



WP Nr.: 3
WP Titel: E-Lectures
Deliverable Nr.: 3.1 (4)
Titel: Trapezprofilstöße
Datum: 31. März 2018

<p>Das GRISPE PLUS Projekt wurde vom Forschungsfonds der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl (RFCS) im Rahmen der Förderungsvereinbarung Nr. 754092 unterstützt</p>		
Autor(en)		
<i>Thibault RENAUX, JORIS IDE</i>		
Zeichnungshistorie		
<i>FINALE FASSUNG – Datum: 30. März 2018</i>		
<i>ENDFASSUNG – Datum: 28. März 2018</i>		
Verbreitungsgrad		
<i>PU</i>	<i>öffentlich</i>	X
<i>PP</i>	<i>Beschränkt auf die Kommissionsdienststellen, die Technischen Gruppen Kohle und Stahl und das Europäische Komitee für Normung (CEN).</i>	
<i>RE</i>	<i>Beschränkt auf eine von den Begünstigten angegebene Gruppe</i>	
<i>CO</i>	<i>Vertraulich, nur für Begünstigte (einschließlich der Kommissionsdienststellen)</i>	



Bemessungsregeln für Trapezprofilstöße

FINALE VERSION

Disclaimer notice and EU acknowledgement of support Disclaimer notice

By making use of any information or content in this manual you agree to the following:

No warranties

All the information or content provided in this manual is provided "as is" and with no warranties. No express or implies warranties of any type, including for example implied warranties of merchantability or fitness for a particular purpose, are made with respect to the information or content, or any use of the information or content in this manual.

The authors make no representations or extend no warranties of any type as to the completeness, accuracy, reliability, suitability or timeliness of any information or content in this manual.

Disclaimer of liability

This manual is for informational purposes only. It is your responsibility to independently determine whether to perform, use or adopt any of the information or content in this manual.

The authors specifically disclaim liability for incidental or consequential damages and assume no responsibility or liability for any loss or damage suffered by any person as a result of the use or misuse of any of the information or content in this manual.

The authors will not be liable to you for any loss or damage including without limitation direct, indirect, special or consequential loss or damage, or any loss or damage whatsoever arising from loss of data or loss of business, production, revenue, income, profits, commercial opportunities, reputation or goodwill, arising out of, or in connection with, the use of the information or content in this manual.

The authors do not represent, warrant, undertake or guarantee that the use of the information or content in this manual will lead to any particular outcome or results.

Reasonableness

By using this manual, you agree that the exclusions and limitations of liability set out in this disclaimer are reasonable. If you do not think they are reasonable, you must not use this manual.

Severability

If any part of this disclaimer is declared unenforceable or invalid, the remainder will continue to be valid and enforceable.

"The information and views set out in this report, article, guide, etc. (select the correct word) are those of the author(s) and do not necessarily reflect the official opinion of the European Union. Neither the European Union and bodies nor any person acting on their behalf may be held responsible for the use which may be made of the information or views contained therein"

EU acknowledgement of support

The GRISPE project has received financial support from the European Community's Research Fund for Coal and Steel (RFCS) under grant agreement n° 75 4092.

ZUSAMMENFASSUNG

Ziel dieses Entwurfs ist es, eine neue Berechnungsmethode für Trapezprofilstöße, wie sie im europäischen Projekt GRISPE PLUS entwickelt wurde, vorzustellen.

Der Entwurf basiert auf den Grundsätzen des Eurocodes im Allgemeinen und den Eurocodes EN 1993-1-3 und EN 1993-1-5 im Speziellen.

Diese neue Berechnungsmethode basiert auf Versuchen, die im Rahmen des europäischen Projekts GRISPE (2013-2016) durchgeführt wurden.

Der Hintergrund der Methode kann in GRISPEs Projekt D2.1 nachgelesen werden.

In Kapitel 1 werden die Art der Profile, der Stand der Technik, die wichtigsten Forschungsergebnisse von GRISPE sowie die allgemeinen Gestaltungsanforderungen und -regeln beschrieben;

In Kapitel 2 werden die Vorüberlegungen, die während der Vorentwurfsphase zu berücksichtigen sind, und insbesondere die Überprüfung des Anwendungsbereichs der neuen Entwurfsmethode beschrieben;

In Kapitel 3 sind die zu beachtenden technologischen Anforderungen einschließlich Tragrahmen, Profileigenschaften und Baugruppen aufgeführt;

In Kapitel 4 werden die Materialeigenschaften der Profile aufgelistet;

In Kapitel 5 werden die Festlegung von Aktionen und Kombinationen spezifiziert;

In Kapitel 6 wird die Grundlage des Entwurfs vorgegeben;

In Kapitel 7 werden die spezifischen, nicht im Handbuch behandelten, Designaspekte aufgelistet.

In Kapitel 8 werden detailliert die neue Entwurfsmethode (Prinzipien, Anwendungsbereich und Beschreibung der Anwendung der neuen Formeln) erläutert.

Ein Literaturverzeichnis und der Änderungsvorschlag zu EN 1993-1-3 sind enthalten.

VORWORT

Diese Bemessungsregeln wurden mit Unterstützung der RFCS-Förderung Nr. 754092 erstellt.

Diese neue Bemessungsmethode wurde in der Evolutionsgruppe der EN 1993-1-3 in den Jahren 2016-2017 vorgestellt und wird für die Aufnahme in die Eurocodes in Betracht gezogen.

Diese Bemessungsregeln wurde von Thibaut RENAUX verfasst und in einer GRISPE PLUS Arbeitsgruppe diskutiert, die sich aus folgenden Mitgliedern zusammensetzt:

Mickaël BLANC	Frankreich
Silvia CAPRILI	Italien
David IZABEL	Frankreich
Markus KUHNENNE	Deutschland
Anna PALISSON	Frankreich
Valérie PRUDOR	Frankreich
Irene PUNCELLO	Italien
Dominik PYSCHNY	Deutschland
Thibaut RENAUX	Frankreich
Daniel SPAGNI	Frankreich

Zu den korrespondierenden Mitgliedern zählt:

Léopold SOKOL	Frankreich
---------------	------------

ABBILDUNGEN

Die Abbildungen stammen aus folgenden Quellen:

Abbildung 1.1	JORIS IDE
Abbildung 1.2.1	KIT / JORIS IDE
Abbildung 1.2.2	Kopie aus DIN 18807-3
Abbildung 1.2.3	Kopie aus DIN 18807-3
Abbildung 1.2.4	Kopie aus DIN 18807-3
Abbildung 1.3.1	JORIS IDE
Abbildung 1.3.2	KIT
Abbildung 1.3.3	KIT
Abbildung 1.3.4	KIT
Abbildung 2.3	Kopie aus EN 1993-1-3
Abbildung 6.2.1	KIT / JORIS IDE
Abbildung 6.2.2	Kopie aus DIN 18807-3
Abbildung 6.3.1	Kopie aus DIN 18807-3
Abbildung 6.3.2	Kopie aus DIN 18807-3
Abbildung 6.3.3	KIT / IFL
Abbildung 6.3.4	KIT / IFL
Abbildung 8.2	JORIS IDE
Abbildung 8.5.2a	KIT / JORIS IDE
Abbildung 8.5.2b	KIT / JORIS IDE
Abbildung 8.6.2a	JORIS IDE
Abbildung 8.6.2b	JORIS IDE
Tabelle 8.6.2a	JORIS IDE
Tabelle 8.6.2b	JORIS IDE
Abbildung 8.6.3a	JORIS IDE

Bemessungsregeln für Trapezprofilstöße

Abbildung 8.6.3b

JORIS IDE

Abbildung 8.6.3c

JORIS IDE

Abbildung 8.6.3d

JORIS IDE

Tabelle 8.6.3a

JORIS IDE

Tabelle 8.6.3b

JORIS IDE

INHALTSVERZEICHNIS

UMFANG DER VERÖFFENTLICHUNG	10
BEZEICHNUNG	10
1. EINLEITUNG	11
1.1. Art der Profilbleche	11
1.2. Stand der Technik	11
1.3. Zentrale Ergebnisse von GRISPE	13
1.4. Allgemeine Bemessungsanforderungen und -regeln	15
2. VORBEMESSUNG	15
2.1. Anwendungsbereich des neuen Bemessungsverfahrens	15
2.2. Minimale technische Anforderungen der Konstruktion	15
2.3. Minimale technische Anforderungen der Profilbleche	16
2.3.1. Profilformen	16
2.3.2. Querschnittsabmessungen	16
2.4. Minimale technische Anforderungen an die Profilstöße	17
3. TECHNISCHE GRUNDLAGEN	17
3.1. Stützen	17
3.2. und CE-Kennzeichnung	17
4. MATERIALEIGENSCHAFTEN	17
4.1. Stahlblech	17
4.2. Verbindungsmittel	17
4.3. Teilsicherheitsbeiwerte	17
5. EINWIRKUNGEN UND LASTFALLKOMBINATIONEN	17
6. BEMESSUNGSGRUNDLAGE	17
6.1. Grundlagen	17
6.2. Anwendungsbereich des neuen Bemessungsverfahrens	17
6.3. Bemessungsverfahren	19
6.3.1. Trapezprofilstöße mit Auskragung oben	19
6.3.2. Trapezprofilstöße mit Auskragung unten	20
6.3.3. Trapezprofilstöße mit doppelter Überlappung	21
6.3.4. Profil mit lokaler Verstärkung	23
7. BESONDERE BEMESSUNGSBETRACHTUNGEN	25
8. BEMESSUNGSBEISPIEL	25
8.1. Beschreibung des Tragrahmens und der Lastannahmen	25
8.1.1. Informationen für Gebäude 1	25

Bemessungsregeln für Trapezprofilstöße

8.1.2.	Belastungsannahme für Gebäude 1	25
8.1.3.	Informationen für Gebäude 2.....	26
8.1.4.	Belastungsannahme für Gebäude 2	27
8.2.	Beschreibung der Trapezbleche	27
8.3.	Beschreibung der Verbindungsmittel und Profilstöße	28
8.4.	Überprüfung der Profilstöße für Gebäude 1	28
8.4.1.	Belastung	28
8.4.2.	Stahlbleche montiert mit einfacher Überlappung oben	29
8.4.3.	Stahlbleche montiert mit einfacher Überlappung unten	29
8.5.	Überprüfung der Profilstöße für Gebäude 2	30
8.5.1.	Stahlprofilblech.....	30
8.5.2.	Belastung	31
8.5.3.	Trapezprofilstöße mit Doppelüberlappung	32
8.5.4.	Durchgehendes Profil mit lokaler Verstärkung	33
8.6.	Software-Überprüfung	35
8.6.1.	Softwareinformationen	35
8.6.2.	Validierung des ersten Falles mit Gebäude 1	35
8.6.3.	Validierung des zweiten Falles mit Gebäude 2.....	39
LITERATUR		48
ANHANG AMENDMENT PROJECT SUBMITTED TO CEN.....		50

Bemessungsregeln für Trapezprofilstöße

UMFANG DER VERÖFFENTLICHUNG

Ziel dieser Veröffentlichung ist es, das neue Bemessungsverfahren für Trapezprofilstöße gemäß [1] für Zwischenstützen vorzustellen, die für die Aufnahme in [2] vorgeschlagen wurde.

Diese Bemessungsregeln befassen sich mit aktuellen Situationen.

Für spezielle Sachverhalte (z.B. Öffnung) oder für Ausnahmesituationen (Erdbeben, Feuer, etc.) sind die entsprechenden Bestimmungen der Eurocodes bzw. der EN 1090-4 zu beachten.

BEZEICHNUNG

Zusätzlich zu den Bezeichnungen der EN 1993-1-3 werden die folgenden Symbole verwendet:

K_{Ed} : Belastung durch Verbindungsmittel [kN]

a : Länge der Überlappung oder Bewehrung [m]

1. EINLEITUNG

1.1. Art der Profilbleche

Diese Bemessungsregeln behandeln Trapezprofilbleche (Abbildung 1.1), die auf einem Zwischenaufleger montiert sind.

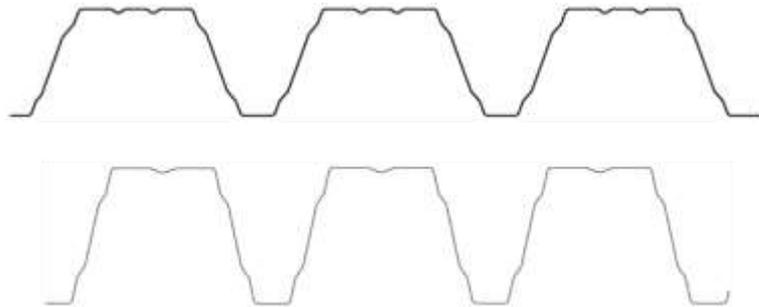


Abbildung 1.1 – Geometrie von Trapezprofilblechen

1.2. Stand der Technik

Die Norm [2] befasst sich nicht mit der Bemessung von Profilen, die erst auf der Baustelle zusammenmontiert werden und somit Trapezprofilstöße über den Stützen entstehen. Es entsteht so ein durchgehendes Profil mit Einzel- oder Doppelüberlappungen oder mit einer zusätzlicher Verstärkung (Abbildung 1.2.1). Die Trapezprofilstöße entstehen, wenn die Profile wegen dem Transport eine maximale Länge haben, bei Bauwerksreparaturen oder zur Verbesserung der Durchbiegung über die Spannweite.

In manchen Fällen führt die Kombination von Schnee und Wind zu einer lokalen Erhöhung der Belastung, d.h. zu einem durchgehenden Profilblech auf zwei Spannweiten, das eine Lastansammlung auf einem von ihnen darstellt. Eine praktische Lösung besteht darin, eine lokale Verstärkung auf die Zwischenstütze zu montieren, um die charakteristische Tragfähigkeit zu verbessern (Abbildung 1.2.1).

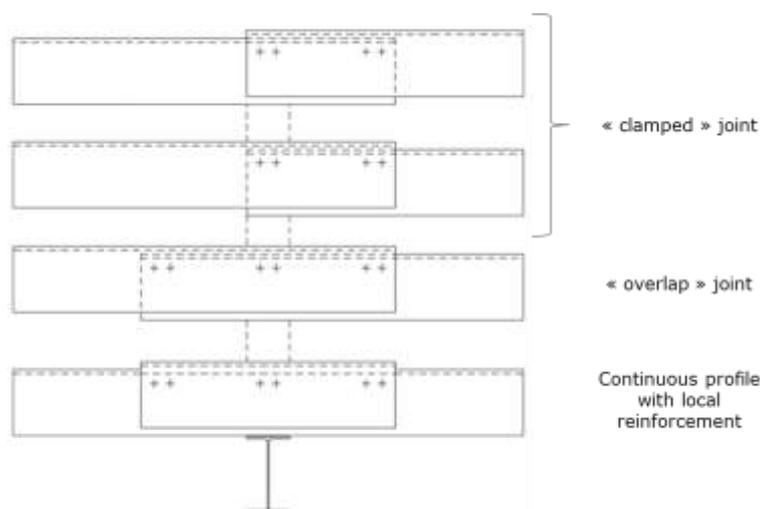


Abbildung 1.2.1 – Trapezprofilstöße am Zwischenaufleger

Bemessungsregeln für Trapezprofilstöße

Ein Ziel des GRISPE-Projektes war die Definition der Technik und die Entwicklung eines Bemessungsverfahrens.

In [3] gibt es eine Lösung für Profilstöße. Sie sind nur an den Stützen erlaubt. Sollen Kräfte über den Kontakt übertragen werden, müssen Versuche durchgeführt werden. Im Bereich der Überlappung ist die Tragfähigkeit gleich einem durchgehenden Profil.

In den folgenden Abbildungen 1.2.2 und 1.2.3 sind die beiden Möglichkeiten dieser Klemmverbindung dargestellt.

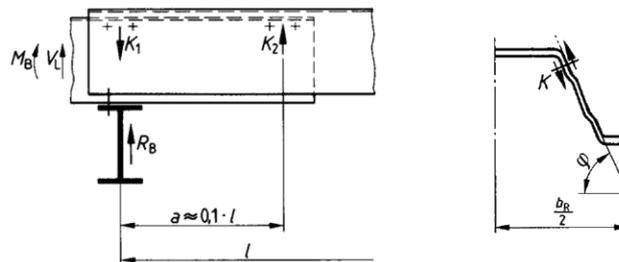


Abbildung 1.2.2 – Profilstöße nach [3] mit auskragendem Profilende unten

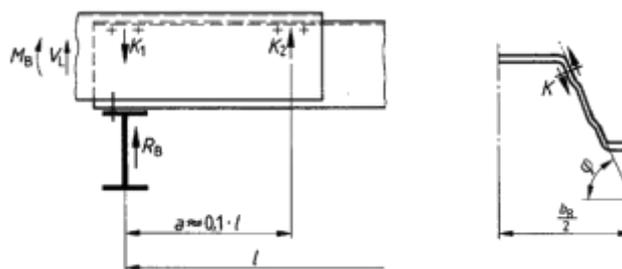


Abbildung 1.2.3 – Profilstöße nach [3] mit auskragendem Profilende oben

Die Kraft auf das Verbindungsmittel ist gegeben:

$$K = \max K_i = \frac{|M_B|}{2 \cdot a \cdot \sin \varphi} * b_R \quad (\text{Abbildung 1.2.2})$$

oder

$$K = \max K_i = \frac{|M_B + V_L|}{2 \cdot \sin \varphi} * b_R \quad (\text{Abbildung 1.2.3})$$

Es dürfen maximal zwei Verbindungsmittel in horizontaler und vertikaler Richtung in jeder Verbindung verwendet werden (maximal 4 Verbindungsmittel).

