

Gebäudeaussteifung bei Gebäuden in Holztafelbauart



Der Autor

Professor Dr.-Ing.
François Colling,
Mering

Im Rahmen dieser Veröffentlichung werden zunächst die Grundlagen von Scheiben in Holztafelbauweise dargestellt. Anschließend wird auf typische Problempunkte bei Wand- und Deckenscheiben eingegangen, die in der Praxis leider immer wieder falsch gemacht werden. Abschließend werden kurz die wichtigsten Änderungen/Neuerungen aufgezeigt, die sich durch die neuen Normenwerke (EUROCODEs) ergeben.

1 Allgemeines

Nachfolgend werden die Grundlagen der Gebäudeaussteifung nach den neueren Normenwerken DIN 1052 (Ausgabe 2004/2008) [1] und EUROCODE 5 (EC 5, Ausgabe 2010) [5+6] kurz vorgestellt.

1.1 Definition Tafel

Die neuen Normenwerke sprechen im Zusammenhang mit der Aussteifung von Gebäuden nur noch von Holztafeln, die wie folgt definiert sind (Abb.1):

- einem **Rahmen** (Randrippen),
- einer ein- oder beidseitigen **Beplankung**,
- die über **Verbindungsmitel** mit den Rippen befestigt wird.

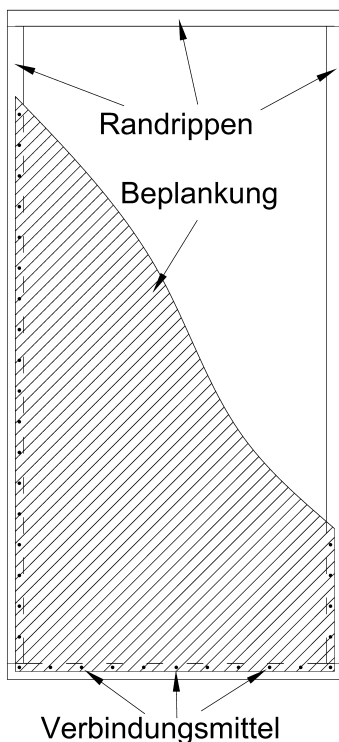


Abb. 1: Holztafel

1.2 Schubfeldtheorie

Der in der ›alten‹ DIN 1052 (Ausgabe 1988) enthaltene Ansatz mit Nachweis einer Zug-Diagonalen war mechanisch nicht zutreffend, weil sich eine Zugdiagonale nur einstellen kann, wenn die Beplankung ausbeult, was aber durch die Forderung von Mindest-Plattendicken vermieden werden sollte. Daher wurde dieser Ansatz in den neuen Normenwerken fallen gelassen und durch die sog. »Schubfeldtheorie« für ideale Scheiben ersetzt.

Für den Fall eines Holztafelelementes kann unter folgenden Bedingungen eine ideale Scheibe angenommen werden:

- **Alle Ränder** sind durch Rippen (Randrippen) **unterstützt**,
- die **Kräfte**, die in Ebene der Holztafel wirken, werden entlang von sog. ›Verteilern‹ (Rand- oder Innenrippen, Laten) **kontinuierlich** in die Beplankung eingeleitet,
- Beplankung und Rippen sind über **Verbindungsmitel** **kontinuierlich** miteinander verbunden,
- damit wird der Verbund Rippe – Beplankung durch einen **kontinuierlichen Schubfluss** entlang der Rippen beansprucht ($s_{v,0}$: siehe nächsten Abschnitt),
- die Beplankung **beult nicht aus**.

Weiterhin gelten folgende Voraussetzungen für die Anwendbarkeit der Schubfeldtheorie:

- Rippen und Beplankung sind im Verhältnis zu den Verbindungsmitteln sehr steif, wobei eine Plastifizierung der Verbindungsmittel vorausgesetzt wird,
- die Traglast wird durch die Tragfähigkeit der Verbindungen bestimmt, wobei Randrippen und Beplankung ›intakt‹ bleiben.

Abweichungen von diesen Randbedingungen bzw. Voraussetzungen für eine ideale Scheibe sind nur unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen erlaubt. Die Schubfeldtheorie geht somit von einer **kontinuierlichen Beanspruchung des Verbundes Beplankung – Rippen** aus. Konzentrierte Lastenleitungen sind damit nicht erfasst.

