

3 Das Element

3. 1 Bauphysikalische Anforderungen

/08 / /09 /

Hier sollen kurz ausgewählte bauphysikalische Anforderungen an Elementen aufgeführt werden, die unter Umständen für den weiteren Verlauf der Dokumentation notwendig sind. Auf Nachweise wird verzichtet, da diese den Umfang sprengen würden.

3. 1. 1 Der Wärmeschutz

/11 /

In /11/ wird zum Thema Wärmeschutz ausgesagt:

"(...) Stahl hat eine relativ hohe Wärmeleitfähigkeit. Deshalb sind teilweise außenstehende Stützen ausreichend zu dämmen und gegen Materialdehnungen zu schützen. Stahlbau ist in der Regel Skelettbauweise; die ausfachenden Außenbauteile sind daher meist leicht und mehrschichtig. Dies ermöglicht eine optimale Dimensionierung der Wärmedämmung. (...). Stahlbau ermöglicht präzises Arbeiten. Dadurch können notwendige Fugen und Anschlüsse einwandfrei ausgeführt werden. Energieverluste und Bauschäden werden so vermieden.

(...) Voraussetzung für wirksamen Wärmeschutz ist, daß ■ die einzelnen Bauteile und ihre Verbindungen untereinander dicht sind, ■ die Wärmebrücken vermieden werden, ■ die Wärmedämmung nicht durchfeuchtet wird. Kritische Punkte sind z. B. im Wandquerschnitt stehende Stützen oder die Anschlußfugen der Fenster. Es ist darauf zu achten, daß auch bei thermischen Längenänderungen der Bauteile die Fugen dauerhaft dicht bleiben.

(...) Die Lage der Wärmedämmung und die Art der Bauweise beeinflussen das Innenklima in entscheidender Weise: Durch hohe Speicherfähigkeit der Umfassungsbauteile haben Räume mit außengedämmten Wänden und schwerer Bauweise ein ausgeglichenes Innenklima. Die Innenraumtemperatur ist allerdings nicht kurzfristig beeinflussbar. Räume mit innengedämmten Wänden bzw. mit hochdämmenden Leichtbauwänden haben kurzfristige Aufheizzeiten, kühlen aber auch schneller wieder aus. Eine hohe Wärmedämmung kann bis zu einem gewissen Grad die mangelnde Speicherfähigkeit leichter Bauteile kompensieren. (...). "

In /12/ wird zum Thema Schallschutz ausgesagt:

" (...) Entscheidend ist, das die trennenden Bauteile in ihren Flächen und in ihren Anschlüssen an die umgebenden Bauelemente dicht sind. Bei undichten Fugen, bei Löchern und Schlitzten in Wänden macht sich die verschlechterte Schalldämmung (z. B. bei Fugen bis zu 20 db) in erster Linie im höheren Frequenzbereich bemerkbar. Das Ohr ist dort besonders empfindlich. Das Problem der Fugenundichtigkeit aufgrund mangelhafter Paßgenauigkeit läßt sich am besten durch industriell vorgefertigte Bauteile - eine Stärke des Stahlbaues - begegnen: Bei keiner anderen Bauweise lassen sich daher auch die Fugenteile leichter reduzieren und die Fugen sauberer schließen als beim Stahlbau.

(...) ■ Wird ein Stahlskelett mit Betonplatten oder Mauerwerk ausgefacht, erzielt es denselben Schallschutz wie konventionelle Bauweisen. (...) ■ Bei Beachtung der schalltechnischen Grundregeln erreichen mehrschalige leichte Konstruktionen einen gleichguten Schallschutz wie schwere einschalige.

Beispiele: Zweischalige Wand mit leichtem Stahlgerüst und biegeweichen Schalen, Balkendecke aus Stahlträgern mit Fußboden und biegeweicher Unterdeckenschale.

Diese Anforderung an ein Element tritt in der Regel nur dann auf, wenn Vollverglasung vorliegt. Kann aber auch bei Elementen mit Fenstern interessant sein.

Belastungen der Elementverbindungen (Elementtyp 1)

Für die Auswahl von sinnvoll ausgelasteten Elementverbindungen ist unbedingt die Kenntnis der Belastungen nötig. So könnten vorkommen:

<i>Als Normalkraft:</i>	- Zug - Druck
<i>Als Querkraft</i>	- Schub
<i>Als Moment</i>	- Biegung - Torsion

Für den Umfang dieser Dokumentation sollen Normalkraft und Querkraft kurz betrachtet werden.

