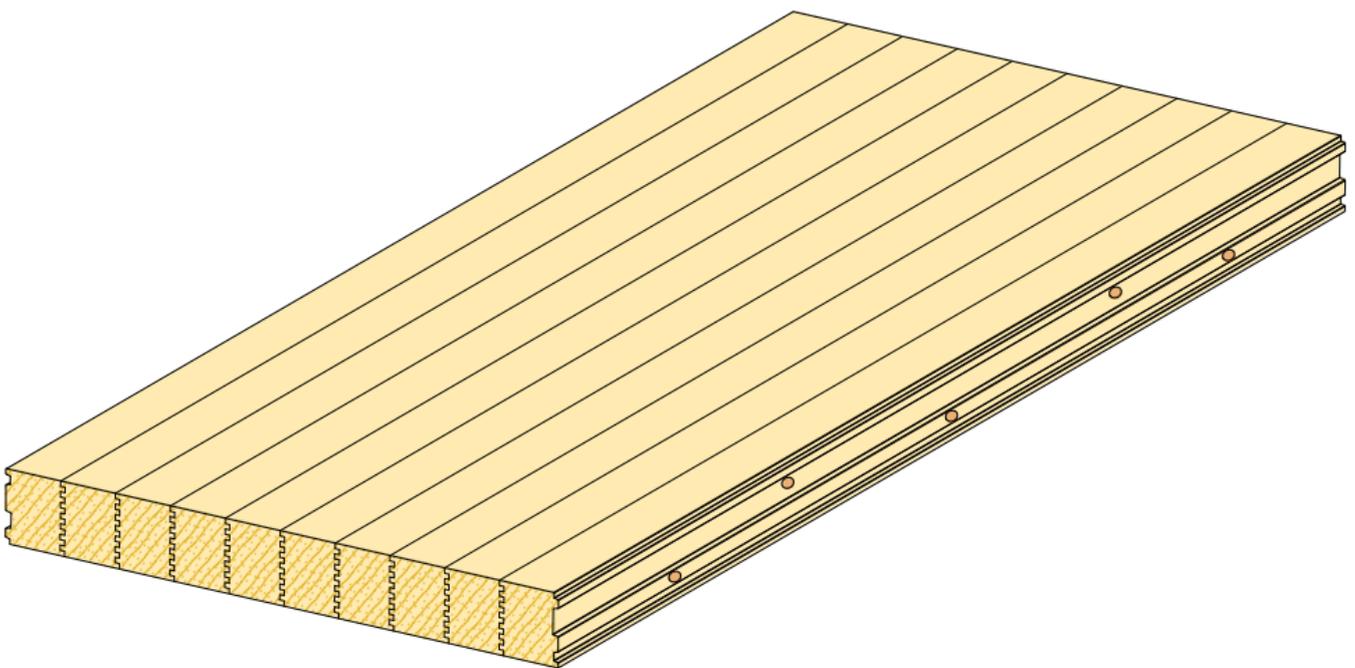


Statische Bemessung

Vollholzelemente für Dach und Decke



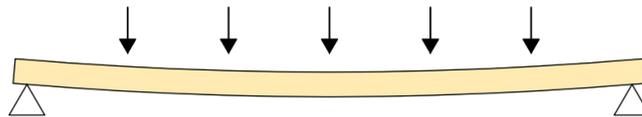
Inhalt

1.	Beanspruchung auf Biegung (Vertikallast).....	4
1.1.	Einleitung	4
1.2.	Literatur	4
1.3.	Formelzeichen	4
1.4.	Vorbemessungsdiagramme - Theorie.....	5
1.4.1.	Eingangswerte	5
1.4.2.	Lastfälle	5
1.4.3.	Durchbiegung.....	6
1.4.4.	Schwingung.....	6
1.4.5.	Brandfall.....	8
1.4.6.	Geführte Nachweise	8
1.4.7.	Verwendung der Diagramme	8
1.5.	Übersicht der Vorbemessungsdiagramme	9
1.6.	Vorbemessungsdiagramme bei erhöhter Schwingungsanforderung (DK 1).....	10
1.6.1.	Lastfall 1 - Nutzlast A oder B (Nass- oder Trockenestrich).....	10
1.6.2.	Lastfall 2 - Nutzlast C1 (Nass- oder Trockenestrich)	11
1.6.3.	Lastfall 3 - Nutzlast C2 (Nass- oder Trockenestrich)	12
1.6.4.	Lastfall 4 - Nutzlast C3 (Nass- und Trockenestrich)	13
1.7.	Vorbemessungsdiagramme bei normaler Schwingungsanforderung (DK 2)	14
1.7.1.	Lastfall 1 - Nutzlast A oder B (Nass- oder Trockenestrich).....	14
1.8.	Vorbemessungsdiagramme ohne Schwingungsanforderung (DK 3).....	15
1.8.1.	Lastfall 1 - Nutzlast A oder B (unabhängig von der Art des Deckenaufbaus)	15
1.8.2.	Lastfall 5 - Schnee <1000 m ü. M. (unabhängig von der Art des Dachaufbaus).....	16
1.8.3.	Lastfall 6 - Schnee >1000 m ü. M. (unabhängig von der Art des Dachaufbaus).....	18
1.9.	Vermeidung einer Querschnittserhöhung bei Deckenklasse 2.....	20
1.9.1.	Theoretische Grundlagen.....	20
1.9.2.	Vorbemessungsdiagramm bei üblicher Schwingungsanforderung (QK C).....	21
2.	Beanspruchung als Scheibe (Horizontallast).....	22
2.1.	Einleitung	22
2.2.	Literatur	22
2.3.	Formelzeichen	22
2.4.	Tragwerksentwurf.....	23
2.5.	Bemessung.....	24

2.5.1.	Eigenschaften der Vollholzdecke in Scheibenebene.....	24
2.5.2.	Scheibenbelastung parallel zur Balkenrichtung	24
2.5.3.	Scheibenbelastung senkrecht zur Balkenrichtung	26
2.5.4.	Kennwerte der Vollholzdecke	27
2.5.5.	Kennwerte der Vollholzdecke (Vereinfachung)	29
3.	Aussparungen	31
4.	Punkt- und Linienlasten	31

1. Beanspruchung auf Biegung (Vertikallast)

Statisch gesehen handelt es sich bei der holzius Vollholzdecke um ein einachsig gespanntes Deckensystem. Da die holzius Vollholzdecke in Dickenrichtung aus einem einzigen Balken zusammengesetzt ist, wird aus statischer Sicht das volle Potential aus dem Naturbaustoff herausgeholt.



1.1. Einleitung

Holzius verfügt über ein benutzerfreundliches Bemessungstool, womit eine statische Bemessung inkl. Schwingungsnachweis für einfeldrige Tragsysteme ohne viel Aufwand geführt und dokumentiert werden kann. Dieses wird auf Anfrage zur Verfügung gestellt. Basierend auf diesem Tool wurden Vorbemessungsdiagramme erstellt, welche einer ersten Abschätzung der erforderlichen Deckenstärke dienen. Diese sind nachfolgend zu finden.

Die endgültige statische Berechnung muss unter der Verantwortung eines befähigten Ingenieurs oder Technikers erfolgen.

holzius übernimmt keinerlei Haftung für die Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit der in diesem Kapitel bereitgestellten Informationen und Bemessungshilfen sowie des Bemessungstools.

1.2. Literatur

Die Vorbemessungsdiagramme wurden unter Berücksichtigung folgender Normen und Dokumente erstellt.

- Eurocode 0, 1 & 5
- Europäische Technische Bewertung ETA-17/0745
- Allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis Nr. P-SAC02/III-1027
- Allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis Nr. P-SAC02/III-1062
- Informationsblatt Holzbau Deutschland (Bund deutscher Zimmermeister) - Qualitätsklassen für zulässige Verformungen im Holzbau

1.3. Formelzeichen

Die in diesem Kapitel angeführten Formelzeichen sind allgemein gültig und sollten dem Tragwerksplaner bekannt sein. Daher wird an dieser Stelle auf eine explizite Angabe verzichtet.

1.4. Vorbemessungsdiagramme - Theorie

1.4.1. Eingangswerte

Es liegen folgende Eingangswerte zugrunde.

- Nutzungsklasse 1
- Verformungsbeiwert: $k_{def} = 0,60$
- Das Eigengewicht der tragenden Decke ist bereits mit 500 kg/m^3 berücksichtigt.
- Teilsicherheitsbeiwert Material: $\gamma_M = 1,30$
- Teilsicherheitsbeiwert - Ständige Lasten:
 - Ständig - tragend: $\gamma_{G,1} = 1,35$
 - Ständig - nicht tragend: $\gamma_{G,2} = 1,35$
- Teilsicherheitsbeiwert - Veränderliche Lasten:
 - Nutzlast: $\gamma_{Q,1} = 1,50$
 - Schneelast: $\gamma_{S,1} = 1,50$
- Modifikationsbeiwert - KLED ständig: $k_{mod,g} = 0,60$
- Modifikationsbeiwert - KLED lastfallabhängig (siehe nachfolgende Tabelle)

1.4.2. Lastfälle

Die Diagramme wurden für die gängigsten veränderlichen Lastsituationen (Art des Lastfalls und Größe der Belastung) erstellt.

Lastfall	Lastart	Nutzung (beispielhaft)	q_k [kN/m ²]	k_{mod} [-]	ψ_0 [-]	ψ_1 [-]	ψ_2 [-]
Lastfall 1	Nutzlast Kat. A oder B	Wohnräume, Hotelzimmer, Büroräume...	2,80 ⁽¹⁾ bzw. 2,00 ⁽²⁾	0,80	0,70	0,50	0,30
Lastfall 2	Nutzlast Kat. C1	Flächen mit Tischen (Schulzimmer, Restaurants...)	3,80 ⁽¹⁾	0,90	0,70	0,70	0,60
Lastfall 3	Nutzlast Kat. C2	Flächen mit fester Bestuhlung (Konferenz- & Vorlesungssäle...)	4,80 ⁽¹⁾	0,90	0,70	0,70	0,60
Lastfall 4	Nutzlast Kat. C3	Flächen ohne Hindernisse (Museen, Ausstellungsräume...)	5,80 ⁽¹⁾	0,90	0,70	0,70	0,60
Lastfall 5	Schnee <1000 m ü. M.	Schnee unter 1000 m ü. M.	var.	0,90	0,50	0,20	0,00
Lastfall 6	Schnee >1000 m ü. M.	Schnee über 1000 m ü. M.	var.	0,80	0,70	0,50	0,20

(1) Bei den Diagrammen für Deckenklasse 1 und 2 (siehe nachfolgend) ist zuzüglich zur Nutzlast ein Trennwandzuschlag von 0,80 kN/m² berücksichtigt.

(2) Bei Deckenklasse 3 ist dieser Trennwandzuschlag nicht berücksichtigt, da die zugehörigen Diagramme i. d. R. nur bei Decken unter nicht ausgebauten Dachböden Anwendung finden

1.4.3. Durchbiegung

Für die Erstellung der Diagramme wurden folgende Durchbiegungen berechnet.

- Anfangsverformung w_{inst} (Grenzwert = $l/300$)
Berechnet in der charakteristischen Kombination.
$$w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,Q}$$
- Endverformung w_{fin} (Grenzwert = $l/200$)
Berechnet aus der Anfangsverformung w_{inst} in der charakteristischen Kombination und dem Kriechanteil w_{creep} in der quasi-ständigen Kombination.
$$w_{fin} = w_{inst,G} * (1 + k_{def}) + w_{inst,Q} * (1 + \Psi_{2,Q} * k_{def})$$
- Gesamte Endverformung $w_{net,fin}$ (Grenzwert = $l/300$)
Berechnet aus der Anfangsverformung w_{inst} in der quasi-ständigen Kombination und der Endverformung w_{fin} in der quasi-ständigen Kombination.
$$w_{net,fin} = w_{inst,G} * (1 + k_{def}) + \Psi_{2,Q} * w_{inst,Q} * (1 + k_{def})$$

1.4.4. Schwingung

Das Schwingungsverhalten der Decke hängt maßgeblich vom aufgetragenen Bodenaufbau ab. Ein Nassestrich besitzt eine sehr gute querverteilende Wirkung, was sich positiv auf das Schwingungsverhalten auswirkt. Dadurch können sich im Vergleich zu Trockenaufbauten geringere Deckenstärken ergeben.

Da die Bodenaufbauten in der Praxis sehr variieren, können in den Diagrammen nicht alle Anwendungsfälle erfasst werden. Um im Zuge der Vorbemessung eine hinreichend genaue Abschätzung der Deckenstärke zu bekommen, wurden die Diagramme mit Schwingungsanforderung (Deckenklassen 1 & 2) jeweils für einen Nass- bzw. Trockenestrich ausgewertet.

- Bodenaufbau mit Nassestrich (Estrichhöhe min. 6,0 cm mit $E = 15.000 \text{ N/mm}^2$)
- Bodenaufbau mit Trockenestrich (Gipsfaserplatte 2,5 cm mit $E = 3.800 \text{ N/mm}^2$ oder Holz-Schalung 1,8 cm quer zu Spannrichtung mit $E = 11.000 \text{ N/mm}^2$)

Ausschlaggebend für das Schwingungsverhalten ist die Biegesteifigkeit des Estrichs quer zur Spannrichtung der Decke. Bei abweichenden Bodenaufbauten mit „schwächeren“ Estrichen muss eine separate Bemessung geführt werden. Hierfür kann das hausinterne Tool verwendet werden.