1.3 Schubfluss

Bei der Bemessung von Scheiben wird zwischen zwei Beanspruchungen unterschieden:

- $s_{v,0}$: Schubfluss parallel zu den (Rand-) Rippen (= ideale Scheibenbeanspruchung),
 - $s_{v,90}$: Schubfluss rechtwinklig zu den (Rand-)Rippen (= ›Störbeanspruchung‹).
- Diese Beanspruchungen sind in Abb. 2 dargestellt.

Unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen darf bei der Bemessung der Einfluss von $s_{v,90}$ vernachlässigt werden (siehe hierzu [8]).

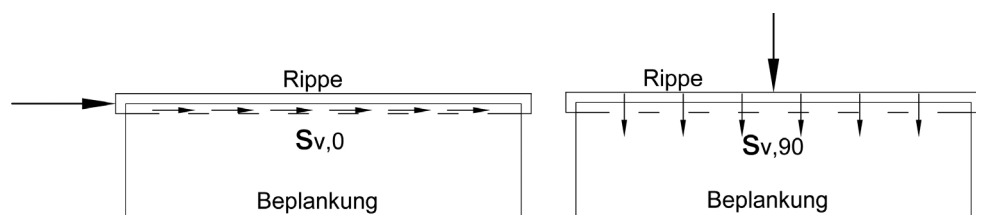


Abb. 2: Schubfluss $s_{v,0}$ (links) und $s_{v,90}$ (rechts)

1.3.1 Wandtafeln

Wird bei einer Wandtafel die horizontale Kraft H über die Kopfrippe eingeleitet, so verhält sich eine Wandscheibe wie eine ideale Scheibe. Voraussetzung ist allerdings, dass die abhebende Kraft über den Stiel (Randrippe) verankert wird (siehe auch Abschnitt 2.3). In Abb. 3 ist eine Wandtafel unter horizontaler Belastung dargestellt. Der Schubfluss ist an allen Randrippen gleich groß und beträgt:

$$s_{v,0} = \frac{H}{\ell}$$

Für diesen Schubfluss sind die Verbindungsmittel zu bemessen.

1.3.2 Deckentafeln

Bei Deckentafeln ist zu unterscheiden zwischen »stehenden« Rippen und »liegenden« Rippen. Die jeweiligen Schubflüsse sind in Abb. 4 dargestellt. Der umlaufend konstante Schubfluss $s_{v,0}$ in den Randrippen beträgt:

$$s_{v,0} = \frac{V}{h}$$

Für diesen Schubfluss sind erneut die Verbindungsmittel zu bemessen. Die Beplankungen sind auch mit den Innenrippen schubfest zu verbinden.

1.4 Schubtragfähigkeit

Bei ausreichend »starken« Beplankungen (wie z.B. OSB-, Span-, Dreischichtplatten) werden bei der Bemessung von Holztafeln immer die Verbindungsmittel maßgebend. In Tabelle 1 sind Größenordnungen für den aufnehmbaren Schubfluss $f_{v,0,d}$ angegeben ([8]).

1.5 Bemessung von Holztafeln

Im Rahmen dieser Veröffentlichung kann nicht im Detail auf die Bemessung von Scheiben in Holztafelbauart eingegangen werden. Hier muss auf weiterführende Literatur, wie z. B. [8] verwiesen werden.

Prinzipiell ist aber folgender Nachweis zu führen:

$$s_{v,0,d} \leq f_{v,0,d}$$

mit $s_{v,0,d}$ = Bemessungswert des auftretenden Schubflusses
 $f_{v,0,d}$ = Bemessungswert des aufnehmbaren Schubflusses

2 Wandscheiben

Nachfolgend wird auf ein paar Punkte eingegangen, die bei der Ausbildung von Wandscheiben immer wieder falsch gemacht werden.

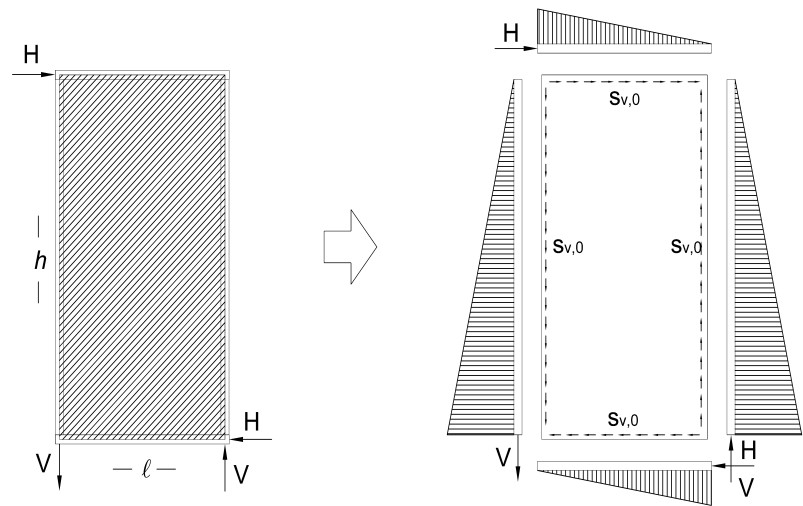


Abb. 3: Schubfluss in der Beplankung und Normalkräfte in den Rippen eines Wandelementes

