



DIPLOMARBEIT

Master Thesis

Holzleichtbeton-Verbundbauweise - eine wirtschaftliche Vergleichsbetrachtung zu herkömmlichen Deckensystemen

ausgeführt am Institut für
Architekturwissenschaften, Tragwerksplanung und Ingenieurholzbau

zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

Ass.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Alireza Fadai

und

o. Univ. Prof. DDI Wolfgang Winter

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Manuel Stanzel, BSc.

Matr.Nr.: 0925646

Linke Wienzeile 80/12

A - 1060 Wien

Wien, am 11.10.2016

Finis coronat opus.
Das Ende krönt das Werk.

- Ovid

Danksagung¹

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen bedanken, die mich während meines Studiums und bei der Erstellung meiner Diplomarbeit tatkräftig unterstützt haben.

Besonderer Dank gilt dabei Herrn o. Univ. Prof. DDI Wolfgang Winter und Herrn Ass.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Alireza Fadai, die mir diese Diplomarbeit ermöglicht haben und mit ihrem Fachwissen stets zur Seite standen.

Die Erstellung dieser Arbeit war nur durch Zusammenarbeit mit einigen Unternehmen und deren Fachleuten möglich. Ich möchte mich besonders bei allen Experten bedanken, die durch ihr Wissen, ihre Erfahrungen und ihre Unterstützung einen wesentlichen Beitrag zu dieser Arbeit leisteten.

Ich möchte mich außerdem bei allen Freunden, Kollegen und Wegbegleitern für eine unvergessliche Studienzeit bedanken. Besonders hervorheben möchte ich dabei Matthias Hübsch, Arman Masic und Filip Köhler.

Abschließend möchte ich meinen größten Dank an meine gesamte Familie richten, welche mich stets während des Studiums unterstützt und mir Rückhalt gegeben haben. Besonderer Dank gilt meinen Eltern, Sabine und Gerhard, die mir dieses Studium erst ermöglicht und mich sowohl moralisch als auch finanziell immer unterstützt haben.

¹Genderhinweis:

Der Autor legt großen Wert auf Diversität und Gleichbehandlung. Im Sinne einer besseren Lesbarkeit wurde jedoch oftmals entweder die maskuline oder feminine Form gewählt. Dies impliziert keinesfalls eine Benachteiligung des jeweils anderen Geschlechts.

Kurzfassung

Die vorliegende Diplomarbeit entstand im Rahmen des von dem FWF (Wissenschaftsfonds) geförderten Forschungsprojekts *WooCon „Wood-based concrete: building construction with composite elements of wood-concrete compound and timber“*. Im Zuge dessen wurden vom Institut für Tragwerksplanung und Ingenieurholzbau (ITI) der Technischen Universität Wien Verbundsysteme in ökologischer Holzleichtbeton-Verbundbauweise entwickelt.

Ziel dieser Arbeit ist es, ein am ITI entwickeltes Holzleichtbeton-Verbunddeckensystem mit konventionellen Deckensystemen im Hochbau zu vergleichen und dessen wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit zu untersuchen. Unter Einbehaltung gesetzter Rahmenbedingungen sollen die verschiedenen Deckenkonstruktionen auf wirtschaftlicher Basis gegenübergestellt und mit ihren ökologischen und bauphysikalischen Aspekten ganzheitlich betrachtet werden. Die Deckensysteme werden zudem in Abhängigkeit verschiedener Spannweiten untersucht und die jeweils anfallenden Kosten verglichen.

Um dieses Ziel zu erreichen, sind eingangs in Kapitel 2 die Grundlagen der Holzleichtbeton-Verbundbauweise erörtert. Damit der zu untersuchenden Rahmen dieser Arbeit abgegrenzt wird, sind danach die Randbedingungen für die Vergleichsbetrachtung festgelegt. Die verschiedenen Deckensysteme werden in Abhängigkeit unterschiedlicher Spannweiten vorbemessen und mit den daraus resultierenden Bauteildicken einer bauphysikalischen und ökologischen Untersuchung unterzogen. Die Deckenkonstruktionen werden anschließend in Abhängigkeit ihrer Spannweiten auf wirtschaftlicher Basis untersucht. Dazu werden die Einzelkosten der Deckenherstellung ermittelt und tabellarisch abgebildet. Die Ergebnisse der bauphysikalischen und ökologischen Untersuchung werden abschließend mit den kalkulierten Kosten ganzheitlich betrachtet und bewertet.

Die Auswertung der Ergebnisse zeigt, dass die Holzleichtbeton-Verbunddecke durchaus eine gelungene Alternative zu konventionellen Deckensystemen sein kann. Voraussetzung hierfür wäre jedoch eine bedeutend günstigere Variante der Zwischenschicht aus Holzbeton im Gegensatz zu den am Markt erhältlichen Produkten. Unter dieser Prämisse kann diese Bauweise vor allem mit der konventionellen Holz-Beton-Verbunddecke in allen untersuchten Bereichen konkurrieren. Die Analyse zeigt jedoch auch, dass keines der untersuchten Holz- bzw. Verbunddeckensysteme hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit mit einer Stahlbetondecke, sowohl in Ortbetonbauweise als auch in Halbfertigbauweise, konkurrieren kann.

Abstract

The present master thesis was created within the scope of the research project *WooCon „Wood-based concrete: building construction with composite elements of wood-concrete compound timber“* sponsored by the FWF (science fund).

In the course of this project, the department of structural engineering and timber engineering (ITI) developed composite construction by using a compound system out of ecological timber and wood-based concrete.

The main objective of the following thesis is to compare the economic efficiency of composite elements of wood-concrete compound timber, developed at ITI with conventional ceiling systems. Under specified conditions the different ceiling systems are opposed on economic efficiency, as well as their aspects of ecological and physical construction. Moreover, the ceiling systems are examined depending on different spans and their respective costs are compared.

To achieve this goal, the basics of composite elements of wood-concrete compound timber are discussed at the beginning. Then the boundary conditions for the comparison are chosen in order to limit the scope of this thesis. The ceiling systems are calculated depending on the different spans and the resulting component thicknesses are examined on the basis of their physical construction and ecological aspects. Depending on their spans the ceiling constructions are then scrutinized for economic efficiency. For this purpose, the individual costs of the ceiling systems are determined and listed tabular.

Finally, the outcome of the physical construction and ecological examination is considered and valued with the individual costs.

The analysis has shown that composite elements of wood-concrete compound timber is a successful alternative to the conventional ceiling systems. However, the main condition for this would be a substantial cheaper version of the intermediate layer made out of wood-concrete, compared to available products on the market. Based on this assumption the construction method can compete against the conventional timber-concrete composite slab in all investigated ranges. Nevertheless, the analysis has shown that none of the timber or composite slabs can compete with a reinforced-concrete ceiling in terms of their economic efficiency.

Verzeichnisse

Inhaltsverzeichnis

DANKSAGUNG	V
KURZFASSUNG	VII
ABSTRACT	IX
VERZEICHNISSE	XI
Inhaltsverzeichnis	XI
Abkürzungsverzeichnis	XIII
Abbildungsverzeichnis	XIV
Tabellenverzeichnis	XIV
Grafikverzeichnis	XVI
1 EINLEITUNG	1
1.1 Problemstellung und Zielsetzung	1
1.2 Vorgehensweise	2
2 GRUNDLAGEN HOLZLEICHTBETON-VERBUNDBAUWEISE	3
2.1 System, Tragverhalten	3
2.2 Materialien	5
3 RANDBEDINGUNGEN UND VERGLEICHSPARAMETER	25
3.1 Ökologie und Lebenszyklus	27
3.2 Brandschutz	28
3.3 Schallschutz	32
3.4 Wärmeschutz	37
3.5 Belastungsannahmen	40
3.6 Statisches System - Spannweite	43
3.7 Schwingungsanfälligkeit	44
3.8 Zusammenfassung der Randbedingungen	45
4 WIRTSCHAFTLICHE ANALYSE AUSGEWÄHLTER DECKENSYSTEME	47
4.1 Vorgehensweise	47
4.2 Kostenkomponenten	51
4.3 Ortbetondecke	58
4.4 Elementdecke - Teilfertigdecke	68
4.5 Brettspertholzdecke	78
4.6 Holz-Beton-Verbunddecke	84
4.7 Holzleichtbeton-Verbunddecke	97
4.8 Spezialfall - kreuzweise gespannte Ortbetondecke	111
5 GEGENÜBERSTELLUNG UND AUSWERTUNG	119
5.1 Kostenanteile Ortbetondecke	128
5.2 Kostenanteile Elementdecke	129

5.3	Kostenanteile Brettsper Holzdecke.....	130
5.4	Kostenanteile Holz-Beton-Verbunddecke	131
5.5	Kostenanteile Holzleichtbeton-Verbunddecke.....	132
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....	135
7	EXKURS: ALTERNATIVE HERANGEHENSWEISE DER VERGLEICHSBETRACHTUNG (GLEICHE SCHALLSCHUTZQUALITÄTEN).....	139
8	LITERATURVERZEICHNIS	145
9	NORMENVERZEICHNIS.....	151
10	ANHANG.....	153
10.1	Anhang A - Deckenbemessung.....	153
10.2	Anhang B - Bauphysikalische Bemessung.....	291
10.3	Anhang C - Ökologische Bemessung	293
11	EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG	309

Abkürzungsverzeichnis

etc.	et cetera	SVB	Selbstverdichtender Beton
Abb.	Abbildung	SCC	self-compacting concrete
u.a.	unter anderem	W/Z	Wasser/Zement
ca.	circa = ungefähr	W/B	Wasser/Bindemittel
d.h.	das heißt	HBV	Holz-Beton-Verbund
o.a.	oben angeführt / angegeben	OIB	Österreichisches Institut für Bautechnik
o.Ä.	oder Ähnliches		
vgl.	vergleiche	LV	Leistungsverzeichnis
idR	in der Regel	AW	Aufwandswert
inkl.	inklusive	MLK	Mittellohnkosten
BSP	Brettsperrholz	CZ	Tschechische Republik
HLB	Holzleichtbeton	AUT	Österreich

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1: Aufbau Holzleichtbeton-Verbundbauweise [2].....	4
Abb. 2.2: 3- und 7- schichtige Brettsperrholzplatte [7].....	6
Abb. 2.3: Holzspan-Dämmplatte der Firma <i>Cetris</i> [12].....	10
Abb. 2.4: Holzwolleleichtbauplatten [13].....	11
Abb. 2.5: Holzspanbeton als Mantelstein und Dämmplatte [14].....	12
Abb. 2.6: Vergleich der Zusammensetzung eines konventionellen Rüttelbetons und eines selbstverdichtenden Betons (W: Wasser; B: Bindemittel; Z: Zement; S: Sand bzw. Feinteile; G: grobe Gesteinskörnung) [17].....	14
Abb. 2.7: TiComTec HBV - Schubverbinder [24].....	18
Abb. 2.8: Kerfen in einem Brettstapelelement [28].....	19
Abb. 2.9: Verschraubungsmuster der <i>Timco II Schrauben</i> [20].....	20
Abb. 2.10: SFS Schraube <i>WR-T 9 x L</i> [29].....	21
Abb. 2.11: SFS Schraube <i>WR-T 13 x L</i> [29].....	21
Abb. 2.12: SFS Schraube <i>WT-T d x L</i> [29].....	21
Abb. 3.1: Lebenszyklusphasen [34].....	27
Abb. 3.2: Wege des Körperschalls nach Trittschallanregung einer Trenndecke [46].....	35
Abb. 3.3: Fußbodenaufbau. Erstellt mit U-Wert.net.....	41
Abb. 4.1: Kostengliederung nach ÖNORM B 2061 [52].....	52
Abb. 4.2: Deckenaufbau Ortbetondecke am Beispiel 6m Spannweite. Erstellt mit U-Wert.net.....	59
Abb. 4.3: Deckenaufbau Elementdecke am Beispiel 6m Spannweite. Erstellt mit U-Wert.net.....	68
Abb. 4.4: Detailauszug Elementdeckenplan eines Fertigteilwerks [52].....	70
Abb. 4.5: Deckenaufbau Brettsperrholzdecke am Beispiel 6m Spannweite. Erstellt mit U-Wert.net.....	78
Abb. 4.6: Deckenaufbau Holz-Beton-Verbunddecke am Beispiel 6m Spannweite. Erstellt mit U-Wert.net.....	85
Abb. 4.7: Deckenaufbau Holzleichtbeton-Verbunddecke am Beispiel 6m Spannweite. Erstellt mit U-Wert.net.....	97

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1: Materialspezifische Kenndaten von Holzleichtbeton [10].....	9
Tab. 3.1: Inkrafttreten der OIB-Richtlinien 2015 in den einzelnen Bundesländern - Stand: Jänner 2016 [32].....	26
Tab. 3.2: Allgemeine Anforderungen an den Feuerwiderstand von Bauteilen [39].....	31
Tab. 3.3: Mindest erforderliche Luftschalldämmung in Gebäuden [43].....	34
Tab. 3.4: Mindestanforderungen an den Trittschallschutz in Gebäuden [43].....	36
Tab. 3.5: Klassifizierung des Trittschallschutzes (Auszug der Tabelle) [45].....	37
Tab. 3.6: Anforderungen an wärmeübertragende Bauteile [48].....	39
Tab. 3.7: Lastaufstellung der Geschoßdecken [52].....	42
Tab. 3.8: Zusammenfassung der Randbedingungen [52].....	45
Tab. 4.1: Bauphysikalische und ökologische Kennwerte Ortbetondecke [52].....	59

Tab. 4.2: K7-Kalkulation Ortbetondecke mit Materialkosten aus Herstellerangaben (Spannweite 6m) [52]	63
Tab. 4.3: K7-Kalkulation Ortbetondecke mit Materialkosten von ausführenden Unternehmen (Spannweite 6m) [52].....	65
Tab. 4.4: Gesamtkosten Ortbetondecke mit Materialkosten aus Herstellerangaben [52]	66
Tab. 4.5: Gesamtkosten Ortbetondecke mit Materialkosten von ausführenden Unternehmen [52].....	67
Tab. 4.6: Bauphysikalische und ökologische Kennwerte Elementdecke [52].....	69
Tab. 4.7: K7-Kalkulation Elementdecke mit Materialkosten aus Herstellerangaben (Spannweite 6m) [52]	73
Tab. 4.8: K7-Kalkulation Elementdecke mit Materialkosten von ausführenden Unternehmen (Spannweite 6m) [52].....	75
Tab. 4.9: Gesamtkosten Elementdecke mit Materialkosten aus Herstellerangaben [52]	76
Tab. 4.10: Gesamtkosten Elementdecke mit Materialkosten von ausführenden Unternehmen [52].....	77
Tab. 4.11: Bauphysikalische und ökologische Kennwerte Brettsperrholzdecke [52]	79
Tab. 4.12: K7-Kalkulation Brettsperrholzdecke mit Materialkosten aus Herstellerangaben (Spannweite 6m) [52]	82
Tab. 4.13: K7-Kalkulation Brettsperrholzdecke mit Materialkosten von ausführenden Unternehmen (Spannweite 6m) [52].....	83
Tab. 4.14: Gesamtkosten Brettsperrholzdecke mit Materialkosten aus Herstellerangaben [52]	83
Tab. 4.15: Gesamtkosten Brettsperrholzdecke mit Materialkosten von ausführenden Unternehmen [52].....	84
Tab. 4.16: Bauphysikalische und ökologische Kennwerte Holz-Beton-Verbunddecke [52]	86
Tab. 4.17: K7-Kalkulation Holz-Beton-Verbunddecke mit Materialkosten aus Herstellerangaben (Spannweite 6m) [52]	91
Tab. 4.18: K7-Kalkulation Holz-Beton-Verbunddecke mit Materialkosten von ausführenden Unternehmen (Spannweite 6m) [52].....	93
Tab. 4.19: Gesamtkosten Holz-Beton-Verbunddecke mit Materialkosten aus Herstellerangaben [52]	95
Tab. 4.20: Gesamtkosten Holz-Beton-Verbunddecke mit Materialkosten von ausführenden Unternehmen [52].....	96
Tab. 4.21: Bauphysikalische und ökologische Kennwerte Holzleichtbeton-Verbunddecke [52]	98
Tab. 4.22: K7-Kalkulation Holzleichtbeton-Verbunddecke mit Materialkosten aus Herstellerangaben (Spannweite 6m) [52]	105
Tab. 4.23: K7-Kalkulation Holzleichtbeton-Verbunddecke mit Materialkosten von ausführenden Unternehmen, sowie einer selbst hergestellten HLB-Zwischenschicht (Spannweite 6m) [52]	107
Tab. 4.24: Gesamtkosten Holzleichtbeton-Verbunddecke mit Materialkosten aus Herstellerangaben [52]	109
Tab. 4.25: Gesamtkosten Holzleichtbeton-Verbunddecke mit Materialkosten von ausführenden Unternehmen, sowie einer selbst hergestellten HLB-Zwischenschicht [52]	110
Tab. 4.26: K7-Kalkulation Ortbetondecke kreuzweise gespannt mit Materialkosten aus Herstellerangaben (Spannweite 6m) [52]	113

Tab. 4.27: K7-Kalkulation Ortbetondecke kreuzweise gespannt mit Materialkosten von ausführenden Unternehmen (Spannweite 6m) [52].....	114
Tab. 4.28: Gesamtkosten Ortbetondecke kreuzweise gespannt mit Materialkosten aus Herstellerangaben [52]	115
Tab. 4.29: Gesamtkosten Ortbetondecke kreuzweise gespannt mit Materialkosten von ausführenden Unternehmen [52].....	117
Tab. 5.1: Übersicht Gesamtaufwandswerte der Deckensysteme [52]	122
Tab. 7.1: Ergebnisse Elementdecke alternative Herangehensweise (gleiche Schallschutzqualitäten) [52].....	140
Tab. 7.2: Ergebnisse Brettsperrholzdecke alternative Herangehensweise (gleiche Schallschutzqualitäten) [52].....	140
Tab. 7.3: Ergebnisse Holz-Beton-Verbunddecke alternative Herangehensweise (gleiche Schallschutzqualitäten) [52].....	140
Tab. 7.4: Gegenüberstellung Kostenanteile alternative Herangehensweise (gleiche Schallschutzqualitäten) [52]	141

Grafikverzeichnis

Grafik 3.1: Ermittlung des bewerteten Schalldämmmaßes R_w [44].....	33
Grafik 5.1: Gegenüberstellung der Gesamtkosten mit Herstellerangaben [52].....	120
Grafik 5.2: Gegenüberstellung der Gesamtkosten mit Angaben ausführender Firmen [52].....	121
Grafik 5.3: Gegenüberstellung Bauteildicken in Abhängigkeit der Spannweite [52]	122
Grafik 5.4: Gegenüberstellung Gesamtaufwandswerte der Deckensysteme [52].....	123
Grafik 5.5: Gegenüberstellung Trittschalldämmung [52].....	124
Grafik 5.6: Gegenüberstellung ökologische Kennzahlen ($\Delta OI3$ -Punkte) [52]	124
Grafik 5.7: Kostenanteile Ortbetondecke - Herstellerangaben (Spannweite 6m) [52].....	128
Grafik 5.8: Kostenanteile Ortbetondecke - Angaben ausführender Firmen (Spannweite 6m) [52].....	128
Grafik 5.9: Kostenanteile Elementdecke - Herstellerangaben (Spannweite 6m) [52]	129
Grafik 5.10: Kostenanteile Elementdecke - Angaben ausführender Firmen (Spannweite 6m) [52].....	129
Grafik 5.11: Kostenanteile Brettsperrholzdecke - Herstellerangaben (Spannweite 6m) [52].....	130
Grafik 5.12: Kostenanteile Brettsperrholzdecke - Angaben ausführender Firmen (Spannweite 6m) [52].....	130
Grafik 5.13: Kostenanteile Holz-Beton-Verbunddecke - Herstellerangaben (Spannweite 6m) [52].....	131
Grafik 5.14: Kostenanteile Holz-Beton-Verbunddecke - Angaben ausführender Firmen (Spannweite 6m) [52].....	131
Grafik 5.15: Kostenanteile Holzleichtbeton-Verbunddecke - Herstellerangaben (Spannweite 6m) [52].....	132
Grafik 5.16: Kostenanteile Holzleichtbeton-Verbunddecke - Angaben ausführender Firmen, sowie einer selbst hergestellten HLB-Zwischenschicht (Spannweite 6m) [52].....	133

1 Einleitung

1.1 Problemstellung und Zielsetzung

Die vorliegende Diplomarbeit entstand im Rahmen des von dem FWF (Wissenschaftsfonds) geförderten Forschungsprojekts *WooCon „Wood-based concrete: building construction with composite elements of wood-concrete compound and timber“* und der im Zuge dessen, am Institut für Tragwerksplanung und Ingenieurholzbau (ITI) der Technischen Universität Wien, entwickelten Verbundsysteme in ökologischer Holzleichtbeton-Verbundbauweise. Diese Diplomarbeit schließt an einige bereits veröffentlichten Arbeiten an (näheres dazu in den jeweiligen Kapiteln).

Ziel dieser Arbeit ist es, ein am ITI entwickeltes Holzleichtbeton-Verbunddeckensystem mit konventionellen Deckensystemen im Hochbau zu vergleichen und dessen wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit zu untersuchen. Unter Einbehaltung gesetzter Rahmenbedingungen sollen die verschiedenen Deckenkonstruktionen auf wirtschaftlicher Basis gegenübergestellt und mit ihren ökologischen und bauphysikalischen Aspekten ganzheitlich betrachtet werden. Die Deckensysteme werden zudem in Abhängigkeit verschiedener Spannweiten untersucht und die jeweils anfallenden Kosten verglichen.

Es soll die derzeitige Monopolstellung² der Stahlbetondecken im Hochbau generell in Frage gestellt werden, abschließend die Ergebnisse jedoch einer objektiven Bewertung unterzogen werden.

Die Kostenanalyse soll überdies die einzelnen Kostenkomponenten der unterschiedlichen Deckensysteme aufschlüsseln und deren Anteil an den Gesamtkosten der Deckenkonstruktionen abbilden. Dadurch kann ein mögliches Einsparungspotential der Decken erarbeitet und ein Ausblick geschaffen werden, wie die Gesamtkosten der verschiedenen Deckensysteme eventuell reduziert werden können.

Schlussendlich soll die vorliegende Diplomarbeit eine kompakte Aussage über die Wirtschaftlichkeit der Holzleichtbeton-Verbundbauweise, sowie anderer gewählter Deckensysteme treffen und für Auftraggeber bzw. Bauherren ein Hilfswerk für deren Entscheidungsfindung darstellen.

² Monopolstellung = marktbeherrschende Stellung

1.2 Vorgehensweise

Um diese Ziele zu erreichen, werden eingangs in der Arbeit die Grundlagen der Holzleichtbeton-Verbundbauweise erörtert und deren Tragverhalten, sowie die eingesetzten Materialien beschrieben. Ziel ist es, damit dem Leser ein Grundverständnis über dieses Verbunddeckensystem zu vermitteln. Anschließend werden die Randbedingungen für die Vergleichsbetrachtung festgelegt. Dadurch wird der zu untersuchende Rahmen dieser Arbeit abgegrenzt, der die Basis für die wirtschaftliche Analyse bildet.

Die verschiedenen Deckensysteme werden in Abhängigkeit unterschiedlicher Spannweiten vorbemessen und mit den daraus resultierenden Bauteildicken einer bauphysikalischen und ökologischen Untersuchung unterzogen. Für die Kostenanalyse werden Aufwandswerte und Materialkosten von ausführenden Firmen, Fertigteilverken und Herstellern erhoben. Die erforschten Aufwandswerte werden im Anschluss mit Literaturangaben verifiziert bzw. ergänzt. Die Deckenkonstruktionen werden anschließend in Abhängigkeit ihrer Spannweiten auf wirtschaftlicher Basis untersucht. Dazu werden die Einzelkosten der Deckenherstellung ermittelt und tabellarisch abgebildet.

Die Ergebnisse der bauphysikalischen und ökologischen Untersuchung werden anschließend mit den kalkulierten Kosten ganzheitlich betrachtet und bewertet. Die Vergleichsstudie soll eine möglichst allgemeine Aussage über die Wirtschaftlichkeit der unterschiedlichen Deckensysteme treffen und bezieht sich demnach nicht auf ein Referenzobjekt.

In der abschließenden Ergebnisgegenüberstellung und Interpretation werden die Erkenntnisse zusammengefasst und Empfehlungen gegeben.

2 Grundlagen Holzleichtbeton-Verbundbauweise

2.1 System, Tragverhalten

„Klassische Holzbetonverbunddecken sind Konstruktionen aus einer druckfesten Schicht aus Normalbeton mit mineralischen Zuschlägen und einer Zuglage aus Holz (Schnittholz, Brettschichtholz, Brettsperrholz, Brettstapelholz, etc.) als tragende verlorene Schalung.“³

Diese Definition untermauert das Grundprinzip der Verbundbauweise, welche auf einen optimalen Einsatz der unterschiedlichen Materialien zielt. Bei der Verbundbauweise wird angestrebt, die Materialien gemäß ihrer Stärken bezogen auf deren Eigenschaften einzusetzen und somit auch möglichst effizient und wirtschaftlich zu nutzen. Mit Hilfe von Verbindungsmitteln wird ein schubfester Formschluss der Schichten untereinander sichergestellt. Neben den üblichen, im Holzbau eingesetzten Schrauben, Bolzen und Gewindestangen gibt es auch speziell zugelassene Verbundschrauben, in die Holzschicht eingearbeitete Kerfen oder Verklebungen (näheres in Kapitel 2.2.4).

Auch die Holzleichtbeton-Verbundbauweise baut auf diesem Prinzip auf, einziger Unterschied zu der herkömmlichen Holz-Beton-Verbundbauweise ist die zusätzliche Zwischenlage aus Holzleichtbeton. Der Grundgedanke diese Zwischenschicht einzusetzen besteht in der Vergrößerung des inneren Hebelarms und einer somit größeren statischen Nutzhöhe gegenüber herkömmlichen Holz-Beton-Verbundsystemen. Im Gegensatz zum Normalbeton werden beim Holzleichtbeton anstelle von Gesteinskörnungen Nebenprodukte der Forst- und Holzindustrie (z.B.: Hackschnitzel) verwendet, wodurch sich eine Gewichtseinsparung von etwa einem Viertel bis einem Drittel erzielen lässt.⁴

Das vom Institut für Tragwerksplanung und Ingenieurholzbau an der TU Wien entwickelte Holzleichtbeton-Verbundsystem besteht aus einer unteren Lage Brettsperrholz (BSP), einer Zwischenlage aus Holzleichtbeton (HLB) und einer oberen Lage aus selbstverdichtenden Beton (SVB).

³ siehe [1] Seite 754

⁴ siehe [1] Seite 754

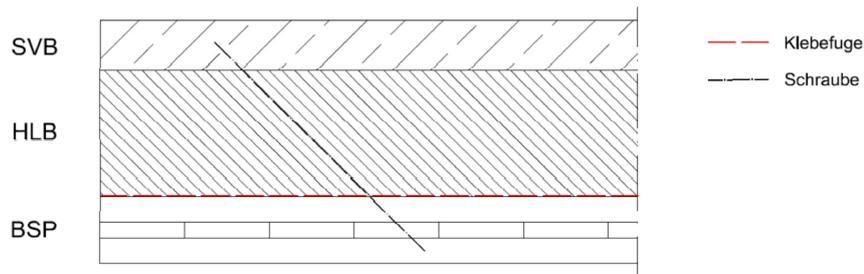


Abb. 2.1: Aufbau Holzleichtbeton-Verbundbauweise [2]

Bei einem einfeldrigen System wirkt der Beton als "Obergurt" und übernimmt die auftretenden Drucknormalspannungen. Außerdem werden durch den Aufbeton die Schallschutzqualitäten des Gesamtsystems positiv beeinflusst. Der Vorteil bei der Verwendung von selbstverdichtendem Beton gegenüber Normalbeton sind u.a. eine gleichmäßigere Betonqualität, ein problemloser Einbau und eine verkürzte Arbeitszeit (kein Verdichten notwendig).⁵

An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass auch andere HLB-Systeme ausführbar sind, wie beispielsweise ein anstatt der Brettsperreholzschicht verwendetes Rippensystem mit Holzbalken und darauf liegender Schalung. Die vorliegende Arbeit konzentriert sich jedoch ausschließlich auf das vom Institut für Tragwerksplanung und Ingenieurholzbau an der TU Wien entwickelte HLB-System mit einer massiven Brettsperreholzschicht.

Durch das positive Biegemoment eines einfeldrigen Systems entstehen im unterem Querschnittsbereich Zugspannungen, welche durch die Brettsperreholzschicht aufgenommen werden. Die Holzleichtbetonzwischenlage hat die Aufgabe die auftretenden Längsschubspannungen des Gesamtsystems aufzunehmen. Werden die HLB- und BSP-Platten im Werk vorgefertigt, ist eine einfache rasche Montage auf der Baustelle möglich und die Elemente dienen dann dem Aufbeton als "tragende verlorene Schalung". Die für das Aufbringen des Frischbetons nötigen temporären Deckenstützen können durch die Steifigkeit der BSP-Platte erheblich reduziert werden.⁶

Die Steifigkeit des Verbundsystems hängt im Wesentlichen neben den Materialeigenschaften der Einzelelemente Brettsperreholz, Holzleichtbeton und selbstverdichtendem Beton, von den Steifigkeitseigenschaften der Verbundfugen ab.⁷ Durch die ausgeprägte Fließfähigkeit des SVB kann der Frischbeton leicht in die Hohlräume der Holzleichtbetonzwischenschicht eindringen und somit eine Verbundwirkung durch flächige Verzahnung erzielen.

⁵ siehe [3]

⁶ siehe [1] Seite 754

⁷ siehe [4]

Dieses konkrete Verhalten wurde in der Arbeit von SCHERNBERGER, K.⁸ beschrieben und bewertet. Die Ergebnisse seiner Forschung zeigten, dass die flächige Verzahnung zwischen SVB und HLB sehr gut funktioniert und somit ein ausreichend guter Verbund dieser beiden Schichten hergestellt werden kann. In seiner Arbeit zeigte er allerdings auch die Problematik der Verbundfuge zwischen HLB und BSP auf. Verschiedene Möglichkeiten der Herstellung eines schubfesten Formschlusses werden in Kapitel 2.2.4 näher beschrieben.

2.2 Materialien

Im Folgenden Kapitel werden die bei der Holzleichtbeton-Verbundbauweise verwendeten Materialkomponenten näher beschrieben. Dies soll allerdings lediglich einen Überblick bzw. einen kleinen Einblick in die Thematik der einzelnen Baustoffe verschaffen. Auf eine detaillierte Ausarbeitung von Herstellungsprozessen und Produktionsabläufen, Untersuchungs- bzw. Prüfverfahren, sowie Einsatzmöglichkeiten wird an dieser Stelle verzichtet, da sie für den weiteren Inhalt dieser Arbeit nicht relevant sind und den Rahmen dieser Arbeit sprengen würden. Es werden die in Abb. 2.1 dargestellten drei Komponenten des Verbundwerkstoffes, sowie deren Verbundfugen und einige dazugehörige ausgewählte Verbindungsmittel beschrieben.

2.2.1 Brettsperrholz

Brettsperrholz (BSP) ist ein aus kreuzweise verleimten Brettlamellen bestehendes Holzprodukt, das je nach Einsatzbereich bzw. statischer Erfordernis aus 3, 5, 7 oder in Sonderfällen mehreren Schichten bestehen kann. Aufgrund der flächigen Anordnung der Einzelbretter zählen Brettsperrholzkonstruktionen zur Massivholzbauweise.

Neben der üblichen deutschen Bezeichnung "Brettsperrholz" gibt es auch weitere Produktbezeichnungen wie:

- Kreuzlagenholz (KLH)
- Cross Laminated Timber (CLT bzw. X-LAM)
- Dickholz

Herstellerabhängig kommen Lamellendicken von 10 - 45 mm zum Einsatz, zusammen ergeben sie Brettsperrholzplatten mit einer maximalen Stärke von bis zu 50 cm. Dabei gilt grundsätzlich, dass die Einzelbretter in Querlage das Verhältnis Brettbreite zu Brettstärke von $b/d \geq 4$ nicht unterschreiten sollten. Zur Anwendung kommt technisch getrocknetes Holz mit einer Holzfeuchte von 12 % (+/- 2 %) aus kostengünstiger Seitenware, die bei der Herstellung von Schnittholz anfällt. Sie werden meist als "minderwertiges Schnittholz"

⁸ siehe [5]

angesehen, weisen allerdings in Bezug auf Festigkeit und Steifigkeit für gewöhnlich die besten Eigenschaften auf. Üblicherweise wird Fichtenholz verwendet, aber auch der Einsatz von Tanne, Weißtanne, Kiefer, Lärche oder Douglasie ist möglich.⁹

Gründe für die Verwendung von technisch getrocknetem Holz sind einerseits der reduzierte Quell- und Schwindvorgang und andererseits die Vorbeugung gegenüber zerstörendem Schädlings-, Pilz- oder Insektenbefall.



Abb. 2.2: 3- und 7- schichtige Brettsperrholzplatte [7]

Die einzelnen Längs- und Querlagen werden mittels formaldehydfreien Polyurethan - Klebstoff (PUR) unter hohem Pressdruck flächig miteinander verklebt. Die in Abb. 2.2 dargestellten Keilzinken dienen der Längsverbinding der Brettsperrholzelemente und ermöglichen somit die Realisierung beliebig breiter Bauteile.

Durch die kreuzweise Anordnung der Brettlamellen und dem damit verbundenen Absperreffekt wird das Quellen und Schwinden in Plattenebene auf ein vernachlässigbares Maß reduziert und die statische Belastbarkeit und Formstabilität erhöht. Die Formänderungen in Plattenebene betragen 0,01 % je Prozent Holzfeuchteänderung, quer zur Plattenebene 0,25 % je Prozent Feuchteänderung.¹⁰

Brettsperrholzelemente ermöglichen einen zweiachsigen Lastabtrag, wodurch auch Punktstützungen und Eckauskragungen umsetzbar sind. Ebenso bewirkt die kreuzweise Verleimung eine Scheibenwirkung, d.h. es können Kräfte in Elementebene aufgenommen und abgetragen werden. Somit ist ein Einsatz als aussteifende Deckenebene, zur Abtragung horizontal wirkender Wind- und Erdbebenbelastungen, möglich. Bedingt durch einen hohen Vorfertigungsgrad im Werk ergeben sich kurze Montagezeiten und sofort belastbare Bauteile.

⁹ siehe [6] Seite 8

¹⁰ siehe [7]

Standardmäßig werden Brettsper Holzplatten in Nichtsicht-, Industriesicht- und Wohnsichtqualität hergestellt. Bezüglich der maximalen Elementabmessungen sind - ebenso wie bei den Lamellenabmessung - herstellerbedingte Angaben gültig. Fertigungsbreiten sind einerseits produktionstechnisch vorgegeben und andererseits durch die zulässigen Transportabmessungen eingeschränkt.

Bei der Produktion von Brettsper Holz werden zunächst die Einzelbretter in Trockenkammern schonend auf eine Holzfeuchte von 12 % (+/- 2 %) getrocknet, ehe sie einer visuellen und/oder maschinellen Festigkeitssortierung unterzogen werden. Decklagen werden meist nach ästhetischen Sortierkriterien genauer beurteilt. Festigkeitsmindernde oder das Aussehen beeinträchtigende Bereiche, wie zum Beispiel größere Äste, werden, falls nötig, ausgekappt und die Lamellen über Keilzinkenverbindungen längsgestoßen. Anschließend werden die einzelnen Bretter auf die gewünschte Dicke gehobelt oder geschliffen. Sind die Brettlamellen bereit für die weitere Verarbeitung, werden sie lagenweise im 90° Winkel in ein Pressbett verlegt, wo der PUR-Klebstoff flächig in dünner Schicht aufgetragen wird. Danach wird der erforderliche Pressdruck - entweder mittels hydraulischer Pressen oder durch das Vakuumverfahren - auf die Brettlamellen aufgebracht und der Klebstoff härtet aus. Abschließend erfolgt der Zuschnitt bzw. Abbund der fertigen Brettsper Holzelemente auf ein gewünschtes Format mittels CNC - Technologie (Computerized Numerical Control).

2.2.2 Holzleichtbeton

Holzleichtbeton, vereinfacht auch als Holzbeton bezeichnet, ist ein Verbundwerkstoff aus Zement, Säge- bzw. Holzspänen, Wasser und gegebenenfalls Additiven. Bei der Holzleichtbeton-Verbundbauweise spielen diese Zusatzstoffe (Additive) jedoch nur eine untergeordnete Rolle, da sie hauptsächlich den optischen Eigenschaften, wie der Farbgebung, des Werkstoffes dienen. Aufgrund des geringeren Raumgewichts der Holzzuschläge - im Gegensatz zu herkömmlich verwendeten Gesteinskörnungen (Normalbeton) - ist Holzbeton der Gruppe der Leichtbetone zuzuordnen.

Die verwendeten Holzspäne werden kostengünstig aus Überresten der Holzproduktion, sowie aus Produkten der Forstwirtschaft gewonnen. Holzleichtbeton weist somit bereits durch die Verwendung natürlicher Zuschläge, verbunden mit einem niedrigen Primärenergieverbrauch durch deren Gewinnung, aus ökologischer Sicht positive Eigenschaften auf.¹¹

Neben der Verwendung von Holzabfallprodukten, formulierte KRIPPNER, R. in seiner 2012 erschienen Arbeit *Zuschnitt 45: Holz Beton Verbund*, als weiteres Ziel beim

¹¹ siehe [8] Seite 6

Holzleichtbeton, eine „Optimierung baukonstruktiver und bauphysikalischer Kenngrößen unter Beibehaltung der positiven Eigenschaften des Holzes.“¹²

Bereits in den vergangenen beiden Jahrhunderten beschäftigte man sich mit dem Kompositwerkstoff Holzbeton, wie KRIPPNER, R. ebenfalls in seiner Arbeit erläuterte:

„Bereits in der Mitte des 19. Jahrhunderts kombinierte man die Reste aus der Holzbearbeitung mit anorganischen Baurohstoffen und verwendete das entstehende Material für Fußbodenestriche und Putze. In den 1920er Jahren, einer Zeit, in der Architekten vielfältig mit Materialentwicklungen experimentierten, fanden Steinholzböden Eingang unter anderen beim Bauhausgebäude in Dessau oder den Laubenganghäusern in Dessau-Törten. Anfang der 1930er Jahre wurden mit der Patentierung von einschlägigen Verfahren die Grundlagen zur Herstellung von »Holzspanbeton« geschaffen, der sich vor allem in Österreich unter den Produktnamen »Holzspan-Mantelstein« und »Holzspan-Mantelbetonplatte« auf dem Baumarkt etablierte. In Deutschland arbeitete man nach dem Zweiten Weltkrieg aufgrund von Baustoffmangel mit Holzwerkstoffen, die mit Zement gebunden wurden, und Ende der 1960er Jahre griff man in der Deutschen Demokratischen Republik diesen Ansatz für einen kostengünstigen Kleinwohnungsbau, sowie für landwirtschaftliche Bauten zeitweise wieder auf.“¹³

Holzleichtbeton vereint durch seine Zusammensetzung die positiven mechanischen und bauphysikalischen Eigenschaften der Baustoffe Holz und Zement. Holz ist seiner Natur nach ein leichter, elastischer und gut verarbeitbarer Werkstoff. Zement weist zudem Witterungs- und Brandbeständigkeit, sowie Resistenz gegenüber Fäulnis und Pilzbefall auf.

Bedingt durch unterschiedliche Rezepturen bzw. Mischungsverhältnisse gibt es bei Holzleichtbetonen eine große Bandbreite an Rohdichten (siehe Tab. 2.1). Abhängig von der verwendeten Holzart, dem W/Z-Wert oder dem Verhältnis Holzzuschläge zu Zement kann das Raumgewicht auch Extremwerte von 400 kg/m³ oder 1700 kg/m³ aufweisen. Kennzeichnend für Holzleichtbetone ist der im Vergleich zu herkömmlichen Betonmischungen hohe Bindemittelgehalt.

¹² siehe [9] Seite 19

¹³ siehe [9] Seite 19

	Holzleichtbeton			
	700	850	1300	1450
Rohdichte [kg/m ³]	700	850	1300	1450
Zementgehalt [kg/m ³]	300	450	800	1000
Wassergehalt [kg/m ³]	525	490	520	600
Holzgehalt [kg/m ³]	280	200	70	50
Zuschlag (feine Körnung)	Nadelholz	Nadelholz	Nadelholz	Nadelholz
Vorbehandlung	keine	keine	keine	keine
Additive/Zusatzstoffe	keine	keine	keine	keine
W/Z-Wert	1,75	1,09	0,65	0,60
Konsistenz	KP-KF	KP-KF	KP-KF	KP-KF
E-Modul [N/mm ²]	1300	1800	5000	6500
Druckfestigkeit [N/mm ²]	1,50	4,20	13,00	15,00
Biegezugfestigkeit [N/mm ²]	0,60	1,50	4,50	5,20
Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	0,10*	0,21	0,55	0,65
Kriechzahl nach DIN 1048, t = 28 [%]**	11,21*	5,82	3,53	2,80*
Schwindmaß nach DIN 1048, t = 28 [%]**	5,20*	2,80	1,29	1,08*

Tab. 2.1: Materialspezifische Kenndaten von Holzleichtbeton [10]

NATTERER, J. entdeckte Anfang der 1990 Jahre an der *École polytechnique fédérale de Lausanne* den essentiellen Beitrag des W/Z-Wertes zur Festigkeit des Verbundwerkstoffes. Er zeigte, dass bei zunehmendem Zementanteil die Druck- und Biegezugfestigkeiten deutlich steigen. Demnach steigt auch der Elastizitätsmodul mit erhöhtem Zementgehalt an. Wie in Tab. 2.1 erkennbar liegen die W/Z-Werte teilweise deutlich über jenem eines Normalbetons (zwischen 0,4 und 0,5). Des Weiteren lässt sich festhalten, dass mit steigendem Holzanteil die Festigkeitswerte abnehmen.¹⁴

Ein ungewünschter Nebeneffekt, bedingt durch den höheren W/Z-Wert als bei Normalbeton, ist das beim Erhärtungsprozess auftretende Schwinden in Folge der Holzaustrocknung. Bei der sogenannten Hydratation entzieht der Zementstein dem Verbundwerkstoff das für seine Erhärtung notwendige Wasser. Je weiter dieser Vorgang fortschreitet, desto weniger Wasser ist im Werkstoff enthalten und es kommt zum Schwindvorgang der Holzspäne, was in weiterer Folge zu Rissen führen kann.

Holzleichtbeton weist aus bauphysikalischer Sicht eine gute Wärmespeicherfähigkeit auf, die hauptsächlich vom Holz-, sowie Hohlraumanteil im Werkstoff abhängig ist. Außerdem wird er als "schwer entflammbarer" Baustoff eingestuft und weist ein hohes Schalldämmmaß auf.¹⁵

¹⁴ siehe [9] Seite 19

¹⁵ siehe [11] Seite 7

2.2.2.1 Anwendungsbereiche und Produkte am Markt

Aufgrund der eben erwähnten bauphysikalischen Eigenschaften haben Holzleichtbetonwerkstoffe eine große Bandbreite an Einsatzgebieten. Sie reicht von Dämm- und Schallschutzplatten (mineralisch gebundenen Holzplatten) über Mantelsteine für tragende oder nichttragende Wände bis hin zu trittschalldämmenden Ausgleichsschüttungen (z.B.: Fa. *Cemwood*).

Bei den mineralisch gebundenen Holzplattenwerkstoffen ist zwischen zementgebundenen Holzspanplatten und zementgebundenen Holzwoleplatten zu unterscheiden.

Holzbetone bieten aufgrund ihrer Eigenfarbigkeit außerdem vielfältige Möglichkeiten im Bereich ästhetischer Oberflächengestaltung und eignen sich somit speziell für sichtbare Bauteilflächen.

Zementgebundene Holzspanplatten

Wie der Name bereits vermuten lässt sind zementgebundene Holzspanplatten unter hohem Verpressdruck hergestellte Plattenwerkstoffe aus vorbehandelten Holzspänen und Zement als Bindemittel. Aufgrund des relativ dichten Gefüges weisen die Platten eine Rohdichte von 1150 - 1450 kg/m³ und zählen damit unter den Holzleichtbetonen zu den schwereren Werkstoffergebnissen. Der Holzanteil der Platten liegt bei etwa 52 - 63 Vol.-%, der Bindemittelanteil schwankt zwischen 25 - 38 Vol.-%. Der hohe Holzanteil bewirkt außerordentlich gute bauphysikalische Eigenschaften, wodurch die Platten vorwiegend zum Wärme- und Schallschutz im Innenausbau, sowie, aufgrund ihrer Feuchtebeständigkeit, auch im Fassadenbau verwendet werden.¹⁶



Abb. 2.3: Holzspan-Dämmplatte der Firma *Cetris* [12]

Am europäischen Markt findet man zementgebundene Holzspanplatten u.a. wie in Abb. 2.3 dargestellt als Holzspan-Dämmplatten der Firma *Cetris* (CZ), Fa. *Velox* (AUT)

¹⁶ siehe [11] Seite 7

oder unter dem Produktnamen *Duripanel* der Fa. *Eternit* (AUT). Letztere haben im erweiterten Sortiment außerdem für den Brand- und Schallschutz besonders geeignete dreischichtige zementgebundene Holzspanplatten.

Zementgebundene Holzwolleplatten

Zementgebundene Holzwolleplatten, auch Holzwolleleichtbauplatten genannt, bestehen aus einem schwach verdichtetem Gemisch aus mit Chlorid vorbehandelter Holzwolle und mineralischen Bindemittel in Form von Zement oder Magnesit. Holzwolle an sich ist der Begriff für lange ineinander verknäulte und gewellte Holzspäne, gewonnen aus luftgetrockneten Hölzern.¹⁷

Ähnlich wie bei zementgebundenen Holzspanplatten werden auch hier unter Druck gepresste Plattenwerkstoffe hergestellt. Aufgrund des "lockeren" Gefüges erreichen Holzwolleleichtbauplatten Rohdichten von rund 400 kg/m^3 und sind damit deutlich leichter als die zuvor genannten Holzspanplatten. Durch ihre relativ geringe Wärmeleitfähigkeit von $0,18 - 0,35 \text{ W/mK}$ eignen sich zementgebundene Holzwolleplatten ausgezeichnet als Dämmstoffe. Neben ihren wärmetechnisch positiven Eigenschaften finden sie wegen ihrer hohen Schallabsorptionsfähigkeit zunehmend auch in Bereichen wie Raumakustik und Schallschutz Einsatz. Des Weiteren sind sie für die Verwendung als Putzträger gut geeignet. Handelsübliche Holzwolleleichtbauplatten werden u.a. durch den Hersteller *Heraklith* (AUT) angeboten.¹⁸



Abb. 2.4: Holzwolleleichtbauplatten [13]

Holzbeton-Mantelsteine

Holzbeton-Mantelsteine sind vom Grundgedanken mit herkömmlichen Schal- bzw. Mantelbetonsteinen vergleichbar. Eingesetzt als tragende oder nichttragende Innen- bzw.

¹⁷ siehe [10] Seite 39

¹⁸ siehe [11] Seite 7

Außenwände kommen sie in einer Vielzahl von Standard- und Sonderanfertigungen am Markt vor. Wie in Abb. 2.5 dargestellt reicht die Produktpalette von Mantelsteinen mit integrierter Wärmedämmung bis hin zu herkömmlichen Steinen ohne Dämmung.¹⁹

Für einen Einsatz als tragende Außen- oder Innenwand müssen die Holzbeton-Mantelsteine, wie auch herkömmliche Schal- bzw. Mantelbetonsteine, mit einem Kernbeton verfüllt werden. Durch die heutige Tendenz zur Fertigteilmontage gibt es mittlerweile bereits großflächige, geschoßhohe Hohlwandplatten aus einzelnen miteinander verklebten Holzbeton-Mantelsteinen.²⁰

Als Hersteller solcher Produkte sind u.a. die Firmen *Isopan* (AUT) und *Durisol* (AUT) bekannt.



Abb. 2.5: Holzspanbeton als Mantelstein und Dämmplatte [14]

2.2.3 Selbstverdichtender Aufbeton (SVB)

Selbstverdichtender Beton (SVB), häufig auch unter der englischen Bezeichnung self-compacting concrete (SCC) bekannt, ist ein besonders fließfähiger Beton, der sich allein unter dem Einfluss der Schwerkraft verteilt, verdichtet und selbst nivelliert.

Der deutsche Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb) definiert diesen Sonderbeton wie folgt:

„Beton, der ohne Einwirkung zusätzlicher Verdichtungsenergie allein unter dem Einfluss der Schwerkraft fließt, entlüftet, sowie die Bewehrungszwischenräume und die Schalung vollständig ausfüllt.“²¹

Der Grundgedanke dazu entstand vor mehr als 70 Jahren in den USA, wo man sehr fließfähige Betone, sogenannte Gussbetone, herstellte. Er wies bereits ebenso die eben

¹⁹ siehe [14]

²⁰ siehe [15]

²¹ siehe [16]

angesprochenen Eigenschaften auf, jedoch wurde seine Fließfähigkeit durch einen hohen Wassergehalt erzielt, was eine verminderte Dauerhaftigkeit zufolge hatte. In den 1970er Jahren wurden qualitativ höherwertigere fließfähige Betone entwickelt, da man anstatt des hohen Wassergehalts nun Hochleistungsbetonverflüssiger (high range water reducers) verwendete. Aber auch diese Ausführungsvariante konnte sich am Markt nicht etablieren.²²

Die Grundidee des heutigen selbstverdichtenden Betons hat seinen Ursprung in den 1980er Jahren in Japan. Die damalige Problematik einer abnehmenden Betonqualität, sowie einer zu geringen Anzahl an Baufacharbeitern führte zu den Überlegungen einen Beton herzustellen, welcher sich allein durch sein Eigengewicht und ohne zusätzlichen Energieeintrag in alle Ecken der Schalung verteilt und sogar bei engmaschiger Bewehrung vollständig verdichtet. Pionierarbeit auf diesem Gebiet leistete der japanische Professor OKAMURA, H. Damals wurden diese Betone als "Self-compacting High Performance Concrete" bzw. "High Performance Concrete" bezeichnet, ehe sich die heute gültige Bezeichnung "self-compacting concrete" (SCC) durchsetzte.²³

Das Grundkonzept des selbstverdichtenden Betons besteht darin, einen Zementleim, bestehend aus Zement, Feinteilen (Gesteinskörnungen $d \leq 0,125\text{mm}$), Zusatzstoffen, Anmachwasser und Fließmittel, zu bilden, auf dem die groben Gesteinskörnungen aufschwimmen und somit in "Schwebe" gehalten werden. Um eine Selbstverdichtung, -verteilung und -nivellierung zu gewährleisten hat der SVB folgende Anforderungen bzw. Frischbetoneigenschaften zu erfüllen:

- Es ist auf ein ausreichendes **Fließvermögen** zu achten, damit sich der Beton eigenständig entlüften, verteilen und auch bei engmaschiger Bewehrung einen optimalen Verbund sicherstellen kann. Außerdem wird das Risiko von Fehlstellen (z.B.: Kiesnester) minimiert.
- Der SVB muss ein gutes **Zusammenhaltvermögen** aufweisen, um für ausreichende Stabilität im Gefüge zu sorgen und Entmischungen zu vermeiden.
- **Viskosität** ist ein Maß für die Zähflüssigkeit des Betons. SVB mit geringer Viskosität fließt anfangs schnell und stoppt dann, SVB mit hoher Viskosität kann längere Zeit weiterkriechen.
- Entsprechende **Durchgangsfähigkeit**: Sie beschreibt die Fähigkeit des Frischbetons zum Fließen durch enge Bereiche (z.B.: hoch bewehrt), ohne dass dabei Entmischungen, Gleichmäßigkeitsverlust oder Verstopfungen auftreten.

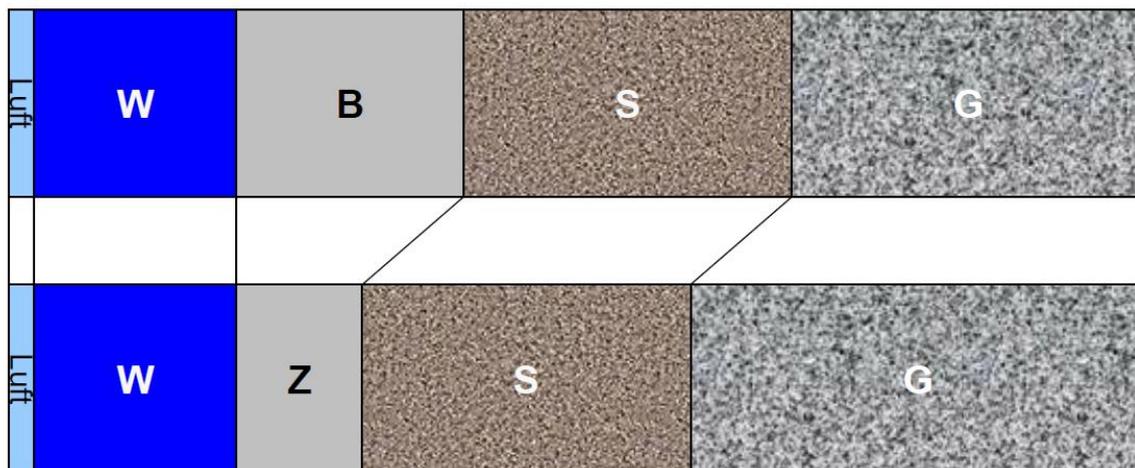
²² siehe [17] Seite 4

²³ siehe [17] Seite 4

- **Sedimentationsstabilität**, welche die Sicherheit gegen Entmischung beschreibt und eine wesentliche Voraussetzung für die Homogenität und Qualität des SVB ist.²⁴

Die eben angesprochenen Frischbetoneigenschaften werden durch eine dem konventionellen Rüttelbeton gegenüber veränderten Betonzusammensetzung erzielt. Wie Abb. 2.6 zeigt, wird beim SVB der Anteil an groben Gesteinskörnungen reduziert und der Bindemittelgehalt erhöht, was in weiterer Folge zu einem geringeren W/B-Wert als bei Rüttelbeton führt. Das Bindemittel beim SVB besteht zusätzlich zum Zement aus Betonzusatzstoffen, wie z.B.: Flugasche, Kalksteinmehl, Hüttensand oder Silicastaub, wobei die beiden Erstgenannten am häufigsten angewendet werden. Ein erhöhter Mehlkorngesamt (Zement + Zusatzstoffe) wirkt sich positiv auf das Fließverhalten aus. Des Weiteren werden zusätzlich Fließmittel eingesetzt. Um eine ausreichende Fließfähigkeit und Viskosität des Zementleims zu gewährleisten ist auf einen optimalen W/B-Wert und eine richtige Dosierung von Fließmitteln zu achten.

Selbstverdichtender Beton



Rüttelbeton

Abb. 2.6: Vergleich der Zusammensetzung eines konventionellen Rüttelbetons und eines selbstverdichtenden Betons (W: Wasser; B: Bindemittel; Z: Zement; S: Sand bzw. Feinteile; G: grobe Gesteinskörnung) [17]

Im Allgemeinen herrschen sensible Zusammenhänge zwischen den einzelnen Komponenten des selbstverdichtenden Betons, d.h. bereits geringfügige Änderungen in der Rezeptur können erhebliche Auswirkungen auf dessen Eigenschaften haben. Eine zusätzliche Wasserzugabe beeinflusst sowohl das Fließ- als auch das Zusammenhaltevermögen des SVB. Es wird zwar das Fließverhalten gesteigert, jedoch auf Kosten eines verminderten Zusammenhalts und der damit einhergehenden Gefahr

²⁴ siehe [17] Seite 5 , sowie [18] Seite 13

einer Gefügestabilität. Bereits Änderungen der Zugabewassermenge von $\pm 3 \text{ l/m}^3$ können zu Lufteinschlüssen, verminderter Fließfähigkeit oder Entmischungsphänomenen wie Sedimentation und Separation führen.²⁵

Nach dem Erhärten des SVB entsteht ein dichtes, homogenes Gefüge, welches im Grunde die gleichen bzw. geringfügig unterschiedliche konstruktive Eigenschaften wie konventioneller Rüttelbeton aufweist.

Die **Druckfestigkeit** des SVB ist im Gegensatz zu Normalbeton bei vergleichbaren Zementgehalten und W/Z-Werten aufgrund seiner dichteren Zusammensetzung etwas höher.

Bei gleicher Druckfestigkeit ist die **Zugfestigkeit** beim SVB geringfügig höher als bei konventionellen Rüttelbeton.

Der **Elastizitätsmodul** ist beim SVB um etwa 15 % niedriger als bei Normalbeton. Dies ist auf den erhöhten Mehlkorngelalt und den verringerten Anteil an groben Gesteinskörnungen zurückzuführen.

Das **Schwindmaß** beim SVB ist tendenziell etwas höher als bei Normalbeton. Grund hierfür ist ebenso der erhöhte Mehlkorngelalt und der verringerte Anteil an groben Gesteinskörnungen.

Das **Kriechmaß** kann aufgrund des größeren Rauminhalts des Zementleims beim SVB geringfügig höher als bei Rüttelbeton gleicher Festigkeit sein. Es liegt allerdings in den für Normalbeton üblichen Toleranzbereichen.²⁶

Der *Verein Deutscher Zementwerke* führt in seinem *Zement-Merkblatt Betontechnik B29: Selbstverdichtender Beton – Eigenschaften und Prüfung* folgende Vorteile des SVB gegenüber konventionellen Rüttelbeton an:²⁷

- gleichmäßigere Betonqualität über den gesamten Querschnitt
- geringere Einschränkung bei der konstruktiven Ausbildung von Bauteilen
- Verbesserung der Dauerhaftigkeit
- Sichtbetonqualität
- Erleichterung der Betonierarbeiten (kein Verdichten erforderlich)
- verkürzte Bauzeiten
- Lärm- und Gesundheitsschutz auf der Baustelle, sowie im Fertigteilwerk

²⁵ siehe [19] Seite 1

²⁶ siehe [18] Seite 6 , sowie [19] Seite 5

²⁷ siehe [19] Seite 1

Aufgrund seiner Vorteile kann selbstverdichtender Beton bei engmaschig bewehrten Bauteilen, wo eine Verdichtung durch Innen- oder Außenrüttler technisch nicht möglich ist, eingesetzt werden. Auch bei schlanken, filigranen Bauteilen hat er aufgrund seiner ausgeprägten Fließfähigkeit einen entscheidenden Vorteil gegenüber Normalbeton. Außerdem bietet er sich durch seine Sichtbetonqualitäten für ästhetisch ansprechende Oberflächen an.

Bei der Holzleichtbeton-Verbundbauweise bringt die Verwendung von selbstverdichtendem Beton den Vorteil, dass der Frischbeton aufgrund seines Fließvermögens leicht in die Hohlräume der Holzleichtbetonzwischenschicht eindringen und somit eine Verbundwirkung durch flächige Verzahnung erzielen kann.

2.2.4 Verbundfugen

Wie eingangs in Kapitel 2 beschrieben hängt die Steifigkeit des Gesamtsystems der Holzleichtbeton-Verbundbauweise neben den Materialeigenschaften der Einzelkomponenten wesentlich von den Steifigkeitseigenschaften der Verbundfugen ab. Grundsätzlich muss dabei zwischen zwei Verbundfugen - einerseits jener zwischen Aufbeton (SVB) und Holzleichtbeton, andererseits jener zwischen HLB und Brettsperrholz - unterschieden werden.

Untersuchungen und Auswertungen in der Arbeit von SCHERNBERGER, K., sowie weitere am Institut für Architekturwissenschaften - Tragwerksplanung und Ingenieurholzbau (ITI) der TU Wien durchgeführten 3-Punkt-Biegeversuche zeigten, dass der Verbund zwischen SVB und HLB sehr gut funktioniert und somit als schubfest eingestuft werden kann. Grund hierfür ist die zuvor erwähnte ausgeprägte Fließfähigkeit des SVB, wodurch der Frischbeton leicht in die Hohlräume der Holzleichtbetonzwischenschicht eindringen kann und somit eine Verbundwirkung durch flächige Verzahnung erzielt wird. SCHERNBERGER, K. zeigte in seiner Arbeit allerdings auch die Problematik der Verbundfuge zwischen HLB und BSP auf.²⁸

Aufgrund dessen wird in weiterer Folge lediglich auf die Verbundfuge zwischen HLB und BSP näher eingegangen. Theoretisches Ziel wäre es dabei grundsätzlich einen völlig starren Verbund (idealerweise ohne Relativverschiebungen der benachbarten Schichten zueinander) herzustellen, was jedoch aufgrund der Nachgiebigkeit des Holzes, des HLB, sowie der Verbindungsmittel nur bedingt realisierbar ist. Im Folgenden werden einige Verbindungsmittel aufgezeigt und davon ausgewählte näher beschrieben. Auf detaillierte Versuchsauswertungen erprobter Verbindungsmittel im Rahmen des Forschungsprojekts "*Weitgespannte Flachdeckensysteme in Holzspanbeton-Verbundbauweise*" am ITI der

²⁸ siehe [1], sowie [5]

TU Wien wird an dieser Stelle jedoch verzichtet und auf die Arbeiten von SCHERNBERGER, K.²⁹, KIRCHMAYER, E.³⁰, sowie HOFER, T.³¹ verwiesen.

Im Grunde lässt sich zwischen Verbindungen mit Formschluss (u.a. Kerfen) und jenen ohne Formschluss unterscheiden. Letztere werden außerdem in mechanische (u.a. Schrauben oder Flachstahlschlösser) und geklebte Verbindungsmittel unterschieden. Abgeleitet aus der herkömmlichen Holz-Beton-Verbundbauweise gibt es eine Vielzahl an Verbindungsmittel, mit oder ohne bauaufsichtlicher Zulassung, die am Markt verfügbar sind bzw. in der Praxis (z.B.: für herkömmliche HBV-Systeme) angewandt werden.

Einige aus der Literatur entnommene Verbindungsmittel sind unter anderem (Z-9.1-... bezeichnet die dazu gültige bauaufsichtliche Zulassung des *Deutschen Instituts für Bautechnik*):³²

- *SFS Verbundschrauben* der Fa. *SFS intec GmbH & Co. KG* nach Z-9.1-342
- *Timco II und III Schrauben* der Fa. *Sieglinde Amrath Timco. Vertrieb Deutschland* nach Z-9.1-445
- *Würth ASSYplus VG Schrauben* der Fa. *Adolf Würth GmbH & Co. KG* nach Z-9.1-648
- *TCC Schrauben* der Fa. *Com-Ing AG* nach Z-9.1-603
- *TiComTec HBV-Schubverbinder* der Fa. *TiComTec GmbH* nach Z-9.1-557
- *Flachstahlschlösser* der Fa. *Hubert Schmid Bauunternehmen GmbH* nach Z-9.1-473 (Zulassung abgelaufen am 31.08.2015)
- *Veit Dennert Holz-Beton-Verbundelemente* der Fa. *Veit Dennert KG Baustoffbetriebe* nach Z-9.1-474

Weitere Verbindungsmittel sind u.a.:

- Dübelleisten (mechanisch und ohne Formschluss)
- Balkenschuhe (mechanisch und ohne Formschluss)
- Klebeverbindungen wie z.B.: *SikaDur - 31 AUT N* der Fa. *Sika Österreich GmbH* (ohne Formschluss)
- Schubkerfen oder aufgenagelte Holzlatten (mit Formschluss)

Das im weiteren Verlauf der Arbeit gewählte Holzleichtbeton-Verbundsystem besteht aus einer im Werk gefertigten BSP-Platte, ebenso vorgefertigten HLB-Platten und einer vor Ort hergestellten Aufbetonschicht (SVB). Aufgrund dieser Randbedingungen ist die Wahl

²⁹ siehe [5]

³⁰ siehe [20]

³¹ siehe [21]

³² siehe [22] Seite 5 , sowie [23]

der Verbindungsmittel eingeschränkt, da einige der o.a. Systeme nur bei einer (Ort-) Holzleichtbetonschicht eine Verbundwirkung sicherstellen können. Dazu zählen u.a. Dübelleisten, Balkenschuhe, Schubkerven bzw. aufgenagelte Holzlatten aber auch die *TiComTec HBV-Schubverbinder*.

Letztere sind spezielle Lochbleche, welche in gefräste Schlitze in Spannrichtung der Brettsperrholzschicht eingeklebt werden. Abb. 2.7 zeigt eben jenes System und verdeutlicht, dass eine Verbundwirkung mit dem Aufbeton nur durch eine Ortbetonschicht realisierbar ist, da mit einem Betonfertigteile keine kraftschlüssige Verbindung hergestellt werden kann.

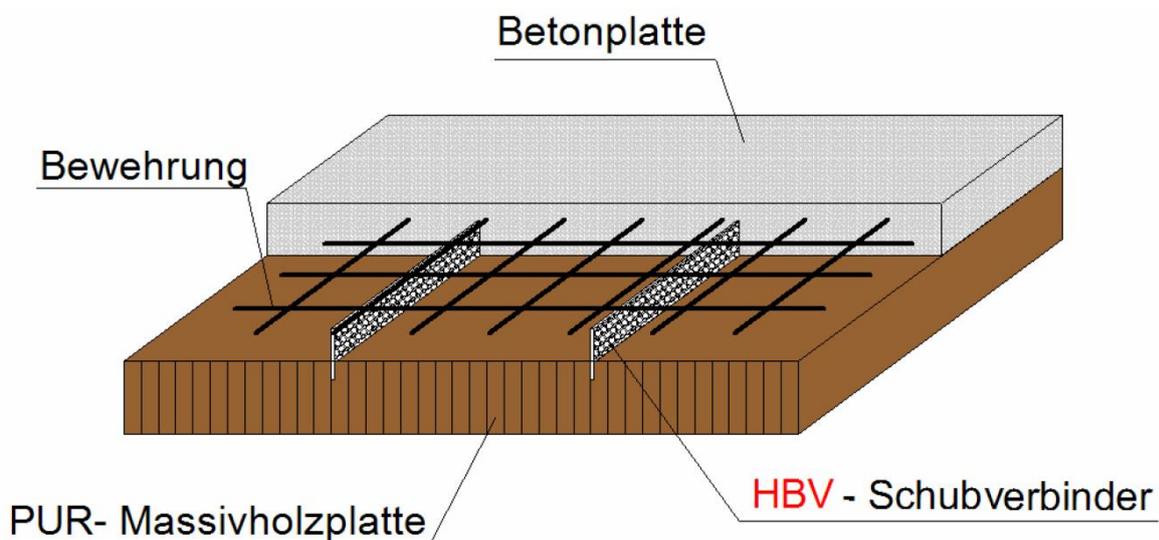


Abb. 2.7: TiComTec HBV - Schubverbinder [24]

Die o.a. *Flachstahlschlösser* der Fa. *Hubert Schmid Bauunternehmen GmbH* sind Stahlbleche, die quer zur Spannrichtung in das BSP eingearbeitet werden. Die Stahlbleche werden etwa 5° zur Vertikalen geneigt eingebaut, wodurch die Verbundwirkung zwischen Beton und Holz verstärkt wird. Im Gegensatz zu den *TiComTec HBV-Schubverbinder* werden die Stahlbleche nicht eingeklebt, sondern in eine 5 % schmalere Fräsnut als die Flachstahldicke eingetrieben.³³ Aufgrund der nicht mehr gültigen bauaufsichtlichen Zulassung wird dieses Verbindungsmittel jedoch nicht näher behandelt.

Gemäß der bauaufsichtlichen Zulassung (Z-9.1-474) des *Deutschen Instituts für Bautechnik* sind die *Veit Dennert Holz-Beton-Verbundelemente* nur für Verbundsysteme in einer um 180° verdrehten Lage, also Beton in der Biegezugzone und Holz in der Biegedruckzone, geeignet.³⁴

³³ siehe [25] Seite 10

³⁴ siehe [26]

Für den weiteren Verlauf der Arbeit ist dieses System nicht relevant und wird daher nicht näher behandelt.

Kerven sind in das Brettsperrholz (oder auch andere flächige Holzprodukte wie Brettstapelholz) eingearbeitete Vertiefungen quer zu Deckenspannrichtung. Das Prinzip dieses Verbundsystems baut auf einem Formschluss auf, wo die aus der Verbundwirkung entstehenden Längsschubkräfte über Druckkontakt an der Kervenflanke übertragen werden.³⁵



Abb. 2.8: Kerven in einem Brettstapelelement [28]

Wie zuvor bereits erwähnt funktioniert eine Verbundwirkung allerdings nur mit einer (Ort-) Holzleichtbetonschicht. Das optische Pendant zu den ins Holz eingearbeiteten Kerven sind auf die Brettsperrholzplatte aufgenagelte Holzlatten quer zur Spannrichtung. Das Grundprinzip ist dem der Kerven gleichzusetzen.

Die *SFS*, *Timco II und III*, *Würth ASSYplus VG*, sowie die *TCC* sind Verbundsysteme mit selbstbohrenden Holzschrauben. Die Wirkungsweise der verschiedenen Hersteller ist grundsätzlich gleich - die Schrauben werden schräg in die Brettsperrholzplatte eingeschraubt und sollen vorwiegend zugbeansprucht werden. In Abb. 2.9 ist das Verschraubungsmuster der *Timco II Schrauben* dargestellt. Sie werden, wie auch die Schrauben der Fa. *Adolf Würth GmbH & Co. KG* (*Würth ASSYplus VG*) und *Com-Ing AG* (*TCC*), gemäß ihrer bauaufsichtlichen Zulassung in einem Winkel von 45° an einer Trägerhälfte verschraubt.³⁶

³⁵ siehe [27] Seite 3

³⁶ siehe [20] Seite 34

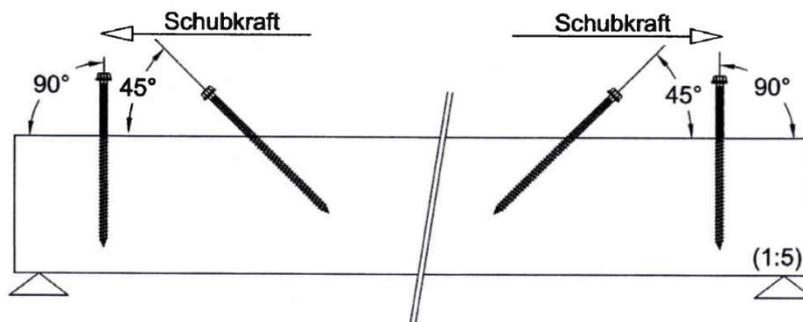


Abb. 2.9: Verschraubungsmuster der *Timco II Schrauben* [20]

Die im Folgenden näher beschriebenen Verbindungsmittel (Schrauben und Kleber) bauen auf den experimentellen Untersuchungen der Arbeit von HOFER, T. auf. Da das in dieser Arbeit herangezogene HLB-System auf diesen Untersuchungen aufbaut, werden auch die Verbundfugen dementsprechend übernommen und in der Kostenanalyse berücksichtigt. In seinen Versuchen wurden vier verschiedene Bauteile (Holzleichtbeton-Verbundsysteme) erprobt, wobei drei davon eine Verbundfuge aus Kleber und Schrauben aufwiesen und ein Bauteil ausschließlich aus einer Klebefuge bestand. Bei seinen Untersuchungen wurden die *SFS Verbundschrauben* und ein Kleber der Fa. *Sika Österreich GmbH* verwendet. In Zusammenarbeit mit der Fa. *SFS intec GmbH & Co. KG* wurde laut HOFER, T. vorab das Durchbohren der Holzleichtbetonschicht mit verschiedenen Schraubentypen getestet.³⁷

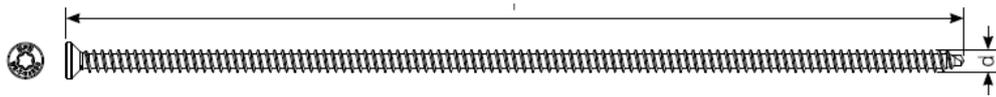
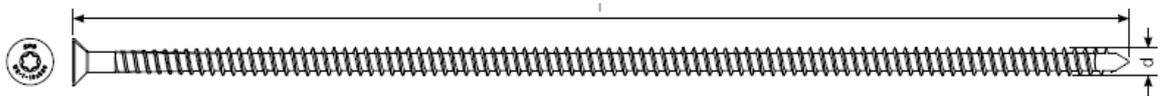
2.2.4.1 SFS Verbundschrauben

SFS Verbundschrauben sind aus Kohlenstoffstahl gefertigte, selbstbohrende Holzschrauben, d.h. ein Vorbohren in die Brettsperrholzsicht ist nicht nötig. Im Folgenden werden die beiden Schraubentypen *WR-T dxL* und *WT-T dxL* näher beschrieben. Beide Schraubentypen sind zwecks Korrosionsschutz mit einem Durocoat-Film überzogen. Für die Bezeichnungen der in Abb. 2.10 bis Abb. 2.12 dargestellten Schrauben gilt:

- **WT** bzw. **WR** bezeichnet den Schraubentyp
- **-T** bezeichnet das Material (Kohlenstoffstahl)
- **dxL** bezeichnet den Durchmesser *d* und die Länge *L* der Schrauben

Das Befestigungssystem *WR-T* eignet sich laut Hersteller besonders gut für die Verbindung von Holzbauteilen, für Verstärkungen (z.B.: Querdruckverstärkungen im Auflagerbereich) oder für Stahl-Holzanschlüsse in großen Querschnitten. Es sind Schrauben mit einem Durchmesser von 9 mm oder 13 mm und einer Länge von 250 mm bis 1000 mm erhältlich.

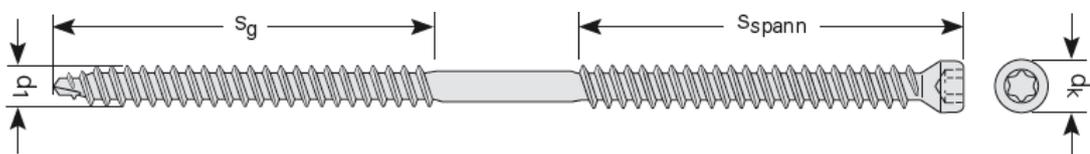
³⁷ siehe [21] Seite 23

Abb. 2.10: SFS Schraube *WR-T 9 x L* [29]Abb. 2.11: SFS Schraube *WR-T 13 x L* [29]

Der Hersteller *SFS intec GmbH & Co. KG* gibt folgende besondere Eigenschaften bzw. Vorteile des *WR-T* an:³⁸

- sehr hohe Leistungsfähigkeit
- breites Anwendungsspektrum
- Verschraubung auch parallel zur Faser möglich
- keine Abminderung der Tragfähigkeit von 90° bis 45° zur Faser
- Verarbeitung ohne Vorbohren
- geringe Spaltneigung = kleine Rand- und Zwischenabstände
- nicht sichtbare Verbindung
- hoher Korrosionsschutz (Durocoat)

Der Schraubentyp *WT-T* ist für unterschiedlichste Verbindungen im konstruktiven Holzbau geeignet, jedoch beschränkt sich sein Einsatzgebiet ausschließlich auf Holz-Holz-Verbindungen. Laut Hersteller zeichnet sich dieses Befestigungssystem durch seine revolutionierte Spitzenform aus. Die exzentrische Holzbohrspitze soll beim Einbau zu Geräuschreduktionen, sowie minimierter Spaltneigung führen. Es sind Schrauben mit einem Durchmesser von 6,5 mm oder 8,2 mm und einer Länge von 65 mm bis 330 mm erhältlich.

Abb. 2.12: SFS Schraube *WT-T d x L* [29]

³⁸ siehe [29]

Der Hersteller *SFS intec GmbH & Co. KG* gibt folgende besondere Eigenschaften bzw. Vorteile des *WT-T* an.³⁹

- einfache und sichere Berechnung
- vielfältiges Anwendungsspektrum
- dauerhafte Verbindungen bei hoher Tragfähigkeit
- schnelles, effizientes Verarbeiten ohne Vorbohren
- formschlüssige Verbindung dank Doppelgewinde
- anspruchsvolle Ästhetik dank versenkter Befestigungsmittel
- hoher Brandwiderstand

2.2.4.2 Klebeverbindung

HABENICHT, G. definierte in seiner Arbeit *Kleben - Grundlagen, Technologien, Anwendungen* Klebstoffe wie folgt:⁴⁰

„Unter Klebstoffen sind Produkte zu verstehen, die gemäß ihrer jeweiligen chemischen Zusammensetzung und dem vorliegenden physikalischen Zustand zum Zeitpunkt des Auftragens auf die zu verbindenden Füge Teile oder während ihrer Erwärmung (z.B.: Klebstofffolien) eine Benetzung der Oberflächen ermöglichen und in der Klebefuge die für die Kraftübertragung zwischen den Füge teilen erforderliche Klebschicht ausbilden.“

Grundsätzlich können Klebstoffe nach ihrer chemischen Basis und ihrem Abbinde mechanismus eingeteilt werden. Auf die unterschiedlichen Arten von Klebstoffen wird hier allerdings nicht näher eingegangen, sondern lediglich auf die für das Holzleichtbeton-Verbundsystem relevanten Klebstoffe. HABENICHT, G. führte in seiner Arbeit u.a. folgende wesentliche Vorteile von Klebeverbindungen gegenüber mechanischen Verbindungsverfahren (Schrauben, Nieten), Schweißen oder Löten an:⁴¹

- Gleichmäßige Spannungsverteilung senkrecht zur Belastungsrichtung
- Keine thermische Gefügebeeinflussung, kein thermisch bedingter Bauteilverzug
- Verbindungsmöglichkeit für unterschiedliche Materialkombinationen, wärmeempfindliche Werkstoffe und Metalle unterschiedlicher elektrochemischer Eigenschaften (isolierende Wirkung der Klebschicht)
- Gewichtsersparnis, Leichtbau
- Festigkeitserhöhung in Verbindung mit Schrauben, Nieten
- Hohe dynamische Festigkeit, hohe Schwingungsdämpfung

³⁹ siehe [29]

⁴⁰ siehe [30] Seite 3

⁴¹ siehe [30] Seite 354

Er ging dabei u.a. auch auf folgende Nachteile von Klebeverbindungen ein:⁴²

- Einfluss der Zeit auf den Verfahrensablauf
- Oberflächenvorbehandlung der Fügeteile
- Begrenzte thermische Formbeständigkeit
- Sorgfältige Prozesskontrolle und aufwendige Kontrollverfahren
- Alterungsabhängigkeit der Klebschicht und Grenzschicht

Für den Verbund von Holz und Beton bzw. Holzleichtbeton eignen sich grundsätzlich Zweikomponentenkleber auf Epoxidharzbasis aber auch auf zementgebundener Basis besonders gut, da sie durchaus große Kräfte übertragen können. Durch eine flächige Verbindung und die hohe Leistungsfähigkeit der Kleber lässt sich eine nahezu starre Verbundwirkung herstellen. Ein Zweikomponentenkleber, oft auch als 2K-Kleber bezeichnet, ist ein Klebstoff, der aus zwei verschiedenen Komponenten besteht. Durch Vermischen der beiden Komponenten kommt es zu einer chemischen Reaktion und in weitere Folge zum Erhärten des Klebstoffs.

HOFER, T. verwendete in seinen Untersuchungen drei verschiedenen Kleber der Fa. *Sika Österreich GmbH*, einer davon arbeitete auf Epoxidharz-Basis, während die anderen beiden auf Zement-Kunststoff-Basis aushärteten.

⁴² siehe [30] Seite 359

3 Randbedingungen und Vergleichsparameter

Das nachfolgende Kapitel dient der Festlegung bzw. der Einschränkung des zu untersuchenden Rahmens dieser Arbeit und definiert somit die Randbedingungen der abschließenden Vergleichsbetrachtung unterschiedlicher Deckensysteme. Zu Beginn ist festzuhalten, dass die vorliegende Arbeit lediglich Neubauten betrifft und die Ergebnisse nicht einfach auf Um- oder Zubauten umgelegt werden können.

Gemäß der Bevölkerungsprognose 2015 der *Statistik Austria* wächst die Bevölkerung Österreichs derzeit jährlich um rund 70.000 Personen. Speziell in Ballungsräumen, wie der Bundeshauptstadt Wien, wird die Bevölkerungszahl in den nächsten Jahren drastisch hochschnellen. Bis zum Jahr 2023 soll in Wien die 2-Millionen Marke überschritten werden und bis 2060 die Bevölkerungszahl gar auf 2,22 Mio. steigen - dies entspricht einem Zuwachs von 24 %.⁴³

Diese Zahlen lassen die Prognose zu, dass der mehrgeschossige Wohnbau, vor allem im urbanen Raum, zunehmend an Bedeutung gewinnen wird. Die vorliegende Arbeit orientiert sich an diesem Trend, womit die erste Einschränkung der Randbedingungen getroffen wird - die sogenannte Gebäudenutzung ist festgelegt. Sie beschreibt den Zweck, dem das Gebäude durch seinen Gebrauch dient. Die Nutzungskategorie *Wohnflächen* definiert gemäß ÖNORM B 1991-1-1 die anzusetzenden Nutzlasten auf die Deckenkonstruktionen - hierauf wird in Kapitel 3.5.2 näher eingegangen.

Eine weitere wesentliche Einschränkung wird vom *Österreichischen Institut für Bautechnik (OIB)* getroffen. Dessen, auf ÖNORMEN basierende, OIB-Richtlinien dienen einer österreichweiten Harmonisierung bautechnischer Vorschriften. Die Richtlinien werden vom OIB veröffentlicht und können von den Ländern in deren Baurecht übernommen und somit als verbindlich anerkannt werden (bereits in 8 Ländern ist das der Fall). Inwieweit die einzelnen Länder die Richtlinien übernommen und eingearbeitet haben ist in Tab. 3.1 ersichtlich. „*Von den OIB-Richtlinien kann jedoch gemäß den Bestimmungen in den diesbezüglichen Verordnungen der Bundesländer abgewichen werden, wenn der Bauwerber nachweist, dass ein gleichwertiges Schutzniveau erreicht wird, wie bei Einhaltung der OIB-Richtlinien. Dies soll die notwendige Flexibilität für innovative architektonische und technische Lösungen sicherstellen.*“⁴⁴

⁴³ siehe [31]

⁴⁴ siehe [32]

BUNDESLAND	OIB-RICHTLINIEN 1 BIS 5	OIB-RICHTLINIE 6
Burgenland	(OIB-Richtlinien 2011 noch in Kraft)	27. Mai 2015
Kärnten	(OIB-Richtlinien 2011 noch in Kraft)	(OIB-Richtlinie 2011 noch in Kraft)
Niederösterreich	(OIB-Richtlinien 2011 noch in Kraft)	15. April 2016
Oberösterreich	(OIB-Richtlinien 2011 noch in Kraft)	(OIB-Richtlinie 2011 noch in Kraft)
Salzburg	-	(OIB-Richtlinie 2011 noch in Kraft)
Steiermark	1. Jänner 2016	1. Jänner 2016
Tirol	1. Mai 2016	1. Mai 2016
Vorarlberg	(OIB-Richtlinien 2011 noch in Kraft)	(OIB-Richtlinie 2011 noch in Kraft)
Wien	2. Oktober 2015	2. Oktober 2015

Tab. 3.1: Inkrafttreten der OIB-Richtlinien 2015 in den einzelnen Bundesländern - Stand: Jänner 2016 [32]

Die OIB-Richtlinien definieren sogenannte Gebäudeklassen, welche häufig in der Praxis anzutreffende Gebäudetypen berücksichtigen. Die Gebäude werden gemäß ihrer Anzahl an oberirdischen Geschoßen, deren Brutto-Grundfläche, dem Fluchtniveau, sowie der Anzahl an Wohnungen bzw. Betriebseinheiten eingeteilt.⁴⁵

Die vorliegende Arbeit konzentriert sich auf Bauwerke der Gebäudeklasse 5 mit maximal 6 oberirdischen Geschoßen. Das *Österreichische Institut für Bautechnik* definiert die Gebäudeklasse 5 als „Gebäude mit einem Fluchtniveau von nicht mehr als 22 m, die nicht in die Gebäudeklassen 1, 2, 3 oder 4 fallen“ (näheres zu den Definitionen der restlichen Gebäudeklassen in den OIB-Richtlinien).⁴⁶ Durch diese Festlegung ergeben sich - ebenfalls in den OIB-Richtlinien vorgegebene - bauphysikalische Rahmenbedingungen. Die untersuchten Deckensysteme müssen hinsichtlich Brandschutz, Schallschutz und Wärmeschutz den Anforderungen der OIB-Richtlinien entsprechen.

In den nachfolgenden Unterkapiteln werden u.a. die eben erwähnten bauphysikalischen, sowie weitere für den Vergleich wesentliche Randbedingungen, wie z.B.: Spannweiten und Belastungsannahmen oder Ökologie und Lebenszyklus, näher behandelt.

⁴⁵ siehe [33] Seite 3

⁴⁶ siehe [73] Seite 5

3.1 Ökologie und Lebenszyklus

Verschiedenste Baustoffe beeinflussen in ihrem Lebenszyklus, d.h. von ihrer Rohstoffgewinnung über die Herstellung bis hin zu ihrer letztendlichen Verwertung und Entsorgung, Umwelt- und Gesundheitsbereiche in unterschiedlichem Ausmaß. Die verschiedenen Lebenszyklusphasen und deren Umweltauswirkungen sind in Abb. 3.1 dargestellt. Um einen objektiven Vergleich der verschiedenen Baustoffe bzw. Bauteile (im gegenständlichen Fall verschiedene Deckensysteme) herstellen zu können, sind ökologische Kennzahlen nötig, die diese Umweltauswirkungen vergleichbar darstellen.

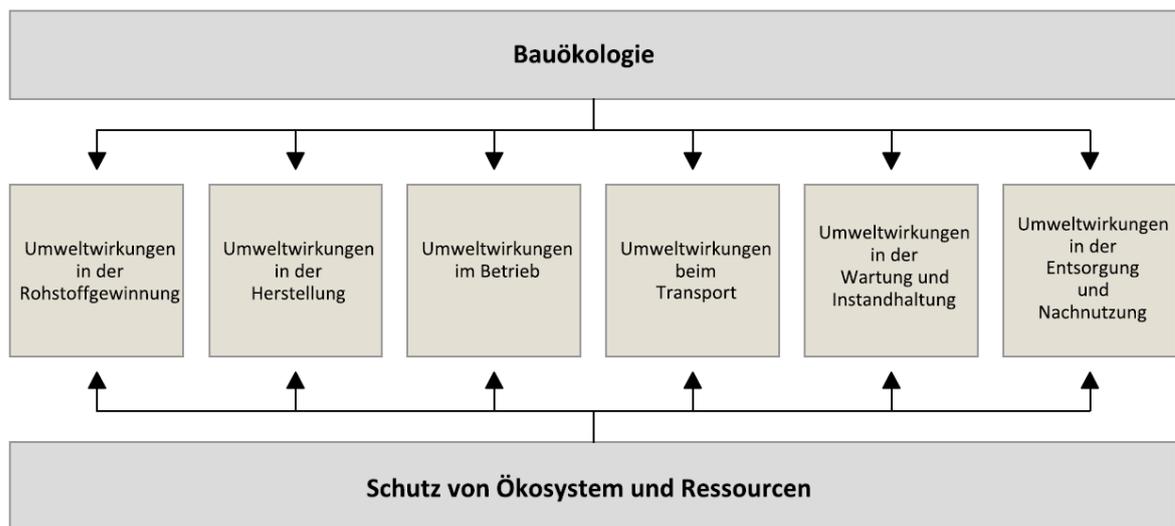


Abb. 3.1: Lebenszyklusphasen [34]

Der vom *Österreichischen Institut für Bauen und Ökologie (IBO)* im Jahr 2003 entwickelte OI3-Index spielt dabei eine zentrale Rolle, da er die komplexen Zusammenhänge der Bauökologie berücksichtigt. Der OI3-Index baut auf einer wirkungsorientierten Klassifizierung nach der sogenannten CML-Methode auf und ist in folgende drei Schritte gegliedert: ⁴⁷

In einem ersten Schritt wird die Herstellung der Baustoffe oder einer Konstruktion in einem Modell bilanziert und deren Stoff- und Energieflüsse (In- und Outputs) untersucht bzw. analysiert. Ziel ist es dabei, die beim Herstellungsprozess entstehenden Nebenprodukte, Abfälle, Emissionen, sowie die nicht mehr nutzbare Energie (Abwärme) festzustellen.

⁴⁷ siehe [35] Seite 3

Im zweiten Schritt werden die Auswirkungen der Produkte und deren Nebenprodukte auf den Treibhauseffekt (GWP), auf die Versäuerung der Böden (Versauerungspotential AP) und auf die, bei der Herstellung benötigte Energie (Primärenergieaufwand PEI) behandelt. Jeder dieser "Wirkungskategorien" sind entsprechende Leitsubstanzen, welche eine "genormte" Wirkung darstellen, zugeordnet. Ein Beispiel wäre CO₂ für den Treibhauseffekt. Die Auswirkungen der Stoff- und Energieflüsse der Baustoffe oder Konstruktionen werden auf eine, den Leitsubstanzen entsprechende, äquivalente Wirkung umgerechnet und aufsummiert.

Abschließend wird das Gebäude bzw. eine Konstruktion einer zusammenfassenden Bewertung unterzogen. Dabei werden die Auswirkungen aller Bauteile zu einer Wirkungskategorie gemeinsam erfasst und mittels linearer Funktion pro 1 m² Baukonstruktionsfläche (KOF) auf eine Punkteskala mit einem Wertebereich von 0 - 100 Punkten umgerechnet. Die erhaltenen Punkte der drei unterschiedlichen Wirkungskategorien werden anschließend aufsummiert und im einheitlichen Bezugssystem "OI3-Punkte" abgebildet.⁴⁸

Schlussendlich führen diese drei Schritte zum OI3-Index:

$$OI3 = 1/3 OI_{PEI_{ne}} + 1/3 OI_{GWP} + 1/3 OI_{AP} \quad 49$$

Je höher der Punktwert eines Baustoffs oder einer Konstruktion liegt, umso ökologisch aufwendiger ist diese. Für den weiteren Verlauf dieser Arbeit und der nachstehenden Vergleichsbetrachtung unterschiedlicher Deckensysteme - und damit auch dem Vergleich unterschiedlicher Baustoffe - bedeutet das, je geringer der OI3-Index eines Systems ist, desto ökologisch günstiger ist dieses.

3.2 Brandschutz

Die allgemeinen Anforderungen an den Brandschutz werden gemäß Wiener Bauordnung § 91 wie folgt definiert:

„Bauwerke müssen so geplant und ausgeführt sein, dass der Gefährdung von Leben und Gesundheit von Personen durch Brand vorgebeugt sowie die Brandausbreitung wirksam eingeschränkt wird.“⁵⁰

⁴⁸ siehe [35] Seite 3

⁴⁹ OI_{PEI_{ne}} = Ökoindikator für das Treibhauspotential

OI_{GWP} = Ökoindikator für die Primärenergie nicht erneuerbar

OI_{AP} = Ökoindikator für das Versauerungspotential

⁵⁰ siehe [36] Seite 56, § 91

Um diese beiden Schutzziele, sowie sämtliche Anforderungen an den Brandschutz von Gebäuden zu erreichen bzw. sicherzustellen sind in der *OIB-Richtlinie 2 - Brandschutz* sowohl vorbeugende als auch abwehrende Maßnahmen definiert. Wie der Name bereits verrät sind vorbeugende Maßnahmen jegliche im Vorfeld getroffenen Vorkehrungen, die einer Brandentstehung, sowie Brandausbreitung entgegenwirken. Dazu zählen der bauliche Brandschutz, der u.a. das Brandverhalten von Baustoffen und den Feuerwiderstand von Bauteilen beinhaltet, der anlagentechnische Brandschutz (z.B.: Brandmeldeanlagen und Löschanlagen) und der organisatorische Brandschutz, welcher u.a. das Erstellen von Brandschutzplänen, die Bestellung eines Brandschutzbeauftragten, sowie das Kennzeichnen von Fluchtwegen umfasst. Abwehrende Maßnahmen beinhalten jegliche Handlungen vor Ort und zum Zeitpunkt des Brandes (insbesondere jene der Feuerwehr).⁵¹

Die Anforderungen von Geschoßdecken an den Brandschutz sind den baulichen Maßnahmen zuzuordnen, wobei speziell das Brandverhalten unterschiedlicher Baustoffe, sowie der Feuerwiderstand des Bauteils relevant sind.

3.2.1 Brandverhalten von Baustoffen

Die ÖNORM EN 13501-1 klassifiziert Baustoffe entsprechend ihrem Brandverhalten in sogenannte Euroklassen. Durch standardisierte Prüfverfahren werden die Baustoffe vergleichbar gemacht und in sieben Klassen unterteilt. Wesentliche Eigenschaften zur Beurteilung des Brandverhaltens sind die Entzündbarkeit, Brennbarkeit, Flammenausbreitung, Rauchentwicklung und brennendes Abtropfen.

Die Euroklassen werden durch die Zeitspanne bis zum Vollbrand, dem sogenannten *Flash-Over-Zeitpunkt*, abgegrenzt, wobei gilt:

- A1-A2: Nicht brennbar, kein Beitrag zum Brand
- B: Schwer entflammbar, sehr begrenzter Beitrag zum Brand
- C: Schwer entflammbar, begrenzter Beitrag zum Brand
- D: Normal entflammbar, hinnehmbarer Beitrag zum Brand
- E: Normal entflammbar, hinnehmbares Brandverhalten
- F: Leicht entflammbar, ohne Beschränkung⁵²

⁵¹ siehe [37] Seite 5-6

⁵² siehe [38]

Zusätzlich wird nach den Brandparallelerscheinungen *Rauchentwicklung* und *brennendes Abtropfen* unterschieden:

- s - Rauchentwicklung:
 - s1: geringe Rauchentwicklung
 - s2: mittlere Rauchentwicklung
 - s3: hohe Rauchentwicklung
- d - brennendes Abtropfen:
 - d0: kein brennendes Abtropfen/Abfallen innerhalb von 600 Sekunden
 - d1: kein brennendes Abtropfen/Abfallen mit einer Nachbrennzeit länger als 10 Sekunden innerhalb von 600 Sekunden
 - d2: ohne Beschränkung (dauerhaftes Abtropfen/Abfallen) ⁵³

3.2.2 Feuerwiderstand von Bauteilen

Ein Bauteil setzt naturgemäß einem Brandereignis einen gewissen Widerstand entgegen, welcher als Brand- oder Feuerwiderstand bezeichnet wird. In der ÖNORM EN 13501-2 werden Bauteile gemäß diesem Entscheidungskriterium kategorisiert. Die Feuerwiderstandsklassifizierung basiert ebenfalls auf standardisierten Prüfverfahren. Die Unterteilung erfolgt grundsätzlich nach der Brandwiderstandsdauer, so ist z.B.:

- R30: feuerhemmend
- R60: hochfeuerhemmend
- R90: feuerbeständig
- R120: hochfeuerbeständig
- R180: höchstfeuerbeständig

wobei die Kennzeichnung "R" für die Tragfähigkeit (*Résistance*) steht - einem der drei Basiskriterien. Die anderen beiden Basiskriterien sind die Eignung zum Raumabschluss (*E - Étanchéité*), welche somit Rauch- und Flammendichtheit gewährleistet und die Dämmwirkung (*I - Isolation*), wodurch die Temperatur unter Brandeinwirkung niedrig gehalten wird. Ergänzend zu diesen drei wesentlichen Kriterien gibt es eine Vielzahl anderer, die eine weitere Klassifizierung erlauben. Dazu zählen u.a. die Strahlung (*W*), die Rauchdichtheit (*S*), eine selbstschließende Eigenschaft (*C*), sowie der Widerstand gegen mechanische Beanspruchung (*M*).

⁵³ siehe [38]

3.2.3 Brandschutzanforderungen an Geschoßdecken der Gebäudeklasse 5 (≤ 6 Geschoße)

Das *Österreichische Institut für Bautechnik* baut in seinen *Erläuternden Bemerkungen zur OIB-Richtlinie 2* auf einer gewissen Sicherheitsphilosophie auf, die im Wesentlichen die Aussage trifft, dass mit steigender Geschoßzahl, einer damit einhergehenden höheren Personenbelegung, einer Zunahme an Nutzungsmöglichkeiten, sowie größeren Brandabschnittsflächen, das Gefährdungspotenzial zunimmt, da der Löscheinsatz der Feuerwehr schwieriger wird. Aufgrund dessen werden mit steigender Gebäudeklasse zunehmende brandschutztechnische Anforderungen an die Baustoffe und Bauteile gestellt.⁵⁴

Gebäudeklassen (GK)	GK 1	GK 2	GK 3	GK 4	GK 5		
					≤ 6 oberirdische Geschoße	> 6 oberirdische Geschoße	
1 tragende Bauteile (ausgenommen Decken und brandabschnittsbildende Wände)							
1.1	im obersten Geschoß	-	R 30	R 30	R 30	R 60	R 60
1.2	in sonstigen oberirdischen Geschoßen	R 30 ⁽¹⁾	R 30	R 60	R 60	R 90	R 90 und A2
1.3	in unterirdischen Geschoßen	R 60	R 60	R 90 und A2			
2 Trennwände (ausgenommen Wände von Treppenhäusern)							
2.1	im obersten Geschoß	-	REI 30 EI 30	REI 30 EI 30	REI 60 EI 60	REI 60 EI 60	REI 60 EI 60
2.2	in oberirdischen Geschoßen	-	REI 30 EI 30	REI 60 EI 60	REI 60 EI 60	REI 90 EI 90	REI 90 und A2 EI 90 und A2
2.3	in unterirdischen Geschoßen	-	REI 60 EI 60	REI 90 und A2 EI 90 und A2			
2.4	zwischen Wohnungen bzw. Betriebseinheiten in Reihenhäusern	nicht zutreffend	REI 60 EI 60	nicht zutreffend	REI 60 EI 60	nicht zutreffend	nicht zutreffend
3 brandabschnittsbildende Wände und Decken							
3.1	brandabschnittsbildende Wände an der Nachbargrundstücks- bzw. Bauplatzgrenze	REI 60 EI 60	REI 90 ⁽²⁾ EI 90 ⁽²⁾	REI 90 und A2 EI 90 und A2			
3.2	sonstige brandabschnittsbildende Wände oder Decken	nicht zutreffend	REI 90 EI 90	REI 90 EI 90	REI 90 EI 90	REI 90 EI 90	REI 90 und A2 EI 90 und A2
4 Decken und Dachschrägen mit einer Neigung ≤ 60°							
4.1	Decken über dem obersten Geschoß	-	R 30	R 30	R 30	R 60	R 60
4.2	Trenndecken über dem obersten Geschoß	-	REI 30	REI 30	REI 60	REI 60	REI 60
4.3	Trenndecken über sonstigen oberirdischen Geschoßen	-	REI 30	REI 60	REI 60	REI 90	REI 90 und A2
4.4	Decken innerhalb von Wohnungen bzw. Betriebseinheiten in oberirdischen Geschoßen	R 30 ⁽¹⁾	R 30	R 30	R 30	R 60	R 90 und A2
4.5	Decken über unterirdischen Geschoßen	R 60	REI 60 ⁽³⁾	REI 90 und A2			
5	Balkonplatten	-	-	-	R 30 oder A2	R 30 oder A2	R 30 und A2 ⁽⁴⁾
(1) Nicht erforderlich bei Gebäuden, die nur Wohnzwecken oder der Büronutzung bzw. büroähnlichen Nutzung dienen;							
(2) Bei Reihenhäusern genügt für die Wände zwischen den Wohnungen bzw. Betriebseinheiten auch an der Nachbargrundstücks- bzw. Bauplatzgrenze eine Ausführung in REI 60 bzw. EI 60;							
(3) Für Reihenhäuser sowie Gebäude mit nicht mehr als zwei Betriebseinheiten mit Büronutzung bzw. büroähnlicher Nutzung genügt die Anforderung R 60;							
(4) Bei Einzelbalkonen genügt eine Ausführung in R 30 oder A2, wenn die Fläche nicht mehr als 10 m ² , die Auskragung nicht mehr als 2,50 m und der Abstand zwischen den Einzelbalkonen mindestens 2,00 m beträgt.							

Tab. 3.2: Allgemeine Anforderungen an den Feuerwiderstand von Bauteilen [39]

Das *OIB* definiert in seiner *OIB-Richtlinie 2 - Brandschutz* für verschiedenste Bauteile deren erforderlichen Widerstand gegenüber einem Brandereignis. Wie in Tab. 3.2

⁵⁴ siehe [33]

dargestellt sind für Geschoßdecken der Gebäudeklasse 5 mit maximal 6 oberirdischen Geschoßen der **Feuerwiderstand REI 90⁵⁵** vorgegeben, d.h. der Bauteil muss im Brandfall 90 min lang seine Tragfähigkeit erhalten, sowie eine dämmende und raumabschließende Wirkung vorweisen.

Für die Vergleichsbetrachtung unterschiedlicher Deckensysteme ist diese Bedingung zwingend einzuhalten. Wenn die Tragstruktur selbst diese Eigenschaft nicht erzielen kann, sind zusätzliche brandschutztechnische Maßnahmen, wie beispielsweise eine Brandschutzverkleidung, erforderlich. An das Brandverhalten der Baustoffe sind bei Geschoßdecken keine speziellen Anforderungen gestellt, einzige Ausnahme sind Decken unterirdischer Geschoße, die aus nicht brennbaren Materialien (A2) herzustellen sind.

3.3 Schallschutz

Schall an sich ist ein „*Sammelbegriff für mechanische Schwingungen mit Frequenzen im Hörbereich des menschlichen Ohrs (etwa 16 Hz bis 20.000 Hz)*“.⁵⁶ Als Schallschutz werden jene Maßnahmen verstanden, die eine Schallübertragung von der Schallquelle zum Empfänger reduzieren.

Der Schall wird nach seinem Ausbreitungsmedium unterschieden in Luft- und Körperschall. Luftschall sind Schallwellen, die sich in der Luft ausbreiten und beispielsweise durch Sprache, Musik oder Verkehr entstehen können. Körperschall dagegen ist jener Schall, der durch Anregung von Festkörpern entsteht, wie z.B.: durch Bohren, Klopfen oder Gehen. Der im Bauwesen bekannteste Körperschall ist der Trittschall.⁵⁷

Der bauliche Schallschutz verfolgt nun das Ziel, solche Schallimmissionen in Räumen auf ein akzeptables bzw. normativ geregeltes Maß zu beschränken. Es handelt sich hierbei allerdings um Mindeststandards, die sich nach den Anforderungen von "normal empfindlichen Menschen" richten. Es kann also durchaus sein, dass der erforderliche Schallschutz für besonders sensible Personengruppen gegebenenfalls nicht ausreichend ist.⁵⁸

Die bautechnischen Anforderungen an Bauteile (im vorliegenden Fall Decken) werden im Folgenden getrennt in Luftschallschutz und Trittschallschutz behandelt.

⁵⁵ R = Résistance

E = Étanchéité

I = Isolation

⁵⁶ siehe [40] Seite 5

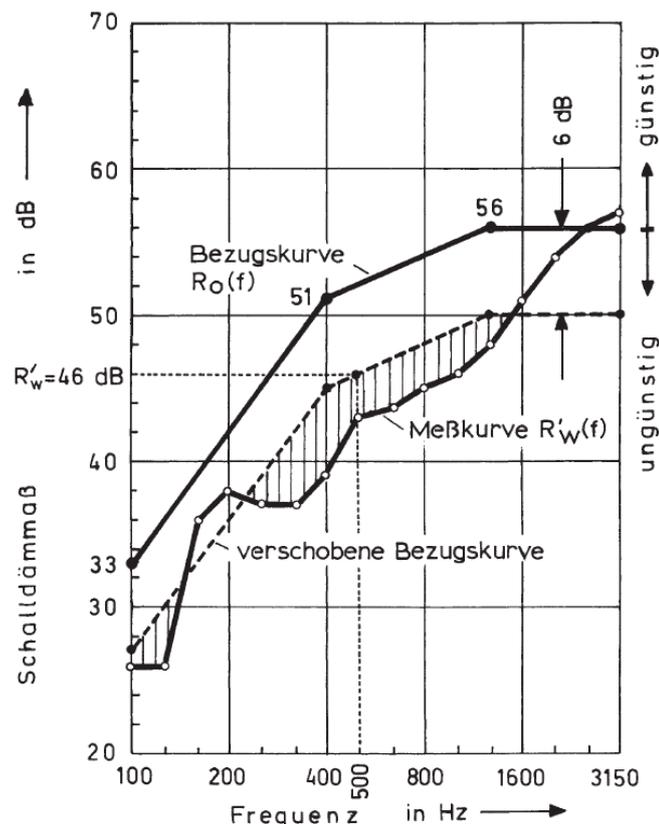
⁵⁷ siehe [41] Seite 88

⁵⁸ siehe [42] Seite 1

3.3.1 Luftschallschutz

Der Luftschallschutz zwischen zwei Räumen ist durch die Schallpegeldifferenz D charakterisiert. Sie beschreibt die Luftschalldämmung benachbarter Räume, wobei verschiedene Schallübertragungswege vorliegen können (sowohl über Trennbauteil als auch über flankierende Bauteile). Der Schallpegel im Empfangsraum ist grundlegend von seiner Absorptionsfläche abhängig. Die ÖNORM B 8115 gibt für die Absorption im Empfangsraum eine normierte Nachhallzeit von 0,5 s an.

Die in Tab. 3.3 angegebenen Werte beziehen sich auf die sogenannte bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$. Aufgrund der Tatsache, dass die schalldämmenden Eigenschaften eines Bauteils frequenzabhängig sind, wird diese Einzahlangabe eingeführt. Sie stellt eine Vereinfachung der Anforderungen an Bauteile dar und wird über ein genormtes Bewertungsverfahren nach ÖNORM EN ISO 717-1 aus frequenzabhängigen Werten ermittelt. Dazu dient eine in der ÖNORM EN ISO 717-1 definierte Bezugskurve, welche der Empfindlichkeit des menschlichen Gehörs und dem üblichen Verlauf des Schalldämmmaßes eines massiven Bauteils entspricht.⁵⁹



Grafik 3.1: Ermittlung des bewerteten Schalldämmmaßes R_w [44]

Die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ wird durch den Vergleich von Bezugskurve zu gemessenen Ergebnissen ermittelt, wobei die Terzbändern 100 Hz bis

⁵⁹ siehe [41] Seite 110-113

3150 Hz berücksichtigt sind. Die Bezugskurve wird so lange gegen die Messkurve verschoben, bis die Abweichungen zwischen Messkurve und Bezugskurve möglichst groß werden, jedoch nicht mehr als 32 dB. Überschreitungen, welche den günstigen Bereich darstellen, werden dabei nicht berücksichtigt. Die mittleren Unterschreitungen zwischen Messkurve und verschobener Bezugskurve dürfen nicht größer als 2 dB sein.⁶⁰

Obenstehende Grafik 3.1 zeigt die Ermittlung des bewerteten Schalldämmmaßes R_w (gleiches Prinzip wie die Ermittlung der bewerteten Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$) mit den beschriebenen Bezugs- und Messkurven. Die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ ist jener Wert der verschobenen Bezugskurve bei 500 Hz.

Mindest erforderliche bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ in Gebäuden			
zu		aus	$D_{nT,w}$ [dB] ohne / mit Verbindung durch Türen, Fenster oder sonstige Öffnungen
1	Aufenthaltsräumen	Aufenthaltsräumen anderer Nutzungseinheiten	55 / 50
		allgemein zugänglichen Bereichen (z.B. Treppenhäuser, Gänge, Kellerräume, Gemeinschaftsräume)	55 / 50
		Nebenträumen anderer Nutzungseinheiten	55 / 50
2	Hotel-, Klassen-, Krankenzimmern, Gruppenräumen in Kindergärten sowie Wohnräumen in Heimen	Räumen gleicher Kategorie	55 / 50
		allgemein zugänglichen Bereichen (z.B. Treppenhäuser, Gänge, Kellerräume, Gemeinschaftsräume)	55 / 38
		Nebenträumen	50 / 35
3	Nebenträumen	Aufenthaltsräumen anderer Nutzungseinheiten	50 / 35
		allgemein zugänglichen Bereichen (z.B. Treppenhäuser, Gänge, Kellerräume, Gemeinschaftsräume)	50 / 35
		Nebenträumen anderer Nutzungseinheiten	50 / 35
Als andere Nutzungseinheit sind bei Schulen die einzelnen Klassenzimmer, bei Kindergärten einzelne Gruppenräume, bei Krankenhäusern einzelne Krankenzimmer, bei Hotels einzelne Hotelzimmer, bei Heimen einzelne Heimzimmer, bei Verwaltungs- und Bürogebäuden aber die fremdgenutzte Betriebseinheit zu sehen.			
Bei Gebäuden mit gemischter Nutzung sind die Anforderungen entsprechend der speziellen Raumnutzungen anzuwenden.			

Tab. 3.3: Mindest erforderliche Luftschalldämmung in Gebäuden [43]

Die in der *OIB-Richtlinie 5 - Schallschutz* definierten Mindestanforderungen für die Luftschalldämmung in Gebäuden sind getrennt in Aufenthaltsräumen, Nebenträumen, sowie spezielle Nutzungsklassen, wie Hotel- oder Klassenzimmern, ausgewiesen. Durch die eingangs erwähnte Einschränkung auf die Nutzungskategorie *Wohnflächen* verbleiben hiermit lediglich Aufenthalts-, sowie Nebenträume, wobei die höhere Schallschutzanforderung maßgebend ist. Demnach hätten die nachstehend betrachtenden Deckensysteme eine **bewertete Standard-Schallpegeldifferenz** von $D_{nT,w} \geq 55$ dB aufzuweisen.