Für diese Betrachtung sollen vorab zur Vereinfachung und Modellbildung folgende Vereinbarungen getroffen werden.

- 1) Das Element besitzt die Breite "a", Höhe "b", Tiefe "t".
- 2) Das Element besitzt ein homogenes, isotropes Gefüge.
- 3) Der Schwer- und Schubmittelpunkt sind bekannt und identisch.
- 4) Es gibt keine Schwächungen die berücksichtigt werden müßten.
- 5) Das Trägheitsmoment ist um die betrachtete Achse konstant.
- 6) Die technische Ausführungen aller Befestigungen sind gleich.
- 7) Toleranzen beeinflussen nicht die Ergebnisse.
- 8) Das Element ist ideal schub- und verwindungssteif.
- 9) Das Element ist ein Viereck, die Ecken sind gleichzeitig Verbindungen zum Tragwerk.

Da nicht alle Vereinbarungen eingehalten werden können, ist es verständlich, daß Abweichungen von theoretischen zu den praktischen Werten zu erwarten sind. Trotzdem soll dieses Modell für den weiteren Verlauf der Dokumentation genutzt werden. Dieser Typ von Element gilt für solche aus den Werkstoffen Beton, dicke Metallbleche, Mauerwerk und ähnliches.

Weiterhin ist die Wahrscheinlichkeit, daß genau diese Befestigungsanordnung anzutreffen ist, sehr gering. Jedoch sollte man bedenken, daß eine Vielzahl von Anschlußbildern zerlegbar ist, bis auf den hier vorliegenden einfachen Fall. Diese können dann einzeln berechnet, wieder sinnvoll zusammengefasst werden .

3. 2. 1
 Querkraft

/08/ /09/

Eine Kraft soll an das Element in der YZ- Ebene angreifen, dabei ist diese Kraft die Resultierende aus z. B. Eigengewicht, Verkehrslasten, Wind und ähnliches. Diese Kraft kann in die Komponenten längs der Z- und Y- Achse zerlegt werden. Die Außermittigkeiten dieser Komponentenkkräfte bewirken ein Moment im Element. Das Ergebnis sind Querkräfte, die die Befestigung des Elementes auf Schub belasten.

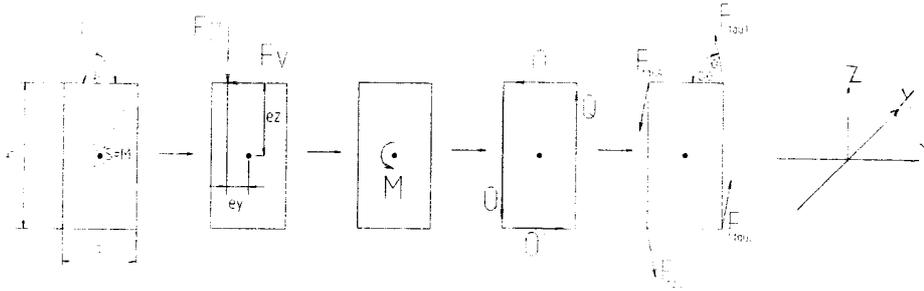


Bild 3;1 Modellbildungfortgang zur Ermittlung der Schubkraft.

Mathematische Darstellung des Modelles:

Komponenten: $F_y = \cos(\alpha) * F$
 $F_z = \sin(\alpha) * F$

Moment aus Außermittigkeit: $M = F_y * e_z - F_z * e_y$

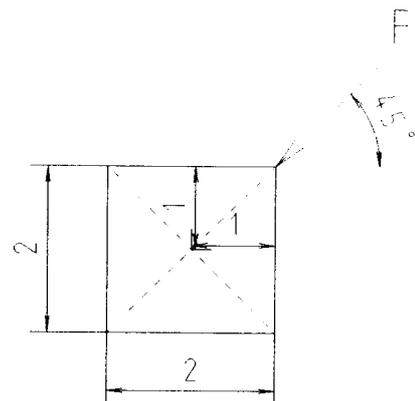
Querkräfte aus Moment: $Q = M / 2a$
 $Q^- = M / 2b$