Die folgenden Abstände der Befestigungsmittel und Bohrungen, siehe Abbildung 1.2.4, sind einzuhalten:

- Lochabstand in Krafrichtung: $\geq 3d$ und ≥ 20 mm;
- Lochabstand rechtwinklig zur Krafrichtung: ≥ 30 mm;
- Lochabstand p: $\geq 4d$ und ≥ 40 mm und $\geq 10d$.

Bemessungsregeln für Trapezprofilstöße

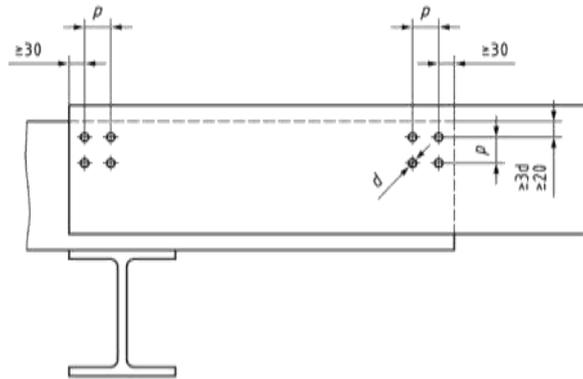


Abbildung 1.2.4 – Abstand der Verbindungsmittel nach [3] für eine statisch wirksame Verbindung

Abschließend sei gesagt, dass es in [3] und in [4] weiter Bemessungsverfahren gibt. Die Bemessungsregeln sind ähnlich.

1.3. Zentrale Ergebnisse von GRISPE

Um das unter [3] beschriebene Bemessungsverfahren zu bestätigen, sollte eine Reihe von Versuchen an der Klemmverbindung durchgeführt werden. Zusätzlich sollte eine Reihe von Versuchen an der Überlappungsfuge durchgeführt werden, um Daten über die Tragfähigkeit zu erhalten.

Zwei Profiltypen (135/310 und 158/250), die für die gesamte Spannweite repräsentativ sind, wurden für die Versuche ausgewählt, wie in Abbildung 1.3 unten gezeigt.

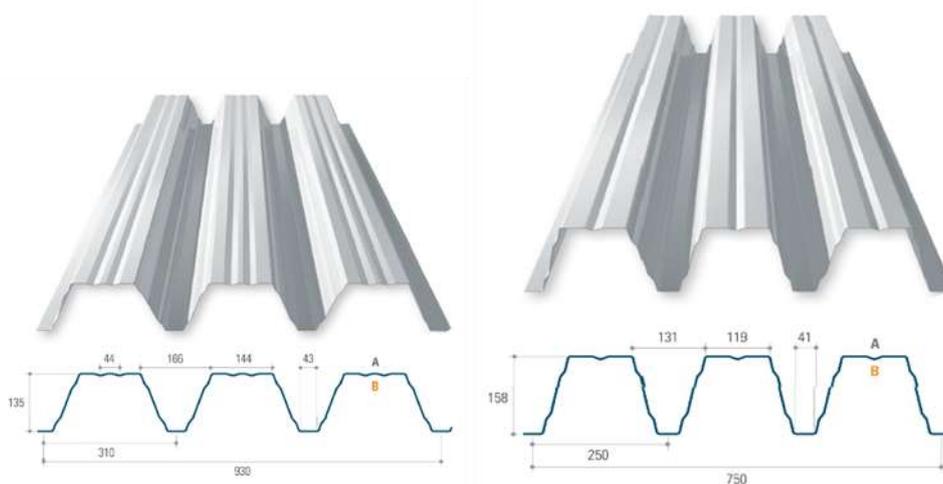


Abbildung 1.3.1 – Trapezprofile (135/310 und 158/250)

Eine Reihe von 128 Versuchen wurde durch Zugversuche ergänzt. Zur Untersuchung des Tragverhaltens an Zwischenauflagern wurden dort Versuche durchgeführt (siehe Abbildung 1.3.2 und 1.3.3), während Versuche mit Einzelblechen die Grundlage für den Vergleich mit den verschiedenen Verbindungsarten bildeten. Es wurden Versuche mit Überlappungen nach[3] durchgeführt, um die in[3] festgelegten Bemessungsregeln für die Verbindungsmittel zu überprüfen.

Bemessungsregeln für Trapezprofilstöße

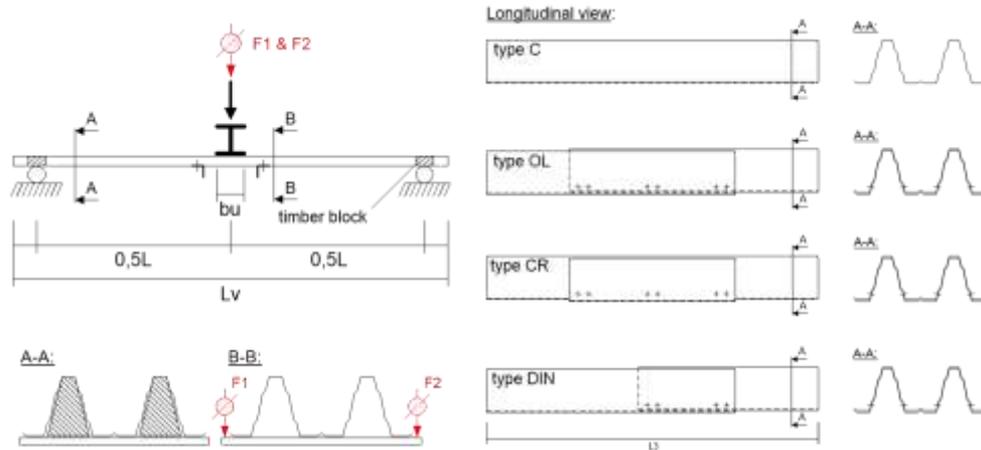


Abbildung 1.3.2 – Schematischer Versuchsaufbau des Zwischenauflegers



Abbildung 1.3.3 – Beispiel für Versuche am Zwischenaufleger und Versagen

Die Analyse und Interpretation der Versuche, die an montierten Probekörpern durchgeführt wurden, wurde in[5] und[6] berichtet, und der Vergleich der Montagearten erfolgte anhand der für jeden Versuch erstellten M/R-Diagramme (siehe Abbildung 1.3.4).

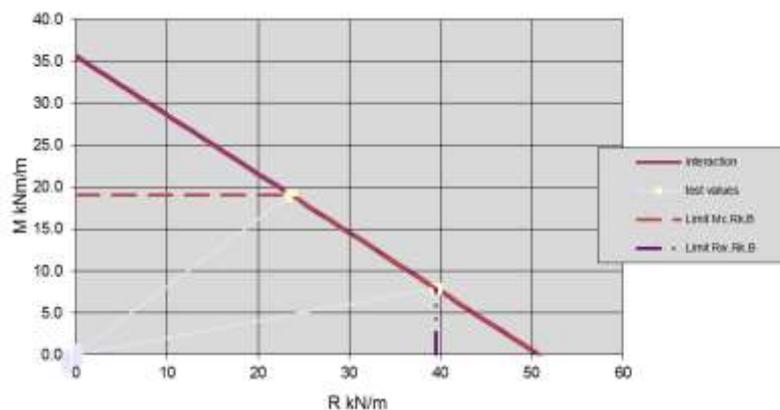


Abbildung 1.3.4 – Beispiel eines Interaktionsdiagramms, das aus einem Versuch am Zwischenaufleger gewonnen wurde.

Bemessungsverfahren wurden für Auskragungen oben und unten, für Überlappungsstöße und für durchgehende Profile mit lokaler Bewehrung durchgeführt. Das Prinzip besteht darin, das

Bemessungsregeln für Trapezprofilstöße

Biegemoment in zwei Kräfte zu zerlegen, die in der Intensität gleich sind, aber in entgegengesetzter Richtung wirken. Diese Kräfte werden über die Verbindungsmittel auf die Bauteile übertragen.

Zwei weitere Punkte wurden gezeigt:

- Bei einer Überlappungsfuge mit beidseitigen Überlappungen und einem durchgehenden Profil mit lokaler Verstärkung ist die Summe zweier Profile nicht exakt die Summe der beiden Momententragfähigkeiten des Profils, sondern $1,8 \times M_{Rd}$.
- Am Ende des Profils (siehe Abbildung 1.3.3) tritt ein spezifisches Versagen auf und so wurde durch einen Versuch nachgewiesen, dass die Querkrafttragfähigkeit $0,5 R_{w,Rd}$ beträgt.

Für Trapezprofilstöße (statisch wirksame Überlappung) liegen in der aktuellen Version von [2] keine Daten vor. Es wurde beschlossen, dass das entwickelte Bemessungsverfahren ohne weitere Anpassungen in einem ergänzenden Anhang auf die Eurocodes übertragen werden kann.

1.4. Allgemeine Bemessungsanforderungen und -regeln

Das folgende Bemessungsverfahren bietet nur eine Möglichkeit zur Berechnung der Tragfähigkeiten M_{Rd} und $R_{w,Rd}$ einer statisch wirksamen Verbindung nach [7], deren Änderung [8] und Berichtigung [9]. Die Bemessungswerte der Auswirkungen von Einwirkungen sind in Übereinstimmung mit jedem relevanten Teil von [10] und seiner Berichtigung [11], [12] und seiner Berichtigung [13] und Änderung [14], [15] und seiner Berichtigung [16] und Änderung [17] zu bewerten.

Das nachfolgende Verfahren respektiert die allgemeinen Regeln von [18] und dessen Berichtigung [19] und Änderung [20] sowie die in Teil 2 von [2] und dessen Berichtigung [21] definierten Gestaltungsgrundlagen.

2. VORBEMESSUNG

2.1. Anwendungsbereich des neuen Bemessungsverfahrens

In diesem Entwurf werden die Anforderungen an die Konstruktion von Verbunddeckenprofilen mit äußeren Aussteifungen beschrieben. Die Ausführung von Stahlkonstruktionen aus Blech ist in der EN 1090 geregelt.

Dieser Entwurf gibt Methoden zur rechnerischen Auslegung an. Diese Methode gilt innerhalb der angegebenen Bereiche von Materialeigenschaften und geometrischen Abmessungen.

Diese Anleitung bezieht sich nicht auf die Lastanordnung für Lasten während der Ausführung und Wartung.

Die in diesem Entwurf angegebenen Berechnungsregeln sind nur gültig, wenn die Toleranzen der kaltgeformten Bauteile der EN 1993-1-3 entsprechen.

2.2. Minimale technische Anforderungen der Konstruktion

Das Stahlprofilblech muss auf 3 oder mehr Stützen mit einer Mindestbreite der Zwischenstütze von 60 mm in Stahl oder Holz aufgelegt werden.

Stahlprofilbleche, die direkt mit einem Betonträger in Berührung kommen, sind nicht zulässig.

2.3. Minimale technische Anforderungen der Profilbleche

2.3.1. Profilformen

- (1) Profiltafeln haben innerhalb der zulässigen Toleranzen eine konstante Nenndicke über ihre gesamte Länge und können entweder einen gleichmäßigen Querschnitt oder einen sich verjüngenden Querschnitt über ihre Länge haben.
- (2) Die Querschnitte von Profiltafeln bestehen im Wesentlichen aus mehreren ebenen Elementen, die durch gebogene Elemente verbunden sind.
- (3) Querschnitte von Blechen können entweder unversteift sein oder Längsversteifungen in ihren Stegen enthalten.

2.3.2. Querschnittsabmessungen

Die Querschnittsabmessungen sollten den allgemeinen Anforderungen der EN 1993-1-3, Abschnitt 1.5.3 entsprechen.

- (1) Die Dicke t ist eine Konstruktionsdicke (die extrahierte Stahlkerndicke abzüglich der Toleranz, falls erforderlich, wie in Abschnitt 3.2.4 der EN 1993-1-3 angegeben), sofern nicht anders angegeben.
- (2) Die in diesem Entwurf gegebenen Berechnungen sollten nicht auf Querschnitte außerhalb der gegebenen Breiten-/Dickenverhältnisse b/t , h/t , c/t und d/t (Tabelle 5.1, EN 1993-1-3) angewendet werden.
- (3)

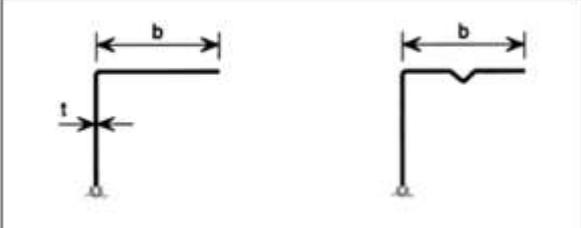
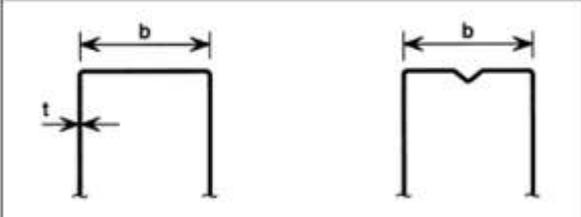
	$b/t \leq 50$
	$b/t \leq 500$
	$45^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$ $h/t \leq 500 \sin \phi$

Abbildung 2.3 – geometrischen Abmessungen

Das Profilblech muss die folgenden Parameter enthalten:

- Hohes Profil mit Versteifungen im oberen Gurt und Steg,
- Minimale Nenndicke von 0,75 mm,

2.4. Minimale technische Anforderungen an die Profilstöße

Anzahl und Abstand der Verbindungsmittel sind in Abschnitt 2 beschrieben (siehe Abbildung 1.2.4).

3. TECHNISCHE GRUNDLAGEN

3.1. Stützen

Stützen gemäß [18] bis [20] für Stahlwerkstoff bzw. [22] bis [25] für Holzwerkstoff..

3.2. und CE-Kennzeichnung

Stahlprofilbleche sind nach [1] CE-gekennzeichnet.

4. MATERIALEIGENSCHAFTEN

4.1. Stahlblech

Die Werkstoffeigenschaften müssen den Anforderungen in [2], Abschnitt 3 mit einer Mindeststahlsorte von S 320 GD + Z entsprechen.

4.2. Verbindungsmittel

Die Werkstoffeigenschaften müssen den Anforderungen in [2], Abschnitt 8 entsprechen.

4.3. Teilsicherheitsbeiwerte

Die Teilsicherheitsbeiwerte müssen den Anforderungen in [2], Abschnitt 2 entsprechen.

5. EINWIRKUNGEN UND LASTFALLKOMBINATIONEN

Die zu berücksichtigenden Einwirkungen und Lastfallkombinationen sind nach EN 1991-1-6 Eurocode 1: "Einwirkungen auf Tragwerke", sowie Teil 1-6: "Allgemeine Einwirkungen, Einwirkungen während der Bauausführung" festzulegen.

6. BEMESSUNGSGRUNDLAGE

6.1. Grundlagen

Das neue Bemessungsverfahren dient dazu:

- Die Tragfähigkeit von 4 Profilstößen gegen eine kombinierte Belastung aus Biegemoment und Auflagerreaktionen zu bemessen,
- Und die Verbindung zwischen den Profilblechen zu überprüfen.

6.2. Anwendungsbereich des neuen Bemessungsverfahrens

Dieses neue Bemessungsverfahren ist für eine statisch wirksame Überlappung auf einem Zwischenträger, entsprechend einer der 4 folgenden Verbindungen, vorgesehen:

Bemessungsregeln für Trapezprofilstöße

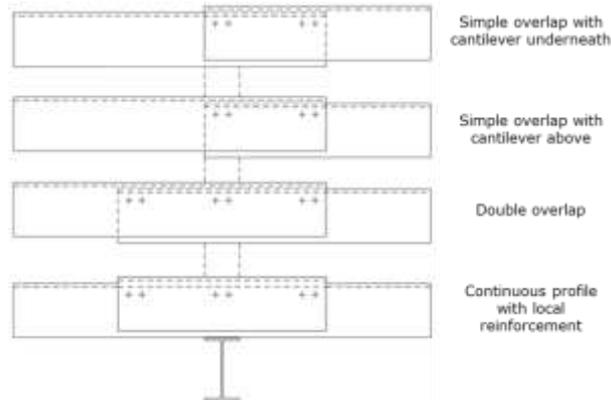


Abbildung 6.2.1 – Verbindungstypen der Profilstöße

Profilstahlbleche müssen die gleiche Konstruktionsdicke aufweisen und wie folgt montiert werden:

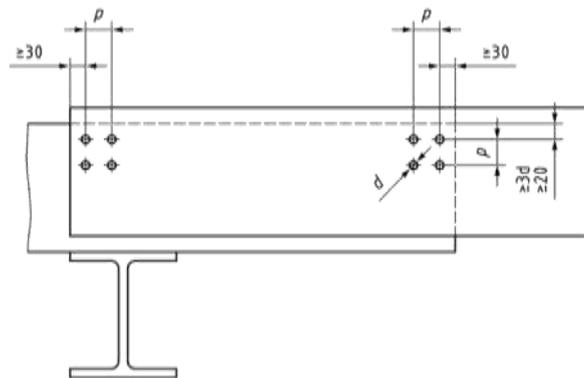


Abbildung 6.2.2 – Lage der Verbindungsmittel für eine statisch wirksame Verbindung

Für die Verbindung des Stahlblechs sollten maximal 4 quadratisch angeordnete Verbindungsmittel verwendet werden:

- pro Steg,
- am Ende der Überlappung und,
- in der Achse des Zwischenauflegers.

