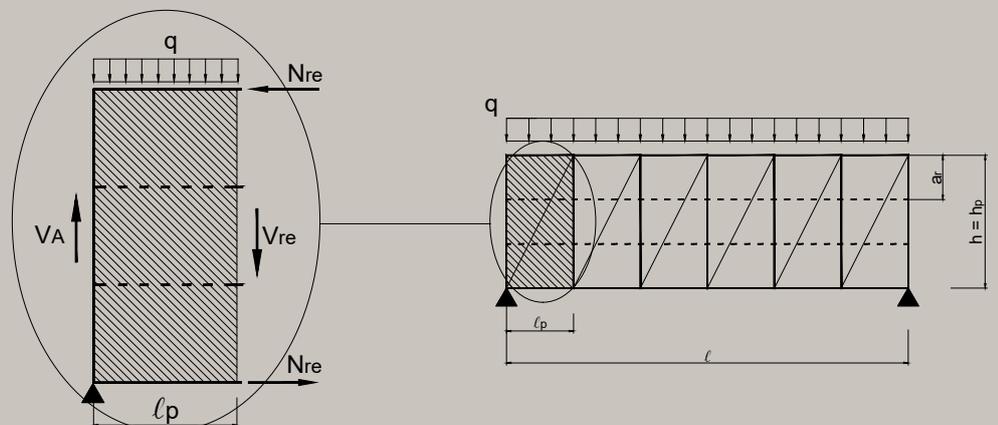


holzbau statik aktuell 03



holzbau statik aktuell 03 | 2018-11

Bemessung von aussteifenden Deckentafeln November 2018



Impressum

Herausgeber:

Holzbau Deutschland-Institut e.V.
Kronenstraße 55-58
D-10117 Berlin
Tel. +49 (0) 30 20314-533
Fax +49 (0) 30 20314-566
www.institut-holzbau.de

Projektpartner:

Holzbau Deutschland Leistungspartner, Berlin

Bearbeitung:

Prof. Dr. François Colling, Institut für Holzbau,
Hochschule Augsburg
Prof. i.R. Dr. Martin H. Kessel, iBHolz,
TU Braunschweig
Prof. Dr. Mike Sieder, iBHolz, TU Braunschweig
Dipl.-Ing. Peer Janßen, iBHolz, TU Braunschweig

Redaktion:

Dipl.-Ing. Anke Blume
Holzbau Deutschland Institut e.V., Berlin

Gestaltung:

Schöne Aussichten: Oliver Iserloh, Düsseldorf

Titelbild:

Cordes Holzbau, Rotenburg (Wümme)

Erschienen: 11/2018
Holzbau-Statik Aktuell 3/2018

Die Wortmarke INFORMATIONSDIENST HOLZ ist
Eigentum des Informationsverein Holz e.V.,
Franklinstraße 42, D-40479 Düsseldorf.
www.informationsvereinholz.de

Inhalt

Seite 2 _ **Impressum / Bildnachweis**

- 5 **1** _ **Einleitung**
- 5 1.1 _ Begriffe
- 6 1.2 _ Voraussetzungen
- 7 1.3 _ Tafeltypen
- 8 1.4 _ Mechanisches Modell des Schubfeldträgers
- 9 **2** _ **Deckentyp 1**
- 9 2.1 _ Beanspruchungen des Verbundes
- 9 2.1.1 _ Auflagernahe Platte
- 13 2.1.2 _ Innen liegende Platte
- 14 2.1.3 _ Andere Plattenanordnungen, Plattenabmessungen und Lasteinleitungen
- 16 2.2 _ Schubspannungen in der Platte
- 17 2.3 _ Horizontale Durchbiegungen der Deckentafel
- 20 2.4 _ Beispiel
- 20 2.4.1 _ Schubflüsse
- 21 2.4.2 _ Schubspannungen in der Platte
- 21 2.4.3 _ Durchbiegungen
- 22 **3** _ **Deckentyp 2**
- 22 3.1 _ Beanspruchungen des Verbundes
- 22 3.1.1 _ Gurtnahe Auflagerplatte
- 25 3.1.2 _ Innen liegende Auflagerplatte
- 26 3.1.3 _ Andere Plattenanordnungen, Plattenabmessungen und Lasteinleitungen
- 27 3.2 _ Schubspannung in der Platte
- 29 3.3 _ Horizontale Durchbiegungen der Deckentafel
- 32 3.4 _ Beispiel
- 32 3.4.1 _ Schubflüsse
- 33 3.4.2 _ Schubspannungen in der Platte
- 33 3.4.3 _ Durchbiegungen

Seite 35 **4** _ **Bemessungsvorschläge**

- 35 4.1 _ Konstruktive Randbedingungen
- 37 4.2 _ Genaue Nachweise
- 37 4.2.1 _ Nachweis des Verbundes
- 39 4.2.2 _ Nachweis der Schubspannung
- 39 4.2.3 _ Nachweis der horizontalen Tafeldurchbiegung
- 40 4.3 _ Vereinfachter Nachweis des Verbundes
- 43 4.4 _ Deckentafeln ohne rechnerischen Nachweis
- 43 4.4.1 _ Grundlagen der durchgeführten Berechnungen
- 43 4.4.2 _ Ergebnisse für Deckentyp 1 (Belastung rechtwinklig zu den Deckenbalken)
- 45 4.4.3 _ Ergebnisse für Deckentyp 2 (Belastung parallel zu den Deckenbalken)
- 46 4.4.4 _ Bemessungstabellen
- 51 4.5 _ Beispiele
- 55 **5** _ **Literatur**

Die derzeitige Bemessung von aussteifenden Deckentafeln erfolgt nach dem heute gültigen Eurocode 5 bzw. der letzten DIN 1052:2008 auf der Grundlage eines Schubfeldträgermodells, wie von Kessel (2003 und 2004) und von Colling (2017) beschrieben. Das von Kessel et al. 2016 entwickelte und 2018 veröffentlichte „erweiterte Schubfeldträgermodell“ ermöglicht erstmals die Bemessung von Deckentafeln mit freien Plattenrändern auf der Grundlage einfacher mechanischer Zusammenhänge.

Im Rahmen der vorliegenden Ausgabe von holzbau statik aktuell soll dieses Bemessungsverfahren vorgestellt werden.

Im ersten Abschnitt werden einleitend einige Grundlagen behandelt.

In den Abschnitten 2 und 3 werden die Bemessungsgleichungen für zwei Deckentypen hergeleitet.

In Abschnitt 4 werden Vorschläge für die Bemessung von aussteifenden Deckentafeln gemacht, wobei neben den genauen Nachweisen sowohl ein vereinfachter rechnerischer Nachweis als auch eine Möglichkeit zur Ausbildung von Deckentafeln ohne rechnerischen Nachweis vorgestellt werden.

1 _ Einleitung

1.1 _ Begriffe

Im Zusammenhang mit der Gebäudeaussteifung spricht der Ingenieur oft von Decken- und Wandscheiben. Der Begriff „Scheibe“ ist für Decken und Wände im Massivbau durchaus zutreffend, im Holztafelbau allerdings nicht. Hier bestehen Decken und Wände aus einem System mehrerer Komponenten, nämlich den Rippen, der Beplankung und den Verbindungsmitteln. Das Tragverhalten dieser Tafeln entspricht nicht dem Tragverhalten einer homogenen Scheibe. Die korrekte Bezeichnung wäre „scheibenartig beanspruchte Tafel“, die von der „plattenartig beanspruchten Tafel“ zu unterscheiden ist, die jedoch nicht Gegenstand dieser Publikation ist.

Nachfolgend wird die „scheibenartig beanspruchte Deckentafel“ mit oder ohne freien Plattenrändern vereinfacht als Deckentafel bezeichnet.

Erläuterung einiger Begriffe:

Scheibenartig beanspruchte Tafel	Verbundkonstruktion bestehend aus - Rippen mit Rechteckquerschnitt, - ein- oder beidseitig angeordneten Beplankungen und - ihrem nachgiebigen Verbund durch stiftförmige Verbindungsmittel im Abstand a_1 .
Rippe	Deckenbalken, Gurte, Stoßholz o.ä.
Beplankung	Die Beplankung besteht aus einer Mehrzahl von Platten
Platte	Holz- oder Gipswerkstoffplatte
Passplatte	Platte mit kleineren Abmessungen als die Standardplatten zur Anpassung an die individuellen Tafelabmessungen
Verbund	Verbindung von Platte und Rippe mittels stiftförmiger Verbindungsmittel; das sind Klammern, Nägel oder Schrauben
schubsteifer Plattenrand	Plattenrand, der schubsteif mit einer Rippe mittels stiftförmiger Verbindungsmittel verbunden ist
freier Plattenrand	nicht schubsteif verbundener Plattenrand rechtwinklig zu den Rippen
schwebender Plattenrand	freier Plattenrand parallel zu den Rippen, nicht zulässig
ℓ, ℓ_p, h, h_p	Die Länge ℓ_p einer Platte wird immer in Richtung der Stützweite ℓ der Deckentafel gemessen, die Höhe h_p immer in Richtung der Tafelhöhe h . Länge ℓ und Höhe h einer Tafel wechseln je nach Belastungsrichtung.
K_{ser}	Verschiebungsmodul des Verbindungsmittels
$s_{res} = \sqrt{s_0^2 + s_{90}^2}$	resultierender Schubfluss, Beanspruchung des Verbundes in N/mm
s_0	Schubfluss parallel zu den Rippen
s_{90}	Schubfluss rechtwinklig zu den Rippen
$f_s = \frac{R}{a_1}$	Schubflusst Tragfähigkeit in N/mm mit R = Tragfähigkeit eines Verbindungsmittels und a_1 = Abstand der Verbindungsmittel

1.2_Voraussetzungen

Für die nachfolgend behandelten Deckentafeln gelten folgende Voraussetzungen:

- Die Deckentafeln besitzen an allen vier Rändern Rippen.
Die Gurte der Länge l laufen zug- und drucksteif durch.
- Zwischen Rippen und Beplankung besteht ein kontinuierlicher Verbund mittels stiftförmiger Verbindungsmittel.
- An den Tafelrändern, an denen die Auflagerkräfte der aussteifenden Deckentafel auf die darunter stehenden aussteifenden Wandtafeln übertragen werden, sind Auflagerrippen vorhanden, die über die gesamte Tafelhöhe h durchgehen. Hierzu kann die durchgehende Kopfrippe der aussteifenden Wandtafel dienen. Exzentrizitäten sind zu beachten.
- Rippen und Beplankung sind so steif/fest, dass sie für die Bemessung nicht maßgebend werden. D.h. es wird angenommen, dass die Tragfähigkeit der Verbindungsmittel für die Bemessung maßgebend ist.

1.3_Tafeltypen

Bei Deckentafeln sind die in Bild 1.1 dargestellten Typen zu unterscheiden:

- Typ 1 mit Lasteinleitung rechtwinklig zu den Deckenbalken und Platten als Verteiler:

Bei diesem Tafeltyp wird die äußere Windlast auf der Druck- und der Sogseite rechtwinklig in die Randrippen oder Gurte (z.B. durchgehender giebelseitiger Randbalken) eingeleitet und über die Platten der Beplankung in die Tafel als Ganzes verteilt. Durch die Lasteinleitung erfährt der Verbund der Randrippe mit der Beplankung neben s_0 eine zusätzliche Beanspruchung s_{90} .

Bei diesem Tafeltyp ist das Vorhandensein von durchlaufenden Gurten in Form der Randrippen auch im Bereich von Deckenöffnungen die Regel.

- Typ 2 mit Lasteinleitung parallel zu den Deckenbalken, die als Verteiler wirken:

Bei diesem Tafeltyp wird die Windlast auf der Druck- und der Sogseite rechtwinklig in die Randrippen oder Gurte (z.B. durchgehende Kopfrippe der Traufwand) eingeleitet. Diese werden von den Deckenbalken gestützt, welche die Windlast in die Tafel als Ganzes verteilen. Bei diesem Tafeltyp ist das Vorhandensein von durchlaufenden Gurten in Form der Randrippen im Bereich von Deckenöffnungen nicht die Regel.

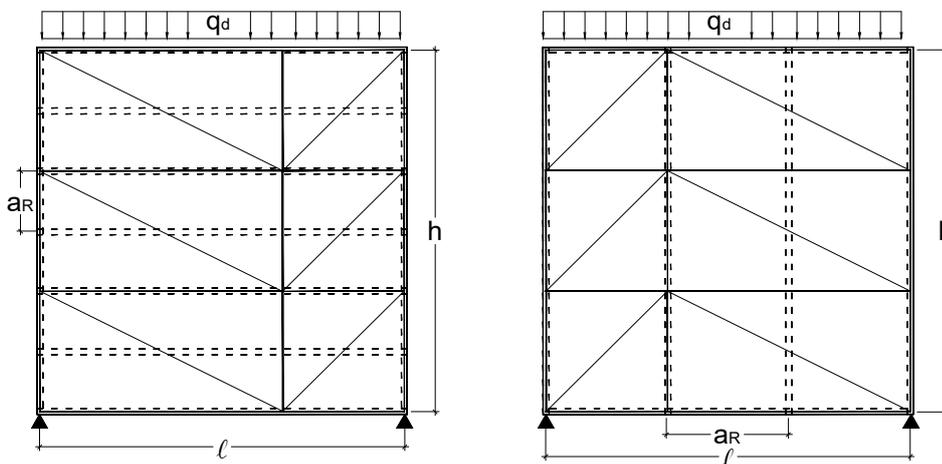


Bild 1.1

Deckentafeln:

links: Typ 1 mit Lasteinleitung rechtwinklig zu den Deckenbalken mit Verlegung der Platten parallel zu den Deckenbalken

rechts: Typ 2 mit Lasteinleitung parallel zu den Deckenbalken mit Verlegung der Platten rechtwinklig zu den Deckenbalken

Hinweis:

Eine versetzte Anordnung der Platten ist nicht mehr erforderlich, was die Vorfertigung von Deckenelementen deutlich erleichtert!

Auch eine Verlegung der Platten parallel zu den Deckenbalken wirkt sich günstig aus.

1.4_Mechanisches Modell des Schubfeldträgers

Das mechanische Modell des Schubfeldträgers wird in den Berichten der Initiative Praxisregeln Bau PRB ausführlich beschrieben. Dort werden folgende vereinfachende Annahmen getroffen:

- Die Platten der Beplankung sind schubsteif, aber im Rahmen ihrer Schubbeanspruchung biegeschlaff.
- Da die Momente in den Rippen an den Stellen der freien Plattenränder nahe null sind, werden im statischen Modell dort Gelenke in den Rippen angeordnet, was bedeutet, dass die Rippen an diesen Stellen nur Querkräfte übertragen. Von Gelenk zu Gelenk werden die Rippen als biegestarr angenommen.
- Rippen oder Platten verteilen die Einwirkung q gleichmäßig über die Tafelhöhe h .

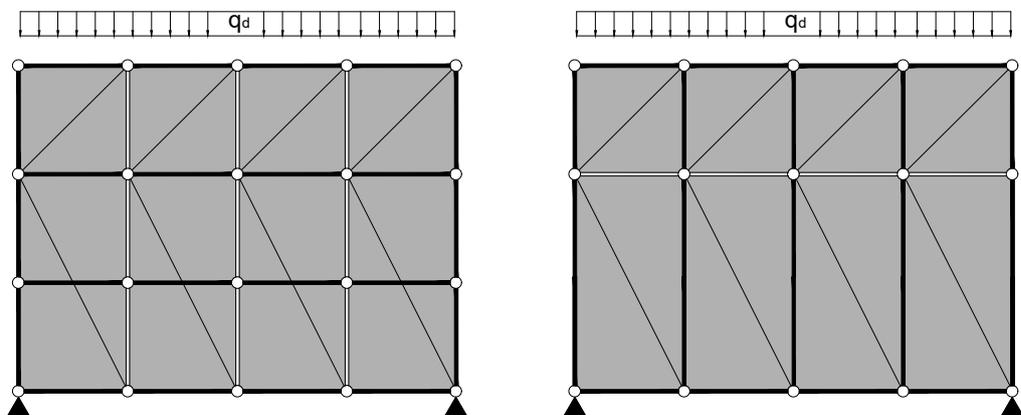
Ein Schubfeldträger besteht somit – in Analogie zu Fachwerkträgern – aus gelenkig miteinander verbundenen Stäben (Gurten/Rippen), deren schubsteife Ausfachung anstelle von Diagonalen aus Platten besteht.

In Bild 1.2 ist dies für die Tafeltypen 1 und 2 beispielhaft dargestellt.

Bild 1.2
Schubfeldträger

links: Deckentyp 1 mit Verlegung der Platten rechtwinklig zu den Deckenbalken

rechts: Deckentyp 2 mit Verlegung der Platten parallel zu den Deckenbalken



Die Beanspruchungen in den Stäben und Verbänden können dann mit Hilfe bekannter mechanischer Methoden (Freischneiden und Ansatz von Gleichgewichtsbedingungen) erfolgen. Dies wird nachfolgend beispielhaft aufgezeigt.

Da die scheibenartige Beanspruchung bei Deckentafeln im Wesentlichen zu Schubverformungen führt, deren größter Anteil aus dem nachgiebigen Verbund zwischen Rippen und Beplankung resultiert, kann eine Durchlaufwirkung bei Mehrfeldtafeln vernachlässigt werden. Daher werden nachfolgend nur Einfeld-Deckentafeln behandelt.

2_ Deckentyp 1 (Lasteinleitung rechtwinklig zu den Deckenbalken, Platten als Verteiler)

2.1 _ Beanspruchungen des Verbundes

2.1.1 _ Auflagnahe Platte

In Bild 2.1 ist eine einfache Deckentafel mit einer Plattenreihe dargestellt.

