeitswerte der Unterkonstruktion sind in der Regel einzuhalten, es sei denn, andere Anwendungsgrenzen werden durch entsprechende Versuche bestätigt.

(4) Es sind in der Regel gewindeformende Schrauben nach EN ISO 1479, EN ISO 1481 oder ISO 7049 zu verwenden.

(5) Es sind in der Regel Bohrschrauben nach EN ISO 15480 oder EN ISO 15481 zu verwenden.

### **8.3.2 Bemessungswerte für scherbeanspruchte Schraubverbindungen**

#### **8.3.2.1 Beanspruchbarkeit bezüglich Lochleibung**

(1) Die Beanspruchbarkeit bezüglich Lochleibung ergibt sich für Unterkonstruktionen aus Stahl oder Aluminium zu:

$$F_{b,Rd} = 2,5 f_{u,min} \sqrt{t^3 d} / \gamma_{M3} \quad \text{für } t_{sup} / t = 1,0, \text{ jedoch } F_{b,Rd} \leq 1,5 f_{u,min} t d / \gamma_{M3} \quad (8.9a)$$

$$F_{b,Rd} = 1,5 f_{u,min} t d / \gamma_{M3} \quad \text{für } t_{sup} / t \geq 2,5 \quad (8.9b)$$

Für Blechdicken  $1,0 < t_{sup} / t < 2,5$  kann die Beanspruchbarkeit bezüglich Lochleibung  $F_{b,Rd}$  durch lineare Interpolation ermittelt werden.

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**

Unter den Bedingungen:

- Gewindeformende Schrauben oder Bohrschrauben aus Stahl oder nichtrostendem Stahl mit Durchmessern  $d \geq 5,5$  mm;
- Werte von  $f_{u,min} > 260$  N/mm<sup>2</sup> sollten nicht angesetzt werden;
- bei  $t > t_{sup}$  ist  $t = t_{sup}$  zu setzen;
- die Bohrlöcher sind nach den Angaben des Schraubenherstellers auszuführen.

(2) Bei Unterkonstruktionen aus Holz ergibt sich die Beanspruchbarkeit von Aluminium-Profiltafeln bezüglich Lochleibung:

$$F_{b,Rd} \leq 1,5 t d f_{u,min} / \gamma_{M3} \quad [\text{N}] \quad (8.10)$$

(3) Bezuglich der Beanspruchbarkeit der Unterkonstruktion aus Holz hinsichtlich Lochleibung siehe EN 1995-1-1, Abschnitt 8, Stahl-Holz-Verbindung.

Bedingungen:

- Gewindeformende Schrauben oder Bohrschrauben aus Stahl oder nichtrostendem Stahl mit Durchmessern  $5,5 \text{ mm} \leq d \leq 8 \text{ mm}$ ;
- Rand- und Lochabstände im Bauteil aus Holz siehe EN 1995-1-1, Abschnitt 8.

### **8.3.2.2 Beanspruchbarkeit bezüglich Versagen des Nettoquerschnittes**

$$F_{net,Rd} = A_{net} f_u / \gamma_{M3} \quad (8.11)$$

### **8.3.2.3 Beanspruchbarkeit bezüglich Abscheren des Verbindungselementes**

Die Beanspruchbarkeit bezüglich Abscheren von Schrauben aus Stahl oder nichtrostendem Stahl ergibt sich zu:

$$F_{v,Rd} = 380 A_s / \gamma_{M3} \quad [\text{N}], \text{ mit } A_s \text{ in mm}^2 \quad (8.12)$$

### **8.3.3 Bemessungswerte für zugbeanspruchte Schraubverbindungen**

#### **8.3.3.1 Beanspruchbarkeit bezüglich Durchknöpfen**

(1) Die Beanspruchbarkeit bezüglich Durchknöpfen von zugbeanspruchten Schraubverbindungen ergibt sich zu:

$$F_{p,Rd} = 6,1 \alpha_L \alpha_E \alpha_M t f_u \sqrt{d_w/22} / \gamma_{M3} \quad [\text{N}] \quad (8.13)$$

mit:

$t$  und  $d_w$  in mm und  $f_u$  in N/mm<sup>2</sup> und

$\alpha_L$  Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des Einflusses von Biegezugspannungen im angeschlossenen Profilgurt (Tabelle 8.1);

$\alpha_M$  Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des Werkstoffes der Dichtscheibe (Tabelle 8.2);

$\alpha_E$  Korrekturfaktor zur Berücksichtigung der Anordnung der Verbindungselemente (Tabelle 8.3).

Bedingungen:

- $t \leq 1,5$  mm;
- $d_w \geq 14$  mm und Dicke der Dichtscheibe  $\geq 1$  mm;
- Breite des anliegenden Profilgurtes  $\leq 200$  mm;
- $d_w > 30$  mm und Werte von  $f_u > 260$  N/mm sollten nicht angesetzt werden;
- bei Profilhöhen kleiner als 25 mm sollten die Beanspruchbarkeiten bezüglich Durchknöpfen um 30 % gemindert werden.

**Tabelle 8.1 — Korrekturfaktor  $\alpha_L$  zur Berücksichtigung des Einflusses der Biegezugsspannungen im angeschlossenen Profilgurt**

Zugfestigkeit N/mm <sup>2</sup>	$\alpha_L$		
	Stützweite $L < 1,5$ m	Stützweite $1,5 \leq L \leq 4,5$ m	Stützweite $L > 4,5$ m
$< 215$	1	1	1
$\geq 215$	1	$1,25 - L/6$	0,5

ANMERKUNG An Endauflagern ohne Biegezugsspannungen und bei Verbindungen im Obergurt gilt immer  $\alpha_L = 1$ .

**Tabelle 8.2 — Korrekturfaktor  $\alpha_M$  zur Berücksichtigung des Werkstoffes der Dichtscheibe**

Werkstoff der Dichtscheibe	$\alpha_M$
Stahl, nichtrostender Stahl	1,0
Aluminium	0,8

**Tabelle 8.3 — Korrekturfaktor  $\alpha_E$  zur Berücksichtigung der Anordnung der Verbindungselemente**

Verbindung	Im an der Unterkonstruktion anliegenden Profilgurt				Im nicht an der Unterkonstruktion anliegenden Profilgurt	
$\alpha_E$	1,0	$b_u \leq 150:0,9$ $b_u > 150:0,7$	0,7	0,9	0,7 0,7	1,0 0,9

ANMERKUNG Die Kombination von Korrekturfaktoren ist nicht erforderlich. Es gilt jeweils der kleinste Wert.

