

DIPLOMARBEIT

Master Thesis

Ressourceneffizienter Einsatz von Holz-Beton-Verbunddecken bei Hochhäusern – Wirtschaftliche Analyse

Ausgeführt am Institut für Architekturwissenschaften, Tragwerksplanung und Ingenieurholzbau

zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines

Diplom- Ingenieurs

Master of Science

unter der Leitung von

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

und

Univ.Ass. Dipl.-Ing. Alex Müllner

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Johannes Vikydal, BSc.

Matr.Nr.: 0826595

Wallensteinstraße 66/17

A – 1200 Wien

Wien, am 03.04.2019

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Begleitern auf meinem akademischen Weg bedanken, allen voran bei Herrn Associate Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Alireza Fadai, der mich bestmöglich im Zuge dieser Arbeit unterstützt hat und bei Herrn Universitätsassistent Dipl.-Ing. Alex Müllner der mir mit seiner Diplomarbeit den Grundstein für diese Arbeit legte und mir bei Fragen stets zur Seite stand.

Weiters bedanke ich mich besonders bei meinen Eltern, Rudolf und Susanne, und meiner Freundin, Marlies, die mir über den langen Weg des Studiums immer den Rücken gestärkt haben.

Kurzfassung

In Österreich dominieren Stahlbetonkonstruktionen die Landschaft des Hochbaus. Herr Diplombauingenieur Alex Müllner untersuchte in seiner Diplomarbeit mit dem Titel „Entwicklung eines ganzheitlichen Bewertungssystems für Deckenkonstruktionen bei Holzhochhäusern“ verschiedene Deckensysteme auf ihre ökologischen und wirtschaftlichen Eigenschaften. Diese Arbeit und mein Interesse an der Planung von wirtschaftlichen Konstruktionen bilden den Anlass in dieser Arbeit zu untersuchen, in wie weit Holz-Beton-Verbunddecken eine wirtschaftliche konkurrenzfähige Alternative zu Stahlbetondecken für den mehrgeschossigen Hochbau darstellen. Untersucht werden Holz-Beton-Verbund-Rippendecken, schlaff bewehrte Ort betonflachdecken und vorgespannte Hohldielendecken und in wie weit sich diese Systeme für den mehrgeschossigen Hochbau eignen.

Den Einstieg in die Arbeit bietet eine kurze Aufstellung von aktuell am Markt angebotenen Deckensystemen aus den Bereichen Betonbau und Holz-Beton-Verbundbau, sowie ein Blick auf internationale Forschungen im Bereich Holz-Beton-Verbund.

Im Anschluss folgt die Beschreibung der durchgeführten Berechnungen und der dafür getroffenen Randbedingungen und Einschränkungen. Um die Analyse durchzuführen wurde ein eigens für diese Fragestellung konzipiertes Excel-Tool programmiert, das die einzelnen Deckensysteme berechnet und deren Kosten, auf Basis von Marktpreisen, ermittelt. Die Nachweisführung umfasst die Nachweise der Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit, die gemäß der in Österreich gültigen Eurocodes geführt werden und die Nachweise für Brand-, Schall- und Wärmeschutz, auf Basis der aktuellen OIB-Richtlinien und ÖNORMEN.

In den Kapiteln 4 bis 7 folgt die Aufstellung der Randbedingungen, Eingangsparameter und Einschränkungen, mit denen die Berechnungen durchgeführt werden.

Aus den in Kapitel 8 und 9 zusammengefassten Ergebnissen werden abschließend in Kapitel 10 die Rohbaukosten für ein fiktives Bauprojekt ermittelt.

Die Auswertung der Ergebnisse zeigt, dass die Verbundrippendecken, erst bei Spannweiten größer zehn Meter eine wirtschaftliche Alternative zu Ortbetondecken darstellen. Hier liegt der Preisunterschied in etwa bei zehn Prozent. Konkurrenzlos am günstigsten ist die Hohldielendecke, die in jeder Variante um mehr als 50 Prozent günstiger ist als die Vergleichsvarianten. Diese hat auch im Vergleich zu den anderen Varianten, die geringste Deckenstärke.

Bezieht man die lastabtragenden Bauteile in die Kosten mit ein, stellen sich die Verbundkonstruktionen günstiger gegenüber den Ortbetondecken dar. Zu den Hohldielendecken kann jedoch kein finanzieller Boden gut gemacht werden.

Für den mehrgeschossigen Hochbau eignen sich Holz-Beton-Verbundrippendecken jedoch nicht, da ihre Konstruktionshöhe ein klares Ausschlusskriterium darstellt. Zum einen beruht das auf der architektonischen-ästhetischen Forderung nach schlanken Konstruktionen zum anderen auf einem möglichen Verlust eines Geschosses bei zu großen Deckenstärken und begrenzter Bauhöhe.

Ist man in der Gesamthöhe unbegrenzt und muss die Konstruktion große Spannweiten überbrücken, ist eine Verwendung von Verbunddecken günstiger als die Ausführung einer schlaff bewehrten Ortbetondecke. Wirtschaftlich am sinnvollsten ist aber die Verwendung von Hohldielen.

Abstract

The year is 2019. The Austrian architecture is dominated by concrete buildings. DI Alex Müllner analysed in his Diploma Thesis "Development of a holistic evaluation system for floor constructions in wood based high-rise buildings" ecological and economical Aspects of different flooring systems. This thesis and my interest in cost efficient constructions set the baseline for this master thesis, which will analyse if the use of timber-concrete-composite slabs is a cost-efficient alternative to concrete slabs in the construction of multi-storey buildings. The analysed systems are untensioned concrete floor slabs, timber-concrete-composite slabs and pretensioned hollow-core plank slabs.

First you will be introduced to the state-of-the-art timber-concrete-composite slabs provided by European companies and a look at international research in timber-concrete-composite flooring. Followed by the description of the executed calculations and their basic conditions.

All calculations have been performed with a specially programmed excel sheet. Based on the Eurocodes to perform the verification of ultimate, serviceability and durability limit stances. To confirm the fire, noise and thermal protection, the guidelines of the OIB and the valid ÖNORMs are used. The relevant VBA codes are provided in the annex. Starting values and constraints are listed in the chapters four to seven.

Chapters eight and nine contain the calculation results and their analysis., which will be applied to a three-storey building and furthermore the cost of the load transferring elements will be added.