Da die definitiven Bodenaufbauten im Zuge der Vorbemessung bzw. der Angebotserstellung i. d. R. nicht bekannt sind, können sich im Zuge der Ausführungsstatik höhere Deckenquerschnitte ergeben. Bei Deckenklasse 2 (Anforderung im Einfamilienhausbau) kann dies in einigen Fällen vermieden werden, indem eine Vereinbarung zwischen den Bauleuten und dem Tragwerksplaner getroffen wird. Mehr dazu in Kapitel 1.9.

In Bezug auf die Schwingungsbegrenzung werden in der ÖNORM EN 1991-1-1 & B 1991-1-1 drei Deckenklassen mit zugehörigen Grenzwerten und Anwendungsbeispielen angegeben. Die geforderte Deckenklasse kann ggf. mit dem Auftraggeber vereinbart werden. In Abhängigkeit der geforderten Deckenklasse müssen außerdem die in der Tabelle angeführten konstruktive Vorgaben eingehalten werden.

Anforderung	Deckenklasse 1 Erhöhte Schwingungsanforderung	Deckenklasse 2 Normale Schwingungsanforderung	Deckenklasse 3 Keine Schwingungsanforderung
Typische Anwendungsfälle	<ul style="list-style-type: none"> - Decken zwischen unterschiedlichen Nutzungseinheiten - Wohnungstrenndecken in Mehrfamilienhäusern - Decken in Büros mit PC-Nutzung oder Besprechungsräumen - Flure mit kurzen Spannweiten 	<ul style="list-style-type: none"> - Decken innerhalb einer Nutzungseinheit - Decken in Einfamilienhäusern mit üblicher Nutzung 	<ul style="list-style-type: none"> - Decken unter nicht zu Wohnzwecken genutzten Räumen oder unter nicht ausgebauten Dachräumen - Decken ohne Schwingungsanforderung
Konstruktive Anforderung	<ul style="list-style-type: none"> - Schwimmender Nassestrich auf beliebiger Schüttung - Schwimmender Trockenestrich auf schwerer Schüttung (min. 60 kg/m²) 	<ul style="list-style-type: none"> - Schwimmender Nassestrich auch ohne Schüttung - Schwimmender Trockenestrich auf schwerer Schüttung (min. 60 kg/m²) 	<ul style="list-style-type: none"> - Keine Anforderung
Nachgewiesene Grenzwerte	<p>Frequenz: $f_{1,limit} = 8,0 \text{ Hz}$ $(f_{1,min} = 4,5 \text{ Hz})$</p> <p>Steifigkeit: $w_{2kN,limit} = 0,5 \text{ mm}$</p> <p>Beschleunigung: $a_{limit} = 0,05 \text{ m/s}^2$</p>	<p>Frequenz: $f_{1,limit} = 6,0 \text{ Hz}$ $(f_{1,min} = 4,5 \text{ Hz})$</p> <p>Steifigkeit: $w_{2kN,limit} = 1,0 \text{ mm}$</p> <p>Beschleunigung: $a_{limit} = 0,10 \text{ m/s}^2$</p>	-

1.4.5. Brandfall

Unsere Vollholzdecke wurde im Zuge von Bauteilversuchen unter einseitiger Brandbeanspruchung von der Deckenunterseite geprüft. Dabei wurden in Abhängigkeit von der Deckenstärke folgende Feuerwiderstandsklassen erreicht (siehe AbP Nr. P-SAC02/III-1027 und Nr. P-SAC02/III-1062).

Stärke [mm]	Feuerwiderstand [-]	Biegemoment $m_{d,fi,max}$ [kNm pro m]	Querkraft $q_{d,fi,max}$ [kN pro m]
120-160	REI 30	19,13	18,94
120-160	REI 60	16,89	16,71
180-240	REI 90	40,80	40,50

Im Zuge der Bemessung ist darauf zu achten, dass die in den Brandversuchen erreichten Schnittgrößen (Biegemoment und Querkraft) in der außergewöhnlichen Lastfallkombination nicht überschritten werden. Diese setzt sich gemäß Helmuth Neuhaus; Ingenieurholzbau, 4. Auflage wie folgt zusammen.

$$E_{d,fi} = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Der Nachweis des Feuerwiderstands wurde bei der Erstellung der Diagramme bereits berücksichtigt und ist nicht maßgebend. Wird die Deckenstärke anhand der Diagramme bestimmt, gilt somit automatisch obige Klassifizierung des Feuerwiderstands (bei 120-160 mm -> REI 60; bei 180-240 mm -> REI 90).

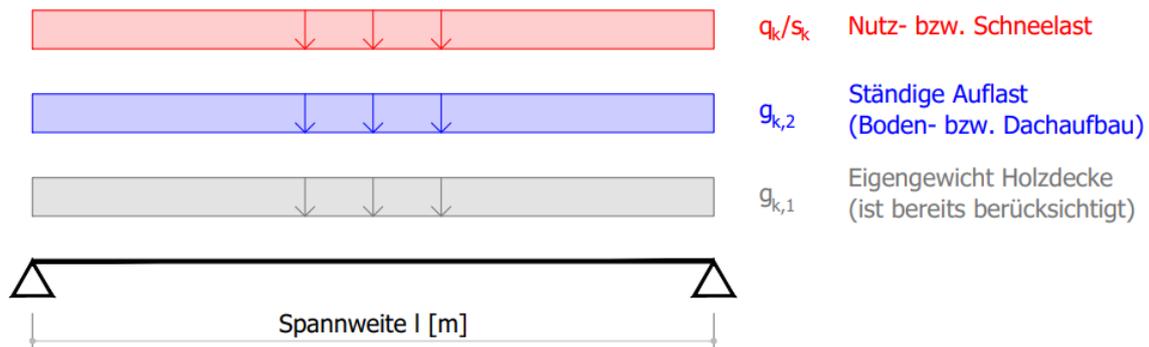
1.4.6. Geführte Nachweise

In den Diagrammen sind die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit (Biege- und Schubspannungen) sowie der Gebrauchstauglichkeit (Durchbiegung und Schwingung) bereits berücksichtigt. Anschlussdetails sowie die Auflagerpressung sind projektspezifisch nachzuweisen.

1.4.7. Verwendung der Diagramme

In Abhängigkeit des Estrichs, des Lastfalls sowie der geforderten Deckenklasse ist auf die richtige Diagrammwahl zu achten. Mithilfe des richtigen Diagramms kann dann die erforderliche Deckenstärke in Abhängigkeit der Spannweite und der vorhandenen charakteristischen Lasten bestimmt werden. Das Eigengewicht der tragenden Decke ist bereits berücksichtigt, mit $g_{k,2}$ ist demnach die charakteristische Last des Boden- bzw. Dachaufbaus gemeint.

Folgende Abbildung veranschaulicht das zugrundeliegende statische System sowie die einzelnen Lasttypen.



1.5. Übersicht der Vorbemessungsdiagramme

Erhöhte Schwingungsanforderung (DK 1)

Lastfall	Lastart	Nutzung (beispielhaft)	Seite
Lastfall 1	Nutzlast Kat. A oder B	Wohnräume, Hotelzimmer, Büroräume...	10
Lastfall 2	Nutzlast Kat. C1	Flächen mit Tischen (Schulzimmer, Restaurants...)	11
Lastfall 3	Nutzlast Kat. C2	Flächen mit fester Bestuhlung (Konferenz- & Vorlesungssäle...)	12
Lastfall 4	Nutzlast Kat. C3	Flächen ohne Hindernisse (Museen, Ausstellungsräume...)	13

Normale Schwingungsanforderung (DK 2)

Lastfall	Lastart	Nutzung (beispielhaft)	Seite
Lastfall 1	Nutzlast Kat. A oder B	Wohnräume, Hotelzimmer, Büroräume...	14

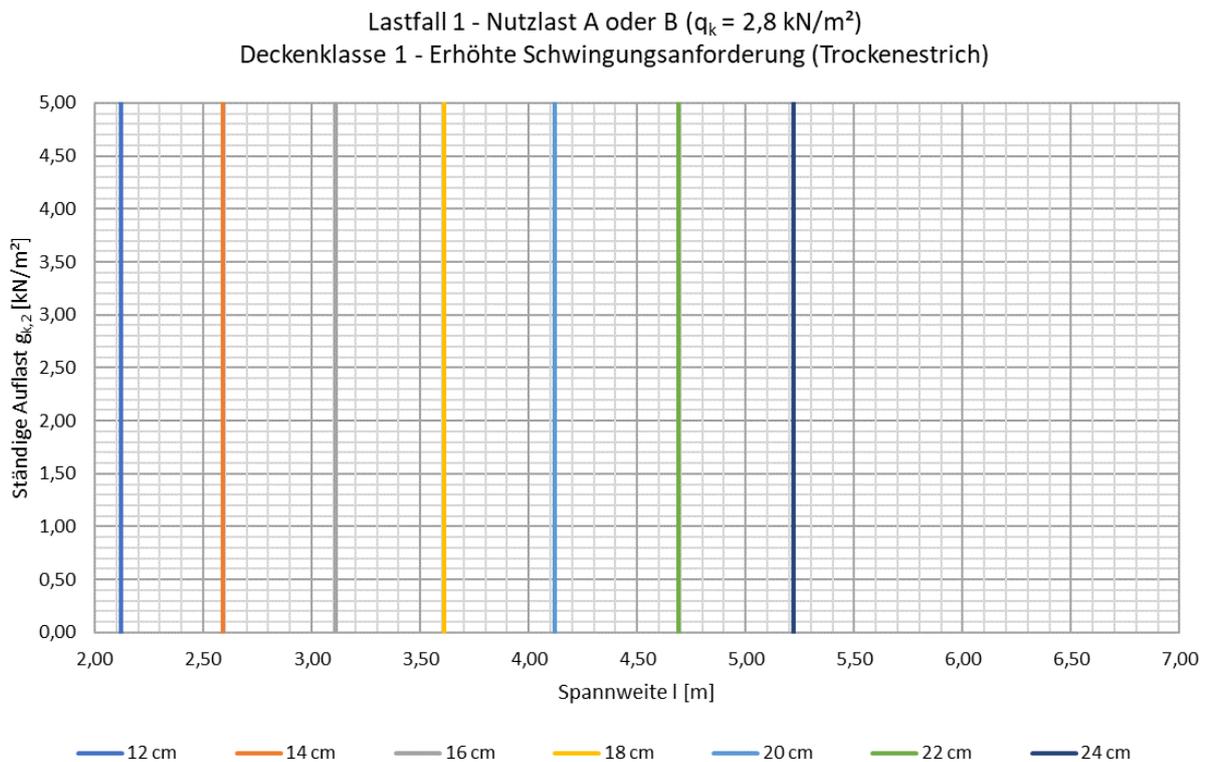
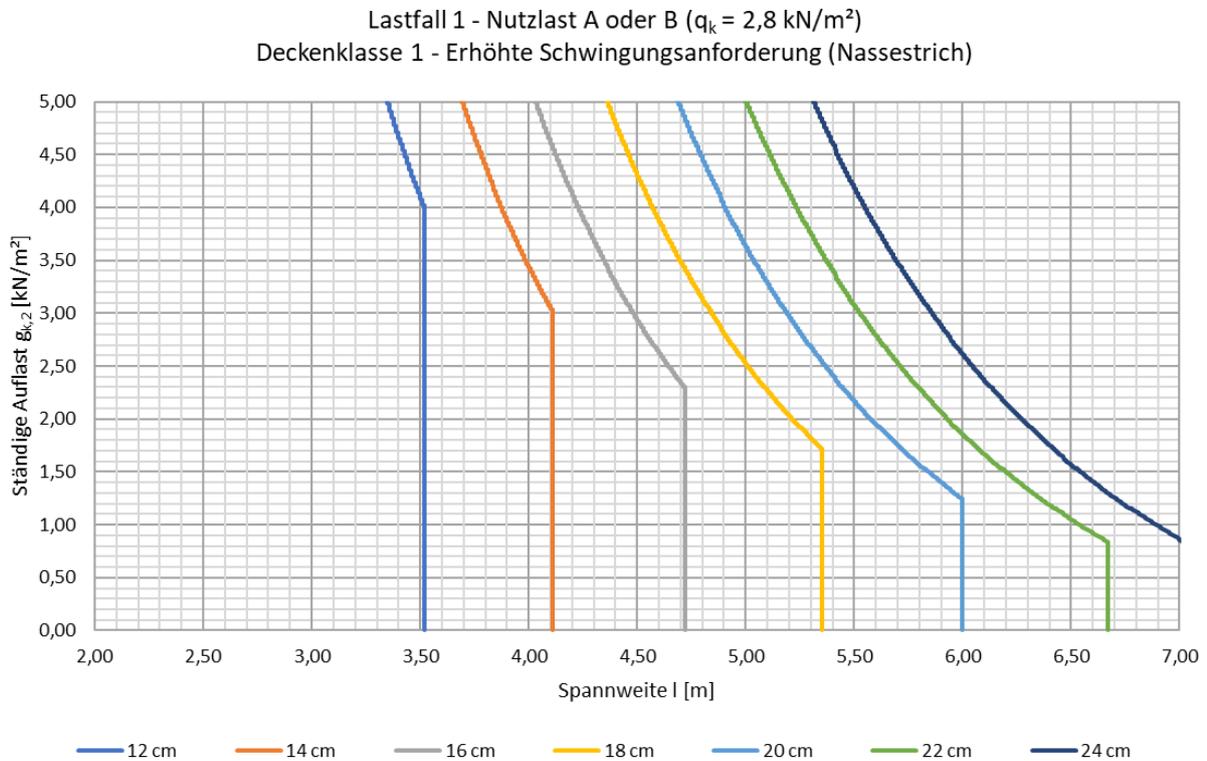
Ohne Schwingungsanforderung (DK 3)