Jede Gruppe von 4 Verbindungsmitteln sollte mindestens 30 mm von den Enden der Überlappung entfernt sein und mindestens 20 mm. Zusätzlich sollen sie nicht weniger als $3d$ (mit d dem Lochdurchmesser) vom oberen Gurt der Stahlbleche entfernt sein.

Der horizontale und vertikale Abstand zwischen den Verbindungsmitteln sollte größer als das Minimum zwischen $4d$ und 40 mm sein.

6.3. Bemessungsverfahren

6.3.1. Trapezprofilstöße mit Auskrägung oben

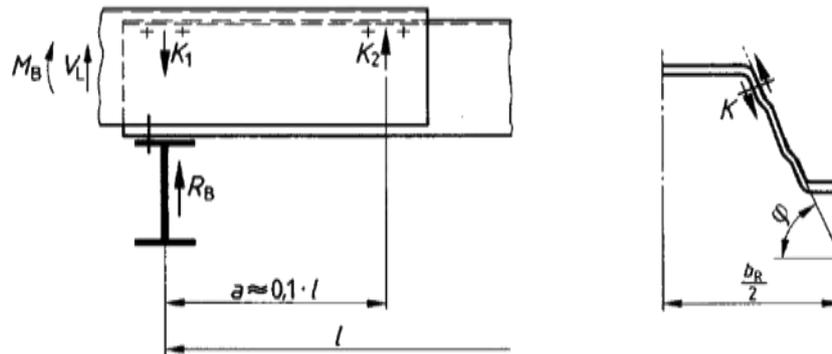


Abbildung 6.3.1 – Einzelne Überlappung mit freitragendem Stahlblech oben

Überprüfung der Tragfähigkeit der Profilstöße

Der Nachweis der Tragfähigkeit erfolgt mit den Bemessungswerten ($M_{B,Rd}$ und $R_{w,Rd,B}$) eines durchgehenden Profils mit derselben Bemessungsdicke. Es wird der Einfluss der Stützreaktion (M-R-Interaktion) bei andrückender Belastung und der M-V-Interaktion bei abhebender Belastung berücksichtigt.

$M_{B,Rd}$ und $R_{w,Rd,B}$ sind durch Berechnung nach 6.1.4 und 6.1.7 von [2] und Interaktionen nach 6.1.11 von [2] zu bestimmen.

Überprüfung der Stegkrüppung

Für die andrückende Belastung muss die Stegkrüppung am Ende der Auskrägung berechnet werden:

$$F_{Ed} = M_{B,Ed}/a < 0,5 \cdot R_{w,Rd,B}$$

mit: $R_{w,Rd,B}$ die maximale Stützreaktion an Zwischenstützen in der entgegengesetzten Profilposition (im allgemeinen negativ) für die maximale Stützbreite, im allgemeinen $l_{(a,B)} = 160$ mm.

Unter Berücksichtigung der in Abbildung 6.3.1 definierten normalen Profillage ist die andere Profillage die Position, bei der der breite Gurt (oberer Gurt in Abbildung 6.3.1) mit dem Träger in Kontakt steht.

Bei der abhebenden Belastung ist eine Stegkrüppung am Ende des Trägers nicht möglich. In diesem Fall ist keine Überprüfung erforderlich.

Überprüfung der Verbindung K_{Ed}

Die Überprüfung, die an einem Steg durchgeführt werden soll, sollte mit:

$$\frac{K_{Ed}}{\sum F_{V,Rd}} \leq 1,0$$

Und:

$$K_{Ed} = \max K_i = \frac{|(M_{B,Ed}/a) + V_{L,Ed}|}{(2 \cdot \sin \varphi)} \cdot b_R$$

Bemessungsregeln für Trapezprofilstöße

Mit: $\sum F_{V,Rd}$ die Scherfestigkeit der Schrauben.

6.3.2. Trapezprofilstöße mit Auskrägung unten

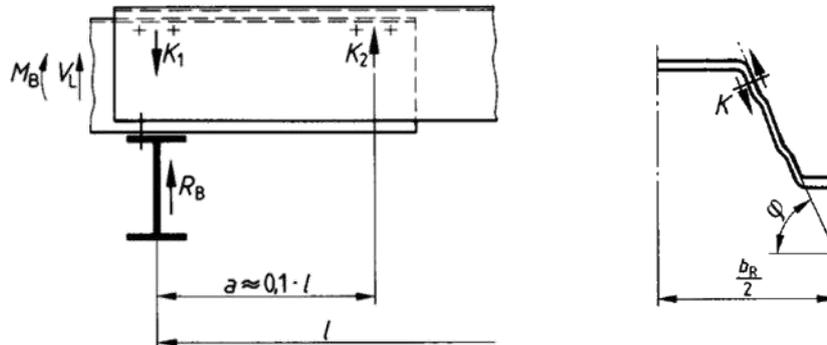


Abbildung 6.3.2 – Einzelne Überlappung mit freitragendem Stahlblech unten

Überprüfung der Tragfähigkeit der Profilstöße

Der Nachweis der Tragfähigkeit erfolgt mit den Bemessungswerten ($M_{B,Rd}$ und $R_{w,Rd,B}$) eines durchgehenden Profils mit derselben Bemessungsdicke. Es wird der Einfluss der Stützreaktion (M-R-Interaktion) bei andrückender Belastung und der M-V-Interaktion bei abhebender Belastung berücksichtigt.

$M_{B,Rd}$ und $R_{w,Rd,B}$ sind durch Berechnung nach 6.1.4 und 6.1.7 von [2] und Interaktionen nach 6.1.11 von [2] zu bestimmen.

Überprüfung der Stegkrüppung

Für beide Belastungsfälle (andrückend und abhebend) ist eine Stegkrüppung am Ende des Trägers nicht möglich. In diesem Fall ist keine Überprüfung erforderlich.

Überprüfung der Verbindung

Die Überprüfung, die an einem Steg durchgeführt werden soll, sollte mit:

$$\frac{K_{Ed}}{\sum F_{V,Rd}} \leq 1,0$$

Und:

$$K_{Ed} = \max K_i = \frac{|M_{B,Ed}|}{(2 \cdot a \cdot \sin \varphi)} \cdot b_R$$

Mit: $\sum F_{V,Rd}$ die Scherfestigkeit der Schrauben.

6.3.3. Trapezprofilstöße mit doppelter Überlappung

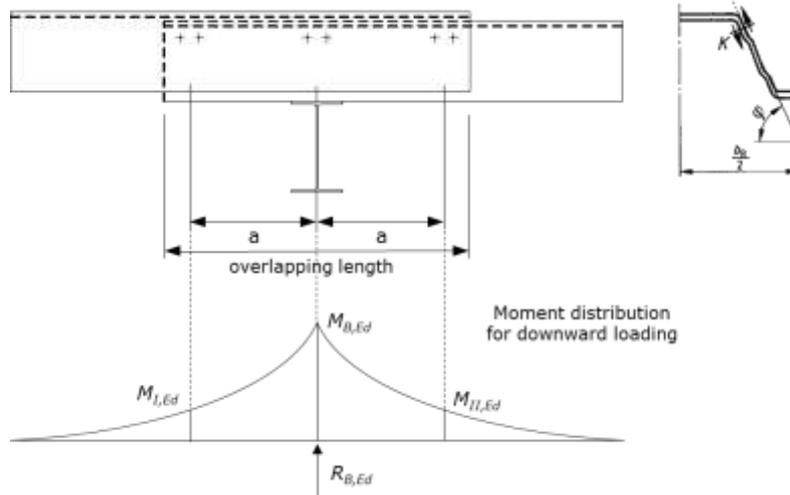


Abbildung 6.3.3 – Doppelte Überlappung

Vorüberlegungen

Zur Ermittlung von $M_{B,Ed}$, $M_{I,Ed}$, $M_{II,Ed}$ und $R_{Ed,B}$ sollte die Biegemomentverteilung unter Last wie für ein durchgehendes Profil bestimmt werden.

Überprüfung der Tragfähigkeit der Profilstöße an der Stützachse

Der Nachweis der Tragfähigkeit der Profilstöße in der Stützachse erfolgt mit 90 % der Bemessungstragfähigkeiten ($M_{B,Rd}$ und $R_{w,Rd,B}$) jedes Profils, mit der gleichen Bemessungsdicke, unter Berücksichtigung des Einflusses der Stützreaktion (M-R-Interaktion) und der M-V-Interaktion, wie folgt:

$$M_{B,Ed} \leq 0,9 \cdot \sum M_{B,Rd,i}$$

$$R_{B,Ed} \leq 0,9 \cdot \sum R_{w,Rd,B,i}$$

M-R- und M-V-Interaktion nach 6.1.11 [2].

Überprüfung der Tragfähigkeit der Profilstöße an den Enden der Überlappung

Diese Überprüfung der durchgehenden Profile erfolgt mit den Biegemomenten $M_{I,Ed}$ oder $M_{II,Ed}$ und den entsprechenden Streckenlasten, die durch die Verbindungen K_i eingeleitet werden:

$$F_{Ed} = \frac{M_{B,Ed}}{2 \cdot a}$$

Die Streckenlast F_{Ed} wird für beide Belastungsfälle (andrückend und abhebend) ermittelt.

Bei der andrückenden Belastung wirkt F_{Ed} als Zugkraft auf die Stege der durchgehenden Profile und der Nachweis setzt sich wie folgt zusammen:

$$\frac{M_{I,Ed}}{M_{B,Rd}} \leq 1,0;$$

$$\frac{M_{II,Ed}}{M_{B,Rd}} \leq 1,0 ;$$

Bemessungsregeln für Trapezprofilstöße

$$\frac{F_{Ed}}{V_{w,Rd}} \leq 1,0;$$

M-V-Interaktion nach 6.1.11 [2].

Bei der abhebenden Belastung wirkt F_{Ed} als Druckkraft auf die Stege der Endlosprofile und der Nachweis setzt sich wie folgt zusammen:

$$\frac{M_{I,Ed}}{M_{B,Rd}} \leq 1,0;$$

$$\frac{M_{II,Ed}}{M_{B,Rd}} \leq 1,0;$$

$$\frac{F_{Ed}}{R_{w,Rd,B}} \leq 1,0;$$

M-R-Interaktion nach 6.1.11 [2].

In beiden Belastungsfällen gelten für diese Nachweise die Tragfähigkeitswerte des Profils in der jeweils entgegengesetzten Position an den Zwischenstützen.

Überprüfung der Stegkrüppung

Für die andrückende Belastung muss die Stegkrüppung am Ende des Trägers überprüft werden:

$$F_{Ed} = M_{B,Ed} / (2 \cdot a) < 0,5 \cdot R_{w,Rd,B}$$

mit: $R_{w,Rd,B}$ die maximale Stützreaktion an Zwischenstützen in der entgegengesetzten Profilposition (im allgemeinen negativ) für die maximale Stützbreite, im allgemeinen $l_{a,B} = 160$ mm.

Unter Berücksichtigung der in Abbildung 6.3.3 definierten normalen Profillage ist die andere Profillage die Position, bei der der breite Gurt (oberer Gurt in Abbildung 6.3.3) mit dem Träger in Kontakt steht.

Bei der abhebenden Belastung ist eine Stegkrüppung am Ende des Trägers nicht möglich. In diesem Fall ist keine Überprüfung erforderlich.

Überprüfung der Verbindung

Die Überprüfung, die an einem Steg durchgeführt werden soll, sollte mit:

$$\frac{K_{Ed}}{\sum F_{V,Rd}} \leq 1,0$$

Und:

$$K_{Ed} = \max K_i = \frac{|M_{B,Ed}|}{(4 \cdot a \cdot \sin \varphi)} \cdot b_R$$

Mit: $\sum F_{V,Rd}$ die Scherfestigkeit der Schrauben.

Die Überprüfung der Verbindung muss für beide Belastungsfälle (abhebend und andrückend) durchgeführt werden.

6.3.4. Profil mit lokaler Verstärkung

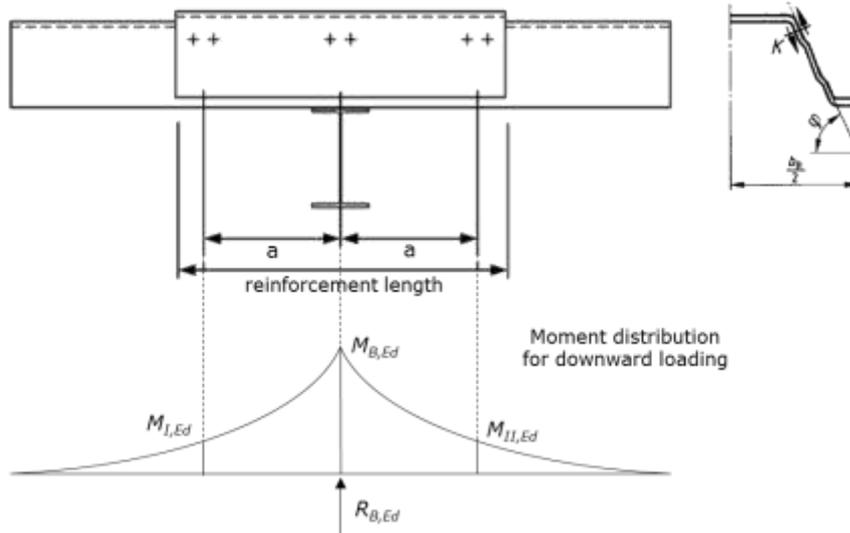


Abbildung 6.3.4 – Durchgehendes Profil mit lokaler Verstärkung

Vorüberlegungen

Zur Ermittlung von $M_{B,Ed}$, $M_{I,Ed}$, $M_{II,Ed}$ und $R_{Ed,B}$ sollte die Biegemomentverteilung unter Last wie für ein durchgehendes Profil bestimmt werden.

Überprüfung der Tragfähigkeit der Profilstöße an der Stützachse

Der Nachweis der Tragfähigkeit der Profilstöße in der Stützachse erfolgt mit 90 % der Bemessungstragfähigkeiten ($M_{B,Rd}$ und $R_{w,Rd,B}$) jedes Profils, mit der gleichen Bemessungsdicke, unter Berücksichtigung des Einflusses der Stützreaktion (M-R-Interaktion) und der M-V-Interaktion, wie folgt:

$$M_{B,Ed} \leq 0,9 \cdot \sum M_{B,Rd};$$

$$R_{B,Ed} \leq 0,9 \cdot \sum R_{w,Rd,B};$$

M-R- und M-V-Interaktion nach 6.1.11 [2].

Überprüfung der Tragfähigkeit der Profilstöße an den Enden der Überlappung

Diese Überprüfung der durchgehenden Profile erfolgt mit den Biegemomenten $M_{I,Ed}$ oder $M_{II,Ed}$ und den entsprechenden Streckenlasten, die durch die Verbindungen K_i eingeleitet werden:

$$F_{Ed} = \frac{M_{B,Ed}}{2 \cdot a}$$

Die Streckenlast F_{Ed} wird für beide Belastungsfälle (andrückend und abhebend) ermittelt.

Bei der andrückenden Belastung wirkt F_{Ed} als Zugkraft auf die Stege der durchgehenden Profile und der Nachweis setzt sich wie folgt zusammen:

$$\frac{M_{I,Ed}}{M_{B,Rd}} \leq 1,0;$$

$$\frac{M_{II,Ed}}{M_{B,Rd}} \leq 1,0 ;$$

Bemessungsregeln für Trapezprofilstöße

$$\frac{F_{Ed}}{V_{w,Rd}} \leq 1,0;$$

M-V-Interaktion nach 6.1.11 [2].

Bei der abhebenden Belastung wirkt F_{Ed} als Druckkraft auf die Stege der Endlosprofile und der Nachweis setzt sich wie folgt zusammen:

$$\frac{M_{I,Ed}}{M_{B,Rd}} \leq 1,0;$$

$$\frac{M_{II,Ed}}{M_{B,Rd}} \leq 1,0;$$

$$\frac{F_{Ed}}{R_{w,Rd,B}} \leq 1,0;$$

M-R-Interaktion nach 6.1.11 [2].

In beiden Belastungsfällen gelten für diese Nachweise die Tragfähigkeitswerte des Profils in der jeweils entgegengesetzten Position an den Zwischenstützen.

Überprüfung der Stegkrüppung

Für die andrückende Belastung muss die Stegkrüppung am Ende des Trägers überprüft werden:

$$F_{Ed} = M_{B,Ed} / (2 \cdot a) < 0,5 \cdot R_{w,Rd,B}$$

mit: $R_{w,Rd,B}$ die maximale Stützreaktion an Zwischenstützen in der entgegengesetzten Profilposition (im allgemeinen negativ) für die maximale Stützbreite, im allgemeinen $l_{a,B} = 160$ mm.

Unter Berücksichtigung der in Abbildung 6.3.4 definierten normalen Profillage ist die andere Profillage die Position, bei der der breite Gurt (oberer Gurt in Abbildung 6.3.4) mit dem Träger in Kontakt steht.

Bei der abhebenden Belastung ist eine Stegkrüppung am Ende des Trägers nicht möglich. In diesem Fall ist keine Überprüfung erforderlich.

