



Bemessung von aussteifenden Deckentafeln

Colling, F.
Kessel, M.H.
Sieder, M.
Janßen, P.

Mit Hilfe des „erweiterten Schubfeldträgermodells“ ist erstmals eine Bemessung von aussteifenden Deckentafeln auf der Grundlage einfacher mechanischer Zusammenhänge möglich. In dieser Veröffentlichung wird dieses Modell prinzipiell vorgestellt und ein Vorschlag für eine Bemessung ohne rechnerischen Nachweis aufgezeigt. Für ausführlichere Informationen wird auf [1] verwiesen.

1 Einleitung

Die derzeitige Bemessung von aussteifenden Deckentafeln erfolgt nach dem heute gültigen Eurocode 5 auf der Grundlage eines Schubfeldträgermodells, wie von Kessel in [2] und [3] und von Colling in [4] beschrieben. Diese Bemessung enthält einige (konstruktive) Regeln, die teilweise aus Versuchen abgeleitet wurden und deren mechanischer Hintergrund sich dem Praktiker nicht immer erschließt.

Das von Kessel et al. [5], [6] entwickelte „erweiterte Schubfeldträgermodell“ ermöglicht erstmals die Bemessung von Deckentafeln mit freien Plattenrändern auf der

Grundlage einfacher mechanischer Zusammenhänge, wobei sowohl die Beanspruchungen im Verbund (Schubflüsse), als auch die Schubspannungen in den Platten und die horizontalen Durchbiegungen der Deckentafeln berechnet werden können. Dieses Modell ist im PRB-Bericht [7] ausführlich beschrieben.

Auf der Grundlage der hergeleiteten Bemessungsgleichungen wurden im PRB-Bericht [8] zahlreiche Parameterstudien durchgeführt, mit deren Hilfe vereinfachte Bemessungsvorschläge – einschließlich eines Verfahrens ohne rechnerischen Nachweis – hergeleitet werden konnten.

In einer Ausgabe Holzbau-Statik-Aktuell [1] sind die Ergebnisse der PRB-Berichte zusammenfassend dargestellt.

2 Konstruktive Voraussetzungen

Decken in Holztafelbauart bestehen aus einem System mehrerer Komponenten, sodass deren Tragverhalten nicht dem einer homogenen Scheibe entspricht. Daher wird nachfolgend nicht der Begriff

Deckenscheibe, sondern Deckentafel verwendet.

Für die nachfolgend behandelten Deckentafeln gelten folgende Voraussetzungen:

- Die Deckentafeln besitzen an allen vier Rändern Rippen. Die Gurte der Länge 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.

3 Tafeltypen

Bei Deckentafeln sind die in **Bild 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} .

- **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.

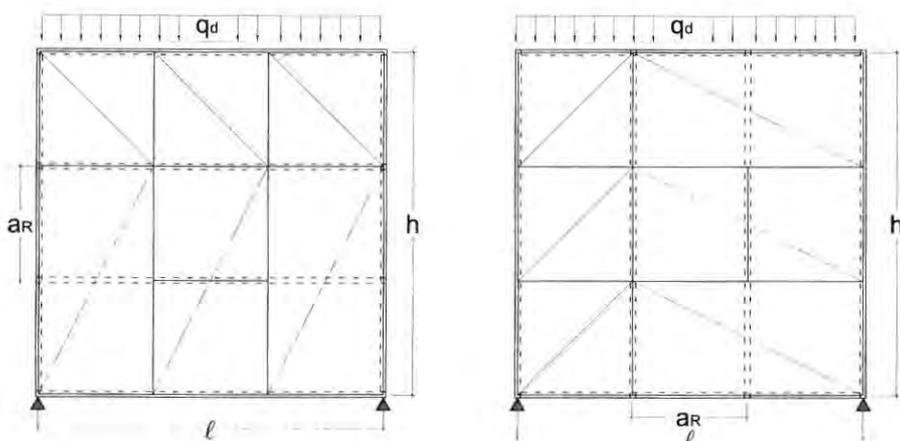


Bild 1: Deckentafeln:

links: Typ 1 mit Lasteinleitung rechtwinklig zu den Deckenbalken
rechts: Typ 2 mit Lasteinleitung parallel zu den Deckenbalken

4 Mechanisches Modell des Schubfeldträgers

Das mechanische Modell des Schubfeldträgers wird in [7] 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 2** ist dies für die Tafeltypen 1 und 2 beispielhaft dargestellt.

