

Juli 2018

ISSN 2366-0201 | 14,80 €

mikado plus

Themenmagazin für Zimmermeister

Holztafelbau

GEBÄUDEAUSSTEIFUNG

Wandtafeln

Deckentafeln

Praxisbeispiel

Aussteifung von Gebäuden in Holztafelbauweise

Der Nachweis der Gebäudeaussteifung ist notwendiger und wesentlicher Bestandteil jeder statischen Berechnung und auch im Holzbau kein „Hexenwerk“.

INHALT

Grundlagen	2
Wandtafeln	6
Deckentafeln	10
Impressum	12
Beispiel	14
Literaturhinweis	19

Bei Holzhäusern in Holztafelbauweise (früher: Holzrahmenbauweise) sind die zugehörigen Nachweise für viele Tragwerksplaner leider nicht „trivial“ und daher ungeliebt, sodass bei kleinen Einfamilienhäusern der Nachweis der Gebäudeaussteifung gerne „vergessen“ wird. Um aufzuzeigen, dass die Gebäudeaussteifung im Holzbau kein „Hexenwerk“ darstellt, werden nachfolgend die wichtigsten Grundsätze für den Nachweis der Gebäudeaussteifung im Holztafelbau dargestellt.

Im Zusammenhang mit der Gebäudeaussteifung spricht der Ingenieur üblicherweise von Wand- und Deckenscheiben. Der Begriff „Scheibe“ ist für Wände und Decken im Massivbau durchaus zutreffend, im

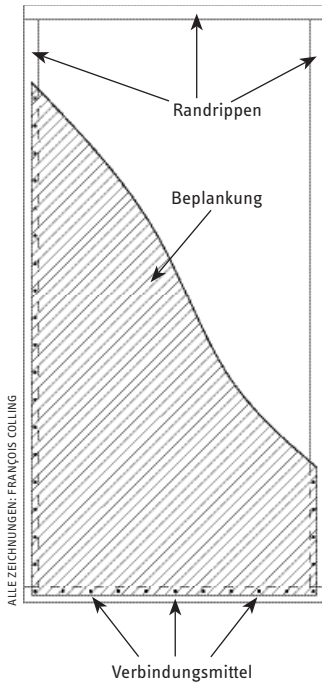
Holztafelbau allerdings nicht. Hier bestehen Wände und Decken aus mehreren Komponenten:

- ▶ den Rippen bzw. dem Rahmen
- ▶ der Beplankung
- ▶ den Verbindungsmitteln

Wand- und Deckentafeln bestehen daher aus einem System von mehreren Komponenten, sodass das Tragverhalten dieser Tafeln nicht dem einer homogenen Scheibe entspricht. Der korrekte Begriff wäre daher „scheibenartig beanspruchte Tafeln“, der sich in der Praxis allerdings kaum durchsetzen dürfte. Daher wird nachfolgend vereinfacht von Wand- und Deckentafeln gesprochen.

Das Tragverhalten von Wand- und Deckentafeln entspricht nicht dem homogener Scheiben

KOMPONENTEN EINER HOLZTAFEL

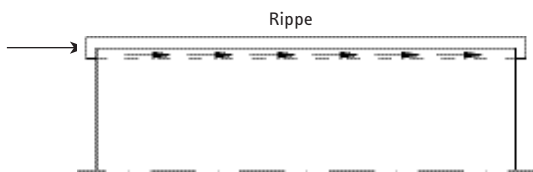


Voraussetzungen

Die Bemessung von Holztafeln zur Aussteifung von Gebäuden wird im EC 5-1-1, Abschnitt 9.2.3 (Dach- und Deckscheiben) und Abschnitt 9.2.4 (Wandscheiben) geregelt. Grundlage der Bemessung ist die bereits in DIN 1052-2004 enthaltene Schubfeldtheorie, deren Anwendung an folgenden Voraussetzungen geknüpft ist:

- ▶ kontinuierlicher Verbund zwischen Rippen und Beplankung über mechanische Verbindungsmittel.
- ▶ kontinuierliche Lastenleitung (keine punktuelle Einleitung großer Kräfte).
- ▶ Zur Sicherstellung einer gleichmäßigen Beanspruchung des Verbundes wird eine Plastifizierung der Verbindungsmittel vorausgesetzt. Dies bedeutet, dass die Regelungen des EC 5 nur für Tafeln gelten, bei denen die Beplankung über mechanische Verbindungsmittel mit den Rippen befestigt ist.
- ▶ Es wird vorausgesetzt, dass Rippen und Beplankung so steif/fest sind, dass sie für die Bemessung nicht maßgebend werden; es wird also angenommen, dass die Tragfähigkeit der Verbindungsmittel bemessungsmaßgebend ist.
- ▶ Jede Tafel besitzt umlaufende, zug- und druckfeste Randgurte (Randrippen). Diese Forderung gilt ausdrücklich auch für Teilscheiben, wie sie bei Deckentafeln üblicherweise angesetzt werden (siehe hierzu auch Seite 11).

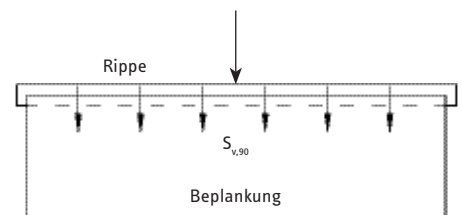
SCHUBFLÜSSE $S_{v,0}$



Schubflüsse

Bei idealen Tafeln treten im Verbund zwischen Rippen und Beplankung nur Schubflüsse parallel zu den Rippen auf: $s_{v,0}$. Bei Tafeln mit freien Plattenrändern treten auch Beanspruchungen rechtwinklig zu den Rippen auf: $s_{v,90}$.

SCHUBFLÜSSE $S_{v,90}$



Materialien

Als Verbindungsmittel kommen meist Klammern zum Einsatz. Als Beplankungsmaterialien werden vornehmlich OSB- und Dreischichtplatten verwendet. Spanplatten und Furnierplatten werden nur noch selten eingesetzt. Bei Verwendung dieser Materialien ist sichergestellt, dass die Verbindungsmittel bemessungsmaßgebend werden. Die Tabelle auf der rechten Seite zeigt beispielhaft für einige Ausführungen (Klammern und OSB) die Schubflustragfähigkeit: $f_{v,Rd}^{VM}$

		f _{v,Rd} ^{VM} in [N/mm] bzw. [kN/m] für Klammern bei einem Abstand von												
		a ₁ in [mm]												
t	d	l _{min}	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	
12	1,5	30	8,29	6,91	5,92	5,18	4,60	4,14	3,76	3,45	3,18	2,96	2,76	
	1,8	35	11,49	9,58	8,21	7,18	6,38	5,74	5,22	4,79	4,42	4,10	3,83	
	2,0	35	13,66	11,38	9,76	8,54	7,59	6,83	6,21	5,69	5,25	4,88	4,55	
15	1,5	35	8,32	6,93	5,94	5,20	4,62	4,16	3,78	3,46	3,20	2,97	2,77	
	1,8	35	11,53	9,61	8,23	7,20	6,40	5,76	5,24	4,80	4,43	4,11	3,84	
	2,0	40	13,92	11,60	9,94	8,70	7,73	6,96	6,33	5,80	5,35	4,97	4,64	
18	1,5	40	8,34	6,95	5,95	5,21	4,63	4,17	3,79	3,47	3,20	2,97	2,78	
	1,8	40	11,56	9,63	8,26	7,22	6,42	5,78	5,25	4,81	4,44	4,13	3,85	
	2,0	40	13,96	11,63	9,97	8,72	7,75	6,98	6,34	5,81	5,37	4,98	4,65	
22	1,5	45	8,36	6,97	5,97	5,22	4,64	4,18	3,80	3,48	3,21	2,98	2,78	
	1,8	45	11,60	9,66	8,28	7,25	6,44	5,80	5,27	4,83	4,46	4,14	3,86	
	2,0	45	14,00	11,67	10,00	8,75	7,78	7,00	6,36	5,83	5,38	5,00	4,66	

Für die NKL 2 sind die Werte für OSB-Platten mit dem Faktor 0,894 zu multiplizieren.