Überprüfung der Verbindung

Die Überprüfung, die an einem Steg durchgeführt werden soll, sollte mit:

$$\frac{K_{Ed}}{\sum F_{V,Rd}} \leq 1,0$$

Und:

$$K_{Ed} = \max K_i = \frac{|M_{B,Ed}|}{(4 \cdot a \cdot \sin \varphi)} \cdot b_R$$

Mit: $\sum F_{V,Rd}$ die Scherfestigkeit der Schrauben.

Die Überprüfung der Verbindung muss für beide Belastungsfälle (abhebend und andrückend) durchgeführt werden.

7. BESONDERE BEMESSUNGSBETRACHTUNGEN

Die folgenden Punkte werden in den vorliegenden Bemessungsregeln nicht behandelt:

- Im Brandfall: Es sind die nationalen Vorschriften in Übereinstimmung mit EN 1991-1-2 und EN 1993-1-2 zu beachten;
- Für Erdbeben: Es sind die nationalen Vorschriften in Übereinstimmung mit EN 1998-1 zu beachten;
- Für den Umweltaspekt: Es sollten nationale Vorschriften berücksichtigt werden;
- Für Thermik: Es sind die nationalen Vorschriften in Übereinstimmung mit EN 1991-1-5 zu beachten;
- Für die Akustik: Es sind die nationalen Vorschriften zu beachten.

8. BEMESSUNGSBEISPIEL

8.1. Beschreibung des Tragrahmens und der Lastannahmen

Dieses Bemessungsbeispiel befasst sich mit einer Flachdachanwendung von zwei Gebäuden, bei denen der Stahlrahmen aus einem IPE 330-Träger (160 mm Breite) mit einer Spannweite von 5,45 m besteht. Der Nachweis ist für Trapezprofilstöße in den Bereichen H und I gemäß 7.2.3 der EN 1991-1-4.

Beide Flachdächer bestehen aus einem Profilstahlblech, einer Mineralwolldämmung und einer Decke. Das gesamte Eigengewicht von Dämmung und Decke g_1 beträgt 0,25 kN/m² für Gebäude 1 und 1,00 kN/m² für Gebäude 2 (**hoher Schutz**).

8.1.1. Informationen für Gebäude 1

Das Gebäude 1 von 16 m Höhe befindet sich in einem Industriegebiet bei Ostende (Belgien) mit einer Brüstung von 80 cm rund um das Flachdach.

Der Grundwert der Windgeschwindigkeit $v_{b,0}$ beträgt 26 m·s⁻¹.

Die Geländekategorie wird mit 0 angenommen.

Der richtungsweisende Faktor c_{dir} und der saisonale Faktor c_{season} sind auf 1 festgelegt. Der orthographische Faktor $c_0(z)$ wird auf 1 gesetzt.

Der empfohlene Wert von 1 wird für den Turbulenzfaktor k_t berücksichtigt.

Für die Luftdichte gilt der empfohlene Wert: $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$.

Lage des Gebäudes in einer windigen Topographie: $C_e = 0,8$ gemäß [12].

Schneelastformbeiwert $\mu_i = 0,8$.

8.1.2. Belastungsannahme für Gebäude 1

In diesem Bemessungsbeispiel geht es nicht um die Montagephase. In der Betriebsphase werden Belastungen durch Windeinwirkungen und Eigenlasten erzeugt.

Die Schneelasten werden aufgrund des charakteristischen Wertes der Schneelast auf dem Boden s_k auf Meereshöhe von 0,2 kN/m² gemäß [12] und eines Kombinationsfaktors von Ψ_0 gemäß dem belgischen nationalen Anhang von [12] vernachlässigt. ($s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,064 \text{ daN/m}^2$ für die genaue Anwendung).

Bemessungsregeln für Trapezprofilstöße

Bestimmung der Windbelastung nach[15] bis[17]

Windgeschwindigkeit $v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,00 \cdot 1,00 \cdot 26 = 26 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Mittlere Windgeschwindigkeit $v_m(z)$:

- Windzone 0: $z_0 = 0,003 \text{ m}$ und $z_{min} = 1 \text{ m}$;
- $z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$;
- Geländefaktor $k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,003}{0,05}\right)^{0,07} \approx 0,156$;
- Bodenrauigkeit $c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,156 \cdot \ln\left(\frac{16}{0,003}\right) \approx 1,339$;
- $v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 1,339 \cdot 1,00 \cdot 26 \approx 34,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;

Windturbolenzen $I_v(z) = \frac{k_t}{c_0(z) \cdot \ln(z/z_0)} = \frac{1,00}{1,00 \cdot \ln(16/0,003)} \approx 0,117$

Geschwindigkeitsdruck $q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = [1 + 7 \cdot 0,117] \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 34,8^2 \approx 1,38 \text{ kN/m}^2$

Druckbeiwerte für Flachdach :

- $h_p/h = 0,8/16 = 0,05$;
- Außendruckbeiwert $c_{pe,10}$:
 - o Zone H: -0,7
 - o Zone I: +0,2/-0,2
- Innendruckbeiwert $c_{pi} = +0,2/-0,3$
- Globaler Druckbeiwert $c_{p,net}$:
 - o Für Winddruck: $c_{p,net} = 0,5$
 - o Für Windsog: $c_{p,net} = -0,9$

Windlasten W_{50} :

- Winddruck: $W_{50}^+ = 0,69 \text{ kN/m}^2$
- Windsog: $W_{50}^- = -1,24 \text{ kN/m}^2$

Lastkombination nach [8], [9] und belgischer Nationaler Anhang von[8].

Die maßgebende Lastfallkombination in Druckrichtung: $Q^+ = 1,50 \cdot W_{50}^+ + 1,35 \cdot (g_0 + g_1) = 1,50 \cdot 0,69 + 1,35 \cdot (0,097 + 0,25) \approx 1,50 \text{ kN/m}^2$

Die maßgebende Lastfallkombination in Sogrichtung: $Q^- = 1,50 \cdot W_{50}^- + (g_0 + g_1) = 1,50 \cdot (-1,24) + (0,097 + 0,25) \approx -1,51 \text{ kN/m}^2$

Für g_0 siehe Abschnitt 8.2. und für g_1 Abschnitt 8.1.1.

8.1.3. Informationen für Gebäude 2

Gebäude 2 ist das gleiche wie Gebäude 1. Siehe Abschnitt 8.1.1 für weitere Informationen.

8.1.4. Belastungsannahme für Gebäude 2

Bei Gebäude 2 unterscheidet sich das Flachdach durch das Eigengewicht auf der Dämmung, verbunden mit einer hohen Schutz ($g_1 = 1,00 \text{ kN/m}^2$).

Zur Berücksichtigung der Schneelast und Bestimmung der Windbelastung: siehe Abschnitt 8.1.4.

Lastkombination nach [8], [9] und belgischer Nationaler Anhang von [8].

Die maßgebende Lastfallkombination in Druckrichtung: $Q^+ = 1,50 \cdot W_{50}^+ + 1,35 \cdot (g_0 + g_1) = 1,50 \cdot 0,69 + 1,35 \cdot (0,097 + 1,00) \approx 2,51 \text{ kN/m}^2$

Die maßgebende Lastfallkombination in Sogrichtung: $Q^- = 1,50 \cdot W_{50}^- + (g_0 + g_1) = 1,50 \cdot (-1,24) + (0,097 + 1,00) \approx -0,76 \text{ kN/m}^2$

Für g_0 siehe Abschnitt 8.2.

8.2. Beschreibung der Trapezbleche

Das Trapezblech entspricht einer Trapezgeometrie von 137-310-930 wie folgt:

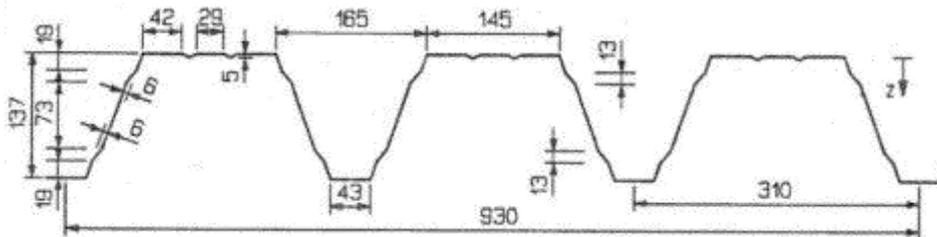


Abbildung 8.2 – 137-310-930 Stahl-Trapezblech in positiv

Profilbreite b_r is 310 mm. Stegneigung $\varphi = 66^\circ$.

Das Profil ist in der Stahlgüte S 320 GD + Z 275 in 0,75 mm Nenndicke. Das Eigengewicht g_0 des Profils beträgt $0,097 \text{ kN/m}^2$.

Die Tragfähigkeitswerte dieser Profile werden durch Berechnung nach [2] und unter Berücksichtigung eines Teilsicherheitsbeiwertes $\gamma_m = 1,10$ ermittelt:

Momententragfähigkeit in normaler Profillage bei andrückender Belastung:

$$M_{b,Rd} = 8,17/1,1 = 7,42 \text{ [kNm/m]}$$

- Momententragfähigkeit an der Stütze bei umgekehrter Profillage bei andrückender Belastung:

$$M_{b,Rd} = 9,66/1,1 = 8,78 \text{ [kNm/m]}$$

- Momententragfähigkeit in normaler Profillage bei abhebender Belastung:

$$M_{b,Rd} = 9,66/1,1 = 8,78 \text{ [kNm/m]}$$

- Momententragfähigkeit an der Stütze bei umgekehrter Profillage bei abhebender Belastung:

$$M_{b,Rd} = 8,30/1,1 = 7,54 \text{ [kNm/m]}$$

- Querkrafttragfähigkeit am Zwischenaufleger (160 Stützweite):

$$R_{w,Rd,B} = 22,82/1,1 = 20,74 \text{ [kN/m]}$$

Bemessungsregeln für Trapezprofilstöße

- Querkrafttragfähigkeit am Zwischenaufleger bei umgekehrter Profillage (160 mm Stützweite):

$$R_{w,Rd,B,la=160} = 22,89/1,1 = 20,80 \text{ [kN/m]}$$

- Scherfestigkeit:

$$V_{w,Rd} = 28,49/1,1 = 25,9 \text{ [kN/m]}$$

8.3. Beschreibung der Verbindungsmittel und Profilstöße

Die Verbindungsmittel entsprechen [2] Abschnitt 8 und sind Schrauben mit einem Durchmesser von 6,3 mm, deren Scherfestigkeitswerte im Rahmen einer ETA liegen.

Die Scherfestigkeit jeder Schraube beträgt bei zwei Stahldicken von 0,75 mm $F_{v,Rd} = 0,875 \text{ kN}$ und damit: $\sum F_{v,Rd} = 3,50 \text{ kN}$.

Jede Einheit von 4 Schrauben hat einen Abstand von 30 mm vom Ende der Überlappung und dem oberen Gurt des Profils, und der Abstand zwischen den Schrauben beträgt 30 mm.

Das Flachdach des Gebäudes 1 besteht aus Stahlblechen, die mit einzelnen Überlappungsstößen mit einem Überstand oben und unten montiert werden. Die Überlappungslänge (a) beträgt 0,80 m.

Das Flachdach des Gebäudes 2 ist auf zwei Bereiche aufgeteilt: eine mit Stahlblechen, die mit doppelter Überlappungsfuge montiert sind, und eine mit durchgehenden Profilen mit lokaler Verstärkung. Die Überlappungslänge ist gleich der Verstärkungslänge: $a = 0,80 \text{ m}$.

8.4. Überprüfung der Profilstöße für Gebäude 1

8.4.1. Belastung

Es wird ein System mit gleichen Spannweiten $L = 5,45 \text{ m}$ mit gleichmäßig verteilter Belastung bemessen.

Für den Winddruck und die maßgebende Lastfallkombinationen (siehe Abschnitt **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) ergibt sich:

- Ein wirkendes Moment am Zwischenaufleger: $M_{B,Ed} = (Q^+ \cdot L^2)/8 = (1,5 \cdot 5,45^2)/8 = 5,57 \text{ kNm/m}$;
- Eine Querkraft am Zwischenaufleger: $R_{B,Ed} = 1,25 \cdot Q^+ \cdot L = 1,25 \cdot 1,5 \cdot 5,45 = 10,22 \text{ kN/m}$;
- Eine maximale Scherkraft: $V_{L,Ed} = (5 \cdot Q^+ \cdot L)/8 = (5 \cdot 1,5 \cdot 5,45)/8 = 5,11 \text{ kN/m}$.

Für den Windsog und die maßgebende Lastfallkombinationen (siehe Abschnitt **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) ergibt sich:

- Ein wirkendes Moment am Zwischenaufleger: $M_{B,Ed} = (Q^- \cdot L^2)/8 = (1,51 \cdot 5,45^2)/8 = 5,61 \text{ kNm/m}$;
- Eine Querkraft am Zwischenaufleger: $R_{B,Ed} = 1,25 \cdot Q^- \cdot L = 1,25 \cdot 1,51 \cdot 5,45 = 10,29 \text{ kN/m}$;
- Eine maximale Scherkraft: $V_{L,Ed} = (5 \cdot Q^- \cdot L)/8 = (5 \cdot 1,51 \cdot 5,45)/8 = 5,14 \text{ kN/m}$.

Bemessungsregeln für Trapezprofilstöße

8.4.2. Stahlbleche montiert mit einfacher Überlappung oben

Verification of the resistance of the assembly

Für andrückende Belastung:

- Moment am Zwischenauflager: $\frac{M_{B,Ed}}{M_{B,Rd}} = \frac{5,57}{7,42} = 0,751 < 1,0$;
- Querkraft am Zwischenauflager: $\frac{R_{B,Ed}}{R_{w,Rd,B}} = \frac{10,22}{20,74} = 0,493 < 1,0$;
- Interaktion zwischen Moment und Querkraft: $\frac{M_{B,Ed}}{M_{B,Rd}} + \frac{R_{B,Ed}}{R_{w,Rd,B}} = 0,751 + 0,493 = 1,244 < 1,25$.

Für abhebende Belastung:

- Moment am Zwischenauflager: $\frac{M_{B,Ed}}{M_{B,Rd}} = \frac{5,61}{8,78} = 0,638 < 1,0$;
- Scherkraft: $\frac{V_{L,Ed}}{V_{w,Rd}} = \frac{5,14}{25,90} = 0,199 < 1,0$;
- Interaktion zwischen Moment und Scherkraft: $\frac{M_{B,Ed}}{M_{B,Rd}} + \frac{V_{L,Ed}}{V_{w,Rd}} = 0,638 + 0,199 = 0,837 < 1,25$.

Darüber hinaus muss die Überprüfung der Verbindungselemente gemäß [2] durchgeführt werden.

Überprüfung der Stegkrümmung

Für andrückende Belastung: $\frac{M_{B,Ed}}{(a \cdot 0,5 \cdot R_{w,Rd,B,la=160})} = \frac{5,57}{(0,8 \cdot 0,5 \cdot 20,80)} = 0,670 < 1,0$.

Für die abhebende Belastung ist eine Überprüfung des Stegkrüppelns nicht erforderlich.

Überprüfung der Verbindung K_{Ed}

$$K_{Ed} = \frac{|(5,57/0,8)+5,11|}{(2 \cdot \sin(66^\circ))} \cdot 0,31 = 2,05 \text{ kN}$$

$$\frac{K_{Ed}}{\sum F_{V,Rd}} = \frac{2,05}{3,50} = 0,585 < 1,0$$

8.4.3. Stahlbleche montiert mit einfacher Überlappung unten

Überprüfung der Tragfähigkeit des Profilstoßes

Für andrückende Belastung:

- Moment am Zwischenauflager: $\frac{M_{B,Ed}}{M_{B,Rd}} = \frac{5,57}{7,42} = 0,751 < 1,0$;
- Querkraft am Zwischenauflager: $\frac{R_{B,Ed}}{R_{w,Rd,B}} = \frac{10,22}{20,74} = 0,493 < 1,0$;
- Interaktion zwischen Moment und Querkraft: $\frac{M_{B,Ed}}{M_{B,Rd}} + \frac{R_{B,Ed}}{R_{w,Rd,B}} = 0,751 + 0,493 = 1,244 < 1,25$.

Bemessungsregeln für Trapezprofilstöße

Für abhebende Belastung:

- Moment am Zwischenaufleger: $\frac{M_{B,Ed}}{M_{B,Rd}} = \frac{5,61}{8,78} = 0,638 < 1,0$;
- Scherkraft: $\frac{V_{L,Ed}}{V_{w,Rd}} = \frac{5,14}{25,90} = 0,199 < 1,0$;
- Interaktion zwischen Moment und Scherkraft: $\frac{M_{B,Ed}}{M_{B,Rd}} + \frac{V_{L,Ed}}{V_{w,Rd}} = 0,638 + 0,199 = 0,837 < 1,25$.

Darüber hinaus muss die Überprüfung der Verbindungselemente gemäß [2] durchgeführt werden.

Überprüfung der Stegkrüppung

For both case of loading, no verification is needed.