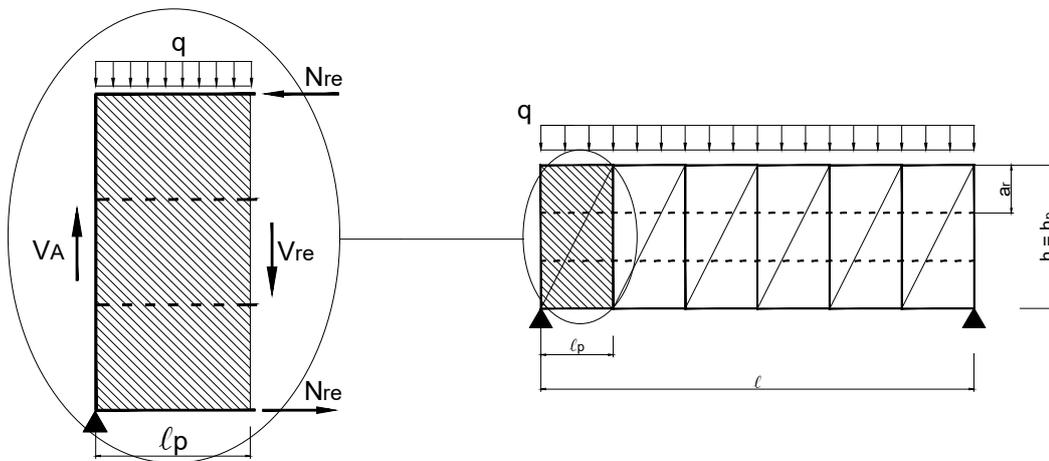


Bild 2.1
 Auflagnahe Platte einer
 Deckentafel des Typs 1

In diesem Bild sind auch die an der Schnittstelle am freien Rand der auflagnahe Platte auftretenden Schnittgrößen der Deckentafel eingetragen:

- V_A : Tafel-Querkraft am Auflager (bei Endauflagern von Deckentafeln ist diese identisch mit der Auflagerkraft A).
 Diese Querkraft wird über die Auflagerrippe kontinuierlich in die Platten eingeleitet.
- V_{re} : Tafel-Querkraft am rechten Plattenrand (Tafelschnitt l_p vom Auflager entfernt).
 Diese Querkraft muss über die Rippen in die Platten eingeleitet werden.
- N_{re} : Normalkräfte in den Gurten an der Schnittstelle
 Diese ergibt sich aus dem an dieser Stelle auftretenden Moment M_{re} geteilt durch den inneren Hebelarm der Tafel (= Tafelhöhe h):

$$N_{re} = \frac{M_{re}}{h} \quad \text{Gl. (2-1)}$$

Die Tafel-Querkraft V_{re} am rechten Plattenrand muss über die Rippen bzw. die Verbindungsmittel in die Platten eingeleitet werden. Die anteilige Querkraft V_r pro Rippe bzw. pro Verbindungsmittelreihe beträgt dann:

$$V_r = \frac{V_{re}}{n_r} \quad \text{Gl. (2-2)}$$

mit

n_r = Anzahl der Verbindungsmittelreihen über die Tafelhöhe

Bei einer Tafel mit nur einer Plattenreihe und einseitiger Lasteinleitung erfährt die Platte die in Bild 2.2 dargestellten Beanspruchungen:

- Einleitung der äußeren Last q über die obere Randrippe bzw. Obergurt ($\rightarrow s_{90}$),
- kontinuierliche Einleitung der Tafel-Querkraft V_A über die Auflagerrippe ($\rightarrow s_0$),
- Einleitung der Gurt-Normalkraft N_{re} über die Gurtruppen ($\rightarrow s_0$),
- Einleitung der Rippen-Querkräfte V_r ($\rightarrow s_{90}$). Die Summe dieser Rippen-Querkräfte entspricht dabei der Tafel-Querkraft V_{re} an diesem Schnitt.

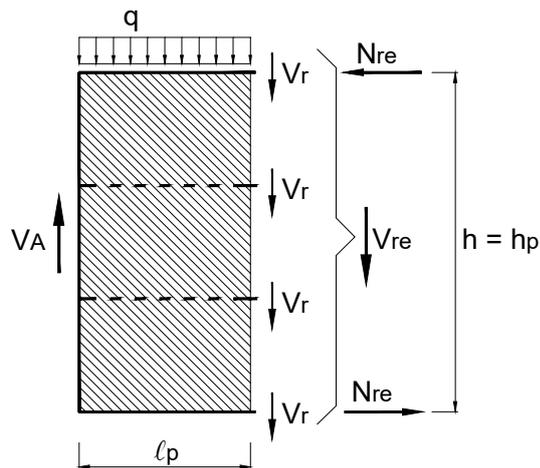


Bild 2.2
 Einseitige Einleitung der äußeren Last bei einer Deckentafel mit einer Plattenreihe

Im nachfolgenden Bild 2.3 ist die in Bild 2.2 dargestellte Platte mit den angreifenden Schnittgrößen bei einseitiger Lasteinleitung nochmals dargestellt. In diesem Bild sind auch die Beanspruchungen im Verbund zwischen den Rippen und der Platte (Schubflüsse) dargestellt. Ein Schubfluss s_0 wirkt dabei parallel zu den Rippenachsen, ein Schubfluss s_{90} rechtwinklig dazu.

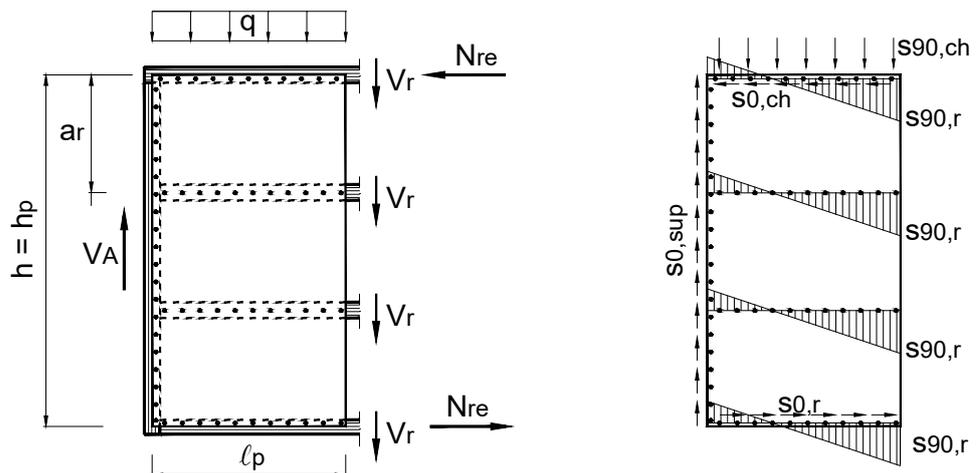


Bild 2.3
 Freigeschnittene auflagernahe Platte des Deckentyps 1 mit Schnittkräften und Schubflüssen im Verbund (einseitige Lasteinleitung)

In den Verbänden zwischen den Rippenabschnitten der Länge ℓ_p und der Platte treten folgende Schubflüsse auf:

- In der Auflagerrippe (Index „sup“ = „support“):

Die Querkraft V_A wird über die Verbindungsmittel (Verbund) parallel zur Rippenachse in die Platte eingeleitet und erzeugt dabei folgenden Schubfluss:

$$s_{0,\text{sup}} = \frac{V_A}{h} \quad \text{Gl. (2-3)}$$

mit

V_A = Tafel-Querkraft am Auflager

h = Höhe der Deckentafel

- In einer „mittleren“ Rippe (Index „r“ = „rib“):

Die Rippen-Querkräfte V_r und das zugehörige Moment $\Sigma V_r \ell_p$ kann nur vom Verbund zwischen Rippen und Platte ins Gleichgewicht gebracht werden. In diesem Verbund entsteht dabei ein Schubfluss $s_{90,r}$ rechtwinklig zur Rippenachse. Die Größtwerte am linken und rechten Rand der Platte können wie folgt berechnet werden:

$$\text{linker Plattenrand: } s_{90,r}^{\text{li}} = 2 \cdot \frac{V_r}{\ell_p} = 2 \cdot \frac{V_{re}}{n_r \cdot \ell_p} \quad \text{Gl. (2-4)}$$

$$\text{rechter Plattenrand: } s_{90,r}^{\text{re}} = 4 \cdot \frac{V_r}{\ell_p} = 4 \cdot \frac{V_{re}}{n_r \cdot \ell_p} \quad \text{Gl. (2-5)}$$

mit

V_r = Rippen-Querkraft an der Stelle des freien Plattenrandes

V_{re} = Tafel-Querkraft an der Stelle des freien Plattenrandes

ℓ_p = Plattenlänge

n_r = Anzahl der Verbindungsmittelreihen über die Höhe einer Tafel

- Im Gurt (Index „ch“ = „chord“):

Die Änderung der im Gurt wirkenden Normalkraft wird über die Verbindungsmittel in die Platte eingeleitet und erzeugt dabei folgenden Schubfluss:

$$s_{0,\text{ch}} = \frac{N_{re}}{\ell_p} = \frac{M_{re}}{h \cdot \ell_p} \quad \text{Gl. (2-6)}$$

mit

N_{re} = Normalkraft im Gurt

M_{re} = Biegemoment an der Schnittstelle

h = Höhe der Deckentafel

ℓ_p = Plattenlänge

Über den oberen Gurt wird auch die äußere Last in die Platte eingeleitet. Dies bewirkt im Verbund einen Schubfluss rechtwinklig zur Rippenachse:

$$\begin{aligned} s_{90, ch} &= q && \text{bei einseitiger Lasteinleitung} \\ &= q/2 && \text{bei beidseitiger Lasteinleitung (jeweils zur Hälfte angesetzt)} \quad \text{Gl. (2-7)} \\ &= 0 && \text{bei Verwendung von Blockhölzern zur Einleitung der Windlast} \end{aligned}$$

Darüber hinaus wird der Verbund im Gurt auch durch die Rippen-Querkraft V_r beansprucht (siehe Gl. (2-5)). Der im Verbund zwischen Gurt und Platte auftretende resultierende Schubfluss ergibt sich dann zu:

$$s_{res, ch} = \sqrt{(s_{0, ch})^2 + (s_{90, ch} + \max s_{90, r})^2} \quad \text{Gl. (2-8)}$$

Für eine Einfeld-Deckentafel können die Schnittgrößen wie folgt bestimmt werden:

$$V_A = A = \frac{q\ell}{2} \quad \text{Gl. (2-9a)}$$

$$V_{re} = V_A - q \cdot \ell_p \quad \text{Gl. (2-9b)}$$

$$M_{re} = A \cdot \ell_p - q \cdot \ell_p^2 / 2 \quad \text{Gl. (2-9c)}$$

Damit kann der in der Gurtrippe bei einseitiger Lasteinleitung auftretende resultierende Schubfluss $s_{res, ch}$ auch wie folgt berechnet werden:

$$s_{res, ch} = q_d \cdot \sqrt{\left(\frac{\ell - \ell_p}{2h}\right)^2 + \left(1 + \frac{2}{n_r} \cdot \frac{\ell - 2\ell_p}{\ell_p}\right)^2} \quad \text{Gl. (2-10)}$$

2.1.2_Innen liegende Platte

Die größten Beanspruchungen im Verbund zwischen Platte und Rippen treten an den Stellen auf, bei denen die größten Querkräfte auftreten. Dies ist üblicherweise im Bereich der auflagnahen Platten der Fall. Je nach Geometrie der Deckentafeln und Abmessungen der Platten kann die größte Beanspruchung im Verbund aber auch in einer innen liegenden Platte auftreten. In Bild 2.4 ist eine solche dargestellt.

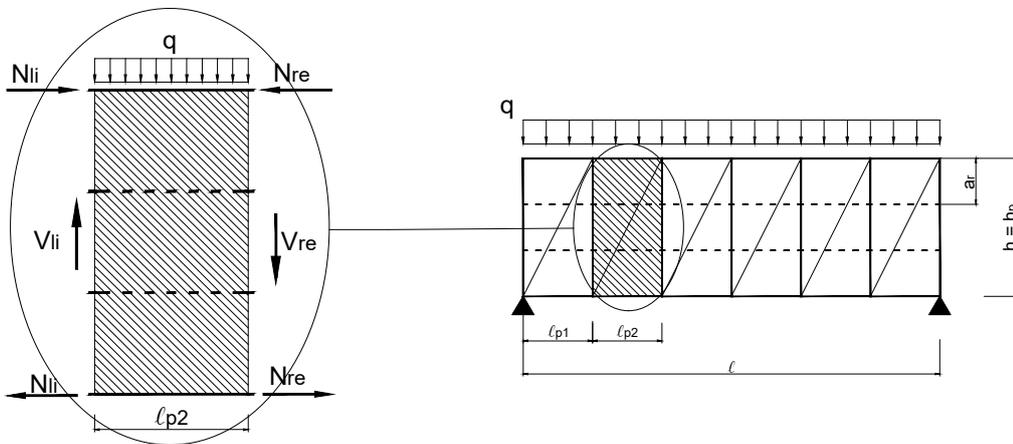


Bild 2.4
„Innere“ Platte einer einfachen Deckentafel des Typs 1

In Bild 2.5 sind die in den Verbänden auftretenden Schubflüsse dargestellt. Aus diesem Bild ist erkennbar, dass die beidseitige Übertragung der Rippen-Querkräfte V_r zu einer erhöhten Beanspruchung $s_{90,r}$ führen kann.

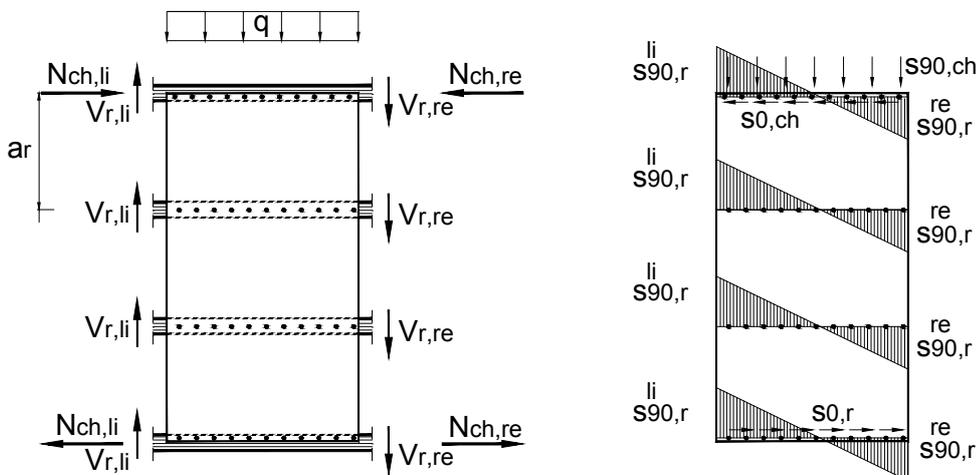


Bild 2.5
Freigeschnittene „innere“ Platte des Deckentyps 1 mit Schnittkräften und Schubflüssen im Verbund (einseitige Lasteinleitung)

Der größte in der Gurtrippe auftretende Schubfluss $s_{res,ch}$ kann für diese Platte bei einseitiger Lasteinleitung wie folgt berechnet werden (Herleitung siehe im Bericht der Initiative Praxisregeln Bau PRB):

$$s_{res,ch} = q_d \cdot \sqrt{\left(\frac{\ell - 2\ell_{p1} - \ell_{p2}}{2h}\right)^2 + \left(1 + \frac{1}{n_r} \cdot \frac{3\ell - 6\ell_{p1} - 4\ell_{p2}}{\ell_{p2}}\right)^2} \quad \text{Gl. (2-11)}$$

2.1.3 _ Andere Plattenanordnungen, Plattenabmessungen und Lasteinleitungen

Gegenüber der bisher behandelten einfachen Deckentafel gibt es in der Praxis häufig folgende Abweichungen:

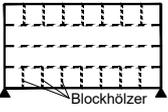
- Es werden mehr als nur eine Plattenreihe übereinander angeordnet.
- Die Platten können parallel zu den Deckenbalken verlegt werden.
- Es kommen sogenannte Passplatten mit kleineren Abmessungen als die Standardplatten zum Einsatz, mit deren Hilfe die gewünschten Tafelabmessungen ergänzt werden.
- Es wird eine beidseitige Lasteinleitung angesetzt (z.B. durch Aufteilung der äußeren Last in Winddruck und Windsog).

Diese Faktoren wirken sich auf die Beanspruchungen im Verbund zwischen Rippen und Platten aus. Im Bericht der Initiative Praxisregeln Bau PRB wurden diese Fälle berücksichtigt und die zugehörigen Berechnungsgleichungen entsprechend abgeleitet. In Tabelle 2-1 sind diese zusammengestellt.

Hinweis:

Diese Gleichungen dürfen auch für auskragende Deckentafeln herangezogen werden, wenn für die Stützweite ℓ die doppelte Kraglänge ℓ_k angesetzt wird ($\ell = 2 \cdot \ell_k$).