Bei Decktafeln mit freien Stößen sind die Werte für f_{v,Rd}^{VM} mit dem Beiwert k_{vt} = 0,66 abzumindern.

▲ Bemessungswerte der Schubflusstragfähigkeit f_{v,Rd}^{VM} nach EC 5 für Klammern und OSB in Abhängigkeit vom Abstand a₁ der Verbindungsmittel (gültig für die NKL 1 und KLED = kurz/sehr kurz)

Wandtafeln

Wandkräfte ermitteln

Nach dem Eurocode 5 darf die Ermittlung der Wandkräfte unter der Annahme erfolgen, dass die Deckentafel aus lauter Einfeldträgern (einfach gestützte Träger) besteht.

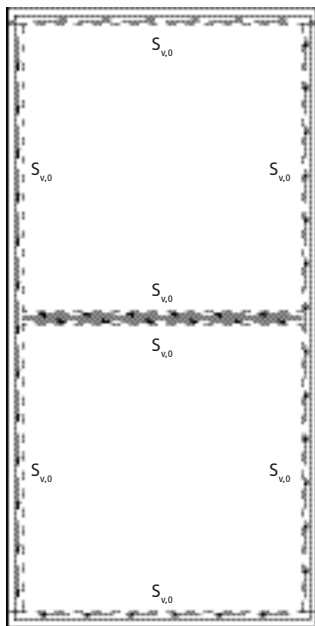
Im Eurocode 5 sind nur rechteckige Wandtafeln geregelt, die keine Plattenstöße enthalten dürfen. Nach Nationalem Anhang zum Eurocode 5 (DIN EN 1995-1-1/NA:2010-12: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 5) ist ein horizontaler Plattenstoß zulässig, wobei dieser hinterlegt/unterstützt und schubfest verbunden sein muss.

Freie Plattenränder, d. h. nicht unterstützte bzw. nicht schubfest verbundene Plattenstöße, sind bei Wandtafeln nicht zulässig!

Gruppen von Wandtafeln sind mit einer durchlaufenden Kopfrippe miteinander zu verbinden, damit alle Wandtafeln aktiviert werden können.

Für die Verankerung von Wandtafeln gilt der Grundsatz: **Die Stiele (Randrippen) müssen verankert werden.** Werden nur die Schwellen verankert, besteht die Gefahr eines Ausreißen der Verbindungsmittel.

WANDTAFEL MIT UNTERSTÜTZTEM PLATTENSTOSS

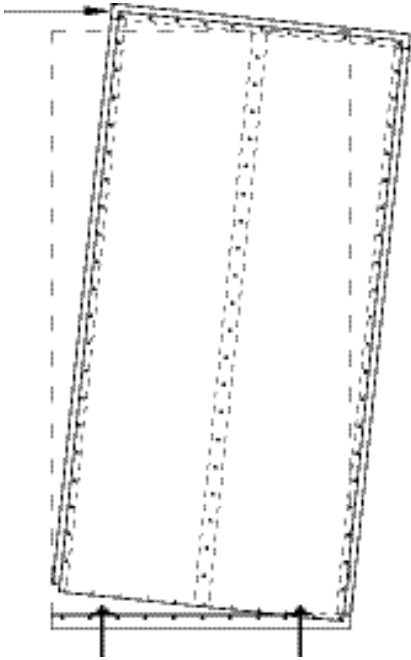


◀ Wandtafel mit unterstützten Plattenrändern



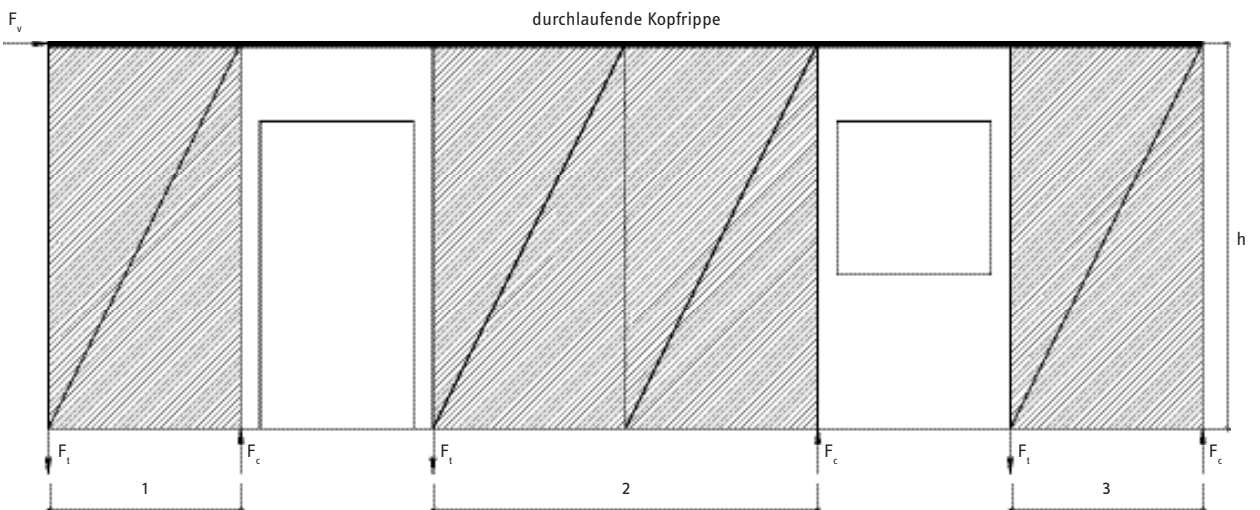
▲ Wandtafel mit zwei unzulässigen freien Plattenrändern (nicht unterstützte Plattenstöße)

AUSREISSEN DER VERBINDUNGSMITTEL BEI ALLEINIGER VERANKERUNG DER SCHWELLE



„Die Stiele (Randrippen) müssen verankert werden.“

GRUPPEN VON WANDTAFELN MIT DURCHLAUFENDER KOPFRIPPE UND VERANKERUNG DER WANDTAFELN



„Durchlaufende Deckentafeln verhalten sich wie Einfeldträger.“

Beanspruchungen

Nachfolgend wird das Verfahren zur Berechnung der horizontalen Wandkräfte nach EC 5 vorgestellt. Nach dem EC 5 (und früher auch schon nach DIN 1052) darf die Ermittlung der Wandkräfte unter der Annahme erfolgen, dass die Deckentafel aus lauter Einfeldträgern (einfach gestützte Träger) besteht. Die Möglichkeit einer Durchlaufwirkung der Deckentafel wird nicht angesetzt. Dies erscheint auf den ersten Blick als stark vereinfachende Annahme, erweist sich aber – wie nachfolgend beschrieben – auf den zweiten Blick als durchaus zutreffend.