Schraubkraft maximale: $B = \tan Q / Q^- = \tan b/a$

$$F_{tmax} = \sqrt [(F_y/4 + Q^-/2)^2 + (F_z/4 + Q/4)^2] \quad (1;3)$$

Beispiel 1: gegeben: $F = 100 \text{ KN}$
 $\alpha = 45^\circ$
 $a = 2 \text{ m}$
 $b = 2 \text{ m}$
 $e_y = 1 \text{ m}$
 $e_z = 1 \text{ m}$

gesucht: F_{tmax} in KN
 β in $^\circ$
 20



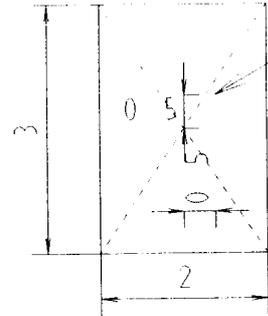
Lösung:

$$\begin{aligned} F_y &= 70,71 \text{ KN} \\ F_z &= 70,71 \text{ KN} \\ M &= 0 \text{ KNm} \\ Q &= 0 \text{ KN} \\ \tilde{Q} &= 0 \text{ KN} \\ F_{\tau\max} &= 25 \text{ KN} \\ \beta &= 45^\circ \end{aligned}$$

Beispiel 2:

gegeben:

$$\begin{aligned} F &= 100 \text{ KN} \\ \alpha &= 30^\circ \\ a &= 2 \text{ m} \\ b &= 3 \text{ m} \\ e_y &= \frac{1}{2} \text{ m} \\ e_z &= \frac{1}{2} \text{ m} \end{aligned}$$



gesucht:

$$\begin{aligned} F_{\tau\max} &\text{ in KN} \\ \beta &\text{ in }^\circ \end{aligned}$$

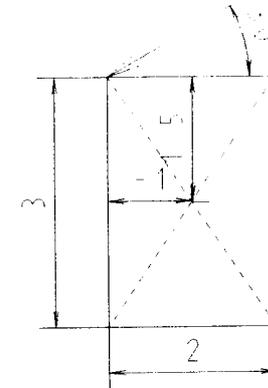
Lösung:

$$\begin{aligned} F_y &= 86,60 \text{ KN} \\ F_z &= 50,00 \text{ KN} \\ M &= 18,30 \text{ KNm} \\ Q &= 4,58 \text{ KN} \\ \tilde{Q} &= 3,05 \text{ KN} \\ F_{\tau\max} &= 27,49 \text{ KN} \\ \beta &= 56,31^\circ \end{aligned}$$

Beispiel 3:

gegeben:

$$\begin{aligned} F &= 100 \text{ KN} \\ \alpha &= 30^\circ \\ a &= 2 \text{ m} \\ b &= 3 \text{ m} \\ e_y &= -1 \text{ m} \\ e_z &= 1,5 \text{ m} \end{aligned}$$



gesucht:

$$\begin{aligned} F_{\tau\max} &\text{ in KN} \\ \beta &\text{ in }^\circ \end{aligned}$$

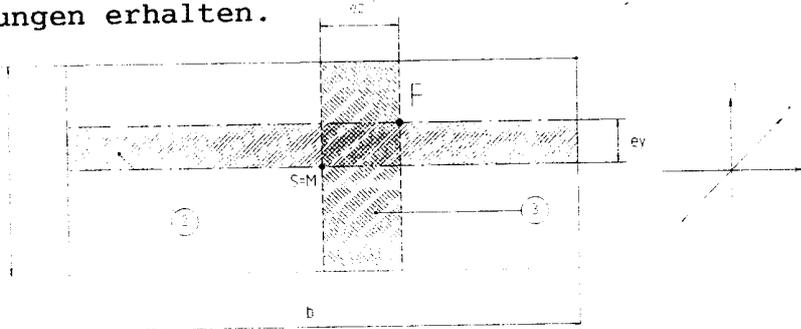
Lösung:

$$\begin{aligned} F_y &= 86,60 \text{ KN} \\ F_z &= 50,00 \text{ KN} \\ M &= 179,90 \text{ KNm} \\ Q &= 44,98 \text{ KN} \\ \tilde{Q} &= 29,98 \text{ KN} \\ F_{\tau\max} &= 50,66 \text{ KN} \end{aligned}$$

3. 2. 2
 Normalkraft

/08/ /09/

Ähnlich wie beim Schub soll jetzt eine Kraft an das Element in der XY- oder XZ- Ebene angreifen, dabei ist diese Kraft die Resultierende aus z. B. Eigengewicht, Verkehrslasten, Wind und ähnliches. Diese Kraft soll für unseren Fall lotrecht auf das Element treffen. Außermittigkeiten sind vorhanden. Im Rahmen dieser Dokumentation ist es nun interessant, welche Zugkräfte die Befestigungen erhalten.



Flächen Position 1= Fläche A_Σ
 Position 2= Fläche A_Z
 Position 3= Fläche A₁

Bild 3;2 Modellbildung zur Ermittlung der Zugkraft.