Tabelle 2-1 Größter Schubfluss s_{res} im Verbund für Deckentafeln des Typs 1

Deckentafel	s_{res}	Nachweis für
Typ 1	 $\max \left\{ \begin{array}{l} \frac{q \cdot \ell}{2 \cdot h} \\ q \cdot \sqrt{\left(\frac{\ell - \ell_{p1}}{2h} \right)^2 + \left(k_q + \frac{2}{n_r} \cdot \frac{\ell - 2\ell_{p1}}{\ell_{p1}} \right)^2} \\ q \cdot \sqrt{\left(\frac{\ell - 2\ell_{p1} - \ell_{p2}}{2h} \right)^2 + \left(k_q + \frac{1}{n_r} \cdot \frac{3\ell - 6\ell_{p1} - 4\ell_{p2}}{\ell_{p2}} \right)^2} \end{array} \right.$	Auflagerrippe Gurtrippe bei auflagernaher Platte mit 1 freien Plattenrand Gurtrippe bei „innerer“ Platte mit 2 freien Plattenrändern

q = einwirkende Streckenlast

ℓ = Tafellänge

ℓ_{p1} = Länge der auflagernahen Platte mit 1 freien Rand (ggf. Länge der Passplatte)

ℓ_{p2} = Länge der Platte mit 2 freien Plattenrändern (ggf. Länge der Passplatte)
(zweiten Platte vom Auflager aus gesehen)

h = Tafelhöhe

k_q = Beiwert zur Berücksichtigung der Lasteinleitung

= 1 bei Deckentafeln mit einseitiger Lasteinleitung

= 0,5 bei Deckentafeln mit beidseitiger Lasteinleitung

= 0 bei Verwendung von Blockhölzern zur Einleitung der Windlast

n_r = Anzahl der Verbindungsmittelreihen über die Tafelhöhe

= $\frac{h}{a_r} + n_{hp}$

n_{hp} = Anzahl der Plattenreihen in Richtung der Tafelhöhe

2.2 _ Schubspannungen in der Platte

Eine auflagernahe Platte (Bild 2.6 links) wird wie folgt beansprucht:

- Einleitung der Auflagerquerkraft V_A am linken Rand der Platte.
- Schubfluss $s_{90,r}$ infolge Einleitung der Rippenquerkräfte am rechten Rand.
- Einleitung der äußeren Last q über die obere Gurtrippe.

Eine „innere“ Platte (Bild 2.6 rechts) wird wie folgt beansprucht:

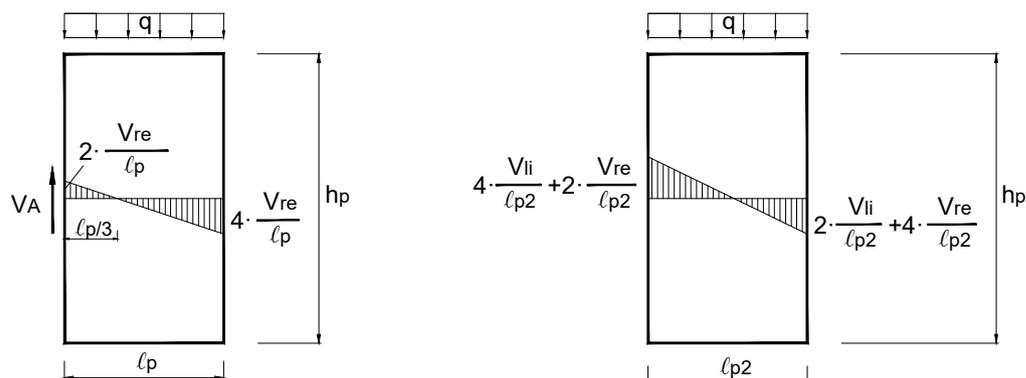
- Schubfluss $s_{90,r}$ infolge Einleitung der Rippenquerkräfte an beiden Plattenrändern.
- Einleitung der äußeren Last q über die obere Gurtrippe.

Bild 2.6

Beanspruchungen in einer Platte (nur vertikale Beanspruchungen dargestellt)

links: auflagernahe Platte

rechts: „innere“ Platte



Die maximal in diesen Platten auftretenden Schubspannungen können wie folgt berechnet werden (Herleitung siehe im Bericht der Initiative Praxisregeln Bau PRB):

$$\max \tau_p \approx \frac{4}{3} \cdot \frac{V_A}{h \cdot t} \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{q \cdot \ell_p}{V_A} \right) \quad \text{für auflagernahe Platte} \quad \text{Gl. (2-12a)}$$

$$\max \tau_p \approx \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{li}}{h \cdot t} \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{q \cdot \ell_{p2}}{V_{li}} \right) \quad \text{für „innere“ Platte} \quad \text{Gl. (2-12b)}$$

Auf der sicheren Seite liegend kann die größte Schubspannung in einer Platte auch wie folgt abgeschätzt werden:

$$\max \tau_p = 1,5 \cdot \frac{V_A}{h \cdot t} \quad \text{Gl. (2-13)}$$

mit der Tafelhöhe h und der Plattendicke t .

2.3 _ Horizontale Durchbiegungen der Deckentafel

Die Verformungen von Holztafeln ohne freie Plattenränder lassen sich nach Kessel (2003) mit Hilfe des Satzes von Castigliano in ihren einzelnen Anteilen bestimmen. Bei Deckentafeln mit freien Plattenrändern ergibt sich ein wesentlicher zusätzlicher Verformungsanteil aus den Beanspruchungen des Verbundes senkrecht zum Plattenrand, wie von Kessel und Anheier (2017) in einem DFG-Forschungsvorhaben gezeigt und experimentell an mehr als 40 Prüfkörpern bestätigt wurde.

Die horizontale Durchbiegung v_{ges} von Deckentafeln setzt sich danach aus folgenden Anteilen zusammen:

$$v_{ges} = v_G + v_E + v_{K,0} + v_{K,90} \quad \text{Gl. (2-14)}$$

mit

v_G = aus Schubverformungen der Platten (Schubmodul G)

v_E = aus Längsverformungen der Rippen/Gurte (E-Modul E)

$v_{K,0}$ = aus Verformungen infolge der Verbundbeanspruchungen s_0 und der Nachgiebigkeit der Verbindungsmittel (Verschiebungsmodul K_{ser})

$v_{K,90}$ = aus Verformungen infolge der Verbundbeanspruchungen s_{90} und der Nachgiebigkeit der Verbindungsmittel

Die Biegeverformungen der Rippen und der Platten werden vernachlässigt.

Im Bericht der Initiative Praxisregeln Bau PRB wurden für verschiedene Varianten von Deckentafeln die o.g. Durchbiegungsanteile wie folgt berechnet:

$$v_G = \int \frac{Q\bar{Q}}{GA} dx \quad \text{Gl. (2-15a)}$$

$$v_E = \sum_I \int \frac{N_i \bar{N}_i}{E_i A_i} dx \quad \text{Gl. (2-15b)}$$

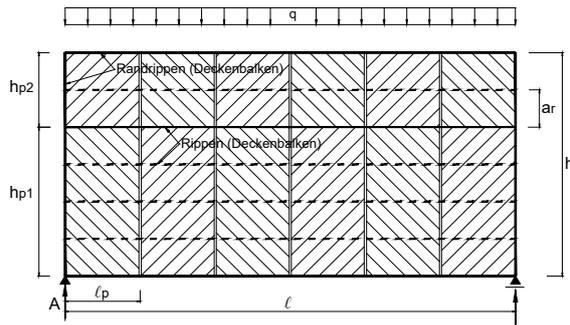
$$v_{K,0} = \sum_I \frac{s_{0,i} \bar{s}_{0,i}}{K_{ser}} dx \quad \text{Gl. (2-15c)}$$

$$v_{K,90} = \sum_I \frac{s_{90,i} \bar{s}_{90,i}}{K_{ser}} dx \quad \text{Gl. (2-15d)}$$

In der nachfolgenden Tabelle 2-2 sind die zugehörigen Durchbiegungsanteile von Deckentafeln mit freien Plattenrändern zusammengestellt. Für die Durchbiegungsanteile von Deckentafeln mit allseits schubsteif verbundenen Plattenrändern wird auf den Bericht der Initiative Praxisregeln Bau PRB verwiesen.

Hinweis:

Da die Durchbiegung einer Deckentafel Auswirkungen auf die Schiefstellung von darunter angeordneten Wänden und damit auch auf die zugehörigen Abtriebslasten hat, ist die Tafel-durchbiegung für die Bemessungslast der Tragfähigkeit q_d , d.h. für die 1,5-fach erhöhte charakteristische Last, zu berechnen.

Tabelle 2-2 Durchbiegungsanteile von Deckentafeln des Typs 1 mit freien PlattenrändernDeckentafel
Typ 1

$$v_G = 1,5 \cdot \frac{q \ell^2}{8Ght}$$

$$v_E = \frac{5}{192} \cdot \frac{q \ell^4}{EAh^2}$$

$$v_{K,0} = \left[n_{hp} \cdot \frac{\ell^2}{4h^2} + \frac{\ell}{2h} \right] \cdot \frac{a_1}{K_{ser}} \cdot q$$

$$v_{K,90} = \left[\frac{3}{2} n_{rp}^2 - 4n_{rp} + n_{hp} n_{rp} + 2 \right] \cdot \frac{a_1}{K_{ser}} \cdot \frac{q}{n_r}$$

v_G = Durchbiegungsanteil infolge Beanspruchung der Beplankung

v_E = Durchbiegungsanteil infolge Beanspruchung der Rippen

$v_{K,0}$ = Durchbiegungsanteil infolge Verbund-Beanspruchung s_0

$v_{K,90}$ = Durchbiegungsanteil infolge Verbund-Beanspruchung s_{90}

q = einwirkende Streckenlast

G = Schubmodul des Plattenwerkstoffs der Beplankung

t = Dicke des Plattenwerkstoffs der Beplankung

E = Elastizitätsmodul der Rippen

A = Querschnittsfläche der Rippen

a_1 = Abstand der Verbindungsmittel untereinander

K_{ser} = Verschiebungsmodul der Verbindungsmittel

ℓ = Länge der Tafel

n_{rp} = Anzahl der Platten in Richtung der Tafellänge ℓ

h = Höhe der Tafel

n_{hp} = Anzahl der Platten in Richtung der Tafelhöhe h

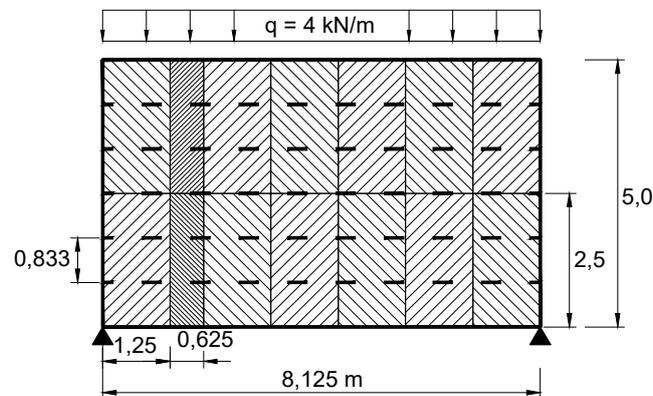
n_r = Anzahl der Verbindungsmittelreihen der Tafel in Lastrichtung

$$= \frac{h}{a_r} + n_{hp}$$

a_r = Abstand der Rippen untereinander

2.4 _ Beispiel

Gegeben: Deckentafel Typ 1 mit $\ell/h = 8,125/5,0$ m. OSB-Platten, $t = 18$ mm.
 Verlegung der Platten $\ell_p/h_p = 1,25/2,5$ m quer zu den Deckenbalken.
 Anordnung von Passplatten $\ell_{pp}/h_{pp} = 0,625/2,5$ m im Abstand von 1,25 m vom linken Auflager entfernt.
 Verbindung mit Klammern $d = 1,8$ mm im Abstand $a_1 = 40$ mm.
 Windlast $q_d = 4,0$ kN/m ($= 1,5 \cdot q_k$).



2.4.1 Schubflüsse

– Schubfluss in der Auflagerrippe:

$$s_{0,\text{sup}} = \frac{q_d \cdot \ell}{2 \cdot h} = \frac{4,0 \cdot 8,125}{2 \cdot 5,0} = 3,25 \text{ kN/m}$$

– Schubfluss in der auflagernahen Gurtrippe (z.B. links oben):

Einseitige Lasteinleitung $\rightarrow k_q = 1,0$

$$s_{\text{res,ch}} = q_d \cdot \sqrt{\left(\frac{\ell - \ell_{p1}}{2h}\right)^2 + \left(k_q + \frac{2}{n_r} \cdot \frac{\ell - 2\ell_{p1}}{\ell_{p1}}\right)^2}$$

$$n_r = \frac{h}{a_r} + n_{hp} = \frac{5,0}{0,833} + 2 = 8 \text{ Verbindungsmittelreihen übereinander}$$

$$s_{\text{res,ch}} = 4,0 \cdot \sqrt{\left(\frac{8,125 - 1,25}{2 \cdot 5,0}\right)^2 + \left(1,0 + \frac{2}{8} \cdot \frac{8,125 - 2 \cdot 1,25}{1,25}\right)^2} = 8,93 \text{ kN/m}$$

– Schubfluss in der Gurtrippe der „inneren“ Passplatte:

$$s_{\text{res,ch}} = q_d \cdot \sqrt{\left(\frac{\ell - 2\ell_{p1} - \ell_{p2}}{2h}\right)^2 + \left(k_q + \frac{1}{n_r} \cdot \frac{3\ell - 6\ell_{p1} - 4\ell_{p2}}{\ell_{p2}}\right)^2}$$

$$\ell_{p1} = 1,25 \text{ m und } \ell_{p2} = 0,625 \text{ m, } n_r = 8 \text{ (siehe oben)}$$

$$s_{res, ch} = 4,0 \cdot \sqrt{\left(\frac{8,125 - 2 \cdot 1,25 - 0,625}{2 \cdot 5,0}\right)^2 + \left(1,0 + \frac{1}{8} \cdot \frac{3 \cdot 8,125 - 6 \cdot 1,25 - 4 \cdot 0,625}{0,625}\right)^2} = 15,63 \text{ kN/m}$$

Maßgebend wird der Schubfluss in der Passplatte mit $s_{res} = 15,63 \text{ kN/m}$.

2.4.2 _ Schubspannungen in der Platte

Auf der sicheren Seite liegend wird die in den Platten maximale Schubspannung wie folgt abgeschätzt:

$$\max \tau_p = 1,5 \cdot \frac{V_A}{h \cdot t} = 1,5 \cdot \frac{q_d \ell}{2h \cdot t} = 1,5 \cdot \frac{4,0 \cdot 8125}{2 \cdot 5000 \cdot 18} = 0,27 \text{ N/mm}^2$$

2.4.3 _ Durchbiegungen

$$E_{\text{Deckenbalken}} = 11000 \text{ N/mm}^2, \quad G_{\text{OSB}} = 1080 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{\text{Deckenbalken}} = 100/240 \text{ mm}, \quad K_{ser} = 478 \text{ N/mm}$$

$n_{\ell p} = 7$ Platten in Längsrichtung

$n_{hp} = 2$ Platten über die Höhe

$$n_r = \frac{h}{a_r} + n_{hp} = \frac{5,0}{0,833} + 2 = 8 \text{ Verbindungsmittelreihen übereinander}$$

Durchbiegungsanteile mit $q_d = 4,0 \text{ kN/m}$ gerechnet (siehe obigen Hinweis):

$$v_G = 1,5 \cdot \frac{q_d \ell^2}{8Ght} = 1,5 \cdot \frac{4,0 \cdot 8125^2}{8 \cdot 1080 \cdot 5000 \cdot 18} = 0,51 \text{ mm}$$

$$v_E = \frac{5}{192} \cdot \frac{q_d \ell^4}{EAh^2} = \frac{5}{192} \cdot \frac{4,0 \cdot 8125^4}{11000 \cdot (100 \cdot 240) \cdot 5000^2} = 0,07 \text{ mm}$$

$$v_{K,0} = \left[n_{hp} \cdot \frac{\ell^2}{4h^2} + \frac{\ell}{2h} \right] \cdot \frac{a_1}{K_{ser}} \cdot q_d = \left[2 \cdot \frac{8125^2}{4 \cdot 5000^2} + \frac{8125}{2 \cdot 5000} \right] \cdot \frac{60}{478} \cdot 4,0 = 1,07 \text{ mm}$$

$$v_{K,90} = \left[\frac{3}{2} n_{\ell p}^2 - 4n_{\ell p} + n_{hp} n_r + 2 \right] \cdot \frac{a_1}{K_{ser}} \cdot \frac{q_d}{n_r} = \left[\frac{3}{2} \cdot 7^2 - 4 \cdot 7 + 2 \cdot 8 + 2 \right] \cdot \frac{60}{478} \cdot \frac{4,0}{8} = 3,99 \text{ mm}$$

Aus dieser Zusammenstellung ist zu erkennen, dass die überwiegenden Durchbiegungsanteile aus der Nachgiebigkeit der Verbindungsmittel resultieren, und dabei insbesondere infolge des Schubflusses s_{90} .

Die rechnerische Gesamtdurchbiegung (elastische Anfangsverformung) der Decke ergibt sich

somit zu
$$v_{inst, ges} = 5,6 \text{ mm} \approx \frac{\ell}{1450}$$

mit

n_{rp} = Anzahl der Rippen (Verbindungsmittelreihen) pro Platte

$$= \frac{\ell_p}{a_r} + 1$$

Im nachfolgenden Bild 3.2 ist die betrachtete Platte mit den angreifenden Schnittgrößen nochmals dargestellt. In diesem Bild sind auch die Beanspruchungen im Verbund zwischen den Rippen und der Platte (Schubflüsse) dargestellt. Ein Schubfluss $s_{0,r}$ wirkt dabei parallel zu den Rippenachsen, ein Schubfluss $s_{0,p}$ rechtwinklig dazu.