Lastfall	Lastart	Nutzung (beispielhaft)	Seite
Lastfall 1	Nutzlast Kat. A oder B	Wohnräume, Hotelzimmer, Büroräume...	15
Lastfall 5	Schnee <1000 m ü. M.	Schnee unter 1000 m ü. M.	16
Lastfall 6	Schnee >1000 m ü. M.	Schnee über 1000 m ü. M.	18

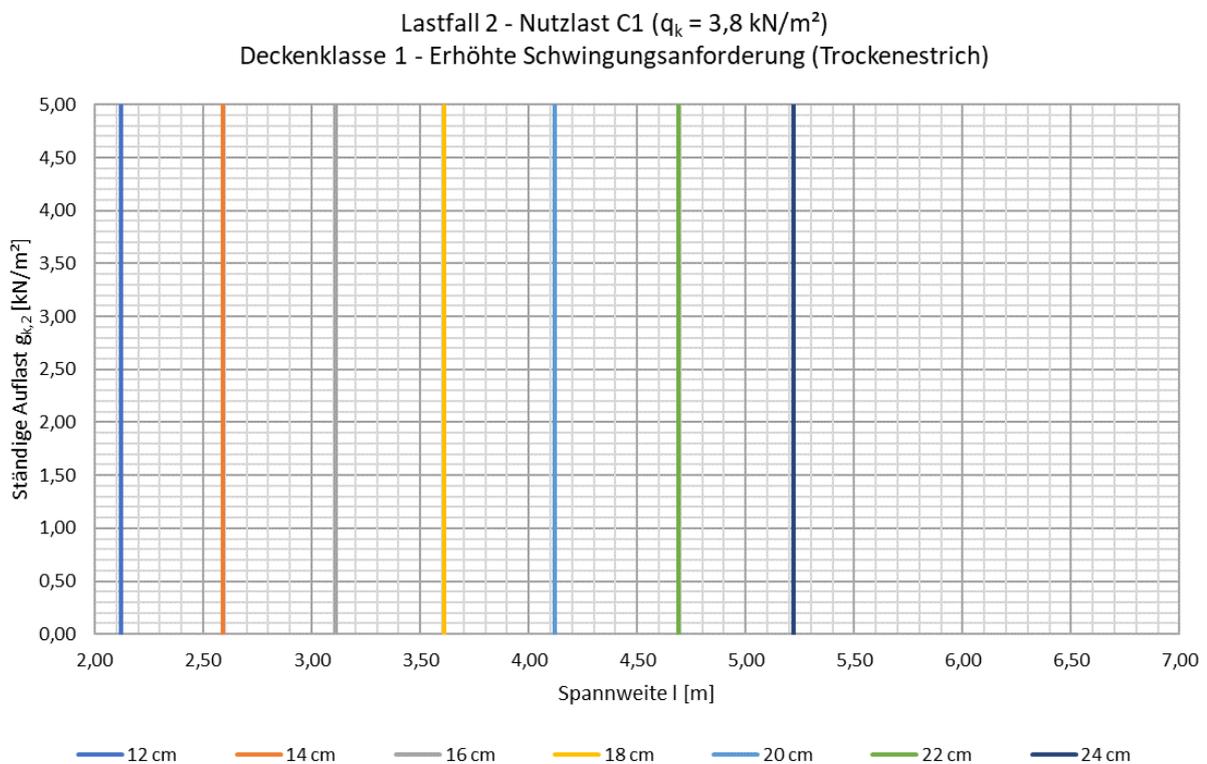
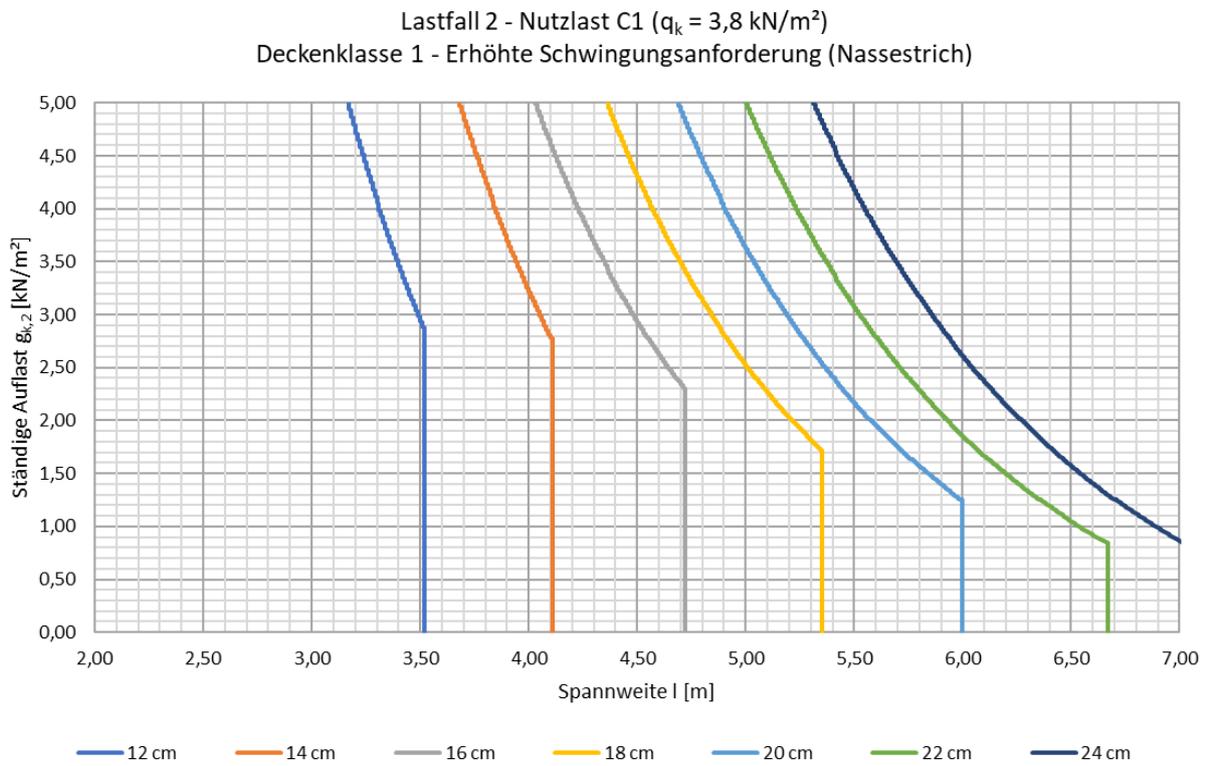
Bei DK 1 und 2 sind die Diagramme für Trockenaufbauten vorwiegend durch vertikale Kurvenverläufe gekennzeichnet. Diese ergeben sich, da in diesen Bereichen das Steifigkeitskriterium des Schwingungsnachweises maßgebend ist, welches unabhängig von der ständigen Last ist.

1.6. Vorbemessungsdiagramme bei erhöhter Schwingungsanforderung (DK 1)

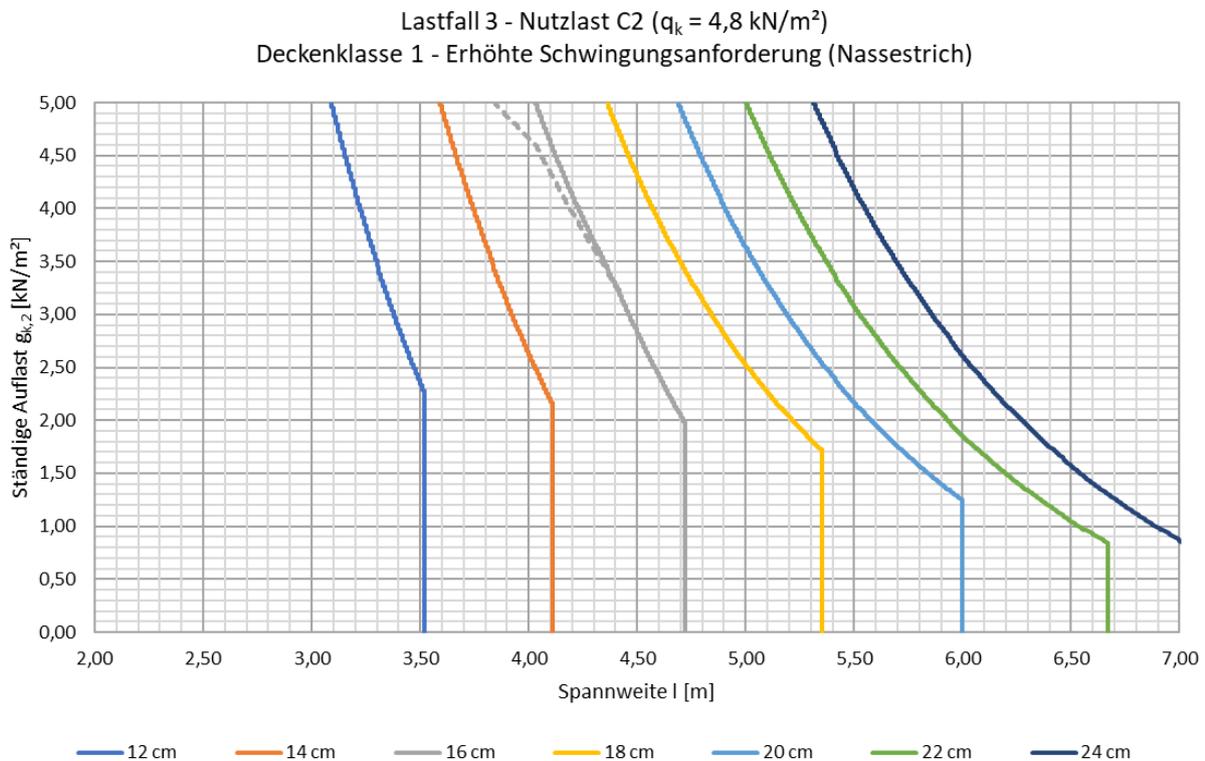
1.6.1. Lastfall 1 - Nutzlast A oder B (Nass- oder Trockenestrich)



1.6.2. Lastfall 2 - Nutzlast C1 (Nass- oder Trockenstrich)



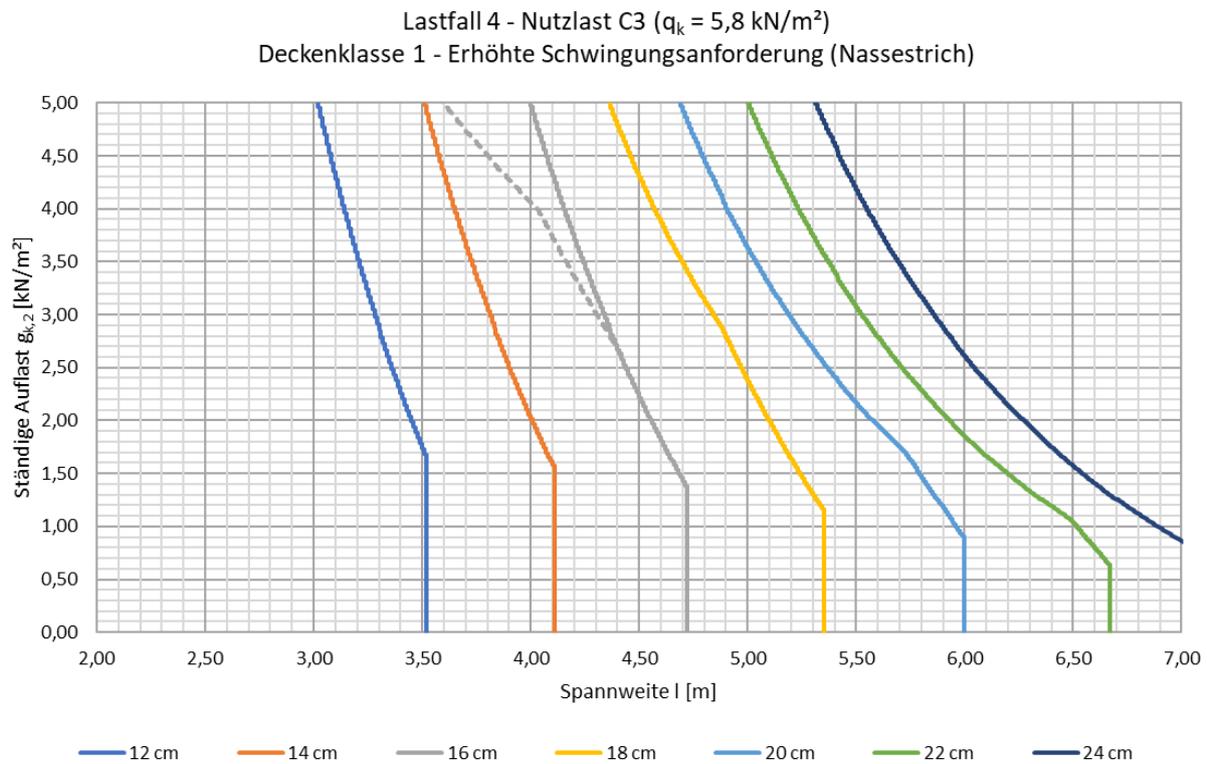
1.6.3. Lastfall 3 - Nutzlast C2 (Nass- oder Trockenestrich)



Anmerkung zu obigem Diagramm: Bei REI 60 - Anforderung ist für die 16 cm starke Decke im oberen Bereich die strichlierte Linie zu verwenden.