Speziell der Luftschallschutz ist sehr stark von flankierenden Bauteilen abhängig. Da sich die vorliegende Arbeit auf kein konkretes Projekt bezieht, sondern eine allgemeine Aussage treffen soll und somit auch Annahmen über die Materialien bzw. Aufbauten von

⁶⁰ siehe [41] Seite 110-113

flankierenden Bauteilen nicht zweckmäßig wären, wird an dieser Stelle darauf verzichtet und der Luftschallschutz in die Vergleichsbetrachtung nicht mit einbezogen.

3.3.2 Trittschallschutz

Der Begriff Trittschallschutz ist der Oberbegriff für sämtliche Maßnahmen gegen Körperschallanregung bzw. -übertragung. Trittschall entwickelt sich im Bauteil und wird von diesem als Luftschall abgestrahlt. Bei einer Körperschallanregung breitet sich der Schall nicht nur in den darunterliegenden Raum, sondern ebenso in den horizontal benachbarten, sowie diagonal liegenden Raum aus. Die Schallausbreitungswege sind in Abb. 3.2 dargestellt, wobei deutlich erkennbar ist, dass die größte Schallimmission in den darunterliegenden Raum eingetragen wird.⁶¹

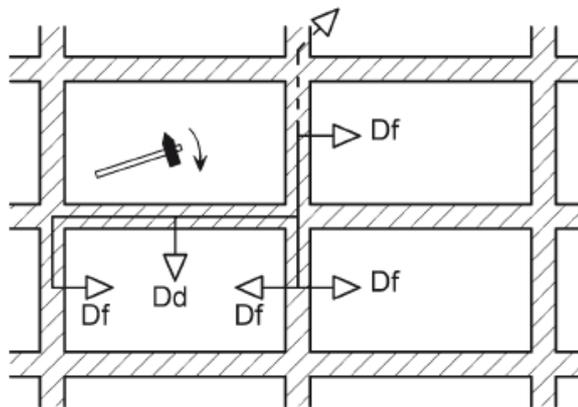


Abb. 3.2: Wege des Körperschalls nach Trittschallanregung einer Trennplatte [46]

Im Gegensatz zum Luftschallschutz, bei dem die Schallpegeldifferenz zwischen Send- und Empfangsraum die Dämmwirkung des Trennbauteils charakterisiert, wird beim Trittschallschutz der im Empfangsraum gemessene Schalldruckpegel als Kenngröße herangezogen. Es wird von einer definierten Körperschallquelle ausgegangen, dem sogenannten Normhammerwerk. Das Normhammerwerk erzeugt pro Sekunde zehn impulsartige Schläge auf das Bauteil.⁶²

Der dabei gemessene mittlere Schalldruckpegel im Empfangsraum ist der frequenzabhängige **Trittschallpegel** L_i . Dieser berücksichtigt allerdings lediglich das Luftschallfeld, welches durch direkten Eintrag in den Empfangsraum entsteht. Um auch der Übertragung durch flankierende Bauteile Rechnung zu tragen (wie bei Gebäuden üblich), wird der frequenzabhängige **Norm-Trittschallpegel** L'_n eingeführt, welcher eine Bezugsabsorptionsfläche berücksichtigt. Wird auf eine bestimmte Nachhallzeit korrigiert

⁶¹ siehe [41] Seite 139

⁶² siehe [41] Seite 114 und 139

(die ÖNORM B 8115 definiert die Bezugsnachhallzeit mit 0,5 s), ergibt sich der sogenannte Standard-Trittschallpegel L'_{nT} , welcher ebenfalls frequenzabhängig ist.⁶³

Wie auch beim Luftschallschutz wird zur Vereinfachung für den Standard-Trittschallpegel L'_{nT} die Einzahlangabe - der bewertete Standard-Trittschallpegel $L'_{nT,w}$ - eingeführt. Er wird analog zur bewerteten Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ ermittelt - L'_{nT} wird frequenzabhängig in Terzbändern von 100 Hz bis 3150 Hz gemessen und mit einer Bezugskurve (definiert nach ÖNORM EN ISO 717-2) verglichen. Die günstigen Werte liegen indes unterhalb der verschobenen Bezugskurve, da beim Trittschallschutz der im Empfangsraum auftretende Schalldruckpegel erfasst wird, und nicht, wie beim Luftschallschutz, eine Schallpegeldifferenz.⁶⁴

Höchst zulässiger bewerteter Standard-Trittschallpegel $L'_{nT,w}$			
in	aus	$L'_{nT,w}$ [dB]	
1	Aufenthaltsräumen	Räumen anderer Nutzungseinheiten (Wohnungen, Schulen, Kindergärten, Krankenhäuser, Hotels, Heime, Verwaltungs- und Bürogebäude und vergleichbare Nutzungen)	48
		allgemein zugänglichen Terrassen, Dachgärten, Balkonen, Loggien und Dachböden	48
		allgemein zugänglichen Bereichen (z.B. Treppenhäuser, Laubengänge)	50
		nutzbaren Terrassen, Dachgärten, Balkonen, Loggien und Dachböden	53
2	Nebenräumen	Räumen anderer Nutzungseinheiten (Wohnungen, Schulen, Kindergärten, Krankenhäuser, Hotels, Heime, Verwaltungs- und Bürogebäude und vergleichbare Nutzungen)	53
		allgemein zugänglichen Terrassen, Dachgärten, Balkonen, Loggien und Dachböden	53
		allgemein zugänglichen Bereichen (z.B. Treppenhäuser, Laubengänge)	55
		nutzbaren Terrassen, Dachgärten, Balkonen, Loggien und Dachböden	58
Als andere Nutzungseinheit sind bei Schulen die einzelnen Klassenzimmer, bei Kindergärten einzelne Gruppenräume, bei Krankenhäusern einzelne Krankenzimmer, bei Hotels einzelne Hotelzimmer, bei Heimen einzelne Heimzimmer, bei Verwaltungs- und Bürogebäuden aber die fremdgenutzte Betriebseinheit zu sehen.			
Bei Gebäuden mit gemischter Nutzung sind die Anforderungen entsprechend der speziellen Raumnutzungen anzuwenden.			

Tab. 3.4: Mindestanforderungen an den Trittschallschutz in Gebäuden [43]

Die in Tab. 3.4 dargestellten Mindestanforderungen sind höchstzulässige Werte, die im Empfangsraum bei einem definierten Normhammerwerk auftreten dürfen. In der *OIB-Richtlinie 5* werden die Mindestanforderungen an den Trittschallschutz mit einem **bewerteten Standard-Trittschallpegel** von $L'_{nT,w} \leq 48$ dB vorgegeben.

Um sich für den Deckenvergleich nicht nur auf die Mindestanforderung zu beschränken wird die Tab. 3.5 herangezogen, welche die Trittschalldämmung in "Komfort-Klassen" unterteilt. Eine Dämmwirkung von Einrichtungsgegenständen und Bodenbelägen bleibt dabei unberücksichtigt. Die Klasse C entspricht dem, nach *OIB-Richtlinie 5* definierten, Mindestschallschutz.

⁶³ siehe [41] Seite 139

⁶⁴ siehe [41] Seite 114

Klassifizierung des Trittschallschutzes								
Trittschalldämmung ^a		Klasse A	Klasse B	Klasse C _R	Klasse C	Klasse D	Klasse E	Zeile
		„hoher Komfort“	„Komfort“	„Standard Reihenhaus“ ^b	„Standard“ ^b	„gering“	„sehr gering“ oder „keine Leistung festgestellt“	
dB								
zu Aufenthaltsräumen aus Räumen angrenzender Nutzungseinheiten	$L'_{nT,w}$	≤ 38	≤ 43	≤ 43	≤ 48	≤ 53	> 53	1a
	$L'_{nT,w} + C_1$	≤ 43	≤ 43	–	–	–	–	1b
	$L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$	≤ 48	–	–	–	–	–	1c
zu Räumen innerhalb einer Nutzungseinheit, auch im Einfamilienhaus ^c	$L'_{nT,w}$	≤ 48	≤ 53	–	–	–	–	2a
	$L'_{nT,w} + C_1$	≤ 53	≤ 53	–	–	–	–	2b
	$L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$	≤ 58	–	–	–	–	–	2c

Tab. 3.5: Klassifizierung des Trittschallschutzes (Auszug der Tabelle) [45]

Durch diese Klassifizierung können die unterschiedlichen Deckensysteme hinsichtlich ihres Luftschall-, sowie Trittschallschutzes nicht nur auf einzuhaltende Mindestwerte reduziert werden, sondern die Vor- und Nachteile einzelner Systeme hervorgehoben und bewertet werden.

3.4 Wärmeschutz

Der Wärmeschutz fasst sämtliche Maßnahmen zusammen, welche den Wärmetransport durch Bauteile (v.a. Außenbauteile) infolge von Temperaturunterschieden zwischen Raum- und Außenluft begrenzen. Er soll für eine verbesserte Raumbehaglichkeit, sowie u.a. einem verringerten Heizwärmebedarf und damit auch reduzierteren Energiekosten sorgen.

Der Wärmeschutz wird gemäß seinen Anforderungen und Maßnahmen in sommerlichen und winterlichen Wärmeschutz gegliedert. Letzterer verfolgt u.a. die Ziele, „den Wärmeverlust in einem Gebäude zu reduzieren, bzw. den Wärmeabfluss nach außen so weit wie möglich zu verhindern“, sowie „den Bewohnern eine hygienisch einwandfreie Lebensweise zu ermöglichen und einen dauerhaften Schutz der Baukonstruktionen gegen klimabedingte Feuchteeinwirkungen sicherzustellen“.⁶⁵

Der sommerliche Wärmeschutz hingegen befasst sich mit dem vorbeugenden Schutz gegen sommerliche Überhitzung aufgrund von Sonneneinstrahlung. Auch hier steht ein behagliches Innenraumklima und ein reduzierter Energieverbrauch (für die Kühlung) im Vordergrund.

Der Wärmeschutz betrifft vor allem Bauteile der Gebäudehülle, d.h. luftberührte Konstruktionen wie Außenwände.

⁶⁵ siehe [38]

Den Geschoßdecken kommt hinsichtlich ihres Wärmeschutzes lediglich eine untergeordnete Rolle zu. Die Anforderungen an Trenndecken (siehe Tab. 3.6) können allein durch den Einsatz üblicher Trittschalldämmplattenstärken erreicht werden. Dies gilt jedoch nicht für luftberührte Decken, wie z.B.: bei Loggien oder Durchfahrten, für Decken über Kellern und Garagen, sowie obersten Geschoßdecken (gegen Dachraum oder Außenluft).⁶⁶

Zwei wesentliche bauphysikalische Kenngrößen welche den Wärmeschutz charakterisieren, sind die Wärmeleitfähigkeit λ und der Wärmedurchgangskoeffizient U.

„Die Wärmeleitfähigkeit λ gibt jene Wärmemenge an, die durch eine Fläche von 1 m² bei einer Temperaturdifferenz von 1 K und einer Schichtstärke von 1 m in 1 s hindurchfließt.“⁶⁷

„Der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) gibt an, wie viel Wärme pro Zeiteinheit und Flächeneinheit im stationären Zustand durch ein Bauteil fließt. Üblicherweise wird er in W/m²K angegeben.“⁶⁸

Diese beiden baustoffspezifischen Kennwerte sind je nach Baustoff unterschiedlich. Generell besteht eine einfache Beziehung zwischen der Wärmeleitfähigkeit λ und der Rohdichte ρ eines Baustoffes. Je leichter ein Stoff ist, desto besser ist in der Regel sein Wärmedämmvermögen und desto geringer seine Wärmeleitfähigkeit λ .

Der Wärmedurchgangskoeffizient U charakterisiert den Wärmeverlust eines Bauteils bezogen auf eine Fläche von 1 m² und eine Zeitspanne von 1 s bei einer Temperaturdifferenz von 1 K. Er wird wesentlich von der Wärmeleitfähigkeit λ und der Bauteildicke beeinflusst. Je kleiner der Wärmedurchgangskoeffizient U ist, desto geringer ist der Wärmeverlust in Heizperioden, da die Wärme im Gebäude verbleibt. In Kühlperioden, also in den Sommermonaten, sind kleinere U-Werte vorteilhaft, da die warme Luft außerhalb vom Gebäude gehalten wird.

Auf normativer Ebene sind die Anforderungen an den Wärmeschutz in der *OIB-Richtlinie 6 - Energieeinsparung und Wärmeschutz* geregelt. Darin wird festgehalten, dass diese Richtlinie ausschließlich für konditionierte Gebäude gilt und nicht nur auf den Neubau, sondern auch im Fall größerer Renovierungen anzuwenden ist. Die in Tab. 3.6 aufgelisteten Anforderungen an Bauteile stellen Mindestwerte dar.⁶⁹

⁶⁶ siehe [47] Seite 10

⁶⁷ siehe [41] Seite 19

⁶⁸ siehe [41] Seite 20

⁶⁹ siehe [48] Seite 2 , sowie [49] Seite 3

Wie bereits erwähnt sind grundsätzlich kleinere U-Werte erstrebenswert, da sie bauphysikalisch Vorteile bringen. Im Fall von Geschoßdecken spielt dies jedoch eine untergeordnete Rolle, und so wird für den späteren Vergleich die Mindestanforderung für *Decken gegen getrennte Wohn- und Betriebseinheiten* (Zeile 21) gewählt. Dadurch wird ein **Wärmedurchgangskoeffizient** für Trenndecken von **U-Wert $\leq 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$** vorgegeben. Die für oberste Geschoßdecken geltende Anforderung - ein U-Wert $\leq 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ - wird durch zusätzliche wärmedämmende Maßnahmen erzielt, hat also hier keine weitere Bedeutung und es gilt im Folgenden für oberste Geschoßdecken die gleiche Anforderung wie für Trenndecken.

	Bauteil	U-Wert [W/m ² K]
1	WÄNDE gegen Außenluft	0,35
2	WÄNDE gegen unbeheizte oder nicht ausgebaute Dachräume	0,35
3	WÄNDE gegen unbeheizte, frostfrei zu haltende Gebäudeteile (ausgenommen Dachräume) sowie gegen Garagen	0,60
4	WÄNDE erdberührt	0,40
5	WÄNDE (Trennwände) zwischen Wohn- oder Betriebseinheiten oder konditionierten Treppenhäusern	0,90
6	WÄNDE gegen andere Bauwerke an Grundstücks- bzw. Bauplatzgrenzen	0,50
19	DECKEN und DACHSCHRÄGEN jeweils gegen Außenluft und gegen Dachräume (durchlüftet oder ungedämmt) ⁽⁶⁾	0,20
20	DECKEN gegen unbeheizte Gebäudeteile ⁽⁶⁾	0,40
21	DECKEN gegen getrennte Wohn- und Betriebseinheiten ⁽⁶⁾	0,90
22	DECKEN innerhalb von Wohn- und Betriebseinheiten ⁽⁶⁾	–
23	DECKEN über Außenluft (z.B. über Durchfahrten, Parkdecks) ⁽⁶⁾	0,20
24	DECKEN gegen Garagen ⁽⁶⁾	0,30
25	BÖDEN erdberührt ⁽⁶⁾	0,40
<p>(1) ... Für Fenster ist für den Nachweis des U-Wertes das Prüfnormmaß von 1,23 m × 1,48 m anzuwenden, für Fenstertüren und verglaste Türen das Maß 1,48 m × 2,18 m.</p> <p>(2) ... Für großflächige, verglaste Fassadenkonstruktionen sind die Abmessungen durch die Symmetrieebenen zu begrenzen.</p> <p>(3) ... Für Dachflächenfenster ist für den Nachweis des U-Wertes das Prüfnormmaß von 1,23 m × 1,48 m anzuwenden.</p> <p>(4) ... Für Türen ist das Prüfnormmaß 1,23 m × 2,18 m anzuwenden.</p> <p>(5) ... Für Tore ist das Prüfnormmaß 2,00 m × 2,18 m anzuwenden.</p> <p>(6) ... Für Decken und Böden kleinflächig gegen Außenluft darf für 2 % der jeweiligen Fläche der U-Wert bis zum Doppelten des Anforderungswertes betragen, sofern die ÖNORM B 8110-2 (Kondensatfreiheit) eingehalten wird.</p>		

Tab. 3.6: Anforderungen an wärmeübertragende Bauteile [48]

3.5 Belastungsannahmen

Die Belastungsannahmen stellen einen wesentlichen Parameter für die Deckendimensionierung dar. Wie eingangs in Kapitel 3 erwähnt behandelt die vorliegende Arbeit ausschließlich Geschoßdecken im Wohnbau, wodurch auch die Nutzlastannahmen definiert sind (siehe Kapitel 3.5.2). Im Folgenden werden sämtliche auf die Decken anzusetzenden Lasten dargestellt und erläutert, wobei diese in ständige und veränderliche gegliedert sind.

Belastungen auf oberste Geschoßdecken werden nicht behandelt, da im Regelfall die Trenndecken zwischen den Geschoßen die maßgebende Belastungssituation darstellen. Für Decken über Dachgeschoß wären anstatt der anzusetzenden Nutzlast, Auflasten in Folge von Schnee, Wind, sowie Instandsetzung zu berücksichtigen. Letztere ist jedoch gemäß ÖNORM EN 1991-1-1 nicht in Kombination mit Schnee- und Windbelastungen anzusetzen.⁷⁰

Für die ständigen Einwirkungen legt selbige Norm fest, dass das gesamte Eigengewicht der tragenden und nichttragenden Bauteile in der Lastkombination als eine einzelne Einwirkung zu berücksichtigen ist.⁷¹

3.5.1 Ständige Lasten

Die ständigen Belastungen gliedern sich in das Eigengewicht des Tragelements, also dem reinen Deckengewicht, und das Eigengewicht des Fußbodenaufbaus. Aufgrund der unterschiedlichen Deckensysteme und den damit verbundenen differierenden Eigengewichten der Tragstruktur, werden diese erst im Zuge der Bemessung der einzelnen Deckentypen berücksichtigt.

Die Auflast bedingt durch den Fußbodenaufbau ist aus Tab. 3.7 zu entnehmen. Angenommen wird dabei ein im Wohnbau gängiger Aufbau mit einem Bodenbelag aus Holz, Zementestrich, Trittschalldämmung, sowie Ausgleichschüttung. Eine Auflast einer PE-Folie zwischen Estrich und Trittschalldämmung bleibt aufgrund ihrer geringen Größe unberücksichtigt.

⁷⁰ siehe [50] Seite 11

⁷¹ siehe [50] Seite 11

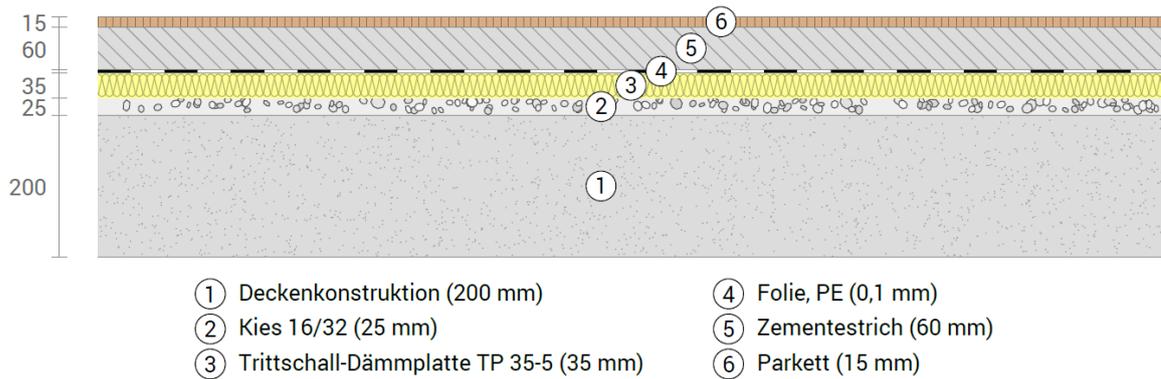


Abb. 3.3: Fußbodenaufbau. Erstellt mit U-Wert.net

3.5.2 Veränderliche Lasten

Die ÖNORM EN 1991-1-1 bzw. deren nationaler Anhang ÖNORM B 1991-1-1 regelt die, aufgrund der bestimmungsmäßigen Nutzung des Bauwerks, zu erwartenden veränderlichen Einwirkungen. Entsprechend der vorhergegangenen Einschränkung auf die Nutzungskategorie *Wohnflächen (A1)* ist eine Nutzlast gemäß ÖNORM B 1991-1-1 von $q_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$ anzusetzen.⁷²

In der ÖNORM EN 1991-1-1 ist außerdem der sogenannte Zwischenwandzuschlag geregelt. Das Eigengewicht versetzbarer Trennwände darf durch eine gleichförmig verteilte Flächenlast q_k berücksichtigt und auf die der Nutzungskategorie entsprechenden Nutzlast zugeschlagen werden. Voraussetzung hierfür ist allerdings eine Deckenkonstruktion, welche eine Querverteilung der Lasten ermöglicht.⁷³

„Diese gleichförmig verteilte Flächenlast darf in Abhängigkeit vom Eigengewicht der Zwischenwände wie folgt festgelegt werden“.⁷⁴

- bei Eigengewicht der versetzbaren Trennwand $\leq 1,0 \text{ kN/m}$: $q_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$
- bei Eigengewicht der versetzbaren Trennwand $> 1 \leq 2,0 \text{ kN/m}$: $q_k = 0,8 \text{ kN/m}^2$
- bei Eigengewicht der versetzbaren Trennwand $> 2 \leq 3,0 \text{ kN/m}$: $q_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$

Da sich die vorliegende Arbeit nicht auf ein Referenzobjekt bezieht und somit auch keine Zwischenwandstärken bzw. -materialien vorliegen, wird für die anschließende Bemessung der einzelnen Deckensysteme ein Zwischenwandzuschlag von $q_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$ in Rechnung gestellt.

Dadurch ergibt sich eine gesamte anzusetzende Nutzlast von $\sum q_k = 3,2 \text{ kN/m}^2$ auf die Geschoßdecken.

⁷² siehe [51] Seite 9

⁷³ siehe [50] Seite 17

⁷⁴ siehe [50] Seite 17

3.5.3 Lastaufstellung

Sämtliche in den Kapiteln 3.5.1 und 3.5.2 beschriebenen Belastungen sind in Tab. 3.7 gemäß deren Gliederung nach ÖNORM EN 1991-1-1 bzw. ÖNORM B 1991-1-1 aufgelistet.

LASTAUFSTELLUNG									
Bauteil: <u>Geschoßdecken</u>									
ständige Lasten: Einflussbreite 1,00 m									
Nr.	Bezeichnung	Wichte [kN/m³]	Bauteil- dicke [cm]	Breite / m Decken- breite [cm]	Flächen- last [kN/m²]	Linien- last [kN/lfm]			
1	Holzboden	8,0	1,5	100	0,12				
2	Zementestrich (Heizestrich)	22,0	6	100	1,32				
3	Trittschalldämmung TPS 35	1,2	3,5	100	0,04				
4	Ausgleichsschüttung	18,0	2,5	100	0,45				
Σ Fußbodenaufbau					1,93				
Konstruktionsgewicht					lt. Statik				
KB6 Summe ständige Lasten (NUR Fußbodenaufbau):				Σ g _k =	2,0 kN/m²				
veränderliche Lasten / Nutzlasten: Einflussbreite 1,00 m									
Nr.	Bezeichnung	Flächen- last [kN/m²]	Linien- last [kN/lfm]	Einzellast		Ψ ₀	Ψ ₁	Ψ ₂	
				vertikal [kN]	horizontal [kN]				
v ₁	Nutzungsmerkmal	Kategorie							
(Leiteinwirkung)	Wohnflächen	A	2,00	2,00	0,50	0,7	0,5	0,3	
	Decken in Wohngebäuden und -häusern, Stations- und Krankenzimmer in Krankenhäusern ohne Behandlungs- oder Diagnosegeräte, Zimmer in Hotels und Herbergen, Küchen, Toiletten	A1.1							
	Bemerkung:	-							
v ₂	versetzbare Trennwände: Eigengewicht [kN/m]	3,0	1,20	-	-	-	-	-	
v ₃									
s	-					0,0	0,0	0,0	
w	-					0,0	0,0	0,0	
KB7 Summe veränderliche Lasten:		Σ q _k =	3,2 kN/m²						
Anm.:									
Einwirkungskombinationen: γ _{G,j} = 1,35 γ _{Q,i} = 1,50									
ULS Ultimate Limit States	Grundkombination: (KB2; zum Nachweis der Tragsicherheit) $L_{d,KB2} = 7,5 \text{ kN/m}^2$ $L_d = \sum g_{G,j} \times G_{k,j} + g_{Q,1} \times Q_{k,1} + \sum g_{Q,i} \times \psi_{0,i} \times Q_{k,i}$ außergewöhnliche EWK: (KB8; zum Nachweis der Tragsicherheit bei Erdbeben und außergewöhnl. Bemessungssituationen) $L_{d,KB8} = 3,0 \text{ kN/m}^2$ $L_d = \sum G_{k,j} + \psi_{2,1} \times Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} \times Q_{k,i}$								
	charakteristische EWK: (KB3; zum Nachweis der Gebrauchstaugl. für nicht umkehrbare Auswirkungen am Tragwerk) $L_{d,KB3} = 5,2 \text{ kN/m}^2$ $L_d = \sum G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum \psi_{0,i} \times Q_{k,i}$ häufige EWK: (KB4; zum Nachweis der Gebrauchstauglichkeit für umkehrbare Auswirkungen am Tragwerk) $L_{d,KB4} = 3,6 \text{ kN/m}^2$ $L_d = \sum G_{k,j} + \psi_{1,1} \times Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} \times Q_{k,i}$ quasi-ständige EWK: (KB5; zum Nachweis der Gebrauchstauglichkeit für Langzeitauswirkungen) $L_{d,KB5} = 3,0 \text{ kN/m}^2$ $L_d = \sum G_{k,j} + \sum \psi_{2,i} \times Q_{k,i}$								
SLS Serviceability Limit States	$d_p/d = L_{d,KB5}/L_{d,KB3} = 0,58$... Verhältnis Dauerlast zu Gesamtlast								

Tab. 3.7: Lastaufstellung der Geschoßdecken [52]

3.6 Statisches System - Spannweite

Neben den Belastungsannahmen ist das statische System und dessen Spannweiten die zweite wesentliche statische Rahmenbedingung für die nachstehende Vergleichsbetrachtung. Zusätzlich zur Abtragung der in Kapitel 3.5 beschriebenen Vertikallasten haben Decken die Aufgabe auftretende Horizontalkräfte in Folge von Wind oder Erdbeben auf aussteifende Wände weiterzuleiten. Das bedeutet, die Decke hat als aussteifende, lastweiterleitende schubsteife Scheibe zu wirken. Diese Schubsteifigkeit kann beispielsweise durch die Anordnung von Verschließungen und Rosten realisiert werden.⁷⁵

Ziel dieses Unterkapitels ist es, eine vergleichbare Basis hinsichtlich Spannbarkeit, statischem System, sowie deren Spannweiten zu schaffen.

Die ersten Einschränkungen betreffen die Spannbarkeit und das statische System der Decken. Im Folgenden werden die Deckenkonstruktionen ausschließlich einachsig gespannt betrachtet und eine mögliche kreuzweise Tragwirkung vorerst vernachlässigt. Außerdem werden nur Einfeldsysteme untersucht und Durchlaufsysteme, sowie Kragplatten nicht behandelt. Diese Einschränkungen sind notwendig, da die Ergebnisse aufgrund der großen Unterschiedlichkeit verschiedenster statischer Systeme ansonsten nicht sinngemäß verglichen werden können bzw. den Rahmen dieser Arbeit deutlich sprengen würden.

Um den Parameter Spannweite zweckmäßig einzuschränken, wurde im Vorfeld dieser Arbeit eine Grundrissstudie durchgeführt. Dazu wurden in Summe 15, teilweise bereits realisierte und teilweise noch in Planung befindliche, Bauprojekte auf deren Deckenspannweiten untersucht. Dabei wurden 10 Wohnhausanlagen und 5 Ein- bzw. Mehrfamilienhäuser in Österreich betrachtet, deren Namen an dieser Stelle jedoch nicht erwähnt werden, da sie keinen Einfluss auf die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit haben. Zugang zu den Grundlagen (Einreich- bzw. Polierpläne) dieser Bauprojekte fand der Verfasser über seine berufliche Tätigkeit in einem Ziviltechnikerbüro.

Die Grundrissstudie brachte keine wesentlichen Erkenntnisse in Hinblick auf häufig vorkommende Spannweiten und somit konnte auch kein Trend zu "Regelspannweiten" im Wohnbau ermittelt werden. Vielmehr schwankten die Spannweiten von 5 m bis zu 8 m, wobei jene von Gangflächen (kurze Spannweiten von etwa 1,5 m bis 2 m) nicht weiter relevant sind.

⁷⁵ siehe [47] Seite 4

Angesichts der Ergebnisse der Grundrisstudie werden vorerst für die Spannweiten eine **untere Schranke von 5 m** und eine **obere Schranke von 8 m** festgelegt. Da die Holzleichtbeton-Verbundbauweise allerdings eher auf weitgespanntere Deckensysteme zielt, wird die **obere Schranke** erweitert und nun mit **10 m** festgelegt.

3.7 Schwingungsanfälligkeit

Die Schwingungsanfälligkeit von Decken betrifft speziell schlanke, weitgespannte Systeme, wo in der Regel Gebrauchstauglichkeitskriterien für die Bemessung maßgebend sind. Während für Durchbiegungen in den einschlägigen Normen Grenzwerte klar definiert sind, ist der Schwingungskomfort für Decken nicht eindeutig geregelt.⁷⁶ Die ÖNORM EN 1990 legt zwar fest, dass „*Schwingungen, die bei Personen körperliches Unbehagen hervorrufen oder die Funktionsfähigkeit des Tragwerks einschränken*“⁷⁷, zu vermeiden sind, klare Grenzwerte sind jedoch darin nicht definiert. Auch der nationale Anhang ÖNORM B 1990-1 gibt bezüglich Schwingungen von Geschoßdecken keine speziellen Anforderungen an.

Ein Grund für die fehlende normative Regelung von Schwingungen bei Geschoßdecken ist wohl die Tatsache, dass die Wahrnehmung von Schwingungen ein subjektives Empfinden ist und gewisse Personengruppen sensibler auf dieses Phänomen reagieren. Einzig die Holzbaunorm ÖNORM EN 1995-1-1 sieht spezielle Nachweise für das Schwingungsverhalten vor. Hier sind frequenzabhängige Kriterien, Steifigkeitskriterien, sowie Kriterien für die Schwingbeschleunigung von Holzdecken angeführt.

Demnach wird bei der Bemessung der einzelnen Deckensysteme ein Schwingungsnachweis bei Holzdecken berücksichtigt. Auch bei Holz-Beton-Verbunddecken wird der Schwingungsnachweis in der Deckendimensionierung trotz fehlender normativer Regelung berücksichtigt. Bei Betondecken wird kein Schwingungsnachweis geführt, da in den einschlägigen Normen keine genauen Angaben dazu vorliegen.

Das bedeutet, dass diese Randbedingung eine eher sekundäre Wertigkeit hat, da sie ausschließlich bei der Dimensionierung von Holzdecken bzw. Verbunddecken berücksichtigt wird.

⁷⁶ siehe [53] Seite 1

⁷⁷ siehe [54] Seite 25

3.8 Zusammenfassung der Randbedingungen

In der Vergleichsbetrachtung sollen die bauphysikalischen Randbedingungen mit den statischen Anforderungen und den ökologischen Aspekten ganzheitlich betrachtet werden. Die Deckendimensionierung orientiert sich naturgemäß primär an den statischen Rahmenbedingungen, ehe die daraus gewonnenen Bauteildicken einer bauphysikalischen und ökologischen Betrachtung unterzogen werden.

In der nachstehenden Tab. 3.8 sind sämtliche in diesem Kapitel beschriebenen Randbedingungen nochmals überschaubar dargestellt.

	Randbedingung	Anforderung an Geschoßdecken der Gebäudeklasse $5 \leq 6$ Geschoße	
	Ökologie	OI3 - Punkte	
Bauphysikalische Randbedingungen	Brandschutz	REI 90	
	Schallschutz	Luftschallschutz	Trittschallschutz
		nicht behandelt	$L'_{nT,w} \leq 48$ dB
	Wärmeschutz	U-Wert $\leq 0,9$ W/m ² K	
Statische Randbedingungen	Belastungsannahmen	ständige Lasten	veränderliche Lasten
		$g_k = 2,0$ kN/m ²	$q_k = 3,2$ kN/m ²
	statisches System	Einfeldsystem, einachsig gespannt	
	Spannweiten	5 - 10 m	
	Schwingungen	Nur bei Holzdecken bzw. HBV und HLB Systemen	

Tab. 3.8: Zusammenfassung der Randbedingungen [52]

4 Wirtschaftliche Analyse ausgewählter Deckensysteme

Im Folgenden Kapitel werden, unter Berücksichtigung der eben beschriebenen Randbedingungen, Deckensysteme gewählt und ihre bauphysikalischen und ökologischen Eigenschaften ausgearbeitet. Außerdem werden die Kosten der einzelnen Deckenkonstruktionen auf Bauteilebene untersucht.

Diese Kostenanalyse hat das Ziel, die Holzleichtbeton-Verbundbauweise auf wirtschaftlicher Basis mit konventionellen Deckensystemen zu vergleichen und aufzuzeigen, ob sie eine konkurrenzfähige Alternative ist. Auf eine Bewertung der Ergebnisse wird an dieser Stelle jedoch verzichtet, sondern lediglich die Kosten der einzelnen Deckenkonstruktionen erarbeitet. Für die abschließende Vergleichsbetrachtung und eine Bewertung der Ergebnisse wird auf das Kapitel 5 verwiesen.

4.1 Vorgehensweise

Die Vorgehensweise der Analyse gliedert sich in vier Schritte, wobei im ersten Schritt die verschiedenen Deckensysteme gewählt werden. Aufgrund der in Kapitel 3.6 festgelegten erforderlichen horizontalen Lastableitung der Decken, werden schubsteife Systeme gewählt, welche eben diese aussteifende, lastweiterleitende Wirkung erzielen können.

In einem zweiten Schritt werden die gewählten Deckenkonstruktionen unter Berücksichtigung der statischen Randbedingungen für die verschiedenen Spannweiten bemessen. Dazu gelten die in Kapitel 3.5 und Kapitel 3.6 definierten Voraussetzungen wie die Belastungsannahmen, sowie die Spannbarkeit und das statische System. Sind die unterschiedlichen Bauteildicken in Abhängigkeit der Bandbreite an Spannweiten festgelegt, werden die Decken einer bauphysikalischen und ökologischen Untersuchung unterzogen (dritter Schritt). Nachfolgend - im vierten und letzten Schritt - werden die Deckensysteme getrennt nach den unterschiedlichen Spannweiten bzw. Bauteildicken bezüglich ihrer Kosten analysiert.

Um für die Kostenermittlung eine vergleichbare Basis zu schaffen, werden ausschließlich Flachdecken untersucht, welche zumindest vom Ansatz her einen ähnlichen Materialverbrauch aufweisen. Dementgegen kommen beispielsweise Holzbalkendecken mit wesentlich weniger tragendem Material aus, was sich ohne Zweifel in den Kosten niederschlägt.

Aufgrund der Vielzahl an unterschiedlichen Deckensystemen ist es notwendig, diese auf ein vergleichbares Maß zu beschränken. Dazu werden im Folgenden Deckenkonstruktionen gewählt, welche teilweise im Zuge der Grundrissstudie angetroffen

wurden bzw. weitere für den Vergleich relevante Systeme (z.B.: Holz-Beton-Verbunddecken). In der Grundrissstudie waren hauptsächlich Stahlbetondecken, sowohl als Ortbeton- als auch Halbfertigteildecken (schlaff bewehrte Elementdecken), vertreten. Außerdem wurde eine massive Brettsperrholzdecke angetroffen.

Als "Spezialfall" werden kreuzweise gespannte Stahlbetondecken (entgegen der in Kapitel 3.6 festgelegten einachsig gespannten Systemen) angeführt, da sie aufgrund des deutlich geringeren Materialverbrauchs gegenüber einachsig gespannten Platten die wirtschaftlichere Alternative darstellen und in der heutigen Zeit große Anwendung finden.

Zusammenfassend werden folgende Flachdeckensysteme analysiert und abschließend miteinander verglichen:

- Ortbetondecke
- Elementdecke
- Brettsperrholzdecke
- Holz-Beton-Verbunddecke
- Holzleichtbeton-Verbunddecke
- Spezialfall
 - kreuzweise gespannte Stahlbetondecke

Wie bereits erwähnt werden anschließend die Decken in Abhängigkeit der Spannweiten dimensioniert und einer bauphysikalischen und ökologischen Untersuchung unterzogen. Diese beiden Schritte erfolgen mithilfe von unterschiedlichen Softwareprogrammen für die statische Bemessung und gängiger Bauphysiksoftware. Die in dieser Arbeit verwendeten computerunterstützten Programme sind nachfolgend aufgelistet:

- *Conkret V 5.3* - Statiksoftware
- *ConDim V 7.1.3.2* - Betonbemessungssoftware
- *Stora Enso CLT design software* - Online Bemessungsprogramm für Brettsperrholzelemente, HBV-Systeme und HLB-Verbunddecken (ohne Nachweis der Verbindungsmittel)⁷⁸
- *SFS Intec* - Bemessungsprogramm für HBV-Systeme (Nachweis für Verbindungsmittel geführt)
- *ArchiPHYSIK 13* - Bauphysiksoftware
- *Baubook Rechner für Bauteile* - online Bemessung zur Erlangung der ökologischen Kennwerte⁷⁹

⁷⁸ siehe [55]

⁷⁹ siehe [56]

Für die statische Bemessung der Decken ist festzuhalten, dass die zum Zeitpunkt der Verfassung dieser Arbeit gültigen einschlägigen Normen angewandt wurden. Der erforderliche Brandschutz von REI 90 ist in sämtlichen Bemessungen berücksichtigt. Die statischen Berechnungen wurden mit dem Ziel einer maximalen Vergleichbarkeit durchgeführt.

Sämtliche, für die statische Bemessung relevanten Eingangswerte bzw. Eingabedaten, sind den einzelnen Ausdrucksprotokollen im Anhang zu entnehmen. Ebenso sind die Ergebnisse der statischen, bauphysikalischen und ökologischen Berechnungen im Anhang zu finden. Es ist festzuhalten, dass sämtliche Berechnungen für konstruktive Zwecke lediglich als Vorbemessung anzusehen sind und projektspezifische Randbedingungen auch in den statischen Bemessungen zu berücksichtigen und dementsprechend detailliertere Berechnungen und Untersuchungen notwendig sind.

Die bauphysikalischen und ökologischen Kennwerte werden im Folgenden für jede Deckenkonstruktion überblicksmäßig tabellarisch dargestellt und in der abschließenden Vergleichsbetrachtung gegenübergestellt und bewertet. Die Kostenanalysen der gewählten Deckensysteme werden jeweils getrennt ermittelt und ebenfalls in der abschließenden Vergleichsbetrachtung gegenübergestellt.

Für die Kostenanalyse wurden im Vorfeld Aufwandswerte und Materialkosten von ausführenden Firmen, Fertigteilerwerken und Herstellern erhoben. Die erforschten Aufwandswerte wurden hinterher mit Literaturangaben verifiziert bzw. ergänzt. Die angegebenen Materialpreise und Aufwandswerte ausführender Firmen entstammen diverser Nachkalkulationen, die unternehmensintern für künftige Projekte zur Vorkalkulation angesetzt werden. Es wurden im Zuge dieser Arbeit mehrere Experten unterschiedlicher Firmen befragt, die teils schwankenden Materialkosten (jedoch nicht mehr als 10 %) hinterher gemittelt und in der Kalkulation angesetzt. Teilweise werden in der Kalkulation auch nicht gemittelte Werte angesetzt, sondern lediglich die Angaben von einem ausführenden Unternehmen übernommen (z.B.: Schalung). Grund dafür sind einerseits die teilweise enorm schwankende Angaben (Schalung) und andererseits der mangelnde Zugang an Daten (z.B.: Aufwandswert für Verbundschrauben). Die unterschiedlichen Angaben der "Materialkosten" der Schalung sind wohl auf die verschiedenen Abrechnungsarten des Schalungsmaterials zurückzuführen (Schalung anmieten/im Besitz, etc.).

Wie bereits erwähnt entstammen die erhaltenen Aufwandswerte von Nachkalkulation diverser ausführender Firmen. An dieser Stelle ist festzuhalten, dass die angesetzten Aufwandswerte teilweise deutliche Unterschiede aufweisen aber hier eine Mittelung aus Sicht des Verfassers nicht unbedingt zielführend ist. So wird in der Kalkulation lediglich

eine Expertenmeinung als Quelle angegeben, dabei handelt es sich aber nicht immer um Angaben von derselben ausführende Firma sondern vielmehr werden jene Aufwandswerte der befragten Experten angesetzt, die mit jenen Werten aus Fachliteratur übereinstimmen bzw. ähnlich sind. Bei fehlenden Angaben von Aufwandswerten durch Experten (z.B.: Bewehrung verlegen) wurden gänzlich die Werte aus einschlägiger Fachliteratur übernommen.

Aus Datenschutzgründen werden die ausführenden Unternehmen und deren Fachleute an dieser Stelle namentlich nicht erwähnt.

Die anfallenden Kosten sind von einer Reihe von Faktoren abhängig. Auch hier ist festzuhalten, dass bei einer in der Praxis durchgeführten Kostenkalkulation projektspezifische Randbedingungen zu berücksichtigen sind. Herstellerangaben können zeitlich und örtlich stark schwanken und sind daher als Richtwerte anzusehen. Es muss ebenso berücksichtigt werden, dass für wissenschaftliche Zwecke zur Verfügung gestellte Kosten und Aufwandswerte mit jenen eines realen Bauprojektes nicht zwingend übereinstimmen müssen und es auch hier deutliche Unterschiede geben kann.

Die Ergebnisse dieser Arbeit sollen schlussendlich zwar einen realitätsnahen Bezug haben, sie sind allerdings lediglich als Richtwerte anzusehen, da projektspezifische und auch künftige wirtschaftliche Einflussfaktoren stets zu berücksichtigen sind. Die Ergebnisse der Kalkulationen dürfen keinesfalls als absolute Werte verstanden werden, da es durch die unterschiedlichen Materialkosten und Aufwandswerte zu Schwankungen in den Ergebnissen kommen kann.

In der heutigen Zeit finden im Wohnbau zum größten Teil Stahlbetondecken Anwendung, was zu Folge hat, dass ausführende Firmen (vor allem größere Betriebe) die dafür verwendeten Materialien (Beton und Bewehrungsstahl) deutlich günstiger erhalten als vom Hersteller angegeben (Mengenrabatte). Auch bei Brettsperrholzelementen wurden im Zuge der Recherche und Interviews Rabatte erforscht, diese liegen jedoch weit unter jenen von Beton und Bewehrungsstahl. Dies führt zur Problematik, dass eben diese derzeit vorherrschenden unterschiedlichen Mengenrabatte ein verzerrtes Ergebnis der anfallenden Kosten darstellen können, da die künftigen Rabatte von Brettsperrholzelementen nicht vorhergesagt werden können. Voraussetzung hierfür wäre natürlich eine deutliche Etablierung am Markt, um potentiell größere Mengenrabatte wirtschaftlich vertreten zu können.⁸⁰

Um für die abschließende Vergleichsbetrachtung eine einheitliche Basis zu schaffen, werden sämtliche Deckensysteme mit Herstellerangaben kalkuliert. Um danach jedoch

⁸⁰ diese Interpretation baut auf Aussagen und übermittelten Daten von ausführenden Firmen auf

einen Praxisbezug herzustellen, werden zusätzlich die Mengenrabatte der Materialien berücksichtigt. Da die Rabatte für Brettsperrholzelemente deutlich unter jenen von Beton und Bewehrungsstahl liegen, wird bei der abschließenden Ergebnisinterpretation ein zukünftig eventuell erforderlicher Mengenrabatt für Brettsperrholzelemente erarbeitet, um aufzuzeigen welche Einsparungsmaßnahmen notwendig wären, um mit den Stahlbetondecken wirtschaftlich konkurrieren zu können.

Im nachstehenden Kapitel 4.2 werden die einzelnen für die wirtschaftliche Analyse relevanten Kostenkomponenten erläutert, sowie getroffene Annahmen hinsichtlich Geräte-, Material- und Transportkosten angeführt.

4.2 Kostenkomponenten

Eine gesamte wirtschaftliche Betrachtung eines Bauwerks oder einer Bauweise wäre nur anhand einer Ermittlung der Lebenszykluskosten möglich. Gemäß ÖNORM B 1801-2 setzen sich diese Lebenszykluskosten aus den Objekt-Errichtungskosten und den Objekt-Folgekosten zusammen. Letztere umfassen wiederum u.a. Nutzungskosten, sowie Instandsetzungs- und Beseitigungskosten.⁸¹ Für die vorliegende Arbeit wird die Annahme getroffen, dass die Nutzungs- und Instandsetzungskosten für die unterschiedlichen Deckensysteme annähernd gleich sind und sie somit auf die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Deckenkonstruktionen kaum einen Einfluss haben. Die Beseitigungskosten der verschiedenen Deckensysteme unterscheiden sich zwar mit Sicherheit (vor allem aufgrund der unterschiedlich eingesetzten Materialien), diese kalkulatorisch abzubilden wäre allerdings mit sehr vielen Unsicherheiten behaftet und würde eine reine Prognose bzw. Annahme darstellen, da zukünftige Entsorgungsmöglichkeiten (nach Ablauf der Lebensdauer des Bauwerks) noch weitestgehend unbekannt sind.⁸²

Ein weiterer wesentlicher Kostenbestandteil eines Bauwerks sind die Grund- und Finanzierungskosten. Auch hier kann für die vorliegende Arbeit von einer Gleichheit bei den unterschiedlichen Decken ausgegangen werden - sie werden daher in dieser Arbeit ebenfalls nicht behandelt.

Es wird also davon ausgegangen, dass ausschließlich die Errichtungskosten mittelfristigen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Deckenkonstruktionen haben und daher werden diese als einzige Kostengruppe monetär bewertet. Speziell werden hier - gemäß Gliederung nach ÖNORM B 1801-1 - die Bauwerkskosten der einzelnen Decken betrachtet. Die Herstellkosten der Deckenkonstruktionen können nach der Verfahrensnorm ÖNORM B 2061 berechnet werden, welche verschiedene

⁸¹ siehe [57] Seite 4 ff.

⁸² siehe [58] Seite 125

Kalkulationsblätter definiert und somit einen einheitlichen, übersichtlichen und nachvollziehbaren Rechengang ermöglichen soll.⁸³

Für die Aufgabenstellung dieser Arbeit ist im speziellen das K7-Blatt relevant, welches die einzelnen Kostenkomponenten, aufgeteilt in Lohnkosten und sonstige Kosten zusammenfasst. In Anlehnung an die Arbeit von HÖLZL, S.⁸⁴ veranschaulicht die nachstehende Abb. 4.1 die Kostengliederung und die Baupreisbildung nach ÖNORM B 2061.⁸⁵

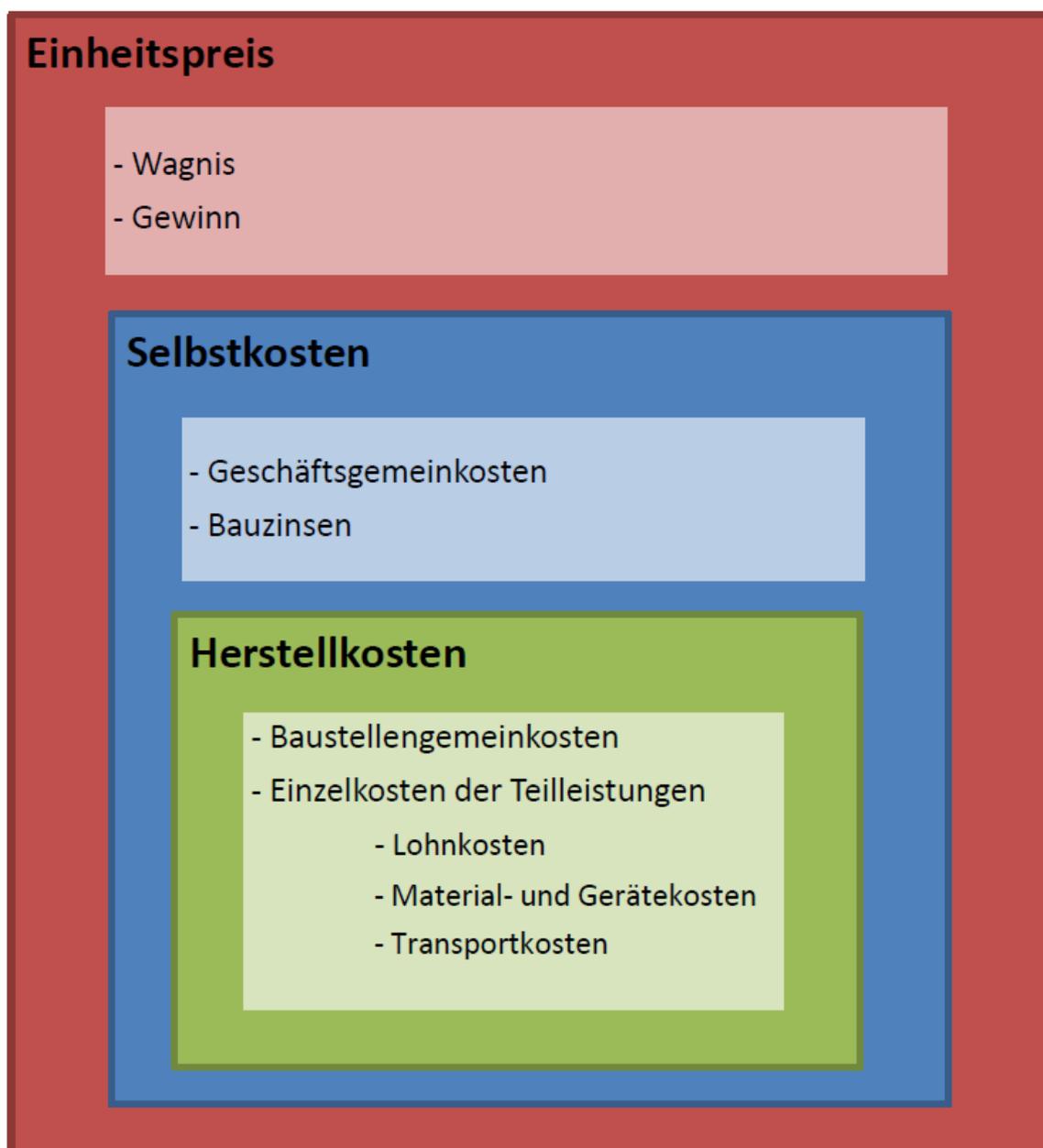


Abb. 4.1: Kostengliederung nach ÖNORM B 2061 [52]

⁸³ siehe [59] Seite 14

⁸⁴ siehe [58] Seite 126

⁸⁵ siehe [59][59] Seite 3 , sowie [60] Seite 9 ff.

Die folgende Kostenanalyse beschränkt sich auf die Ermittlung der Einzelkosten der Deckenkonstruktionen, welche zusammen mit den Baustellengemeinkosten die Herstellkosten des Bauteils ergeben. Zur endgültigen Preisermittlung wird auf die Herstellkosten der sogenannte Gesamtzuschlag aufgeschlagen, welcher sich aus den Geschäftskosten, den Bauzinsen, Wagnis und Gewinn zusammensetzt.

Die einzelnen Kostenkomponenten, welche für die wirtschaftliche Analyse relevant sind und auch berücksichtigt werden bzw. jene die dabei unberücksichtigt bleiben, werden in den folgenden Unterkapiteln genauer beschrieben.

4.2.1 Lohnkosten

Die Einzellohnkosten je Leistungseinheit der unterschiedlichen Position (z.B.: Betonage) sind vom kalkulierten Zeitaufwand (Aufwandswert) für die Erbringung der betreffenden Leistung und den zugehörigen Mittelohnkosten abhängig.⁸⁶

Die Mittelohnkosten werden in einer Kalkulation üblicherweise mittels sogenanntem K3-Blatt berechnet. Für die vorliegende Arbeit wird allerdings darauf verzichtet und praxisbezogene Werte herangezogen. Diese Werte wurden von ausführenden Firmen zur Verfügung gestellt, wobei auch hier gilt, dass die Lohnkosten als Richtwerte anzusehen sind und firmenabhängige Unterschiede durchaus bestehen können. Die Lohnkosten sind außerdem stark vom Ort der Baustelle bzw. der Wegstrecke zur Baustelle abhängig, so sind z.B. Dienstreisevergütungen oder Übernachtungsgelder kein unüblicher Kostenfaktor. Hinzu kommen potentielle Erschwerniszulagen oder Aufzahlungen für Mehrarbeit, die die Lohnkosten zusätzlich beeinflussen.

An dieser Stelle muss außerdem festgehalten werden, dass laut Aussagen einiger Mitarbeiter unterschiedlicher ausführender Firmen die Tendenz besteht, dass die Mittelohnkosten künftig weiter ansteigen werden. Dies kann natürlich im gegenständlichen Fall nicht berücksichtigt werden und es wird in weiterer Folge mit derzeit üblichen Mittelohnkosten kalkuliert.

Die für die einzelnen Kalkulationen der unterschiedlichen Decken angesetzten Mittelohnkosten werden in Betonbauarbeiten und Holzbauarbeiten getrennt. Für die Verbunddecken wird jedoch die Annahme getroffen, dass sämtliche Arbeiten auf der Baustelle durch Zimmermannsbetriebe ausgeführt werden.

Die für diese Arbeit zur Verfügung gestellten Mittelohnkosten für Betonbauarbeiten bewegen sich zwischen 36 €/h und 37 €/h. Welche Zulagen und Aufzahlen darin inkludiert sind wird hier jedoch nicht angeführt, da keine K3-Kalkulation vorliegt und es lediglich

⁸⁶ siehe [60] Seite 9

Annahmen wären, die nicht bestätigt werden können. In weiterer Folge wird mit dem Mittelwert gerechnet, also belaufen sich die **Mittellohnkosten für Betonbauarbeiten** auf **36,50 €/h**.

Die Mittellohnkosten für Zimmermannsarbeiten sind laut Aussagen einer Holzbaufirma aus Erfahrungswerten um etwa 1,50 € teurer als jene für Betonbauarbeiten (Grund sind die unterschiedlichen Kollektivverträge für die unterschiedlichen Arbeiten). Demnach schwanken die Mittellohnkosten zwischen 37,50 € und 38,50 €. Es wird in weiterer Folge wieder mit dem Mittelwert gerechnet, also belaufen sich die **Mittellohnkosten für Zimmermannsarbeiten** auf **38,00 €/h**.

4.2.2 Gerätekosten

Die Gerätekosten sind grundsätzlich in einer K7-Kalkulation anteilmäßig auf Lohnkosten und sonstige Kosten aufzuteilen und zu berücksichtigen. Dabei sind - neben den Lohnkosten für die Gerätebenutzung - die Abschreibung und Verzinsung der Geräte und anfallende Reparaturkosten mit einzubeziehen.

Es wird in der folgenden Kostenanalyse die Annahme getroffen, dass herkömmliche, auf einer Baustelle übliche Geräte, wie beispielsweise ein Mobilkran oder eine Handbohrmaschine sowieso vorhanden sind und nicht den Deckenkosten direkt anzurechnen, sondern in den Baustellengemeinkosten enthalten sind. Demnach haben sie keinen direkten Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der gewählten Deckensysteme und deren Vergleich und können daher vernachlässigt werden. Ausgenommen davon sind allerdings jene Geräte, die einen direkten Bezug zu einzelnen Deckentypen und deren Herstellung haben - an dieser Stelle wäre die Betonpumpe zu erwähnen, welche bei einer reinen Brettsper Holzdecke keine Anwendung findet und somit einen direkten Einfluss auf den Kostenvergleich darstellt und in den K7-Blättern zu berücksichtigen ist.

Temporäre Deckenstützen sind grundsätzlich bei allen gewählten Deckensystemen notwendig, Ausnahme bildet lediglich die reine Brettsper Holzdecke. Es wird hier die Annahme getroffen, dass unabhängig von Bauteildicke und Konstruktionsgewicht (auch vom verwendeten Material abhängig) stets gleich viele Deckenstützen zur Anwendung kommen. Somit ist der Anteil der Deckenstützen an den sonstigen Kosten bei allen Deckensystemen, unabhängig von Bauteildicken und verwendetem Material, gleich (ausgenommen Brettsper Holzdecken). Um die individuell anfallenden Kosten der temporären Baustützen aufgrund der unterschiedlichen Deckenkonstruktionen und Materialdicken (Auflast) zu berücksichtigen, wären Deckennachweise im Bauzustand notwendig. Da die Anzahl an Deckenstützen und die damit verbundenen Kosten jedoch auf die Ergebnisse dieser Arbeit minimalsten Einfluss haben (bezogen auf die

Gesamtkosten der Decken), werden sie nicht explizit untersucht, sondern die anfallenden Kosten gleich angesetzt.

Bei den Ortbetondecken und Elementdecken sind die Kosten der Deckenstützen in den sonstigen Kosten des Schalungsmaterials inkludiert. Es wird davon ausgegangen, dass sowohl Baustützen als auch Schalungsmaterial in Besitz ausführender Firmen sind und nicht extern angemietet werden müssen.

Theoretisch wären die sonstigen Kosten für das Schalungsmaterial, aber auch nur für die Deckenstützen, auf die erwartete Nutzungsdauer des "Geräts" abgeschriebene Kostenanteile. Sie würden den Wertverlust aufgrund von Alterung und Verschleiß berücksichtigen und einer Verteilung der Investitionskosten des Anlagevermögens dienen. Die sogenannte kalkulatorische Abschreibung soll jenen Betrag umfassen, welcher in der Höhe verdient werden muss, um nach Ausmusterung des "Geräts" ein technisch und leistungsmäßig gleichwertiges anschaffen zu können (hierbei ist der Wiederbeschaffungswert und nicht der Anschaffungswert maßgebend).⁸⁷

Die in der Kostenanalyse angegebenen Kosten für das Schalungsmaterial bzw. der Deckenstützen wurden von ausführenden Firmen zur Verfügung gestellt und sind bereits auf die Deckenfläche umgelegt. Diese Werte stellen allerdings lediglich Richtwerte dar, die im Zuge von Nachkalkulationen realisierter Projekte ermittelt wurden und für künftige Vorkalkulationen im Unternehmen angesetzt werden können.

4.2.3 Materialkosten

Aufgrund der eben getroffenen Annahme bezüglich der Gerätekosten, ergibt sich der Hauptanteil der sonstigen Kosten in den nachfolgenden K7-Blättern zufolge der unterschiedlichen Materialkosten. Angesichts des geringen Einflusses der Gerätekosten auf den sonstigen Kostenanteil wird in weiterer Folge in Zusammenhang mit den ermittelten Gesamtkosten der Decken oft die Rede von Materialkosten sein, wobei hiermit sämtliche sonstigen Kosten (z.B.: auch jene der Betonpumpe) zu verstehen sind.

Wie bereits erwähnt herrschen bezüglich Materialpreisen (v.a. bei Stahlbetondecken) zwischen Herstellerangaben und Angaben von ausführenden Firmen deutliche Differenzen. Um diesen Gegebenheiten Rechnung zu tragen, werden in den K7-Blättern die Deckenkosten sowohl mit Herstellerpreisen als auch mit Empfehlungen bzw. Angaben ausführender Unternehmen kalkuliert. Die angegebenen Materialpreise ausführender Firmen entstammen diverser Nachkalkulationen, die unternehmensintern für künftige Projekte zur Vorkalkulation angesetzt werden.

⁸⁷ siehe [61] Seite 13 ff.

Die einzelnen Materialkosten für die unterschiedlichen Deckenkonstruktionen werden an dieser Stelle nicht explizit angeführt, sondern sind als Eingangswerte zur K7-Kalkulation der verschiedenen Deckenkonstruktionen angeführt. Die angeführten Preise verstehen sich exklusive Mehrwertsteuer.

Materialkosten für Fußbodenkonstruktionen werden im Folgenden nicht berücksichtigt, da für alle Decken die gleichen Aufbauten angenommen werden. Die Deckenuntersichten (Gipskartonfeuerschutzplatten) hingegen werden bei der Bemessung (Brettsperrholzuntersichten) gemäß ihrem brandschutztechnischen Erfordernis berücksichtigt und fließen somit in die Kosten ein. Auf eine Berücksichtigung des Befestigungsmaterial (z.B.: Nägel) der Untersicht wird aufgrund des unmaßgeblichen Anteils verzichtet. Bei reinen Stahlbetondecken sind keine brandschutztechnischen Maßnahmen erforderlich. Spachtelungen werden nicht berücksichtigt, da angenommen wird, dass jede Untersicht mit Spachtelmasse zu versehen ist.

4.2.4 Transportkosten

Transportkosten von Materialherstellern für deren Lieferung auf die Baustelle werden in der Regel den ausführenden Firmen als Pauschalpreise angeboten. Um die verschiedenen Fahrwege zu berücksichtigen, werden die angebotenen Preise oft in regionale Zonen eingeteilt. Die Preise variieren also von der Entfernung der Baustelle zum Werk.

Da diese Arbeit kein konkretes Praxisbeispiel behandelt, wären in die Kalkulation einzufließende Transportkosten lediglich Annahmen und mit vielen Unsicherheiten behaftet. Deshalb wird in weiterer Folge darauf verzichtet und davon ausgegangen, dass sämtliche Transportkosten der unterschiedlichen Materialien gleich oder zumindest ähnlich sind. Diese Annahme bedingt natürlich, dass sämtliche Materialhersteller einen ähnlich gleichen Transportweg zur Baustelle haben.

4.2.5 Baustellengemeinkosten

Baustellengemeinkosten entstehen durch sämtliche Leistungspositionen eines LV, welche der Betriebsbereitschaft der Baustelle dienen. Diese Kosten können, müssen jedoch nicht in eigenen Positionen erfasst und abgerechnet werden. Zu Baustellengemeinkosten zählen sowohl einmalig anfallende Kosten, wie z.B. die Baustelleneinrichtung und Baustellenräumung, aber auch zeitgebundene Kosten, wie Heizungs- und Stromkosten. Außerdem umfassen die Baustellengemeinkosten die Reparaturkosten von Geräten,

sowie Kosten für deren Abschreibung und Verzinsung, sofern diese nicht einer Leistungsposition direkt zuordenbar sind.⁸⁸

Für den späteren Kostenvergleich werden wie bereits erwähnt sämtliche Gerätekosten (Ausnahme Betonpumpe), die für die Herstellung aller verschiedenen Decken verwendet werden, den Baustellengemeinkosten angerechnet und nicht den einzelnen Leistungspositionen. Somit sind, unabhängig von den verschiedenen Deckenkonstruktionen, die Baustellengemeinkosten gleich und daher für den späteren Kostenvergleich nicht relevant.

4.2.6 Gesamtzuschlag

Der Gesamtzuschlag ist jener Zuschlag auf die Herstellkosten (Einzelkosten + Baustellengemeinkosten), der die Geschäftsgemeinkosten, Bauzinsen, Wagnis und Gewinn abdecken soll.

Die Geschäftsgemeinkosten, auch Zentralregie genannt, umfassen sämtliche Gemeinkosten eines Unternehmens, welche in keinem kausalen Zusammenhang mit der Bauproduktion auf der Baustelle stehen. Dazu zählen u.a. die Gehaltskosten der Geschäftsführung, Mieten und Pachten oder auch Versicherungen des Unternehmens.⁸⁹

Die Bauzinsen umfassen die Kosten der Vorfinanzierung der Bauproduktion, also für die Kapitalvorlage der ausführenden Unternehmen.⁹⁰

Mit den umgelegten Geschäftsgemeinkosten und Bauzinsen sind die Selbstkosten einer Bauleistung abgedeckt (vgl. Abb. 4.1).

Der sogenannte Wagniszuschlag soll das allgemeine Unternehmerwagnis, sowie die auftragsspezifischen Risiken abdecken. Die Höhe des Zuschlags kann stark variieren, je nach Art des Vertrages (Einheitspreis-/Pauschalpreisvertrag) oder wie detailliert Ausschreibungsunterlagen aufbereitet sind.⁹¹ Der Wagniszuschlag ist ein von der Baukonjunktur⁹² und vom Wettbewerb abhängiger Zuschlag, der auch unternehmensspezifisch unterschiedlich ausfallen kann.⁹³

Zusammen mit den Herstellkosten bildet der Gesamtzuschlag den endgültigen Baupreis einer Bauleistung und wird in dieser Höhe verrechnet. Aufgrund der unternehmensspezifischen Unterschiede bezüglich der Höhe des Gesamtzuschlags, wäre

⁸⁸ siehe [61] Seite 77

⁸⁹ siehe [59] Seite 24

⁹⁰ siehe [59] Seite 25

⁹¹ siehe [59] Seite 25

⁹² Baukonjunktur = Wirtschaftslage für Bauwesen

⁹³ siehe [59] Seite 25

es an dieser Stelle nicht zielführend Annahmen zu treffen bzw. Daten von nur einer ausführenden Firma zu übernehmen. Deshalb wird auf den Gesamtzuschlag in weiterer Folge gänzlich verzichtet und lediglich die Herstellkosten (aufgrund der einheitlichen Baustellengemeinkosten verbleiben nur mehr die Einzelkosten der Teilleistung) der Decken betrachtet.

4.2.7 Aufwandswerte

Der zweite wesentliche Bestandteil der Lohnkosten einer Bauleistung sind neben den Mittelohnkosten die unterschiedlichen Aufwandswerte. Sie sind je nach gewählten Deckentyp und der damit einhergehenden Arbeit auf der Baustelle unterschiedlich. Aufgrund dessen werden sie hier nicht explizit angeführt, sondern in den jeweiligen Unterkapiteln der verschiedenen Deckentypen als Eingangswerte definiert.

Die verschiedenen Aufwandswerte wurden von ausführenden Unternehmen für diese Arbeit zur Verfügung gestellt. Auch hier muss angemerkt werden, dass es unternehmensspezifische Unterschiede geben kann und die hier angeführten Aufwandswerte wieder als Richtwerte zu verstehen sind. Wie bereits erwähnt schwanken die erhobenen Aufwandswerte unterschiedlich befragter Experten teilweise deutlich, auf eine Mittelung der Werte wird jedoch verzichtet, da sie aus Sicht des Verfassers nicht unbedingt zielführend wäre. So wird in der Kalkulation lediglich eine Expertenmeinung als Quelle angegeben, dabei handelt es sich aber nicht immer um Angaben von derselben ausführende Firma sondern vielmehr werden jene Aufwandswerte der befragten Experten angesetzt, die mit jenen Werten aus Fachliteratur übereinstimmen bzw. ähnlich sind. Bei fehlenden Angaben von Aufwandswerten durch Experten (z.B.: Bewehrung verlegen) wurden gänzlich die Werte aus einschlägiger Fachliteratur übernommen.

4.3 Ortbetondecke

4.3.1 Kurzbeschreibung

Ortbetondecken sind jene Stahlbetondecken, die auf einer Schalung betoniert werden, auf der zuerst die statische erforderliche Bewehrung verlegt wird. Im Falle von Flachdecken sind sowohl einachsig gespannte, kreuzweise gespannte, sowie punktgestützte Platten ausführbar. Den Vorteil, den Ortbetondecken mit sich bringen ist die einfache Herstellung statisch unbestimmter Konstruktionssysteme (im vorliegenden Fall jedoch nicht behandelt). *„Die oft durch einen höheren Grad statischer Unbestimmtheit vorhandenen Tragreserven erweisen sich bei einer örtlichen Überbelastung als besonders vorteilhaft (Querverteilwirkung).“*⁹⁴

⁹⁴ siehe [47] Seite 23

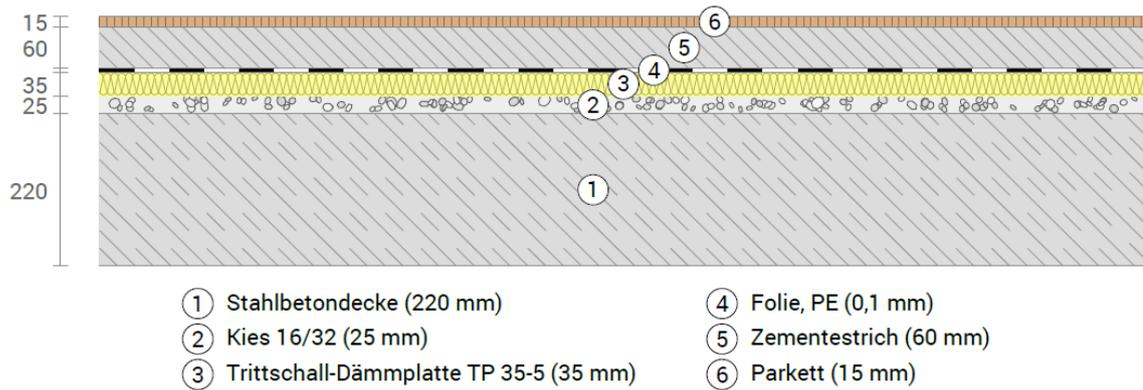


Abb. 4.2: Deckenaufbau Ortbetondecke am Beispiel 6m Spannweite. Erstellt mit U-Wert.net

4.3.2 Bauphysikalische und ökologische Kennwerte

Der bauphysikalische Nachweis wurde mit dem Bemessungsprogramm *ArchiPHYSIK 13* durchgeführt. Die ökologischen Daten wurden mittels online Bemessungsprogramm *Baobook Rechner für Bauteile*⁹⁵ ermittelt. Für den Schallschutznachweis wurde eine Raumkubatur im Empfangsraum von 90 m³ und eine mittlere flächenbezogene Masse flankierender Bauteile von 500 kg/m² angenommen.

		Spannweiten [m]					
		5m	6m	7m	8m	9m	10m
Bauteildicke [cm] ¹		d = 18cm	d = 22cm	d = 25cm	d = 28cm	d = 30cm	d = 35cm
Bauphysikalische Kennzahlen	Brandschutz ¹	REI 90	REI 90	REI 90	REI 90	REI 90	REI 90
	Wärmeschutz U-Wert [W/m ² K] ²	0,706	0,696	0,688	0,681	0,676	0,664
	Trittschallschutz L' _{nT,w} [dB] ²	31,0	28,2	26,5	25,6	24,8	22,6
Ökologische Kennzahlen	ΔOI3-Punkte [Pkt./m ²] ³	60	74	84	94	100	117
	PENTR [MJ/m ²] ³	716,02	875,14	994,48	1113,81	1193,37	1392,27
	GWP100 Summe [kg CO ₂ /m ²] ³	69,742	85,240	96,863	108,487	116,236	135,609
	AP [kg SO ₂ /m ²] ³	0,18533	0,22651	0,25740	0,28829	0,30888	0,36036
¹ aus Bauteilbemessung bzw. in Bauteilbemessung berücksichtigt -> siehe Anhang ² aus bauphysikalischer Bemessung mittels ArchiPhysik -> siehe Anhang; für bauphysikalischen Nachweis Fußbodenaufbau berücksichtigt ³ aus ökologischer Berechnung mittels Baobook-Rechner -> siehe Anhang; für ökologische Berechnung Fußbodenaufbau NICHT berücksichtigt (für alle Deckensysteme gleich)							

Tab. 4.1: Bauphysikalische und ökologische Kennwerte Ortbetondecke [52]

⁹⁵ siehe [56]

4.3.3 Eingangsdaten der Kostenanalyse

Die nachstehend aufgelisteten Kosten und Aufwandswerte wurden von ausführenden Unternehmen (= Expertenmeinung) zur Verfügung gestellt oder durch Telefoninterviews erfragt (= Expertenmeinung) und teilweise aus Fachliteratur übernommen.

Die in dieser Arbeit untersuchten Ortbetondecken werden in der unteren Lage mit Stabstahl und in der oberen Lage (Mindestbewehrung) mit Baustahlgittermatten bewehrt. Die erforderliche Bewehrung der unterschiedlichen Bauteildicken ist den statischen Bemessungen im Anhang zu entnehmen. Für die Ermittlung der Distanzstreifen wird eine Betondeckung von 3 cm angenommen (ebenfalls in den statischen Berechnungen mit 3 cm angenommen).

Die für die Deckenbewehrung erforderlichen Randnadeln und Rostbewehrung werden mit 15 % der Bewehrungskosten kalkuliert.

Materialkosten

- **Schalung**

- Schalung Untersicht (inkludiert Schalhaut, Deckenstützen, Quer- und Jochträger, etc.) [€/m²]: 5,16 €/m²
(Quelle: Expertenmeinung vom 17.03.2016)
- Randschalung (auf Deckenfläche umgelegt) [€/m²]: 1,74 €/m²
(Quelle: Expertenmeinung vom 17.03.2016)
- Kleinteile [€/m²]: 0,20 €/m²
(Quelle: Fachliteratur - siehe [62] Seite 91)
- Schalöl [€/m²]: 0,15 €/m²
(Quelle: Fachliteratur - siehe [62] Seite 91)
- Transportkosten Schalung [€/m²]: 0,44 €/m²
(Quelle: Fachliteratur - siehe [62] Seite 94)

- **Bewehrung**

- Stabstahl BSt 550 Herstellerangabe [€/to]: 1.030 €/to
(Durchschnittspreis von d = 8-20mm - Quelle: Weyland Produktkatalog Bewehrung/Zubehör 2015/1016 - siehe [63])
- Stabstahl BSt 550 Expertenmeinung [€/to]: 600 €/to
(Durchschnittspreis von Expertenmeinungen - Quelle: Expertenmeinung vom 17.03.2016, sowie 07.04.2016)
- Baustahlgittermatten BSt 550 Herstellerangabe [€/to]: 1.325 €/to
(Durchschnittspreis - Quelle: Weyland Produktkatalog Bewehrung/Zubehör 2015/16 - siehe [63])
- Baustahlgittermatten BSt 550 Expertenmeinung [€/to]: 720 €/to
(Durchschnittspreis von Expertenmeinungen - Quelle: Expertenmeinung vom 17.03.2016, sowie 07.04.2016)

- Distanzstreifen AVI DS (1 Stk./m²) [€/Stk.]: von 2,71 €/Stk. bis 5,58 €/Stk.
(abhängig von Bauteildicke - Quelle: Weyland Produktkatalog Bewehrung/Zubehör 2015/1016 - siehe [63])

- **Beton**

- Betonpreis C25/30 XC1 Herstellerangabe [€/m³]: 89,00 €/m³
(Quelle: Rohdorfer Preisliste 2016 - siehe [64])
- Betonpreis C25/30 XC1 Expertenmeinung [€/m³]: 56,70 €/m³
(Quelle: Expertenmeinung vom 17.03.2016)
- Preis Betonpumpe Herstellerangabe [€/m³]: 11,00 €/m³
(der Pauschalpreis der ersten 20m³ wird hier nicht einkalkuliert, sondern nur der Zuschlag jedes zusätzlich gepumpten m³ Beton - Quelle: Rohdorfer Preisliste 2016 - siehe [64])
- Preis Betonpumpe Expertenmeinung [€/m³]: 7,57 €/m³
(der Pauschalpreis der ersten 20m³ wird hier nicht einkalkuliert, sondern nur der Zuschlag jedes zusätzlich gepumpten m³ Beton - Quelle: Expertenmeinung vom 17.03.2016)

Lohnkosten

- Mittellohnkosten: 36,50 €/h
(Quelle: Durchschnittswert aus Expertenmeinungen vom 17.03.2016 und 07.04.2016)

Aufandswerte

- **Schalung**

- AW Schalung Untersicht herstellen (Ein- und Ausschaln) [h/m²]: 0,40 h/m²
(Quelle: Expertenmeinung vom 21.03.2016)
- AW Randabschalung herstellen (Ein- und Ausschaln) [h/m²]: 1,20 h/m²
(Quelle: Fachliteratur - siehe [62] Seite 76)
- Randschalungsfläche pro m² Deckenfläche [m²/m²]: 0,03 m²/m²
(Quelle: Fachliteratur - siehe [62] Seite 76)
- AW Schalung reinigen und ölen [h/m²]: 0,05 h/m²
(Quelle: Expertenmeinung vom 21.03.2016)

- **Bewehren**

- AW Baustahlgittermatten verlegen [h/to]: 5,00 h/to
(Durchschnittswert - Quelle: Fachliteratur - siehe [65] Seite 222)
- AW Stabstahl verlegen [h/to]: von 12,00 h/to bis 24,00 h/to
(abhängig vom verwendeten Stabdurchmesser - (Quelle: Fachliteratur - siehe [62] Seite 103)
- AW Distanzstreifen verlegen [h/Stk.]: 0,03 h/Stk.
(Quelle: Fachliteratur - siehe [65] Seite 223)

- **Betonieren**

- AW Betonieren [h/m³]: 0,40 h/m³
(Quelle: Expertenmeinung vom 21.03.2016)
- AW Beton abziehen [h/m²]: 0,05 h/m²
(Quelle: Expertenmeinung vom 21.03.2016)
- AW Beton nachbehandeln [h/m²]: 0,05 h/m²
(Quelle: Expertenmeinung vom 21.03.2016)

4.3.4 Kostenanalyse

Die Berechnungsformeln für die einzelnen Positionen sind in den K7-Blättern ersichtlich. Sämtliche in der Kalkulation verwendeten Eingangsdaten sind aus dem Kapitel 4.3.3 zu entnehmen. Es werden nachfolgend zwei K7-Kalkulationen dargestellt - einmal mit Herstellerangaben kalkuliert und einmal mit Empfehlungen bzw. Daten von Experten ausführender Unternehmen (abgebildet jeweils am Beispiel Spannweite 6m). Die Kosten der restlichen Spannweiten sind in den danach folgenden Übersichtstabellen ersichtlich.

ORTBETONDECKE - Spannweite 6m (d = 22cm)					
Pos.-Nr., Menge, Einheit, Positionstichwort, Kostenentwicklung je Einheit		EH	Lohn [€/m ²]	Sonstiges [€/m ²]	Gesamt [€/m ²]
Schalung					
Mittelohnkosten MLK	36,50	€/h			
Schalung Untersicht herstellen (Ein- und Ausschalen)					
Aufandswert AW	0,40	h/m ²			
Lohn: (= Aufandswert * Mittelohnkosten)			14,60		14,60
Sonstige Kosten:				5,16	5,16
Randabschalung herstellen					
Schalungsfläche pro m ² Deckenfläche	0,03	m ² /m ²			
Aufandswert AW	1,20	h/m ²			
Lohn: (= AW * MLK * Schalungsfläche)			1,31		1,31
Sonstige Kosten:				1,74	1,74
Kleinteile					
Sonstige Kosten:				0,20	0,20
Schalöl, Schalung reinigen und ölen					
Aufandswert AW	0,05	h/m ²			
Lohn: (= Aufandswert * Mittelohnkosten)			1,83		1,83
Sonstige Kosten:				0,15	0,15
Transportkosten Schalung (transportiert durch Bauunternehmen)					
Sonstige Kosten:				0,44	0,44
Einheitskosten Schalung			17,74	7,69	25,43
Bewehrung					
Mittelohnkosten MLK	36,50	€/h			
Bewehrung obere Lage					
AQ 55	3,73	kg/m ²			

ORTBETONDECKE - Spannweite 6m (d = 22cm)				
Aufandswert AW Mattenverlegung	5,00	h/to		
Lohn: (= AW * MLK * kg/m ² * 1/1000)			0,68	0,68
Sonstige Kosten: (= kg/m ² * Mattenpreis * 1/1000)			4,94	4,94
Längsbewehrung untere Lage				
φ 12/12,5	7,10	kg/m ²		
Aufandswert AW Längsbewehrung	18,50	h/to		
Lohn: (= AW * MLK * kg/m ² * 1/1000)			4,79	4,79
Sonstige Kosten: (= kg/m ² * Stabstahlpreis * 1/1000)			7,31	7,31
Querbewehrung untere Lage				
φ 8/25	1,58	kg/m ²		
Aufandswert AW Querbewehrung	24,00	h/to		
Lohn: (= AW * MLK * kg/m ² * 1/1000)			1,38	1,38
Sonstige Kosten: (= kg/m ² * Stabstahlpreis * 1/1000)			1,63	1,63
Distanzstreifen AVI DS				
Deckendicke d=22cm --> AVI DS 130	2,93	€/Stk.		
	1,00	Stk./m ²		
Aufandswert AW Distanzstreifen	0,03	h/Stk.		
Lohn: (= AW * MLK * 1 Stk./m ²)			0,91	0,91
Sonstige Kosten: (= €/Stk. * 1 Stk./m ²)			2,93	2,93
Zwischensumme Bewehrung			7,77	16,81
15 % Randnadel und Rostbewehrung			1,17	2,52
Einheitskosten Bewehrung			8,94	19,33
Beton				
Mittellohnkosten MLK	36,50	€/h		
Betonherstellung C25/30 XC1				
Betondicke d	0,22	m		
Materialkosten	89,00	€/m ³		
Aufandswert AW	0,40	h/m ³		
Lohn: (= AW * MLK * Dicke)			3,21	3,21
Sonstige Kosten: (= €/m ³ * Dicke)			19,58	19,58
Betonpumpe				
Sonstige Kosten: (= €/m ³ * Dicke)			2,42	2,42
Beton abziehen				
Aufandswert AW	0,05	h/m ²		
Lohn: (= AW * MLK)			1,83	1,83
Beton nachbehandeln				
Aufandswert AW	0,05	h/m ²		
Lohn: (= AW * MLK)			1,83	1,83
Einheitskosten Beton			6,86	22,00
GESAMTKOSTEN			33,54	49,02
			82,56	

Tab. 4.2: K7-Kalkulation Ortbetondecke mit Materialkosten aus Herstellerangaben (Spannweite 6m) [52]

ORTBETONDECKE - Spannweite 6m (d = 22cm)					
Pos.-Nr., Menge, Einheit, Positionstichwort, Kostenentwicklung je Einheit		EH	Lohn [€/m²]	Sonstiges [€/m²]	Gesamt [€/m²]
Schalung					
Mittelohnkosten MLK	36,50	€/h			
Schalung Untersicht herstellen (Ein- und Ausschalen)					
Aufandswert AW	0,40	h/m ²			
Lohn: (= Aufandswert * Mittelohnkosten)			14,60		14,60
Sonstige Kosten:				5,16	5,16
Randabschalung herstellen					
Schalungsfläche pro m ² Deckenfläche	0,03	m ² /m ²			
Aufandswert AW	1,20	h/m ²			
Lohn: (= AW * MLK * Schalungsfläche)			1,31		1,31
Sonstige Kosten:				1,74	1,74
Kleinteile					
Sonstige Kosten:				0,20	0,20
Schalöl, Schalung reinigen und ölen					
Aufandswert AW	0,05	h/m ²			
Lohn: (= Aufandswert * Mittelohnkosten)			1,83		1,83
Sonstige Kosten:				0,15	0,15
Transportkosten Schalung (transportiert durch Bauunternehmen)					
Sonstige Kosten:				0,44	0,44
Einheitskosten Schalung			17,74	7,69	25,43
Bewehrung					
Mittelohnkosten MLK	36,50	€/h			
Bewehrung obere Lage					
AQ 55	3,73	kg/m ²			
Aufandswert AW Mattenverlegung	5,00	h/to			
Lohn: (= AW * MLK * kg/m ² * 1/1000)			0,68		0,68
Sonstige Kosten: (= kg/m ² * Mattenpreis * 1/1000)				2,69	2,69
Längsbewehrung untere Lage					
φ 12/12,5	7,10	kg/m ²			
Aufandswert AW Längsbewehrung	18,50	h/to			
Lohn: (= AW * MLK * kg/m ² * 1/1000)			4,79		4,79
Sonstige Kosten: (= kg/m ² * Stabstahlpreis * 1/1000)				4,26	4,26
Querbewehrung untere Lage					
φ 8/25	1,58	kg/m ²			
Aufandswert AW Querbewehrung	24,00	h/to			
Lohn: (= AW * MLK * kg/m ² * 1/1000)			1,38		1,38
Sonstige Kosten: (= kg/m ² * Stabstahlpreis * 1/1000)				0,95	0,95
Distanzstreifen AVI DS					
Deckendicke d=22cm --> AVI DS 130	2,93	€/Stk.			
	1,00	Stk./m ²			
Aufandswert AW Distanzstreifen	0,03	h/Stk.			
Lohn: (= AW * MLK * 1 Stk./m ²)			0,91		0,91
Sonstige Kosten: (= €/Stk. * 1 Stk./m ²)				2,93	2,93

ORTBETONDECKE - Spannweite 6m (d = 22cm)					
Zwischensumme Bewehrung			7,77	10,82	18,60
15 % Randnadel und Rostbewehrung			1,17	1,62	2,79
Einheitskosten Bewehrung			8,94	12,45	21,38
Beton					
Mittellohncosten MLK	36,50	€/h			
Betonherstellung C25/30 XC1					
Betondicke d	0,22	m			
Materialkosten	56,70	€/m ³			
Aufandswert AW	0,40	h/m ³			
Lohn: (= AW * MLK * Dicke)			3,21		3,21
Sonstige Kosten: (= €/m ³ * Dicke)				12,47	12,47
Betonpumpe					
Sonstige Kosten: (= €/m ³ * Dicke)				1,67	1,67
Beton abziehen					
Aufandswert AW	0,05	h/m ²			
Lohn: (= AW * MLK)			1,83		1,83
Beton nachbehandeln					
Aufandswert AW	0,05	h/m ²			
Lohn: (= AW * MLK)			1,83		1,83
Einheitskosten Beton			6,86	14,14	21,00
GESAMTKOSTEN			33,54	34,28	67,81

Tab. 4.3: K7-Kalkulation Ortbetondecke mit Materialkosten von ausführenden Unternehmen (Spannweite 6m) [52]

		Spannweite [m]					
		5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m
Bauteildicke [cm]		d = 18cm	d = 22cm	d = 25cm	d = 28cm	d = 30cm	d = 35cm
Schalung	Lohn [€/m²]	17,74	17,74	17,74	17,74	17,74	17,74
	Sonstiges [€/m²]	7,69	7,69	7,69	7,69	7,69	7,69
	Gesamt [€/m²]	25,43	25,43	25,43	25,43	25,43	25,43
Bewehrung	Bewehrung oberer Lage [φ/cm]	AQ 50	AQ 55	AQ 60	AQ 65	AQ 70	AQ 76
	Bewehrungsmasse oben [kg/m ²]	3,08	3,73	4,44	5,20	6,04	7,12
	AW Mattenverlegung [h/to]	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	Längsbewehrung untere Lage [φ/cm]	φ 12/15	φ 12/12,5	φ 14/12,5	φ 16/15	φ 16/10	φ 16/10
	Bewehrungsmasse unten längs [kg/m ²]	5,92	7,10	9,57	10,52	15,78	15,78
	AW Längsbewehrung unten [h/to]	18,50	18,50	16,50	15,00	15,00	15,00

		Spannweite [m]					
		5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m
Bewehrung	Querbewehrung untere Lage [φ/cm]	φ 8/25	φ 8/25	φ 8/20	φ 10/20	φ 10/17,5	φ 10/17,5
	Bewehrungsmasse unten quer [kg/m ²]	1,58	1,58	1,97	3,08	3,53	3,53
	AW Querbewehrung unten [h/to]	24,00	24,00	24,00	21,00	21,00	21,00
	Distanzstreifen Typ	AVI DS 90	AVI DS 130	AVI DS 160	AVI DS 190	AVI DS 200	AVI DS 240
	AW Distanzstreifen [h/Stk.]	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	Distanzstreifen [€/Stk.]	2,71	2,93	3,29	3,69	3,76	5,58
	Zwischensumme Lohn [€/m²]	6,86	7,77	9,21	9,98	13,36	13,56
	Zwischensumme Sonstiges [€/m²]	14,52	16,81	21,06	24,59	31,65	34,90
	15 % Randnadel und Rostbew. Lohn [€/m ²]	1,03	1,17	1,38	1,50	2,00	2,03
	15 % Randnadel und Rostbew. Sonstiges [€/m ²]	2,18	2,52	3,16	3,69	4,75	5,24
	Lohn [€/m²]	7,88	8,94	10,59	11,48	15,36	15,59
	Sonstiges [€/m²]	16,69	19,33	24,22	28,28	36,40	40,14
Gesamt [€/m²]	24,58	28,27	34,81	39,76	51,76	55,73	
Beton	Deckendicke [cm]	18	22	25	28	30	35
	Materialkosten Beton C25/30 XC1 [€/m ²]	16,02	19,58	22,25	24,92	26,70	31,15
	Kosten Betonpumpe [€/m ²]	1,98	2,42	2,75	3,08	3,30	3,85
	Lohnkosten Betonieren [€/m ²]	2,63	3,21	3,65	4,09	4,38	5,11
	Lohnkosten Abziehen [€/m ²]	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
	Lohnkosten Nachbehandeln [€/m ²]	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
	Lohn [€/m²]	6,28	6,86	7,30	7,74	8,03	8,76
	Sonstiges [€/m²]	18,00	22,00	25,00	28,00	30,00	35,00
Gesamt [€/m²]	24,28	28,86	32,30	35,74	38,03	43,76	
GESAMTKOSTEN [€/m²]		74,28	82,56	92,54	100,92	115,22	124,92

Tab. 4.4: Gesamtkosten Ortbetondecke mit Materialkosten aus Herstellerangaben [52]

		Spannweite [m]					
		5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m
Schalung	Bauteildicke [cm]	d = 18cm	d = 22cm	d = 25cm	d = 28cm	d = 30cm	d = 35cm
	Lohn [€/m²]	17,74	17,74	17,74	17,74	17,74	17,74
	Sonstiges [€/m²]	7,69	7,69	7,69	7,69	7,69	7,69
	Gesamt [€/m²]	25,43	25,43	25,43	25,43	25,43	25,43

		Spannweite [m]					
		5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m
Bewehrung	Bewehrung oberer Lage [φ/cm]	AQ 50	AQ 55	AQ 60	AQ 65	AQ 70	AQ 76
	Bewehrungsmasse oben [kg/m ²]	3,08	3,73	4,44	5,20	6,04	7,12
	AW Mattenverlegung [h/to]	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	Längsbewehrung untere Lage [φ/cm]	φ 12/15	φ 12/12,5	φ 14/12,5	φ 16/15	φ 16/10	φ 16/10
	Bewehrungsmasse unten längs [kg/m ²]	5,92	7,10	9,57	10,52	15,78	15,78
	AW Längsbewehrung unten [h/to]	18,50	18,50	16,50	15,00	15,00	15,00
	Querbewehrung untere Lage [φ/cm]	φ 8/25	φ 8/25	φ 8/20	φ 10/20	φ 10/17,5	φ 10/17,5
	Bewehrungsmasse unten quer [kg/m ²]	1,58	1,58	1,97	3,08	3,53	3,53
	AW Querbewehrung unten [h/to]	24,00	24,00	24,00	21,00	21,00	21,00
	Distanzstreifen Typ	AVI DS 90	AVI DS 130	AVI DS 160	AVI DS 190	AVI DS 200	AVI DS 240
	AW Distanzstreifen [h/Stk.]	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	Distanzstreifen [€/Stk.]	2,71	2,93	3,29	3,69	3,76	5,58
	Zwischensumme Lohn [€/m²]	6,86	7,77	9,21	9,98	13,36	13,56
	Zwischensumme Sonstiges [€/m²]	9,43	10,82	13,41	15,59	19,69	22,29
	15 % Randnadel und Rostbew. Lohn [€/m ²]	1,03	1,17	1,38	1,50	2,00	2,03
	15 % Randnadel und Rostbew. Sonstiges [€/m ²]	1,41	1,62	2,01	2,34	2,95	3,34
	Lohn [€/m²]	7,88	8,94	10,59	11,48	15,36	15,59
	Sonstiges [€/m²]	10,84	12,45	15,42	17,93	22,65	25,64
Gesamt [€/m²]	18,73	21,38	26,02	29,41	38,01	41,23	
Beton	Deckendicke [cm]	18	22	25	28	30	35
	Materialkosten Beton C25/30 XC1 [€/m ²]	10,21	12,47	14,18	15,88	17,01	19,85
	Kosten Betonpumpe [€/m ²]	1,36	1,67	1,89	2,12	2,27	2,65
	Lohnkosten Betonieren [€/m ²]	2,63	3,21	3,65	4,09	4,38	5,11
	Lohnkosten Abziehen [€/m ²]	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
	Lohnkosten Nachbehandeln [€/m ²]	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
	Lohn [€/m²]	6,28	6,86	7,30	7,74	8,03	8,76
	Sonstiges [€/m²]	11,57	14,14	16,07	18,00	19,28	22,49
Gesamt [€/m²]	17,85	21,00	23,37	25,73	27,31	31,25	
GESAMTKOSTEN [€/m²]	62,00	67,81	74,81	80,58	90,75	97,91	

Tab. 4.5: Gesamtkosten Ortbetondecke mit Materialkosten von ausführenden Unternehmen [52]

4.4 Elementdecke - Teilfertigdecke

4.4.1 Kurzbeschreibung

„Elementdecken, auch als Teilmontagedecken bezeichnet, sind großformatige Deckentafeln, die im Werk nach statischen Erfordernissen vorgefertigt werden.“⁹⁶ Durch das fertige Element, das zugleich als verlorene Schalung dient, lässt sich der Schalungs- und Bewehrungsaufwand erheblich reduzieren. Temporäre Unterstellungen im Bauzustand sind jedoch trotzdem zu berücksichtigen. Die Oberseite des Elements ist aufgeraut, um mit dem vor Ort gegossenen Aufbeton eine Verbundwirkung zu erzielen.

Die in Hauptspannrichtung liegende untere Bewehrungslage (wie auch ihre 20-%ige Querbewehrung) ist bereits im Fertigteil eingebaut, wodurch bei einachsig gespannten Platten der Verlegeaufwand der unteren Lage nahezu vollkommen eingespart werden kann (bei zweiachsig gespannten Platten ist idR eine Querbewehrung nach statischem Erfordernis am Element zu verlegen).

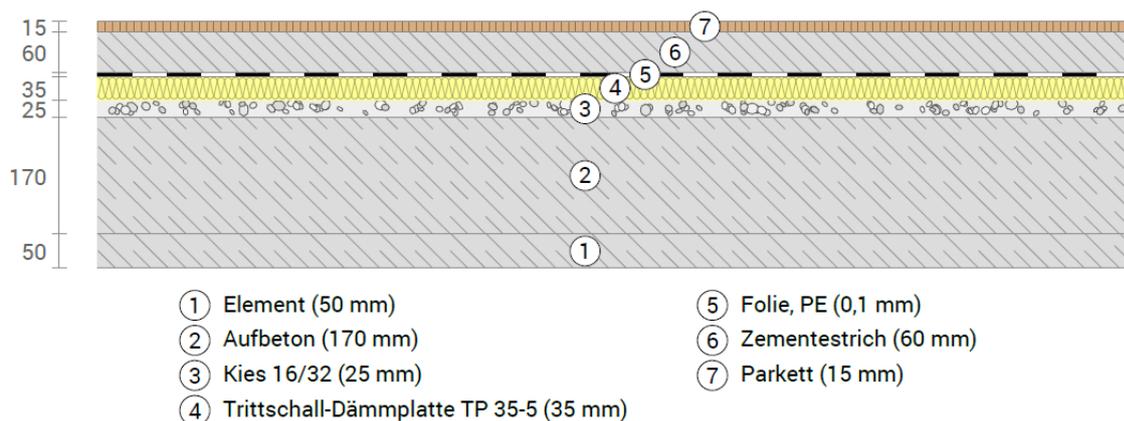


Abb. 4.3: Deckenaufbau Elementdecke am Beispiel 6m Spannweite. Erstellt mit U-Wert.net

4.4.2 Bauphysikalische und ökologische Kennwerte

Der bauphysikalische Nachweis wurde mit dem Bemessungsprogramm *ArchiPHYSIK 13* durchgeführt. Die ökologischen Daten wurden mittels online Bemessungsprogramm *Baubook Rechner für Bauteile*⁹⁷ ermittelt. Für den Schallschutznachweis wurde eine Raumkubatur im Empfangsraum von 90 m³ und eine mittlere flächenbezogene Masse flankierender Bauteile von 500 kg/m² angenommen.

⁹⁶ siehe [66] Seite 61

⁹⁷ siehe [56]

		Spannweiten [m]					
		5m	6m	7m	8m	9m	10m
Bauteildicke [cm] ¹		d = 18cm	d = 22cm	d = 25cm	d = 28cm	d = 30cm	d = 35cm
Bauphysikalische Kennzahlen	Brandschutz ¹	REI 90	REI 90	REI 90	REI 90	REI 90	REI 90
	Wärmeschutz U-Wert [W/m ² K] ²	0,706	0,696	0,688	0,681	0,676	0,664
	Trittschallschutz L' _{nt,w} [dB] ²	31,0	28,2	26,5	25,6	24,8	22,6
Ökologische Kennzahlen	ΔOI3-Punkte [Pkt./m ²] ³	60	74	84	94	100	117
	PENTR [MJ/m ²] ³	716,02	875,14	994,48	1113,81	1193,37	1392,27
	GWP100 Summe [kg CO ₂ /m ²] ³	69,742	85,240	96,863	108,487	116,236	135,609
	AP [kg SO ₂ /m ²] ³	0,18533	0,22651	0,25740	0,28829	0,30888	0,36036
<p>1 aus Bauteilbemessung bzw. in Bauteilbemessung berücksichtigt -> siehe Anhang</p> <p>2 aus bauphysikalischer Bemessung mittels ArchiPhysik -> siehe Anhang; für bauphysikalischen Nachweis Fußbodenaufbau berücksichtigt</p> <p>3 aus ökologischer Berechnung mittels Baubook-Rechner -> siehe Anhang; für ökologische Berechnung Fußbodenaufbau NICHT berücksichtigt (für alle Deckensysteme gleich)</p>							

Tab. 4.6: Bauphysikalische und ökologische Kennwerte Elementdecke [52]

4.4.3 Eingangsdaten der Kostenanalyse

Die nachstehend aufgelisteten Kosten und Aufwandswerte wurden von ausführenden Unternehmen (= Expertenmeinung) zur Verfügung gestellt oder durch Telefoninterviews erfragt (= Expertenmeinung) und teilweise aus Fachliteratur übernommen.

Die in dieser Arbeit untersuchten Elementdecken sind - wie auch die Ortbetondecken - in der unteren Lage mit Stabstahl und in der oberen Lage (Mindestbewehrung) mit Baustahlgittermatten bewehrt. Die erforderliche Bewehrung (gleich wie bei der Ortbetonbauweise) der unterschiedlichen Bauteildicken ist den statischen Bemessungen im Anhang zu entnehmen.

Die angeführten Herstellerpreise für den im Element verlegten Stabstahl, sowie Gitterträger verstehen sich im eingebauten Zustand, d.h. die Lohnkosten für deren Verlegung sind im verkauften Preis bereits inkludiert. Um die erforderliche Stoßfugenbewehrung (Baustahlgittermatten) anteilmäßig über die ganze Deckenfläche zu verteilen, wird eine Elementbreite von 2,40 m und ein Gitterträgerabstand von 0,60 m angenommen. Für die Stoßfugenbewehrung wird gemäß Abb. 4.4 eine Breite von ebenfalls 0,6 m angenommen. Für die Aufgabestellung dieser Arbeit ist diese Annahme ausreichend, da die Stoßfugenbewehrung auf die Gesamtkosten der Decken lediglich geringen Einfluss hat. Im Zuge einer Ausführungsplanung wären gesonderte Nachweise für die erforderlichen Übergreifungslängen (speziell bei kreuzweise gespannten Decken)

zu führen. Die im Folgenden gewählte Stoßfugenbewehrung orientiert sich an der eingelegten Querbewehrung und wird aufgrund der geringeren statischen Nutzhöhe um 20 % erhöht.

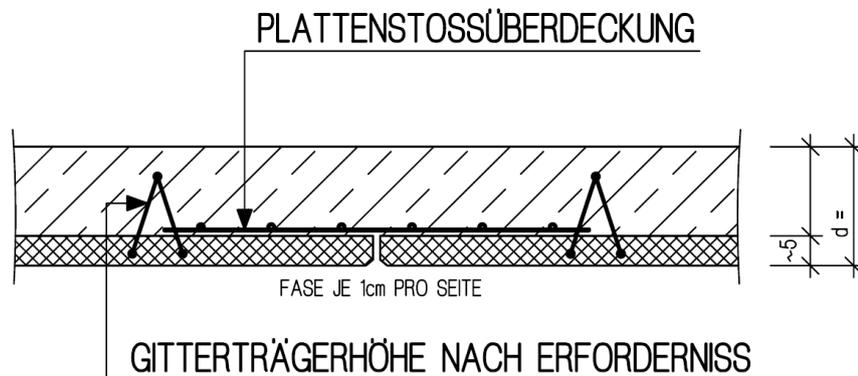


Abb. 4.4: Detailauszug Elementdeckenplan eines Fertigteilwerks [52]

Die erforderlichen Gitterträger wurden in einem Telefoninterview am 18.04.2016 mit Mitarbeitern eines Fertigteilwerks erfragt. Laut deren Expertenmeinung ist mit 2,5 kg/m² Gitterträger für die Elementdecken zu kalkulieren.

Die für die Deckenbewehrung erforderlichen Randnadeln und Rostbewehrung werden mit 15 % der Bewehrungskosten kalkuliert.

Materialkosten

• Schalung

- Schalung Untersicht (Deckenstützen, Jochträger, etc.) [€/m²]: 2,50 €/m²
(Quelle: Expertenmeinung vom 17.03.2016)
- Randschalung (auf Deckenfläche umgelegt) [€/m²]: 1,74 €/m²
(Quelle: Expertenmeinung vom 17.03.2016)
- Kleinteile [€/m²]: 0,20 €/m²
(Quelle: Fachliteratur - siehe [62] Seite 91)
- Transportkosten Schalung [€/m²]: 0,22 €/m²
(Annahme der halben Transportkosten gegenüber Ortbetondecken, da Schalhaut und Querträger entfallen)

• Bewehrung

- Stabstahl BSt 550 im Element - Herstellerangabe [€/to]: 1.450 €/to
(Quelle: Oberndorfer Preisliste 2016 - siehe [67])
- Stabstahl BSt 550 im Element - Expertenmeinung [€/to]: 900 €/to
(Durchschnittspreis von Expertenmeinungen - Quelle: Expertenmeinung vom 17.03.2016, sowie 07.04.2016)
- Baustahlgittermatten BSt 550 Herstellerangabe [€/to]: 1.325 €/to
(Durchschnittspreis - Quelle: Weyland Produktkatalog Bewehrung/Zubehör 2015/16 - siehe [63])

- Baustahlgittermatten BSt 550 Expertenmeinung [€/to]: 720 €/to
(Durchschnittspreis von Expertenmeinungen - Quelle: Expertenmeinung vom 17.03.2016, sowie 07.04.2016)
- Gitterträger Herstellerangabe [€/to]: 1.575 €/to
(Quelle: Oberndorfer Preisliste 2016 - siehe [67])
- Gitterträger Expertenmeinung [€/to]: 1.000 €/to
(Quelle: Expertenmeinung vom 07.04.2016)
- **Beton**
 - Elementpreis - Grundplatte 5 cm, Betongüte C25/30 XC2 (Standardbetongüte Element) - Herstellerangabe [€/m²]: 17,00 €/m²
(Quelle: Oberndorfer Preisliste 2016 - siehe [67])
 - Elementpreis - Grundplatte 5 cm, Betongüte C25/30 XC2 (Standardbetongüte Element) - Expertenmeinung [€/m²]: 9,70 €/m²
(Durchschnittspreis von Expertenmeinungen - Quelle: Expertenmeinung vom 17.03.2016, sowie 07.04.2016)
 - Betonpreis C25/30 XC1 Herstellerangabe [€/m³]: 89,00 €/m³
(Quelle: Rohdorfer Preisliste 2016 - siehe [64])
 - Betonpreis C25/30 XC1 Expertenmeinung [€/m³]: 56,70 €/m³
(Quelle: Expertenmeinung vom 17.03.2016)
 - Preis Betonpumpe Herstellerangabe [€/m³]: 11,00 €/m³
(der Pauschalpreis der ersten 20m³ wird hier nicht einkalkuliert, sondern nur der Zuschlag jedes zusätzlich gepumpten m³ Beton - Quelle: Rohdorfer Preisliste 2016 - siehe [64])
 - Preis Betonpumpe Expertenmeinung [€/m³]: 7,57 €/m³
(der Pauschalpreis der ersten 20m³ wird hier nicht einkalkuliert, sondern nur der Zuschlag jedes zusätzlich gepumpten m³ Beton - Quelle: Expertenmeinung vom 17.03.2016)

Lohnkosten

- Mittellohnkosten: 36,50 €/h
(Quelle: Durchschnittswert aus Expertenmeinungen vom 17.03.2016 und 07.04.2016)

Aufwandswerte

- **Schalung**
 - AW Schalung Untersicht herstellen (Ein- und Ausschalen) [h/m²]: 0,25 h/m²
(Quelle: Expertenmeinung vom 07.04.2016)
 - AW Randabschalung herstellen (Ein- und Ausschalen) [h/m²]: 1,20 h/m²
(Quelle: Fachliteratur - siehe [62] Seite 76)
 - Randschalungsfläche pro m² Deckenfläche [m²/m²]: 0,03 m²/m²
(Quelle: Fachliteratur - siehe [62] Seite 76)
- **Bewehren**
 - AW Baustahlgittermatten verlegen [h/to]: 5,00 h/to
(Durchschnittswert - Quelle: Fachliteratur - siehe [65] Seite 222)

- **Betonieren**

- AW Element versetzen [h/m²]: 0,15 h/m²
(Quelle: Expertenmeinung vom 07.04.2016)
- AW Betonieren [h/m³]: 0,40 h/m³
(Quelle: Expertenmeinung vom 21.03.2016)
- AW Beton abziehen [h/m²]: 0,05 h/m²
(Quelle: Expertenmeinung vom 21.03.2016)
- AW Beton nachbehandeln [h/m²]: 0,05 h/m²
(Quelle: Expertenmeinung vom 21.03.2016)

4.4.4 Kostenanalyse

Die Berechnungsformeln für die einzelnen Positionen sind in den K7-Blättern ersichtlich. Sämtliche in der Kalkulation verwendeten Eingangsdaten sind aus dem Kapitel 4.4.3 zu entnehmen. Es werden nachfolgend zwei K7-Kalkulationen dargestellt - einmal mit Herstellerangaben kalkuliert und einmal mit Empfehlungen bzw. Daten von Experten ausführender Unternehmen (abgebildet jeweils am Beispiel Spannweite 6m). Die Kosten der restlichen Spannweiten sind in den danach folgenden Übersichtstabellen ersichtlich.