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**

### 8.3.3.2 Beanspruchbarkeit bezüglich Ausreißen

(1) Die Beanspruchbarkeit bezüglich Ausreißen gewindeformender Schrauben und Bohrschrauben aus Stahl oder nichtrostendem Stahl aus Unterkonstruktionen aus Stahl oder Aluminium ergibt sich zu:

$$F_{o,Rd} = 0,95 f_{u,sup} \sqrt{t_{sup}^3 \cdot d} / \gamma_{M3} \quad (8.14)$$

Bedingungen:

- gewindeformende Schrauben oder Bohrschrauben aus Stahl oder nichtrostendem Stahl;
- Durchmesser der Schrauben  $6,25 \text{ mm} \leq d \leq 6,5 \text{ mm}$ ;
- bei Unterkonstruktionen aus Aluminium und  $t_{sup} > 6 \text{ mm}$  sollten Werte von  $f_{u,sup} > 250 \text{ N/mm}^2$  nicht angesetzt werden;
- bei Unterkonstruktionen aus Stahl und  $t_{sup} > 5 \text{ mm}$  sollten Werte von  $f_{u,sup} > 400 \text{ N/mm}^2$  nicht angesetzt werden;
- die Bohrlöcher sollten nach den Angaben des Schraubenherstellers ausgeführt werden.

(2) Bei Unterkonstruktionen aus Holz siehe EN 1995-1-1, Abschnitt 8.

### 8.3.3.3 Beanspruchbarkeit bezüglich Zugbruch

(1) Die Beanspruchbarkeit bezüglich Zugbruch von Schrauben aus Stahl oder nichtrostendem Stahl ergibt sich aus:

$$F_{t,Rd} = 560 A_s / \gamma_{M3} [\text{N}] \text{ mit } A_s \text{ in } \text{mm}^2 \quad (8.15)$$

## 9 Versuchsgestützte Bemessung

(1) Dieser Abschnitt 9 kann zur Anwendung der in EN 1990 aufgeführten Regeln zur versuchsgestützten Bemessung, ergänzt um Festlegungen für kaltgeformte Profiltafeln, verwendet werden.

(2) Zur Durchführung von Versuchen mit Profiltafeln sind in der Regel die in Anhang A angegebenen Regeln anzuwenden.

(3) Versuche zur Ermittlung der Zugfestigkeit von Aluminiumlegierungen sind in der Regel nach EN 10002-1 durchzuführen. Versuche zur Ermittlung anderer Materialeigenschaften von Aluminium sind in der Regel in Übereinstimmung mit den betreffenden Europäischen Normen durchzuführen.

(4) Versuche mit Verbindungselementen oder an Verbindungen sind in der Regel in Übereinstimmung mit den betreffenden Europäischen oder Internationalen Normen durchzuführen.

ANMERKUNG Bis zur Verfügbarkeit einer geeigneten Europäischen oder Internationalen Norm können weitere Informationen bezüglich Versuchen mit Verbindungselementen entnommen werden:

ECCS Publication No. 21 (1983): *European recommendations for steel construction: the design and testing of connections in steel sheeting and sections;*

ECCS Publication No. 42 (1983): *European recommendations for steel construction: mechanical fasteners for use in steel sheeting and sections.*

## **Anhang A (normativ)**

### **Versuchsaufbau und -durchführung**

#### **A.1 Allgemeines**

(1) Dieser Anhang A enthält Angaben über Standardversuche und deren Auswertungen für Prüfungen, die häufig in der Praxis zur Anwendung kommen und eine Grundlage für die Harmonisierung von zukünftigen Versuchen bilden.

ANMERKUNG 1 Im Bereich kaltgeformter Profiltafeln sind Standardprodukte, bei denen eine Bemessung durch Berechnung nicht zu wirtschaftlichen Ergebnissen führt, weit verbreitet. Daher ist es oft erwünscht, eine versuchsgestützte Bemessung durchzuführen.

ANMERKUNG 2 Der Nationale Anhang kann weitere Informationen zur Versuchsdurchführung **[AC]** und für die Auswertung der Versuchsergebnisse **[AC]** enthalten.

ANMERKUNG 3 Der Nationale Anhang kann Umrechnungsfaktoren für vorhandene Versuchsergebnisse enthalten, um die Gleichwertigkeit dieser Versuchsergebnisse zu den Ergebnissen von nach diesem Anhang durchgeföhrten Standardversuch sicherzustellen.

(2) Dieser Anhang beinhaltet:

- Versuche mit Profiltafeln, siehe A.2;
- Versuchsauswertung zur Ermittlung von Bemessungswerten, siehe A.3.

#### **A.2 Versuche mit Profiltafeln**

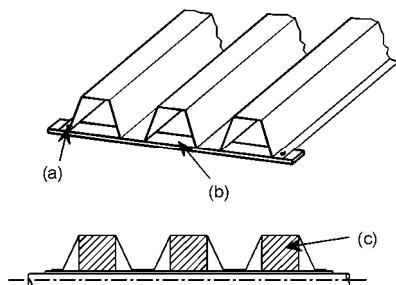
##### **A.2.1 Allgemeines**

(1) Um eine gleichmäßig verteilte Beanspruchung zu simulieren, kann die Belastung durch Luftsack, durch Unterdruck oder durch Querträger aus Metall oder Holz eingetragen werden.

(2) Um ein Auseinanderspreizen der Rippen zu verhindern, können Querbänder oder andere geeignete Hilfsmittel wie Holzklötze am Versuchskörper angebracht werden. Beispiele sind in Bild A.1 angegeben.

(3) Versuchskörper für Profiltafeln sollten im Regelfall aus mindestens zwei vollständigen Rippen bestehen. Ist die Steifigkeit der Rippen ausreichend groß, darf der Versuchskörper auch aus nur einer Rippe bestehen. Freie Längsränder müssen sich beim Versuch in der Zugzone befinden.

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**



**Legende**

- (a) Niet oder Schraube
- (b) Querband (Metallstreifen)
- (c) Holzklötze

**Bild A.1 — Beispiele für geeignete Stützkonstruktionen**

- (4) Bei Windsogversuchen muss der Versuchsaufbau das wirkliche Tragverhalten der Profiltäfeln wiedergeben. Die Verbindungen zwischen Profiltafel und Unterkonstruktion müssen die gleichen wie in der Praxis sein.
- (5) Um die Ergebnisse so allgemein gültig wie möglich zu machen und zur Vermeidung jeglichen Einflusses behinderter Verdrehbarkeit und Verschieblichkeit an den Auflagern, sind bevorzugt gelenkige und verschiebbliche Auflagerungen vorzusehen.
- (6) Es ist sicherzustellen, dass die Wirkungslinie der Last während der Versuchsdurchführung rechtwinklig zur anfänglichen Profiltafelebene bleibt.
- (7) Um Auflagerverformungen zu erfassen, sind die Verformungen an beiden Enden des Versuchskörpers zu messen.
- (8) Als Versuchsergebnis gilt der Maximalwert der auf den Versuchskörper aufgebrachten Last zum Zeitpunkt des Versagens oder unmittelbar vor dem Versagen.