Deckentafeln weisen üblicherweise eine hohe statische Höhe von mehreren Metern auf. Die Durchbiegung einer Deckentafel wird dabei vorrangig durch die einwirkenden Querkkräfte und die Nachgiebigkeit der Verbindungsmittel verursacht, während Verformungen infolge der auftretenden Biegemomente verschwindend gering sind.

Damit verhält sich eine Deckentafel wie ein schubweicher Balken, bei dem die Durchlaufwirkung gegen null tendiert. Damit ist die Annahme, dass sich Deckentafeln wie Einfeldträger verhalten, mechanisch gesehen zutreffend und ermöglicht eine sehr einfache und damit auch sehr praxisnahe Bestimmung der horizontalen Wandkräfte.

Diese Annahme bewirkt zwar eine höhere Belastung von Innenwänden, diese können aber auch einfacher „ertüchtigt“ werden, z. B. durch eine doppelte Beplankung.

Die Beanspruchung des Verbundes in der Wandtafel kann wie folgt berechnet werden:

$$s_{v,0,d,i} = \frac{F_{v,d,i}}{l_i} \quad \text{Gl.(1)}$$

mit

$s_{v,0,d,i}$ = Bemessungswert des Schubflusses in der Wandtafel

$F_{v,d,i}$ = Bemessungswert der horizontalen Wandkraft (Auflagerkraft aus Deckentafeln)

l_i = Länge der Wandtafel

Neben den einwirkenden horizontalen Lasten (Wind) müssen Wandtafeln auch noch Abtriebskräfte aufnehmen, die aus ungewollten Schiefstellungen von Querwänden auftreten. Diese Abtriebskräfte können durchaus in der Größenordnung von bis zu 20 Prozent der Kräfte aus Wind liegen!

Bemessung

Bei den üblicherweise verwendeten Klammern und OSB-Platten werden immer die Verbindungsmittel bemessungsmaßgebend. Dann ist folgender Nachweis zu führen:

$$s_{v,0,d,i} \leq f_{v,Rd}^{VM} \quad \text{Gl.(2)}$$

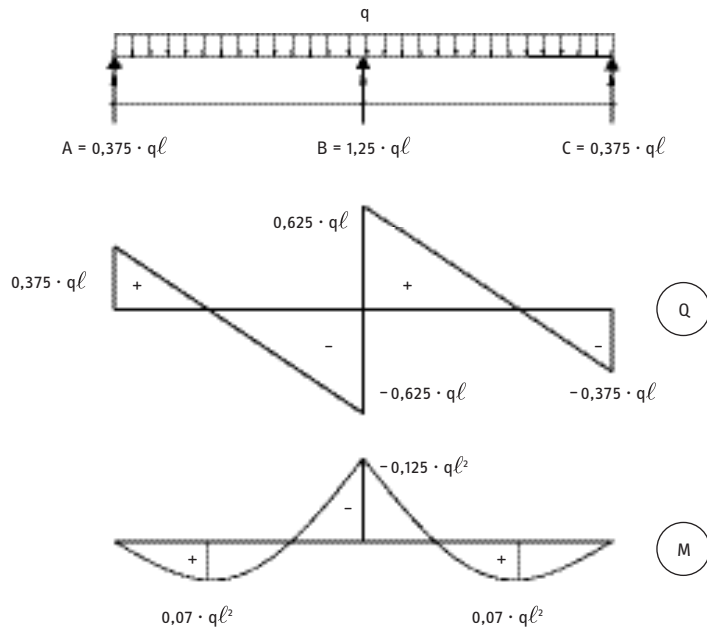
mit

$s_{v,0,d,i}$ = Bemessungswert des Schubflusses in der Wandtafel nach Gl.(1)

$f_{v,Rd}^{VM}$ = Bemessungswert der Schubflusstaugfähigkeit (z. B. nach Tabelle Seite 3)

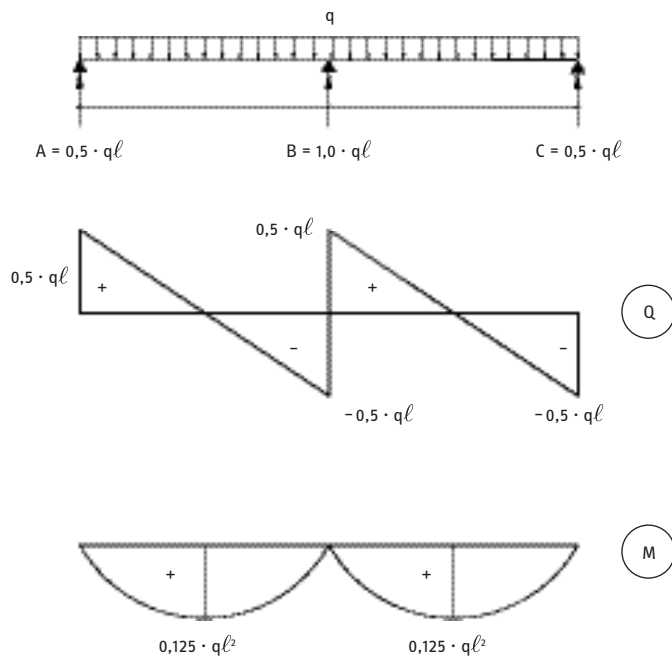
AUFLAGERKRÄFTE UND SCHNITTGRÖSSEN VON ZWEIFELDTRÄGERN

Schubstarrer Träger (wie in Stabwerksprogrammen üblicherweise angenommen)



Schubstarr: $W_q = 0$

Schubweicher Träger (wie Deckentafel)



Schubweich: $W_q \gg W_M$

Deckentafeln

Was hält die Decke?

Freie, das heißt nicht unterstützte Plattenränder führen zu einer Abminderung der Deckentragfähigkeit.

Für die Aussteifung von Gebäuden in Holztafelbauweise sind folgende Typen von Deckentafeln zu unterscheiden:

- ▶ Typ 1: Deckentafeln mit Lasteinleitung quer zu den Deckenbalken: Bei diesem Tafeltyp tritt an der Randrippe, an der die Windlast eingeleitet wird, eine zusätzliche Beanspruchung $s_{v,90}$ auf.
- ▶ Typ 2: Deckentafeln mit Lasteinleitung parallel zu den Deckenbalken: Bei diesem Tafeltyp wird die Windlast – ähnlich wie bei Fachwerkträgern über die Knoten – über die stehenden Rippen in die Deckentafel eingeleitet. Daher entsteht bei diesem Tafeltyp in der Randrippe keine zusätzliche Beanspruchung $s_{v,90}$ infolge Lasteinleitung.