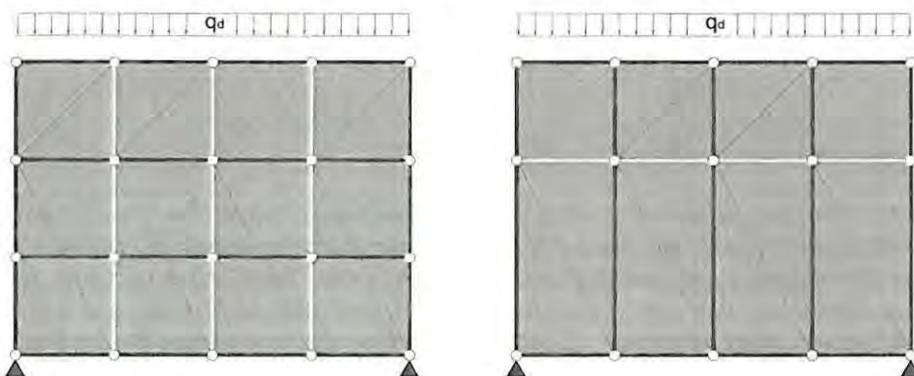


Bild 2: Schubfeldträger:

links: Typ 1 mit Verlegung der Platten rechtwinklig zu den Deckenbalken
rechts: Typ 2 mit Verlegung der Platten parallel zu den Deckenbalken

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 können Deckentafeln in guter Näherung als Einfeldträger betrachtet werden.

Mit Hilfe bekannter mechanischer Methoden (Freischneiden und Ansatz von Gleichgewichtsbedingungen) können folgende Beanspruchungen in den Stäben und Verbänden berechnet werden:

- Schubflüsse im Verbund zwischen Rippen und Beplankung,
- Schubspannungen in den Platten,
- Normalkräfte in den Rippen.

Eine versetzte Anordnung der Platten ist nicht mehr erforderlich, was die Vorfertigung von Deckenelementen deutlich erleichtert! Dies ist bei der Darstellung in Bild 1 bereits berücksichtigt.

Mit den berechneten Beanspruchungen können auch die horizontalen Durchbiegungen mit Hilfe des Kraftgrößen-Verfahrens (Satz von Castigliano) berechnet werden.

5 Decken ohne rechnerischen Nachweis

Ziel des PRB-Projektes [8] 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.

Die Berechnungen erfolgten auf der Grundlage der hergeleiteten Bemessungsgleichungen, wobei insgesamt 8.640 verschiedene Deckentafeln durchgerechnet wurden. Die variierten bzw. festgelegten Parameter sind im untenstehenden Kasten aufgeführt.

Tabelle 1: maximale Stützweiten λ für Deckentafeln mit λ_p bzw. $h_p = 1,25$ m ohne rechnerischen Nachweis für Klammern $d = 2$ mm

Deckentafel	horizontale Einwirkung q_d [kN/m]	Tafelhöhe h [m]	Maximale Stützweite $\max \lambda$ [m] für einen Klammerabstand a_1 [mm] von									
			40		60		80		100			
			OSB	3S	OSB	3S	OSB	3S	OSB	3S		
Typ 1 $\lambda_p = 1,25$ m	3,0	2,5	15,0	12,5	10,0	8,75	8,75	7,5	6,25	6,25		
		3,75	21,25	18,75	15,0	12,5	11,25	10,0	8,75	7,5		
		5,0	25,0	21,25	17,5	15,0	12,5	11,25	10,0	8,75		
		7,5	36,25	31,25	23,75	20,0	17,5	15,0	13,75	11,25		
	4,0	2,5	11,25	10,0	8,75	7,5	6,25	5,0	5,0	3,75		
		3,75	16,25	13,75	11,25	10,0	8,75	7,5	7,5	5,0		
		5,0	18,75	16,25	12,5	11,25	10,0	8,75	7,5	6,25		
		7,5	27,5	22,5	17,5	15,0	12,5	11,25	10,0	8,75		
	5,0	2,5	10,0	8,75	6,25	6,25	5,0	3,75	3,75	3,75		
		3,75	13,75	11,25	8,75	7,5	7,5	5,0	5,0	3,75		
		5,0	15,0	13,75	10,0	8,75	7,5	6,25	6,25	5,0		
		7,5	21,25	17,5	13,75	11,25	10,0	8,75	7,5	6,25		
Typ 2 $h_p = 1,25$ m	3,0	2,5	18,75	16,25	12,5	11,25	10,0	8,75	7,5	7,5		
		3,75	20,0	17,5	13,75	12,5	10,0	10,0	8,75	7,5		
		5,0	26,25	22,5	17,5	15,0	13,75	12,5	11,25	10,0		
		7,5	40,0	32,5	26,25	22,5	20,0	17,5	16,25	15,0		
	4,0	2,5	15,0	12,5	10,0	8,75	7,5	7,5	6,25	5,0		
		3,75	15,0	12,5	10,0	10,0	8,75	7,5	7,5	6,25		
		5,0	20,0	17,5	13,75	12,5	10,0	10,0	8,75	7,5		
		7,5	30,0	25,0	20,0	17,5	15,0	12,5	12,5	11,25		
	5,0	2,5	12,5	10,0	7,5	7,5	6,25	5,0	5,0	5,0		
		3,75	12,5	11,25	8,75	7,5	7,5	6,25	6,25	5,0		
		5,0	16,25	15,0	11,25	10,0	8,75	7,5	7,5	6,25		
		7,5	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 $\lambda_{pp} < 1,25$ m sind die Tabellenwerte für Typ 1 mit dem Faktor $\lambda_{pp} / 1,25$ abzumindern (λ_{pp} = Länge der Passplatte in m).
 Bei Verwendung von Passplatten mit $h_{pp} < 1,25$ m sind die Tabellenwerte für Typ 2 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 λ_{pp} bzw. $h_{pp} \geq 0,625$ m Stützweiten bis zu $\lambda = 5,0$ m möglich.