### A.2.2 Einfeldträgerversuch

- (1) Für die Ermittlung der querkraftfreien Momentenbeanspruchbarkeit und der wirksamen Biegesteifigkeit kann der in Bild A.2 dargestellte Versuchsaufbau verwendet werden.
- (2) Die Stützweite ist in der Regel so zu wählen, dass die Versuchsergebnisse die Momentenbeanspruchbarkeit der Profiltafel wiedergeben.
- (3) Die Momentenbeanspruchbarkeit ist in der Regel aus den Versuchsergebnissen zu ermitteln.
- (4) Die Biegesteifigkeit ist in der Regel aus der Last-Verformungskurve zu ermitteln.

### A.2.3 Zweifeldträgerversuch

- (1) Für die Ermittlung der Beanspruchbarkeit bei gleichzeitiger Wirkung von Biegemoment und Querkraft bzw. von Biegemoment und Auflagerreaktion für eine gegebene Auflagerbreite am Zwischenauflager einer zwei- oder mehrfeldrig verlegten Profiltafel kann der in Bild A.3 dargestellte Versuchsaufbau verwendet werden.
- (2) Die Belastung sollte vorzugsweise gleichmäßig verteilt sein (zum Beispiel durch Verwendung eines Luftsackes oder mittels Unterdruck).

(3) Alternativ können mehrere, rechtwinklig zur Profilierung verlaufende Linienlasten zur Anwendung kommen, die angenähert Momenten- und Kraftverläufe einer gleichmäßig verteilten Belastung ergeben. Beispiele für derartige Belastungsanordnungen sind in Bild A.4 dargestellt.

#### **A.2.4 Ersatzträgerversuch**

(1) Als Alternative zu A.2.3 kann der in Bild A.5 dargestellte Versuchsaufbau für die Ermittlung der Beanspruchbarkeit bei gleichzeitiger Wirkung von Biegemoment und Querkraft bzw. von Biegemoment und Auflagerreaktion für eine gegebene Auflagerbreite am Zwischenauflager einer zweifeldrig verlegten Profiltafel verwendet werden.

(2) Die Spannweite  $s$  im Versuch, die den Abstand der Wendepunkte einer zweifeldrig mit der Stützweite  $L$  verlegten Profiltafel repräsentiert, ergibt sich aus:

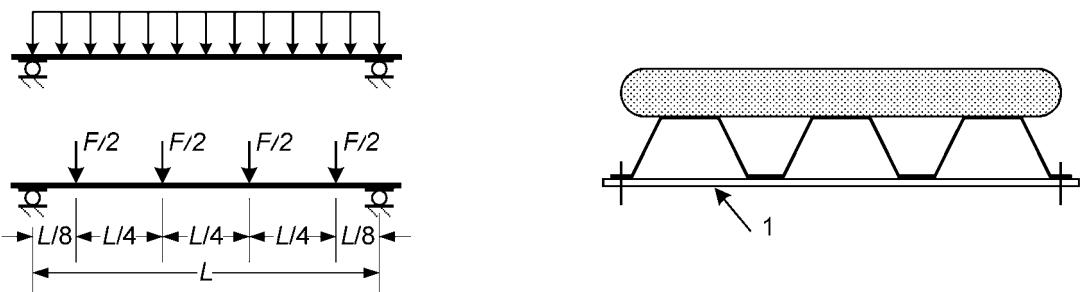
$$s = 0,4L \quad (\text{A.1})$$

(3) Ist eine plastische Umlagerung des Stützmomentes zu erwarten, so ist die Spannweite  $s$  im Versuch entsprechend dem Verhältnis aus Stützmoment und Querkraft zu verringern.

(4) Die Breite  $b_B$  des Lasteinleitungsträgers ist so zu wählen, dass diese der Breite des in der praktischen Anwendung vorgesehenen Auflagers entspricht.

(5) Aus jedem Versuchsergebnis ergibt sich eine Beanspruchbarkeit infolge kombinierter Beanspruchung aus Biegemoment und Auflagerreaktion (oder Querkraft) in Abhängigkeit der Spannweite und der Auflagerbreite. Um Informationen bezüglich der Interaktion von Biegemoment und Auflagerreaktion zu erhalten, sollten Versuche mit mehreren unterschiedlichen Spannweiten durchgeführt werden.

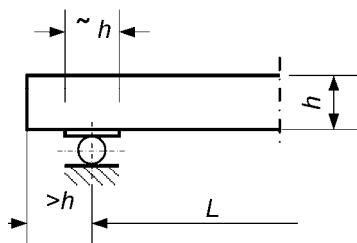
**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**



**Legende**

1 Querband

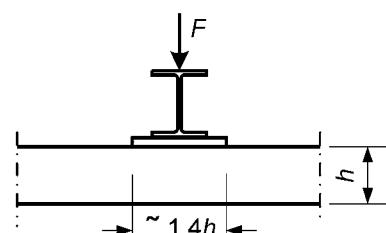
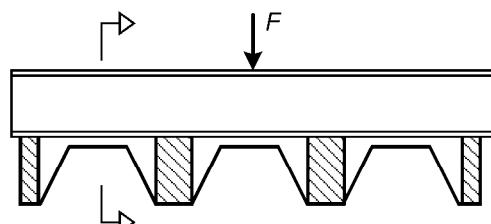
a) Gleichförmig verteilte Belastung und Beispiel für gleichwertige Linienlasten als Alternative



b) Durch Luftsack aufgebrachte verteilte Belastung (alternativ durch Vakuumprüfstand)