Für Lastfall 3 (Trockenestrich) gilt ebenfalls das Diagramm für Lastfall 2 (Trockenestrich), da stets der Schwingungsnachweis (Steifigkeitskriterium) maßgebend ist. Dieser ist unabhängig von der Größe der Nutzlast.

1.6.4. Lastfall 4 - Nutzlast C3 (Nass- und Trockenstrich)

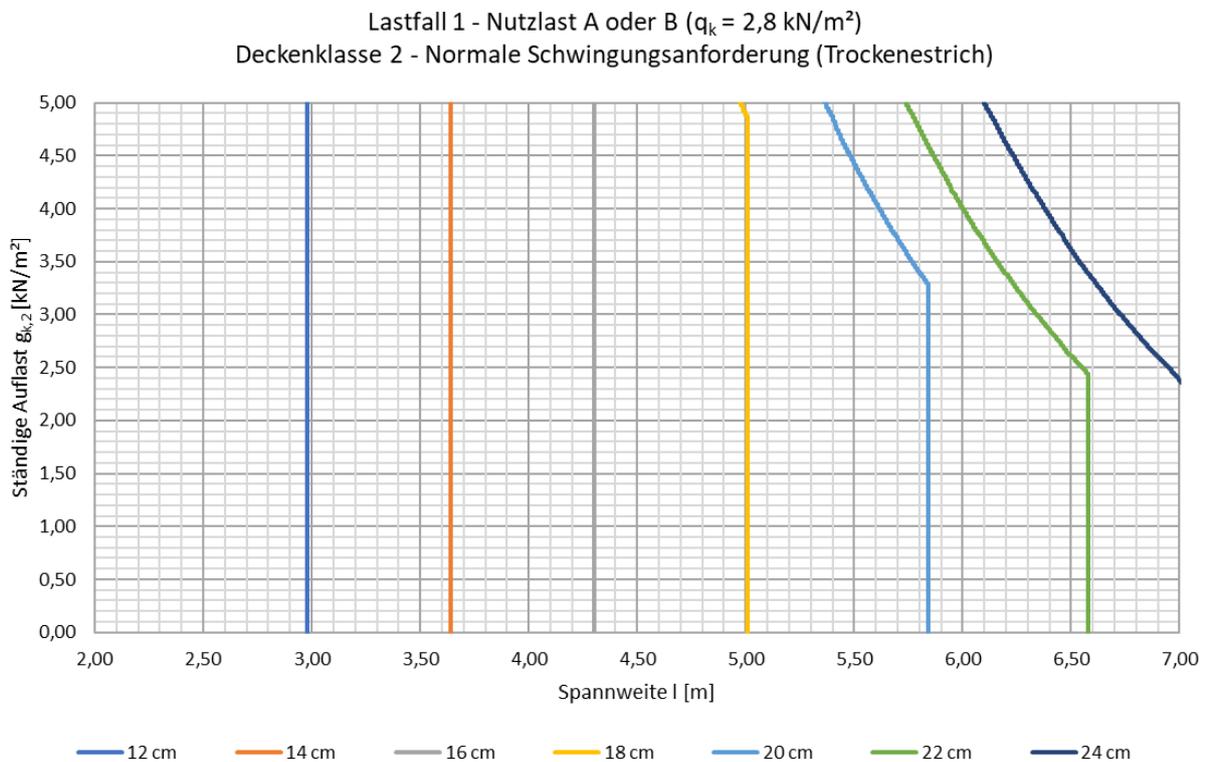
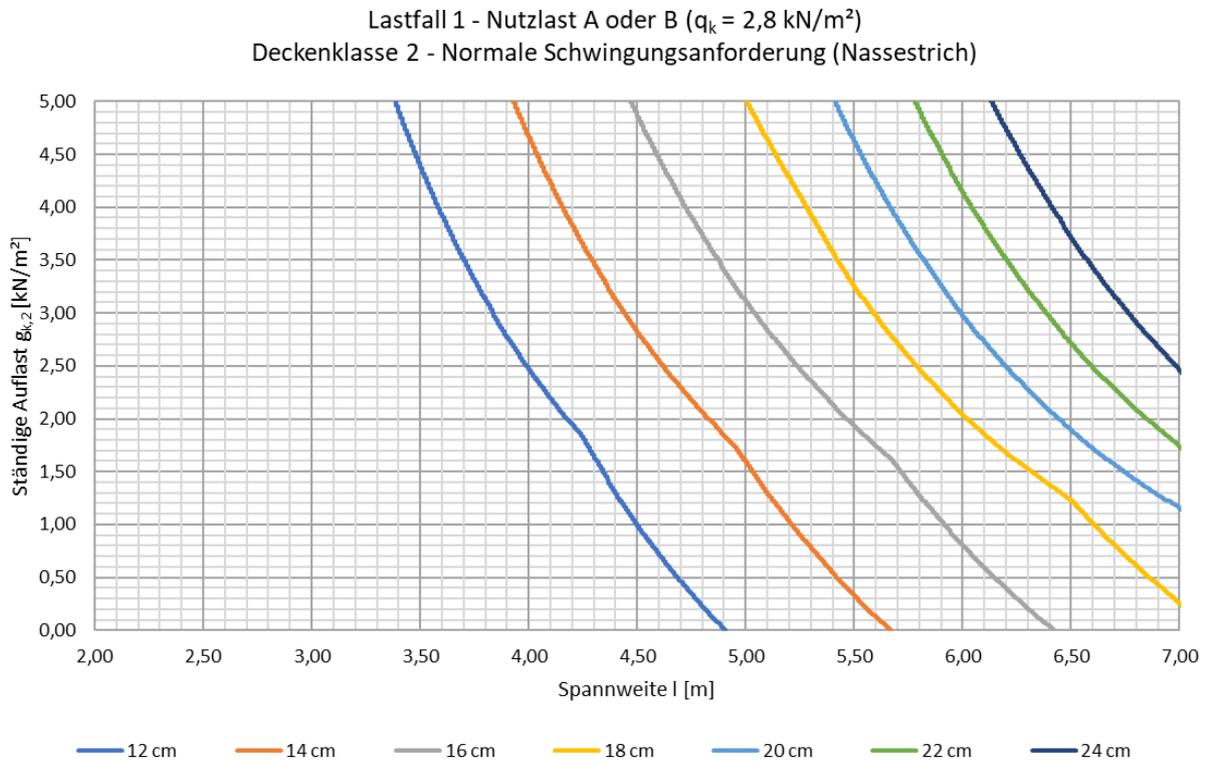


Anmerkung zu obigem Diagramm: Bei REI 60 - Anforderung ist für die 16 cm starke Decke im oberen Bereich die strichlierte Linie zu verwenden.

Für Lastfall 4 (Trockenestrich) gilt ebenfalls das Diagramm für Lastfall 2 (Trockenestrich), da stets der Schwingungsnachweis (Steifigkeitskriterium) maßgebend ist. Dieser ist unabhängig von der Größe der Nutzlast.

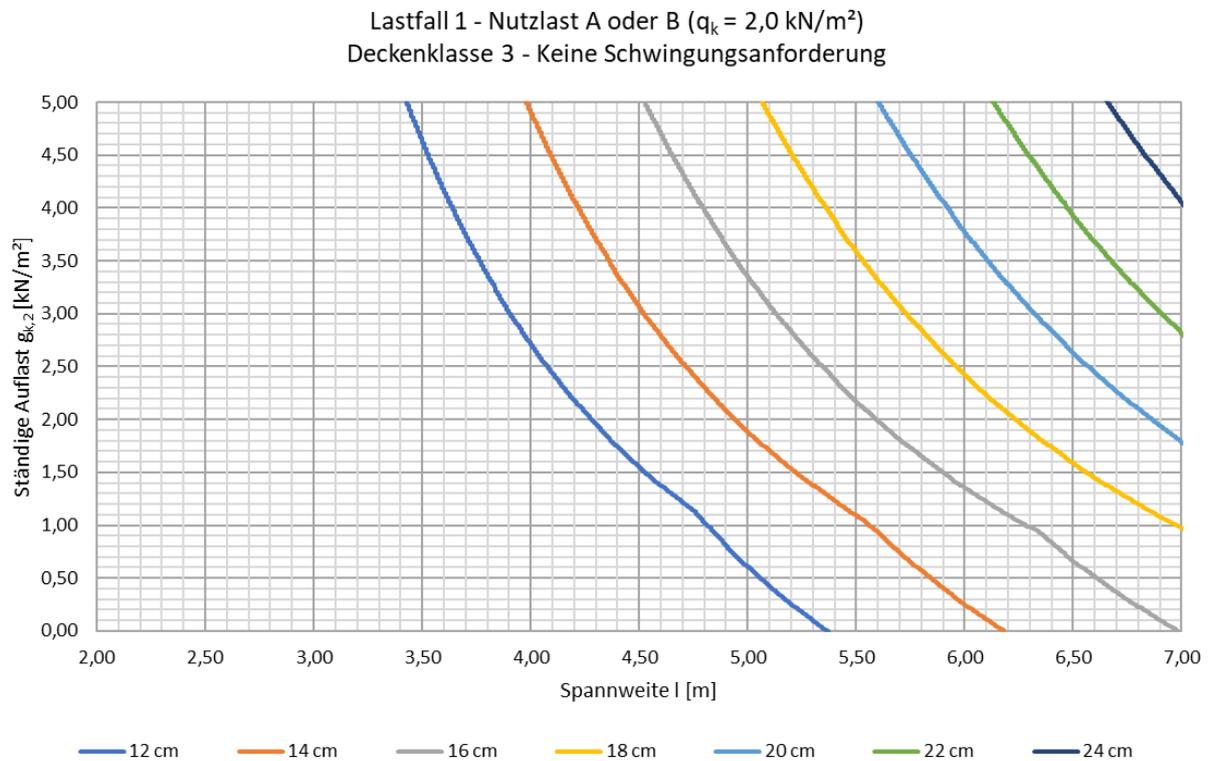
1.7. Vorbemessungsdiagramme bei normaler Schwingungsanforderung (DK 2)

1.7.1. Lastfall 1 - Nutzlast A oder B (Nass- oder Trockenestrich)



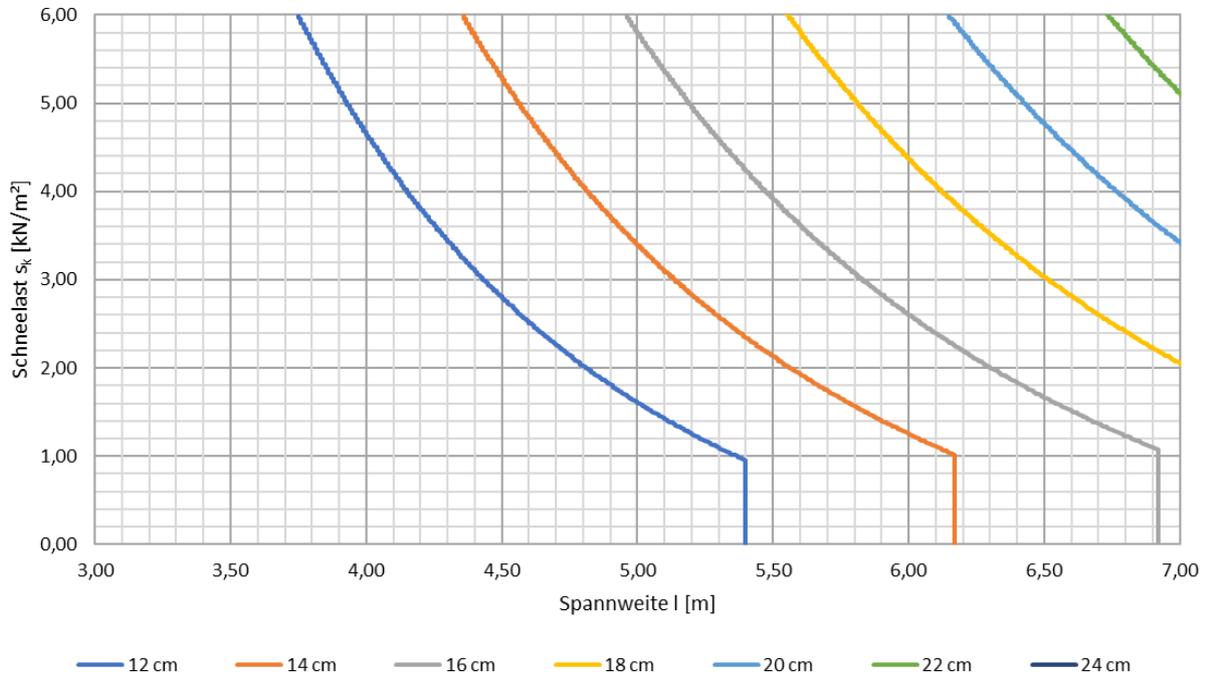
1.8. Vorbemessungsdiagramme ohne Schwingungsanforderung (DK 3)

