

Stand sicherheitsnachweis

Stahlbauteile

Auftrag B6

- Bauvorhaben:** Neubau einer Produktionshalle
in Stahlbauweise
Einödshausen, Rudolf-Diesel-Str. 13b
Grundstück Nr. 238/b
- Bauherr:** U.N. Ternehmer
Rudolf-Diesel-Str. 13a
D-PLZ Einödshausen
- Generalunternehmer und Auftraggeber des Standsicherheitsnachweises:**
Studentenfirma Stahlbau
Baumgartner Str. 16, D-86161 Augsburg
Tel. +49(0) 821 – 5586 – 102, Fax – 110
fba-b@rz.fh-augsburg.de
- Planunterlagen:** Baueingabepläne gemäß gesondertem Planverzeichnis
erstellt durch FHA – Studiengang Architektur
- Aufstellerin des Standsicherheitsnachweises:**
Margarete Faust
Baumgartner Str. 16, D-86161 Augsburg
Tel. +49(0) 821 – 5586 – 102, Fax – 110
fba-b@rz.fh-augsburg.de
- Umfang:** Seiten 1 bis 32
- Anhang:** siehe Verzeichnis der Anhänge
- Ausgabedatum:** 05. September 2008

Dieser Standsicherheitsnachweis ist urheberrechtlich geschützt. Der Empfänger darf die Berechnung nur zu dem Zweck benutzen, zu dem sie ihm anvertraut wurde (UrhG §1 Abs. 1 Nr. 7 und VOB/B § 3 Abs. 6)

0.1 Inhalt

| | | |
|------------|--|-----------|
| 0.1 | Inhalt | 2 |
| 0.2 | Verzeichnis der Anhänge | 3 |
| <u>1.</u> | <u>Allgemeines</u> | <u>4</u> |
| <u>2.</u> | <u>Verwendete Unterlagen</u> | <u>4</u> |
| 2.1 | Normen und Regelwerke | 4 |
| 2.2 | Fachliteratur | 5 |
| 2.3 | Projektbezogene Unterlagen | 5 |
| <u>3.</u> | <u>Baustoffe</u> | <u>6</u> |
| 3.1 | Profilstahl | 6 |
| 3.2 | Trapezbleche | 6 |
| 3.3 | (Fundament-)Beton | 6 |
| <u>4.</u> | <u>Statisches System und Aussteifungskonzept</u> | <u>7</u> |
| <u>5.</u> | <u>Lastfälle und deren Kombination</u> | <u>8</u> |
| 5.1 | Eigengewicht | 8 |
| 5.2 | Schnee | 8 |
| 5.3 | Wind | 9 |
| 5.4 | Lastfallkombinationen | 10 |
| <u>6.</u> | <u>Pos. TR Trapezbleche</u> | <u>12</u> |
| 6.1 | Pos. TR1 Dachblech | 12 |
| 6.1.1 | Allgemeines | 12 |
| 6.1.2 | Auflasten | 12 |
| 6.1.3 | Abhebende Lasten | 13 |
| 6.1.4 | Schubfeld | 15 |
| <u>7.</u> | <u>Pos. P Pfetten</u> | <u>18</u> |
| 7.1 | Pos. P1 Mittelpfetten | 18 |
| 7.2 | Pos. P2 Randpfetten | 20 |
| 7.3 | Pos. P3 Pfetten im Verbandsbereich | 20 |
| <u>8.</u> | <u>Pos. T Träger</u> | <u>21</u> |
| 8.1 | Pos. T1 Mittelträger | 21 |
| 8.2 | Pos. T2 Giebelträger | 25 |
| <u>9.</u> | <u>Pos. S Stützen</u> | <u>26</u> |
| 9.1 | Pos. S1 Längswandstützen | 26 |
| 9.2 | Pos. S2 Giebelwandstützen | 26 |
| <u>10.</u> | <u>Pos. V Verbände</u> | <u>28</u> |
| 10.1 | Pos. V1 Dachverband | 28 |
| 10.2 | Pos. V2 Längswandverband | 28 |
| 10.2.1 | Allgemeines | 28 |
| 10.2.2 | Pos. V2-1 Verbandsriegel HEA 120 – S235 | 29 |
| 10.2.3 | Pos. V2-2 Verbandsdiagonale L 80x8 – S 235 | 29 |
| 10.3 | Pos. V3 Giebelwandverband | 31 |
| <u>11.</u> | <u>Fundamentlasten</u> | <u>32</u> |
| <u>12.</u> | <u>Anhänge</u> | <u>32</u> |



0.2 Verzeichnis der Anhänge

- Grenzabscherkräfte von metrischen Schrauben (1 Seite)

1. Allgemeines

Gegenstand des vorliegenden Standsicherheitsnachweis ist der Neubau einer Produktionshalle in Stahlbauweise.

Die Halle hat die Abmessungen

- ca. 18 m Breite
- ca. 30 m Länge
- ca. 12 m Traufhöhe.
- ca. 12,54 m Firsthöhe

Das Dach ist als Pultdach ausgebildet mit einer Neigung von 3 %.

Der vorliegende Standsicherheitsnachweis wird im Sommersemester 2007 mit dem Semester B6 als „Musterstatik“ erarbeitet. Das Dokument wird jeweils um die Abschnitte ergänzt, die in der Vorlesung durchgesprochen werden.

2. Verwendete Unterlagen

2.1 Normen und Regelwerke

- [1] EN 1993 Eurocode 3 (EC3): Design of steel structures
 - EN 1993-1-1: General rules and rules for buildings. May 2005.
 - EN 1993-1-2:2004-06 General rules; structural fire design. Stage 49 draft.
 - EN 1993-1-3:2005-09 General rules; Supplementary rules for cold-formed members and sheeting. Final draft.
 - prEN 1993-1-4:2004-02 Supplementary Rules for Stainless Steels. Stage 34 draft.
 - prEN 1993-1-5:2005-09 Plated structural elements. Final draft.
 - prEN 1993-1-6:2005-05 Strength and Stability of Shell Structures. Stage 49 draft.
 - prEN 1993-1-7:2005-10 Supplementary rules for planar plated structural elements with transverse loading. Stage 34 draft.
 - prEN 1993-1-8:2003-05 Design of joints. Stage 49 draft.
 - EN 1993-1-9:2005-05 Fatigue.
 - EN 1993-1-10:2005-05 Material toughness and through-thickness properties.
 - prEN 1993-1-11:2005-09 Design of structures with tension components. Final draft.
 - prEN 1993-1-12:2004-09 Additional rules for the extension of EN 1993 up to steel grades S 700. Stage 34 draft.
- [2] DIN EN 10025: Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen.
Hot rolled products of structural steels.
Teil 1: Allgemeine technische Lieferbedingungen. Februar 2005.