Plattenmaterial	OSB-Platten $t \geq 18$ mm, Dreischichtplatten (3S) $t \geq 22$ mm
Verbindungsmittel	Klammern mit $d = 1,5 / 1,8 / 2,0$ mm Abstände $a_1 = 40 / 60 / 80 / 100$ mm
Tafelhöhen	$h = 2,5 / 3,75 / 5,0 / 7,5$ m
Plattenabmessungen	Plattenlängen $\lambda_p = 0,625 / 1,25 / 2,5$ m bei Tafeltyp 1, Plattenhöhen $h_p = 0,625 / 1,25 / 2,5$ m bei Tafeltyp 2
Abstand der Deckenbalken	$a_r = 0,625 / 0,833$ m
a_r / 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
a_r / λ_p bei Tafeltyp 2	0,625/0,625 - 0,625/1,25 - 0,625/2,5 - 0,833/0,833 - 0,833/2,5
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 Gebäu- de mit $H \leq 10$ m und einer Geschosshöhe von 3,0 m.

Hinweis:

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

Die Tafeldurchbiegungen unter den Bemessungslasten q_d wurde dabei auf $\lambda/500$ begrenzt.

Für jede berechnete Tafel wurde dann die jeweils maximal mögliche Stützweite ermittelt.

In der nachfolgenden Tabelle sind beispielhaft die Ergebnisse für folgende Fälle zusammengestellt:

- Klammern mit $d = 2$ mm und
- Plattenabmessungen λ_p bzw. $h_p = 1,25$ m.

Die angegebenen Werte können auf der sicheren Seite liegend auch für Platten mit größeren Abmessungen verwendet werden.

Als Faktor mit dem größten Einfluss auf die erreichbaren Stützweiten erwiesen sich dabei die **Abmessungen der verwendeten Platten**. Werden sogenannte Passplatten (= Platten mit kleineren Abmessungen als die Standardplatten) verwendet, mit deren Hilfe die gewünschten Tafelabmessungen ergänzt werden, so wirkt sich die Größe dieser Passplatten unmittelbar auf die erreichbaren Stützweiten aus. So sind beispielsweise mit Platten halber Länge (bei Deckentyp 1) bzw. halber Höhe (bei Deckentyp 2) nur halb so große Stützweiten möglich wie unter Verwendung von Platten mit λ_p bzw. $h_p = 1,25$ m. Hier gilt der Grundsatz: „je kleiner die Platten, umso kleiner die erreichbaren Stützweiten“.

Weiterhin zeigten die Parameterstudien folgende Tendenzen:

- Bei Verwendung von OSB- bzw. Dreischichtplatten wird die erreichbare Stützweite meist durch den Nachweis des Verbundes (Schubfluss) begrenzt. Nur in Ausnahmefällen wurde der Durchbiegungsnachweis für die Deckentafel maßgebend.
- Die in Tabelle 1 angegebenen Stützweiten liegen z.T. sehr auf der sicheren Seite, weil sie den kleinsten Werten der vergleichsweise untersuchten Varianten entsprechen. Hier „lohnt“ sich manchmal ein genauerer Nachweis mit den hergeleiteten Bemessungsgleichungen.
- Eine Verlegung der Platten längs zu den Deckenbalken wirkt sich „günstig“ aus: damit sind z.T. deutlich größere Stützweiten möglich als mit der herkömmlichen Verlegung quer zu den Deckenbalken. Auch in diesem Fall „lohnt“ sich ein genauerer Nachweis.

6 Literatur

- [1] IFO Holzbau Statik Aktuell 03 (2018)
- [2] Kessel, M.H. (2003): Tafeln – Eine linear elastische Beschreibung. Holzbau Kalender, BRUDERVERLAG Karlsruhe 599–632
- [3] 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
- [4] Colling, F. (2017): Aussteifung von Gebäuden in Holztafelbauart (2. Auflage), Ingenieurbüro für Holzbau, Karlsruhe
- [5] 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
- [6] 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
- [7] Colling F.; Kessel M.H.; Sieder M.; Janßen P. (2017): Erweiterte Schubfeldtheorie für Deckentafeln. Initiative Praxisregeln Bau (PRB), Bericht PRB-4.5/6 (2016)
- [8] Colling F.; Kessel M.H.; Sieder M.; Janßen P. (2017): Deckentafeln - Parameterstudien. Initiative Praxisregeln Bau (PRB), Bericht PRB-4.14/15 (2016)