1.8.1. Lastfall 1 - Nutzlast A oder B (unabhängig von der Art des Deckenaufbaus)

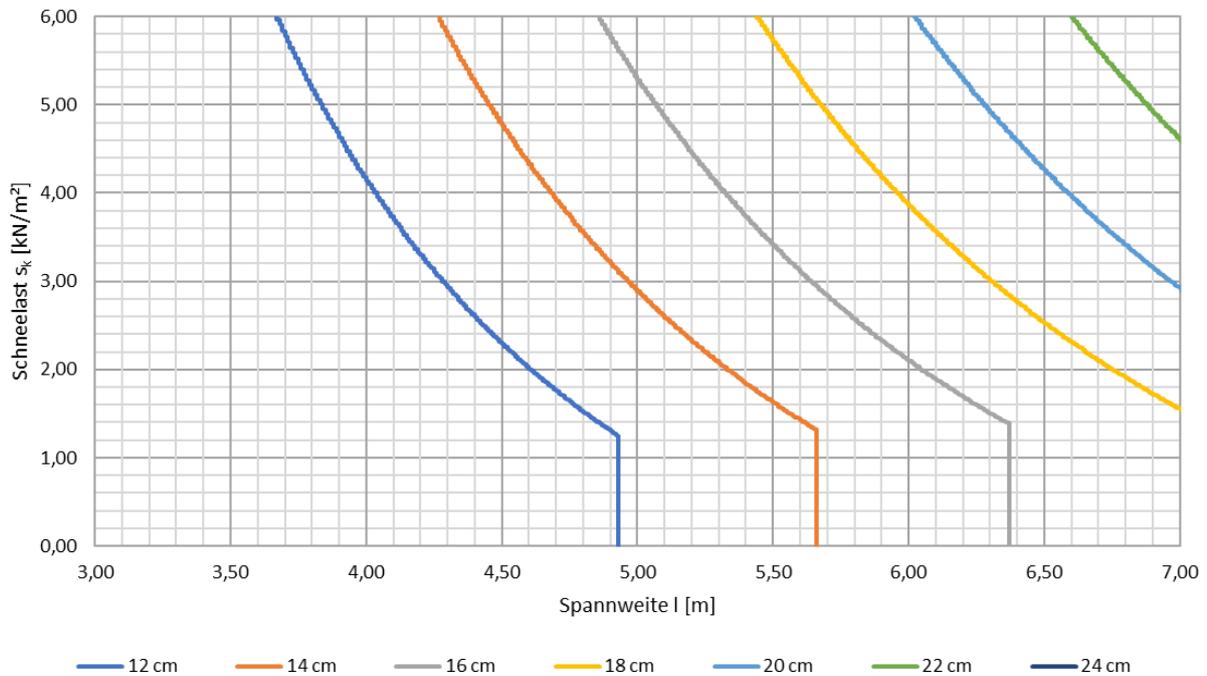


1.8.2. Lastfall 5 - Schnee <1000 m ü. M. (unabhängig von der Art des Dachaufbaus)

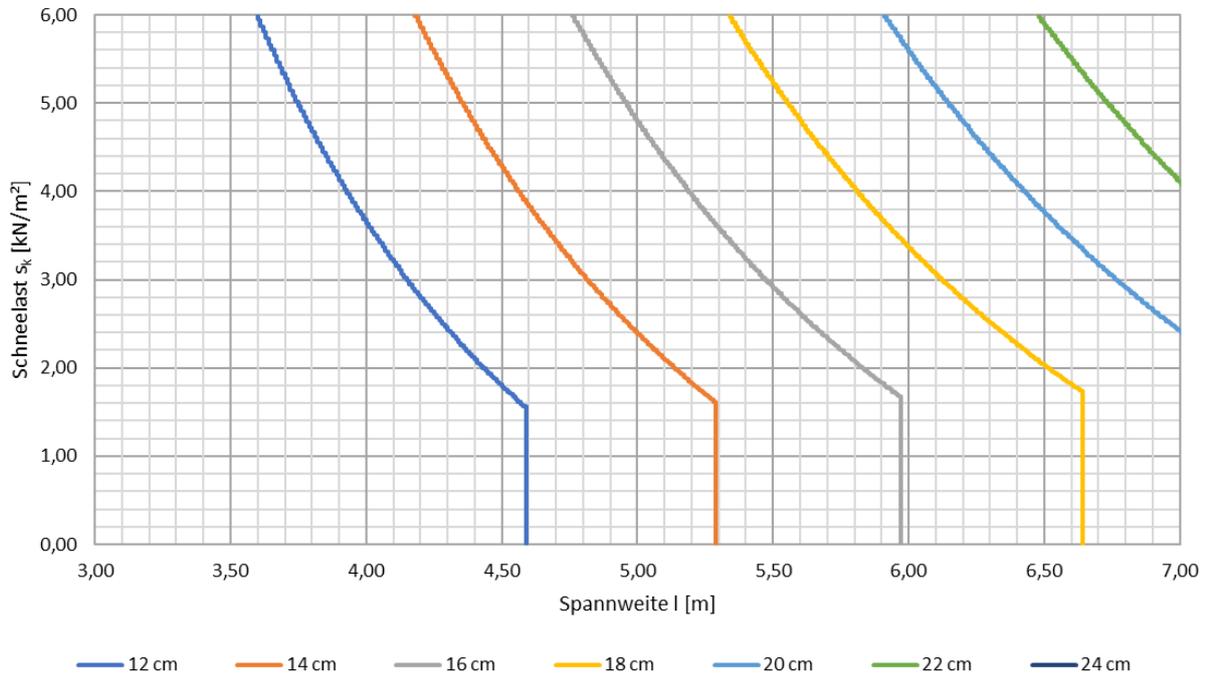
Lastfall 5 - Schneelast <1000 m ü. M. (s_k = variabel)
Ständige Auflast (ohne Last der Decke): $g_{k,2} = 1,00 \text{ kN/m}^2$



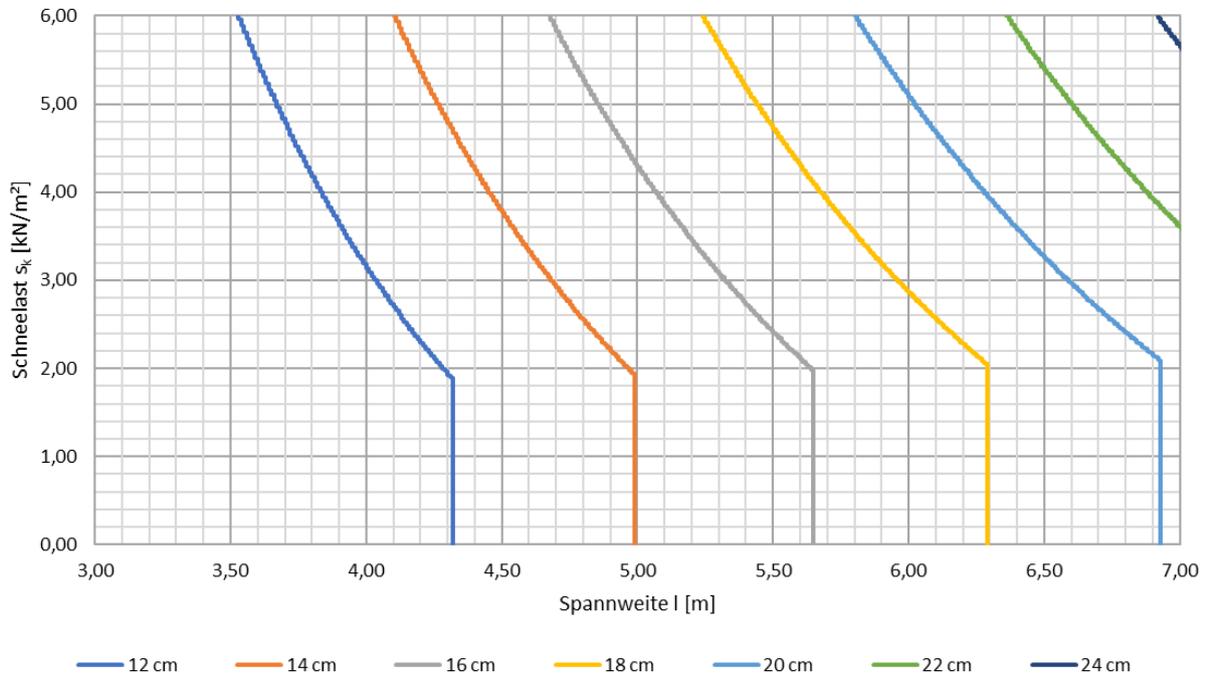
Lastfall 5 - Schneelast <1000 m ü. M. (s_k = variabel)
Ständige Auflast (ohne Last der Decke): $g_{k,2} = 1,50 \text{ kN/m}^2$



Lastfall 5 - Schneelast <1000 m ü. M. (s_k = variabel)
 Ständige Auflast (ohne Last der Decke): $g_{k,2} = 2,00 \text{ kN/m}^2$

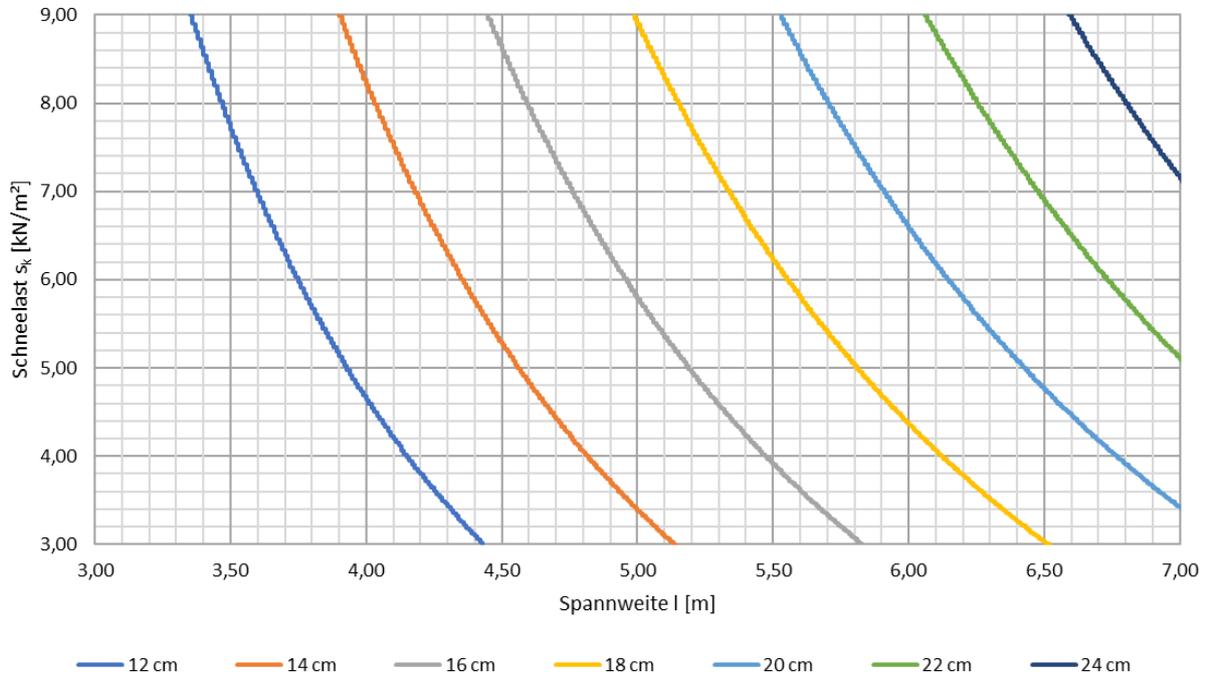


Lastfall 5 - Schneelast <1000 m ü. M. (s_k = variabel)
 Ständige Auflast (ohne Last der Decke): $g_{k,2} = 2,50 \text{ kN/m}^2$