The evaluation shows that, if spans bigger ten meters are a requirement, it becomes apparent that timber-concrete-composite slabs are a cost-efficient alternative to untensioned site concrete slabs but come with a big disadvantage due to their huge overall height.

Hollow-core plank slabs are both the most cost-efficient, with their cost being only fifty percent of the other calculated slabs, and the slimmest due to its pretension and its light weight. Even the inclusion of the load transferring elements, doesn't affect the cost differential between hollow-core planks and timber-concrete-composite slabs.

Normally the enormous height of timber-concrete-composite slabs is already their death during the planning phase. The investor wants as much area to sell as possible, which can even result in the cancellation of floor screed to get one extra floor, and architects are used to plan thin construction elements.

If there are no constraints in total height and wide spreads between beams and walls, the use of timber-concrete-composite flooring can be an efficient alternative to untensioned site concrete slabs, but always keep in mind that there are still more efficient alternatives, like pretensioned hollow-core plank slabs.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	10
1.1.	Motivation und Zielsetzung.....	10
1.2.	Vorgehensweise	10
2.	Deckensysteme „Stand der Technik“	11
2.1.	Beton-Deckensysteme.....	11
2.2.	Holz-Beton-Verbunddeckensysteme.....	13
3.	Berechnungsgrundlagen.....	18
3.1.	Berechnungsmethoden für HBV-Systeme.....	18
3.2.	Das γ -Verfahren – Theorie des nachgiebigen Verbundes	19
3.3.	Verbundwerkstoff Stahlbeton.....	21
4.	Randbedingungen	23
4.1.	Statisches System	23
4.2.	Belastungsannahmen	23
4.3.	Brandschutz.....	23
4.4.	Trittschallschutz und Luftschallschutz.....	24
4.5.	Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit	24
4.6.	Wärmeschutz.....	24
4.7.	Langzeitverhalten	24
4.8.	Flächengewicht.....	25
4.9.	Installationsführung	25
4.10.	Raumhöhe und Geschosshöhe.....	25
4.11.	Ökologie und Lebenszyklus	26
5.	Eingangswerte und Variationsparameter der HBV-Rippendecken Berechnung.....	27
5.1.	Spannweite.....	27
5.2.	Trägerbreite.....	27
5.3.	Trägerhöhe	27
5.4.	Betondicke.....	27
5.5.	Achsabstand	27
5.6.	Verbindungsmittelreihen	28
5.7.	Verbindungsmittelabstand.....	28
5.8.	Schalung	28
5.9.	Betongüte.....	29
5.10.	Holzgüte.....	29
5.11.	Verbindungsmitteltyp.....	29
6.	Vorgehensweise bei der Berechnung.....	30

6.1.	Berechnung der Betondecke	30
6.2.	Berechnung der Hohldielendecke	34
6.3.	Berechnung der HBV Decke	35
6.4.	Eingabewerte.....	42
7.	Kostenansätze	43
7.1.	Materialkosten Rohbau.....	43
7.2.	Materialkosten Ausbau	46
7.3.	Lohnkosten	50
8.	Ergebnisse und ableitbare Erkenntnisse	52
8.1.	Ortbetondecken	52
8.2.	Hohldielendecken.....	59
8.3.	Holz-Beton-Verbunddecken	68
9.	Gegenüberstellung der Kosten.....	88
9.1.	Vergleich der Kosten der jeweils günstigsten Varianten.....	88
9.2.	Vergleich der Deckenstärken	91
9.3.	Mögliche Anpassungen und Änderungen für nachfolgende Berechnungen	92
10.	Berechnung der Kosten auf ein dreigeschossiges Gebäude mit einer Deckenspannweite von 12 Metern.....	93
10.1.	Konstruktionsbeschreibung des Gebäudes	93
10.2.	Kostenermittlung und Vergleich	94
11.	Schlussfolgerung und Ausblick	96
	Literaturverzeichnis.....	98

1. Einleitung

1.1. Motivation und Zielsetzung

Herr Diplom Ingenieur Alex Müllner hat in seiner Diplomarbeit „Entwicklung eines ganzheitlichen Bewertungssystems für Deckenkonstruktionen bei Holzhochhäusern“ gezeigt, dass Hohldielendecken eine ökologische und preiswerte Alternative zu Holzdecken sind. Ökologie spielt zwar eine immer bedeutendere Rolle, ob eine Konstruktion letztendlich gebaut wird, liegt nach wie vor an wirtschaftlichen Überlegungen. Deshalb wird ausgehend von der Arbeit von Alex Müllner untersucht, ob sich die Wirtschaftlichkeit von Holz-Beton-Verbundrippendecken bei größeren Spannweiten, an die der Hohlziele annähert, oder ob genau das Gegenteil der Fall ist und die Hohlziele bei großen Spannweiten noch besser abschneidet. [1]

Neben der Hohldielendecke und Holz-Beton-Verbunddecke wird auch noch eine schlaff bewehrte Stahlbetonflachdecke in Ortbetonbauweise untersucht. Diese dient aber nur als Referenzsystem und stellt keine Konstruktion dar, die in der Realität, bei Spannweiten zwischen acht und zwölf Meter, als Regeldecke zur Ausführung kommen würde.

Die verschiedenen Deckensysteme aus Beton und Holzbetonverbund werden in Bezug auf die erhaltenen Materialkosten, Arbeitskosten und Gesamtkosten verglichen.

Von den Konstruktionen wird gefordert, dass jedes Deckensystem den jeweiligen Nachweis der Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit, Schall- und Brandschutz, sowie das Dauerhaftigkeitskriterium erfüllt. Somit können die notwendigen Maßnahmen betrachtet und etwaige Schwachstellen der Systeme analysiert werden.

Neben der jeweils günstigsten Variante wird auch nach der schlanksten Konstruktion unabhängig des Preises gesucht. Die Schlankheit der Konstruktion spielt im Besonderen für den Architekten und den Bauherren eine Rolle. Für den Architekten wegen der gewünschten filigranen Ästhetik die nur mit schlanken Bauteilen erzielt werden kann und für den Bauherren, weil dieser mit der Dicke der jeweiligen Decke, entweder ein Geschoss gewinnen oder verlieren kann. Dieser Gewinn oder Verlust an vermietbarer oder verkaufbarer Fläche schlägt sich direkt auf die Attraktivität der zur Ausführung kommenden Konstruktion aus.