- Part 1:2005-02 General technical delivery conditions; German version EN 10025-1:2004.
Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle. April 2005.
Part 2:2005-04 Technical delivery conditions for non-alloy structural steels; German version EN 10025-2:2004.
- [3] DIN 18800: Stahlbauten. Steel structures ... alternatively ... Structural steelwork
Teil 1: Bemessung und Konstruktion. November 1990.
Part 1: Design and construction. November 1990.
Teil 2: Stabilitätsfälle, Knicken von Stäben und Stabwerken. November 1990.
Part 2: Stability; buckling of bars and skeletal structures. November 1990.
Part 2: Analysis of safety against buckling of linear members and frames. November 1990.
Teil 3: Stabilitätsfälle, Plattenbeulen. November 1990.
Part 3: Stability; buckling of plates. November 1990.
Teil 4: Stabilitätsfälle, Schalenbeulen. November 1990.
Part 4: Stability; buckling of shells. November 1990.
DIN V 18800-5:2004-11: Verbundtragwerke aus Stahl und Beton – Bemessung und Konstruktion. November 2004.
Pre-Standard Part 5: Composite structures of steel and concrete – Design and construction. November 2004.
Teil 7: Ausführung und Herstellerqualifikation. September 2002.
Part 7: Execution and constructor's qualification. September 2002.

2.2 Fachliteratur

- [4] Knödel, P.: Lehrunterlagen Stahlbau an der Fachhochschule Augsburg, herunterladbar über <http://www.peterknoedel.de/lehre/lehre.htm>, laufend aktualisiert.
Tabelle Grenzabscherkräfte
Skriptum zu Spezifische Bauformen – Industriebau – Trapezbleche
- [5] Schneider, K.-J. (Hrsg.): Bautabellen für Ingenieure, 16. Aufl., Werner Verlag, Düsseldorf 2004.

2.3 Projektbezogene Unterlagen

(hier werden z.B. die Pläne der Baueingabe zitierfähig aufgeführt, ggfs. die Stahlbaupläne, das Bodengutachten)

3. Baustoffe

3.1 Profilstahl

Unlegierter Baustahl S235 nach DIN 18800-1 bzw. EC3.

S235 mit

$$f_{y,k} = 240 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_M = 1,1$$

$$f_{y,d} = 240 \text{ N/mm}^2 / 1,1 = 218 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{,d} = 218 \text{ N/mm}^2 / \sqrt{3} = 126 \text{ N/mm}^2$$

$$E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert einer Schweißnaht mit nicht nachgewiesener Nahtgüte auf Zug und Schub – Abminderungsfaktor nach Tabelle 21

$$\alpha_w = 0,95$$

$$\sigma_{,w,d} = \tau_{,w,d} = 240 \text{ N/mm}^2 * 0,95 / 1,1 = 207 \text{ N/mm}^2$$

3.2 Trapezbleche

– wird noch ergänzt –

3.3 (Fundament-)Beton

C20/25 DIN 1045-1 mit Bewehrungsstahl B500

4. Statisches System und Aussteifungskonzept

Das Dachtrapezblech liegt auf den Pfetten und spannt als Zweifeldträger über je 4 m. In der Mitte des Daches ist ein 2 m breites Lichtband angeordnet.

Die Pfetten liegen auf den Dachträgern und spannen als Durchlaufträger über 6 Felder je 5 m.

Die Dachträger hängen als Einfeldträger zwischen den Stützen. Sie sind 3 % geneigt.

Die Längswand- und Giebelwandstützen stehen über die Dachfläche und bilden die Attika.

Zur Aussteifung sind ein Horizontalverband im Dach sowie Vertikalverbände in den Längs- und Giebelwänden angeordnet. Die Verbände werden mit gekreuzten, biegeschlaffen Diagonalen ausgebildet.

5. Lastfälle und deren Kombination

5.1 Eigengewicht

Eigengewichte nach DIN 1055-1.

Für den Dachaufbau wird angesetzt:

- 0,10 kN/m² Pfetten und Verbände
- 0,12 kN/m² Trapezblech
- 0,02 kN/m² Dampfsperre
- 0,08 kN/m² Wärmedämmung (trittfest)
- 0,05 kN/m² Mechanisch befestigte Folie
- 0,05 kN/m² Elektro-Installationen, Beleuchtungskörper, usw.

Für die Bemessung des Trapezbleches wird angesetzt:

Trapezblech, Dampfsperre, Wärmedämmung, Folie, Elektro-Installationen

$$g_1 = 0,12 \text{ kN/m}^2 + 0,02 \text{ kN/m}^2 + 0,08 \text{ kN/m}^2 + 0,05 \text{ kN/m}^2 + 0,05 \text{ kN/m}^2 = 0,32 \text{ kN/m}^2$$

Für die Bemessung der Pfetten wird angesetzt:

Pfetten und Verbände, Trapezblech, Dampfsperre, Wärmedämmung, Folie, Elektro-Installationen

$$g_2 = 0,10 \text{ kN/m}^2 + 0,12 \text{ kN/m}^2 + 0,02 \text{ kN/m}^2 + 0,08 \text{ kN/m}^2 + 0,05 \text{ kN/m}^2 + 0,05 \text{ kN/m}^2$$

$$g_2 = 0,42 \text{ kN/m}^2$$

Für die Bemessung der Dachträger wird das Gewicht der gewählten Dachträger noch hinzugerechnet – siehe Pos. T.

5.2 Schnee

Schneelasten nach DIN 1055-5

Einödshausen liegt in Schneelastzone III in einer Höhe von 400 m NN.

$$\text{Regelschneelast } s_0 = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

5.3 Wind

Windlasten nach DIN 1055-4

Statt einer genauen Windlastberechnung nach DIN 1055-4 an dieser Stelle wird ohne weiteren Nachweis angenommen:

der effektive, gemittelte Staudruck auf alle Flächen der Halle beträgt

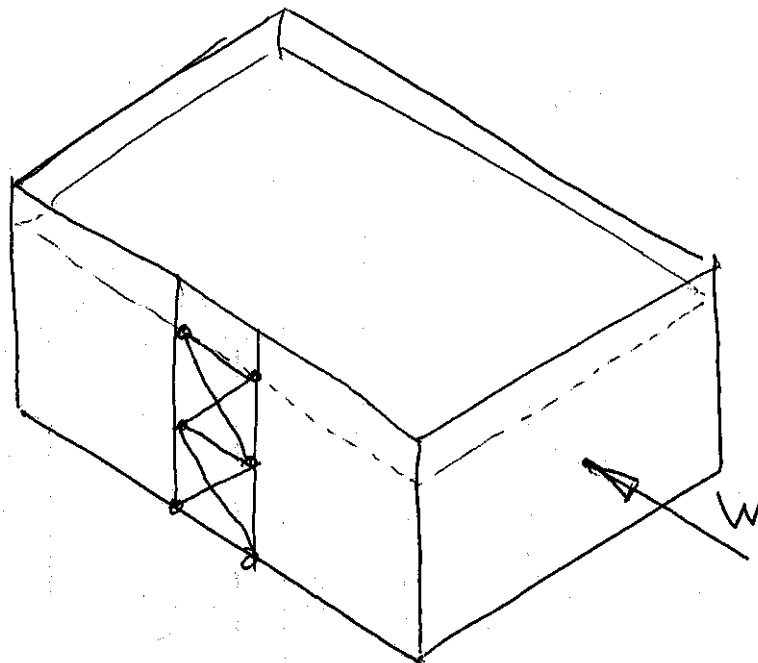
$$w = q_0 = 0,60 \text{ kN/m}^2$$

Stirnfläche Giebelwand.