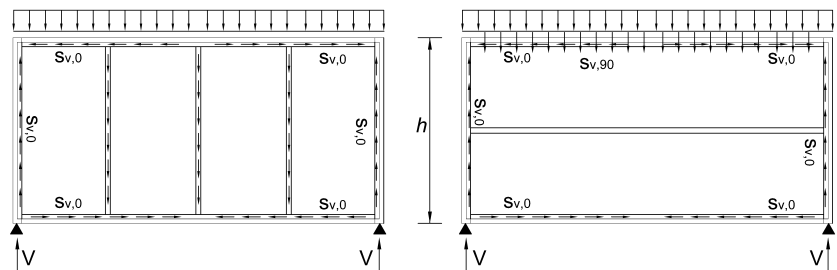


Abb. 4: Schubfluss zwischen Beplankung und Rippen/Gurten links: »stehende« Rippen, rechts: »liegende« Rippen (Achtung: hier tritt zusätzlich $s_{v,90}$ auf!)

Tabelle 1: Aufnehmbarer Schubfluss $f_{v,0,d}$ in [kN] pro laufenden [m] Wandlänge

Material Beplankung	Nägeln ($d \approx 3 \text{ mm}$) Abstand $a_v = 100 \text{ mm}$	Klammern ($d \approx 2 \text{ mm}$) Abstand $a_v = 100 \text{ mm}$
OSB-Platten	5 – 6 kN/m	6 – 7 kN/m
3-Schicht-Platten	3,5 – 4,5 kN/m	5 – 6 kN/m

2.1 Horizontale Stöße

Die Raumhöhen von Gebäuden sind häufig größer als 2,50 m, sodass auch bei »stehender« Verlegung der Platten ein horizontaler Beplankungsstoß anfällt. Bei »liegender« Verlegung der Beplankung treten meist mehr als ein horizontaler Stoß auf (Abb. 5).

Ohne genaueren Nachweis darf aber die Beplankung von Wandtafeln horizontal **max. einmal gestoßen** sein, wobei die **Plattenränder schubsteif verbunden** sein müssen. Nicht unterstützte bzw. nicht schubfest verbundene Plattenränder (sog. **freie Stöße**), wie in Abb. 6 dargestellt, sind bei Wandscheiben **grundsätzlich unzulässig**. In der Praxis werden diese Regeln leider häufig missachtet.

2.2 Öffnungen

Öffnungen in Wandtafeln dürfen bei der Bemessung unberücksichtigt bleiben, sofern sie eine gewisse Größe nicht überschreiten. In Abb. 7 sind die zulässigen Öffnungen nach DIN 1052 [1] dargestellt.

Bei Anordnung einer größeren Anzahl von Hohlraumdosens oder von Einblasöffnungen für Zellulose-Dämmstoffe werden die Grenzwerte von $\sum \ell_i \leq 0,1 \cdot \ell$ bzw. $\sum h_i \leq 0,1 \cdot h$ nicht selten überschritten (Abb. 8). Die dadurch verursachte Schwächung ist bei der Bemessung zu berücksichtigen. In [8] wird ein Ansatz vorgeschlagen, wie dies erfolgen kann.

Da der Tragwerksplaner über geplante Öffnungen nur in Ausnahmefällen informiert ist, werden diese in der Bemessung meist nicht berücksichtigt.

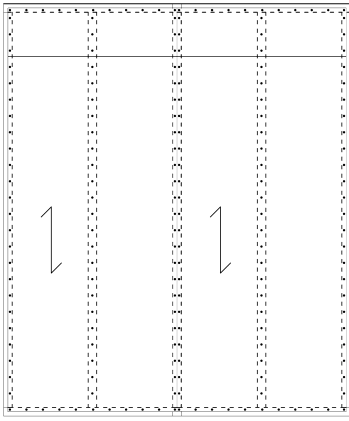


Abb. 5: Horizontale Stöße bei Wandtafeln
links: vertikale Verlegung der Platten, rechts: horizontale Verlegung der Platten (unzulässig bei 2 horizontalen Stößen)