ELEMENTDECKE - Spannweite 6m (d = 22cm)					
Pos.-Nr., Menge, Einheit, Positionsstichwort, Kostenentwicklung je Einheit		EH	Lohn [€/m²]	Sonstiges [€/m²]	Gesamt [€/m²]
Schalung					
Mittelohnkosten MLK	36,50	€/h			
Schalung Untersicht herstellen (Ein- und Ausschalen)					
Aufandswert AW	0,25	h/m ²			
Lohn: (= Aufandswert * Mittelohnkosten)			9,13		9,13
Sonstige Kosten:				2,50	2,50
Randabschalung herstellen					
Schalungsfläche pro m ² Deckenfläche	0,03	m ² /m ²			
Aufandswert AW	1,20	h/m ²			
Lohn: (= AW * MLK * Schalungsfläche)			1,31		1,31
Sonstige Kosten:				1,74	1,74
Kleinteile					
Sonstige Kosten:				0,20	0,20
Transportkosten Schalung (transportiert durch Bauunternehmen)					
Sonstige Kosten:				0,22	0,22
Einheitskosten Schalung			10,44	4,66	15,10
Bewehrung					
Mittelohnkosten MLK	36,50	€/h			
Bewehrung obere Lage					
AQ 55	3,73	kg/m ²			
Aufandswert AW Mattenverlegung	5,00	h/to			
Lohn: (= AW * MLK * kg/m ² * 1/1000)			0,68		0,68

ELEMENTDECKE - Spannweite 6m (d = 22cm)					
Sonstige Kosten: (= kg/m ² * Mattenpreis * 1/1000)				4,94	4,94
Längsbewehrung untere Lage im Element					
φ 12/12,5	7,10	kg/m ²			
Sonstige Kosten: (= kg/m ² * Stabstahlpreis * 1/1000)				10,30	10,30
Querbewehrung untere Lage im Element					
φ 8/25	1,58	kg/m ²			
Sonstige Kosten: (= kg/m ² * Stabstahlpreis * 1/1000)				2,29	2,29
Stoßfugenbewehrung					
Elementbreite = 2,4m					
AQ 55	3,73	kg/m ²			
AQ 55 (Breite = Gitterträgerabstand = 60cm) auf Elementbreite umgelegt(= kg/m ² * 0,60m / 2,4m)	0,93	kg/m ²			
Aufwandswert AW Mattenverlegung	5,00	h/to			
Lohn: (= AW * MLK * kg/m ² * 1/1000)			0,17		0,17
Sonstige Kosten: (= kg/m ² * Mattenpreis * 1/1000)				1,24	1,24
Gitterträger im Element					
Gitterträger kg/m ² im Element	2,50	kg/m ²			
Sonstige Kosten: (= kg/m ² * Gitterträgerpreis * 1/1000)				3,94	3,94
Zwischensumme Bewehrung			0,85	22,70	23,55
15 % Randnadel und Rostbewehrung			0,13	3,41	3,53
Einheitskosten Bewehrung			0,98	26,11	27,09
Beton					
Mittellohnenkosten MLK	36,50	€/h			
Elementdecke C25/30 XC2					
Aufwandswert AW Element versetzen	0,15	h/m ²			
Lohn: (= AW * MLK)			5,48		5,48
Sonstige Kosten:				17,00	17,00
Aufbetonherstellung C25/30 XC1					
Betondicke d	0,17	m			
Materialkosten	89,00	€/m ³			
Aufwandswert AW	0,40	h/m ³			
Lohn: (= AW * MLK * Dicke)			2,48		2,48
Sonstige Kosten: (= €/m ³ * Dicke)				15,13	15,13
Betonpumpe					
Sonstige Kosten: (= €/m ³ * Dicke)				1,87	1,87
Beton abziehen					
Aufwandswert AW	0,05	h/m ²			
Lohn: (= AW * MLK)			1,83		1,83
Beton nachbehandeln					
Aufwandswert AW	0,05	h/m ²			
Lohn: (= AW * MLK)			1,83		1,83
Einheitskosten Beton			11,61	34,00	45,61
GESAMTKOSTEN			23,02	64,77	87,79

Tab. 4.7: K7-Kalkulation Elementdecke mit Materialkosten aus Herstellerangaben (Spannweite 6m) [52]

ELEMENTDECKE - Spannweite 6m (d = 22cm)					
Pos.-Nr., Menge, Einheit, Positionsstichwort, Kostenentwicklung je Einheit		EH	Lohn [€/m²]	Sonstiges [€/m²]	Gesamt [€/m²]
Schalung					
Mittelohnkosten MLK	36,50	€/h			
Schalung Untersicht herstellen (Ein- und Ausschalen)					
Aufandswert AW	0,25	h/m ²			
Lohn: (= Aufandswert * Mittelohnkosten)			9,13		9,13
Sonstige Kosten:				2,50	2,50
Randabschalung herstellen					
Schalungsfläche pro m ² Deckenfläche	0,03	m ² /m ²			
Aufandswert AW	1,20	h/m ²			
Lohn: (= AW * MLK * Schalungsfläche)			1,31		1,31
Sonstige Kosten:				1,74	1,74
Kleinteile					
Sonstige Kosten:				0,20	0,20
Transportkosten Schalung (transportiert durch Bauunternehmen)					
Sonstige Kosten:				0,22	0,22
Einheitskosten Schalung			10,44	4,66	15,10
Bewehrung					
Mittelohnkosten MLK	36,50	€/h			
Bewehrung obere Lage					
AQ 55	3,73	kg/m ²			
Aufandswert AW Mattenverlegung	5,00	h/to			
Lohn: (= AW * MLK * kg/m ² * 1/1000)			0,68		0,68
Sonstige Kosten: (= kg/m ² * Mattenpreis * 1/1000)				2,69	2,69
Längsbewehrung untere Lage im Element					
φ 12/12,5	7,10	kg/m ²			
Sonstige Kosten: (= kg/m ² * Stabstahlpreis * 1/1000)				6,39	6,39
Querbewehrung untere Lage im Element					
φ 8/25	1,58	kg/m ²			
Sonstige Kosten: (= kg/m ² * Stabstahlpreis * 1/1000)				1,42	1,42
Stoßfugenbewehrung					
Elementbreite = 2,4m					
AQ 55	3,73	kg/m ²			
AQ 55 (Breite = Gitterträgerabstand = 60cm) auf Elementbreite umgelegt(= kg/m ² * 0,60m / 2,4m)	0,93	kg/m ²			
Aufandswert AW Mattenverlegung	5,00	h/to			
Lohn: (= AW * MLK * kg/m ² * 1/1000)			0,17		0,17
Sonstige Kosten: (= kg/m ² * Mattenpreis * 1/1000)				0,67	0,67
Gitterträger im Element					
Gitterträger kg/m ² im Element	2,50	kg/m ²			
Sonstige Kosten: (= kg/m ² * Gitterträgerpreis * 1/1000)				2,50	2,50
Zwischensumme Bewehrung			0,85	13,67	14,52

ELEMENTDECKE - Spannweite 6m (d = 22cm)					
15 % Randnadel und Rostbewehrung			0,13	2,05	2,18
Einheitskosten Bewehrung			0,98	15,72	16,70
Beton					
Mittellohncosten MLK	36,50	€/h			
Elementdecke C25/30 XC2					
Aufwandswert AW Element versetzen	0,15	h/m ²			
Lohn: (= AW * MLK)			5,48		5,48
Sonstige Kosten:				9,70	9,70
Aufbetonherstellung C25/30 XC1					
Betondicke d	0,17	m			
Materialkosten	56,70	€/m ³			
Aufwandswert AW	0,40	h/m ³			
Lohn: (= AW * MLK * Dicke)			2,48		2,48
Sonstige Kosten: (= €/m ³ * Dicke)				9,64	9,64
Betonpumpe					
Sonstige Kosten: (= €/m ³ * Dicke)				1,29	1,29
Beton abziehen					
Aufwandswert AW	0,05	h/m ²			
Lohn: (= AW * MLK)			1,83		1,83
Beton nachbehandeln					
Aufwandswert AW	0,05	h/m ²			
Lohn: (= AW * MLK)			1,83		1,83
Einheitskosten Beton			11,61	20,63	32,23
GESAMTKOSTEN			23,02	41,01	64,03

Tab. 4.8: K7-Kalkulation Elementdecke mit Materialkosten von ausführenden Unternehmen (Spannweite 6m) [52]

		Spannweite [m]					
		5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m
Bauteildicke [cm]		d = 18cm	d = 22cm	d = 25cm	d = 28cm	d = 30cm	d = 35cm
Schalung	Lohn [€/m ²]	10,44	10,44	10,44	10,44	10,44	10,44
	Sonstiges [€/m ²]	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66
	Gesamt [€/m ²]	15,10	15,10	15,10	15,10	15,10	15,10
Bewehrung	Bewehrung oberer Lage [φ/cm]	AQ 50	AQ 55	AQ 60	AQ 65	AQ 70	AQ 76
	Bewehrungsmasse oben [kg/m ²]	3,08	3,73	4,44	5,20	6,04	7,12
	AW Mattenverlegung [h/to]	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	Längsbewehrung untere Lage [φ/cm]	φ 12/15	φ 12/12,5	φ 14/12,5	φ 16/15	φ 16/10	φ 16/10
	Bewehrungsmasse unten längs [kg/m ²]	5,92	7,10	9,57	10,52	15,78	15,78

		Spannweite [m]					
		5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m
Bewehrung	Querbewehrung untere Lage [ϕ /cm]	ϕ 8/25	ϕ 8/25	ϕ 8/20	ϕ 10/20	ϕ 10/17,5	ϕ 10/17,5
	Bewehrungsmasse unten quer [kg/m ²]	1,58	1,58	1,97	3,08	3,53	3,53
	Stoßfugenbewehrung 60cm	AQ 55	AQ 55	AQ 65	AQ 82	AQ 90	AQ 90
	Bewehrungsmasse Stoßfugenbewehrung [kg/m ²]	0,93	0,93	1,30	2,08	2,50	2,50
	Gitterträger [kg/m ²]	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
	Zwischensumme Lohn [€/m²]	0,73	0,85	1,05	1,33	1,56	1,75
	Zwischensumme Sonstiges [€/m²]	20,13	22,70	28,28	33,30	43,25	44,68
	15 % Randnadel und Rostbew. Lohn [€/m ²]	0,11	0,13	0,16	0,20	0,23	0,26
	15 % Randnadel und Rostbew. Sonstiges [€/m ²]	3,02	3,41	4,24	4,99	6,49	6,70
	Lohn [€/m²]	0,84	0,98	1,20	1,53	1,79	2,02
	Sonstiges [€/m²]	23,15	26,11	32,52	38,29	49,73	51,38
	Gesamt [€/m²]	23,99	27,09	33,72	39,82	51,52	53,40
Beton	Elementdecke 5 cm [€/m ²]	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00
	AW Element versetzen [h/m ²]	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
	Aufbetonstärke [cm]	13,0	17,0	20,0	23,0	25,0	30,0
	Materialkosten Aufbeton C25/30 XC1 [€/m ²]	11,57	15,13	17,80	20,47	22,25	26,70
	Kosten Betonpumpe [€/m ²]	1,43	1,87	2,20	2,53	2,75	3,30
	Lohnkosten Betonieren [€/m ²]	1,90	2,48	2,92	3,36	3,65	4,38
	Lohnkosten Abziehen [€/m ²]	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
	Lohnkosten Nachbehandeln [€/m ²]	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
	Lohn [€/m²]	11,02	11,61	12,05	12,48	12,78	13,51
	Sonstiges [€/m²]	30,00	34,00	37,00	40,00	42,00	47,00
Gesamt [€/m²]	41,02	45,61	49,05	52,48	54,78	60,51	
GESAMTKOSTEN [€/m²]		80,11	87,79	97,87	107,40	121,40	129,00

Tab. 4.9: Gesamtkosten Elementdecke mit Materialkosten aus Herstellerangaben [52]

		Spannweite [m]					
		5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m
Schalung	Bauteildicke [cm]	d = 18cm	d = 22cm	d = 25cm	d = 28cm	d = 30cm	d = 35cm
	Lohn [€/m²]	10,44	10,44	10,44	10,44	10,44	10,44
	Sonstiges [€/m²]	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66	4,66
	Gesamt [€/m²]	15,10	15,10	15,10	15,10	15,10	15,10

		Spannweite [m]					
		5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m
Bewehrung	Bewehrung oberer Lage [φ/cm]	AQ 50	AQ 55	AQ 60	AQ 65	AQ 70	AQ 76
	Bewehrungsmasse oben [kg/m ²]	3,08	3,73	4,44	5,20	6,04	7,12
	AW Mattenverlegung [h/to]	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	Längsbewehrung untere Lage [φ/cm]	φ 12/15	φ 12/12,5	φ 14/12,5	φ 16/15	φ 16/10	φ 16/10
	Bewehrungsmasse unten längs [kg/m ²]	5,92	7,10	9,57	10,52	15,78	15,78
	Querbewehrung untere Lage [φ/cm]	φ 8/25	φ 8/25	φ 8/20	φ 10/20	φ 10/17,5	φ 10/17,5
	Bewehrungsmasse unten quer [kg/m ²]	1,58	1,58	1,97	3,08	3,53	3,53
	Stoßfugenbewehrung 60cm	AQ 55	AQ 55	AQ 65	AQ 82	AQ 90	AQ 90
	Bewehrungsmasse Stoßfugenbewehrung [kg/m ²]	0,93	0,93	1,30	2,08	2,50	2,50
	Gitterträger [kg/m ²]	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
	Zwischensumme Lohn [€/m²]	0,73	0,85	1,05	1,33	1,56	1,75
	Zwischensumme Sonstiges [€/m²]	12,14	13,67	17,02	19,98	26,02	26,80
	15 % Randnadel und Rostbew. Lohn [€/m ²]	0,11	0,13	0,16	0,20	0,23	0,26
	15 % Randnadel und Rostbew. Sonstiges [€/m ²]	1,82	2,05	2,55	3,00	3,90	4,02
	Lohn [€/m²]	0,84	0,98	1,20	1,53	1,79	2,02
	Sonstiges [€/m²]	13,96	15,72	19,57	22,97	29,93	30,82
Gesamt [€/m²]	14,80	16,70	20,78	24,50	31,72	32,84	
Beton	Elementdecke 5 cm [€/m ²]	9,70	9,70	9,70	9,70	9,70	9,70
	AW Element versetzen [h/m ²]	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
	Aufbetonstärke [cm]	13,0	17,0	20,0	23,0	25,0	30,0
	Materialkosten Aufbeton C25/30 XC1 [€/m ²]	7,37	9,64	11,34	13,04	14,18	17,01
	Kosten Betonpumpe [€/m ²]	0,98	1,29	1,51	1,74	1,89	2,27
	Lohnkosten Betonieren [€/m ²]	1,90	2,48	2,92	3,36	3,65	4,38
	Lohnkosten Abziehen [€/m ²]	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
	Lohnkosten Nachbehandeln [€/m ²]	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
	Lohn [€/m²]	11,02	11,61	12,05	12,48	12,78	13,51
	Sonstiges [€/m²]	18,06	20,63	22,55	24,48	25,77	28,98
	Gesamt [€/m²]	29,08	32,23	34,60	36,97	38,54	42,49
GESAMTKOSTEN [€/m²]	58,98	64,03	70,47	76,57	85,36	90,43	

Tab. 4.10: Gesamtkosten Elementdecke mit Materialkosten von ausführenden Unternehmen [52]

4.5 Brettsperrholzdecke

4.5.1 Kurzbeschreibung

Brettsperrholzdecken sind aus kreuzweise verleimten Brettlamellen bestehende Massivholzdecken, die je nach Einsatzbereich bzw. statischer Erfordernis aus 3, 5, 7 oder in Sonderfällen mehreren Schichten bestehen können. Die einzelnen Schichten werden unter hohem Pressdruck flächig miteinander verklebt. Durch die kreuzweise Anordnung der Brettlamellen und dem damit verbundenen Absperreffekt wird das Quellen und Schwinden in Plattenebene auf ein vernachlässigbares Maß reduziert, sowie die statische Belastbarkeit und Formstabilität erhöht.

Für eine detailliertere Beschreibung der Brettsperrholzdecke wird an dieser Stelle auf das Kapitel 2.2.1 verwiesen.

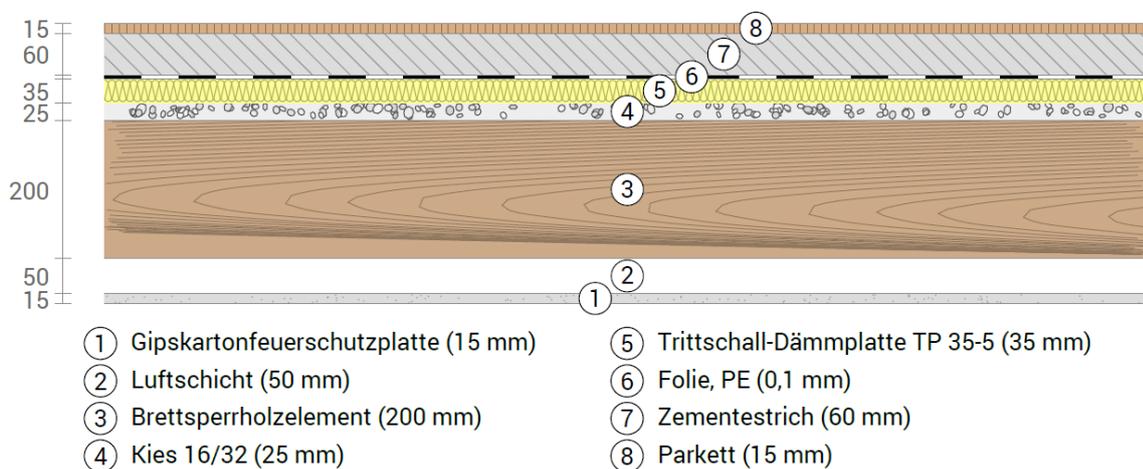


Abb. 4.5: Deckenaufbau Brettsperrholzdecke am Beispiel 6m Spannweite. Erstellt mit U-Wert.net

4.5.2 Bauphysikalische und ökologische Kennwerte

Der bauphysikalische Nachweis wurde mit dem Bemessungsprogramm *ArchiPHYSIK 13* durchgeführt. Die ökologischen Daten wurden mittels online Bemessungsprogramm *Baubook Rechner für Bauteile*⁹⁸ ermittelt. Für den Schallschutznachweis wurde eine Raumkubatur im Empfangsraum von 90 m³ und eine mittlere flächenbezogene Masse flankierender Bauteile von 500 kg/m² angenommen.

⁹⁸ siehe [56]

		Spannweiten [m]					
		5m	6m	7m	8m	9m	10m
Bauteildicke [cm] ¹		d = 18cm	d = 20cm	d = 22cm	d = 24cm	d = 28cm	d = 32cm
Bauphysikalische Kennzahlen	Brandschutz ¹	REI 90	REI 90	REI 90	REI 90	REI 90	REI 90
	Wärmeschutz U-Wert [W/m ² K] ²	0,360	0,341	0,324	0,309	0,282	0,259
	Trittschallschutz L' _{nt,w} [dB] ²	47,4	46,4	45,4	44,5	42,8	41,3
Ökologische Kennzahlen	ΔOI3-Punkte [Pkt./m ²] ³	17	18	20	21	24	27
	PENTR [MJ/m ²] ³	623,46	685,49	747,53	809,56	933,63	1057,70
	GWP100 Summe [kg CO ₂ /m ²] ³	-148,279	-165,094	-181,909	-198,724	-232,354	-265,984
	AP [kg SO ₂ /m ²] ³	0,15534	0,17149	0,18764	0,20379	0,23609	0,26839
<p>1 aus Bauteilbemessung bzw. in Bauteilbemessung berücksichtigt -> siehe Anhang</p> <p>2 aus bauphysikalischer Bemessung mittels ArchiPhysik -> siehe Anhang; für bauphysikalischen Nachweis Fußbodenaufbau berücksichtigt</p> <p>3 aus ökologischer Berechnung mittels Baubook-Rechner -> siehe Anhang; für ökologische Berechnung Fußbodenaufbau NICHT berücksichtigt (für alle Deckensysteme gleich)</p>							

Tab. 4.11: Bauphysikalische und ökologische Kennwerte Brettsperrholzdecke [52]

4.5.3 Eingangsdaten der Kostenanalyse

Die nachstehend aufgelisteten Kosten und Aufwandswerte wurden von ausführenden Unternehmen (= Expertenmeinung) zur Verfügung gestellt oder durch Telefoninterviews erfragt (= Expertenmeinung) und teilweise aus Fachliteratur übernommen.

Die statischen Bemessungen der unterschiedlichen Spannweiten liegen im Anhang bei. Sämtliche für die Berechnungen relevanten Eingangswerte bzw. Eingabedaten sind den einzelnen Ausdrucksprotokollen zu entnehmen. Bezüglich dem Schwingungsnachweis ist an dieser Stelle jedoch festzuhalten, dass hierfür gemäß ÖNORM B 1995-1-1⁹⁹ die Deckenklasse 2 gewählt wird, da sie geringere Anforderungen als die Deckenklasse 1 (eigentlich für Wohnungstrenndecken erforderlich) aufweist und für die Aufgabenstellung dieser Arbeit als ausreichend angesehen wird. Durch diese Annahme ergeben sich wirtschaftlichere Bemessungen der Brettsperrholzdecke.

Für die folgende Kostenanalyse werden Brettsperrholzelemente in Nichtsichtqualität herangezogen, die in Kombination mit einer entsprechenden Untersicht in jedem Fall die kostengünstigere Variante als Elemente in Sichtqualität darstellen. Bei reinen Brettsperrholzdecken ist der geforderte Brandschutz aufgrund der ausreichenden Konstruktionshöhe keine Schwierigkeit, weshalb eine 1-lagige Verkleidung mittels

⁹⁹ siehe [68] Seite 79

Gipskartonfeuerschutzplatten (GKF-Platten) genügt. Die GKF-Platten werden auf einer Lattung montiert und wirken dadurch als Vorsatzschale, wodurch sich die Schallschutzeigenschaften der Decke verbessern. An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass der Trittschallschutz gemäß der in der OIB-Richtlinie definierten Anforderungen bei jedem Deckentyp und jeder Konstruktionshöhe eingehalten ist, Ausnahme ist lediglich die Brettsperrholzdecke bei 5 m Spannweite. Nach statischem Erfordernis wäre ein BSP-Element mit 16 cm ausreichend, aufgrund des erforderlichen Trittschallschutzes wurde die Konstruktionshöhe jedoch auf 18 cm erhöht.

Zum Versetzen der Brettsperrholzelemente werden 4 Stk. Hebeschlaufen je Element in der Kalkulation angesetzt. Für die Randverschraubung der Elemente mit darunter liegenden Wänden werden pro Element 12 Stk. Teilgewindeschrauben je Auflagerseite kalkuliert. Die Brettsperrholzdecken werden mit einer Elementbreite von 3 m (aufgerundet von 2,95 m = Maximalbreite der Elemente) kalkuliert. Die Verbindung der einzelnen Elemente miteinander erfolgt mittels Stoßbretter (3-Schichtplatte 10 cm breit) und Nägel. Die dafür angegebenen Kosten sind bereits anteilmäßig auf die Deckenfläche umgelegt.

Materialkosten

- **Brettsperrholzelement**

- Brettsperrholzelement, Materialgüte C24 - Herstellerangabe [€/m²]: die in den Kalkulationstabellen angeführten Preise wurden von einem führenden Hersteller für Brettsperrholzelemente zur Verfügung gestellt. Aus Datenschutzgründen werden die Preise der unterschiedlichen Brettsperrholzelemente an dieser Stelle jedoch nicht explizit angeführt, sondern sind lediglich in der Kalkulation ersichtlich. Laut Expertenmeinung ist für größere Bestellmengen mit einem Rabatt von 10 % auf die Listenpreise zu kalkulieren.

(Quelle: Herstellerangabe vom 29.04.2016 bzw. Expertenmeinung vom 03.05.2016)

- Deckenabbund [€/m²]: 5,00 €/m²
(Quelle: Herstellerangabe vom 29.04.2016)
- Hebeschlaufen [€/Stk.]: 2,50 €/Stk.
(Quelle: Herstellerangabe vom 29.04.2016)
- Teilgewindeschrauben [€/Stk.]: 0,50 €/Stk.
(Quelle: Expertenmeinung vom 03.05.2016)
- Stoßbrett (3-Schichtplatte 10 cm breit) + Nägel [€/m²]: 2,50 €/m²
(Quelle: Expertenmeinung vom 03.05.2016)

- **Untersicht**

- Lattung 80x50 mm, e = 100 cm [€/lfm]: 1,29 €/m²
(Quelle: Preisliste Holzbau Sulzer 2016 - siehe [69])
- Gipskartonfeuerschutzplatte 15 mm (Mengenrabatt ab 11 Stück) [€/m²]:
3,70 €/m² exkl. MwSt. (4,44 €/m² inkl. MwSt.)
(Quelle: Online Recherche - siehe [70])

Lohnkosten

- Mittellohnkosten: 38,00 €/h
(Quelle: Durchschnittswert aus Expertenmeinungen vom 03.05.2016 und 06.05.2016)

Aufandswerte

- AW Brettsperrholzelement versetzen und verschrauben (Randschrauben und Elementstoß) - unabhängig der Elementgröße [h/Element]: 0,25 h/Element
(Quelle: Expertenmeinung vom 03.05.2016)
- AW Lattung herstellen [h/m²]: 0,10 h/m²
(Quelle: Expertenmeinung vom 03.05.2016)
- AW GKF-Platten montieren [h/m²]: 0,30 h/m²
(Quelle: Expertenmeinung vom 03.05.2016)

4.5.4 Kostenanalyse

Die Berechnungsformeln für die einzelnen Positionen sind in den K7-Blättern ersichtlich. Sämtliche in der Kalkulation verwendeten Eingangsdaten sind aus dem Kapitel 4.5.3 zu entnehmen. Es werden nachfolgend zwei K7-Kalkulationen dargestellt - einmal mit Herstellerangaben kalkuliert und einmal mit Empfehlungen bzw. Daten von Experten ausführender Unternehmen (abgebildet jeweils am Beispiel Spannweite 6m). Die Kosten der restlichen Spannweiten sind in den danach folgenden Übersichtstabellen ersichtlich.

BRETTSPERRHOLZDECKE - Spannweite 6m (d = 20cm)					
Pos.-Nr., Menge, Einheit, Positionsstichwort, Kostenentwicklung je Einheit		EH	Lohn [€/m ²]	Sonstiges [€/m ²]	Gesamt [€/m ²]
Brettsperrholzelement					
Mittellohnkosten MLK	38,00	€/h			
Brettsperrholzelement					
Elementfläche (3m * Spannweite)	18,00	m ²			
CLT 200 L5s	87,50	€/m ²			
Deckenabbund	5,00	€/m ²			
Hebeschlaufen (4 Stk./Element)	2,50	€/Stk.			
Sonstige Kosten: (= Elementpreis + Deckenabbund + 4 Stk./Element * €/Stk. * 1/Elementfläche)				93,06	93,06
Brettsperrholzelement versetzen und verschrauben (Randverschraubung und Elementstoß)					
Elementfläche (3m * Spannweite)	18,00	m ²			
Aufandswert AW (versetzen + verschrauben)	0,25	h/Elem.			

BRETTSPERRHOLZDECKE - Spannweite 6m (d = 20cm)				
Randschrauben Teilgewindeschrauben (12 Stk./Auflagerseite)	0,50	€/Stk.		
Stoßbrett (10cm 3-Schichtplatte) + Nägel (auf Deckenfläche umgelegt)	2,50	€/m ²		
Lohn: (= AW/Elementfläche * MLK)			0,53	0,53
Sonstige Kosten: (= 12 Stk./Auflagerseite * 2 Seiten * €/Stk * 1/Elementfläche + Stoßbrett + Nägel)			3,17	3,17
Einheitskosten Brettsperrholzelement			0,53	96,22
Untersicht				
Mittellohnenkosten MLK	38,00	€/h		
Aufwandswert AW Lattung montieren	0,10	h/m ²		
Lattung 80x50 mm, e=100cm	1,29	€/lfm		
1x Gipskartonfeuerschutzplatte 15mm (GKF)	3,70	€/m ²		
Aufwandswert AW GKF montieren	0,30	h/m ²		
Lohn: (= AW Lattung * MLK + AW GKF * MLK)			15,20	15,20
Sonstige Kosten: (= Lattung + GKF)			4,99	4,99
Einheitskosten Untersicht			15,20	4,99
GESAMTKOSTEN			15,73	101,21
				116,94

Tab. 4.12: K7-Kalkulation Brettsperrholzdecke mit Materialkosten aus Herstellerangaben (Spannweite 6m) [52]

BRETTSPERRHOLZDECKE - Spannweite 6m (d = 20cm)					
Pos.-Nr., Menge, Einheit, Positionsstichwort, Kostenentwicklung je Einheit		EH	Lohn [€/m ²]	Sonstiges [€/m ²]	Gesamt [€/m ²]
Brettsperrholzelement					
Mittellohnenkosten MLK	38,00	€/h			
Brettsperrholzelement					
Elementfläche (3m * Spannweite)	18,00	m ²			
CLT 200 L5s	78,75	€/m ²			
Deckenabbund	5,00	€/m ²			
Hebeschlaufen (4 Stk./Element)	2,50	€/Stk.			
Sonstige Kosten: (= Elementpreis + Deckenabbund + 4 Stk./Element * €/Stk. * 1/Elementfläche)				84,31	84,31
Brettsperrholzelement versetzen und verschrauben (Randverschraubung und Elementstoß)					
Elementfläche (3m * Spannweite)	18,00	m ²			
Aufwandswert AW (versetzen + verschrauben)	0,25	h/Elem.			
Randschrauben Teilgewindeschrauben (12 Stk./Auflagerseite)	0,50	€/Stk.			
Stoßbrett (10cm 3-Schichtplatte) + Nägel (auf Deckenfläche umgelegt)	2,50	€/m ²			
Lohn: (= AW/Elementfläche * MLK)			0,53		0,53
Sonstige Kosten: (= 12 Stk./Auflagerseite * 2 Seiten * €/Stk * 1/Elementfläche + Stoßbrett + Nägel)				3,17	3,17
Einheitskosten Brettsperrholzelement			0,53	87,47	88,00

BRETTSPERRHOLZDECKE - Spannweite 6m (d = 20cm)					
Untersicht					
Mittellohnkosten MLK	38,00	€/h			
Aufandswert AW Lattung montieren	0,10	h/m ²			
Lattung 80x50 mm, e=100cm	1,29	€/lfm			
1x Gipskartonfeuerschutzplatte 15mm (GKF)	3,70	€/m ²			
Aufandswert AW GKF montieren	0,30	h/m ²			
Lohn: (= AW Lattung * MLK + AW GKF * MLK)			15,20		15,20
Sonstige Kosten: (= Lattung + GKF)				4,99	4,99
Einheitskosten Untersicht			15,20	4,99	20,19
GESAMTKOSTEN			15,73	92,46	108,19

Tab. 4.13: K7-Kalkulation Brettsperrholzdecke mit Materialkosten von ausführenden Unternehmen (Spannweite 6m) [52]

		Spannweite [m]					
		5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m
Bauteildicke [cm]		d = 18 cm	d = 20 cm	d = 22 cm	d = 24 cm	d = 28 cm	d = 32 cm
Brettsperrholzelement	Brettsperrholzelement	CLT 180 L5s	CLT 200 L5s	CLT 220 L7s-2	CLT 240 L7s-2	CLT 280 L7s-2	CLT 320 L8s-2
	Elementpreis [€/m ²]	80,00	87,50	100,00	108,00	124,00	142,00
	Deckenabbund [€/m ²]	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	Hebeschlaufen (4 Stk./Elem.) [€/ Stk.]	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
	Elementbreite [m]	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	Elementfläche [m ²]	15,00	18,00	21,00	24,00	27,00	30,00
	AW (versetzen + verschrauben) [h/Elem.]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
	Anzahl Randschrauben pro Element [Stk./Elem.]	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00
	Preis Randschrauben [€/Stk.]	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	Stoßbrett (3-Schichtplatte 10cm) + Nägel [€/m ²]	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
	Lohn [€/m²]	0,63	0,53	0,45	0,40	0,35	0,32
	Sonstiges [€/m²]	88,97	96,22	108,55	116,42	132,31	150,23
	Gesamt [€/m²]	89,60	96,75	109,00	116,81	132,67	150,55
Untersicht	Lohn [€/m ²]	15,20	15,20	15,20	15,20	15,20	15,20
	Sonstiges [€/m ²]	4,99	4,99	4,99	4,99	4,99	4,99
	Gesamt [€/m²]	20,19	20,19	20,19	20,19	20,19	20,19
GESAMTKOSTEN [€/m²]		109,79	116,94	129,19	137,00	152,86	170,74

Tab. 4.14: Gesamtkosten Brettsperrholzdecke mit Materialkosten aus Herstellerangaben [52]

		Spannweite [m]					
		5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m
Bauteildicke [cm]		d = 18 cm	d = 20 cm	d = 22 cm	d = 24 cm	d = 28 cm	d = 32 cm
Brettsperrholzelement	Brettsperrholzelement	CLT 180 L5s	CLT 200 L5s	CLT 220 L7s-2	CLT 240 L7s-2	CLT 280 L7s-2	CLT 320 L8s-2
	Elementpreis [€/m ²]	72,00	78,75	90,00	97,20	111,60	127,80
	Deckenabbund [€/m ²]	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	Hebeschlaufen (4 Stk./Elem.) [€/ Stk.]	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
	Elementbreite [m]	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	Elementfläche [m ²]	15,00	18,00	21,00	24,00	27,00	30,00
	AW (versetzen + verschrauben) [h/Elem.]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
	Anzahl Randschrauben pro Element [Stk./Elem.]	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00
	Preis Randschrauben [€/Stk.]	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	Stoßbrett (3-Schichtplatte 10cm) + Nägel [€/m ²]	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
	Lohn [€/m²]	0,63	0,53	0,45	0,40	0,35	0,32
	Sonstiges [€/m²]	80,97	87,47	98,55	105,62	119,91	136,03
	Gesamt [€/m²]	81,60	88,00	99,00	106,01	120,27	136,35
Untersicht	Lohn [€/m²]	15,20	15,20	15,20	15,20	15,20	15,20
	Sonstiges [€/m²]	4,99	4,99	4,99	4,99	4,99	4,99
	Gesamt [€/m²]	20,19	20,19	20,19	20,19	20,19	20,19
GESAMTKOSTEN [€/m²]		101,79	108,19	119,19	126,20	140,46	156,54

Tab. 4.15: Gesamtkosten Brettsperrholzdecke mit Materialkosten von ausführenden Unternehmen [52]

4.6 Holz-Beton-Verbunddecke

4.6.1 Kurzbeschreibung

Die Holz-Beton-Verbunddecke ist eine Hybridbauweise, die das Ziel hat, die beiden Materialien gemäß ihrer "Stärken" einzusetzen. Die Holzschicht übernimmt somit bei Einfeldsystemen die auftretenden Zugspannungen und der Aufbeton die Druckspannungen. Mit Hilfe von Verbindungsmitteln wird ein schubfester Formschluss der Schichten untereinander sichergestellt - einige davon sind in Kapitel 2.2.4 näher beschrieben. Holz-Beton-Verbunddecken gibt es in mehreren Ausführungsmöglichkeiten, u.a. mit einer massiven Brettsperrholzdecke oder Holzbalken und einer darauf liegenden Schalung für den Aufbeton.

In der heutigen Zeit liegt das Hauptaugenmerk der HBV-Systeme auf der Revitalisierung von Bestandsdecken. Speziell die Tramdecken vieler Gründerzeithäuser¹⁰⁰ erfüllen oft nicht mehr die heutigen Ansprüche bezüglich Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit aber auch Bauphysik. Demnach sind bei Änderung der bestehenden Bausubstanz oder beispielsweise bei Nutzungsänderung und einer damit einhergehenden Laststeigerung, entsprechende Maßnahmen erforderlich. Hier erzielt die HBV-Decke sowohl statische als auch bauphysikalische Verbesserungen und ist somit eine gängige und auch wirtschaftliche Revitalisierungsmaßnahme.¹⁰¹

Die folgende Kalkulation bezieht sich jedoch ausschließlich auf Neubauten.

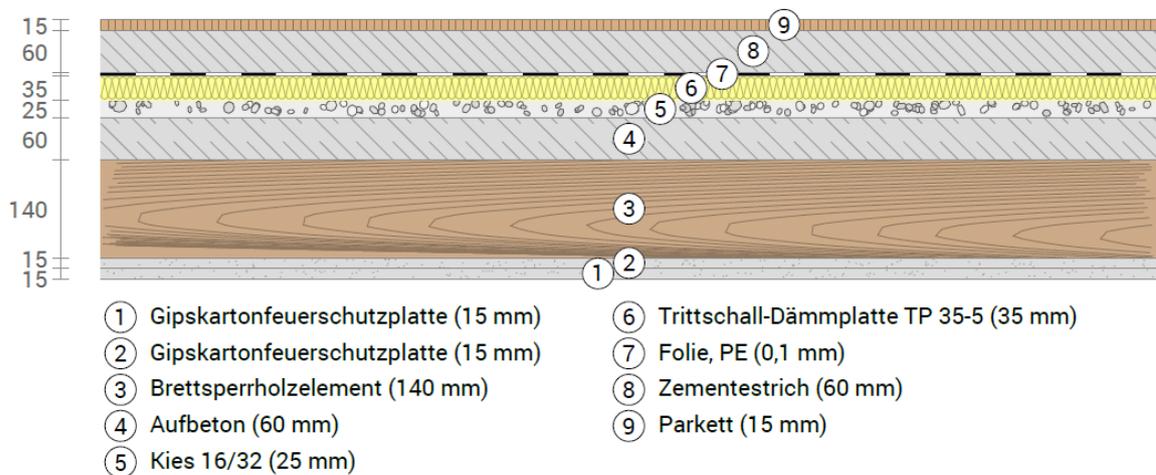


Abb. 4.6: Deckenaufbau Holz-Beton-Verbunddecke am Beispiel 6m Spannweite. Erstellt mit U-Wert.net

4.6.2 Bauphysikalische und ökologische Kennwerte

Der bauphysikalische Nachweis wurde mit dem Bemessungsprogramm *ArchiPHYSIK 13* durchgeführt. Die ökologischen Daten wurden mittels online Bemessungsprogramm *Baubook Rechner für Bauteile*¹⁰² ermittelt. Für den Schallschutznachweis wurde eine Raumkubatur im Empfangsraum von 90 m³ und eine mittlere flächenbezogene Masse flankierender Bauteile von 500 kg/m² angenommen.

¹⁰⁰ Gebäude, die Ende des 19. bis Anfang des 20. Jahrhunderts errichtet wurden

¹⁰¹ siehe [47] Seite 123 ff.

¹⁰² siehe [56]

		Spannweiten [m]					
		5m	6m	7m	8m	9m	10m
Bauteildicke [cm] ¹		d = 18cm	d = 20cm	d = 24cm	d = 28cm	d = 31cm	d = 36cm
Bauphysikalische Kennzahlen	Brandschutz ¹	REI 90	REI 90	REI 90	REI 90	REI 90	REI 90
	Wärmeschutz U-Wert [W/m ² K] ²	0,413	0,389	0,347	0,314	0,299	0,273
	Trittschallschutz L' _{nT,w} [dB] ²	38,7	38,4	37,6	36,6	35,0	33,3
Ökologische Kennzahlen	ΔOI3-Punkte [Pkt./m ²] ³	37	38	41	44	48	55
	PENTR [MJ/m ²] ³	741,17	803,20	927,27	1051,34	1153,16	1317,01
	GWP100 Summe [kg CO ₂ /m ²] ³	-71,531	-88,346	-121,976	-155,606	-168,546	-198,302
	AP [kg SO ₂ /m ²] ³	0,17866	0,19481	0,22711	0,25941	0,28585	0,32845
¹ aus Bauteilbemessung bzw. in Bauteilbemessung berücksichtigt -> siehe Anhang ² aus bauphysikalischer Bemessung mittels ArchiPhysik -> siehe Anhang; für bauphysikalischen Nachweis Fußbodenaufbau berücksichtigt ³ aus ökologischer Berechnung mittels Baubook-Rechner -> siehe Anhang; für ökologische Berechnung Fußbodenaufbau NICHT berücksichtigt (für alle Deckensysteme gleich)							

Tab. 4.16: Bauphysikalische und ökologische Kennwerte Holz-Beton-Verbunddecke [52]

4.6.3 Eingangsdaten der Kostenanalyse

Die nachstehend aufgelisteten Kosten und Aufwandswerte wurden von ausführenden Unternehmen (= Expertenmeinung) zur Verfügung gestellt oder durch Telefoninterviews erfragt (= Expertenmeinung) und teilweise aus Fachliteratur übernommen.

Die Konstruktion selbst besteht aus einer im Werk vorgefertigten Brettsperrholzschicht und auf der Baustelle montierten Verbundmitteln, sowie einer Ortbetonschicht.

Der Schwingungsnachweis wird, wie auch für die reinen Brettsperrholzdecken, mit der Deckenklasse 2 geführt, da durch die geringeren Anforderungen wirtschaftlichere Deckendimensionierungen erzielt werden können. Für den Nachweis der einzelnen Materialien wird die Verbundfuge als annähernd starr angenommen - auch hier gilt der Aspekt einer wirtschaftlicheren Dimensionierung der einzelnen Bauteilschichten. Der Nachweis der Materialien wurde zwar mit mechanischen Verbindungsmitteln geführt, der anzusetzende Verschiebungsmodul, sowie die Verbindungsmittelabstände jedoch so gewählt, dass annähernd eine starre Verbindung simuliert werden konnte. Durch diese Annahme wird der Einfluss der Nachgiebigkeit auf die erforderlichen Schichtdicken reduziert und somit wirtschaftlichere Ergebnisse erzielt.

Die Verbundschrauben werden je lfm Breite des Elements 3-reihig angeordnet, dadurch ergibt sich ein Achsabstand quer zur Spannrichtung von 33 cm. Die Bemessungen der Verbundschrauben (in gesonderten Nachweisen geführt) ist ebenfalls dem Anhang zu

entnehmen. Für die Kalkulation werden nicht die in Kapitel 2.2.4.1 beschriebenen Verbundschrauben in Anlehnung an HOFER,T., sondern jene aus der Schraubenbemessung (SFS VB 48 7,5 x 165) verwendet.

Aufgrund von auftretenden Zwangsspannungen beim Erhärten des Aufbetons, wird dieser unabhängig der Aufbetonstärke aus konstruktiven Zwecken mit einer Baustahlgittermatte AQ 55 bewehrt (ohne Nachweis).

Wie auch bei der reinen Brettsperrholzdecke werden die Elemente in Nichtsichtqualität kalkuliert. Aufgrund der geringeren Konstruktionshöhe des Holzquerschnitts als bei BSP-Decken ohne Aufbeton ist in diesem Fall auf den Brandschutz ein größeres Augenmerk zu legen. Die Bemessung der Decken zeigt, dass eine 2-lagige Beplankung mit Gipskartonfeuerschutzplatten erforderlich ist, um den Brandschutz mit geringeren Konstruktionshöhen zu gewährleisten. Durch den Aufbeton sind die Schallschutzqualitäten im Gegensatz zur reinen BSP-Decke deutlich besser. Deshalb genügt es die GKF-Platten direkt am Element, und nicht wie bei der BSP-Decke auf einer Lattung zu montieren (Wirkung als Vorsatzschale).

Die restlichen Annahmen, wie die Anzahl der Hebeschlaufen und Randschrauben, sowie Deckenstöße sind gleich wie bei den Brettsperrholzdecken und dem Kapitel 4.5.3 zu entnehmen.

Materialkosten

- **Schalung bzw. Stützung**

- Deckenstützen (auf Deckenfläche umgelegt - 0,5 Stk./m²) [€/m²]: 0,80 €/m²
(Quelle: Expertenmeinung vom 03.05.2016)
- Randschalung (auf Deckenfläche umgelegt) [€/m²]: 1,74 €/m²
(Quelle: Expertenmeinung vom 17.03.2016)
- Transportkosten Deckenstützen [€/m²]: 0,11 €/m²
(Annahme der halben Transportkosten gegenüber Elementdecken, da nur mehr Deckenstützen transportiert werden müssen)

- **Brettsperrholzelement**

- Brettsperrholzelement, Materialgüte C24 - Herstellerangabe [€/m²]: die in den Kalkulationstabellen angeführten Preise wurden von einem führenden Hersteller für Brettsperrholzelemente zur Verfügung gestellt. Aus Datenschutzgründen werden die Preise der unterschiedlichen Brettsperrholzelemente an dieser Stelle jedoch nicht explizit angeführt, sondern sind lediglich in der Kalkulation ersichtlich. Laut Expertenmeinung ist für große Bestellmengen mit einem Rabatt von 10 % auf die Listenpreise zu kalkulieren.
(Quelle: Herstellerangabe vom 29.04.2016 bzw. Expertenmeinung vom 03.05.2016)

- Deckenabbund [€/m²]: 5,00 €/m²
(Quelle: Herstellerangabe vom 29.04.2016)
- Hebeschlaufen [€/Stk.]: 2,50 €/Stk.
(Quelle: Herstellerangabe vom 29.04.2016)
- Teilgewindeschrauben [€/Stk.]: 0,50 €/Stk.
(Quelle: Expertenmeinung vom 03.05.2016)
- Stoßbrett (3-Schichtplatte 10 cm breit) + Nägel [€/m²]: 2,50 €/m²
(Quelle: Expertenmeinung vom 03.05.2016)
- **Untersicht**
 - 2x Gipskartonfeuerschutzplatte 15 mm (Mengenrabatt ab 11 Stück) [€/m²]:
7,40 €/m² exkl. MwSt. (8,88 €/m² inkl. MwSt.)
(Quelle: Online Recherche - siehe [70])
- **Verbundschrauben**
 - Verbundschrauben SFS VB 48 7,5 x 165 mm (3-reihig je lfm Elementbreite)
[€/Stk.]: 1,80 €/Stk.
(Quelle: Preisliste SFS unimarket 2016; Preise in CHF - Wechselkurs vom 18.05.2016- siehe [71]
bzw. Online Recherche auf Online Verkaufsportalen; die Recherche hat gezeigt, dass auf Online
Verkaufsportalen angebotene Preise unter jene liegen, die in einem Telefoninterview eines
Fachhändlers erfragt wurden und sind damit für die Kalkulation maßgebend)
- **Bewehrung Aufbeton**
 - Baustahlgittermatten BSt 550 Herstellerangabe [€/to]: 1.325 €/to
(Durchschnittspreis - Quelle: Weyland Produktkatalog Bewehrung/Zubehör 2015/16 - siehe [63])
 - Baustahlgittermatten BSt 550 Expertenmeinung [€/to]: 720 €/to
(Durchschnittspreis von Expertenmeinungen - Quelle: Expertenmeinung vom 17.03.2016, sowie
07.04.2016)
- **Beton**
 - Betonpreis C25/30 XC1 Herstellerangabe [€/m³]: 89,00 €/m³
(Quelle: Rohdorfer Preisliste 2016 - siehe [64])
 - Betonpreis C25/30 XC1 Expertenmeinung [€/m³]: 56,70 €/m³
(Quelle: Expertenmeinung vom 17.03.2016)
 - Preis Betonpumpe Herstellerangabe [€/m³]: 11,00 €/m³
(der Pauschalpreis der ersten 20m³ wird hier nicht einkalkuliert, sondern nur der Zuschlag jedes
zusätzlich gepumpten m³ Beton - Quelle: Rohdorfer Preisliste 2016 - siehe [64])
 - Preis Betonpumpe Expertenmeinung [€/m³]: 7,57 €/m³
(der Pauschalpreis der ersten 20m³ wird hier nicht einkalkuliert, sondern nur der Zuschlag jedes
zusätzlich gepumpten m³ Beton - Quelle: Expertenmeinung vom 17.03.2016)

Lohnkosten

- **Mittellohnkosten:** 38,00 €/h
(Quelle: Durchschnittswert aus Expertenmeinungen vom 03.05.2016 und 06.05.2016)

Aufwandswerte

- **Schalung bzw. Stützung**

- AW Deckenstützen stellen [h/Stk.]: 0,05 h/Stk.
(Quelle: Expertenmeinung vom 03.05.2016)
- Deckenstützen pro m² [Stk./m²]: 0,50 h/Stk.
(Annahme)
- AW Randabschalung herstellen (Ein- und Ausschalen) [h/m²]: 1,20 h/m²
(Quelle: Fachliteratur - siehe [62] Seite 76)
- Randschalungsfläche pro m² Deckenfläche [m²/m²]: 0,03 m²/m²
(Quelle: Fachliteratur - siehe [62] Seite 76)

- **Brettsperreholzelement und Untersicht**

- AW Brettsperreholzelement versetzen und verschrauben (Randschrauben und Deckenstoß) - unabhängig der Elementgröße [h/Element]: 0,25 h/Element
(Quelle: Expertenmeinung vom 03.05.2016)
- AW GKF-Platten montieren [h/m²]: 0,30 h/m²
(Quelle: Expertenmeinung vom 03.05.2016 - Annahme, dass 2-lagige GKF Platten kaum mehr Montageaufwand als 1-lagige, da sie in einem Arbeitsschritt montiert werden)

- **AW Verbundschrauben setzen [h/Stk.]: 0,05 h/Stk.**

(Quelle: Expertenmeinung vom 12.05.2016)

- **Bewehren und Betonieren**

- AW Baustahlgittermatten verlegen [h/to]: 5,00 h/to
(Durchschnittswert - Quelle: Fachliteratur - siehe [65] Seite 222)
- AW Betonieren [h/m³]: 0,40 h/m³
(Quelle: Expertenmeinung vom 21.03.2016)
- AW Beton abziehen [h/m²]: 0,05 h/m²
(Quelle: Expertenmeinung vom 21.03.2016)
- AW Beton nachbehandeln [h/m²]: 0,05 h/m²
(Quelle: Expertenmeinung vom 21.03.2016)

4.6.4 Kostenanalyse

Die Berechnungsformeln für die einzelnen Positionen sind in den K7-Blättern ersichtlich. Sämtliche in der Kalkulation verwendeten Eingangsdaten sind aus dem Kapitel 4.6.3 zu entnehmen. Es werden nachfolgend zwei K7-Kalkulationen dargestellt - einmal mit Herstellerangaben kalkuliert und einmal mit Empfehlungen bzw. Daten von Experten ausführender Unternehmen (abgebildet jeweils am Beispiel Spannweite 6m). Die Kosten der restlichen Spannweiten sind in den danach folgenden Übersichtstabellen ersichtlich.

HOLZ-BETON-VERBUNDECKE - Spannweite 6m (d = 20cm)					
Pos.-Nr., Menge, Einheit, Positionsstichwort, Kostenentwicklung je Einheit		EH	Lohn [€/m ²]	Sonstiges [€/m ²]	Gesamt [€/m ²]
Schalung bzw. Stützung					
Mittelohnkosten MLK	38,00	€/h			
Deckenstützen stellen					
Aufandswert AW	0,05	h/m ²			
Stützen pro m ²	0,50	Stk./m ²			
Lohn: (= AW * MLK * Stk./m ²)			0,95		0,95
Sonstige Kosten:				0,80	0,80
Randabschalung herstellen					
Schalungsfläche pro m ² Deckenfläche	0,03	m ² /m ²			
Aufandswert AW	1,20	h/m ²			
Lohn: (= AW * MLK * Schalungsfläche)			1,37		1,37
Sonstige Kosten:				1,74	1,74
Transportkosten Schalung bzw. Deckenstützen (transportiert durch Bauunternehmen)					
Sonstige Kosten:				0,11	0,11
Einheitskosten Schalung und Stützung			2,32	2,65	4,97
Brettsperrholzelement					
Mittelohnkosten MLK	38,00	€/h			
Brettsperrholzelement					
Elementfläche (3m * Spannweite)	18,00	m ²			
CLT 140 L5s	65,00	€/m ²			
Deckenabbund	5,00	€/m ²			
Hebeschlaufen (4 Stk./Element)	2,50	€/Stk.			
Sonstige Kosten: (= Elementpreis + Deckenabbund + 4 Stk./Element * €/Stk. * 1/Elementfläche)				70,56	70,56
Brettsperrholzelement versetzen und verschrauben (Randverschraubung und Elementstoß)					
Elementfläche (3m * Spannweite)	18,00	m ²			
Aufandswert AW (versetzen + verschrauben)	0,25	h/Elem.			
Randschrauben Teilgewindeschrauben (12 Stk./Auflagerseite)	0,50	€/Stk.			
Stoßbrett (10cm 3-Schichtplatte) + Nägel (auf Deckenfläche umgelegt)	2,50	€/m ²			
Lohn: (= AW/Elementfläche * MLK)			0,53		0,53
Sonstige Kosten: (= 12 Stk./Auflagerseite * 2 Seiten * €/Stk * 1/Elementfläche + Stoßbrett + Nägel)				3,17	3,17
Einheitskosten Brettsperrholzelement			0,53	73,72	74,25
Untersicht					
Mittelohnkosten MLK	38,00	€/h			
Aufandswert AW GKF montieren	0,30	h/m ²			
2x Gipskartonfeuerschutzplatte 15mm (GKF)	7,40	€/m ²			
Lohn: (= Aufandswert * Mittelohnkosten)			11,40		11,40
Sonstige Kosten: (= Lattung + GKF)				7,40	7,40
Einheitskosten Untersicht			11,40	7,40	18,80

HOLZ-BETON-VERBUNDDECKE - Spannweite 6m (d = 20cm)					
Verbundschrauben					
Elementfläche (3m * Spannweite)	18,00	m ²			
Mittellohnkosten MLK	38,00	€/h			
Aufwandswert AW Schrauben setzen	0,05	h/Stk.			
Schraubenanzahl pro lfm. Elementbreite (3x20 Stk.)	60,00	Stk./lfm			
Verbundschrauben SFS VB 48 7,5x165	1,80	€/Stk.			
Lohn: (= AW * MLK * Stk./lfm * 1/Elementfl.)			6,33		6,33
Sonstige Kosten: (= Stk./lfm * €/Stk. * 1/Elementfl.)				6,00	6,00
Einheitskosten Verbundschrauben			6,33	6,00	12,33
Bewehrung Aufbeton					
Mittellohnkosten MLK	38,00	€/h			
AQ 55	3,73	kg/m ²			
Aufwandswert AW Mattenverlegung	5,00	h/to			
Lohn: (= AW * MLK * kg/m ² * 1/1000)			0,71		0,71
Sonstige Kosten: (= kg/m ² * Mattenpreis * 1/1000)				4,94	4,94
Einheitskosten Bewehrung Aufbeton			0,71	4,94	5,65
Aufbeton					
Mittellohnkosten MLK	38,00	€/h			
Aufbetonherstellung C25/30 XC1					
Betondicke d	0,06	m			
Materialkosten	89,00	€/m ³			
Aufwandswert AW	0,40	h/m ³			
Lohn: (= AW * MLK * Dicke)			0,91		0,91
Sonstige Kosten: (= €/m ³ * Dicke)				5,34	5,34
Betonpumpe					
Sonstige Kosten: (= €/m ³ * Dicke)				0,66	0,66
Beton abziehen					
Aufwandswert AW	0,05	h/m ²			
Lohn: (= AW * MLK)			1,90		1,90
Beton nachbehandeln					
Aufwandswert AW	0,05	h/m ²			
Lohn: (= AW * MLK)			1,90		1,90
Einheitskosten Beton			4,71	6,00	10,71
GESAMTKOSTEN			26,00	100,71	126,71

Tab. 4.17: K7-Kalkulation Holz-Beton-Verbunddecke mit Materialkosten aus Herstellerangaben (Spannweite 6m) [52]

HOLZ-BETON-VERBUNDECKE - Spannweite 6m (d = 20cm)					
Pos.-Nr., Menge, Einheit, Positionsstichwort, Kostenentwicklung je Einheit		EH	Lohn [€/m ²]	Sonstiges [€/m ²]	Gesamt [€/m ²]
Schalung bzw. Stützung					
Mittellohnkosten MLK	38,00	€/h			
Deckenstützen stellen					
Aufandswert AW	0,05	h/m ²			
Stützen pro m ²	0,50	Stk./m ²			
Lohn: (= AW * MLK * Stk./m ²)			0,95		0,95
Sonstige Kosten:				0,80	0,80
Randabschalung herstellen					
Schalungsfläche pro m ² Deckenfläche	0,03	m ² /m ²			
Aufandswert AW	1,20	h/m ²			
Lohn: (= AW * MLK * Schalungsfläche)			1,37		1,37
Sonstige Kosten:				1,74	1,74
Transportkosten Schalung bzw. Deckenstützen (transportiert durch Bauunternehmen)					
Sonstige Kosten:				0,11	0,11
Einheitskosten Schalung und Stützung			2,32	2,65	4,97
Brettsperrholzelement					
Mittellohnkosten MLK	38,00	€/h			
Brettsperrholzelement					
Elementfläche (3m * Spannweite)	18,00	m ²			
CLT 140 L5s	58,50	€/m ²			
Deckenabbund	5,00	€/m ²			
Hebeschlaufen (4 Stk./Element)	2,50	€/Stk.			
Sonstige Kosten: (= Elementpreis + Deckenabbund + 4 Stk./Element * €/Stk. * 1/Elementfläche)				64,06	64,06
Brettsperrholzelement versetzen und verschrauben (Randverschraubung und Elementstoß)					
Elementfläche (3m * Spannweite)	18,00	m ²			
Aufandswert AW (versetzen + verschrauben)	0,25	h/Elem.			
Randschrauben Teilgewindeschrauben (12 Stk./Auflagerseite)	0,50	€/Stk.			
Stoßbrett (10cm 3-Schichtplatte) + Nägel (auf Deckenfläche umgelegt)	2,50	€/m ²			
Lohn: (= AW/Elementfläche * MLK)			0,53		0,53
Sonstige Kosten: (= 12 Stk./Auflagerseite * 2 Seiten * €/Stk * 1/Elementfläche + Stoßbrett + Nägel)				3,17	3,17
Einheitskosten Brettsperrholzelement			0,53	67,22	67,75
Untersicht					
Mittellohnkosten MLK	38,00	€/h			
Aufandswert GKF montieren	0,30	h/m ²			
2x Gipskartonfeuerschutzplatte 15mm (GKF)	7,40	€/m ²			
Lohn: (= Aufandswert * Mittellohnkosten)			11,40		11,40
Sonstige Kosten: (= Lattung + GKF)				7,40	7,40
Einheitskosten Untersicht			11,40	7,40	18,80

HOLZ-BETON-VERBUNDDECKE - Spannweite 6m (d = 20cm)					
Verbundschrauben					
Elementfläche (3m * Spannweite)	18,00	m ²			
Mittellohnkosten MLK	38,00	€/h			
Aufwandswert AW Schrauben setzen	0,05	h/Stk.			
Schraubenanzahl pro lfm. Elementbreite (3x20 Stk.)	60,00	Stk./lfm			
Verbundschrauben SFS VB 48 7,5x165	1,80	€/Stk.			
Lohn: (= AW * MLK * Stk./lfm * 1/Elementfl.)			6,33		6,33
Sonstige Kosten: (= Stk./lfm * €/Stk. * 1/Elementfl.)				6,00	6,00
Einheitskosten Verbundschrauben			6,33	6,00	12,33
Bewehrung Aufbeton					
Mittellohnkosten MLK	38,00	€/h			
AQ 55	3,73	kg/m ²			
Aufwandswert AW Mattenverlegung	5,00	h/to			
Lohn: (= AW * MLK * kg/m ² * 1/1000)			0,71		0,71
Sonstige Kosten: (= kg/m ² * Mattenpreis * 1/1000)				2,69	2,69
Einheitskosten Bewehrung Aufbeton			0,71	2,69	3,39
Aufbeton					
Mittellohnkosten MLK	38,00	€/h			
Aufbetonherstellung C25/30 XC1					
Betondicke d	0,06	m			
Materialkosten	56,70	€/m ³			
Aufwandswert AW	0,40	h/m ³			
Lohn: (= AW * MLK * Dicke)			0,91		0,91
Sonstige Kosten: (= €/m ³ * Dicke)				3,40	3,40
Betonpumpe					
Sonstige Kosten: (= €/m ³ * Dicke)				0,45	0,45
Beton abziehen					
Aufwandswert AW	0,05	h/m ²			
Lohn: (= AW * MLK)			1,90		1,90
Beton nachbehandeln					
Aufwandswert AW	0,05	h/m ²			
Lohn: (= AW * MLK)			1,90		1,90
Einheitskosten Beton			4,71	3,86	8,57
GESAMTKOSTEN			26,00	89,81	115,81

Tab. 4.18: K7-Kalkulation Holz-Beton-Verbunddecke mit Materialkosten von ausführenden Unternehmen (Spannweite 6m) [52]

		Spannweite [m]					
		5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m
Bauteildicke [cm]		d = 18 cm	d = 20 cm	d = 24 cm	d = 28 cm	d = 31 cm	d = 36 cm
Stützung	Lohn [€/m²]	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32
	Sonstiges [€/m²]	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65
	Gesamt [€/m²]	4,97	4,97	4,97	4,97	4,97	4,97
	Brettsperreholzelement	CLT 120 L5s	CLT 140 L5s	CLT 180 L5s	CLT 220 L7s-2	CLT 240 L7s-2	CLT 280 L7s-2
Brettsperreholzelement	Elementpreis [€/m ²]	61,50	65,00	80,00	100,00	108,00	124,00
	Deckenabbund [€/m ²]	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	Hebeschlaufen (4 Stk./Elem.) [€/ Stk.]	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
	Elementbreite [m]	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	Elementfläche [m ²]	15,00	18,00	21,00	24,00	27,00	30,00
	AW (versetzen + verschrauben) [h/Elem.]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
	Anzahl Randschrauben pro Element [Stk./Elem.]	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00
	Preis Randschrauben [€/Stk.]	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	Stoßbrett (3-Schichtplatte 10cm) + Nägel [€/m ²]	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
	Lohn [€/m²]	0,63	0,53	0,45	0,40	0,35	0,32
	Sonstiges [€/m²]	70,47	73,72	88,55	108,42	116,31	132,23
	Gesamt [€/m²]	71,10	74,25	89,00	108,81	116,67	132,55
	Untersicht	Lohn [€/m²]	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
Sonstiges [€/m²]		7,40	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40
Gesamt [€/m²]		18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80
Verbundschrauben	Aufwandswert AW Schrauben setzen [h/Stk.]	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	Schrauben je Reihe [Stk.]	12	20	24	28	34	38
	Schraubenanzahl pro lfm. Elementbreite (3-reihig) [Stk.]	36	60	72	84	102	114
	Preis Verbundschrauben SFS VB 48 7,5x165 [€/Stk.]	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
	Lohn [€/m²]	4,56	6,33	6,51	6,65	7,18	7,22
	Sonstiges [€/m²]	4,32	6,00	6,17	6,30	6,80	6,84
	Gesamt [€/m²]	8,88	12,33	12,69	12,95	13,98	14,06
Bewehrung	Lohn [€/m²]	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
	Sonstiges [€/m²]	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94
	Gesamt [€/m²]	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65

		Spannweite [m]					
		5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m
Aufbeton	Aufbetonstärke [cm]	6	6	6	6	7	8
	Materialkosten Aufbeton C25/30 XC1 [€/m ²]	5,34	5,34	5,34	5,34	6,23	7,12
	Kosten Betonpumpe [€/m ²]	0,66	0,66	0,66	0,66	0,77	0,88
	Lohnkosten Betonieren [€/m ²]	0,91	0,91	0,91	0,91	1,06	1,22
	Lohnkosten Abziehen [€/m ²]	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90
	Lohnkosten Nachbehandeln [€/m ²]	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90
	Lohn [€/m²]	4,71	4,71	4,71	4,71	4,86	5,02
	Sonstiges [€/m²]	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	8,00
	Gesamt [€/m²]	10,71	10,71	10,71	10,71	11,86	13,02
GESAMTKOSTEN [€/m²]		120,11	126,71	141,82	161,89	171,93	189,04

Tab. 4.19: Gesamtkosten Holz-Beton-Verbunddecke mit Materialkosten aus Herstellerangaben [52]

		Spannweite [m]					
		5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m
Bauteildicke [cm]		d = 18 cm	d = 20 cm	d = 24 cm	d = 28 cm	d = 31 cm	d = 36 cm
Stützung	Lohn [€/m²]	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32
	Sonstiges [€/m²]	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65
	Gesamt [€/m²]	4,97	4,97	4,97	4,97	4,97	4,97
Brettsperrelement	Brettsperreholzelement	CLT 120 L5s	CLT 140 L5s	CLT 180 L5s	CLT 220 L7s-2	CLT 240 L7s-2	CLT 280 L7s-2
	Elementpreis [€/m ²]	55,35	58,50	72,00	90,00	97,20	111,60
	Deckenabbund [€/m ²]	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	Hebeschlaufen (4 Stk./Elem.) [€/ Stk.]	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
	Elementbreite [m]	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	Elementfläche [m ²]	15,00	18,00	21,00	24,00	27,00	30,00
	AW (versetzen + verschrauben) [h/Elem.]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
	Anzahl Randschrauben pro Element [Stk./Elem.]	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00
	Preis Randschrauben [€/Stk.]	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	Stoßbrett (3-Schichtplatte 10cm) + Nägel [€/m ²]	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
	Lohn [€/m²]	0,63	0,53	0,45	0,40	0,35	0,32
	Sonstiges [€/m²]	64,32	67,22	80,55	98,42	105,51	119,83
	Gesamt [€/m²]	64,95	67,75	81,00	98,81	105,87	120,15

		Spannweite [m]					
		5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m
Untersicht	Lohn [€/m ²]	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
	Sonstiges [€/m ²]	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40
	Gesamt [€/m²]	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80
Verbundschrauben	Aufwandswert AW Schrauben setzen [h/Stk.]	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	Schrauben je Reihe [Stk.]	12	20	24	28	34	38
	Schraubenzahl pro lfm. Elementbreite (3-reihig) [Stk.]	36	60	72	84	102	114
	Preis Verbundschrauben SFS VB 48 7,5x165 [€/Stk.]	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
	Lohn [€/m ²]	4,56	6,33	6,51	6,65	7,18	7,22
	Sonstiges [€/m ²]	4,32	6,00	6,17	6,30	6,80	6,84
	Gesamt [€/m²]	8,88	12,33	12,69	12,95	13,98	14,06
Bewehrung	Lohn [€/m ²]	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
	Sonstiges [€/m ²]	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69
	Gesamt [€/m²]	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39
Aufbeton	Aufbetonstärke [cm]	6	6	6	6	7	8
	Materialkosten Aufbeton C25/30 XC1 [€/m ²]	3,40	3,40	3,40	3,40	3,97	4,54
	Kosten Betonpumpe [€/m ²]	0,45	0,45	0,45	0,45	0,53	0,61
	Lohnkosten Betonieren [€/m ²]	0,91	0,91	0,91	0,91	1,06	1,22
	Lohnkosten Abziehen [€/m ²]	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90
	Lohnkosten Nachbehandeln [€/m ²]	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90
	Lohn [€/m ²]	4,71	4,71	4,71	4,71	4,86	5,02
	Sonstiges [€/m ²]	3,86	3,86	3,86	3,86	4,50	5,14
	Gesamt [€/m²]	8,57	8,57	8,57	8,57	9,36	10,16
GESAMTKOSTEN [€/m²]		109,56	115,81	129,42	147,49	156,37	171,53

Tab. 4.20: Gesamtkosten Holz-Beton-Verbunddecke mit Materialkosten von ausführenden Unternehmen [52]

4.7 Holzleichtbeton-Verbunddecke

4.7.1 Kurzbeschreibung

Auf eine Kurzbeschreibung der Holzleichtbeton-Verbunddecke wird an dieser Stelle verzichtet und auf das Kapitel 2 verwiesen, in dem das Tragverhalten und die verwendeten Materialien genauer beschrieben sind.

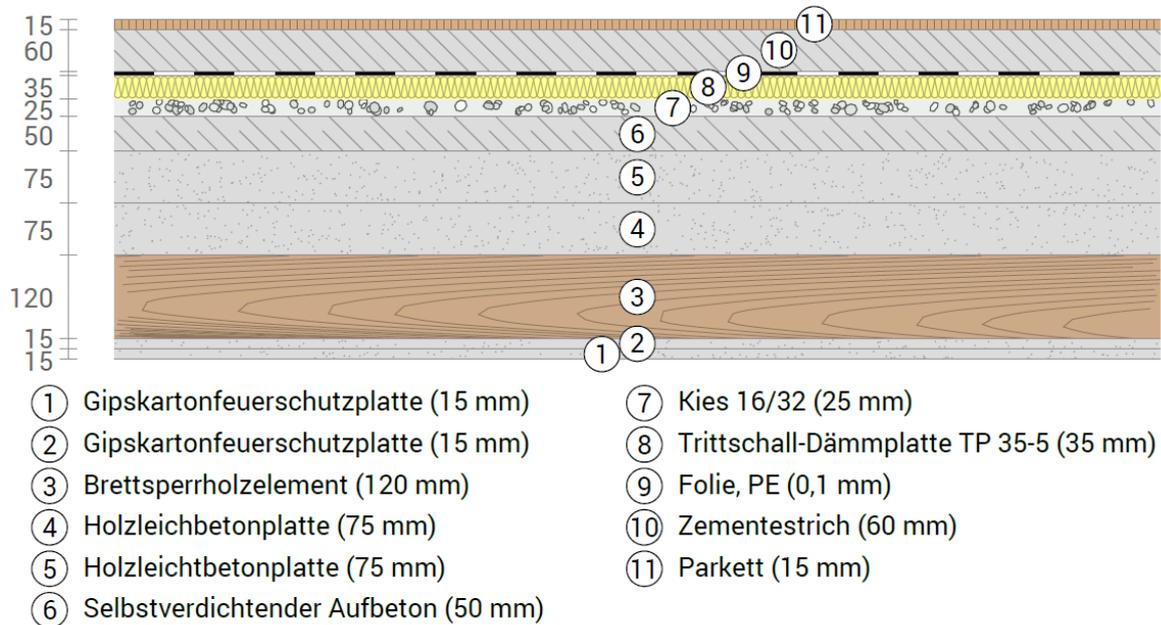


Abb. 4.7: Deckenaufbau Holzleichtbeton-Verbunddecke am Beispiel 6m Spannweite. Erstellt mit U-Wert.net

4.7.2 Bauphysikalische und ökologische Kennwerte

Der bauphysikalische Nachweis wurde mit dem Bemessungsprogramm *ArchiPHYSIK 13* durchgeführt. Die ökologischen Daten wurden mittels online Bemessungsprogramm *Baobook Rechner für Bauteile*¹⁰³ ermittelt. Für den Schallschutznachweis wurde eine Raumkubatur im Empfangsraum von 90 m³ und eine mittlere flächenbezogene Masse flankierender Bauteile von 500 kg/m² angenommen.

¹⁰³ siehe [56]

		Spannweiten [m]					
		5m	6m	7m	8m	9m	10m
Bauteildicke [cm] ¹		d = 30cm	d = 32cm	d = 34cm	d = 36cm	d = 41cm	d = 45cm
Bauphysikalische Kennzahlen	Brandschutz ¹	REI 90	REI 90	REI 90	REI 90	REI 90	REI 90
	Wärmeschutz U-Wert [W/m ² K] ²	0,270	0,259	0,259	0,249	0,231	0,216
	Trittschallschutz L' _{nT,w} [dB] ²	37,5	37,0	34,8	34,4	32,7	32,0
Ökologische Kennzahlen	ΔOI3-Punkte [Pkt./m ²] ³	45	47	54	55	61	64
	PENTR [MJ/m ²] ³	855,24	917,28	996,84	1058,87	1222,72	1346,79
	GWP100 Summe [kg CO ₂ /m ²] ³	-88,515	-105,330	-97,581	-114,396	-144,152	-177,782
	AP [kg SO ₂ /m ²] ³	0,23771	0,25386	0,27445	0,29060	0,33320	0,36550
<p>1 aus Bauteilbemessung bzw. in Bauteilbemessung berücksichtigt -> siehe Anhang</p> <p>2 aus bauphysikalischer Bemessung mittels ArchiPhysik -> siehe Anhang; für bauphysikalischen Nachweis Fußbodenaufbau berücksichtigt</p> <p>3 aus ökologischer Berechnung mittels Baubook-Rechner -> siehe Anhang; für ökologische Berechnung Fußbodenaufbau NICHT berücksichtigt (für alle Deckensysteme gleich)</p>							

Tab. 4.21: Bauphysikalische und ökologische Kennwerte Holzleichtbeton-Verbunddecke [52]

4.7.3 Eingangsdaten der Kostenanalyse

Die nachstehend aufgelisteten Kosten und Aufwandswerte wurden von ausführenden Unternehmen (= Expertenmeinung) zur Verfügung gestellt oder durch Telefoninterviews erfragt (= Expertenmeinung) und teilweise aus Fachliteratur übernommen.

Bezüglich Schwingungsnachweis, Brandschutz, Oberflächenqualität des Brettsperrholzelements, sowie Randverschraubungen und Deckenstöße gelten die gleichen Annahmen wie bei den Holz-Beton-Verbunddecken (werden deshalb hier nicht erneut explizit erwähnt).

Der gewählte Holzleichtbeton-Verbundbauteil baut auf der Arbeit von HOFER, T.¹⁰⁴ auf. Wie bereits in Kapitel 2.2.4 erwähnt, wurden im Zuge seiner Arbeit experimentelle Untersuchungen für vier verschiedene Bauteile erprobt. Drei davon wiesen eine Verbundfuge kombiniert aus Kleber und mechanischen Verbindungsmittel auf und ein Bauteil bestand lediglich aus einer reinen Klebefuge. Die Ergebnisse zeigten, dass seine Bauteile *BT 1*, sowie *BT 3* (beide kombinierte Verbundfuge) ähnlich gute Eigenschaften aufwiesen und *BT 2*, sowie *BT 4* deutlich schlechtere Ergebnisse erzielten.¹⁰⁵

¹⁰⁴ siehe [21]

¹⁰⁵ siehe [21] Seite 55 ff.

Das für die folgende Kostenanalyse gewählte System lehnt sich am vorgeschlagenen Bauteil von HOFER, T. an, welches sich wiederum am *BT 3* orientiert (wirtschaftlicher als *BT 1* bei ähnlichen Eigenschaften bezüglich Durchbiegung, Steifigkeit, etc.).¹⁰⁶ Dabei wurden bei einem 7,20 m gespannten Einfeldsystem 6 Schrauben je Reihe verwendet, die in Kombination mit einem 2K-Kleber zur Anwendung kamen.

Da es derzeit keine definitive und vor allem keine allgemein gültige Aussage über das Zusammenwirken der Verbundschrauben mit dem Kleber gibt, ist es notwendig im Folgenden Annahmen zu treffen, um die Verbundmittel zweckmäßig in die Kalkulation einfließen lassen zu können.

Für die statische Bemessung der einzelnen Schichten wird die Verbundfuge als annähernd starr angenommen und die Schraubenabstände, sowie die Verschiebungsmodule in der Bemessung soweit iterativ verändert bis die wirtschaftlichsten Ergebnisse der unterschiedlichen Spannweiten erzielt werden können. Somit ist kein Nachweis der Verbundfuge notwendig. Der erforderliche Klebebedarf wird vom vorgeschlagenen Bauteil von HOFER, T. übernommen. - er beträgt 150 kg für ein Bauteil 7,40 x 2,40 m. Dementsprechend sind 8,45 kg/m² Kleber *SikaTop® Seal-107* für die Kalkulation erforderlich. Da dieser Kleber jedoch am Markt aktuell nicht mehr verfügbar ist, wird im Folgenden lediglich die Bezeichnung *zementgebundener 2K-Kleber* verwendet. Ein Richtpreis dafür wurde in einem Telefoninterview der Fa. *Sika Österreich GmbH* erfragt.

Die Anzahl der Schrauben wird für die Spannweiten 5 - 7 m mit 6 Schrauben (*WR-T 9x400*) je Reihe ebenfalls übernommen, für die Spannweiten 8 - 10 m um jeweils 6 Stück pro Meter zusätzlicher Spannweite erhöht. Die 6 Schrauben für die Spannweiten 5 - 7 m werden als Mindestschraubenanzahl angesetzt, da die Arbeit von HOFER, T. zeigte, dass eine reine Klebefuge nicht ansatzweise die gleiche Steifigkeit erzielen kann wie eine kombinierte Verbundfuge mit Kleber und Schrauben. Die Annahme der 6 zusätzlichen Schrauben je Meter erhöhter Spannweite ist durch den Trend der Holz-Beton-Verbunddeckenbemessung zu erklären, wo die Schraubenanzahl bei jedem Meter zusätzlicher Spannweite um 4 - 6 Stück je Schraubenreihe steigt (siehe Tab. 4.19 bzw. Tab. 4.20, sowie Schraubenbemessung im Anhang). Die Verbundschrauben werden, wie auch bei den Holz-Beton-Verbunddecken, je lfm Breite des Elements 3-reihig angeordnet. Dadurch ergibt sich ein Achsabstand quer zur Spannrichtung von 33 cm.

Für die statische Bemessung der HLB-Verbunddecken ist die zusätzliche Auflast der Zwischenschicht aus Holzleichtbeton zu berücksichtigen. Diese wird mit 15 cm und einem Raumgewicht von 540 kg/m³ (vgl. *Velox Holzspan-Dämmplatte WS 75*) angesetzt.

¹⁰⁶ siehe [21] Seite 96 ff.

Dadurch ergibt sich eine zusätzliche Flächenlast von $0,80 \text{ kN/m}^2$ auf das Deckensystem. An dieser Stelle ist wieder zu erwähnen, dass die statische Bemessung im Anhang ausschließlich als Vorbemessung angesehen werden kann - eine detaillierte Bemessung mit projektspezifischen Parametern ist in jedem Fall immer vorzunehmen.

Im Folgenden werden die Holzleichtbeton-Verbunddecken erstmals mit Herstellerangaben kalkuliert, wo auch als Zwischenschicht derzeit am Markt verfügbare Holzleichtbetonplatten verwendet werden. Danach werden die HLB-Verbunddecken mit reduzierten Materialkosten (wie bei allen anderen Deckensystemen) und einer selbst hergestellten Holzleichtbeton-Zwischenschicht kalkuliert (für die Bemessung der Decken wird die Auflast der *Velox Holzspan-Dämmplatte* herangezogen). Dazu werden übliche Zement- und Hackschnitzelpreise verwendet. Auf Lohn- und Gerätekosten (Presse) für die Herstellung wird an dieser Stelle verzichtet. Es wird angenommen, dass die selbst hergestellten Holzleichtbetonplatten durch geringen Aufwand und z.B.: durch eine Auflast mittels Betonblöcken gepresst werden. Die Zusammensetzung des selbst hergestellten Holzbetons wird in Anlehnung an Tab. 2.1 gewählt, wobei die erste Spalte dieser Tabelle herangezogen wird. Die Kosten des erforderlichen Wassergehalts für die Herstellung wird aufgrund der Geringfügigkeit in der Kalkulation nicht berücksichtigt.

Materialkosten

- **Schalung bzw. Stützung**

- Deckenstützen (auf Deckenfläche umgelegt - $0,5 \text{ Stk./m}^2$) [€/m^2]: $0,80 \text{ €/m}^2$
(Quelle: Expertenmeinung vom 03.05.2016)
- Randschalung (auf Deckenfläche umgelegt) [€/m^2]: $1,74 \text{ €/m}^2$
(Quelle: Expertenmeinung vom 17.03.2016)
- Transportkosten Deckenstützen [€/m^2]: $0,11 \text{ €/m}^2$
(Annahme der halben Transportkosten gegenüber Elementdecken, da nur mehr Deckenstützen transportiert werden müssen)

- **Brettsperrholzelement**

- Brettsperrholzelement, Materialgüte C24 - Herstellerangabe [€/m^2]: die in den Kalkulationstabellen angeführten Preise wurden von einem führenden Hersteller für Brettsperrholzelemente zur Verfügung gestellt. Aus Datenschutzgründen werden die Preise der unterschiedlichen Brettsperrholzelemente an dieser Stelle jedoch nicht explizit angeführt, sondern sind lediglich in der Kalkulation ersichtlich. Laut Expertenmeinung ist für große Bestellmengen mit einem Rabatt von 10 % auf die Listenpreise zu kalkulieren.
(Quelle: Herstellerangabe vom 29.04.2016 bzw. Expertenmeinung vom 03.05.2016)
- Deckenabbund [€/m^2]: $5,00 \text{ €/m}^2$
(Quelle: Herstellerangabe vom 29.04.2016)

- Hebeschlaufen [€/Stk.]: 2,50 €/Stk.
(Quelle: Herstellerangabe vom 29.04.2016)
- Teilgewindeschrauben [€/Stk.]: 0,50 €/Stk.
(Quelle: Expertenmeinung vom 03.05.2016)
- Stoßbrett (3-Schichtplatte 10 cm breit) + Nägel [€/m²]: 2,50 €/m²
(Quelle: Expertenmeinung vom 03.05.2016)
- **Untersicht**
 - 2x Gipskartonfeuerschutzplatte 15 mm (Mengenrabatt ab 11 Stück) [€/m²]: 7,40 €/m² exkl. MwSt. (8,88 €/m² inkl. MwSt.)
(Quelle: Online Recherche - siehe [70])
- **Zwischenschicht Holzleichtbeton (Velox Holzspan-Dämmplatte)**
 - Velox Holzspan-Dämmplatte WS 75 (2 Stk. je 75 mm) [€/m²]: 30,09 €/m²
(Quelle: Velox Preisliste 2016 - siehe [72])
 - Zementgebundener 2K-Kleber [€/kg]: 1,50 €/kg
(Quelle: Expertenmeinung vom 30.05.2016)
 - Klebemenge je m² für Velox Platten: 8,45 kg/m² (=150 kg / (7,40 x 2,40 m))
(Quelle: Diplomarbeit HOFER, T. - siehe [21] Seite 97)
- **Zwischenschicht Holzleichtbeton (selbst hergestellte HLB-Platte 15 cm)**
 - Zementpreis [€/kg]: 0,12 €/kg
(Quelle: Online Recherche - siehe [70])
 - Zementanteil je m³ HLB [kg/m³]: 300 kg/m³
(siehe Tab. 2.1)
 - Hackschnitzelpreis je Schüttraummeter [€/m³]: 20,0 €/m³
(Quelle: Online Recherche diverser Foren, Verkaufsplattformen, etc. - Durchschnittspreis)
 - Hackschnitzelanteil je m³ HLB [kg/m³]: 280 kg/m³
(siehe Tab. 2.1)
 - Raumgewicht Hackschnitzel [kg/m³]: 600 kg/m³
(Annahme)
 - Zementgebundener 2K-Kleber [€/kg]: 1,50 €/kg
(Quelle: Expertenmeinung vom 30.05.2016)
 - Klebemenge je m² für selbst hergestellte HLB-Platte: 4,23 kg/m²
(Quelle: Annahme der halben Klebemenge, da nur mehr eine Klebefuge zw. HLB und BSP vorhanden ist; in Anlehnung an Diplomarbeit HOFER, T. - siehe [21] Seite 97)
- **Verbundschrauben**
 - Verbundschrauben WR-T 9 x 400 (3-reihig je lfm Elementbreite) [€/Stk.]: 5,13 €/Stk.
(Quelle: Preisliste SFS intec 2016 - siehe [29])

- Verbundschrauben WR-T 9 x 400 inkl. Mengenrabatte (3-reihig je lfm Elementbreite) [€/Stk.]: 3,0 €/Stk.
(Quelle: Expertenmeinung vom 30.05.2016)
- **Bewehrung Aufbeton**
 - Baustahlgittermatten BSt 550 Herstellerangabe [€/to]: 1.325 €/to
(Durchschnittspreis - Quelle: Weyland Produktkatalog Bewehrung/Zubehör 2015/16 - siehe [63])
 - Baustahlgittermatten BSt 550 Expertenmeinung [€/to]: 720 €/to
(Durchschnittspreis von Expertenmeinungen - Quelle: Expertenmeinung vom 17.03.2016, sowie 07.04.2016)
- **Beton**
 - Betonpreis SCC C25/30 XC1, GK 16 - Herstellerangabe [€/m³]: 129,00 €/m³
(Quelle: Rohdorfer Preisliste 2016 - siehe [64])
 - Betonpreis SCC C25/30 XC1, GK 16 - Expertenmeinung [€/m³]: 96,75 €/m³
(Quelle: selbsterrechneter Preis mit Rabatten lt. Expertenmeinung vom 12.05.2016)
 - Preis Betonpumpe Herstellerangabe [€/m³]: 11,00 €/m³
(der Pauschalpreis der ersten 20m³ wird hier nicht einkalkuliert, sondern nur der Zuschlag jedes zusätzlich gepumpten m³ Beton - Quelle: Rohdorfer Preisliste 2016 - siehe [64])
 - Preis Betonpumpe Expertenmeinung [€/m³]: 7,57 €/m³
(der Pauschalpreis der ersten 20m³ wird hier nicht einkalkuliert, sondern nur der Zuschlag jedes zusätzlich gepumpten m³ Beton - Quelle: Expertenmeinung vom 17.03.2016)

Lohnkosten

- Mittellohnkosten: 38,00 €/h
(Quelle: Durchschnittswert aus Expertenmeinungen vom 03.05.2016 und 06.05.2016)

Aufwandswerte

- **Schalung bzw. Stützung**
 - AW Deckenstützen stellen [h/Stk.]: 0,05 h/Stk.
(Quelle: Expertenmeinung vom 03.05.2016)
 - Deckenstützen pro m² [Stk./m²]: 0,50 h/Stk.
(Annahme)
 - AW Randabschalung herstellen (Ein- und Ausschalen) [h/m²]: 1,20 h/m²
(Quelle: Fachliteratur - siehe [62] Seite 76)
 - Randschalungsfläche pro m² Deckenfläche [m²/m²]: 0,03 m²/m²
(Quelle: Fachliteratur - siehe [62] Seite 76)
- **Brettsperrholzelement und Untersicht**
 - AW Brettsperrholzelement versetzen und verschrauben (Randschrauben und Deckenstoß) - unabhängig der Elementgröße [h/Element]: 0,25 h/Element
(Quelle: Expertenmeinung vom 03.05.2016)

- **AW GKF-Platten montieren [h/m²]: 0,30 h/m²**
(Quelle: Expertenmeinung vom 03.05.2016 - Annahme, dass 2-lagige GKF Platten kaum mehr Montageaufwand als 1-lagige, da sie in einem Arbeitsschritt montiert werden)
- **AW HLB-Platte(n) verkleben [h/m²]: 0,05 h/m² (je Klebefuge)**
(Annahme)
- **AW Verbundschrauben setzen [h/Stk.]: 0,05 h/Stk.**
(Quelle: Expertenmeinung vom 12.05.2016)
- **Bewehren und Betonieren**
 - **AW Baustahlgittermatten verlegen [h/to]: 5,00 h/to**
(Durchschnittswert - Quelle: Fachliteratur - siehe [65] Seite 222)
 - **AW Betonieren [h/m³]: 0,40 h/m³**
(Quelle: Expertenmeinung vom 21.03.2016)
 - **AW Beton abziehen [h/m²]: 0,05 h/m²**
(Quelle: Expertenmeinung vom 21.03.2016)
 - **AW Beton nachbehandeln [h/m²]: 0,05 h/m²**
(Quelle: Expertenmeinung vom 21.03.2016)

4.7.4 Kostenanalyse

Die Berechnungsformeln für die einzelnen Positionen sind in den K7-Blättern ersichtlich. Sämtliche in der Kalkulation verwendeten Eingangsdaten sind aus dem Kapitel 4.7.3 zu entnehmen. Es werden nachfolgend zwei K7-Kalkulationen dargestellt - einmal mit Herstellerangaben kalkuliert und einmal mit Empfehlungen bzw. Daten von Experten ausführender Unternehmen, sowie einer selbst hergestellten HLB-Zwischenschicht (abgebildet jeweils am Beispiel Spannweite 6m). Die Kosten der restlichen Spannweiten sind in den danach folgenden Übersichtstabellen ersichtlich.

HOLZLEICHTBETON-VERBUNDECKE - Spannweite 6m (d = 32cm)					
Pos.-Nr., Menge, Einheit, Positionsstichwort, Kostenentwicklung je Einheit		EH	Lohn [€/m²]	Sonstiges [€/m²]	Gesamt [€/m²]
Schalung bzw. Stützung					
Mittellohnkosten MLK	38,00	€/h			
Deckenstützen stellen					
Aufwandswert AW	0,05	h/m ²			
Stützen pro m ²	0,50	Stk./m ²			
Lohn: (= AW * MLK * Stk./m ²)			0,95		0,95
Sonstige Kosten:				0,80	0,80
Randabschalung herstellen					
Schalungsfläche pro m ² Deckenfläche	0,03	m ² /m ²			
Aufwandswert AW	1,20	h/m ²			
Lohn: (= AW * MLK * Schalungsfläche)			1,37		1,37
Sonstige Kosten:				1,74	1,74

HOLZLEICHTBETON-VERBUNDECKE - Spannweite 6m (d = 32cm)					
Transportkosten Schalung bzw. Deckenstützen (transportiert durch Bauunternehmen)					
Sonstige Kosten:				0,11	0,11
Einheitskosten Schalung und Stützung			2,32	2,65	4,97
Brettsperrholzelement					
Mittelohnkosten MLK	38,00	€/h			
Brettsperrholzelement					
Elementfläche (3m * Spannweite)	18,00	m ²			
CLT 120 L5s	61,50	€/m ²			
Deckenabbund	5,00	€/m ²			
Hebeschlaufen (4 Stk./Element)	2,50	€/Stk.			
Sonstige Kosten: (= Elementpreis + Deckenabbund + 4 Stk./Element * €/Stk. * 1/Elementfläche)				67,06	67,06
Brettsperrholzelement versetzen und verschrauben (Randverschraubung und Elementstoß)					
Elementfläche (3m * Spannweite)	18,00	m ²			
Aufwandswert AW (versetzen + verschrauben)	0,25	h/Elem.			
Randschrauben Teilgewindeschrauben (12 Stk./Auflagerseite)	0,50	€/Stk.			
Stoßbrett (10cm 3-Schichtplatte) + Nägel (auf Deckenfläche umgelegt)	2,50	€/m ²			
Lohn: (= AW/Elementfläche * MLK)			0,53		0,53
Sonstige Kosten: (= 12 Stk./Auflagerseite * 2 Seiten * €/Stk * 1/Elementfläche + Stoßbrett + Nägel)				3,17	3,17
Einheitskosten Brettsperrholzelement			0,53	70,22	70,75
Untersicht					
Mittelohnkosten MLK	38,00	€/h			
Aufwandswert AW GKF montieren	0,30	h/m ²			
2x Gipskartonfeuerschutzplatte 15mm (GKF)	7,40	€/m ²			
Lohn: (= Aufwandswert * Mittelohnkosten)			11,40		11,40
Sonstige Kosten: (= Lattung + GKF)				7,40	7,40
Einheitskosten Untersicht			11,40	7,40	18,80
Zwischenschicht Holzleichtbeton					
Mittelohnkosten MLK	38,00	€/h			
Velox Holzspan-Dämmplatte WS 75 (2 Stk.)	30,09	€/m ²			
Sonstige Kosten: (= 2 Stk. * €/m ²)				60,18	60,18
Kleber SikaTop® Seal-107	1,50	€/kg			
Klebmenge je m ² (alle Klebefugen)	8,45	kg/m ²			
Aufwandswert AW Kleber aufbringen (je Klebefuge)	0,05	h/m ²			
Lohn: (= 2 Klebefugen * AW * MLK)			3,80		3,80
Sonstige Kosten: (= €/kg * kg/m ²)				12,68	12,68
Einheitskosten Zwischenschicht Holzleichtbeton			3,80	72,86	76,66
Verbundschrauben					
Elementfläche (3m * Spannweite)	18,00	m ²			
Mittelohnkosten MLK	38,00	€/h			
Aufwandswert AW Schrauben setzen	0,05	h/Stk.			

HOLZLEICHTBETON-VERBUNDECKE - Spannweite 6m (d = 32cm)				
Schraubenanzahl pro lfm. Elementbreite (3x6 Stk.)	18,00	Stk./lfm		
Verbundschrauben WR-T 9x400	5,13	€/Stk.		
Lohn: (= AW * MLK * Stk./lfm * 1/Elementfl.)			1,90	1,90
Sonstige Kosten: (= Stk./lfm * €/Stk. * 1/Elementfl.)			5,13	5,13
Einheitskosten Verbundschrauben			1,90	5,13
Bewehrung Aufbeton				
Mittellohnenkosten MLK	38,00	€/h		
AQ 55	3,73	kg/m ²		
Aufwandswert AW	5,00	h/to		
Lohn: (= AW * MLK * kg/m ² * 1/1000)			0,71	0,71
Sonstige Kosten: (= kg/m ² * Mattenpreis * 1/1000)			4,94	4,94
Einheitskosten Bewehrung Aufbeton			0,71	4,94
Selbstverdichtender Aufbeton				
Mittellohnenkosten MLK	38,00	€/h		
Aufbetonherstellung SCC C25/30 XC1, GK 16				
Betondicke d	0,05	m		
Materialkosten	129,00	€/m ³		
Aufwandswert AW	0,40	h/m ³		
Lohn: (= AW * MLK * Dicke)			0,76	0,76
Sonstige Kosten: (= €/m ³ * Dicke)			6,45	6,45
Betonpumpe				
Sonstige Kosten: (= €/m ³ * Dicke)			0,55	0,55
Beton abziehen				
Aufwandswert AW	0,05	h/m ²		
Lohn: (= AW * MLK)			1,90	1,90
Beton nachbehandeln				
Aufwandswert AW	0,05	h/m ²		
Lohn: (= AW * MLK)			1,90	1,90
Einheitskosten Beton			4,56	7,00
GESAMTKOSTEN			25,21	170,20
				195,41

Tab. 4.22: K7-Kalkulation Holzleichtbeton-Verbunddecke mit Materialkosten aus Herstellerangaben (Spannweite 6m) [52]

HOLZLEICHTBETON-VERBUNDECKE - Spannweite 6m (d = 32cm)					
Pos.-Nr., Menge, Einheit, Positionsstichwort, Kostenentwicklung je Einheit		EH	Lohn [€/m ²]	Sonstiges [€/m ²]	Gesamt [€/m ²]
Schalung bzw. Stützung					
Mittellohnenkosten MLK	38,00	€/h			
Deckenstützen stellen					
Aufwandswert AW	0,05	h/m ²			
Stützen pro m ²	0,50	Stk./m ²			
Lohn: (= AW * MLK * Stk./m ²)			0,95		0,95
Sonstige Kosten:				0,80	0,80
Randabschalung herstellen					

HOLZLEICHTBETON-VERBUNDDECKE - Spannweite 6m (d = 32cm)					
Schalungsfläche pro m ² Deckenfläche	0,03	m ² /m ²			
Aufandswert AW	1,20	h/m ²			
Lohn: (= AW * MLK * Schalungsfläche)			1,37		1,37
Sonstige Kosten:				1,74	1,74
Transportkosten Schalung bzw. Deckenstützen (transportiert durch Bauunternehmen)					
Sonstige Kosten:				0,11	0,11
Einheitskosten Schalung und Stützung			2,32	2,65	4,97
Brettsperrholzelement					
Mittellohnkosten MLK	38,00	€/h			
Brettsperrholzelement					
Elementfläche (3m * Spannweite)	18,00	m ²			
CLT 120 L5s	55,35	€/m ²			
Deckenabbund	5,00	€/m ²			
Hebeschlaufen (4 Stk./Element)	2,50	€/Stk.			
Sonstige Kosten: (= Elementpreis + Deckenabbund + 4 Stk./Element * €/Stk. * 1/Elementfläche)				60,91	60,91
Brettsperrholzelement versetzen und verschrauben (Randverschraubung und Elementstoß)					
Elementfläche (3m * Spannweite)	18,00	m ²			
Aufandswert AW (versetzen + verschrauben)	0,25	h/Elem.			
Randschrauben Teilgewindeschrauben (12 Stk./Auflagerseite)	0,50	€/Stk.			
Stoßbrett (10cm 3-Schichtplatte) + Nägel (auf Deckenfläche umgelegt)	2,50	€/m ²			
Lohn: (= AW/Elementfläche * MLK)			0,53		0,53
Sonstige Kosten: (= 12 Stk./Auflagerseite * 2 Seiten * €/Stk * 1/Elementfläche + Stoßbrett + Nägel)				3,17	3,17
Einheitskosten Brettsperrholzelement			0,53	64,07	64,60
Untersicht					
Mittellohnkosten MLK	38,00	€/h			
Aufandswert AW GKF montieren	0,30	h/m ²			
2x Gipskartonfeuerschutzplatte 15mm (GKF)	7,40	€/m ²			
Lohn: (= Aufandswert * Mittellohnkosten)			11,40		11,40
Sonstige Kosten: (= Lattung + GKF)				7,40	7,40
Einheitskosten Untersicht			11,40	7,40	18,80
Zwischenschicht Holzleichtbeton					
Mittellohnkosten MLK	38,00	€/h			
Holzleichtbetonplatte selbst hergestellt					
Plattendicke d	0,15	m			
Zementanteil je m ³ HLB	300,00	kg/m ³			
Zementpreis	0,12	€/kg			
Hackschnitzelanteil je m ³ HLB	280,00	kg/m ³			
Hackschnitzelpreis je Schüttraummeter	20,00	€/m ³			
Raumgewicht Hackschnitzel	600,00	kg/m ³			
Hackschnitzelpreis je kg (= €/m ³ * 1/Raumgewicht)	0,03	€/kg			

HOLZLEICHTBETON-VERBUNDECKE - Spannweite 6m (d = 32cm)					
Sonstige Kosten: = (kg/m ³ Zement * Zementpreis + kg/m ³ Hackschnitzel * Hackschnitzelpreis) * Dicke				6,80	6,80
Kleber SikaTop® Seal-107	1,50	€/kg			
Klebemenge je m ² (alle Klebefugen)	4,23	kg/m ²			
Aufwandswert AW Kleber aufbringen (je Klebefuge)	0,05	h/m ²			
Lohn: (= AW * MLK)			1,90		1,90
Sonstige Kosten: (= €/kg * kg/m ²)				6,35	6,35
Einheitskosten Zwischenschicht Holzleichtbeton			1,90	13,15	15,05
Verbundschrauben					
Elementfläche (3m * Spannweite)	18,00	m ²			
Mittellohncosten MLK	38,00	€/h			
Aufwandswert AW Schrauben setzen	0,05	h/Stk.			
Schraubenanzahl pro lfm. Elementbreite (3x6 Stk.)	18,00	Stk./lfm			
Verbundschrauben WR-T 9x400	3,00	€/Stk.			
Lohn: (= AW * MLK * Stk./lfm * 1/Elementfl.)			1,90		1,90
Sonstige Kosten: (= Stk./lfm * €/Stk. * 1/Elementfl.)				3,00	3,00
Einheitskosten Verbundschrauben			1,90	3,00	4,90
Bewehrung Aufbeton					
Mittellohncosten MLK	38,00	€/h			
AQ 55	3,73	kg/m ²			
Aufwandswert AW	5,00	h/to			
Lohn: (= AW * MLK * kg/m ² * 1/1000)			0,71		0,71
Sonstige Kosten: (= kg/m ² * Mattenpreis * 1/1000)				2,69	2,69
Einheitskosten Bewehrung Aufbeton			0,71	2,69	3,39
Selbstverdichtender Aufbeton					
Mittellohncosten MLK	38,00	€/h			
Aufbetonherstellung SCC C25/30 XC1, GK 16					
Betondicke d	0,05	m			
Materialkosten	96,75	€/m ³			
Aufwandswert AW	0,40	h/m ³			
Lohn: (= AW * MLK * Dicke)			0,76		0,76
Sonstige Kosten: (= €/m ³ * Dicke)				4,84	4,84
Betonpumpe					
Sonstige Kosten: (= €/m ³ * Dicke)				0,38	0,38
Beton abziehen					
Aufwandswert AW	0,05	h/m ²			
Lohn: (= AW * MLK)			1,90		1,90
Beton nachbehandeln					
Aufwandswert AW	0,05	h/m ²			
Lohn: (= AW * MLK)			1,90		1,90
Einheitskosten Beton			4,56	5,22	9,78
GESAMTKOSTEN			23,31	98,17	121,48

Tab. 4.23: K7-Kalkulation Holzleichtbeton-Verbunddecke mit Materialkosten von ausführenden Unternehmen, sowie einer selbst hergestellten HLB-Zwischenschicht (Spannweite 6m) [52]

		Spannweite [m]					
		5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m
Bauteildicke [cm]		d = 30 cm	d = 32 cm	d = 34 cm	d = 36 cm	d = 41 cm	d = 45 cm
Stützung	Lohn [€/m²]	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32
	Sonstiges [€/m²]	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65
	Gesamt [€/m²]	4,97	4,97	4,97	4,97	4,97	4,97
	Brettsperreholzelement	CLT 100 L5s	CLT 120 L5s	CLT 120 L5s	CLT 140 L5s	CLT 180 L5s	CLT 220 L7s-2
Brettsperreholzelement	Elementpreis [€/m ²]	55,00	61,50	61,50	65,00	80,00	100,00
	Deckenabbund [€/m ²]	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	Hebeschlaufen (4 Stk./Elem.) [€/ Stk.]	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
	Elementbreite [m]	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	Elementfläche [m ²]	15,00	18,00	21,00	24,00	27,00	30,00
	AW (versetzen + verschrauben) [h/Elem.]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
	Anzahl Randschrauben pro Element [Stk./Elem.]	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00
	Preis Randschrauben [€/Stk.]	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	Stoßbrett (3-Schichtplatte 10cm) + Nägel [€/m ²]	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
	Lohn [€/m²]	0,63	0,53	0,45	0,40	0,35	0,32
	Sonstiges [€/m²]	63,97	70,22	70,05	73,42	88,31	108,23
	Gesamt [€/m²]	64,60	70,75	70,50	73,81	88,67	108,55
	Untersicht	Lohn [€/m²]	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
Sonstiges [€/m²]		7,40	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40
Gesamt [€/m²]		18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80
Holzleichtbeton	Lohn [€/m²]	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80
	Sonstiges [€/m²]	72,86	72,86	72,86	72,86	72,86	72,86
	Gesamt [€/m²]	76,66	76,66	76,66	76,66	76,66	76,66
Verbundschrauben	Aufwandswert AW Schrauben setzen [h/Stk.]	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	Schrauben je Reihe [Stk.]	6	6	6	12	18	24
	Schraubenanzahl pro lfm. Elementbreite (3-reihig) [Stk.]	18	18	18	36	54	72
	Preis Verbundschrauben WR-T 9x400 [€/Stk.]	5,13	5,13	5,13	5,13	5,13	5,13
	Lohn [€/m²]	2,28	1,90	1,63	2,85	3,80	4,56
	Sonstiges [€/m²]	6,16	5,13	4,40	7,70	10,26	12,31
	Gesamt [€/m²]	8,44	7,03	6,03	10,55	14,06	16,87

		Spannweite [m]					
		5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m
Bewehrung	Lohn [€/m ²]	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
	Sonstiges [€/m ²]	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94
	Gesamt [€/m²]	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65
Beton	Aufbetonstärke [cm]	5	5	7	7	8	8
	Materialkosten Aufbeton SCC C25/30 XC1, Gk 16 [€/m ²]	6,45	6,45	9,03	9,03	10,32	10,32
	Kosten Betonpumpe [€/m ²]	0,55	0,55	0,77	0,77	0,88	0,88
	Lohnkosten Betonieren [€/m ²]	0,76	0,76	1,06	1,06	1,22	1,22
	Lohnkosten Abziehen [€/m ²]	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90
	Lohnkosten Nachbehandeln [€/m ²]	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90
	Lohn [€/m²]	4,56	4,56	4,86	4,86	5,02	5,02
	Sonstiges [€/m²]	7,00	7,00	9,80	9,80	11,20	11,20
	Gesamt [€/m²]	11,56	11,56	14,66	14,66	16,22	16,22
GESAMTKOSTEN [€/m²]		190,67	195,41	197,26	205,10	225,02	247,71

Tab. 4.24: Gesamtkosten Holzleichtbeton-Verbunddecke mit Materialkosten aus Herstellerangaben [52]

		Spannweite [m]					
		5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m
Bauteildicke [cm]		d = 30 cm	d = 32 cm	d = 34 cm	d = 36 cm	d = 41 cm	d = 45 cm
Stützung	Lohn [€/m ²]	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32
	Sonstiges [€/m ²]	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65
	Gesamt [€/m²]	4,97	4,97	4,97	4,97	4,97	4,97
Brettsperrelement	Brettsperrelement	CLT 100 L5s	CLT 120 L5s	CLT 120 L5s	CLT 140 L5s	CLT 180 L5s	CLT 220 L7s-2
	Elementpreis [€/m ²]	49,50	55,35	55,35	58,50	72,00	90,00
	Deckenabbund [€/m ²]	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	Hebeschlaufen (4 Stk./Elem.) [€/ Stk.]	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
	Elementbreite [m]	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	Elementfläche [m ²]	15,00	18,00	21,00	24,00	27,00	30,00
	AW (versetzen + verschrauben) [h/Elem.]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
	Anzahl Randschrauben pro Element [Stk./Elem.]	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00
	Preis Randschrauben [€/Stk.]	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

		Spannweite [m]					
		5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m
BSP Element	Stoßbrett (3-Schichtplatte 10cm) + Nägel [€/m ²]	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
	Lohn [€/m ²]	0,63	0,53	0,45	0,40	0,35	0,32
	Sonstiges [€/m ²]	58,47	64,07	63,90	66,92	80,31	98,23
	Gesamt [€/m ²]	59,10	64,60	64,35	67,31	80,67	98,55
Untersicht	Lohn [€/m ²]	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
	Sonstiges [€/m ²]	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40
	Gesamt [€/m ²]	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80
Holzleichtbeton	Lohn [€/m ²]	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90
	Sonstiges [€/m ²]	13,15	13,15	13,15	13,15	13,15	13,15
	Gesamt [€/m ²]	15,05	15,05	15,05	15,05	15,05	15,05
Verbundschrauben	Aufwandswert AW Schrauben setzen [h/Stk.]	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	Schrauben je Reihe [Stk.]	6	6	6	12	18	24
	Schraubenanzahl pro lfm. Elementbreite (3-reihig) [Stk.]	18	18	18	36	54	72
	Preis Verbundschrauben WR-T 9x400 [€/Stk.]	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	Lohn [€/m ²]	2,28	1,90	1,63	2,85	3,80	4,56
	Sonstiges [€/m ²]	3,60	3,00	2,57	4,50	6,00	7,20
	Gesamt [€/m ²]	5,88	4,90	4,20	7,35	9,80	11,76
Bewehrung	Lohn [€/m ²]	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
	Sonstiges [€/m ²]	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69
	Gesamt [€/m ²]	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39
Beton	Aufbetonstärke [cm]	5	5	7	7	8	8
	Materialkosten Aufbeton SCC C25/30 XC1, Gk 16 [€/m ²]	4,84	4,84	6,77	6,77	7,74	7,74
	Kosten Betonpumpe [€/m ²]	0,38	0,38	0,53	0,53	0,61	0,61
	Lohnkosten Betonieren [€/m ²]	0,76	0,76	1,06	1,06	1,22	1,22
	Lohnkosten Abziehen [€/m ²]	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90
	Lohnkosten Nachbehandeln [€/m ²]	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90
	Lohn [€/m ²]	4,56	4,56	4,86	4,86	5,02	5,02
	Sonstiges [€/m ²]	5,22	5,22	7,30	7,30	8,35	8,35
	Gesamt [€/m ²]	9,78	9,78	12,17	12,17	13,36	13,36
GESAMTKOSTEN [€/m²]		116,96	121,48	122,92	129,04	146,04	165,88

Tab. 4.25: Gesamtkosten Holzleichtbeton-Verbunddecke mit Materialkosten von ausführenden Unternehmen, sowie einer selbst hergestellten HLB-Zwischenschicht [52]

4.8 Spezialfall - kreuzweise gespannte Ortbetondecke

Es wurden zwar im Kapitel 3.6 die Randbedingung festgelegt einachsig gespannte Systeme zu untersuchen, da Stahlbetondecken allerdings das Potential haben, zweiachsig zu spannen und dadurch wirtschaftlichere Ergebnisse erzielt werden können, wird im Folgenden eine kreuzweise gespannte Ortbetondecke als Spezialfall untersucht.

Kreuzweise gespannte Elementdecken werden hier nicht untersucht, da dieser Spezialfall lediglich das Ziel hat, aufzuzeigen welches Einsparungspotential Stahlbetondecken bei einer zweiachsigen Lastabtragung haben. Da sich die Auswirkungen einer kreuzweise gespannten Platte im Materialverbrauch niederschlagen, bestehen zwischen Ortbeton- und Elementdecken keine großen Unterschiede hinsichtlich der Kosteneinsparung.

Die Eingangsdaten zur Kostenanalyse sind dem Kapitel 4.3.3 zu entnehmen und werden an dieser Stelle nicht explizit angeführt. Auf die bauphysikalischen und ökologischen Kennwerte wird ebenfalls verzichtet, da dieser Spezialfall mit den anderen Deckensystemen nicht ganzheitlich verglichen wird, sondern lediglich das Kosteneinsparungspotential kreuzweise gespannter Stahlbetondecken gegenüber einachsig gespannter Platten darstellen soll.