$$A = 19 \text{ m} * 14 \text{ m} = 266 \text{ m}^2$$

Kraft- bzw. Druckbeiwert für Gesamtlast auf die Halle in Längsrichtung

$$c_f = c_{p,\text{druck}} + c_{p,\text{sog}} = 0,8 + 0,5 = 1,3$$



Wind auf die Giebelwand

Gesamte Windlast auf die Giebelseite:

$$W_k = c_f * q_0 * A$$

$$W_k = 1,3 * 0,6 \text{ kN/m}^2 * 266 \text{ m}^2 = 207 \text{ kN}$$

Windlast auf die Dachscheibe:

Es wird mit den ungünstigeren geometrischen Verhältnissen auf der Traufseite gerechnet. Die Resultierende der Windlast liegt in einer Höhe von 7 m, die Dachscheibe liegt in einer Höhe von 12 m.

Lastanteil in der Dachscheibe (Gesetz der abgewandten Hebelarme):

$$F_{\text{wind,dach}} = W_{\text{k}} \cdot 7 \text{ m} / 12 \text{ m} = W_{\text{k}} \cdot 0,58$$

$$F_{\text{wind,dach}} = 207 \text{ kN} \cdot 0,58 = 121 \text{ kN}$$

Windlast auf einen Längsverband:

$$W_{\text{k}} = 121 \text{ kN} / 2 = 61 \text{ kN}$$

Durch eine Ausmitte der Windlast von 10 % entsteht jeweils in einem der beiden Verbände eine um 20 % höhere Last.

$$W_{\text{k,ausmittig}} = 1,2 \cdot 61 \text{ kN} = 72 \text{ kN}$$

Maßgebend für die Bemessung der Giebel- und Längswandstützen wird ein Druckbeiwert von

$$c_p = 0,8$$

auf der Luvseite.

Damit erhält man eine Flächenlast von

$$w = 0,6 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,8 = 0,48 \text{ kN/m}^2$$

Abhebende Dachlasten – hier vereinfachend ohne Berücksichtigung von erhöhten Rand- und Ecksoglasten:

$$c_p = -0,6$$

$$p_{-} = -0,6 \cdot 0,6 \text{ kN/m}^2 = -0,36 \text{ kN/m}^2$$

5.4 Lastfallkombinationen

Nach DIN 18800 Teil 1.

Grundkombination I (Elm 710, Gl. 13):

ständige Lasten und alle ungünstig wirkenden veränderlichen Lasten:

$$1,35 \cdot 1,0 \cdot G_k + 1,5 \cdot 0,9 \cdot \Sigma Q_{ik}$$

Grundkombinationen II (Elm 710, Gl. 14):

ständige Lasten und jeweils eine ungünstig wirkende veränderliche Last:

$$1,35 * 1,0 * G_k + 1,5 * 1,0 * Q_{ik}$$

Außergewöhnliche Kombinationen (Elm 714, Gl. 17):

ständige Last, alle ungünstig wirkenden veränderlichen und jeweils eine außergewöhnliche Last:

$$1,0 * 1,0 * G_k + 1,0 * 0,9 * Q_{ik} + 1,0 * 1,0 * F_{ik}$$

Erdbeben und Anprall (DIN 18800 Teil 1 Elm. 706) werden als außergewöhnliche Lastfälle betrachtet.

Erdbeben und Wind brauchen nicht gleichzeitig angesetzt zu werden (DIN 4149 Teil 1 Abs. 7.5).

Fundamentlasten für die Gründung werden 1,0-fach übergeben.

6. Pos. TR Trapezbleche

6.1 Pos. TR1 Dachblech

6.1.1 Allgemeines

Flächenlast (siehe Abs. Eigengewicht, Schnee):

$$g = 0,32 \text{ kN/m}^2 \quad \text{ständig}$$

$$p = 1,00 \text{ kN/m}^2 \quad \text{veränderlich aus Schnee}$$

$$p_{-} = -0,36 \text{ kN/m}^2 \quad \text{veränderlich abhebend aus Windsog (ohne erhöhten Rand-/Ecksog)}$$

Gebrauchswert der Flächenlast, Auflast:

$$q_{,k} = 1,00 * 0,32 \text{ kN/m}^2 + 1,00 * 1,00 \text{ kN/m}^2 = 1,32 \text{ kN/m}^2$$

es wird mit $1,30 \text{ kN/m}^2$ weiter gerechnet

Gebrauchswert der Flächenlast, abhebende Last:

$$q_{,k} = 1,00 * 0,32 \text{ kN/m}^2 + 1,00 * (-0,36 \text{ kN/m}^2) = -0,04 \text{ kN/m}^2$$

Bemessungswert der Flächenlast, Auflast:

$$q_{,d} = 1,35 * 0,32 \text{ kN/m}^2 + 1,50 * 1,00 \text{ kN/m}^2 = 1,93 \text{ kN/m}^2$$

es wird mit $1,9 \text{ kN/m}^2$ weiter gerechnet

Bemessungswert der Flächenlast, abhebende Last:

$$q_{,d} = 1,00 * 0,32 \text{ kN/m}^2 + 1,50 * (-0,36 \text{ kN/m}^2) = -0,22 \text{ kN/m}^2$$

6.1.2 Auflasten

Stützmoment:

$$M_{,d} = -q * L^2 / 8 = -1,90 \text{ kN/m}^2 * 4,0^2 \text{ m}^2 / 8 = -3,80 \text{ kNm/m}$$

Feldmoment:

$$M_{,d} = 0,070 * q * L^2 = 0,070 * 1,90 \text{ kN/m}^2 * 4,0^2 \text{ m}^2 = 2,13 \text{ kNm/m}$$

Zwischenauflegerkraft:

$$B_{,d} = 1,25 * q * L = 1,25 * 1,90 \text{ kN/m}^2 * 4,0 \text{ m} = 9,5 \text{ kN/m}$$

Endauflagerkraft:

$$A,d = 0,375 * q * L = 0,375 * 1,90 \text{ kN/m}^2 * 4,0 \text{ m} = 2,9 \text{ kN/m}$$

Trapezblech gewählt:

Hoesch T85.1 Positivlage, $t = 0,75 \text{ mm}$

Die Grenzstützweite für Mehrfeldträger $4,38 \text{ m}$ ist eingehalten.

Hinweis:

Zum Nachweis werden γ -fache Schnittgrößen gewählt wie oben ermittelt. Diesen werden die $1/\gamma$ -fachen = $1/1,1$ -fachen Widerstandsgrößen aus dem Prüfbescheid gegenübergestellt. Der in DIN 18807 vorgegebene globale Sicherheitsbeiwert von $1,7$ ist mit $1,5 * 1,1 = 1,65$ praktisch eingehalten.