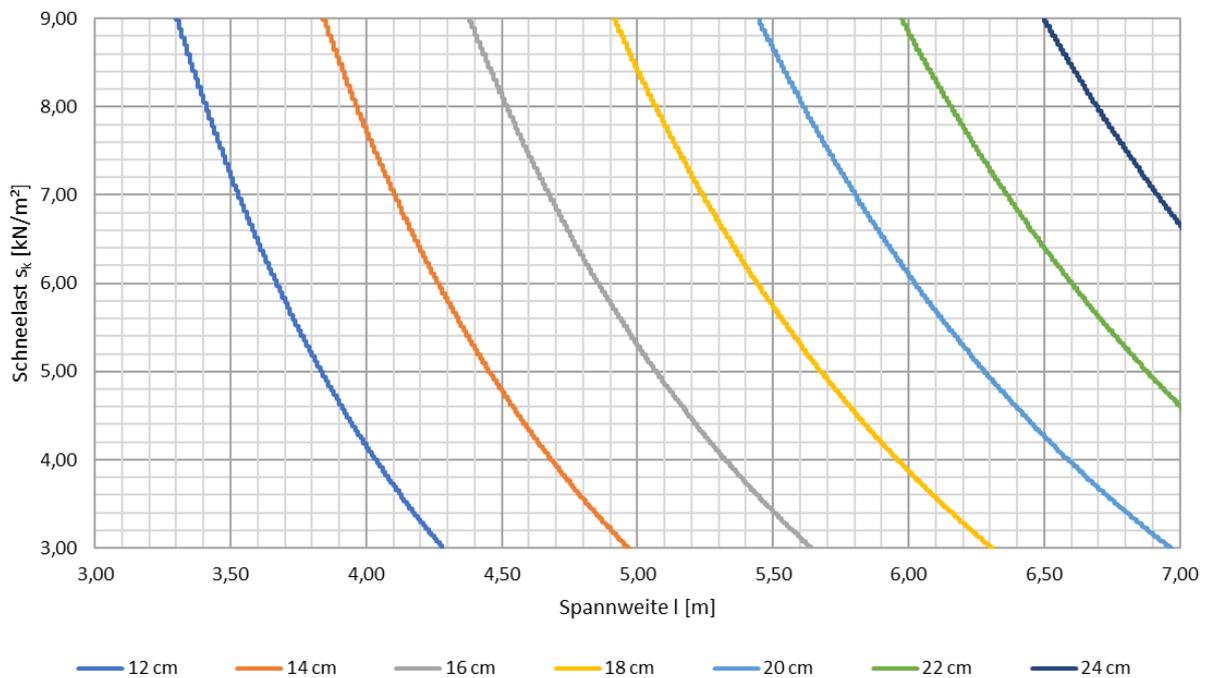


1.8.3. Lastfall 6 - Schnee >1000 m ü. M. (unabhängig von der Art des Dachaufbaus)

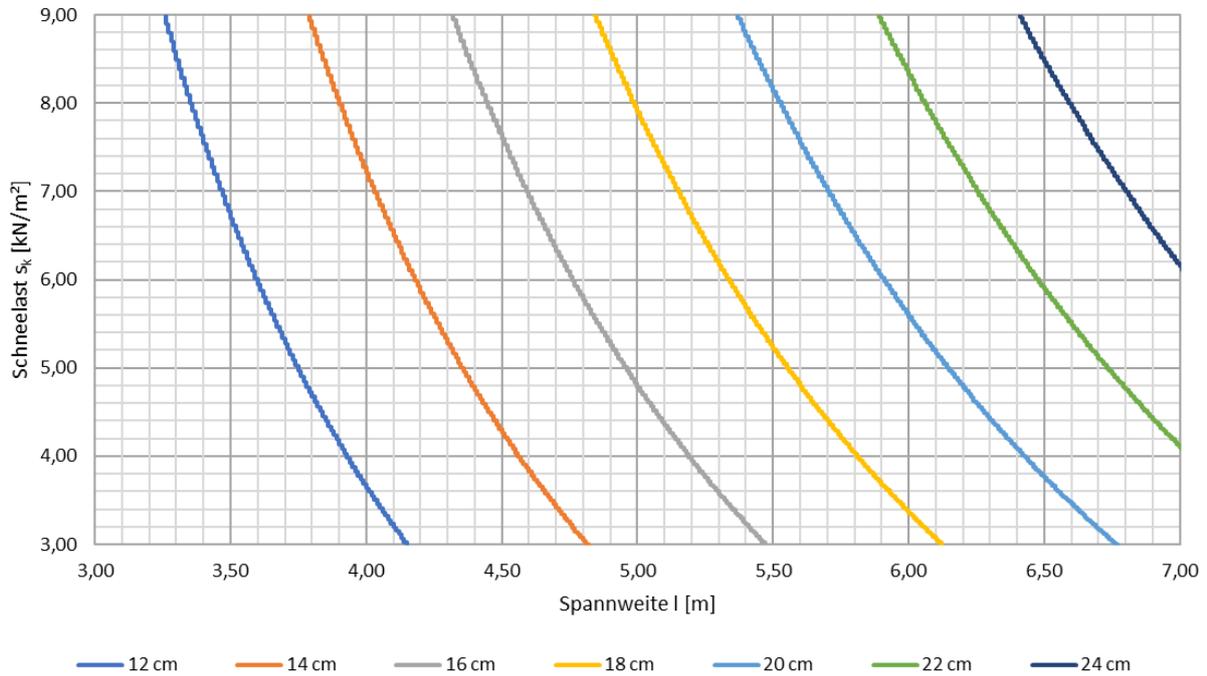
Lastfall 6 - Schneelast >1000 m ü. M. (s_k = variabel)
Ständige Auflast (ohne Last der Decke): $g_{k,2} = 1,00 \text{ kN/m}^2$



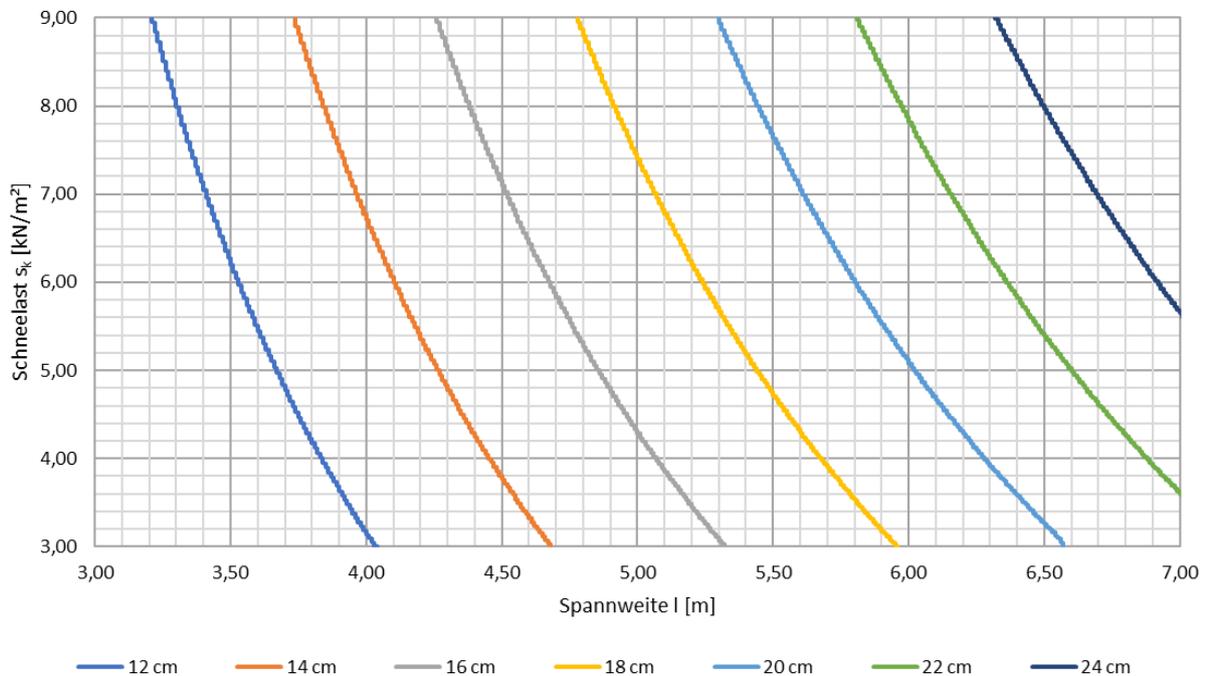
Lastfall 6 - Schneelast >1000 m ü. M. (s_k = variabel)
Ständige Auflast (ohne Last der Decke): $g_{k,2} = 1,50 \text{ kN/m}^2$



Lastfall 6 - Schneelast >1000 m ü. M. ($s_k = \text{variabel}$)
 Ständige Auflast (ohne Last der Decke): $g_{k,2} = 2,00 \text{ kN/m}^2$



Lastfall 6 - Schneelast >1000 m ü. M. ($s_k = \text{variabel}$)
 Ständige Auflast (ohne Last der Decke): $g_{k,2} = 2,50 \text{ kN/m}^2$



1.9. Vermeidung einer Querschnittserhöhung bei Deckenklasse 2

1.9.1. Theoretische Grundlagen

Die Anforderungen an das Schwingungsverhalten hängen vom Einsatzgebiet der Holzkonstruktion (Dach, Decke im Einfamilienwohnhaus, Decke in Bürogebäude...) sowie von persönlichen Empfindungen der Bauleute und der Wirtschaftlichkeit ab.

In diesem Zusammenhang ist folgender Absatz im Eurocode 0 zu finden:

„Für jedes Projekt sollten die Gebrauchstauglichkeitskriterien entsprechend den Nutzungsanforderungen festgelegt und mit dem Bauherrn vereinbart werden.“

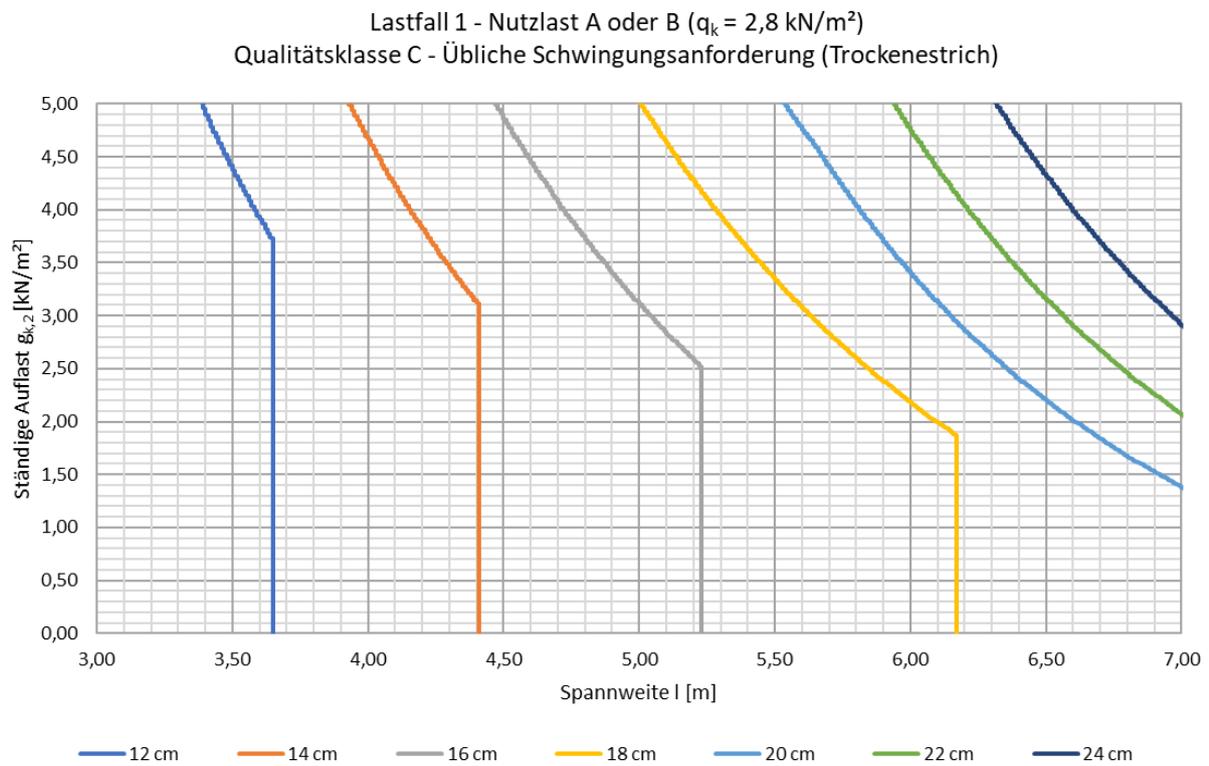
Um Planern eine bessere Beratungshilfe und Vereinbarungsgrundlage mit den Bauleuten zu liefern, wurde ein Informationsblatt von Holzbau Deutschland - Bund deutscher Zimmermeister ausgearbeitet. Dabei wurden in Bezug auf das Schwingungsverhalten anstelle der drei Deckenklassen vier Qualitätsklassen definiert. Und zwar wird für Decken in Einfamilienhäusern die Einhaltung der Qualitätsklasse C empfohlen. Dabei sind im Vergleich zu Deckenklasse 2 geringere Grenzwerte einzuhalten, wodurch sich größere zulässige Spannweiten ergeben (siehe Diagramm auf Seite 21).

Bei der Erstellung des Angebots ist der Fußbodenaufbau meist nicht bekannt. Daher wird im Zuge der Vorbemessung i. d. R. von einem Nassestrich ausgegangen. Wird dann schlussendlich ein Trockenestrich verbaut, so ist zur Einhaltung derselben Schwingungsanforderung in vielen Fällen eine höherer Deckenquerschnitt nötig. Um dies zu vermeiden kann im Einfamilienhausbau (Deckenklasse 2) die Einhaltung einer geringeren Anforderung (Qualitätsklasse C) mit den Bauleuten vereinbart werden. Die hierfür erforderlichen Grundlagen sind in der nachfolgenden Tabelle angeführt.