Für den Fall $e_y = e_z = 0$ erhält jede Befestigung die Kraft $\frac{1}{4} * F$. Treten Außermittigkeiten auf, so wird die Kraft je nach den Verhältnis der Außermittigkeitsflächen zu der Gesamtfläche des Elementes aufgeteilt.

Mathematische Darstellung des Modelles:

Für $e_y = e_z = 0$ gilt: $F_{\sigma n} = \frac{1}{4} * F$

Für $e_y ; e_z \neq 0$ gilt: $F_{\sigma n} = \frac{1}{4} * F \pm \frac{1}{4} * \phi$

Für ϕ gilt : $\phi = (A_1 \pm A_2) / A_{\Sigma}$

Die Flächen bedeuten: $A_1 = a * e_z$
 $A_2 = b * e_y$
 $A_{\Sigma} = a * b$

Fassen wir die Gleichungen zusammen unter Beachtung der Vorzeichen, deren Auswahl sich nach entlastender oder belastender Wirkung des Außermittigkeitsmomentes richtet, ergeben sich nachstehende Formeln:

$$F_{\sigma 1} = \frac{1}{4} * F + F * (a * e_z + b * e_y) / 4ab \quad (1;4)$$

$$F_{\sigma 2} = \frac{1}{4} * F - F * (a * e_z - b * e_y) / 4ab$$

$$F_{\sigma 3} = \frac{1}{4} * F - F * (a * e_z + b * e_y) / 4ab$$

$$F_{\sigma 4} = \frac{1}{4} * F + F * (a * e_z - b * e_y) / 4ab$$

Eine Sonderstellung nimmt die Belastung der Befestigung durch eine Temperaturänderung ein. Die Belastung "Temperaturänderung" zwingt zu einigen Fallunterscheidungen. Richtung und Betrag der sich ändernden Temperatur ist von Bedeutung, die konstruktive Ausbildung der Befestigung und die verwendeten Materialien. Obwohl letztendlich für den späteren Nachweis der Befestigung die "Herkunft" der Kraft ohne Bedeutung ist, soll hier kurz darauf eingegangen werden.

Schub: Zusätzlich zu den im Abschnitt 3. 2 festgelegten Eigenschaften des Elementes sollen für diesen Fall diese erweitert werden um:

- 10) Die durch die Temperaturänderung auftretende Kraft bewirkt keinerlei Verformung um die starke Achse und Ausweichen um die schwache Achse des Elementes.
- 11) Die durch die Temperaturänderung auftretende Kraft wird vollständig über die Befestigungen abgeleitet.
- 12) Die Temperaturänderung ist innerhalb des Materials konstant.

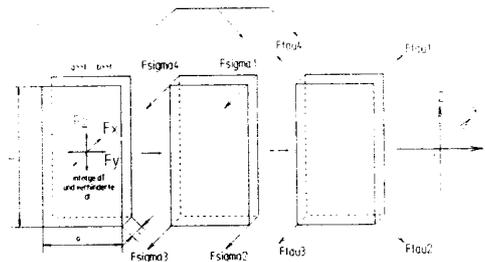


Bild 3;3 Käfte durch Temperaturänderung an den Befestigungen

/08/ gibt vor zur Berechnung der wirkenden Kraft infolge dT bei verhinderter freier Dehnung:

$$F = - E * \alpha_t * dT * A$$

Achsbezogen ergibt sich dadurch:

$$F_y = - E * \alpha_t * dT * t * b$$

$$F_z = - E * \alpha_t * dT * t * a$$

Zusammengefaßt als Resultierende durch dT gilt:

$$F_{\text{tn}} = \sqrt{(F_y/2)^2 + (F_z/2)^2}$$

$$F_{\text{tn}} = \frac{1}{2} * \sqrt{(-E * \alpha_t * dT * t * b)^2 + (-E * \alpha_t * dT * t * a)^2}$$

$$F_{\text{tn}} = \frac{1}{2} * \sqrt{-(E^2) * \alpha_t^2 * dT^2 * t^2 * b^2 + -(E^2) * \alpha_t^2 * dT^2 * t^2 * a^2}$$

$$F_{\text{tn}} = \frac{1}{2} * \sqrt{-(E^2) * \alpha_t^2 * dT^2 * t^2 * (a^2 + b^2)}$$

$F_{\text{tn}} = -\frac{1}{2} * E * \alpha_t * dT * t * \sqrt{(a^2 + b^2)}$	(1;5)
-----------------------------------------------------------------------------	-------