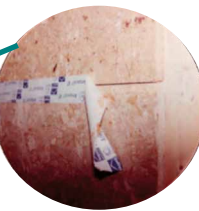
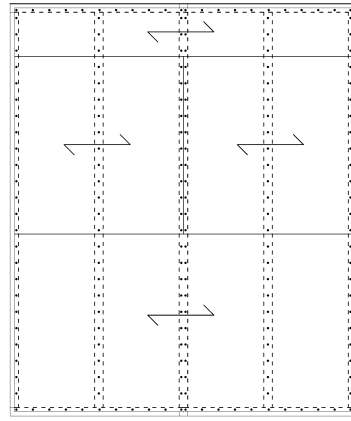


Abb. 6:
Unzulässiger nicht unterstützter (= freier) Plattenstoß in Wänden



2.3 Verankerungen

Die Schwelle einer Wandscheibe wird üblicherweise mittels Winkel oder Dübel mit dem Untergrund verbunden. Diese können die auftretenden horizontalen Kräfte weiterleiten. Diese Winkel oder Dübel sind aber nicht dafür geeignet, die abhebenden Kräfte sicher in den Untergrund weiterzuleiten. Für eine zuverlässige Wandverankerung gilt folgender Grundsatz:

»Der Stiel muss verankert werden«.

In Abb. 9 ist dargestellt, dass bei Verankerung der Schwelle die Beplankung »abheben« kann (z.B. durch Ausreißen der Verbindungsmittel).

Für die Aufnahme der abhebenden Kräfte gibt es mittlerweile eine Vielzahl von Produkten mit bauaufsichtlicher Zulassung, bei denen der Stiel verankert wird (siehe z.B. Abb. 10).

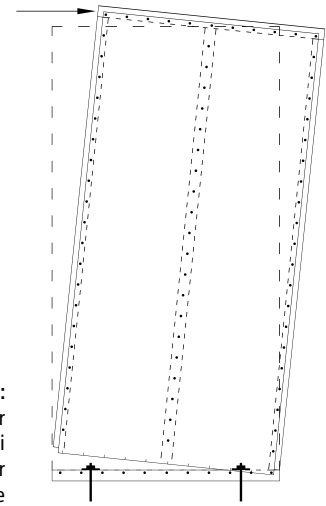


Abb. 9:
»Abheben« der Beplankung bei Verankerung der Schwelle

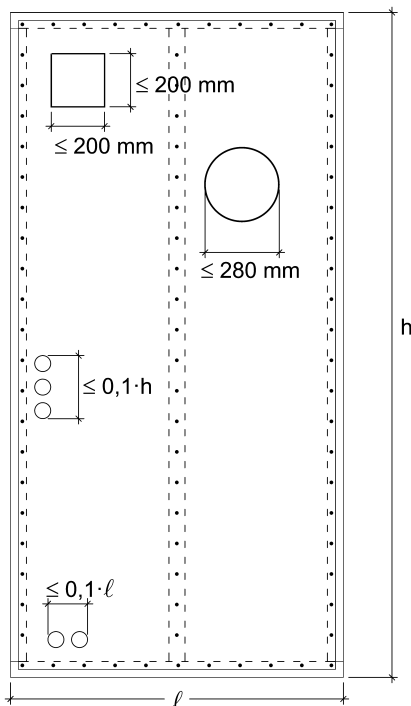


Abb. 7: Wandtafel mit Öffnungen

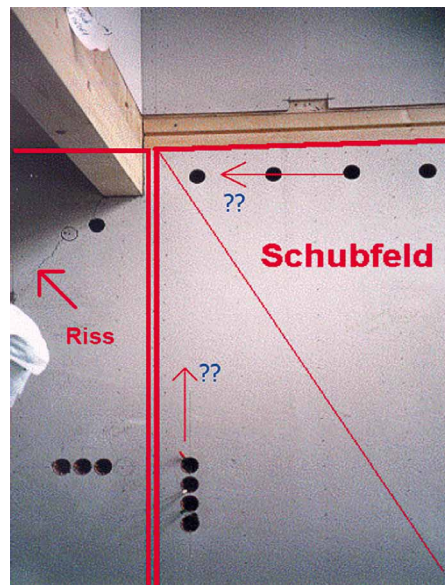


Abb. 8: Öffnungen in Wandscheiben (Foto: Steinmetz)