ORTBETONDECKE kreuzweise gespannt - Spannweite 6m (d = 20cm)					
Pos.-Nr., Menge, Einheit, Positionsstichwort, Kostenentwicklung je Einheit		EH	Lohn [€/m²]	Sonstiges [€/m²]	Gesamt [€/m²]
Schalung					
Mittellohnkosten MLK	36,50	€/h			
Schalung Untersicht herstellen (Ein- und Ausschalen)					
Aufwandswert AW	0,40	h/m ²			
Lohn: (= Aufwandswert * Mittellohnkosten)			14,60		14,60
Sonstige Kosten:				5,16	5,16
Randabschalung herstellen					
Schalungsfläche pro m ² Deckenfläche	0,03	m ² /m ²			
Aufwandswert AW	1,20	h/m ²			
Lohn: (= AW * MLK * Schalungsfläche)			1,31		1,31
Sonstige Kosten:				1,74	1,74
Kleinteile					
Sonstige Kosten:				0,20	0,20
Schalöl, Schalung reinigen und ölen					
Aufwandswert AW	0,05	h/m ²			
Lohn: (= Aufwandswert * Mittellohnkosten)			1,83		1,83
Sonstige Kosten:				0,15	0,15
Transportkosten Schalung (transportiert durch Bauunternehmen)					
Sonstige Kosten:				0,44	0,44
Einheitskosten Schalung			17,74	7,69	25,43

ORTBETONDECKE kreuzweise gespannt - Spannweite 6m (d = 20cm)				
Bewehrung				
Mittellohncosten MLK	36,50	€/h		
Bewehrung obere Lage				
AQ 55	3,73	kg/m ²		
Aufwandswert AW Mattenverlegung	5,00	h/to		
Lohn: (= AW * MLK * kg/m ² * 1/1000)			0,68	0,68
Sonstige Kosten: (= kg/m ² * Mattenpreis * 1/1000)			4,94	4,94
Längsbewehrung untere Lage				
φ 10/25	2,47	kg/m ²		
Aufwandswert AW Längsbewehrung	21,00	h/to		
Lohn: (= AW * MLK * kg/m ² * 1/1000)			1,89	1,89
Sonstige Kosten: (= kg/m ² * Stabstahlpreis * 1/1000)			2,54	2,54
Querbewehrung untere Lage				
φ 10/25	2,47	kg/m ²		
Aufwandswert AW Querbewehrung	21,00	h/to		
Lohn: (= AW * MLK * kg/m ² * 1/1000)			1,89	1,89
Sonstige Kosten: (= kg/m ² * Stabstahlpreis * 1/1000)			2,54	2,54
Distanzstreifen AVI DS				
Deckendicke d=20cm --> AVI DS 110	2,79	€/Stk.		
	1,00	Stk./m ²		
Aufwandswert AW Distanzstreifen	0,03	h/Stk.		
Lohn: (= AW * MLK * 1 Stk./m ²)			0,91	0,91
Sonstige Kosten: (= €/Stk. * 1 Stk./m ²)			2,79	2,79
Zwischensumme Bewehrung			5,38	12,82
15 % Randnadel und Rostbewehrung			0,81	1,92
Einheitskosten Bewehrung			6,19	14,74
Beton				
Mittellohncosten MLK	36,50	€/h		
Betonherstellung C25/30 XC1				
Betondicke d	0,20	m		
Materialkosten	89,00	€/m ³		
Aufwandswert AW	0,40	h/m ³		
Lohn: (= AW * MLK * Dicke)			2,92	2,92
Sonstige Kosten: (= €/m ³ * Dicke)			17,80	17,80
Betonpumpe				
Sonstige Kosten: (= €/m ³ * Dicke)			2,20	2,20
Beton abziehen				
Aufwandswert AW	0,05	h/m ²		
Lohn: (= AW * MLK)			1,83	1,83
Beton nachbehandeln				
Aufwandswert AW	0,05	h/m ²		

ORTBETONDECKE kreuzweise gespannt - Spannweite 6m (d = 20cm)				
Lohn: (= AW * MLK)			1,83	1,83
Einheitskosten Beton			6,57	20,00
GESAMTKOSTEN			30,50	42,43
				72,93

Tab. 4.26: K7-Kalkulation Ortbetondecke kreuzweise gespannt mit Materialkosten aus Herstellerangaben (Spannweite 6m) [52]

ORTBETONDECKE kreuzweise gespannt - Spannweite 6m (d = 20cm)					
Pos.-Nr., Menge, Einheit, Positionsstichwort, Kostenentwicklung je Einheit		EH	Lohn [€/m ²]	Sonstiges [€/m ²]	Gesamt [€/m ²]
Schalung					
Mittelohnkosten MLK	36,50	€/h			
Schalung Untersicht herstellen (Ein- und Ausschalen)					
Aufwandswert AW	0,40	h/m ²			
Lohn: (= Aufwandswert * Mittelohnkosten)			14,60		14,60
Sonstige Kosten:				5,16	5,16
Randabschalung herstellen					
Schalungsfläche pro m ² Deckenfläche	0,03	m ² /m ²			
Aufwandswert AW	1,20	h/m ²			
Lohn: (= AW * MLK * Schalungsfläche)			1,31		1,31
Sonstige Kosten:				1,74	1,74
Kleinteile					
Sonstige Kosten:				0,20	0,20
Schalöl, Schalung reinigen und ölen					
Aufwandswert AW	0,05	h/m ²			
Lohn: (= Aufwandswert * Mittelohnkosten)			1,83		1,83
Sonstige Kosten:				0,15	0,15
Transportkosten Schalung (transportiert durch Bauunternehmen)					
Sonstige Kosten:				0,44	0,44
Einheitskosten Schalung			17,74	7,69	25,43
Bewehrung					
Mittelohnkosten MLK	36,50	€/h			
Bewehrung obere Lage					
AQ 55	3,73	kg/m ²			
Aufwandswert AW Mattenverlegung	5,00	h/to			
Lohn: (= AW * MLK * kg/m ² * 1/1000)			0,68		0,68
Sonstige Kosten: (= kg/m ² * Mattenpreis * 1/1000)				2,69	2,69
Längsbewehrung untere Lage					
φ 10/25	2,47	kg/m ²			
Aufwandswert AW Längsbewehrung	21,00	h/to			
Lohn: (= AW * MLK * kg/m ² * 1/1000)			1,89		1,89
Sonstige Kosten: (= kg/m ² * Stabstahlpreis * 1/1000)				1,48	1,48
Querbewehrung untere Lage					
φ 10/25	2,47	kg/m ²			
Aufwandswert AW Querbewehrung	21,00	h/to			
Lohn: (= AW * MLK * kg/m ² * 1/1000)			1,89		1,89

ORTBETONDECKE kreuzweise gespannt - Spannweite 6m (d = 20cm)					
Sonstige Kosten: (= kg/m ² * Stabstahlpreis * 1/1000)				1,48	1,48
Distanzstreifen AVI DS					
Deckendicke d=20cm --> AVI DS 110	2,79	€/Stk.			
	1,00	Stk./m ²			
Aufandswert AW Distanzstreifen	0,03	h/Stk.			
Lohn: (= AW * MLK * 1 Stk./m ²)			0,91		0,91
Sonstige Kosten: (= €/Stk. * 1 Stk./m ²)			2,79		2,79
Zwischensumme Bewehrung			5,38	8,44	13,82
15 % Randnadel und Rostbewehrung			0,81	1,27	2,07
Einheitskosten Bewehrung			6,19	9,71	15,89
Beton					
Mittellohnenkosten MLK	36,50	€/h			
Betonherstellung C25/30 XC1					
Betondicke d	0,20	m			
Materialkosten	56,70	€/m ³			
Aufandswert AW	0,40	h/m ³			
Lohn: (= AW * MLK * Dicke)			2,92		2,92
Sonstige Kosten: (= €/m ³ * Dicke)			11,34		11,34
Betonpumpe					
Sonstige Kosten: (= €/m ³ * Dicke)			1,51		1,51
Beton abziehen					
Aufandswert AW	0,05	h/m ²			
Lohn: (= AW * MLK)			1,83		1,83
Beton nachbehandeln					
Aufandswert AW	0,05	h/m ²			
Lohn: (= AW * MLK)			1,83		1,83
Einheitskosten Beton			6,57	12,85	19,42
GESAMTKOSTEN			30,50	30,25	60,75

Tab. 4.27: K7-Kalkulation Ortbetondecke kreuzweise gespannt mit Materialkosten von ausführenden Unternehmen (Spannweite 6m) [52]

		Spannweite [m]					
		5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m
Bauteildicke [cm]		d = 18cm	d = 20cm	d = 22cm	d = 22cm	d = 25cm	d = 28cm
Schalung	Lohn [€/m ²]	17,74	17,74	17,74	17,74	17,74	17,74
	Sonstiges [€/m ²]	7,69	7,69	7,69	7,69	7,69	7,69
	Gesamt [€/m ²]	25,43	25,43	25,43	25,43	25,43	25,43
Bewehrung	Bewehrung oberer Lage [φ/cm]	AQ 50	AQ 55	AQ 55	AQ 55	AQ 60	AQ 65
	Bewehrungsmasse oben [kg/m ²]	3,08	3,73	3,73	3,73	4,44	5,20
	AW Mattenverlegung [h/to]	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00

		Spannweite [m]					
		5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m
Bewehrung	Längsbewehrung untere Lage [φ/cm]	φ 10/25	φ 10/25	φ 12/25	φ 10/12,5	φ 12/15	φ 12/12,5
	Bewehrungsmasse unten längs [kg/m ²]	2,47	2,47	3,55	4,93	5,92	7,10
	AW Längsbewehrung unten [h/to]	21,00	21,00	18,50	21,00	18,50	18,50
	Querbewehrung untere Lage [φ/cm]	φ 10/25	φ 10/25	φ 12/25	φ 10/12,5	φ 12/15	φ 12/12,5
	Bewehrungsmasse unten quer [kg/m ²]	2,47	2,47	3,55	4,93	5,92	7,10
	AW Querbewehrung unten [h/to]	21,00	21,00	18,50	21,00	18,50	18,50
	Distanzstreifen Typ	AVI DS 90	AVI DS 110	AVI DS 130	AVI DS 130	AVI DS 160	AVI DS 190
	AW Distanzstreifen [h/Stk.]	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	Distanzstreifen [€/Stk.]	2,71	2,79	2,93	2,93	3,29	3,69
	Zwischensumme Lohn [€/m²]	5,26	5,38	6,39	9,15	9,72	11,45
	Zwischensumme Sonstiges [€/m²]	11,88	12,82	15,19	18,03	21,37	25,21
	15 % Randnadel und Rostbew. Lohn [€/m ²]	0,79	0,81	0,96	1,37	1,46	1,72
	15 % Randnadel und Rostbew. Sonstiges [€/m ²]	1,78	1,92	2,28	2,70	3,21	3,78
	Lohn [€/m²]	6,05	6,19	7,35	10,52	11,18	13,17
	Sonstiges [€/m²]	13,66	14,74	17,46	20,73	24,57	28,99
Gesamt [€/m²]	19,71	20,93	24,81	31,26	35,75	42,15	
Beton	Deckendicke [cm]	18	20	22	22	25	28
	Materialkosten Beton C25/30 XC1 [€/m ²]	16,02	17,80	19,58	19,58	22,25	24,92
	Kosten Betonpumpe [€/m ²]	1,98	2,20	2,42	2,42	2,75	3,08
	Lohnkosten Betonieren [€/m ²]	2,63	2,92	3,21	3,21	3,65	4,09
	Lohnkosten Abziehen [€/m ²]	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
	Lohnkosten Nachbehandeln [€/m ²]	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
	Lohn [€/m²]	6,28	6,57	6,86	6,86	7,30	7,74
	Sonstiges [€/m²]	18,00	20,00	22,00	22,00	25,00	28,00
	Gesamt [€/m²]	24,28	26,57	28,86	28,86	32,30	35,74
GESAMTKOSTEN [€/m²]	69,42	72,93	79,10	85,55	93,48	103,32	

Tab. 4.28: Gesamtkosten Ortbetondecke kreuzweise gespannt mit Materialkosten aus Herstellerangaben [52]

		Spannweite [m]					
		5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m
Schalung	Bauteildicke [cm]	d = 18cm	d = 20cm	d = 22cm	d = 22cm	d = 25cm	d = 28cm
	Lohn [€/m²]	17,74	17,74	17,74	17,74	17,74	17,74
	Sonstiges [€/m²]	7,69	7,69	7,69	7,69	7,69	7,69
	Gesamt [€/m²]	25,43	25,43	25,43	25,43	25,43	25,43
Bewehrung	Bewehrung oberer Lage [φ/cm]	AQ 50	AQ 55	AQ 55	AQ 55	AQ 60	AQ 65
	Bewehrungsmasse oben [kg/m ²]	3,08	3,73	3,73	3,73	4,44	5,20
	AW Mattenverlegung [h/to]	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	Längsbewehrung untere Lage [φ/cm]	φ 10/25	φ 10/25	φ 12/25	φ 10/12,5	φ 12/15	φ 12/12,5
	Bewehrungsmasse unten längs [kg/m ²]	2,47	2,47	3,55	4,93	5,92	7,10
	AW Längsbewehrung unten [h/to]	21,00	21,00	18,50	21,00	18,50	18,50
	Querbewehrung untere Lage [φ/cm]	φ 10/25	φ 10/25	φ 12/25	φ 10/12,5	φ 12/15	φ 12/12,5
	Bewehrungsmasse unten quer [kg/m ²]	2,47	2,47	3,55	4,93	5,92	7,10
	AW Querbewehrung unten [h/to]	21,00	21,00	18,50	21,00	18,50	18,50
	Distanzstreifen Typ	AVI DS 90	AVI DS 110	AVI DS 130	AVI DS 130	AVI DS 160	AVI DS 190
	AW Distanzstreifen [h/Stk.]	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	Distanzstreifen [€/Stk.]	2,71	2,79	2,93	2,93	3,29	3,69
	Zwischensumme Lohn [€/m²]	5,26	5,38	6,39	9,15	9,72	11,45
	Zwischensumme Sonstiges [€/m²]	7,89	8,44	9,88	11,53	13,59	15,95
	15 % Randnadel und Rostbew. Lohn [€/m ²]	0,79	0,81	0,96	1,37	1,46	1,72
	15 % Randnadel und Rostbew. Sonstiges [€/m ²]	1,18	1,27	1,48	1,73	2,04	2,39
	Lohn [€/m²]	6,05	6,19	7,35	10,52	11,18	13,17
	Sonstiges [€/m²]	9,08	9,71	11,36	13,26	15,63	18,35
	Gesamt [€/m²]	15,13	15,89	18,70	23,78	26,80	31,51
Beton	Deckendicke [cm]	18	20	22	22	25	28
	Materialkosten Beton C25/30 XC1 [€/m ²]	10,21	11,34	12,47	12,47	14,18	15,88
	Kosten Betonpumpe [€/m ²]	1,36	1,51	1,67	1,67	1,89	2,12
	Lohnkosten Betonieren [€/m ²]	2,63	2,92	3,21	3,21	3,65	4,09
	Lohnkosten Abziehen [€/m ²]	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
	Lohnkosten Nachbehandeln [€/m ²]	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
	Lohn [€/m²]	6,28	6,57	6,86	6,86	7,30	7,74

		Spannweite [m]					
		5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m
Beton	Sonstiges [€/m ²]	11,57	12,85	14,14	14,14	16,07	18,00
	Gesamt [€/m ²]	17,85	19,42	21,00	21,00	23,37	25,73
GESAMTKOSTEN [€/m ²]		58,40	60,75	65,13	70,22	75,60	82,68

Tab. 4.29: Gesamtkosten Ortbetondecke kreuzweise gespannt mit Materialkosten von ausführenden Unternehmen [52]

5 Gegenüberstellung und Auswertung

Im Folgenden werden die in Kapitel 4 ermittelten Kosten, sowie die bauphysikalischen und ökologischen Kennwerte der verschiedenen Deckenkonstruktionen gegenübergestellt und ausgewertet.

Wie eingangs erwähnt verfolgt die vorliegende Arbeit u.a. das Ziel, Auftraggebern bzw. Bauherrn ein Hilfswerk für deren Entscheidungsfindung bezüglich der zu wählenden Deckensysteme anzubieten. Dazu werden die Ergebnisse der wirtschaftlichen Analyse grafisch und kompakt dargestellt, sodass dem Leser das Conclusio dieser Arbeit möglichst einfach dargelegt wird.

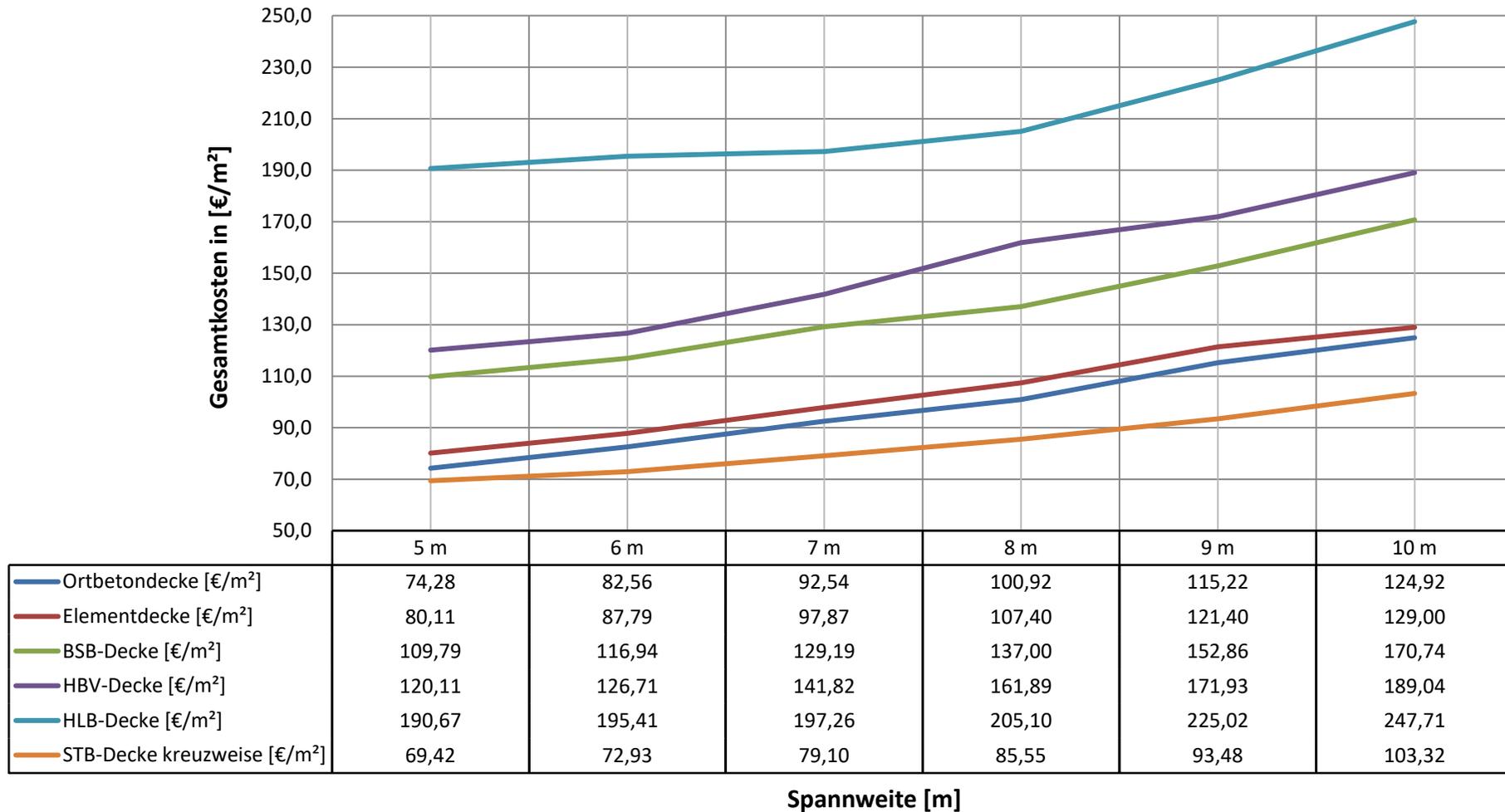
Es wird im Folgenden keine Aussage getroffen welche Deckenkonstruktionen "besser" oder "schlechter" sind, da jedes der untersuchten Systeme unterschiedliche Vor- und Nachteile aufweist und eine Bewertung bzw. Gewichtung der einzelnen Aspekte größtenteils subjektiv wäre.

Es war zwar auch das Ziel, die derzeit vorherrschende Monopolstellung der Stahlbetondecken im Hochbau zu hinterfragen, jedoch auch hier unter der Prämisse einer objektiven Betrachtungsweise. Aufgrund der Kalkulation - einerseits mit Herstellerangaben und andererseits mit derzeit am Markt gehandelten Preisen (Mengenrabatte) - sind die gegenwärtig herrschenden Unterschiede zwischen Stahlbetondecken und Massivholzdecken deutlich erkennbar. Hier ist eine objektive Aussage zu künftig erforderlichen Mengenrabatten möglich, falls Massivholzdecken in Zukunft mit Stahlbetondecken wirtschaftlich konkurrieren wollen.

Nachfolgend werden einige Grafiken abgebildet, die eine Interpretation der Ergebnisse ermöglichen und vor allem auch vereinfachen sollen. Es werden zuerst die Gesamtkosten sämtlicher Deckensysteme in Abhängigkeit der Spannweiten und dem damit einhergehenden Materialverbrauch, sowohl mit Herstellerangaben (siehe Grafik 5.1) als auch mit Angaben ausführender Firmen, (siehe Grafik 5.2) abgebildet. Um einen direkten Bezug zu den erforderlichen Bauteildicken zu schaffen, sind diese danach in Grafik 5.3 in Abhängigkeit der Spannweiten dargestellt.

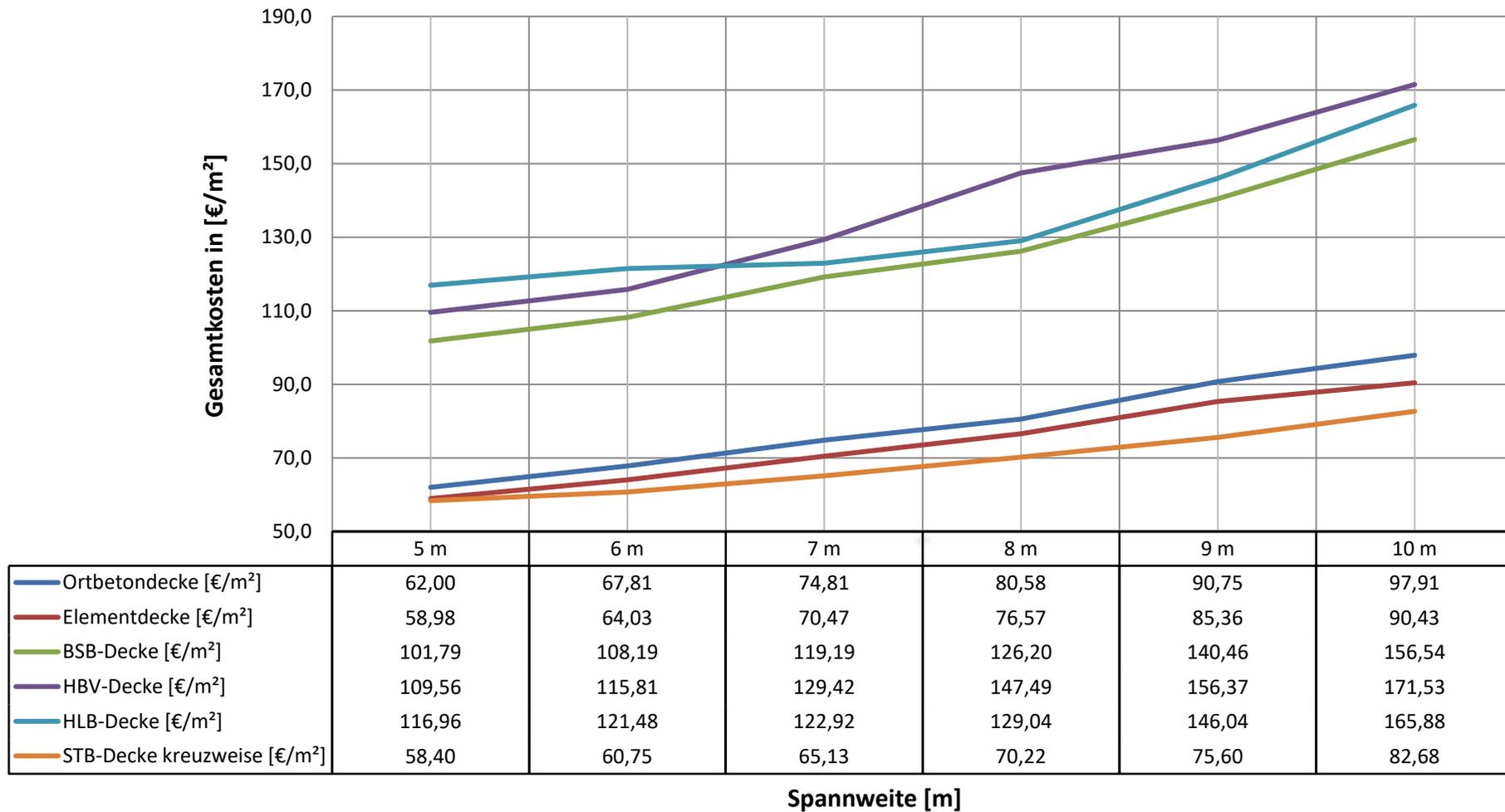
In Tab. 5.1, sowie Grafik 5.4 sind die Gesamtaufwandswerte für die Deckenherstellung aufgelistet bzw. abgebildet. Errechnet wird der Gesamtaufwandswert durch die gesamten Lohnkosten $[\text{€}/\text{m}^2]$ / Mittellohnkosten $[\text{€}/\text{h}] = \text{Gesamtaufwandswert} [\text{h}/\text{m}^2]$, wobei bauartspezifische Trocknungs- oder Wartezeiten nicht inkludiert sind. Hier ist die reine Brettsperrholzdecke hervorzuheben, welche als einzige als trockene Bauweise ausgeführt wird und somit keinerlei Trocknungszeiten aufweist.

Gesamtkosten - Herstellerangaben



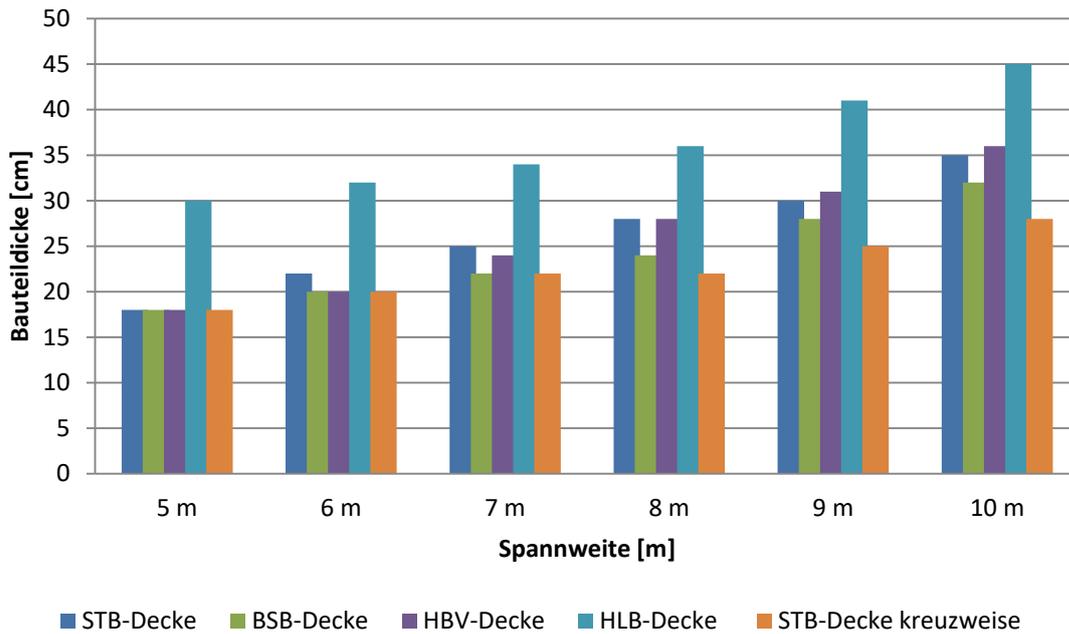
Grafik 5.1: Gegenüberstellung der Gesamtkosten mit Herstellerangaben [52]

Gesamtkosten - Angaben ausführender Firmen



Grafik 5.2: Gegenüberstellung der Gesamtkosten mit Angaben ausführender Firmen [52]

Bauteildicken



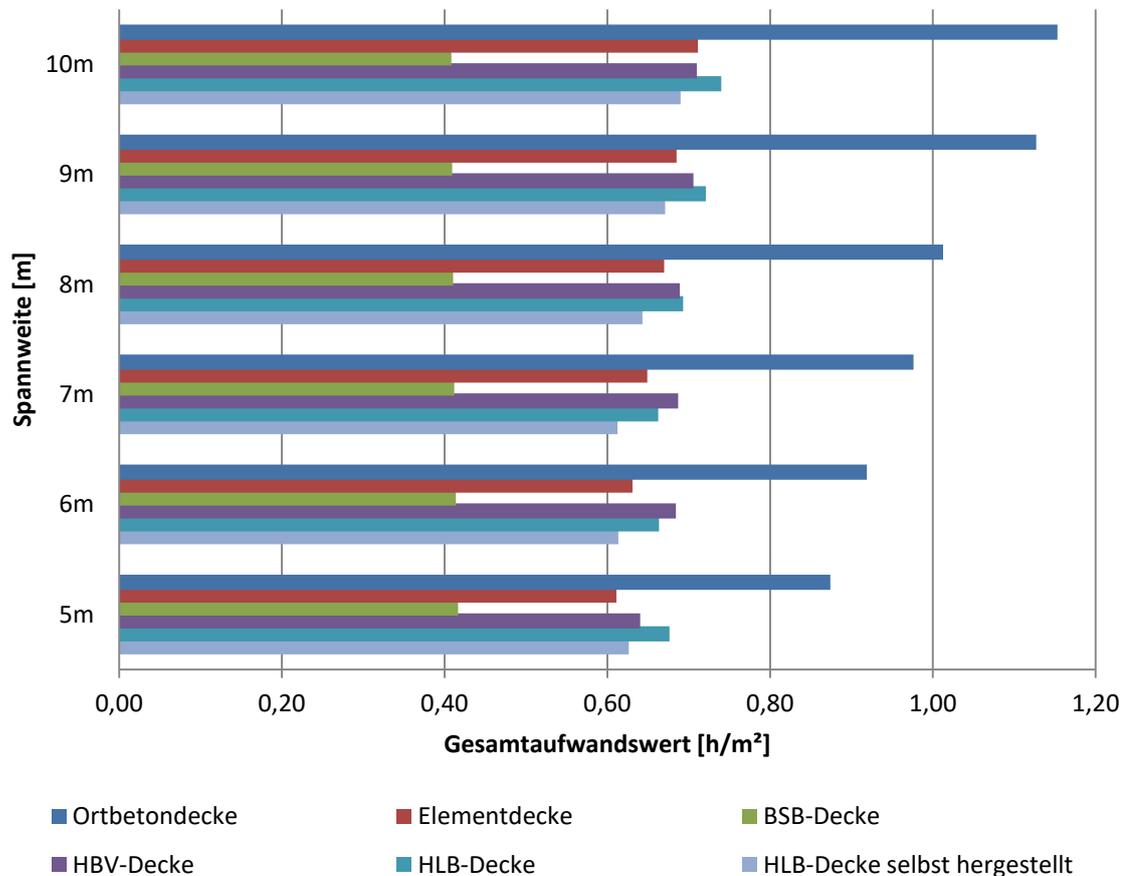
Grafik 5.3: Gegenüberstellung Bauteildicken in Abhängigkeit der Spannweite [52]

Die kreuzweise gespannte Stahlbetondecke wird im Folgenden nicht näher untersucht, da sie eigentlich nicht vollkommen den Randbedingungen (einachsig gespannte Deckensysteme) entspricht und lediglich das Ziel verfolgte, das Einsparungspotential von Stahlbetondecken bei einem zweiachsigen Lastabtrag zu verdeutlichen.

Gesamtaufwandswerte [h/m^2]							
		Ortbetondecke	Elementdecke	BSB-Decke	HBV-Decke	HLB-Decke	HLB-Decke selbst hergestellt
Spannweite	5m	0,87	0,61	0,41	0,64	0,68	0,63
	6m	0,92	0,63	0,41	0,68	0,66	0,61
	7m	0,98	0,65	0,41	0,69	0,66	0,61
	8m	1,01	0,67	0,41	0,69	0,69	0,64
	9m	1,13	0,69	0,41	0,71	0,72	0,67
	10m	1,15	0,71	0,41	0,71	0,74	0,69

Tab. 5.1: Übersicht Gesamtaufwandswerte der Deckensysteme [52]

Gesamtaufwandswerte



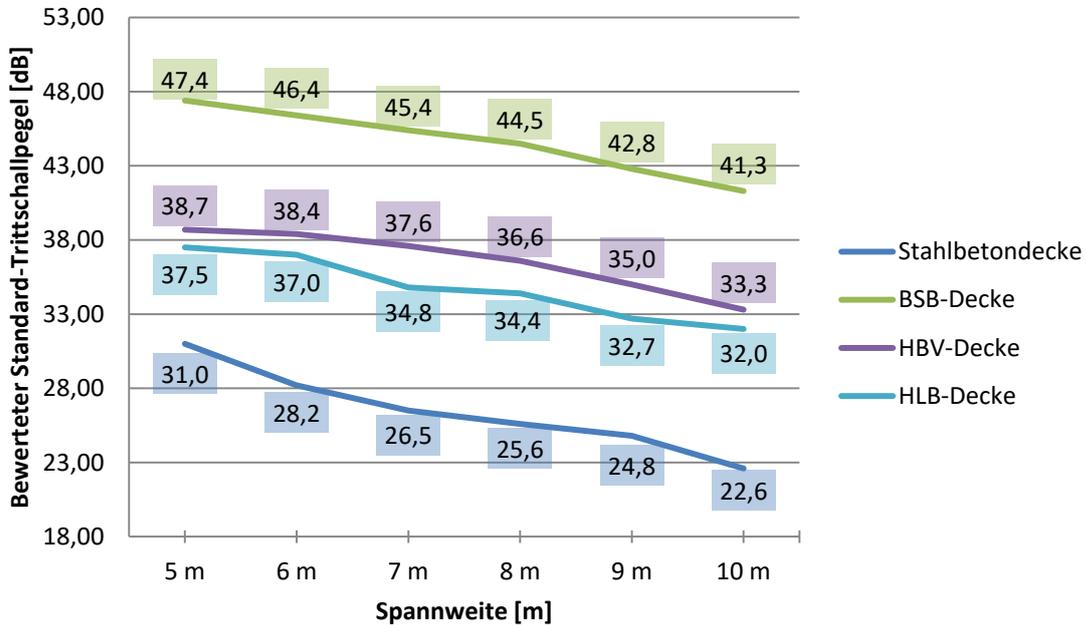
Grafik 5.4: Gegenüberstellung Gesamtaufwandswerte der Deckensysteme [52]

Um nun die Gesamtkosten, die notwendige Arbeitszeit auf der Baustelle (eigentlich der Gesamtaufwandswert - die Arbeitszeit ist von der Mannschaftsstärke abhängig), sowie die erforderlichen Bauteildicken ganzheitlich mit deren bauphysikalischen und ökologischen Aspekten zu vergleichen und zu bewerten, werden nachfolgend die Trittschalldämmung und die OI3-Punkte der Deckenkonstruktionen abgebildet.

Wie bereits in Kapitel 3 erwähnt sind niedrige OI3-Punkte ökologisch günstiger und hohe OI3-Punkte ökologisch aufwendiger. Auch beim Trittschallschutz sind niedrige Ergebnisse vorteilhaft gegenüber höheren Werten. Abgebildet werden diese anhand des bewerteten Standard-Trittschallpegels. An dieser Stelle ist erneut festzuhalten, dass die errechneten Trittschalldämmmaße der Decken keinesfalls als Absolutwerte angesehen werden dürfen, sondern lediglich die Relation der Decken zueinander widerspiegeln sollen. Eine allgemeine Aussage über die Trittschalldämmung ist nicht möglich, da im Zuge dieser Diplomarbeit Annahmen bezüglich der Raumkubatur des Empfangsraumes und der mittleren flächenbezogene Masse flankierender Bauteile getroffen wurden. Der bewertete Standard-Trittschallpegel $L'_{nT,w}$ ist grundsätzlich rechnerisch nicht genau nachweisbar, sondern wäre nur durch eine entsprechende Prüfung der Deckenkonstruktion feststellbar.

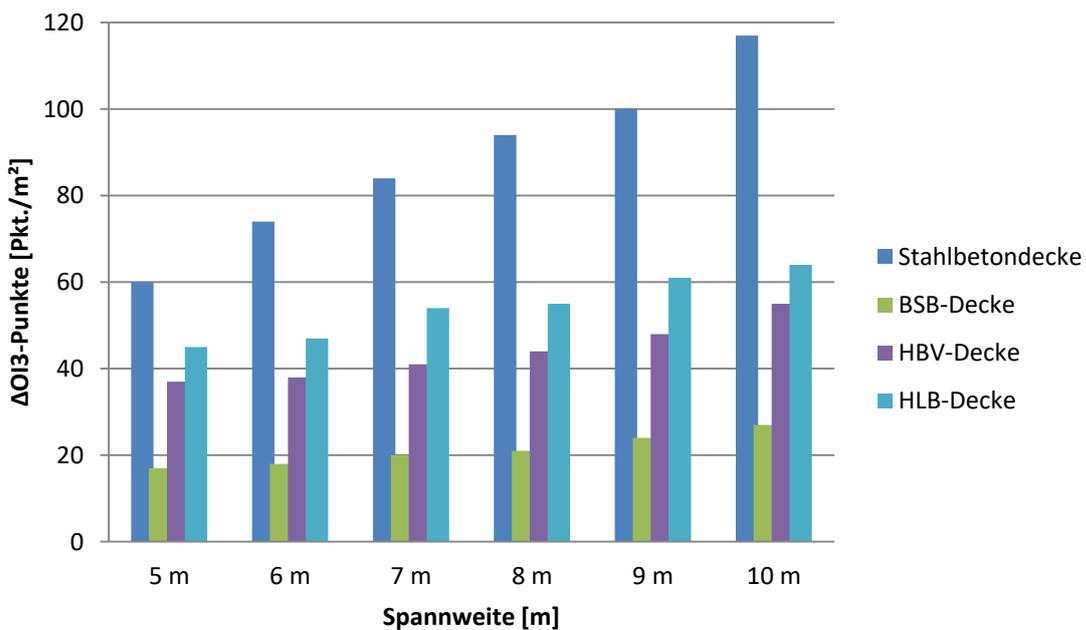
Für den hier angestrebten Vergleich der Deckensysteme werden die errechneten Werte mittels *ArchiPHYSIK 13* als ausreichend angesehen.

Trittschalldämmung (inkl. Fußbodenaufbau)



Grafik 5.5: Gegenüberstellung Trittschalldämmung [52]

Ökologische Kennzahlen (Δ OI3-Punkte)



Grafik 5.6: Gegenüberstellung ökologische Kennzahlen (Δ OI3-Punkte) [52]

Die Ergebnisse der Kostenanalyse zeigen, dass die Holzleichtbeton-Verbundbauweise mit den am Markt verfügbaren HLB-Platten mit keinem der untersuchten Deckensysteme wirtschaftlich konkurrieren kann. Grund hierfür sind die enormen Kosten der Holzleichtbetonzwischenschicht von 76,66 €/m², welche damit bereits teurer ist als eine 5 m gespannte Ortbetondecke (nach Herstellerangaben kalkuliert).

Die Kosten können hingegen mit einer selbst hergestellten HLB-Zwischenschicht soweit reduziert werden, dass sie - ab einer gewissen Spannweite (6,50 m) - eine günstigere Variante zur herkömmlichen massiven Holz-Beton-Verbunddecke darstellen kann. Dazu müssten allerdings die Materialkosten der Zwischenschicht um 53,40 €/m² gegenüber handelsüblichen Produkten (im gegenständlichen Fall Velox Holzspan-Dämmplatte WS 75) reduziert werden. Außerdem müsste die Zwischenschicht in einem Arbeitsschritt (keine Klebefuge zwischen den Dämmplatten) hergestellt werden, sodass die Lohn- und Materialkosten der Klebefuge halbiert werden (statt 16,48 €/m² nun 8,24 €/m²) und lediglich eine Klebefuge vorhanden ist. Unter diesen Voraussetzungen würden sich die Gesamtkosten (inkl. Verarbeiten auf der Baustelle) auf etwa 15 €/m² belaufen und die Holzleichtbeton-Verbunddecke würde ab 6,50 m die günstigere Alternative zur massiven Holz-Beton-Verbunddecke darstellen.

Die reine Brettsperrholzdecke ist zwar im direkten Kostenvergleich zur HBV-Decke und HLB-Decke immer noch die günstigste Deckenart, jedoch mit dem Nachteil eines nicht vorhandenen Optimierungspotentials bezüglich dem Arbeitsaufwand auf der Baustelle. Speziell die Lohnkosten (siehe Kalkulationen Kapitel 4) und die Gesamtaufwandswerte (siehe Tab. 5.1 und Grafik 5.4) der drei Deckensysteme verdeutlichen die unterschiedlichen Möglichkeiten Bauabläufe zu verbessern. Während bei der reinen Brettsperrholzdecke kaum die Möglichkeit besteht den Arbeitsaufwand auf der Baustelle zu reduzieren, besitzen die HBV-Decke und HLB-Decke ausreichend Optimierungspotential.

Grafik 5.1 und Grafik 5.2 lassen die Interpretation zu, dass die Diskrepanz zwischen Stahlbetondecken und Massivholzdecken (bzw. auch HBV-Decken) größtenteils auf die derzeit herrschenden Mengenrabatte der verwendeten Materialien zurückzuführen ist. Stahlbetondecken sind zwar auch mit reinen Herstellerangaben immer noch günstiger als die Brettsperrholzdecke oder Verbunddecken mit BSP-Elementen, den großen wirtschaftlichen Vorteil verschaffen sie sich jedoch erst durch die deutlichen Einsparungen an Materialkosten von teilweise 35 - 45 %.

Würden auch Brettsperrholzelemente derartige Rabatte aufweisen, könnten die Gesamtkosten der Brettsperrholzdecke, sowie von den Verbunddecken mit BSP-Elementen deutlich reduziert werden. Demnach würden sich die Gesamtkosten einer

6 m gespannten Brettsperrholzdecke von 116,94 €/m² (Herstellerangaben) bei einem 40 %igen Rabatt auf das BSP-Element (jedoch nicht auf die Untersicht) auf 64,44 €/m² reduzieren.

In Grafik 5.1 und Grafik 5.2 ist außerdem zu erkennen, dass im direkten Vergleich der beiden Stahlbetondecken die Elementdecke nach Herstellerangaben geringfügig teurer als die Ortbetonvariante ist, kalkuliert nach Angaben ausführender Firmen jedoch günstiger ist. Durch diese Ergebnisgegenüberstellung lässt sich feststellen, dass die Lohnkosten bei der Elementdecke einen bedeutend geringeren Anteil an den Gesamtkosten (zu erwartendes Ergebnis) besitzen und der Hauptkostenanteil aus den Materialkosten entstammt.

Auffällig bei den Gesamtaufwandswerten ist, dass ein Unterschied zwischen der HLB-Verbunddecke mit den am Markt verfügbaren HLB-Platten und jener mit einer selbst hergestellten Zwischenschicht besteht - Grund hierfür ist die unterschiedliche Anzahl an Klebefugen. Die Herstellzeit der selbst hergestellten HLB-Schicht ist in diesen Werten nicht berücksichtigt, da davon ausgegangen wird, dass diese ebenfalls als Fertigteil auf die Baustelle geliefert wird und lediglich mit dem BSP-Element verklebt werden muss. Die reine Brettsperrholzdecke ist bezüglich des Gesamtaufwandswerts natürlich unangefochten, da sie die einzige Fertigteildecke ist. Die restlichen Halbfertigteildecken, wie die Elementdecke, HBV-Decke und auch HLB-Verbunddecke weisen nahezu gleiche Werte auf, da sie auch ähnliche Bauabläufe besitzen. Wie erwartet stellt sich die Ortbetondecke als aufwändigste Bauweise dar, da sämtliche Arbeitsschritte der Deckenherstellung auf der Baustelle erfolgen.

Betreffend Trittschallschutz herrschen zwischen den untersuchten Deckenkonstruktionen (inkl. des in Kapitel 3.5 definierten Fußbodenaufbaus) deutliche Unterschiede. Die Stahlbetondecken - unabhängig von der Ausführung - weisen die besten Schallschutzqualitäten auf, gefolgt von der HLB-Verbunddecke und dem HBV-System, wobei die beiden Letztgenannten beinahe gleiche Schallschutzwerte erzielen. Deutlich schlechtere Schallschutzqualitäten zeigt die reine Brettsperrholzdecke, die mit dem gewählten Fußbodenaufbau gerade noch die vorgeschriebenen Mindestanforderungen an den Trittschallschutz einhalten kann. Alle anderen Deckensysteme können mit beinahe jeder Bauteildicke gemäß Tab. 3.5 in die Klasse A "hoher Komfort" eingestuft werden (Ausnahme lediglich die HBV-Decke bei Spannweiten 5 & 6 m). Zurückzuführen sind diese Differenzen auf die unterschiedlich eingesetzten Materialien der verschiedenen Deckenkonstruktionen.

Die Auswertung der ökologischen Kennwerte (Δ IO13-Punkte) zeigt ebenso deutliche Unterschiede zwischen den Deckenkonstruktionen. Verantwortlich dafür sind neben den

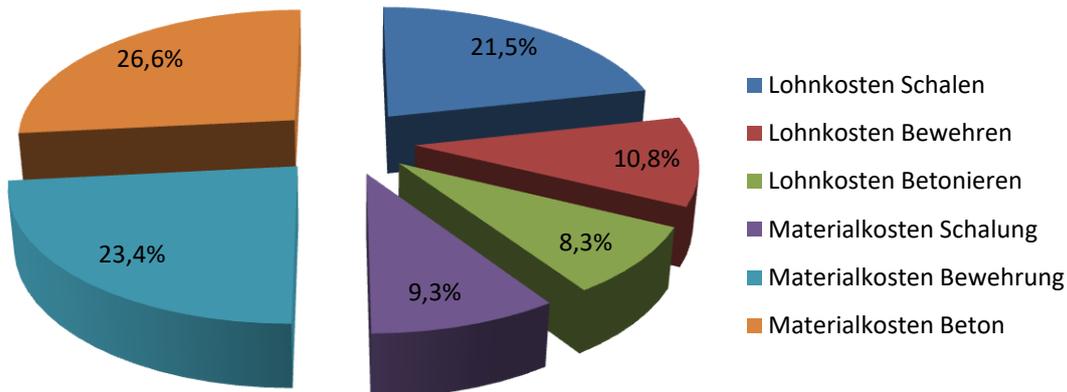
Bauteildicken, wie auch beim Schallschutz, die unterschiedlich eingesetzten Materialien. Die Stahlbetondecke erweist sich gemäß Grafik 5.6 als ökologisch aufwändigste Konstruktion, wohingegen die reine Brettsperrholzdecke die ökologisch günstigsten Ergebnisse erzielt. Die HBV-Decke und die HLB-Verbunddecke weisen erneut ähnliche Werte auf und liegen mit deren $\Delta OI3$ -Punkte in etwa zwischen den beiden genannten Extrema.

Wie bereits erwähnt wird auf eine Aussage darüber, welches Deckensystem in dieser Vergleichsbetrachtung am "besten" oder "schlechtesten" abgeschnitten hat oder auf eine Gewichtung der verschiedenen Vergleichsparameter, verzichtet, da sich der Leser mit den ermittelten Ergebnissen selbst eine Meinung bilden soll. Eine zusammenfassende Betrachtung der Ergebnisse und ein Ausblick welche Untersuchungen noch ausständig wären, um die Ergebnisse einerseits zu verifizieren und andererseits zu konkretisieren, wird im abschließenden Kapitel 6 vorgenommen.

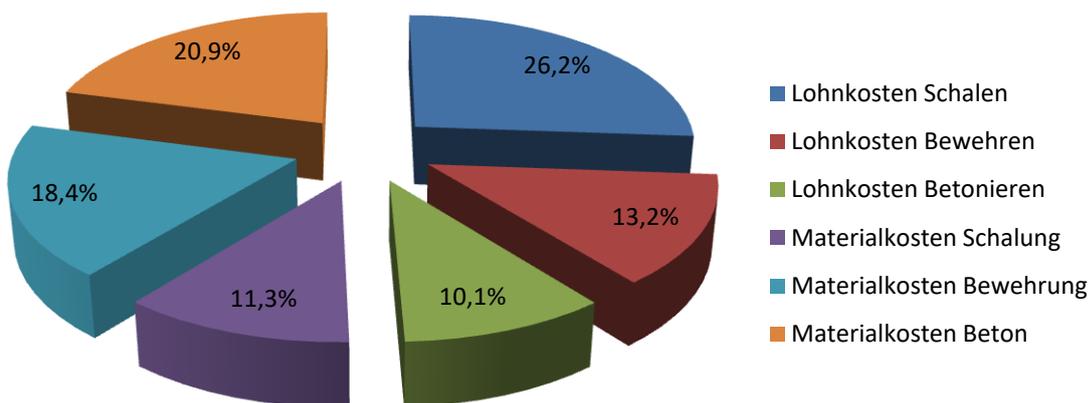
In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die Gesamtkosten für jede Konstruktion in die einzelnen Kostenanteile aufgeteilt und deren prozentueller Anteil dargelegt. Ziel ist es, für jeden Deckentyp die "teuren" Komponenten herauszufiltern und somit ein eventuell mögliches Einsparungspotential an den Gesamtkosten zu eruieren.

Um den Einfluss der Mengenrabatte zu berücksichtigen, werden die Kostenanteile erneut mit Herstellerangaben und Angaben ausführender Firmen dargestellt. Die reduzierten Materialkosten und der damit verbundene geringere Anteil an den Gesamtkosten hat zur Folge, dass die Lohnkostenanteile demnach bei der Kalkulation mit Angaben ausführender Firmen höher sind als jene bei der Kalkulation mit Herstellerangaben. Dies betrifft ebenso die "Gerätekosten" des Schalungsmaterials, da die Angaben von ausführenden Unternehmen zur Verfügung gestellt wurden und auch für die Kalkulation mit Herstellerangaben herangezogen wurden. Die kreuzweise gespannte Stahlbetondecke wird erneut nicht näher behandelt.

5.1 Kostenanteile Ortbetondecke



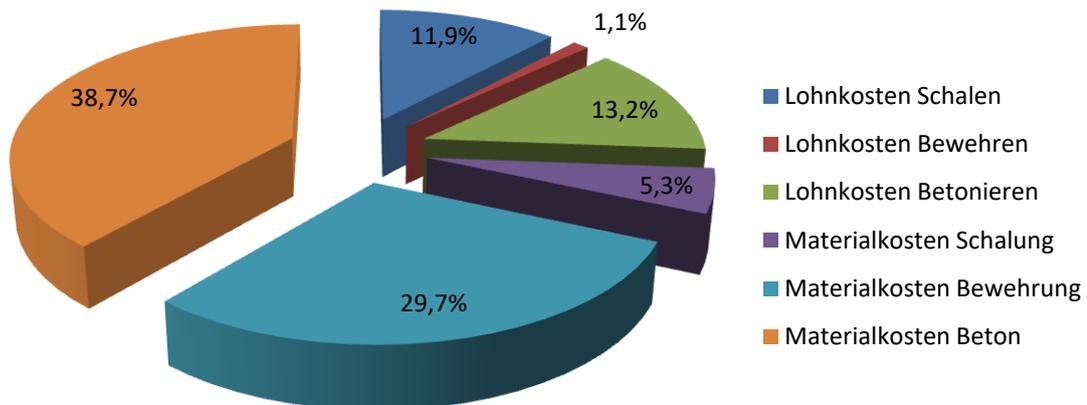
Grafik 5.7: Kostenanteile Ortbetondecke - Herstellerangaben (Spannweite 6m) [52]



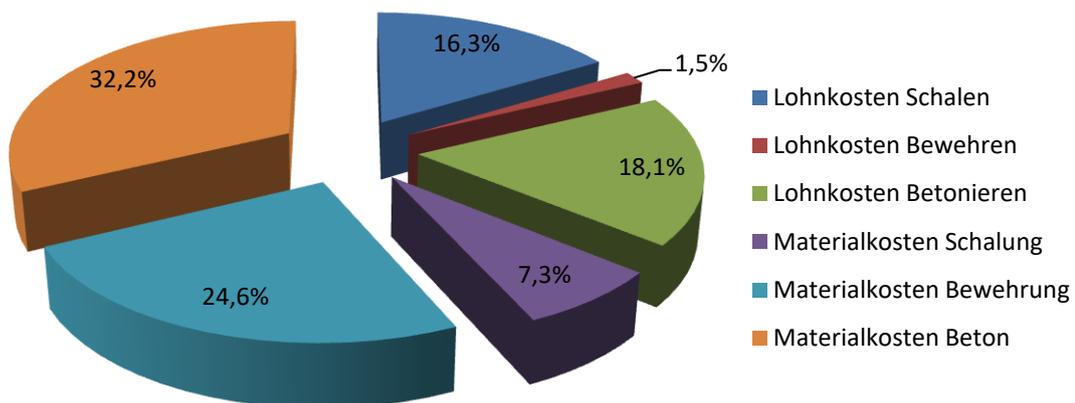
Grafik 5.8: Kostenanteile Ortbetondecke - Angaben ausführender Firmen (Spannweite 6m) [52]

Es wird davon ausgegangen, dass die angesetzten Materialkosten aus Angaben ausführender Unternehmen nicht weiter reduziert werden können, wodurch ein Einsparungspotenzial bei Stahlbetondecken - wenn überhaupt - nur bei den Lohnkosten möglich ist (unterschiedliche Ansätze für die Materialkosten bestehen jedoch durchaus zwischen verschiedenen ausführenden Unternehmen). Deutlich erkennbar liegen die Lohnkosten für das Ein- und Ausschalen der Ortbetondecke weit über jenen vom Bewehren und Betonieren. Hier bestünde die Möglichkeit eines Einsatzes von Systemschalungen, die den Schalungsaufwand auf der Baustelle reduzieren. Die eingesparten Lohnkosten müssten jedoch gemeinsam mit den Gerätekosten der Systemschalung betrachtet werden, die idR höher liegen als die der angesetzten konventionellen Schalung.

5.2 Kostenanteile Elementdecke



Grafik 5.9: Kostenanteile Elementdecke - Herstellerangaben (Spannweite 6m) [52]

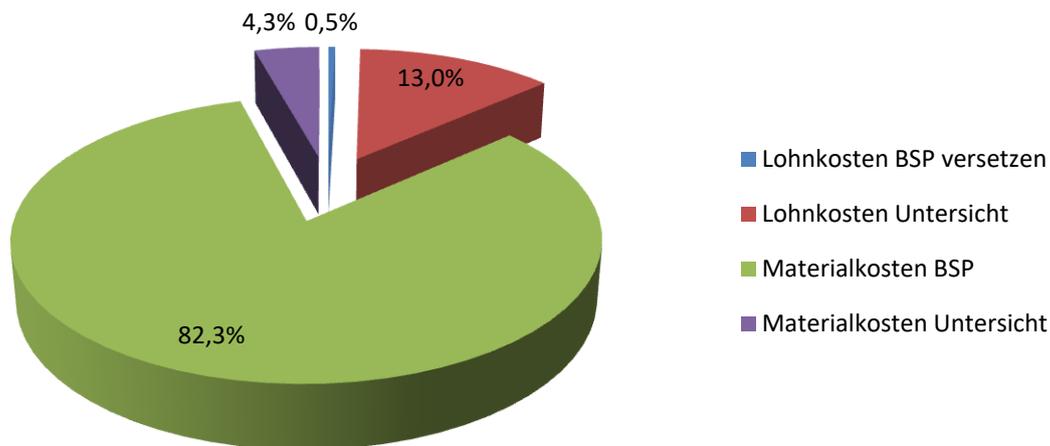


Grafik 5.10: Kostenanteile Elementdecke - Angaben ausführender Firmen (Spannweite 6m) [52]

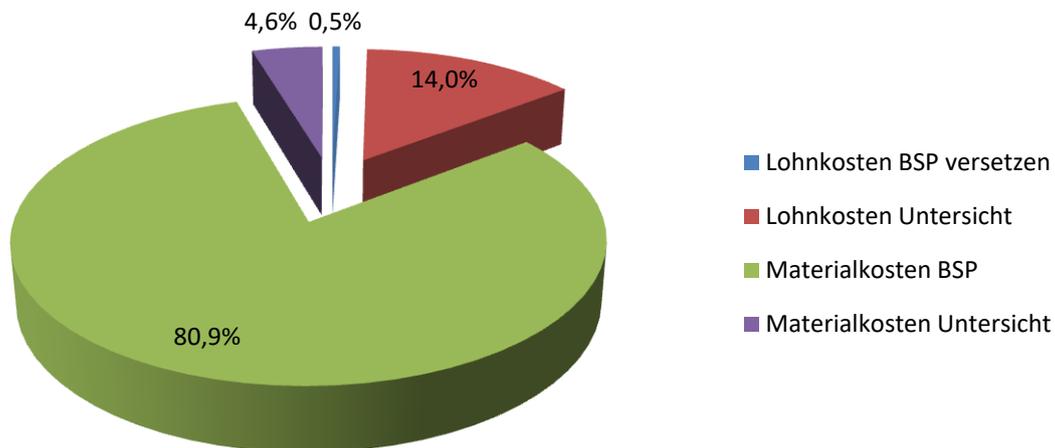
Im Vergleich zur Ortbetondecke lässt sich bei der Elementdecke deutlich erkennen, dass der gesamte Anteil an Lohnkosten reduziert wird und demnach der Anteil an den Materialkosten steigt. An dieser Stelle muss erwähnt werden, dass der Bewehrungsaufwand und folglich auch die Lohnkosten für die Verlegung bei kreuzweise gespannten Elementdecken deutlich größer ausfallen, da idR die Querlage am Element verlegt wird (bei einachsig gespannten Decken 20%ige Querbewehrung im Element verlegt).

Geht man wieder davon aus, dass die angesetzten Materialkosten aus Angaben ausführender Unternehmen nicht weiter reduziert werden können, fällt es schwer bei den Elementdecken ein Einsparungspotenzial zu eruieren, zumal durch das "Element" an sich Bauabläufe für Stahlbetondecken bereits optimiert wurden.

5.3 Kostenanteile Brettsperrholzdecke



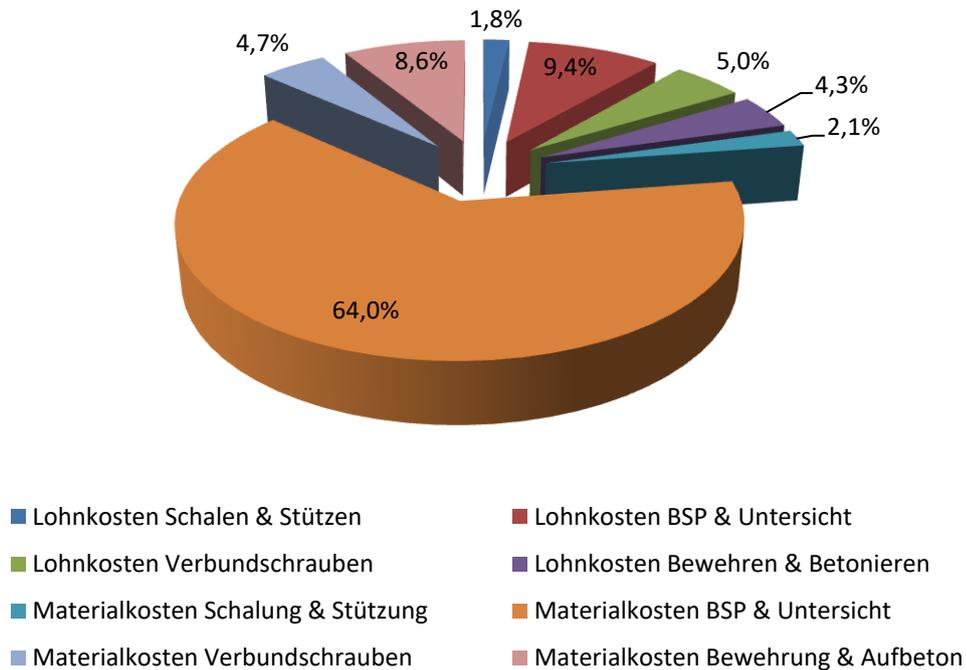
Grafik 5.11: Kostenanteile Brettsperrholzdecke - Herstellerangaben (Spannweite 6m) [52]



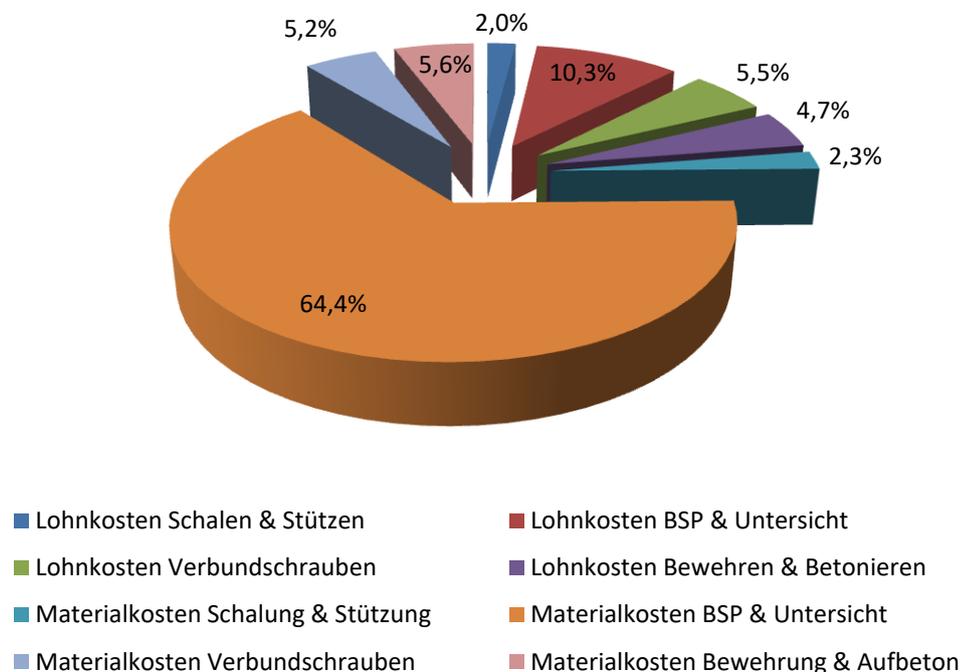
Grafik 5.12: Kostenanteile Brettsperrholzdecke - Angaben ausführender Firmen (Spannweite 6m) [52]

Bei der reinen Brettsperrholzdecke ist deutlich zu erkennen, dass die Materialkosten des BSP-Elements mit über 80 % den bei weitem größten Anteil an den Gesamtkosten besitzen. Einsparungsmöglichkeiten gibt es hier lediglich durch geringere Materialkosten, wie bereits zuvor mit dem erforderlichen Mengenrabatt angedeutet. Lohnkosten könnten lediglich durch einen geringeren Aufwand für die Herstellung der Untersicht (13-14 % an Gesamtkosten) eingespart werden. Ein möglicher Ansatz wäre hier z.B. eine bereits im Werk am BSP-Element montierte Untersicht. Damit würde beinahe jeglicher Aufwand auf der Baustelle entfallen und dadurch erzielt diese Bauweise eine erhebliche Zeitersparnis - die Elemente müssten vor Ort lediglich versetzt und verschraubt werden. Dabei wäre jedoch auf den Transport der fertigen Elemente zu achten - um die Untersicht zu schützen, könnten diese dann nur mehr ausschließlich hochkant transportiert werden.

5.4 Kostenanteile Holz-Beton-Verbunddecke



Grafik 5.13: Kostenanteile Holz-Beton-Verbunddecke - Herstellerangaben (Spannweite 6m) [52]

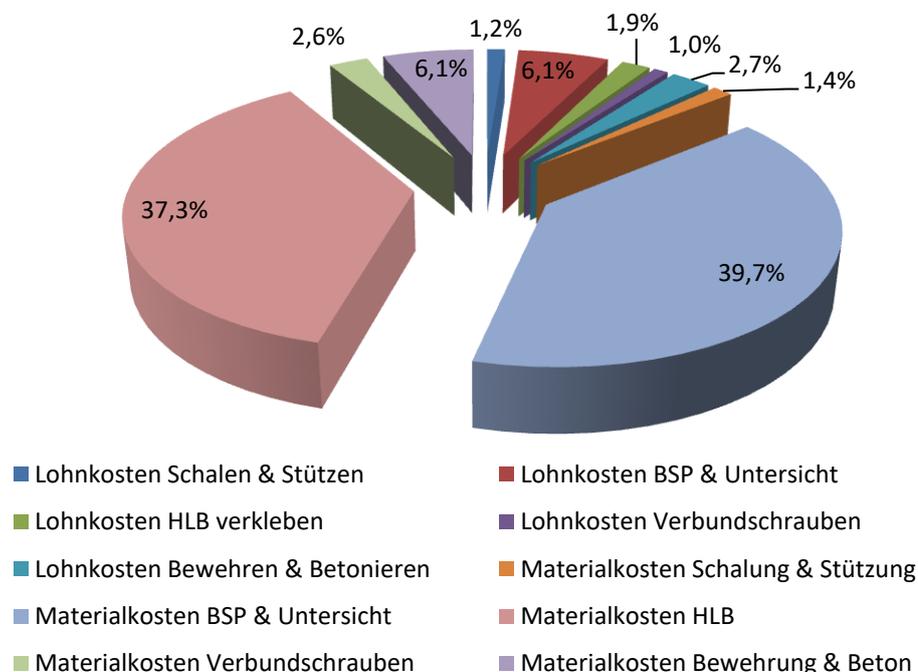


Grafik 5.14: Kostenanteile Holz-Beton-Verbunddecke - Angaben ausführender Firmen (Spannweite 6m) [52]

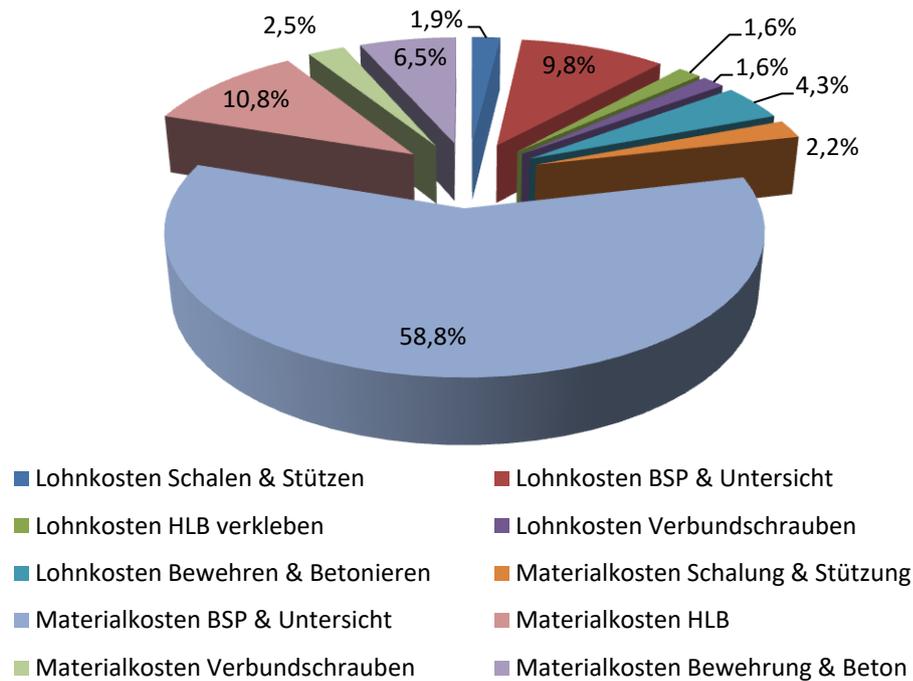
Auch bei der Holz-Beton-Verbunddecke besitzen die Materialkosten des BSP-Elements mit etwa 64 % den größten Anteil an den Gesamtkosten. Einsparungspotential wäre hier analog zur reinen Brettsperrholzdecke mit größeren Mengenrabatten gegeben. Der Ansatz einer bereits fertig montierten Untersicht ist auch bei der Holz-Beton-Verbunddecke zutreffend (etwa 10 % an Gesamtkosten). Eine weitere Möglichkeit Lohnkosten zu reduzieren bzw. gar auf ein Minimum zu beschränken wäre ein komplettes, im Werk produziertes Fertigteil. Dabei müssten die Verbundschrauben bereits in die Holzschicht eingebracht sein und die Aufbetonschicht am Element ausgehärtet sein, ehe sie frei Bau geliefert wird. Einen weiteren Vorteil würde ein komplettes Fertigteil in Hinblick auf die Lohn- bzw. sonstigen Kosten der Schalung und Stützung bringen. Deckenstützen würden demnach vollkommen entfallen, da das auf die Baustelle gelieferte Produkt bereits die Tragfähigkeit für den Endzustand besitzt und eine Randschalung ebenfalls nicht mehr benötigt wird.

Die Holz-Beton-Verbunddecke bietet im Gegensatz zur Brettsperrholzdecke genug Möglichkeiten Bauabläufe zu optimieren und somit Lohnkosten einzusparen (vgl. Tab. 5.1 und Grafik 5.4). Auch Materialkosten der Verbundfuge könnten durch billigere Verbundschrauben eingespart werden, wobei deren Anteil mit etwa 5 % der Gesamtkosten bereits gering ist.

5.5 Kostenanteile Holzleichtbeton-Verbunddecke



Grafik 5.15: Kostenanteile Holzleichtbeton-Verbunddecke - Herstellerangaben (Spannweite 6m) [52]



Grafik 5.16: Kostenanteile Holzleichtbeton-Verbunddecke - Angaben ausführender Firmen, sowie einer selbst hergestellten HLB-Zwischenschicht (Spannweite 6m) [52]

Für die Materialkosten des BSP-Elements, sowie die Lohnkosten für die Untersicht gilt gleiches wie bei der Brettsperrholzdecke und der HBV-Decke. Wie eindeutig in Grafik 5.15 und Grafik 5.16 erkennbar haben die Materialkosten der Holzleichtbeton-Zwischenschicht erheblichen Einfluss auf die Gesamtkosten der Decke. Durch eine selbst hergestellte HLB-Platte kann der Kostenanteil von knapp 37 % auf rund 10 % der Gesamtkosten reduziert werden. Optimierungspotential bestünde ebenfalls in einer kompletten Fertigteilveriante, wo die Lohnkosten auf ein Minimum beschränkt werden. Der wesentliche Ansatz, diese Deckenkonstruktion günstiger zu gestalten und damit eine gelungene Alternative zu konventionellen Deckensystemen zu schaffen, ist definitiv eine billigere Variante der HLB-Zwischenschicht. Die Materialkosten der Zwischenschicht müssten dabei um 53,40 €/m² gegenüber handelsüblichen Produkten (im gegenständlichen Fall Velox Holzspan-Dämmplatte WS 75) reduziert werden. Zudem würde eine Herstellung der Zwischenschicht in einem Arbeitsschritt (keine Klebefuge zwischen den Dämmplatten) die Lohn- und Materialkosten der Klebefuge halbieren. Dadurch würden weitere 8,24 €/m² eingespart werden. Ein weiterer Ansatz wäre die Verwendung eines günstigeren Klebers, welcher mit 12,68 €/m² (Hersteller) bzw. 6,35 €/m² (Baufirmen und selbsthergestellte Zwischenschicht) Materialkosten erheblichen Anteil an den Gesamtkosten besitzt (bei 6 m Spannweite etwa 5-7 %).

Weiterführende Untersuchungen, vor allem im Hinblick auf eine Fertigteilveriante wären in jedem Fall noch notwendig, um die Kostenanteile und die Gesamtkosten einander gegenüberzustellen.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen dieser Diplomarbeit mit dem Titel *Holzleichtbeton-Verbundbauweise - eine wirtschaftliche Vergleichsbetrachtung zu herkömmlichen Deckensystemen* wurde die sogenannte Holzleichtbeton-Verbundbauweise hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen Aspekte analysiert, bewertet und mit konventionellen Deckenkonstruktionen verglichen. Diese Vergleichsbetrachtung beschränkte sich jedoch nicht ausschließlich auf die Wirtschaftlichkeit der Holzleichtbeton-Verbunddecke, sondern vielmehr wurden die Deckensysteme ganzheitlich mit deren bauphysikalischen und ökologischen Aspekten gegenübergestellt und bewertet.

Ziel war es, die Konkurrenzfähigkeit der Holzleichtbeton-Verbundbauweise gegenüber bereits etablierten Deckensystemen zu untersuchen und eine kompakte Aussage über die Wirtschaftlichkeit der HLB-Verbundbauweise zu treffen. Außerdem sollte die Wirtschaftlichkeit aller ausgewählten Deckenkonstruktionen näher untersucht werden.

Um die Ziele der Arbeit schrittweise zu erreichen, wurde diese in mehrere Hauptkapitel unterteilt. Um den Leser ein Grundverständnis über dieses Verbunddeckensystem zu vermitteln, wurden zu Beginn die Grundlagen der Holzleichtbeton-Verbundbauweise erörtert und deren Tragverhalten, sowie die eingesetzten Materialien beschrieben. Danach wurden die Randbedingungen für die Vergleichsbetrachtung festgelegt und dadurch der zu untersuchende Rahmen dieser Arbeit abgegrenzt.

Die verschiedenen Deckensysteme wurden unter Einbehaltung dieser gesetzten Rahmenbedingungen in Abhängigkeit unterschiedlicher Spannweiten vorbemessen und mit den daraus resultierenden Bauteildicken einer bauphysikalischen, sowie ökologischen Untersuchung unterzogen. Die bauphysikalische Untersuchung (Schall-, Wärme-, Brandschutz) unterlag dabei normierten Mindestanforderungen, die ökologischen Kennwerte der Decken wurden ohne normativ geregelte Grenzen gegenübergestellt. Für die anschließende Kostenanalyse wurden Aufwandswerte und Materialkosten von ausführenden Firmen, Fertigteilwerken und Herstellern erhoben und diese hinterher mit Literaturangaben verifiziert bzw. ergänzt.

Die Ergebnisse der bauphysikalischen und ökologischen Untersuchung wurden in Kapitel 5 mit den kalkulierten Kosten ganzheitlich betrachtet und bewertet.

Die Auswertung der Ergebnisse hat gezeigt, dass die Holzleichtbeton-Verbunddecke durchaus eine gelungene Alternative zu konventionellen Deckensystemen sein kann. Voraussetzung hierfür wäre jedoch eine bedeutend günstigere Variante der Zwischenschicht aus Holzleichtbeton im Gegensatz zu den am Markt erhältlichen

Produkten. Die Materialkosten der Zwischenschicht müssten dabei um 53,40 €/m² gegenüber handelsüblichen Produkten (im gegenständlichen Fall Velox Holzspan-Dämmplatte WS 75) reduziert werden. Zudem würde eine Herstellung der Zwischenschicht in einem Arbeitsschritt (keine Klebefuge zwischen den Dämmplatten) die Lohn- und Materialkosten der Klebefuge halbieren. Dadurch könnten weitere 8,24 €/m² eingespart werden.

Unter der Prämisse einer Holzleichtbetonschicht, deren Gesamtkosten (inkl. Verarbeiten auf der Baustelle) sich auf etwa 15 €/m² belaufen, kann diese Bauweise vor allem mit der konventionellen Holz-Beton-Verbunddecke in allen untersuchten Bereichen konkurrieren und stellt ab einer Spannweite von 6,50 m sogar die günstigere Alternative dar.

Die Stahlbetondecke ist und bleibt mit großer Wahrscheinlichkeit auch in näherer Zukunft die günstigste Deckenart mit den besten Schallschutzqualitäten. Grund für deren Wirtschaftlichkeit sind größtenteils die derzeit herrschenden Mengenrabatte auf die verwendeten Materialien. Die Brettsperrholzdecke, sowie die beiden untersuchten Verbundsysteme könnten in Hinblick auf Gesamtkosten erst dann mit der Stahlbetondecke konkurrieren, wenn künftig etwa gleich hohe Mengenrabatte auf die BSP-Elemente, wie jene auf Beton und Bewehrungsstahl angeboten werden, sofern die Holzindustrie diese Rabatte wirtschaftlich vertreten kann. Die Stahlbetondecke zeigt durch ihre Entwicklungen in den letzten Jahrzehnten, wo und wie Kosten und Arbeitsaufwand auf der Baustelle sinnvoll optimiert werden können. Der Vergleich Ortbetondecke mit Elementdecke zeigt auf, dass nicht nur die Materialkosten, sondern gerade die Lohnkosten, für auf der Baustelle zu verrichtende Arbeiten, einen erheblichen Anteil an den Gesamtkosten haben und durch Optimierungsansätze (eingebaute Bewehrung bzw. geringerer Schalungsaufwand) zweckmäßig reduziert werden können.

Die Holzleichtbeton-Verbundbauweise hat nach derzeitigem Stand definitiv die Möglichkeit mit der reinen Brettsperrholzdecke, sowie der herkömmlichen Holz-Beton-Verbunddecke zu konkurrieren, jedoch unter der Voraussetzung der zuvor angesprochenen günstigeren Zwischenschicht. Die reine Brettsperrholzdecke ist zwar in der vorliegenden Vergleichsbetrachtung immer noch die günstigste Deckenart, jedoch mit dem Nachteil eines nicht vorhandenen Optimierungspotentials bezüglich des Arbeitsaufwandes auf der Baustelle. Speziell die Lohnkosten und die Gesamtaufwandswerte der drei Deckensysteme verdeutlichen die unterschiedlichen Möglichkeiten Bauabläufe zu verbessern. Während bei der reinen Brettsperrholzdecke keine Möglichkeit besteht den Arbeitsaufwand auf der Baustelle zu reduzieren, besitzen die HBV-Decke und HLB-Decke ausreichend Optimierungspotential. Insbesondere komplette Fertigteilvarianten würden die Lohnkosten bedeutend reduzieren. Zudem würden sämtliche Kosten für Deckenstützen und Randabschalung entfallen, da die frei

Bau gelieferte Fertigteildecke bereits ihre Tragfähigkeit für den Endzustand besitzt und keine Betonage vor Ort erforderlich ist.

Um diese Aussagen jedoch näher zu konkretisieren sind definitiv weiterführende Untersuchungen nötig. Ein nächster Ansatz wäre die vertiefende Betrachtung der gewonnenen Erkenntnisse aus dieser Arbeit beispielsweise mittels einer SWOT-Analyse¹⁰⁷. Die erarbeiteten Stärken und Schwächen (im Gegensatz zu den anderen Deckensystemen) in Hinblick auf Kosten, Bauablauf bzw. Arbeitsaufwand, sowie Bauphysik und Ökologie müssten dazu gegenübergestellt und objektiv betrachtet werden. Die Chancen und Risiken der Holzleichtbeton-Verbundbauweise gegenüber den bereits am Markt etablierten bzw. zumindest verfügbaren Deckensystemen müssten anschließend erarbeitet werden. Ein weiterführender Schritt wäre die Erstellung einer sogenannten SWOT-Matrix, in der z.B. die ausbaufähigen Stärken (Chancen) oder aufzuholenden Schwächen (Chancen) konzipiert werden - Stichwort *Optimierungsmöglichkeit* und *günstigere Zwischenschicht*.

Eine ebenfalls weiterführende Untersuchung wäre eine alternative Herangehensweise der Vergleichsbetrachtung. Eine solche wäre beispielsweise eine zuvor definierte Gleichheit der Schallschutzqualitäten, d.h. auch die reine Brettsper Holzdecke müsste ihre Schalldämmung zumindest soweit verbessern, dass sie im Bereich der beiden Verbunddecken zu liegen kommt. Wirtschaftlich sinnvoll erreichbar wäre dies nur durch einen massiveren Fußbodenaufbau, welcher dann natürlich auch in den Gesamtkosten der Decke berücksichtigt und die Deckenbemessung mit erhöhter Belastung durchgeführt werden müsste. Zudem würde ein massiverer Fußbodenaufbau die ökologischen Kennwerte negativ beeinflussen.

Ein alternativer bzw. weiterführender Ansatz zur Bewertung der Deckenkonstruktionen wäre außerdem die Berücksichtigung des unterschiedlichen Eigengewichts der Decken und der dementsprechenden Lastweiterleitung auf die weitere Primärtragstruktur eines Gebäudes (Wände, Träger, Stützen, Fundamente, etc.). Die Folgen einer "leichteren" Deckenkonstruktion wären z.B.: Kosteneinsparungen durch schlanker dimensionierte Stützen oder geringer bewehrter Bauteile (z.B.: Fundamente, Stützen, etc.).

Für weitergespannte Systeme wäre eine vergleichende Betrachtung aus verschiedenen Rippensystemen ratsam, die durch einen geringeren Materialeinsatz eine weitere

¹⁰⁷ S = Strengths (Stärken)

W = Weaknesses (Schwächen)

O = Opportunities (Chancen)

T = Threats (Risiken)

Gewichtsreduktion zur Folge hätten. So könnten HBV-Systeme und auch HLB-Systeme mit Stahlbetonrippendecken und/oder reinen Holzbalkendecken verglichen werden.

Für eine Weiterentwicklung des HBV-Systems und des HLB-Systems liegt ein wesentlicher Fokus klar in einer Fertigteilvernante, die die Arbeitszeit vor Ort deutlich beschränken würde und somit auf Augenhöhe mit der reinen Brettsperrholzdecke liegen würde. Weitere Untersuchungen bzw. Gegenüberstellungen zu Stahlbetondecken sind aus Sicht des Verfassers nicht wirklich zielführend, da diese nach derzeitigem Stand aus Kostensicht konkurrenzlos sind, was einerseits auf die angebotenen Mengenrabatte der Materialien und andererseits auf bereits optimierte Bauabläufe zurückzuführen ist.

7 Exkurs: Alternative Herangehensweise der Vergleichsbetrachtung (gleiche Schallschutzqualitäten)

Die in Kapitel 6 erwähnte alternative Herangehensweise der Vergleichsbetrachtung mit gleichen Schallschutzqualitäten wurde weiterführend betrachtet, jedoch wurden dabei lediglich die Elementdecke, Brettsper Holzdecke und Holz-Beton-Verbunddecke untersucht. Die Vergleichsbetrachtung bezieht sich auf ein im Zuge der Grundrissstudie (Kapitel 3.6) ausgewähltes Referenzprojekt und damit einer definierten Deckenspannweite. Im Gegensatz zum normativ vorgeschriebenen Mindesttrittschallschutz (Vorgehensweise Hauptteil Diplomarbeit) wurde ein erforderlicher "Schallschutzbereich" von $30 \text{ dB} \leq L'_{nT,w} \leq 35 \text{ dB}$ definiert.

Um möglichst wirtschaftlich den erforderlichen Trittschallschutz zu erreichen wurde der Fußbodenaufbau als Variabel betrachtet und in einem iterativen Prozess die wirtschaftlichste Lösung hinsichtlich Deckenstärke und Fußbodenaufbau für die einzelnen Deckensysteme erarbeitet. Die verschiedenen Deckensysteme wurden, ebenso wie im Hauptteil der Arbeit, statisch vorbemessen, die ermittelten Bauteildicken und der dazu gewählte Fußbodenaufbau (Schallschutzqualitäten) danach einer bauphysikalischen Untersuchung unterzogen. Auf einen Vergleich der U-Werte wurde jedoch verzichtet, d.h. es wurden schlussendlich auf Basis gleicher Schallschutzqualitäten lediglich die anfallenden Kosten der Deckenkonstruktionen und deren Fußbodenaufbauten gegenübergestellt und verglichen.

Die Ergebnisse dieser Vergleichsbetrachtung werden nachfolgend kurz erwähnt, sodass dem Leser die Auswirkungen dieser differierenden Betrachtungsweise deutlich dargelegt werden.

In den nachstehenden Tab. 7.1 bis Tab. 7.3 sind die Gesamtkosten der drei untersuchten Deckenkonstruktionen dargestellt.

GESAMTKOSTEN ELEMENTDECKE					
			Lohn	Sonstiges	Gesamt
GESAMTKOSTEN Deckenkonstruktion	EK	€/m ²	23,79	51,57	75,36
	PK	€	2.219,55	4.811,62	7.031,17
GESAMTKOSTEN Fußbodenkonstruktion	EK	€/m ²	15,73	17,05	32,78
	PK	€	1.467,92	1.590,86	3.058,78
GESAMTKOSTEN ELEMENTDECKE inkl. FBK	EK	€/m ²	39,52	68,62	108,15
	PK	€	3.687,47	6.402,48	10.089,95

Tab. 7.1: Ergebnisse Elementdecke alternative Herangehensweise (gleiche Schallschutzqualitäten) [52]

GESAMTKOSTEN BRETTSPERRHOLZDECKE					
			Lohn	Sonstiges	Gesamt
GESAMTKOSTEN Deckenkonstruktion	EK	€/m ²	11,82	109,38	121,20
	PK	€	1.103,01	10.204,95	11.307,96
GESAMTKOSTEN Fußbodenkonstruktion	EK	€/m ²	20,82	35,39	56,21
	PK	€	1.942,70	3.301,51	5.244,21
GESAMTKOSTEN BRETTSPERRHOLZDECKE inkl. FBK	EK	€/m ²	32,64	144,76	177,41
	PK	€	3.045,72	13.506,46	16.552,17

Tab. 7.2: Ergebnisse Brettsperrholzdecke alternative Herangehensweise (gleiche Schallschutzqualitäten) [52]

GESAMTKOSTEN HOLZ-BETON-VERBUNDDECKE					
			Lohn	Sonstiges	Gesamt
GESAMTKOSTEN Deckenkonstruktion	EK	€/m ²	25,79	106,52	132,32
	PK	€	2.406,48	9.938,53	12.345,01
GESAMTKOSTEN Fußbodenkonstruktion	EK	€/m ²	18,28	26,97	45,26
	PK	€	1.705,87	2.516,59	4.222,46
GESAMTKOSTEN HOLZ-BETON-VERBUNDDECKE inkl. FBK	EK	€/m ²	44,08	133,50	177,57
	PK	€	4.112,35	12.455,12	16.567,47

Tab. 7.3: Ergebnisse Holz-Beton-Verbunddecke alternative Herangehensweise (gleiche Schallschutzqualitäten) [52]

7 Exkurs: Alternative Herangehensweise der Vergleichsbetrachtung (gleiche Schallschutzqualitäten)

		Aufbau	Lohn [€/m²]	Sonstiges [€/m²]	Gesamt [€/m²]
Elementdecke		Estrich	10,44	8,94	19,38
		PE-Folie	1,46	0,30	1,76
		Trittschalldämmung	2,92	6,40	9,32
		Ausgleichsschüttung	0,91	1,41	2,32
		Schalung + Stützung	10,44	4,66	15,10
		Bewehrung	1,31	24,36	25,66
		Element + Aufbeton	12,05	22,55	34,60
		Gesamtkosten	39,53	68,62	108,15
Brettsperrholzdecke		Estrich	10,87	14,54	25,41
		PE-Folie	1,52	0,30	1,82
		Trittschalldämmung	3,04	12,55	15,59
		Ausgleichsschüttung	5,39	8,00	13,39
		Brettsperrholzelement	0,42	105,68	106,10
		GKF-Platte	11,40	3,70	15,10
		Gesamtkosten	32,64	144,77	177,41
Holz-Beton-Verbunddecke		Estrich	10,87	12,94	23,81
		PE-Folie	1,52	0,30	1,82
		Trittschalldämmung	3,04	9,50	12,54
		Ausgleichsschüttung	2,86	4,23	7,09
		Aufbeton + Bewehrung	5,57	7,19	12,76
		Verbundschrauben	6,08	5,76	11,84
		Brettsperrholzelement	0,42	87,23	87,65
		Schalung + Stützung	2,32	2,65	4,97
		GKF-Platte	11,40	3,70	15,10
Gesamtkosten	44,07	133,50	177,57		

Tab. 7.4: Gegenüberstellung Kostenanteile alternative Herangehensweise (gleiche Schallschutzqualitäten) [52]

Die Auswertung der Ergebnisse hat gezeigt, dass die Stahlbetondecke bzw. die untersuchte Elementdecke hinsichtlich der Herstellungskosten unangefochten bleibt. Grund dafür ist - wie auch beim ursprünglichen Deckenvergleich - die weitaus günstigere Deckenkonstruktion, bedingt durch Mengenrabatte und bereits optimierte Bauabläufe, sowie durch einen geringeren Fußbodenaufbau (aufgrund des bereits guten Schallschutzes der Stahlbetonrohdecke). Durch die geringeren Fußbodenkonstruktionskosten fällt das Ergebnis der Gesamtkosten im Gegensatz zum reinen Deckenvergleich noch deutlicher zugunsten der Stahlbetondecke aus. Die Gesamtkosten (inkl. Fußbodenaufbau) der Brettsperrholzdecke und Holz-Beton-Verbunddecke sind in diesem Vergleich um etwa 64 % höher als jene der Elementdecke.

Die Ergebnisse zeigten außerdem, dass die Holz-Beton-Verbunddecke in jedem Fall das Potential besitzt mit der reinen Brettsperrholzdecke wirtschaftlich zu konkurrieren. Durch die zusätzlichen anfallenden Kosten eines stärkeren Fußbodenaufbaus bei der Brettsperrholzdecke (Schallschutzanforderung) ergaben sich im Zuge der Kostenanalyse beinahe exakt gleiche Gesamtkosten (177,41 €/m² gegenüber 177,57 €/m²).

Den Vorteil bzw. das Potential, welches die Holz-Beton-Verbunddecke gegenüber der Brettsperrholzdecke aufweist, ist die Möglichkeit weiterer Optimierungen und Verbesserungen. Speziell im Bauablauf und damit im direkten Zusammenspiel mit den Lohnkosten besitzt die Holz-Beton-Verbunddecke im Gegensatz zur Brettsperrholzdecke genügend Optimierungspotential. Auch Materialkosten der Verbundfuge könnten durch billigere Verbundschrauben eingespart werden.

Weiterführende Untersuchungen auf diesem Gebiet sind in jedem Fall ratsam. Wie bereits im Hauptteil dieser Arbeit erwähnt, wäre insbesondere eine komplette Fertigteilvariante für einen Vergleich zur Brettsperrholzdecke (demnach gleicher Bauablauf auf der Baustelle) vertiefend zu untersuchen und könnte bahnbrechende Ergebnisse liefern.

Die nächsten Schritte im Hinblick auf eine kostenoptimierte Holz-Beton-Verbundbauweise sollten direkte Vergleiche verschieden gewählter Holz-Beton-Verbundsysteme sein. Speziell unterschiedlich eingesetzte Verbundmittel aber auch eine komplette Fertigteilvariante könnten dabei untersucht und kalkuliert werden.

Die Ergebnisse dieses Exkurses haben deutlich gezeigt, dass Holz-Beton-Verbunddecken mit herkömmlichen Brettsperrholzdecken in jedem Fall wirtschaftlich konkurrieren können, zumal deren Bauablauf mit Sicherheit noch nicht ausgereift und optimiert ist und hier definitiv Einsparungsmöglichkeiten bestehen.

Schlussendlich lässt sich festhalten, dass die Ergebnisse der vorliegenden Diplomarbeit, sowie der alternativen Herangehensweise dieses Exkurses zeigen, dass Holz-Beton-Verbunddecken bzw. auch Holzleichtbeton-Verbunddecken den künftigen Markt definitiv prägen können und in jedem Fall der reinen Brettsper Holzdecke Konkurrenz machen. Voraussetzung hierfür sind natürlich die bereits erwähnten weiterführenden Untersuchungen und eventuelle Optimierungen im Bauablauf bzw. eine kostengünstigere Zwischenschicht der HLB-Verbunddecke.

8 Literaturverzeichnis

- [1] FADAI, A.; WINTER, W.: *Ressourceneffiziente Konstruktionen mit Holzleichtbeton-Verbundbauweise*. In Bautechnik 91 (2014), Heft 10
- [2] KOEPL, S.: *Beschreibung des Tragverhaltens weitgespannter Flachdeckensysteme in Holzleichtbeton-Verbundbauweise unter besonderer Berücksichtigung des Schubanalogie-Verfahrens*. Diplomarbeit. TU Wien, 2013
- [3] <http://www.beton.org/wissen/beton-bautechnik/selbstverdichtender-beton/> - Internetseite des Informationszentrum Beton GmbH. Abgerufen am 12.01.2016
- [4] <http://www.proholz.at/zuschnitt/45/holz-beton-verbund/> - Internetseite der Arbeitsgemeinschaft der österreichischen Holzwirtschaft - *Artikel über Holz-Beton-Verbund*. Abgerufen am 14.01.2016
- [5] SCHERNBERGER, K.: *Holzspanbeton-Verbunddecken : Übersicht bestehender Ansätze, sowie Entwicklung und Versuche mit handelsüblichen Holzspänen*. Diplomarbeit. TU Wien, 2011
- [6] Institut für Architekturwissenschaften - Tragwerksplanung und Ingenieurholzbau der TU Wien: *Skriptum Holzbau 2 - Teilskript CLT - Cross Laminated Timber*. Ausgabe 11/2014. TU Wien, 2014
- [7] <http://www.binderholz.com/> - Internetseite der Binderholz GmbH - Hersteller von Brettsperrholzelementen. Abgerufen am 28.01.2016
- [8] SONNTAG, F.: *Wandbauarten mit Schalungssteinen aus Holzspanbeton*. Diplomarbeit. Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig, 2002
- [9] KRIPPNER, R.: *Zuschnitt 45: Holz Beton Verbund*. ProHolz Austria. März 2012
- [10] KRIPPNER, R.: *Untersuchungen zu Einsatzmöglichkeiten von Holzleichtbeton im Bereich von Gebäudefassaden*. Dissertation. TU München, 2004
- [11] KRIPPNER, R.; NIEBLER, D.; ISSIG, H.: *Holzbau der Zukunft: Teilprojekt 17 Holzleichtbeton im Hochbau*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2009.

- [12] <http://www.cetris.cz/de/> - Internetseite CIDEM HRANICE, a. s., divize CETRIS - Hersteller zementgebundener Holzspanplatten. Abgerufen am 02.02.2016
- [13] <https://www.hs-owl.de/> - Internetseite Hochschule Ostwestfalen-Lippe - University of Applied Sciences. Abgerufen am 02.02.2016
- [14] <http://www.isospan.eu/de/> - Internetseite Ísospan Baustoffwerk GmbH - Hersteller von Holzbetonprodukten. Abgerufen am 03.02.2016
- [15] <http://www.leier.at/> - Internetseite Leier Baustoffe GmbH & Co KG - Hersteller u.a. von *Durisol* Holzbeton-Mantelsteinen. Abgerufen am 03.02.2016
- [16] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton - DAfStb: *DAfStb-Richtlinie Selbstverdichtender Beton (SVB-Richtlinie)*, Ausgabe September 2012. Berlin, 2012
- [17] THIENEL, K.-Ch.: *Sonderbetone Selbstverdichtender Beton*. Universität der Bundeswehr München, 2015
- [18] Europäische SCC-Projektgruppe: *Europäische Richtlinie für SCC - Feststellung, Produktion und Anwendung*. Ausgabe Mai 2005 (deutsche Übersetzung August 2006).
- [19] Verein Deutscher Zementwerke e.V. (VDZ): *Zement-Merkblatt Betontechnik B29: Selbstverdichtender Beton – Eigenschaften und Prüfung*. Düsseldorf, Juli 2006
- [20] KIRCHMAYER, E.: *Beitrag zur Entwicklung von Holz-Holzbeton-Betonverbunddecken*. Diplomarbeit. TU Wien, 2012
- [21] HOFER, T.: *Experimentelle und analytische Untersuchungen des Tragverhaltens von Holz-Holzleichtbeton-Sandwich-Deckenbauweisen*. Diplomarbeit. TU Wien, 2013
- [22] Ingenieurbüro für Holzbau Dipl. Ing. (FH) Rainer Bahmer: *Holz-Beton-Verbund - Aktueller Vergleich der Verbindungsmittel*. Haibach, 2015
- [23] Deutsches Institut für Bautechnik: *Verzeichnis der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen*. Berlin, 2016
- [24] <http://www.ticomtec.de/hbv/system.htm> - Internetseite TiComTec GmbH - Hersteller für HBV-Schubverbinder. Abgerufen am 20.02.2016

- [25] <http://www.overunity.de/252/wer-gesund-leben-will-muss-zu-allererst-gesund-wohnen/dlattach/attach/387/> - Artikel *Hybridbausystem Massivholz-Mineral-Verbund* von ECO-Umwelttechnologien Ltd. Abgerufen am 20.02.2016
- [26] Deutsches Institut für Bautechnik: *Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Nr. Z-9.1-474*. Berlin, 2011
- [27] MICHELFELDER, B.: *Trag- und Verformungsverhalten von Kernen bei Brettstapel-Beton-Verbunddecken*. Dissertation. Universität Stuttgart, 2006
- [28] <http://www.brettstapel.de/> - Internetseite inholz GmbH - Hersteller von Brettstapelementen. Abgerufen am 21.02.2016
- [29] http://www.sfsintec.de/internet/sfs07.nsf/PageID/TW_SEC - Internetseite SFS intec AG - Hersteller für Verbundschrauben. Abgerufen am 23.02.2016
- [30] HABENICHT, G.: *Kleben - Grundlagen, Technologien, Anwendungen, 6. Auflage*. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg, 2009
- [31] http://www.statistik.at/web_de/statistiken/index.html - Online Artikel der Statistik Austria - Bundesanstalt Statistik Österreich. Abgerufen am 04.03.2016
- [32] <http://www.oib.or.at/de> - Internetseite Österreichisches Institut für Bautechnik - Herausgeber der OIB-Richtlinien. Abgerufen am 05.03.2016
- [33] Österreichisches Institut für Bautechnik: *Erläuternde Bemerkungen OIB-Richtlinie 2 - Brandschutz - OIB-330.2-015/15*. Wien, März 2015
- [34] EL KHOULI, S.; VIOLA, J.; ZEUMER, M.: *Nachhaltig konstruieren. Vom Tragwerksentwurf bis zur Materialwahl: Gebäude ökologisch bilanzieren und optimieren*. Institut für internationale Architektur-Dokumentation. München, Juli 2014
- [35] LIPP, B.: *Der OI3-Index in IBO Magazin 2/2006*. Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie. Wien, 2006
- [36] Wiener Landesgesetz: *Wiener Stadtentwicklungs-, Stadtplanungs- und Baugesetzbuch (Bauordnung für Wien – BO für Wien*. Stand Dezember 2013

- [37] Österreichisches Institut für Bautechnik: *Leitfaden zur OIB-Richtlinie 2 - Brandschutz - OIB-330.2-019/15*. Wien, März 2015
- [38] <http://www.baunetzwissen.de/> - Internetseite bzw. Online-Lexikon vom Architekturmagazin BauNetz. Abgerufen am 12.03.2016
- [39] Österreichisches Institut für Bautechnik: *OIB-Richtlinie 2 - Brandschutz - OIB-330.2-011/15*. Wien, März 2015
- [40] ÖNORM B 8115-1: *Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 1: Begriffe und Einheiten*
- [41] RICCABONA, C.; BEDNAR, T.: *Baukonstruktionslehre 4 - Bauphysik*. Manz-Verlag. Wien, 2008
- [42] Österreichisches Institut für Bautechnik: *Erläuternde Bemerkungen OIB-Richtlinie 5 - Schallschutz - OIB-330.5-003/15*. Wien, März 2015
- [43] Österreichisches Institut für Bautechnik: *OIB-Richtlinie 5 - Schallschutz - OIB-330.5-002/15*. Wien, März 2015
- [44] HESTERMANN, U.; RONGEN, L.: *Frick/Knöll Baukonstruktionslehre, 35. Auflage*. Vieweg+Teubner | GWV Fachverlage GmbH. Wiesbaden, 2010
- [45] ÖNORM B 8115-5: *Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 5: Klassifizierung*
- [46] WILLEMS, W.; SCHILD, K.; STRICKER, D.: *Schallschutz: Bauakustik: Grundlagen - Luftschallschutz - Trittschallschutz*. Vieweg+Teubner Verlag | Springer Fachmedien. Wiesbaden, 2012
- [47] PECH, A.; KOLBITSCH, A.; ZACH, F.: *Baukonstruktionen Band 5: Decken*. Springer-Verlag. Wien, 2006
- [48] Österreichisches Institut für Bautechnik: *OIB-Richtlinie 6 - Energieeinsparung und Wärmeschutz - OIB-330.6-009/15*. Wien, März 2015
- [49] Österreichisches Institut für Bautechnik: *Erläuternde Bemerkungen OIB-Richtlinie 6 - Energieeinsparung und Wärmeschutz - OIB-330.6-010/15*. Wien, März 2015
- [50] ÖNORM EN 1991-1-1: *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen - Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau (konsolidierte Fassung)*

- [51] ÖNORM B 1991-1-1: *Eurocode 1 - Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen - Wichten, Eigengewichte, Nutzlasten im Hochbau - Nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1991-1-1 und nationale Ergänzungen*
- [52] Eigenes Bilderarchiv und eigenständig erstellte Grafiken, Tabellen und Abbildungen
- [53] HECHLER, O.; DEMARCO, T.: *Einfaches Bemessungsverfahren für fußgängerinduzierte Deckenschwingungen*. Online abrufbar unter <http://www.oqe.or.at/> - Internetseite der österreichischen Gesellschaft für Erdbebeningenieurwesen und Bodendynamik (OGE). Abgerufen am 03.04.2016
- [54] ÖNORM EN 1990: *Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung (konsolidierte Fassung)*
- [55] <http://www.clt.info/> - Internetseite der Fa. Stora Enso mit Zugang zum Online-Bemessungsprogramm. Abgerufen am 29.04.2016
- [56] <https://www.baubook.info/> - Internetseite zur Berechnung ökologischer Kennwerte von Bauteilen. Abgerufen am 29.04.2016.
- [57] ÖNORM B 1801-2: *Bauprojekt- und Objektmanagement Teil 2: Objekt-Folgekosten*
- [58] HÖLZL, S.: *Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken*. Masterarbeit. TU Graz, 2014
- [59] KROPIK, A.; HADEK, M.: *Kalkulation und Kostenrechnung im Baubetrieb - Teil 2*. Skriptum Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement. TU Wien, 2014
- [60] ÖNORM B 2061: *Preisermittlung für Bauleistungen - Verfahrensnorm*
- [61] KROPIK, A.; HADEK, M.: *Kalkulation und Kostenrechnung im Baubetrieb - Teil 1*. Skriptum Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement. TU Wien, 2014
- [62] HOFSTADLER, Ch.: *Kalkulation von Stahlbetonarbeiten: Schalarbeiten, Bewehrungsarbeiten, Betonarbeiten*. Online abrufbar unter <http://christianhofstadler.at/> - abgerufen am 10.04.2016. Institut für Baubetrieb, Bauwirtschaft, Projektentwicklung und Projektmanagement. TU Graz, 2011

- [63] <http://www.weyland.at/home.html> - Internetseite der Weyland GmbH - Hersteller von Stahlerzeugnissen, etc. Abgerufen am 14.04.2016
- [64] <http://www.rohrdorfer.at/> - Internetseite der Rohrdorfer Baustoffe Austria AG - Betonhersteller. Abgerufen am 14.04.2016
- [65] HOFSTADLER, Ch.; FRANZL, G.: *Bewehrungsarbeiten im Baubetrieb*. Verband österreichischer Biege- und Verlegetechnik. Deutsch Goritz, April 2011
- [66] KUHLANG, M.: *Wand- und Deckenbausysteme im Wohnbau*. Diplomarbeit. TU Wien, 2002
- [67] <http://www.oberndorfer.at/> - Internetseite der Franz Oberndorfer GmbH & Co KG - Hersteller von Betonfertigteilen. Abgerufen am 20.04.2016
- [68] ÖNORM B 1995-1-1: *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-1: Allgemeines - Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau Nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1995-1-1 und nationale Ergänzungen*
- [69] <http://www.holzbausulzer.at/> - Internetseite der Holzbau Sulzer GmbH - Holzfachhändler und Zimmermannbetrieb. Abgerufen am 13.05.2016
- [70] <http://www.hornbach.at/> - Internetseite Hornbach Baumarkt GmbH - Bau- und Gartenmarkt. Abgerufen am 13.05.2016
- [71] <http://sfsunimarket.biz/de/web/homepage.html> - Internetseite SFS unimarket AG - Hersteller u.a. von Verbundschrauben. Abgerufen am 13.05.2016
- [72] <http://www.velox.at/de/home/> - Internetseite VELOX Werk GesmbH - Hersteller von Produkten aus Holzbeton. Abgerufen am 25.05.2016
- [73] Österreichisches Institut für Bautechnik: *OIB-Richtlinien - Begriffsbestimmungen - OIB-330-014/15*. Wien, März 2015

9 Normenverzeichnis

ÖNORM EN 13501-1: *Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten - Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten*

ÖNORM EN 13501-2: *Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten - Teil 2: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen, mit Ausnahme von Lüftungsanlagen*

ÖNORM B 8115-1: *Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 1: Begriffe und Einheiten*

ÖNORM B 8115-2: *Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 1: Anforderungen an den Schallschutz*

ÖNORM B 8115-5: *Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 5: Klassifizierung*

ÖNORM EN ISO 717-1: *Akustik - Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Teil 1: Luftschalldämmung*

ÖNORM EN ISO 717-2: *Akustik - Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Teil 1: Trittschalldämmung*

ÖNORM EN 1990: *Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung (konsolidierte Fassung)*

ÖNORM EN 1991-1-1: *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen - Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau (konsolidierte Fassung)*

ÖNORM B 1991-1-1: *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen - Wichten, Eigengewichte, Nutzlasten im Hochbau - Nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1991-1-1 und nationale Ergänzungen*

ÖNORM EN 1992-1-1: *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau (konsolidierte Fassung)*

ÖNORM B 1992-1-1: *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau (konsolidierte Fassung) - Nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1992-1-1 und nationale Ergänzungen*

ÖNORM EN 1995-1-1: *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-1: Allgemeines - Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau (konsolidierte Fassung)*

ÖNORM B 1995-1-1: *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-1: Allgemeines - Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau Nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1995-1-1 und nationale Ergänzungen*

ÖNORM B 1801-1: *Bauprojekt- und Objektmanagement - Teil 1: Objektterrichtung*

ÖNORM B 1801-2: *Bauprojekt- und Objektmanagement - Teil 2: Objekt-Folgekosten*

ÖNORM B 2061: *Preisermittlung für Bauleistungen - Verfahrensnorm*

10 Anhang¹⁰⁸

10.1 Anhang A - Deckenbemessung

10.1.1 Stahlbetondecke

¹⁰⁸ In den im Anhang enthaltenen Ausdrucksprotokollen sind lediglich die für diese Arbeit relevanten Seiten enthalten, d.h. die protokollinterne Nummerierung ist zum Teil nicht vollständig

Stahlbetondecke L = 5m

Bauteil: Einachsig gespannte Platte - EC 2

Geometrie

Stäbe:

Nr.	l [cm]
S1	500,0

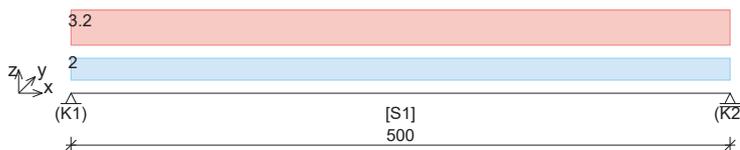
Knoten:

Nr.	b [cm]	Auflagerung x	Auflagerung y
K1	25,0	hor. u. ver. gehalten	hor. u. ver. gehalten
K2	25,0	ver. gehalten	hor. u. ver. gehalten

Nr.	Stab	w _{Q,St}	θ [°]	l _{k,2} [cm]	l _{k,3} [cm]
P1	S1		250	31,0	Eulerfall

l ... Systemlänge
 b ... Auflagerbreite
 hor. ... horizontal
 ver. ... vertikal

w ... zul. Durchbiegung l/w;
 l ist die Stützweite; bei Auskragungen ist l die doppelte Kraglänge
 w_{Q,St} ... Durchbiegung aus Quasi ständiger Kombination
 θ ... Druckstrebenneigung
 l_k ... Knicklänge in Achsrichtung



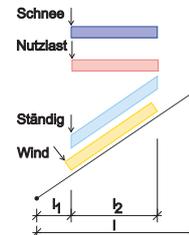
Lasten

Eigengewicht (EG) wird berücksichtigt. Wichte= 25,0 kN/m³
 Bauteileinflussfläche für Schneelasten: größer 10 m²

Nr.	Bezug	Bezeichnung	Art	Typ	Größe _l	Größe _{re}	l ₁ [cm]	l ₂ [cm]
L1	alle Stäbe	Fußbodenaufbau	Gleichlast	Ständig	2,00	2,00	0,0	l - l1
L2	alle Stäbe	Nutzlast + ZWZ	Gleichlast	Nutzlast	3,20	3,20	0,0	l - l1

Größe ... bei Gleich- bzw. Trapezlast in kN/m²

Größe ... bei Einzellast in kN/m



Lastfälle

Kategorie A: Wohngebäude
 Ort unter 1000m Seehöhe

Nr.	Name	Kombinationsbeiwerte					
		Wirkungsart	Last Nr.	LW	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
LF1	G + Q	Ständig	EG, L1				
		Nutzlast	L2	Ein	0,70	0,50	0,30

Lastfälle:
 ψ ... Kombinationsbeiwert
 Lastfallkombinationen:
 V_{red} ... Querkraftreduktion
 γ ... Teilsicherheitsbeiwert
 G ... ständige Belastung
 Q ... veränderliche Belastung (Nutzlast)
 S ... Schneelasten
 Wg1, Wg2 ... Windlasten
 A ... außergewöhnliche Belastung
 EG ... Eigengewicht
 FAL ... Fundamentaufflast
 ERD ... Erddruck aus Erdreich
 sup ... ungünstige Einwirkung
 inf ... günstige Einwirkung
 LW ... Lastwechsel

Lastfallkombinationen

Normaltemperatur

Nr.	Bezeichnung	Typ	V _{red}	Lastfall	γ _{G,sup}	γ _{G,inf}	γ _Q
KB1	Lagesicherheit	Gruppe A	Aus	LF1	1,10	0,90	1,50
KB2	Tragsicherheit	Gruppe B	Ein	LF1	1,35	1,00	1,50
KB3	Kurzzeitkombination	Charakteristisch	Aus	LF1	1,00	1,00	1,00
KB4	Häufige Kombination	Häufig	Aus	LF1	1,00	1,00	1,00

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel
 Abschnitt:
 Bauherr:
 Ort:

Datum: 12.04.2016

Nr.	Bezeichnung	Typ	V _{red.}	Lastfall	γ _{G,sup}	γ _{G,inf}	γ _Q
KB5	Langzeitkombination	Quasi-ständig	Aus	LF1	1,00	1,00	1,00

Lastfälle + Kombinationen für Auflager

Nr.	Kombi.	Name
LF2	KB6	Ständige Lasten
LF3	KB7	Nutzlasten
LF4	KB8	Gesamtlast

Material

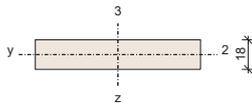
Betongüte: C25/30

Stahlgüte: BSt 550

Querschnitt

Platte; Platte Nr.: S1

Normaltemperatur h = 18,0 cm A = 1800,00 cm² I_z = 48600,0 cm⁴



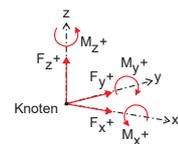
Querschnitt(e) sind im Schubmittelpunkt zu belasten.
 h ... Höhe
 A ... Fläche
 I ... Trägheitsmoment um Achse

Auflagerreaktionen Normaltemperatur

für den Nachweis der Lagesicherheit (Designkräfte)

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	max _{Linie}	min _{Linie}
K1	KB1 - Lagesicherheit	F _z	29,87	14,62	29,87	14,62
K2	KB1 - Lagesicherheit	F _z	29,88	14,63	29,88	14,63

Auflagerreaktionen



max, min
 F ... [kN]
 M ... [kNm]
 Linie ... Umrechnung in Linienlast
 max_{Linie}, min_{Linie}
 F ... [kN/m]
 M ... [kNm/m]

für den Nachweis der Tragsicherheit (Designkräfte)

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	max _{Linie}	min _{Linie}
K1	KB2 - Tragsicherheit	F _z	33,94	16,25	33,94	16,25
K2	KB2 - Tragsicherheit	F _z	33,94	16,25	33,94	16,25

getrennt nach Lasttyp für die Weiterberechnung (charakteristische Auflagerkräfte)

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel
 Abschnitt:
 Bauherr:
 Ort:

Datum: 12.04.2016

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	max _{Linie}	min _{Linie}
K1	KB6 - Ständige Lasten	F _z	16,25	16,25	16,25	16,25
K1	KB7 - Nutzlasten	F _z	8,00	0,00	8,00	0,00
K2	KB6 - Ständige Lasten	F _z	16,25	16,25	16,25	16,25
K2	KB7 - Nutzlasten	F _z	8,00	0,00	8,00	0,00

Gesamtauflagerkräfte (charakteristische Auflagerkräfte)

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	max _{Linie}	min _{Linie}
K1	KB8 - Gesamtlast	F _z	24,25	16,25	24,25	16,25
K2	KB8 - Gesamtlast	F _z	24,25	16,25	24,25	16,25

Bewehrungsanordnung

Pos.	Bezeichnung	Info
1	S1, Feld	Ø 12 / 15.0 (7.53cm ² /m)
2	S1, Verteiler Feld	Ø 8 / 25.0 (2.01cm ² /m)

Allgemeine und konstruktive Bewehrungsregeln sind nach ÖNORM EN 1992-1-1 (Punkt 8 u. 9) einzuhalten. Verankerungen an Endauflagern werden nicht überprüft.