Bei Deckentafeln sind freie Plattenränder, d. h. nicht unterstützte Plattenstöße, nicht mehr vermeidbar. Diese Plattenstöße bewirken zum Teil erhebliche Zusatzbeanspruchungen $s_{v,90}$ im Verbund zwischen Rippen (Deckenbalken) und Beplankung, was die Tragfähigkeit der Tafeln herabsetzt. Im Nationalen Anhang des Eurocode 5 wird dies über eine pauschale Abminderung der Schubflusstragfähigkeit mit dem Faktor k_{v1} berücksichtigt.

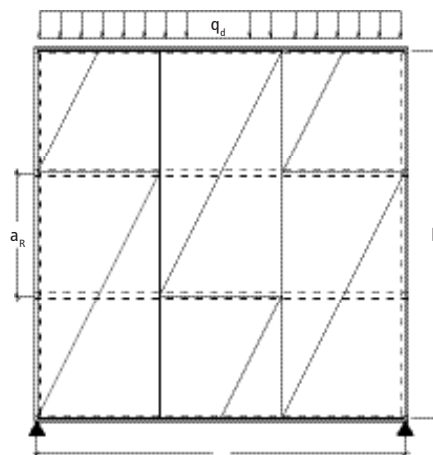
Öffnungen

Größere Öffnungen, z. B. infolge von Treppenhäusern, sind bei Deckentafeln kaum zu vermeiden. Die durch diese Öffnungen verursachten „Störkräfte“ sind bei der Bemessung von Deckentafeln zu berücksichtigen. Dies kann prinzipiell wie folgt erfolgen:

- ▶ Betrachtung der Deckentafel „als Ganzes“, d. h. als starrer Körper und Einleitung der Randkräfte – analog zum Massivbau – über Verteiler (Rippen) in die Tafel
- ▶ Ausbildung von „Teilscheiben“, wobei darauf zu achten ist, dass jede „Teilscheibe“ mit umlaufenden Gurten/Randrippen auszubilden ist (Voraussetzung siehe Seite 2 und 3).

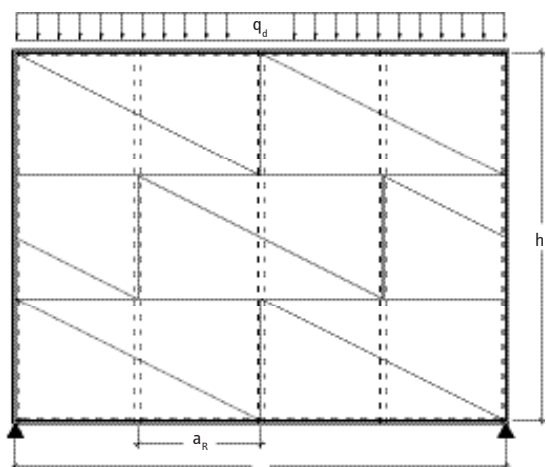
DECKENTAFEL TYP 1

Mit Lasteinleitung rechtwinklig zu den Deckenbalken



DECKENTAFEL TYP 2

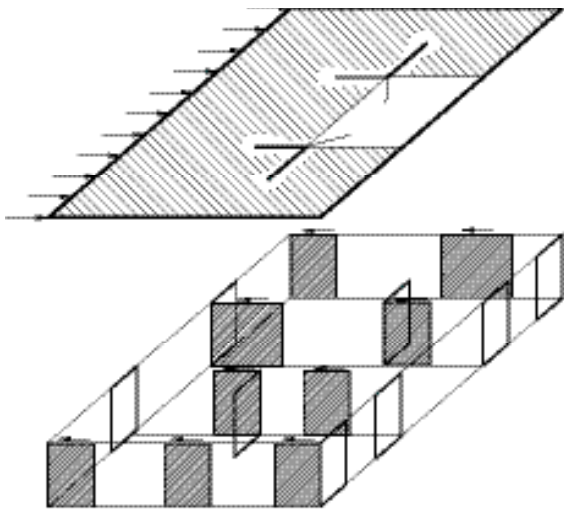
Mit Lasteinleitung parallel zu den Deckenbalken



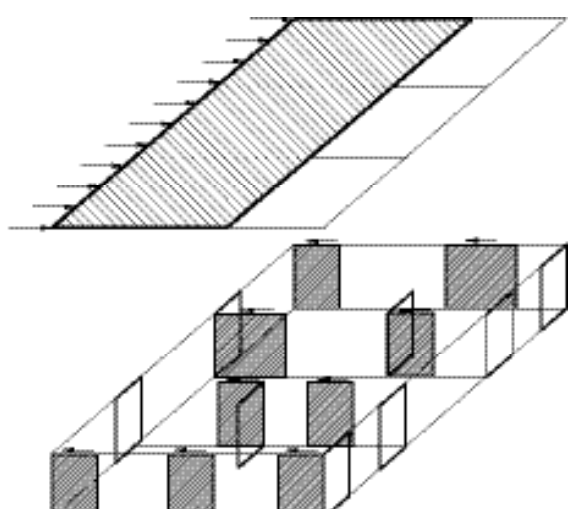
„Größere Öffnungen in Deckentafeln verursachen Störkräfte.“

DECKENTAFELN MIT ÖFFNUNG

Deckentafel „als Ganzes“ mit Einleitung der Randkräfte über Verteiler



Aussteifende Deckentafel als „Teilscheibe“ mit umlaufenden Gurten



Impressum

Verlag:
WEKA MEDIA GmbH & Co. KG
Römerstraße 4 | 86438 Kissing
Telefon +49 82 33.23-0
www.weka.de | www.mikado-online.de

Diese Anschrift gilt auch für folgende Personen und Gesellschaften, sofern nicht anders lautend:

Herausgeber:
WEKA MEDIA GmbH & Co. KG

Geschäftsführer:
Stephan Behrens | Michael Bruns | Werner Pehland

Verlagsleiter Zeitschriften Bauhandwerk:
Christoph Maria Dauner

Chefredakteur:
Dipl.-Betriebsw. (FH) Christoph M. Dauner (cm)
(verantwortl.) | Christoph.Dauner@weka.de

Redaktion dieser Ausgabe: Viktoria Durnberger

Abverwaltung:
Fon +49 82 33.23 40 00 | service@weka.de

Produktion:
Helmut Göhl (verantwortl.) | Silke Schwer

Grafik und Satz:
Popp Medien | Herrenbachstraße 17 | 86161 Augsburg

Lithografie:
high end dtp-service
Herrenbachstraße 19 | 86161 Augsburg

Druck:
F&W Druck- und Mediacenter GmbH
Holzhauser Feld 2 | 83361 Kienberg

Titelbild: xxx

Preis pro Ausgabe: 14,80 Euro, vier Ausgaben/Jahr
ISSN: 2366-0201



WEKA ist bemüht, ihre Produkte jeweils nach neuesten Erkenntnissen zu erstellen. Die inhaltliche Richtigkeit und Fehlerfreiheit wird ausdrücklich nicht zugesichert. Bei Nichtlieferung durch höhere Gewalt, Streik oder Aussperrung besteht kein Anspruch auf Ersatz. Zum Abdruck angenommene Beiträge und Abbildungen gehen im Rahmen der gesetzlichen Bestimmungen in das Veröffentlichungs- und Verbreitungsrecht des Verlags über. Für unaufgefordert eingesandte Beiträge übernehmen Verlag und Redaktion keine Gewähr. Namentlich ausgewiesene Beiträge liegen in der Verantwortlichkeit des Autors. Die Quartalschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jeglicher Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur mit ausdrücklicher schriftlicher Genehmigung des Verlags und mit Quellenangabe gestattet. Mit Ausnahme der gesetzlich zugelassenen Fälle ist eine Verwertung ohne Einwilligung des Verlags strafbar.