Überprüfung der Verbindung K_{Ed}

$$K_{Ed} = \frac{|5,57|}{(2 \cdot 0,8 \cdot \sin(66^\circ))} \cdot 0,31 = 1,18 \text{ kN}$$

$$\frac{K_{Ed}}{\sum F_{V,Rd}} = \frac{1,18}{3,50} = 0,338 < 1,0$$

8.5. Überprüfung der Profilstöße für Gebäude 2

8.5.1. Stahlprofilblech

Das Profilstahlblech entspricht einer Trapezgeometrie von 137-310-930 gemäß Abschnitt 8.2.

Profilbreite b_r , ist 310 mm. Stegneigung $\varphi = 66^\circ$.

Das Profil ist in der Stahlgüte S 320 GD + Z 275 in 0,75 mm Nenndicke. Das Eigengewicht g_0 des Profils beträgt 0,097 kN/m².

Die Tragfähigkeitswerte dieser Profile sind:

- Momententragfähigkeit in normaler Profillage bei andrückender Belastung:

$$M_{b,Rd} = 7,42 \text{ [kNm/m]}$$

- Momententragfähigkeit an der Stütze bei umgekehrter Profillage bei andrückender Belastung:

$$M_{b,Rd} = 8,78 \text{ [kNm/m]}$$

- Momententragfähigkeit in normaler Profillage bei abhebender Belastung:

$$M_{b,Rd} = 8,78 \text{ [kNm/m]}$$

- Momententragfähigkeit an der Stütze bei umgekehrter Profillage bei abhebender Belastung:

$$M_{b,Rd} = 7,54 \text{ [kNm/m]}$$

- Querkrafttragfähigkeit am Zwischenaufleger (160 Stützweite):

$$R_{w,Rd,B} = 20,74 \text{ [kN/m]}$$

- Querkrafttragfähigkeit am Zwischenaufleger bei umgekehrter Profillage (160 mm Spannweite):

$$R_{w,Rd,B,la=160} = 20,80 \text{ [kN/m]}$$

- Scherfestigkeit:

$$V_{w,Rd} = 25,9 \text{ [kN/m]}$$

8.5.2. Belastung

Es wird ein System mit gleichen Spannweiten $L = 5,45 \text{ m}$ mit gleichmäßig verteilter Belastung bemessen.

Für den Winddruck und die maßgebende Lastfallkombinationen (siehe Abschnitt **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) ergibt sich:

- Ein wirkendes Moment am Zwischenauflager: $M_{B,Ed} = (Q^+ \cdot L^2)/8 = (2,51 \cdot 5,45^2)/8 = 9,33 \text{ kNm/m}$;
- Eine Querkraft am Zwischenauflager: $R_{B,Ed} = 1,25 \cdot Q^+ \cdot L = 1,25 \cdot 2,51 \cdot 5,45 = 17,12 \text{ kN/m}$;
- Eine maximale Scherkraft: $V_{L,Ed} = (5 \cdot Q^+ \cdot L)/8 = (5 \cdot 2,51 \cdot 5,45)/8 = 8,56 \text{ kN/m}$.
- Ein Moment am Ende der Überlappung von $3,29 \text{ kNm/m}$ ($M_{I,Ed} = M_{II,Ed}$) wie in Abbildung 8.5.2 gezeigt:

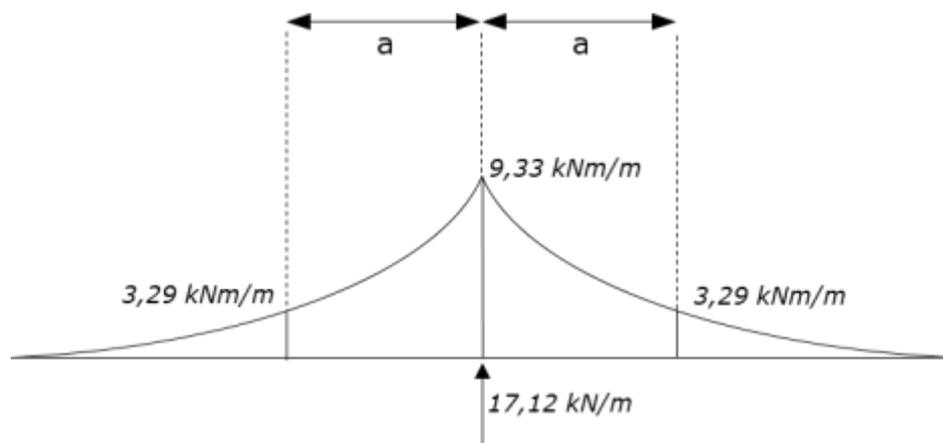


Abbildung 8.5.2a – Momentenverteilung bei andrückender Belastung.

Für den Windsog und die maßgebende Lastfallkombinationen (siehe Abschnitt **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) ergibt sich:

- Ein wirkendes Moment am Zwischenauflager: $M_{B,Ed} = (Q^- \cdot L^2)/8 = (0,76 \cdot 5,45^2)/8 = 2,82 \text{ kNm/m}$;
- Eine Querkraft am Zwischenauflager: $R_{B,Ed} = 1,25 \cdot Q^- \cdot L = 1,25 \cdot 0,76 \cdot 5,45 = 5,18 \text{ kN/m}$;
- Eine maximale Scherkraft: $V_{L,Ed} = (5 \cdot Q^- \cdot L)/8 = (5 \cdot 0,76 \cdot 5,45)/8 = 2,59 \text{ kN/m}$.
- Ein Moment am Ende der Überlappung von $0,99 \text{ kNm/m}$ ($M_{I,Ed} = M_{II,Ed}$) wie in Abbildung 8.5.2b gezeigt:

Bemessungsregeln für Trapezprofilstöße

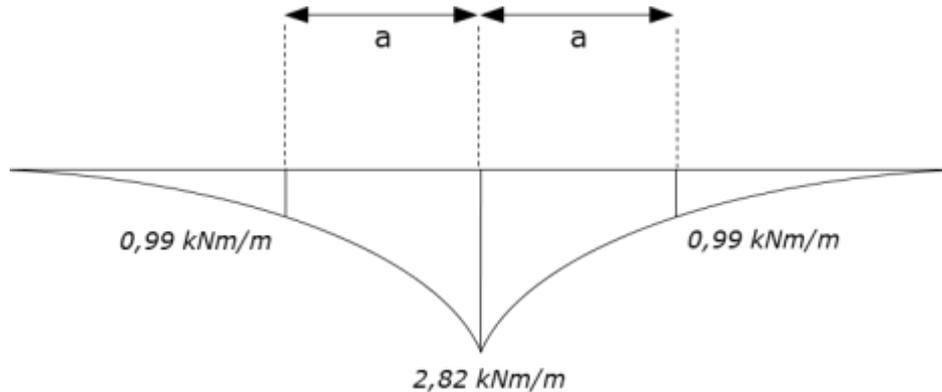


Abbildung 8.5.2a – Momentenverteilung bei abhebender Belastung.

8.5.3. Trapezprofilstöße mit Doppelüberlappung

Überprüfung der Tragfähigkeit des Profilstoßes an der Stützachse

Für andrückende Belastung:

- Moment am Zwischenaufleger: $\frac{M_{B,Ed}}{0,9 \cdot \sum M_{B,Rd}} = \frac{9,33}{0,9 \cdot 2 \cdot 7,42} = 0,699 < 1,0;$
- Querkraft am Zwischenaufleger: $\frac{R_{B,Ed}}{0,9 \cdot \sum R_{w,Rd,B}} = \frac{17,12}{0,9 \cdot 2 \cdot 20,74} = 0,459 < 1,0;$
- Interaktion zwischen Moment und Querkraft: $\frac{M_{B,Ed}}{0,9 \cdot \sum M_{B,Rd}} + \frac{R_{B,Ed}}{0,9 \cdot \sum R_{w,Rd,B}} = 0,699 + 0,459 = 1,158 < 1,25.$

Für abhebende Belastung:

- Moment am Zwischenaufleger: $\frac{M_{B,Ed}}{0,9 \cdot \sum M_{B,Rd}} = \frac{2,82}{0,9 \cdot 2 \cdot 8,78} = 0,178 < 1,0;$
- Scherkraft: $\frac{V_{L,Ed}}{0,9 \cdot \sum V_{w,Rd}} = \frac{2,59}{0,9 \cdot 2 \cdot 25,90} = 0,056 < 1,0;$
- Interaktion zwischen Moment und Scherkraft: $\frac{M_{B,Ed}}{0,9 \cdot \sum M_{B,Rd}} + \frac{V_{L,Ed}}{0,9 \cdot \sum V_{w,Rd}} = 0,178 + 0,056 = 0,234 < 1,25.$

Nachweis der Tragfähigkeit des durchgehenden Profils an den Enden der Überlappung

Für die andrückenden Belastungen setzt sich der Nachweis wie folgt zusammen:

$$\text{Line load } F_{Ed} = \frac{M_{B,Ed}}{2 \cdot a} = \frac{9,33}{2 \cdot 0,8} = 5,83 \text{ kN/m}$$

$$\frac{M_{I,Ed}}{M_{B,Rd}} = \frac{M_{II,Ed}}{M_{B,Rd}} = \frac{3,29}{7,54} = 0,436 \leq 1,0;$$

$$\frac{F_{Ed}}{V_{w,Rd}} = \frac{5,83}{25,90} = 0,225 \leq 1,0;$$

Bemessungsregeln für Trapezprofilstöße

$$\frac{M_{I,Ed}}{M_{B,Rd}} + \frac{F_{Ed}}{V_{w,Rd}} = 0,374 + 0,225 = 0,599 < 1,25.$$

Für die abhebenden Belastungen setzt sich der Nachweis wie folgt zusammen:

$$\text{Line load } F_{Ed} = \frac{M_{B,Ed}}{2 \cdot a} = \frac{2,82}{2 \cdot 0,8} = 1,76 \text{ kN/m}$$

$$\frac{M_{I,Ed}}{M_{B,Rd}} = \frac{M_{II,Ed}}{M_{B,Ed}} = \frac{0,99}{8,78} = 0,113 \leq 1,0;$$

$$\frac{F_{Ed}}{R_{w,Rd,B}} = \frac{1,76}{20,80} = 0,085 \leq 1,0;$$

$$\frac{M_{I,Ed}}{M_{B,Rd}} + \frac{F_{Ed}}{R_{w,Rd,B}} = 0,113 + 0,085 = 0,198 \leq 1,25.$$

Überprüfung der Stegkrüpfung

Für andrückende Belastung:

$$\frac{M_{B,Ed}}{(2 \cdot a \cdot 0,5 \cdot R_{w,Rd,B,la=160})} = \frac{9,33}{(2 \cdot 0,8 \cdot 0,5 \cdot 20,80)} = 0,561 < 1,0$$

Für die abhebende Belastung ist eine Überprüfung des Stegkrüppels nicht erforderlich.

Überprüfung der Verbindung K_{Ed}

Für andrückende Belastung:

$$K_{Ed} = \frac{9,33}{(4 \cdot 0,8 \cdot \sin(66))} \cdot 0,31 = 0,99 \text{ kN}$$

Und:

$$\frac{K_{Ed}}{\sum F_{V,Rd}} = \frac{0,99}{3,50} = 0,283 \leq 1,0$$

Für andrückende Belastung:

$$K_{Ed} = \frac{2,82}{(4 \cdot 0,8 \cdot \sin(66))} \cdot 0,31 = 0,30 \text{ kN}$$

Und:

$$\frac{K_{Ed}}{\sum F_{V,Rd}} = \frac{0,30}{3,50} = 0,085 \leq 1,0$$

8.5.4. Durchgehendes Profil mit lokaler Verstärkung

Überprüfung der Tragfähigkeit des Profilstoßes an der Stützachse

Für andrückende Belastung:

- Moment am Zwischenaufleger: $\frac{M_{B,Ed}}{0,9 \cdot \sum M_{B,Rd}} = \frac{9,33}{0,9 \cdot 2 \cdot 7,42} = 0,699 < 1,0;$

- Querkraft am Zwischenaufleger: $\frac{R_{B,Ed}}{0,9 \cdot \sum R_{w,Rd,B}} = \frac{17,12}{0,9 \cdot 2 \cdot 20,74} = 0,459 < 1,0;$

Bemessungsregeln für Trapezprofilstöße

- Interaktion zwischen Moment und Querkraft: $\frac{M_{B,Ed}}{0,9 \cdot \sum M_{B,Rd}} + \frac{R_{B,Ed}}{0,9 \cdot \sum R_{w,Rd,B}} = 0,699 + 0,459 = 1,158 < 1,25.$

Für abhebende Belastung:

- Moment am Zwischenaufleger: $\frac{M_{B,Ed}}{0,9 \cdot \sum M_{B,Rd}} = \frac{2,82}{0,9 \cdot 2 \cdot 8,78} = 0,178 < 1,0;$
- Scherkraft: $\frac{V_{L,Ed}}{0,9 \cdot \sum V_{w,Rd}} = \frac{2,59}{0,9 \cdot 2 \cdot 25,90} = 0,056 < 1,0;$
- Interaktion zwischen Moment und Scherkraft: $\frac{M_{B,Ed}}{0,9 \cdot \sum M_{B,Rd}} + \frac{V_{L,Ed}}{0,9 \cdot \sum V_{w,Rd}} = 0,178 + 0,056 = 0,234 < 1,25.$

Nachweis der Tragfähigkeit des durchgehenden Profils an den Enden der Überlappung

Für die andrückenden Belastungen setzt sich der Nachweis wie folgt zusammen:

$$\text{Streckenlast } F_{Ed} = \frac{M_{B,Ed}}{2 \cdot a} = \frac{9,33}{2 \cdot 0,8} = 5,83 \text{ kN}$$

$$\frac{M_{I,Ed}}{M_{B,Rd}} = \frac{M_{II,Ed}}{M_{B,Rd}} = \frac{3,29}{7,54} = 0,436 \leq 1,0;$$

$$\frac{F_{Ed}}{V_{w,Rd}} = \frac{5,83}{25,90} = 0,225 \leq 1,0;$$

$$\frac{M_{I,Ed}}{M_{B,Rd}} + \frac{F_{Ed}}{V_{w,Rd}} = 0,436 + 0,225 = 0,661 < 1,25.$$

Für die abhebenden Belastungen setzt sich der Nachweis wie folgt zusammen:

$$\text{Streckenlast } F_{Ed} = \frac{M_{B,Ed}}{2 \cdot a} = \frac{2,82}{2 \cdot 0,8} = 1,76 \text{ kN/m}$$

$$\frac{M_{I,Ed}}{M_{B,Rd}} = \frac{M_{II,Ed}}{M_{B,Ed}} = \frac{0,99}{8,78} = 0,113 \leq 1,0;$$

$$\frac{F_{Ed}}{R_{w,Rd,B}} = \frac{1,76}{20,80} = 0,085 \leq 1,0;$$

$$\frac{M_{I,Ed}}{M_{B,Rd}} + \frac{F_{Ed}}{R_{w,Rd,B}} = 0,113 + 0,085 = 0,198 \leq 1,25.$$

Überprüfung der Stegkrüppung

Für andrückende Belastung:

$$\frac{M_{B,Ed}}{(2 \cdot a \cdot 0,5 \cdot R_{w,Rd,B,la=160})} = \frac{9,33}{(2 \cdot 0,8 \cdot 0,5 \cdot 20,80)} = 0,561 < 1,0$$

Für die abhebende Belastung ist eine Überprüfung des Stegkrüppels nicht erforderlich.

Überprüfung der Verbindung K_{Ed}

Für andrückende Belastung:

Bemessungsregeln für Trapezprofilstöße

$$K_{Ed} = \frac{9,33}{(4 \cdot 0,8 \cdot \sin(66))} \cdot 0,31 = 0,99 \text{ kN}$$

Und:

$$\frac{K_{Ed}}{\sum F_{V,Rd}} = \frac{0,99}{3,50} = 0,283 \leq 1,0$$

Für andrückende Belastung:

$$K_{Ed} = \frac{2,82}{(4 \cdot 0,8 \cdot \sin(66))} \cdot 0,31 = 0,30 \text{ kN}$$

Und:

$$\frac{K_{Ed}}{\sum F_{V,Rd}} = \frac{0,30}{3,50} = 0,085 \leq 1,0$$

8.6. Software-Überprüfung

8.6.1. Softwareinformationen

Eine Excel-Software ist auf der GRISPE plus Webseite (www.grispeplus.eu) erhältlich.

8.6.2. Validierung des ersten Falles mit Gebäude 1

Für das Gebäude 1 werden die erste und zweite Registerkarte der Excel-Software verwendet.

Erste Eingabedaten sind die Kennwerte des Profils, der betrachtete Teilsicherheitsbeiwert γ_M und der Gesamtschubwiderstand der Verbindungsmittel (im Steg). Sie sind gemäß Abbildung 8.6.2a und 8.6.2b implementiert:

- Charakteristische Biegesteifigkeit am Träger für normale Profillage bei andrückender Belastung:
 $M_{c,Rk,B} = M_{b,Rd} = 8,17 \text{ [kNm/m]}$;
- Charakteristische Querkrafttragfähigkeit (160 mm Breite des Trägers): $R_{w,Rk,B} = R_{w,Rd,B} = 22,82 \text{ [kN/m]}$;
- Charakteristische Tragfähigkeit bei entgegengesetzter Profillage (160 mm Stützenbreite):
 $R_{w,Rk,B,laB=160} = R_{w,Rd,B,la=160} = 22,89 \text{ [kN/m]}$;
- Scherfestigkeit: $V_{w,Rk} = V_{w,Rd} = 28,49 \text{ [kN/m]}$;
- Teilsicherheitsfaktor $\gamma_m = 1,10$;
- Gesamte Scherfestigkeit der Verbindungsmittel: $\sum F_{V,Rd} = 3,50 \text{ kN}$.