Nachweise Normaltemperatur

ÖNORM EN 1992-1-1 (Ausg. 2011-12-01), ÖNORM B 1992-1-1 (Ausg. 2011-12-01)

Stäbe

Nr.	Pos.	LfK	Teil	Formel	η
S1	250,0	KB2	Biegung u. Normalkraft ¹⁾	(42.42) / (47.88)	0,89
S1	487,5	KB2	Querkraft ohne Bewehrung ²⁾	31.20 / 81.42 =	0,38
S1	250,0	KB5	Gebrauchstauglichkeitsnachweis ³⁾	(l / 164; 3.05cm) / (l / 250; 2.00cm) =	1,52

Art	Info
Biegung u. Normalkraft ¹⁾	M _{2,Ed} = 42.42 kNm/m; M _{2,Rd} = 47.88 kNm/m; γ _c = 1.50; f _{cd} = 1.67 kN/cm ² ; γ _s = 1.15; f _{yd} = 47.83 kN/cm ² ; A _{s1} = 7.53 cm ² /m; ε _{c,min} = -3.50 ‰; ε _{c,max} = 20.09 ‰; ε _s = 15.38 ‰; α ₀ = 0.0 °; x = 2.7 cm; z = 13.3 cm;
Querkraft ohne Bewehrung ²⁾	V _{Ed,red} = 31.20 kN/m; V _{Rd,c} = 81.42 kN/m; γ _c = 1.50; f _{cd} = 1.67 kN/cm ² ; γ _s = 1.15; f _{yd} = 47.83 kN/cm ² ; A _{s1} = 7.53 cm ² /m; b _{w,2} = 100.0 cm; b _{w,3} = 18.0 cm; d ₂ = 50.0 cm; d ₃ = 14.4 cm;
Gebrauchstauglichkeitsnachweis ³⁾	w _{vorh} = 3.05 cm; w _{zul} = 2.00 cm; Rissmoment M ₂ = 16.43 kNm/m; φ = 2.50; 1/r = 7.57; t = 25000 Tage; φ = 64.50 %;

LfK ... Lastfallkombination
 η ... Ausnutzungsgrad
 Biegung u. Normalkraft Abschnitt (6.1)
 Querkraft Formel (6.2)
 Durchbiegung Abschnitt 7.4.3

M_{Ed} ... Einwirkendes Biegemoment
 M_{Rd} ... Aufnehmbares Biegemoment
 γ_c ... Teilsicherheitsbeiwert für Beton
 f_{cd} ... Druckfestigkeit des Betons
 γ_s ... Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl
 f_{yd} ... Streckgrenze des Betonstahls
 A_{s1} ... Zugbewehrung
 ε_{c,min} ... Betondehnung
 ε_{c,max} ...
 ε_s ... Stahldehnung
 α₀ ... Winkel der Nulllinie
 x ... Höhe der Druckzone
 d ... statische Nutzhöhe
 z ... Hebelarm der inneren Kräfte
 V_{Ed,red} ... Einwirkende reduzierte Querkraft
 V_{Rd,c} ... Aufnehmbare Querkraft ohne Querkraftbewehrung
 A_{sl} ... Fläche der Zugbewehrung
 b_w ... kleinste Querschnittsbreite
 d ... statische Nutzhöhe
 w_{vorh} ... vorhandene Durchbiegung
 w_{zul} ... zulässige Durchbiegung
 φ ... Kriechzahl
 1/r ... Krümmung
 t ... Einwirkungszeit (Tage)
 φ ... Relative Luftfeuchtigkeit

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel

Datum: 12.04.2016

Abschnitt:

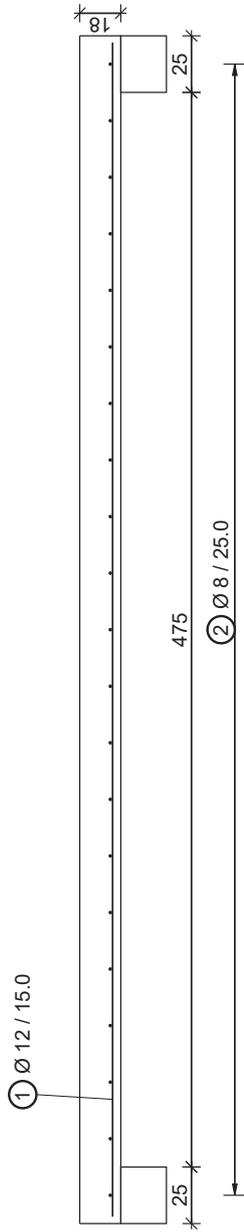
Bauherr:

Ort:

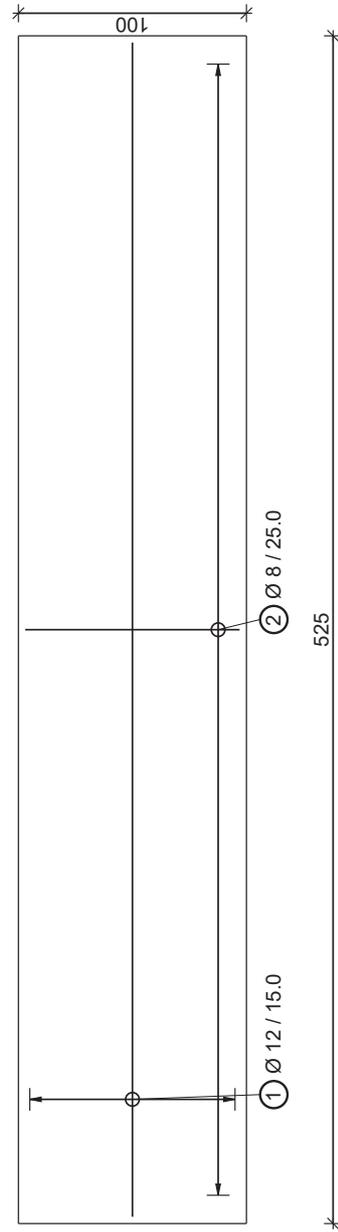
Zusatztext

Überhöhung um $l/300 = 1,67\text{cm}$
-> $w = 3,05 - 1,67 = 1,83\text{cm} < 2,0\text{cm}$
 $1,83\text{cm} = l/273$

Stahlbetondecke L = 5m M 1:30



Stahlbetondecke L = 5m M 1:30



Stahlbetondecke L = 6m

Bauteil: Einachsig gespannte Platte - EC 2

Geometrie

Stäbe:

Nr.	l [cm]
S1	600,0

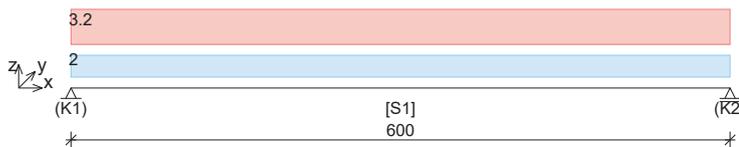
Knoten:

Nr.	b [cm]	Auflagerung x	Auflagerung y
K1	25,0	hor. u. ver. gehalten	hor. u. ver. gehalten
K2	25,0	ver. gehalten	hor. u. ver. gehalten

Nr.	Stab	w _{Q,St}	θ [°]	l _{k,2} [cm]	l _{k,3} [cm]
P1	S1		250	31,0	Eulerfall

l ... Systemlänge
 b ... Auflagerbreite
 hor. ... horizontal
 ver. ... vertikal

w ... zul. Durchbiegung l/w;
 l ist die Stützweite; bei Auskragungen ist l die doppelte Kraglänge
 w_{Q,St} ... Durchbiegung aus Quasi ständiger Kombination
 θ ... Druckstrebenneigung
 l_k ... Knicklänge in Achsrichtung



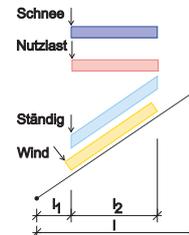
Lasten

Eigengewicht (EG) wird berücksichtigt. Wichte = 25,0 kN/m³
 Bauteileinflussfläche für Schneelasten: größer 10 m²

Nr.	Bezug	Bezeichnung	Art	Typ	Größe _{ij}	Größe _{re}	l ₁ [cm]	l ₂ [cm]
L1	alle Stäbe	Fußbodenaufbau	Gleichlast	Ständig	2,00	2,00	0,0	l - l1
L2	alle Stäbe	Nutzlast + ZWZ	Gleichlast	Nutzlast	3,20	3,20	0,0	l - l1

Größe ... bei Gleich- bzw. Trapezlast in kN/m²

Größe ... bei Einzellast in kN/m



Lastfälle

Kategorie A: Wohngebäude
 Ort unter 1000m Seehöhe

Nr.	Name	Kombinationsbeiwerte					
		Wirkungsart	Last Nr.	LW	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
LF1	G + Q	Ständig	EG, L1				
		Nutzlast	L2	Ein	0,70	0,50	0,30

Lastfälle:
 ψ ... Kombinationsbeiwert
 Lastfallkombinationen:
 V_{red.} ... Querkraftreduktion
 γ ... Teilsicherheitsbeiwert
 G ... ständige Belastung
 Q ... veränderliche Belastung (Nutzlast)
 S ... Schneelasten
 Wg1, Wg2 ... Windlasten
 A ... außergewöhnliche Belastung
 EG ... Eigengewicht
 FAL ... Fundametauflast
 ERD ... Erddruck aus Erdreich
 sup ... ungünstige Einwirkung
 inf ... günstige Einwirkung
 LW ... Lastwechsel

Lastfallkombinationen

Normaltemperatur

Nr.	Bezeichnung	Typ	V _{red.}	Lastfall	γ _{G,sup}	γ _{G,inf}	γ _Q
KB1	Lagesicherheit	Gruppe A	Aus	LF1	1,10	0,90	1,50
KB2	Tragsicherheit	Gruppe B	Ein	LF1	1,35	1,00	1,50
KB3	Kurzzeitkombination	Charakteristisch	Aus	LF1	1,00	1,00	1,00
KB4	Häufige Kombination	Häufig	Aus	LF1	1,00	1,00	1,00

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel
 Abschnitt:
 Bauherr:
 Ort:

Datum: 12.04.2016

Nr.	Bezeichnung	Typ	V _{red.}	Lastfall	γ _{G,sup}	γ _{G,inf}	γ _Q
KB5	Langzeitkombination	Quasi-ständig	Aus	LF1	1,00	1,00	1,00

Lastfälle + Kombinationen für Auflager

Nr.	Kombi.	Name
LF2	KB6	Ständige Lasten
LF3	KB7	Nutzlasten
LF4	KB8	Gesamtlast

Material

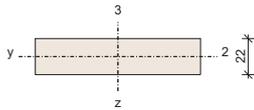
Betongüte: C25/30

Stahlgüte: BSt 550

Querschnitt

Platte; Platte Nr.: S1

Normaltemperatur h = 22,0 cm A = 2200,00 cm² I_z = 88733,3 cm⁴



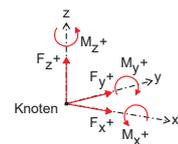
Querschnitt(e) sind im Schubmittelpunkt zu belasten.
 h ... Höhe
 A ... Fläche
 I ... Trägheitsmoment um Achse

Auflagerreaktionen Normaltemperatur

für den Nachweis der Lagesicherheit (Designkräfte)

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	max _{Linie}	min _{Linie}
K1	KB1 - Lagesicherheit	F _z	39,15	20,25	39,15	20,25
K2	KB1 - Lagesicherheit	F _z	39,15	20,25	39,15	20,25

Auflagerreaktionen



max, min
 F ... [kN]
 M ... [kNm]
 Linie ... Umrechnung in Linienlast
 max_{Linie}, min_{Linie}
 F ... [kN/m]
 M ... [kNm/m]

für den Nachweis der Tragsicherheit (Designkräfte)

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	max _{Linie}	min _{Linie}
K1	KB2 - Tragsicherheit	F _z	44,78	22,50	44,78	22,50
K2	KB2 - Tragsicherheit	F _z	44,77	22,50	44,77	22,50

getrennt nach Lasttyp für die Weiterberechnung (charakteristische Auflagerkräfte)

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel
 Abschnitt:
 Bauherr:
 Ort:

Datum: 12.04.2016

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	max _{Linie}	min _{Linie}
K1	KB6 - Ständige Lasten	F _z	22,50	22,50	22,50	22,50
K1	KB7 - Nutzlasten	F _z	9,60	0,00	9,60	0,00
K2	KB6 - Ständige Lasten	F _z	22,50	22,50	22,50	22,50
K2	KB7 - Nutzlasten	F _z	9,60	0,00	9,60	0,00

Gesamtauflagerkräfte (charakteristische Auflagerkräfte)

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	max _{Linie}	min _{Linie}
K1	KB8 - Gesamtlast	F _z	32,10	22,50	32,10	22,50
K2	KB8 - Gesamtlast	F _z	32,10	22,50	32,10	22,50

Bewehrungsanordnung

Pos.	Bezeichnung	Info
1	S1, Feld	Ø 12 / 12.5 (9.04cm ² /m)
2	S1, Verteiler Feld	Ø 8 / 25.0 (2.01cm ² /m)

Allgemeine und konstruktive Bewehrungsregeln sind nach ÖNORM EN 1992-1-1 (Punkt 8 u. 9) einzuhalten. Verankerungen an Endauflagern werden nicht überprüft.

Nachweise Normaltemperatur

ÖNORM EN 1992-1-1 (Ausg. 2011-12-01), ÖNORM B 1992-1-1 (Ausg. 2011-12-01)

Stäbe

Nr.	Pos.	LfK	Teil	Formel	η
S1	300,0	KB2	Biegung u. Normalkraft ¹⁾	(67.16) / (73.79)	0,91
S1	587,5	KB2	Querkraft ohne Bewehrung ²⁾	41.23 / 101.89 =	0,40
S1	300,0	KB5	Gebrauchstauglichkeitsnachweis ³⁾	(l / 164; 3.65cm) / (l / 250; 2.40cm) =	1,52

Art	Info
Biegung u. Normalkraft ¹⁾	M _{2,Ed} = 67.16 kNm/m; M _{2,Rd} = 73.79 kNm/m; γ _c = 1.50; f _{cd} = 1.67 kN/cm ² ; γ _s = 1.15; f _{yd} = 47.83 kN/cm ² ; A _{s1} = 9.04 cm ² /m; ε _{c,min} = -3.50 ‰; ε _{c,max} = 20.53 ‰; ε _s = 16.60 ‰; α ₀ = 0.0 °; x = 3.2 cm; z = 17.1 cm;
Querkraft ohne Bewehrung ²⁾	V _{Ed,red} = 41.23 kN/m; V _{Rd,c} = 101.89 kN/m; γ _c = 1.50; f _{cd} = 1.67 kN/cm ² ; γ _s = 1.15; f _{ywd} = 47.83 kN/cm ² ; A _{s1} = 9.04 cm ² /m; b _{w,2} = 100.0 cm; b _{w,3} = 22.0 cm; d ₂ = 50.0 cm; d ₃ = 18.4 cm;
Gebrauchstauglichkeitsnachweis ³⁾	w _{vorh} = 3.65 cm; w _{zul} = 2.40 cm; Rissmoment M ₂ = 24.96 kNm/m; φ = 2.44; 1/r = 7.03; t = 25000 Tage; φ = 64.50 %;

LfK ... Lastfallkombination
 η ... Ausnutzungsgrad
 Biegung u. Normalkraft Abschnitt (6.1)
 Querkraft Formel (6.2)
 Durchbiegung Abschnitt 7.4.3

M_{Ed} ... Einwirkendes Biegemoment
 M_{Rd} ... Aufnehmbares Biegemoment
 γ_c ... Teilsicherheitsbeiwert für Beton
 f_{cd} ... Druckfestigkeit des Betons
 γ_s ... Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl
 f_{yd} ... Streckgrenze des Betonstahls
 A_{s1} ... Zugbewehrung
 ε_{c,min} ... Betondehnung
 ε_{c,max} ...
 ε_s ... Stahldehnung
 α₀ ... Winkel der Nulllinie
 x ... Höhe der Druckzone
 d ... statische Nutzhöhe
 z ... Hebelarm der inneren Kräfte
 V_{Ed,red} ... Einwirkende reduzierte Querkraft
 V_{Rd,c} ... Aufnehmbare Querkraft ohne Querkraftbewehrung
 A_{sl} ... Fläche der Zugbewehrung
 b_w ... kleinste Querschnittsbreite
 d ... statische Nutzhöhe
 w_{vorh} ... vorhandene Durchbiegung
 w_{zul} ... zulässige Durchbiegung
 φ ... Kriechzahl
 1/r ... Krümmung
 t ... Einwirkungszeit (Tage)
 φ ... Relative Luftfeuchtigkeit

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel

Datum: 12.04.2016

Abschnitt:

Bauherr:

Ort:

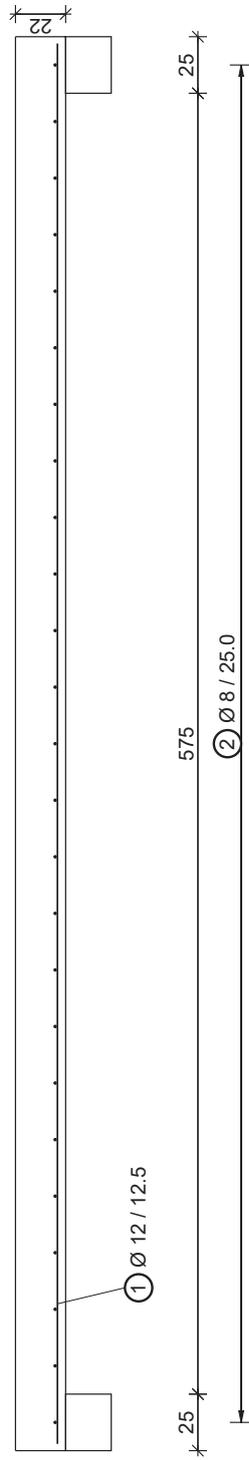
Zusatztext

Überhöhung um $l/300 = 2,0\text{cm}$

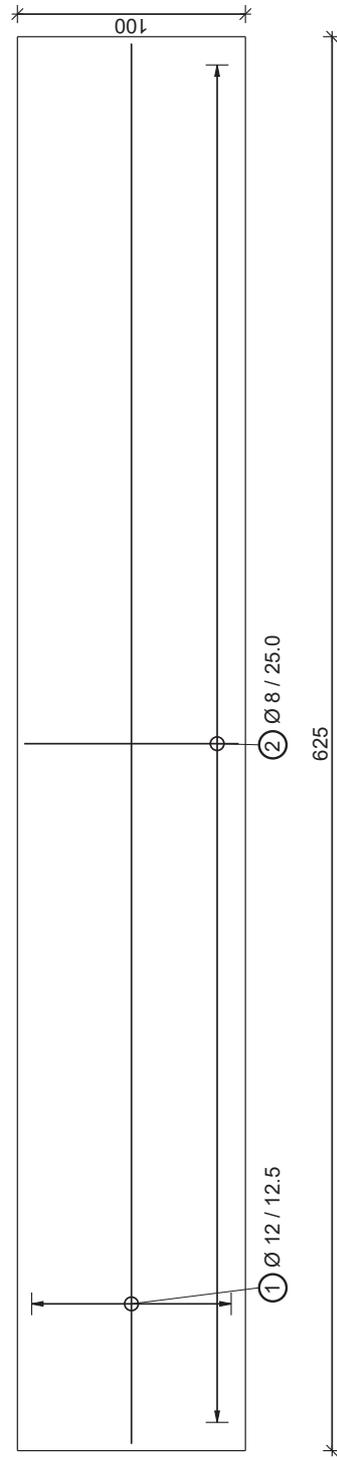
-> $w = 3,65 - 2,0 = 1,65\text{cm} < 2,4\text{cm}$

$1,65\text{cm} = l/364$

Stahlbetondecke L = 6m M 1:30



Stahlbetondecke L = 6m M 1:30



Stahlbetondecke L = 7m

Bauteil: Einachsig gespannte Platte - EC 2

Geometrie

Stäbe:

Nr.	l [cm]
S1	700,0

Knoten:

Nr.	b [cm]	Auflagerung x	Auflagerung y
K1	25,0	hor. u. ver. gehalten	hor. u. ver. gehalten
K2	25,0	ver. gehalten	hor. u. ver. gehalten

Nr.	Stab	w _{Q,St}	θ [°]	l _{k,2} [cm]	l _{k,3} [cm]
P1	S1		250	31,0	Eulerfall

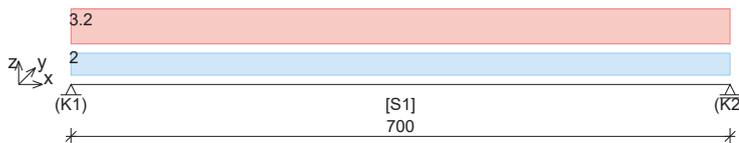
l ... Systemlänge
 b ... Auflagerbreite
 hor. ... horizontal
 ver. ... vertikal

w ... zul. Durchbiegung l/w;
 l ist die Stützweite; bei
 Auskragungen ist l die
 doppelte Kraglänge

w_{Q,St} ... Durchbiegung aus
 Quasi ständiger
 Kombination

θ ... Druckstrebenneigung

l_k ... Knicklänge in
 Achsrichtung



Lasten

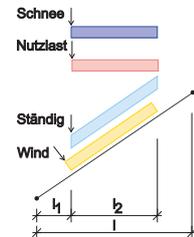
Eigengewicht (EG) wird berücksichtigt. Wichte= 25,0 kN/m³

Bauteileinflussfläche für Schneelasten: größer 10 m²

Nr.	Bezug	Bezeichnung	Art	Typ	Größe _{ei}	Größe _{re}	l ₁ [cm]	l ₂ [cm]
L1	alle Stäbe	Fußbodenaufbau	Gleichlast	Ständig	2,00	2,00	0,0	l - l1
L2	alle Stäbe	Nutzlast + ZWZ	Gleichlast	Nutzlast	3,20	3,20	0,0	l - l1

Größe ... bei Gleich- bzw. Trapezlast in kN/m²

Größe ... bei Einzellast in kN/m



Lastfälle

Kategorie A: Wohngebäude

Ort unter 1000m Seehöhe

Nr.	Name	Kombinationsbeiwerte					
		Wirkungsart	Last Nr.	LW	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
LF1	G + Q	Ständig	EG, L1				
		Nutzlast	L2	Ein	0,70	0,50	0,30

Lastfälle:

ψ ... Kombinationsbeiwert

Lastfallkombinationen:

V_{red} ... Querkraftreduktion

γ ... Teilsicherheitsbeiwert

G ... ständige Belastung

Q ... veränderliche

Belastung (Nutzlast)

S ... Schneelasten

Wg1, Wg2 ... Windlasten

A ... außergewöhnliche

Belastung

EG ... Eigengewicht

FAL ... Fundamentauflast

ERD ... Erddruck aus Erdreich

sup ... ungünstige Einwirkung

inf ... günstige Einwirkung

LW ... Lastwechsel

Lastfallkombinationen

Normaltemperatur

Nr.	Bezeichnung	Typ	V _{red}	Lastfall	γ _{G,sup}	γ _{G,inf}	γ _Q
KB1	Lagesicherheit	Gruppe A	Aus	LF1	1,10	0,90	1,50
KB2	Tragsicherheit	Gruppe B	Ein	LF1	1,35	1,00	1,50
KB3	Kurzzeitkombination	Charakteristisch	Aus	LF1	1,00	1,00	1,00
KB4	Häufige Kombination	Häufig	Aus	LF1	1,00	1,00	1,00

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel
 Abschnitt:
 Bauherr:
 Ort:

Datum: 12.04.2016

Nr.	Bezeichnung	Typ	V _{red.}	Lastfall	γ _{G,sup}	γ _{G,inf}	γ _Q
KB5	Langzeitkombination	Quasi-ständig	Aus	LF1	1,00	1,00	1,00

Lastfälle + Kombinationen für Auflager

Nr.	Kombi.	Name
LF2	KB6	Ständige Lasten
LF3	KB7	Nutzlasten
LF4	KB8	Gesamtlast

Material

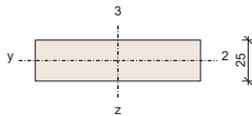
Betongüte: C25/30

Stahlgüte: BSt 550

Querschnitt

Platte; Platte Nr.: S1

Normaltemperatur h = 25,0 cm A = 2500,00 cm² I_z = 130208,3 cm⁴



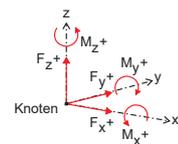
Querschnitt(e) sind im Schubmittelpunkt zu belasten.
 h ... Höhe
 A ... Fläche
 I ... Trägheitsmoment um Achse

Auflagerreaktionen Normaltemperatur

für den Nachweis der Lagesicherheit (Designkräfte)

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	max _{Linie}	min _{Linie}
K1	KB1 - Lagesicherheit	F _z	48,56	25,99	48,56	25,99
K2	KB1 - Lagesicherheit	F _z	48,56	25,99	48,56	25,99

Auflagerreaktionen



max, min
 F ... [kN]
 M ... [kNm]
 Linie ... Umrechnung in Linienlast
 max_{Linie}, min_{Linie}
 F ... [kN/m]
 M ... [kNm/m]

für den Nachweis der Tragsicherheit (Designkräfte)

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	max _{Linie}	min _{Linie}
K1	KB2 - Tragsicherheit	F _z	55,78	28,88	55,78	28,88
K2	KB2 - Tragsicherheit	F _z	55,78	28,87	55,78	28,87

getrennt nach Lasttyp für die Weiterberechnung (charakteristische Auflagerkräfte)

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	max _{Linie}	min _{Linie}
K1	KB6 - Ständige Lasten	F _z	28,88	28,88	28,88	28,88
K1	KB7 - Nutzlasten	F _z	11,20	0,00	11,20	0,00
K2	KB6 - Ständige Lasten	F _z	28,87	28,87	28,87	28,87
K2	KB7 - Nutzlasten	F _z	11,20	0,00	11,20	0,00

Gesamtauflagerkräfte (charakteristische Auflagerkräfte)

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	max _{Linie}	min _{Linie}
K1	KB8 - Gesamtlast	F _z	40,08	28,88	40,08	28,88
K2	KB8 - Gesamtlast	F _z	40,07	28,87	40,07	28,87

Bewehrungsanordnung

Pos.	Bezeichnung	Info
1	S1, Feld	Ø 14 / 13.0 (11.85cm ² /m)
2	S1, Verteiler Feld	Ø 8 / 20.0 (2.52cm ² /m)

Allgemeine und konstruktive Bewehrungsregeln sind nach ÖNORM EN 1992-1-1 (Punkt 8 u. 9) einzuhalten. Verankerungen an Endauflagern werden nicht überprüft.

Nachweise Normaltemperatur

ÖNORM EN 1992-1-1 (Ausg. 2011-12-01), ÖNORM B 1992-1-1 (Ausg. 2011-12-01)

Stäbe

Nr.	Pos.	LfK	Teil	Formel	η
S1	350,0	KB2	Biegung u. Normalkraft ¹⁾	$(97.62) / (110.78)$	0,88
S1	687,5	KB2	Querkraft ohne Bewehrung ²⁾	$51.55 / 121.02 =$	0,43
S1	350,0	KB5	Gebrauchstauglichkeitsnachweis ³⁾	$(l / 155; 4.52\text{cm}) / (l / 250; 2.80\text{cm}) =$	1,61

Art	Info
Biegung u. Normalkraft ¹⁾	$M_{2,Ed} = 97.62 \text{ kNm/m}; M_{2,Rd} = 110.78 \text{ kNm/m}; \gamma_c = 1.50; f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2; \gamma_s = 1.15; f_{yd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2; A_{s1} = 11.85 \text{ cm}^2/\text{m}; \epsilon_{c,min} = -3.50 \text{ ‰}; \epsilon_{c,max} = 17.34 \text{ ‰}; \epsilon_s = 14.26 \text{ ‰}; \alpha_0 = 0.0 \text{ ‰}; x = 4.2 \text{ cm}; z = 19.6 \text{ cm};$
Querkraft ohne Bewehrung ²⁾	$V_{Ed,red} = 51.55 \text{ kN/m}; V_{Rd,c} = 121.02 \text{ kN/m}; \gamma_c = 1.50; f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2; \gamma_s = 1.15; f_{ywd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2; A_{s1} = 11.85 \text{ cm}^2/\text{m}; b_{w,2} = 100.0 \text{ cm}; b_{w,3} = 25.0 \text{ cm}; d_2 = 50.0 \text{ cm}; d_3 = 21.3 \text{ cm};$
Gebrauchstauglichkeitsnachweis ³⁾	$w_{vorh} = 4.52 \text{ cm}; w_{zul} = 2.80 \text{ cm}; \text{Rissmoment } M_2 = 33.56 \text{ kNm/m}; \varphi = 2.41; 1/r = 6.33; t = 25000 \text{ Tage}; \Phi = 64.50 \text{ ‰};$

LfK ... Lastfallkombination
 η ... Ausnutzungsgrad
 Biegung u. Normalkraft Abschnitt (6.1)
 Querkraft Formel (6.2)
 Durchbiegung Abschnitt 7.4.3

M_{Ed} ... Einwirkendes Biegemoment
 M_{Rd} ... Aufnehmbares Biegemoment
 γ_c ... Teilsicherheitsbeiwert für Beton
 f_{cd} ... Druckfestigkeit des Betons
 γ_s ... Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl
 f_{yd} ... Streckgrenze des Betonstahls
 A_{s1} ... Zugbewehrung
 ε_{c,min} ... Betondehnung
 ε_{c,max} ...
 ε_s ... Stahldehnung
 α₀ ... Winkel der Nulllinie
 x ... Höhe der Druckzone
 d ... statische Nutzhöhe
 z ... Hebelarm der inneren Kräfte
 V_{Ed,red} ... Einwirkende reduzierte Querkraft
 V_{Rd,c} ... Aufnehmbare Querkraft ohne Querkraftbewehrung
 A_{sl} ... Fläche der Zugbewehrung
 b_w ... kleinste Querschnittsbreite
 d ... statische Nutzhöhe
 w_{vorh} ... vorhandene Durchbiegung
 w_{zul} ... zulässige Durchbiegung
 φ ... Kriechzahl
 1/r ... Krümmung
 t ... Einwirkungszeit (Tage)
 Φ ... Relative Luftfeuchtigkeit

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel

Datum: 12.04.2016

Abschnitt:

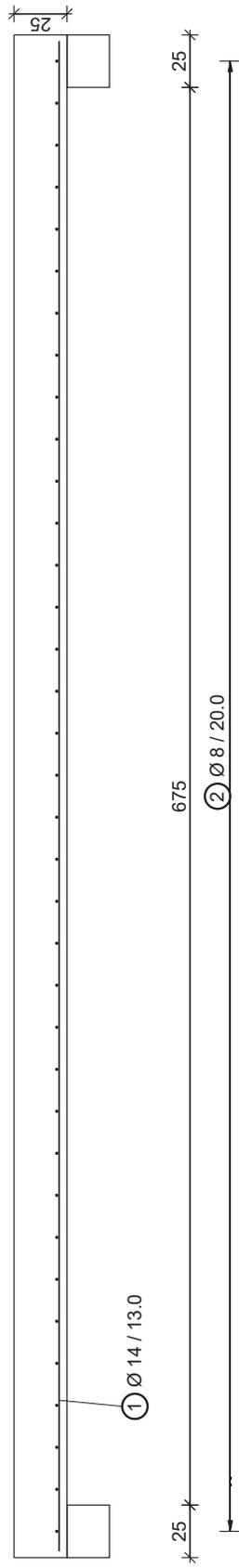
Bauherr:

Ort:

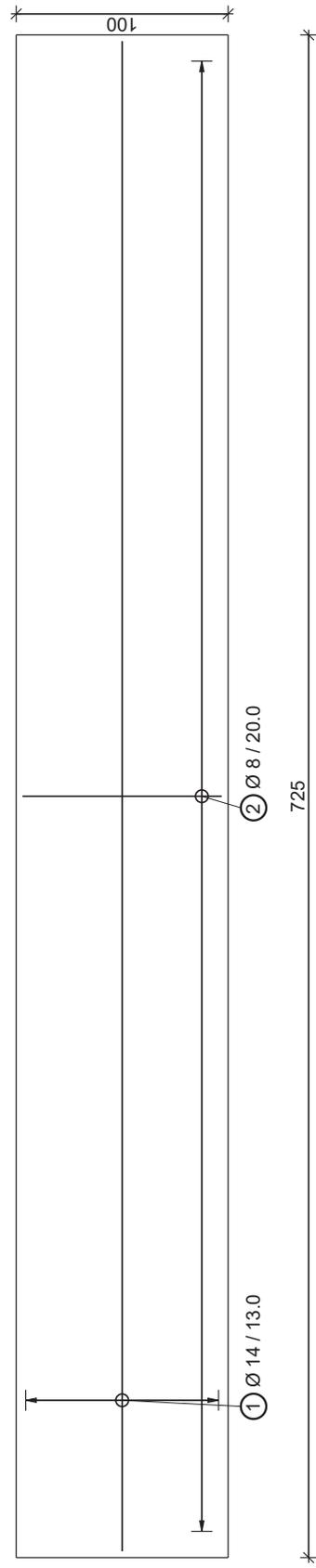
Zusatztext

Überhöhung um $l/300 = 2,33\text{cm}$
-> $w = 4,52 - 2,33 = 2,19\text{cm} < 2,8\text{cm}$
 $2,19\text{cm} = l/320$

Stahlbetondecke L = 7m M 1:30



Stahlbetondecke L = 7m M 1:30



Stahlbetondecke L = 8m

Bauteil: Einachsig gespannte Platte - EC 2

Geometrie

Stäbe:

Nr.	I [cm]
S1	800,0

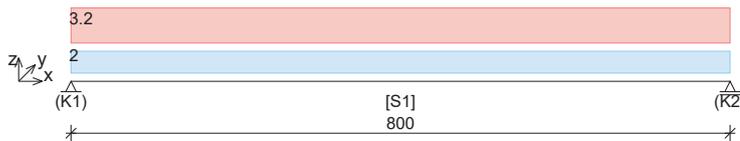
Knoten:

Nr.	b [cm]	Auflagerung x	Auflagerung y
K1	25,0	hor. u. ver. gehalten	hor. u. ver. gehalten
K2	25,0	ver. gehalten	hor. u. ver. gehalten

Nr.	Stab	w _{Q,St}	θ [°]	l _{k,2} [cm]	l _{k,3} [cm]
P1	S1		250	31,0	Eulerfall

l ... Systemlänge
 b ... Auflagerbreite
 hor. ... horizontal
 ver. ... vertikal

w ... zul. Durchbiegung l/w;
 l ist die Stützweite; bei Auskragungen ist l die doppelte Kraglänge
 w_{Q,St} ... Durchbiegung aus Quasi ständiger Kombination
 θ ... Druckstrebenneigung
 l_k ... Knicklänge in Achsrichtung



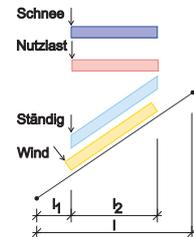
Lasten

Eigengewicht (EG) wird berücksichtigt. Wichte = 25,0 kN/m³
 Bauteileinflussfläche für Schneelasten: größer 10 m²

Nr.	Bezug	Bezeichnung	Art	Typ	Größe _{bei}	Größe _{re}	l ₁ [cm]	l ₂ [cm]
L1	alle Stäbe	Fußbodenaufbau	Gleichlast	Ständig	2,00	2,00	0,0	l - l1
L2	alle Stäbe	Nutzlast + ZWZ	Gleichlast	Nutzlast	3,20	3,20	0,0	l - l1

Größe ... bei Gleich- bzw. Trapezlast in kN/m²

Größe ... bei Einzellast in kN/m



Lastfälle

Kategorie A: Wohngebäude
 Ort unter 1000m Seehöhe

Nr.	Name	Kombinationsbeiwerte					
		Wirkungsart	Last Nr.	LW	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
LF1	G + Q	Ständig	EG, L1				
		Nutzlast	L2	Ein	0,70	0,50	0,30

Lastfälle:
 ψ ... Kombinationsbeiwert
 Lastfallkombinationen:
 V_{red} ... Querkraftreduktion
 γ ... Teilsicherheitsbeiwert
 G ... ständige Belastung
 Q ... veränderliche Belastung (Nutzlast)
 S ... Schneelasten
 Wg1, Wg2 ... Windlasten
 A ... außergewöhnliche Belastung
 EG ... Eigengewicht
 FAL ... Fundametauflast
 ERD ... Erddruck aus Erdreich
 sup ... ungünstige Einwirkung
 inf ... günstige Einwirkung
 LW ... Lastwechsel

Lastfallkombinationen

Normaltemperatur

Nr.	Bezeichnung	Typ	V _{red}	Lastfall	γ _{G,sup}	γ _{G,inf}	γ _Q
KB1	Lagesicherheit	Gruppe A	Aus	LF1	1,10	0,90	1,50
KB2	Tragsicherheit	Gruppe B	Ein	LF1	1,35	1,00	1,50
KB3	Kurzzeitkombination	Charakteristisch	Aus	LF1	1,00	1,00	1,00
KB4	Häufige Kombination	Häufig	Aus	LF1	1,00	1,00	1,00

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel
 Abschnitt:
 Bauherr:
 Ort:

Datum: 12.04.2016

Nr.	Bezeichnung	Typ	V _{red.}	Lastfall	γ _{G,sup}	γ _{G,inf}	γ _Q
KB5	Langzeitkombination	Quasi-ständig	Aus	LF1	1,00	1,00	1,00

Lastfälle + Kombinationen für Auflager

Nr.	Kombi.	Name
LF2	KB6	Ständige Lasten
LF3	KB7	Nutzlasten
LF4	KB8	Gesamtlast

Material

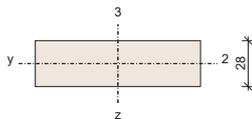
Betongüte: C25/30

Stahlgüte: BSt 550

Querschnitt

Platte; Platte Nr.: S1

Normaltemperatur h = 28,0 cm A = 2800,00 cm² I_z = 182933,3 cm⁴



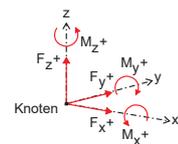
Querschnitt(e) sind im Schubmittelpunkt zu belasten.
 h ... Höhe
 A ... Fläche
 I ... Trägheitsmoment um Achse

Auflagerreaktionen Normaltemperatur

für den Nachweis der Lagesicherheit (Designkräfte)

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	max _{Linie}	min _{Linie}
K1	KB1 - Lagesicherheit	F _z	58,80	32,40	58,80	32,40
K2	KB1 - Lagesicherheit	F _z	58,79	32,40	58,79	32,40

Auflagerreaktionen



max, min
 F ... [kN]
 M ... [kNm]
 Linie ... Umrechnung in Linienlast
 max_{Linie}, min_{Linie}
 F ... [kN/m]
 M ... [kNm/m]

für den Nachweis der Tragsicherheit (Designkräfte)

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	max _{Linie}	min _{Linie}
K1	KB2 - Tragsicherheit	F _z	67,80	36,00	67,80	36,00
K2	KB2 - Tragsicherheit	F _z	67,79	36,00	67,79	36,00

getrennt nach Lasttyp für die Weiterberechnung (charakteristische Auflagerkräfte)

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel
 Abschnitt:
 Bauherr:
 Ort:

Datum: 12.04.2016

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	max _{Linie}	min _{Linie}
K1	KB6 - Ständige Lasten	F _z	36,00	36,00	36,00	36,00
K1	KB7 - Nutzlasten	F _z	12,80	0,00	12,80	0,00
K2	KB6 - Ständige Lasten	F _z	36,00	36,00	36,00	36,00
K2	KB7 - Nutzlasten	F _z	12,80	0,00	12,80	0,00

Gesamtauflagerkräfte (charakteristische Auflagerkräfte)

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	max _{Linie}	min _{Linie}
K1	KB8 - Gesamtlast	F _z	48,80	36,00	48,80	36,00
K2	KB8 - Gesamtlast	F _z	48,79	36,00	48,79	36,00

Bewehrungsanordnung

Pos.	Bezeichnung	Info
1	S1, Feld	Ø 16 / 15.0 (13.40cm ² /m)
2	S1, Verteiler Feld	Ø 10 / 25.0 (3.14cm ² /m)

Allgemeine und konstruktive Bewehrungsregeln sind nach ÖNORM EN 1992-1-1 (Punkt 8 u. 9) einzuhalten. Verankerungen an Endauflagern werden nicht überprüft.

Nachweise Normaltemperatur

ÖNORM EN 1992-1-1 (Ausg. 2011-12-01), ÖNORM B 1992-1-1 (Ausg. 2011-12-01)

Stäbe

Nr.	Pos.	LfK	Teil	Formel	η
S1	400,0	KB2	Biegung u. Normalkraft ¹⁾	$(135.60) / (142.43)$	0,95
S1	787,5	KB2	Querkraft ohne Bewehrung ²⁾	$62.82 / 133.12 =$	0,47
S1	400,0	KB5	Gebrauchstauglichkeitsnachweis ³⁾	$(l / 138; 5.79\text{cm}) / (l / 250; 3.20\text{cm}) =$	1,81

Art	Info
Biegung u. Normalkraft ¹⁾	$M_{2,Ed} = 135.60 \text{ kNm/m}; M_{2,Rd} = 142.43 \text{ kNm/m}; \gamma_c = 1.50; f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2; \gamma_s = 1.15; f_{yd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2; A_{s1} = 13.40 \text{ cm}^2/\text{m}; \epsilon_{c,min} = -3.50 \text{ ‰}; \epsilon_{c,max} = 17.13 \text{ ‰}; \epsilon_s = 14.33 \text{ ‰}; \alpha_0 = 0.0^\circ; x = 4.7 \text{ cm}; z = 22.2 \text{ cm};$
Querkraft ohne Bewehrung ²⁾	$V_{Ed,red} = 62.82 \text{ kN/m}; V_{Rd,c} = 133.12 \text{ kN/m}; \gamma_c = 1.50; f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2; \gamma_s = 1.15; f_{ywd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2; A_{s1} = 13.40 \text{ cm}^2/\text{m}; b_{w,2} = 100.0 \text{ cm}; b_{w,3} = 28.0 \text{ cm}; d_2 = 50.0 \text{ cm}; d_3 = 24.2 \text{ cm};$
Gebrauchstauglichkeitsnachweis ³⁾	$w_{vorh} = 5.79 \text{ cm}; w_{zul} = 3.20 \text{ cm}; \text{Rissmoment } M_2 = 42.43 \text{ kNm/m}; \varphi = 2.38; 1/r = 6.18; t = 25000 \text{ Tage}; \Phi = 64.50 \text{ ‰};$

LfK ... Lastfallkombination
 η ... Ausnutzungsgrad
 Biegung u. Normalkraft Abschnitt (6.1)
 Querkraft Formel (6.2)
 Durchbiegung Abschnitt 7.4.3

M_{Ed} ... Einwirkendes Biegemoment
 M_{Rd} ... Aufnehmbares Biegemoment
 γ_c ... Teilsicherheitsbeiwert für Beton
 f_{cd} ... Druckfestigkeit des Betons
 γ_s ... Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl
 f_{yd} ... Streckgrenze des Betonstahls
 A_{s1} ... Zugbewehrung
 ε_{c,min} ... Betondehnung
 ε_{c,max} ...
 ε_s ... Stahldehnung
 α₀ ... Winkel der Nulllinie
 x ... Höhe der Druckzone
 d ... statische Nutzhöhe
 z ... Hebelarm der inneren Kräfte
 V_{Ed,red} ... Einwirkende reduzierte Querkraft
 V_{Rd,c} ... Aufnehmbare Querkraft ohne Querkraftbewehrung
 A_{sl} ... Fläche der Zugbewehrung
 b_w ... kleinste Querschnittsbreite
 d ... statische Nutzhöhe
 w_{vorh} ... vorhandene Durchbiegung
 w_{zul} ... zulässige Durchbiegung
 φ ... Kriechzahl
 1/r ... Krümmung
 t ... Einwirkungszeit (Tage)
 Φ ... Relative Luftfeuchtigkeit

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel

Datum: 12.04.2016

Abschnitt:

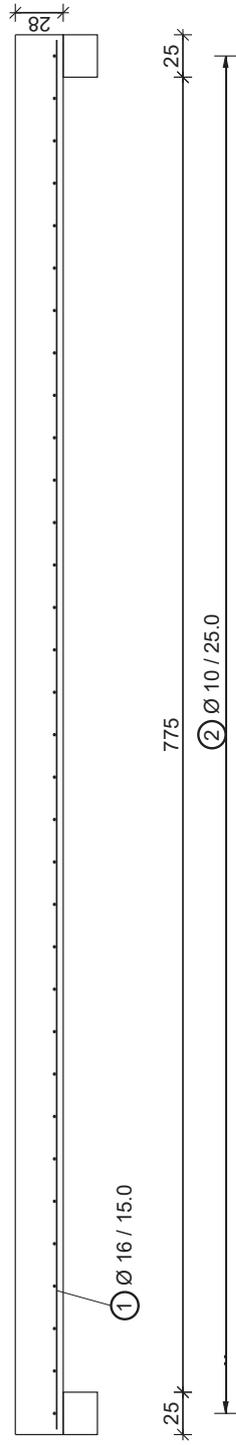
Bauherr:

Ort:

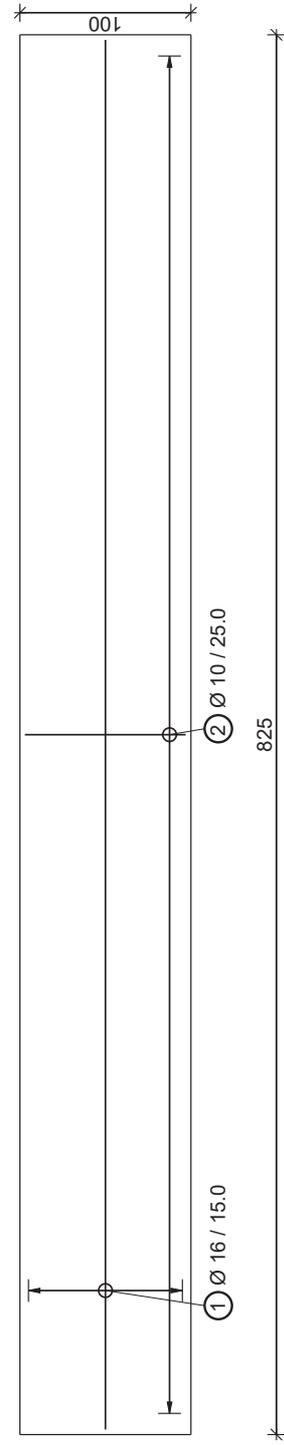
Zusatztext

Überhöhung um $l/300 = 2,67\text{cm}$
-> $w = 5,79 - 2,67 = 3,12\text{cm} < 3,2\text{cm}$
 $3,12\text{cm} = l/256$

Stahlbetondecke L = 8m M 1:40



Stahlbetondecke L = 8m M 1:40



Stahlbetondecke L = 9m

Bauteil: Einachsig gespannte Platte - EC 2

Geometrie

Stäbe:

Nr.	l [cm]
S1	900,0

Knoten:

Nr.	b [cm]	Auflagerung x	Auflagerung y
K1	25,0	hor. u. ver. gehalten	hor. u. ver. gehalten
K2	25,0	ver. gehalten	hor. u. ver. gehalten

Nr.	Stab	w _{Q,St}	θ [°]	l _{k,2} [cm]	l _{k,3} [cm]
P1	S1		250	31,0	Eulerfall

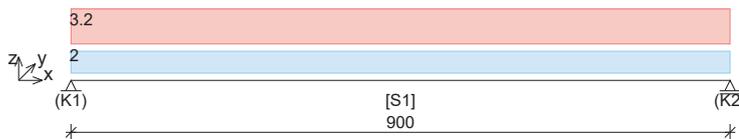
l ... Systemlänge
 b ... Auflagerbreite
 hor. ... horizontal
 ver. ... vertikal

w ... zul. Durchbiegung l/w;
 l ist die Stützweite; bei Auskragungen ist l die doppelte Kraglänge

w_{Q,St} ... Durchbiegung aus Quasi ständiger Kombination

θ ... Druckstrebenneigung

l_k ... Knicklänge in Achsrichtung



Lasten

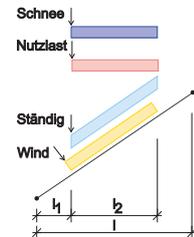
Eigengewicht (EG) wird berücksichtigt. Wichte = 25,0 kN/m³

Bauteileinflussfläche für Schneelasten: größer 10 m²

Nr.	Bezug	Bezeichnung	Art	Typ	Größe _{bei}	Größe _{re}	l ₁ [cm]	l ₂ [cm]
L1	alle Stäbe	Fußbodenaufbau	Gleichlast	Ständig	2,00	2,00	0,0	l - l1
L2	alle Stäbe	Nutzlast + ZWZ	Gleichlast	Nutzlast	3,20	3,20	0,0	l - l1

Größe ... bei Gleich- bzw. Trapezlast in kN/m²

Größe ... bei Einzellast in kN/m



Lastfälle

Kategorie A: Wohngebäude

Ort unter 1000m Seehöhe

Nr.	Name	Kombinationsbeiwerte					
		Wirkungsart	Last Nr.	LW	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
LF1	G + Q	Ständig	EG, L1				
		Nutzlast	L2	Ein	0,70	0,50	0,30

Lastfälle:

ψ ... Kombinationsbeiwert

Lastfallkombinationen:

V_{red} ... Querkraftreduktion

γ ... Teilsicherheitsbeiwert

G ... ständige Belastung

Q ... veränderliche Belastung (Nutzlast)

S ... Schneelasten

Wg1, Wg2 ... Windlasten

A ... außergewöhnliche Belastung

EG ... Eigengewicht

FAL ... Fundamentauflast

ERD ... Erddruck aus Erdreich

sup ... ungünstige Einwirkung

inf ... günstige Einwirkung

LW ... Lastwechsel

Lastfallkombinationen

Normaltemperatur

Nr.	Bezeichnung	Typ	V _{red}	Lastfall	γ _{G,sup}	γ _{G,inf}	γ _Q
KB1	Lagesicherheit	Gruppe A	Aus	LF1	1,10	0,90	1,50
KB2	Tragsicherheit	Gruppe B	Ein	LF1	1,35	1,00	1,50
KB3	Kurzzeitkombination	Charakteristisch	Aus	LF1	1,00	1,00	1,00
KB4	Häufige Kombination	Häufig	Aus	LF1	1,00	1,00	1,00

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel
 Abschnitt:
 Bauherr:
 Ort:

Datum: 12.04.2016

Nr.	Bezeichnung	Typ	V _{red.}	Lastfall	γ _{G,sup}	γ _{G,inf}	γ _Q
KB5	Langzeitkombination	Quasi-ständig	Aus	LF1	1,00	1,00	1,00

Lastfälle + Kombinationen für Auflager

Nr.	Kombi.	Name
LF2	KB6	Ständige Lasten
LF3	KB7	Nutzlasten
LF4	KB8	Gesamtlast

Material

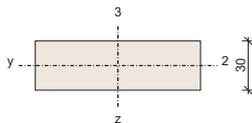
Betongüte: C25/30

Stahlgüte: BSt 550

Querschnitt

Platte; Platte Nr.: S1

Normaltemperatur h = 30,0 cm A = 3000,00 cm² I_z = 225000,0 cm⁴



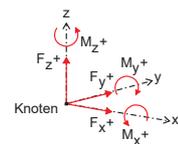
Querschnitt(e) sind im Schubmittelpunkt zu belasten.
 h ... Höhe
 A ... Fläche
 I ... Trägheitsmoment um Achse

Auflagerreaktionen Normaltemperatur

für den Nachweis der Lagesicherheit (Designkräfte)

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	max _{Linie}	min _{Linie}
K1	KB1 - Lagesicherheit	F _z	68,63	38,48	68,63	38,48
K2	KB1 - Lagesicherheit	F _z	68,62	38,47	68,62	38,47

Auflagerreaktionen



max, min
 F ... [kN]
 M ... [kNm]
 Linie ... Umrechnung in Linienlast
 max_{Linie}, min_{Linie}
 F ... [kN/m]
 M ... [kNm/m]

für den Nachweis der Tragsicherheit (Designkräfte)

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	max _{Linie}	min _{Linie}
K1	KB2 - Tragsicherheit	F _z	79,32	42,75	79,32	42,75
K2	KB2 - Tragsicherheit	F _z	79,31	42,75	79,31	42,75

getrennt nach Lasttyp für die Weiterberechnung (charakteristische Auflagerkräfte)

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel
 Abschnitt:
 Bauherr:
 Ort:

Datum: 12.04.2016

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	max _{Linie}	min _{Linie}
K1	KB6 - Ständige Lasten	F _z	42,75	42,75	42,75	42,75
K1	KB7 - Nutzlasten	F _z	14,40	0,00	14,40	0,00
K2	KB6 - Ständige Lasten	F _z	42,75	42,75	42,75	42,75
K2	KB7 - Nutzlasten	F _z	14,40	0,00	14,40	0,00

Gesamtauflagerkräfte (charakteristische Auflagerkräfte)

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	max _{Linie}	min _{Linie}
K1	KB8 - Gesamtlast	F _z	57,15	42,75	57,15	42,75
K2	KB8 - Gesamtlast	F _z	57,15	42,75	57,15	42,75

Bewehrungsanordnung

Pos.	Bezeichnung	Info
1	S1, Feld	Ø 16 / 10.0 (20.10cm ² /m)
2	S1, Verteiler Feld	Ø 10 / 17.5 (4.49cm ² /m)

Allgemeine und konstruktive Bewehrungsregeln sind nach ÖNORM EN 1992-1-1 (Punkt 8 u. 9) einzuhalten. Verankerungen an Endauflagern werden nicht überprüft.

Nachweise Normaltemperatur

ÖNORM EN 1992-1-1 (Ausg. 2011-12-01), ÖNORM B 1992-1-1 (Ausg. 2011-12-01)

Stäbe

Nr.	Pos.	LfK	Teil	Formel	η
S1	450,0	KB2	Biegung u. Normalkraft ¹⁾	$(178.45) / (223.37)$	0,80
S1	887,5	KB2	Querkraft ohne Bewehrung ²⁾	$73.80 / 157.69 =$	0,47
S1	450,0	KB5	Gebrauchstauglichkeitsnachweis ³⁾	$(l / 142; 6.32\text{cm}) / (l / 250; 3.60\text{cm}) =$	1,76

Art	Info
Biegung u. Normalkraft ¹⁾	$M_{2,Ed} = 178.45 \text{ kNm/m}; M_{2,Rd} = 223.37 \text{ kNm/m}; \gamma_c = 1.50; f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2; \gamma_s = 1.15; f_{yd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2; A_{s1} = 20.10 \text{ cm}^2/\text{m}; \epsilon_{c,min} = -3.50 \text{ ‰}; \epsilon_{c,max} = 11.24 \text{ ‰}; \epsilon_s = 9.37 \text{ ‰}; \alpha_0 = 0.0^\circ; x = 7.1 \text{ cm}; z = 23.2 \text{ cm};$
Querkraft ohne Bewehrung ²⁾	$V_{Ed,red} = 73.80 \text{ kN/m}; V_{Rd,c} = 157.69 \text{ kN/m}; \gamma_c = 1.50; f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2; \gamma_s = 1.15; f_{ywd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2; A_{s1} = 20.10 \text{ cm}^2/\text{m}; b_{w,2} = 100.0 \text{ cm}; b_{w,3} = 30.0 \text{ cm}; d_2 = 50.0 \text{ cm}; d_3 = 26.2 \text{ cm};$
Gebrauchstauglichkeitsnachweis ³⁾	$w_{vorh} = 6.32 \text{ cm}; w_{zul} = 3.60 \text{ cm}; \text{Rissmoment } M_2 = 52.69 \text{ kNm/m}; \varphi = 2.37; 1/r = 4.94; t = 25000 \text{ Tage}; \Phi = 64.50 \text{ ‰};$

LfK ... Lastfallkombination
 η ... Ausnutzungsgrad
 Biegung u. Normalkraft Abschnitt (6.1)
 Querkraft Formel (6.2)
 Durchbiegung Abschnitt 7.4.3

M_{Ed} ... Einwirkendes Biegemoment
 M_{Rd} ... Aufnehmbares Biegemoment
 γ_c ... Teilsicherheitsbeiwert für Beton
 f_{cd} ... Druckfestigkeit des Betons
 γ_s ... Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl
 f_{yd} ... Streckgrenze des Betonstahls
 A_{s1} ... Zugbewehrung
 ε_{c,min} ... Betondehnung
 ε_{c,max} ...
 ε_s ... Stahldehnung
 α₀ ... Winkel der Nulllinie
 x ... Höhe der Druckzone
 d ... statische Nutzhöhe
 z ... Hebelarm der inneren Kräfte
 V_{Ed,red} ... Einwirkende reduzierte Querkraft
 V_{Rd,c} ... Aufnehmbare Querkraft ohne Querkraftbewehrung
 A_{sl} ... Fläche der Zugbewehrung
 b_w ... kleinste Querschnittsbreite
 d ... statische Nutzhöhe
 w_{vorh} ... vorhandene Durchbiegung
 w_{zul} ... zulässige Durchbiegung
 φ ... Kriechzahl
 1/r ... Krümmung
 t ... Einwirkungszeit (Tage)
 Φ ... Relative Luftfeuchtigkeit

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel

Datum: 12.04.2016

Abschnitt:

Bauherr:

Ort:

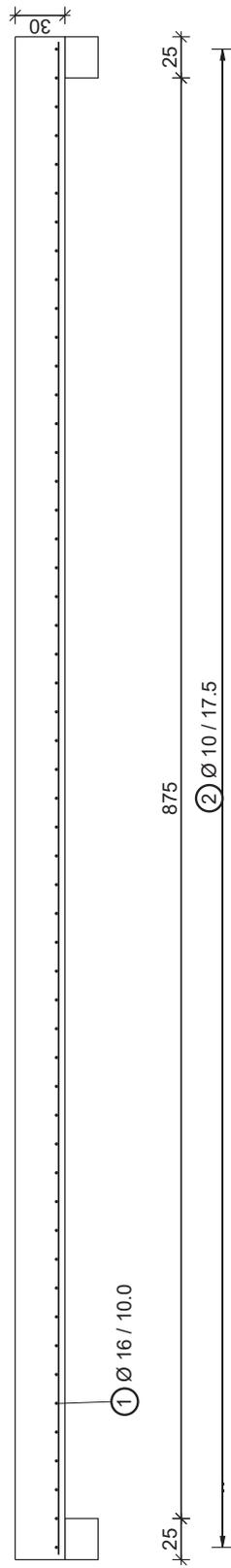
Zusatztext

Überhöhung um $l/300 = 3,0\text{cm}$

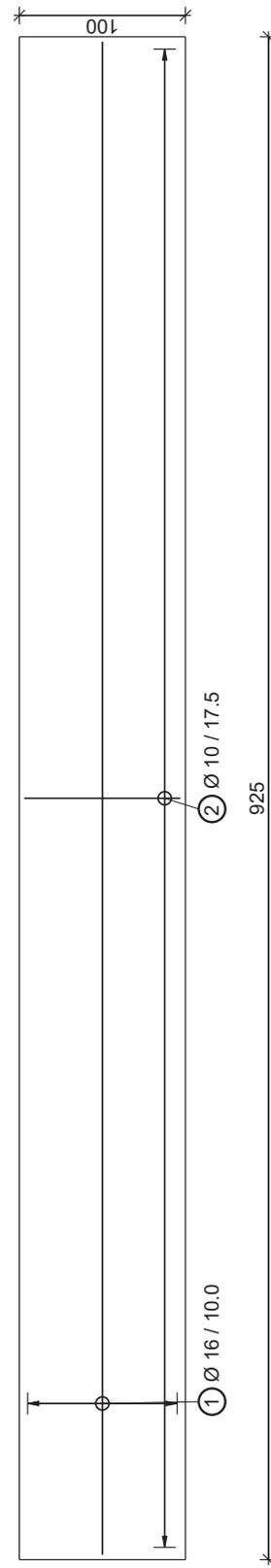
-> $w = 6,32 - 3,0 = 3,32\text{cm} < 3,6\text{cm}$

$3,32\text{cm} = l/271$

Stahlbetondecke L = 9m M 1:40



Stahlbetondecke L = 9m M 1:40



Stahlbetondecke L = 10m

Bauteil: Einachsig gespannte Platte - EC 2

Geometrie

Stäbe:

Nr.	l [cm]
S1	1000,0

Knoten:

Nr.	b [cm]	Auflagerung x	Auflagerung y
K1	25,0	hor. u. ver. gehalten	hor. u. ver. gehalten
K2	25,0	ver. gehalten	hor. u. ver. gehalten

Nr.	Stab	w _{Q,St}	θ [°]	l _{k,2} [cm]	l _{k,3} [cm]
P1	S1		250	31,0	Eulerfall

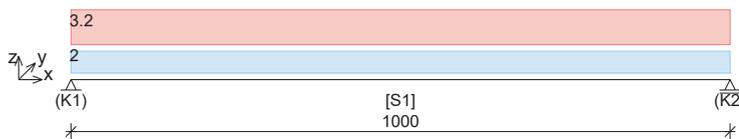
l ... Systemlänge
 b ... Auflagerbreite
 hor. ... horizontal
 ver. ... vertikal

w ... zul. Durchbiegung l/w;
 l ist die Stützweite; bei Auskragungen ist l die doppelte Kraglänge

w_{Q,St} ... Durchbiegung aus Quasi ständiger Kombination

θ ... Druckstrebenneigung

l_k ... Knicklänge in Achsrichtung



Lasten

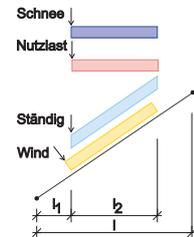
Eigengewicht (EG) wird berücksichtigt. Wichte = 25,0 kN/m³

Bauteileinflussfläche für Schneelasten: größer 10 m²

Nr.	Bezug	Bezeichnung	Art	Typ	Größe _{bei}	Größe _{re}	l ₁ [cm]	l ₂ [cm]
L1	alle Stäbe	Fußbodenaufbau	Gleichlast	Ständig	2,00	2,00	0,0	l - l1
L2	alle Stäbe	Nutzlast + ZWZ	Gleichlast	Nutzlast	3,20	3,20	0,0	l - l1

Größe ... bei Gleich- bzw. Trapezlast in kN/m²

Größe ... bei Einzellast in kN/m



Lastfälle

Kategorie A: Wohngebäude

Ort unter 1000m Seehöhe

Nr.	Name	Kombinationsbeiwerte					
		Wirkungsart	Last Nr.	LW	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
LF1	G + Q	Ständig	EG, L1				
		Nutzlast	L2	Ein	0,70	0,50	0,30

Lastfälle:

ψ ... Kombinationsbeiwert

Lastfallkombinationen:

V_{red} ... Querkraftreduktion

γ ... Teilsicherheitsbeiwert

G ... ständige Belastung

Q ... veränderliche Belastung (Nutzlast)

S ... Schneelasten

Wg1, Wg2 ... Windlasten

A ... außergewöhnliche Belastung

EG ... Eigengewicht

FAL ... Fundamentauflast

ERD ... Erddruck aus Erdreich

sup ... ungünstige Einwirkung

inf ... günstige Einwirkung

LW ... Lastwechsel

Lastfallkombinationen

Normaltemperatur

Nr.	Bezeichnung	Typ	V _{red}	Lastfall	γ _{G,sup}	γ _{G,inf}	γ _Q
KB1	Lagesicherheit	Gruppe A	Aus	LF1	1,10	0,90	1,50
KB2	Tragsicherheit	Gruppe B	Ein	LF1	1,35	1,00	1,50
KB3	Kurzzeitkombination	Charakteristisch	Aus	LF1	1,00	1,00	1,00
KB4	Häufige Kombination	Häufig	Aus	LF1	1,00	1,00	1,00

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel
 Abschnitt:
 Bauherr:
 Ort:

Datum: 12.04.2016

Nr.	Bezeichnung	Typ	V _{red.}	Lastfall	γ _{G,sup}	γ _{G,inf}	γ _Q
KB5	Langzeitkombination	Quasi-ständig	Aus	LF1	1,00	1,00	1,00

Lastfälle + Kombinationen für Auflager

Nr.	Kombi.	Name
LF2	KB6	Ständige Lasten
LF3	KB7	Nutzlasten
LF4	KB8	Gesamtlast

Material

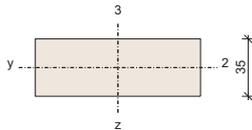
Betongüte: C25/30

Stahlgüte: BSt 550

Querschnitt

Platte; Platte Nr.: S1

Normaltemperatur h = 35,0 cm A = 3500,00 cm² I_z = 357291,7 cm⁴



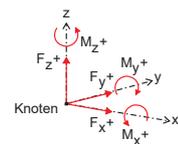
Querschnitt(e) sind im Schubmittelpunkt zu belasten.
 h ... Höhe
 A ... Fläche
 I ... Trägheitsmoment um Achse

Auflagerreaktionen Normaltemperatur

für den Nachweis der Lagesicherheit (Designkräfte)

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	max _{Linie}	min _{Linie}
K1	KB1 - Lagesicherheit	F _z	83,11	48,37	83,11	48,37
K2	KB1 - Lagesicherheit	F _z	83,13	48,38	83,13	48,38

Auflagerreaktionen



max, min
 F ... [kN]
 M ... [kNm]
 Linie ... Umrechnung in Linienlast
 max_{Linie}, min_{Linie}
 F ... [kN/m]
 M ... [kNm/m]

für den Nachweis der Tragsicherheit (Designkräfte)

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	max _{Linie}	min _{Linie}
K1	KB2 - Tragsicherheit	F _z	96,55	53,74	96,55	53,74
K2	KB2 - Tragsicherheit	F _z	96,57	53,76	96,57	53,76

getrennt nach Lasttyp für die Weiterberechnung (charakteristische Auflagerkräfte)

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel
 Abschnitt:
 Bauherr:
 Ort:

Datum: 12.04.2016

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	max _{Linie}	min _{Linie}
K1	KB6 - Ständige Lasten	F _z	53,74	53,74	53,74	53,74
K1	KB7 - Nutzlasten	F _z	16,00	0,00	16,00	0,00
K2	KB6 - Ständige Lasten	F _z	53,76	53,76	53,76	53,76
K2	KB7 - Nutzlasten	F _z	16,00	0,00	16,00	0,00

Gesamtauflagerkräfte (charakteristische Auflagerkräfte)

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	max _{Linie}	min _{Linie}
K1	KB8 - Gesamtlast	F _z	69,74	53,74	69,74	53,74
K2	KB8 - Gesamtlast	F _z	69,76	53,76	69,76	53,76

Bewehrungsanordnung

Pos.	Bezeichnung	Info
1	S1, Feld	Ø 16 / 10.0 (20.10cm ² /m)
2	S1, Verteiler Feld	Ø 10 / 17.5 (4.49cm ² /m)

Allgemeine und konstruktive Bewehrungsregeln sind nach ÖNORM EN 1992-1-1 (Punkt 8 u. 9) einzuhalten. Verankerungen an Endauflagern werden nicht überprüft.

Nachweise Normaltemperatur

ÖNORM EN 1992-1-1 (Ausg. 2011-12-01), ÖNORM B 1992-1-1 (Ausg. 2011-12-01)

Stäbe

Nr.	Pos.	LfK	Teil	Formel	η
S1	500,0	KB2	Biegung u. Normalkraft ¹⁾	$(241.41) / (271.43)$	0,89
S1	987,5	KB2	Querkraft ohne Bewehrung ²⁾	$89.59 / 170.25 =$	0,53
S1	500,0	KB5	Gebrauchstauglichkeitsnachweis ³⁾	$(l / 141; 7.12\text{cm}) / (l / 250; 4.00\text{cm}) =$	1,78

Art	Info
Biegung u. Normalkraft ¹⁾	$M_{2,Ed} = 241.41 \text{ kNm/m}; M_{2,Rd} = 271.43 \text{ kNm/m}; \gamma_c = 1.50; f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2; \gamma_s = 1.15; f_{yd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2; A_{s1} = 20.10 \text{ cm}^2/\text{m}; \epsilon_{c,min} = -3.50 \text{ ‰}; \epsilon_{c,max} = 13.69 \text{ ‰}; \epsilon_s = 11.83 \text{ ‰}; \alpha_0 = 0.0^\circ; x = 7.1 \text{ cm}; z = 28.2 \text{ cm};$
Querkraft ohne Bewehrung ²⁾	$V_{Ed,red} = 89.59 \text{ kN/m}; V_{Rd,c} = 170.25 \text{ kN/m}; \gamma_c = 1.50; f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2; \gamma_s = 1.15; f_{ywd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2; A_{s1} = 20.10 \text{ cm}^2/\text{m}; b_{w,2} = 100.0 \text{ cm}; b_{w,3} = 35.0 \text{ cm}; d_2 = 50.0 \text{ cm}; d_3 = 31.2 \text{ cm};$
Gebrauchstauglichkeitsnachweis ³⁾	$w_{vorh} = 7.12 \text{ cm}; w_{zul} = 4.00 \text{ cm}; \text{Rissmoment } M_2 = 70.82 \text{ kNm/m}; \varphi = 2.33; 1/r = 5.17; t = 25000 \text{ Tage}; \Phi = 64.50 \text{ ‰};$

LfK ... Lastfallkombination
 η ... Ausnutzungsgrad
 Biegung u. Normalkraft Abschnitt (6.1)
 Querkraft Formel (6.2)
 Durchbiegung Abschnitt 7.4.3

M_{Ed} ... Einwirkendes Biegemoment
 M_{Rd} ... Aufnehmbares Biegemoment
 γ_c ... Teilsicherheitsbeiwert für Beton
 f_{cd} ... Druckfestigkeit des Betons
 γ_s ... Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl
 f_{yd} ... Streckgrenze des Betonstahls
 A_{s1} ... Zugbewehrung
 ε_{c,min} ... Betondehnung
 ε_{c,max} ...
 ε_s ... Stahldehnung
 α₀ ... Winkel der Nulllinie
 x ... Höhe der Druckzone
 d ... statische Nutzhöhe
 z ... Hebelarm der inneren Kräfte
 V_{Ed,red} ... Einwirkende reduzierte Querkraft
 V_{Rd,c} ... Aufnehmbare Querkraft ohne Querkraftbewehrung
 A_{sl} ... Fläche der Zugbewehrung
 b_w ... kleinste Querschnittsbreite
 d ... statische Nutzhöhe
 w_{vorh} ... vorhandene Durchbiegung
 w_{zul} ... zulässige Durchbiegung
 φ ... Kriechzahl
 1/r ... Krümmung
 t ... Einwirkungszeit (Tage)
 Φ ... Relative Luftfeuchtigkeit

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel

Datum: 12.04.2016

Abschnitt:

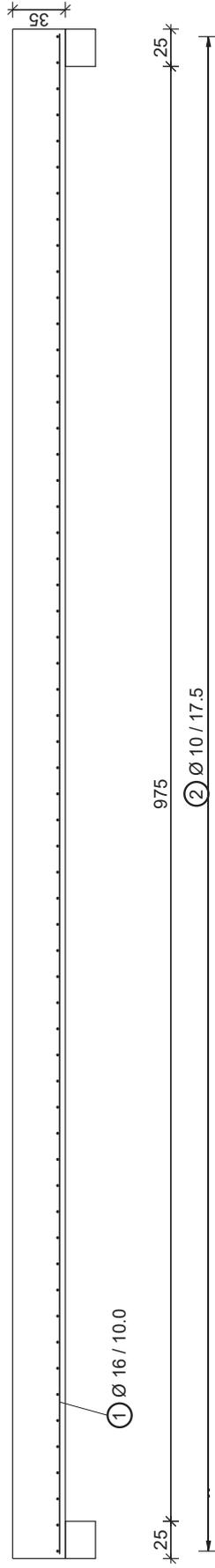
Bauherr:

Ort:

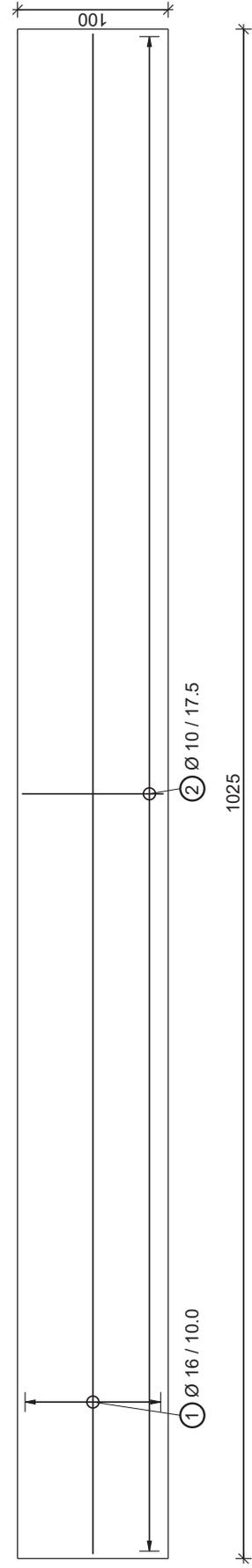
Zusatztext

Überhöhung um $l/300 = 3,33\text{cm}$
-> $w = 7,12 - 3,33 = 3,79\text{cm} < 4,0\text{cm}$
 $3,79\text{cm} = l/264$

Stahlbetondecke L = 10m M 1:40



Stahlbetondecke L = 10m M 1:40



Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel
 Abschnitt:
 Bauherr:
 Ort:

Datum: 28.04.2016

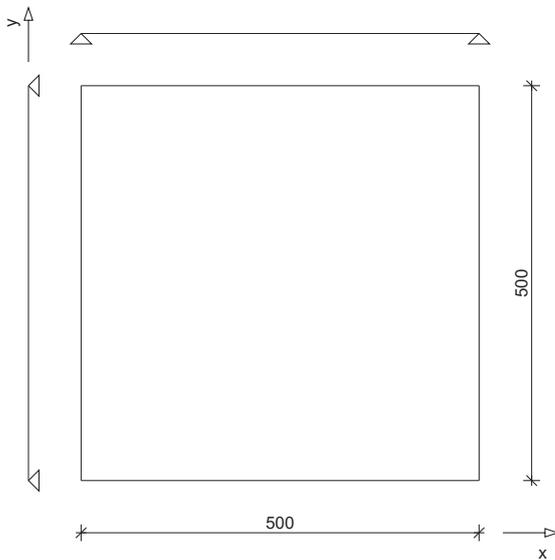
Stahlbetondecke L = 5m (2-achsig gespannt)

Bauteil: Zweiachsig gespannte Platte - EC 2

Geometrie

Platte:

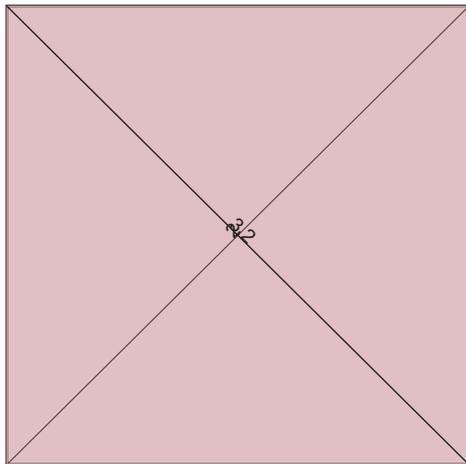
l_x [cm]	l_y [cm]
500,0	500,0



l ... Systemlänge
 b ... Auflagerbreite

Nr.	Stab	$w_{0,St}$	θ [°]	$l_{k,2}$ [cm]	$l_{k,3}$ [cm]
P1	S1		250	31,0	Eulerfall

w ... zul. Durchbiegung l/w ;
 l ist die Stützweite; bei Auskragungen ist l die doppelte Kraglänge
 $w_{0,St}$... Durchbiegung aus Quasi ständiger Kombination
 θ ... Druckstrebenneigung
 l_k ... Knicklänge in Achsrichtung



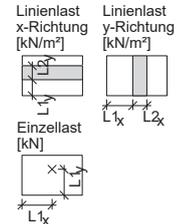
Lasten

Eigengewicht (EG) wird berücksichtigt. Wichte= 25,0 kN/m³
 Bauteileinflussfläche für Schneelasten: größer 10 m²

Nr.	Bezeichnung	Art	Typ	Größe	l1 _x [cm]	l2 _x [cm]	l1 _y [cm]	l2 _y [cm]
L1	Fußbodenaufbau	Gleichlast	Ständig	2,00	0	l - l1	0	l - l1
L2	Nutzlast + ZWZ	Gleichlast	Nutzlast	3,20	0	l - l1	0	l - l1

Größe ... bei Gleichlast in kN/m²

Größe ... bei Einzellast in kN



Lastfälle

Kategorie A: Wohngebäude
 Ort unter 1000m Seehöhe

Nr.	Name	Kombinationsbeiwerte					
		Wirkungsart	Last Nr.	LW	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
LF1	G + Q	Ständig	EG, L1				
		Nutzlast	L2	Ein	0,70	0,50	0,30

Lastfälle:
 ψ ... Kombinationsbeiwert
 Lastfallkombinationen:
 γ ... Teilsicherheitsbeiwert
 G ... ständige Belastung
 Q ... veränderliche Belastung (Nutzlast)
 S ... Schneelasten
 Wg1, ... Windlasten
 Wg2
 A ... außergewöhnliche Belastung
 EG ... Eigengewicht
 FAL ... Fundamentauflast
 ERD ... Erddruck aus Erdreich
 sup ... ungünstige Einwirkung
 inf ... günstige Einwirkung
 LW ... Lastwechsel

Lastfallkombinationen

Normaltemperatur

Nr.	Bezeichnung	Typ	Lastfall	γ _{G,sup}	γ _{G,inf}	γ _Q
KB1	Lagesicherheit	Gruppe A	LF1	1,10	0,90	1,50
KB2	Tragsicherheit	Gruppe B	LF1	1,35	1,00	1,50
KB3	Kurzzeitkombination	Charakteristisch	LF1	1,00	1,00	1,00
KB4	Häufige Kombination	Häufig	LF1	1,00	1,00	1,00
KB5	Langzeitkombination	Quasi-ständig	LF1	1,00	1,00	1,00

Lastfälle + Kombinationen für Auflager

Nr.	Kombi.	Name
LF2	KB6	Ständige Lasten

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel
 Abschnitt:
 Bauherr:
 Ort:

Datum: 28.04.2016

Nr.	Kombi.	Name
LF3	KB7	Nutzlasten
LF4	KB8	Gesamtlast

Material

Betongüte: C25/30

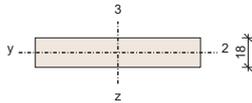
Stahlgüte: BSt 550

Querschnitt

Platte; Platte Nr.: S1

Normaltemperatur h = 18,0 cm A = 1800,00 cm² I₂ = 48600,0 cm⁴

Querschnitt(e) sind im
 Schubmittelpunkt zu belasten.
 h ... Höhe
 A ... Fläche
 I ... Trägheitsmoment um
 Achse



Abhebekräfte Normaltemperatur

für den Nachweis der Lagesicherheit (Designkräfte)

Pos.	Lastfallkombination	max [kN]
1/1	KB1 - Lagesicherheit	27,92
11/1	KB1 - Lagesicherheit	27,92
1/11	KB1 - Lagesicherheit	27,92
11/11	KB1 - Lagesicherheit	27,92

Abhebekräfte Normaltemperatur

für den Nachweis der Tragsicherheit (Designkräfte)

Pos.	Lastfallkombination	max [kN]
1/1	KB2 - Tragsicherheit	31,72
11/1	KB2 - Tragsicherheit	31,72
1/11	KB2 - Tragsicherheit	31,72
11/11	KB2 - Tragsicherheit	31,72

Abhebekräfte Normaltemperatur

getrennt nach Lasttyp für die Weiterberechnung (charakteristische Auflagerkräfte)

Pos.	Lastfallkombination	max [kN]
1/1	KB6 - Ständige Lasten	15,19
1/1	KB7 - Nutzlasten	7,48
11/1	KB6 - Ständige Lasten	15,19
11/1	KB7 - Nutzlasten	7,48
1/11	KB6 - Ständige Lasten	15,19
1/11	KB7 - Nutzlasten	7,48
11/11	KB6 - Ständige Lasten	15,19

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel
 Abschnitt:
 Bauherr:
 Ort:

Datum: 28.04.2016

Pos.	Lastfallkombination	max [kN]
11/11	KB7 - Nutzlasten	7,48

Abhebekräfte Normaltemperatur

Gesamtauflagerkräfte (charakteristische Auflagerkräfte)

Pos.	Lastfallkombination	max [kN]
1/1	KB8 - Gesamtlast	22,66
11/1	KB8 - Gesamtlast	22,66
1/11	KB8 - Gesamtlast	22,66
11/11	KB8 - Gesamtlast	22,66

Bewehrungsanordnung

Pos.	Bezeichnung	Info
1	x-Richtung unten	Ø 10 / 25.0 (3.14cm ² /m)
1	y-Richtung unten	Ø 10 / 25.0 (3.14cm ² /m)
2	x-Richtung oben	Ø 8 / 25.0 (2.01cm ² /m)
2	y-Richtung oben	Ø 8 / 25.0 (2.01cm ² /m)

Allgemeine und konstruktive Bewehrungsregeln sind nach ÖNORM EN 1992-1-1 (Punkt 8 u. 9) einzuhalten. Verankerungen an Endauflagern werden nicht überprüft.

Nachweise Normaltemperatur

ÖNORM EN 1992-1-1 (Ausg. 2011-12-01), ÖNORM B 1992-1-1 (Ausg. 2011-12-01)

Stäbe

Nr.	Pos.	Rich.	Lage	LfK	Teil	Formel	η
S1	11/11	x	unten	KB2	Biegung u. Normalkraft ¹⁾	(15.86) / (23.17)	0,68
S1	11/11	x	oben	KB2	Biegung u. Normalkraft ²⁾	(-15.86) / (-17.43)	0,91
S1	11/11	y	unten	KB2	Biegung u. Normalkraft ³⁾	(15.86) / (22.64)	0,70
S1	11/11	y	oben	KB2	Biegung u. Normalkraft ⁴⁾	(-15.86) / (-17.97)	0,88
S1	11/6	x	unten	KB2	Querkraft ohne Bewehrung ⁵⁾	19.83 / 72.07 =	0,28
S1	11/6	x	oben	KB2	Querkraft ohne Bewehrung ⁶⁾	19.83 / 72.07 =	0,28
S1	6/11	y	unten	KB2	Querkraft ohne Bewehrung ⁷⁾	19.83 / 56.06 =	0,35
S1	7/11	y	oben	KB2	Querkraft ohne Bewehrung ⁸⁾	19.27 / 48.70 =	0,40
S1	11/11	x	unten	KB5	Rissbreite ⁹⁾	0.014 / 0.030 =	0,47
S1	6/6	y	unten	KB3	Durchbiegung ¹⁰⁾	0.16cm	
S1	6/6	y	unten	KB5	Durchbiegung ¹¹⁾	0.71cm / 2.00cm =	0,36

LfK ... Lastfallkombination
 η ... Ausnutzungsgrad
 Biegung u. Normalkraft Abschnitt (6.1)
 Querkraft Formel (6.2)
 Rissbreite Abschnitt 7.3.4
 Durchbiegung Abschnitt 7.4.3

Art	Info
Biegung u. Normalkraft ¹⁾	$M_{2,Ed} = 15.86 \text{ kNm/m}$; $M_{2,Rd} = 23.17 \text{ kNm/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{yd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 5.15 \text{ cm}^2/\text{m}$; $\epsilon_{c,min} = -3.50 \text{ ‰}$; $\epsilon_{c,max} = 31.00 \text{ ‰}$; $\epsilon_s = 15.98 \text{ ‰}$; $\alpha_0 = 0.0^\circ$; $x = 1.8 \text{ cm}$; $z = 9.4 \text{ cm}$;
Biegung u. Normalkraft ²⁾	$M_{2,Ed} = -15.86 \text{ kNm/m}$; $M_{2,Rd} = -17.43 \text{ kNm/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{yd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 5.15 \text{ cm}^2/\text{m}$; $\epsilon_{c,min} = -3.50 \text{ ‰}$; $\epsilon_{c,max} = 31.00 \text{ ‰}$; $\epsilon_s = 11.52 \text{ ‰}$; $\alpha_0 = 0.0^\circ$; $x = 1.8 \text{ cm}$; $z = 7.1 \text{ cm}$;
Biegung u. Normalkraft ³⁾	$M_{2,Ed} = 15.86 \text{ kNm/m}$; $M_{2,Rd} = 22.64 \text{ kNm/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{yd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 5.15 \text{ cm}^2/\text{m}$; $\epsilon_{c,min} = -3.50 \text{ ‰}$; $\epsilon_{c,max} = 31.00 \text{ ‰}$; $\epsilon_s = 15.56 \text{ ‰}$; $\alpha_0 = 0.0^\circ$; $x = 1.8 \text{ cm}$; $z = 9.2 \text{ cm}$;
Biegung u. Normalkraft ⁴⁾	$M_{2,Ed} = -15.86 \text{ kNm/m}$; $M_{2,Rd} = -17.97 \text{ kNm/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{yd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 5.15 \text{ cm}^2/\text{m}$; $\epsilon_{c,min} = -3.50 \text{ ‰}$; $\epsilon_{c,max} = 31.00 \text{ ‰}$; $\epsilon_s = 11.94 \text{ ‰}$; $\alpha_0 = 0.0^\circ$; $x = 1.8 \text{ cm}$; $z = 7.3 \text{ cm}$;

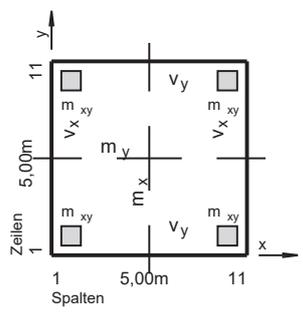
M_{Ed} ... Einwirkendes Biegemoment
 M_{Rd} ... Aufnehmbares Biegemoment
 γ_c ... Teilsicherheitsbeiwert für Beton
 f_{cd} ... Druckfestigkeit des Betons
 γ_s ... Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl
 f_{yd} ... Streckgrenze des Betonstahls
 A_{s1} ... Zugbewehrung
 $\epsilon_{c,min}$... Betondehnung
 $\epsilon_{c,max}$...
 ϵ_s ... Stahldehnung
 α_0 ... Winkel der Nulllinie
 x ... Höhe der Druckzone
 d ... statische Nutzhöhe
 z ... Hebelarm der inneren Kräfte
 $V_{Ed,red}$... Einwirkende reduzierte Querkraft

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel
 Abschnitt:
 Bauherr:
 Ort:

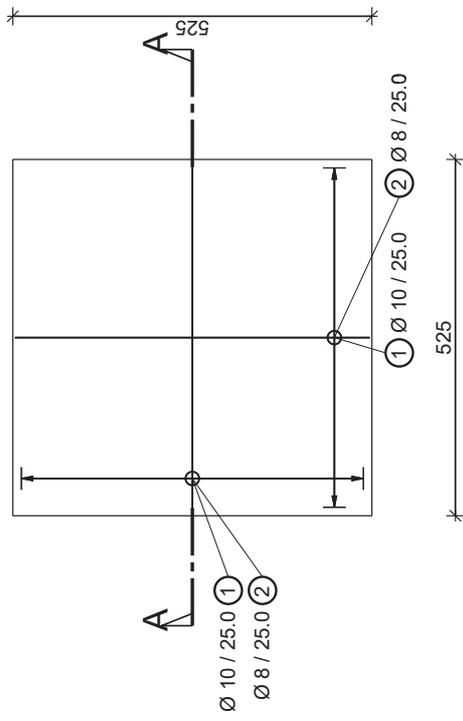
Datum: 28.04.2016

Art	Info	
Querkraft ohne Bewehrung ⁵⁾	$V_{Ed,red} = 19.83 \text{ kN/m}$; $V_{Rd,c} = 72.07 \text{ kN/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{ywd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 5.15 \text{ cm}^2/\text{m}$; $b_{w,2} = 100.0 \text{ cm}$; $b_{w,3} = 18.0 \text{ cm}$; $d_2 = 50.0 \text{ cm}$; $d_3 = 14.5 \text{ cm}$;	$V_{Rd,c}$... Aufnehmbare Querkraft ohne Querkraftbewehrung
Querkraft ohne Bewehrung ⁶⁾	$V_{Ed,red} = 19.83 \text{ kN/m}$; $V_{Rd,c} = 72.07 \text{ kN/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{ywd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 5.15 \text{ cm}^2/\text{m}$; $b_{w,2} = 100.0 \text{ cm}$; $b_{w,3} = 18.0 \text{ cm}$; $d_2 = 50.0 \text{ cm}$; $d_3 = 14.5 \text{ cm}$;	A_{sl} ... Fläche der Zugbewehrung
Querkraft ohne Bewehrung ⁷⁾	$V_{Ed,red} = 19.83 \text{ kN/m}$; $V_{Rd,c} = 56.06 \text{ kN/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{ywd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 5.15 \text{ cm}^2/\text{m}$; $b_{w,2} = 100.0 \text{ cm}$; $b_{w,3} = 18.0 \text{ cm}$; $d_2 = 50.0 \text{ cm}$; $d_3 = 9.9 \text{ cm}$;	b_w ... kleinste Querschnittsbreite
Querkraft ohne Bewehrung ⁸⁾	$V_{Ed,red} = 19.27 \text{ kN/m}$; $V_{Rd,c} = 48.70 \text{ kN/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{ywd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 5.15 \text{ cm}^2/\text{m}$; $b_{w,2} = 100.0 \text{ cm}$; $b_{w,3} = 18.0 \text{ cm}$; $d_2 = 50.0 \text{ cm}$; $d_3 = 8.1 \text{ cm}$;	d ... statische Nutzhöhe
Rissbreite ⁹⁾	$w_{k,zul} = 0.030 \text{ cm}$; $w_{k,vorh} = 0.014 \text{ cm}$; $\varphi = 2.50$; $A_{c,eff} = 875.00 \text{ cm}^2$;	w_k ... Rissbreite
Durchbiegung ¹⁰⁾	$w_{vorh} = 0.16 \text{ cm}$; Rissmoment $M_2 = 14.52 \text{ kNm/m}$; $\varphi = 0.00$; $1/r = 1.00$; $t = 21$ Tage; $\Phi = 64.50 \%$;	$A_{c,eff}$... Betonfläche um die Zugbewehrung
Durchbiegung ¹¹⁾	$w_{vorh} = 0.71 \text{ cm}$; $w_{zul} = 2.00 \text{ cm}$; Rissmoment $M_2 = 14.94 \text{ kNm/m}$; $\varphi = 2.50$; $1/r = 5.64$; $t = 25000$ Tage; $\Phi = 64.50 \%$;	w_{vorh} ... vorhandene Durchbiegung

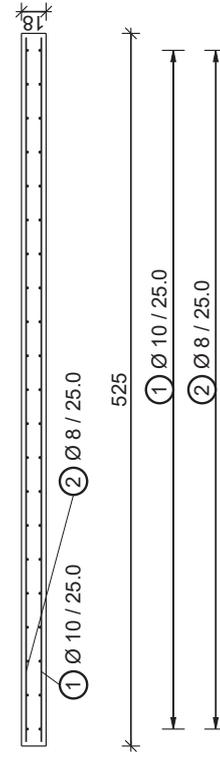
w_{zul} ... zulässige Durchbiegung
 φ ... Kriechzahl
 $1/r$... Krümmung
 t ... Einwirkungszeit (Tage)
 Φ ... Relative Luftfeuchtigkeit



Stahlbetondecke L = 5m (2-achsig gespannt) M 1:100



Schnitt A-A M 1:50



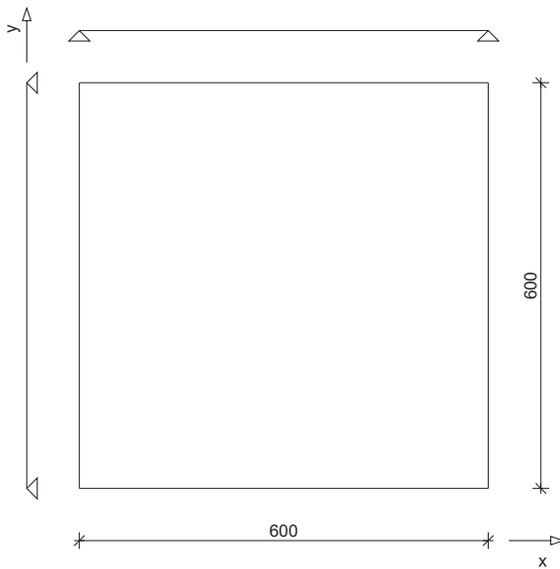
Stahlbetondecke L = 6m (2-achsig gespannt)

Bauteil: Zweiachsig gespannte Platte - EC 2

Geometrie

Platte:

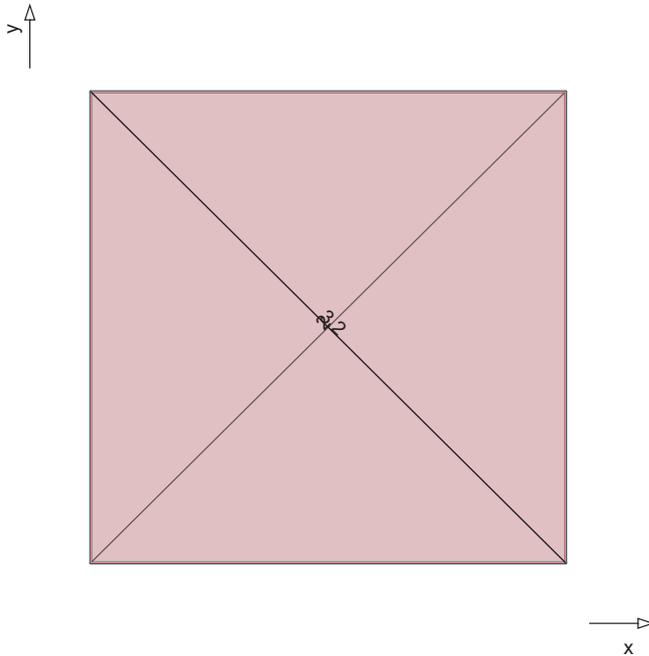
l_x [cm]	l_y [cm]
600,0	600,0



l ... Systemlänge
 b ... Auflagerbreite

Nr.	Stab	$w_{0,St}$	θ [°]	$l_{k,2}$ [cm]	$l_{k,3}$ [cm]
P1	S1		250	31,0	Eulerfall

w ... zul. Durchbiegung l/w ;
 l ist die Stützweite; bei Auskragungen ist l die doppelte Kraglänge
 $w_{0,St}$... Durchbiegung aus Quasi ständiger Kombination
 θ ... Druckstrebenneigung
 l_k ... Knicklänge in Achsrichtung

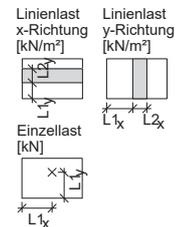


Lasten

Eigengewicht (EG) wird berücksichtigt. Wichte= 25,0 kN/m³
 Bauteileinflussfläche für Schneelasten: größer 10 m²

Nr.	Bezeichnung	Art	Typ	Größe	l1 _x [cm]	l2 _x [cm]	l1 _y [cm]	l2 _y [cm]
L1	Fußbodenaufbau	Gleichlast	Ständig	2,00	0	l - l1	0	l - l1
L2	Nutzlast + ZWZ	Gleichlast	Nutzlast	3,20	0	l - l1	0	l - l1

Größe ... bei Gleichlast in kN/m²
 Größe ... bei Einzellast in kN



Lastfälle

Kategorie A: Wohngebäude
 Ort unter 1000m Seehöhe

Nr.	Name	Kombinationsbeiwerte					
		Wirkungsart	Last Nr.	LW	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
LF1	G + Q	Ständig	EG, L1				
		Nutzlast	L2	Ein	0,70	0,50	0,30

Lastfälle:
 ψ ... Kombinationsbeiwert
 Lastfallkombinationen:
 γ ... Teilsicherheitsbeiwert
 G ... ständige Belastung
 Q ... veränderliche Belastung (Nutzlast)
 S ... Schneelasten
 Wg1, ... Windlasten
 Wg2
 A ... außergewöhnliche Belastung
 EG ... Eigengewicht
 FAL ... Fundamentauflast
 ERD ... Erddruck aus Erdreich
 sup ... ungünstige Einwirkung
 inf ... günstige Einwirkung
 LW ... Lastwechsel

Lastfallkombinationen

Normaltemperatur

Nr.	Bezeichnung	Typ	Lastfall	γ _{G,sup}	γ _{G,inf}	γ _Q
KB1	Lagesicherheit	Gruppe A	LF1	1,10	0,90	1,50
KB2	Tragsicherheit	Gruppe B	LF1	1,35	1,00	1,50
KB3	Kurzzeitkombination	Charakteristisch	LF1	1,00	1,00	1,00
KB4	Häufige Kombination	Häufig	LF1	1,00	1,00	1,00
KB5	Langzeitkombination	Quasi-ständig	LF1	1,00	1,00	1,00

Lastfälle + Kombinationen für Auflager

Nr.	Kombi.	Name
LF2	KB6	Ständige Lasten

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel
 Abschnitt:
 Bauherr:
 Ort:

Datum: 28.04.2016

Nr.	Kombi.	Name
LF3	KB7	Nutzlasten
LF4	KB8	Gesamtlast

Material

Betongüte: C25/30

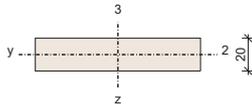
Stahlgüte: BSt 550

Querschnitt

Platte; Platte Nr.: S1

Normaltemperatur $h = 20,0 \text{ cm}$ $A = 2000,00 \text{ cm}^2$ $I_2 = 66666,7 \text{ cm}^4$

Querschnitt(e) sind im
 Schubmittelpunkt zu belasten.
 h ... Höhe
 A ... Fläche
 I ... Trägheitsmoment um
 Achse



Abhebekräfte Normaltemperatur

für den Nachweis der Lagesicherheit (Designkräfte)

Pos.	Lastfallkombination	max [kN]
1/1	KB1 - Lagesicherheit	42,05
11/1	KB1 - Lagesicherheit	42,05
1/11	KB1 - Lagesicherheit	42,05
11/11	KB1 - Lagesicherheit	42,05

Abhebekräfte Normaltemperatur

für den Nachweis der Tragsicherheit (Designkräfte)

Pos.	Lastfallkombination	max [kN]
1/1	KB2 - Tragsicherheit	47,94
11/1	KB2 - Tragsicherheit	47,94
1/11	KB2 - Tragsicherheit	47,94
11/11	KB2 - Tragsicherheit	47,94

Abhebekräfte Normaltemperatur

getrennt nach Lasttyp für die Weiterberechnung (charakteristische Auflagerkräfte)

Pos.	Lastfallkombination	max [kN]
1/1	KB6 - Ständige Lasten	23,55
1/1	KB7 - Nutzlasten	10,77
11/1	KB6 - Ständige Lasten	23,55
11/1	KB7 - Nutzlasten	10,77
1/11	KB6 - Ständige Lasten	23,55
1/11	KB7 - Nutzlasten	10,77
11/11	KB6 - Ständige Lasten	23,55

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel
 Abschnitt:
 Bauherr:
 Ort:

Datum: 28.04.2016

Pos.	Lastfallkombination	max [kN]
11/11	KB7 - Nutzlasten	10,77

Abhebekräfte Normaltemperatur

Gesamtauflagerkräfte (charakteristische Auflagerkräfte)

Pos.	Lastfallkombination	max [kN]
1/1	KB8 - Gesamtlast	34,32
11/1	KB8 - Gesamtlast	34,32
1/11	KB8 - Gesamtlast	34,32
11/11	KB8 - Gesamtlast	34,32

Bewehrungsanordnung

Pos.	Bezeichnung	Info
1	x-Richtung unten	Ø 10 / 25.0 (3.14cm ² /m)
1	y-Richtung unten	Ø 10 / 25.0 (3.14cm ² /m)
1	x-Richtung oben	Ø 10 / 25.0 (3.14cm ² /m)
1	y-Richtung oben	Ø 10 / 25.0 (3.14cm ² /m)

Allgemeine und konstruktive Bewehrungsregeln sind nach ÖNORM EN 1992-1-1 (Punkt 8 u. 9) einzuhalten. Verankerungen an Endauflagern werden nicht überprüft.

Nachweise Normaltemperatur

ÖNORM EN 1992-1-1 (Ausg. 2011-12-01), ÖNORM B 1992-1-1 (Ausg. 2011-12-01)

Stäbe

Nr.	Pos.	Rich.	Lage	LfK	Teil	Formel	η
S1	11/11	x	unten	KB2	Biegung u. Normalkraft ¹⁾	(23.97) / (27.07)	0,89
S1	11/11	x	oben	KB2	Biegung u. Normalkraft ²⁾	(-23.97) / (-27.07)	0,89
S1	11/11	y	unten	KB2	Biegung u. Normalkraft ³⁾	(23.97) / (27.25)	0,88
S1	11/11	y	oben	KB2	Biegung u. Normalkraft ⁴⁾	(-23.97) / (-27.25)	0,88
S1	11/6	x	unten	KB2	Querkraft ohne Bewehrung ⁵⁾	24.98 / 82.87 =	0,30
S1	11/6	x	oben	KB2	Querkraft ohne Bewehrung ⁶⁾	24.98 / 82.87 =	0,30
S1	6/11	y	unten	KB2	Querkraft ohne Bewehrung ⁷⁾	24.98 / 80.49 =	0,31
S1	6/11	y	oben	KB2	Querkraft ohne Bewehrung ⁸⁾	24.98 / 80.49 =	0,31
S1	11/11	x	oben	KB5	Rissbreite ⁹⁾	0.026 / 0.030 =	0,86
S1	6/6	y	unten	KB3	Durchbiegung ¹⁰⁾	0.26cm	
S1	6/6	y	unten	KB5	Durchbiegung ¹¹⁾	1.70cm / 2.40cm =	0,71

LfK ... Lastfallkombination
 η ... Ausnutzungsgrad
 Biegung u. Normalkraft Abschnitt (6.1)
 Querkraft Formel (6.2)
 Rissbreite Abschnitt 7.3.4
 Durchbiegung Abschnitt 7.4.3

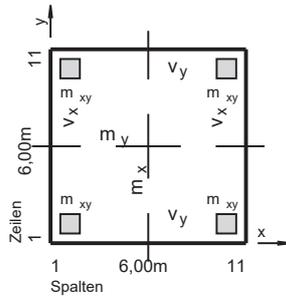
Art	Info
Biegung u. Normalkraft ¹⁾	$M_{2,Ed} = 23.97 \text{ kNm/m}; M_{2,Rd} = 27.07 \text{ kNm/m}; \gamma_c = 1.50; f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2; \gamma_s = 1.15; f_{yd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2; A_{s1} = 6.28 \text{ cm}^2/\text{m}; \epsilon_{c,min} = -3.50 \text{ ‰}; \epsilon_{c,max} = 29.15 \text{ ‰}; \epsilon_s = 13.23 \text{ ‰}; \alpha_0 = 0.0^\circ; x = 2.1 \text{ cm}; z = 9.4 \text{ cm};$
Biegung u. Normalkraft ²⁾	$M_{2,Ed} = -23.97 \text{ kNm/m}; M_{2,Rd} = -27.07 \text{ kNm/m}; \gamma_c = 1.50; f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2; \gamma_s = 1.15; f_{yd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2; A_{s1} = 6.28 \text{ cm}^2/\text{m}; \epsilon_{c,min} = -3.50 \text{ ‰}; \epsilon_{c,max} = 29.15 \text{ ‰}; \epsilon_s = 13.23 \text{ ‰}; \alpha_0 = 0.0^\circ; x = 2.1 \text{ cm}; z = 9.4 \text{ cm};$
Biegung u. Normalkraft ³⁾	$M_{2,Ed} = 23.97 \text{ kNm/m}; M_{2,Rd} = 27.25 \text{ kNm/m}; \gamma_c = 1.50; f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2; \gamma_s = 1.15; f_{yd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2; A_{s1} = 6.28 \text{ cm}^2/\text{m}; \epsilon_{c,min} = -3.50 \text{ ‰}; \epsilon_{c,max} = 27.95 \text{ ‰}; \epsilon_s = 12.22 \text{ ‰}; \alpha_0 = 0.0^\circ; x = 2.2 \text{ cm}; z = 9.1 \text{ cm};$
Biegung u. Normalkraft ⁴⁾	$M_{2,Ed} = -23.97 \text{ kNm/m}; M_{2,Rd} = -27.25 \text{ kNm/m}; \gamma_c = 1.50; f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2; \gamma_s = 1.15; f_{yd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2; A_{s1} = 6.28 \text{ cm}^2/\text{m}; \epsilon_{c,min} = -3.50 \text{ ‰}; \epsilon_{c,max} = 27.95 \text{ ‰}; \epsilon_s = 12.22 \text{ ‰}; \alpha_0 = 0.0^\circ; x = 2.2 \text{ cm}; z = 9.1 \text{ cm};$

M_{Ed} ... Einwirkendes Biegemoment
 M_{Rd} ... Aufnehmbares Biegemoment
 γ_c ... Teilsicherheitsbeiwert für Beton
 f_{cd} ... Druckfestigkeit des Betons
 γ_s ... Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl
 f_{yd} ... Streckgrenze des Betonstahls
 A_{s1} ... Zugbewehrung
 $\epsilon_{c,min}$... Betondehnung
 $\epsilon_{c,max}$...
 ϵ_s ... Stahldehnung
 α_0 ... Winkel der Nulllinie
 x ... Höhe der Druckzone
 d ... statische Nutzhöhe
 z ... Hebelarm der inneren Kräfte
 $V_{Ed,red}$... Einwirkende reduzierte Querkraft

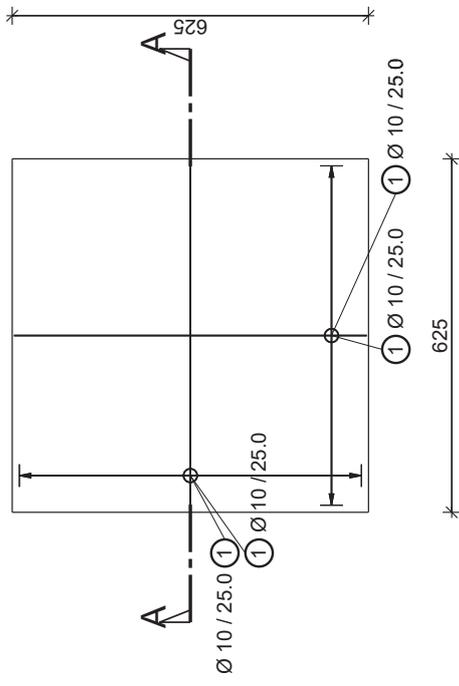
Art	Info	
Querkraft ohne Bewehrung ⁵⁾	$V_{Ed,red} = 24.98 \text{ kN/m}$; $V_{Rd,c} = 82.87 \text{ kN/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{ywd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 6.05 \text{ cm}^2/\text{m}$; $b_{w,2} = 100.0 \text{ cm}$; $b_{w,3} = 20.0 \text{ cm}$; $d_2 = 50.0 \text{ cm}$; $d_3 = 16.5 \text{ cm}$;	$V_{Rd,c}$... Aufnehmbare Querkraft ohne Querkraftbewehrung
Querkraft ohne Bewehrung ⁶⁾	$V_{Ed,red} = 24.98 \text{ kN/m}$; $V_{Rd,c} = 82.87 \text{ kN/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{ywd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 6.05 \text{ cm}^2/\text{m}$; $b_{w,2} = 100.0 \text{ cm}$; $b_{w,3} = 20.0 \text{ cm}$; $d_2 = 50.0 \text{ cm}$; $d_3 = 16.5 \text{ cm}$;	A_{sl} ... Fläche der Zugbewehrung
Querkraft ohne Bewehrung ⁷⁾	$V_{Ed,red} = 24.98 \text{ kN/m}$; $V_{Rd,c} = 80.49 \text{ kN/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{ywd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 6.28 \text{ cm}^2/\text{m}$; $b_{w,2} = 100.0 \text{ cm}$; $b_{w,3} = 20.0 \text{ cm}$; $d_2 = 50.0 \text{ cm}$; $d_3 = 15.5 \text{ cm}$;	b_w ... kleinste Querschnittsbreite
Querkraft ohne Bewehrung ⁸⁾	$V_{Ed,red} = 24.98 \text{ kN/m}$; $V_{Rd,c} = 80.49 \text{ kN/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{ywd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 6.28 \text{ cm}^2/\text{m}$; $b_{w,2} = 100.0 \text{ cm}$; $b_{w,3} = 20.0 \text{ cm}$; $d_2 = 50.0 \text{ cm}$; $d_3 = 15.5 \text{ cm}$;	d ... statische Nutzhöhe
Rissbreite ⁹⁾	$w_{k,zul} = 0.030 \text{ cm}$; $w_{k,vorh} = 0.026 \text{ cm}$; $\varphi = 2.47$; $A_{c,eff} = 875.00 \text{ cm}^2$;	w_k ... Rissbreite
Durchbiegung ¹⁰⁾	$w_{vorh} = 0.26 \text{ cm}$; Rissmoment $M_2 = 17.92 \text{ kNm/m}$; $\varphi = 0.00$; $1/r = 1.00$; $t = 21$ Tage; $\Phi = 64.50 \%$;	$A_{c,eff}$... Betonfläche um die Zugbewehrung
Durchbiegung ¹¹⁾	$w_{vorh} = 1.70 \text{ cm}$; $w_{zul} = 2.40 \text{ cm}$; Rissmoment $M_2 = 18.59 \text{ kNm/m}$; $\varphi = 2.47$; $1/r = 8.31$; $t = 25000$ Tage; $\Phi = 64.50 \%$;	w_{vorh} ... vorhandene Durchbiegung
		w_{zul} ... zulässige Durchbiegung
		φ ... Kriechzahl
		$1/r$... Krümmung
		t ... Einwirkungszeit (Tage)
		Φ ... Relative Luftfeuchtigkeit

Zusatztext

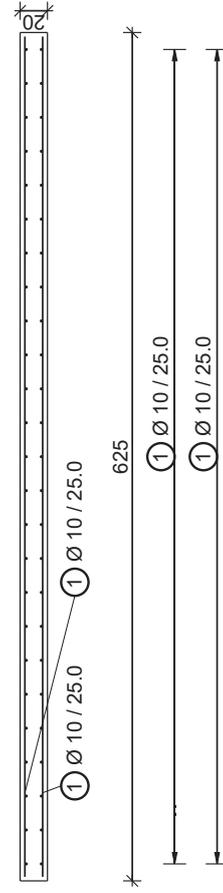
Als obere Lage wird wie bei den 1-achsig gespannten Decken Mindestbewehrung eingelegt. Das Aufschüsseln der Plattenecken wird entweder durch aufgehende Wände im Geschoß darüber oder konstruktive Bewehrung verhindert und hat somit keine weitere Bedeutung.