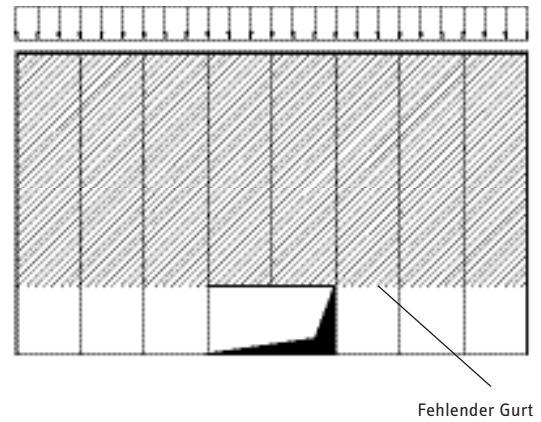
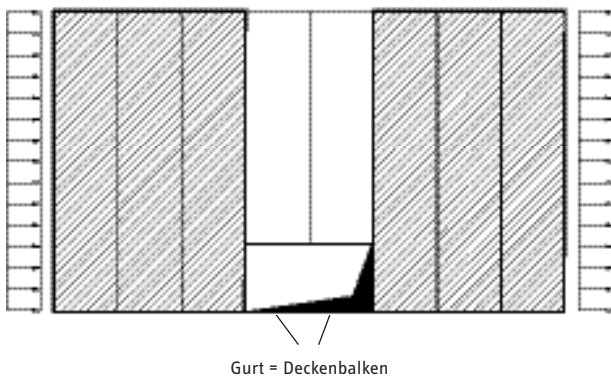
Bei einer Beanspruchung der Deckentafel rechtwinklig zu den Deckenbalken (Typ 1) kann die Forderung nach umlaufenden Randrippen über Stirnhölzer und die Deckenbalken leicht erfüllt werden.

Bei einer Beanspruchung parallel zu den Deckenbalken (Typ 2) ist ein durchlaufender Gurt rechtwinklig zu den Deckenbalken erforderlich. In Anbetracht der Tatsache, dass die Gurtkräfte i.d.R. so gering sind, dass nur sehr geringe Gurtquerschnitte erforderlich sind, könnte der geforderte Randgurt vergleichsweise einfach über eine im Fußbodenaufbau untergebrachte Latte sichergestellt werden.

RANDGURTE BEI „TEILSCHEIBEN“:

Beanspruchung rechtwinklig zu den Deckenbalken (Typ 1)

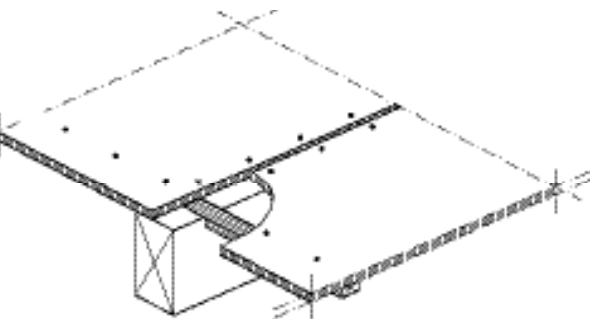
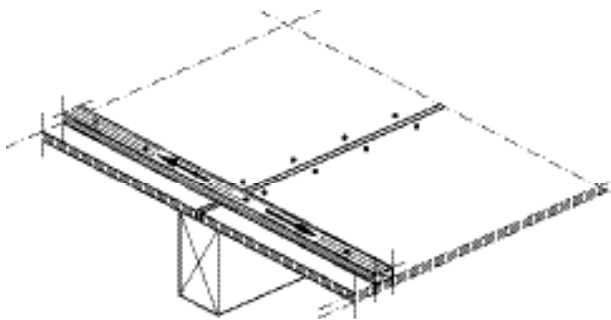
Beanspruchung parallel zu den Deckenbalken (Typ 2)



LATTE ALS RANDGURT

mit aufliegender Latte

mit versenkter Latte



Beanspruchungen

Eine Deckentafel erfährt folgende Beanspruchungen:

- ▶ Beanspruchung des Verbundes infolge Tafel-Querkraft und evtl. infolge Lasteinleitung (bei Typ 1): Diese Beanspruchung muss von den Verbindungsmitteln im Verbund aufgenommen werden.
- ▶ Beanspruchung infolge Tafel-Moment: Die Momentenbeanspruchung muss über die Randgurte (→ Zug- und Druckkräfte) aufgenommen werden.

Die Berechnung der Tafel-Querkraft V_d und des Tafel-Momentes M_d erfolgt sehr einfach unter Annahme von Einfeldträgern (siehe auch Beanspruchung von Wandtafeln, Seite 8).

Die Schubflussbeanspruchung im Verbund kann wie im Kasten rechts oben berechnet werden.

Anmerkung:

Nach EC 5 ist bei Deckentafeln des Typs 1 der Schubfluss unter Verwendung einer wirksamen Tafelhöhe h_{ef} zu berechnen. Mit dieser wirksamen Höhe wird der Einfluss der Lasteinleitung indirekt berücksichtigt. Die Bestimmung dieser wirksamen Höhe h_{ef} ist aber nicht trivial und etwas irreführend. Daher wird hier die direkte Berücksichtigung der Lasteinleitung über die Berechnung des resultierenden Schubflusses $s_{v,res,d}$ empfohlen. Die Normalkräfte in den Randgurten können wie in Gl. (4) berechnet werden.