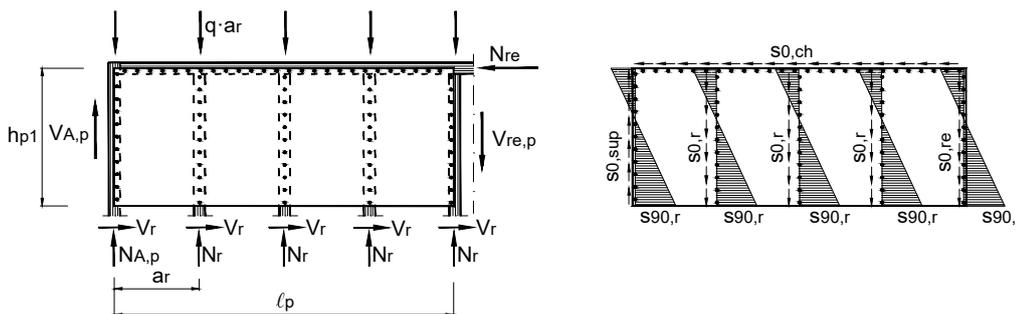


Bild 3.2

Freigeschnittene auflagernahe Platte des Deckentyps 2 mit Schnittgrößen und Schubflüssen im Verbund

In den Verbänden zwischen den Rippen und der Platte treten folgende Schubflüsse auf:

- Im Gurt (Index „ch“ = „chord“):

Die Änderung der im Gurt wirkenden Normalkraft wird über die Verbindungsmittel in die Platte eingeleitet und erzeugt dabei folgenden Schubfluss:

$$s_{0,ch} = \frac{N_{re}}{\ell_p} = \frac{M_{re}}{h \cdot \ell_p} \quad \text{Gl. (3-4)}$$

mit

N_{re} = Normalkraft im Gurt

M_{re} = Biegemoment an der Schnittstelle

h = Höhe der Deckentafel

ℓ_p = Plattenlänge

- In einer „mittleren“ Rippe (Index „r“ = „rib“):

Die je Rippe (Deckenbalken) anfallenden Lastanteile $q \cdot a_r$ werden jeweils über die gesamte Tafelhöhe in die Platten eingeleitet. Der zugehörige Schubfluss ergibt sich zu:

$$s_{0,r} = \frac{q \cdot a_r}{h} \quad \text{Gl. (3-5)}$$

mit

q = äußere Streckenlast

a_r = Rippenabstand

h = Höhe der Deckentafel

Die am freien Plattenrand auftretenden Rippen-Querkräfte V_r und das zugehörige Moment $\Sigma V_r h_p$ können nur vom Verbund zwischen Rippen und Platte ins Gleichgewicht gebracht werden.

In diesem Verbund entsteht dabei ein Schubfluss $s_{90,r}$ rechtwinklig zur Rippenachse. Die Größtwerte am oberen und unteren Rand der Platte können wie folgt berechnet werden:

$$\text{oberer Plattenrand: } s_{90,r} = 2 \cdot \frac{V_r}{h_{p1}} = 2 \cdot \frac{N_{re}}{n_{rp} \cdot h_{p1}} \quad \text{Gl. (3-6)}$$

$$\text{unterer Plattenrand: } s_{90,r} = 4 \cdot \frac{V_r}{h_{p1}} = 4 \cdot \frac{N_{re}}{n_{rp} \cdot h_{p1}} \quad \text{Gl. (3-7)}$$

mit

V_r = Rippen-Querkraft an der Stelle des freien Plattenrandes

N_{re} = Gurt-Normalkraft im Abstand ℓ_p vom Auflager

h_{p1} = Plattenhöhe der gurtnahen Auflagerplatte (Index 1)

n_{rp} = Anzahl der Verbindungsmittelreihen (Rippen) pro Platte

– In der Auflagerrippe (Index „sup“ = „support“):

Hier wird die anteilige Querkraft $V_{A,p}$ der Auflagerrippe über die Plattenhöhe h_p eingeleitet wobei folgender Schubfluss auftritt:

$$s_{0,sup} = \frac{V_{A,p}}{h_{p1}} = \frac{V_A}{h} \quad \text{Gl. (3-8)}$$

mit

$V_{A,p}$ = anteilige Platten-Querkraft am Auflager

$$= V_A \cdot \frac{h_{p1}}{h}$$

V_A = Tafel-Querkraft am Auflager

h_{p1} = Plattenhöhe

h = Höhe der Deckentafel

Zusätzlich zu diesem Schubfluss $s_{0,sup}$ tritt in der Auflagerrippe auch noch der Schubfluss $s_{90,sup}$ infolge der Einleitung der horizontalen Rippen-Querkräfte V_r auf (siehe Gl. (2-7):

$$\max s_{90,sup} = 4 \cdot \frac{N_{re}}{n_{rp} \cdot h_{p1}} \quad \text{Gl. (3-9)}$$

Der im Verbund zwischen Auflagerrippe und Platte auftretende resultierende Schubfluss kann dann wie folgt berechnet werden:

$$s_{res,sup} = \sqrt{(s_{0,sup})^2 + (\max s_{90,sup})^2} \quad \text{Gl. (3-10)}$$

Für eine Einfeld-Deckentafel können die Schnittgrößen wie folgt bestimmt werden:

$$V_A = A - \frac{q \cdot a_r}{2} = q \cdot \left(\frac{\ell}{2} - \frac{a_r}{2} \right) \quad \text{Gl. (3-11a)}$$

$$M_{re} = A \cdot \ell_p - q \cdot \frac{\ell_p^2}{2} = q \cdot \left(\frac{\ell}{2} \cdot \ell_p - \frac{\ell_p^2}{2} \right) \quad \text{Gl. (3-11b)}$$

Damit kann der in der Auflagerrippe auftretende resultierende Schubfluss $s_{res,sup}$ auch wie folgt berechnet werden:

$$s_{res,sup} = q \cdot \sqrt{\left(\frac{\ell - a_r}{2h} \right)^2 + \left(\frac{2}{n_{rp}} \cdot \frac{\ell_p}{h_{p1}} \cdot \frac{\ell - \ell_p}{h} \right)^2} \quad \text{Gl. (3-12)}$$

3.1.2 _ Innen liegende Auflagerplatte

Bei mehr als zwei übereinander liegenden Plattenreihen treten bei Tafeln des Typs 2 auch Platten mit 2 freien Plattenrändern auf. In Bild 3.3 ist dies dargestellt.

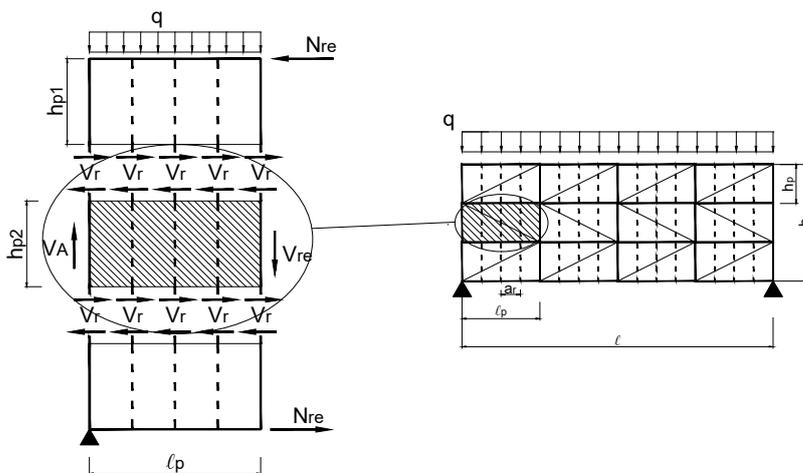
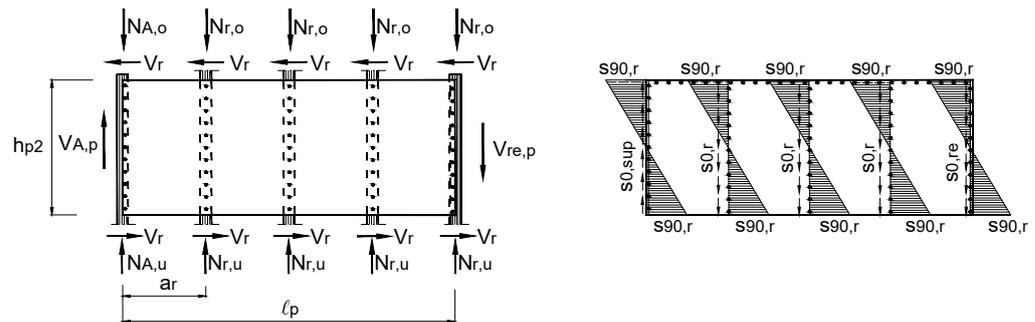


Bild 3.3
„Innere“ Platte einer einfachen Deckentafel des Typs 2

Die Schnittgrößen an den Plattenrändern sind weitestgehend identisch mit denen der im vorigen Abschnitt behandelten Platte. Ein bedeutender Unterschied liegt jedoch darin, dass eine „innere“ Platte sowohl am oberen als auch am unteren freien Plattenrand durch horizontale Platten-Querkräfte V_r beansprucht wird. Dies führt zu einer deutlich erhöhten Beanspruchung $s_{90,r}$ in den Rippen. In Bild 3.4 sind die auftretenden Schubflüsse dargestellt.

Bild 3.4

Freigeschnittene „innere“
Platte des Typs 2 mit
Schnittkräften und Schub-
flüssen im Verbund



Der größte in der Auflagerrippe auftretende Schubfluss $s_{res,sup}$ kann für diese Platte wie folgt berechnet werden (Herleitung siehe im Bericht der Initiative Praxisregeln Bau PRB):

$$s_{res,sup} = q \cdot \sqrt{\left(\frac{\ell - a_r}{2h}\right)^2 + \left(\frac{3}{n_{rp}} \cdot \frac{\ell_p}{h_{p2}} \cdot \frac{\ell - \ell_p}{h}\right)^2} \quad \text{Gl. (3-13)}$$

3.1.3 _ Andere Plattenanordnungen, Plattenabmessungen und Lasteinleitungen

Gegenüber der bisher behandelten einfachen Deckentafel gibt es in der Praxis häufig folgende Abweichungen:

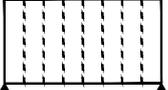
- Die Platten können parallel zu den Deckenbalken verlegt werden.
- Es kommen sogenannte Passplatten mit kleineren Abmessungen als die Standardplatten zum Einsatz, mit deren Hilfe die gewünschten Tafelabmessungen ergänzt werden.

Diese Faktoren wirken sich auf die Beanspruchungen im Verbund zwischen Rippen und Platten aus. Im Bericht der Initiative Praxisregeln Bau PRB wurden diese Fälle berücksichtigt und die zugehörigen Berechnungsgleichungen entsprechend abgeleitet. In Tabelle 3-1 sind diese zusammengestellt.

Hinweis:

Diese Gleichungen dürfen auch für auskragende Deckentafeln herangezogen werden, wenn für die Stützweite ℓ die doppelte Kraglänge ℓ_k angesetzt wird ($\ell = 2 \cdot \ell_k$).

Tabelle 3-1 Größter Schubfluss s_{res} im Verbund für Deckentafeln des Typs 2

Deckentafel	s_{res}	Nachweis für
Typ 2	 $\max \begin{cases} q \cdot \left(\frac{l - a_r}{2 \cdot h} \right) \\ q \cdot \sqrt{\left(\frac{l - a_r}{2h} \right)^2 + \left(\frac{2}{n_{rp}} \cdot \frac{l_p}{h_{p1}} \cdot \frac{l - l_p}{h} \right)^2} \\ q \cdot \sqrt{\left(\frac{l - a_r}{2h} \right)^2 + \left(\frac{3}{n_{rp}} \cdot \frac{l_p}{h_{p2}} \cdot \frac{l - l_p}{h} \right)^2} \end{cases}$	Auflagerrippe bei Platten ohne freien Plattenrand Auflagerrippe bei „äußerer“ Platte mit 1 freien Plattenrand Auflagerrippe bei „innerer“ Platte mit 2 freien Plattenrändern

q	=	einwirkende Streckenlast
l	=	Tafellänge
l_p	=	Plattenlänge
h	=	Tafelhöhe
h_{p1}, h_{p2}	=	Plattenhöhe (ggf. Höhe der Passplatte)
n_{rp}	=	Anzahl der Verbindungsmittelreihen (Rippen) pro Platte
	=	$\frac{l_p}{a_r} + 1$
a_r	=	Rippenabstand

3.2 _ Schubspannungen in der Platte

Eine „äußere“ Platte mit 1 freien Plattenrand (Bild 3.5 oben) wird wie folgt beansprucht:

- Einleitung der anteiligen Auflagerquerkraft $V_{A,p}$ am linken Rand der Platte.
- Schubfluss $s_{90,r}$ infolge Einleitung der Rippenquerkräfte am unteren Rand.
- Einleitung der Gurt-Normalkraft N_1 im ersten Rippenfeld.

Eine „innere“ Platte (Bild 3.5 unten) wird wie folgt beansprucht:

- Einleitung der anteiligen Auflagerquerkraft $V_{A,p}$ am linken Rand der Platte.
- Schubfluss $s_{90,r}$ infolge Einleitung der Rippenquerkräfte an beiden Plattenrändern.

3.3 _ Horizontale Durchbiegungen der Deckentafel

Die Verformungen von Holztafeln ohne freie Plattenränder lassen sich nach Kessel (2003) mit Hilfe des Satzes von Castigliano in ihren einzelnen Anteilen bestimmen. Bei Deckentafeln mit freien Plattenrändern ergibt sich ein wesentlicher zusätzlicher Verformungsanteil aus den Beanspruchungen des Verbundes senkrecht zum Plattenrand, wie von Kessel und Anheier (2017) in einem DFG-Forschungsvorhaben gezeigt und experimentell an mehr als 40 Prüfkörpern bestätigt wurde.

Die horizontale Durchbiegung v_{ges} von Deckentafeln setzt sich danach aus folgenden Anteilen zusammen:

$$v_{ges} = v_G + v_E + v_{K,0} + v_{K,90} \quad \text{Gl. (3-15)}$$

mit

v_G = aus Schubverformungen der Platten (Schubmodul G)

v_E = aus Längsverformungen der Rippen/Gurte (E-Modul E)

$v_{K,0}$ = aus Verformungen infolge der Verbundbeanspruchungen s_0 und der Nachgiebigkeit der Verbindungsmittel (Verschiebungsmodul K_{ser})

$v_{K,90}$ = aus Verformungen infolge der Verbundbeanspruchungen s_{90} und der Nachgiebigkeit der Verbindungsmittel

Die Biegeverformungen der Rippen und der Platten werden vernachlässigt.

Im Bericht der Initiative Praxisregeln Bau PRB wurden für verschiedene Varianten von Deckentafeln die o.g. Durchbiegungsanteile wie folgt berechnet:

$$v_G = \int \frac{Q\bar{Q}}{GA} dx \quad \text{Gl. (3-16a)}$$

$$v_E = \sum_i \int \frac{N_i \bar{N}_i}{E_i A_i} dx \quad \text{Gl. (3-16b)}$$

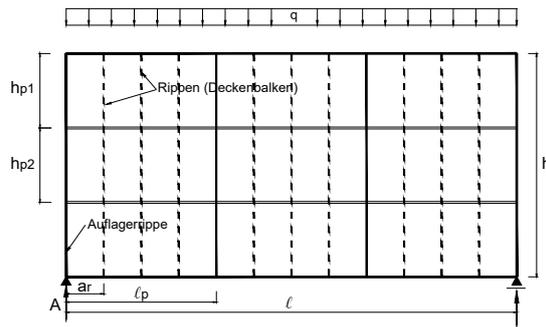
$$v_{K,0} = \sum_i \frac{s_{0j} \bar{s}_{0j}}{K_{ser}} dx \quad \text{Gl. (3-16c)}$$

$$v_{K,90} = \sum_i \frac{s_{90j} \bar{s}_{90j}}{K_{ser}} dx \quad \text{Gl. (3-16d)}$$

In der nachfolgenden Tabelle 3-2 sind die zugehörigen Durchbiegungsanteile von Deckentafeln mit freien Plattenrändern zusammengestellt. Für die Durchbiegungsanteile von Deckentafeln mit allseits schubsteif verbundenen Plattenrändern wird auf den Bericht der Initiative Praxisregeln Bau PRB verwiesen.

Hinweis:

Da die Durchbiegung einer Deckentafel Auswirkungen auf die Schiefstellung von darunter angeordneten Wänden und damit auch auf die zugehörigen Abtriebslasten hat, ist die Tafel-durchbiegung für die Bemessungslast der Tragfähigkeit q_d , d.h. für die 1,5-fach erhöhte charakteristische Last, zu berechnen.

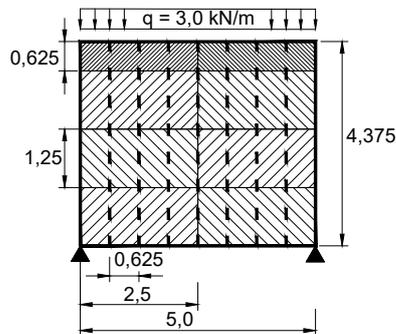
Tabelle 3-2 Durchbiegungsanteile von Deckentafeln des Typs 2 mit freien PlattenrändernDeckentafel
Typ 2

v_G	$1,5 \cdot \frac{q\ell^2}{8Ght}$	
v_E	$\frac{5}{192} \cdot \frac{q\ell^4}{EAh^2}$	
$v_{K,0}$	$\frac{\ell}{4h} \cdot \left[\frac{\ell}{h} + n_{rp} \right] \cdot \frac{a_1}{K_{ser}} \cdot q$	
$v_{K,90}$	0	Für $n_{hp} = 1$
	$\left[\frac{3}{2}n_{hp} - 2 \right] \cdot \frac{\ell^2}{h^2} \cdot \frac{\bar{\ell}_p}{h_p} \cdot \frac{a_1}{n_{rp} \cdot K_{ser}} \cdot q$	Für $n_{hp} > 1$

- v_G = Durchbiegungsanteil infolge Beanspruchung der Beplankung
 v_E = Durchbiegungsanteil infolge Beanspruchung der Rippen
 $v_{K,0}$ = Durchbiegungsanteil infolge Verbund-Beanspruchung s_0
 $v_{K,90}$ = Durchbiegungsanteil infolge Verbund-Beanspruchung s_{90}
 q = einwirkende Streckenlast
 G = Schubmodul des Plattenwerkstoffs der Beplankung
 t = Dicke des Plattenwerkstoffs der Beplankung
 E = Elastizitätsmodul der Rippen
 A = Querschnittsfläche der Rippen
 a_1 = Abstand der Verbindungsmittel untereinander
 K_{ser} = Verschiebungsmodul der Verbindungsmittel
 ℓ = Länge der Tafel
 $n_{\ell p}$ = Anzahl der Platten in Richtung der Tafellänge ℓ
 h = Höhe der Tafel
 n_{hp} = Anzahl der Platten in Richtung der Tafelhöhe h
 n_{rp} = mittlere Anzahl der Verbindungsmittelreihen (Rippen) pro Platte
 $= \frac{\ell}{n_{rp} \cdot a_r} + 1$
 $\bar{\ell}_p$ = mittlere Länge einer Beplankungs-Platte
 $= \ell / n_{rp}$
 \bar{h}_p = mittlere Höhe einer Beplankungs-Platte
 $= h / n_{hp}$
 a_r = Abstand der Rippen untereinander

3.4 _ Beispiel

Gegeben: Deckentafel Typ 2 mit $\ell/h = 5,0/4,375$ m. Dreischicht-Platten, $t = 27$ mm.
 Verlegung der Platten $\ell_p/h_p = 2,5/1,25$ m quer zu den Deckenbalken.
 Abstand der Deckenbalken $a_r = 0,625$ m.
 Anordnung von Passplatten $\ell_{pp}/h_{pp} = 2,5/0,625$ m an der oberen Gurtrippe.
 Verbindung mit Klammern $d = 2,0$ mm im Abstand $a_1 = 80$ mm.
 Windlast $q_d = 3,0$ kN/m ($= 1,5 \cdot q_k$).