Anforderung	Grenzwerte	Empfohlene Nutzung	Beschreibung
Qualitätsklasse C	Frequenz: $f_{1,limit} = 5,6 \text{ Hz}$ $(f_{1,min} = 4,5 \text{ Hz})$ Steifigkeit: $w_{2kN,limit} = 1,5 \text{ mm}$ Beschleunigung: $a_{limit} = 0,10 \text{ m/s}^2$	<ul style="list-style-type: none"> - Decken in Einfamilienhäusern - Decken innerhalb einer Wohneinheit in Mehrfamilienhäusern 	Übliche Anforderungen. <i>Die Schwingungen sind ohne besondere Aufmerksamkeit wahrnehmbar, prägen jedoch nicht das Gesamterscheinungsbild.</i>

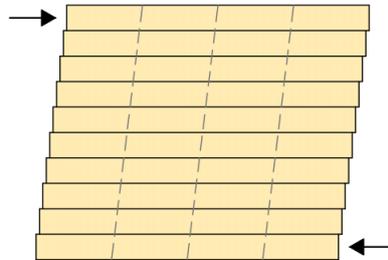
Mithilfe des nachfolgenden Diagramms kann die Bemessung für Trockenaufbauten mit Gipsfaserplatte (min. 2,5 cm; $E = 3.800 \text{ N/mm}^2$) geführt werden. Bei alternativen Bodenaufbauten kann die erforderliche Deckenstärke mit dem hauseigenen Bemessungstool berechnet werden.

1.9.2. Vorbemessungsdiagramm bei üblicher Schwingungsanforderung (QK C)



2. Beanspruchung als Scheibe (Horizontallast)

Die orthogonal zur Spannrichtung angeordneten Laubholzschrauben verleihen der holzius Vollholzdecke aussteifende Eigenschaften. Die Decke kann somit als statische Scheibe zur Abtragung von horizontalen Belastungen wie Wind und Erdbeben eingesetzt werden.



2.1. Einleitung

In diesem Kapitel wird auf die Scheibenwirkung sowie auf den zugehörigen Nachweis der holzius Vollholzdecke eingegangen.

Die endgültige statische Berechnung muss unter der Verantwortung eines befähigten Ingenieurs oder Technikers erfolgen.

holzius übernimmt keinerlei Haftung für die Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit der in diesem Kapitel bereitgestellten Informationen und Bemessungshilfen.

2.2. Literatur

Die nachfolgenden Bemessungshilfen wurden unter Berücksichtigung folgender Normen und Dokumente erstellt.

- Eurocode 0, 1 & 5
- Europäische Technische Bewertung ETA-17/0745
- Holzbau der Zukunft - Teilprojekt 15 - Flächen aus Brettstapeln, Brettsperrholz und Verbundkonstruktionen - TU München

2.3. Formelzeichen

In diesem Kapitel werden folgende Formelzeichen verwendet.

b Deckenbreite

e_{beam} Achsabstand der Deckenbalken

e_{screw}	Achsabstand der Holzbauschrauben
e_{ws}	Achsabstand der Laubholzschrauben
G_{eff}	Effektives Schubmodul in Scheibenebene
k_{mod}	Modifikationsbeiwert
$K_{ser,ws}$	Verschiebungsmodul der Laubholzschrauben
$k_{ser,ws}$	Verschiebungsmodul der Laubholzschrauben pro m
l	Deckenlänge
$N_{d,max}$	Resultierende Zug- und Druckkraft
q_d	Einwirkende Linienlast (design)
q_k	Einwirkende Linienlast (charakteristisch)
$R_{v,k,screw}$	Scher-Tragfähigkeit der Holzbauschrauben
$r_{v,k,screw}$	Scher-Tragfähigkeit der Holzbauschrauben pro m
$R_{v,k,ws}$	Scher-Tragfähigkeit der Laubholzschrauben
$r_{v,k,ws}$	Scher-Tragfähigkeit der Laubholzschrauben pro m
$t_{d,max}$	Schubfluss (design)
$t_{RB,d,max}$	Schubfluss im Bereich des Randbalkens (design)
$u_{x,k,max}$	Horizontale Deckenverformung in x-Richtung
$u_{y,k,max}$	Horizontale Deckenverformung in y-Richtung
γ_M	Teilsicherheitsbeiwert Vollholz

2.4. Tragwerksentwurf

Im Hinblick auf die horizontale Gebäudeaussteifung zeigt die holzius Vollholzdecke im Vergleich zu Beton oder Brettsperrholzdecken ein weiches Tragverhalten. Daher hat die Steifigkeit der Decke einen wesentlichen Einfluss auf die Lastverteilung der Wände. Weichere Deckenscheiben bewirken durch ihre Nachgiebigkeit, dass die Lastverteilung nur sehr geringfügig von der Steifigkeit der Wand abhängt. Alle Wandelemente müssen dann ziemlich genau den angrenzenden Lasteinzug aufnehmen. Ein Tragkonzept mit Aussteifungskern, wo die Lasten innerhalb der Vollholzdecke über längere Distanzen übertragen werden müssen, ist daher bereits in der Entwurfsphase zu vermeiden. Bei derartigen Gebäuden wird oft zusätzlich eine oberseitige Beplankung (Gipsfaser-, OSB-, Dreischichtplatte), ein Windrispenband oder gar der Einsatz einer Holz-Beton-Verbund-Decke notwendig. Um derartige kostspielige Verstärkungen zu vermeiden, sollte bereits in der Entwurfsphase auf eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Wandscheiben im Grundriss geachtet werden.

Um das globale Tragverhalten bei komplexen Grundrissen (statisch unbestimmt) wirklichkeitsnah beschreiben zu können, ist ein FE-Modell mit Berücksichtigung der Decken- und Wandsteifigkeiten

erforderlich. Erst dann erhält man ein annähernd realistisches Abbild des Last- und Verformungsverhaltens des Gesamtgebäudes.

Bei statisch einfacheren Gebäuden (z.B. Einfamilienhäuser mit kompaktem Grundriss und gleichmäßiger Verteilung der Wandscheiben) sowie geringen Wind- bzw. Erdbebenbelastungen ist eine FE-Modellierung aufgrund des höheren Rechenaufwands i. d. R. nicht notwendig. In solchen Fällen ist meist eine „Handrechnung“ ausreichend. In den nachfolgenden Abschnitten werden die hierfür erforderlichen theoretischen Grundlagen geliefert.

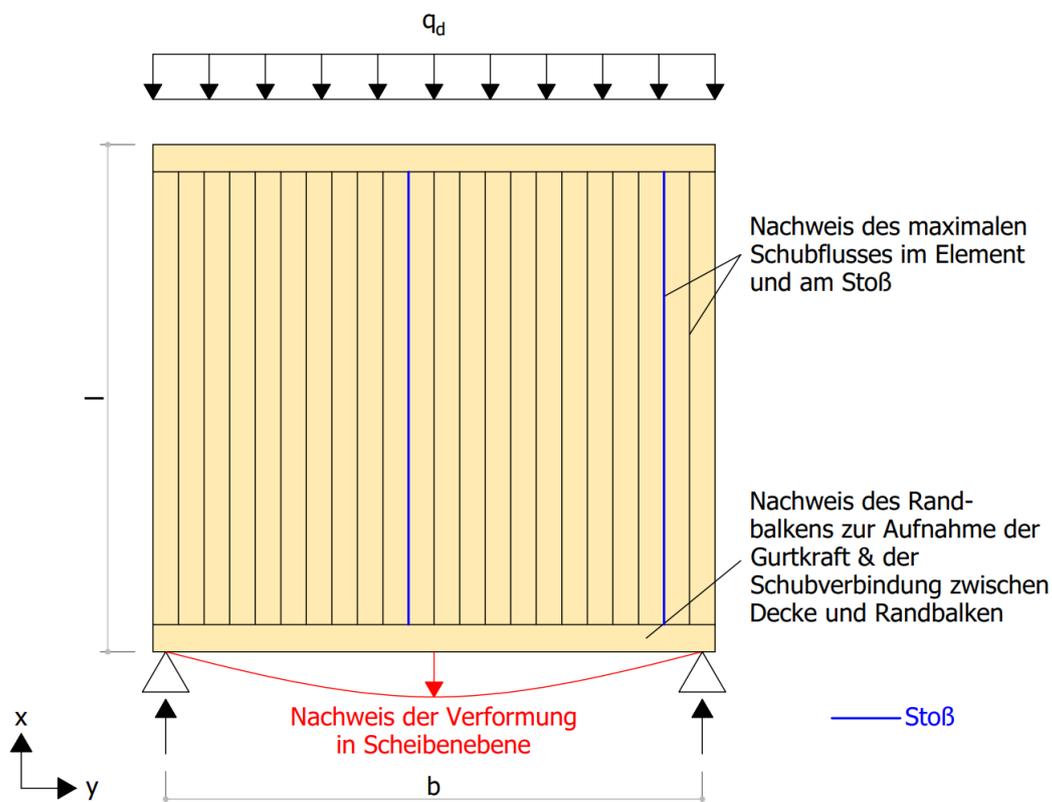
Welches Rechenverfahren schlussendlich für den Nachweis der horizontalen Aussteifung angewendet wird, liegt in der Verantwortung des beauftragten Ingenieurs.

2.5. Bemessung

2.5.1. Eigenschaften der Vollholzdecke in Scheibenebene

Die Scheibensteifigkeit und -tragfähigkeit hängen von der Schraubenanzahl bzw. von den Schraubenabständen ab. Näheres dazu nachfolgend. Zur Kraftübertragung zwischen den einzelnen Deckenelementen müssen diese entlang der Längsstöße bauseits miteinander verschraubt werden.

2.5.2. Scheibenbelastung parallel zur Balkenrichtung



In der Abbildung ist ein Deckenelement unter Scheibenbeanspruchung parallel zu den Balken dargestellt. Zusätzlich sind die notwendigen Nachweisverfahren angegeben.

Nachweis des maximalen Schubflusses im Element

Bei dem dargestellten statischen System stellt sich der maximale Schubfluss in den Elementen in der Fuge der äußersten Deckenbalken ein. Dieser wird wie folgt ermittelt:

$$t_{d,max} = \frac{q_d * b}{2 * l}$$

Der Nachweis lautet:

$$\frac{t_{d,max}}{\left(\frac{k_{mod}}{\gamma_M} * \frac{R_{v,k,ws}}{e_{ws}}\right)} = \frac{t_{d,max}}{\left(\frac{k_{mod}}{\gamma_M} * r_{v,k,ws}\right)} \leq 1,0$$

Nachweis des Schubflusses am Elementstoß

Da die Deckeneinteilung und somit die Position der Elementstöße zum Zeitpunkt der Tragwerksplanung noch nicht bekannt ist, empfiehlt es sich, für die Bemessung des Elementstoßes ebenfalls den maximalen Schubfluss zu verwenden. Der Nachweis lautet:

$$\frac{t_{d,max}}{\left(\frac{k_{mod}}{\gamma_M} * \frac{R_{v,k,screw}}{e_{screw}}\right)} = \frac{t_{d,max}}{\left(\frac{k_{mod}}{\gamma_M} * r_{v,k,screw}\right)} \leq 1,0$$

Nachweis des Randbalkens zur Aufnahme der Gurtkraft

Die aus dem Biegemoment resultierende Zug- und Druckkraft wird von den vorhandenen Randbalken aufgenommen. Diese sind auf folgende Kräfte zu bemessen:

$$N_{d,max} = \frac{q_d * b^2}{8 * l}$$

Stöße der Randbalken sind zugfest auszubilden (z.B. durch 45 ° geneigte Vollgewindeschrauben) und entsprechend nachzuweisen.

Der Anschluss zwischen Randbalken und Deckenelemente ist so zu bemessen, dass die maximale Normalkraft eingeleitet werden kann. Dafür steht ein Bereich von der halben Spannweite zur Verfügung. Der aufzunehmende Schubfluss beträgt demnach:

$$t_{RB,d,max} = \frac{N_{d,max}}{\left(\frac{b}{2}\right)} = \frac{q_d * b}{4 * l}$$

Weiters ist sicherzustellen, dass dieser Schubfluss zusammen mit eventuellen Kräften aus den darüberliegenden Geschossen sicher über die Wände bis in den Untergrund geleitet wird.