Stahlbetondecke L = 6m (2-achsig gespannt) M 1:120



Schnitt A-A M 1:50



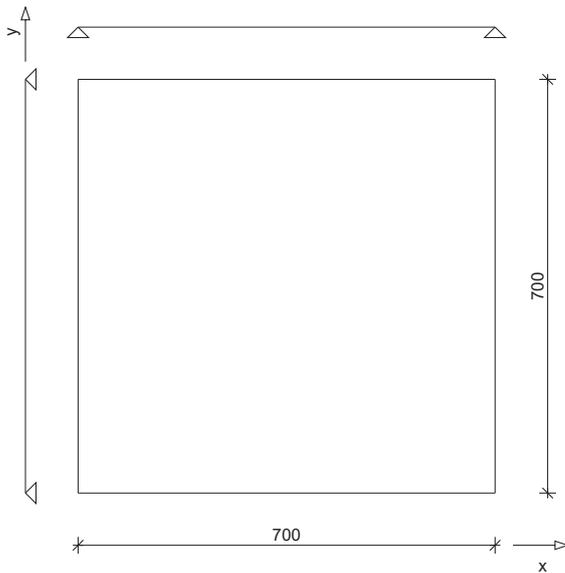
Stahlbetondecke L = 7m (2-achsig gespannt)

Bauteil: Zweiachsig gespannte Platte - EC 2

Geometrie

Platte:

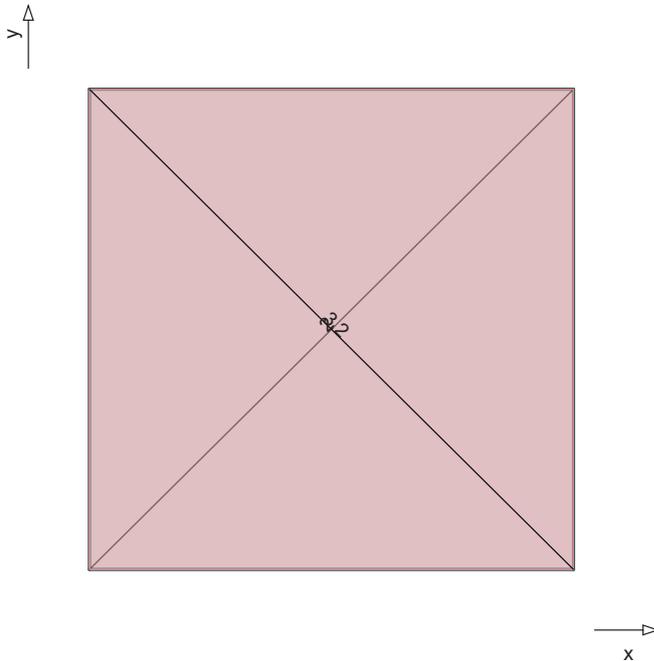
l_x [cm]	l_y [cm]
700,0	700,0



l ... Systemlänge
 b ... Auflagerbreite

Nr.	Stab	$w_{Q,St}$	θ [°]	$l_{k,2}$ [cm]	$l_{k,3}$ [cm]
P1	S1		250	31,0	Eulerfall

w ... zul. Durchbiegung l/w ;
 l ist die Stützweite; bei Auskragungen ist l die doppelte Kraglänge
 $w_{Q,St}$... Durchbiegung aus Quasi ständiger Kombination
 θ ... Druckstrebenneigung
 l_k ... Knicklänge in Achsrichtung



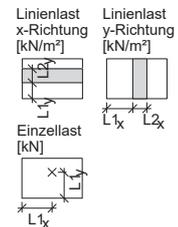
Lasten

Eigengewicht (EG) wird berücksichtigt. Wichte= 25,0 kN/m³
 Bauteileinflussfläche für Schneelasten: größer 10 m²

Nr.	Bezeichnung	Art	Typ	Größe	l1 _x [cm]	l2 _x [cm]	l1 _y [cm]	l2 _y [cm]
L1	Fußbodenaufbau	Gleichlast	Ständig	2,00	0	l - l1	0	l - l1
L2	Nutzlast + ZWZ	Gleichlast	Nutzlast	3,20	0	l - l1	0	l - l1

Größe ... bei Gleichlast in kN/m²

Größe ... bei Einzellast in kN



Lastfälle

Kategorie A: Wohngebäude
 Ort unter 1000m Seehöhe

Nr.	Name	Kombinationsbeiwerte					
		Wirkungsart	Last Nr.	LW	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
LF1	G + Q	Ständig	EG, L1				
		Nutzlast	L2	Ein	0,70	0,50	0,30

Lastfälle:
 ψ ... Kombinationsbeiwert
 Lastfallkombinationen:
 γ ... Teilsicherheitsbeiwert
 G ... ständige Belastung
 Q ... veränderliche Belastung (Nutzlast)
 S ... Schneelasten
 Wg1, ... Windlasten
 Wg2
 A ... außergewöhnliche Belastung
 EG ... Eigengewicht
 FAL ... Fundamentauflast
 ERD ... Erddruck aus Erdreich
 sup ... ungünstige Einwirkung
 inf ... günstige Einwirkung
 LW ... Lastwechsel

Lastfallkombinationen

Normaltemperatur

Nr.	Bezeichnung	Typ	Lastfall	γ _{G,sup}	γ _{G,inf}	γ _Q
KB1	Lagesicherheit	Gruppe A	LF1	1,10	0,90	1,50
KB2	Tragsicherheit	Gruppe B	LF1	1,35	1,00	1,50
KB3	Kurzzeitkombination	Charakteristisch	LF1	1,00	1,00	1,00
KB4	Häufige Kombination	Häufig	LF1	1,00	1,00	1,00
KB5	Langzeitkombination	Quasi-ständig	LF1	1,00	1,00	1,00

Lastfälle + Kombinationen für Auflager

Nr.	Kombi.	Name
LF2	KB6	Ständige Lasten

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel
 Abschnitt:
 Bauherr:
 Ort:

Datum: 28.04.2016

Nr.	Kombi.	Name
LF3	KB7	Nutzlasten
LF4	KB8	Gesamtlast

Material

Betongüte: C25/30

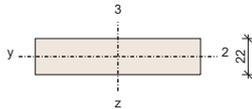
Stahlgüte: BSt 550

Querschnitt

Platte; Platte Nr.: S1

Normaltemperatur $h = 22,0 \text{ cm}$ $A = 2200,00 \text{ cm}^2$ $I_2 = 88733,3 \text{ cm}^4$

Querschnitt(e) sind im
 Schubmittelpunkt zu belasten.
 h ... Höhe
 A ... Fläche
 I ... Trägheitsmoment um
 Achse



Abhebekräfte Normaltemperatur

für den Nachweis der Lagesicherheit (Designkräfte)

Pos.	Lastfallkombination	max [kN]
1/1	KB1 - Lagesicherheit	59,76
11/1	KB1 - Lagesicherheit	59,76
1/11	KB1 - Lagesicherheit	59,76
11/11	KB1 - Lagesicherheit	59,76

Abhebekräfte Normaltemperatur

für den Nachweis der Tragsicherheit (Designkräfte)

Pos.	Lastfallkombination	max [kN]
1/1	KB2 - Tragsicherheit	68,34
11/1	KB2 - Tragsicherheit	68,34
1/11	KB2 - Tragsicherheit	68,34
11/11	KB2 - Tragsicherheit	68,34

Abhebekräfte Normaltemperatur

getrennt nach Lasttyp für die Weiterberechnung (charakteristische Auflagerkräfte)

Pos.	Lastfallkombination	max [kN]
1/1	KB6 - Ständige Lasten	34,34
1/1	KB7 - Nutzlasten	14,65
11/1	KB6 - Ständige Lasten	34,34
11/1	KB7 - Nutzlasten	14,65
1/11	KB6 - Ständige Lasten	34,34
1/11	KB7 - Nutzlasten	14,65
11/11	KB6 - Ständige Lasten	34,34

Pos.	Lastfallkombination	max [kN]
11/11	KB7 - Nutzlasten	14,65

Abhebekräfte Normaltemperatur

Gesamtauflagerkräfte (charakteristische Auflagerkräfte)

Pos.	Lastfallkombination	max [kN]
1/1	KB8 - Gesamtlast	49,00
11/1	KB8 - Gesamtlast	49,00
1/11	KB8 - Gesamtlast	49,00
11/11	KB8 - Gesamtlast	49,00

Bewehrungsanordnung

Pos.	Bezeichnung	Info
1	x-Richtung unten	Ø 12 / 25.0 (4.52cm ² /m)
1	y-Richtung unten	Ø 12 / 25.0 (4.52cm ² /m)
1	x-Richtung oben	Ø 12 / 25.0 (4.52cm ² /m)
1	y-Richtung oben	Ø 12 / 25.0 (4.52cm ² /m)

Allgemeine und konstruktive Bewehrungsregeln sind nach ÖNORM EN 1992-1-1 (Punkt 8 u. 9) einzuhalten. Verankerungen an Endauflagern werden nicht überprüft.

Nachweise Normaltemperatur

ÖNORM EN 1992-1-1 (Ausg. 2011-12-01), ÖNORM B 1992-1-1 (Ausg. 2011-12-01)

Stäbe

Nr.	Pos.	Rich.	Lage	LfK	Teil	Formel	η
S1	11/11	x	unten	KB2	Biegung u. Normalkraft ¹⁾	(34.17) / (40.75)	0,84
S1	11/11	x	oben	KB2	Biegung u. Normalkraft ²⁾	(-34.17) / (-40.75)	0,84
S1	11/11	y	unten	KB2	Biegung u. Normalkraft ³⁾	(34.17) / (41.20)	0,83
S1	11/11	y	oben	KB2	Biegung u. Normalkraft ⁴⁾	(-34.17) / (-41.20)	0,83
S1	11/6	x	unten	KB2	Querkraft ohne Bewehrung ⁵⁾	30.52 / 94.52 =	0,32
S1	11/6	x	oben	KB2	Querkraft ohne Bewehrung ⁶⁾	30.52 / 94.52 =	0,32
S1	6/11	y	unten	KB2	Querkraft ohne Bewehrung ⁷⁾	30.52 / 95.34 =	0,32
S1	6/11	y	oben	KB2	Querkraft ohne Bewehrung ⁸⁾	30.52 / 95.34 =	0,32
S1	11/11	y	oben	KB5	Rissbreite ⁹⁾	0.029 / 0.030 =	0,97
S1	6/6	y	unten	KB3	Durchbiegung ¹⁰⁾	1.24cm	
S1	6/6	y	unten	KB5	Durchbiegung ¹¹⁾	2.50cm / 2.80cm =	0,89

Art	Info
Biegung u. Normalkraft ¹⁾	$M_{2,Ed} = 34.17 \text{ kNm/m}$; $M_{2,Rd} = 40.75 \text{ kNm/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{yd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 9.04 \text{ cm}^2/\text{m}$; $\epsilon_{c,min} = -3.50 \text{ ‰}$; $\epsilon_{c,max} = 26.61 \text{ ‰}$; $\epsilon_s = 14.11 \text{ ‰}$; $\alpha_0 = 0.0^\circ$; $x = 2.6 \text{ cm}$; $z = 11.8 \text{ cm}$;
Biegung u. Normalkraft ²⁾	$M_{2,Ed} = -34.17 \text{ kNm/m}$; $M_{2,Rd} = -40.75 \text{ kNm/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{yd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 9.04 \text{ cm}^2/\text{m}$; $\epsilon_{c,min} = -3.50 \text{ ‰}$; $\epsilon_{c,max} = 26.61 \text{ ‰}$; $\epsilon_s = 14.11 \text{ ‰}$; $\alpha_0 = 0.0^\circ$; $x = 2.6 \text{ cm}$; $z = 11.8 \text{ cm}$;
Biegung u. Normalkraft ³⁾	$M_{2,Ed} = 34.17 \text{ kNm/m}$; $M_{2,Rd} = 41.20 \text{ kNm/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{yd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 9.04 \text{ cm}^2/\text{m}$; $\epsilon_{c,min} = -3.50 \text{ ‰}$; $\epsilon_{c,max} = 22.13 \text{ ‰}$; $\epsilon_s = 9.80 \text{ ‰}$; $\alpha_0 = 0.0^\circ$; $x = 3.0 \text{ cm}$; $z = 10.2 \text{ cm}$;
Biegung u. Normalkraft ⁴⁾	$M_{2,Ed} = -34.17 \text{ kNm/m}$; $M_{2,Rd} = -41.20 \text{ kNm/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{yd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 9.04 \text{ cm}^2/\text{m}$; $\epsilon_{c,min} = -3.50 \text{ ‰}$; $\epsilon_{c,max} = 22.13 \text{ ‰}$; $\epsilon_s = 9.80 \text{ ‰}$; $\alpha_0 = 0.0^\circ$; $x = 3.0 \text{ cm}$; $z = 10.2 \text{ cm}$;

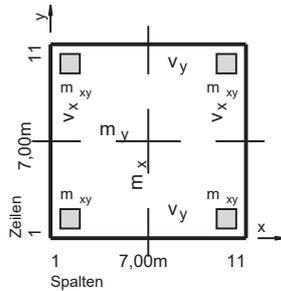
LfK ... Lastfallkombination
 η ... Ausnutzungsgrad
 Biegung u. Normalkraft Abschnitt (6.1)
 Querkraft Formel (6.2)
 Rissbreite Abschnitt 7.3.4
 Durchbiegung Abschnitt 7.4.3

M_{Ed} ... Einwirkendes Biegemoment
 M_{Rd} ... Aufnehmbares Biegemoment
 γ_c ... Teilsicherheitsbeiwert für Beton
 f_{cd} ... Druckfestigkeit des Betons
 γ_s ... Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl
 f_{yd} ... Streckgrenze des Betonstahls
 A_{s1} ... Zugbewehrung
 $\epsilon_{c,min}$... Betondehnung
 $\epsilon_{c,max}$...
 ϵ_s ... Stahldehnung
 α_0 ... Winkel der Nulllinie
 x ... Höhe der Druckzone
 d ... statische Nutzhöhe
 z ... Hebelarm der inneren Kräfte
 $V_{Ed,red}$... Einwirkende reduzierte Querkraft

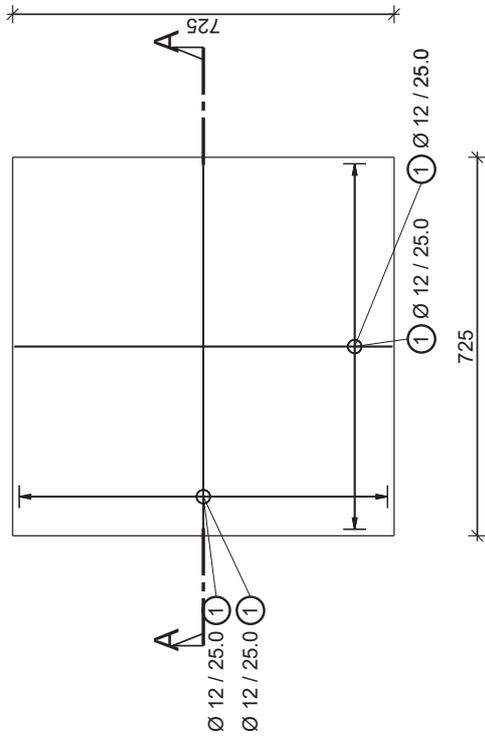
Art	Info	
Querkraft ohne Bewehrung ⁵⁾	$V_{Ed,red} = 30.52 \text{ kN/m}$; $V_{Rd,c} = 94.52 \text{ kN/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{ywd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 7.22 \text{ cm}^2/\text{m}$; $b_{w,2} = 100.0 \text{ cm}$; $b_{w,3} = 22.0 \text{ cm}$; $d_2 = 50.0 \text{ cm}$; $d_3 = 18.4 \text{ cm}$;	$V_{Rd,c}$... Aufnehmbare Querkraft ohne Querkraftbewehrung
Querkraft ohne Bewehrung ⁶⁾	$V_{Ed,red} = 30.52 \text{ kN/m}$; $V_{Rd,c} = 94.52 \text{ kN/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{ywd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 7.22 \text{ cm}^2/\text{m}$; $b_{w,2} = 100.0 \text{ cm}$; $b_{w,3} = 22.0 \text{ cm}$; $d_2 = 50.0 \text{ cm}$; $d_3 = 18.4 \text{ cm}$;	A_{sl} ... Fläche der Zugbewehrung
Querkraft ohne Bewehrung ⁷⁾	$V_{Ed,red} = 30.52 \text{ kN/m}$; $V_{Rd,c} = 95.34 \text{ kN/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{ywd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 8.48 \text{ cm}^2/\text{m}$; $b_{w,2} = 100.0 \text{ cm}$; $b_{w,3} = 22.0 \text{ cm}$; $d_2 = 50.0 \text{ cm}$; $d_3 = 17.2 \text{ cm}$;	b_w ... kleinste Querschnittsbreite
Querkraft ohne Bewehrung ⁸⁾	$V_{Ed,red} = 30.52 \text{ kN/m}$; $V_{Rd,c} = 95.34 \text{ kN/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{ywd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 8.48 \text{ cm}^2/\text{m}$; $b_{w,2} = 100.0 \text{ cm}$; $b_{w,3} = 22.0 \text{ cm}$; $d_2 = 50.0 \text{ cm}$; $d_3 = 17.2 \text{ cm}$;	d ... statische Nutzhöhe
Rissbreite ⁹⁾	$w_{k,zul} = 0.030 \text{ cm}$; $w_{k,vorh} = 0.029 \text{ cm}$; $\varphi = 2.44$; $A_{c,eff} = 1100.00 \text{ cm}^2$;	w_k ... Rissbreite
Durchbiegung ¹⁰⁾	$w_{vorh} = 1.24 \text{ cm}$; Rissmoment $M_2 = 21.75 \text{ kNm/m}$; $\varphi = 0.00$; $1/r = 3.24$; $t = 21$ Tage; $\Phi = 64.50 \%$;	$A_{c,eff}$... Betonfläche um die Zugbewehrung
Durchbiegung ¹¹⁾	$w_{vorh} = 2.50 \text{ cm}$; $w_{zul} = 2.80 \text{ cm}$; Rissmoment $M_2 = 23.05 \text{ kNm/m}$; $\varphi = 2.44$; $1/r = 8.26$; $t = 25000$ Tage; $\Phi = 64.50 \%$;	w_{vorh} ... vorhandene Durchbiegung
		w_{zul} ... zulässige Durchbiegung
		φ ... Kriechzahl
		$1/r$... Krümmung
		t ... Einwirkungszeit (Tage)
		Φ ... Relative Luftfeuchtigkeit

Zusatztext

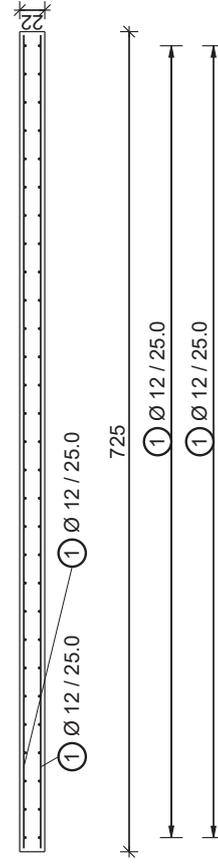
Als obere Lage wird wie bei den 1-achsig gespannten Decken Mindestbewehrung eingelegt. Das Aufschüsseln der Plattenecken wird entweder durch aufgehende Wände im Geschoß darüber oder konstruktive Bewehrung verhindert und hat somit keine weitere Bedeutung.



Stahlbetondecke L = 7m (2-achsig gespannt) M 1:130



Schnitt A-A M 1:60



Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel
 Abschnitt:
 Bauherr:
 Ort:

Datum: 28.04.2016

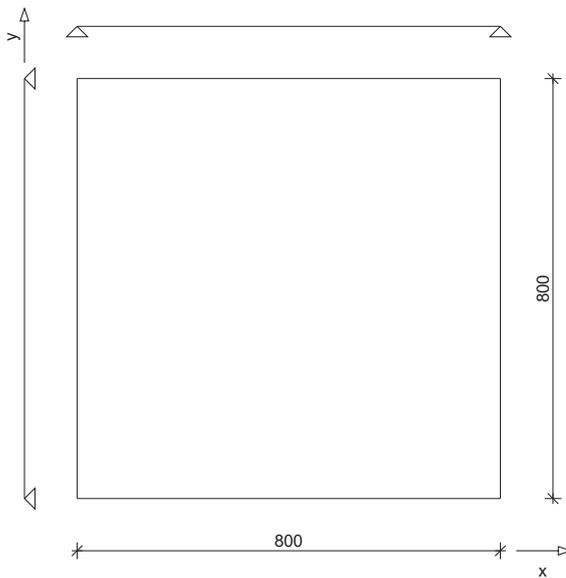
Stahlbetondecke L = 8m (2-achsig gespannt)

Bauteil: Zweiachsig gespannte Platte - EC 2

Geometrie

Platte:

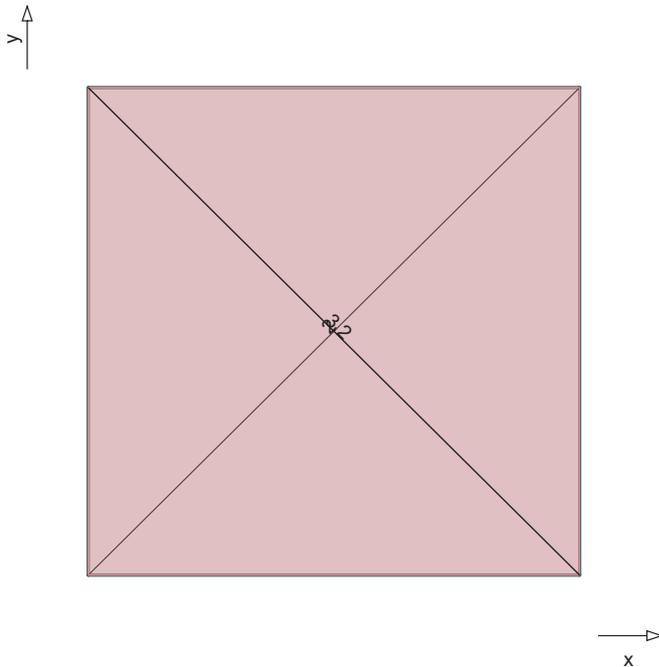
l_x [cm]	l_y [cm]
800,0	800,0



l ... Systemlänge
 b ... Auflagerbreite

Nr.	Stab	$w_{0,St}$	θ [°]	$l_{k,2}$ [cm]	$l_{k,3}$ [cm]
P1	S1		250	31,0	Eulerfall

w ... zul. Durchbiegung l/w ;
 l ist die Stützweite; bei Auskragungen ist l die doppelte Kraglänge
 $w_{0,St}$... Durchbiegung aus Quasi ständiger Kombination
 θ ... Druckstrebenneigung
 l_k ... Knicklänge in Achsrichtung



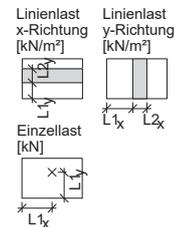
Lasten

Eigengewicht (EG) wird berücksichtigt. Wichte= 25,0 kN/m³
 Bauteileinflussfläche für Schneelasten: größer 10 m²

Nr.	Bezeichnung	Art	Typ	Größe	l1 _x [cm]	l2 _x [cm]	l1 _y [cm]	l2 _y [cm]
L1	Fußbodenaufbau	Gleichlast	Ständig	2,00	0	l - l1	0	l - l1
L2	Nutzlast + ZWZ	Gleichlast	Nutzlast	3,20	0	l - l1	0	l - l1

Größe ... bei Gleichlast in kN/m²

Größe ... bei Einzellast in kN



Lastfälle

Kategorie A: Wohngebäude
 Ort unter 1000m Seehöhe

Nr.	Name	Kombinationsbeiwerte					
		Wirkungsart	Last Nr.	LW	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
LF1	G + Q	Ständig	EG, L1				
		Nutzlast	L2	Ein	0,70	0,50	0,30

Lastfälle:
 ψ ... Kombinationsbeiwert
 Lastfallkombinationen:
 γ ... Teilsicherheitsbeiwert
 G ... ständige Belastung
 Q ... veränderliche Belastung (Nutzlast)
 S ... Schneelasten
 Wg1, ... Windlasten
 Wg2
 A ... außergewöhnliche Belastung
 EG ... Eigengewicht
 FAL ... Fundamentauflast
 ERD ... Erddruck aus Erdreich
 sup ... ungünstige Einwirkung
 inf ... günstige Einwirkung
 LW ... Lastwechsel

Lastfallkombinationen

Normaltemperatur

Nr.	Bezeichnung	Typ	Lastfall	γ _{G,sup}	γ _{G,inf}	γ _Q
KB1	Lagesicherheit	Gruppe A	LF1	1,10	0,90	1,50
KB2	Tragsicherheit	Gruppe B	LF1	1,35	1,00	1,50
KB3	Kurzzeitkombination	Charakteristisch	LF1	1,00	1,00	1,00
KB4	Häufige Kombination	Häufig	LF1	1,00	1,00	1,00
KB5	Langzeitkombination	Quasi-ständig	LF1	1,00	1,00	1,00

Lastfälle + Kombinationen für Auflager

Nr.	Kombi.	Name
LF2	KB6	Ständige Lasten

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel
 Abschnitt:
 Bauherr:
 Ort:

Datum: 28.04.2016

Nr.	Kombi.	Name
LF3	KB7	Nutzlasten
LF4	KB8	Gesamtlast

Material

Betongüte: C25/30

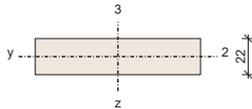
Stahlgüte: BSt 550

Querschnitt

Platte; Platte Nr.: S1

Normaltemperatur $h = 22,0 \text{ cm}$ $A = 2200,00 \text{ cm}^2$ $I_2 = 88733,3 \text{ cm}^4$

Querschnitt(e) sind im
 Schubmittelpunkt zu belasten.
 h ... Höhe
 A ... Fläche
 I ... Trägheitsmoment um
 Achse



Abhebekräfte Normaltemperatur

für den Nachweis der Lagesicherheit (Designkräfte)

Pos.	Lastfallkombination	max [kN]
1/1	KB1 - Lagesicherheit	78,05
11/1	KB1 - Lagesicherheit	78,05
1/11	KB1 - Lagesicherheit	78,05
11/11	KB1 - Lagesicherheit	78,05

Abhebekräfte Normaltemperatur

für den Nachweis der Tragsicherheit (Designkräfte)

Pos.	Lastfallkombination	max [kN]
1/1	KB2 - Tragsicherheit	89,27
11/1	KB2 - Tragsicherheit	89,27
1/11	KB2 - Tragsicherheit	89,27
11/11	KB2 - Tragsicherheit	89,27

Abhebekräfte Normaltemperatur

getrennt nach Lasttyp für die Weiterberechnung (charakteristische Auflagerkräfte)

Pos.	Lastfallkombination	max [kN]
1/1	KB6 - Ständige Lasten	44,86
1/1	KB7 - Nutzlasten	19,14
11/1	KB6 - Ständige Lasten	44,86
11/1	KB7 - Nutzlasten	19,14
1/11	KB6 - Ständige Lasten	44,86
1/11	KB7 - Nutzlasten	19,14
11/11	KB6 - Ständige Lasten	44,86

Pos.	Lastfallkombination	max [kN]
11/11	KB7 - Nutzlasten	19,14

Abhebekräfte Normaltemperatur

Gesamtauflagerkräfte (charakteristische Auflagerkräfte)

Pos.	Lastfallkombination	max [kN]
1/1	KB8 - Gesamtlast	64,00
11/1	KB8 - Gesamtlast	64,00
1/11	KB8 - Gesamtlast	64,00
11/11	KB8 - Gesamtlast	64,00

Bewehrungsanordnung

Pos.	Bezeichnung	Info
1	x-Richtung unten	Ø 10 / 12.5 (6.28cm ² /m)
1	y-Richtung unten	Ø 10 / 12.5 (6.28cm ² /m)
1	x-Richtung oben	Ø 10 / 12.5 (6.28cm ² /m)
1	y-Richtung oben	Ø 10 / 12.5 (6.28cm ² /m)

Allgemeine und konstruktive Bewehrungsregeln sind nach ÖNORM EN 1992-1-1 (Punkt 8 u. 9) einzuhalten. Verankerungen an Endauflagern werden nicht überprüft.

Nachweise Normaltemperatur

ÖNORM EN 1992-1-1 (Ausg. 2011-12-01), ÖNORM B 1992-1-1 (Ausg. 2011-12-01)

Stäbe

Nr.	Pos.	Rich.	Lage	LfK	Teil	Formel	η
S1	11/11	x	unten	KB2	Biegung u. Normalkraft ¹⁾	(44.63) / (54.03)	0,83
S1	11/11	x	oben	KB2	Biegung u. Normalkraft ²⁾	(-44.63) / (-54.03)	0,83
S1	11/11	y	unten	KB2	Biegung u. Normalkraft ³⁾	(44.63) / (53.08)	0,84
S1	11/11	y	oben	KB2	Biegung u. Normalkraft ⁴⁾	(-44.63) / (-53.08)	0,84
S1	11/6	x	unten	KB2	Querkraft ohne Bewehrung ⁵⁾	34.88 / 98.91 =	0,35
S1	11/6	x	oben	KB2	Querkraft ohne Bewehrung ⁶⁾	34.88 / 98.91 =	0,35
S1	6/11	y	unten	KB2	Querkraft ohne Bewehrung ⁷⁾	34.88 / 99.99 =	0,35
S1	6/11	y	oben	KB2	Querkraft ohne Bewehrung ⁸⁾	34.88 / 99.99 =	0,35
S1	11/11	y	oben	KB5	Rissbreite ⁹⁾	0.022 / 0.030 =	0,73
S1	6/6	y	unten	KB3	Durchbiegung ¹⁰⁾	3.47cm	
S1	6/6	y	unten	KB5	Durchbiegung ¹¹⁾	4.10cm / 3.20cm =	1,28

Art	Info
Biegung u. Normalkraft ¹⁾	$M_{2,Ed} = 44.63 \text{ kNm/m}$; $M_{2,Rd} = 54.03 \text{ kNm/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{yd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 12.56 \text{ cm}^2/\text{m}$; $\epsilon_{c,min} = -3.50 \text{ ‰}$; $\epsilon_{c,max} = 23.05 \text{ ‰}$; $\epsilon_s = 14.62 \text{ ‰}$; $\alpha_0 = 0.0 \text{ ‰}$; $x = 2.9 \text{ cm}$; $z = 13.8 \text{ cm}$;
Biegung u. Normalkraft ²⁾	$M_{2,Ed} = -44.63 \text{ kNm/m}$; $M_{2,Rd} = -54.03 \text{ kNm/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{yd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 12.56 \text{ cm}^2/\text{m}$; $\epsilon_{c,min} = -3.50 \text{ ‰}$; $\epsilon_{c,max} = 23.05 \text{ ‰}$; $\epsilon_s = 14.62 \text{ ‰}$; $\alpha_0 = 0.0 \text{ ‰}$; $x = 2.9 \text{ cm}$; $z = 13.8 \text{ cm}$;
Biegung u. Normalkraft ³⁾	$M_{2,Ed} = 44.63 \text{ kNm/m}$; $M_{2,Rd} = 53.08 \text{ kNm/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{yd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 12.56 \text{ cm}^2/\text{m}$; $\epsilon_{c,min} = -3.50 \text{ ‰}$; $\epsilon_{c,max} = 19.50 \text{ ‰}$; $\epsilon_s = 10.24 \text{ ‰}$; $\alpha_0 = 0.0 \text{ ‰}$; $x = 3.3 \text{ cm}$; $z = 11.8 \text{ cm}$;
Biegung u. Normalkraft ⁴⁾	$M_{2,Ed} = -44.63 \text{ kNm/m}$; $M_{2,Rd} = -53.08 \text{ kNm/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{yd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 12.56 \text{ cm}^2/\text{m}$; $\epsilon_{c,min} = -3.50 \text{ ‰}$; $\epsilon_{c,max} = 19.50 \text{ ‰}$; $\epsilon_s = 10.24 \text{ ‰}$; $\alpha_0 = 0.0 \text{ ‰}$; $x = 3.3 \text{ cm}$; $z = 11.8 \text{ cm}$;

LfK ... Lastfallkombination
 η ... Ausnutzungsgrad
 Biegung u. Normalkraft Abschnitt (6.1)
 Querkraft Formel (6.2)
 Rissbreite Abschnitt 7.3.4
 Durchbiegung Abschnitt 7.4.3

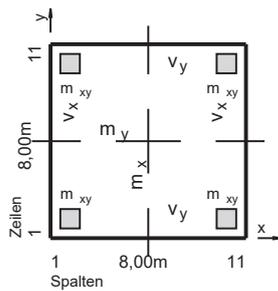
M_{Ed} ... Einwirkendes Biegemoment
 M_{Rd} ... Aufnehmbares Biegemoment
 γ_c ... Teilsicherheitsbeiwert für Beton
 f_{cd} ... Druckfestigkeit des Betons
 γ_s ... Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl
 f_{yd} ... Streckgrenze des Betonstahls
 A_{s1} ... Zugbewehrung
 $\epsilon_{c,min}$... Betondehnung
 $\epsilon_{c,max}$...
 ϵ_s ... Stahldehnung
 α_0 ... Winkel der Nulllinie
 x ... Höhe der Druckzone
 d ... statische Nutzhöhe
 z ... Hebelarm der inneren Kräfte
 $V_{Ed,red}$... Einwirkende reduzierte Querkraft

Art	Info	
Querkraft ohne Bewehrung ⁵⁾	$V_{Ed,red} = 34.88 \text{ kN/m}$; $V_{Rd,c} = 98.91 \text{ kN/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{ywd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 8.18 \text{ cm}^2/\text{m}$; $b_{w,2} = 100.0 \text{ cm}$; $b_{w,3} = 22.0 \text{ cm}$; $d_2 = 50.0 \text{ cm}$; $d_3 = 18.5 \text{ cm}$;	$V_{Rd,c}$... Aufnehmbare Querkraft ohne Querkraftbewehrung A_{sl} ... Fläche der Zugbewehrung b_w ... kleinste Querschnittsbreite d ... statische Nutzhöhe w_k ... Rissbreite $A_{c,eff}$... Betonfläche um die Zugbewehrung w_{vorh} ... vorhandene Durchbiegung w_{zul} ... zulässige Durchbiegung φ ... Kriechzahl $1/r$... Krümmung t ... Einwirkungszeit (Tage) Φ ... Relative Luftfeuchtigkeit
Querkraft ohne Bewehrung ⁶⁾	$V_{Ed,red} = 34.88 \text{ kN/m}$; $V_{Rd,c} = 98.91 \text{ kN/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{ywd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 8.18 \text{ cm}^2/\text{m}$; $b_{w,2} = 100.0 \text{ cm}$; $b_{w,3} = 22.0 \text{ cm}$; $d_2 = 50.0 \text{ cm}$; $d_3 = 18.5 \text{ cm}$;	
Querkraft ohne Bewehrung ⁷⁾	$V_{Ed,red} = 34.88 \text{ kN/m}$; $V_{Rd,c} = 99.99 \text{ kN/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{ywd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 9.44 \text{ cm}^2/\text{m}$; $b_{w,2} = 100.0 \text{ cm}$; $b_{w,3} = 22.0 \text{ cm}$; $d_2 = 50.0 \text{ cm}$; $d_3 = 17.5 \text{ cm}$;	
Querkraft ohne Bewehrung ⁸⁾	$V_{Ed,red} = 34.88 \text{ kN/m}$; $V_{Rd,c} = 99.99 \text{ kN/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{ywd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 9.44 \text{ cm}^2/\text{m}$; $b_{w,2} = 100.0 \text{ cm}$; $b_{w,3} = 22.0 \text{ cm}$; $d_2 = 50.0 \text{ cm}$; $d_3 = 17.5 \text{ cm}$;	
Rissbreite ⁹⁾	$w_{k,zul} = 0.030 \text{ cm}$; $w_{k,vorh} = 0.022 \text{ cm}$; $\varphi = 2.44$; $A_{c,eff} = 1100.00 \text{ cm}^2$;	
Durchbiegung ¹⁰⁾	$w_{vorh} = 3.47 \text{ cm}$; Rissmoment $M_2 = 21.99 \text{ kNm/m}$; $\varphi = 0.00$; $1/r = 5.31$; $t = 21$ Tage; $\Phi = 64.50 \%$;	
Durchbiegung ¹¹⁾	$w_{vorh} = 4.10 \text{ cm}$; $w_{zul} = 3.20 \text{ cm}$; Rissmoment $M_2 = 23.90 \text{ kNm/m}$; $\varphi = 2.44$; $1/r = 7.94$; $t = 25000$ Tage; $\Phi = 64.50 \%$;	

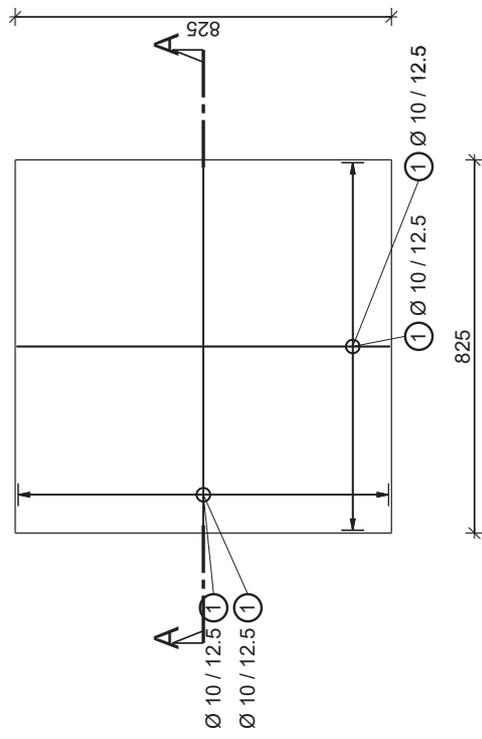
Zusatztext

Als obere Lage wird wie bei den 1-achsig gespannten Decken Mindestbewehrung eingelegt. Das Aufschüsseln der Plattenecken wird entweder durch aufgehende Wände im Geschoß darüber oder konstruktive Bewehrung verhindert und hat somit keine weitere Bedeutung.

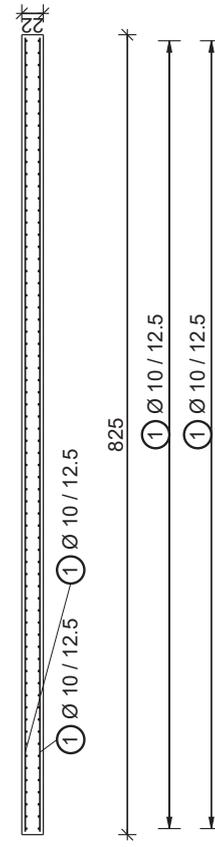
Überhöhung um $l/300 = 2,67 \text{ cm}$
 $\rightarrow w = 4,10 - 2,67 = 3,12 \text{ cm} < 1,43 \text{ cm}$
 $1,43 \text{ cm} = l/560$



Stahlbetondecke L = 8m (2-achsig gespannt) M 1:150



Schnitt A-A M 1:70



Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel
 Abschnitt:
 Bauherr:
 Ort:

Datum: 28.04.2016

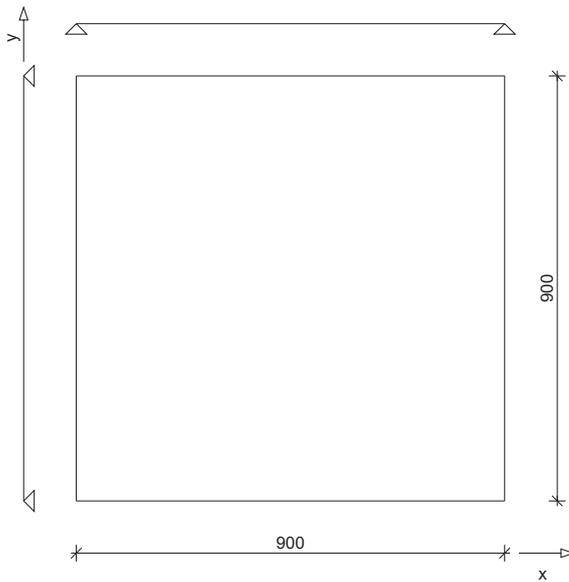
Stahlbetondecke L = 9m (2-achsig gespannt)

Bauteil: Zweiachsig gespannte Platte - EC 2

Geometrie

Platte:

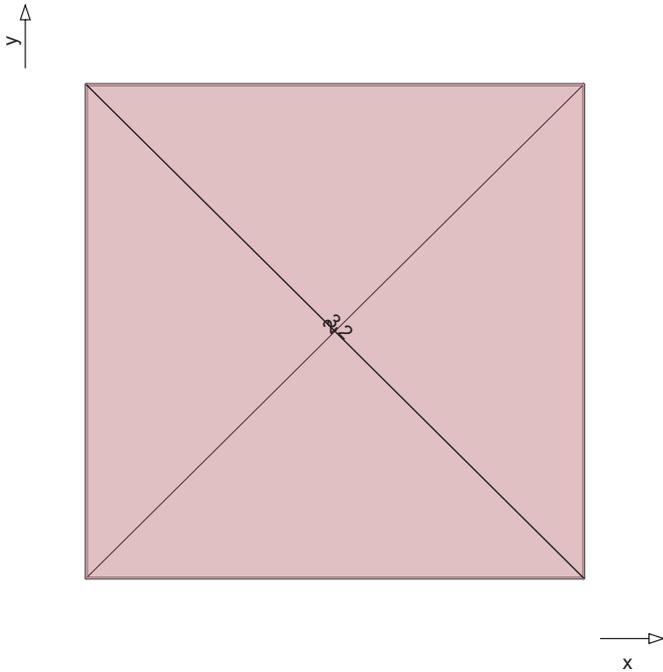
l_x [cm]	l_y [cm]
900,0	900,0



l ... Systemlänge
 b ... Auflagerbreite

Nr.	Stab	$w_{Q,St}$	θ [°]	$l_{k,2}$ [cm]	$l_{k,3}$ [cm]
P1	S1		250	31,0	Eulerfall

w ... zul. Durchbiegung l/w ;
 l ist die Stützweite; bei Auskragungen ist l die doppelte Kraglänge
 $w_{Q,St}$... Durchbiegung aus Quasi ständiger Kombination
 θ ... Druckstrebenneigung
 l_k ... Knicklänge in Achsrichtung



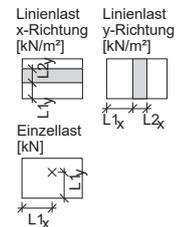
Lasten

Eigengewicht (EG) wird berücksichtigt. Wichte= 25,0 kN/m³
 Bauteileinflussfläche für Schneelasten: größer 10 m²

Nr.	Bezeichnung	Art	Typ	Größe	l1 _x [cm]	l2 _x [cm]	l1 _y [cm]	l2 _y [cm]
L1	Fußbodenaufbau	Gleichlast	Ständig	2,00	0	l - l1	0	l - l1
L2	Nutzlast + ZWZ	Gleichlast	Nutzlast	3,20	0	l - l1	0	l - l1

Größe ... bei Gleichlast in kN/m²

Größe ... bei Einzellast in kN



Lastfälle

Kategorie A: Wohngebäude
 Ort unter 1000m Seehöhe

Nr.	Name	Kombinationsbeiwerte					
		Wirkungsart	Last Nr.	LW	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
LF1	G + Q	Ständig	EG, L1				
		Nutzlast	L2	Ein	0,70	0,50	0,30

Lastfälle:
 ψ ... Kombinationsbeiwert
 Lastfallkombinationen:
 γ ... Teilsicherheitsbeiwert
 G ... ständige Belastung
 Q ... veränderliche Belastung (Nutzlast)
 S ... Schneelasten
 Wg1, ... Windlasten
 Wg2
 A ... außergewöhnliche Belastung
 EG ... Eigengewicht
 FAL ... Fundamentauflast
 ERD ... Erddruck aus Erdreich
 sup ... ungünstige Einwirkung
 inf ... günstige Einwirkung
 LW ... Lastwechsel

Lastfallkombinationen

Normaltemperatur

Nr.	Bezeichnung	Typ	Lastfall	γ _{G,sup}	γ _{G,inf}	γ _Q
KB1	Lagesicherheit	Gruppe A	LF1	1,10	0,90	1,50
KB2	Tragsicherheit	Gruppe B	LF1	1,35	1,00	1,50
KB3	Kurzzeitkombination	Charakteristisch	LF1	1,00	1,00	1,00
KB4	Häufige Kombination	Häufig	LF1	1,00	1,00	1,00
KB5	Langzeitkombination	Quasi-ständig	LF1	1,00	1,00	1,00

Lastfälle + Kombinationen für Auflager

Nr.	Kombi.	Name
LF2	KB6	Ständige Lasten

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel
 Abschnitt:
 Bauherr:
 Ort:

Datum: 28.04.2016

Nr.	Kombi.	Name
LF3	KB7	Nutzlasten
LF4	KB8	Gesamtlast

Material

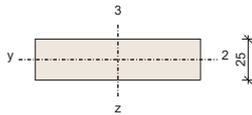
Betongüte: C25/30

Stahlgüte: BSt 550

Querschnitt

Platte; Platte Nr.: S1

Normaltemperatur $h = 25,0 \text{ cm}$ $A = 2500,00 \text{ cm}^2$ $I_2 = 130208,3 \text{ cm}^4$



Querschnitt(e) sind im
 Schubmittelpunkt zu belasten.
 h ... Höhe
 A ... Fläche
 I ... Trägheitsmoment um
 Achse

Abhebekräfte Normaltemperatur

für den Nachweis der Lagesicherheit (Designkräfte)

Pos.	Lastfallkombination	max [kN]
1/1	KB1 - Lagesicherheit	105,03
11/1	KB1 - Lagesicherheit	105,03
1/11	KB1 - Lagesicherheit	105,03
11/11	KB1 - Lagesicherheit	105,03

Abhebekräfte Normaltemperatur

für den Nachweis der Tragsicherheit (Designkräfte)

Pos.	Lastfallkombination	max [kN]
1/1	KB2 - Tragsicherheit	120,64
11/1	KB2 - Tragsicherheit	120,64
1/11	KB2 - Tragsicherheit	120,64
11/11	KB2 - Tragsicherheit	120,64

Abhebekräfte Normaltemperatur

getrennt nach Lasttyp für die Weiterberechnung (charakteristische Auflagerkräfte)

Pos.	Lastfallkombination	max [kN]
1/1	KB6 - Ständige Lasten	62,45
1/1	KB7 - Nutzlasten	24,22
11/1	KB6 - Ständige Lasten	62,45
11/1	KB7 - Nutzlasten	24,22
1/11	KB6 - Ständige Lasten	62,45
1/11	KB7 - Nutzlasten	24,22
11/11	KB6 - Ständige Lasten	62,45

Pos.	Lastfallkombination	max [kN]
11/11	KB7 - Nutzlasten	24,22

Abhebekräfte Normaltemperatur

Gesamtauflagerkräfte (charakteristische Auflagerkräfte)

Pos.	Lastfallkombination	max [kN]
1/1	KB8 - Gesamtlast	86,67
11/1	KB8 - Gesamtlast	86,67
1/11	KB8 - Gesamtlast	86,67
11/11	KB8 - Gesamtlast	86,67

Bewehrungsanordnung

Pos.	Bezeichnung	Info
1	x-Richtung unten	Ø 12 / 15.0 (7.53cm ² /m)
1	y-Richtung unten	Ø 12 / 15.0 (7.53cm ² /m)
1	x-Richtung oben	Ø 12 / 15.0 (7.53cm ² /m)
1	y-Richtung oben	Ø 12 / 15.0 (7.53cm ² /m)

Allgemeine und konstruktive Bewehrungsregeln sind nach ÖNORM EN 1992-1-1 (Punkt 8 u. 9) einzuhalten. Verankerungen an Endauflagern werden nicht überprüft.

Nachweise Normaltemperatur

ÖNORM EN 1992-1-1 (Ausg. 2011-12-01), ÖNORM B 1992-1-1 (Ausg. 2011-12-01)

Stäbe

Nr.	Pos.	Rich.	Lage	LfK	Teil	Formel	η
S1	11/11	x	unten	KB2	Biegung u. Normalkraft ¹⁾	(60.32) / (73.90)	0,82
S1	11/11	x	oben	KB2	Biegung u. Normalkraft ²⁾	(-60.32) / (-73.90)	0,82
S1	11/11	y	unten	KB2	Biegung u. Normalkraft ³⁾	(60.32) / (71.89)	0,84
S1	11/11	y	oben	KB2	Biegung u. Normalkraft ⁴⁾	(-60.32) / (-71.89)	0,84
S1	11/6	x	unten	KB2	Querkraft ohne Bewehrung ⁵⁾	41.90 / 110.56 =	0,38
S1	11/6	x	oben	KB2	Querkraft ohne Bewehrung ⁶⁾	41.90 / 110.56 =	0,38
S1	6/11	y	unten	KB2	Querkraft ohne Bewehrung ⁷⁾	41.90 / 114.04 =	0,37
S1	6/11	y	oben	KB2	Querkraft ohne Bewehrung ⁸⁾	41.90 / 114.04 =	0,37
S1	11/11	y	oben	KB5	Rissbreite ⁹⁾	0.026 / 0.030 =	0,87
S1	6/6	y	unten	KB3	Durchbiegung ¹⁰⁾	4.05cm	
S1	6/6	y	unten	KB5	Durchbiegung ¹¹⁾	4.63cm / 3.60cm =	1,29

LfK ... Lastfallkombination
 η ... Ausnutzungsgrad
 Biegung u. Normalkraft Abschnitt (6.1)
 Querkraft Formel (6.2)
 Rissbreite Abschnitt 7.3.4
 Durchbiegung Abschnitt 7.4.3

Art	Info
Biegung u. Normalkraft ¹⁾	$M_{2,Ed} = 60.32 \text{ kNm/m}$; $M_{2,Rd} = 73.90 \text{ kNm/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{yd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 15.07 \text{ cm}^2/\text{m}$; $\epsilon_{c,min} = -3.50 \text{ ‰}$; $\epsilon_{c,max} = 23.99 \text{ ‰}$; $\epsilon_s = 16.88 \text{ ‰}$; $\alpha_0 = 0.0 \text{ ‰}$; $x = 3.2 \text{ cm}$; $z = 17.2 \text{ cm}$;
Biegung u. Normalkraft ²⁾	$M_{2,Ed} = -60.32 \text{ kNm/m}$; $M_{2,Rd} = -73.90 \text{ kNm/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{yd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 15.07 \text{ cm}^2/\text{m}$; $\epsilon_{c,min} = -3.50 \text{ ‰}$; $\epsilon_{c,max} = 23.99 \text{ ‰}$; $\epsilon_s = 16.88 \text{ ‰}$; $\alpha_0 = 0.0 \text{ ‰}$; $x = 3.2 \text{ cm}$; $z = 17.2 \text{ cm}$;
Biegung u. Normalkraft ³⁾	$M_{2,Ed} = 60.32 \text{ kNm/m}$; $M_{2,Rd} = 71.89 \text{ kNm/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{yd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 15.07 \text{ cm}^2/\text{m}$; $\epsilon_{c,min} = -3.50 \text{ ‰}$; $\epsilon_{c,max} = 19.80 \text{ ‰}$; $\epsilon_s = 11.17 \text{ ‰}$; $\alpha_0 = 0.0 \text{ ‰}$; $x = 3.8 \text{ cm}$; $z = 14.2 \text{ cm}$;
Biegung u. Normalkraft ⁴⁾	$M_{2,Ed} = -60.32 \text{ kNm/m}$; $M_{2,Rd} = -71.89 \text{ kNm/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{yd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 15.07 \text{ cm}^2/\text{m}$; $\epsilon_{c,min} = -3.50 \text{ ‰}$; $\epsilon_{c,max} = 19.80 \text{ ‰}$; $\epsilon_s = 11.17 \text{ ‰}$; $\alpha_0 = 0.0 \text{ ‰}$; $x = 3.8 \text{ cm}$; $z = 14.2 \text{ cm}$;

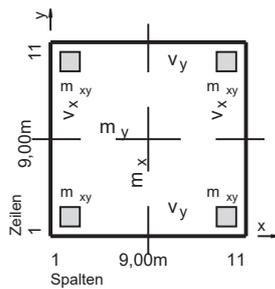
M_{Ed} ... Einwirkendes Biegemoment
 M_{Rd} ... Aufnehmbares Biegemoment
 γ_c ... Teilsicherheitsbeiwert für Beton
 f_{cd} ... Druckfestigkeit des Betons
 γ_s ... Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl
 f_{yd} ... Streckgrenze des Betonstahls
 A_{s1} ... Zugbewehrung
 $\epsilon_{c,min}$... Betondehnung
 $\epsilon_{c,max}$...
 ϵ_s ... Stahldehnung
 α_0 ... Winkel der Nulllinie
 x ... Höhe der Druckzone
 d ... statische Nutzhöhe
 z ... Hebelarm der inneren Kräfte
 $V_{Ed,red}$... Einwirkende reduzierte Querkraft

Art	Info	
Querkraft ohne Bewehrung ⁵⁾	$V_{Ed,red} = 41.90 \text{ kN/m}$; $V_{Rd,c} = 110.56 \text{ kN/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{ywd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 8.98 \text{ cm}^2/\text{m}$; $b_{w,2} = 100.0 \text{ cm}$; $b_{w,3} = 25.0 \text{ cm}$; $d_2 = 50.0 \text{ cm}$; $d_3 = 21.4 \text{ cm}$;	$V_{Rd,c}$... Aufnehmbare Querkraft ohne Querkraftbewehrung
Querkraft ohne Bewehrung ⁶⁾	$V_{Ed,red} = 41.90 \text{ kN/m}$; $V_{Rd,c} = 110.56 \text{ kN/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{ywd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 8.98 \text{ cm}^2/\text{m}$; $b_{w,2} = 100.0 \text{ cm}$; $b_{w,3} = 25.0 \text{ cm}$; $d_2 = 50.0 \text{ cm}$; $d_3 = 21.4 \text{ cm}$;	A_{sl} ... Fläche der Zugbewehrung
Querkraft ohne Bewehrung ⁷⁾	$V_{Ed,red} = 41.90 \text{ kN/m}$; $V_{Rd,c} = 114.04 \text{ kN/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{ywd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 10.60 \text{ cm}^2/\text{m}$; $b_{w,2} = 100.0 \text{ cm}$; $b_{w,3} = 25.0 \text{ cm}$; $d_2 = 50.0 \text{ cm}$; $d_3 = 20.2 \text{ cm}$;	b_w ... kleinste Querschnittsbreite
Querkraft ohne Bewehrung ⁸⁾	$V_{Ed,red} = 41.90 \text{ kN/m}$; $V_{Rd,c} = 114.04 \text{ kN/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{ywd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 10.60 \text{ cm}^2/\text{m}$; $b_{w,2} = 100.0 \text{ cm}$; $b_{w,3} = 25.0 \text{ cm}$; $d_2 = 50.0 \text{ cm}$; $d_3 = 20.2 \text{ cm}$;	d ... statische Nutzhöhe
Rissbreite ⁹⁾	$w_{k,zul} = 0.030 \text{ cm}$; $w_{k,vorh} = 0.026 \text{ cm}$; $\varphi = 2.41$; $A_{c,eff} = 1200.00 \text{ cm}^2$;	w_k ... Rissbreite
Durchbiegung ¹⁰⁾	$w_{vorh} = 4.05 \text{ cm}$; Rissmoment $M_2 = 28.50 \text{ kNm/m}$; $\varphi = 0.00$; $1/r = 5.31$; $t = 21 \text{ Tage}$; $\Phi = 64.50 \%$;	$A_{c,eff}$... Betonfläche um die Zugbewehrung
Durchbiegung ¹¹⁾	$w_{vorh} = 4.63 \text{ cm}$; $w_{zul} = 3.60 \text{ cm}$; Rissmoment $M_2 = 31.33 \text{ kNm/m}$; $\varphi = 2.41$; $1/r = 7.55$; $t = 25000 \text{ Tage}$; $\Phi = 64.50 \%$;	w_{vorh} ... vorhandene Durchbiegung
		w_{zul} ... zulässige Durchbiegung
		φ ... Kriechzahl
		$1/r$... Krümmung
		t ... Einwirkungszeit (Tage)
		Φ ... Relative Luftfeuchtigkeit

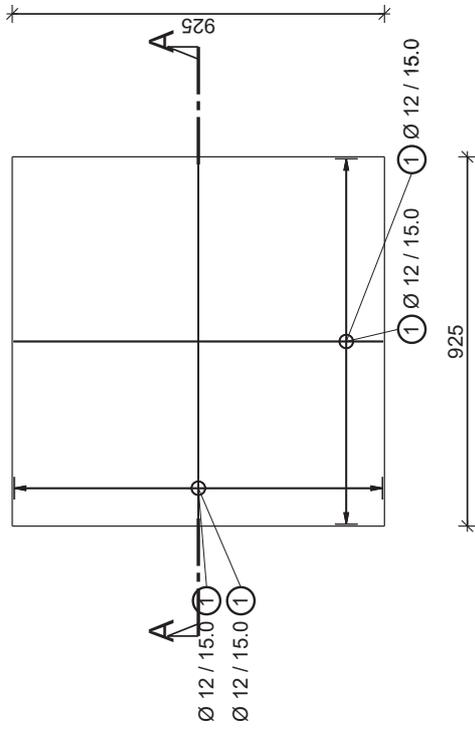
Zusatztext

Als obere Lage wird wie bei den 1-achsig gespannten Decken Mindestbewehrung eingelegt. Das Aufschüsseln der Plattenecken wird entweder durch aufgehende Wände im Geschoß darüber oder konstruktive Bewehrung verhindert und hat somit keine weitere Bedeutung.

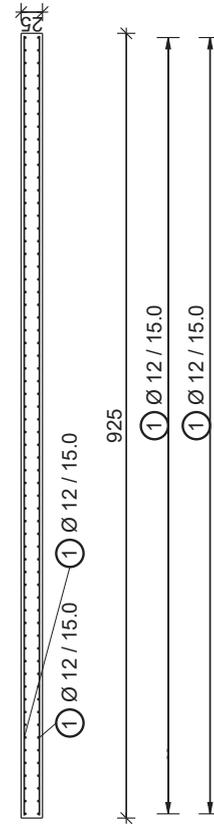
Überhöhung um $l/300 = 3,0\text{cm}$
 $\rightarrow w = 4,63 - 3,0 = 1,63\text{cm} < 3,6\text{cm}$
 $1,63\text{cm} = l/552$



Stahlbetondecke L = 9m (2-achsig gespannt) M 1:170



Schnitt A-A M 1:80



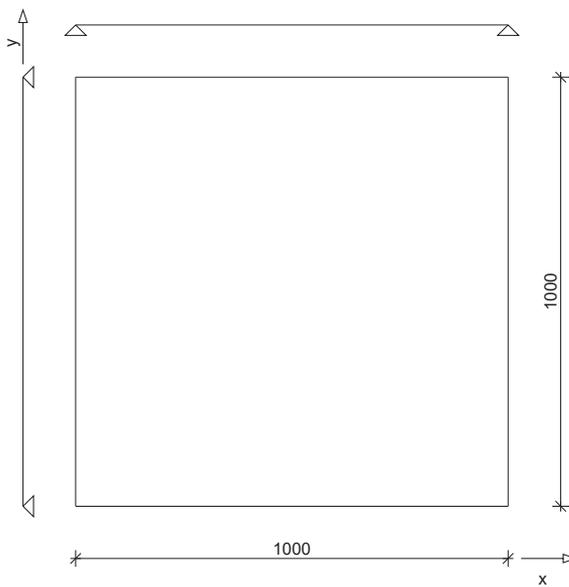
Stahlbetondecke L = 10m (2-achsig gespannt)

Bauteil: Zweiachsig gespannte Platte - EC 2

Geometrie

Platte:

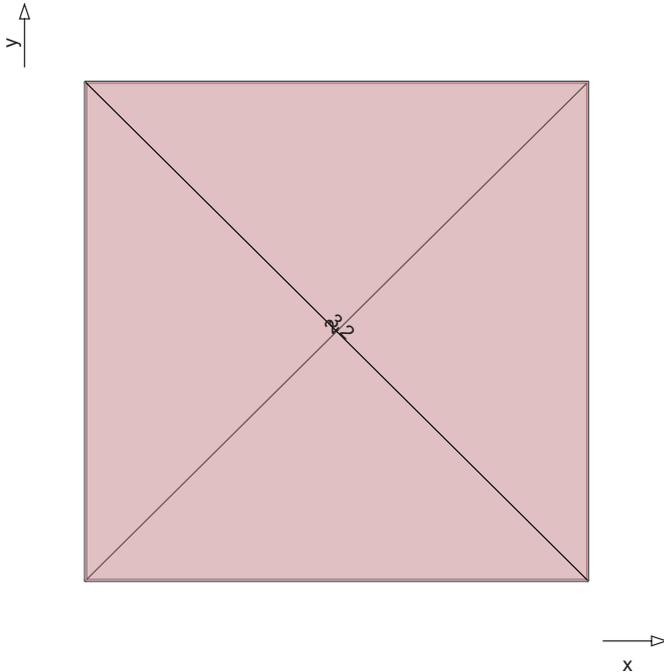
l_x [cm]	l_y [cm]
1000,0	1000,0



l ... Systemlänge
 b ... Auflagerbreite

Nr.	Stab	$w_{Q,St}$	θ [°]	$l_{k,2}$ [cm]	$l_{k,3}$ [cm]
P1	S1		250	31,0	Eulerfall

w ... zul. Durchbiegung l/w ;
 l ist die Stützweite; bei Auskragungen ist l die doppelte Kraglänge
 $w_{Q,St}$... Durchbiegung aus Quasi ständiger Kombination
 θ ... Druckstrebenneigung
 l_k ... Knicklänge in Achsrichtung



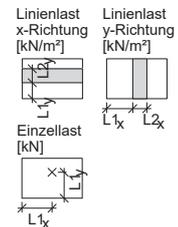
Lasten

Eigengewicht (EG) wird berücksichtigt. Wichte= 25,0 kN/m³
 Bauteileinflussfläche für Schneelasten: größer 10 m²

Nr.	Bezeichnung	Art	Typ	Größe	l1 _x [cm]	l2 _x [cm]	l1 _y [cm]	l2 _y [cm]
L1	Fußbodenaufbau	Gleichlast	Ständig	2,00	0	l - l1	0	l - l1
L2	Nutzlast + ZWZ	Gleichlast	Nutzlast	3,20	0	l - l1	0	l - l1

Größe ... bei Gleichlast in kN/m²

Größe ... bei Einzellast in kN



Lastfälle

Kategorie A: Wohngebäude
 Ort unter 1000m Seehöhe

Nr.	Name	Kombinationsbeiwerte					
		Wirkungsart	Last Nr.	LW	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
LF1	G + Q	Ständig	EG, L1				
		Nutzlast	L2	Ein	0,70	0,50	0,30

Lastfälle:
 ψ ... Kombinationsbeiwert
 Lastfallkombinationen:
 γ ... Teilsicherheitsbeiwert
 G ... ständige Belastung
 Q ... veränderliche Belastung (Nutzlast)
 S ... Schneelasten
 Wg1, ... Windlasten
 Wg2
 A ... außergewöhnliche Belastung
 EG ... Eigengewicht
 FAL ... Fundamentauflast
 ERD ... Erddruck aus Erdreich
 sup ... ungünstige Einwirkung
 inf ... günstige Einwirkung
 LW ... Lastwechsel

Lastfallkombinationen

Normaltemperatur

Nr.	Bezeichnung	Typ	Lastfall	γ _{G,sup}	γ _{G,inf}	γ _Q
KB1	Lagesicherheit	Gruppe A	LF1	1,10	0,90	1,50
KB2	Tragsicherheit	Gruppe B	LF1	1,35	1,00	1,50
KB3	Kurzzeitkombination	Charakteristisch	LF1	1,00	1,00	1,00
KB4	Häufige Kombination	Häufig	LF1	1,00	1,00	1,00
KB5	Langzeitkombination	Quasi-ständig	LF1	1,00	1,00	1,00

Lastfälle + Kombinationen für Auflager

Nr.	Kombi.	Name
LF2	KB6	Ständige Lasten

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel
 Abschnitt:
 Bauherr:
 Ort:

Datum: 28.04.2016

Nr.	Kombi.	Name
LF3	KB7	Nutzlasten
LF4	KB8	Gesamtlast

Material

Betongüte: C25/30

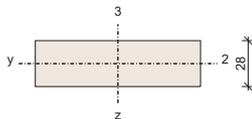
Stahlgüte: BSt 550

Querschnitt

Platte; Platte Nr.: S1

Normaltemperatur $h = 28,0 \text{ cm}$ $A = 2800,00 \text{ cm}^2$ $I_2 = 182933,3 \text{ cm}^4$

Querschnitt(e) sind im
 Schubmittelpunkt zu belasten.
 h ... Höhe
 A ... Fläche
 I ... Trägheitsmoment um
 Achse



Abhebekräfte Normaltemperatur

für den Nachweis der Lagesicherheit (Designkräfte)

Pos.	Lastfallkombination	max [kN]
1/1	KB1 - Lagesicherheit	137,37
11/1	KB1 - Lagesicherheit	137,37
1/11	KB1 - Lagesicherheit	137,37
11/11	KB1 - Lagesicherheit	137,37

Abhebekräfte Normaltemperatur

für den Nachweis der Tragsicherheit (Designkräfte)

Pos.	Lastfallkombination	max [kN]
1/1	KB2 - Tragsicherheit	158,40
11/1	KB2 - Tragsicherheit	158,40
1/11	KB2 - Tragsicherheit	158,40
11/11	KB2 - Tragsicherheit	158,40

Abhebekräfte Normaltemperatur

getrennt nach Lasttyp für die Weiterberechnung (charakteristische Auflagerkräfte)

Pos.	Lastfallkombination	max [kN]
1/1	KB6 - Ständige Lasten	84,11
1/1	KB7 - Nutzlasten	29,90
11/1	KB6 - Ständige Lasten	84,11
11/1	KB7 - Nutzlasten	29,90
1/11	KB6 - Ständige Lasten	84,11
1/11	KB7 - Nutzlasten	29,90
11/11	KB6 - Ständige Lasten	84,11

Pos.	Lastfallkombination	max [kN]
11/11	KB7 - Nutzlasten	29,90

Abhebekräfte Normaltemperatur

Gesamtauflagerkräfte (charakteristische Auflagerkräfte)

Pos.	Lastfallkombination	max [kN]
1/1	KB8 - Gesamtlast	114,01
11/1	KB8 - Gesamtlast	114,01
1/11	KB8 - Gesamtlast	114,01
11/11	KB8 - Gesamtlast	114,01

Bewehrungsanordnung

Pos.	Bezeichnung	Info
1	x-Richtung unten	Ø 12 / 12.5 (9.04cm ² /m)
1	y-Richtung unten	Ø 12 / 12.5 (9.04cm ² /m)
1	x-Richtung oben	Ø 12 / 12.5 (9.04cm ² /m)
1	y-Richtung oben	Ø 12 / 12.5 (9.04cm ² /m)

Allgemeine und konstruktive Bewehrungsregeln sind nach ÖNORM EN 1992-1-1 (Punkt 8 u. 9) einzuhalten. Verankerungen an Endauflagern werden nicht überprüft.

Nachweise Normaltemperatur

ÖNORM EN 1992-1-1 (Ausg. 2011-12-01), ÖNORM B 1992-1-1 (Ausg. 2011-12-01)

Stäbe

Nr.	Pos.	Rich.	Lage	LfK	Teil	Formel	η
S1	11/11	x	unten	KB2	Biegung u. Normalkraft ¹⁾	(79.20) / (99.99)	0,79
S1	11/11	x	oben	KB2	Biegung u. Normalkraft ²⁾	(-79.20) / (-99.99)	0,79
S1	11/11	y	unten	KB2	Biegung u. Normalkraft ³⁾	(79.20) / (96.59)	0,82
S1	11/11	y	oben	KB2	Biegung u. Normalkraft ⁴⁾	(-79.20) / (-96.59)	0,82
S1	11/6	x	unten	KB2	Querkraft ohne Bewehrung ⁵⁾	49.51 / 119.88 =	0,41
S1	11/6	x	oben	KB2	Querkraft ohne Bewehrung ⁶⁾	49.51 / 119.88 =	0,41
S1	6/11	y	unten	KB2	Querkraft ohne Bewehrung ⁷⁾	49.51 / 124.07 =	0,40
S1	6/11	y	oben	KB2	Querkraft ohne Bewehrung ⁸⁾	49.51 / 124.07 =	0,40
S1	11/11	y	oben	KB5	Rissbreite ⁹⁾	0.025 / 0.030 =	0,82
S1	6/6	y	unten	KB3	Durchbiegung ¹⁰⁾	4.37cm	
S1	6/6	y	unten	KB5	Durchbiegung ¹¹⁾	5.09cm / 4.00cm =	1,27

LfK ... Lastfallkombination
 η ... Ausnutzungsgrad
 Biegung u. Normalkraft Abschnitt (6.1)
 Querkraft Formel (6.2)
 Rissbreite Abschnitt 7.3.4
 Durchbiegung Abschnitt 7.4.3

Art	Info
Biegung u. Normalkraft ¹⁾	$M_{2,Ed} = 79.20 \text{ kNm/m}; M_{2,Rd} = 99.99 \text{ kNm/m}; \gamma_c = 1.50; f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2; \gamma_s = 1.15; f_{yd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2; A_{s1} = 18.08 \text{ cm}^2/\text{m}; \epsilon_{c,min} = -3.50 \text{ ‰}; \epsilon_{c,max} = 25.05 \text{ ‰}; \epsilon_s = 19.97 \text{ ‰}; \alpha_0 = 0.0 \text{ ‰}; x = 3.4 \text{ cm}; z = 21.6 \text{ cm};$
Biegung u. Normalkraft ²⁾	$M_{2,Ed} = -79.20 \text{ kNm/m}; M_{2,Rd} = -99.99 \text{ kNm/m}; \gamma_c = 1.50; f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2; \gamma_s = 1.15; f_{yd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2; A_{s1} = 18.08 \text{ cm}^2/\text{m}; \epsilon_{c,min} = -3.50 \text{ ‰}; \epsilon_{c,max} = 25.05 \text{ ‰}; \epsilon_s = 19.97 \text{ ‰}; \alpha_0 = 0.0 \text{ ‰}; x = 3.4 \text{ cm}; z = 21.6 \text{ cm};$
Biegung u. Normalkraft ³⁾	$M_{2,Ed} = 79.20 \text{ kNm/m}; M_{2,Rd} = 96.59 \text{ kNm/m}; \gamma_c = 1.50; f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2; \gamma_s = 1.15; f_{yd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2; A_{s1} = 18.08 \text{ cm}^2/\text{m}; \epsilon_{c,min} = -3.50 \text{ ‰}; \epsilon_{c,max} = 20.64 \text{ ‰}; \epsilon_s = 13.16 \text{ ‰}; \alpha_0 = 0.0 \text{ ‰}; x = 4.1 \text{ cm}; z = 17.6 \text{ cm};$
Biegung u. Normalkraft ⁴⁾	$M_{2,Ed} = -79.20 \text{ kNm/m}; M_{2,Rd} = -96.59 \text{ kNm/m}; \gamma_c = 1.50; f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2; \gamma_s = 1.15; f_{yd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2; A_{s1} = 18.08 \text{ cm}^2/\text{m}; \epsilon_{c,min} = -3.50 \text{ ‰}; \epsilon_{c,max} = 20.64 \text{ ‰}; \epsilon_s = 13.16 \text{ ‰}; \alpha_0 = 0.0 \text{ ‰}; x = 4.1 \text{ cm}; z = 17.6 \text{ cm};$

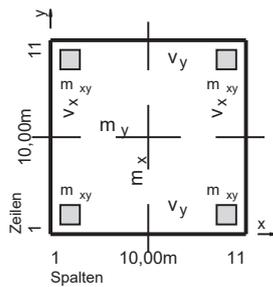
M_{Ed} ... Einwirkendes Biegemoment
 M_{Rd} ... Aufnehmbares Biegemoment
 γ_c ... Teilsicherheitsbeiwert für Beton
 f_{cd} ... Druckfestigkeit des Betons
 γ_s ... Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl
 f_{yd} ... Streckgrenze des Betonstahls
 A_{s1} ... Zugbewehrung
 $\epsilon_{c,min}$... Betondehnung
 $\epsilon_{c,max}$...
 ϵ_s ... Stahldehnung
 α_0 ... Winkel der Nulllinie
 x ... Höhe der Druckzone
 d ... statische Nutzhöhe
 z ... Hebelarm der inneren Kräfte
 $V_{Ed,red}$... Einwirkende reduzierte Querkraft

Art	Info	
Querkraft ohne Bewehrung ⁵⁾	$V_{Ed,red} = 49.51 \text{ kN/m}$; $V_{Rd,c} = 119.88 \text{ kN/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{ywd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 9.68 \text{ cm}^2/\text{m}$; $b_{w,2} = 100.0 \text{ cm}$; $b_{w,3} = 28.0 \text{ cm}$; $d_2 = 50.0 \text{ cm}$; $d_3 = 24.4 \text{ cm}$;	$V_{Rd,c}$... Aufnehmbare Querkraft ohne Querkraftbewehrung
Querkraft ohne Bewehrung ⁶⁾	$V_{Ed,red} = 49.51 \text{ kN/m}$; $V_{Rd,c} = 119.88 \text{ kN/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{ywd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 9.68 \text{ cm}^2/\text{m}$; $b_{w,2} = 100.0 \text{ cm}$; $b_{w,3} = 28.0 \text{ cm}$; $d_2 = 50.0 \text{ cm}$; $d_3 = 24.4 \text{ cm}$;	A_{sl} ... Fläche der Zugbewehrung
Querkraft ohne Bewehrung ⁷⁾	$V_{Ed,red} = 49.51 \text{ kN/m}$; $V_{Rd,c} = 124.07 \text{ kN/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{ywd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 11.45 \text{ cm}^2/\text{m}$; $b_{w,2} = 100.0 \text{ cm}$; $b_{w,3} = 28.0 \text{ cm}$; $d_2 = 50.0 \text{ cm}$; $d_3 = 23.2 \text{ cm}$;	b_w ... kleinste Querschnittsbreite
Querkraft ohne Bewehrung ⁸⁾	$V_{Ed,red} = 49.51 \text{ kN/m}$; $V_{Rd,c} = 124.07 \text{ kN/m}$; $\gamma_c = 1.50$; $f_{cd} = 1.67 \text{ kN/cm}^2$; $\gamma_s = 1.15$; $f_{ywd} = 47.83 \text{ kN/cm}^2$; $A_{s1} = 11.45 \text{ cm}^2/\text{m}$; $b_{w,2} = 100.0 \text{ cm}$; $b_{w,3} = 28.0 \text{ cm}$; $d_2 = 50.0 \text{ cm}$; $d_3 = 23.2 \text{ cm}$;	d ... statische Nutzhöhe
Rissbreite ⁹⁾	$w_{k,zul} = 0.030 \text{ cm}$; $w_{k,vorh} = 0.025 \text{ cm}$; $\varphi = 2.38$; $A_{c,eff} = 1200.00 \text{ cm}^2$;	w_k ... Rissbreite
Durchbiegung ¹⁰⁾	$w_{vorh} = 4.37 \text{ cm}$; Rissmoment $M_2 = 36.15 \text{ kNm/m}$; $\varphi = 0.00$; $1/r = 4.96$; $t = 21$ Tage; $\Phi = 64.50 \%$;	$A_{c,eff}$... Betonfläche um die Zugbewehrung
Durchbiegung ¹¹⁾	$w_{vorh} = 5.09 \text{ cm}$; $w_{zul} = 4.00 \text{ cm}$; Rissmoment $M_2 = 40.69 \text{ kNm/m}$; $\varphi = 2.38$; $1/r = 7.07$; $t = 25000$ Tage; $\Phi = 64.50 \%$;	w_{vorh} ... vorhandene Durchbiegung
		w_{zul} ... zulässige Durchbiegung
		φ ... Kriechzahl
		$1/r$... Krümmung
		t ... Einwirkungszeit (Tage)
		Φ ... Relative Luftfeuchtigkeit

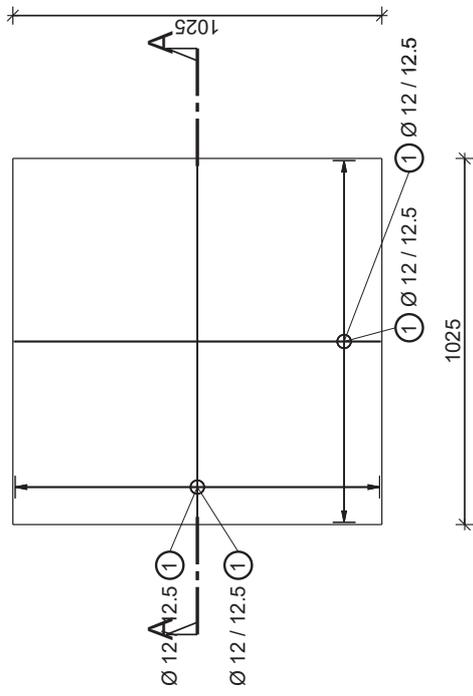
Zusatztext

Als obere Lage wird wie bei den 1-achsig gespannten Decken Mindestbewehrung eingelegt. Das Aufschüsseln der Plattenecken wird entweder durch aufgehende Wände im Geschoß darüber oder konstruktive Bewehrung verhindert und hat somit keine weitere Bedeutung.

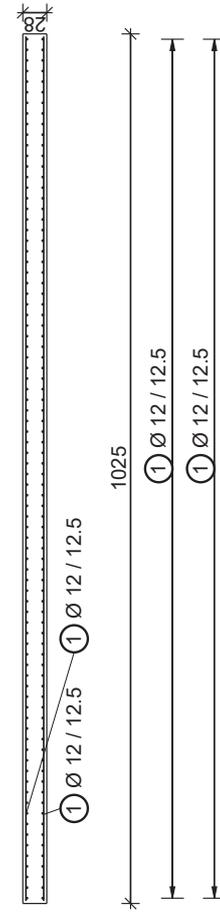
Überhöhung um $l/300 = 3,33\text{cm}$
 $\rightarrow w = 5,09 - 3,33 = 1,76\text{cm} < 4,0\text{cm}$
 $1,76\text{cm} = l/568$



Stahlbetondecke L = 10m (2-achsig gespannt) M 1:190



Schnitt A-A M 1:80



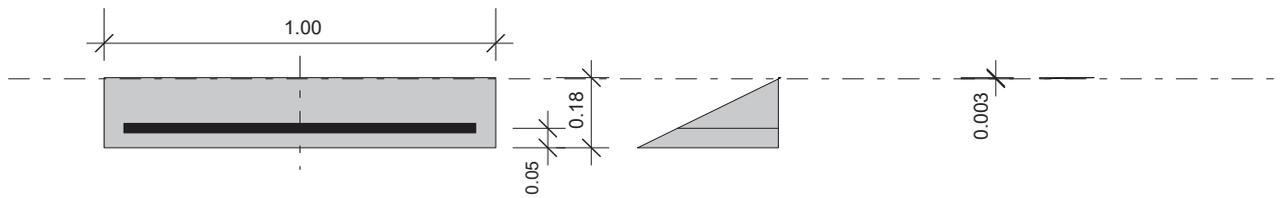
BETONBEMESSUNG mit *ConDim™* V 7.1.3.2

Bauteil:	Stahlbetondecke d=18cm	Bemessungsschnittgrößen:	Gebrauchsschnittgrößen:
Position:	Mindestbewehrung	M _d = 1.40 kNm	M = 1.00 kNm
Norm:	ÖN B/EN 1992-1-1 Druck negativ !	N _d = 0.00 kN	N = 0.00 kN
Beton:	C25/30 Lastsicherheit: $\gamma_f = 1.40$	V _d = 0.00 kN	V = 0.00 kN
Bewehrung:	BSt 550 $\gamma_{mc} = 1.50$; $\gamma_{my} = 1.15$	T _d = 0.00 kNm	T = 0.00 kNm

Querschnitt Maße in [m]**Dehnungen****Betonspannungen**

eps_o = -0.47 ‰

sig_{bo} = -6.94 MN/m²



min As_u = 1.69 cm²

eps_{su} = 20.00 ‰

eps_u = 27.87 ‰

Material- und Querschnittswerte

E-Modul Beton:	E _c = 31000 MN/m ²	$\alpha_{cc} = 1.0$
E-Modul Bewehrung:	E _s = 200000 MN/m ²	
Bemessungswert der Betondruckfestigkeit:	f _{cd} = 16.7 MN/m ²	
Bemessungswert der Streckgrenze Bewehrung:	f _{yd} = 478 MN/m ²	
Fläche Betonquerschnitt:	A _c = 0.1800 m ²	
Eigengewicht pro Meter Länge:	g ₁ = 4.5000 kN/m	
Trägheitsmoment Betonquerschnitt:	I _c = 0.000486 m ⁴	
Schwerpunktsabstand Betonquerschnitt unten:	y _{su} = 0.090 m	
Biegesteifigkeit Betonquerschnitt:	EI _c = 15.0660 MN/m ²	

Bemessung für Biegung und LängskraftMaximales Gebrauchsmoment (ohne Sicherheit): M_{max} = 72.85 kNmErforderliche Bewehrung: erf As_u = 0.23 cm²Mindestbewehrung: min As_u = 1.69 cm²Maximalbewehrung: max As_u = 72.00 cm²Stahldehnung: eps_{su} = 20.00 ‰Randdehnung: eps_u = 27.87 ‰eps_o = -0.47 ‰

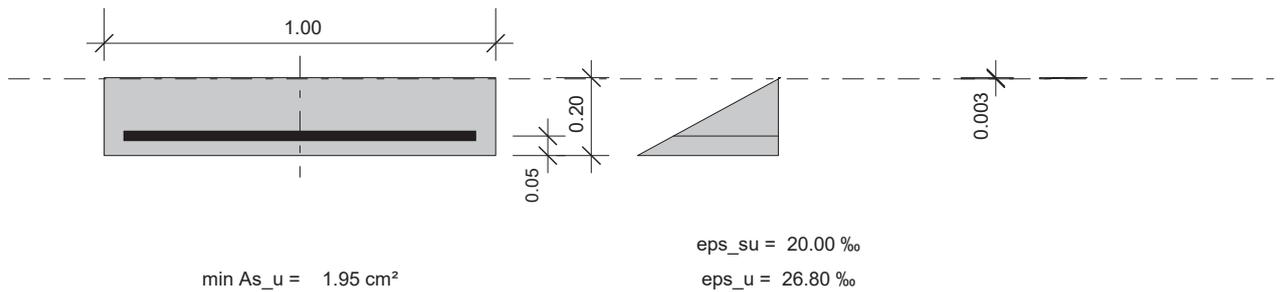
BETONBEMESSUNG mit *ConDim™* V 7.1.3.2

Bauteil:	Stahlbetondecke d=20cm	Bemessungsschnittgrößen:	Gebrauchsschnittgrößen:		
Position:	Mindestbewehrung	M _d =	1.40 kNm	M =	1.00 kNm
Norm:	ÖN B/EN 1992-1-1 Druck negativ !	N _d =	0.00 kN	N =	0.00 kN
Beton:	C25/30 Lastsicherheit: $\gamma_f = 1.40$	V _d =	0.00 kN	V =	0.00 kN
Bewehrung:	BSt 550 $\gamma_{mc} = 1.50$; $\gamma_{my} = 1.15$	T _d =	0.00 kNm	T =	0.00 kNm

Querschnitt Maße in [m]**Dehnungen****Betonspannungen**

eps_o = -0.41 ‰

sig_{bo} = -6.08 MN/m²

**Material- und Querschnittswerte**

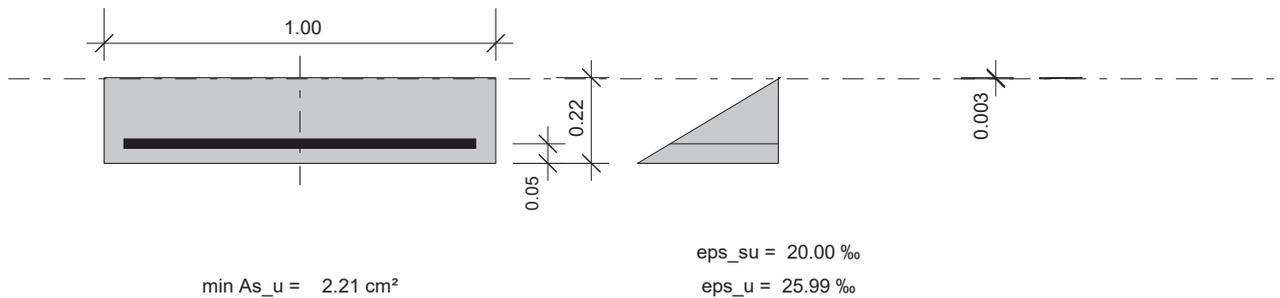
E-Modul Beton:	E _c =	31000	MN/m ²	
E-Modul Bewehrung:	E _s =	200000	MN/m ²	
Bemessungswert der Betondruckfestigkeit:	f _{cd} =	16.7	MN/m ²	$\alpha_{cc} = 1.0$
Bemessungswert der Streckgrenze Bewehrung:	f _{yd} =	478	MN/m ²	
Fläche Betonquerschnitt:	A _c =	0.2000	m ²	
Eigengewicht pro Meter Länge:	g ₁ =	5.0000	kN/m	
Trägheitsmoment Betonquerschnitt:	I _c =	0.000667	m ⁴	
Schwerpunktsabstand Betonquerschnitt unten:	y _{su} =	0.100	m	
Biegesteifigkeit Betonquerschnitt:	EI _c =	20.6667	MN/m ²	

Bemessung für Biegung und Längskraft

Maximales Gebrauchsmoment (ohne Sicherheit):	M _{max} =	96.99	kNm	
Erforderliche Bewehrung:	erf As _u =	0.20	cm ²	
Mindestbewehrung:	min As _u =	1.95	cm ²	
Maximalbewehrung:	max As _u =	80.00	cm ²	
Stahldehnung:	eps _{su} =	20.00	‰	
Randdehnung:	eps _u =	26.80	‰	eps _o = -0.41 ‰

BETONBEMESSUNG mit ConDim™ V 7.1.3.2

Bauteil:	Stahlbetondecke d=22cm	Bemessungsschnittgrößen:	Gebrauchsschnittgrößen:		
Position:	Mindestbewehrung	M _d =	1.40 kNm	M =	1.00 kNm
Norm:	ÖN B/EN 1992-1-1 Druck negativ !	N _d =	0.00 kN	N =	0.00 kN
Beton:	C25/30 Lastsicherheit: $\gamma_f = 1.40$	V _d =	0.00 kN	V =	0.00 kN
Bewehrung:	BSt 550 $\gamma_{mc} = 1.50$; $\gamma_{my} = 1.15$	T _d =	0.00 kNm	T =	0.00 kNm

Querschnitt Maße in [m]**Dehnungen****Betonspannungen****Material- und Querschnittswerte**

E-Modul Beton:	E _c =	31000	MN/m ²	
E-Modul Bewehrung:	E _s =	200000	MN/m ²	
Bemessungswert der Betondruckfestigkeit:	f _{cd} =	16.7	MN/m ²	$\alpha_{cc} = 1.0$
Bemessungswert der Streckgrenze Bewehrung:	f _{yd} =	478	MN/m ²	
Fläche Betonquerschnitt:	A _c =	0.2200	m ²	
Eigengewicht pro Meter Länge:	g ₁ =	5.5000	kN/m	
Trägheitsmoment Betonquerschnitt:	I _c =	0.000887	m ⁴	
Schwerpunktsabstand Betonquerschnitt unten:	y _{su} =	0.110	m	
Biegesteifigkeit Betonquerschnitt:	EI _c =	27.5073	MN/m ²	

Bemessung für Biegung und Längskraft

Maximales Gebrauchsmoment (ohne Sicherheit):	M _{max} =	124.57	kNm	
Erforderliche Bewehrung:	erf As _u =	0.17	cm ²	
Mindestbewehrung:	min As _u =	2.21	cm ²	
Maximalbewehrung:	max As _u =	88.00	cm ²	
Stahldehnung:	eps _{su} =	20.00	‰	
Randdehnung:	eps _u =	25.99	‰	eps _o = -0.36 ‰

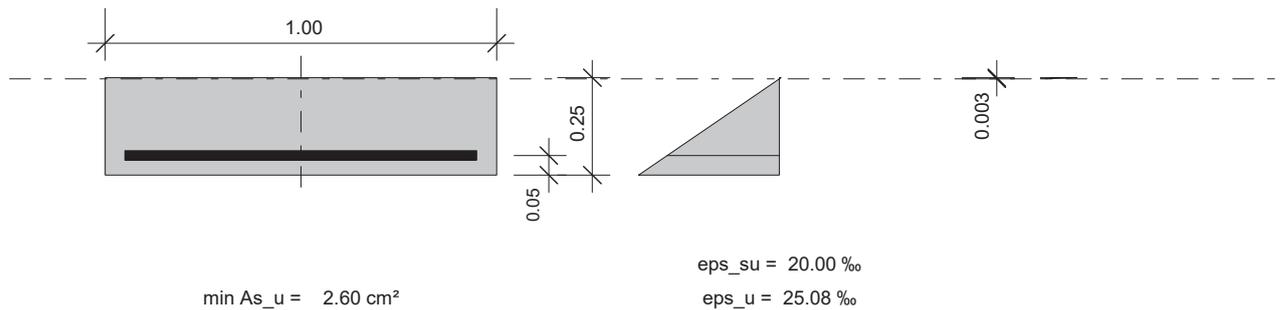
BETONBEMESSUNG mit *ConDim™* V 7.1.3.2

Bauteil:	Stahlbetondecke d=25cm	Bemessungsschnittgrößen:	Gebrauchsschnittgrößen:		
Position:	Mindestbewehrung	M _d =	1.40 kNm	M =	1.00 kNm
Norm:	ÖN B/EN 1992-1-1 Druck negativ !	N _d =	0.00 kN	N =	0.00 kN
Beton:	C25/30 Lastsicherheit: $\gamma_f = 1.40$	V _d =	0.00 kN	V =	0.00 kN
Bewehrung:	BSt 550 $\gamma_{mc} = 1.50$; $\gamma_{my} = 1.15$	T _d =	0.00 kNm	T =	0.00 kNm

Querschnitt Maße in [m]**Dehnungen****Betonspannungen**

eps_o = -0.30 ‰

sig_{bo} = -4.63 MN/m²

**Material- und Querschnittswerte**

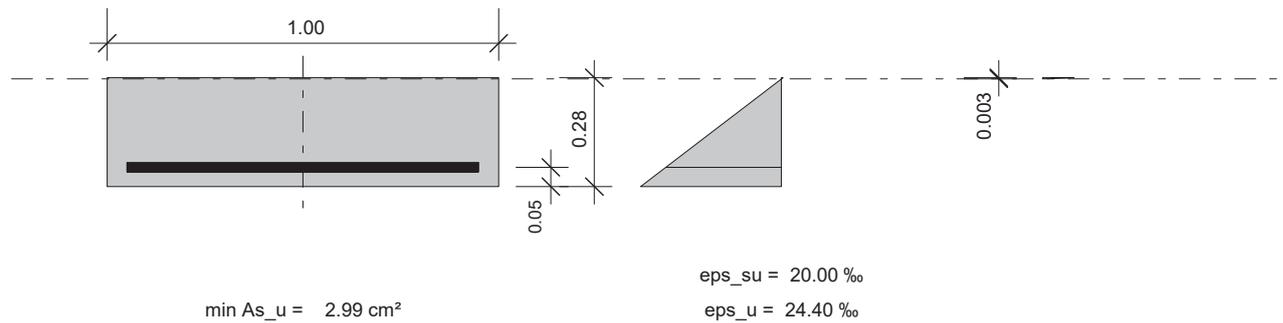
E-Modul Beton:	E _c =	31000	MN/m ²	
E-Modul Bewehrung:	E _s =	200000	MN/m ²	
Bemessungswert der Betondruckfestigkeit:	f _{cd} =	16.7	MN/m ²	$\alpha_{cc} = 1.0$
Bemessungswert der Streckgrenze Bewehrung:	f _{yd} =	478	MN/m ²	
Fläche Betonquerschnitt:	A _c =	0.2500	m ²	
Eigengewicht pro Meter Länge:	g ₁ =	6.2500	kN/m	
Trägheitsmoment Betonquerschnitt:	I _c =	0.001302	m ⁴	
Schwerpunktsabstand Betonquerschnitt unten:	y _{su} =	0.125	m	
Biegesteifigkeit Betonquerschnitt:	EI _c =	40.3646	MN/m ²	

Bemessung für Biegung und Längskraft

Maximales Gebrauchsmoment (ohne Sicherheit):	M _{max} =	172.42	kNm	
Erforderliche Bewehrung:	erf As _u =	0.15	cm ²	
Mindestbewehrung:	min As _u =	2.60	cm ²	
Maximalbewehrung:	max As _u =	100.00	cm ²	
Stahldehnung:	eps _{su} =	20.00	‰	
Randdehnung:	eps _u =	25.08	‰	eps _o = -0.30 ‰

BETONBEMESSUNG mit *ConDim™* V 7.1.3.2

Bauteil:	Stahlbetondecke d=28cm	Bemessungsschnittgrößen:	Gebrauchsschnittgrößen:
Position:	Mindestbewehrung	M _d = 1.40 kNm	M = 1.00 kNm
Norm:	ÖN B/EN 1992-1-1 Druck negativ !	N _d = 0.00 kN	N = 0.00 kN
Beton:	C25/30 Lastsicherheit: $\gamma_f = 1.40$	V _d = 0.00 kN	V = 0.00 kN
Bewehrung:	BSt 550 $\gamma_{mc} = 1.50$; $\gamma_{my} = 1.15$	T _d = 0.00 kNm	T = 0.00 kNm

Querschnitt Maße in [m]**Dehnungen****Betonspannungen****Material- und Querschnittswerte**

E-Modul Beton:	E _c = 31000 MN/m ²	$\alpha_{cc} = 1.0$
E-Modul Bewehrung:	E _s = 200000 MN/m ²	
Bemessungswert der Betondruckfestigkeit:	f _{cd} = 16.7 MN/m ²	
Bemessungswert der Streckgrenze Bewehrung:	f _{yd} = 478 MN/m ²	
Fläche Betonquerschnitt:	A _c = 0.2800 m ²	
Eigengewicht pro Meter Länge:	g ₁ = 7.0000 kN/m	
Trägheitsmoment Betonquerschnitt:	I _c = 0.001829 m ⁴	
Schwerpunktsabstand Betonquerschnitt unten:	y _{su} = 0.140 m	
Biegesteifigkeit Betonquerschnitt:	EI _c = 56.7093 MN/m ²	

Bemessung für Biegung und Längskraft

Maximales Gebrauchsmoment (ohne Sicherheit):	M _{max} = 228.03 kNm	
Erforderliche Bewehrung:	erf As _u = 0.13 cm ²	
Mindestbewehrung:	min As _u = 2.99 cm ²	
Maximalbewehrung:	max As _u = 112.00 cm ²	
Stahldehnung:	eps _{su} = 20.00 ‰	
Randdehnung:	eps _u = 24.40 ‰	eps _o = -0.26 ‰

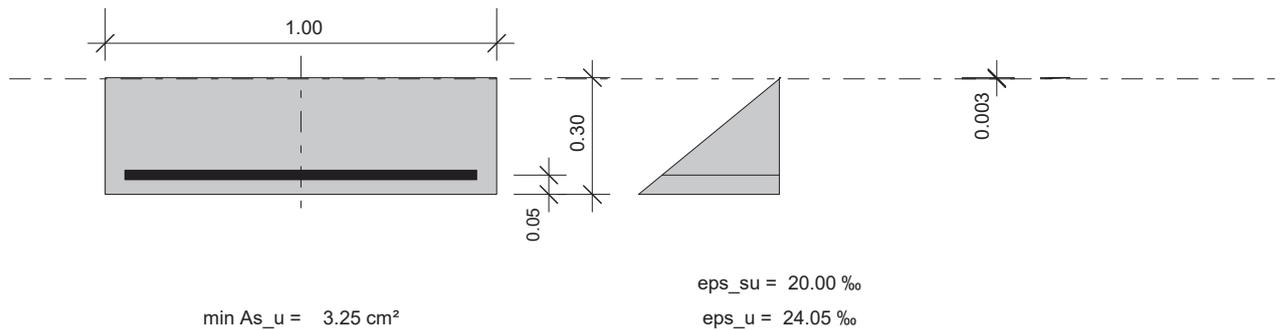
BETONBEMESSUNG mit *ConDim™* V 7.1.3.2

Bauteil:	Stahlbetondecke d=30cm	Bemessungsschnittgrößen:	Gebrauchsschnittgrößen:
Position:	Mindestbewehrung	M _d =	M =
Norm:	ÖN B/EN 1992-1-1 Druck negativ !	N _d =	N =
Beton:	C25/30 Lastsicherheit: $\gamma_f = 1.40$	V _d =	V =
Bewehrung:	BSt 550 $\gamma_{mc} = 1.50$; $\gamma_{my} = 1.15$	T _d =	T =

Querschnitt Maße in [m]**Dehnungen****Betonspannungen**

eps_o = -0.24 ‰

sig_{bo} = -3.74 MN/m²

**Material- und Querschnittswerte**

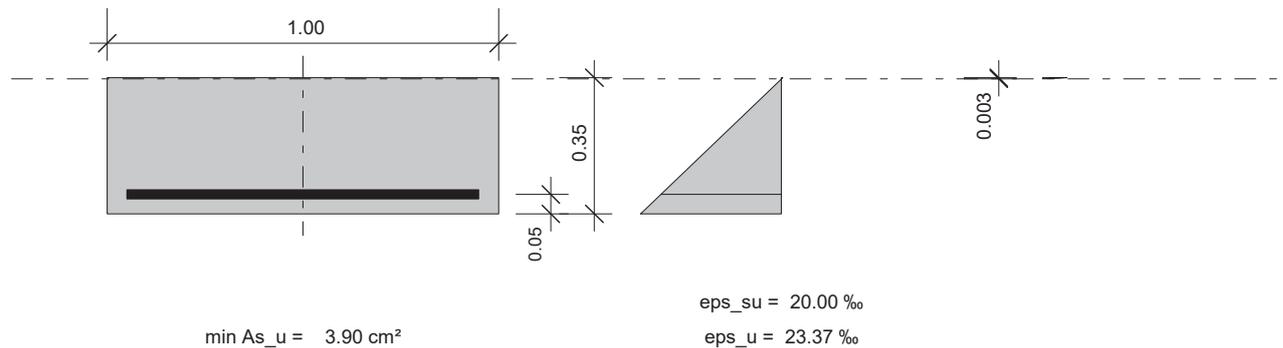
E-Modul Beton:	E _c =	31000	MN/m ²	
E-Modul Bewehrung:	E _s =	200000	MN/m ²	
Bemessungswert der Betondruckfestigkeit:	f _{cd} =	16.7	MN/m ²	$\alpha_{cc} = 1.0$
Bemessungswert der Streckgrenze Bewehrung:	f _{yd} =	478	MN/m ²	
Fläche Betonquerschnitt:	A _c =	0.3000	m ²	
Eigengewicht pro Meter Länge:	g ₁ =	7.5000	kN/m	
Trägheitsmoment Betonquerschnitt:	I _c =	0.002250	m ⁴	
Schwerpunktsabstand Betonquerschnitt unten:	y _{su} =	0.150	m	
Biegesteifigkeit Betonquerschnitt:	EI _c =	69.7500	MN/m ²	

Bemessung für Biegung und Längskraft

Maximales Gebrauchsmoment (ohne Sicherheit):	M _{max} =	269.41	kNm	
Erforderliche Bewehrung:	erf As _u =	0.12	cm ²	
Mindestbewehrung:	min As _u =	3.25	cm ²	
Maximalbewehrung:	max As _u =	120.00	cm ²	
Stahldehnung:	eps _{su} =	20.00	‰	
Randdehnung:	eps _u =	24.05	‰	eps _o = -0.24 ‰

BETONBEMESSUNG mit *ConDim™* V 7.1.3.2

Bauteil:	Stahlbetondecke d=35cm	Bemessungsschnittgrößen:	Gebrauchsschnittgrößen:
Position:	Mindestbewehrung	M _d = 1.40 kNm	M = 1.00 kNm
Norm:	ÖN B/EN 1992-1-1 Druck negativ !	N _d = 0.00 kN	N = 0.00 kN
Beton:	C25/30 Lastsicherheit: $\gamma_f = 1.40$	V _d = 0.00 kN	V = 0.00 kN
Bewehrung:	BSt 550 $\gamma_{mc} = 1.50$; $\gamma_{my} = 1.15$	T _d = 0.00 kNm	T = 0.00 kNm

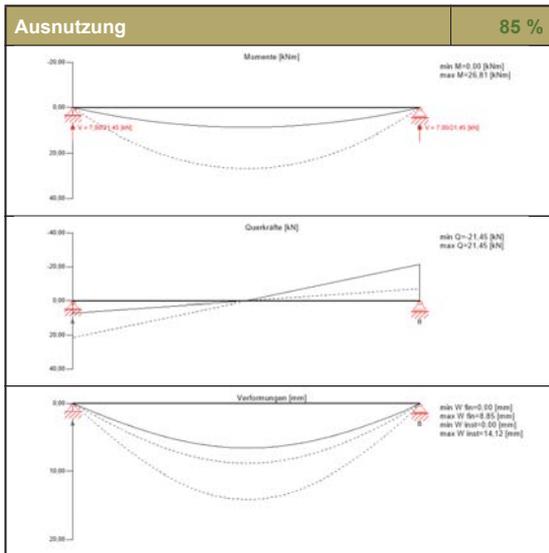
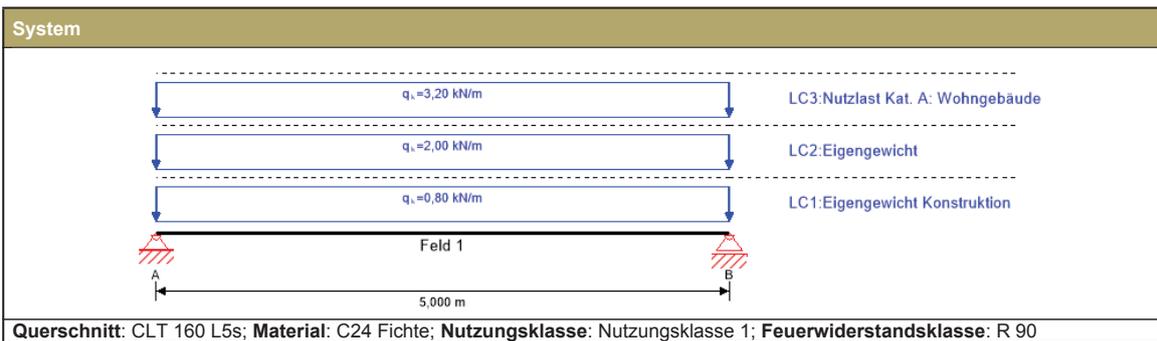
Querschnitt Maße in [m]**Dehnungen****Betonspannungen****Material- und Querschnittswerte**

E-Modul Beton:	E _c = 31000 MN/m ²	$\alpha_{cc} = 1.0$
E-Modul Bewehrung:	E _s = 200000 MN/m ²	
Bemessungswert der Betondruckfestigkeit:	f _{cd} = 16.7 MN/m ²	
Bemessungswert der Streckgrenze Bewehrung:	f _{yd} = 478 MN/m ²	
Fläche Betonquerschnitt:	A _c = 0.3500 m ²	
Eigengewicht pro Meter Länge:	g ₁ = 8.7500 kN/m	
Trägheitsmoment Betonquerschnitt:	I _c = 0.003573 m ⁴	
Schwerpunktsabstand Betonquerschnitt unten:	y _{su} = 0.175 m	
Biegesteifigkeit Betonquerschnitt:	EI _c = 110.7604 MN/m ²	

Bemessung für Biegung und Längskraft

Maximales Gebrauchsmoment (ohne Sicherheit):	M _{max} = 387.95 kNm	
Erforderliche Bewehrung:	erf As _u = 0.10 cm ²	
Mindestbewehrung:	min As _u = 3.90 cm ²	
Maximalbewehrung:	max As _u = 140.00 cm ²	
Stahldehnung:	eps _{su} = 20.00 ‰	
Randdehnung:	eps _u = 23.37 ‰	eps _o = -0.20 ‰

10.1.2 Brettsperrholzdecke

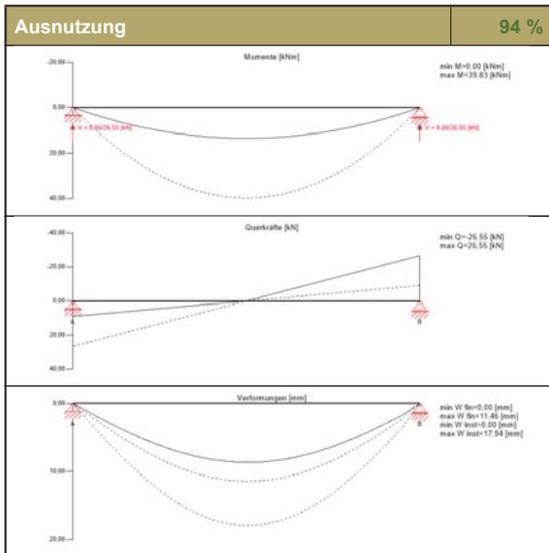
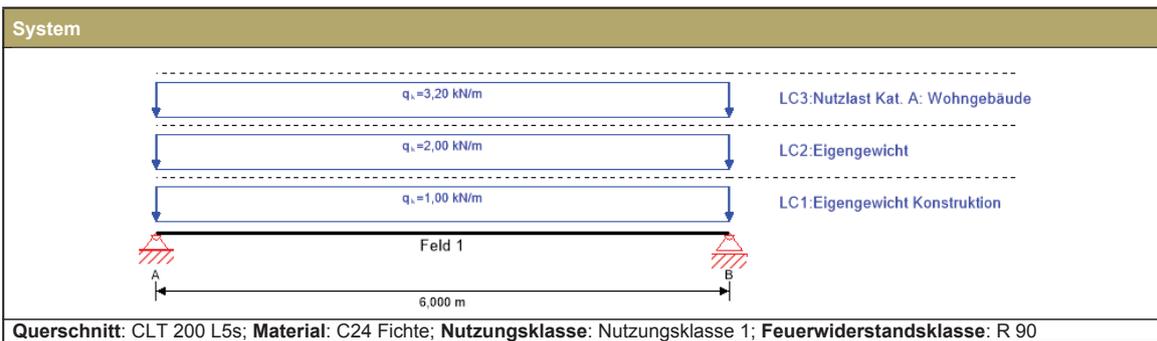