3.4.1 _ Schubflüsse

– Schubfluss in der Auflagerrippe:

$$s_{0,sup} = q_d \cdot \left(\frac{\ell - a_r}{2 \cdot h} \right) = 3,0 \cdot \frac{5,0 - 0,625}{2 \cdot 4,375} = 1,50 \text{ kN/m}$$

– Schubfluss in der Auflagerrippe der gurtnahen Platte (Passplatte) mit 1 freien Plattenrand:

$$s_{res,ch} = q_d \cdot \sqrt{\left(\frac{\ell - a_r}{2h} \right)^2 + \left(\frac{2}{n_{rp}} \cdot \frac{\ell_p}{h_{p1}} \cdot \frac{\ell - \ell_p}{h} \right)^2}$$

$$n_{rp} = \frac{\ell_p}{a_r} + 1 = \frac{2,50}{0,625} + 1 = 5 \quad \text{Verbindungsmittelreihen pro Platte}$$

$$h_{p1} = 0,625 \text{ m}$$

$$s_{res,sup} = 3,0 \cdot \sqrt{\left(\frac{5,0 - 0,625}{2 \cdot 4,375} \right)^2 + \left(\frac{2}{5} \cdot \frac{2,5}{0,625} \cdot \frac{5,0 - 2,5}{4,375} \right)^2} = 3,13 \text{ kN/m}$$

- Schubfluss in der Auflagerrippe in einer „inneren“ Platte:

$$s_{\text{res,sup}} = q_d \cdot \sqrt{\left(\frac{\ell - a_r}{2h}\right)^2 + \left(\frac{3}{n_{rp}} \cdot \frac{\ell_p}{h_{p2}} \cdot \frac{\ell - \ell_p}{h}\right)^2}$$

$$n_{rp} = 5 \text{ (siehe oben)}$$

$$h_{p2} = 1,25 \text{ m}$$

$$s_{\text{res,sup}} = 3,0 \cdot \sqrt{\left(\frac{5,0 - 0,625}{2 \cdot 4,375}\right)^2 + \left(\frac{3}{5} \cdot \frac{2,5}{1,25} \cdot \frac{5,0 - 2,50}{4,375}\right)^2} = 2,54 \text{ kN/m}$$

Maßgebend wird der Schubfluss in der Auflagerrippe der gurtnahen Passplatte mit $s_{\text{res}} = 3,13 \text{ kN/m}$.

3.4.2 _ Schubspannungen in der Platte

Auf der sicheren Seite liegend wird die in den Platten maximale Schubspannung wie folgt abgeschätzt:

$$\max \tau_p = 1,5 \cdot \frac{V_A}{h \cdot t} = 1,5 \cdot \frac{q_d \ell}{2h \cdot t} = 1,5 \cdot \frac{3,0 \cdot 5000}{2 \cdot 5000 \cdot 27} = 0,08 \text{ N/mm}^2$$

3.4.3 _ Durchbiegungen

$$E_{\text{Deckenbalken}} = 11000 \text{ N/mm}^2, \quad G_{3S} = 600 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{\text{Deckenbalken}} = 100/240 \text{ mm}, \quad K_{\text{ser}} = 375 \text{ N/mm}$$

$$n_{rp} = 5 \text{ Verbindungsmittelreihen pro Platte}$$

$$n_p = 2 \text{ Platten in Längsrichtung der Tafel}$$

$$n_{hp} = 4 \text{ Platten über die Tafelhöhe}$$

$$\text{„mittlere“ Plattenlänge } \bar{\ell}_p = \ell / n_{rp} = 5,0 / 2 = 2,50 \text{ m}$$

$$\text{„mittlere“ Plattenhöhe } \bar{h}_p = h / n_{hp} = 4,375 / 4 = 1,09 \text{ m}$$

Durchbiegungsanteile mit $q_d = 3,0 \text{ kN/m}$ gerechnet (siehe obigen Hinweis):

$$v_G = 1,5 \cdot \frac{q_d \cdot \ell^2}{8Ght} = 1,5 \cdot \frac{3,0 \cdot 5000^2}{8 \cdot 600 \cdot 4375 \cdot 27} = 0,20 \text{ mm}$$

$$v_E = \frac{5}{192} \cdot \frac{q_d \cdot \ell^4}{EAh^2} = \frac{5}{192} \cdot \frac{3,0 \cdot 5000^4}{11000 \cdot (100 \cdot 240) \cdot 4375^2} = 0,01 \text{ mm}$$

$$v_{K,0} = \frac{\ell}{4h} \cdot \left[\frac{\ell}{h} + n_{tp} \right] \cdot \frac{a_1}{K_{ser}} \cdot q_d = \frac{5,0}{4 \cdot 4,375} \cdot \left[\frac{5,0}{4,375} + 2 \right] \cdot \frac{80}{375} \cdot 3,0 = 0,57 \text{ mm}$$

$$v_{K,90} = \left[\frac{3}{2} n_{hp} - 2 \right] \cdot \frac{\ell^2}{h^2} \cdot \frac{\bar{\ell}_p}{\bar{h}_p} \cdot \frac{a_1}{n_{rp} \cdot K_{ser}} \cdot q_d = \left[\frac{3}{2} \cdot 4 - 2 \right] \cdot \frac{5,0^2}{4,375^2} \cdot \frac{2,50}{1,09} \cdot \frac{80}{5 \cdot 375} \cdot 3,0 = 1,53 \text{ mm}$$

Aus dieser Zusammenstellung ist zu erkennen, dass die überwiegenden Durchbiegungsanteile aus der Nachgiebigkeit der Verbindungsmittel resultieren und dabei insbesondere infolge des Schubflusses s_{90} .

Die rechnerische Gesamtdurchbiegung (elastische Anfangsverformung) der Decke ergibt sich somit zu $v_{inst,ges} = 2,3 \text{ mm} \approx \frac{\ell}{2175}$

4_ Bemessungsvorschläge

4.1 _ Konstruktive Randbedingungen

In Bild 4.1 und Bild 4.2 sind verschiedene Deckentafeln des Typs 1 und 2 mit freien Plattenrändern dargestellt.

Folgende konstruktive Randbedingungen sind einzuhalten:

- Die Deckentafeln müssen umlaufende zug- und druckfeste Randrippen (Gurte) haben.
- An allen Auflagern müssen Auflagerrippen vorhanden sein, die über die gesamte Tafelhöhe durchgehen und die Auflagerlasten in die Kopfrippen der darunter stehenden Wandtafeln leiten.

Ein Versetzen der Platten ist nicht erforderlich. Dies ist in den in Bild 4.1 und Bild 4.2 dargestellten Beispielen bereits berücksichtigt.

Deckentafeln verhalten sich wie schubweiche Träger, sodass durchlaufende Deckentafeln in ausreichender Näherung wie Einfeldtafeln behandelt werden können.

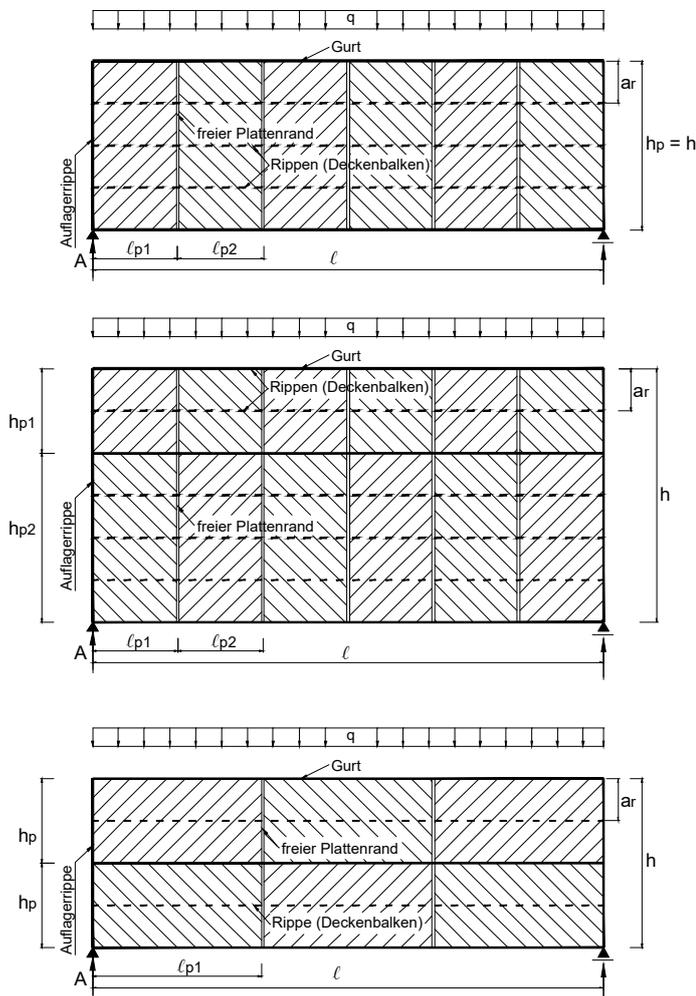


Bild 4.1

Beispiele von Deckentafeln des Typs 1 mit Belastung rechtwinklig zu den Deckenbalken

oben: quer zu den Deckenbalken verlegte Platten und 1 Plattenreihe

Mitte: quer verlegte Platten und 2 Plattenreihen unterschiedlicher Höhe

unten: längs verlegte Platten und 2 Plattenreihen

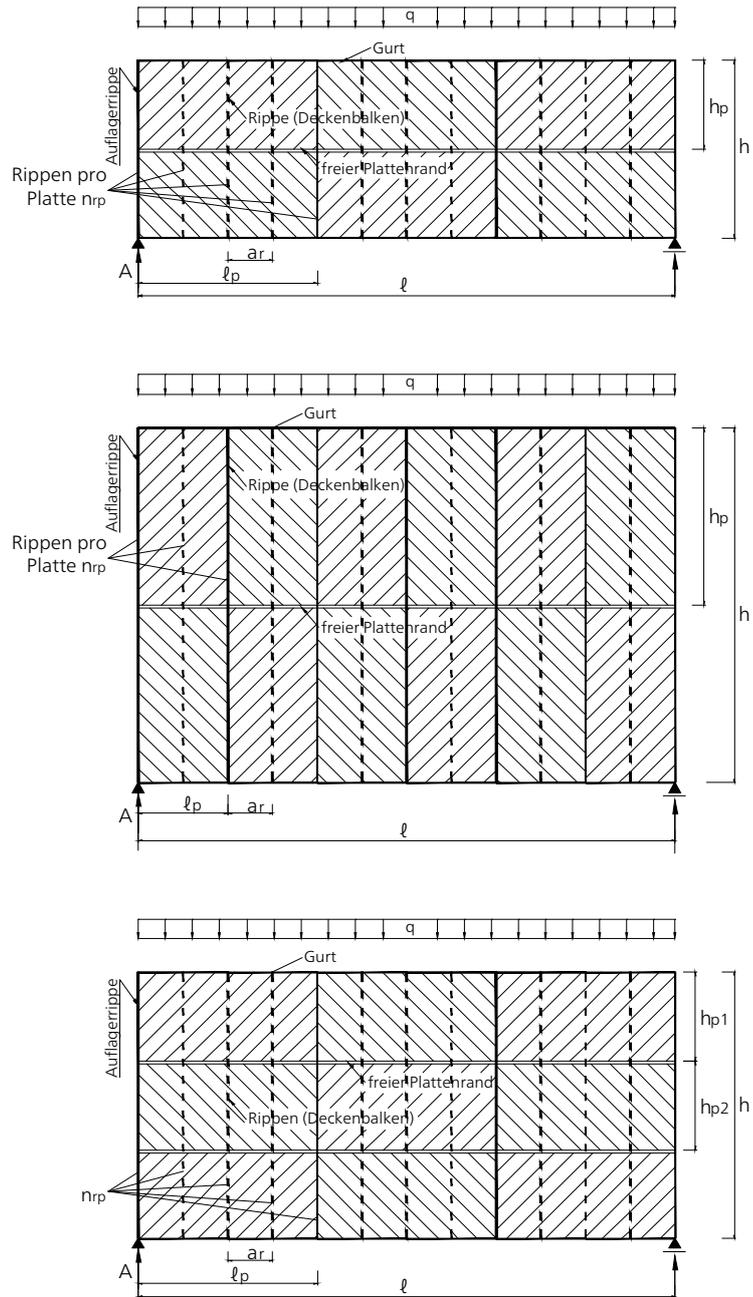
Bild 4.2

Beispiele von Deckentafeln des Typs 2 mit Belastung parallel zu den Deckenbalken:

oben: Verlegung der Platten quer zu den Deckenbalken

Mitte: Verlegung der Platten längs zu den Deckenbalken

unten: mehr als 2 Plattenreihen übereinander



4.2 _ Genauere Nachweise

In den Abschnitten 2 und 3 wurden Gleichungen zur Berechnung von folgenden Beanspruchungen hergeleitet:

- größter resultierender Schubfluss s_{res} im Verbund zwischen Rippen und Beplankung,
- größte Schubspannung τ in einer Platte,
- horizontale Durchbiegung v_{ges} der Deckentafel.

Nachfolgend werden die zugehörigen Nachweise erläutert.

4.2.1 _ Nachweis des Verbundes

Für den größten im Verbund auftretenden Schubfluss ist folgender Nachweis zu führen:

$$s_{res,d} \leq k_{pl} \cdot f_{s,d} \quad \text{Gl. (4-1)}$$

mit

$s_{res,d}$ = Bemessungswert des größten resultierenden Schubflusses (nach Abschnitt 2 bzw. 3)

k_{pl} = Faktor zur Berücksichtigung des Einflusses der Plastifizierung der Verbindungsmittel nach Kessel/Anheier 2017
= 1,3 für Tafeln mit freien Plattenrändern

$f_{s,d}$ = Bemessungswert der Schubflusst Tragfähigkeit (Verbundtragfähigkeit bzw. längenbezogene Tragfähigkeit der Verbindungsmittel)
= $\frac{F_{v,Rd}}{a_1}$

$F_{v,Rd}$ = Bemessungswert der Abschertragfähigkeit eines Verbindungsmittels

a_1 = Verbindungsmittelabstand in Längsrichtung der Rippen

In Tabelle 4-1 sind einige Werte für den Bemessungswert der Schubflusst Tragfähigkeit $f_{s,d}$ von Klammern zusammengestellt.

Der Nachweis der Schubflusst Tragfähigkeit wird in den meisten Fällen maßgebend für die Bemessung.

Tabelle 4-1 Bemessungswert der Schubflusstragfähigkeit $f_{s,d}$ für Klammern
(NKL 1, KLED = kurz/sehr kurz)

Plattenmaterial	Plattendicke t [mm]	Klammerdurchmesser d [mm]	Mindestlänge der Klammer ℓ_{min} [mm]	$f_{s,d}$ in [N/mm] bzw. [kN/m] bei einem Abstand von				
				a_1 in [mm]				
				40	60	80	100	120
OSB	18	1,5	40	10,42	6,95	5,21	4,17	3,47
		1,8	40	14,45	9,63	7,22	5,78	4,81
		2,0	40	17,45	11,63	8,72	6,98	5,81
	22	1,5	45	10,45	6,97	5,22	4,18	3,48
		1,8	45	14,50	9,66	7,25	5,80	4,83
		2,0	45	17,50	11,67	8,75	7,00	5,83
3-S	22	1,5	40	8,67	5,79	4,34	3,47	2,89
		1,8	40	12,17	8,11	6,08	4,87	4,05
		2,0	45	14,78	9,86	7,39	5,91	4,93
	27	1,5	45	8,67	5,79	4,34	3,47	2,89
		1,8	45	12,17	8,11	6,08	4,87	4,05
		2,0	50	14,78	9,86	7,39	5,91	4,93

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

Nachfolgend werden die wichtigsten Einflussfaktoren auf den Nachweis der Schubflusstragfähigkeit diskutiert.

Für Tafeltyp 1 (Belastung rechtwinklig zu den Deckenbalken):

- Die Plattenlänge ℓ_p (in Richtung der Deckenbalken) hat den größten Einfluss auf die Beanspruchung des Verbundes infolge s_{90} : je größer die Plattenlänge ℓ_p ist, umso größer ist der innere Hebelarm zur Aufnahme der am freien Plattenrand auftretenden Rippen-Querkräfte V_r . Hierbei zeigt sich ein nahezu lineares Verhalten, sodass bei halber Plattenlänge annähernd doppelt so hohe Beanspruchungen s_{res} auftreten.