Bemessung

Bei den üblicherweise verwendeten Klammern und OSB-Platten werden immer die Verbindungsmittel bemessungsmaßgebend. Dann ist der Nachweis, wie im Kasten rechts zu sehen, zu führen.

$$\text{Typ 1: } s_{v,res,d} = \sqrt{(s_{v,0,d})^2 + (s_{v,90,d})^2} = \sqrt{\left(\frac{V_d}{h}\right)^2 + (q_d)^2} \quad \text{Gl.(3a)}$$

$$\text{Typ 2: } s_{v,0,d} = \frac{V_d}{h} \quad \text{Gl.(3b)}$$

$s_{v,res,d}$ = Bemessungswert des resultierenden Schubflusses infolge Tafel-Querkraft und Lasteinleitung in der Randrippe (nur bei Typ 1)

$s_{v,0,d}$ = Bemessungswert des Schubflusses infolge Tafel-Querkraft

$s_{v,90,d}$ = Bemessungswert des Schubflusses infolge Lasteinleitung (nur bei Typ 1)

= q_d

V_d = Bemessungswert der Tafel-Querkraft

h = Höhe der Deckentafel

$$N_d = \frac{M_d}{h} \quad \text{Gl.(4)}$$

mit

N_d = Bemessungswert der Zug-/Druckkraft in den Randgurten

M_d = Bemessungswert des Tafel-Momentes

h = Höhe der Deckentafel

$$\text{Typ 1: } s_{v,res,d} \leq k_{v1} \cdot f_{v,Rd}^{VM} \quad \text{Gl.(5a)}$$

$$\text{Typ 2: } s_{v,0,d} \leq k_{v1} \cdot f_{v,Rd}^{VM} \quad \text{Gl.(5b)}$$

mit

$s_{v,res,d}$ = Bemessungswert des resultierenden Schubflusses infolge Tafel-Querkraft und Lasteinleitung in der Randrippe nach Gl.(3a)

$s_{v,0,d}$ = Bemessungswert des Schubflusses infolge Tafel-Querkraft nach Gl.(3b)

k_{v1} = Faktor zur Berücksichtigung von freien Plattenrändern bei Deckentafeln

= 0,66 für Tafeln mit nicht allseitig schubsteif verbundenen Plattenrändern, d. h. Platten mit freien Rändern

$f_{v,Rd}^{VM}$ = Bemessungswert der Schubflusst Tragfähigkeit (z. B. nach Tabelle Seite 3)

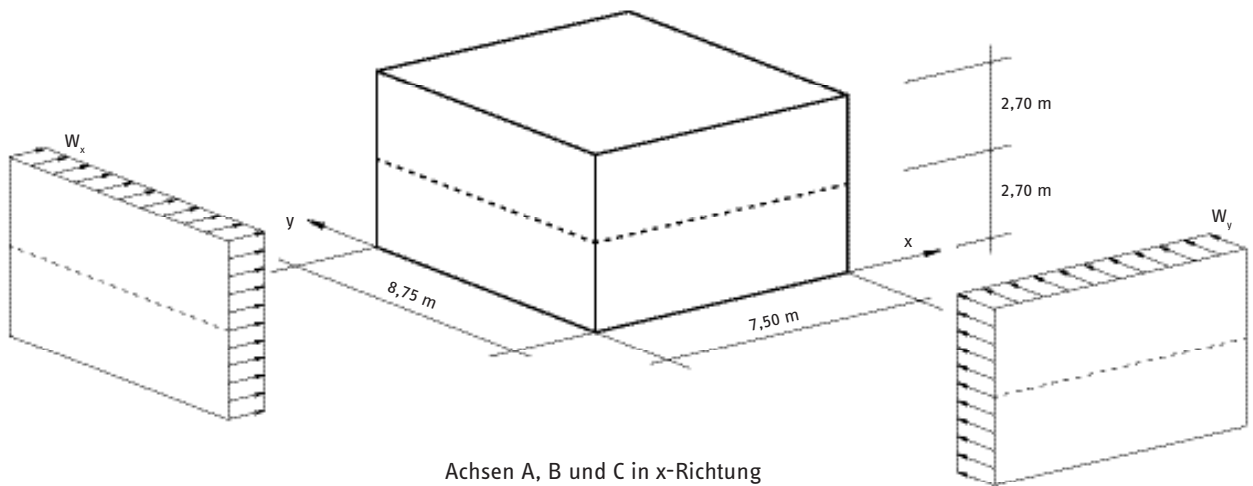
Beispiel

Und so einfach geht's!

Am Beispiel eines Gebäudes mit zwei Vollgeschossen und Flachdach werden die theoretischen Ausführungen der vorangegangenen Kapitel auf eine konkrete Bemessung angewandt.

Aufgabenstellung

Gegeben sei ein Gebäude mit zwei Vollgeschossen und Flachdach. Das Gebäude befindet sich im Binnenland in der Windzone 2, SLZ 1a mit $A = 560$ m ü. NN. Die Geschosshöhe beträgt jeweils 2,70 m, die Grundrissabmessungen $B_G/T_G = 8,75$ m/7,50



Achsen A, B und C in x-Richtung

Achsen 1, 2 und 3 in y-Richtung

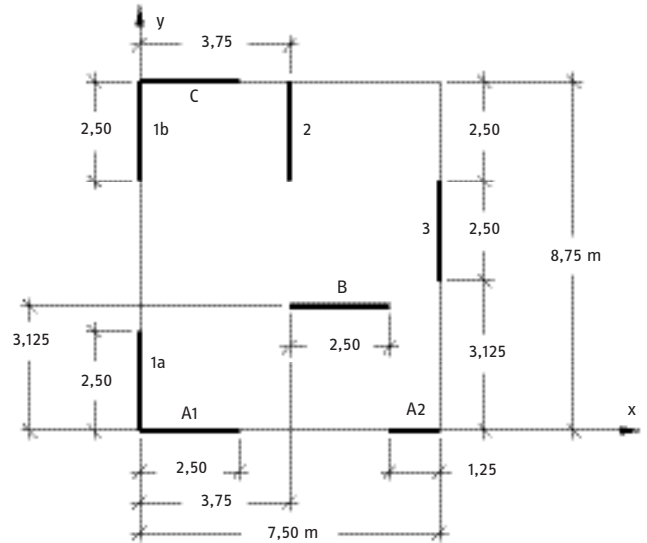
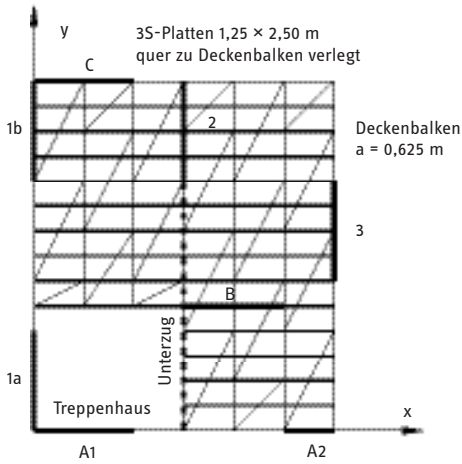
Die Spannrichtung der Deckenbalken und der Sparren verläuft in x-Richtung.

In Achse 2 verläuft in Verlängerung der Wand 2 ein Unterzug als Auflager für die Deckenbalken/Sparren.

Die Dach- und Deckenscheiben werden mit Dreischichtplatten (1,25 x 2,50 m) ausgeführt, die quer zu den Deckenbalken (Sparren) verlegt werden.

Die Wandscheiben im EG und OG liegen direkt übereinander.