Ausnutzungsgrad im Tragsicherheitsnachweis Stützmoment:

$$\eta = 3,80 \text{ kNm/m} * 1,1 / 6,12 \text{ kNm/m} = 0,68$$

Ausnutzungsgrad im Tragsicherheitsnachweis Feldmoment:

$$\eta = 2,13 \text{ kNm/m} * 1,1 / 6,03 \text{ kNm/m} = 0,39$$

Ausnutzungsgrad im Tragsicherheitsnachweis Zwischenauflegerkraft:

$$\eta = 9,5 \text{ kN/m} * 1,1 / 26,2 \text{ kN/m} = 0,40$$

Ausnutzungsgrad im Tragsicherheitsnachweis Endauflagerkraft:

$$\eta = 2,9 \text{ kN/m} * 1,1 / 9,4 \text{ kN/m} = 0,34$$

6.1.3 Abhebende Lasten

Stützmoment:

$$M,d = -q * L^2 / 8 = -(-0,22) \text{ kN/m}^2 * 4,0^2 \text{ m}^2 / 8 = +0,44 \text{ kNm/m}$$

Feldmoment:

$$M,d = 0,070 * q * L^2 = 0,070 * (-0,22) \text{ kN/m}^2 * 4,0^2 \text{ m}^2 = -0,25 \text{ kNm/m}$$

Zwischenauflegerkraft:

$$B,d = 1,25 * q * L = 1,25 * (-0,22) \text{ kN/m}^2 * 4,0 \text{ m} = 1,1 \text{ kN/m}$$

Endauflagerkraft:

$$A,d = 0,375 * q * L = 0,375 * (-0,22) \text{ kN/m}^2 * 4,0 \text{ m} = 0,33 \text{ kN/m}$$

Hinweis:

Es werden die Widerstandsgrößen für Befestigung in jedem 2. Gurt gewählt.

Ausnutzungsgrad im Tragsicherheitsnachweis Stützmoment:

$$\eta = 0,44 \text{ kNm/m} * 1,1 / 3,60 \text{ kNm/m} = 0,13$$

Ausnutzungsgrad im Tragsicherheitsnachweis Feldmoment:

$$\eta = 0,25 \text{ kNm/m} * 1,1 / 6,27 \text{ kNm/m} = 0,04$$

Ausnutzungsgrad im Tragsicherheitsnachweis Zwischenauflegerkraft:

$$\eta = 1,1 \text{ kN/m} * 1,1 / 13,4 \text{ kN/m} = 0,09$$

Ausnutzungsgrad im Tragsicherheitsnachweis Endauflegerkraft:

$$\eta = 0,33 \text{ kN/m} * 1,1 / 4,69 \text{ kN/m} = 0,8$$

Verbindungsmittel:

Anordnung gewählt: 1 VM in jedem 2. Gurt (siehe oben)

An den Dachrändern wird 1 VM in jeder Tiefsicke angeordnet.

Wegen des Einschraubens in die Stahlunterkonstruktion wird eine selbstfurchende Schraube gewählt EJOT JZ-6,3

Tragfähigkeit auf Zug bei einer Blechdicke von 0,75 mm:

$$N_{R,k} = 3,6 \text{ kN}$$

$$N_{R,d} = 3,6 \text{ kN} / 1,1 = 3,3 \text{ kN}$$

Der Sickenabstand beträgt 280 mm.

Abhebende Last je Schraube

$$N_{d} = 1,1 \text{ kN/m} * 2 * 0,28 \text{ m} = 0,62 \text{ kN}$$

Ausnutzungsgrad (Ausknöpfen der Schraube)

$$\eta = 0,62 \text{ kN} / 3,3 \text{ kN} = 0,19$$

Die Befestigung am Rand wird nicht maßgebend.

6.1.4 Schubfeld

Nach DIN 18807 Abs. 3.6.1.1 darf die Schubfeldwirkung unabhängig von Auf- oder abhebenden Lasten nachgewiesen werden.

Die Länge des Schubfeldes in Richtung der abzutragenden Last beträgt

$$LS = 30 \text{ m}$$

Schubfeldsteifigkeit

$$GS = 10^4 / (K1 + K2 / LS)$$

die Steifigkeitswerte $K1$ und $K2$ werden den Tragfähigkeitstabellen entnommen.

$$GS = 10^4 / (0,229 \text{ m/kN} + 18 \text{ m}^2 / \text{kN} / 30 \text{ m}) = 10^4 / (0,229 \text{ m/kN} + 0,60 \text{ m/kN})$$

$$GS = 10^4 / 0,83 \text{ m/kN} = 12060 \text{ kN/m}$$

T1 (Fließbeginn der Querbiegespannungen) aus Prüfbescheid:

$$T1 = 1,77 \text{ kN/m}$$

T2 (Verschiebung des Obergurtes) aus Prüfbescheid:

$$T2 = 3,14 \text{ kN/m}$$

T3: (Begrenzung der Schubverzerrungen in der Draufsicht auf 1/750)

$$\text{zul T3} = 12060 \text{ kN/m} / 750 = 16,1 \text{ kN/m}$$

Maßgebend wird T1.

Vorhandene Windlast auf die Dachscheibe (genähert):

$$F_{,k} = 121 \text{ kN}$$

$$F_{,d} = 1,5 * 121 \text{ kN} = 182 \text{ kN}$$

Die Hälfte dieser Last wird in einem Verband übertragen.

Der Schubfluß beträgt:

$$T_{,d} = 0,5 * 182 \text{ kN} / 30 \text{ m} = 3,03 \text{ kN/m}$$

Ausnutzungsgrad des Schubflusses im Blech:

$$\eta = 3,03 \text{ kN/m} * 1,1 / 1,77 \text{ kN/m} = 1,88$$

---> für die Aufnahme des Schubflusses muß ein dickeres Blech gewählt werden.

Blechdicke neu gewählt: 1,25 mm

T1 aus Prüfbescheid:

$$T1 = 3,93 \text{ kN/m}$$

Ausnutzungsgrad des Schubflusses im Blech:

$$\eta = 3,03 \text{ kN/m} * 1,1 / 3,93 \text{ kN/m} = 0,85$$

---> alternativ kann die Blechdicke 0,75 mm beibehalten werden und eine Befestigungsart nach DIN 18807 Teil 3 Bild 7 gewählt werden.

T1 aus Prüfbescheid:

$$T1 = 4,31 \text{ kN/m}$$

Hinweis:

T2 wird nicht maßgebend, da keine aufgeklebte Dämmschicht vorhanden ist.

Ausnutzungsgrad des Schubflusses im Blech:

$$\eta = 3,03 \text{ kN/m} * 1,1 / 4,31 \text{ kN/m} = 0,77$$

Schraubennachweis für die Variante mit Blechdicke 0,75 mm:

Tragfähigkeit der gewählten Schraube auf Abscheren bei einer Blechdicke von 0,75 mm:

$$N_{R,k} = 3,7 \text{ kN}$$

$$N_{R,d} = 3,7 \text{ kN} / 1,1 = 3,4 \text{ kN}$$

Der Sickenabstand beträgt 280 mm.