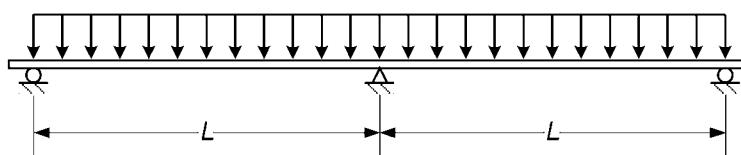


c) Beispiel für eine Auflagerausbildung zur Vermeidung örtlicher Verformungen

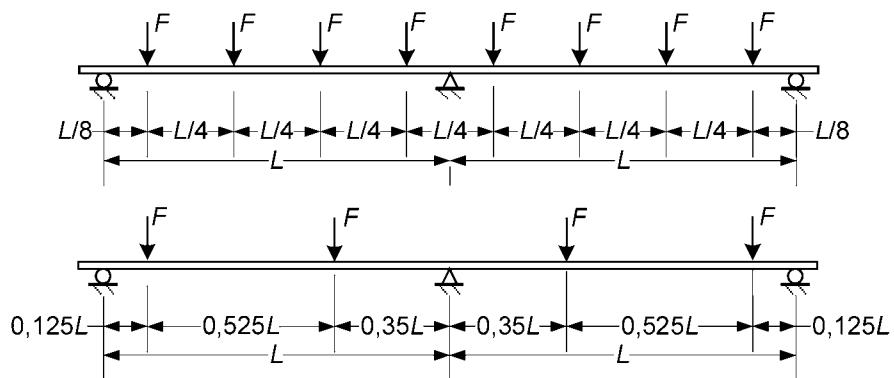


d) Beispiel für das Einleiten von Linienlasten

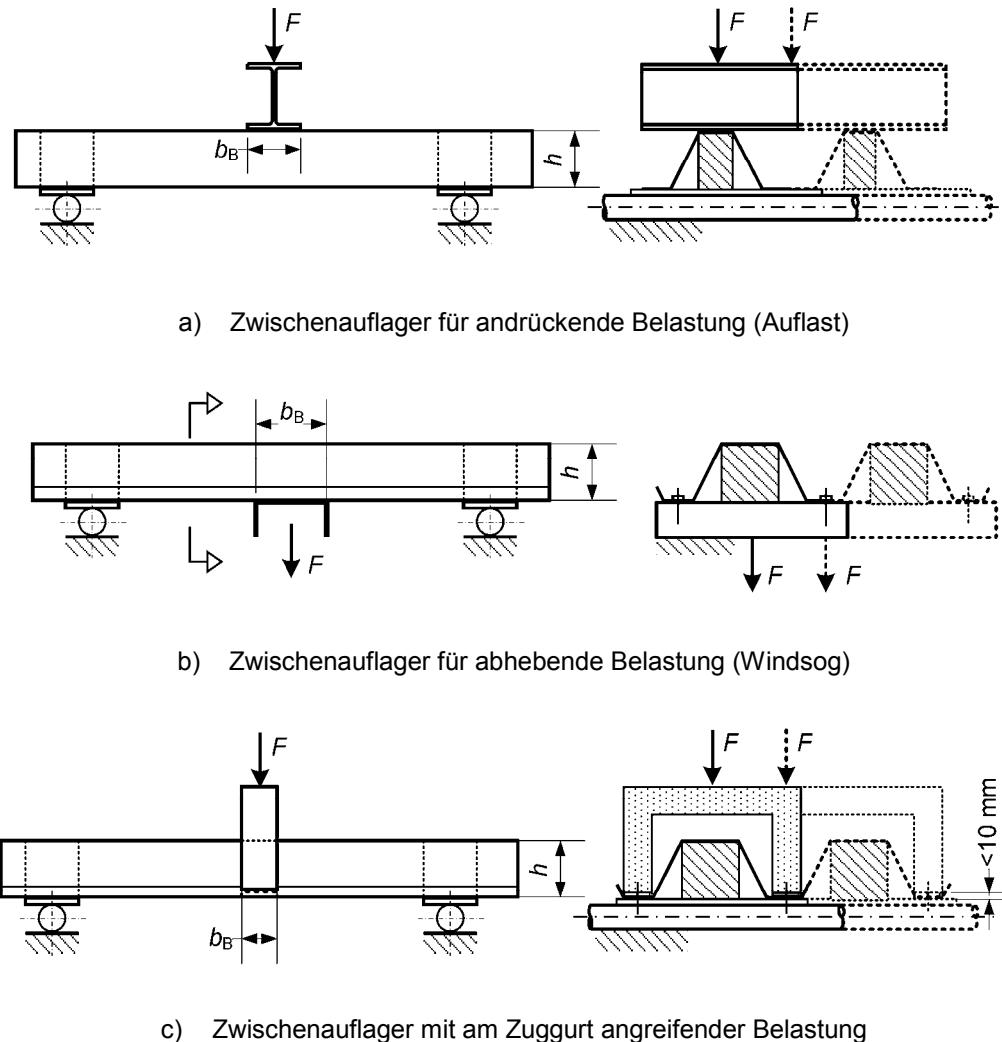
**Bild A.2 — Versuchsanordnung für Einfeldträgerversuche**



**Bild A.3 — Versuchsanordnung für Einfeldträgerversuche**

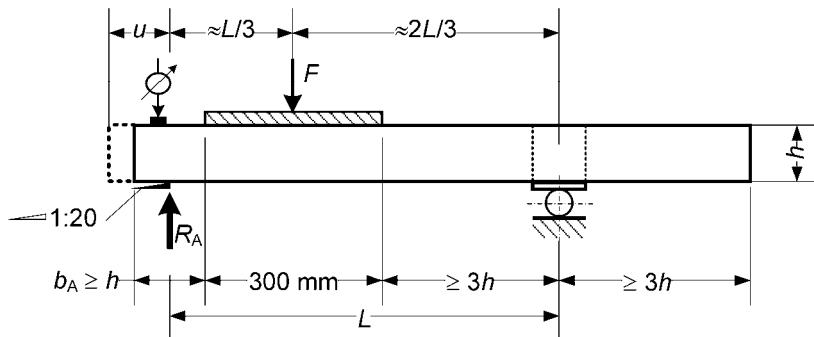


**Bild A.4 — Beispiele für geeignete Anordnungen bei alternativ gewählten Linienlasten**



**Bild A.5 — Versuchsanordnung für Ersatzträgerversuche**

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**



**Legende**

$b_A$  = Auflagerbreite

$u$  = Abstand vom inneren Auflagerrand zum Ende der Profiltafel

**Bild A.6 — Versuchsanordnung für Endauflagerversuche**

### A.2.5 Endauflagerversuche

- (1) Der in Bild A.6 dargestellte Versuchsaufbau kann zur Ermittlung der Beanspruchbarkeit einer Profiltafel am Endauflager verwendet werden.
- (2) Zur Ermittlung der Beanspruchbarkeit der Profiltafel bezüglich Querkraft in Abhängigkeit des Abstandes  $u$  vom inneren Auflagerungspunkt zum Ende der Profiltafel sollten getrennte Versuche nach Bild A.6 durchgeführt werden.