Dies bedeutet, dass im Bereich von sog. Passplatten sehr hohe Beanspruchungen s_{90} auftreten. Damit erweist sich eine Verlegung der Platten parallel zu den Deckenbalken als durchaus vorteilhaft.

- Kleinere Abstände der Deckenbalken (Rippenabstand a_r) sind vorteilhaft, weil die an den freien Plattenändern auftretende Beanspruchung s_{90} von mehr Rippen bzw. Verbindungsmittelreihen aufgenommen werden kann.
- Die Art der Lasteinleitung (einseitig oder beidseitig) hat nur einen geringen Einfluss auf den resultierenden Schubfluss s_{res} . Eine Unterscheidung „lohnt“ sich daher kaum.

Für Tafeltyp 2 (Belastung parallel zu den Deckenbalken):

- Die Plattenhöhe h_p (in Richtung der Deckenbalken) hat – analog zur Plattenlänge l_p bei Tafeltyp 1 – den größten Einfluss auf die Beanspruchung des Verbundes infolge s_{90} : je größer die Plattenhöhe h_p ist, umso größer ist der innere Hebelarm zur Aufnahme der am freien Plattenrand auftretenden Rippen-Querkräfte V_r .
- Auch bei Tafeltyp 2 wirken sich kleinere Rippenabstände a_r günstig auf den resultierenden Schubfluss s_{res} aus.
- Die Art der Lasteinleitung (einseitig oder beidseitig) hat bei diesem Tafeltyp keinen Einfluss, da die äußere Last über die Deckenbalken eingeleitet wird.

4.2.2 _ Nachweis der Schubspannung

Für die größte in einer Platte auftretende Schubspannung τ_d kann auf der sicheren Seite liegend folgender Nachweis geführt werden:

$$\tau_d = 1,5 \cdot \frac{V_d}{t \cdot h} \leq f_{v,d} \quad \text{Gl. (4-2)}$$

mit

V_d = Bemessungswert der größten Tafel-Querkraft

t = Plattendicke

h = Tafelhöhe

$f_{v,d}$ = Bemessungswert der Schubtragfähigkeit für eine scheibenartige Beanspruchung

Da Deckentafeln i.d.R. große Höhen aufweisen, wird dieser Nachweis bei den üblicherweise verwendeten Plattenwerkstoffen, wie OSB-, Span- oder Dreischichtplatten, nicht maßgebend.

4.2.3 _ Nachweis der horizontalen Tafeldurchbiegung

Da die Durchbiegung einer Deckentafel Auswirkungen auf die Schiefstellung von darunter angeordneten Wänden und damit auch auf die zugehörigen Abtriebslasten hat, ist die Tafeldurchbiegung für die Bemessungslast der Tragfähigkeit q_{dr} , d.h. für die 1,5-fach erhöhte charakteristische Last, zu berechnen.

Folgender Nachweis ist einzuhalten:

$$v_{\text{ges}} \leq \frac{\ell}{500} \quad \text{Gl. (4-3)}$$

mit

v_{ges} = horizontale Tafeldurchbiegung nach Teil 1 und 2

ℓ = Stützweite der Deckentafel

Angesichts der meist großen Höhen von Deckentafeln wird dieser Nachweis nur in Ausnahmefällen maßgebend.

4.3 _ Vereinfachter Nachweis des Verbundes

In der Praxis wird für den Nachweis des Verbundes häufig der Schubfluss in der Auflagerrippe herangezogen ($s_{0,\text{sup}}$). Daher wurde der Ansatz untersucht, ob der resultierende Schubfluss s_{res} über einen Beiwert k_s abgeschätzt werden kann:

$$s_{\text{res}} = k_s \cdot s_{0,\text{sup}} \quad \text{Gl. (4-4)}$$

mit

k_s = Faktor zur Berücksichtigung des Einflusses der freien Plattenränder auf den resultierenden Schubfluss

$s_{0,\text{sup}}$ = Schubfluss in der Auflagerrippe

$$= \frac{V_d}{h}$$

V_d = Tafel-Querkraft

h = Höhe der Deckentafel

Für den Bericht PRB-4.14/15 (2016) der Initiative Praxisregeln Bau PRB wurden Parameterstudien durchgeführt, mit deren Hilfe geeignete Werte für k_s abgeleitet werden sollten. Hierbei wurden folgende Parameter variiert:

- Tafelhöhen h ,
- Tafelstützweiten ℓ ,
- Plattenlängen $\ell_{p'}$,
- Plattenhöhen $h_{p'}$,
- Rippenabstände a_r .

In Bild 4.3 und Bild 4.4 sind einige Ergebnisse beispielhaft dargestellt. Aus diesen Bildern sind die Einflüsse der Plattenabmessungen und der Rippenabstände deutlich zu erkennen. Die Werte für k_s schwanken beträchtlich, nähern sich aber mit zunehmendem l/h -Verhältnis einem zugehörigen Grenzwert an.

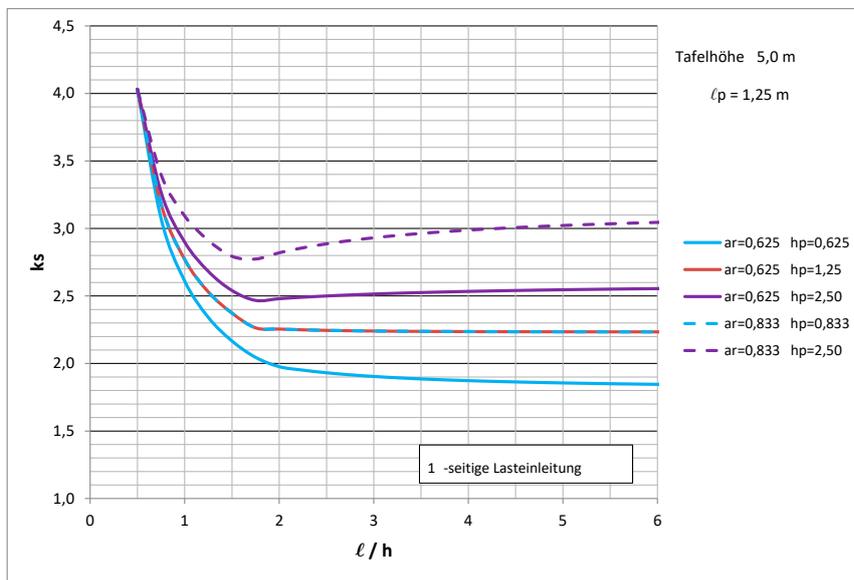


Bild 4.3
Verlauf des Beiwertes k_s
für Deckentafeln des Typs 1

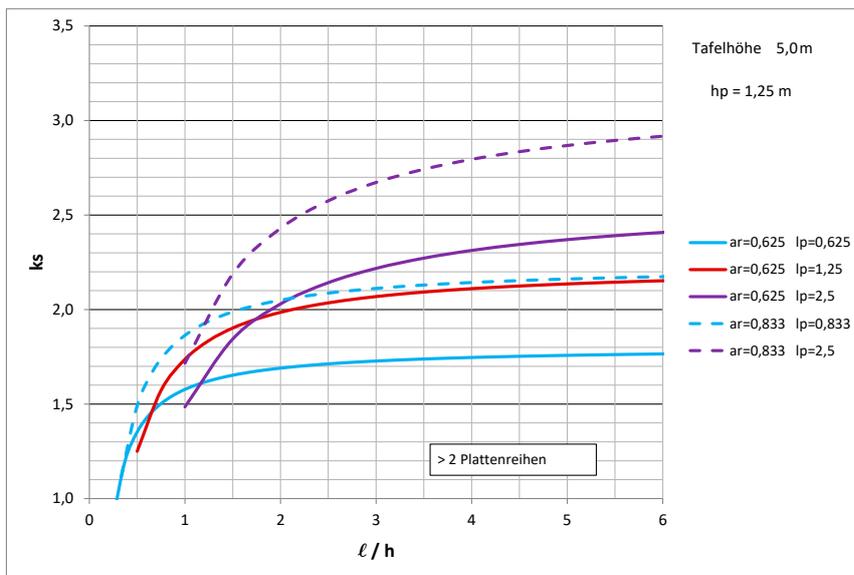


Bild 4.4
Verlauf des Beiwertes k_s
für Deckentafeln des Typs 2

Unter Auswertung aller durchgeführten Berechnungen werden die in Tabelle 4-2 angegebenen Werte vorgeschlagen. Diese Werte gelten für Platten mit $\ell_p \geq 1,25$ m (für Typ 1) und $h_p \geq 1,25$ m (für Typ 2).

Tabelle 4-2 Beiwerte k_s

Deckentafel	ℓ / h				
	0,5	1	2	3	≥ 4
Typ 1	4,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Typ 2	1,5	1,8	2,4	2,7	3,0

Zwischenwerte dürfen geradlinig interpoliert werden.

Hinweis:

Bei Verwendung von Passplatten mit geringeren Plattenlängen ℓ_{pp} (bei Tafeltyp 1) bzw. Plattenhöhen h_{pp} (bei Tafeltyp 2) sind die Beiwerte k_s mit $1,25/\ell_{pp}$ bzw. $1,25/h_{pp}$ zu multiplizieren. Mit dieser Erhöhung wird auf der sicheren Seite liegend die ungünstigste Lage der Passplatten berücksichtigt.

Damit kann für Deckentafeln folgender vereinfachter Nachweis für die Tragfähigkeit des Verbundes (Schubflusstragfähigkeit) zwischen Rippe und Platte geführt werden:

$$s_{res,d} = k_s \cdot \frac{V_d}{h} \leq k_{pl} \cdot f_{s,d} \quad \text{Gl. (4-5)}$$

mit

k_s = Faktor zur Berücksichtigung des Einflusses der freien Plattenränder auf den resultierenden Schubfluss nach Tabelle 4-2

V_d = Tafel-Querkraft

h = Höhe der Deckentafel

k_{pl} = Faktor zur Berücksichtigung des Einflusses der Plastifizierung der Verbindungsmittel
= 1,3 für Tafeln mit freien Plattenrändern

$f_{s,d}$ = Bemessungswert der Schubflusstragfähigkeit (z.B. nach Tabelle 4-1)

Parameterstudien zur Ableitung einer vereinfachten Berechnung der horizontalen Tafeldurchbiegungen wurden nicht durchgeführt.

4.4 _ Deckentafeln ohne rechnerischen Nachweis

4.4.1 _ Grundlagen der durchgeführten Berechnungen

In DIN 1052:1988 wurden in den Abschnitten 10.3.1 und 10.3.3 Deckentafeln geregelt, bei denen unter Einhaltung bestimmter konstruktiver Randbedingungen kein rechnerischer Nachweis erforderlich war.

Ziel des Projektes PRB-4.14/15 war es, mit Hilfe der erweiterten Schubfeldtheorie konstruktive Randbedingungen abzuleiten, unter deren Einhaltung sowohl die Nachweise der Tragfähigkeit (Schubfluss im Verbund, Schubspannung in der Platte) als auch der Nachweis der horizontalen Tafeldurchbiegung erfüllt sind.

Insgesamt wurden 8.640 verschiedene Deckentafeln durchgerechnet, wobei folgende Parameter variiert bzw. festgelegt wurden:

- OSB-Platten $t \geq 18$ mm,
Dreischichtplatten (3S) $t \geq 22$ mm,
- Verwendung von Klammern mit $d = 1,5 / 1,8 / 2,0$ mm,
- Klammerabstand $a_1 = 40/60/80/100$ mm,
- Tafelhöhen $h = 2,5 / 3,75 / 5,0 / 7,5$ m,
- Plattenlängen $\ell_p = 0,625 / 1,25 / 2,5$ m bei Tafeltyp 1,
Plattenhöhen $h_p = 0,625 / 1,25 / 2,5$ m bei Tafeltyp 2,
- Rippenabstand a_r / Plattenhöhe h_p bei Tafeltyp 1:
0,625/0,625 - 0,625/1,25 - 0,625/2,5 - 0,833/0,833 - 0,833/2,5,
Rippenabstand a_r / Plattenlänge ℓ_p bei Tafeltyp 2:
0,625/0,625 - 0,625/1,25 - 0,625/2,5 - 0,833/0,833 - 0,833/2,5,
- Abstand der Deckenbalken $a_r = 0,625 / 0,833$ m,
- Horizontale Einwirkung $q_d = 3,0 / 4,0 / 5,0$ kN/m.
Diese Einwirkungen entsprechen den Windlasten der Windlastzonen 1 / 2 / 3 (jeweils Binnenland) für Gebäude mit $H \leq 10$ m und einer Geschosshöhe von 3,0 m.

Die Tafeldurchbiegungen unter den Bemessungslasten q_d (nicht q_k !) wurde auf $\ell/500$ begrenzt.

Mit Hilfe der Berechnungen wurde für jede berechnete Tafel die jeweils maximal mögliche Stützweite ermittelt.

4.4.2 _ Ergebnisse für Deckentyp 1 (Belastung rechtwinklig zu den Deckenbalken)

In Bild 4.5 sind beispielhaft die für Deckentyp 1 unter Verwendung von OSB-Platten und Klammern $d = 1,8$ mm maximal möglichen Stützweiten dargestellt. Diese gelten für einseitige Lasteinleitung ohne Verwendung von Blockhölzern zur Einleitung der Windlast.

Die eingezeichneten Linien (Verwendung von Platten mit einer Länge von $\ell_p = 1,25$ m) bilden die Grundlage für die in Tabelle 4-3 angegebenen zulässigen Stützweiten ohne rechnerischen Nachweis.

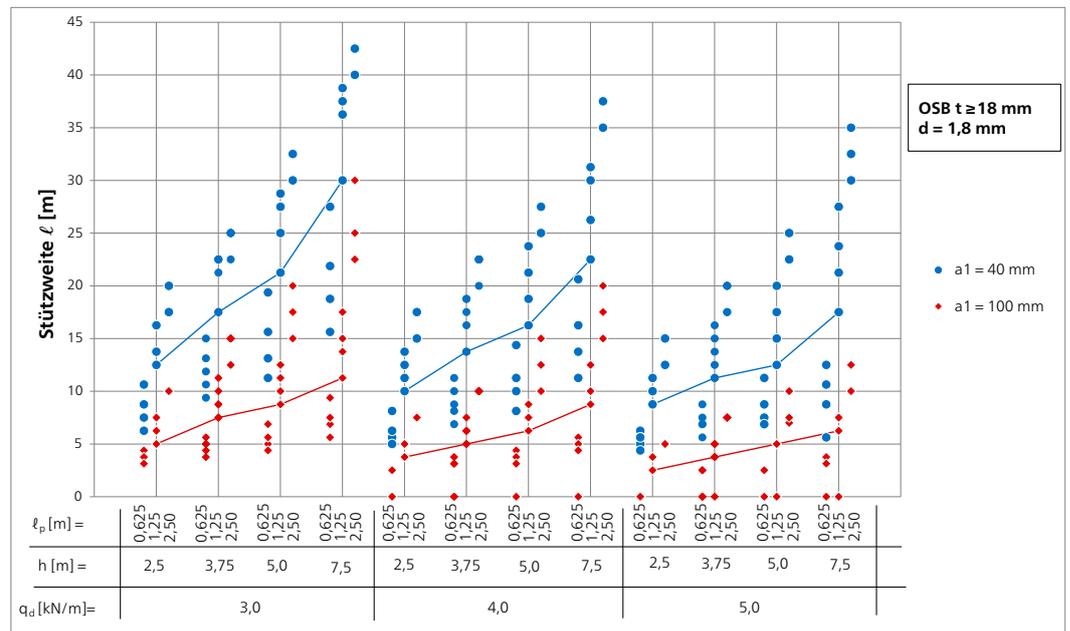


Bild 4.5
Maximal mögliche Stützweiten für Deckentyp 1 (OSB-Platten, Klammer $d = 1,8$ mm)

Nach diesem Bild sind Stützweiten von 0 bis 45 m möglich, wobei folgende Tendenzen erkennbar sind:

- Die möglichen Stützweiten nehmen mit zunehmender Tafelhöhe erwartungsgemäß zu.
- Große Klammerabstände (in den Diagrammen: $a_1 = 100$ mm) führen zu geringeren zulässigen Stützweiten. Bei gleichzeitig geringen Tafelhöhen kann es sogar passieren, dass gar keine ausführbaren Deckentafeln mehr möglich sind (insbesondere bei kleinen Klammerdurchmessern und kleinen Plattenlängen ℓ_p). In diesen Fällen sind häufig die auftretenden horizontalen Tafeldurchbiegungen zu groß.
- Die erreichbaren Stützweiten hängen sehr stark von der Länge ℓ_p der verwendeten Platten ab: Im Vergleich zu Plattenlängen von $\ell_p = 1,25$ m sind bei Verwendung von Platten mit $\ell_p = 0,625$ m nur halb so große Stützweiten möglich, bei Verwendung von Platten mit $\ell_p = 2,5$ m sind etwa 40% größere Stützweiten möglich.
- Geringe Plattenhöhen h_p führen zu größeren zulässigen Stützweiten. Dies kann damit erklärt werden, dass wegen der größeren Anzahl der unterstützten Plattenstöße mehr Verbindungsmittelreihen zur Aufnahme der Rippen-Querkräfte vorhanden sind.
- Diese beiden letztgenannten Tendenzen führen zu der Erkenntnis, dass mit Platten, die längs zu den Deckenbalken verlegt werden, größere Stützweiten erreicht werden können, als mit Platten, die quer zu den Deckenbalken verlegt werden.

Bei den Berechnungen zeigte sich, dass der Nachweis der horizontalen Tafeldurchbiegung nur in wenigen Fällen maßgebend wird.

Diese Aussagen gelten auch für Deckentafeln, die aus Dreischichtplatten hergestellt werden.