Querkraft je Schraube

$$V_{d} = 3,03 \text{ kN/m} * 2 * 0,28 \text{ m} = 1,70 \text{ kN}$$

Ausnutzungsgrad (Abscheren)

$$\eta = 1,70 \text{ kN} / 3,4 \text{ kN} = 0,50$$

Schraubennachweis für die Variante mit Blechdicke 1,25 mm:

Tragfähigkeit der gewählten Schraube auf Abscheren bei einer Blechdicke von 1,25 mm:

$$N_{R,k} = 6,5 \text{ kN}$$

$$N_{R,d} = 6,5 \text{ kN} / 1,1 = 5,9 \text{ kN}$$

Der Sickenabstand beträgt 280 mm.

Querkraft je Schraube

$$V,d = 3,03 \text{ kN/m} * 2 * 0,28 \text{ m} = 1,70 \text{ kN}$$

Ausnutzungsgrad (Abscheren)

$$\eta = 1,70 \text{ kN} / 5,9 \text{ kN} = 0,29$$

Hinweis:

Die gewählte Wanddicken-Schrauben-Kombination ist nur für die Befestigungsarten a und c vorgesehen. An den Stellen, wo das Blech am Längsstoß überlappt, sind andere Maßnahmen erforderlich. Hier wird eine Beratung durch den Schraubenhersteller empfohlen.

7. Pos. P Pfetten

7.1 Pos. P1 Mittelpfetten

System:

Durchlaufträger über 6 Felder je 5,0 m.

Pfettenabstand 4,0 m.

Vereinfachend werden die Schnittgrößen an einem unendlich langen Durchlaufträger ohne feldweise Lastanordnung bestimmt.

Lasten:

Aus Trapezblech Pos. TR1

Die Lasteinzugsbreite beträgt 4,0 m.

Aus der Flächenlast in Abs. TR wird bestimmt:

$$q,d = 2,1 \text{ kN/m}^2 * 4,0 \text{ m} = 8,2 \text{ kN/m}$$

Querschnitt:

Profil gewählt:

IPE 160 – S235

Schnittgrößen und Auflagerkräfte:

$$V,d = q * L / 2 = 8,2 \text{ kN/m} * 5,0 \text{ m} / 2 = 21 \text{ kN}$$

$$M,d = 2/3 * q * L^2 / 8 = 2/3 * 8,2 \text{ kN/m} * 5,0^2 \text{ m}^2 / 8 = 17,1 \text{ kNm}$$

$$W,erf = 17,1 \text{ kNm} / 218 \text{ N/mm}^2 = 78,4 \text{ cm}^3$$

gewählt:

IPE 160 mit 109 cm^3 (siehe oben)

IPE 140 mit $77,3 \text{ cm}^3$ reicht ebenfalls mit 1 % Überschreitung.

Nachweise / Spannungen:

Vorhandene Biegeendspannung:

$$\sigma_{,d} = 17,1 \text{ kNm} / 109 \text{ cm}^3 = 157 \text{ N/mm}^2$$

für IPE 140

$$\sigma_{,d} = 17,1 \text{ kNm} / 77,3 \text{ cm}^3 = 221 \text{ N/mm}^2$$

Ausnutzungsgrad:

$$\eta = 157 \text{ N/mm}^2 / 218 \text{ N/mm}^2 = 0,72$$

für IPE 140:

$$\eta = 221 \text{ N/mm}^2 / 218 \text{ N/mm}^2 = 1,01$$

Stabilität:

(8. Semester)

Gebrauchszustand für IPE 140:

Durchbiegung ca.

$$f_{,k} = 0,00268 * q_{,k} * L^4 / (E * I)$$

(Mittelfeld eines unendlich langen DLT)

$$f_{,k} = 0,00268 * 1,40 \text{ kN/m}^2 * 4,0 \text{ m} * 5,0^4 \text{ m}^4 / (2,1 * 10^5 \text{ N/mm}^2 * 541 \text{ cm}^4) = 8,3 \text{ mm}$$

Durchbiegung ca.

$$f_{,k} = 0,00669 * q_{,k} * L^4 / (E * I)$$

(Endfeld eines unendlich langen DLT)

$$f_{,k} = 8,3 \text{ mm} * 0,00669 / 0,00268 = 20,6 \text{ mm}$$

Empfohlener Grenzwert der Durchbiegung:

$$f_{,grenz} = L/300 = 5000 \text{ mm} / 300 = 17 \text{ mm}$$

Ausnutzungsgrad der Durchbiegung im Endfeld

$$\eta = 20,6 \text{ mm} / 17 \text{ mm} = 1,21$$

Anschlüsse:

Das Profil wird oben auf die Dachträger gelegt.

Je Auflager werden konstruktiv 2 M12 – 4.6 eingesetzt.

Achtung:

Der Dachschub aus 3 % Dachneigung muß noch gesondert betrachtet werden.

7.2 Pos. P2 Randpfetten

– wird noch ergänzt –

7.3 Pos. P3 Pfetten im Verbandsbereich

– wird noch ergänzt –

8. Pos. T Träger

8.1 Pos. T1 Mittelträger

System:

Einfeldträger über 18,0 m.

Trägerabstand 5,0 m.

Lasten:

Aus Pfetten Pos. P1, P2, P3

Die Lasteinzugsbreite beträgt 5,0 m.

Aus der Flächenlast in Abs. TR wird bestimmt:

$$q,k = 1,4 \text{ kN/m}^2 * 5,0 \text{ m} = 7,0 \text{ kN/m}$$

$$q,d = 2,1 \text{ kN/m}^2 * 5,0 \text{ m} = 10,5 \text{ kN/m}$$

Für das Eigengewicht des Dachträgers wird geschätzt:

IPE 600 mit 1,224 kN/m

Dachlast einschließlich Eigengewicht des Dachträgers:

$$q,k = 7,0 \text{ kN/m} + 1,224 \text{ kN/m} = 8,2 \text{ kN/m}$$

$$q,d = 10,5 \text{ kN/m} + 1,35 * 1,224 \text{ kN/m} = 12,2 \text{ kN/m}$$

Querschnitt:

Profil gewählt:

IPE 550 – S235

Schnittgrößen und Auflagerkräfte:

$$V,d = q * L / 2 = 12,2 \text{ kN/m} * 18,0 \text{ m} / 2 = 110 \text{ kN}$$

$$M,d = q * L^2 / 8 = 12,2 \text{ kN/m} * 18,0^2 \text{ m}^2 / 8 = 494 \text{ kNm}$$

$$W_{\text{erf}} = 494 \text{ kNm} / 218 \text{ N/mm}^2 = 2266 \text{ cm}^3$$

gewählt:

IPE 550 mit 2441 cm^3 (siehe oben)

Nachweise / Spannungen:

Vorhandene Biegeandspannung:

$$\sigma_{\text{d}} = 494 \text{ kNm} / 2441 \text{ cm}^3 = 202 \text{ N/mm}^2$$

Ausnutzungsgrad:

$$\eta = 202 \text{ N/mm}^2 / 218 \text{ N/mm}^2 = 0,93$$

Geschweißter Stoß bei einer Teilung der Stützweite von 12 m / 6 m.