Beispiel 1: gegeben: $E = 22 * 10^3 \text{ Nmm}^{-2}$ Beton --- B10
 $\alpha_t = 1,2 * 10^{-5} \text{ K}$
 $a = 2000 \text{ mm}$
 $b = 3000 \text{ mm}$
 $t = 20 \text{ mm}$
 $dT = -10 \text{ K}$ (Abkühlung)

gesucht: F_{TN} in KN

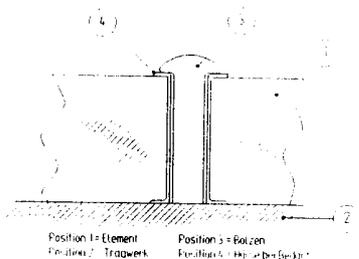
Lösung: $F_{TN} = 95,19 \text{ KN}$ (Beton hat Schwund)

Beispiel 2: gegeben: $E = 22 * 10^3 \text{ Nmm}^{-2}$ Beton --- B10
 $\alpha_t = 1,2 * 10^{-5} \text{ K}$
 $a = 2000 \text{ mm}$
 $b = 3000 \text{ mm}$
 $t = 20 \text{ mm}$
 $dT = 10 \text{ K}$ (Erwärmung)

gesucht: F_{TN} in KN

Lösung: $F_{TN} = -95,19 \text{ KN}$ (Beton hat Volumenzunahme)

Zug: 2 Fälle für das Auftreten einer Zugkraft in der Befestigung:
 1 Fall: Elementmaterial dehnt sich mehr aus, als Befestigungsmaterial bei Erwärmung.
 2 Fall: Befestigungsmaterial schwindet mehr, als Elementmaterial bei Abkühlung.



Druckbelastung der Befestigung kann nicht erfolgen!

Bild 3;4 Angenommene Befestigung des Elementes.

/08/ gibt vor für die Verlängerung eines Materials infolge F:

$$dl = F * l / (E * A)$$

Umgestellt nach "F" ergibt sich:

$$F = dl * E * A / l$$

/08/ gibt an für die Längenänderung infolge Temperaturänderung:

$$dl = \alpha_t * dT * l$$

Fassen wir zusammen gilt:

$$F = \alpha_t * dT * l * E * A / l$$
$$F = \alpha_t * dT * E * A$$

Für vorliegendes System ist somit:

$$F = F_{\sigma n}$$
$$\alpha_1 = (\alpha_{t1} - \alpha_{t2})$$
$$E = E_2 \quad (\text{Befestigungswerkstoff})$$
$$A = A_s \quad (\text{nach Befestigungsausführung})$$

Nach Einsetzen liegt vor:

$$F_{\sigma n} = (\alpha_{t1} - \alpha_{t2}) * dT * E * A_s \quad (1;6)$$

Vorspannungen sind, wie auch im Abschnitt 3. 2. 2 , nicht berücksichtigt!

Beispiel 1: Bolzen mit $d=12$ mm hält Glasscheibe unter einer Abkühlung von 20 K.

gegeben:

$E = 2,1 * 10^5$	Nmm ⁻²	Stahl
$d = 12$	mm	
$dT = -20$	K	
$\alpha_{t1} = 1,0 * 10^{-6}$	K ⁻¹	Glas
$\alpha_{t2} = 1,3 * 10^{-5}$	K ⁻¹	Stahl

gesucht: $F_{\sigma n}$ in KN

Lösung:

$$A = \pi/4 * d^2 = A_s$$
$$A = 113,1 \text{ mm}^2$$
$$F_{\sigma n} = 5,70 \text{ KN}$$

Beispiel 2: Bolzen mit $d=12$ mm hält Aluplatte unter einer Erwärmung von 10 K. Verformung von Korrosionsschutzhülse wird nicht berücksichtigt!

gegeben:

$E = 2,1 * 10^5$	Nmm ⁻²	Stahl
$d = 12$	mm	
$dT = 10$	K	
$\alpha_{t1} = 2,3 * 10^{-5}$	K ⁻¹	Alu
$\alpha_{t2} = 1,3 * 10^{-5}$	K ⁻¹	Stahl

gesucht: $F_{\sigma n}$ in KN

Lösung:

$$A = 113,1 \text{ mm}^2$$
$$F_{\sigma n} = 2,38 \text{ KN}$$

Beispiel 3: Bolzen mit $d = 12$ mm hält Betonplatten unter einer Erwärmung von 20 K.

gegeben:

$E = 2,1 \cdot 10^5$	Nmm^{-2}	Stahl
$d = 12$	mm	
$dt = 20$	K	
$\alpha_{t1} = 1,2 \cdot 10^{-5}$	K^{-1}	Beton
$\alpha_{t1} = 1,3 \cdot 10^{-5}$	K^{-1}	Stahl

gesucht: F_{Gn} in KN

Lösung:

$A = 113,1$	mm^2	
$F_{\text{Gn}} = -0,48$	KN	(Druckkraft, kann nicht übertragen werden!)