1.2. Vorgehensweise

Die Berechnung der Deckensysteme erfolgt in mehreren Schritten. Zuerst werden die Parameter Brandschutz, Schallschutz und Wärmeschutz nachgewiesen. Können die Nachweise als erfüllt angesehen werden, folgen die Nachweise für Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit.

Die Systeme werden im Zuge dieser Nachweise ausgehend von Rahmenparametern variiert und die Konstruktion mit den geringsten Materialkosten ermittelt. Um die Gesamtkosten zu erhalten müssen Lohnkosten zu den Materialkosten addiert werden. Die Lohnkosten werden mit Hilfe von Aufwandswerten und einer Annahme für die Mittellohnkosten berechnet. Aufwandswerte sind im Bauwesen übliche Werte, die dazu dienen die Lohnkosten auf die Teile der Konstruktion umzurechnen. Diese Vorgehensweise ist deshalb notwendig, da im Bauwesen über die Konstruktionsteile eines Bauwerks abgerechnet wird und diese über einen geometrischen Bezug charakterisiert werden.

Neben den geringsten Materialkosten werden auch noch die Konstruktionen mit den geringsten Lohn- und Gesamtkosten ermittelt und ob ein direkter Zusammenhang zwischen diesen besteht oder ob eine Mischvariante zwischen Material und Lohnkosten zur günstigsten Variante führt.

Jede Konstruktion wird über die Spannweite, Balkengeometrie, Betondicke, Nutzlast, Holzgüte, Verbindungsmittelabstand und Anzahl der Verbindungsmittelreihen variiert.

2. Deckensysteme „Stand der Technik“

2.1. Beton-Deckensysteme

Betondecken sind bei Spannweiten bis acht Meter, die am weitesten verbreiteten Deckensysteme im Neubau. Zur Ausführung kommen in Österreich sowohl vor Ort betonierte Decken als auch Halb- und Vollfertigteile, die zuerst im Werk gefertigt und anschließend auf die Baustelle geliefert werden.

2.1.1. Fertigung vor Ort

- Ortbetondecke:

Wie der Name schon erkennen lässt handelt es sich bei Ortbetondecken um Stahlbetondecken deren Schalung am Herstellungsort aufgebaut wird, die Bewehrung verlegt und anschließend die Schalung ausbetoniert wird.

Aus statischer Sicht bilden Ortbetondecken ein sehr effizientes System, da die Systeme nur auf einen Endzustand bemessen werden müssen und kein Transportzustand und in den meisten Fällen auch kein Bauzustand berücksichtigt werden muss.

Ebenfalls ist das Verhalten im Sinne des Schallschutzes und Brandschutzes sehr günstig. Ihre große Masse wirkt positiv auf ihre Schalldämmwirkung und ein Brandwiderstand ist im Allgemeinen durch eine ausreichende Betondeckung erfüllt.



Abbildung 1.: Bewehrung in einer Schalung kurz vor Betonage

Ein großer Vorteil der Ortbetondecke ist, dass sie als sogenannte Flachdecke, eine unterzugsfreie Decke, die auf Stützen gelagert ist, hergestellt werden kann. Flachdecken bieten den Vorteil, dass später eingelegte Technikleitungen einfach an der Deckenunterseite verlegt werden können, ohne dass im Vorfeld Schalungsdurchbrüche in Trägern und Unterzügen eingebaut werden müssen.

In dieser Arbeit wird die Ausführung einer Flachdecke untersucht. Obwohl Flachdecken bei Spannweiten über zehn Meter nicht mehr als wirtschaftlich angesehen werden können, werden

auch für die Spannweite zehn und zwölf Meter die Kosten für eine Flachdecke berechnet. Eine Ausführung mit Unterzügen und als Rippendecke wird nicht untersucht, da die erforderliche Unterzugshöhe stärker wäre als die Dicke der Flachdecke. Ebenfalls ist bei einer Ausführung von Unterzügen mit massiven Durchbrüchen der Haustechnik zu rechnen. Deren Kosteneinfluss ist schwer abzuschätzen und wird deshalb in dieser Arbeit nicht behandelt.

2.1.2. Fertigung im Werk

Vorgefertigte Bauteile bieten den Vorteil, dass auf der Baustelle nicht mehr alle Arbeitsschritte durchgeführt werden müssen. Waren Fertigteile früher noch als billig und minderwertig angesehen (Plattenbau), sind sie heute wegen ihrer einfachen Handhabung und des schnellen Einbaues sehr beliebt.

Fertigteile können in zwei Gruppen unterschieden werden zum einen die Halfertigteile, zum anderen die Vollfertigteile.

2.1.2.1. Halfertigteile

Bei Halfertigteilen handelt es sich um Bauteile die nur zum Teil im Werk vorgefertigt werden und anschließend auf der Baustelle fertiggestellt werden müssen. Wichtige Halfertigteile sind Elementdecken und Hohlwände.

- Elementdecke:

Bei den Elementdecken werden die untersten fünf bis acht Zentimeter der Decke als Betonschale im Werk vorgefertigt. In dieser Schale ist die Hauptbewehrung in Spannrichtung, eine Mindestbewehrung in Querrichtung und ein Gitterträger, der Anschließen den Verbund mit dem restlichen Betonquerschnitt sicherstellt, eingelegt. Ebenfalls können bei Durchstanzpunkten erforderliche Schubbügel bereits in der Schalung mit eingebaut werden.

Die Deckenelement bilden die Deckenschalung und müssen auf der Baustelle zur Betonage mittels Schalungsstützen unterstellt werden. Auf der Baustelle müssen dann noch die Zulagebewehrung der unteren Lage, die zwischen den Elementen erforderliche Fugenstoßbewehrung und die komplette obere Lage verlegt werden.

Elementdecken können schlaff bewehrt und vorgespannt ausgeführt werden.

- TT-Platten

Wie auch die Elementdecken können Doppel T Platten vorgespannt oder schlaff bewehrt ausgeführt werden. Der Name kommt von den vorgefertigten Trägerelementen, die aus einer Platte mit zwei Stegen besteht. Nach Lieferung auf die Baustelle muss die statisch erforderliche Deckenstärke hergestellt werden. Neben der Halfertigteilvariante gibt es die doppelt Z-Platte auch als Vollfertigteil

Doppel T Platten finden vor allem im Hallenbau als Dachelemente Anwendung.