## A.3 Versuchsauswertung

### A.3.1 Allgemeines

- (1) Als Versagen eines Prüfkörpers wird angesehen, wenn entweder ein Lastmaximum erreicht wird oder die Verformungen vorgegebene Grenzwerte überschreiten.
- (2) Bei Versuchen mit Verbindungen oder anderen Komponenten, bei denen große Formänderungen für eine richtige Deutung des Tragverhaltens erforderlich sind — wie beispielsweise bei der Auswertung der Momenten-Rotationscharakteristik von Überlappungsstößen —, ist eine Begrenzung der Verformung während des Versuches nicht erforderlich.
- (3) Zwischen einem Versagen mit deutlichen Formänderungen und einem plötzlichen Versagen ohne erkennbare Verformungen sollte ein angemessener Sicherheitsspielraum bestehen. Da ein verformungloses Versagen bei Bauteilversuchen kaum vorkommt, sollten nötigenfalls ergänzende Detailversuche durchgeführt werden.

ANMERKUNG Dies ist häufig bei Verbindungen der Fall.

### A.3.2 Normierung der Versuchsergebnisse

- (1) Die Versuchsergebnisse sollten wegen der Unterschiede zwischen den tatsächlich gemessenen und den nominellen Kennwerten normiert werden.
- (2) Die am Versuchsmaterial ermittelte 0,2%-Dehngrenze  $f_{0,2,\text{obs}}$  sollte nicht mehr als  $\pm 25\%$  von der nominellen 0,2%-Dehngrenze  $f_{0,2}$  abweichen.

(3) Die am Versuchsmaterial gemessene Materialdicke  $t_{\text{obs}}$  sollte die für die Berechnung vorgesehene Dicke  $t$ , basierend auf der nominellen Materialdicke  $t_{\text{nom}}$ , um nicht mehr als 12 % überschreiten.

(4) Eine Normierung bezüglich der aktuell ermittelten Werte für die Materialdicke  $t_{\text{obs}}$  und der 0,2%-Dehngrenze  $f_{0,2,\text{obs}}$  ist in der Regel für alle Versuche durchzuführen — jedoch nicht, wenn sich die auf der Grundlage der Versuchsergebnisse abgeleiteten Bemessungsregeln auf die tatsächlich vorhandenen Werte für die Materialdicke  $t_{\text{obs}}$  und die 0,2%-Dehngrenze  $f_{0,2,\text{obs}}$  beziehen.

(5) Der normierte Wert  $R_{\text{adj},i}$  des Versuchsergebnisses  $i$  ergibt sich aus dem beobachteten Versuchsergebnis  $R_{\text{obs},i}$  wie folgt:

$$R_{\text{adj},i} = R_{\text{obs},i} / \mu_R \quad (\text{A.2})$$

worin der Normierungsfaktor für die Beanspruchbarkeit  $\mu_R$  wie folgt bestimmt wird:

$$\mu_R = \left( \frac{f_{0,2,\text{obs}}}{f_{0,2}} \right)^\alpha \left( \frac{t_{\text{obs}}}{t} \right)^\beta \quad (\text{A.3})$$

(6) Der Exponent  $\alpha$  in Formel (A.2) sollte wie folgt bestimmt werden:

- wenn  $f_{0,2,\text{obs}} \leq f_{0,2}$ :  $\alpha = 0$ ;
- wenn  $f_{0,2,\text{obs}} > f_{0,2}$ :  $\alpha = 1$ ;
- bei Profiltafeln, bei denen druckbeanspruchte Querschnittsteile derart große  $b_p / t$ -Werte haben, so dass örtliches Beulen die Versagensform ist:  $\alpha = 0,5$ .

(7) Der Exponent  $\beta$  in Formel (A.2) sollte wie folgt bestimmt werden:

- wenn  $t_{\text{obs}} \leq t$ :  $\beta = 1$ ;
- wenn  $t_{\text{obs}} > t$ :  $\beta = 2$ .

### A.3.3 Charakteristische Werte

#### A.3.3.1 Allgemeines

(1) Charakteristische Werte können ermittelt werden, wenn mindestens vier Versuchsergebnisse vorliegen.

**ANMERKUNG** Eine größere Anzahl von Versuchen ist generell vorzuziehen, insbesondere wenn eine verhältnismäßig große Streuung vorliegt.

(2) Der charakteristische Kleinstwert ist in der Regel unter den folgend beschriebenen Voraussetzungen zu ermitteln. Wenn der charakteristische Maximalwert oder der charakteristische Mittelwert benötigt wird, sollten die Regeln entsprechend beachtet werden.

(3) Der charakteristische Wert der Widerstandes  $R_k$  wird auf der Grundlage von mindestens vier Versuchsergebnissen wie folgt ermittelt:

$$R_k = R_m - k s \quad (\text{A.4})$$

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**

Dabei ist

- $s$  die Standardabweichung;
- $k$  ein von der Anzahl der Versuche abhängiger Koeffizient nach Tabelle A.1;
- $R_m$  der Mittelwert der normierten Versuchsergebnisse  $R_{adj}$ .

(4) Die Standardabweichung  $s$  wird wie folgt bestimmt:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n R_{adj,i}^2 - \sum_{i=1}^n R_m^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n R_{adj,i}^2 - n \cdot R_m^2}{n-1}} \quad (\text{A.5})$$

Dabei ist

- $R_{adj,i}$  das normierte Versuchsergebnis des Versuches  $i$ ;
- $n$  die Anzahl der Versuche.

**Tabelle A.1 — Werte für den Koeffizienten  $k$**

$n$	4	5	6	8	10	20	30	$\infty$
$k$	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

### A.3.3.2 Charakteristische Werte für eine Versuchsfamilie

(1) Wird eine Versuchsserie mit ähnlichen Tragwerken, Teilen von Tragwerken, einzelnen Bauteilen oder Profiltafeln durchgeführt, bei denen ein oder mehrere Parameter variiert werden, so dürfen sie als eine einzige Familie betrachtet werden, vorausgesetzt, dass alle Prüfkörper der Familie die gleiche Versagensart aufweisen. Die variierenden Parameter können Querschnittsabmessungen, Spannweiten, Blechdicken oder Festigkeitswerte sein.

(2) Die charakteristischen Beanspruchbarkeiten der Mitglieder der Familie können auf der Grundlage von Bemessungsformeln ermittelt werden, welche die Parameter der Versuchsergebnisse beinhalten. Diese Bemessungsformel können entweder auf der Grundlage der mechanischen Gesetzmäßigkeiten beruhen oder empirisch bestimmt werden.