Zweite Eingabedaten sind die Lastfallkombination, siehe Abschnitt 8.1.2 wie folgt:

- Für andrückende Belastung:
 - o Moment am Zwischenaufleger: $M_{B,Ed} = 5,57 \text{ kNm/m}$;
 - o Auflagerreaktion am Zwischenaufleger: $R_{B,Ed} = 10,22 \text{ kN/m}$;

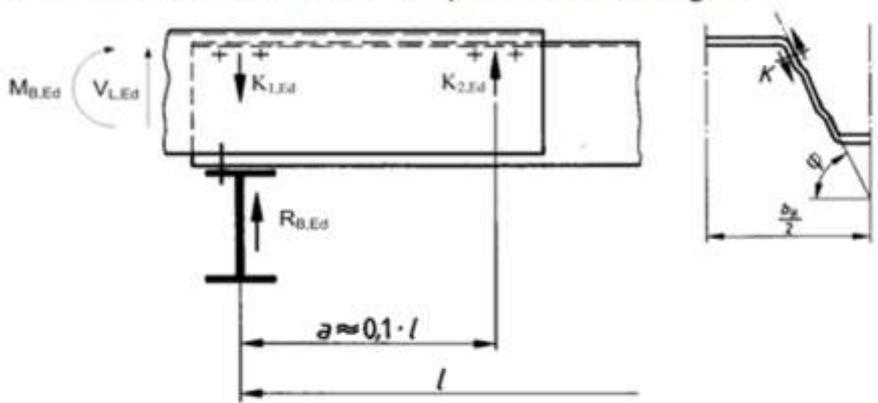
Bemessungsregeln für Trapezprofilstöße

- Für abhebende Belastung: Scherbelastung von $V_{L,Ed} = 5,14$ kN/m;
- Profilbreite: $b_R = 0,31$ m;
- Überlappungslänge: $a = 0,80$ m;
- Stegneigung: $\varphi = 66^\circ$.

Please fill in the red cells

Verification

Notice: If verification is not fulfilled please increase length a.



$M_{c,Rk,B}$	8,17	[kNm/m]	$M_{B,Ed}$	5,57	[kNm/m]
$R_{w,Rk,B}$	22,82	[kN/m]	$R_{B,Ed}$	10,22	[kN/m]
$R_{w,Rk,B,laB=160}$	22,89	[kN/m]	$V_{L,Ed}$	5,14	[kN/m]
$V_{w,Rk}$	28,49	[kN/m]	b_R	0,31	[m]
Y_M	1,10	[-]	length a	0,80	[m]
$\Sigma F_{v,Rd}$	3,50	[kN]	φ	66,00	[°]

Notice: $R_{w,Rk,B,laB=160}$ mm for opposite profile position
 $\Sigma F_{v,Rd} = n \times F_{v,Rd}$ shear resistance value according to EN 1993-1-3 or ETA at each coupling point
 Bending moment distribution like for continuous profile.

a.) Verification of the profile at intermediate support

downward load:	$M_{B,Ed} / M_{c,Rd,B} \leq 1.0$	0,75	[-]
	$R_{B,Ed} / R_{w,Rd,B} \leq 1.0$	0,49	[-]
uplift load:	$V_{L,Ed} / V_{w,Rd} \leq 1.0$	0,20	[-]

Notice: Verification of M-R-interaction or M-V-interaction according to used type design must be done additionally depending on downward or uplift design loads.

b.) Check of the free end of the cantilever, if the line load F_{Ed} introduced by the connections K_i may create web-crippling
 downward and uplift load:

No additional verification necessary

c.) Verification of the connections

$K_{Ed} = M_{B,Ed} / a / (2 \times \sin(\varphi)) \times b_R$	1,18	[kN]
$K_{Ed} / \Sigma F_{v,Rd} \leq 1.0$	0,34	[-]

Abbildung 8.6.2a – Excel-Tabelle für Trapezprofilstöße mit Einfachüberlappung oben

Bemessungsregeln für Trapezprofilstöße

Please fill in the red cells

Verification

Notice: If verification is not fulfilled please increase length a.

$M_{c,Rk,B}$	8,17	[kNm/m]	$M_{B,Ed}$	5,57	[kNm/m]
$R_{w,Rk,B}$	22,82	[kN/m]	$R_{B,Ed}$	10,22	[kN/m]
$R_{w,Rk,B,laB=160}$	22,89	[kN/m]	$V_{L,Ed}$	5,14	[kN/m]
$V_{w,Rk}$	28,49	[kN/m]	b_R	0,31	[m]
Y_M	1,10	[-]	length a	0,80	[m]
$\Sigma F_{v,Rd}$	3,50	[kN]	φ	66,00	[°]

Notice: $R_{w,Rk,B,laB=160}$ mm for opposite profile position
 $\Sigma F_{v,Rd} = n \times F_{v,Rd}$ shear resistance value according to EN 1993-1-3 or ETA at each coupling point
 Bending moment distribution like for continuous profile.

a.) Verification of the profile at intermediate support

	$M_{B,Ed} / M_{c,Rd,B} \leq 1.0$	0,75	[-]
downward load:	$R_{B,Ed} / R_{w,Rd,B} \leq 1.0$	0,49	[-]
uplift load:	$V_{L,Ed} / V_{w,Rd} \leq 1.0$	0,20	[-]

Notice: Verification of M-R-interaction or M-V-interaction according to used type design must be done additionally depending on downward or uplift design loads.

b.) Check of the free end of the cantilever, if the line load F_{Ed} introduced by the connections K_i may create web-crippling
 downward and uplift load:

No additional verification necessary

c.) Verification of the connections

$K_{Ed} = M_{B,Ed} / a / (2 \times \sin(\varphi)) \times b_R$	1,18	[kN]
$K_{Ed} / \Sigma F_{v,Rd} \leq 1.0$	0,34	[-]

Abbildung 8.6.2b – Excel-Tabelle für Trapezprofilstöße mit Einfachüberlappung unten

Bemessungsregeln für Trapezprofilstöße

Vergleich zwischen Analysenergebnis und Excel-Softwareergebnis für Einfachüberlappung oben

Für diesen Vergleich ist das Analyseergebnis (Abschnitt 8.4.2) maßgebend.

Objekt	Analytisch	Excel Software	Fehler [%]
Überprüfung am Zwischenaufleger			
Andrückende Belastung			
Moment am Zwischenaufleger	0,751	0,75	-0,13 %
Querkraft am Zwischenaufleger	0,493	0,49	-0,6 %
Abhebende Belastung			
Scherfestigkeit	0,199	0,20	0,5 %
Überprüfung Stegkrüppeln			
Andrückende Belastung	0,67	0,67	0 %
Abhebende Belastung	-	-	
Überprüfung der Verbindung			
Belastung im Stoß	2,05	2,05	0 %
Tragfähigkeit der Verbindung	0,585	0,59	0,85 %

Tabelle 8.6.2a – Vergleich zwischen Analysenergebnis und Excel-Softwareergebnis für Einfachüberlappung oben

Die Werte, die von dieser Software gegeben werden, wenn man das Bemessungsbeispiel verwendet, führen zu sehr ähnlichen Ergebnissen. Alle Fehler sind kleiner als ± 1 %.

Vergleich zwischen Analysenergebnis und Excel-Softwareergebnis für Einfachüberlappung unten

Für diesen Vergleich ist das Analyseergebnis (Abschnitt 8.4.3) maßgebend.

Objekt	Analytisch	Excel Software	Fehler [%]
Überprüfung am Zwischenaufleger			
Andrückende Belastung			
Moment am Zwischenaufleger	0,751	0,75	-0,13 %
Querkraft am Zwischenaufleger	0,493	0,49	-0,6 %
Abhebende Belastung			
Scherfestigkeit	0,199	0,20	0,5 %
Überprüfung Stegkrüppeln	-	-	-
Überprüfung der Verbindung			
Belastung im Stoß	1,18	1,18	0 %
Tragfähigkeit der Verbindung	0,338	0,34	0,59 %

Tabelle 8.6.2b – Vergleich zwischen Analysenergebnis und Excel-Softwareergebnis für Einfachüberlappung unten

Die Werte, die von dieser Software gegeben werden, wenn man das Bemessungsbeispiel verwendet, führen zu sehr ähnlichen Ergebnissen. Alle Fehler sind kleiner als ± 1 %.

8.6.3. Validierung des zweiten Falles mit Gebäude 2

Für das Gebäude 2 werden die dritte und vierte Registerkarte der Excel-Software verwendet.

Erste Eingabedaten sind die Kennwerte des Profils, der betrachtete Teilsicherheitsbeiwert γ_M und der Gesamtschubwiderstand der Verbindungsmittel (im Steg). Sie sind gemäß Abbildung 8.6.3a und 8.6.3b implementiert:

Bemessungsregeln für Trapezprofilstöße

- Für andrückende Belastung:
 - Charakteristische Biegesteifigkeit auf der Auflage für normale Profillage bei andrückender Belastung: $M_{c,Rk,B}^{(+)} = M_{b,Rd} = 8,17$ [kNm/m];
 - Charakteristische Querkrafttragfähigkeit (160 mm Tragbreite): $R_{w,Rk,B}^{(+)} = R_{w,Rd,B} = 22,82$ [kN/m];
 - Charakteristische Biegesteifigkeit der Abstützung bei entgegengesetzter Profillage unter abhebender Belastung: $M_{c,Rk,B}^{(-)} = M_{b,Rd} = 8,30$ [kNm/m];
 - Scherfestigkeit: $V_{w,Rk}^{(-)} = V_{w,Rd} = 28,49$ [kN/m];
 - Teilsicherheitsfaktor $\gamma_m = 1,10$;
 - Gesamte Scherfestigkeit der Verbindungsmittel: $\sum F_{V,Rd} = 3,50$ kN;
 - Charakteristische Tragfähigkeit bei entgegengesetzter Profillage (160 mm Stützenbreite): $R_{w,Rk,B,160mm} = R_{w,Rd,B,la=160} = 22,89$ [kN/m].

- Für abhebende Belastung:
 - Charakteristische Biegesteifigkeit auf der Auflage für normale Profillage bei abhebender Belastung: $M_{c,Rk,B}^{(+)} = M_{b,Rd} = 9,66$ [kNm/m];
 - Scherkraft: $V_{w,Rk}^{(+)} = V_{w,Rd} = 28,49$ [kN/m];
 - Momentenragfähigkeit bei entgegengesetzter Profillage an Zwischenaufleger für andrückende Belastung $M_{c,Rk,B}^{(-)} = M_{b,Rd} = 9,66$ [kNm/m];
 - Charakteristische Tragfähigkeit bei entgegengesetzter Profillage (160 mm Stützenbreite): $R_{w,Rd,B,la=160} = 22,89$ [kN/m];
 - Teilsicherheitsfaktor $\gamma_m = 1,10$;
 - Gesamte Scherfestigkeit der Verbindungsmittel: $\sum F_{V,Rd} = 3,50$ kN;

Zweite Eingabedaten sind die Lastfallkombination, siehe Abschnitt 8.1.4 wie folgt:

- Für andrückende Belastung:
 - Moment am Zwischenaufleger: $M_{B,Ed} = 9,33$ kNm/m;
 - Querkraft am Zwischenaufleger: $R_{B,Ed} = 17,12$ kN/m;
 - Moment am Ende der Überlappung (linke Seite des Trägers): $M_{I,Ed} = 3,29$ kNm/m;

Bemessungsregeln für Trapezprofilstöße

- Moment am Ende der Überlappung (rechte Seite des Trägers): $M_{II,Ed} = 3,29 \text{ kNm/m}$;
 - Profilbreite: $b_R = 0,31 \text{ m}$;
 - Überlappungslänge: $a = 0,80 \text{ m}$;
 - Stegneigung: $\varphi = 66^\circ$.
- Für abhebende Belastung:
- Moment am Zwischenaufleger: $M_{B,Ed} = 2,82 \text{ kNm/m}$;
 - Scherkraft $V_{Ed} = V_{L,Ed} = 2,59 \text{ kN/m}$;
 - Moment am Ende der Überlappung (linke Seite des Trägers): $M_{I,Ed} = 0,99 \text{ kNm/m}$;
 - Moment am Ende der Überlappung (rechte Seite des Trägers): $M_{II,Ed} = 0,99 \text{ kNm/m}$;
 - Profilbreite: $b_R = 0,31 \text{ m}$;
 - Überlappungslänge: $a = 0,80 \text{ m}$;
 - Stegneigung: $\varphi = 66^\circ$.

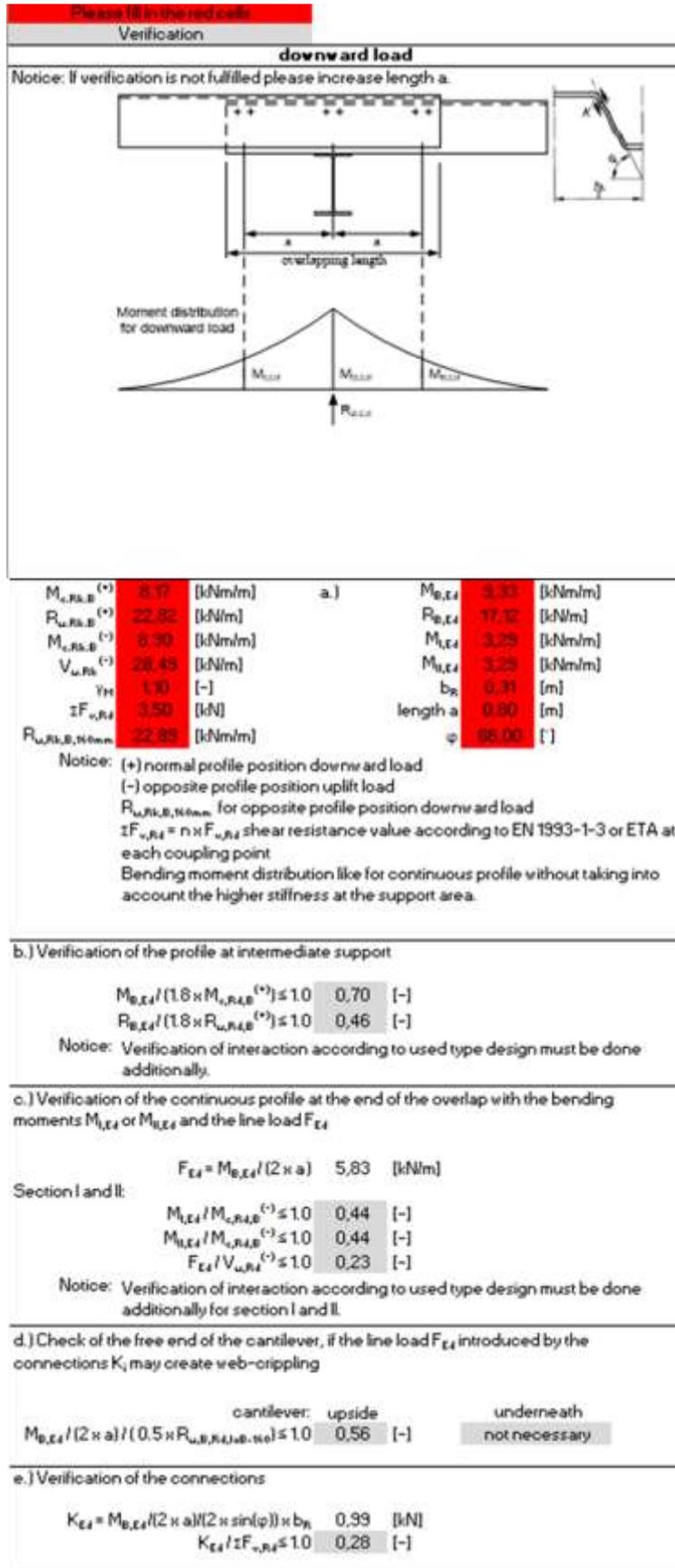


Abbildung 8.6.3a – Excel-Tabelle mit doppelter Überlappung – andrückende Belastung