In dieser Arbeit werden diese Deckensysteme nicht untersucht. Halfertigteile haben im Vergleich zu Vollfertigteilen den Nachteil, dass noch verhältnismäßig viele Arbeitsschritte auf der Baustelle notwendig sind und der Materialaufwand höher als bei der Ortbetondecken ist.

2.1.2.2. Vollfertigteile

Im Gegensatz zu den Halfertigteilen werden die Vollfertigteile als fertige Bauteile auf die Baustelle geliefert und müssen nur mehr eingehoben und mit der restlichen Konstruktion verbunden werden. Vollfertigteile sind meistens Stiegenläufe, Stützen und die bereits erwähnte Hohldiele.

- Hohldielendecke

Hohldielendecken sind Stahlbetonfertigteile die entweder vorgespannt oder schlaff ausgeführt werden. Durch ihre hohle rippenartige Struktur sind diese Decken deutlich leichter. Dieser Umstand ist erforderlich, da die einzelnen Elemente vom Werk auf die Baustelle geliefert und dort mit dem Kran an die gewünschte Stelle eingehoben werden müssen. Wenn die Hohldielen vorgespannt werden können große Spannweiten, bei geringer Konstruktionshöhe überbrückt werden. Die Brandschutzanforderung ist ebenfalls erfüllt. Das geringere Flächengewicht wirkt sich aber negativ auf den Schallschutz aus, sodass Hohldielendecken eventuell mit dickeren Schüttungen versehen werden müssen.

Die Lagerung der Hohldielen muss entweder auf Unterzügen oder auf Wänden erfolgen.

Als einzige Arbeitsschritte auf der Baustelle nach dem Einheben sind nurmehr das Bewehren der Anschlussstellen und das Vergießen der Fugen mit Beton erforderlich.

Aus der Gruppe der Fertigteile werden in dieser Arbeit die vorgespannten Hohldielen betrachtet. Zum einen wegen ihrer geringen Höhe und Masse, zum anderen wegen ihren Verhältnismäßig geringen Kosten.

2.2. Holz-Beton-Verbunddeckensysteme

In der Altbausanierung sind Holz-Beton-Verbunddeckensysteme, kurz HBV-Decken, ein wichtiger Bestandteil, bei der Verbesserung der Tragfähigkeit und des Schallschutzes von Bestandsdecken.

Im Neubau ist die Verwendung von Holzbetonverbund noch auf einen kleinen Anteil beschränkt. Stand der Technik sind hier Fertigteilssysteme, wie HBV- Flachdecken, - Rippendecken oder Hohlkastenelemente.

Als Verbindungsmittel kommen Schrauben, Schubverbinder oder Kerven zum Einsatz. Die Unterschiede der einzelnen Schraubensysteme ist relativ gering und wird in dieser Arbeit vernachlässigt. Eine Aufstellung der relevanten Daten aus den Zulassungen können aus der **Tabelle 1.** und **Tabelle 2.** entnommen werden, diese findet sich auf der letzten Seite dieses Abschnittes.

Wie auch die Hohldielendecken müssen Holz-Beton-Verbundrippendecken auf Unterzügen oder Wänden gelagert werden.

Nachfolgend wird auf Unternehmen, die Holz-Beton-Verbunddeckensysteme herstellen, sowie aktuelle internationale Forschung eingegangen.

2.2.1. Elascor GmbH

Das deutsche Unternehmen Elascor hat sich auf die Sanierung von Bestandholzdecken spezialisiert. Hier bieten sie drei Verschiedene Systeme an: [2]

- Standard Decke: Die Betonschicht wird über der Sturzschalung aufgebracht. Die Verbindungsmittel, hier Schrauben, werden im Winkel von 45 Grad in die Oberseite der Balken eingebohrt.
- Flachdecke: Die Betonschicht befindet sich zwischen den Holzbalken. Die Schubverbinder werden horizontal in einem Winkel von 45 Grad in die Seiten der Balken geschraubt. Wichtig ist, dass der Blindboden das Frischbetongewicht tragen kann.
- Kombidecke: Eine Kombination aus den beiden oben genannten Varianten. Dieser Typ kommt zum Einsatz, wenn hohe Tragfähigkeit gefordert wird, aber nur eine geringe Höhe zur Verfügung steht. Die Schubverbinder werden sowohl in die Oberseite als auch in die Seitenflächen eingebohrt.

2.2.2. ERNE AG Holzbau

Einen anderen Weg beschreitet die Firma ERNE AG aus der Schweiz. Diese bieten mit ihren Produkten SupraFloor und SupraFloor ecoboost zwei Fertigteillösungen für den mehrgeschossigen Hochbau an. [3]

- SupraFloor und SupraFloor ecoboost: Suprafloor ist ein Standard Holz-Beton Verbunddecken System. Die Betondecke wird über den Holzträgern aufgebracht. Als Verbindungsmittel dienen Lochblechschubverbinder, die in fixen Abständen über die Länge verteilt werden. Ecoboost bezeichnet das mitgelieferte und installierte Deckenklimatisierungssystem, welches speziell für den Mehrgeschossigen Bürobau entwickelt wurde.

2.2.3. TiComTec GmbH

Die Firma TiComTec bietet verschiedenste Verbunddecken an. Von Rippendecken über massive Plattendecken bis zur Hohlkastendecke. Als Verbindungsmittel werden Lochbleche über die gesamte Länge in den Holzwerkstoff eingeklebt. Bei den Standardvarianten werden diese auf der Balkenoberseite befestigt, bei Flachdeckenvarianten in die Seitenflächen. [4]

2.2.4. Weitere Anbieter am deutschsprachigen Markt

Weitere Anbieter von HBV Deckensystemen sind:

- HBV- Rippendecken
 - i. n´H - Neue Holzbau AG, CH-6078 Lungern: BSH Rippendecke mit eingeklebtem Lochblech Schubverbinder.
- HBV- Massivdecken:
 - i. Tschopp Holzbau AG, CH-6280 Hochdorf: Brettstapel-Verbunddecke – Verbund über Kerven
 - ii. Kirchdorfer Gruppe MMK Holz-Beton-Fertigteile GmbH, A-2752 Wöllersdorf: XlamConcret – Brettsperrholz mit Aufbetonschicht – Verbund über Kerven