Auf eine genaue Auswertung des Feldmomentes an dieser Stelle wird verzichtet.

Es wird ein Stoß mit voller Querschnittsdeckung gewählt, d.h. die Flansche und der Steg sind durchgeschweißt. Die Spannungen in der Schweißnaht entsprechen dann den Spannungen im Träger.

Vorhandene Biegeandspannung:

$$\sigma_{\text{d}} < 202 \text{ N/mm}^2$$

Ausnutzungsgrad:

$$\eta \leq 202 \text{ N/mm}^2 / 207 \text{ N/mm}^2 = 0,98$$

Stabilität:

(8. Semester)

Gebrauchszustand:

Durchbiegung

$$f_{\text{k}} = 5/384 * q_{\text{k}} * L^4 / (E * I)$$

$$f_{\text{k}} = 5/384 * 8,2 \text{ kN/m} * 18,0^4 \text{ m}^4 / (2,1 * 10^5 \text{ N/mm}^2 * 67120 \text{ cm}^4) = 80 \text{ mm}$$

Empfohlener Grenzwert der Durchbiegung:

$$f_{\text{grenz}} = L/300 = 18000 \text{ mm} / 300 = 60 \text{ mm}$$

Ausnutzungsgrad der Durchbiegung

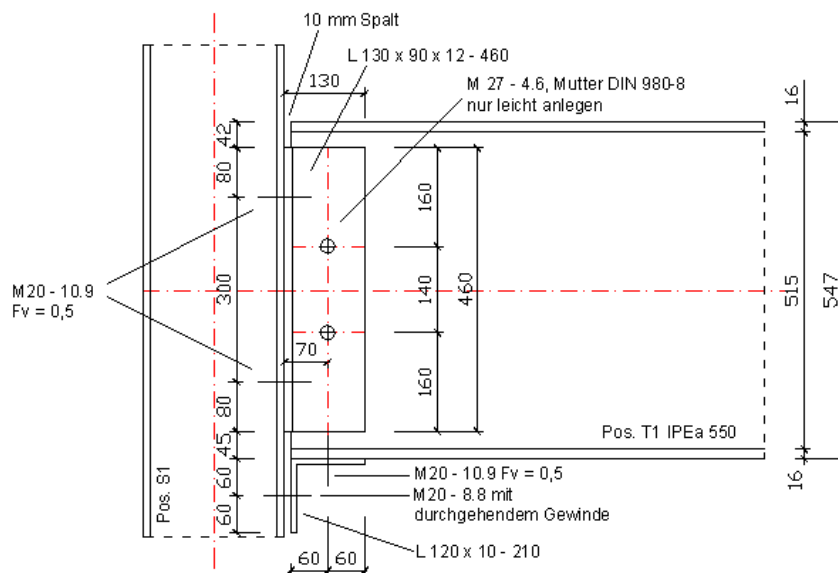
$$\eta = 80 \text{ mm} / 60 \text{ mm} = 1,33$$

Die vorhandene Durchbiegung entspricht

$$80 \text{ mm} / 18000 \text{ mm} = L/225$$

Anschlüsse:

Anschluß des Trägers an die Stütze als (gelenkiger) Querkraftanschluß.



Skizze als Beispiel eines Anschlusses,
die tatsächlich gewählten Maße siehe im nachfolgenden Text

Die angreifende Querkraft wird in die Ebene der Schrauben am IPE 550 gelegt. Die beiden Schrauben erhalten dann nur eine vertikale Komponente aus der halben Anschlußquerkraft:

Abscherkraft je Schraube – zweischnittige Verbindung:

$$V_d = 110 \text{ kN} / 2 / 2 = 27,5 \text{ kN}$$

Gewählt:

M16 – 4.6 – Gewinde in der Scherfuge möglich

Tragfähigkeit der Schraube auf Abscheren siehe Tabelle im Anhang

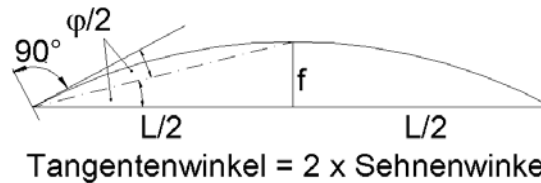
Ausnutzungsgrad:

$$\eta = 27,5 \text{ kN} / 34,3 \text{ kN} = 0,80$$

Lochleibungsnachweis im Bauteil

– wird noch ergänzt –

Gebrauchstauglichkeit des Schraubenschlusses:



Tangentendrehwinkel des Anschlusses aus der Gesamt-Durchbiegung
(hier für einen überhöhten Träger dargestellt)

Die Durchbiegung unter Gebrauchslasten wurde zu

$$f = 80 \text{ mm}$$

ermittelt.

Der Tangentendrehwinkel am Anschluß beträgt

$$\varphi = 2 \cdot 80 \text{ mm} / 9000 \text{ mm} = 0,0178$$

Der vertikale Abstand der beiden Schrauben ist

$$h = 140 \text{ mm}$$

Die horizontale Verformung an einer der beiden Schrauben beträgt:

$$x = 70 \text{ mm} \cdot 0,0178 = 1,2 \text{ mm}$$

Dieser Verschiebungsweg kann im Schraubenschluß bei einem Lochspiel von 2 mm noch aufgenommen werden.

Die Schrauben zum Stützenflansch müssen ein Versatzmoment tragen:

$$M_{d} = 110 \text{ kN} \cdot 0,070 \text{ m} = 7,7 \text{ kNm}$$

Zugkraft in einer der oberen Schrauben:

als Druckpunkt wird die Unterkante des Winkels gewählt

$$Z_{d} = 0,5 \cdot 7,7 \text{ kNm} / 0,38 \text{ m} = 10,1 \text{ kN}$$

gewählt:

M12 – 4.6 – Gewindeschraube möglich

Tragfähigkeit der Schraube auf Zug siehe Tabelle im Anhang

Ausnutzungsgrad:

$$\eta = 10,1 \text{ kN} / 16,7 \text{ kN} = 0,60$$

Die Querkraft wird den beiden unteren Schrauben zugewiesen:

Kraft je Schraube:

$$V_d = 110 \text{ kN} / 2 = 55 \text{ kN}$$

gewählt:

M20 – 4.6 – Schaftschraube

Tragfähigkeit der Schraube auf Abscheren siehe Tabelle im Anhang

Ausnutzungsgrad:

$$\eta = 55 \text{ kN} / 68,5 \text{ kN} = 0,80$$

8.2 Pos. T2 Giebelträger

– wird noch ergänzt –

9. Pos. S Stützen

9.1 Pos. S1 Längswandstützen

– wird noch ergänzt –

9.2 Pos. S2 Giebelwandstützen

System:

Einfeldträger mit Überstand.