3. 3

Belastungen der Elementbefestigungen (Elementtyp 2)

/013/

Zu diesem Typ von Elementen gehören alle dünnwandigen Profile, sowie solche mit unregelmäßigem Querschnitt und Form. Bedingt durch die geringe(re) Tragfähigkeit ist die Befestigung als Vierergruppe nicht möglich. Mehrere Auflager bedingen aber den Effekt der Durchlaufwirkung, der bei der Ermittlung der Auflagerkräfte nicht vernachlässigt werden darf.

Trapezprofile als dünnwandige Profile Verhalten sich grundsätzlich anders als dickwandige. Werden sie belastet bilden sich plastische Zonen in den Druckbereichen der Querschnitte heraus, weiterhin ist zu erwarten, daß im Querschnitt keine gleichmäßige Spannungsverteilung vorliegt.

Durch Simulation ist in Versuchen aus dem Versagen der aufgelagerten Trapezprofile die ertragbaren Biegemomente und Auflagerkräfte ermittelt worden.

Dabei stellte sich eine Besonderheit dieser dünnwandigen Profile heraus, nämlich die Abhängigkeit des aufnehmbaren Biegemomentes an der Zwischenstütze des von Durchlaufträgern von der dort wirkenden Auflagerkraft. Weitere Parameter sind die Querschnittsform, die Auflagerbreite und die Richtung der Belastung ("Negativ- Positiv-Lage").

Der Unterschied zwischen den im Abschnitt 3. 2 beschriebenen Kräften und den hier vorgestellten Berechnungsgrundlagen ist, beim Elementtyp 1 wird die Verteilung der Aktionskräfte dargestellt und daran die spätere Anpassung der Befestigungselemente vorgenommen, beim Elementtyp 2 werden aufbringbare Reaktionskräfte berechnet und mit den Aktionskräften verglichen. Die geänderte Bezeichnung der einzelnen Parameter trägt dazu Rechnung.

Der statische Nachweis der Profile selbst soll hier nicht erfolgen. Die sind nicht Inhalt des Themas.

Trapezprofile werden bemessen durch die *DIN 18 807*! Das bedeutet die erforderlichen Nachweise müssen mit einem summarischen Sicherheitsfaktor geführt werden. Er ist für die Tragsicherheit mit 1, 7 und für die Gebrauchsfähigkeit mit 1, 3 angegeben. In der hier vorliegenden Dokumentation wird vereinbart, daß die in den Beispielen angegebenen Lasten bereits den Status einer Bemessungs- oder Normlast haben, die der Nachweis im Beispiel fordert.

3. 3. 1
 Querkräfte

/012/

Schubfelder aus Profilblechen können in Dächern und Decken an Stellen von Verbänden Querkräfte übertragen, die sich z. B. aus Windlasten oder Bauwerksstabilisierung ergeben. Solche Schubfelder bestehen aus den Randträgern, die praktisch ein Gelenkviereck bilden, dem Profilblech und den Verbindungen/ Befestigungen. Schubfelder sind in den Montage- bzw. Verlegeplänen besonders zu kennzeichnen.

Entgegen den Auswirkungen einer Querkraft auf ein Element Typ 2 treten beim Trapezprofil neben den aufgeteilten Querkräften an den Befestigungselementen auch Normalkräfte auf. Diese müssen berücksichtigt werden und mit den schon vorhandenen aus Abschnitt 3. 3. 2 überlagert werden.

Es gilt:

$R_n + R_s = R_n^*$	(1;10)
---------------------	--------

"R_s" kann berechnet werden laut Formblatt 1 der Zulassungsunterlagen nach:

$R_s = K_3 * T$	(1;11)
-----------------	--------

$T = Q_2 / L_s = Q_1 / a_s$	(1;12)
-----------------------------	--------

Die eigentlich zu betrachtenden Schubkräfte an den Befestigungselementen sind bestimmbar durch:

$F_\tau = Q * a_s / L_s$	(1;13)
--------------------------	--------

"Q" ist die Querkraft, die über die Schubfeldlänge wirkt!"