2.2.5. Internationale Forschung auf dem Gebiet HBV

In Neuseeland werden momentan zwei Konstruktionstypen untersucht. Zum einen das auch an der TU Wien am Lehrstuhl für Architekturwissenschaften, Tragwerksplanung und Ingenieurholzbau untersuchte Tragverhalten von Rippendecken mit Kerven und Verbindungsmittel. Zum anderen Rippendecken mit zwei doppelten Funierschichtholzbalen, zwischen die eine Nagelplatte als Schubverbinder eingepresst wird, siehe Abbildung 2.[5]

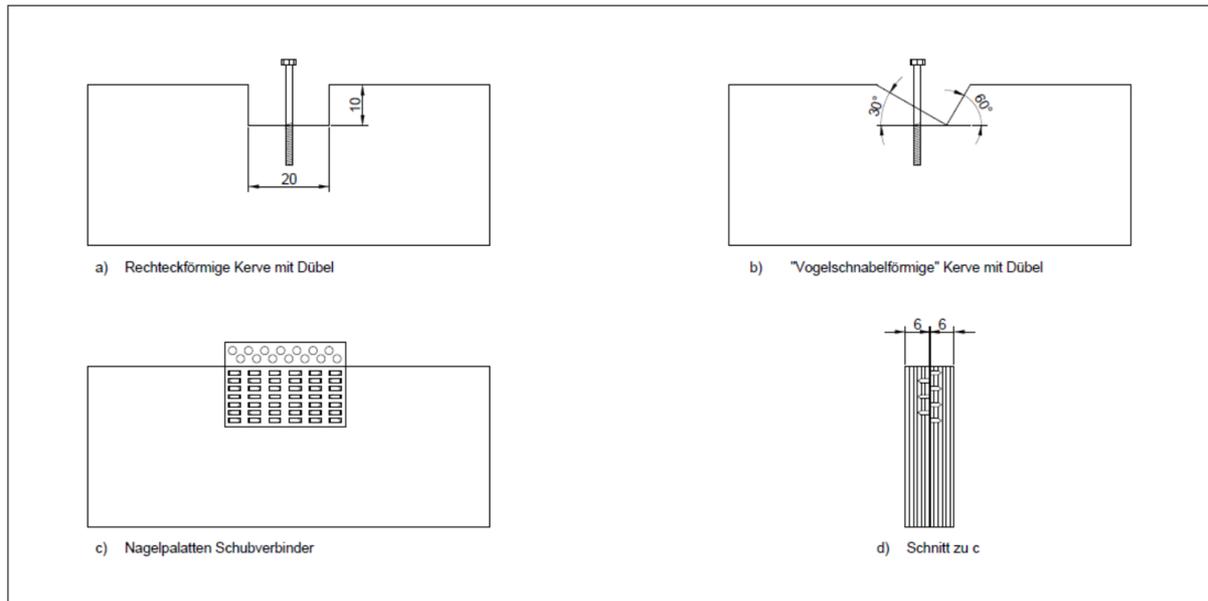


Abbildung 2.: Verbindungsmitel die in der Arbeit „Behaviour and Design of Timber-Concrete Composite Floor System“ untersucht wurden [5]

	SFS VB Scharaben ETA-13/0699	SFS VB Scharaben Z-9.1-342	SSH Star-Drive und Rapid T-Con Schrauben Z-9.1-845	Timco Schrauben II und III Z-9.1-445 nicht mehr gültig
Firma:	SFS Intec AG, Rothoblaas	SFS Intec AG, Rothoblaas	Schmid Schrauben	Timco
Schnittgrößenermittlung:		Elastizitätstheorie	Elastizitätstheorie	Elastizitätstheorie
Maximale Temperatur im Bauteil:				
Beton:				
Mindestfestigkeitsklasse	C20/25	C20/25	C20/25	C20/25
E-Modul		E _{cm}	E _{cm}	E _{cm}
Größtkorn	-	16mm	16mm	16mm
min. Plattendicke	50 mm	60 mm	70mm	70mm (60mm wenn keine Querkraftbewehrung erforderlich ist)
max. Plattendicke	70% der Holzbauteildicke	300 mm, 70% der Holzbauteildicke	300 mm, 70% der Holzbauteildicke	300mm
Schalung inklusive Trennlage	max. 50mm		max. 50mm	mind. 20mm(Brandschutz) - II: max. 30mm - III: max. 50mm
Zusatzbewehrung	wenn d _c > 100mm oder bei Ausführung von Fertigteilenelementen mit Ortbeton Schubbügel	mindest Bewehrung und wenn d _c > 100mm oder bei Ausführung von Fertigteilenelementen mit Ortbeton Schubbügel	mindest Bewehrung und wenn d _c > 100mm oder bei Ausführung von Fertigteilenelementen mit Ortbeton Schubbügel	Matte Q188A und wenn d _c > 100mm oder bei Ausführung von Fertigteilenelementen mit Ortbeton Schubbügel
Holz:				
Festigkeitsklasse		C14 bis C50, D18 bis D50, BSH, Brettspertholz odr Furnierschichtholz	Vollholz Sortierklasse S10 oder mindestens C24, BSH, Brettspertholz, Furnierschichtholz	Vollholz Sortierklasse S10 oder mindestens C24, BSH, Brettspertholz, Furnierschichtholz
Nutzungsklasse	NKL1 u. NKL 2	NKL1 u. NKL 2	NKL1 u. NKL 2	NKL1 u. NKL 2
E-Modul		E _{0,mean}	E _{0,mean}	E _{0,mean}
Mindestdicke Holz	100 mm	100 mm		
Kriechen	k _{def}	Abminderung der E-Moduli	Abminderung der E-Moduli	Abminderung der E-Moduli
Holzfeuchte beim Einbau		< 20%	< 20%	< 20%
Verbindungsmittel:				
Anordnung	paarweise	paarweise	einzel oder paarweise	einzel oder paarweise
Einschraubwinkel	45°+135°, 45°+90°	45°+135°, 45°+90°, 45° oder 90°	45° oder 90°	45° oder 90°
Abweichung		max 5°		max 5°
Zugtragfähigkeit	16 oder 17 kN	17 oder 17 kN	mind. 22 kN	II mind. 13 kN - III mind. 31kN
Torsionswiderstand	16 oder 18 Nm	17 oder 18 Nm	mind. 22,6 Nm	II mind. 15 Nm - III mind. 35Nm
maximal anrechenbare Gewindelänge im Holz	unbegrenzt		100 mm	unbegrenzt
Verschiebungsmodul [N/mm]	240*l _{ef} oder 100*l _{ef}	100*l _{ef}	90*l _{ef} oder 2000 für ts=0 und 700 für ts>0	II: 130*l _{ef} oder 1800 für ts=0 und 600 für ts>0 - III: 130*l _{ef} oder 2200 für ts=0 und 700 für ts>0
Mindestdringtiefe in die Betonplatte bei 45°	-	6*Außengewinde-durchmesser	65mm	Gewinde eindrehen bis nur profilierter Teil im Beton ist
Mindestdringtiefe in die Betonplatte bei 90°	-	6*Außengewinde-durchmesser	45mm	Gewinde eindrehen bis nur profilierter Teil im Beton ist
Betondeckung der Schraubenköpfe	-		10mm	
Anforderung an Laubholz	Löcher müssen vorgebort werden, Eichenholz ist trocken einzubauen	Löcher müssen vorgebort werden, Eichenholz ist trocken einzubauen		
Mindestabstände der Schrauben:				
Schraubenabstand parallel zur Faserrichtung a1	80 mm	80 mm	100 mm	II: 80mm - III: 100mm
Schraubenabstand rechtwinklig zur Faserrichtung a2	20 mm	20 mm	30 mm	II: 30mm - III: 33mm ; 70mm(Brandschutz)
Endabstand (Hirnholzende) a3,c				
Endabstand (beanspruchtes Hirnholzende) a3,t	80 mm	80 mm		
Randabstand a4,c	30 mm	30 mm	30 mm	30mm ; 50mm(Brandschutz)
Auflagerung:			muss über Holzbalken erfolgen	muss über Holzbalken erfolgen
Nutzungsdauer:	50 Jahre			
Spannweiten:				
bis 8m	Nadelschnittholz			
bis 10m	Furnierschichtholz			
bis 14m	Brettschichtholz			