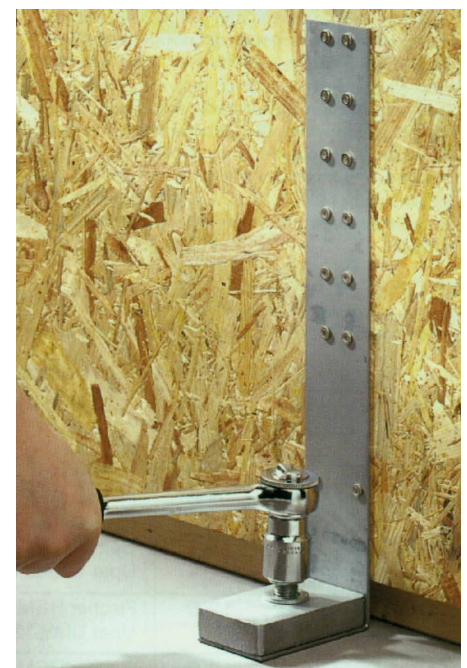


Abb. 10: Zugverankerung mit bauaufsichtlicher Zulassung

2.4 Exzentrizitäten

Bei der Berechnung von Wandscheibenkräften wird die einwirkende Kraft meist proportional zu den jeweiligen Wandlängen verteilt. Hierbei werden etwaige Exzentrizitäten im Grundriss und des Windangriffes vernachlässigt, was aber nicht immer zutreffend bzw. zulässig ist, wie die Berechnungen anhand eines einfachen Beispiels zeigen (Tabelle 2). Aus dieser Tabelle ist Folgendes zu erkennen:

- Bereits eine geringe geometrische Exzentrizität des Wandscheibenschwerpunktes im Grundriss von $\pm 0,1 \cdot B$ führt zu einer Unterschätzung der Wandscheibenkräfte von etwa 20 % (Fall 2).
- Die nach DIN 1055-4 [2] anzusetzende Exzentrizität der Windkraft von $\pm 0,1 \cdot B$ führt zu einer Unterschätzung der Wandscheibenkräfte von mehr als 15 % (Fall 3).
- Ist sowohl eine geometrische Exzentrizität als auch eine Exzentrizität des Windes gegeben, so werden die Wandscheibenkräfte um etwa 40 % unterschätzt

Die Vernachlässigung gegebener Exzentrizitäten kann somit selbst bei geringen geometrischen Exzentrizitäten zu einer Unterschätzung der Wandscheibenkräfte von etwa 40 % führen. Daher sollte die üblicherweise vorgenommene Aufteilung der Windkräfte auf die Wandscheiben proportional zu deren Wandlängen nur bei Gebäuden mit sehr geringen Exzentrizitäten angewendet werden.

Bzgl. der anzusetzenden Exzentrizität der Windkraft wird noch auf Abschnitt 4.2 hingewiesen.

Bei energetisch optimierten Gebäuden, bei denen z. B. eine Außenwand

vollständig verglast ist, ist stets eine größere Exzentrizität gegeben, die in jedem Fall zu berücksichtigen ist.

Die rechnerische Berücksichtigung von Exzentrizitäten wird in [8] beschrieben. Eine EDV-gestützte Möglichkeit für die Berücksichtigung von Exzentrizitäten bei der Berechnung der Wandscheibenkräfte und für die Bemessung der Wandtafeln ist z. B. mit HoB.Ex [9] erhältlich.

3 Deckentafeln

3.1 Umlaufende und durchgehende Gurte

Auch bei Dach- und Deckentafeln gilt der Grundsatz, dass umlaufende Gurte (Rippen) vorhanden sein müssen, die den Schubfluss aus der Beplankung aufnehmen können. Diese Gurte sollten durchgehen, d.h. nicht gestoßen sein. Sind Stöße der Gurte nicht zu vermeiden, so sind diese für eine erhöhte Kraft statisch nachzuweisen.

In Abb. 11 ist ein Beispiel dargestellt, bei dem kein umlaufender Gurt vorhanden ist. Dargestellt ist ein Gebäude, das in »Ballonframing«-Bauweise errichtet wird, und bei dem die Deckenbalken mittels Stahlblech-Formteilen (T-Verbinder) an die Wände angeschlossen werden (eingeschlitzte Bleche in den Deckenbalken). Auf den dargestellten Deckenbalken sollte eine Dreischichtplatte als aussteifendes Element aufgenagelt werden. Randgurte zwischen den Verbindern zur Aufnahme und Weiterleitung der Scheibenkräfte in den Dreischichtplatten waren nicht vorgesehen. Diese Ausführung stellt in zweierlei Hinsicht einen Mangel dar:

- zum einen werden die Deckenscheibenkräfte aus der Dreischichtplatte nicht

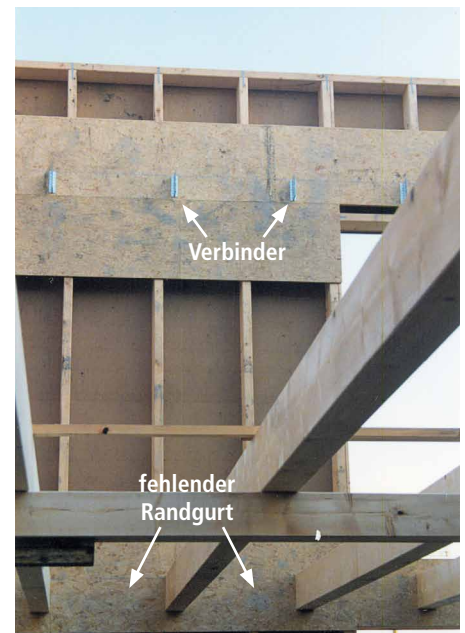


Abb. 11: Fehlende Randgurte bei Deckenscheibe

kontinuierlich, sondern punktuell über die Verbinder an die Wände abgetragen,

- und zum andern waren die Verbinder nicht für die Abtragung von Deckenscheibenkräften zugelassen (Zulassung nur für vertikale Lastabtragung).

Als Sanierungsmaßnahme mussten nachträglich umlaufende Randgurte angeordnet werden, die in den Fußbodenaufbau integriert wurden.

3.2 Freie Stöße

Bei der Verlegung von Holzwerkstoffplatten auf die Deckenbalken sind Plattenstöße rechtwinklig zu den Deckenbalken kaum zu vermeiden. Diese Plattenstöße werden meist nicht unterstützt oder schubfest verbunden und stellen daher »freie« Stöße dar.

Tabelle 2: Veränderung von Wandscheibenkräften bei Exzentrizitäten

Aufteilung der Wandkräfte	Fall 1		Fall 2		Fall 3		Fall 4	
	Keine Exzentrizität		Geometrische Exzentrizität: $e_g = 0,1 \cdot B$		Exzentrizität der Windkraft: $e_w = 0,1 \cdot B$		Exzentrizität aus Geometrie + Wind: $e_g + e_w$	
	Wand 1	Wand 2	Wand 1	Wand 2	Wand 1	Wand 2	Wand 1	Wand 2
Proportional zur Wandlänge	12,5	12,5	15	10	12,5	12,5	15	10
Unter Berücksichtigung der Exzentrizitäten	12,5	12,5	13,03	11,97	10,44	14,56	11,05	13,95
Differenz	0%	0%	-13,1%	+19,7%	-16,5%	+16,5%	-26,3%	+39,5%

Bei Deckenscheiben sind freie Stöße im Gegensatz zu den Wandscheiben zwar zulässig, allerdings nur unter folgenden Randbedingungen (Abb. 12):

- Max. 2 freie Stöße übereinander, oder
 - Stützweite der Deckenscheibe $\leq 12,5$ m.
- Werden diese Randbedingungen nicht eingehalten, so ist entweder ein genauerer Nachweis zu führen oder es sind Teilscheiben auszubilden, wobei jede dieser Teilscheiben die an Holztafeln gestellten Anforderungen erfüllen muss (z.B. umlaufende, durchgehende Gurte).

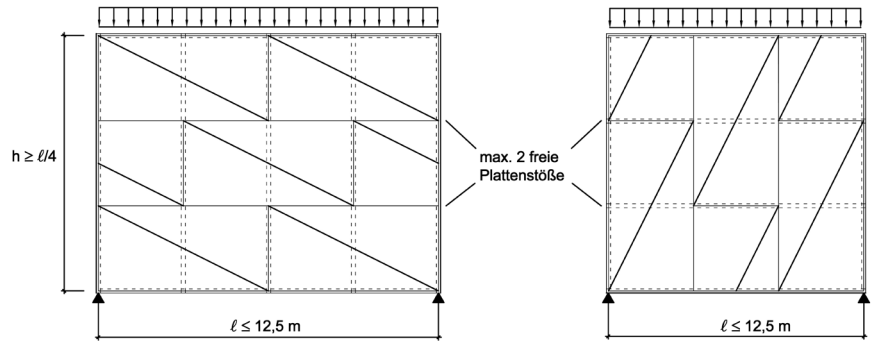


Abb. 12: Randbedingungen für freie Stöße bei Deckentafeln

3.3 Öffnungen

Öffnungen in Deckenscheiben sind unvermeidlich (z.B. Treppen). Diese bewirken erhöhte Schubbeanspruchungen in den angrenzenden Bereichen, da diese den Schubfluss aus der Öffnung mit übernehmen müssen. Dieser Schubfluss (jeweils in Richtung der Öffnungsänder) muss dabei über sog. Verteiler in die benachbarten Bereiche eingeleitet werden (Abb. 13).