4.4.3 _ Ergebnisse für Deckentyp 2 (Belastung parallel zu den Deckenbalken)

In Bild 4.6 sind beispielhaft die für Deckentyp 2 unter Verwendung von Dreischicht (3S)-Platten und Klammern $d = 2,0$ mm maximal möglichen Stützweiten dargestellt.

Die eingezeichneten Linien (Verwendung von Platten mit einer Höhe von $h_p = 1,25$ m) bilden erneut die Grundlage für die in Tabelle 4-5 angegebenen zulässigen Stützweiten ohne rechnerischen Nachweis.

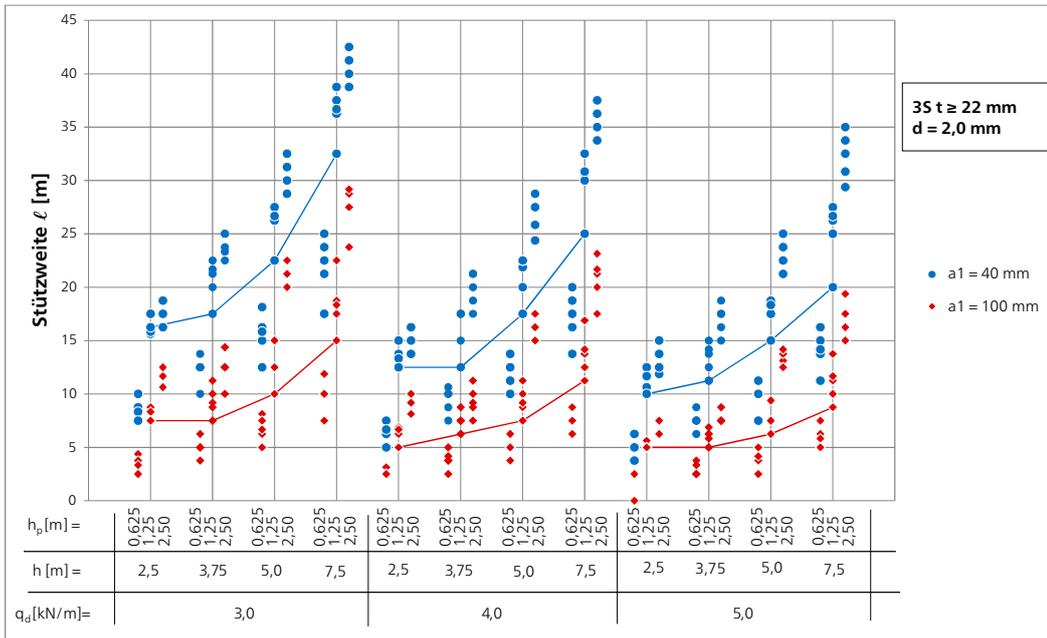


Bild 4.6

Maximal mögliche Stützweiten für Deckentyp 2 (3S-Platten, Klammer $d = 2,0$ mm)

Die durchgeführten Berechnungen zeigen prinzipiell die gleichen Tendenzen wie bei den Deckentafeln des Typs 1. Es gibt jedoch folgende Besonderheiten/Unterschiede:

- Deckentafeln des Typs 2 ermöglichen tendenziell etwas größere Stützweiten als Tafeln des Typs 1 mit einseitiger Einleitung der Windlast in die äußere Gurtrippe.
- Im Gegensatz zu Typ 1 wirken sich große Plattenlängen ungünstig aus. So liefert die Variante mit quer zu den Deckenbalken verlegten Platten ($l_p = 2,5$ m) in den meisten Fällen die geringste zulässige Stützweite.

Dies kann damit erklärt werden, dass bei großen Plattenlängen eine große Gurt-Differenzkraft einzuleiten ist, die ihrerseits zu größeren Rippen-Querkräften und damit auch zu größeren Beanspruchungen s_{90} führt.

- Kleine Plattenhöhen wirken sich ungünstig aus. Dies kann damit erklärt werden, dass bei kleinen Plattenhöhen auch ein kleiner innerer Hebelarm zur Aufnahme von s_{90} zur Verfügung steht.
Im Vergleich zu Plattenhöhen von $h_p = 1,25$ m sind bei Verwendung von Platten mit $h_p = 0,625$ m nur halb so große Stützweiten möglich, bei Verwendung von Platten mit $h_p = 2,5$ m sind nahezu doppelte Stützweiten möglich.
- Ähnlich wie bei Deckentafeln des Typs 1 ergibt sich daraus auch für Tafeln des Typs 2 die Erkenntnis, dass mit Platten, die längs zu den Deckenbalken verlegt werden, größere Stützweiten erreicht werden können, als mit Platten, die quer zu den Deckenbalken verlegt werden.

4.4.4 _ Bemessungstabellen

Zur Ableitung von einfachen Bemessungstabellen wurden folgende Randbedingungen festgelegt:

- Es werden keine kleinformatischen Platten verwendet (z.B. $\ell_p / h_p = 0,625/0,625$ m oder $0,625/0,833$ m),
- Es werden nur Platten mit Plattenabmessungen ℓ_p bzw. $h_p \geq 1,25$ m verwendet,
- Von allen berechneten Varianten wird auf der sicheren Seite liegend die kleinste erreichbare Stützweite für eine Plattenlänge von ℓ_p bzw. $h_p = 1,25$ m herangezogen (siehe z.B. eingezeichnete Linien in Bild 4.5 und Bild 4.6).

Bei den durchgeführten Parameterstudien zeigte sich, dass in den meisten Fällen der Nachweis des Verbundes (Schubflüsse) maßgebend wird, und dass nur in Ausnahmefällen der Nachweis der Durchbiegung die Stützweiten beschränkt.

Unter Anwendung der oben genannten Randbedingungen ergeben sich für Deckentafeln des Typs 1 die in Tabelle 4-3 zusammengestellten maximalen Stützweiten. Werden bei diesem Deckentyp Blockhölzer zur Einleitung der äußeren Last angeordnet, so ergeben sich etwas größere Stützweiten, die in Tabelle 4-4 zusammengestellt sind.

Für Deckentafeln des Typs 2 ergeben sich die in Tabelle 4-5 zusammengestellten maximalen Stützweiten.

Hinweis:

Bei Verwendung von Passplatten mit geringeren Plattenlängen ℓ_{pp} (bei Deckentyp 1) bzw. Plattenhöhen h_{pp} (bei Deckentyp 2) sind die Tabellenwerte mit $\ell_{pp}/1,25$ bzw. $h_{pp}/1,25$ zu multiplizieren.

Mit dieser Abminderung wird auf der sicheren Seite liegend die ungünstigste Lage der Passplatten berücksichtigt.

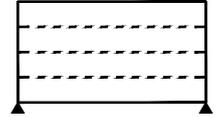
Werden die in diesen Tabellen angegebenen Stützweiten eingehalten, so kann auf einen rechnerischen Nachweis der Deckentafeln verzichtet werden.

Tafeln mit **fett markierten Stützweiten** können übliche Räume mit Stützweiten $l \leq 5,0$ m auch unter Verwendung von Passplatten mit l_{pp} bzw. $h_{pp} \geq 0,625$ m ohne rechnerischen Nachweis aussteifen.

Angesichts der Tatsache, dass die angegebenen Tabellenwerte den kleinsten Stützweiten aller jeweils untersuchten Konstellationen entsprechen, liegen diese z.T. **sehr auf der sicheren Seite**. Insbesondere bei Verwendung von Passplatten kann dies dazu führen, dass Deckentafeln nach diesen Tabellen nicht mehr zulässig sind, obwohl dies nach genauerem Nachweis möglich wäre.

Aus diesen Tabellen sind weiterhin folgende Tendenzen erkennbar:

- Mit OSB-Platten sind wegen der höheren Verbindungsmitteltragfähigkeiten größere Stützweiten möglich als mit Dreischichtplatten.
- Der Einfluss von Passplatten wird sehr deutlich. So sind z.B. bei $q = 5,0$ kN/m Stützweiten von $l \geq 5,0$ m nur noch mit sehr engen Verbindungsmittelabständen möglich (fett/nicht fett geschriebene Werte).
- Deckentafeln des Typs 2 ermöglichen größere Stützweiten als Tafeln des Typs 1. Dies liegt an der angesetzten einseitigen Einleitung der Windlast und der daraus resultierenden s_{90} -Beanspruchung in der äußeren Gurtrippe.


Tabelle 4-3 maximale Stützweiten ℓ für Deckentafeln **Typ 1** ($\ell_p = 1,25$ m) ohne rechnerischen Nachweis

horizontale Einwirkung q_d [kN/m]	Tafelhöhe h [m]	Klammer- durch- messer d [mm]	Maximale Stützweite max ℓ [m] für einen Klammerabstand a_1 [mm] von							
			40		60		80		100	
			OSB	3S	OSB	3S	OSB	3S	OSB	3S
3,0	2,5	1,5	10,0	8,75	6,25	5,0	5,0	3,75	3,75	3,75
		1,8	12,5	11,25	8,75	7,5	7,5	6,25	5,0	5,0
		2,0	15,0	12,5	10,0	8,75	8,75	7,5	6,25	6,25
	3,75	1,5	13,75	11,25	8,75	7,5	6,25	5,0	5,0	3,25
		1,8	17,5	15,0	12,5	10,0	10,0	7,5	7,5	6,25
		2,0	21,25	18,75	15,0	12,5	11,25	10,0	8,75	7,5
	5,0	1,5	15,0	12,5	10,0	8,75	7,5	6,25	6,25	5,0
		1,8	21,25	17,5	13,75	12,5	11,25	8,75	8,75	7,5
		2,0	25,0	21,25	17,5	15,0	12,5	11,25	10,0	8,75
	7,5	1,5	21,25	17,5	13,75	11,25	10,0	8,75	7,5	6,25
		1,8	30,0	25,0	20,0	16,25	15,0	12,5	11,25	10,0
		2,0	36,25	31,25	23,75	20,0	17,5	15,0	13,75	11,25
4,0	2,5	1,5	7,5	6,25	5,0	3,75	3,75	2,5	2,5	2,5
		1,8	10,0	8,75	7,5	6,25	5,0	3,75	3,75	3,75
		2,0	11,25	10,0	8,75	7,5	6,25	5,0	5,0	3,75
	3,75	1,5	10,0	8,75	6,25	5,0	5,0	3,75	3,75	2,5
		1,8	13,75	11,25	10,0	7,5	7,5	6,25	5,0	3,75
		2,0	16,25	13,75	11,25	10,0	8,75	7,5	7,5	5,0
	5,0	1,5	11,25	10,0	7,5	6,25	5,0	3,75	3,75	2,5
		1,8	16,25	13,75	11,25	8,75	8,75	6,25	6,25	5,0
		2,0	18,75	16,25	12,5	11,25	10,0	8,75	7,5	6,25
	7,5	1,5	16,25	12,5	10,0	8,75	7,5	5,0	5,0	3,75
		1,8	22,5	18,75	15,0	12,5	10,0	8,75	8,75	6,25
		2,0	27,5	22,5	17,5	15,0	12,5	11,25	10,0	8,75
5,0	2,5	1,5	6,25	5,0	3,75	3,75	2,5	2,5	2,5	-
		1,8	8,75	7,5	5,0	5,0	3,75	3,75	2,5	2,5
		2,0	10,0	8,75	6,25	6,25	5,0	3,75	3,75	3,75
	3,75	1,5	8,75	6,25	5,0	3,75	3,75	2,5	2,5	0
		1,8	11,25	10,0	7,5	6,25	5,0	3,75	3,75	2,5
		2,0	13,75	11,25	8,75	7,5	7,5	5,0	5,0	3,75
	5,0	1,5	10,0	7,5	6,25	5,0	3,75	2,5	2,5	-
		1,8	12,5	11,25	8,75	7,5	6,25	5,0	5,0	3,75
		2,0	15,0	13,75	10,0	8,75	7,5	6,25	6,25	5,0
	7,5	1,5	12,5	10,0	7,5	6,25	5,0	3,75	2,5	-
		1,8	17,5	15,0	11,25	10,0	8,75	6,25	6,25	3,75
		2,0	21,25	17,5	13,75	11,25	10,0	8,75	7,5	6,25

Zwischenwerte in den Tafelhöhen dürfen linear interpoliert werden.

Bei Verwendung von anderen Verbindungsmitteln können die Tabellenwerte im Verhältnis der Abschertragfähigkeiten modifiziert werden.

Plattenmaterial: OSB-Platten $t \geq 18$ mm Dreischicht (3S)-Platten $t \geq 22$ mm

Bei Verwendung von Passplatten mit $\ell_{pp} < 1,25$ m sind die Tabellenwerte mit dem Faktor $\ell_{pp}/1,25$ abzumindern (ℓ_{pp} = Länge der Passplatte in m).

Bei Tafeln mit fett markierten Werten sind auch unter Verwendung von Passplatten mit $\ell_{pp} \geq 0,625$ m Stützweiten bis zu $\ell = 5,0$ m möglich.

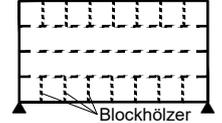


Tabelle 4-4 maximale Stützweiten ℓ für Deckentafeln **Typ 1** ($\ell_p = 1,25$ m) ohne rechnerischen Nachweis bei Verwendung von **Blockhölzern** zur Einleitung der Windlast

horizontale Einwirkung q_d [kN/m]	Tafelhöhe h [m]	Klammer- durch- messer d [mm]	Maximale Stützweite max ℓ [m] für einen Klammerabstand a_1 [mm] von							
			40		60		80		100	
			OSB	3S	OSB	3S	OSB	3S	OSB	3S
3,0	2,5	1,5	11,25	10,0	8,75	7,5	7,5	6,25	6,25	5,0
		1,8	13,75	12,5	10,0	8,75	8,75	7,5	7,5	6,25
		2,0	16,25	13,75	11,25	10,0	10,0	8,75	8,75	7,5
	3,75	1,5	15,0	13,75	11,25	10,0	10,0	8,75	8,75	7,5
		1,8	20,0	17,5	15,0	12,5	11,25	10,0	10,0	8,75
		2,0	23,75	21,25	17,5	15,0	13,75	12,5	11,25	10,0
	5,0	1,5	18,75	16,25	13,75	11,25	11,25	10,0	10,0	8,75
		1,8	23,75	21,25	17,5	15,0	13,75	12,5	11,25	10,0
		2,0	28,75	25,0	20,0	17,5	16,25	13,75	13,75	12,5
	7,5	1,5	26,25	22,5	18,75	16,25	15,0	12,5	12,5	11,25
		1,8	35,0	30,0	23,75	21,25	18,75	16,25	16,25	13,75
		2,0	38,75	35,0	28,75	25,0	22,5	20,0	18,75	16,25
4,0	2,5	1,5	8,75	8,75	7,5	6,25	5,0	5,0	5,0	3,75
		1,8	11,25	10,0	8,75	7,5	7,5	6,25	6,25	5,0
		2,0	12,5	11,25	10,0	8,75	8,75	7,5	7,5	6,25
	3,75	1,5	12,5	11,25	10,0	8,75	7,5	6,25	6,25	6,25
		1,8	16,25	13,75	11,25	10,0	10,0	8,75	8,75	7,5
		2,0	18,75	16,25	13,75	12,5	11,25	10,0	10,0	8,75
	5,0	1,5	15,0	12,5	11,25	10,0	8,75	8,75	7,5	7,5
		1,8	18,75	16,25	13,75	12,5	11,25	10,0	10,0	8,75
		2,0	22,5	20,0	16,25	13,75	12,5	11,25	11,25	10,0
	7,5	1,5	20,0	17,5	15,0	12,5	12,5	10,0	10,0	8,75
		1,8	27,5	23,75	18,75	16,25	15,0	13,75	12,5	11,25
		2,0	31,25	27,5	22,5	20,0	17,5	15,0	15,0	12,5
5,0	2,5	1,5	7,5	7,5	6,25	5,0	5,0	3,75	3,75	3,75
		1,8	10,0	8,75	7,5	6,25	6,25	5,0	5,0	5,0
		2,0	11,25	10,0	8,75	7,5	7,5	6,25	6,25	5,0
	3,75	1,5	11,25	10,0	8,75	7,5	6,25	6,25	6,25	5,0
		1,8	13,75	12,5	10,0	8,75	8,75	7,5	7,5	6,25
		2,0	16,25	13,75	11,25	10,0	10,0	8,75	8,75	7,5
	5,0	1,5	12,5	11,25	10,0	8,75	7,5	7,5	6,25	6,25
		1,8	16,25	13,75	11,25	10,0	10,0	8,75	8,75	7,5
		2,0	18,75	16,25	13,75	12,5	11,25	10,0	10,0	8,75
	7,5	1,5	17,5	15,0	12,5	11,25	10,0	8,75	8,75	7,5
		1,8	22,5	18,75	16,25	13,75	12,5	11,25	11,25	10,0
		2,0	26,25	22,5	18,75	16,25	15,0	12,5	12,5	11,25

Konstruktive Randbedingungen für Blockhölzer:

- Der Abstand der Blockhölzer sollte nicht größer sein als der Abstand a_1 der Deckenbalken.
- Die Verbindung mit der Beplankung sollte wie für die übrige Tafel erfolgen (Durchmesser und Abstand der Verbindungsmittel).

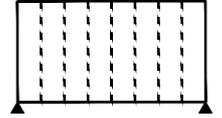
Zwischenwerte in den Tafelhöhen dürfen linear interpoliert werden.

Bei Verwendung von anderen Verbindungsmitteln können die Tabellenwerte im Verhältnis der Abschertragfähigkeiten modifiziert werden.

Plattenmaterial: OSB-Platten $t \geq 18$ mm Dreischicht (3S)-Platten $t \geq 22$ mm

Bei Verwendung von Passplatten mit $\ell_{pp} < 1,25$ m sind die Tabellenwerte mit dem Faktor $\ell_{pp}/1,25$ abzumindern (ℓ_{pp} = Höhe der Passplatte in m).