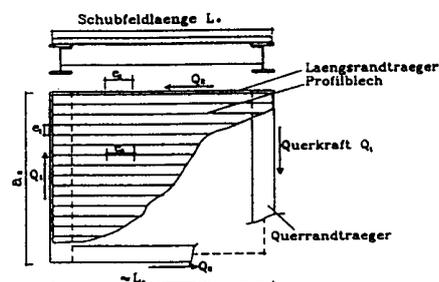
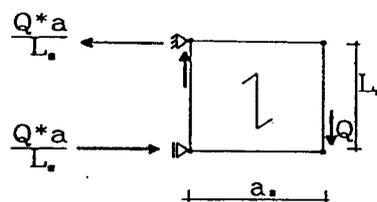
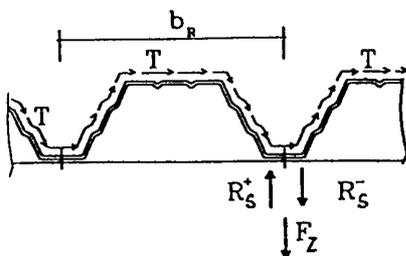


Bild 3;5 Element als Schubfeld

3. 3. 2
 Normalkräfte

/012/

Eine einfache Möglichkeit die Normalkräfte an den Befestigungen zu ermitteln sind, die k- Werte. Dazu bedarf es aber festgelegter Randbedingungen:

- * konstante Stützweite
- * durchlaufendes Profil
- * konstante Streckenlast

Letztere Bedingung wird nicht immer zu realisieren sein, besonders Wind hat im Eckbereich geänderte Werte. Es gibt dazu den ausführlichen Weg der Auflagerkraftbefestigung oder man nimmt für den gesamten Dachbereich den ungünstigsten Fall der Streckenlast an.

Für die Berechnung der Auflagerkraft ist mit Hilfe der k- Werte folgende Berechnungsgrundlage vorgeschrieben:

$R_n = k * l_n * p$	(1;9)
---------------------	-------

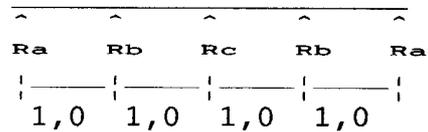
k- Werte für den Fall: $l_1 = l_2 = l_3 = \dots l_n$

Schnittkraft	Anzahl der Felder					
	2	3	4	5	6	7
R_a	0,375	0,400	0,393	0,395	0,394	0,394
R_b	1,250	1,100	1,140	1,130	1,140	1,130
R_c	-	-	0,929	0,974	0,962	0,965
R_d	-	-	-	-	1,020	1,010

k- Werte für den Fall: $0,83 * l_1 = l_2 = l_3 = \dots 0,83 * l_n$

Schnittkraft	Anzahl der Felder					
	2	3	4	5	6	7
R_a	-	0,313	0,313	0,313	0,313	0,313
R_b	-	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020
R_c	-	-	0,996	0,998	0,998	0,998
R_d	-	-	-	-	1,000	1,000

Beispiel 1: gegeben: 4- Feld Trapezprofil
 $l_1 = 1,0 \text{ m}$
 $l_2 = 1,0 \text{ m}$
 $l_3 = 1,0 \text{ m}$
 $l_4 = 1,0 \text{ m}$
 $p = \text{const KN/m}^2$



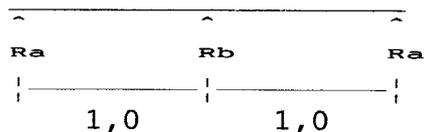
gesucht: $R_a ; R_b ; R_c ; R_d$ in KN/m
 Probe analytisch

Lösung: $l = l_1 + l_2 + l_3 + l_4$
 $l = 4,0 \text{ m}$
 $R_n = k * l_n * p$
 $R_a = 0,393p \quad [\text{KN/m}]$
 $R_b = 1,140p \quad [\text{KN/m}]$
 $R_c = 0,929p \quad [\text{KN/m}]$

$$\Sigma V = 0 = 4,0p - 2 * 0,393p - 2 * 1,140p - 1 * 0,929p$$

$$0 \approx 0 \quad \text{w. A.}$$

Beispiel 2: gegeben: $F = 100 \text{ KN}$ Werte aus Beispiel 1
Abschnitt 3. 2. 2
 $a = 2 \text{ m}$
 $b = 3 \text{ m}$
 $e_y = 0 \text{ m}$
 $e_z = 0 \text{ m}$
 $l_1 = 1 \text{ m}$
 $l_2 = 1 \text{ m}$
 als 2- Feldtrapezprofil



gesucht: $R_a ; R_b ; R_c$ in KN/m
 Probe analytisch

Lösung: $p = F / (a * b)$ festgelegt
 $p = 25 \text{ KN/m}^2$
 $R_n = k * l_n * p$
 $R_a = 9,38 \text{ KN/m}$
 $R_b = 31,25 \text{ KN/m}$

$$\Sigma V = 0 = 50 \text{ KN/m} - 2 * 9,375 \text{ KN/m} - 1 * 31,250 \text{ KN/m}$$

$$0 = 0 \quad \text{w. A.}$$

/013/ sagt zum Lastfall Temperatur bei **Aluminium** aus:

"Im Normalfall braucht eine Temperaturzwängung nicht nachgewiesen werden, denn trotz des großen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von $23,5 \cdot 10^{-6}$ pro Kelvin besteht keine Gefahr für eventuelles Abscheren der Verbindungen, denn es überlagern sich einige günstige Effekte:

* Ein Trapezprofil verhält sich nicht wie eine Linie auf dem Papier, an die $dl = \alpha_t \cdot dT \cdot l$ geschrieben wird, sondern weicht durch Biegung aus, auch aus Gründen der exzentrischen Schwerachse.

* Die Unterkonstruktionen sind in der Regel derart weich, daß sie ankommende Verformungen problemlos aufnehmen.

* Die Verbindungen sind für eine Querverformung von mindestens 3 mm ausgelegt, es bedarf schon einer Stützweite im Endfeld von Durchlaufsystemen von über 3 m, um diesen Freiraum auszunutzen.

* Bei Durchlaufsystemen kompensieren sich die Ausdehnungen aus den anliegenden Mittelfeldern über den Zwischenauflagern.

* Zusätzliche Sicherheiten sind durch die Anordnung von Groß- oder Langlöchern oder Schiebegarnituren vorhanden, ebenso bei der normalerweise üblichen Verbindung im Obergurt, also mit langer Schraube.

* Selbst bei der direkten Verbindung im Untergurt ist bisher noch nirgends ein Langloch entdeckt worden, was aus Überschreitung der Lochleibung im Trapezprofil resultieren würde.

* Würde sich ein Langloch bilden, so ist bei der Verwendung einer üblichen 16 mm- Dichtscheibe und zusätzlicher Kalotte noch lange kein Absinken der aufnehmbaren Haltekraft der Verbindung zu erwarten.

Unter Beachtung dieser wenigen Gesichtspunkte dürfte ein prüffähiger Nachweis in jedem Fall möglich sein und auch keine allzugroßen Schwierigkeiten bereiten."

Für den Werkstoff **Stahl** gibt /012/ Hinweise:

"Ein weiterer Hinweis in den einzelnen Blättern (der Zulassungen) bezieht sich auf die "Querbeanspruchung infolge Temperatur ohne rechnerischen Nachweis". Bei den zugeordneten Blechdicken kommt es infolge Langlochbildung zu einem Abbau temperaturbedingter Zwängsspannungen. Diese Verbindungsmittel- Blechdicken- Kombination erfüllt auch eine allgemeine Forderung des Stahlbaues, daß dem Versagen einer Verbindung größere Verformungen vorausgehen sollen und rechtfertigt vereinfachte Berechnungsmodelle. Es ist auch bei fehlender Temperaturbeanspruchung eine solche Kombination anzustreben."

3. 4

Abschließendes

In den vorherliegenden Abschnitten wurden Herkunft und Aufteilung von Befestigungskräften beschrieben. Diese besitzen keinesfalls das Merkmal der Vollständigkeit. Es ist auch nicht Aufgabe der Dokumentation diese ausführlich zu behandeln. So wurden z.B. nicht die Kräfte beschrieben, die beim Schwinden von Beton entstehen können oder bei inhomogenen Querschnitten sich ergebene Veränderungen.

Im folgenden sollen neben dem Vorstellen der Techniken auch Montagehinweise und statische Nachweise, ähnlich wie bis jetzt, beschrieben werden. Der Umfang und die Tiefe des Eindringens in jede einzelne Technik ist unter anderem abhängig von den vorausgesetzten Vorkenntnissen, der Nutzungshäufigkeit in der Praxis und anderem mehr.

Trotzdem sei darauf hingewiesen, das auch diese Beschreibung der Befestigungstechnik im Metallbau nicht alles erfassen kann. Die spezielle Aufgabe in der Praxis erfordert allzuoft spezielle Lösungen, an die individuell herangegangen werden muß. Ein Wegweiser für das tiefere Eindringen in das gerade aktuelle, geforderte Verfahren soll es aber sein.