Tabelle 1: Anforderungen gemäß ausgewählter Zulassungen Teil1

	SFix-3 Schubfix-Schraube	ASSY plus VG-Schrauben	Hobet Schrauben	HBV-Schubverbinder von TiComTec
	Z-9.1-857	ETA-13/0029	Z-9.1-861	Z-9.1-557
Firma:	Elascon	Würth	SIHGA GmbH	TiComTec
Schnittgrößenermittlung:	Elastizitätstheorie		Elastizitätstheorie	Elastizitätstheorie
Maximale Temperatur im Bauteil:				50°C und mindestens 20°C beim Aushärten
Beton:				
Mindestfestigkeitsklasse	C20/25	C20/25	C20/25	C20/25
E-Modul	Ecm		Ecm	Ecm
Größtkorn	16mm		16mm	16mm
min. Plattendicke	70mm (60mm wenn keine Querkraftbewehrung erforderlich ist)	50mm für 8mm Schraubendurchmesser; 70 mm für 10mm Schraubendurchmesser	70mm (60mm wenn keine Querkraftbewehrung erforderlich ist)	70mm
max. Plattendicke	300 mm, 70% der Holzbauteildicke	70% der Holzbauteildicke	300 mm, 70% der Holzbauteildicke	300mm
Schalung inklusive Trennlage	max. 50mm		max. 50mm	max. 30mm
Zusatzbewehrung	mindest Bewehrung und wenn dc > 100mm oder bei Ausführung von Fertigteilenelementen mit Ortbeton Schubbügel		mindest Bewehrung und wenn dc > 100mm oder bei Ausführung von Fertigteilenelementen mit Ortbeton Schubbügel	Matte Q188A
Holz:				
Festigkeitsklasse	Vollholz Sortierklasse S10 oder mindestens C24, BSH, Brettspertholz, Furnierschichtholz	Nadelholz, BSH, Brettspertholz, Furnierschichtholz	Vollholz Sortierklasse S10 oder mindestens C24, BSH, Brettspertholz, Furnierschichtholz	Vollholz Sortierklasse S10 oder mindestens C24, BSH, Brettspertholz, Furnierschichtholz
Nutzungsklasse	NKL1 u. NKL 2	NKL1 u. NKL 2	NKL1 u. NKL 2	NKL1 u. NKL 2
E-Modul	E0,mean		E0,mean	E0,mean
Mindestdicke Holz		100 mm		80 mm auch Mindestbreite
Kriechen	Abminderung der E-Moduli	kdef	Abminderung der E-Moduli	Abminderung der E-Moduli
Holzfeuchte beim Einbau	< 20%		< 20%	< 15%
Verbindungsmitel:				
Anordnung	einzel, paarweise oder dreireihig		einzel oder paarweise	
Einschraubwinkel	45° oder 90°	30° bis 45° und 90°(nur 8mm)	45° oder 90°	
Abweichung	max 5°		max 5°	< 10mm
Zugtragfähigkeit	22 kN	d-8: 17 kN - d-10: 32 kN	22 kN	
Torsionswiderstand	22,6 Nm	d-8: 20 Nm - d-10: 36 Nm	22,6 Nm	
maximal anrechenbare Gewindelänge im Holz	100 mm		100 mm	
Verschiebungsmodul [N/mm]	90*lef oder 2000 für ts=0 und 700 für ts>0	100*lef für 45° oder 45*(lef-2*tib) für30° oder 2000 für ts=0 und 700 für ts>0 für 90°	90*lef oder 2000 für ts=0 und 700 für ts>0	825-250*(ds)^(0,2) pro mm Streckmetall
Mindestdringtiefe in die Betonplatte bei 45°	65 mm	50 mm	65 mm	
Mindestdringtiefe in die Betonplatte bei 90°	45 mm	50 mm	45 mm	40mm ins Holz geklebt und Mindestlänge 200mm
Betondeckung der Schraubenköpfe	10mm		10 mm	
Anforderung an Laubholz				
Mindestabstände der Schrauben:				
Schraubenabstand parallel zur Faserrichtung a1	100 mm	d-8: 80 mm - d-10: 120 mm	100 mm	>0mm
Schraubenabstand rechtwinklig zur Faserrichtung a2	30 mm	d-8: 24 mm - d-10: 30 mm	30 mm	80 mm
Endabstand (Hirnholzende) a3,c		d-8: 40 mm oder 56 mm für 90° - d-10: 50 mm		>0mm
Endabstand (beanspruchtes Hirnholzende) a3,t	120 mm	96 mm für 90°	100 mm	
Randabstand a4,c	30 mm	d-8: 24 mm - d-10: 30 mm	30 mm	40 mm
Auflagerung:	muss über Holzbalken erfolgen	Holzbalken, oder ausreichend dimensionierte indirekte Verbindungen	muss über Holzbalken erfolgen	muss über Holzbalken erfolgen
Nutzungsdauer:		50 Jahre		
Spannweiten:				
bis 8m		Nadelschnittholz		
bis 10m		Furnierschichtholz		
bis 14m		Brettschichtholz		