Nachweis der Deckenverformung in Scheibenebene

Die horizontale Verformung der Deckenscheibe kann vereinfacht aus der Schubverformung ermittelt werden:

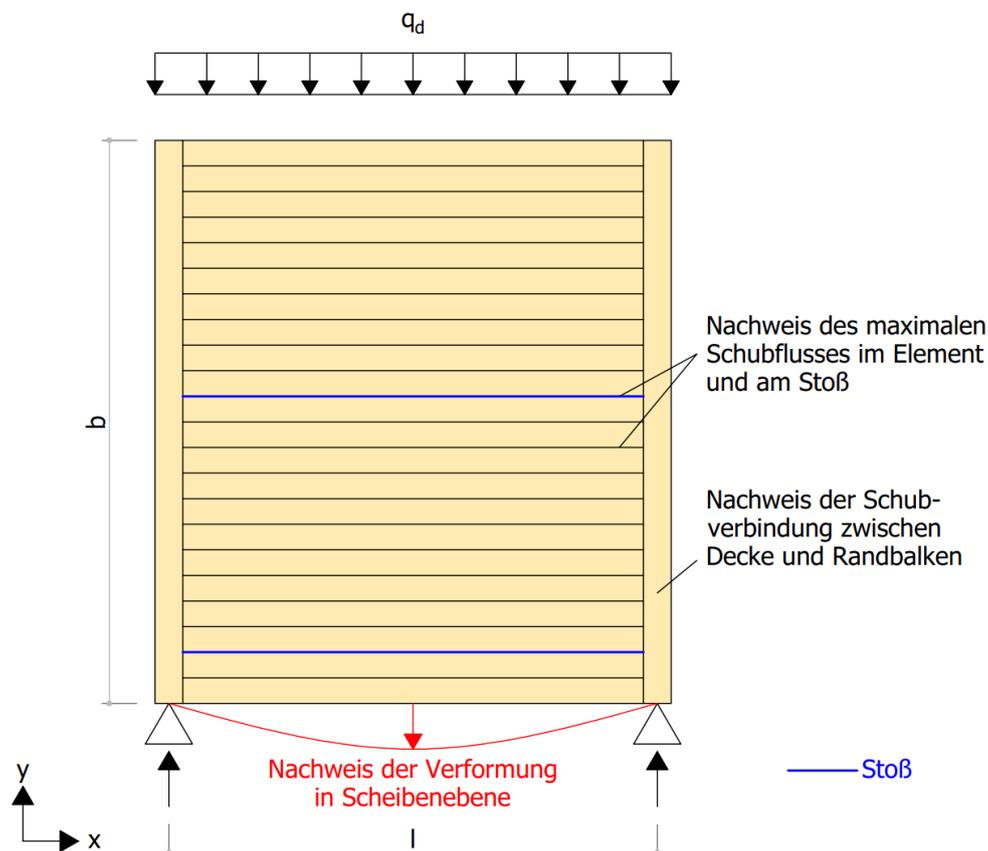
$$u_{x,k,max} = \frac{q_k * b^2}{8 * l} * \frac{e_{ws}}{K_{ser,ws} * e_{beam}} = \frac{q_k * b^2}{8 * l * e_{beam}} * \frac{1}{k_{ser,ws}}$$

Der Achsabstand der Deckenbalken e_{beam} beträgt 112 mm.

Beim Nachweis ist sicherzustellen, dass die normativ zulässigen Grenzwerte nicht überschritten werden.

2.5.3. Scheibenbelastung senkrecht zur Balkenrichtung

Bei einer Belastung in Scheibenebene senkrecht zur Balkenrichtung setzt sich der statisch wirksame Querschnitt aus den vielen nachgiebig verbundenen Einzelbalken zusammen. Eine genaue Bemessung liefert dabei das im Eurocode 5 verankerten GAMMA-Verfahren. Da dieser Nachweis sehr aufwendig ist, können senkrecht zu den Deckenbalken beanspruchte Deckenscheiben grundsätzlich, wie Elemente mit Lasteintragung parallel zu den Balken betrachtet werden. Da die aus dem Biegemoment resultierenden Gurtkräfte durch die Deckenbalken aufgenommen werden können, wären Randbalken nicht zwingend erforderlich. Da diese jedoch einen montage-technischen Vorteil bringen (Randbalken dienen als Montagehilfe für die Wand), werden sie i. d. R. trotzdem vorgesehen.



Nachweis des maximalen Schubflusses im Element sowie am Elementstoß

Der maximale Schubfluss in den Elementen wird unter Annahme einer gleichmäßigen Verteilung der Laubholzschrauben wie folgt ermittelt:

$$t_{d,max} = \frac{q_d * l}{2 * b}$$

Die Laubholzschrauben, die Elementstöße und der Anschluss zum Randbalken (senkrecht zu den Deckenbalken) sind auf diesen maximalen Schubfluss zu bemessen.

Nachweis der Deckenverformung in Scheibenebene

Die einzelnen Elemente wirken als nachgiebig gekoppelte Biegeträger. Wie beschrieben ist die genaue Modellierung dieses komplexen Tragverhaltens der Elemente mit großem Aufwand verbunden. Daher kann die horizontale Verformung der Deckenscheibe ebenfalls vereinfacht aus der Schubverformung wie folgt ermittelt werden:

$$u_{y,k,max} = \frac{q_k * l^2}{8 * b} * \frac{e_{ws}}{K_{ser,ws} * e_{beam}} = \frac{q_k * l^2}{8 * b * e_{beam}} * \frac{1}{k_{ser,ws}}$$

2.5.4. Kennwerte der Vollholzdecke

Die Anzahl der Laubholzschrauben wurde intern fix definiert und kann produktionsbedingt nicht verändert werden. Die Schraubenabstände sind in Balkenrichtung nicht konstant verteilt. Für die Berechnung wird daher als Vereinfachung die Verwendung eines Mittelwerts vorgeschlagen.

Weiters variiert der mittlere Schraubenabstand in Abhängigkeit der Elementlänge. Mit zunehmender Elementlänge erhöht sich im Allgemeinen der Schraubenabstand.

Folgende Tabelle liefert die zur Berechnung notwendigen Kennwerte in Abhängigkeit von der Elementlänge. Die dunkel gefärbten Werte können direkt in obige Formeln eingesetzt werden.

		Geometrie		SLS		ULS
		Elementlänge	Mittlerer Achsabstand Schrauben	Steifigkeit in der Fuge pro Meter	Steifigkeit des Elements pro Meter	Char. Tragfähigkeit pro Meter
		l	e _{ws}	k _{v,ser,ws} = K _{v,ser,ws} /e _{ws}	G _{eff} * t	r _{v,k,ws} = R _{v,k,ws} /e _{ws}
		[m]	[m]	[kN/m ²]	kN/m	[kN/m]
Auf Anfrage		9,00	0,60	5000	622	12,92
		8,90	0,59	5056	629	13,06
		8,80	0,59	5114	636	13,21
		8,70	0,58	5172	644	13,36
		8,60	0,57	5233	651	13,52

Standardlänge	8,50	0,61	4941	615	12,76
	8,40	0,60	5000	622	12,92
	8,30	0,59	5060	630	13,07
	8,20	0,59	5122	637	13,23
	8,10	0,58	5185	645	13,40
	8,00	0,62	4875	607	12,59
	7,90	0,61	4937	614	12,75
	7,80	0,60	5000	622	12,92
	7,70	0,59	5065	630	13,08
	7,60	0,58	5132	639	13,26
	7,50	0,58	5200	647	13,43
	7,40	0,57	5270	656	13,61
	7,30	0,56	5342	665	13,80
	7,20	0,55	5417	674	13,99
	7,10	0,55	5493	684	14,19
	7,00	0,54	5571	693	14,39
6,90	0,53	5652	703	14,60	
6,80	0,52	5735	714	14,82	
6,70	0,52	5821	724	15,04	
6,60	0,51	5909	735	15,27	
6,50	0,50	6000	747	15,50	
6,40	0,49	6094	758	15,74	
6,30	0,48	6190	770	15,99	
6,20	0,48	6290	783	16,25	
6,10	0,47	6393	796	16,52	
6,00	0,46	6500	809	16,79	
5,90	0,45	6610	823	17,08	
5,80	0,45	6724	837	17,37	
5,70	0,44	6842	851	17,68	
5,60	0,43	6964	867	17,99	
5,50	0,55	5455	679	14,09	
5,40	0,54	5556	691	14,35	
5,30	0,53	5660	704	14,62	
5,20	0,52	5769	718	14,90	
5,10	0,51	5882	732	15,20	
5,00	0,50	6000	747	15,50	
4,90	0,49	6122	762	15,82	
4,80	0,48	6250	778	16,15	
4,70	0,47	6383	794	16,49	
4,60	0,46	6522	812	16,85	
4,50	0,50	6000	747	15,50	
4,40	0,49	6136	764	15,85	
4,30	0,48	6279	781	16,22	
4,20	0,47	6429	800	16,61	
4,10	0,46	6585	820	17,01	
4,00	0,44	6750	840	17,44	

3,90	0,43	6923	862	17,88
3,80	0,42	7105	884	18,36
3,70	0,41	7297	908	18,85
3,60	0,40	7500	933	19,38
3,50	0,39	7714	960	19,93
3,40	0,38	7941	988	20,51
3,30	0,37	8182	1018	21,14
3,20	0,36	8438	1050	21,80
3,10	0,34	8710	1084	22,50
3,00	0,43	7000	871	18,08
2,90	0,41	7241	901	18,71
2,80	0,40	7500	933	19,38
2,70	0,39	7778	968	20,09
2,60	0,37	8077	1005	20,87
2,50	0,42	7200	896	18,60
2,40	0,40	7500	933	19,38
2,30	0,38	7826	974	20,22
2,20	0,37	8182	1018	21,14
2,10	0,35	8571	1067	22,14
2,00	0,40	7500	933	19,38
1,90	0,38	7895	982	20,39
1,80	0,36	8333	1037	21,53
1,70	0,34	8824	1098	22,79
1,60	0,32	9375	1167	24,22
1,50	0,38	8000	996	20,67
1,40	0,35	8571	1067	22,14
1,30	0,33	9231	1149	23,85
1,20	0,30	10000	1244	25,83
1,10	0,28	10909	1358	28,18

Die Scheibensteifigkeit wird wie folgt berechnet. Die spezifischen Produktkennwerte sind in der ETA-17/0745 zu finden.

$$G_{eff} * t = \frac{K_{v,ser,ws} * b}{e_{ws} * \left(\frac{b}{b_{beam}} - 1 \right)}$$

Die angegebenen Werte wurden unter Verwendung von $b = 10 * b_{beam}$ (=Elementbreite) berechnet.

2.5.5. Kennwerte der Vollholzdecke (Vereinfachung)

Um im Zuge der Vorbemessung den Rahmen nicht zu sprengen, wird mit folgender Tabelle eine Vereinfachung geboten.

So kann für eine bestimmte Deckenebene (Decke über Erdgeschoss) die maximal vorhandene Elementlänge bestimmt werden und aus der Tabelle die entsprechenden Scheibeneigenschaften entnommen werden. Die realen Kennwerte sind somit größer als jene die bei der Bemessung angesetzt werden, da i. d. R. die Elementlängen variieren und auch kürzere Elemente verbaut werden. Somit liegt man also auf der sicheren Seite.

Falls die Elementlänge innerhalb einer Deckenebene stark variiert, kann diese Herangehensweise sehr konservative Ergebnisse liefern. Falls sich die Nachweise in diesem Fall nicht ausgehen, sollte dann eine genauere Berechnung mit obiger Tabelle angestrebt werden.

		Geometrie		SLS		ULS
		Max. vorhandene Elementlänge	Max. mittlerer Achsabstand Schrauben	Min. Steifigkeit in der Fuge pro Meter	Min. Steifigkeit des Elements pro Meter	Min. char. Tragfähigkeit pro Meter
		l_{max}	$e_{ws,max}$	$k_{v,ser,ws} = K_{v,ser,ws}/e_{ws}$	$G_{eff} * t$	$r_{v,k,ws} = R_{v,k,ws}/e_{ws}$
		[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m]
Auf Anfrage		9,00	0,62	4875	607	12,59
		8,50	0,62	4875	607	12,59
		8,00	0,62	4875	607	12,59
		7,50	0,58	5200	647	13,43
Standardlänge		7,00	0,55	5455	679	14,09
		6,50	0,55	5455	679	14,09
		6,00	0,55	5455	679	14,09
		5,50	0,55	5455	679	14,09
		5,00	0,50	6000	747	15,50
		4,50	0,50	6000	747	15,50
		4,00	0,44	6750	840	17,44
		3,50	0,43	7000	871	18,08
		3,00	0,43	7000	871	18,08
		2,50	0,42	7200	896	18,60
		2,00	0,40	7500	933	19,38
	1,50	0,38	8000	996	20,67	

Die max. Elementlängen im Einfamilienhausbau bewegen sich i. d. R. zwischen 4,00 m und 7,00 m. Innerhalb dieses Bereichs variieren die Werte nur sehr geringfügig.

3. Aussparungen

Aufgrund der Nut- und Kammverbindung sowie der Holzschrauben besitzen die Decken- und Dachelemente zusätzlich mechanische Eigenschaften in Querrichtung. Dadurch lassen sich kleinere Deckendurchbrüche ohne Verstärkungen realisieren. Bei größeren Öffnungen ist die Anordnung von Wechselbalken erforderlich.

Gerne stehen wir Sie hierzu im Zuge der Planung beratend zur Seite.

4. Punkt- und Linienlasten

Aufgrund der Nut- und Kammverbindung sowie der Holzschrauben besitzen die Decken- und Dachelemente zusätzlich mechanische Eigenschaften in Querrichtung. Bei Einleitung von konzentrierten Lasten orthogonal zur Deckenebene gilt:

- Linienlasten (parallel zur Richtung der Deckenbalken):
Kleinere Lasten (z.B. nicht tragende Wände) können durch die querverteilende Wirkung der Decke aufgenommen werden. Bei größeren Einwirkungen sind i. d. R. Verstärkungsmaßnahmen (z.B. Träger) notwendig.
- Linienlasten (quer zur Richtung der Deckenbalken):
Derartige Belastungen sind i. d. R. kein Problem, da sich die Last auf mehrere Balken verteilt. Die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit der Decke müssen aber auf alle Fälle von einem Ingenieur überprüft werden.
- Punktlasten:
Bei Punktlasten reicht die Tragfähigkeit der Decke meist nicht aus, weshalb Verstärkungsmaßnahmen (z.B. Träger, lastverteilende Elemente im Fußbodenaufbau) notwendig sind.

Gerne stehen wir Sie hierzu im Zuge der Planung beratend zur Seite.