(3) Die Bemessungsformeln sollten den Mittelwert des im Versuch ermittelten Widerstandes so genau wie möglich vorhersagen, indem sie Koeffizienten zur Optimierung der Korrelation enthalten.

ANMERKUNG Weitere Informationen zu dieser Vorgehensweise sind in Anhang D von EN 1990 gegeben.

(4) Bei der Bestimmung der Standardabweichung  $s$  wird jedes Versuchsergebnis zunächst durch Division mit dem entsprechenden Wert der betreffenden Bemessungsformel normalisiert. Wenn die Bemessungsformel wie in (3) angegeben modifiziert wurde, ist der Mittelwert der normalisierten Versuchsergebnisse gleich eins. Die Anzahl der Versuche  $n$  ist gleich der Gesamtanzahl der Versuche in der Familie.

(5) Bei einer Familie von mindestens vier Versuchen ergibt sich der charakteristische Widerstand  $R_k$  aus Formel (A.3), indem für  $R_m$  der Wert der Bemessungsformel eingesetzt wird und der Wert  $k$  aus Tabelle A.1 und entsprechend der Gesamtanzahl  $n$  der Versuche der Familie entnommen wird.

### **A.3.4 Bemessungswerte**

(1) Der Bemessungswert der Beanspruchbarkeit  $R_d$  wird aus dem entsprechenden charakteristischen Wert  $R_k$  der Versuchsergebnisse wie folgt abgeleitet:

$$R_d = R_k / (\gamma_M \gamma_{sys}) \quad (\text{A.6})$$

Dabei ist

$\gamma_M$  der Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand;

$\gamma_{sys}$  der Teilsicherheitsbeiwert für Unterschiede im Tragverhalten unter Versuchsbedingungen und in der praktischen Anwendung.

(2) Bei einer Familie mit mindestens vier Versuchen kann der Wert  $\gamma_M$  mit statistischen Methoden bestimmt werden.

ANMERKUNG Informationen über eine geeignete Methode siehe Anhang D von EN 1990.

(3) Alternativ kann  $\gamma_M$  dem Wert von  $\gamma_M$  bei Bemessung auf Grundlage von Berechnungen, wie in Abschnitt 2 angegeben, gleichgesetzt werden.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann Werte für  $\gamma_M$  und  $\gamma_{sys}$  enthalten. Bei Profiltafeln ist  $\gamma_{sys}$  gleich 1,0 ein empfohlener Wert.

(4) Bei andersgearteten Versuchen, bei denen mögliche Instabilitätsprobleme oder wechselndes Verhalten des Tragwerkes oder einzelner Tragwerksteile nicht zuverlässig im Versuch beobachtet werden können, ist in der Regel der Wert von  $\gamma_{sys}$  unter Berücksichtigung der aktuellen Versuchssituation festzulegen, um die notwendige Zuverlässigkeit zu gewährleisten.

### **A.3.5 Gebrauchstauglichkeit**

(1) Die Anforderungen nach Abschnitt 7 sollten erfüllt werden.

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**

**Anhang B**  
(informativ)

**Dauerhaftigkeit von Verbindungselementen**

(1) Für mechanische Verbindungen von Profiltafeln kann Tabelle B.1 angewendet werden.

**Tabelle B.1 — Werkstoffe der Verbindungselemente hinsichtlich der Umgebungsbedingungen bezüglich Korrosion (und der Profiltafeln nur zur Information). Es ist nur die Gefährdung bezüglich Korrosion. Umgebungsbedingungen bezüglich Korrosion nach EN ISO 12944-2**

Korrosivitäts-kategorie	Werkstoff der Profiltafel	Werkstoff des Verbindungselementes					
		Aluminium	galvanisch verzinkter Stahl. Dicke des Überzugs $\geq 7 \mu\text{m}$	feuerverzinkter Stahl <sup>b</sup> Dicke des Überzugs $\geq 45 \mu\text{m}$	Nichtrostender Stahl, einsatzgehärtet 1.4006 <sup>d, e</sup>	Nichtrostender Stahl, 1.4301 <sup>d</sup> 1.4436 <sup>d</sup>	Monel <sup>a</sup>
C1	A, B, C	X	X	X	X	X	X
	D, E, S	X	X	X	X	X	X
C2	A	X	—	X	X	X	X
	C, D, E	X	—	X	X	X	X
	S	X	—	X	X	X	X
C3	A	X	—	X	—	X	X
	C, E	X	—	X	(X) <sup>c</sup>	(X) <sup>c</sup>	—
	D	X	—	X	—	(X) <sup>c</sup>	X
C4	S	—	—	X	X	X	X
	A	X	—	(X) <sup>c</sup>	—	(X) <sup>c</sup>	—
	D	—	—	X	—	(X) <sup>c</sup>	—
C5-I	E	X	—	X	—	(X) <sup>c</sup>	—
	S	—	—	X	—	X	X
	A	X	—	—	—	(X) <sup>c</sup>	—
C5-M	D <sup>f</sup>	—	—	X	—	(X) <sup>c</sup>	—
	S	—	—	—	—	X	—
	A	X	—	—	—	(X) <sup>c</sup>	—
	D <sup>f</sup>	—	—	X	—	(X) <sup>c</sup>	—
	S	—	—	—	—	X	—
ANMERKUNG Verbindungselemente aus Stahl ohne Überzug können in Korrosivitätskategorie C1 eingesetzt werden.							
A = Aluminium, unabhängig von der Oberflächenbehandlung							
B = unbeschichtetes Stahlblech							
C = feuerverzinktes (Z275) oder Aluzink- beschichtetes Stahlblech (AZ150)							
D = feuerverzinktes und farb- oder kunststoffbeschichtetes Stahlblech							
E = Aluzink-beschichtetes Stahlblech (AZ185)							
S = nichtrostender Stahl							
X = bezüglich Korrosionsbeständigkeit empfohlener Werkstoff							
(X) = nur unter bestimmten Bedingungen bezüglich Korrosionsbeständigkeit empfohlener Werkstoff							
— = bezüglich Korrosionsbeständigkeit nicht empfohlener Werkstoff							
<sup>a</sup> nur für Niete							
<sup>b</sup> nur für Schrauben und Muttern							
<sup>c</sup> Dichtscheibe mit alterungsbeständigem Material zwischen Profiltafel und Verbindungselement							
<sup>d</sup> Nichtrostender Stahl EN 10088							
<sup>e</sup> Gefahr der Verfärbung							
<sup>f</sup> nur in Absprache mit dem Profiltafelhersteller							

(2) Die Korrosivitätskategorien nach EN ISO 12944-2 sind in Tabelle B.2 wiedergegeben.