Tabelle 2: Anforderungen gemäß ausgewählter Zulassungen Teil2

3. Berechnungsgrundlagen

In Kapitel 3 werden die Berechnungsgrundlagen näher definiert. Einerseits wird das γ -Verfahren inklusive dessen Einschränkungen und andererseits die Berechnungstheorie zum Verbundwerkstoff Stahlbeton vorgestellt. Zuerst werden die möglichen Berechnungsmethoden für HBV-Decken aufgeführt.

3.1. Berechnungsmethoden für HBV-Systeme

Um die Schnittgrößenverteilung und die Spannungen einer Holz-Beton-Verbunddecke zu berechnen gibt es verschiedene Berechnungsmethoden.

- Schubanalogieverfahren [6]:

Bei dem von Kreuzinger entwickelten Verfahren wird der reale Querschnitt in zwei fiktive Querschnitte mit unterschiedlichen Steifigkeiten des Gesamtquerschnittes zerlegt. Dem Querschnittsteil A wird für die Biegesteifigkeit die Summe der Produkte aus E-Modul und Flächenträgheitsmomenten zweiter Ordnung der Teilquerschnitte gesetzt. Die Schubsteifigkeit des Trägers A wird zu unendlich angenommen.

Für den Träger B Besteht die Biegesteifigkeit aus der Summe der Steineranteile der Teilquerschnitte multipliziert mit dem E-Modul. Die Schubsteifigkeit ergibt sich aus der Summe der Schubanteile für die Verbindungsmittel und der einzelnen Schichten.

Beide Träger werden starr gekoppelt, sodass die Teilquerschnitte die gleichen Verschiebungen erfahren.

Dieses Rechenmodell eignet sich besonders in Verbindung mit einer Berechnungssoftware, bei der nur die Teilsteifigkeiten berechnet werden müssen und die Stäbe im FE-Modell modelliert werden.

Da die Systemvariation in dieser Arbeit lediglich im Excel durchgeführt wird, kommt das Schubanalogieverfahren hier nicht zum Zug.

- Stabwerkmodell [7]:

Anders als beim Schubanalogieverfahren können beim Stabwerkmodell die Originalquerschnitte modelliert werden. Sehr aufwendig stellt sich die Modellierung der Verbindungsmittel dar. Diese werden nicht kontinuierlich modelliert, sondern exakt an der Stelle, an der sie sich befinden.

Wegen der wirklichkeitsnahen Modellierung kann dieses Berechnungsmodell am genauesten angesehen werden. Für die Anforderung der Systemvariation, die in dieser Arbeit durchgeführt wird, eignet sich diese Art der Modellierung aber denkbar schlecht.

- Numerische Berechnungsmethoden

Eine weitere Möglichkeit ist die computergestützte Berechnung mittels Finite-Elemente Programmen. Hier besteht zum einen die Möglichkeit ein durch Versuche gestütztes eigenes Rechenmodell heranzuziehen, oder die Modellierung mittels handelsüblicher Programme die über eigene Module zur Verbundberechnung und im Speziellen zur Berechnung von nachgiebigem Verbund.

- Das γ -Verfahren

In dieser Arbeit wurde wegen der einfachen Implementierung in die Excelberechnung das γ -Verfahren gewählt. Die Ergebnisse auf Basis dieses Berechnungsverfahrens liegen auf der sicheren und somit auch auf der etwas unwirtschaftlichen Seite. Jedoch können schnell viele verschiedene Varianten mit wechselnden Parametern ausgewertet werden. Alle Besonderheiten und Anwendungsgrenzen können dem folgenden Kapitel entnommen werden. Da die

Verbindungsmittelsteifigkeit verschmiert über die Trägerlänge dargestellt wird, kann die Verbundsteifigkeit sehr einfach durch Variation der Verbindungsmittelreihen und des Verbindungsmittelabstandes verändert werden.

3.2. Das γ -Verfahren – Theorie des nachgiebigen Verbundes

Das γ -Verfahren ist eine einfache Berechnungsmethode von Verbundkonstruktionen mit nachgiebigem Verbund. Das Anwendungsprinzip kann der ÖNORM EN 1995-1-1 Anhang B und der ÖNORM B 1995-1-1 entnommen werden. Grundsätzlich gelten für die Anwendung folgende Einschränkungen: [8, 9]

- Statisch bestimmter Einfeldträger
- Sinusförmige Belastung
- Konstante Querschnitte
- Bernoulli-Hypothese vom ebenbleiben der Querschnitte ist für alle Teilquerschnitte gültig
- Kontinuierlicher konstanter Verbund
- Vernachlässigung der Schubverformungen der Teilquerschnitte

Für den hier untersuchten Fall können alle Einschränkungen als erfüllt angesehen werden. Einzellasten können im Zuge der Verwendung von Stabwerkmodellen berücksichtigt werden.

Die Verbundfuge kann wegen der Duktilität und der auf ein Optimum reduzierten Anzahl der Verbindungsmittel nicht als starr eingeordnet werden. Die Nachgiebigkeit wird durch den Abminderungsfaktor γ beschrieben. Ein Faktor von 0 würde keinem Verbund und ein Faktor von 1 starrem Verbund entsprechen. Der Abminderungsfaktor für die Betonplatte berechnet sich mittels folgender Formel B.5 ÖNORM EN 1995 1-1 Anhang B:

$$\gamma_c = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 * E_c A_c s_i}{K_i * l^2}}$$

γ_c ... Nachgiebigkeitsfaktor

E_c ... E-Modul des Betons

A_c ... Querschnittsfläche der Betondecke

s_i ... effektiver Verbindungsmittelabstand in der Verbundfuge i

K_i ... Verschiebungsmodul in der Verbundfuge i

l ... Trägerspannweite

Aus der Formel ist ersichtlich, dass der Abminderungsfaktor von der Betondecke, von den Verbindungsmitteln und von der Systemlänge abhängt.