Länge des Einfeldträgers

$$L = 12,54 \text{ m}$$

maßgebender Stützenabstand = Lasteinzugsbreite = 4,0 m

Lasten:

Horizontallast aus Wind

$$w,k = 4,0 \text{ m} * 0,48 \text{ kN/m}^2 = 1,9 \text{ kN/m}$$

$$w,d = 4,0 \text{ m} * 0,72 \text{ kN/m}^2 = 2,9 \text{ kN/m}$$

Querschnitt:

gewählt:

IPE 240 – S235

Schnittgrößen und Auflagerkräfte:

$$V,d = q * L / 2 = 2,9 \text{ kN/m} * 12,50 \text{ m} / 2 = 18 \text{ kN}$$

$$M,d = q * L^2 / 8 = 2,9 \text{ kN/m} * 12,50^2 \text{ m}^2 / 8 = 57 \text{ kNm}$$

$$W_{\text{erf}} = 57 \text{ kNm} / 218 \text{ N/mm}^2 = 261 \text{ cm}^3$$

gewählt:

IPE 240 mit 324 cm^3 (siehe oben)

Nachweise / Spannungen:

Vorhandene Biegeendspannung:

$$\sigma_{\text{d}} = 57 \text{ kNm} / 324 \text{ cm}^3 = 176 \text{ N/mm}^2$$

Ausnutzungsgrad:

$$\eta = 176 \text{ N/mm}^2 / 218 \text{ N/mm}^2 = 0,81$$

Stabilität:

(8. Semester)

Gebrauchszustand:

Durchbiegung

$$f_{\text{k}} = 5/384 * q_{\text{k}} * L^4 / (E * I)$$

$$f_{\text{k}} = 5/384 * 1,9 \text{ kN/m} * 12,5^4 \text{ m}^4 / (2,1 * 10^5 \text{ N/mm}^2 * 3892 \text{ cm}^4) = 74 \text{ mm}$$

Empfohlener Grenzwert der Durchbiegung:

$$f_{\text{grenz}} = L/300 = 12500 \text{ mm} / 300 = 42 \text{ mm}$$

Ausnutzungsgrad der Durchbiegung

$$\eta = 74 \text{ mm} / 42 \text{ mm} = 1,76$$

Die vorhandene Durchbiegung entspricht

$$74 \text{ mm} / 12500 \text{ mm} = L/170$$

Anschlüsse:

(später)

10. Pos. V Verbände

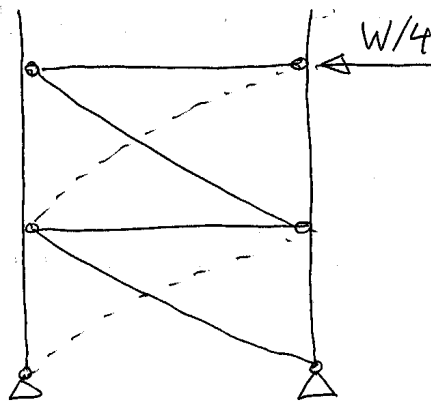
10.1 Pos. V1 Dachverband

– wird noch ergänzt –

10.2 Pos. V2 Längswandverband

10.2.1 Allgemeines

Längswandverband mit gekreuzten, biegeschlaffen Diagonalen.



Längswandverband

Die gesamte charakteristische Windlast auf einen Verband beträgt 72 kN (siehe Abs. Windlasten).

Der Verband besteht aus zwei Geschossen mit einer Höhe von je
 $12,54 \text{ m} / 2 = 6,27 \text{ m}$
bei einem Stützenabstand von 5 m.

Neigung der Verbandsdiagonale gegen die Horizontale:

$$\alpha = \arctan(6,27 \text{ m} / 5 \text{ m}) = 51,4^\circ$$

10.2.2 Pos. V2-1 Verbandsriegel HEA 120 – S235

Der Verbandsriegel muß im ungünstigsten Fall als Druckstab die gesamte Verbandslast aufnehmen.

Bemessungswert der Normalkraft:

$$N_{,d} = 1,5 \cdot 72 \text{ kN} = 108 \text{ kN}$$

Knickwiderstand aus Schneider Bautabellen:

$$N_{,R,d} = 132 \text{ kN}$$

Ausnutzungsgrad:

$$\eta = 108 \text{ kN} / 132 \text{ kN} = 0,82$$

10.2.3 Pos. V2-2 Verbandsdiagonale L 80x8 – S 235

Die Bemessungs-Normalkraft in der Verbandsdiagonalen beträgt:

$$N_{,d} = 1,5 \cdot 72 \text{ kN} / \cos 51,4^\circ = 173 \text{ kN}$$

Die Diagonale wird mit dem längeren Schenkel an das Knotenblech angeschlossen:

Lochabzug für eine Schraube M16:

$$d_{,L} = 18 \text{ mm}$$

Bei mindestens 2 Schrauben kann nach DIN 18800-1 Element 743 der ganze Netto-Querschnitt angesetzt werden.

$$A_{,netto} = 1230 \text{ mm}^2 - 18 \text{ mm} \cdot 8 \text{ mm} = 1086 \text{ mm}^2$$

Tragfähigkeit im Netto-Querschnitt

$$N_{,R,d} = 1086 \text{ mm}^2 \cdot 218 \text{ N/mm}^2 = 237 \text{ kN}$$

Ausnutzungsgrad (ganzer Netto-Querschnitt):

$$\eta = 173 \text{ kN} / 237 \text{ kN} = 0,73$$

Alternativ nach EC3-1-8

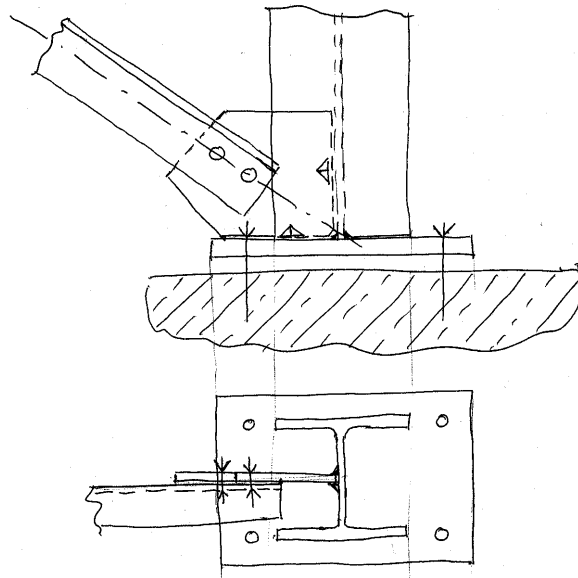
Nach EC3-1-8 Tabelle 3.8 darf nur der 0,7-fache Netto-Querschnitt angesetzt werden, wenn der Schrauben-Zwischenabstand p_1 in Krafrichtung mindestens $5 d_0$ beträgt, bei $p_1 \geq 2,5 d_0$ darf der 0,4-fache Netto-Querschnitt angesetzt werden.