Die Größe dieser Beanspruchung der benachbarten Bereiche ist dabei abhängig von der Lage der Öffnung: liegt die Öffnung im Bereich großer Querkräfte (und damit auch hoher Schubflüsse), so werden die Nachbarbereiche stärker beansprucht als wenn die Öffnung im Bereich geringer Querkräfte liegt. In Abb. 13 ist dies schematisch dargestellt.

Solche Verteiler werden in der Praxis leider häufig weder bemessen noch angeordnet.

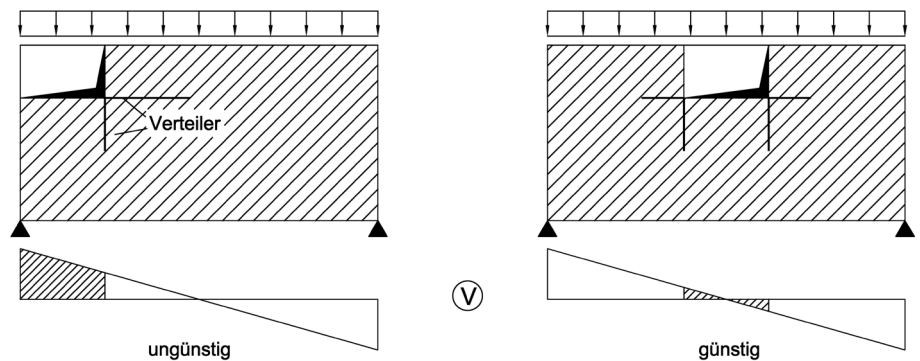


Abb. 13: Öffnung im Bereich großer Querkräfte (links) und geringer Querkräfte (rechts)

4 Änderungen durch europäische Normung (EUROCODES)

Die Regelungen der EUROCODES im Zusammenhang mit der Gebäudeaussteifung sind in [8] beschrieben. Hinsichtlich der Bemessung der Rippen, Beplankungen und Verbindungsmittel hat sich durch die Einführung der EUROCODES nichts Wesentliches geändert:

- Das Konzept der Teilsicherheitsbeiwerte ist identisch mit dem der DIN 1055-100. [3]
- Die Nachweise für die Rippen, Beplankungen und Verbindungsmittel sind weitgehend identisch mit denen der DIN 1052:2008. [1]

Im Prinzip gibt es nur zwei erwähnenswerte Änderungen, die nachfolgend erläutert sind.

4.1 Neue KLED für Wind

Im Nationalen Anhang zum EC 5 [6] wurde für Wind eine neue Klasse der Lasteinwirkungsdauer (KLED) definiert:

Wind: KLED = kurz/sehr kurz (bisher: kurz).

Bei der Bemessung darf bei einer Lastkombination mit Wind mit einem mittleren k_{mod} aus KLED = kurz und KLED = sehr kurz gerechnet werden. Dies entspricht einer Erhöhung der »zulässigen« Beanspruchungen von etwa 10% gegenüber dem Stand der DIN 1052:2008 [1].

4.2 Geringere Exzentrizität des Windes

Nach DIN 1055-4, Abschnitt 9.1(4) [2] sind für die Gesamtwindkräfte folgende Exzentrizitäten anzusetzen:

DIN 1055-4:

$e_w = 0,1 \cdot B_G$ bzw. $e_w = 0,1 \cdot T_G$
 mit B_G = Breite des Gebäudes und T_G = Tiefe des Gebäudes. Dies entspricht einer trapezförmigen Belastung, wie sie in Abb. 14 dargestellt ist.