**Tabelle B.2 — Atmosphärische Korrosivitätskategorien nach EN ISO 12944-2 und Beispiele typischer Umgebungen**

Korrosivitäts-kategorie	Korrosions-grad	Beispiele typischer Umgebungsklima (informativ)	
		Außen	Innen
C1	sehr gering	—	Beheizte Gebäude mit normaler Atmosphäre, z. B. Büros, Geschäfte, Schulen, Hotels.
C2	gering	Atmosphäre mit geringem Verschmutzungsgrad. Ländliche Gegend.	Unbeheizte Gebäude, in denen Kondenswasser auftreten kann, z. B. Lager- und Sporthallen.
C3	mittel	Städtische und Industriearmosphäre, mäßige Schwefeldioxid-Belastung. Küstengegend mit geringem Salzgehalt.	Produktionsstätten mit hoher Luftfeuchtigkeit und geringer Luftverschmutzung, z. B. Lebensmittelherstellung, Fabriken, Wäschereien, Brauereien und Molkereien.
C4	hoch	Industrie- und Küstengegend mit mäßigem Salzgehalt.	Chemische Industrie, Schwimmbäder, küstennahe Schiffs- und Bootshallen.
C5-I	sehr hoch (Industrie)	Industriegergen mit hoher Luftfeuchtigkeit und aggressiver Atmosphäre.	Gebäude und Örtlichkeiten mit fast ständigem Auftreten von Kondenswasser und hoher Luftverschmutzung.
C5-M	sehr hoch (Seeklima)	Küstengegend und offenes Meer mit hohem Salzgehalt.	Gebäude und Örtlichkeiten mit fast ständigem Auftreten von Kondenswasser und hoher Luftverschmutzung.

**DIN EN 1999-1-4:2010-05  
EN 1999-1-4:2007 + AC:2009 (D)**

## **Literaturhinweise**

- [1] Weber, H.: Dach und Wand — Planen und Bauen mit Aluminium-Profiltafeln; Aluminium-Verlag-Düsseldorf 1982 (in Deutsch)
- [2] Richtlinie für die Verlegung von Aluminium-Profiltafeln; Aluminium-Merkblatt A7; Gesamtverband der Aluminiumindustrie, Düsseldorf 1995 (in Deutsch)
- [3] Verbindungen von Profiltafeln und dünnwandigen Bauteilen aus Aluminium; Aluminium-Merkblatt A9; Gesamtverband der Aluminiumindustrie, Düsseldorf 1995 (in Deutsch)
- [4] SFHF-Richtlinien für hinterlüftete Fassaden — Grundsätze für Planung, Bemessung, Konstruktion und Ausführung; Schweizerischer Fachverband für hinterlüftete Fassaden; Zürich 1992 (in Deutsch und Französisch)
- [5] Directives APSFV pour façades ventilées; Principes et remarques pour l'étude, le dimensionnement, la construction et l'exécution; Association professionnelle suisse pour des façades ventilées (in Französisch und deutsch)
- [6] Aluminium-Trapezprofile und ihre Verbindungen — Kommentar zur Anwendung und Konstruktion. Gesamtverband der Aluminiumindustrie e. V. Am Bonneshof 5, D-40474 Düsseldorf (in Deutsch)
- [7] Baehre, R., Wolfram, R.: Zur Schubfeldberechnung von Trapezprofilen, Stahlbau **6**/1986, S. 175–179
- [8] Baehre, R., Huck, G.: Zur Berechnung der aufnehmbaren Normalkraft von Stahl-Trapezprofilen nach DIN 18807 Teile 1 und 3, Stahlbau **69** (1990), Heft 8, S. 225–232

**DIN EN 1999-1-4/A1**

**DIN**

ICS 91.010.30; 91.080.10

Änderung von  
DIN EN 1999-1-4:2010-05

**Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken –  
Teil 1-4: Kaltgeformte Profiltafeln;  
Deutsche Fassung EN 1999-1-4:2007/A1:2011**

Eurocode 9: Design of aluminium structures –  
Part 1-4: Cold-formed structural sheeting;  
German version EN 1999-1-4:2007/A1:2011

Eurocode 9: Calcul des structures en aluminium –  
Partie 1-4: Tôles de structure formées à froid;  
Version allemande EN 1999-1-4:2007/A1:2011

Gesamtumfang 6 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

## DIN EN 1999-1-4/A1:2011-11

### Nationales Vorwort

Das Dokument EN 1999-1-4:2007/A1:2010 wurde im Komitee CEN/TC 250/SC 9 „Eurocode 9 — Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken“ (Sekretariat: BSI, Vereinigtes Königreich) unter deutscher Mitwirkung erarbeitet.

Im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. war hierfür der Arbeitsausschuss NA 005-08-07 AA „Aluminiumkonstruktionen (SpA zu CEN/TC 250/SC 9 + CEN/TC 135/WG 11)“ des Normenausschusses Bauwesen (NABau) zuständig.

EUROPÄISCHE NORM  
EUROPEAN STANDARD  
NORME EUROPÉENNE

EN 1999-1-4:2007/A1

August 2011

ICS 91.010.30; 91.080.10

Deutsche Fassung

Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von  
Aluminiumtragwerken —  
Teil 1-4: Kaltgeformte Profiltafeln

Eurocode 9: Design of aluminium structures —  
Part 1-4: Cold-formed structural sheeting

Eurocode 9 —  
Calcul des structures en aluminium —  
Partie 1-4: Tôles de structure formées à froid

Diese Änderung A1 modifiziert die Europäische Norm EN 1999-1-4:2007. Sie wurde vom CEN am 8. April 2011 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen diese Änderung in der betreffenden nationalen Norm, ohne jede Änderung, einzufügen ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN-CENELEC oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Änderung besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum des CEN-CENELEC mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG  
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION  
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

**DIN EN 1999-1-4/A1:2011-11  
EN 1999-1-4:2007/A1:2011 (D)**

<b>Inhalt</b>	<b>Seite</b>
<b>Vorwort .....</b>	<b>3</b>
<b>1 Änderung in Tabelle 3.1 .....</b>	<b>4</b>

## **Vorwort**

Dieses Dokument (EN 1999-1-4:2007/A1:2011) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Änderung zur Europäischen Norm EN 1999-1-4:2007 muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis August 2012, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Februar 2012 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

**DIN EN 1999-1-4/A1:2011-11  
EN 1999-1-4:2007/A1:2011 (D)**

## 1 Änderung in Tabelle 3.1

In der 2. Spalte, 9. Zeile, ist „AlMg2“ durch „AlMg2Mn0,3“ zu ersetzen.