Bei Tafeln mit fett markierten Werten sind auch unter Verwendung von Passplatten mit $\ell_{pp} \geq 0,625$ m Stützweiten bis zu $\ell = 5,0$ m möglich.


Tabelle 4-5 maximale Stützweiten ℓ für Deckentafeln **Typ 2** ($h_p = 1,25$ m) ohne rechnerischen Nachweis

horizontale Einwirkung q_d [kN/m]	Tafelhöhe h [m]	Klammer- durch- messer d [mm]	Maximale Stützweite max ℓ [m] für einen Klammerabstand a_1 [mm] von							
			40		60		80		100	
			OSB	3S	OSB	3S	OSB	3S	OSB	3S
3,0	2,5	1,5	12,5	10,0	7,5	7,5	6,25	5,0	5,0	5,0
		1,8	15,0	13,75	11,25	10,0	8,75	7,5	7,5	6,25
		2,0	18,75	16,25	12,5	11,25	10,0	8,75	7,5	7,5
	3,75	1,5	12,5	10,0	8,75	7,5	7,5	6,25	6,25	5,0
		1,8	17,5	15,0	12,5	10,0	10,0	7,5	7,5	7,5
		2,0	20,0	17,5	13,75	12,5	10,0	10,0	8,75	7,5
	5,0	1,5	16,25	13,75	11,25	10,0	8,75	7,5	7,5	6,25
		1,8	22,5	18,75	15,0	12,5	12,5	10,0	10,0	8,75
		2,0	26,25	22,5	17,5	15,0	13,75	12,5	11,25	10,0
	7,5	1,5	23,75	20,0	16,25	13,75	12,5	10,0	10,0	8,75
		1,8	32,5	27,5	22,5	18,75	17,5	15,0	13,75	12,5
		2,0	40,0	32,5	26,25	22,5	20,0	17,5	16,25	15,0
4,0	2,5	1,5	10,0	7,5	6,25	5,0	5,0	5,0	5,0	3,75
		1,8	12,5	10,0	8,75	7,5	7,5	6,25	5,0	5,0
		2,0	15,0	12,5	10,0	8,75	7,5	7,5	6,25	5,0
	3,75	1,5	10,0	8,75	7,5	6,25	5,0	5,0	5,0	5,0
		1,8	12,5	11,25	10,0	7,5	7,5	6,25	6,25	5,0
		2,0	15,0	12,5	10,0	10,0	8,75	7,5	7,5	6,25
	5,0	1,5	12,5	10,0	8,75	7,5	7,5	6,25	6,25	5,0
		1,8	17,5	15,0	12,5	10,0	10,0	7,5	7,5	7,5
		2,0	20,0	17,5	13,75	12,5	10,0	10,0	8,75	7,5
	7,5	1,5	17,5	15,0	12,5	10,0	10,0	8,75	7,5	7,5
		1,8	25,0	21,25	17,5	15,0	12,5	11,25	10,0	10,0
		2,0	30,0	25,0	20,0	17,5	15,0	12,5	12,5	11,25
5,0	2,5	1,5	7,5	6,25	5,0	5,0	5,0	3,75	3,75	3,75
		1,8	10,0	8,75	7,5	6,25	5,0	5,0	5,0	5,0
		2,0	12,5	10,0	7,5	7,5	6,25	5,0	5,0	5,0
	3,75	1,5	7,5	7,5	6,25	5,0	5,0	5,0	3,75	3,75
		1,8	10,0	10,0	7,5	7,5	6,25	5,0	5,0	5,0
		2,0	12,5	11,25	8,75	7,5	7,5	6,25	6,25	5,0
	5,0	1,5	10,0	8,75	7,5	6,25	6,25	5,0	5,0	5,0
		1,8	13,75	12,5	10,0	8,75	7,5	7,5	6,25	5,0
		2,0	16,25	15,0	11,25	10,0	8,75	7,5	7,5	6,25
	7,5	1,5	15,0	12,5	10,0	8,75	7,5	7,5	7,5	6,25
		1,8	20,0	17,5	13,75	12,5	10,0	10,0	8,75	7,5
		2,0	23,75	20,0	16,25	15,0	12,5	11,25	10,0	8,75

Zwischenwerte in den Tafelhöhen dürfen linear interpoliert werden.

Bei Verwendung von anderen Verbindungsmitteln können die Tabellenwerte im Verhältnis der Abschertragfähigkeiten modifiziert werden.

Plattenmaterial: OSB-Platten $t \geq 18$ mm Dreischicht (3S)-Platten $t \geq 22$ mm

Bei Verwendung von Passplatten mit $h_{pp} < 1,25$ m sind die Tabellenwerte mit dem Faktor $h_{pp}/1,25$ abzumindern (h_{pp} = Höhe der Passplatte in m).

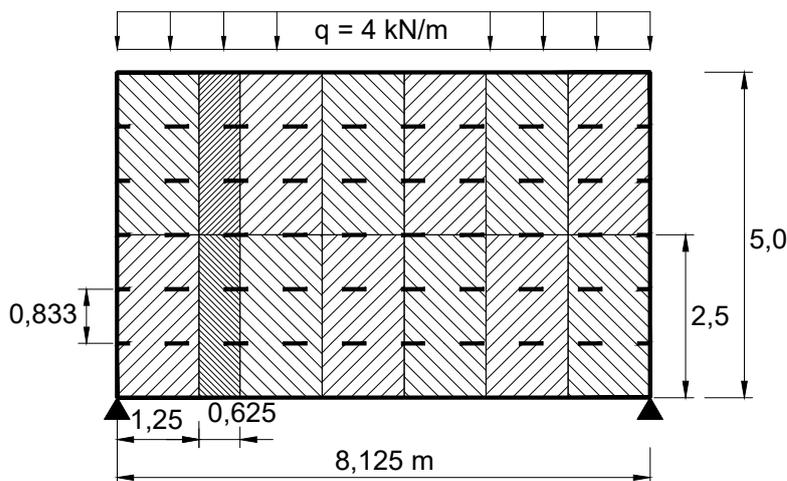
Bei Tafeln mit fett markierten Werten sind auch unter Verwendung von Passplatten mit $h_{pp} \geq 0,625$ m Stützweiten bis zu $\ell = 5,0$ m möglich.

4.5 _ Beispiele

Nachfolgend werden die Beispiele aus den Abschnitten 2.4 und 3.4 mit den hier vorgestellten Bemessungsvorschlägen nachgewiesen.

Bei diesen Beispielen werden bewusst Passplatten verwendet, um deren nachteiligen Auswirkungen aufzuzeigen. Sie sollen weiterhin zeigen, dass die vereinfachten Verfahren z.T. sehr auf der sicheren Seite liegen.

Beispiel 1: Deckentafel Typ 1 mit $l/h = 8,125/5,0$ m. OSB-Platten, $t = 18$ mm.
Verlegung der Platten $l_p/h_p = 1,25/2,5$ m quer zu den Deckenbalken.
Anordnung von Passplatten $l_{pp}/h_{pp} = 0,625/2,5$ m im Abstand von $1,25$ m vom linken Auflager entfernt.
Verbindung mit Klammern $d = 1,8$ mm im Abstand $a_1 = 40$ mm.
Belastung $q_d = 4,0$ kN/m ($= 1,5 \cdot q_k$).



– Genauere Nachweise:

Verbund/Schubflusstragfähigkeit: $\max s_{res,d} = 15,63$ kN/m im Bereich der Passplatte (siehe Abschn. 2.4)
 $f_{s,d} = 14,45$ kN/m (z.B. nach Tabelle 4-1)
 $k_{pl} = 1,3$
Nachweis nach Gl. (4-1):
 $15,63 \leq 1,3 \cdot 14,45 = 18,78$ kN/m ✓ ($\eta = 0,83 < 1$)

Schubspannung in der Beplankung: $\max \tau_d = 0,27$ N/mm² (siehe Abschn. 2.4)
 $f_{v,d} = 5,23$ N/mm² (z.B. aus Literatur)
Nachweis nach Gl. (4-2):
 $0,27 \leq 5,23$ N/mm² ✓

Durchbiegung der Tafel:

$$\max v_{\text{inst}} = 5,6 \text{ mm (siehe Abschn. 2.4)}$$

$$\text{zul } v = \frac{\ell}{500} = \frac{8125}{500} = 16,3 \text{ mm}$$

Nachweis nach Gl. (4-3):

$$5,6 \leq 16,3 \text{ mm } \checkmark$$

- Vereinfachter Nachweis des Verbundes (Schubflusstragfähigkeit) nach Gl. (4-5):
 $\ell/h = 8,125/5 = 1,625 \rightarrow k_s = 3,0$ (siehe Tabelle 4-2)

$$\text{Verwendung von Passplatten: } k_s = 3,0 \cdot \frac{1,25}{0,625} = 6,0$$

$$s_{\text{res,d}} = k_s \cdot \frac{V_d}{h} = 6,0 \cdot \frac{16,25}{5,0} = 19,5 \text{ kN/m}$$

$$k_{\text{pl}} \cdot f_{s,d} = 18,78 \text{ kN/m (siehe oben)}$$

$$\text{Nachweis: } 19,50 > 18,78 \text{ kN/m } \checkmark (\eta = 1,038 \approx 1)$$

- Nachweis nach diesem vereinfachten Verfahren knapp nicht eingehalten.
 Angesichts der geringen Überschreitung von knapp 4% wäre dies aber noch akzeptabel.

- Nachweis nach Bemessungstabellen (ohne rechnerischen Nachweis):
 Zulässige Stützweite nach Tabelle 4-3:

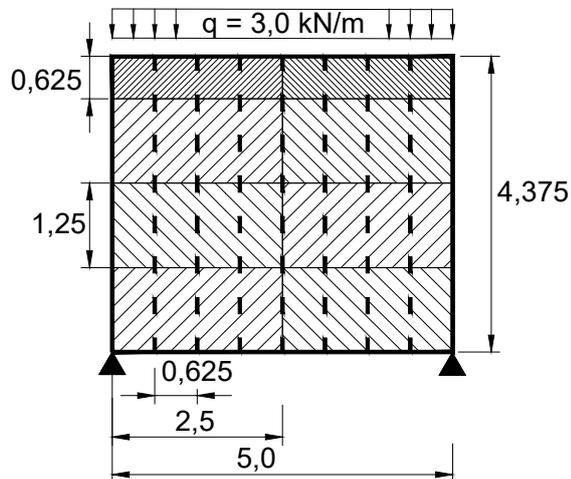
$$\left. \begin{array}{l} q_d = 4,0 \text{ kN/m} \\ h = 5,0 \text{ m} \\ d = 1,8 \text{ mm} \\ \text{OSB, a}_1 = 40 \text{ mm} \end{array} \right\} \max \ell = 16,25 \text{ m}$$

Wegen Verwendung von Passplatten:

$$\max \ell = 16,25 \cdot \frac{0,625}{1,25} = 8,125 \text{ m} = \text{vorh } \ell$$

Damit wäre diese Tafel gerade noch ohne rechnerischen Nachweis ausführbar.

- Beispiel 2:** Deckentafel Typ 2 mit $\ell/h = 5,0/4,375$ m. Dreischicht-Platten, $t = 27$ mm.
 Verlegung der Platten $\ell_p/h_p = 2,5/1,25$ m quer zu den Deckenbalken.
 Abstand der Deckenbalken $a_r = 0,625$ m.
 Anordnung von Passplatten $\ell_{pp}/h_{pp} = 2,5/0,625$ m an der oberen Gurtrippe.
 Verbindung mit Klammern $d = 2,0$ mm im Abstand $a_1 = 80$ mm.
 Windlast $q_d = 3,0$ kN/m ($= 1,5 \cdot q_k$).



- Genauere Nachweise:

Verbund: (Schubfluss) $\max s_{res,d} = 3,13$ kN/m im Bereich der Passplatte (siehe Abschn. 3.4)

$$f_{s,d} = 7,39 \text{ kN/m (z.B. nach Tabelle 4-1)}$$

$$k_{pl} = 1,3$$

Nachweis nach Gl. (4-1):

$$3,13 \leq 1,3 \cdot 7,39 = 9,49 \text{ kN/m } \checkmark \quad (\eta = 0,33 < 1)$$

Anmerkung: Die Passplatten sind bei diesem Beispiel „außen“, d.h. am Gurt befestigt und erfahren daher nur eine einseitige Beanspruchung durch die Rippen-Querkräfte am freien Plattenrand. Diese Anordnung ist „günstiger“ als eine „innere“ Anordnung der Passplatten mit zwei freien Plattenrändern. Dies wird beim genaueren Nachweis berücksichtigt, beim vereinfachten Verfahren jedoch nicht.

Schubspannung in $\max \tau_d = 0,08$ N/mm² (siehe Abschn. 3.4)

der Beplankung: $f_{v,d} = 2,1$ N/mm² (z.B. aus Zulassung)

Nachweis nach Gl. (4-2):

$$0,08 \leq 2,1 \text{ N/mm}^2 \checkmark$$

Durchbiegung der Tafel: $\max v_{\text{inst}} = 2,5 \text{ mm}$ (siehe Abschn. 3.4)

$$\text{zul } v = \frac{\ell}{500} = \frac{5000}{500} = 10 \text{ mm}$$

Nachweis nach Gl. (4-3):

$$2,5 \leq 10 \text{ mm} \quad \checkmark$$

– Vereinfachter Nachweis des Verbundes (Schubflusstragfähigkeit) nach Gl. (4-5):

$$\ell/h = 5,0/4,375 = 1,14 \rightarrow k_s \approx 1,88 \quad (\text{siehe Tabelle 4-2})$$

$$\text{Verwendung von Passplatten: } k_s = 1,88 \cdot \frac{1,25}{0,625} = 3,76$$

Anmerkung: Beim Näherungsverfahren wird die „günstige“ Anordnung der Passplatten nicht berücksichtigt.

$$s_{\text{res,d}} = k_s \cdot \frac{V_d}{h} = 3,76 \cdot \frac{7,5}{4,375} = 6,45 \text{ kN/m}$$

$$k_{\text{pl}} \cdot f_{s,d} = 9,49 \text{ kN/m} \quad (\text{siehe oben})$$

$$\text{Nachweis: } 6,45 \leq 9,49 \text{ kN/m} \quad (\eta = 0,68 < 1)$$

→ Nachweis auch nach diesem vereinfachten Verfahren eingehalten.

– Nachweis nach Bemessungstabellen (ohne rechnerischen Nachweis):

Zulässige Stützweite nach Tabelle 4-5 für eine Tafelhöhe von $h = 3,75 \text{ m}$

$$\left. \begin{array}{l} q_d = 3,0 \text{ kN/m} \\ h = 3,75 \text{ m} \\ d = 2,0 \text{ mm} \\ 3S_{a_1} = 80 \text{ mm} \end{array} \right\} \max \ell = 10,0 \text{ m}$$

Dieser Wert ist in Tabelle 4-5 fett markiert, was bedeutet, dass auch bei Verwendung von Passplatten mit $h_{\text{pp}} = 0,625 \text{ m}$ Stützweiten von $\ell = 5,0 \text{ m}$ ohne rechnerischen Nachweis zulässig sind.

Da die Höhe der gegebenen Tafel mit $h = 4,375 \text{ m}$ größer ist als die Referenzhöhe $h = 3,75 \text{ m}$, kann davon ausgegangen werden, dass auch für die gegebene Tafel die Stützweite von $5,0 \text{ m}$ ohne rechnerischen Nachweis zulässig ist. Auf die Möglichkeit einer Interpolation zwischen den Tafelhöhen von $h = 3,75 \text{ m}$ und $h = 5,0 \text{ m}$ kann daher verzichtet werden.

5_ Literatur

Kessel, M.H. (2003)

Tafeln – Eine linear elastische Beschreibung.
Holzbau Kalender, BRUDERVERLAG Karlsruhe
599 – 632

Kessel, M.H. (2004)

Scheibenbeanspruchung von Tafeln. In Erläuterungen zu den Abschnitten 8.7 und 10.6 der DIN 1052-08/2004. Herausgeber Deutsche Gesellschaft für Holzforschung DGfH 56 - 74

Colling, F. (2017)

Aussteifung von Gebäuden in Holztafelbauart (2. Auflage), Ingenieurbüro für Holzbau, Karlsruhe

Kessel M. H.; Anheier D. (2017)

Entwicklung einer Traglasttheorie für Holztafeln. Abschlussbericht DFG KE 901/4-3, Institut für Baukonstruktion und Holzbau iBHolz, Technische Universität Braunschweig

Colling F.; Kessel M.H.; Sieder M.;**Janßen P. (2017)**

Erweiterte Schubfeldtheorie für Deckentafeln. Initiative Praxisregeln Bau (PRB), Bericht PRB-4.5/6 (2016)

Colling F.; Kessel M.H.; Sieder M.;**Janßen P. (2017)**

Deckentafeln - Parameterstudien. Initiative Praxisregeln Bau (PRB), Bericht PRB-4.14/15 (2016)

Kessel M.H., Sieder M., Anheier D.,**Janßen P. (2018)**

Floor panels with free edges - Extension of the shear field girder. In: G. Dill-Langer (Hrsg.), Timber: Bonds, Connections and Structures. Materialprüfanstalt (MPA) der Universität Stuttgart, pp. 271-288



Holzbau Deutschland-Institut e.V.
Kronenstraße 55-58
10117 Berlin
Tel. +49 (0) 30 20314-533
Fax +49 (0) 30 20314-566
E-Mail: info@institut-holzbau.de
www.institut-holzbau.de

Technische Anfragen an:
Fachberatung Holzbau
Tel. +49 (0) 30 57 70 19 95
Montag bis Freitag 9 bis 16 Uhr
Dieser Service ist kostenfrei.
fachberatung@informationsdienst-holz.de
www.informationsdienst-holz.de

Ein Angebot des
Holzbau Deutschland Institut e.V.
in Kooperation mit dem
Informationsverein Holz e.V.