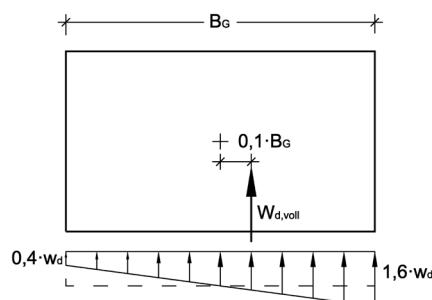


Abb. 14: Exzentrische Windbelastung nach DIN 1055-4

Nach EC1-1-4 [4] braucht bei schrägem Windangriff nicht die gesamte Windlast angesetzt werden, sondern nur etwa 70%. Die zugehörige Winddruckverteilung führt bei üblichen Gebäuden weiterhin zu einer geringeren Exzentrizität:

EC 1-1-4:

$e_w = 0,075 \cdot B_G$ bzw. $e_w = 0,075 \cdot T_G$
 Die zugehörige Windbeanspruchung ist in Abb.15 dargestellt

Diese Regelung ist deutlich weniger »streng« als die bisherige nach DIN 1055-4 und führt dazu, dass der Fall »Windlast mit Exzentrizität« kaum mehr maßgebend wird. Selbst bei Gebäuden mit größeren geometrischen Exzentrizitäten wird der Lastfall »Volllast mit Berücksichtigung der geometrischen Exzentrizitäten« maßgebend.

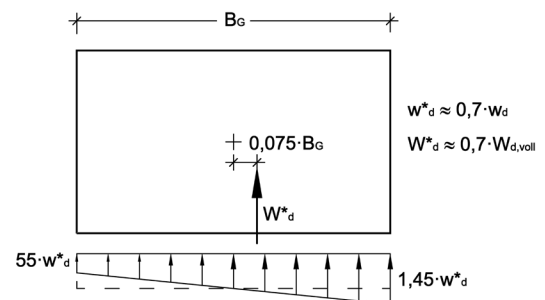


Abb. 15: Exzentrische Windbelastung nach EC 1-1-4

5 Literatur

- [1] DIN 1052:2008-12: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken - Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau
- [2] DIN 1055-4:2005-03: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 4: Windlasten
- [3] DIN 1055-100:2001-03: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung - Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln
- [4] EC 1-1-4: DIN EN 1991-1-4:2010-12: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen - Windlasten
- [5] DIN EN 1995-1-1:2010-12: Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau
- [6] DIN EN 1995-1-1/NA:2010-12: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 5
- [7] Blass, H. J.; Ehlbeck, J.; Kreuzinger, H.; Steck, G.: Erläuterungen zu DIN 1052. Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken. Hrsg.: DGfH Innovations- und Service GmbH. Karlsruhe, Bruderverlag, 2004
- [8] Colling, F.: Aussteifung von Gebäuden in Holztafelbauart – Grundlagen, Beanspruchungen, Nachweise nach DIN und EURO-CODE. Karlsruhe, Ingenieurbüro Holzbau, 2011. www.ib-holzbau.de
- [9] HoB.Ex: Bemessungshilfen auf EXCEL-Basis – Module zur Gebäudeaussteifung. www.hobex.net

Kontakt/Information

Professor Dr.-Ing. François Colling
 Professor für Holzbau und Baustatik an der Hochschule Augsburg (HSA)
 Leiter der Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle für Holzbau an der HSA (www.kki-augsburg.de)
 Ingenieurbüro für Holzbau (www.holzbau-colling.de)
 ö.b.u.v. Sachverständiger für Holzbau (IHK Augsburg u. Schwaben)
 Autor mehrerer Fachbücher und Bemessungssoftware
 Mitglied in Normungs- und Sachverständigenausschüssen

FRANKFURTER BAUTAGE 2012

Schäden am Dach

Problempunkte und Sanierung von Steil-, Flach- und Gründächern sowie Photovoltaikanlagen

Freitag, 28. September 2012

47. Bausachverständigen-Tag

Deutsche Nationalbibliothek
 Kongresszentrum, Frankfurt a.M.

Veranstalter:

Der Bausachverständigen-Tag im Rahmen der Frankfurter Bautage 2012 ist eine Gemeinschaftsveranstaltung von:



RKW Rationalisierungs-Gemeinschaft Bauwesen, Eschborn,
blochmann@rkw.de
www.rkw-kompetenzzentrum.de



Die Themen:

- Energetische Dachsanierung bei Steil- und Flachdächern – Typische Schwachstellen und Problempunkte
- Abdichtungen von Flachdächern – Planung, Instandhaltung und Instandsetzung unter Beachtung der neuen Flachdachrichtlinien
- Ausbau des Dachgeschosses – Ausführungsmängel und ihre Ursachen
- Planung und Sanierung von Gründächern – Praxisbeispiele
- Schäden an und durch Photovoltaikanlagen – Worauf müssen Betreiber und Monteure achten?
- Haftpflichtversicherung für Photovoltaikanlagen – worauf müssen Betreiber und Monteure achten?
- Effektiver Umgang mit Gutachten im Bauprozess und mündliche Anhörung