Nach der 9. Zeile ist eine neue Zeile mit den Eigenschaften der Legierung „6025-7072 alclad<sup>6)</sup>“ aufzunehmen, wie nachstehend dargestellt:

6025-7072 alclad <sup>6)</sup>	AlMg2,5SiMnCu- AlZn1 alclad <sup>6)</sup>	A	H34	5	210	165	2-3
			H36	5	220	185	2-4

In Tabelle 3.1 ist die folgende Fußnote 6 aufzunehmen:

- 6) EN AW-6025-7072 alclad (EN AW-AlMg2,5SiMnCu-AlZn1 alclad) ist ein Verbundmaterial aus dem Kernwerkstoff EN AW-6025 und einer beidseitigen Plattierung aus EN AW-7072. Aus Gründen der Dauerhaftigkeit sollte die Plattierung auf beiden Seiten eine Dicke von mindestens 4 % der Gesamtdicke des Materials besitzen. Übersteigt die Dicke der Plattierung 5 % der Gesamtdicke, sollte dies in den statischen Berechnungen berücksichtigt werden, d.h. nur die Dicke des Kerns der Verbundtafel sollte berücksichtigt werden. Aus diesem Grund sollten die Mindestdicke der Plattierung von 4 % und die Mindestdicke des Kerns in den Ausführungsunterlagen festgelegt werden, damit der Hersteller die entsprechenden Konstruktionsmaterialien mit dem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 beschaffen kann.

**DIN EN 1999-1-4/NA**

**DIN**

ICS 91.010.30; 91.080.10

Teilweiser Ersatz für  
DIN 18807-6:1995-09,  
DIN 18807-7:1995-09 und  
DIN 18807-8:1995-09

**Nationaler Anhang –  
National festgelegte Parameter –  
Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken –  
Teil 1-4: Kaltgeformte Profiltafeln**

National Annex –  
Nationally determined parameters –  
Eurocode 9: Design of aluminium structures –  
Part 1-4: Supplementary rules for trapezoidal sheeting

Annexe national –  
Paramètres déterminés au plan national –  
Eurocode 9: Calcul des structures en aluminium –  
Partie 1-4: Les structures à plaques formés à froid

Gesamtumfang 4 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

## DIN EN 1999-1-4/NA:2010-12

### Vorwort

Dieses Dokument wurde vom NA 005-08-07 AA „Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Belastung (DIN 4113, Sp CEN/TC 250/SC 9 + CEN/TC 135/WG 11)“ erstellt.

Dieses Dokument bildet den Nationalen Anhang zu DIN EN 1999-1-4:2010-05, *Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-4: Kaltgeformte Profiltafeln*.

Die Europäische Norm EN 1999-1-4 räumt die Möglichkeit ein, eine Reihe von sicherheitsrelevanten Parametern national festzulegen. Diese national festzulegenden Parameter (en: *Nationally determined parameters*, NDP) umfassen alternative Nachweisverfahren und Angaben einzelner Werte, sowie die Wahl von Klassen aus gegebenen Klassifizierungssystemen. Die entsprechenden Textstellen sind in der Europäischen Norm durch Hinweise auf die Möglichkeit nationaler Festlegungen gekennzeichnet. Eine Liste dieser Textstellen befindet sich im Unterabschnitt NA 2.1.

Dieser Nationale Anhang ist Bestandteil von DIN EN 1999-1-4:2010-05.

DIN EN 1999-1-4:2010-05 und dieser Nationale Anhang DIN EN 1999-1-4/NA:2010-12 ersetzen nicht vollständig DIN 18807-6:1995-09, DIN 18807-7:1995-09 und DIN 18807-8:1995-09.

### Änderungen

Gegenüber DIN 18807-6:1995-09, DIN 18807-7:1995-09 und DIN 18807-8:1995-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Bemessung umgestellt auf europäische Regelungen;
- Einführung des semiprobabilistischen Teilsicherheitskonzeptes.

### Frühere Ausgaben

DIN 18807-6: 1995-09  
DIN 18807-7: 1995-09  
DIN 18807-8: 1995-09

## **NA 1 Anwendungsbereich**

Dieser Nationale Anhang enthält nationale Festlegungen für die Bemessung kaltgeformter Profiltafeln, die bei der Anwendung von DIN EN 1999-1-4:2010-05 in Deutschland zu berücksichtigen sind.

Dieser Nationale Anhang gilt nur in Verbindung mit DIN EN 1999-1-4:2010-05.

## **NA 2 Nationale Festlegungen zur Anwendung von DIN EN 1999-1-4:2010-05**

### **NA 2.1 Allgemeines**

DIN EN 1999-1-4:2010-05 weist an den folgenden Textstellen die Möglichkeit nationaler Festlegungen aus (NDP, en: *Nationally determined parameters*).

- 2(3)
- 2(4)
- 2(5)
- 3.1(3)
- 7.3(3)
- A.1(1)
- A.3.4(3)

### **NA 2.2 Nationale Festlegungen**

Die nachfolgende Nummerierung entspricht der Nummerierung von DIN EN 1999-1-4:2010-05.

#### **NDP zu 2(3) Anmerkung**

Es gelten die Empfehlungen für  $\gamma_{M1}$ ,  $\gamma_{M2}$  und  $\gamma_{M3}$ .

#### **NDP zu 2(4) Anmerkung**

Es gelten die Empfehlungen für  $\gamma_{M,ser}$ .

#### **NDP zu 2(5) Anmerkung 1**

Es werden keine Festlegungen getroffen.

#### **NDP zu 3.1(3) Anmerkung**

Es sind nur die in Tabelle 3.1 genannten Aluminiumlegierungen zulässig.

#### **NDP zu 7.3(3) Anmerkung**

Es werden keine Festlegungen getroffen.

## DIN EN 1999-1-4/NA:2010-12

### **NDP zu A.1(1) Anmerkung 2**

Die in DIN EN 1999-1-4:2010-05, A.2 beschriebene Versuchsdurchführung gilt nur für Trapezprofile und Well-profile. Für die Versuchsdurchführung und Versuchsauswertung ist zusätzlich DIN 18807-7:1995-09 zu berücksichtigen.

Die Verwendung von Versuchsergebnissen nach Anhang A bedarf eines entsprechenden bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweises.

### **NDP zu A.1(1) Anmerkung 3**

Es werden keine Festlegungen getroffen.

### **NDP zu A.3.4(3) Anmerkung**

Die  $\gamma_M$ - und  $\gamma_{sys}$ -Werte sind im bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweis festzulegen.