Einwirkungen



WLZ 2a, Binnenland: Staudruck $q = 0,65 \text{ kN/m}^2$

Bemessungswert der Windlast: $w_d = \gamma_Q \cdot c_p \cdot q = 1,5 \cdot 1,3 \cdot 0,65 = 1,27 \text{ kN/m}^2$

BELASTUNG FÜR WANDSCHEIBEN IM EG:

Wind in x-Richtung:

$$w_{x,d} = w_d \cdot h_{\text{ref}} = 1,27 \cdot \left(2,7 + \frac{2,7}{2} \right) = 5,14 \text{ kN/m}$$

Die Sparren und Deckenbalken sind in x-Richtung gespannt, sodass die Vertikallasten von den Wänden in y-Richtung abgetragen werden. Dies führt zu rechnerischen Abtriebskräften in x-Richtung, die überschlägig mit 20 Prozent angesetzt werden:

$$\rightarrow w_{x,d} = 1,2 \cdot 5,14 = 6,17 \text{ kN/m}$$

Wind in y-Richtung (ohne Abtriebslasten):

$$w_{x,d} = w_d \cdot h_{\text{ref}} = 1,27 \cdot \left(2,7 + \frac{2,7}{2} \right) = 5,14 \text{ kN/m}$$

BELASTUNG FÜR DIE DECKENSCHLEIBE ÜBER DEM EG:

Wind in x-Richtung:

$$w_{x,d} = w_d \cdot h_{\text{ref}} = 1,27 \cdot 2,7 = 3,43 \text{ kN/m}$$

Unter überschlägiger Berücksichtigung von Abtriebskräften (+ 20 %):

$$w_{x,d} = 1,2 \cdot 3,43 = 4,11 \text{ kN/m}$$

Wind in y-Richtung (ohne Abtriebslasten):

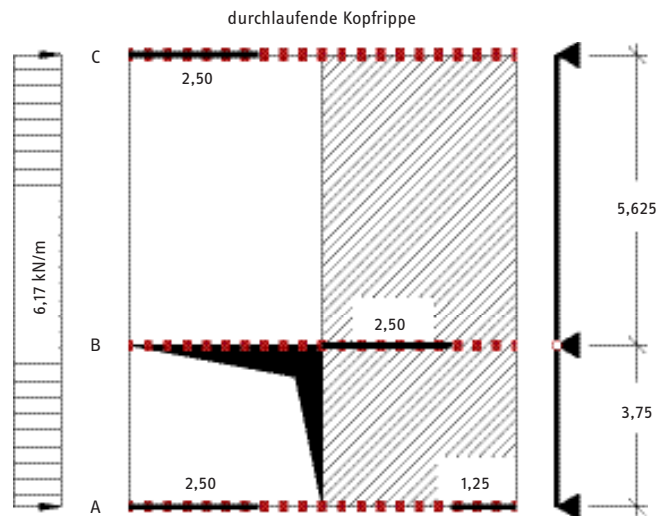
$$w_{x,d} = w_d \cdot h_{\text{ref}} = 1,27 \cdot 2,7 = 3,43 \text{ kN/m}$$

Bemessung der Wandtafeln im Erdgeschoss

Wind in y-Richtung

Annahme: Deckentafel bestehend aus zwei Einfeldtafeln

Über den Wandtafeln sind durchlaufende, zug- und druckfeste Kopfripen anzuordnen (gestrichelte Linien in der rechten Skizze).



DIE WANDTAFELKRÄFTE ERGEBEN SICH ZU:

Wände in Achse A:

$$F_{v,d}^A = 6,17 \cdot \frac{3,125}{2} = 9,64 \text{ kN}$$

Wand in Achse B:

$$F_{v,d}^B = 6,17 \cdot \left(\frac{3,125 + 5,625}{2} \right) = 27,0 \text{ kN}$$

Wand in Achse C:

$$F_{v,d}^C = 6,17 \cdot \frac{5,625}{2} = 17,35 \text{ kN}$$

DIE ZUGEHÖRIGEN SCHUBFLÜSSE ERGEBEN SICH NACH GL.(1) ZU:

Wände in Achse A:

$$s_{v,0,d}^A = \frac{9,64}{2,50 + 1,25} = 2,57 \text{ kN/m}$$

Wand in Achse B:

$$s_{v,0,d}^B = \frac{27,0}{2,50} = 10,80 \text{ kN/m}$$

Wand in Achse C:

$$s_{v,0,d}^C = \frac{17,35}{2,50} = 6,94 \text{ kN/m}$$

Die Wände werden wie folgt ausgeführt:

- ▶ Beplankung: OSB/3-Platten, $t = 18 \text{ mm}$
- ▶ Verbindungsmittel: Klammern $d \times \ell = 2 \times 50 \text{ mm}$, $a_1 = 80 \text{ mm}$

Die Platten werden „hochkant“ eingebaut, d. h. ohne horizontale Stöße.

Nach Tabelle 1 ergibt sich für eine Beplankung folgender zulässiger Schubfluss:

$$f_{v,Rd}^{VM} = 8,72 \text{ kN/m}$$

Nachweise nach Gl.(2) für Wände in Achse A und C:

$$\max(2,57; 6,94) \leq 8,72 \text{ kN/m} \checkmark$$

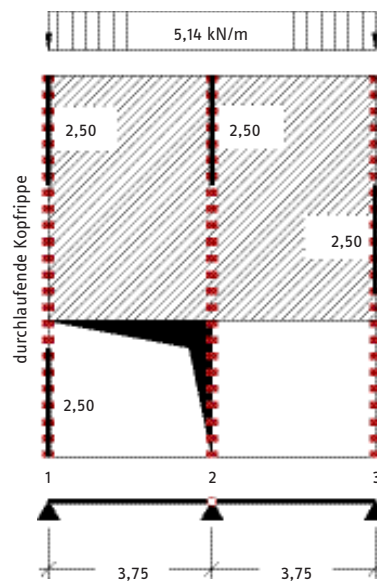
Die Wand in Achse B (= Innenwand) wird mit doppelter Beplankung ausgeführt. Damit ergibt sich folgender Nachweis:

$$10,80 \leq 2 \cdot 8,72 = 17,44 \text{ kN/m} \checkmark$$

Wind in y-Richtung

Annahme: Deckentafel bestehend aus zwei Einfeldtafeln

Auch über den Wänden in y-Richtung sind durchlaufende, zug- und druckfeste Kopfrippen anzuordnen (gestrichelte Linien in der rechten Skizze).



DIE WANDTAFELKRÄFTE ERGEBEN SICH ZU:

Wände in Achse 1:

$$F_{v,d}^1 = 5,14 \cdot \frac{3,75}{2} = 9,64 \text{ kN}$$

Wand in Achse 2:

$$F_{v,d}^2 = 5,14 \cdot \left(\frac{3,75 + 3,75}{2} \right) = 19,28 \text{ kN}$$

Wand in Achse 3:

$$F_{v,d}^3 = 5,14 \cdot \frac{3,75}{2} = 9,64 \text{ kN}$$

DIR ZUGEHÖRIGEN SCHUBFLÜSSE ERGEBEN SICH NACH GL.(1) ZU:

Wände in Achse 1:

$$s_{v,0,d}^1 = \frac{9,64}{2,50 + 2,50} = 1,93 \text{ kN/m}$$

Wand in Achse 2:

$$s_{v,0,d}^2 = \frac{19,28}{2,50} = 7,71 \text{ kN/m}$$

Wand in Achse 3:

$$s_{v,0,d}^3 = \frac{9,64}{2,50} = 3,86 \text{ kN/m}$$

Die Wände werden wie die Wände in x-Richtung ausgeführt. Die zulässige Schubflustragfähigkeit ergibt sich daher erneut zu $f_{v,Rd}^{VM} = 8,72 \text{ kN/m}$.