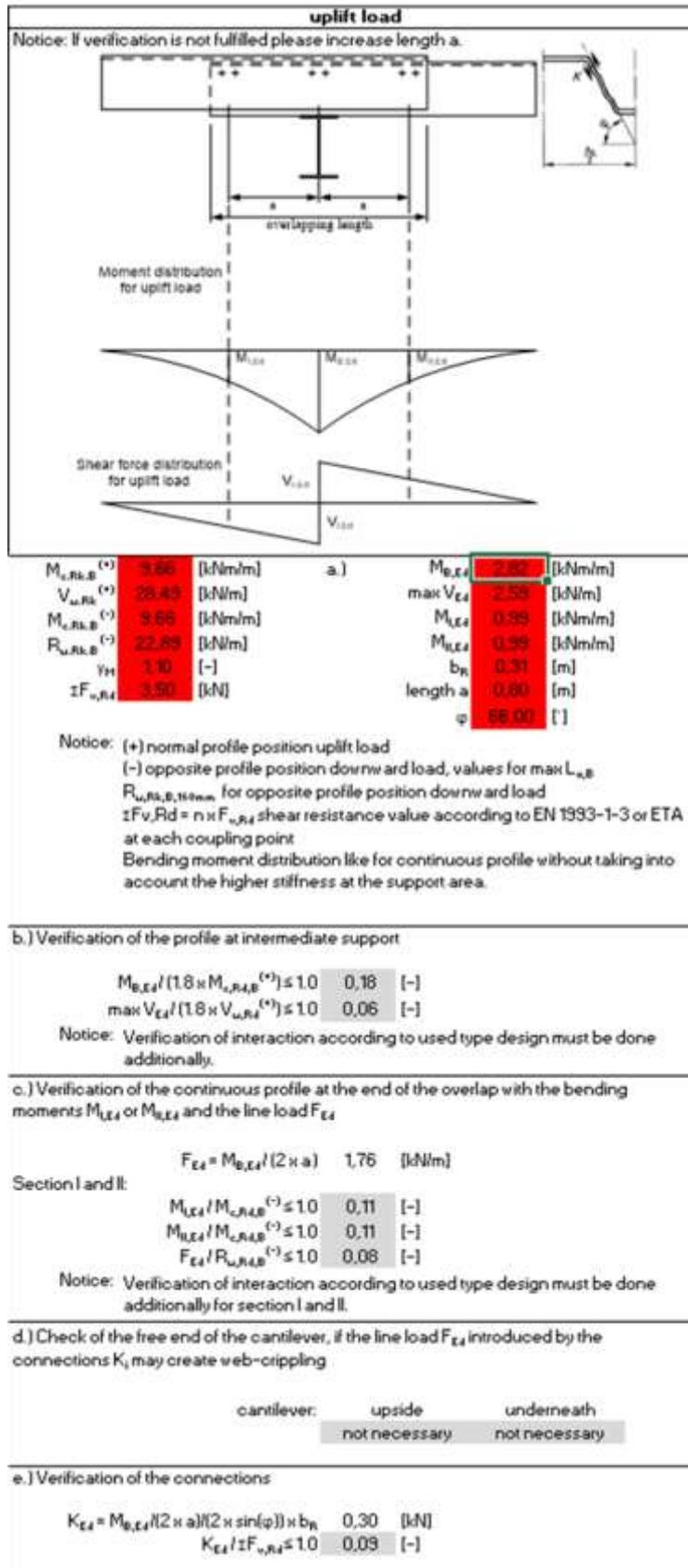


Abbildung 8.6.3b – Excel-Tabelle mit doppelter Überlappung – abhebende Belastung

Please fill in the red cells																																																		
Verification																																																		
downward load																																																		
Notice: If verification is not fulfilled please increase length a.																																																		
<table border="0"> <tr> <td>$M_{u,Rk,B}^{(+)}$</td> <td>8.17</td> <td>[kNm/m]</td> <td>a.)</td> <td>$M_{B,E4}$</td> <td>3.30</td> <td>[kNm/m]</td> </tr> <tr> <td>$R_{u,Rk,B}^{(+)}$</td> <td>22.82</td> <td>[kN/m]</td> <td></td> <td>$R_{B,E4}$</td> <td>12.12</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>$M_{c,Rk,B}^{(-)}$</td> <td>8.30</td> <td>[kNm/m]</td> <td></td> <td>$M_{u,E4}$</td> <td>3.29</td> <td>[kNm/m]</td> </tr> <tr> <td>$V_{u,Rk}^{(-)}$</td> <td>28.49</td> <td>[kN/m]</td> <td></td> <td>$M_{c,E4}$</td> <td>3.29</td> <td>[kNm/m]</td> </tr> <tr> <td>γ_{H1}</td> <td>1.10</td> <td>[-]</td> <td></td> <td>b_R</td> <td>0.31</td> <td>[m]</td> </tr> <tr> <td>$\Sigma F_{u,R4}$</td> <td>3.50</td> <td>[kN]</td> <td></td> <td>length a</td> <td>0.80</td> <td>[m]</td> </tr> <tr> <td>$R_{u,Rk,B,St6mm}$</td> <td>22.82</td> <td>[kN/m]</td> <td></td> <td>φ</td> <td>86.00</td> <td>[°]</td> </tr> </table>	$M_{u,Rk,B}^{(+)}$	8.17	[kNm/m]	a.)	$M_{B,E4}$	3.30	[kNm/m]	$R_{u,Rk,B}^{(+)}$	22.82	[kN/m]		$R_{B,E4}$	12.12	[kN/m]	$M_{c,Rk,B}^{(-)}$	8.30	[kNm/m]		$M_{u,E4}$	3.29	[kNm/m]	$V_{u,Rk}^{(-)}$	28.49	[kN/m]		$M_{c,E4}$	3.29	[kNm/m]	γ_{H1}	1.10	[-]		b_R	0.31	[m]	$\Sigma F_{u,R4}$	3.50	[kN]		length a	0.80	[m]	$R_{u,Rk,B,St6mm}$	22.82	[kN/m]		φ	86.00	[°]	
$M_{u,Rk,B}^{(+)}$	8.17	[kNm/m]	a.)	$M_{B,E4}$	3.30	[kNm/m]																																												
$R_{u,Rk,B}^{(+)}$	22.82	[kN/m]		$R_{B,E4}$	12.12	[kN/m]																																												
$M_{c,Rk,B}^{(-)}$	8.30	[kNm/m]		$M_{u,E4}$	3.29	[kNm/m]																																												
$V_{u,Rk}^{(-)}$	28.49	[kN/m]		$M_{c,E4}$	3.29	[kNm/m]																																												
γ_{H1}	1.10	[-]		b_R	0.31	[m]																																												
$\Sigma F_{u,R4}$	3.50	[kN]		length a	0.80	[m]																																												
$R_{u,Rk,B,St6mm}$	22.82	[kN/m]		φ	86.00	[°]																																												
Notice: (+) normal profile position downward load (-) opposite profile position uplift load $R_{u,Rk,B,St6mm}$ for opposite profile position downward load $\Sigma F_{u,R4} = n \times F_{u,R4}$ shear resistance value according to EN 1393-1-3 or ETA at each coupling point Bending moment distribution like for continuous profile without taking into account the higher stiffness at the support area.																																																		
b.) Verification of the profile at intermediate support																																																		
$M_{B,E4} / (1.8 \times M_{c,Rk,B}^{(-)}) \leq 1.0$ 0.70 [-] $R_{B,E4} / (1.8 \times R_{u,Rk,B}^{(-)}) \leq 1.0$ 0.46 [-]																																																		
Notice: Verification of interaction according to used type design must be done additionally.																																																		
c.) Verification of the continuous profile at the end of the overlap with the bending moments $M_{u,E4}$ or $M_{c,E4}$ and the line load F_{E4}																																																		
$F_{E4} = M_{B,E4} / (2 \times a)$ 5.83 [kN/m]																																																		
$\max(M_{u,E4} / M_{c,Rk,B}^{(-)}) \leq 1.0$ 0.44 [-] $F_{E4} / V_{u,Rk}^{(-)} \leq 1.0$ 0.23 [-]																																																		
Notice: Verification of interaction according to used type design must be done additionally.																																																		
d.) Check of the free end of the cantilever, if the line load F_{E4} introduced by the connections K_i may create web-crippling																																																		
$M_{B,E4} / (2 \times a) / ((0.5 \times R_{u,B,Rk,B,St6mm})) \leq 1.0$ 0.56 [-]																																																		
e.) Verification of the connections																																																		
$K_{E4} = M_{B,E4} / (2 \times a) / (2 \times \sin(\varphi)) \times b_R$ 0.99 [kN] $K_{E4} / \Sigma F_{u,R4} \leq 1.0$ 0.28 [-]																																																		

Abbildung 8.6.3c – Excel-Tabelle für ein Trapezprofilstoß mit lokaler Bewehrung- andrückende Belastung

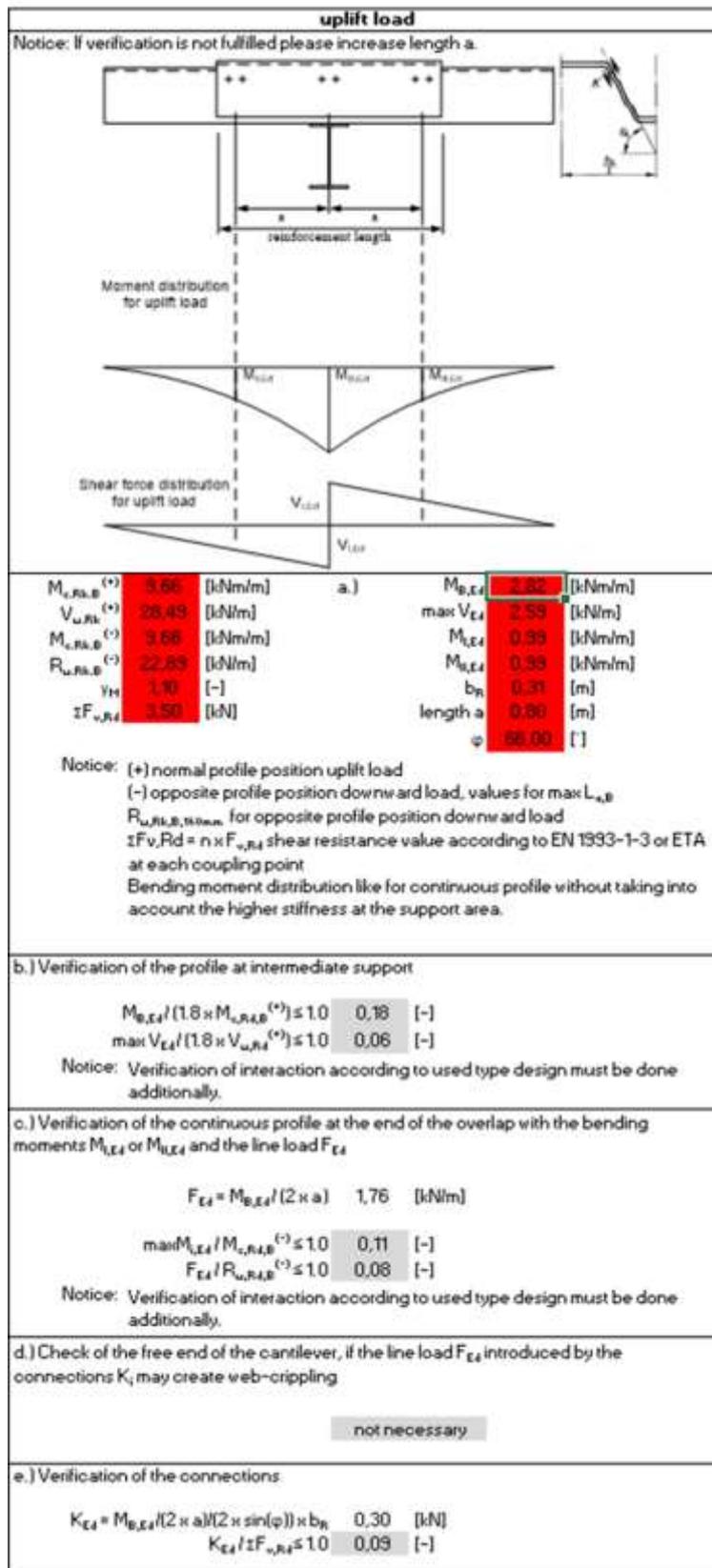


Abbildung 8.6.3d – Excel-Tabelle für ein Trapezprofilstoß mit lokaler Bewehrung- abhebende Belastung

Vergleich zwischen Analysenergebnis und Excel-Softwareergebnis bei Profilstößen mit doppelter Überlappungsfuge

Für diesen Vergleich ist das Analyseergebnis (Abschnitt 8.5.3) maßgebend.

Objekt	Analytisch	Excel Software	Fehler [%]
Überprüfung am Zwischenaufleger			
Andrückende Belastung			
Moment am Zwischenaufleger	0,699	0,70	0,14 %
Querkraft am Zwischenaufleger	0,459	0,46	0,22 %
Abhebende Belastung			
Moment am Zwischenaufleger	0,178	0,18	1,12 %
Querkraft am Zwischenaufleger	0,056	0,06	7,14 %
Überprüfung am Ende der Überlappung			
Andrückende Belastung			
Einwirkende Belastung	5,83	5,83	0 %
Moment am Ende der Überlappung	0,436	0,44	0,92 %
Scherfestigkeit	0,225	0,23	2,22 %
Abhebende Belastung			
Einwirkende Belastung	1,76	1,76	0 %
Moment am Ende der Überlappung	0,113	0,11	-2,65 %
Scherfestigkeit	0,085	0,08	-5,88 %
Überprüfung Stegkrüppeln			
Andrückende Belastung	0,561	0,56	-0,17 %
Abhebende Belastung	-	-	--
Überprüfung der Verbindung			
Andrückende Belastung			
Belastung im Stoß	0,99	0,99	0 %
Tragfähigkeit der Verbindung	0,283	0,28	-1,06 %
Abhebende Belastung			
Belastung im Stoß	0,30	0,30	0 %
Tragfähigkeit der Verbindung	0,085	0,09	5,88 %

Tabelle 8.6.3a – Vergleich zwischen Analysenergebnis und Excel-Softwareergebnis bei Profilstößen mit doppelter Überlappungsfuge

Die analytischen Ergebnisse wurden mit 3 Nachkommastellen dargestellt, während die Excel-Software die Ergebnisse mit 2 Stellen darstellt. Folglich ist der Ergebniswert eher schwach, der Fehler zwischen Excel-Software und Analyseergebnissen größer.

Werden analytische Ergebnisse mit 2 Ziffern dargestellt, wie z.B. mit der Excel-Software, beträgt der Fehler weniger als ± 1 %. Letztendlich sind die Werte, die von dieser Software unter Verwendung des Bemessungsbeispiels angegeben werden, akzeptabel.

Vergleich zwischen Analysenergebnis und Excel-Softwareergebnis bei Profilstößen mit durchgehenden Profilen und lokaler Verstärkung

Für diesen Vergleich ist das Analyseergebnis (Abschnitt 8.5.4) maßgebend.

Objekt	Analytisch	Excel Software	Fehler[%]
Überprüfung am Zwischenaufleger			
Andrückende Belastung			
Moment am Zwischenaufleger	0,699	0,70	0,14 %
Querkraft am Zwischenaufleger	0,459	0,46	0,22 %
Abhebende Belastung			
Moment am Zwischenaufleger	0,178	0,18	1,12 %
Querkraft am Zwischenaufleger	0,056	0,06	7,14 %
Überprüfung am Ende der Überlappung			
Andrückende Belastung			
Einwirkende Belastung	5,83	5,83	0 %
Moment am Ende der Überlappung	0,436	0,44	0,92 %
Scherfestigkeit	0,225	0,23	2,22 %
Abhebende Belastung			
Einwirkende Belastung	1,76	1,76	0 %
Moment am Ende der Überlappung	0,113	0,11	-2,65 %
Scherfestigkeit	0,085	0,08	-5,88 %
Überprüfung Stegkrüppeln			
Andrückende Belastung	0,561	0,56	-0,17 %
Abhebende Belastung	-	-	-
Überprüfung der Verbindung			
Andrückende Belastung			
Belastung im Stoß	0,99	0,99	0 %
Tragfähigkeit der Verbindung	0,283	0,28	-1,06 %
Abhebende Belastung			
Belastung im Stoß	0,30	0,30	0 %
Tragfähigkeit der Verbindung	0,085	0,09	5,88 %

Tabelle 8.6.3a – Vergleich zwischen Analysenergebnis und Excel-Softwareergebnis bei Profilstößen mit durchgehenden Profilen und lokaler Verstärkung

Die Schlussfolgerung für diesen Vergleich ist die gleiche wie für die Doppelüberlappung.