Tragfähigkeit im Netto-Querschnitt

$$N_{,R,d} = 0,7 \cdot 1086 \text{ mm}^2 \cdot 218 \text{ N/mm}^2 = 166 \text{ kN}$$

Ausnutzungsgrad:

$$\eta = 173 \text{ kN} / 166 \text{ kN} = 1,04$$



Anschluß der Diagonale am Stützenfuß

Schraubenschluß – gewählt: 2 M16 – 10.9

Randabstand in Krafrichtung 50 mm

Zwischenabstand in Krafrichtung 90 mm

einschnittige, gestützte Verbindung

Die Kraft je Schraube beträgt:

$$V_{,d} = 173 \text{ kN} / 2 = 87 \text{ kN}$$

Abscherlast einer Schraube (siehe Tabelle im Anhang)

$$V_{,a,d} = 101 \text{ kN (bei Schaft in der Scherfuge)}$$

Ausnutzungsgrad:

$$\eta = 87 \text{ kN} / 101 \text{ kN} = 0,86$$

Lochleibung – Tragfähigkeit nach EC3-1-8

Für die Endschraube:

in Krafrichtung: $\alpha = e_1 / 3 d_0 = 50 \text{ mm} / (3 \cdot 18 \text{ mm}) = 0,93$

quer zur Krafrichtung $k_1 = 2,8 \cdot e_2 / d_0 - 1,7 = 2,8 \cdot 50 \text{ mm} / 18 \text{ mm} - 1,7 = 6,08$

maßgebend wird 2,5

$$F_{b,R,d} = k_1 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$$

$$F_{b,R,d} = 2,5 \cdot 0,93 \cdot 360 \text{ N/mm}^2 \cdot 16 \text{ mm} \cdot 10 \text{ mm} / 1,25 = 109 \text{ kN}$$

Für die Innenschraube:

in Krafrichtung: $\alpha = p_1 / 3 d_0 = 90 \text{ mm} / (3 \cdot 18 \text{ mm}) - 0,25 = 1,42$

maßgebend wird 1,0

quer zur Krafrichtung $k_1 = 1,4 \cdot p_2 / d_0 - 1,7 = 1,4 \cdot 50 \text{ mm} / 18 \text{ mm} - 1,7 = 2,19$

$$F_{b,R,d} = k_1 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$$

$$F_{b,R,d} = 2,19 \cdot 1,00 \cdot 360 \text{ N/mm}^2 \cdot 16 \text{ mm} \cdot 10 \text{ mm} / 1,25 = 101 \text{ kN}$$

Tragfähigkeit beider Schrauben:

$$F_{b,R,d,\text{gesamt}} = 109 \text{ kN} + 101 \text{ kN} = 210 \text{ kN}$$

Ausnutzungsgrad:

$$\eta = 173 \text{ kN} / 210 \text{ kN} = 0,82$$

Das Knotenblech wird dicker als 8 mm gewählt mit einem Randabstand in Krafrichtung von mindestens 50 mm, daher wird der Lochleibungsnachweis für das Knotenblech nicht maßgebend.

10.3 Pos. V3 Giebelwandverband

– wird noch ergänzt –



11. Fundamentlasten

– wird noch ergänzt –

12. Anhänge

Siehe Verzeichnis der Anhänge auf Seite 3 nach dem Inhaltsverzeichnis.

Metrische Schrauben ISO - Grenzabscherkräfte [kN] nach DIN 18800 Teil 1

Formular Grenzabscherkräfte_05-10-02.xls

Spannungsquerschnitte aus Tabellenbuch Metallbautechnik

| Festigkeits- klasse | Abminde- rungsfaktor alpha,a nach Gl. 47 | Zugfestig- keit fu,b,k [N/mm2] |
|------------------------|---|---|
| 4.6 | 0,60 | 400 |
| 5.6 | 0,60 | 500 |
| 8.8 | 0,60 | 800 |
| 10.9 | 0,55 | 1000 |

$A_{sch} \cdot \alpha_{a} \cdot f_{u,b,k} / \gamma_M$
 bei Gewinde in der Scherfuge A_{sp} verwenden

| Nennweite M [mm] | Schaft- querschnitt A_{sch} [mm2] | Spannungs- querschnitt A_{sp} [mm2] | A_{sp}/A_{sch} | Schaft in der Scherfuge | | | | Gewinde in der Scherfuge | | | |
|---------------------|--|--|------------------|-------------------------|------|------|-------|--------------------------|------|------|------|
| | | | | 4.6 | 5.6 | 8.8 | 10.9 | 4.6 | 5.6 | 8.8 | 10.9 |
| | | | | 4 | 12,6 | 8,8 | 69,9% | 2,74 | 3,43 | 5,48 | 6,28 |
| 5 | 19,6 | 14,2 | 72,3% | 4,28 | 5,35 | 8,57 | 9,82 | 3,10 | 3,87 | 6,20 | 7,10 |
| 6 | 28,3 | 20,1 | 71,1% | 6,17 | 7,71 | 12,3 | 14,1 | 4,39 | 5,48 | 8,77 | 10,1 |
| 8 | 50,3 | 36,6 | 72,8% | 11,0 | 13,7 | 21,9 | 25,1 | 7,99 | 9,98 | 16,0 | 18,3 |
| 10 | 78,5 | 58,0 | 73,8% | 17,1 | 21,4 | 34,3 | 39,3 | 12,7 | 15,8 | 25,3 | 29,0 |
| 12 | 113 | 84,3 | 74,5% | 24,7 | 30,8 | 49,4 | 56,5 | 18,4 | 23,0 | 36,8 | 42,2 |
| 16 | 201 | 157 | 78,1% | 43,9 | 54,8 | 87,7 | 101 | 34,3 | 42,8 | 68,5 | 78,5 |
| 20 | 314 | 245 | 78,0% | 68,5 | 85,7 | 137 | 157 | 53,5 | 66,8 | 107 | 123 |
| 22 | 380 | 303 | 79,7% | 82,9 | 104 | 166 | 190 | 66,1 | 82,6 | 132 | 152 |
| 24 | 452 | 353 | 78,0% | 98,7 | 123 | 197 | 226 | 77,0 | 96,3 | 154 | 177 |
| 27 | 573 | 459 | 80,2% | 125 | 156 | 250 | 286 | 100 | 125 | 200 | 230 |
| 30 | 707 | 561 | 79,4% | 154 | 193 | 308 | 353 | 122 | 153 | 245 | 281 |
| 36 | 1018 | 817 | 80,3% | 222 | 278 | 444 | 509 | 178 | 223 | 357 | 409 |
| 42 | 1385 | 1121 | 80,9% | 302 | 378 | 605 | 693 | 245 | 306 | 489 | 561 |
| 48 | 1810 | 1473 | 81,4% | 395 | 494 | 790 | 905 | 321 | 402 | 643 | 737 |