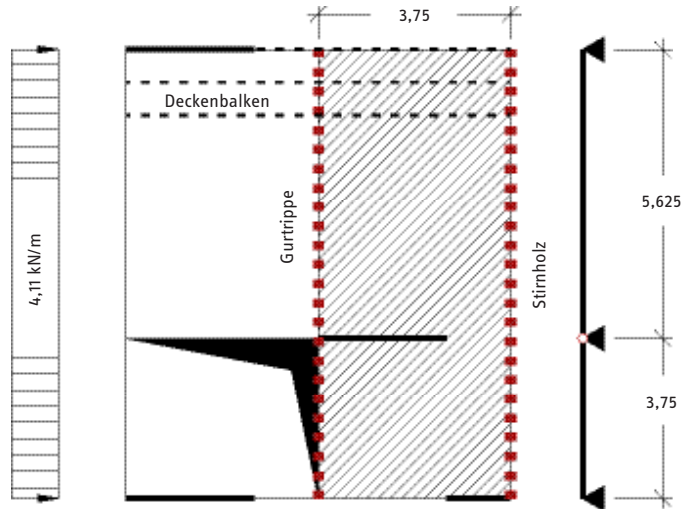
Nachweise nach Gl.(2):

$$\max(1,93; 7,71; 3,86) \leq 8,72 \text{ kN/m} \checkmark$$

Bemessung der Deckentafel über dem EG

Die Deckentafel wird mit Teilscheiben wie folgt ausgeführt.

- ▶ Beplankung:
Dreischichtplatten, $t = 27 \text{ mm}$
- ▶ Verbindungsmittel:
Nägel $d \times \ell = 3,1 \times 60 \text{ mm}$, $a_1 = 70 \text{ mm}$
- ▶ Der zugehörige Bemessungswert der Schubflussstragfähigkeit beträgt $f_{v,Rd}^{VM} = 7,96 \text{ kN/m}$ (z.B. aus Literatur)



Wind in x-Richtung

Die Deckentafel bei Wind in x-Richtung entspricht dem Typ 2 (Lasteinleitung parallel zu den Deckenbalken). Als Randgurte werden das durchlaufende Stirnholz und eine in den Fußboden integrierte Latte (= Gurtrippe) herangezogen. Die Höhe der Deckentafel ergibt sich zu $h = 3,75 \text{ m}$. Nachfolgend wird die Bemessung für Tafel mit der größeren Stützweite aufgezeigt.

Die größte Querkraft ergibt sich zu:

$$V_d = 4,11 \cdot \frac{5,625}{2} = 11,56 \text{ kN}$$

Der zugehörige Schubfluss ergibt sich nach Gl.(3b) zu:

$$s_{v,d} = \frac{11,56}{3,75} = 3,08 \text{ kN/m}$$

Der zulässige Schubfluss ergibt sich zu:

$$f_{v,Rd}^{VM} = 0,66 \cdot 7,96 = 5,25 \text{ kN/m mit } k_{v1} = 0,66$$

Nachweis nach Gl.(3b): $3,08 \leq 5,25 \text{ kN/m}$ ✓

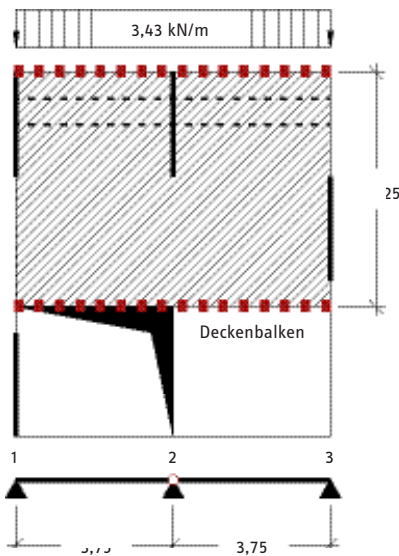
Das größte Biegemoment ergibt sich zu:

$$M_d = 4,11 \cdot \frac{5,625^2}{8} = 16,26 \text{ kNm}$$

Die zugehörige größte Gurtkraft ergibt sich nach Gl.(4) zu:

$$N_d = \frac{16,26}{3,75} = 4,34 \text{ kN}$$

Diese Kraft kann ohne weiteren Nachweis vom Stirnholz und der Gurtrippe aufgenommen werden.



LITERATURHINWEIS

Dieses *mikado*plus stellt die wichtigsten Grundsätze für den Nachweis der Gebäudeaussteifung im Holztafelbau dar.

Für tiefergehende Erläuterungen wird auf die 2018 erschienene zweite Auflage des Fachbuchs „Aussteifung von Gebäuden in Holztafelbauart“ (Autor: François Colling) verwiesen, die unter www.ib-holzbau.de erhältlich ist.



Wind in y-Richtung

Die Deckentafel bei Wind in y-Richtung entspricht dem Typ 1 (Lasteinleitung rechtwinklig zu den Deckenbalken). Als Randgurte können die Deckenbalken herangezogen werden. Die Höhe der Deckentafel ergibt sich zu $h = 5,625$ m. Die Stützweiten beider Einfeldtafeln sind gleich groß. François Colling, Mering ■

Die größte Querkraft ergibt sich zu:

$$V_d = 3,43 \cdot \frac{3,75}{2} = 6,43 \text{ kN}$$

Der zugehörige Schubfluss ergibt sich nach Gl.(3b) zu:

$$s_{v,0,d} = \frac{6,43}{5,625} = 1,14 \text{ kN/m}$$

Die äußere Last wird über den außen liegenden Deckenbalken eingeleitet. Der zugehörige Schubfluss infolge Lasteinleitung ergibt sich zu (nur anteiliger Winddruck angesetzt):

$$s_{v,90,d} = \frac{c_{p,\text{Druck}}}{c_{p,\text{ges}}} \cdot w_{y,d} = \frac{0,8}{1,3} \cdot 3,43 = 2,09 \text{ kN/m}$$

Der resultierende Schubfluss ergibt sich dann nach Gl.(3a) zu:

$$s_{v,\text{res},d} = \sqrt{1,14^2 + 2,09^2} = 2,38 \text{ kN/m}$$

Die zulässige Schubflusstragfähigkeit ergibt sich erneut zu $f_{v,Rd}^M = 5,25$ kN/m.

Nachweis nach Gl.(3a):

$$2,38 \leq 5,25 \text{ kN/m} \checkmark$$

Das größte Biegemoment ergibt sich zu:

$$M_d = 3,43 \cdot \frac{3,75^2}{8} = 6,03 \text{ kNm}$$

Die zugehörige größte Gurtkraft ergibt sich nach Gl.(4) zu:

$$N_d = \frac{6,03}{5,625} = 1,07 \text{ kN}$$

Diese Kraft kann ohne weiteren Nachweis von den Gurten (= Deckenbalken) aufgenommen werden.