LITERATUR

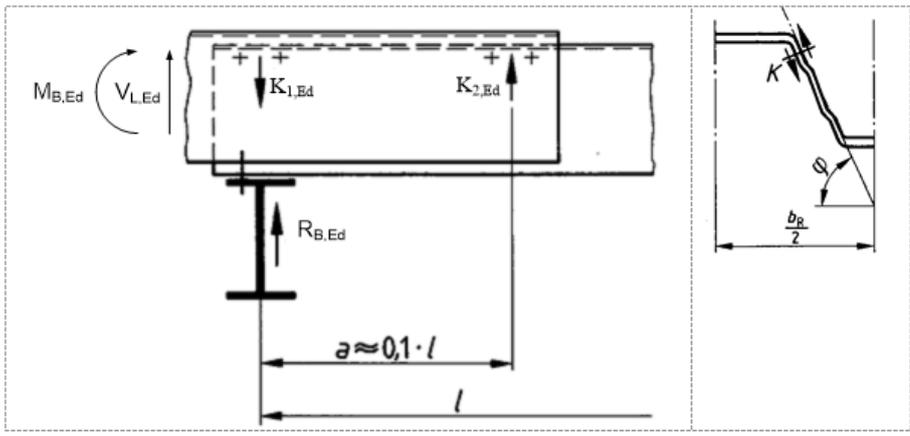
- [1] CEN, EN 14782:2006 – Self-supporting metal sheet for roofing, external cladding and internal lining - Product specification and requirements, Brussels, 2006.
- [2] CEN, EN 1993-1-3:2007 – Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-3: General rule - Supplementary rules for cold-formed member and sheeting, Brussels, 2007.
- [3] DIN 18807-3:1987 - Trapezoidal sheeting in building – Trapezoidal steel sheeting – Structural analysis and design, Berlin, 1987.
- [4] CEN, EN 1090-4 – Execution of steel structures and aluminium structures – Part 4: Technical requirements for thin-gauge, cold-formed steel elements and structures for roof, ceiling, floor and wall applications.
- [5] C. FAUTH, GRISPE – WP2: Assembled Profiles – D2.3 Test report, 2016.
- [6] R. HOLZ, GRISPE – WP2: Assembled Profiles – D2.4 Test analysis and interpretation, 2016.
- [7] CEN, EN 1990:2002 – Eurocode – Basis of structural design, Brussels, 2002.
- [8] CEN, EN 1990:2002/A1:2005 – Eurocode – Basis of structural design – Amendment A1, Brussels, 2005.
- [9] CEN, EN 1990:2002/A1:2005/AC:2010 – Eurocode – Basis of structural design – Amendment A1 - Corrigendum, Brussels, 2010.
- [10] CEN, EN 1991-1-1:2002 – Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-1: General actions - Densities, self-weight, imposed loads for buildings, Brussels, 2002.
- [11] CEN, EN 1991-1-1:2002/AC:2009 – Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-1: General actions - Densities, self-weight, imposed loads for buildings - Corrigendum, Brussels, 2009.
- [12] CEN, EN 1991-1-3:2003 – Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-3: General actions – Snow loads, Brussels, 2003.
- [13] CEN, EN 1991-1-3:2003/AC:2009 – Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-3: General actions – Snow loads - Corrigendum, Brussels, 2009.
- [14] CEN, EN 1991-1-3:2003/A1:2015 – Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-3: General actions – Snow loads - Amendment A1, Brussels, 2015.
- [15] CEN, EN 1991-1-4:2005 – Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-4: General actions - Wind actions, Brussels, 2005.
- [16] CEN, EN 1991-1-4:2005/AC:2010 – Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-4: General actions - Wind actions – Corrigendum, Brussels, 2010.
- [17] CEN, EN 1991-1-4:2005/A1:2010 – Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-4: General actions - Wind actions – Amendment A1, Brussels, 2010.

Bemessungsregeln für Trapezprofilstöße

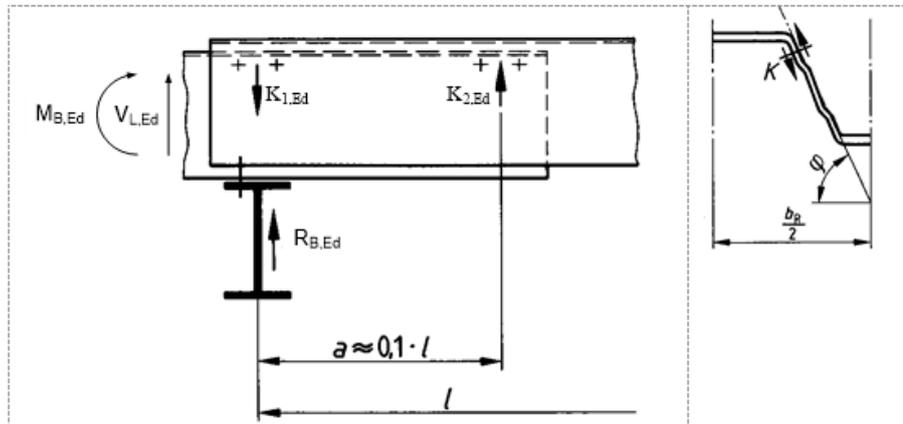
- [18] CEN, EN 1993-1-1:2005 – Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings, Brussels, 2005.
- [19] CEN, EN 1993-1-1:2005/AC:2009 – Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings - Corrigendum, Brussels, 2005.
- [20] CEN, EN 1993-1-1:2005/A1:2014 – Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings – Amendment A1, Brussels, 2014.
- [21] CEN, EN 1993-1-3:2007/AC:2009 – Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-3: General rule - Supplementary rules for cold-formed member and sheeting - Corrigendum, Brussels, 2009.
- [22] CEN, EN 1995-1-1:2005 – Eurocode 5: Design of timber structures – Part 1-1: General – Common rules and rules for buildings, Brussels, 2005.
- [23] CEN, EN 1995-1-1:2005/AC:2006 – Eurocode 5: Design of timber structures – Part 1-1: General – Common rules and rules for buildings, Corrigendum, Brussels, 2006.
- [24] CEN, EN 1995-1-1:2005/A1:2008 – Eurocode 5: Design of timber structures – Part 1-1: General – Common rules and rules for buildings, Amendment A1, Brussels, 2008.
- [25] CEN, EN 1995-1-1:2005/A2:2014 – Eurocode 5: Design of timber structures – Part 1-1: General – Common rules and rules for buildings, Amendment A1, Brussels, 2014.
- [26] CEN, EN 1993-1-5:2007 – Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-5: General rules - Plated structural elements, Brussels, 2007.
- [27] CEN, EN 1993-1-5:2007/AC:2009 – Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-5: General rules - Plated structural elements - Corrigendum, Brussels, 2009.
- [28] CEN, EN 1993-1-5:2006/A1:2017 – Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-5: General rules - Plated structural elements – Amendment A1, Brussels, 2017.

ANHANG

AMENDMENT PROJECT SUBMITTED TO CEN

<p>AM-1-3-2016-08</p>	
<p>Subject</p>	<p>Assembled trapezoidal profiles (statically effective overlapping)</p>
<p>Clause No/ Subclause No/ Annex</p>	
<p>Reason for Amendment</p>	<p>No data in the actual version of EN 1993-1-3</p>
<p>Proposed Change</p>	<p>1. cantilever above</p>  <p>a) Verification of the profile with the design resistance values ($M_{Rd,B}$, $R_{w,Rd,B}$) of the continuous profile in the support axis taking into account the influence of support reaction (M-R-interaction).</p> <p>b) Check of the free end of the cantilever, if the line load introduced by the connections K_i may create web crippling</p> <ul style="list-style-type: none"> - Downward load = negative bending moment web crippling at the end of the cantilever $F_{Ed} = M_{B,Ed}/a < 0,5 R_{w,Rd,B}$ $R_{w,Rd,B}$ is the ultimate support reaction at intermediate supports in the opposite profile position (in general negative position) for the max. support width, in general $l_{aB} = 160$ mm (determined in GRISPE [1], that the design resistance $R_{w,Rd,B}(160$ mm) is suitable for this verification) - Uplift load = positive bending moment No web crippling possible at the end of the cantilever <p>c) Verification of the connections K_{Ed}</p> $K_{Ed} = \max K_i = M_{B,Ed} / a + V_{L,Ed} / (2 \cdot \sin(\varphi)) \cdot b_R \text{ (Verification in one web)}$ $K_{Ed} / \Sigma F_{v,Rd} \leq 1,0$ <p>with $\Sigma F_{v,Rd}$ shear resistance of the screws</p>

2. cantilever underneath



- a) Verification of the profile with the design resistance values ($M_{Rd,B}$, $R_{w,Rd,B}$) of the continuous profile in the support axis taking into account the influence of support reaction (M-R-interaction).
- b) Check of the free end of the cantilever, if the line load introduced by the connections K_i may create web crippling
- Downward load = negative bending moment
No web crippling possible at the end of the cantilever
 - Uplift load = positive bending moment
No web crippling possible at the end of the cantilever

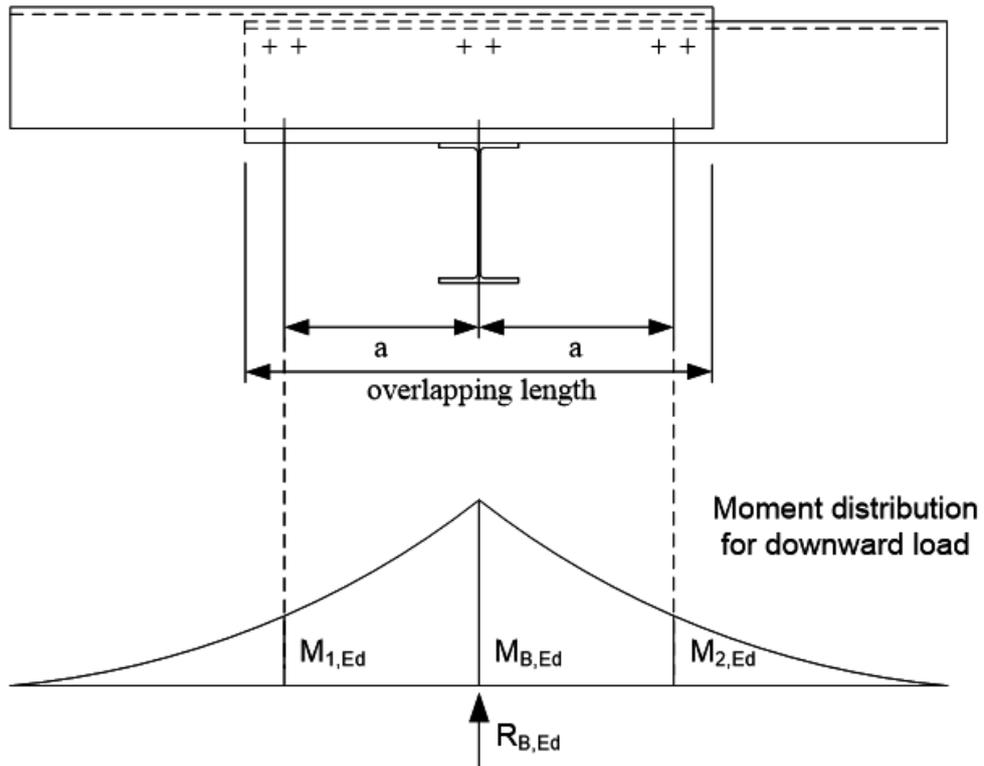
- c) Verification of the connections K_{Ed}

$$K_{Ed} = \max K_i = |M_{B,Ed}| / (2 \cdot a \cdot \sin(\varphi)) \cdot b_R \text{ (Verification in one web)}$$

$$K_{Ed} / \Sigma F_{v,Rd} \leq 1,0$$

with $\Sigma F_{v,Rd}$ shear resistance of the screws

3. Overlap joint



- a) Determination of the bending moment distribution under design loads like for continuous sheets (The influence of the higher bending stiffness at the overlapping area, which is partly compensated by the slip and/or elastic deformations at the connections, is neglected). Results: $M_{B,Ed}$; $R_{B,Ed}$; $M_{1,Ed}$; $M_{2,Ed}$
- b) Verification of the profiles at the support axis with 90 % of the resistance of the overlapping profiles (factor 0,9 determined in GRISPE [1]) taking into account the influence of the support reaction (M-R-interaction):
 $M_{B,Ed} \leq 0,9 \sum M_{Rd,B}$; $R_{B,Ed} \leq 0,9 \sum R_{w,Rd,B}$; M-R-interaction
- c) Verification of the continuous profiles at the ends of the overlap with the bending moments $M_{1,Ed}$ or $M_{2,Ed}$ and the line loads introduced by the connections K_i : $F_{Ed} = M_{B,Ed} / (2a)$. Depending of the direction of the load F_{Ed} relative to the web of the profile, the M-R-interaction or the M-V-interaction has to be verified.
 For downward load, F_{Ed} is acting as a tension force on the webs of the continuous profiles; M-V-interaction has to be verified.
 For uplift load, F_{Ed} is acting as a compression force on the webs of the continuous profiles; M-R-interaction has to be verified.
 In both load cases, the resistance values of the profile in the opposite position at intermediate supports apply for these verifications.
- d) Check of the free end of the cantilever, if the line load introduced by the connections K_i may create web crippling
 - Downward load = negative bending moment
 web crippling at the end of the upside cantilever
 $F_{Ed} = M_{B,Ed} / (2a) < 0,5 R_{w,Rd,B}$

$R_{w,Rd,B}$ is the ultimate support reaction at intermediate supports in the opposite profile position (in general negative position) for the max. support width, in general $l_{aB} = 160 \text{ mm}$ (determined in GRISPE [1], that the design resistance $R_{w,Rd,B}(160 \text{ mm})$ is suitable for this verification)

No web crippling possible at the end of the cantilever underneath

- Uplift load = positive bending moment

No web crippling possible, neither at the upside cantilever nor at the cantilever underneath.

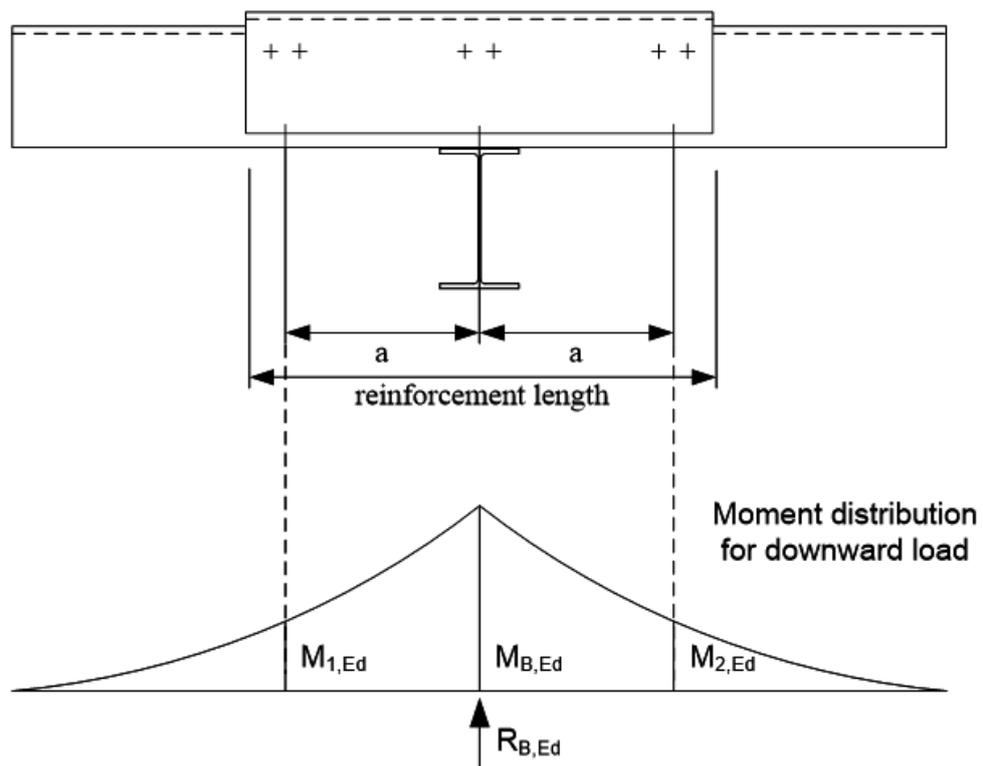
- e) Verification of the connections K_{Ed} with

$$K_{Ed} = \max K_i = |M_{B,Ed}| / (4 * a * \sin(\varphi)) * b_R \text{ (Verification in one web)}$$

$$K_{Ed} / \Sigma F_{v,Rd} \leq 1,0$$

with $\Sigma F_{v,Rd}$ shear resistance of the screws

4. Continuous profile with local reinforcement



- a) Determination of the bending moment distribution under design loads like for continuous sheets (The influence of the higher bending stiffness at the overlapping area, which is partly compensated by the slip and/or elastic deformations at the connections, is neglected). Results: $M_{B,Ed}$; $R_{B,Ed}$; $M_{1,Ed}$; $M_{2,Ed}$

- b) Verification of the profiles at the support axis with 90 % of the resistance of the overlapping profiles (factor 0,9 determined in GRISPE [1]) taking into account the influence of the support reaction (M-R-interaction):
 $M_{B,Ed} \leq 0,9 \Sigma M_{Rd,B}$; $R_{B,Ed} \leq 0,9 \Sigma R_{wRd,B}$; M-R-interaction

- c) Verification of the continuous profile at the ends of the overlap with the bending moments $M_{1,Ed}$ or $M_{2,Ed}$ and the line loads introduced by the connections K_i : $F_{Ed} = M_{B,Ed} / (2 a)$. Depending of the direction of the load F_{Ed} relative to the web of the profile, the M-R-interaction or the M-V-interaction has to be verified.

For downward load, F_{Ed} is acting as a tension force on the webs of the continuous profile; M-V-interaction has to be verified.

For uplift load, F_{Ed} is acting as a compression force on the webs of the continuous profile; M-R-interaction has to be verified.

In both load cases, the resistance values of the profile in the opposite position at intermediate supports apply for these verifications.

- d) Check of the free end of the cantilever, if the line load introduced by the connections K_i may create web crippling

- Downward load = negative bending moment
web crippling at the end of both cantilevers

$$F_{Ed} = M_{B,Ed} / (2a) < 0,5 R_{w,Rd,B}$$

$R_{w,Rd,B}$ is the ultimate support reaction at intermediate supports in the opposite profile position (in general negative position) for the max. support width, in general $l_{aB} = 160$ mm (determined in GRISPE [1], that the design resistance $R_{w,Rd,B}(160$ mm) is suitable for this verification)

- Uplift load = positive bending moment
No web crippling possible at the end of both cantilevers

- e) Verification of the connections K_{Ed}
with

$$K_{Ed} = \max K_i = |M_{B,Ed}| / (4 * a * \sin(\varphi)) * b_R \text{ (Verification in one web)}$$

$$K_{Ed} / \Sigma F_{v,Rd} \leq 1,0$$

with $\Sigma F_{v,Rd}$ shear resistance of the screws

Edge and hole spacings for statically effective overlapping (1.-4.)