Biegespannungsnachweis		42 %			
$M_d = 26,81 \text{ kNm}$	$f_{m,k} = 24,00 \text{ N/mm}^2$				
$\sigma_{m,d} = 7,06 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{m,d} = 16,90 \text{ N/mm}^2$	✓			
Schubspannungsnachweis		7 %			
$V_d = 21,45 \text{ kN}$	$f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{v,d} = 0,18 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{v,d} = 2,56 \text{ N/mm}^2$	✓			
Rollschubspannungsnachweis		21 %			
$V_d = 21,45 \text{ kN}$	$f_{r,k} = 1,25 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{r,d} = 0,17 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{r,d} = 0,80 \text{ N/mm}^2$	✓			
Biegespannungsnachweis Brand		33 %			
$M_d = 11,75 \text{ kNm}$	$f_{m,k} = 24,00 \text{ N/mm}^2$				
$\sigma_{m,d} = 9,90 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{m,d} = 30,36 \text{ N/mm}^2$	✓			
Schubspannungsnachweis Brand		3 %			
$V_d = 9,40 \text{ kN}$	$f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{v,d} = 0,15 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{v,d} = 4,60 \text{ N/mm}^2$	✓			
Rollschubspannungsnachweis Brand		11 %			
$V_d = 9,40 \text{ kN}$	$f_{r,k} = 1,25 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{r,d} = 0,15 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{r,d} = 1,44 \text{ N/mm}^2$	✓			
Anfangsdurchbiegung [w_{char}]					
Feld	Dist.	Limit	w_{grenz}	$w_{vorh.}$	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	2,5	1/300	16,7	14,1	85 %
Enddurchbiegung [$w_{char} + w_{q,p} \cdot k_{def}$]					
Feld	Dist.	Limit	w_{grenz}	$w_{vorh.}$	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	2,5	1/150	33,3	21,2	64 %
Enddurchbiegung netto [$w_{q,p} \cdot (1 + k_{def})$]					
Feld	Dist.	Limit	w_{grenz}	$w_{vorh.}$	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	2,5	1/250	20,0	15,9	80 %
Schwingungsnachweis					
Kriterium	vorh	Kl. I	Kl. I		
Frequenz min	7,252	4,5	✓		
Frequenz	7,252	6,0	✓		
Beschleunigung	0,054	0,1	✓		
Steifigkeit	0,214	0,5	✓		

Auflagerkräfte

Lastfallgruppe	k_{mod}	A_v	B_v
		[kN]	
Eigengewicht Konstruktion	0,6	2,00	2,00
Eigengewicht	0,6	5,00	5,00
Nutzlast Kat. A: Wohngebäude	0,8	8,00	8,00
		0,00	0,00

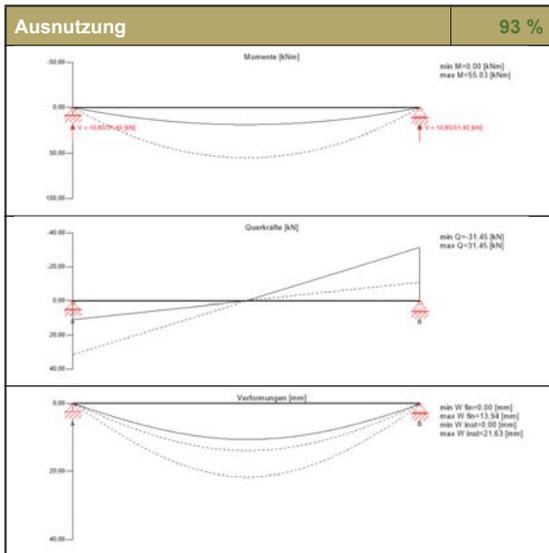
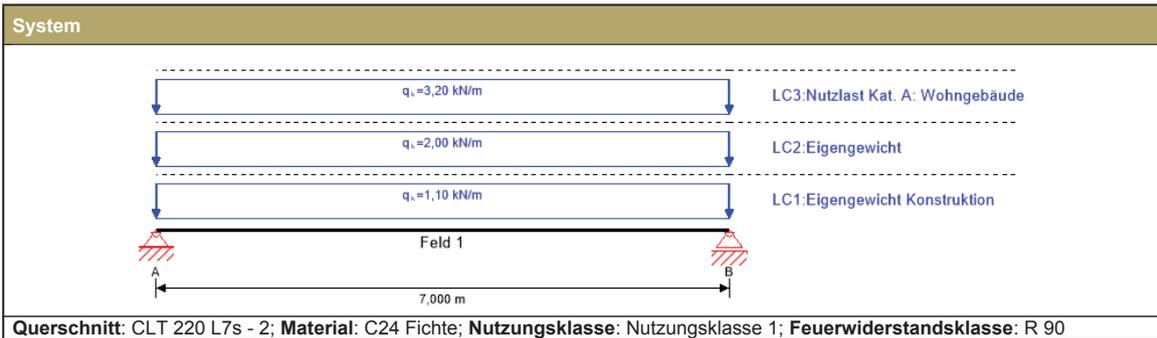




Biegespannungsnachweis		45 %			
$M_d = 39,83 \text{ kNm}$	$f_{m,k} = 24,00 \text{ N/mm}^2$				
$\sigma_{m,d} = 7,54 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{m,d} = 16,90 \text{ N/mm}^2$	✓			
Schubspannungsnachweis		7 %			
$V_d = 26,55 \text{ kN}$	$f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{v,d} = 0,17 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{v,d} = 2,56 \text{ N/mm}^2$	✓			
Rollschubspannungsnachweis		24 %			
$V_d = 26,55 \text{ kN}$	$f_{r,k} = 1,05 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{r,d} = 0,16 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{r,d} = 0,67 \text{ N/mm}^2$	✓			
Biegespannungsnachweis Brand		25 %			
$M_d = 17,82 \text{ kNm}$	$f_{m,k} = 24,00 \text{ N/mm}^2$				
$\sigma_{m,d} = 7,71 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{m,d} = 30,36 \text{ N/mm}^2$	✓			
Schubspannungsnachweis Brand		3 %			
$V_d = 11,88 \text{ kN}$	$f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{v,d} = 0,14 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{v,d} = 4,60 \text{ N/mm}^2$	✓			
Rollschubspannungsnachweis Brand		10 %			
$V_d = 11,88 \text{ kN}$	$f_{r,k} = 1,25 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{r,d} = 0,14 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{r,d} = 1,44 \text{ N/mm}^2$	✓			
Anfangsdurchbiegung [w_{char}]					
Feld	Dist.	Limit	w _{grenz}	w _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	3,0	1/300	20,0	17,9	90 %
Enddurchbiegung [w_{char}+w_{q,p}·k_{def}]					
Feld	Dist.	Limit	w _{grenz}	w _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	3,0	1/150	40,0	27,1	68 %
Enddurchbiegung netto [w_{q,p}·(1+k_{def})]					
Feld	Dist.	Limit	w _{grenz}	w _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	3,0	1/250	24,0	20,6	86 %
Schwingungsnachweis					
Kriterium	vorh	Kl. I	Kl. I		
Frequenz min	6,412	4,5	✓		
Frequenz	6,412	6,0	✓		
Beschleunigung	0,059	0,1	✓		
Steifigkeit	0,164	0,5	✓		

Auflagerkräfte			
Lastfallgruppe	k _{mod}	A _v	B _v
		[kN]	
Eigengewicht Konstruktion	0,6	3,00	3,00
Eigengewicht	0,6	6,00	6,00
Nutzlast Kat. A: Wohngebäude	0,8	9,60	9,60
		0,00	0,00



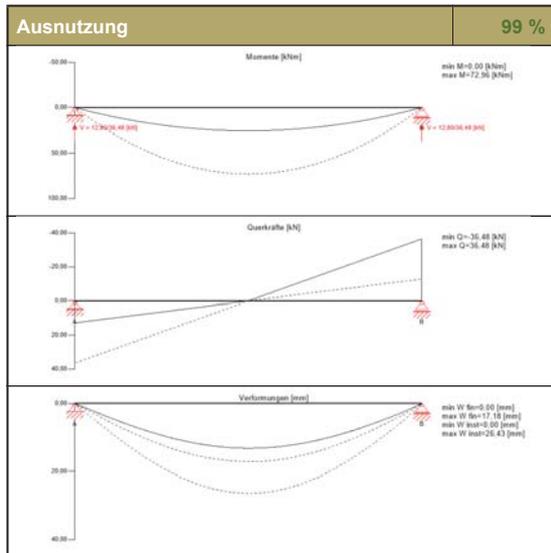
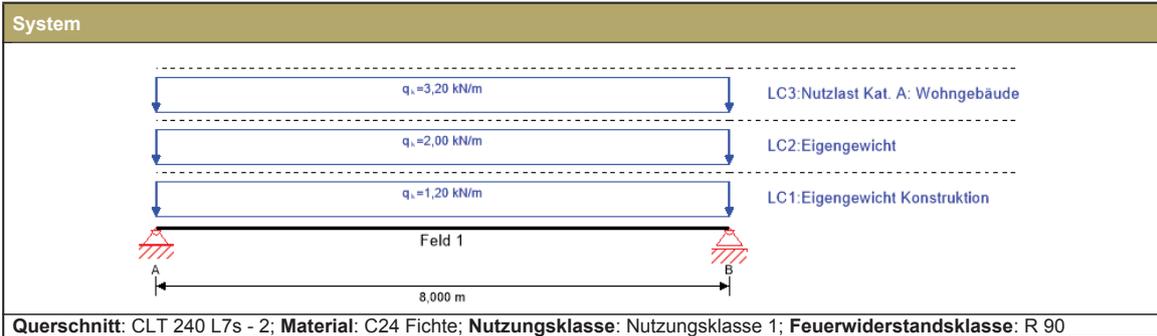


Biegespannungsnachweis		44 %			
$M_d = 55,03 \text{ kNm}$	$f_{m,k} = 24,00 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_{m,d} = 7,48 \text{ N/mm}^2 < f_{m,d} = 16,90 \text{ N/mm}^2$	✓		
Schubspannungsnachweis		8 %			
$V_d = 31,45 \text{ kN}$	$f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$	$\tau_{v,d} = 0,19 \text{ N/mm}^2 < f_{v,d} = 2,56 \text{ N/mm}^2$	✓		
Rollschubspannungsnachweis		25 %			
$V_d = 31,45 \text{ kN}$	$f_{r,k} = 1,15 \text{ N/mm}^2$	$\tau_{r,d} = 0,19 \text{ N/mm}^2 < f_{r,d} = 0,74 \text{ N/mm}^2$	✓		
Biegespannungsnachweis Brand		30 %			
$M_d = 24,87 \text{ kNm}$	$f_{m,k} = 24,00 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_{m,d} = 9,14 \text{ N/mm}^2 < f_{m,d} = 30,36 \text{ N/mm}^2$	✓		
Schubspannungsnachweis Brand		3 %			
$V_d = 14,21 \text{ kN}$	$f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$	$\tau_{v,d} = 0,15 \text{ N/mm}^2 < f_{v,d} = 4,60 \text{ N/mm}^2$	✓		
Rollschubspannungsnachweis Brand		11 %			
$V_d = 14,21 \text{ kN}$	$f_{r,k} = 1,17 \text{ N/mm}^2$	$\tau_{r,d} = 0,15 \text{ N/mm}^2 < f_{r,d} = 1,35 \text{ N/mm}^2$	✓		
Anfangsdurchbiegung [w_{char}]					
Feld	Dist.	Limit	w _{grenz}	w _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	3,5	1/300	23,3	21,6	93 %
Enddurchbiegung [w_{char}+w_{q,p}*k_{def}]					
Feld	Dist.	Limit	w _{grenz}	w _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	3,5	1/150	46,7	32,8	70 %
Enddurchbiegung netto [w_{q,p}*(1+k_{def})]					
Feld	Dist.	Limit	w _{grenz}	w _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	3,5	1/250	28,0	25,1	90 %
Schwingungsnachweis					
Kriterium	vorh	Kl. I	Kl. I		
Frequenz min	5,737	4,5	✓		
Frequenz	5,737	6,0	-		
Beschleunigung	0,064	0,1	✓		
Steifigkeit	0,181	0,5	✓		

Auflagerkräfte

Lastfallgruppe	k _{mod}	A _v	B _v
		[kN]	
Eigengewicht Konstruktion	0,6	3,85	3,85
Eigengewicht	0,6	7,00	7,00
Nutzlast Kat. A: Wohngebäude	0,8	11,20	11,20
		0,00	0,00



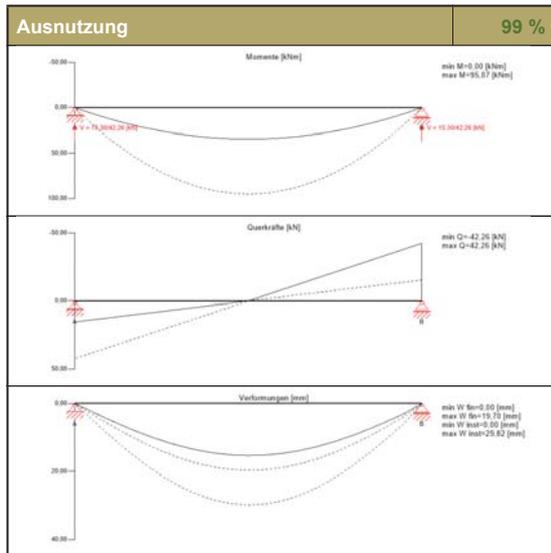
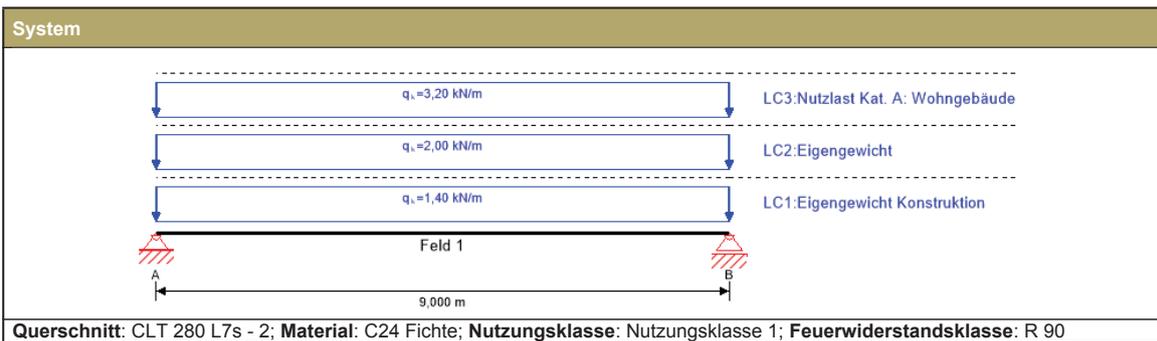


Biegespannungsnachweis		46 %			
$M_d = 72,96 \text{ kNm}$	$f_{m,k} = 24,00 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_{m,d} = 7,85 \text{ N/mm}^2 < f_{m,d} = 16,90 \text{ N/mm}^2$	✓		
Schubspannungsnachweis		8 %			
$V_d = 36,48 \text{ kN}$	$f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$	$\tau_{v,d} = 0,22 \text{ N/mm}^2 < f_{v,d} = 2,56 \text{ N/mm}^2$	✓		
Rollschubspannungsnachweis		26 %			
$V_d = 36,48 \text{ kN}$	$f_{r,k} = 1,25 \text{ N/mm}^2$	$\tau_{r,d} = 0,21 \text{ N/mm}^2 < f_{r,d} = 0,80 \text{ N/mm}^2$	✓		
Biegespannungsnachweis Brand		33 %			
$M_d = 33,28 \text{ kNm}$	$f_{m,k} = 24,00 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_{m,d} = 9,90 \text{ N/mm}^2 < f_{m,d} = 30,36 \text{ N/mm}^2$	✓		
Schubspannungsnachweis Brand		3 %			
$V_d = 16,64 \text{ kN}$	$f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$	$\tau_{v,d} = 0,15 \text{ N/mm}^2 < f_{v,d} = 4,60 \text{ N/mm}^2$	✓		
Rollschubspannungsnachweis Brand		11 %			
$V_d = 16,64 \text{ kN}$	$f_{r,k} = 1,25 \text{ N/mm}^2$	$\tau_{r,d} = 0,15 \text{ N/mm}^2 < f_{r,d} = 1,44 \text{ N/mm}^2$	✓		
Anfangsdurchbiegung [w_{char}]					
Feld	Dist.	Limit	w _{grenz}	w _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	4,0	1/300	26,7	26,4	99 %
Enddurchbiegung [w_{char}+w_{q,p}*k_{def}]					
Feld	Dist.	Limit	w _{grenz}	w _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	4,0	1/150	53,3	40,2	75 %
Enddurchbiegung netto [w_{q,p}*(1+k_{def})]					
Feld	Dist.	Limit	w _{grenz}	w _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[m]	[mm]	
1	4,0	1/250	32,0	30,9	97 %
Schwingungsnachweis					
Kriterium	vorh	Kl. I	Kl. I		
Frequenz min	5,074	4,5	✓		
Frequenz	5,074	6,0	-		
Beschleunigung	0,071	0,1	✓		
Steifigkeit	0,207	0,5	✓		

Auflagerkräfte

Lastfallgruppe	K _{mod}	A _v	B _v
		[kN]	
Eigengewicht Konstruktion	0,6	4,80	4,80
Eigengewicht	0,6	8,00	8,00
Nutzlast Kat. A: Wohngebäude	0,8	12,80	12,80
		0,00	0,00



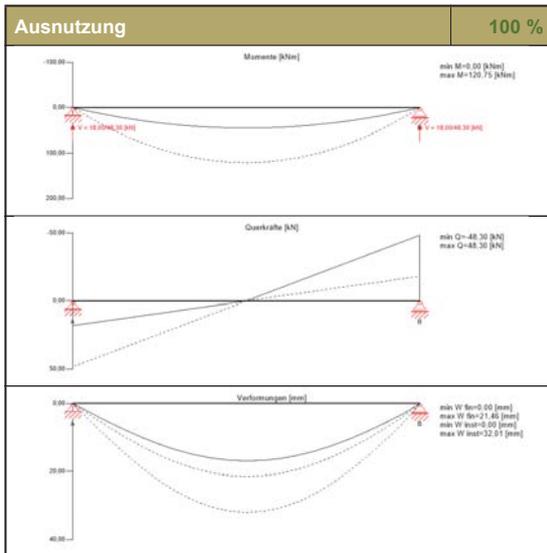
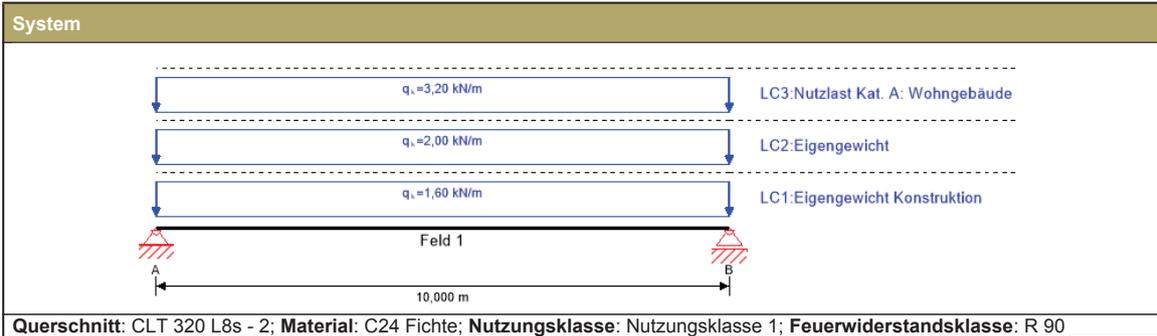


Biegespannungsnachweis 47 %					
$M_d = 95,07 \text{ kNm}$	$f_{m,k} = 24,00 \text{ N/mm}^2$				
$\sigma_{m,d} = 7,87 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{m,d} = 16,90 \text{ N/mm}^2$ ✓				
Schubspannungsnachweis 8 %					
$V_d = 42,26 \text{ kN}$	$f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{v,d} = 0,20 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{v,d} = 2,56 \text{ N/mm}^2$ ✓				
Rollschubspannungsnachweis 30 %					
$V_d = 42,26 \text{ kN}$	$f_{r,k} = 1,05 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{r,d} = 0,20 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{r,d} = 0,67 \text{ N/mm}^2$ ✓				
Biegespannungsnachweis Brand 35 %					
$M_d = 44,15 \text{ kNm}$	$f_{m,k} = 24,00 \text{ N/mm}^2$				
$\sigma_{m,d} = 10,71 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{m,d} = 30,36 \text{ N/mm}^2$ ✓				
Schubspannungsnachweis Brand 3 %					
$V_d = 19,62 \text{ kN}$	$f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{v,d} = 0,15 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{v,d} = 4,60 \text{ N/mm}^2$ ✓				
Rollschubspannungsnachweis Brand 12 %					
$V_d = 19,62 \text{ kN}$	$f_{r,k} = 1,05 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{r,d} = 0,15 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{r,d} = 1,21 \text{ N/mm}^2$ ✓				
Anfangsdurchbiegung [w_{char}]					
Feld	Dist.	Limit	w _{grenz}	w _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	4,5	1/300	30,0	29,8	99 %
Enddurchbiegung [w_{char}+w_{q,p.}*k_{def}]					
Feld	Dist.	Limit	w _{grenz}	w _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	4,5	1/150	60,0	45,6	76 %
Enddurchbiegung netto [w_{q,p.}*(1+k_{def})]					
Feld	Dist.	Limit	w _{grenz}	w _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	4,5	1/250	36,0	35,5	98 %
Schwingungsnachweis					
Kriterium	vorh	Kl. I	Kl. I		
Frequenz min	4,79	4,5	✓		
Frequenz	4,79	6,0	-		
Beschleunigung	0,066	0,1	✓		
Steifigkeit	0,155	0,5	✓		

Auflagerkräfte

Lastfallgruppe	k _{mod}	A _v	B _v
		[kN]	
Eigengewicht Konstruktion	0,6	6,30	6,30
Eigengewicht	0,6	9,00	9,00
Nutzlast Kat. A: Wohngebäude	0,8	14,40	14,40
		0,00	0,00





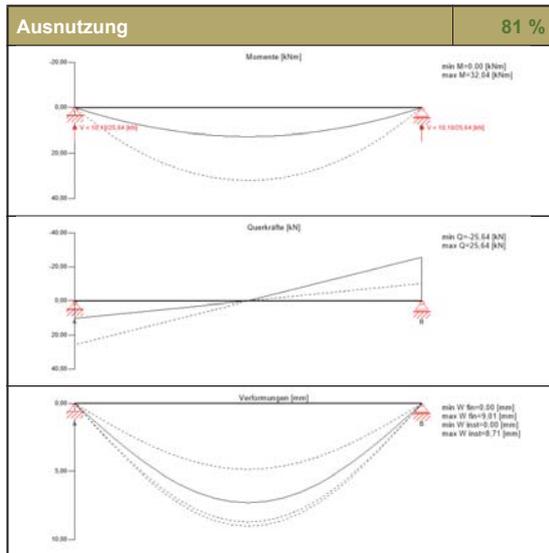
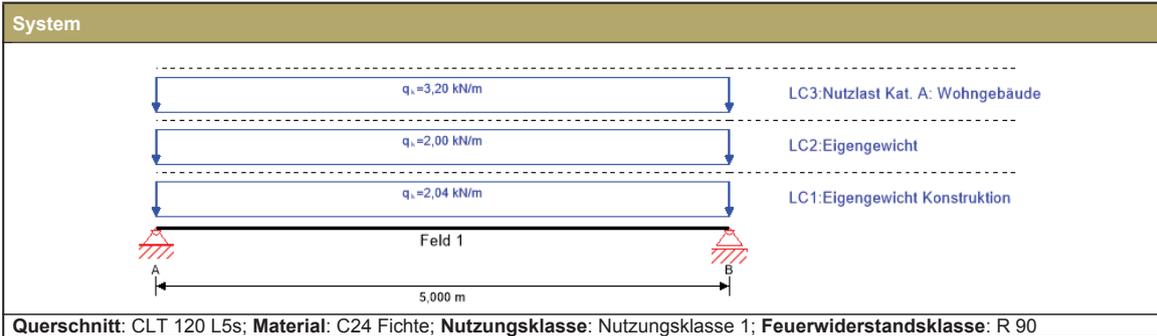
Biegespannungsnachweis		47 %			
$M_d = 120,75 \text{ kNm}$	$f_{m,k} = 24,00 \text{ N/mm}^2$				
$\sigma_{m,d} = 7,94 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{m,d} = 16,90 \text{ N/mm}^2$	✓			
Schubspannungsnachweis		8 %			
$V_d = 48,30 \text{ kN}$	$f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{v,d} = 0,21 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{v,d} = 2,56 \text{ N/mm}^2$	✓			
Rollschubspannungsnachweis		28 %			
$V_d = 48,30 \text{ kN}$	$f_{r,k} = 1,05 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{r,d} = 0,19 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{r,d} = 0,67 \text{ N/mm}^2$	✓			
Biegespannungsnachweis Brand		29 %			
$M_d = 57,00 \text{ kNm}$	$f_{m,k} = 24,00 \text{ N/mm}^2$				
$\sigma_{m,d} = 8,81 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{m,d} = 30,36 \text{ N/mm}^2$	✓			
Schubspannungsnachweis Brand		3 %			
$V_d = 22,80 \text{ kN}$	$f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{v,d} = 0,15 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{v,d} = 4,60 \text{ N/mm}^2$	✓			
Rollschubspannungsnachweis Brand		12 %			
$V_d = 22,80 \text{ kN}$	$f_{r,k} = 1,05 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{r,d} = 0,15 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{r,d} = 1,21 \text{ N/mm}^2$	✓			
Anfangsdurchbiegung [w_{char}]					
Feld	Dist.	Limit	w _{grenz}	w _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	5,0	1/300	33,3	32,0	96 %
Enddurchbiegung [w_{char}+w_{q,p}*k_{def}]					
Feld	Dist.	Limit	w _{grenz}	w _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	5,0	1/150	66,7	49,2	74 %
Enddurchbiegung netto [w_{q,p}*(1+k_{def})]					
Feld	Dist.	Limit	w _{grenz}	w _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[m]	[mm]	
1	5,0	1/250	40,0	38,6	97 %
Schwingungsnachweis					
Kriterium	vorh	Kl. I	Kl. I		
Frequenz min	4,522	4,5	✓		
Frequenz	4,522	6,0	-		
Beschleunigung	0,063	0,1	✓		
Steifigkeit	0,137	0,5	✓		

Auflagerkräfte			
Lastfallgruppe	k _{mod}	A _v	B _v
		[kN]	
Eigengewicht Konstruktion	0,6	8,00	8,00
Eigengewicht	0,6	10,00	10,00
Nutzlast Kat. A: Wohngebäude	0,8	16,00	16,00
		0,00	0,00



10.1.3 Holz-Beton-Verbunddecke

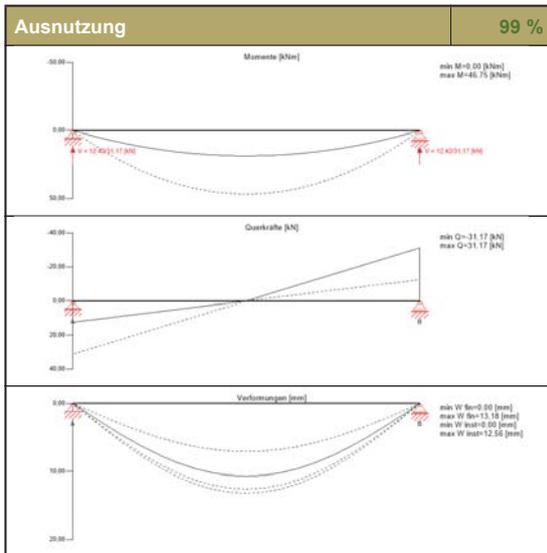
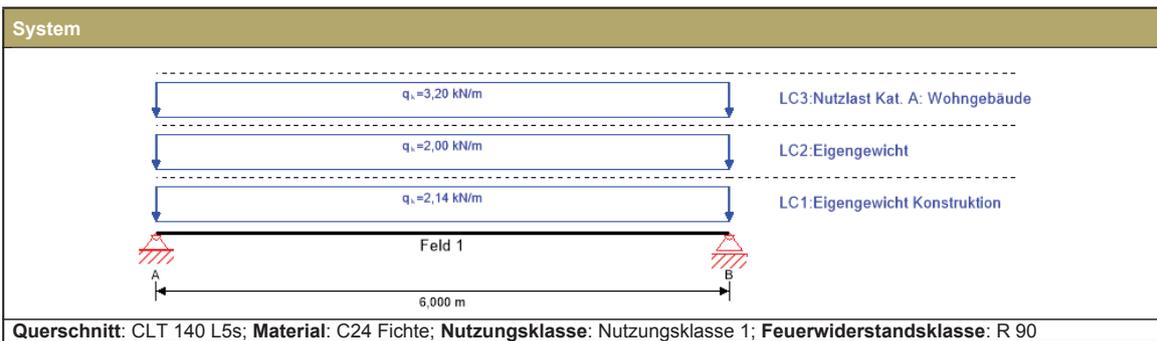
10.1.3.1 Elementnachweis



Biegespannungsnachweis		74 %			
$M_d = 32,04$ kNm	$f_{m,k} = 25,00$ N/mm ²	$\sigma_{m,d} = -$ N/mm ²	$f_{m,d} = 16,67$ N/mm ² ✓		
12,41					
Schubspannungsnachweis		8 %			
$V_d = 25,64$ kN	$f_{v,k} = 4,00$ N/mm ²	$\tau_{v,d} = 0,20$ N/mm ²	$f_{v,d} = 2,56$ N/mm ² ✓		
Rollschubspannungsnachweis		23 %			
$V_d = 25,64$ kN	$f_{r,k} = 1,25$ N/mm ²	$\tau_{r,d} = 0,18$ N/mm ²	$f_{r,d} = 0,80$ N/mm ² ✓		
Biegespannungsnachweis Brand		53 %			
$M_d = 15,63$ kNm	$f_{m,k} = 24,00$ N/mm ²	$\sigma_{m,d} = 16,15$ N/mm ²	$f_{m,d} = 30,36$ N/mm ² ✓		
Schubspannungsnachweis Brand		4 %			
$V_d = 12,50$ kN	$f_{v,k} = 4,00$ N/mm ²	$\tau_{v,d} = 0,17$ N/mm ²	$f_{v,d} = 4,60$ N/mm ² ✓		
Rollschubspannungsnachweis Brand		4 %			
$V_d = 12,50$ kN	$f_{r,k} = 1,25$ N/mm ²	$\tau_{r,d} = 0,06$ N/mm ²	$f_{r,d} = 1,44$ N/mm ² ✓		
Anfangsdurchbiegung [w_{char}]					
Feld	Dist.	Limit	W _{grenz}	W _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	2,5	1/300	16,7	8,7	52 %
Enddurchbiegung [w_{char}+w_{q.p.}*k_{def}]					
Feld	Dist.	Limit	W _{grenz}	W _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	2,5	1/150	33,3	15,9	48 %
Enddurchbiegung netto [w_{q.p.}*(1+k_{def})]					
Feld	Dist.	Limit	W _{grenz}	W _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	2,5	1/250	20,0	16,2	81 %
Schwingungsnachweis					
Kriterium	vorh	Kl. I	Kl. I		
Frequenz min	19,962	4,5	✓		
Frequenz	19,962	6,0	✓		
Beschleunigung	0,0	0,1	✓		
Steifigkeit	0,11	0,5	✓		

Auflagerkräfte			
Lastfallgruppe	k _{mod}	A _v	B _v
		[kN]	
Eigengewicht Konstruktion	0,6	5,10	5,10
		5,10	5,10
Eigengewicht	0,6	5,00	5,00
		5,00	5,00
Nutzlast Kat. A: Wohngebäude	0,8	8,00	8,00
		0,00	0,00



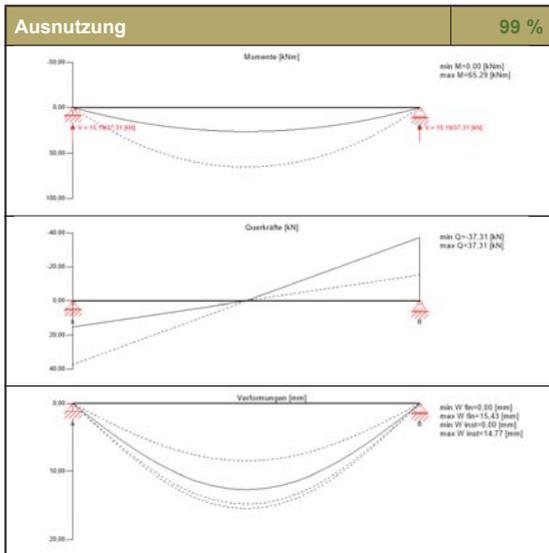
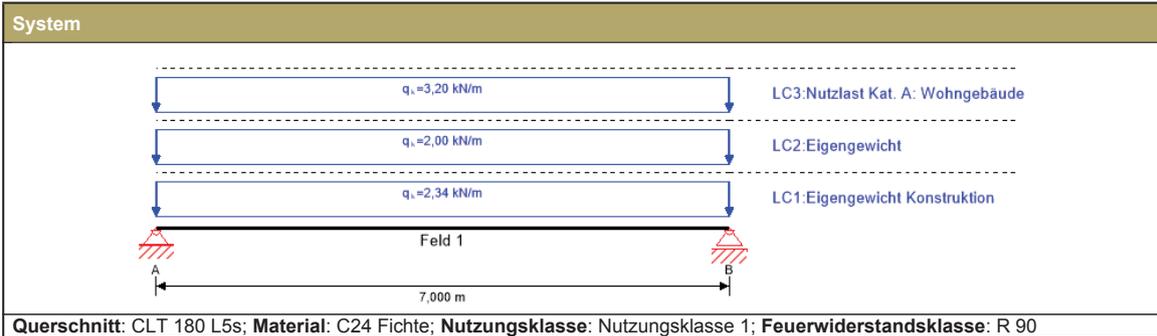


Biegespannungsnachweis		58 %			
$M_d = 29,92 \text{ kNm}$	$f_{m,k} = 25,00 \text{ N/mm}^2$				
$\sigma_{m,d} = -9,65 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{m,d} = 16,67 \text{ N/mm}^2$	✓			
Schubspannungsnachweis		9 %			
$V_d = 31,17 \text{ kN}$	$f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{v,d} = 0,22 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{v,d} = 2,56 \text{ N/mm}^2$	✓			
Rollschubspannungsnachweis		25 %			
$V_d = 31,17 \text{ kN}$	$f_{r,k} = 1,25 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{r,d} = 0,20 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{r,d} = 0,80 \text{ N/mm}^2$	✓			
Biegespannungsnachweis Brand		44 %			
$M_d = 22,95 \text{ kNm}$	$f_{m,k} = 24,00 \text{ N/mm}^2$				
$\sigma_{m,d} = 13,29 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{m,d} = 30,36 \text{ N/mm}^2$	✓			
Schubspannungsnachweis Brand		3 %			
$V_d = 15,30 \text{ kN}$	$f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{v,d} = 0,16 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{v,d} = 4,60 \text{ N/mm}^2$	✓			
Rollschubspannungsnachweis Brand		8 %			
$V_d = 15,30 \text{ kN}$	$f_{r,k} = 1,25 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{r,d} = 0,11 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{r,d} = 1,44 \text{ N/mm}^2$	✓			
Anfangsdurchbiegung [w_{char}]					
Feld	Dist.	Limit	w _{grenz}	w _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	3,0	1/300	20,0	12,6	63 %
Enddurchbiegung [w_{char}+w_{q,p}*k_{def}]					
Feld	Dist.	Limit	w _{grenz}	w _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	3,0	1/150	40,0	23,1	58 %
Enddurchbiegung netto [w_{q,p}*(1+k_{def})]					
Feld	Dist.	Limit	w _{grenz}	w _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	3,0	1/250	24,0	23,7	99 %
Schwingungsnachweis					
Kriterium	vorh	Kl. I	Kl. I		
Frequenz min	16,533	4,5	✓		
Frequenz	16,533	6,0	✓		
Beschleunigung	0,0	0,1	✓		
Steifigkeit	0,118	0,5	✓		

Auflagerkräfte

Lastfallgruppe	k _{mod}	A _v	B _v
		[kN]	
Eigengewicht Konstruktion	0,6	6,42	6,42
Eigengewicht	0,6	6,00	6,00
Nutzlast Kat. A: Wohngebäude	0,8	9,60	9,60
		0,00	0,00



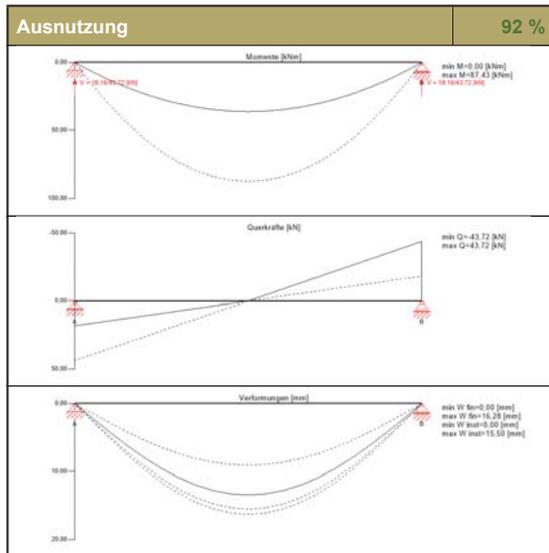
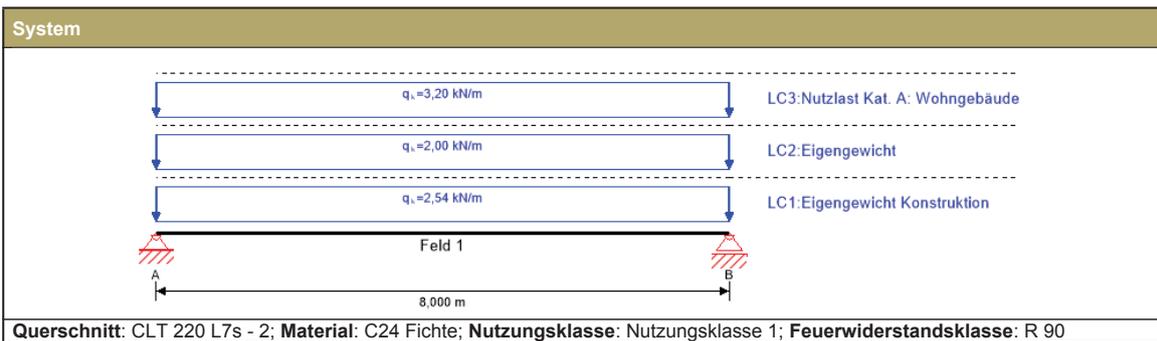


Biegespannungsnachweis		58 %			
$M_d = 65,29 \text{ kNm}$	$f_{m,k} = 25,00 \text{ N/mm}^2$				
$\sigma_{m,d} = -9,61 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{m,d} = 16,67 \text{ N/mm}^2$	✓			
Schubspannungsnachweis		8 %			
$V_d = 37,31 \text{ kN}$	$f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{v,d} = 0,21 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{v,d} = 2,56 \text{ N/mm}^2$	✓			
Rollschubspannungsnachweis		29 %			
$V_d = 37,31 \text{ kN}$	$f_{r,k} = 1,15 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{r,d} = 0,21 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{r,d} = 0,74 \text{ N/mm}^2$	✓			
Biegespannungsnachweis Brand		38 %			
$M_d = 32,46 \text{ kNm}$	$f_{m,k} = 24,00 \text{ N/mm}^2$				
$\sigma_{m,d} = 11,60 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{m,d} = 30,36 \text{ N/mm}^2$	✓			
Schubspannungsnachweis Brand		3 %			
$V_d = 18,55 \text{ kN}$	$f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{v,d} = 0,15 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{v,d} = 4,60 \text{ N/mm}^2$	✓			
Rollschubspannungsnachweis Brand		10 %			
$V_d = 18,55 \text{ kN}$	$f_{r,k} = 1,25 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{r,d} = 0,14 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{r,d} = 1,44 \text{ N/mm}^2$	✓			
Anfangsdurchbiegung [w_{char}]					
Feld	Dist.	Limit	W _{grenz}	W _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	3,5	1/300	23,3	14,8	63 %
Enddurchbiegung [w_{char}+w_{q,p}*k_{def}]					
Feld	Dist.	Limit	W _{grenz}	W _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	3,5	1/150	46,7	27,1	58 %
Enddurchbiegung netto [w_{q,p}*(1+k_{def})]					
Feld	Dist.	Limit	W _{grenz}	W _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	3,5	1/250	28,0	27,8	99 %
Schwingungsnachweis					
Kriterium	vorh	Kl. I	Kl. I		
Frequenz min	15,097	4,5	✓		
Frequenz	15,097	6,0	✓		
Beschleunigung	0,0	0,1	✓		
Steifigkeit	0,095	0,5	✓		

Auflagerkräfte

Lastfallgruppe	K _{mod}	A _v	B _v
		[kN]	
Eigengewicht Konstruktion	0,6	8,19	8,19
Eigengewicht	0,6	7,00	7,00
Nutzlast Kat. A: Wohngebäude	0,8	11,20	11,20
		0,00	0,00



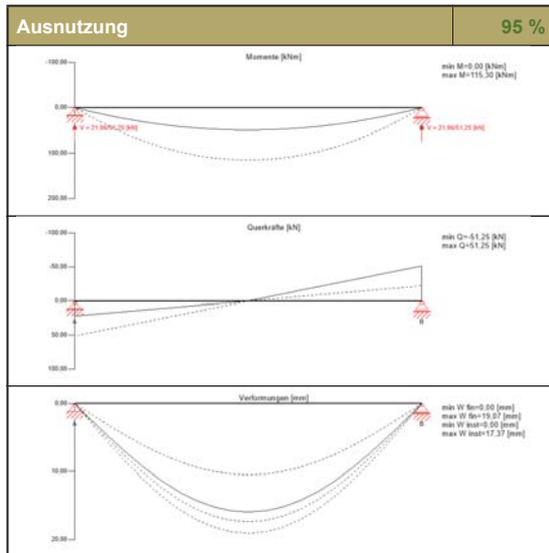
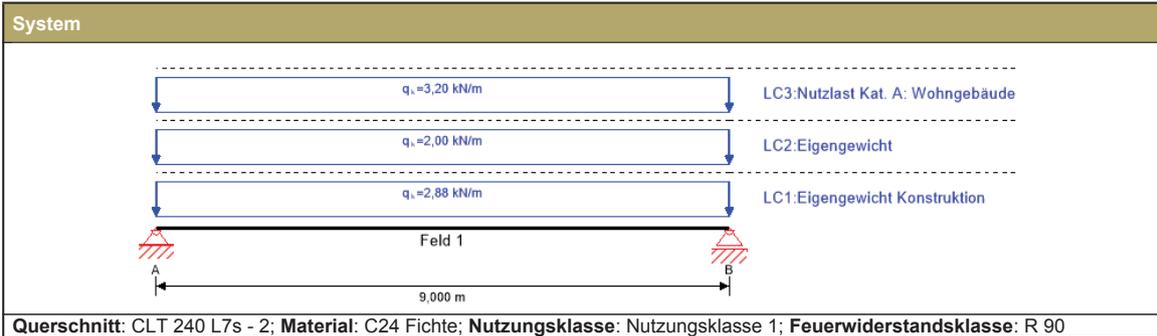


Biegespannungsnachweis 56 %					
$M_d = 87,43 \text{ kNm}$	$f_{m,k} = 25,00 \text{ N/mm}^2$				
$\sigma_{m,d} = -9,41 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{m,d} = 16,67 \text{ N/mm}^2$ ✓				
Schubspannungsnachweis 9 %					
$V_d = 43,72 \text{ kN}$	$f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{v,d} = 0,22 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{v,d} = 2,56 \text{ N/mm}^2$ ✓				
Rollschubspannungsnachweis 29 %					
$V_d = 43,72 \text{ kN}$	$f_{r,k} = 1,15 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{r,d} = 0,21 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{r,d} = 0,74 \text{ N/mm}^2$ ✓				
Biegespannungsnachweis Brand 42 %					
$M_d = 44,00 \text{ kNm}$	$f_{m,k} = 24,00 \text{ N/mm}^2$				
$\sigma_{m,d} = 12,77 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{m,d} = 30,36 \text{ N/mm}^2$ ✓				
Schubspannungsnachweis Brand 4 %					
$V_d = 22,00 \text{ kN}$	$f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{v,d} = 0,17 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{v,d} = 4,60 \text{ N/mm}^2$ ✓				
Rollschubspannungsnachweis Brand 10 %					
$V_d = 22,00 \text{ kN}$	$f_{r,k} = 1,25 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{r,d} = 0,14 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{r,d} = 1,44 \text{ N/mm}^2$ ✓				
Anfangsdurchbiegung [w_{char}]					
Feld	Dist.	Limit	w_{grenz}	$w_{vorh.}$	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	4,0	1/300	26,7	15,5	58 %
Enddurchbiegung [$w_{char} + w_{q,p} \cdot k_{def}$]					
Feld	Dist.	Limit	w_{grenz}	$w_{vorh.}$	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	4,0	1/150	53,3	28,5	53 %
Enddurchbiegung netto [$w_{q,p} \cdot (1 + k_{def})$]					
Feld	Dist.	Limit	w_{grenz}	$w_{vorh.}$	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	4,0	1/250	32,0	29,3	92 %
Schwingungsnachweis					
Kriterium	vorh	Kl. I	Kl. I		
Frequenz min	14,6	4,5	✓		
Frequenz	14,6	6,0	✓		
Beschleunigung	0,0	0,1	✓		
Steifigkeit	0,084	0,5	✓		

Auflagerkräfte

Lastfallgruppe	k_{mod}	A_v	B_v
		[kN]	
Eigengewicht Konstruktion	0,6	10,16	10,16
Eigengewicht	0,6	8,00	8,00
Nutzlast Kat. A: Wohngebäude	0,8	12,80	12,80
		0,00	0,00

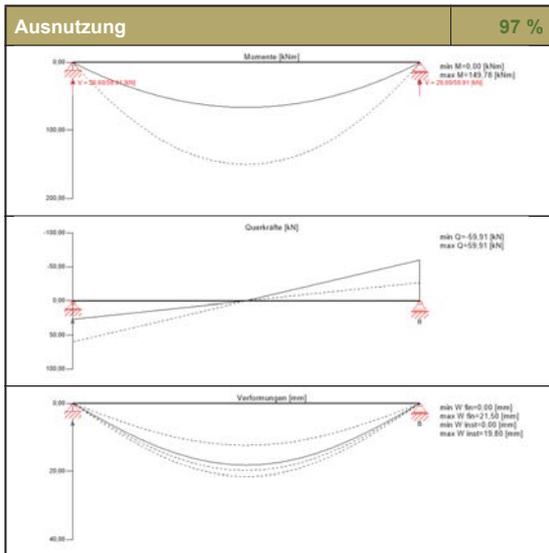
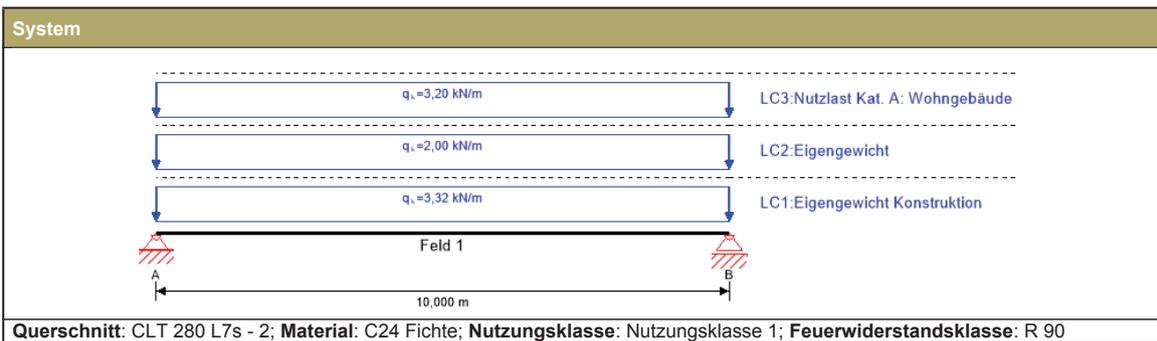




Biegespannungsnachweis		59 %			
$M_d = 115,30 \text{ kNm}$	$f_{m,k} = 25,00 \text{ N/mm}^2$				
$\sigma_{m,d} = -9,79 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{m,d} = 16,67 \text{ N/mm}^2$	✓			
Schubspannungsnachweis		9 %			
$V_d = 51,25 \text{ kN}$	$f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{v,d} = 0,23 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{v,d} = 2,56 \text{ N/mm}^2$	✓			
Rollschubspannungsnachweis		28 %			
$V_d = 51,25 \text{ kN}$	$f_{r,k} = 1,25 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{r,d} = 0,22 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{r,d} = 0,80 \text{ N/mm}^2$	✓			
Biegespannungsnachweis Brand		35 %			
$M_d = 59,13 \text{ kNm}$	$f_{m,k} = 24,00 \text{ N/mm}^2$				
$\sigma_{m,d} = 10,66 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{m,d} = 30,36 \text{ N/mm}^2$	✓			
Schubspannungsnachweis Brand		3 %			
$V_d = 26,28 \text{ kN}$	$f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{v,d} = 0,15 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{v,d} = 4,60 \text{ N/mm}^2$	✓			
Rollschubspannungsnachweis Brand		10 %			
$V_d = 26,28 \text{ kN}$	$f_{r,k} = 1,25 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{r,d} = 0,14 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{r,d} = 1,44 \text{ N/mm}^2$	✓			
Anfangsdurchbiegung [w_{char}]					
Feld	Dist.	Limit	w _{grenz}	w _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	4,5	1/300	30,0	17,4	58 %
Enddurchbiegung [w_{char}+w_{q,p}*k_{def}]					
Feld	Dist.	Limit	w _{grenz}	w _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	4,5	1/150	60,0	32,6	54 %
Enddurchbiegung netto [w_{q,p}*(1+k_{def})]					
Feld	Dist.	Limit	w _{grenz}	w _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[m]	[mm]	
1	4,5	1/250	36,0	34,3	95 %
Schwingungsnachweis					
Kriterium	vorh	Kl. I	Kl. I		
Frequenz min	13,59	4,5	✓		
Frequenz	13,59	6,0	✓		
Beschleunigung	0,0	0,1	✓		
Steifigkeit	0,086	0,5	✓		

Auflagerkräfte			
Lastfallgruppe	k _{mod}	A _v	B _v
		[kN]	
Eigengewicht Konstruktion	0,6	12,96	12,96
Eigengewicht	0,6	9,00	9,00
Nutzlast Kat. A: Wohngebäude	0,8	14,40	14,40
		0,00	0,00





Biegespannungsnachweis		58 %			
$M_d = 149,78 \text{ kNm}$	$f_{m,k} = 25,00 \text{ N/mm}^2$				
$\sigma_{m,d} = -9,72 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{m,d} = 16,67 \text{ N/mm}^2$	✓			
Schubspannungsnachweis		9 %			
$V_d = 59,91 \text{ kN}$	$f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{v,d} = 0,23 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{v,d} = 2,56 \text{ N/mm}^2$	✓			
Rollschubspannungsnachweis		40 %			
$V_d = 59,91 \text{ kN}$	$f_{r,k} = 0,86 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{r,d} = 0,22 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{r,d} = 0,55 \text{ N/mm}^2$	✓			
Biegespannungsnachweis Brand		38 %			
$M_d = 78,50 \text{ kNm}$	$f_{m,k} = 24,00 \text{ N/mm}^2$				
$\sigma_{m,d} = 11,56 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{m,d} = 30,36 \text{ N/mm}^2$	✓			
Schubspannungsnachweis Brand		3 %			
$V_d = 31,40 \text{ kN}$	$f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{v,d} = 0,15 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{v,d} = 4,60 \text{ N/mm}^2$	✓			
Rollschubspannungsnachweis Brand		10 %			
$V_d = 31,40 \text{ kN}$	$f_{r,k} = 1,25 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{r,d} = 0,14 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{r,d} = 1,44 \text{ N/mm}^2$	✓			
Anfangsdurchbiegung [w_{char}]					
Feld	Dist.	Limit	w _{grenz}	w _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	5,0	1/300	33,3	19,8	59 %
Enddurchbiegung [w_{char}+w_{q,p}*k_{def}]					
Feld	Dist.	Limit	w _{grenz}	w _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	5,0	1/150	66,7	37,0	55 %
Enddurchbiegung netto [w_{q,p}*(1+k_{def})]					
Feld	Dist.	Limit	w _{grenz}	w _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	5,0	1/250	40,0	38,7	97 %
Schwingungsnachweis					
Kriterium	vorh	Kl. I	Kl. I		
Frequenz min	12,521	4,5	✓		
Frequenz	12,521	6,0	✓		
Beschleunigung	0,0	0,1	✓		
Steifigkeit	0,074	0,5	✓		

Auflagerkräfte

Lastfallgruppe	k _{mod}	A _v	B _v
		[kN]	
Eigengewicht Konstruktion	0,6	16,60	16,60
Eigengewicht	0,6	10,00	10,00
Nutzlast Kat. A: Wohngebäude	0,8	16,00	16,00
		0,00	0,00



10.1.3.2 Schraubennachweis

Bemessung eines Holz-Beton-Verbundträgers nach Eurocode 5

Systemangaben zum Holzträger

Breite [mm]	Höhe [mm]	Stützweite [m]	I_y [cm ⁴]	W_y [cm ³]	A [cm ²]	Festigkeitsklasse
1000	120	5,0	14400,0	2400,0	1200,0	C24 nach Eurocode 5 DE
Nutzungsstufe: 1 Der Träger ist während des Betonierens nicht unterstützt						

Systemangaben zur Betonplatte

Breite*) [mm]	Dicke [mm]	I_y [cm ⁴]	W_y [cm ³]	A [cm ²]	Festigkeitsklasse	Schalung [mm]
1000	60	1800,0	600,0	600,0	C25/30	0,0
*) mitwirkende Plattenbreite nach DIN 1045 / EN 1991 / Sia 262						

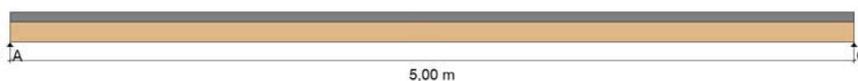
Charakt. Festigkeitswerte des Holzträgers nach Eurocode 5 DE

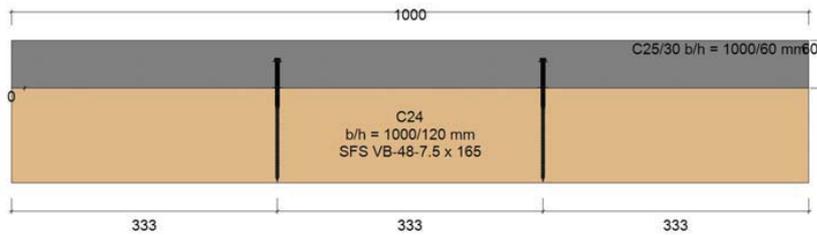
$E_{mean, t=0}$ [N/mm ²]	$E_{mean, t=∞}$ [N/mm ²]	$f_{m,k}$ [N/mm ²]	$f_{t0,k}$ [N/mm ²]	$f_{t,90,k}$ [N/mm ²]	$f_{c,0,k}$ [N/mm ²]	$f_{c,90,k}$ [N/mm ²]	$f_{v,k}$ [N/mm ²]
11000	7333	24,0	14,0	0,40	21,0	2,5	4,0

Modifikation

Nutzungsstufe	k_{mod} ständig	k_{mod} lang	k_{mod} mittel	k_{mod} kurz	k_{mod} sehr kurz	γ_M	k_{cr}
1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	1,30	0,500
2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	1,30	0,500
3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90	1,30	0,500

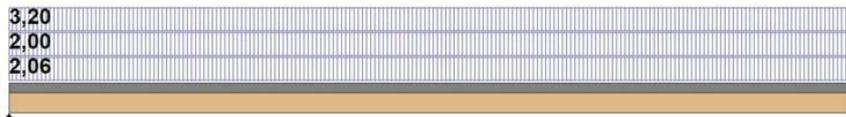
Statisches System - Ansicht





Charakt. Einwirkungen auf das System

e = 1,00m



Charakt. Einwirkungen auf das System

LF	Lasttyp	Einwirkungsdauer	Betrag [kN, kN/m ²]	Länge [m]	Position [m]	Modifikation	ψ_0	ψ_1	ψ_2	Herkunft
1	Gleichlast	ständig	2,06			0,60	1	1	1	Eigenlast
2	Gleichlast	ständig	2,00			0,60	1	1	1	Fußbodenaufbau
3	Gleichlast	mittel	3,20			0,80	0,7	0,5	0,3	Nutzlast

Endschwindmaß = -0,50
Der erste Lastfall wird als Montagelastfall behandelt!

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel

HBV - Spannweite 5m (Schraubennachweis)

Bemessungswerte der Schnittgrößen zum Zeitpunkt $t=0$

Maßgebende Lastkombination:

$1,35 \cdot (LF1 + LF2) + 1,5 \cdot LF3$ (Nachweis der Biegespannungen)

$1,35 \cdot (LF1 + LF2) + 1,5 \cdot LF3$ (Nachweis der Schubspannungen)

x [m]	Gurtkraft [kN]	Momente im Beton [kNm]	Momente im Holzträger [kNm]	Querkräfte im Holz [kN]	Schubfluss [kN/m]
0,00	0,00	0,00	0,00	25,70	44,37
0,25	10,99	0,89	4,22	23,13	43,16
0,50	21,40	1,68	7,96	20,56	39,73
0,75	30,70	2,37	11,26	17,99	34,36
1,00	38,44	2,97	14,13	15,42	27,47
1,25	44,76	3,49	16,58	12,85	23,00
1,50	49,88	3,91	18,59	10,28	17,89
1,75	53,66	4,25	20,16	7,71	12,24
2,00	55,97	4,49	21,31	5,14	6,35
2,25	57,18	4,65	22,01	2,57	3,30
2,50	57,62	4,70	22,24	0,00	0,18
2,75	57,27	4,65	22,01	-2,57	-2,93
3,00	56,16	4,49	21,30	-5,14	-6,14
3,25	53,86	4,24	20,15	-7,71	-12,18
3,50	50,10	3,91	18,57	-10,28	-17,82
3,75	44,99	3,48	16,56	-12,85	-22,93
4,00	38,69	2,96	14,12	-15,42	-27,57
4,25	30,88	2,36	11,24	-17,99	-34,62
4,50	21,52	1,67	7,96	-20,56	-39,98
4,75	11,05	0,89	4,22	-23,13	-43,40
5,00	0,00	0,00	0,00	-25,70	-44,61

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel

HBV - Spannweite 5m (Schraubennachweis)

Bemessungswerte der Schnittgrößen zum Zeitpunkt $t=0$

Maßgebende Lastkombination:

$1,35 \cdot (LF1+LF2)+1,5 \cdot LF3$ (Nachweis der Biegespannungen)

$1,35 \cdot (LF1+LF2)+1,5 \cdot LF3$ (Nachweis der Schubspannungen)

x [m]	Gurtkraft [kN]	Momente im Beton [kNm]	Momente im Holzträger [kNm]	Querkräfte im Holz [kN]	Schubfluss [kN/m]
0,00	0,00	0,00	0,00	25,70	20,11
0,25	5,53	0,37	5,24	23,13	23,84
0,50	11,68	0,68	9,83	20,56	24,93
0,75	17,79	0,95	13,83	17,99	23,54
1,00	23,27	1,18	17,28	15,42	20,13
1,25	27,98	1,38	20,20	12,85	17,34
1,50	31,88	1,54	22,58	10,28	13,78
1,75	34,81	1,66	24,44	7,71	9,58
2,00	36,63	1,75	25,80	5,14	5,03
2,25	37,59	1,80	26,62	2,57	2,62
2,50	37,93	1,82	26,89	0,00	0,13
2,75	37,65	1,80	26,62	-2,57	-2,36
3,00	36,76	1,75	25,79	-5,14	-4,89
3,25	34,94	1,66	24,43	-7,71	-9,57
3,50	32,02	1,54	22,57	-10,28	-13,75
3,75	28,12	1,38	20,19	-12,85	-17,31
4,00	23,43	1,18	17,27	-15,42	-20,19
4,25	17,90	0,95	13,82	-17,99	-23,70
4,50	11,75	0,68	9,83	-20,56	-25,08
4,75	5,56	0,37	5,24	-23,13	-23,98
5,00	0,00	0,00	0,00	-25,70	-20,25

Bemessungswerte der Holzfestigkeit (EN 1995-1-1:2004)

Maßgebende Lastkombination: $1,35 \cdot (LF1+LF2)+1,5 \cdot LF3$ / $1,35 \cdot (LF1+LF2)+1,5 \cdot LF3$

Fkl.	k_{mod}	γ_M	$f_{m,d}$ [N/mm ²]	$f_{t,0,d}$ [N/mm ²]	$f_{c,0,d}$ [N/mm ²]	$f_{v,d}$ [N/mm ²]
C24	0,80/0,80	1,3	14,77	8,62	12,92	2,46

Auflagerkräfte (charakteristisch)

LF	Ak [kN]	B1k [kN]	B2k [kN]	Ck [kN]
1	5,15	0,00	0,00	5,15
2	5,00	0,00	0,00	5,00
3	8,00	0,00	0,00	8,00

Projekt:Diplomarbeit - Manuel Stanzel

HBV - Spannweite 5m (Schraubennachweis)

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit
zum Zeitpunkt t=0

x [m]	$\sigma_{m,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{c,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{t,d}$ [N/mm ²]	Nachweis der Randspannung oben	Nachweis der Randspannung unten	OK?
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	√
2,50	9,27	-0,48	0,48	0,57	0,68	√
5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	√

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit
zum Zeitpunkt t=∞

x [m]	$\sigma_{m,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{c,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{t,d}$ [N/mm ²]	Nachweis der Randspannung oben	Nachweis der Randspannung unten	OK?
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	√
2,50	11,21	-0,32	0,32	0,72	0,80	√
5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	√

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit
Schubspannungen zum Zeitpunkt t=0 und t=∞

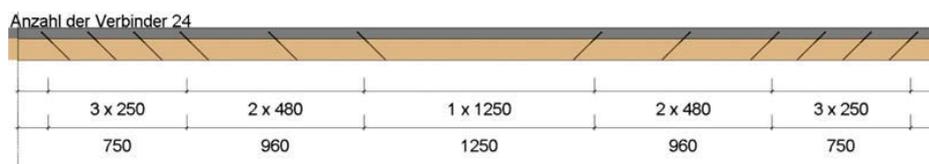
x [m]	V _{d,0} [kN]	$\tau_{v,d,0}$ [N/mm ²]	Nachweis t = 0	V _{d,∞} [kN]	$\tau_{v,d,∞}$ [N/mm ²]	Nachweis t = ∞	OK?
0,00	25,70	0,64	0,26	25,70	0,64	0,26	√
5,00	-25,70	-0,64	0,26	-25,70	-0,64	0,26	√

b(ef) = kcr * b = 0,500 * 1000,0 = 500,00 mm

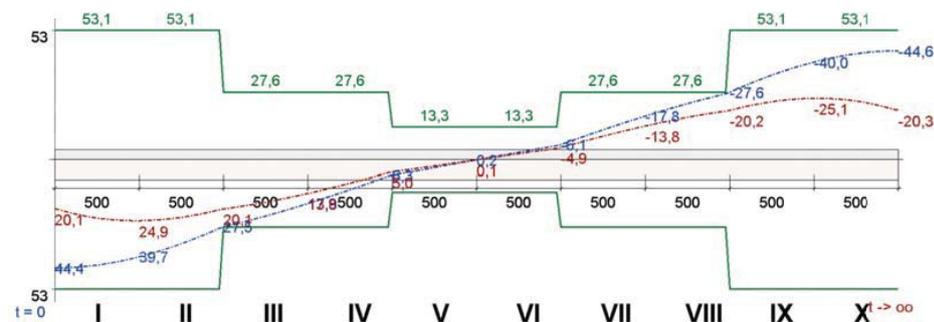
Ausnutzung der Schraubenumrissfläche

x [m]	Schraubenumrisslänge u [mm]	$\tau_{v,d,0}$ [N/mm ²]	$\tau_{v,d,00}$ [N/mm ²]	$f_{v,d}$ [N/mm ²]	OK?
0,00	593,31	0,15	0,07	2,46	✓
0,25	593,31	0,15	0,08	2,46	✓
0,50	593,31	0,13	0,08	2,46	✓
0,75	593,31	0,12	0,08	2,46	✓
1,00	593,31	0,09	0,07	2,46	✓
1,25	593,31	0,08	0,06	2,46	✓
1,50	593,31	0,06	0,05	2,46	✓
1,75	593,31	0,04	0,03	2,46	✓
2,00	593,31	0,02	0,02	2,46	✓
2,25	593,31	0,01	0,01	2,46	✓
2,50	593,31	0,00	0,00	2,46	✓
2,75	593,31	-0,01	-0,01	2,46	✓
3,00	593,31	-0,02	-0,02	2,46	✓
3,25	593,31	-0,04	-0,03	2,46	✓
3,50	593,31	-0,06	-0,05	2,46	✓
3,75	593,31	-0,08	-0,06	2,46	✓
4,00	593,31	-0,09	-0,07	2,46	✓
4,25	593,31	-0,12	-0,08	2,46	✓
4,50	593,31	-0,13	-0,08	2,46	✓
4,75	593,31	-0,15	-0,08	2,46	✓
5,00	593,31	-0,15	-0,07	2,46	✓

Optimierte Verbinderverteilung



Schubdeckungslinie für die maßgebende Lastkombination



Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel

HBV - Spannweite 5m (Schraubennachweis)

Nachweis der SFS Verbundschrauben im Grenzzustand der Tragfähigkeit
Verbindertyp: SFS VB-48-7,5 x 165

x [m]	Reihen	Abstand [mm]	T _{R,d} [N/mm]	T _{d,0} [N/mm]	T _{d,0} / T _{R,d}	T _{d,00} [N/mm]	T _{d,00} / T _{R,d}	OK?
0,00	2	250	53,1	44,4	0,84	20,1	0,38	✓
0,25	2	250	53,1	43,2	0,81	23,8	0,45	✓
0,50	2	250	53,1	39,7	0,75	24,9	0,47	✓
0,75	2	250	53,1	34,4	0,65	23,5	0,44	✓
1,00	2	480	27,6	27,5	1,00	20,1	0,73	✓
1,25	2	480	27,6	23,0	0,83	17,3	0,63	✓
1,50	2	480	27,6	17,9	0,65	13,8	0,50	✓
1,75	2	480	27,6	12,2	0,44	9,6	0,35	✓
2,00	2	1000	13,3	6,3	0,47	5,0	0,38	✓
2,25	2	1000	13,3	3,3	0,25	2,6	0,20	✓
2,50	2	1000	13,3	0,2	0,02	0,1	0,01	✓
2,75	2	1000	13,3	-2,9	0,22	-2,4	0,18	✓
3,00	2	480	27,6	-6,1	0,22	-4,9	0,18	✓
3,25	2	480	27,6	-12,2	0,44	-9,6	0,35	✓
3,50	2	480	27,6	-17,8	0,64	-13,8	0,50	✓
3,75	2	480	27,6	-22,9	0,83	-17,3	0,63	✓
4,00	2	250	53,1	-27,6	0,52	-20,2	0,38	✓
4,25	2	250	53,1	-34,6	0,65	-23,7	0,45	✓
4,50	2	250	53,1	-40,0	0,75	-25,1	0,47	✓
4,75	2	250	53,1	-43,4	0,82	-24,0	0,45	✓
5,00	2	250	53,1	-44,6	0,84	-20,3	0,38	✓

Bei einsinniger Schraubenanordnung darf die Tragfähigkeit um 25% erhöht werden, wenn es sich um vorwiegend ruhende Lasten vorhanden sind, es sich um einen Einfeldträger handelt und keine Trennfolie verwendet wird.

Bemessung eines Holz-Beton-Verbundträgers nach Eurocode 5

Systemangaben zum Holzträger

Breite [mm]	Höhe [mm]	Stützweite [m]	I_y [cm ⁴]	W_y [cm ³]	A [cm ²]	Festigkeitsklasse
1000	140	6,0	22866,7	3266,7	1400,0	C24 nach Eurocode 5 DE
Nutzungsstufe: 1 Der Träger ist während des Betonierens nicht unterstützt						

Systemangaben zur Betonplatte

Breite*) [mm]	Dicke [mm]	I_y [cm ⁴]	W_y [cm ³]	A [cm ²]	Festigkeitsklasse	Schalung [mm]
1000	60	1800,0	600,0	600,0	C25/30	0,0
*) mitwirkende Plattenbreite nach DIN 1045 / EN 1991 / Sia 262						

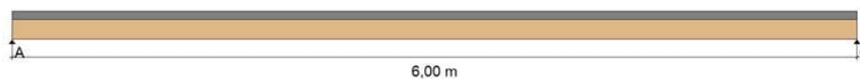
Charakt. Festigkeitswerte des Holzträgers nach Eurocode 5 DE

$E_{mean\ t=0}$ [N/mm ²]	$E_{mean\ t=oo}$ [N/mm ²]	$f_{m,k}$ [N/mm ²]	$f_{t0,k}$ [N/mm ²]	$f_{t,90,k}$ [N/mm ²]	$f_{c,0,k}$ [N/mm ²]	$f_{c,90,k}$ [N/mm ²]	$f_{v,k}$ [N/mm ²]
11000	7333	24,0	14,0	0,40	21,0	2,5	4,0

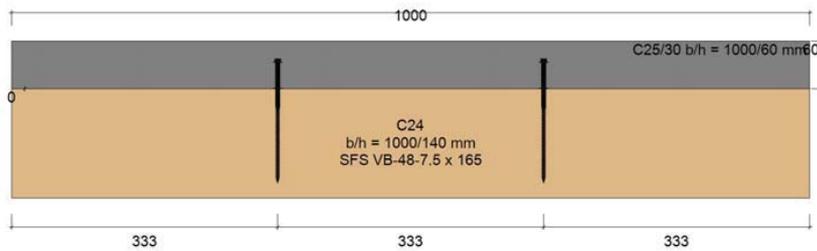
Modifikation

Nutzungsstufe	k_{mod} ständig	k_{mod} lang	k_{mod} mittel	k_{mod} kurz	k_{mod} sehr kurz	γ_M	k_{cr}
1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	1,30	0,500
2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	1,30	0,500
3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90	1,30	0,500

Statisches System - Ansicht

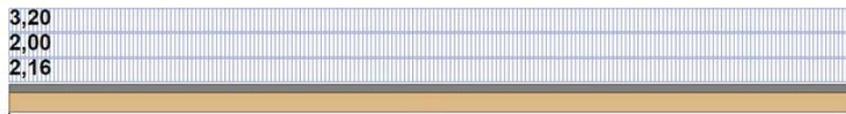


Statisches System - Schnitt



Charakt. Einwirkungen auf das System

e = 1,00m



Charakt. Einwirkungen auf das System

LF	Lasttyp	Einwirkungsdauer	Betrag [kN, kN/m ²]	Länge [m]	Position [m]	Modifikation	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂	Herkunft
1	Gleichlast	ständig	2,16			0,60	1	1	1	Eigenlast
2	Gleichlast	ständig	2,00			0,60	1	1	1	Fußbodenaufbau
3	Gleichlast	mittel	3,20			0,80	0,7	0,5	0,3	Nutzlast

Endschwindmaß = -0,50
Der erste Lastfall wird als Montagefall behandelt!

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel

HBV - Spannweite 6m (Schraubennachweis)

Bemessungswerte der Schnittgrößen zum Zeitpunkt $t=0$

Maßgebende Lastkombination:

$1,35 \cdot (LF1 + LF2) + 1,5 \cdot LF3$ (Nachweis der Biegespannungen)

$1,35 \cdot (LF1 + LF2) + 1,5 \cdot LF3$ (Nachweis der Schubspannungen)

x [m]	Gurtkraft [kN]	Momente im Beton [kNm]	Momente im Holzträger [kNm]	Querkräfte im Holz [kN]	Schubfluss [kN/m]
0,00	0,00	0,00	0,00	31,25	70,61
0,30	21,00	0,77	6,03	28,12	68,82
0,60	40,98	1,44	11,33	25,00	63,85
0,90	59,04	2,03	15,97	21,87	56,13
1,20	74,42	2,54	20,02	18,75	46,24
1,50	87,15	2,97	23,47	15,62	38,41
1,80	97,35	3,33	26,30	12,50	29,44
2,10	104,72	3,63	28,56	9,37	19,53
2,40	108,99	3,85	30,25	6,25	9,18
2,70	111,10	4,00	31,30	3,12	4,80
3,00	111,86	4,04	31,64	0,00	0,30
3,30	111,27	3,99	31,28	-3,12	-4,20
3,60	109,35	3,85	30,22	-6,25	-8,91
3,90	105,06	3,62	28,53	-9,37	-19,56
4,20	97,69	3,33	26,27	-12,50	-29,45
4,50	87,49	2,97	23,44	-15,62	-38,39
4,80	74,77	2,53	19,99	-18,75	-46,39
5,10	59,29	2,02	15,95	-21,87	-56,44
5,40	41,14	1,44	11,32	-25,00	-64,13
5,70	21,08	0,77	6,03	-28,12	-69,09
6,00	0,00	0,00	0,00	-31,25	-70,87

Projekt:Diplomarbeit - Manuel Stanzel

HBV - Spannweite 6m (Schraubennachweis)

Bemessungswerte der Schnittgrößen zum Zeitpunkt $t=0$

Maßgebende Lastkombination:

$1,35 \cdot (LF1+LF2)+1,5 \cdot LF3$ (Nachweis der Biegespannungen)

$1,35 \cdot (LF1+LF2)+1,5 \cdot LF3$ (Nachweis der Schubspannungen)

x [m]	Gurtkraft [kN]	Momente im Beton [kNm]	Momente im Holzträger [kNm]	Querkräfte im Holz [kN]	Schubfluss [kN/m]
0,00	0,00	0,00	0,00	31,25	29,07
0,30	9,73	0,33	7,61	28,12	35,41
0,60	20,80	0,60	14,19	25,00	37,73
0,90	32,00	0,83	19,87	21,87	36,36
1,20	42,31	1,03	24,74	18,75	32,01
1,50	51,28	1,19	28,84	15,62	27,49
1,80	58,67	1,32	32,18	12,50	21,60
2,10	64,13	1,42	34,82	9,37	14,60
2,40	67,34	1,50	36,76	6,25	6,97
2,70	68,94	1,55	37,96	3,12	3,65
3,00	69,52	1,56	38,36	0,00	0,20
3,30	69,06	1,55	37,95	-3,12	-3,24
3,60	67,59	1,50	36,74	-6,25	-6,81
3,90	64,35	1,42	34,80	-9,37	-14,66
4,20	58,88	1,32	32,16	-12,50	-21,64
4,50	51,47	1,19	28,82	-15,62	-27,51
4,80	42,51	1,03	24,72	-18,75	-32,11
5,10	32,14	0,83	19,86	-21,87	-36,53
5,40	20,89	0,60	14,18	-25,00	-37,89
5,70	9,77	0,33	7,60	-28,12	-35,56
6,00	0,00	0,00	0,00	-31,25	-29,21

Bemessungswerte der Holzfestigkeit (EN 1995-1-1:2004)

Maßgebende Lastkombination: $1,35 \cdot (LF1+LF2)+1,5 \cdot LF3$ / $1,35 \cdot (LF1+LF2)+1,5 \cdot LF3$

Fkl.	k_{mod}	γ_M	$f_{m,d}$ [N/mm ²]	$f_{t,0,d}$ [N/mm ²]	$f_{c,0,d}$ [N/mm ²]	$f_{v,d}$ [N/mm ²]
C24	0,80/0,80	1,3	14,77	8,62	12,92	2,46

Auflagerkräfte (charakteristisch)

LF	Ak [kN]	B1k [kN]	B2k [kN]	Ck [kN]
1	6,48	0,00	0,00	6,48
2	6,00	0,00	0,00	6,00
3	9,60	0,00	0,00	9,60

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel

HBV - Spannweite 6m (Schraubennachweis)

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit
zum Zeitpunkt t=0

x [m]	$\sigma_{m,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{c,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{t,d}$ [N/mm ²]	Nachweis der Randspannung oben	Nachweis der Randspannung unten	OK?
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	√
3,00	9,69	-0,80	0,80	0,56	0,75	√
6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	√

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit
zum Zeitpunkt t=∞

x [m]	$\sigma_{m,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{c,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{t,d}$ [N/mm ²]	Nachweis der Randspannung oben	Nachweis der Randspannung unten	OK?
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	√
3,00	11,74	-0,50	0,50	0,74	0,85	√
6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	√

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit
Schubspannungen zum Zeitpunkt t=0 und t=∞

x [m]	V _{d,0} [kN]	$\tau_{v,d,0}$ [N/mm ²]	Nachweis t = 0	V _{d,∞} [kN]	$\tau_{v,d,∞}$ [N/mm ²]	Nachweis t = ∞	OK?
0,00	31,25	0,67	0,27	31,25	0,67	0,27	√
6,00	-31,25	-0,67	0,27	-31,25	-0,67	0,27	√

b_(ef) = k_{cr} * b = 0,500 * 1000,0 = 500,00 mm

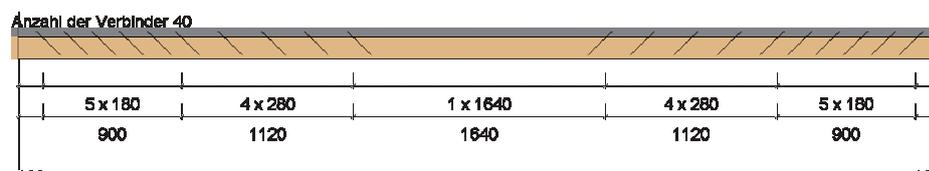
Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel

HBV - Spannweite 6m (Schraubennachweis)

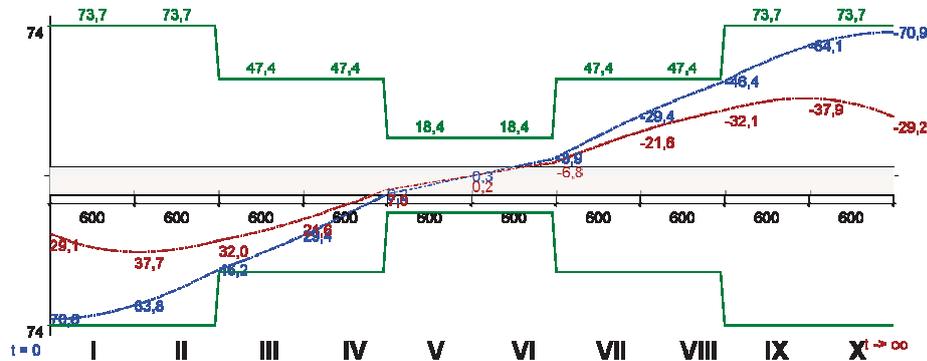
Ausnutzung der Schraubenumrissfläche

x [m]	Schraubenumrisslänge u [mm]	$\tau_{v,d,0}$ [N/mm ²]	$\tau_{v,d,00}$ [N/mm ²]	$f_{v,d}$ [N/mm ²]	OK?
0,00	593,31	0,24	0,10	2,46	✓
0,30	593,31	0,23	0,12	2,46	✓
0,60	593,31	0,22	0,13	2,46	✓
0,90	593,31	0,19	0,12	2,46	✓
1,20	593,31	0,16	0,11	2,46	✓
1,50	593,31	0,13	0,09	2,46	✓
1,80	593,31	0,10	0,07	2,46	✓
2,10	593,31	0,07	0,05	2,46	✓
2,40	593,31	0,03	0,02	2,46	✓
2,70	593,31	0,02	0,01	2,46	✓
3,00	593,31	0,00	0,00	2,46	✓
3,30	593,31	-0,01	-0,01	2,46	✓
3,60	593,31	-0,03	-0,02	2,46	✓
3,90	593,31	-0,07	-0,05	2,46	✓
4,20	593,31	-0,10	-0,07	2,46	✓
4,50	593,31	-0,13	-0,09	2,46	✓
4,80	593,31	-0,16	-0,11	2,46	✓
5,10	593,31	-0,19	-0,12	2,46	✓
5,40	593,31	-0,22	-0,13	2,46	✓
5,70	593,31	-0,23	-0,12	2,46	✓
6,00	593,31	-0,24	-0,10	2,46	✓

Optimierte Verbinderverteilung



Schubdeckungslinie für die maßgebende Lastkombination



Nachweis der SFS Verbundschrauben im Grenzzustand der Tragfähigkeit
Verbindertyp: SFS VB-48-7.5 x 165

x [m]	Reihen	Abstand [mm]	T,R,d [N/mm]	T,d,0 [N/mm]	T,d,0 / T,R,d	T,d,∞ [N/mm]	T,d,∞ / T,R,d	OK?
0,00	2	180	73,7	70,6	0,96	29,1	0,39	✓
0,30	2	180	73,7	68,8	0,93	35,4	0,48	✓
0,60	2	180	73,7	63,8	0,87	37,7	0,51	✓
0,90	2	180	73,7	56,1	0,76	36,4	0,49	✓
1,20	2	280	47,4	46,2	0,97	32,0	0,68	✓
1,50	2	280	47,4	38,4	0,81	27,5	0,58	✓
1,80	2	280	47,4	29,4	0,62	21,6	0,46	✓
2,10	2	280	47,4	19,5	0,41	14,6	0,31	✓
2,40	2	720	18,4	9,2	0,50	7,0	0,38	✓
2,70	2	720	18,4	4,8	0,26	3,7	0,20	✓
3,00	2	720	18,4	0,3	0,02	0,2	0,01	✓
3,30	2	720	18,4	-4,2	0,23	-3,2	0,17	✓
3,60	2	280	47,4	-8,9	0,19	-6,8	0,14	✓
3,90	2	280	47,4	-19,6	0,41	-14,7	0,31	✓
4,20	2	280	47,4	-29,4	0,62	-21,6	0,46	✓
4,50	2	280	47,4	-38,4	0,81	-27,5	0,58	✓
4,80	2	180	73,7	-46,4	0,63	-32,1	0,44	✓
5,10	2	180	73,7	-56,4	0,77	-36,5	0,50	✓
5,40	2	180	73,7	-64,1	0,87	-37,9	0,51	✓
5,70	2	180	73,7	-69,1	0,94	-35,6	0,48	✓
6,00	2	180	73,7	-70,9	0,96	-29,2	0,40	✓

Bei einsinniger Schraubenanordnung darf die Tragfähigkeit um 25% erhöht werden, wenn es sich um vorwiegend ruhende Lasten vorhanden sind, es sich um einen Einfeldträger handelt und keine Trennfolie verwendet wird.

Bemessung eines Holz-Beton-Verbundträgers nach Eurocode 5

Systemangaben zum Holzträger

Breite [mm]	Höhe [mm]	Stützweite [m]	I_y [cm ⁴]	W_y [cm ³]	A [cm ²]	Festigkeitsklasse
1000	180	7,0	48600,0	5400,0	1800,0	C24 nach Eurocode 5 DE
Nutzungsstufe: 1 Der Träger ist während des Betonierens nicht unterstützt						

Systemangaben zur Betonplatte

Breite*) [mm]	Dicke [mm]	I_y [cm ⁴]	W_y [cm ³]	A [cm ²]	Festigkeitsklasse	Schalung [mm]
1000	60	1800,0	600,0	600,0	C25/30	0,0
*) mitwirkende Plattenbreite nach DIN 1045 / EN 1991 / Sia 262						

Charakt. Festigkeitswerte des Holzträgers nach Eurocode 5 DE

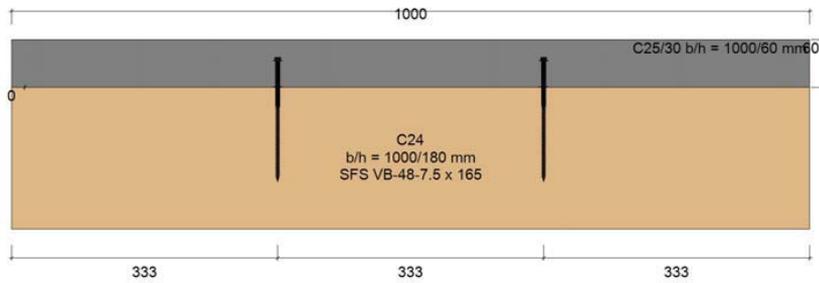
$E_{mean\ t=0}$ [N/mm ²]	$E_{mean\ t=oo}$ [N/mm ²]	$f_{m,k}$ [N/mm ²]	$f_{t0,k}$ [N/mm ²]	$f_{t90,k}$ [N/mm ²]	$f_{c,0,k}$ [N/mm ²]	$f_{c,90,k}$ [N/mm ²]	$f_{v,k}$ [N/mm ²]
11000	7333	24,0	14,0	0,40	21,0	2,5	4,0

Modifikation

Nutzungsstufe	k_{mod} ständig	k_{mod} lang	k_{mod} mittel	k_{mod} kurz	k_{mod} sehr kurz	γ_M	k_{cr}
1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	1,30	0,500
2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	1,30	0,500
3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90	1,30	0,500

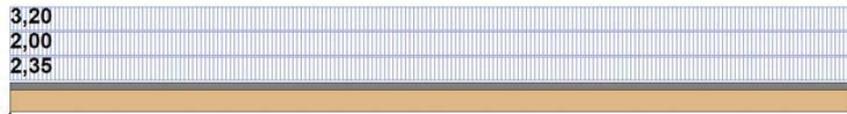
Statisches System - Ansicht





Charakt. Einwirkungen auf das System

e = 1,00m



Charakt. Einwirkungen auf das System

LF	Lasttyp	Einwirkungsdauer	Betrag [kN, kN/m ²]	Länge [m]	Position [m]	Modifikation	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂	Herkunft
1	Gleichlast	ständig	2,35			0,60	1	1	1	Eigenlast
2	Gleichlast	ständig	2,00			0,60	1	1	1	Fußbodenaufbau
3	Gleichlast	mittel	3,20			0,80	0,7	0,5	0,3	Nutzlast

Endschwindmaß = -0,50
Der erste Lastfall wird als Montagelastfall behandelt!

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel

HBV - Spannweite 7m (Schraubennachweis)

Bemessungswerte der Schnittgrößen zum Zeitpunkt $t=0$

Maßgebende Lastkombination:

$1,35 \cdot (LF1 + LF2) + 1,5 \cdot LF3$ (Nachweis der Biegespannungen)

$1,35 \cdot (LF1 + LF2) + 1,5 \cdot LF3$ (Nachweis der Schubspannungen)

x [m]	Gurtkraft [kN]	Momente im Beton [kNm]	Momente im Holzträger [kNm]	Querkräfte im Holz [kN]	Schubfluss [kN/m]
0,00	0,00	0,00	0,00	37,35	66,44
0,35	23,06	0,56	9,10	33,62	64,79
0,70	45,01	1,04	17,09	29,88	60,17
1,05	64,89	1,46	24,10	26,15	53,02
1,40	81,87	1,82	30,19	22,41	43,85
1,75	95,96	2,14	35,38	18,68	36,47
2,10	107,27	2,39	39,64	14,94	28,01
2,45	115,47	2,60	43,03	11,21	18,68
2,80	120,27	2,76	45,56	7,47	8,93
3,15	122,65	2,86	47,13	3,74	4,66
3,50	123,51	2,90	47,65	0,00	0,27
3,85	122,84	2,86	47,11	-3,74	-4,11
4,20	120,65	2,76	45,52	-7,47	-8,69
4,55	115,83	2,60	42,99	-11,21	-18,72
4,90	107,63	2,39	39,60	-14,94	-28,03
5,25	96,31	2,13	35,34	-18,68	-36,45
5,60	82,23	1,82	30,15	-22,41	-43,99
5,95	65,15	1,45	24,07	-26,15	-53,30
6,30	45,18	1,04	17,08	-29,88	-60,42
6,65	23,14	0,55	9,09	-33,62	-65,03
7,00	0,00	0,00	0,00	-37,35	-66,68

Projekt:Diplomarbeit - Manuel Stanzel

HBV - Spannweite 7m (Schraubennachweis)

Bemessungswerte der Schnittgrößen zum Zeitpunkt $t=0$

Maßgebende Lastkombination:

$1,35*(LF1+LF2)+1,5*LF3$ (Nachweis der Biegespannungen)

$1,35*(LF1+LF2)+1,5*LF3$ (Nachweis der Schubspannungen)

x [m]	Gurtkraft [kN]	Momente im Beton [kNm]	Momente im Holzträger [kNm]	Querkräfte im Holz [kN]	Schubfluss [kN/m]
0,00	0,00	0,00	0,00	37,35	16,24
0,35	7,03	0,22	11,36	33,62	23,67
0,70	16,08	0,40	21,20	29,88	27,39
1,05	25,80	0,56	29,69	26,15	27,66
1,40	35,11	0,68	36,94	22,41	25,16
1,75	43,40	0,79	43,03	18,68	21,93
2,10	50,32	0,88	48,00	14,94	17,44
2,45	55,49	0,94	51,89	11,21	11,94
2,80	58,58	0,99	54,74	7,47	5,83
3,15	60,14	1,02	56,48	3,74	3,05
3,50	60,70	1,03	57,06	0,00	0,15
3,85	60,25	1,02	56,47	-3,74	-2,74
4,20	58,80	0,99	54,71	-7,47	-5,71
4,55	55,68	0,94	51,86	-11,21	-12,00
4,90	50,50	0,88	47,98	-14,94	-17,48
5,25	43,56	0,79	43,01	-18,68	-21,96
5,60	35,27	0,68	36,92	-22,41	-25,24
5,95	25,92	0,56	29,67	-26,15	-27,78
6,30	16,15	0,40	21,19	-29,88	-27,49
6,65	7,07	0,22	11,35	-33,62	-23,77
7,00	0,00	0,00	0,00	-37,35	-16,34

Bemessungswerte der Holzfestigkeit (EN 1995-1-1:2004)

Maßgebende Lastkombination: $1,35*(LF1+LF2)+1,5*LF3$ / $1,35*(LF1+LF2)+1,5*LF3$

Fkl.	k_{mod}	γ_M	$f_{m,d}$ [N/mm ²]	$f_{t,0,d}$ [N/mm ²]	$f_{c,0,d}$ [N/mm ²]	$f_{v,d}$ [N/mm ²]
C24	0,80/0,80	1,3	14,77	8,62	12,92	2,46

Auflagerkräfte (charakteristisch)

LF	Ak [kN]	B1k [kN]	B2k [kN]	Ck [kN]
1	8,23	0,00	0,00	8,23
2	7,00	0,00	0,00	7,00
3	11,20	0,00	0,00	11,20

Projekt:Diplomarbeit - Manuel Stanzel

HBV - Spannweite 7m (Schraubennachweis)

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit
zum Zeitpunkt t=0

x [m]	$\sigma_{m,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{c,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{t,d}$ [N/mm ²]	Nachweis der Randspannung oben	Nachweis der Randspannung unten	OK?
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	√
3,50	8,82	-0,69	0,69	0,52	0,68	√
7,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	√

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit
zum Zeitpunkt t=∞

x [m]	$\sigma_{m,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{c,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{t,d}$ [N/mm ²]	Nachweis der Randspannung oben	Nachweis der Randspannung unten	OK?
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	√
3,50	10,57	-0,34	0,34	0,68	0,75	√
7,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	√

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit
Schubspannungen zum Zeitpunkt t=0 und t=∞

x [m]	V _{d,0} [kN]	$\tau_{v,d,0}$ [N/mm ²]	Nachweis t = 0	V _{d,∞} [kN]	$\tau_{v,d,∞}$ [N/mm ²]	Nachweis t = ∞	OK?
0,00	37,35	0,62	0,25	37,35	0,62	0,25	√
7,00	-37,35	-0,62	0,25	-37,35	-0,62	0,25	√

b(ef) = kcr * b = 0,500 * 1000,0 = 500,00 mm

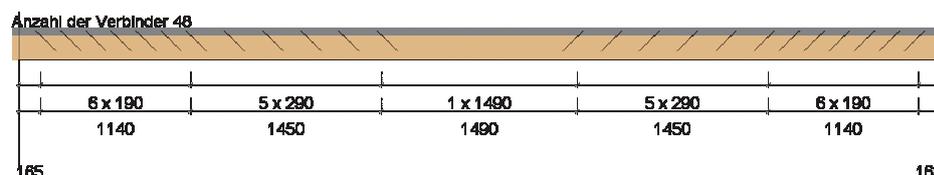
Projekt:Diplomarbeit - Manuel Stanzel

HBV - Spannweite 7m (Schraubennachweis)

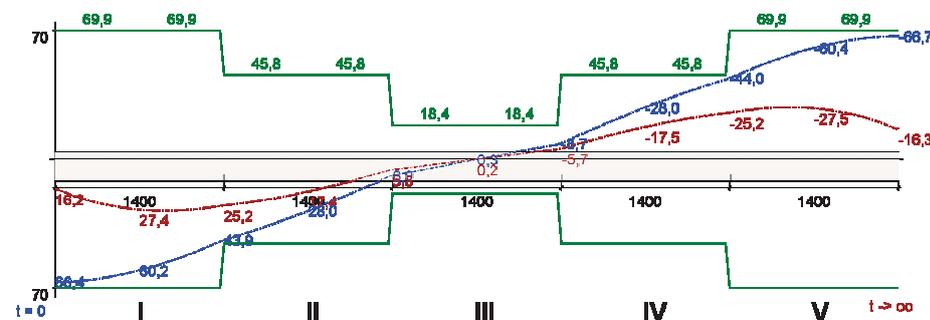
Ausnutzung der Schraubenumrissfläche

x [m]	Schraubenumrisslänge u [mm]	$\tau_{v,d,0}$ [N/mm ²]	$\tau_{v,d,\infty}$ [N/mm ²]	$f_{v,d}$ [N/mm ²]	OK?
0,00	593,31	0,22	0,05	2,46	✓
0,35	593,31	0,22	0,08	2,46	✓
0,70	593,31	0,20	0,09	2,46	✓
1,05	593,31	0,18	0,09	2,46	✓
1,40	593,31	0,15	0,08	2,46	✓
1,75	593,31	0,12	0,07	2,46	✓
2,10	593,31	0,09	0,06	2,46	✓
2,45	593,31	0,06	0,04	2,46	✓
2,80	593,31	0,03	0,02	2,46	✓
3,15	593,31	0,02	0,01	2,46	✓
3,50	593,31	0,00	0,00	2,46	✓
3,85	593,31	-0,01	-0,01	2,46	✓
4,20	593,31	-0,03	-0,02	2,46	✓
4,55	593,31	-0,06	-0,04	2,46	✓
4,90	593,31	-0,09	-0,06	2,46	✓
5,25	593,31	-0,12	-0,07	2,46	✓
5,60	593,31	-0,15	-0,09	2,46	✓
5,95	593,31	-0,18	-0,09	2,46	✓
6,30	593,31	-0,20	-0,09	2,46	✓
6,65	593,31	-0,22	-0,08	2,46	✓
7,00	593,31	-0,22	-0,06	2,46	✓

Optimierte Verbinderverteilung



Schubdeckungslinie für die maßgebende Lastkombination



Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel

HBV - Spannweite 7m (Schraubennachweis)

Nachweis der SFS Verbundschrauben im Grenzzustand der Tragfähigkeit
Verbindertyp: SFS VB-48-7,5 x 165

x [m]	Reihen	Abstand [mm]	T _{R,d} [N/mm]	T _{d,0} [N/mm]	T _{d,0} / T _{R,d}	T _{d,00} [N/mm]	T _{d,00} / T _{R,d}	OK?
0,00	2	190	69,9	66,4	0,95	16,2	0,23	✓
0,35	2	190	69,9	64,8	0,93	23,7	0,34	✓
0,70	2	190	69,9	60,2	0,86	27,4	0,39	✓
1,05	2	190	69,9	53,0	0,76	27,7	0,40	✓
1,40	2	290	45,8	43,9	0,96	25,2	0,55	✓
1,75	2	290	45,8	36,5	0,80	21,9	0,48	✓
2,10	2	290	45,8	28,0	0,61	17,4	0,38	✓
2,45	2	290	45,8	18,7	0,41	11,9	0,26	✓
2,80	2	720	18,4	8,9	0,48	5,8	0,32	✓
3,15	2	720	18,4	4,7	0,26	3,1	0,17	✓
3,50	2	720	18,4	0,3	0,02	0,2	0,01	✓
3,85	2	720	18,4	-4,1	0,22	-2,7	0,15	✓
4,20	2	290	45,8	-8,7	0,19	-5,7	0,12	✓
4,55	2	290	45,8	-18,7	0,41	-12,0	0,26	✓
4,90	2	290	45,8	-28,0	0,61	-17,5	0,38	✓
5,25	2	290	45,8	-36,5	0,80	-22,0	0,48	✓
5,60	2	190	69,9	-44,0	0,63	-25,2	0,36	✓
5,95	2	190	69,9	-53,3	0,76	-27,8	0,40	✓
6,30	2	190	69,9	-60,4	0,86	-27,5	0,39	✓
6,65	2	190	69,9	-65,0	0,93	-23,8	0,34	✓
7,00	2	190	69,9	-66,7	0,95	-16,3	0,23	✓

Bei einsinniger Schraubenanordnung darf die Tragfähigkeit um 25% erhöht werden, wenn es sich um vorwiegend ruhende Lasten vorhanden sind, es sich um einen Einfeldträger handelt und keine Trennfolie verwendet wird.

Bemessung eines Holz-Beton-Verbundträgers nach Eurocode 5

Systemangaben zum Holzträger

Breite [mm]	Höhe [mm]	Stützweite [m]	I_y [cm ⁴]	W_y [cm ³]	A [cm ²]	Festigkeitsklasse
1000	220	8,0	88733,3	8066,7	2200,0	C24 nach Eurocode 5 DE
Nutzungsstufe: 1 Der Träger ist während des Betonierens nicht unterstützt						

Systemangaben zur Betonplatte

Breite*) [mm]	Dicke [mm]	I_y [cm ⁴]	W_y [cm ³]	A [cm ²]	Festigkeitsklasse	Schalung [mm]
1000	60	1800,0	600,0	600,0	C25/30	0,0
*) mitwirkende Plattenbreite nach DIN 1045 / EN 1991 / Sia 262						

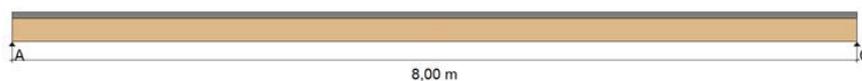
Charakt. Festigkeitswerte des Holzträgers nach Eurocode 5 DE

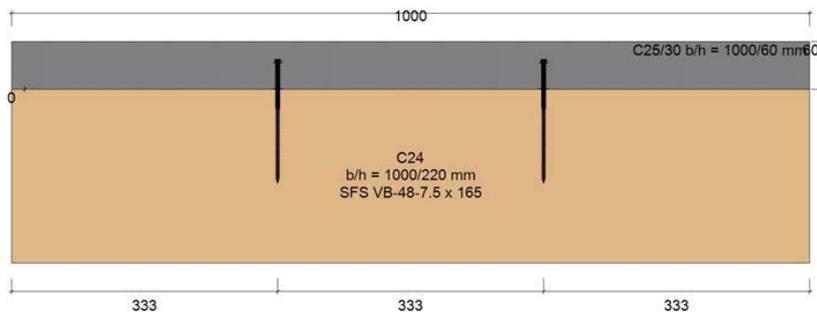
$E_{mean\ t=0}$ [N/mm ²]	$E_{mean\ t=oo}$ [N/mm ²]	$f_{m,k}$ [N/mm ²]	$f_{t0,k}$ [N/mm ²]	$f_{t90,k}$ [N/mm ²]	$f_{c,0,k}$ [N/mm ²]	$f_{c,90,k}$ [N/mm ²]	$f_{v,k}$ [N/mm ²]
11000	7333	24,0	14,0	0,40	21,0	2,5	4,0

Modifikation

Nutzungsstufe	k_{mod} ständig	k_{mod} lang	k_{mod} mittel	k_{mod} kurz	k_{mod} sehr kurz	γ_M	k_{cr}
1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	1,30	0,500
2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	1,30	0,500
3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90	1,30	0,500

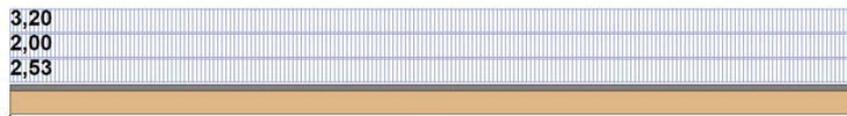
Statisches System - Ansicht





Charakt. Einwirkungen auf das System

e = 1,00m



Charakt. Einwirkungen auf das System

LF	Lasttyp	Einwirkungsdauer	Betrag [kN, kN/m ²]	Länge [m]	Position [m]	Modifikation	ψ_0	ψ_1	ψ_2	Herkunft
1	Gleichlast	ständig	2,53			0,60	1	1	1	Eigenlast
2	Gleichlast	ständig	2,00			0,60	1	1	1	Fußbodenaufbau
3	Gleichlast	mittel	3,20			0,80	0,7	0,5	0,3	Nutzlast

Endschwindmaß = -0,50
Der erste Lastfall wird als Montagelastfall behandelt!

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel

HBV - Spannweite 8m (Schraubennachweis)

Bemessungswerte der Schnittgrößen zum Zeitpunkt $t=0$

Maßgebende Lastkombination:

$1,35 \cdot (LF1 + LF2) + 1,5 \cdot LF3$ (Nachweis der Biegespannungen)

$1,35 \cdot (LF1 + LF2) + 1,5 \cdot LF3$ (Nachweis der Schubspannungen)

x [m]	Gurtkraft [kN]	Momente im Beton [kNm]	Momente im Holzträger [kNm]	Querkräfte im Holz [kN]	Schubfluss [kN/m]
0,00	0,00	0,00	0,00	43,66	63,01
0,40	25,00	0,42	12,67	39,30	61,47
0,80	48,81	0,79	23,82	34,93	57,17
1,20	70,42	1,10	33,57	30,56	50,52
1,60	88,96	1,38	42,05	26,20	41,99
2,00	104,35	1,62	49,27	21,83	34,78
2,40	116,65	1,81	55,21	17,46	26,53
2,80	125,46	1,97	59,93	13,10	17,42
3,20	130,49	2,09	63,47	8,73	7,91
3,60	132,90	2,17	65,67	4,37	4,14
4,00	133,79	2,20	66,40	0,00	0,27
4,40	133,12	2,17	65,64	-4,37	-3,60
4,80	130,92	2,09	63,41	-8,73	-7,68
5,20	125,87	1,97	59,87	-13,10	-17,49
5,60	117,03	1,81	55,16	-17,46	-26,57
6,00	104,72	1,62	49,22	-21,83	-34,79
6,40	89,33	1,38	42,00	-26,20	-42,13
6,80	70,69	1,10	33,54	-30,56	-50,77
7,20	48,98	0,79	23,79	-34,93	-57,39
7,60	25,08	0,42	12,66	-39,30	-61,68
8,00	0,00	0,00	0,00	-43,66	-63,22

Projekt:Diplomarbeit - Manuel Stanzel

HBV - Spannweite 8m (Schraubennachweis)

Bemessungswerte der Schnittgrößen zum Zeitpunkt $t=0$

Maßgebende Lastkombination:

$1,35 \cdot (LF1+LF2)+1,5 \cdot LF3$ (Nachweis der Biegespannungen)

$1,35 \cdot (LF1+LF2)+1,5 \cdot LF3$ (Nachweis der Schubspannungen)

x [m]	Gurtkraft [kN]	Momente im Beton [kNm]	Momente im Holzträger [kNm]	Querkräfte im Holz [kN]	Schubfluss [kN/m]
0,00	0,00	0,00	0,00	43,66	6,83
0,40	4,44	0,16	15,81	39,30	15,16
0,80	11,59	0,29	29,52	34,93	19,97
1,20	19,98	0,40	41,34	30,56	21,47
1,60	28,41	0,49	51,42	26,20	20,31
2,00	36,11	0,57	59,87	21,83	17,95
2,40	42,60	0,63	66,76	17,46	14,35
2,80	47,46	0,68	72,14	13,10	9,76
3,20	50,31	0,71	76,08	8,73	4,56
3,60	51,71	0,73	78,48	4,37	2,40
4,00	52,22	0,74	79,28	0,00	0,13
4,40	51,81	0,73	78,47	-4,37	-2,13
4,80	50,52	0,71	76,05	-8,73	-4,47
5,20	47,64	0,68	72,12	-13,10	-9,83
5,60	42,76	0,63	66,74	-17,46	-14,41
6,00	36,24	0,57	59,85	-21,83	-17,99
6,40	28,53	0,49	51,40	-26,20	-20,37
6,80	20,07	0,40	41,32	-30,56	-21,55
7,20	11,65	0,29	29,52	-34,93	-20,04
7,60	4,47	0,16	15,81	-39,30	-15,23
8,00	0,00	0,00	0,00	-43,66	-6,89

Bemessungswerte der Holzfestigkeit (EN 1995-1-1:2004)

Maßgebende Lastkombination: $1,35 \cdot (LF1+LF2)+1,5 \cdot LF3$ / $1,35 \cdot (LF1+LF2)+1,5 \cdot LF3$

Fkl.	k_{mod}	γ_M	$f_{m,d}$ [N/mm ²]	$f_{t,0,d}$ [N/mm ²]	$f_{c,0,d}$ [N/mm ²]	$f_{v,d}$ [N/mm ²]
C24	0,80/0,80	1,3	14,77	8,62	12,92	2,46

Auflagerkräfte (charakteristisch)

LF	Ak [kN]	B1k [kN]	B2k [kN]	Ck [kN]
1	10,12	0,00	0,00	10,12
2	8,00	0,00	0,00	8,00
3	12,80	0,00	0,00	12,80

Projekt:Diplomarbeit - Manuel Stanzel

HBV - Spannweite 8m (Schraubennachweis)

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit
zum Zeitpunkt t=0

x [m]	$\sigma_{m,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{c,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{t,d}$ [N/mm ²]	Nachweis der Randspannung oben	Nachweis der Randspannung unten	OK?
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	√
4,00	8,23	-0,61	0,61	0,49	0,63	√
8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	√

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit
zum Zeitpunkt t=∞

x [m]	$\sigma_{m,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{c,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{t,d}$ [N/mm ²]	Nachweis der Randspannung oben	Nachweis der Randspannung unten	OK?
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	√
4,00	9,83	-0,24	0,24	0,64	0,69	√
8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	√

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit
Schubspannungen zum Zeitpunkt t=0 und t=∞

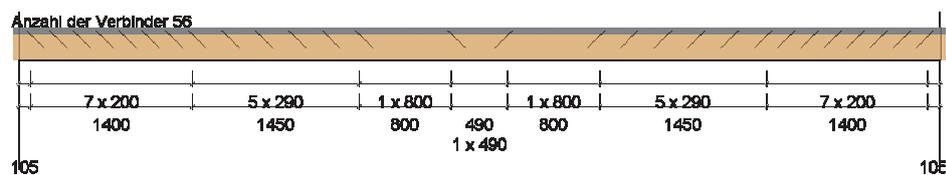
x [m]	V _{d,0} [kN]	$\tau_{v,d,0}$ [N/mm ²]	Nachweis t = 0	V _{d,∞} [kN]	$\tau_{v,d,∞}$ [N/mm ²]	Nachweis t = ∞	OK?
0,00	43,66	0,60	0,24	43,66	0,60	0,24	√
8,00	-43,66	-0,60	0,24	-43,66	-0,60	0,24	√

b(ef) = kcr * b = 0,500 * 1000,0 = 500,00 mm

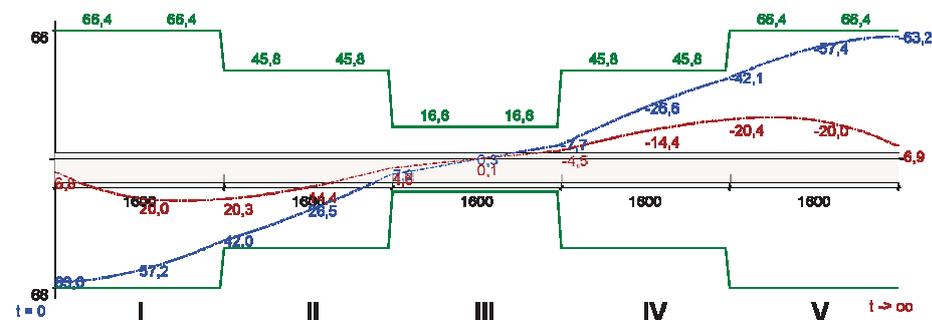
Ausnutzung der Schraubenumrissfläche

x [m]	Schraubenumrisslänge u [mm]	$\tau_{v,d,0}$ [N/mm ²]	$\tau_{v,d,00}$ [N/mm ²]	$f_{v,d}$ [N/mm ²]	OK?
0,00	593,31	0,21	0,02	2,46	✓
0,40	593,31	0,21	0,05	2,46	✓
0,80	593,31	0,19	0,07	2,46	✓
1,20	593,31	0,17	0,07	2,46	✓
1,60	593,31	0,14	0,07	2,46	✓
2,00	593,31	0,12	0,06	2,46	✓
2,40	593,31	0,09	0,05	2,46	✓
2,80	593,31	0,06	0,03	2,46	✓
3,20	593,31	0,03	0,02	2,46	✓
3,60	593,31	0,01	0,01	2,46	✓
4,00	593,31	0,00	0,00	2,46	✓
4,40	593,31	-0,01	-0,01	2,46	✓
4,80	593,31	-0,03	-0,02	2,46	✓
5,20	593,31	-0,06	-0,03	2,46	✓
5,60	593,31	-0,09	-0,05	2,46	✓
6,00	593,31	-0,12	-0,06	2,46	✓
6,40	593,31	-0,14	-0,07	2,46	✓
6,80	593,31	-0,17	-0,07	2,46	✓
7,20	593,31	-0,19	-0,07	2,46	✓
7,60	593,31	-0,21	-0,05	2,46	✓
8,00	593,31	-0,21	-0,02	2,46	✓

Optimierte Verbinderverteilung



Schubdeckungslinie für die maßgebende Lastkombination



Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel

HBV - Spannweite 8m (Schraubennachweis)

Nachweis der SFS Verbundschrauben im Grenzzustand der Tragfähigkeit
Verbindertyp: SFS VB-48-7.5 x 165

x [m]	Reihen	Abstand [mm]	T _{R,d} [N/mm]	T _{d,0} [N/mm]	T _{d,0} / T _{R,d}	T _{d,00} [N/mm]	T _{d,00} / T _{R,d}	OK?
0,00	2	200	66,4	63,0	0,95	6,8	0,10	✓
0,40	2	200	66,4	61,5	0,93	15,2	0,23	✓
0,80	2	200	66,4	57,2	0,86	20,0	0,30	✓
1,20	2	200	66,4	50,5	0,76	21,5	0,32	✓
1,60	2	290	45,8	42,0	0,92	20,3	0,44	✓
2,00	2	290	45,8	34,8	0,76	18,0	0,39	✓
2,40	2	290	45,8	26,5	0,58	14,4	0,31	✓
2,80	2	290	45,8	17,4	0,38	9,8	0,21	✓
3,20	2	800	16,6	7,9	0,48	4,6	0,28	✓
3,60	2	800	16,6	4,1	0,25	2,4	0,14	✓
4,00	2	800	16,6	0,3	0,02	0,1	0,01	✓
4,40	2	800	16,6	-3,6	0,22	-2,1	0,13	✓
4,80	2	290	45,8	-7,7	0,17	-4,5	0,10	✓
5,20	2	290	45,8	-17,5	0,38	-9,8	0,21	✓
5,60	2	290	45,8	-26,6	0,58	-14,4	0,31	✓
6,00	2	290	45,8	-34,8	0,76	-18,0	0,39	✓
6,40	2	200	66,4	-42,1	0,63	-20,4	0,31	✓
6,80	2	200	66,4	-50,8	0,77	-21,6	0,33	✓
7,20	2	200	66,4	-57,4	0,86	-20,0	0,30	✓
7,60	2	200	66,4	-61,7	0,93	-15,2	0,23	✓
8,00	2	200	66,4	-63,2	0,95	-6,9	0,10	✓

Bei einsinniger Schraubenanordnung darf die Tragfähigkeit um 25% erhöht werden, wenn es sich um vorwiegend ruhende Lasten vorhanden sind, es sich um einen Einfeldträger handelt und keine Trennfolie verwendet wird.

Bemessung eines Holz-Beton-Verbundträgers nach Eurocode 5

Systemangaben zum Holzträger

Breite [mm]	Höhe [mm]	Stützweite [m]	I_y [cm ⁴]	W_y [cm ³]	A [cm ²]	Festigkeitsklasse
1000	240	9,0	115200,0	9600,0	2400,0	C24 nach Eurocode 5 DE
Nutzungsstufe: 1 Der Träger ist während des Betonierens nicht unterstützt						

Systemangaben zur Betonplatte

Breite*) [mm]	Dicke [mm]	I_y [cm ⁴]	W_y [cm ³]	A [cm ²]	Festigkeitsklasse	Schalung [mm]
1000	70	2858,3	816,7	700,0	C25/30	0,0
*) mitwirkende Plattenbreite nach DIN 1045 / EN 1991 / Sia 262						

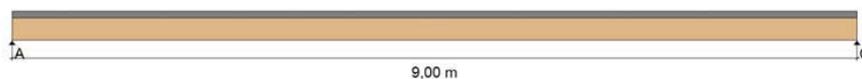
Charakt. Festigkeitswerte des Holzträgers nach Eurocode 5 DE

$E_{mean\ t=0}$ [N/mm ²]	$E_{mean\ t=oo}$ [N/mm ²]	$f_{m,k}$ [N/mm ²]	$f_{t0,k}$ [N/mm ²]	$f_{t,90,k}$ [N/mm ²]	$f_{c,0,k}$ [N/mm ²]	$f_{c,90,k}$ [N/mm ²]	$f_{v,k}$ [N/mm ²]
11000	7333	24,0	14,0	0,40	21,0	2,5	4,0

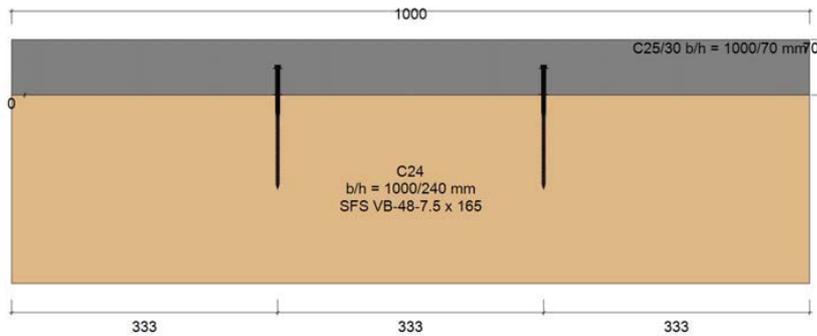
Modifikation

Nutzungsstufe	k_{mod} ständig	k_{mod} lang	k_{mod} mittel	k_{mod} kurz	k_{mod} sehr kurz	γ_M	k_{cr}
1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	1,30	0,500
2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	1,30	0,500
3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90	1,30	0,500

Statisches System - Ansicht

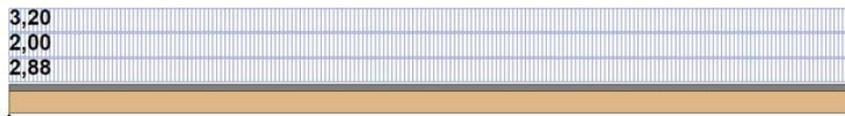


Statisches System - Schnitt



Charakt. Einwirkungen auf das System

e = 1,00m



Charakt. Einwirkungen auf das System

LF	Lasttyp	Einwirkungsdauer	Betrag [kN, kN/m ²]	Länge [m]	Position [m]	Modifikation	ψ_0	ψ_1	ψ_2	Herkunft
1	Gleichlast	ständig	2,88			0,60	1	1	1	Eigenlast
2	Gleichlast	ständig	2,00			0,60	1	1	1	Fußbodenaufbau
3	Gleichlast	mittel	3,20			0,80	0,7	0,5	0,3	Nutzlast

Endschwindmaß = -0,50
Der erste Lastfall wird als Montagefall behandelt!

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel

HBV - Spannweite 9m (Schraubennachweis)

Bemessungswerte der Schnittgrößen zum Zeitpunkt $t=0$

Maßgebende Lastkombination:

$1,35 \cdot (LF1 + LF2) + 1,5 \cdot LF3$ (Nachweis der Biegespannungen)

$1,35 \cdot (LF1 + LF2) + 1,5 \cdot LF3$ (Nachweis der Schubspannungen)

x [m]	Gurtkraft [kN]	Momente im Beton [kNm]	Momente im Holzträger [kNm]	Querkräfte im Holz [kN]	Schubfluss [kN/m]
0,00	0,00	0,00	0,00	51,25	73,05
0,45	32,59	0,60	16,25	46,12	71,20
0,90	63,59	1,13	30,53	41,00	66,08
1,35	91,65	1,58	43,02	35,87	58,19
1,80	115,61	1,97	53,90	30,75	48,10
2,25	135,48	2,31	63,16	25,62	39,99
2,70	151,42	2,60	70,79	20,50	30,69
3,15	162,96	2,82	76,85	15,37	20,42
3,60	169,67	3,00	81,39	10,25	9,66
4,05	172,99	3,11	84,22	5,12	5,04
4,50	174,19	3,15	85,15	0,00	0,29
4,95	173,25	3,11	84,19	-5,12	-4,46
5,40	170,20	2,99	81,32	-10,25	-9,41
5,85	163,45	2,82	76,77	-15,37	-20,48
6,30	151,89	2,59	70,72	-20,50	-30,72
6,75	135,95	2,31	63,10	-25,62	-39,97
7,20	116,09	1,97	53,83	-30,75	-48,25
7,65	91,99	1,58	42,97	-35,87	-58,48
8,10	63,81	1,12	30,50	-41,00	-66,34
8,55	32,70	0,60	16,24	-46,12	-71,44
9,00	0,00	0,00	0,00	-51,25	-73,28

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel

HBV - Spannweite 9m (Schraubennachweis)

Bemessungswerte der Schnittgrößen zum Zeitpunkt $t=0$

Maßgebende Lastkombination:

$1,35 \cdot (LF1+LF2)+1,5 \cdot LF3$ (Nachweis der Biegespannungen)

$1,35 \cdot (LF1+LF2)+1,5 \cdot LF3$ (Nachweis der Schubspannungen)

x [m]	Gurtkraft [kN]	Momente im Beton [kNm]	Momente im Holzträger [kNm]	Querkräfte im Holz [kN]	Schubfluss [kN/m]
0,00	0,00	0,00	0,00	51,25	8,89
0,45	6,39	0,23	20,69	46,12	19,19
0,90	16,49	0,42	38,54	41,00	24,95
1,35	28,22	0,57	53,86	35,87	26,55
1,80	39,89	0,70	66,91	30,75	24,87
2,25	50,49	0,80	77,85	25,62	21,96
2,70	59,44	0,89	86,76	20,50	17,60
3,15	66,16	0,95	93,72	15,37	12,10
3,60	70,19	0,99	98,82	10,25	5,88
4,05	72,21	1,02	101,94	5,12	3,08
4,50	72,94	1,03	102,97	0,00	0,15
4,95	72,35	1,02	101,92	-5,12	-2,78
5,40	70,46	0,99	98,78	-10,25	-5,77
5,85	66,39	0,95	93,69	-15,37	-12,17
6,30	59,64	0,89	86,73	-20,50	-17,66
6,75	50,67	0,80	77,82	-25,62	-21,99
7,20	40,06	0,70	66,88	-30,75	-24,94
7,65	28,34	0,57	53,84	-35,87	-26,65
8,10	16,56	0,42	38,52	-41,00	-25,03
8,55	6,42	0,23	20,68	-46,12	-19,27
9,00	0,00	0,00	0,00	-51,25	-8,97

Bemessungswerte der Holzfestigkeit (EN 1995-1-1:2004)

Maßgebende Lastkombination: $1,35 \cdot (LF1+LF2)+1,5 \cdot LF3$ / $1,35 \cdot (LF1+LF2)+1,5 \cdot LF3$

Fkl.	k_{mod}	γ_M	$f_{m,d}$ [N/mm ²]	$f_{t,0,d}$ [N/mm ²]	$f_{c,0,d}$ [N/mm ²]	$f_{v,d}$ [N/mm ²]
C24	0,80/0,80	1,3	14,77	8,62	12,92	2,46

Auflagerkräfte (charakteristisch)

LF	Ak [kN]	B1k [kN]	B2k [kN]	Ck [kN]
1	12,96	0,00	0,00	12,96
2	9,00	0,00	0,00	9,00
3	14,40	0,00	0,00	14,40

Projekt:Diplomarbeit - Manuel Stanzel

HBV - Spannweite 9m (Schraubennachweis)

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit
zum Zeitpunkt t=0

x [m]	$\sigma_{m,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{c,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{t,d}$ [N/mm ²]	Nachweis der Randspannung oben	Nachweis der Randspannung unten	OK?
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	√
4,50	8,87	-0,73	0,73	0,52	0,68	√
9,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	√

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit
zum Zeitpunkt t=∞

x [m]	$\sigma_{m,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{c,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{t,d}$ [N/mm ²]	Nachweis der Randspannung oben	Nachweis der Randspannung unten	OK?
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	√
4,50	10,73	-0,30	0,30	0,69	0,76	√
9,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	√

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit
Schubspannungen zum Zeitpunkt t=0 und t=∞

x [m]	V _{d,0} [kN]	$\tau_{v,d,0}$ [N/mm ²]	Nachweis t = 0	V _{d,∞} [kN]	$\tau_{v,d,∞}$ [N/mm ²]	Nachweis t = ∞	OK?
0,00	51,25	0,64	0,26	51,25	0,64	0,26	√
9,00	-51,25	-0,64	0,26	-51,25	-0,64	0,26	√

b(ef) = kcr * b = 0,500 * 1000,0 = 500,00 mm

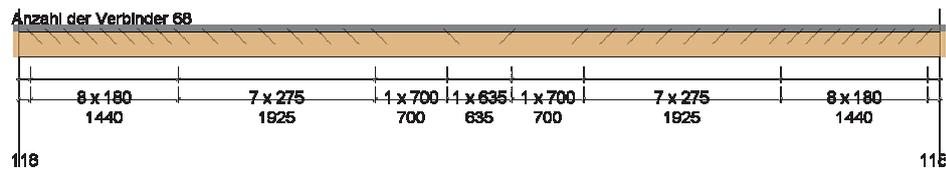
Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel

HBV - Spannweite 9m (Schraubennachweis)

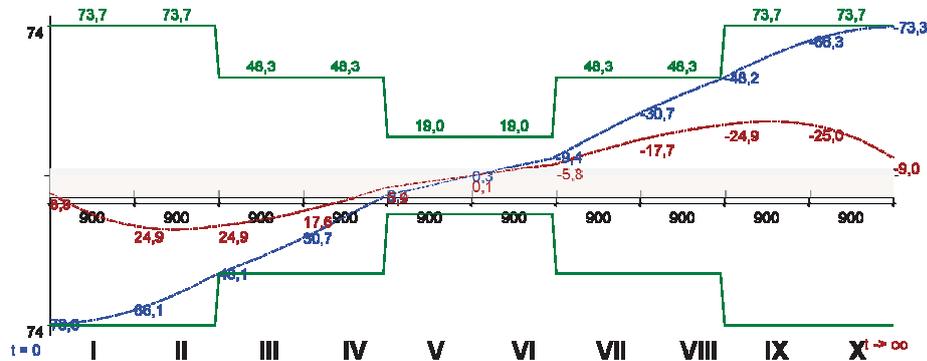
Ausnutzung der Schraubenumrissfläche

x [m]	Schraubenumrisslänge u [mm]	$\tau_{v,d,0}$ [N/mm ²]	$\tau_{v,d,00}$ [N/mm ²]	$f_{v,d}$ [N/mm ²]	OK?
0,00	593,31	0,25	0,03	2,46	✓
0,45	593,31	0,24	0,06	2,46	✓
0,90	593,31	0,22	0,08	2,46	✓
1,35	593,31	0,20	0,09	2,46	✓
1,80	593,31	0,16	0,08	2,46	✓
2,25	593,31	0,13	0,07	2,46	✓
2,70	593,31	0,10	0,06	2,46	✓
3,15	593,31	0,07	0,04	2,46	✓
3,60	593,31	0,03	0,02	2,46	✓
4,05	593,31	0,02	0,01	2,46	✓
4,50	593,31	0,00	0,00	2,46	✓
4,95	593,31	-0,02	-0,01	2,46	✓
5,40	593,31	-0,03	-0,02	2,46	✓
5,85	593,31	-0,07	-0,04	2,46	✓
6,30	593,31	-0,10	-0,06	2,46	✓
6,75	593,31	-0,13	-0,07	2,46	✓
7,20	593,31	-0,16	-0,08	2,46	✓
7,65	593,31	-0,20	-0,09	2,46	✓
8,10	593,31	-0,22	-0,08	2,46	✓
8,55	593,31	-0,24	-0,06	2,46	✓
9,00	593,31	-0,25	-0,03	2,46	✓

Optimierte Verbinderverteilung



Schubdeckungslinie für die maßgebende Lastkombination



Nachweis der SFS Verbundschrauben im Grenzzustand der Tragfähigkeit
Verbindertyp: SFS VB-48-7.5 x 165

x [m]	Reihen	Abstand [mm]	T,R,d [N/mm]	T,d,0 [N/mm]	T,d,0 / T,R,d	T,d,∞ [N/mm]	T,d,∞ / T,R,d	OK?
0,00	2	180	73,7	73,0	0,99	8,9	0,12	✓
0,45	2	180	73,7	71,2	0,97	19,2	0,26	✓
0,90	2	180	73,7	66,1	0,90	24,9	0,34	✓
1,35	2	180	73,7	58,2	0,79	26,5	0,36	✓
1,80	2	275	48,3	48,1	1,00	24,9	0,52	✓
2,25	2	275	48,3	40,0	0,83	22,0	0,46	✓
2,70	2	275	48,3	30,7	0,64	17,6	0,36	✓
3,15	2	275	48,3	20,4	0,42	12,1	0,25	✓
3,60	2	700	19,0	9,7	0,51	5,9	0,31	✓
4,05	2	700	19,0	5,0	0,26	3,1	0,16	✓
4,50	2	700	19,0	0,3	0,02	0,1	0,01	✓
4,95	2	700	19,0	-4,5	0,24	-2,8	0,15	✓
5,40	2	275	48,3	-9,4	0,19	-5,8	0,12	✓
5,85	2	275	48,3	-20,5	0,42	-12,2	0,25	✓
6,30	2	275	48,3	-30,7	0,64	-17,7	0,37	✓
6,75	2	275	48,3	-40,0	0,83	-22,0	0,46	✓
7,20	2	180	73,7	-48,2	0,65	-24,9	0,34	✓
7,65	2	180	73,7	-58,5	0,79	-26,7	0,36	✓
8,10	2	180	73,7	-66,3	0,90	-25,0	0,34	✓
8,55	2	180	73,7	-71,4	0,97	-19,3	0,26	✓
9,00	2	180	73,7	-73,3	0,99	-9,0	0,12	✓

Bei einsinniger Schraubenanordnung darf die Tragfähigkeit um 25% erhöht werden, wenn es sich um vorwiegend ruhende Lasten vorhanden sind, es sich um einen Einfeldträger handelt und keine Trennfolie verwendet wird.

Bemessung eines Holz-Beton-Verbundträgers nach Eurocode 5

Systemangaben zum Holzträger

Breite [mm]	Höhe [mm]	Stützweite [m]	I_y [cm ⁴]	W_y [cm ³]	A [cm ²]	Festigkeitsklasse
1000	280	10,0	182933,3	13066,7	2800,0	C24 nach Eurocode 5 DE
Nutzungsstufe: 1 Der Träger ist während des Betonierens nicht unterstützt						

Systemangaben zur Betonplatte

Breite*) [mm]	Dicke [mm]	I_y [cm ⁴]	W_y [cm ³]	A [cm ²]	Festigkeitsklasse	Schalung [mm]
1000	80	4266,7	1066,7	800,0	C25/30	0,0
*) mitwirkende Plattenbreite nach DIN 1045 / EN 1991 / Sia 262						

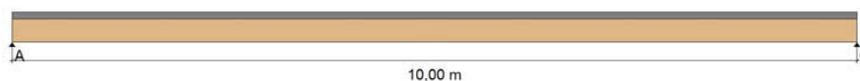
Charakt. Festigkeitswerte des Holzträgers nach Eurocode 5 DE

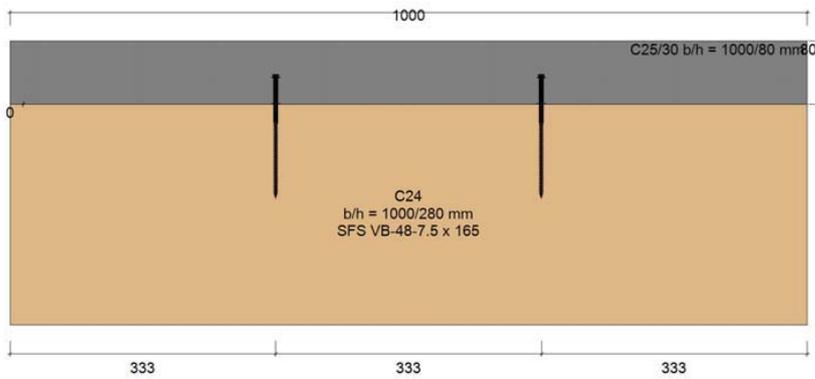
$E_{mean\ t=0}$ [N/mm ²]	$E_{mean\ t=oo}$ [N/mm ²]	$f_{m,k}$ [N/mm ²]	$f_{t0,k}$ [N/mm ²]	$f_{t,90,k}$ [N/mm ²]	$f_{c,0,k}$ [N/mm ²]	$f_{c,90,k}$ [N/mm ²]	$f_{v,k}$ [N/mm ²]
11000	7333	24,0	14,0	0,40	21,0	2,5	4,0

Modifikation

Nutzungsstufe	k_{mod} ständig	k_{mod} lang	k_{mod} mittel	k_{mod} kurz	k_{mod} sehr kurz	γ_M	k_{cr}
1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	1,30	0,500
2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	1,30	0,500
3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90	1,30	0,500

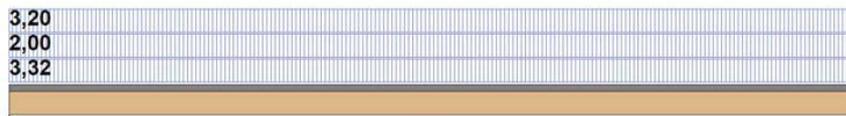
Statisches System - Ansicht





Charakt. Einwirkungen auf das System

e = 1,00m



Charakt. Einwirkungen auf das System

LF	Lasttyp	Einwirkungsdauer	Betrag [kN, kN/m ²]	Länge [m]	Position [m]	Modifikation	ψ_0	ψ_1	ψ_2	Herkunft
1	Gleichlast	ständig	3,32			0,60	1	1	1	Eigenlast
2	Gleichlast	ständig	2,00			0,60	1	1	1	Fußbodenaufbau
3	Gleichlast	mittel	3,20			0,80	0,7	0,5	0,3	Nutzlast

Endschwindmaß = -0,50
Der erste Lastfall wird als Montagelastfall behandelt!

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel

HBV - Spannweite 10m (Schraubennachweis)

Bemessungswerte der Schnittgrößen zum Zeitpunkt $t=0$

Maßgebende Lastkombination:

$1,35 \cdot (LF1 + LF2) + 1,5 \cdot LF3$ (Nachweis der Biegespannungen)

$1,35 \cdot (LF1 + LF2) + 1,5 \cdot LF3$ (Nachweis der Schubspannungen)

x [m]	Gurtkraft [kN]	Momente im Beton [kNm]	Momente im Holzträger [kNm]	Querkräfte im Holz [kN]	Schubfluss [kN/m]
0,00	0,00	0,00	0,00	59,91	73,01
0,50	36,20	0,69	21,26	53,92	71,19
1,00	70,67	1,28	39,92	47,93	66,18
1,50	101,94	1,79	56,25	41,94	58,51
2,00	128,79	2,24	70,44	35,95	48,70
2,50	151,18	2,62	82,50	29,96	40,62
3,00	169,23	2,93	92,42	23,96	31,39
3,50	182,41	3,19	100,27	17,97	21,20
4,00	190,29	3,39	106,15	11,98	10,51
4,50	194,29	3,51	109,79	5,99	5,46
5,00	195,72	3,55	110,99	0,00	0,26
5,50	194,55	3,51	109,75	-5,99	-4,93
6,00	190,82	3,38	106,06	-11,98	-10,29
6,50	182,90	3,18	100,19	-17,97	-21,26
7,00	169,70	2,93	92,34	-23,96	-31,42
7,50	151,64	2,61	82,42	-29,95	-40,61
8,00	129,27	2,23	70,36	-35,95	-48,84
8,50	102,28	1,79	56,19	-41,94	-58,77
9,00	70,88	1,28	39,89	-47,93	-66,42
9,50	36,30	0,69	21,24	-53,92	-71,41
10,00	0,00	0,00	0,00	-59,91	-73,21

Projekt:Diplomarbeit - Manuel Stanzel

HBV - Spannweite 10m (Schraubennachweis)

Bemessungswerte der Schnittgrößen zum Zeitpunkt $t=0$

Maßgebende Lastkombination:

$1,35 \cdot (LF1+LF2)+1,5 \cdot LF3$ (Nachweis der Biegespannungen)

$1,35 \cdot (LF1+LF2)+1,5 \cdot LF3$ (Nachweis der Schubspannungen)

x [m]	Gurtkraft [kN]	Momente im Beton [kNm]	Momente im Holzträger [kNm]	Querkräfte im Holz [kN]	Schubfluss [kN/m]
0,00	0,00	0,00	0,00	59,91	59,34
0,50	29,42	0,13	23,04	53,92	57,84
1,00	57,41	0,24	43,35	47,93	53,73
1,50	82,79	0,34	61,15	41,94	47,47
2,00	104,58	0,42	76,61	35,95	39,53
2,50	122,75	0,49	89,74	29,96	32,99
3,00	137,41	0,55	100,52	23,96	25,52
3,50	148,14	0,60	109,03	17,97	17,26
4,00	154,56	0,63	115,33	11,98	8,57
4,50	157,82	0,65	119,21	5,99	4,45
5,00	158,99	0,66	120,50	0,00	0,20
5,50	158,03	0,65	119,18	-5,99	-4,04
6,00	154,97	0,63	115,26	-11,98	-8,41
6,50	148,51	0,60	108,96	-17,97	-17,32
7,00	137,76	0,55	100,46	-23,96	-25,54
7,50	123,09	0,49	89,68	-29,95	-32,98
8,00	104,94	0,42	76,55	-35,95	-39,63
8,50	83,04	0,34	61,10	-41,94	-47,67
9,00	57,56	0,24	43,32	-47,93	-53,89
9,50	29,49	0,13	23,02	-53,92	-57,99
10,00	0,00	0,00	0,00	-59,91	-59,49

Bemessungswerte der Holzfestigkeit (EN 1995-1-1:2004)

Maßgebende Lastkombination: $1,35 \cdot (LF1+LF2)+1,5 \cdot LF3$ / $1,35 \cdot (LF1+LF2)+1,5 \cdot LF3$

Fkl.	k_{mod}	γ_M	$f_{m,d}$ [N/mm ²]	$f_{t,0,d}$ [N/mm ²]	$f_{c,0,d}$ [N/mm ²]	$f_{v,d}$ [N/mm ²]
C24	0,80/0,80	1,3	14,77	8,62	12,92	2,46

Auflagerkräfte (charakteristisch)

LF	Ak [kN]	B1k [kN]	B2k [kN]	Ck [kN]
1	16,60	0,00	0,00	16,60
2	10,00	0,00	0,00	10,00
3	16,00	0,00	0,00	16,00

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel

HBV - Spannweite 10m (Schraubennachweis)

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit
zum Zeitpunkt t=0

x [m]	$\sigma_{m,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{c,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{t,d}$ [N/mm ²]	Nachweis der Randspannung oben	Nachweis der Randspannung unten	OK?
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	√
5,00	8,49	-0,70	0,70	0,49	0,66	√
10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	√

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit
zum Zeitpunkt t=∞

x [m]	$\sigma_{m,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{c,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{t,d}$ [N/mm ²]	Nachweis der Randspannung oben	Nachweis der Randspannung unten	OK?
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	√
5,00	9,22	-0,57	0,57	0,56	0,69	√
10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	√

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit
Schubspannungen zum Zeitpunkt t=0 und t=∞

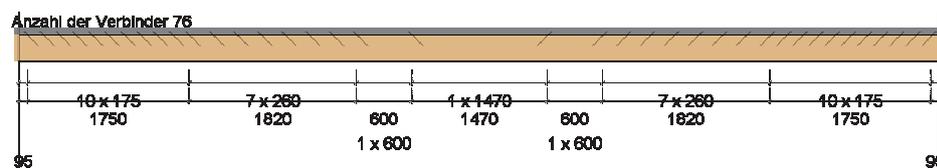
x [m]	V _{d,0} [kN]	$\tau_{v,d,0}$ [N/mm ²]	Nachweis t = 0	V _{d,∞} [kN]	$\tau_{v,d,∞}$ [N/mm ²]	Nachweis t = ∞	OK?
0,00	59,91	0,64	0,26	59,91	0,64	0,26	√
10,00	-59,91	-0,64	0,26	-59,91	-0,64	0,26	√

b(ef) = kcr * b = 0,500 * 1000,0 = 500,00 mm

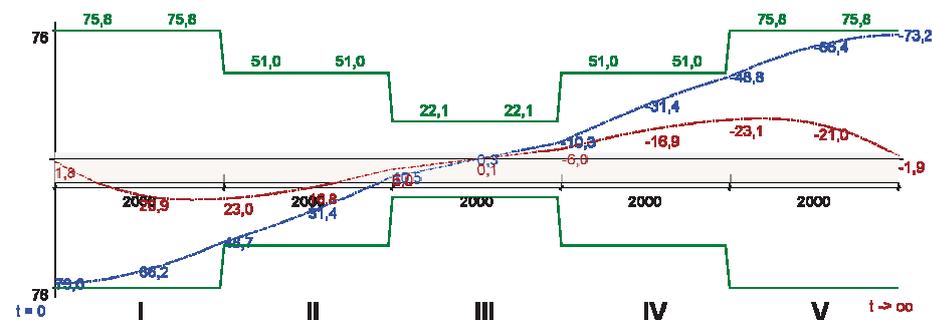
Ausnutzung der Schraubenumrissfläche

x [m]	Schraubenumrisslänge u [mm]	$\tau_{v,d,0}$ [N/mm ²]	$\tau_{v,d,\infty}$ [N/mm ²]	$f_{v,d}$ [N/mm ²]	OK?
0,00	593,31	0,25	0,20	2,46	✓
0,50	593,31	0,24	0,19	2,46	✓
1,00	593,31	0,22	0,18	2,46	✓
1,50	593,31	0,20	0,16	2,46	✓
2,00	593,31	0,16	0,13	2,46	✓
2,50	593,31	0,14	0,11	2,46	✓
3,00	593,31	0,11	0,09	2,46	✓
3,50	593,31	0,07	0,06	2,46	✓
4,00	593,31	0,04	0,03	2,46	✓
4,50	593,31	0,02	0,02	2,46	✓
5,00	593,31	0,00	0,00	2,46	✓
5,50	593,31	-0,02	-0,01	2,46	✓
6,00	593,31	-0,03	-0,03	2,46	✓
6,50	593,31	-0,07	-0,06	2,46	✓
7,00	593,31	-0,11	-0,09	2,46	✓
7,50	593,31	-0,14	-0,11	2,46	✓
8,00	593,31	-0,16	-0,13	2,46	✓
8,50	593,31	-0,20	-0,16	2,46	✓
9,00	593,31	-0,22	-0,18	2,46	✓
9,50	593,31	-0,24	-0,20	2,46	✓
10,00	593,31	-0,25	-0,20	2,46	✓

Optimierte Verbinderverteilung



Schubdeckungslinie für die maßgebende Lastkombination



Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel

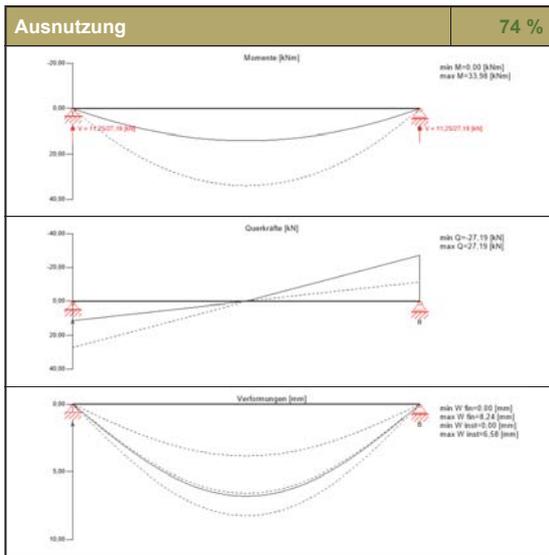
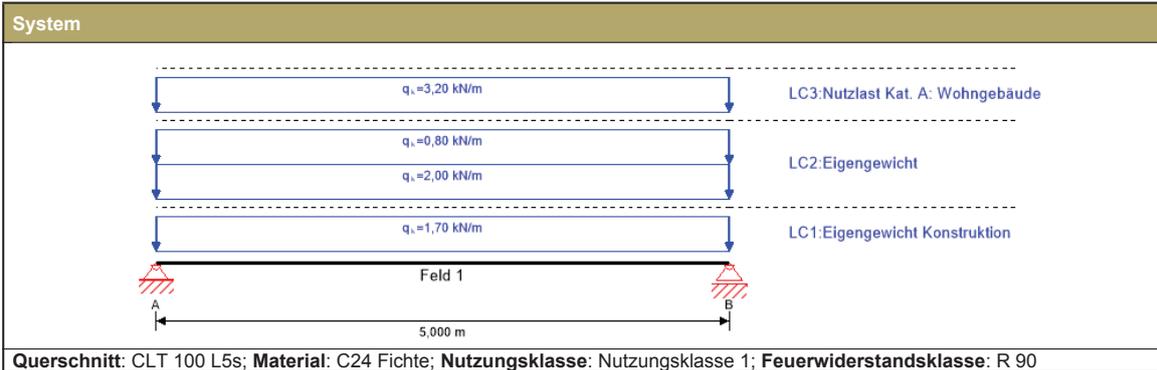
HBV - Spannweite 10m (Schraubennachweis)

Nachweis der SFS Verbundschrauben im Grenzzustand der Tragfähigkeit
Verbindertyp: SFS VB-48-7.5 x 165

x [m]	Reihen	Abstand [mm]	T _{R,d} [N/mm]	T _{d,0} [N/mm]	T _{d,0} / T _{R,d}	T _{d,00} [N/mm]	T _{d,00} / T _{R,d}	OK?
0,00	2	175	75,8	73,0	0,96	59,3	0,78	✓
0,50	2	175	75,8	71,2	0,94	57,8	0,76	✓
1,00	2	175	75,8	66,2	0,87	53,7	0,71	✓
1,50	2	175	75,8	58,5	0,77	47,5	0,63	✓
2,00	2	260	51,0	48,7	0,95	39,5	0,77	✓
2,50	2	260	51,0	40,6	0,80	33,0	0,65	✓
3,00	2	260	51,0	31,4	0,62	25,5	0,50	✓
3,50	2	260	51,0	21,2	0,42	17,3	0,34	✓
4,00	2	600	22,1	10,5	0,48	8,6	0,39	✓
4,50	2	600	22,1	5,5	0,25	4,5	0,20	✓
5,00	2	600	22,1	0,3	0,01	0,2	0,01	✓
5,50	2	600	22,1	-4,9	0,22	-4,0	0,18	✓
6,00	2	260	51,0	-10,3	0,20	-8,4	0,16	✓
6,50	2	260	51,0	-21,3	0,42	-17,3	0,34	✓
7,00	2	260	51,0	-31,4	0,62	-25,5	0,50	✓
7,50	2	260	51,0	-40,6	0,80	-33,0	0,65	✓
8,00	2	175	75,8	-48,8	0,64	-39,6	0,52	✓
8,50	2	175	75,8	-58,8	0,78	-47,7	0,63	✓
9,00	2	175	75,8	-66,4	0,88	-53,9	0,71	✓
9,50	2	175	75,8	-71,4	0,94	-58,0	0,77	✓
10,00	2	175	75,8	-73,2	0,97	-59,5	0,78	✓

Bei einsinniger Schraubenanordnung darf die Tragfähigkeit um 25% erhöht werden, wenn es sich um vorwiegend ruhende Lasten vorhanden sind, es sich um einen Einfeldträger handelt und keine Trennfolie verwendet wird.

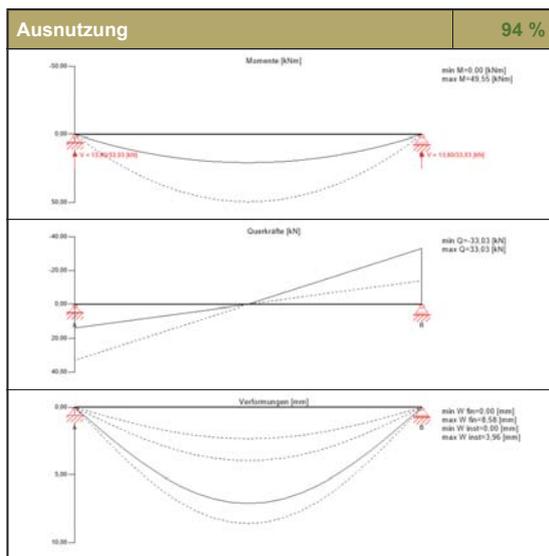
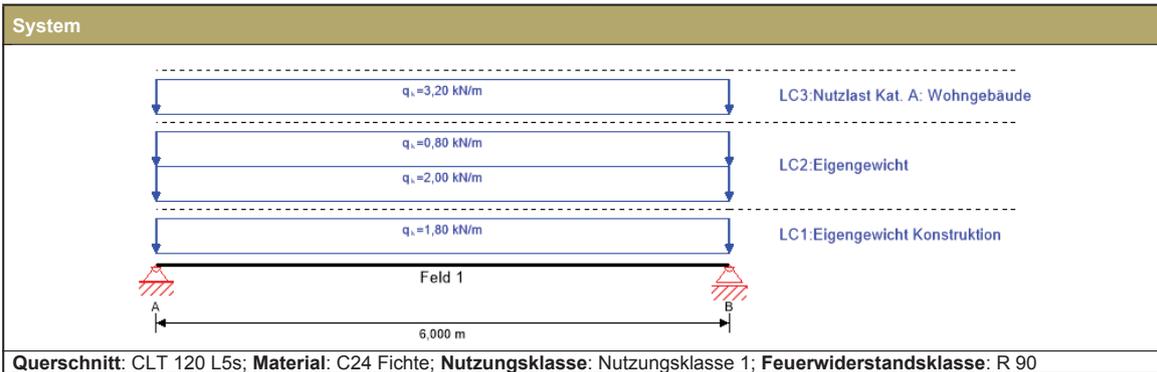
10.1.4 Holzleichtbeton-Verbunddecke



Biegespannungsnachweis		55 %			
$M_d = 33,98 \text{ kNm}$	$f_{m,k} = 25,00 \text{ N/mm}^2$	✓			
$\sigma_{m,d} = -9,14 \text{ N/mm}^2 < f_{m,d} = 16,67 \text{ N/mm}^2$					
Schubspannungsnachweis		15 %			
$V_d = 27,19 \text{ kN}$	$f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$	✓			
$\tau_{v,d} = 0,37 \text{ N/mm}^2 < f_{v,d} = 2,56 \text{ N/mm}^2$					
Rollschubspannungsnachweis		30 %			
$V_d = 27,19 \text{ kN}$	$f_{r,k} = 1,25 \text{ N/mm}^2$	✓			
$\tau_{r,d} = 0,24 \text{ N/mm}^2 < f_{r,d} = 0,80 \text{ N/mm}^2$					
Biegespannungsnachweis Brand		66 %			
$M_d = 17,06 \text{ kNm}$	$f_{m,k} = 24,00 \text{ N/mm}^2$	✓			
$\sigma_{m,d} = 19,90 \text{ N/mm}^2 < f_{m,d} = 30,36 \text{ N/mm}^2$					
Schubspannungsnachweis Brand		6 %			
$V_d = 13,65 \text{ kN}$	$f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$	✓			
$\tau_{v,d} = 0,27 \text{ N/mm}^2 < f_{v,d} = 4,60 \text{ N/mm}^2$					
Rollschubspannungsnachweis Brand		6 %			
$V_d = 13,65 \text{ kN}$	$f_{r,k} = 1,25 \text{ N/mm}^2$	✓			
$\tau_{r,d} = 0,09 \text{ N/mm}^2 < f_{r,d} = 1,44 \text{ N/mm}^2$					
Anfangsdurchbiegung [w_{char}]					
Feld	Dist. [m]	Limit [-]	w_{grenz} [mm]	$w_{vorh.}$ [mm]	Ausn. [%]
1	2,5	1/300	16,7	6,6	39 %
Enddurchbiegung [$w_{char} + w_{q,p} \cdot k_{def}$]					
Feld	Dist. [m]	Limit [-]	w_{grenz} [mm]	$w_{vorh.}$ [mm]	Ausn. [%]
1	2,5	1/150	33,3	13,2	40 %
Enddurchbiegung netto [$w_{q,p} \cdot (1 + k_{def})$]					
Feld	Dist. [m]	Limit [-]	w_{grenz} [mm]	$w_{vorh.}$ [mm]	Ausn. [%]
1	2,5	1/250	20,0	14,8	74 %
Schwingungsnachweis					
Kriterium	vorh	Kl. I	Kl. I		
Frequenz min	64,332	4,5	✓		
Frequenz	64,332	6,0	✓		
Beschleunigung	0,0	0,1	✓		
Steifigkeit	0,018	0,5	✓		

Auflagerkräfte			
Lastfallgruppe	k_{mod}	A_V	B_V
		[kN]	
Eigengewicht Konstruktion	0,6	4,25	4,25
Eigengewicht	0,6	7,00	7,00
Nutzlast Kat. A: Wohngebäude	0,8	8,00	8,00
		0,00	0,00



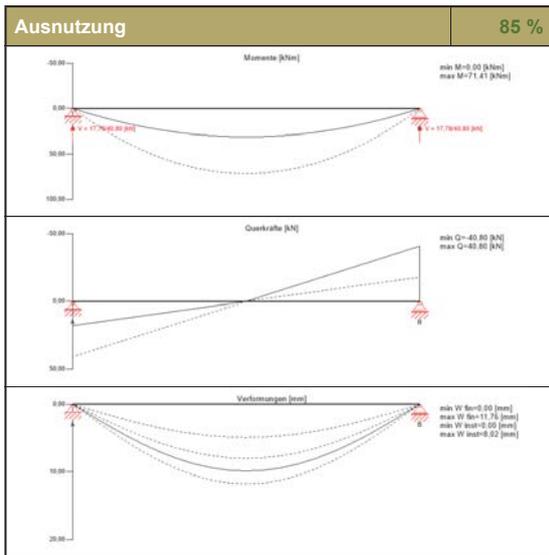
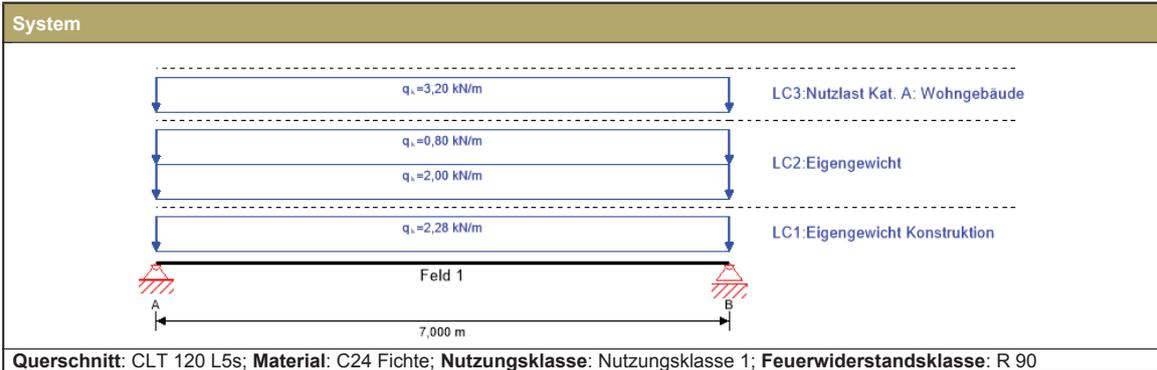


Biegespannungsnachweis 94 %					
$M_d = 49,55 \text{ kNm}$	$f_{m,k} = 25,00 \text{ N/mm}^2$				
$\sigma_{m,d} = 15,73 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{m,d} = 16,67 \text{ N/mm}^2$ ✓				
Schubspannungsnachweis 18 %					
$V_d = 33,03 \text{ kN}$	$f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{v,d} = 0,47 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{v,d} = 2,56 \text{ N/mm}^2$ ✓				
Rollschubspannungsnachweis 27 %					
$V_d = 33,03 \text{ kN}$	$f_{r,k} = 1,25 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{r,d} = 0,22 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{r,d} = 0,80 \text{ N/mm}^2$ ✓				
Biegespannungsnachweis Brand 63 %					
$M_d = 25,02 \text{ kNm}$	$f_{m,k} = 24,00 \text{ N/mm}^2$				
$\sigma_{m,d} = 19,18 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{m,d} = 30,36 \text{ N/mm}^2$ ✓				
Schubspannungsnachweis Brand 7 %					
$V_d = 16,68 \text{ kN}$	$f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{v,d} = 0,33 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{v,d} = 4,60 \text{ N/mm}^2$ ✓				
Rollschubspannungsnachweis Brand 5 %					
$V_d = 16,68 \text{ kN}$	$f_{r,k} = 1,25 \text{ N/mm}^2$				
$\tau_{r,d} = 0,08 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{r,d} = 1,44 \text{ N/mm}^2$ ✓				
Anfangsdurchbiegung [w_{char}]					
Feld	Dist.	Limit	W _{grenz}	W _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	3,0	1/300	20,0	4,0	20 %
Enddurchbiegung [w_{char}+w_{q.p.}*k_{def}]					
Feld	Dist.	Limit	W _{grenz}	W _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	3,0	1/150	40,0	10,8	27 %
Enddurchbiegung netto [w_{q.p.}*(1+k_{def})]					
Feld	Dist.	Limit	W _{grenz}	W _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	3,0	1/250	24,0	15,5	64 %
Schwingungsnachweis					
Kriterium	vorh	Kl. I	Kl. I		
Frequenz min	17,503	4,5	✓		
Frequenz	17,503	6,0	✓		
Beschleunigung	0,0	0,1	✓		
Steifigkeit	0,106	0,5	✓		

Auflagerkräfte

Lastfallgruppe	k _{mod}	A _v	B _v
		[kN]	
Eigengewicht Konstruktion	0,6	5,40	5,40
Eigengewicht	0,6	8,40	8,40
Nutzlast Kat. A: Wohngebäude	0,8	9,60	9,60



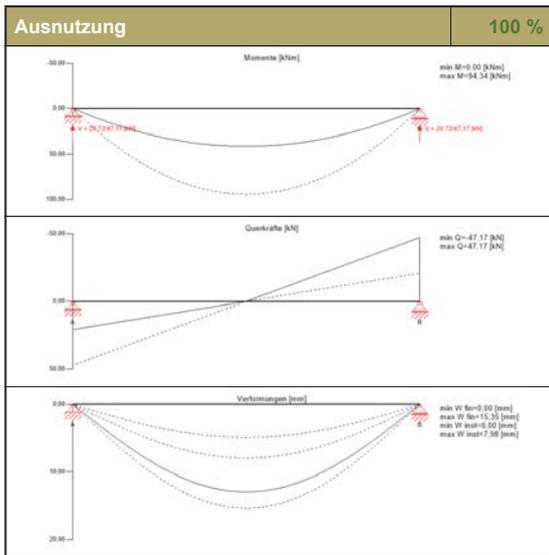
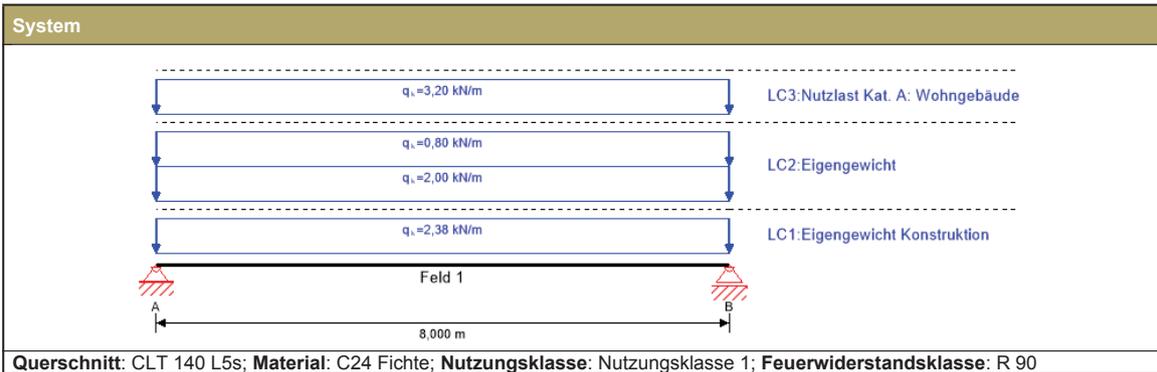


Biegespannungsnachweis		81 %			
$M_d = 71,41$ kNm	$f_{m,k} = 25,00$ N/mm ²	✓			
$\sigma_{m,d} = 13,44$ N/mm ²	$f_{m,d} = 16,67$ N/mm ²				
Schubspannungsnachweis		17 %			
$V_d = 40,80$ kN	$f_{v,k} = 4,00$ N/mm ²	✓			
$\tau_{v,d} = 0,44$ N/mm ²	$f_{v,d} = 2,56$ N/mm ²				
Rollschubspannungsnachweis		31 %			
$V_d = 40,80$ kN	$f_{r,k} = 1,25$ N/mm ²	✓			
$\tau_{r,d} = 0,25$ N/mm ²	$f_{r,d} = 0,80$ N/mm ²				
Biegespannungsnachweis Brand		73 %			
$M_d = 37,00$ kNm	$f_{m,k} = 24,00$ N/mm ²	✓			
$\sigma_{m,d} = 22,21$ N/mm ²	$f_{m,d} = 30,36$ N/mm ²				
Schubspannungsnachweis Brand		7 %			
$V_d = 21,14$ kN	$f_{v,k} = 4,00$ N/mm ²	✓			
$\tau_{v,d} = 0,33$ N/mm ²	$f_{v,d} = 4,60$ N/mm ²				
Rollschubspannungsnachweis Brand		5 %			
$V_d = 21,14$ kN	$f_{r,k} = 1,25$ N/mm ²	✓			
$\tau_{r,d} = 0,08$ N/mm ²	$f_{r,d} = 1,44$ N/mm ²				
Anfangsdurchbiegung [w_{char}]					
Feld	Dist.	Limit	W _{grenz}	W _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	3,5	1/300	23,3	8,0	34 %
Enddurchbiegung [w_{char}+w_{q.p.}*k_{def}]					
Feld	Dist.	Limit	W _{grenz}	W _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	3,5	1/150	46,7	17,4	37 %
Enddurchbiegung netto [w_{q.p.}*(1+k_{def})]					
Feld	Dist.	Limit	W _{grenz}	W _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	3,5	1/250	28,0	21,2	76 %
Schwingungsnachweis					
Kriterium	vorh	Kl. I	Kl. I		
Frequenz min	18,41	4,5	✓		
Frequenz	18,41	6,0	✓		
Beschleunigung	0,0	0,1	✓		
Steifigkeit	0,072	0,5	✓		

Auflagerkräfte

Lastfallgruppe	k _{mod}	A _v	B _v
		[kN]	
Eigengewicht Konstruktion	0,6	7,98	7,98
Eigengewicht	0,6	9,80	9,80
Nutzlast Kat. A: Wohngebäude	0,8	11,20	11,20



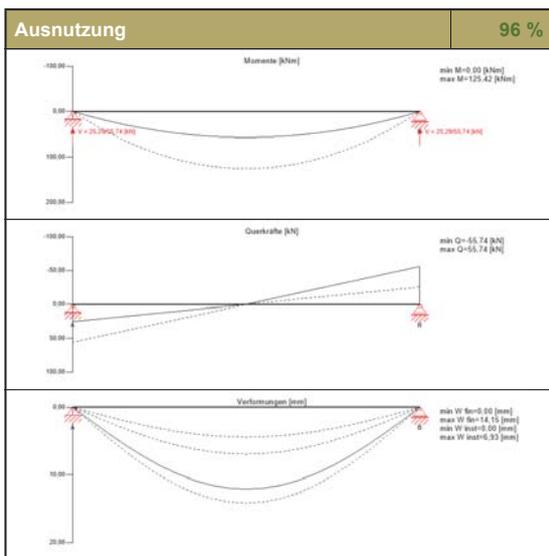
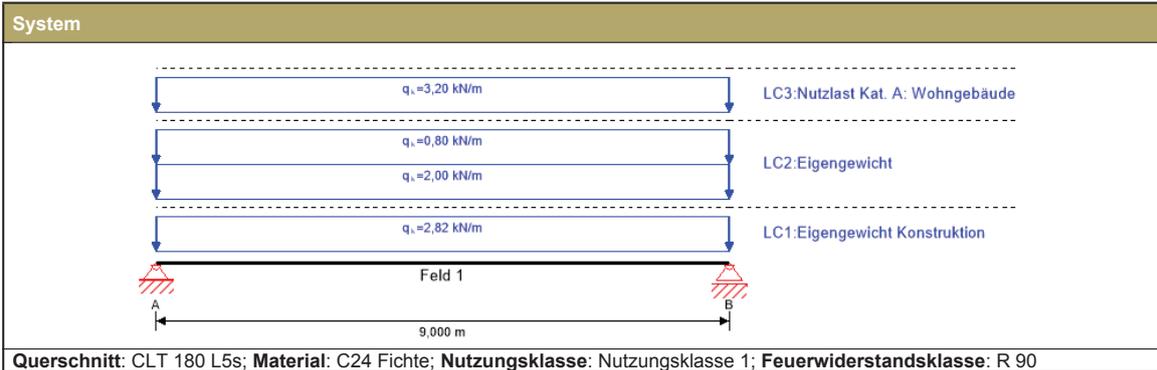


Biegespannungsnachweis		100 %			
$M_d = 94,34$ kNm	$f_{m,k} = 25,00$ N/mm ²	✓			
$\sigma_{m,d} = 16,64$ N/mm ²	$f_{m,d} = 16,67$ N/mm ²				
Schubspannungsnachweis		19 %			
$V_d = 47,17$ kN	$f_{v,k} = 4,00$ N/mm ²	✓			
$\tau_{v,d} = 0,48$ N/mm ²	$f_{v,d} = 2,56$ N/mm ²				
Rollschubspannungsnachweis		30 %			
$V_d = 47,17$ kN	$f_{r,k} = 1,25$ N/mm ²	✓			
$\tau_{r,d} = 0,24$ N/mm ²	$f_{r,d} = 0,80$ N/mm ²				
Biegespannungsnachweis Brand		48 %			
$M_d = 49,12$ kNm	$f_{m,k} = 24,00$ N/mm ²	✓			
$\sigma_{m,d} = 14,49$ N/mm ²	$f_{m,d} = 30,36$ N/mm ²				
Schubspannungsnachweis Brand		7 %			
$V_d = 24,56$ kN	$f_{v,k} = 4,00$ N/mm ²	✓			
$\tau_{v,d} = 0,33$ N/mm ²	$f_{v,d} = 4,60$ N/mm ²				
Rollschubspannungsnachweis Brand		8 %			
$V_d = 24,56$ kN	$f_{r,k} = 1,25$ N/mm ²	✓			
$\tau_{r,d} = 0,12$ N/mm ²	$f_{r,d} = 1,44$ N/mm ²				
Anfangsdurchbiegung [w_{char}]					
Feld	Dist.	Limit	W _{grenz}	W _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	4,0	1/300	26,7	8,0	30 %
Enddurchbiegung [w_{char}+w_{q,p}·k_{def}]					
Feld	Dist.	Limit	W _{grenz}	W _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	4,0	1/150	53,3	20,3	38 %
Enddurchbiegung netto [w_{q,p}·(1+k_{def})]					
Feld	Dist.	Limit	W _{grenz}	W _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	4,0	1/250	32,0	27,6	86 %
Schwingungsnachweis					
Kriterium	vorh	Kl. I	Kl. I		
Frequenz min	14,535	4,5	✓		
Frequenz	14,535	6,0	✓		
Beschleunigung	0,0	0,1	✓		
Steifigkeit	0,087	0,5	✓		

Auflagerkräfte

Lastfallgruppe	k _{mod}	A _v	B _v
		[kN]	
Eigengewicht Konstruktion	0,6	9,52	9,52
Eigengewicht	0,6	11,20	11,20
Nutzlast Kat. A: Wohngebäude	0,8	12,80	12,80



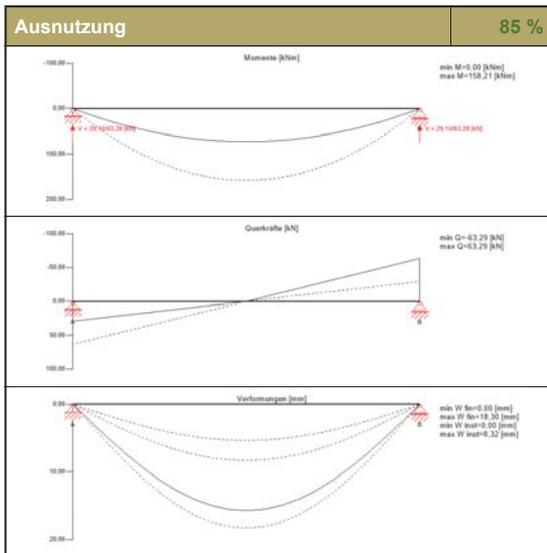
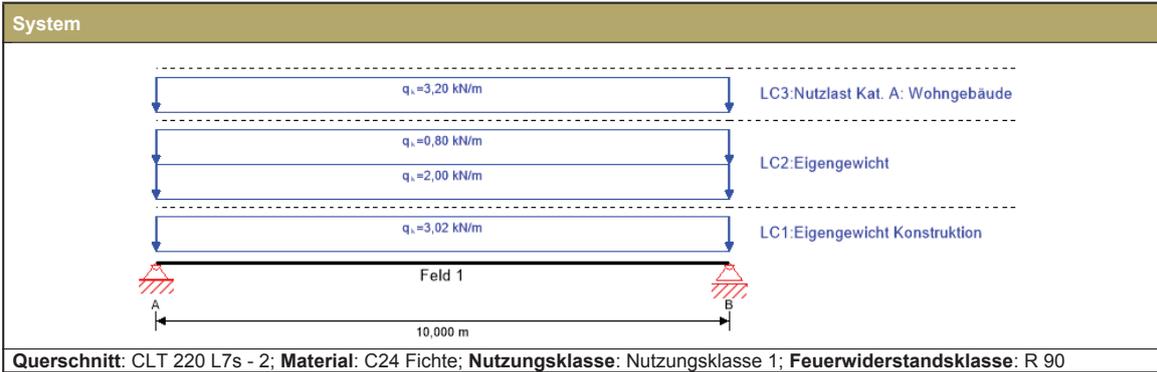


Biegespannungsnachweis		96 %			
$M_d = 125,42$ kNm	$f_{m,k} = 25,00$ N/mm ²	$\sigma_{m,d} = 15,97$ N/mm ²	$f_{m,d} = 16,67$ N/mm ² ✓		
Schubspannungsnachweis		19 %			
$V_d = 55,74$ kN	$f_{v,k} = 4,00$ N/mm ²	$\tau_{v,d} = 0,48$ N/mm ²	$f_{v,d} = 2,56$ N/mm ² ✓		
Rollschubspannungsnachweis		40 %			
$V_d = 55,74$ kN	$f_{r,k} = 1,02$ N/mm ²	$\tau_{r,d} = 0,26$ N/mm ²	$f_{r,d} = 0,66$ N/mm ² ✓		
Biegespannungsnachweis Brand		36 %			
$M_d = 66,62$ kNm	$f_{m,k} = 24,00$ N/mm ²	$\sigma_{m,d} = 10,94$ N/mm ²	$f_{m,d} = 30,36$ N/mm ² ✓		
Schubspannungsnachweis Brand		7 %			
$V_d = 29,61$ kN	$f_{v,k} = 4,00$ N/mm ²	$\tau_{v,d} = 0,34$ N/mm ²	$f_{v,d} = 4,60$ N/mm ² ✓		
Rollschubspannungsnachweis Brand		11 %			
$V_d = 29,61$ kN	$f_{r,k} = 1,25$ N/mm ²	$\tau_{r,d} = 0,16$ N/mm ²	$f_{r,d} = 1,44$ N/mm ² ✓		
Anfangsdurchbiegung [w_{char}]					
Feld	Dist.	Limit	W _{grenz}	W _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	4,5	1/300	30,0	6,9	23 %
Enddurchbiegung [w_{char}+w_{q,p}·k_{def}]					
Feld	Dist.	Limit	W _{grenz}	W _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	4,5	1/150	60,0	18,3	30 %
Enddurchbiegung netto [w_{q,p}·(1+k_{def})]					
Feld	Dist.	Limit	W _{grenz}	W _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	4,5	1/250	36,0	25,5	71 %
Schwingungsnachweis					
Kriterium	vorh	Kl. I	Kl. I		
Frequenz min	13,953	4,5	✓		
Frequenz	13,953	6,0	✓		
Beschleunigung	0,0	0,1	✓		
Steifigkeit	0,064	0,5	✓		

Auflagerkräfte

Lastfallgruppe	k _{mod}	A _v	B _v
		[kN]	
Eigengewicht Konstruktion	0,6	12,69	12,69
Eigengewicht	0,6	12,60	12,60
Nutzlast Kat. A: Wohngebäude	0,8	14,40	14,40





Biegespannungsnachweis		85 %			
$M_d = 158,21$ kNm	$f_{m,k} = 25,00$ N/mm ²	✓			
$\sigma_{m,d} = 14,24$ N/mm ²	$f_{m,d} = 16,67$ N/mm ²				
Schubspannungsnachweis		18 %			
$V_d = 63,29$ kN	$f_{v,k} = 4,00$ N/mm ²	✓			
$\tau_{v,d} = 0,45$ N/mm ²	$f_{v,d} = 2,56$ N/mm ²				
Rollschubspannungsnachweis		40 %			
$V_d = 63,29$ kN	$f_{r,k} = 1,02$ N/mm ²	✓			
$\tau_{r,d} = 0,26$ N/mm ²	$f_{r,d} = 0,66$ N/mm ²				
Biegespannungsnachweis Brand		40 %			
$M_d = 84,75$ kNm	$f_{m,k} = 24,00$ N/mm ²	✓			
$\sigma_{m,d} = 12,10$ N/mm ²	$f_{m,d} = 30,36$ N/mm ²				
Schubspannungsnachweis Brand		7 %			
$V_d = 33,90$ kN	$f_{v,k} = 4,00$ N/mm ²	✓			
$\tau_{v,d} = 0,32$ N/mm ²	$f_{v,d} = 4,60$ N/mm ²				
Rollschubspannungsnachweis Brand		11 %			
$V_d = 33,90$ kN	$f_{r,k} = 1,25$ N/mm ²	✓			
$\tau_{r,d} = 0,15$ N/mm ²	$f_{r,d} = 1,44$ N/mm ²				
Anfangsdurchbiegung [w_{char}]					
Feld	Dist.	Limit	W _{grenz}	W _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	5,0	1/300	33,3	8,3	25 %
Enddurchbiegung [w_{char}+w_{q.p.}*k_{def}]					
Feld	Dist.	Limit	W _{grenz}	W _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	5,0	1/150	66,7	23,0	34 %
Enddurchbiegung netto [w_{q.p.}*(1+k_{def})]					
Feld	Dist.	Limit	W _{grenz}	W _{vorh.}	Ausn.
	[m]	[-]	[mm]	[mm]	
1	5,0	1/250	40,0	32,9	82 %
Schwingungsnachweis					
Kriterium	vorh	Kl. I	Kl. I		
Frequenz min	15,264	4,5	✓		
Frequenz	15,264	6,0	✓		
Beschleunigung	0,0	0,1	✓		
Steifigkeit	0,046	0,5	✓		

Auflagerkräfte

Lastfallgruppe	k _{mod}	A _v	B _v
		[kN]	
Eigengewicht Konstruktion	0,6	15,10	15,10
Eigengewicht	0,6	14,00	14,00
Nutzlast Kat. A: Wohngebäude	0,8	16,00	16,00



10.2 Anhang B - Bauphysikalische Bemessung

Ergebnisdarstellung

Diplomarbeit - Manuel Stanzel

Berechnungsgrundlagen

Wärmeschutz	U-Wert	EN ISO 6946:2003-10, EN ISO 10077-1:2006-12
Dampfdiffusion	Bewertung	ON B 8110-2: 2003
Schallschutz	Rw	ON B 8115-4: 2003
	L nTw	ON B 8115-4: 2003
	D nTw	ON B 8115-4: 2003

Opake Bauteile

Erforderliche Werte werden in Klammer angeführt

Nummer	Bezeichnung	U-Wert W/m ² K	Diff	Rw dB	L'nTw dB	D nTw dB
		(0,90)		(58)	(53)	(50)
BSP 1	Brettsperrholzdecke 18cm	0,360 (0,90)	OK	58 (58)	47 (48)	63 (50)
BSP 2	Brettsperrholzdecke 20cm	0,341 (0,90)	OK	58 (56)	46 (48)	58 (55)
BSP 3	Brettsperrholzdecke 22cm	0,324 (0,90)	OK	59 (56)	45 (48)	58 (55)
BSP 4	Brettsperrholzdecke 24cm	0,309 (0,90)	OK	59 (56)	45 (48)	59 (55)
BSP 5	Brettsperrholzdecke 28cm	0,282 (0,90)	OK	60 (56)	43 (48)	59 (55)
BSP 6	Brettsperrholzdecke 32cm	0,259 (0,90)	OK	60 (56)	41 (48)	60 (55)
HBV 1	Holz-Beton-Verbunddecke 18cm	0,413 (0,90)	OK	62 (56)	39 (48)	58 (55)
HBV 2	Holz-Beton-Verbunddecke 20cm	0,389 (0,90)	OK	62 (56)	38 (48)	58 (55)
HBV 3	Holz-Beton-Verbunddecke 24cm	0,347 (0,90)	OK	63 (56)	38 (48)	58 (55)
HBV 4	Holz-Beton-Verbunddecke 28cm	0,314 (0,90)	OK	63 (56)	37 (48)	58 (55)
HBV 5	Holz-Beton-Verbunddecke 31cm	0,299 (0,90)	OK	64 (56)	35 (48)	58 (55)
HBV 6	Holz-Beton-Verbunddecke 36cm	0,273 (0,90)	OK	65 (56)	33 (48)	58 (55)
HLB 1	Holzleichtbeton-Verbunddecke 30cm	0,270 (0,90)	OK	63 (56)	38 (48)	58 (55)
HLB 2	Holzleichtbeton-Verbunddecke 32cm	0,259 (0,90)	OK	63 (56)	37 (48)	58 (55)
HLB 3	Holzleichtbeton-Verbunddecke 34cm	0,259 (0,90)	OK	64 (56)	35 (48)	58 (55)
HLB 4	Holzleichtbeton-Verbunddecke 36cm	0,249 (0,90)	OK	64 (56)	34 (48)	58 (55)
HLB 5	Holzleichtbeton-Verbunddecke 41cm	0,231 (0,90)	OK	65 (56)	33 (48)	58 (55)
HLB 6	Holzleichtbeton-Verbunddecke 45cm	0,216 (0,90)	OK	65 (56)	32 (48)	58 (55)
STB 1	Stahlbetondecke 18cm	0,706 (0,90)	OK	66 (58)	31 (48)	65 (55)
STB 2	Stahlbetondecke 20cm	0,701 (0,90)	OK	66 (58)	30 (48)	65 (55)
STB 3	Stahlbetondecke 22cm	0,696 (0,90)	OK	67 (58)	28 (48)	66 (55)
STB 4	Stahlbetondecke 25cm	0,688 (0,90)	OK	68 (58)	27 (48)	66 (55)
STB 5	Stahlbetondecke 28cm	0,681 (0,90)	OK	68 (58)	26 (48)	66 (55)
STB 6	Stahlbetondecke 30cm	0,676 (0,90)	OK	68 (58)	25 (48)	66 (55)
STB 7	Stahlbetondecke 35cm	0,664 (0,90)	OK	68 (58)	23 (48)	66 (55)

Transparente Bauteile

Erforderliche Werte werden in Klammer angeführt

Nummer	Bezeichnung	U-Wert W/m ² K		Rw dB		

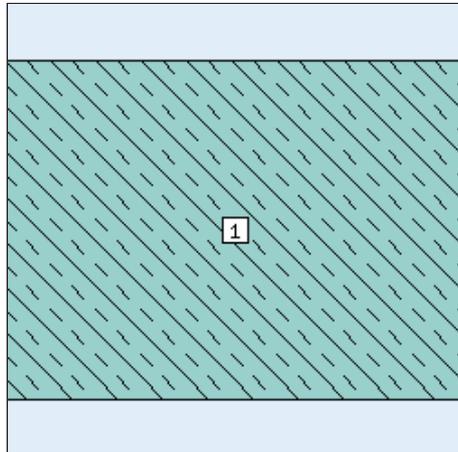
10.3 Anhang C - Ökologische Bemessung

10.3.1 Stahlbetondecke

Stahlbetondecke d=18cm

Decke, Dach: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - nicht hinterlüftet - Wärmestrom nach oben

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	ΔOI_3 Pkt/m ²
1		Stahlbeton C25/30	18,000	2,500	0,072	60
			$R_{s1} / R_{s2} =$		0,100 / 0,040	
			R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		0,212 / 0,212	
Bauteil			18,000		0,212	60

U-Wert ¹

4,717 W/m²K

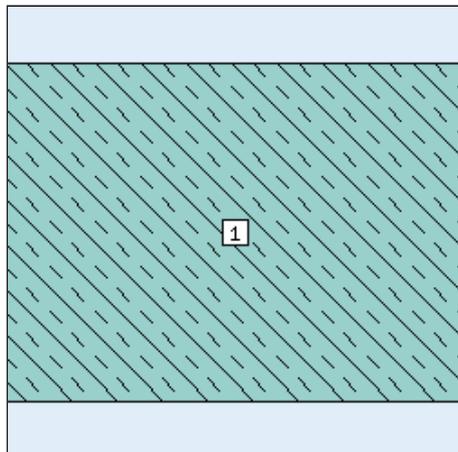


Masse	432,0 kg/m ²
PENRT	716,02 MJ/m ²
GWP100 Summe	69,7416 kg CO ₂ /m ²
AP	0,185328 kg SO ₂ /m ²

Stahlbetondecke d=22cm

Decke, Dach: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - nicht hinterlüftet - Wärmestrom nach oben

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	ΔOI_3 Pkt/m ²
1		Stahlbeton C25/30	22,000	2,500	0,088	74
			$R_{s1} / R_{s2} =$		0,100 / 0,040	
			R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		0,228 / 0,228	
Bauteil			22,000		0,228	74

U-Wert ¹

4,386 W/m²K



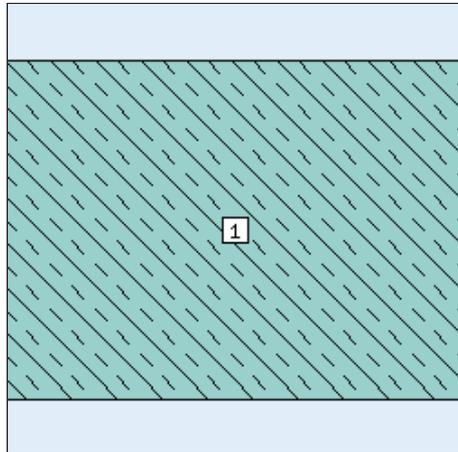
Masse	528,0 kg/m ²
PENRT	875,14 MJ/m ²
GWP100 Summe	85,2398 kg CO ₂ /m ²
AP	0,226512 kg SO ₂ /m ²

¹ U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946. A++: U-Werte im Bereich der Markierung A++ (0,12 W/m²K) sind notwendig, um derartige Gebäude zu errichten. RL6: OIB Richtlinie 6 (April 2007). In ganz Österreich seit 1.1.08 verbindlich festgelegter max. U-Wert (0,20 W/m²K) für alle Neubauten sowie instandgesetzte bzw. erneuerte Bauteile.

Stahlbetondecke d=25cm

Decke, Dach: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - nicht hinterlüftet - Wärmestrom nach oben

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	$\Delta OI3$ Pkt/m ²
1		Stahlbeton C25/30	25,000	2,500	0,100	84
			$R_{s1} / R_{s2} =$		0,100 / 0,040	
			R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		0,240 / 0,240	
Bauteil			25,000		0,240	84

U-Wert ¹

4,167 W/m²K

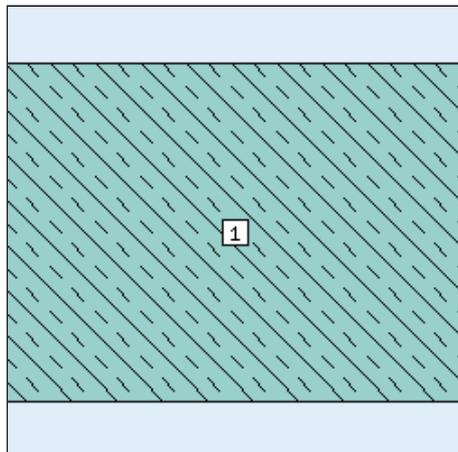


Masse	600,0 kg/m ²
PENRT	994,48 MJ/m ²
GWP100 Summe	96,8634 kg CO ₂ /m ²
AP	0,257400 kg SO ₂ /m ²

Stahlbetondecke d=28cm

Decke, Dach: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - nicht hinterlüftet - Wärmestrom nach oben

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	$\Delta OI3$ Pkt/m ²
1		Stahlbeton C25/30	28,000	2,500	0,112	94
			$R_{s1} / R_{s2} =$		0,100 / 0,040	
			R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		0,252 / 0,252	
Bauteil			28,000		0,252	94

U-Wert ¹

3,968 W/m²K



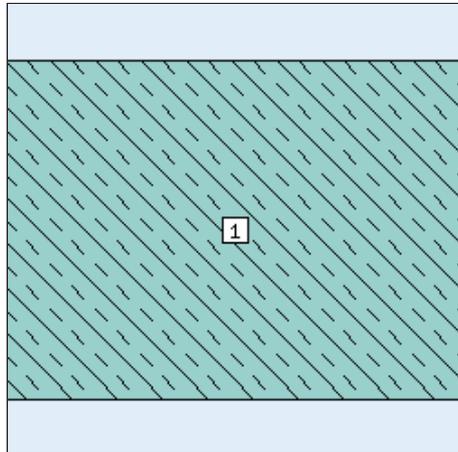
Masse	672,0 kg/m ²
PENRT	1.113,81 MJ/m ²
GWP100 Summe	108,4870 kg CO ₂ /m ²
AP	0,288288 kg SO ₂ /m ²

¹ U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946. A++: U-Werte im Bereich der Markierung A++ (0,12 W/m²K) sind notwendig, um derartige Gebäude zu errichten. RL6: OIB Richtlinie 6 (April 2007). In ganz Österreich seit 1.1.08 verbindlich festgelegter max. U-Wert (0,20 W/m²K) für alle Neubauten sowie instandgesetzte bzw. erneuerte Bauteile.

Stahlbetondecke d=30cm

Decke, Dach: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - nicht hinterlüftet - Wärmestrom nach oben

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	ΔOI_3 Pkt/m ²
1		Stahlbeton C25/30	30,000	2,500	0,120	100
			$R_{s1} / R_{s2} =$		0,100 / 0,040	
			R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		0,260 / 0,260	
Bauteil			30,000		0,260	100

U-Wert ¹

3,846 W/m²K

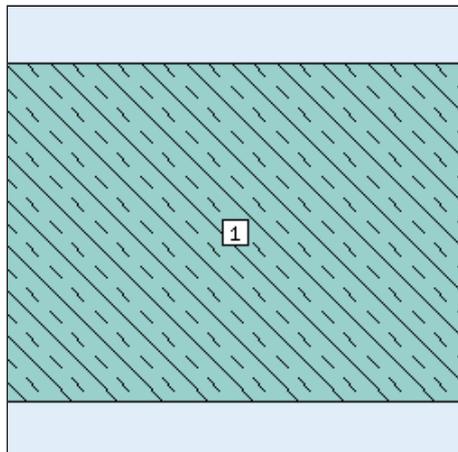


Masse	720,0 kg/m ²
PENRT	1.193,37 MJ/m ²
GWP100 Summe	116,2361 kg CO ₂ /m ²
AP	0,308880 kg SO ₂ /m ²

Stahlbetondecke d=35cm

Decke, Dach: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - nicht hinterlüftet - Wärmestrom nach oben

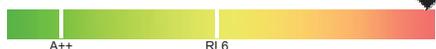
Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	ΔOI_3 Pkt/m ²
1		Stahlbeton C25/30	35,000	2,500	0,140	117
			$R_{s1} / R_{s2} =$		0,100 / 0,040	
			R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		0,280 / 0,280	
Bauteil			35,000		0,280	117

U-Wert ¹

3,571 W/m²K



Masse	840,0 kg/m ²
PENRT	1.392,27 MJ/m ²
GWP100 Summe	135,6088 kg CO ₂ /m ²
AP	0,360360 kg SO ₂ /m ²

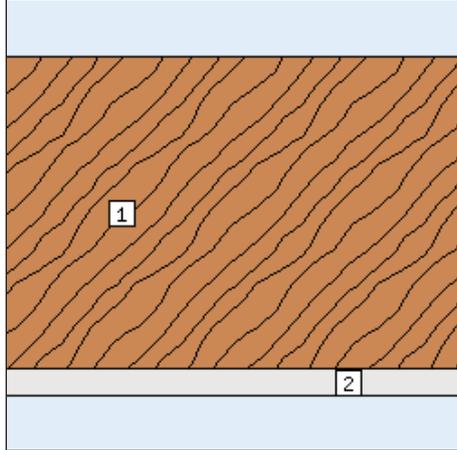
¹ U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946. A++: U-Werte im Bereich der Markierung A++ (0,12 W/m²K) sind notwendig, um derartige Gebäude zu errichten. RL6: OIB Richtlinie 6 (April 2007). In ganz Österreich seit 1.1.08 verbindlich festgelegter max. U-Wert (0,20 W/m²K) für alle Neubauten sowie instandgesetzte bzw. erneuerte Bauteile.

10.3.2 Brettsperrholzdecke

Brettsper Holzdecke d=18cm

Decke, Dach: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - nicht hinterlüftet - Wärmestrom nach oben

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	$\Delta OI3$ Pkt/m ²
1		Brettsper Holzelement	18,000	0,120	1,500	13
2		Gipskartonfeuerschutzplatte	1,500	0,250	0,060	4
			$R_{s1} / R_{s2} =$		0,100 / 0,040	
			R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		1,700 / 1,700	
Bauteil			19,500		1,700	17

U-Wert ¹

0,588 W/m²K

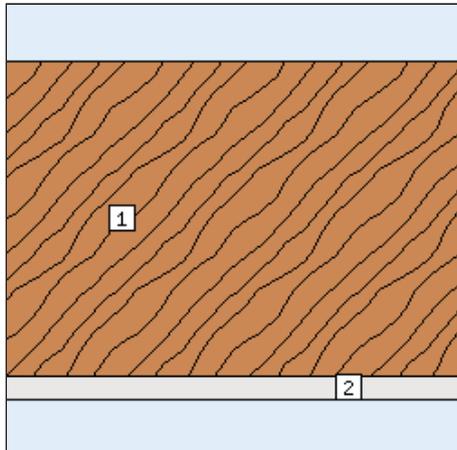


Masse	99,0 kg/m ²
PENRT	623,46 MJ/m ²
GWP100 Summe	-148,2789 kg CO ₂ /m ²
AP	0,155340 kg SO ₂ /m ²

Brettsper Holzdecke d=20cm

Decke, Dach: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - nicht hinterlüftet - Wärmestrom nach oben

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	$\Delta OI3$ Pkt/m ²
1		Brettsper Holzelement	20,000	0,120	1,667	14
2		Gipskartonfeuerschutzplatte	1,500	0,250	0,060	4
			$R_{s1} / R_{s2} =$		0,100 / 0,040	
			R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		1,867 / 1,867	
Bauteil			21,500		1,867	18

U-Wert ¹

0,536 W/m²K



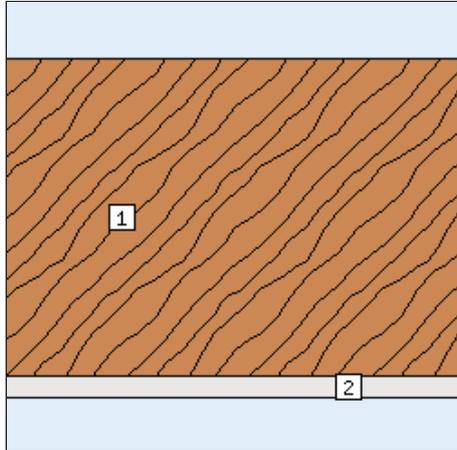
Masse	108,5 kg/m ²
PENRT	685,49 MJ/m ²
GWP100 Summe	-165,0939 kg CO ₂ /m ²
AP	0,171490 kg SO ₂ /m ²

¹ U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946. A++: U-Werte im Bereich der Markierung A++ (0,12 W/m²K) sind notwendig, um derartige Gebäude zu errichten. RL6: OIB Richtlinie 6 (April 2007); In ganz Österreich seit 1.1.08 verbindlich festgelegter max. U-Wert (0,20 W/m²K) für alle Neubauten sowie instandgesetzte bzw. erneuerte Bauteile.

Brettsper Holzdecke d=22cm

Decke, Dach: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - nicht hinterlüftet - Wärmestrom nach oben

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔOI3 Pkt/m²
1		Brettsper Holzelement	22,000	0,120	1,833	16
2		Gipskartonfeuerschutzplatte	1,500	0,250	0,060	4
			$R_{s1} / R_{s2} =$		0,100 / 0,040	
			R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		2,033 / 2,033	
Bauteil			23,500		2,033	20

U-Wert ¹

0,492 W/m²K

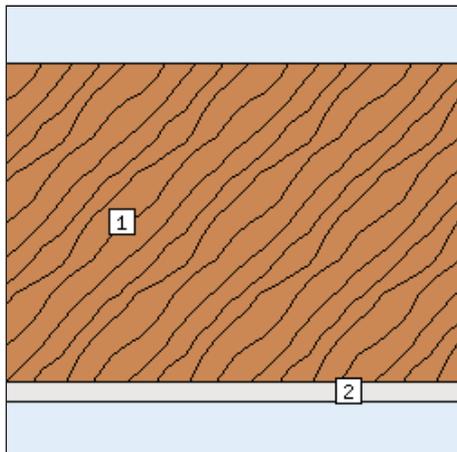


Masse	118,0 kg/m²
PENRT	747,53 MJ/m²
GWP100 Summe	-181,9089 kg CO ₂ /m²
AP	0,187640 kg SO ₂ /m²

Brettsper Holzdecke d=24cm

Decke, Dach: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - nicht hinterlüftet - Wärmestrom nach oben

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔOI3 Pkt/m²
1		Brettsper Holzelement	24,000	0,120	2,000	17
2		Gipskartonfeuerschutzplatte	1,500	0,250	0,060	4
			$R_{s1} / R_{s2} =$		0,100 / 0,040	
			R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		2,200 / 2,200	
Bauteil			25,500		2,200	21

U-Wert ¹

0,455 W/m²K



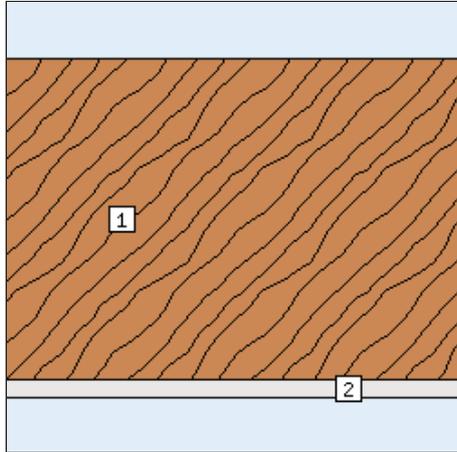
Masse	127,5 kg/m²
PENRT	809,56 MJ/m²
GWP100 Summe	-198,7239 kg CO ₂ /m²
AP	0,203790 kg SO ₂ /m²

¹ U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946. A++: U-Werte im Bereich der Markierung A++ (0,12 W/m²K) sind notwendig, um derartige Gebäude zu errichten. RL6: OIB Richtlinie 6 (April 2007); In ganz Österreich seit 1.1.08 verbindlich festgelegter max. U-Wert (0,20 W/m²K) für alle Neubauten sowie instandgesetzte bzw. erneuerte Bauteile.

Brettsper Holzdecke d=28cm

Decke, Dach: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - nicht hinterlüftet - Wärmestrom nach oben

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔOI3 Pkt/m²
1		Brettsperholzelement	28,000	0,120	2,333	20
2		Gipskartonfeuerschutzplatte	1,500	0,250	0,060	4
$R_{s1} / R_{s2} =$					0,100 / 0,040	
R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =					2,533 / 2,533	
Bauteil			29,500		2,533	24

U-Wert ¹

0,395 W/m²K

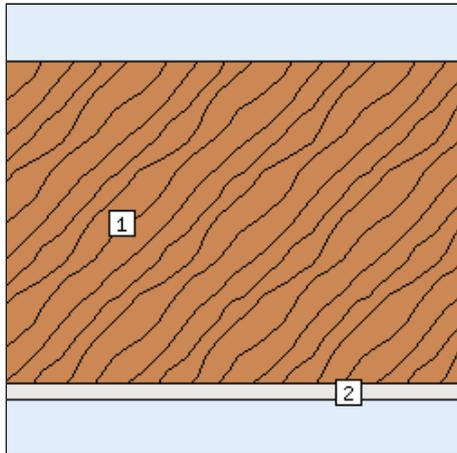


Masse	146,5 kg/m²
PENRT	933,63 MJ/m²
GWP100 Summe	-232,3539 kg CO ₂ /m²
AP	0,236090 kg SO ₂ /m²

Brettsper Holzdecke d=32cm

Decke, Dach: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - nicht hinterlüftet - Wärmestrom nach oben

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔOI3 Pkt/m²
1		Brettsperholzelement	32,000	0,120	2,667	23
2		Gipskartonfeuerschutzplatte	1,500	0,250	0,060	4
$R_{s1} / R_{s2} =$					0,100 / 0,040	
R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =					2,867 / 2,867	
Bauteil			33,500		2,867	27

U-Wert ¹

0,349 W/m²K



Masse	165,5 kg/m²
PENRT	1.057,70 MJ/m²
GWP100 Summe	-265,9839 kg CO ₂ /m²
AP	0,268390 kg SO ₂ /m²

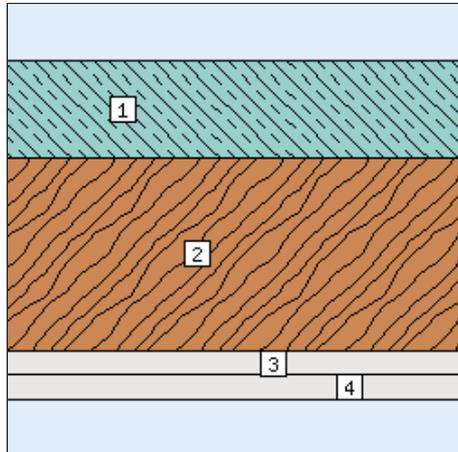
¹ U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946. A++-U-Werte im Bereich der Markierung A++ (0,12 W/m²K) sind notwendig, um derartige Gebäude zu errichten. RL6: OIB Richtlinie 6 (April 2007); In ganz Österreich seit 1.1.08 verbindlich festgelegter max. U-Wert (0,20 W/m²K) für alle Neubauten sowie instandgesetzte bzw. erneuerte Bauteile.

10.3.3 Holz-Beton-Verbunddecke

Holz-Beton-Verbunddecke d=18cm

Decke, Dach: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - nicht hinterlüftet - Wärmestrom nach oben

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	$\Delta OI3$ Pkt/m ²
1		Aufbeton C25/30	6,000	2,500	0,024	20
2		Brettspertholzelement	12,000	0,120	1,000	9
3		Gipskartonfeuerschutzplatte	1,500	0,250	0,060	4
4		Gipskartonfeuerschutzplatte	1,500	0,250	0,060	4
$R_{s1} / R_{s2} =$					0,100 / 0,040	
R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =					1,284 / 1,284	
Bauteil			21,000		1,284	37

U-Wert ¹

0,779 W/m²K

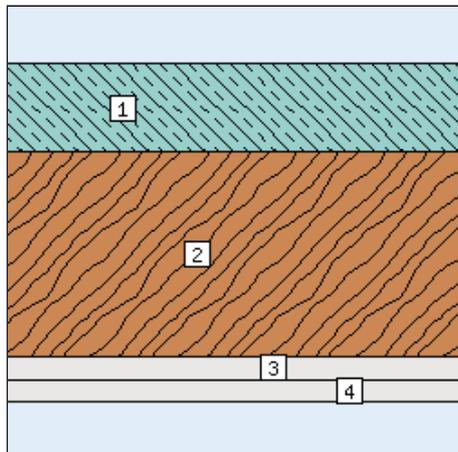


Masse	228,0 kg/m²
PENRT	741,17 MJ/m ²
GWP100 Summe	-71,5306 kg CO ₂ /m ²
AP	0,178656 kg SO ₂ /m ²

Holz-Beton-Verbunddecke d=20cm

Decke, Dach: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - nicht hinterlüftet - Wärmestrom nach oben

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	$\Delta OI3$ Pkt/m ²
1		Aufbeton C25/30	6,000	2,500	0,024	20
2		Brettspertholzelement	14,000	0,120	1,167	10
3		Gipskartonfeuerschutzplatte	1,500	0,250	0,060	4
4		Gipskartonfeuerschutzplatte	1,500	0,250	0,060	4
$R_{s1} / R_{s2} =$					0,100 / 0,040	
R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =					1,451 / 1,451	
Bauteil			23,000		1,451	38

U-Wert ¹

0,689 W/m²K



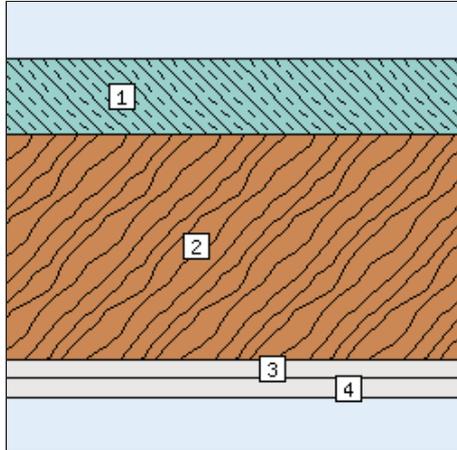
Masse	237,5 kg/m²
PENRT	803,20 MJ/m ²
GWP100 Summe	-88,3456 kg CO ₂ /m ²
AP	0,194806 kg SO ₂ /m ²

¹ U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946. A++-U-Werte im Bereich der Markierung A++ (0,12 W/m²K) sind notwendig, um derartige Gebäude zu errichten. RL6: OIB Richtlinie 6 (April 2007); In ganz Österreich seit 1.1.08 verbindlich festgelegter max. U-Wert (0,20 W/m²K) für alle Neubauten sowie instandgesetzte bzw. erneuerte Bauteile.

Holz-Beton-Verbunddecke d=24cm

Decke, Dach: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - nicht hinterlüftet - Wärmestrom nach oben

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	$\Delta OI3$ Pkt/m ²
1		Aufbeton C25/30	6,000	2,500	0,024	20
2		Brettsperreholzelement	18,000	0,120	1,500	13
3		Gipskartonfeuerschutzplatte	1,500	0,250	0,060	4
4		Gipskartonfeuerschutzplatte	1,500	0,250	0,060	4
$R_{s1} / R_{s2} =$					0,100 / 0,040	
R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =					1,784 / 1,784	
Bauteil			27,000		1,784	41

U-Wert ¹

0,561 W/m²K

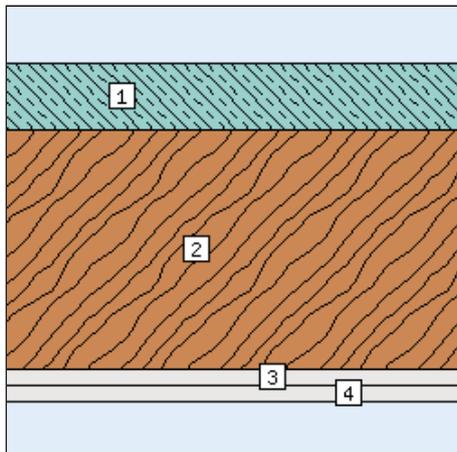


Masse	256,5 kg/m ²
PENRT	927,27 MJ/m ²
GWP100 Summe	-121,9756 kg CO ₂ /m ²
AP	0,227106 kg SO ₂ /m ²

Holz-Beton-Verbunddecke d=28cm

Decke, Dach: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - nicht hinterlüftet - Wärmestrom nach oben

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	$\Delta OI3$ Pkt/m ²
1		Aufbeton C25/30	6,000	2,500	0,024	20
2		Brettsperreholzelement	22,000	0,120	1,833	16
3		Gipskartonfeuerschutzplatte	1,500	0,250	0,060	4
4		Gipskartonfeuerschutzplatte	1,500	0,250	0,060	4
$R_{s1} / R_{s2} =$					0,100 / 0,040	
R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =					2,117 / 2,117	
Bauteil			31,000		2,117	44

U-Wert ¹

0,472 W/m²K



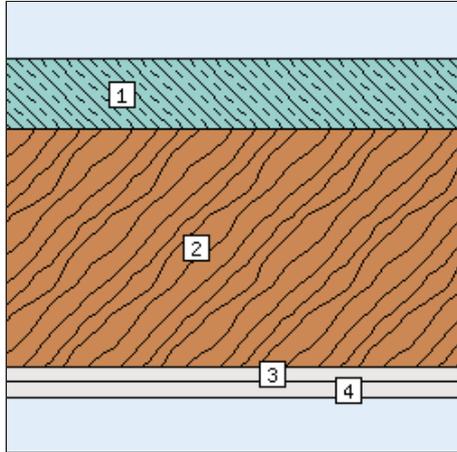
Masse	275,5 kg/m ²
PENRT	1.051,34 MJ/m ²
GWP100 Summe	-155,6056 kg CO ₂ /m ²
AP	0,259406 kg SO ₂ /m ²

¹ U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946. A++-U-Werte im Bereich der Markierung A++ (0,12 W/m²K) sind notwendig, um derartige Gebäude zu errichten. RL6: OIB Richtlinie 6 (April 2007); In ganz Österreich seit 1.1.08 verbindlich festgelegter max. U-Wert (0,20 W/m²K) für alle Neubauten sowie instandgesetzte bzw. erneuerte Bauteile.

Holz-Beton-Verbunddecke d=31cm

Decke, Dach: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - nicht hinterlüftet - Wärmestrom nach oben

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	$\Delta OI3$ Pkt/m ²
1		Aufbeton C25/30	7,000	2,500	0,028	23
2		Brettsperreholzelement	24,000	0,120	2,000	17
3		Gipskartonfeuerschutzplatte	1,500	0,250	0,060	4
4		Gipskartonfeuerschutzplatte	1,500	0,250	0,060	4
$R_{s1} / R_{s2} =$					0,100 / 0,040	
R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =					2,288 / 2,288	
Bauteil			34,000		2,288	48

U-Wert ¹

0,437 W/m²K

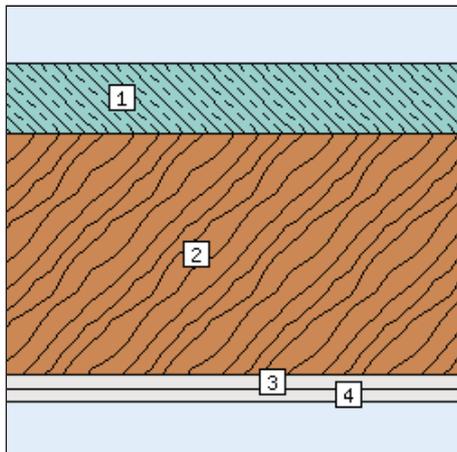


Masse	309,0 kg/m ²
PENRT	1.153,16 MJ/m ²
GWP100 Summe	-168,5460 kg CO ₂ /m ²
AP	0,285852 kg SO ₂ /m ²

Holz-Beton-Verbunddecke d=36cm

Decke, Dach: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - nicht hinterlüftet - Wärmestrom nach oben

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	$\Delta OI3$ Pkt/m ²
1		Aufbeton C25/30	8,000	2,500	0,032	27
2		Brettsperreholzelement	28,000	0,120	2,333	20
3		Gipskartonfeuerschutzplatte	1,500	0,250	0,060	4
4		Gipskartonfeuerschutzplatte	1,500	0,250	0,060	4
$R_{s1} / R_{s2} =$					0,100 / 0,040	
R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =					2,625 / 2,625	
Bauteil			39,000		2,625	55

U-Wert ¹

0,381 W/m²K



Masse	352,0 kg/m ²
PENRT	1.317,01 MJ/m ²
GWP100 Summe	-198,3015 kg CO ₂ /m ²
AP	0,328448 kg SO ₂ /m ²

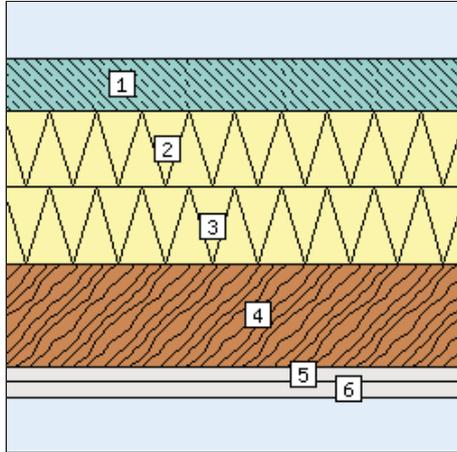
¹ U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946. A++-U-Werte im Bereich der Markierung A++ (0,12 W/m²K) sind notwendig, um derartige Gebäude zu errichten. RL6: OIB Richtlinie 6 (April 2007). In ganz Österreich seit 1.1.08 verbindlich festgelegter max. U-Wert (0,20 W/m²K) für alle Neubauten sowie instandgesetzte bzw. erneuerte Bauteile.

10.3.4 Holzleichtbeton-Verbunddecke

Holzleichtbeton-Verbunddecke d=30cm

Decke, Dach: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - nicht hinterlüftet - Wärmestrom nach oben

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	$\Delta OI3$ Pkt/m ²
1		Selbstverdichtender Aufbeton C25/30	5,000	2,500	0,020	17
2		Velox Holzspan-Dämmplatte WS 75	7,500	0,104	0,721	7
3		Velox Holzspan-Dämmplatte WS 75	7,500	0,104	0,721	7
4		Brettsperreholzelement	10,000	0,120	0,833	7
5		Gipskartonfeuerschutzplatte	1,500	0,250	0,060	4
6		Gipskartonfeuerschutzplatte	1,500	0,250	0,060	4
					$R_{s} / R_{se} =$	0,100 / 0,040
					R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =	2,556 / 2,556
Bauteil			33,000		2,556	45

U-Wert ¹

0,391 W/m²K

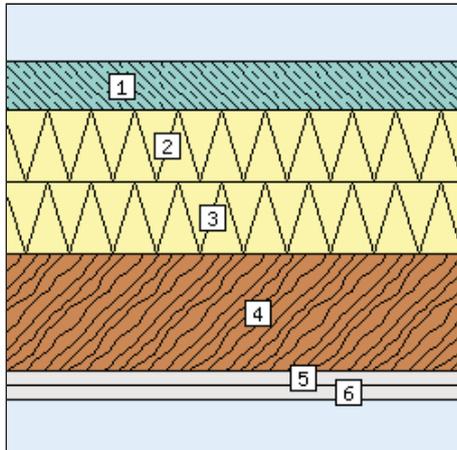


Masse	265,8 kg/m ²
PENRT	855,24 MJ/m ²
GWP100 Summe	-88,5151 kg CO ₂ /m ²
AP	0,237710 kg SO ₂ /m ²

Holzleichtbeton-Verbunddecke d=32cm

Decke, Dach: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - nicht hinterlüftet - Wärmestrom nach oben

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	$\Delta OI3$ Pkt/m ²
1		Selbstverdichtender Aufbeton C25/30	5,000	2,500	0,020	17
2		Velox Holzspan-Dämmplatte WS 75	7,500	0,104	0,721	7
3		Velox Holzspan-Dämmplatte WS 75	7,500	0,104	0,721	7
4		Brettsperreholzelement	12,000	0,120	1,000	9
5		Gipskartonfeuerschutzplatte	1,500	0,250	0,060	4
6		Gipskartonfeuerschutzplatte	1,500	0,250	0,060	4
					$R_{s} / R_{se} =$	0,100 / 0,040
					R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =	2,722 / 2,722
Bauteil			35,000		2,722	47

U-Wert ¹

0,367 W/m²K



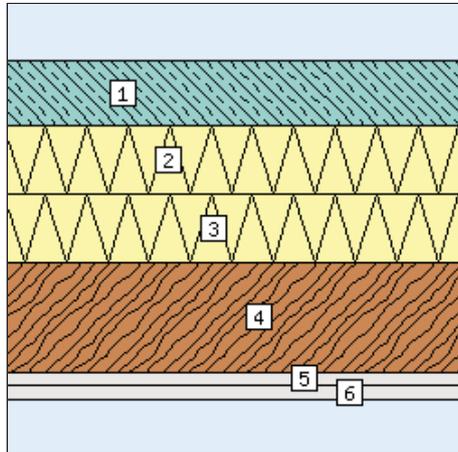
Masse	275,3 kg/m ²
PENRT	917,28 MJ/m ²
GWP100 Summe	-105,3301 kg CO ₂ /m ²
AP	0,253860 kg SO ₂ /m ²

¹ U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946. A++-U-Werte im Bereich der Markierung A++ (0,12 W/m²K) sind notwendig, um derartige Gebäude zu errichten. RL6: OIB Richtlinie 6 (April 2007); In ganz Österreich seit 1.1.08 verbindlich festgelegter max. U-Wert (0,20 W/m²K) für alle Neubauten sowie instandgesetzte bzw. erneuerte Bauteile.

Holzleichtbeton-Verbunddecke d=34cm

Decke, Dach: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - nicht hinterlüftet - Wärmestrom nach oben

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	$\Delta OI3$ Pkt/m ²
1		Selbstverdichtender Aufbeton C25/30	7,000	2,500	0,028	23
2		Velox Holzspan-Dämmplatte WS 75	7,500	0,104	0,721	7
3		Velox Holzspan-Dämmplatte WS 75	7,500	0,104	0,721	7
4		Brettsperreholzelement	12,000	0,120	1,000	9
5		Gipskartonfeuerschutzplatte	1,500	0,250	0,060	4
6		Gipskartonfeuerschutzplatte	1,500	0,250	0,060	4
			$R_{s1} / R_{s2} =$		0,100 / 0,040	
			R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		2,730 / 2,730	
Bauteil			37,000		2,730	54

U-Wert ¹

0,366 W/m²K

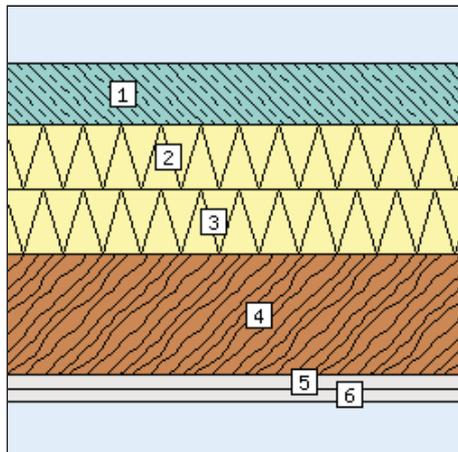


Masse	323,3 kg/m ²
PENRT	996,84 MJ/m ²
GWP100 Summe	-97,5810 kg CO ₂ /m ²
AP	0,274452 kg SO ₂ /m ²

Holzleichtbeton-Verbunddecke d=36cm

Decke, Dach: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - nicht hinterlüftet - Wärmestrom nach oben

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	$\Delta OI3$ Pkt/m ²
1		Selbstverdichtender Aufbeton C25/30	7,000	2,500	0,028	23
2		Velox Holzspan-Dämmplatte WS 75	7,500	0,104	0,721	7
3		Velox Holzspan-Dämmplatte WS 75	7,500	0,104	0,721	7
4		Brettsperreholzelement	14,000	0,120	1,167	10
5		Gipskartonfeuerschutzplatte	1,500	0,250	0,060	4
6		Gipskartonfeuerschutzplatte	1,500	0,250	0,060	4
			$R_{s1} / R_{s2} =$		0,100 / 0,040	
			R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =		2,897 / 2,897	
Bauteil			39,000		2,897	55

U-Wert ¹

0,345 W/m²K



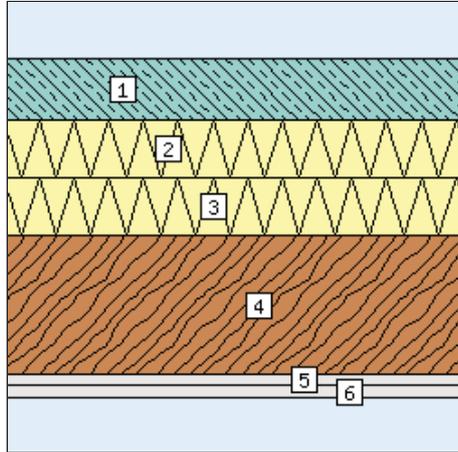
Masse	332,8 kg/m ²
PENRT	1.058,87 MJ/m ²
GWP100 Summe	-114,3960 kg CO ₂ /m ²
AP	0,290602 kg SO ₂ /m ²

¹ U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946. A++-U-Werte im Bereich der Markierung A++ (0,12 W/m²K) sind notwendig, um derartige Gebäude zu errichten. RL6: OIB Richtlinie 6 (April 2007); In ganz Österreich seit 1.1.08 verbindlich festgelegter max. U-Wert (0,20 W/m²K) für alle Neubauten sowie instandgesetzte bzw. erneuerte Bauteile.

Holzleichtbeton-Verbunddecke d=41cm

Decke, Dach: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - nicht hinterlüftet - Wärmestrom nach oben

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	$\Delta OI3$ Pkt/m ²
1		Selbstverdichtender Aufbeton C25/30	8,000	2,500	0,032	27
2		Velox Holzspan-Dämmplatte WS 75	7,500	0,104	0,721	7
3		Velox Holzspan-Dämmplatte WS 75	7,500	0,104	0,721	7
4		Brettsperreholzelement	18,000	0,120	1,500	13
5		Gipskartonfeuerschutzplatte	1,500	0,250	0,060	4
6		Gipskartonfeuerschutzplatte	1,500	0,250	0,060	4
					$R_{s} / R_{se} =$	0,100 / 0,040
					R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =	3,234 / 3,234
Bauteil			44,000		3,234	61

U-Wert ¹

0,309 W/m²K

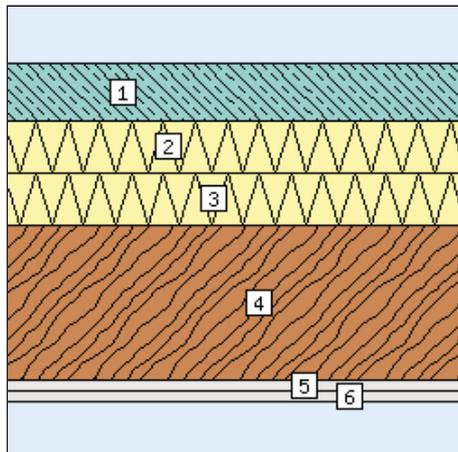


Masse	375,8 kg/m ²
PENRT	1.222,72 MJ/m ²
GWP100 Summe	-144,1515 kg CO ₂ /m ²
AP	0,333198 kg SO ₂ /m ²

Holzleichtbeton-Verbunddecke d=45cm

Decke, Dach: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - nicht hinterlüftet - Wärmestrom nach oben

Projekt: Diplomarbeit - Manuel Stanzel



Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	$\Delta OI3$ Pkt/m ²
1		Selbstverdichtender Aufbeton C25/30	8,000	2,500	0,032	27
2		Velox Holzspan-Dämmplatte WS 75	7,500	0,104	0,721	7
3		Velox Holzspan-Dämmplatte WS 75	7,500	0,104	0,721	7
4		Brettsperreholzelement	22,000	0,120	1,833	16
5		Gipskartonfeuerschutzplatte	1,500	0,250	0,060	4
6		Gipskartonfeuerschutzplatte	1,500	0,250	0,060	4
					$R_{s} / R_{se} =$	0,100 / 0,040
					R' / R'' (max. relativer Fehler: 0,0%) =	3,568 / 3,568
Bauteil			48,000		3,568	64

U-Wert ¹

0,280 W/m²K



Masse	394,8 kg/m ²
PENRT	1.346,79 MJ/m ²
GWP100 Summe	-177,7815 kg CO ₂ /m ²
AP	0,365498 kg SO ₂ /m ²

¹ U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946. A++-U-Werte im Bereich der Markierung A++ (0,12 W/m²K) sind notwendig, um derartige Gebäude zu errichten. RL6: OIB Richtlinie 6 (April 2007); In ganz Österreich seit 1.1.08 verbindlich festgelegter max. U-Wert (0,20 W/m²K) für alle Neubauten sowie instandgesetzte bzw. erneuerte Bauteile.

11 Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die hier vorliegende Diplomarbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt, sowie der Literatur wörtlich und inhaltlich entnommene Stellen als solche gekennzeichnet habe. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungskommission vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Wien, am 11.10.2016

Manuel Stanzel