Für die weitere Berechnung kann nun eine effektive Biegesteifigkeit berechnet werden. Mit derer Hilfe werden dann die Schnittgrößen entsprechend der Steifigkeiten der Teilquerschnitte aufgeteilt.

$$(EI)_{ef} = E_H * I_H + E_c * I_c + \gamma_c * E_c * A_c * a_c^2 + E_H * A_H * a_H^2$$

E_H ... E-Modul des Holzes

E_c ... E-Modul des Betons

I_H bzw. I_c ... Flächenträgheitsmoment zweiter Ordnung der Teilquerschnitte

A_H bzw. A_c ... Fläche des Holz- bzw. Betonteilquerschnittes

a_H bzw. a_c ... Abstand der Schwerpunkte der Teilquerschnitte zum Schwerpunkt des Verbundquerschnittes

Die relevanten geometrischen Beziehungen für die Teilquerschnitte können Abbildung 3. entnommen werden.

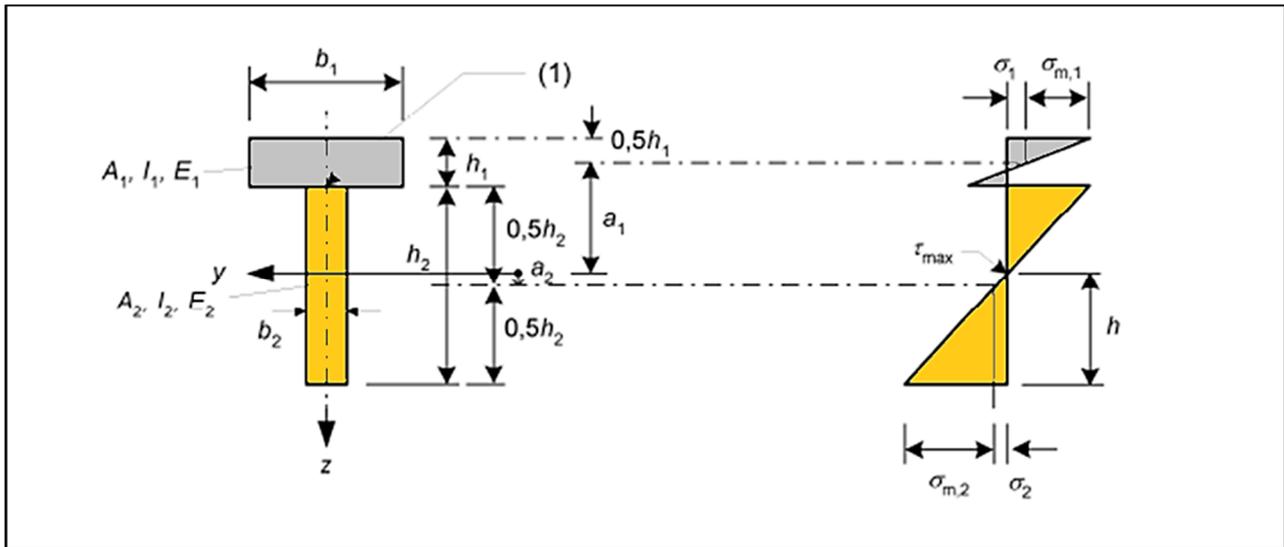


Abbildung 3.: Geometrische Beziehungen und Spannungsverteilung im Verbundquerschnitt gemäß ÖNORM EN 1995-1-1 und

ÖNORM B 1995-1-1[8]

In den folgenden Formeln entspricht der Index 1, der obigen Abbildung, der Abkürzung für Beton „c“ und Index 2 der Abkürzung für Holz „H“.

$$a = \frac{h_c}{2} + \frac{h_H}{2}$$

$$a_H = \frac{\gamma_c * E_c * A_c * a}{\gamma_c * E_c * A_c + E_H * A_H}$$

$$a_c = a - a_H$$

Die maßgebenden Spannungen folgen für die Teilquerschnitte aus der Überlagerung von Spannungen zufolge Normalkraft und Spannungen zufolge Biegemoment.

$$N_{c,d} = - \frac{\gamma_c * E_c * A_c * a_c}{(EI)_{ef}} * M_{ED}$$

$$M_{c,d} = \frac{E_c * I_c}{(EI)_{ef}} * M_{ED}$$

$$N_{H,d} = \frac{E_H * A_H * a_H}{(EI)_{ef}} * M_{ED}$$

$$M_{H,d} = \frac{E_H * I_H}{(EI)_{ef}} * M_{ED}$$

Druck mit negativem Vorzeichen, Zug mit positivem Vorzeichen

$$\sigma_{c,o} = \frac{N_{c,d}}{A_c} - \frac{M_{c,d} * \frac{h_c}{2}}{I_c}$$

$$\sigma_{c,u} = \frac{N_{c,d}}{A_c} + \frac{M_{c,d} * \frac{h_c}{2}}{I_c}$$

$$\sigma_{H,o} = \frac{N_{H,d}}{A_H} - \frac{M_{H,d} * \frac{h_H}{2}}{I_H}$$

$$\sigma_{H,u} = \frac{N_{H,d}}{A_H} + \frac{M_{H,d} * \frac{h_H}{2}}{I_H}$$

3.3. Verbundwerkstoff Stahlbeton

Da Beton nur Druckspannungen aufnehmen kann müssen die Zugkräfte durch Stahleinlagen aufgenommen werden. Die Verbundwirkung wird über die Rippen im Betonstahl hergestellt. Der Nachweis für biegebeanspruchte Stahlbetonbauteile kann entweder mit dem Parabel- Rechteck Diagramm oder mit dem Blockdiagramm geführt werden.

In dieser Arbeit werden alle Nachweise mit dem Parabel- Rechteck Diagramm geführt. Die Berechnung der erforderlichen Bewehrung beruht auf der Annahme eines Zweipunktquerschnittes, bestehend aus Betondruckzone und Stahlzugzone. Über die zwei Bedingungen, Summe aller Momente und Summe aller Kräfte gleich Null, lässt sich die erforderliche Bewehrung berechnen (siehe Abbildung 4.).

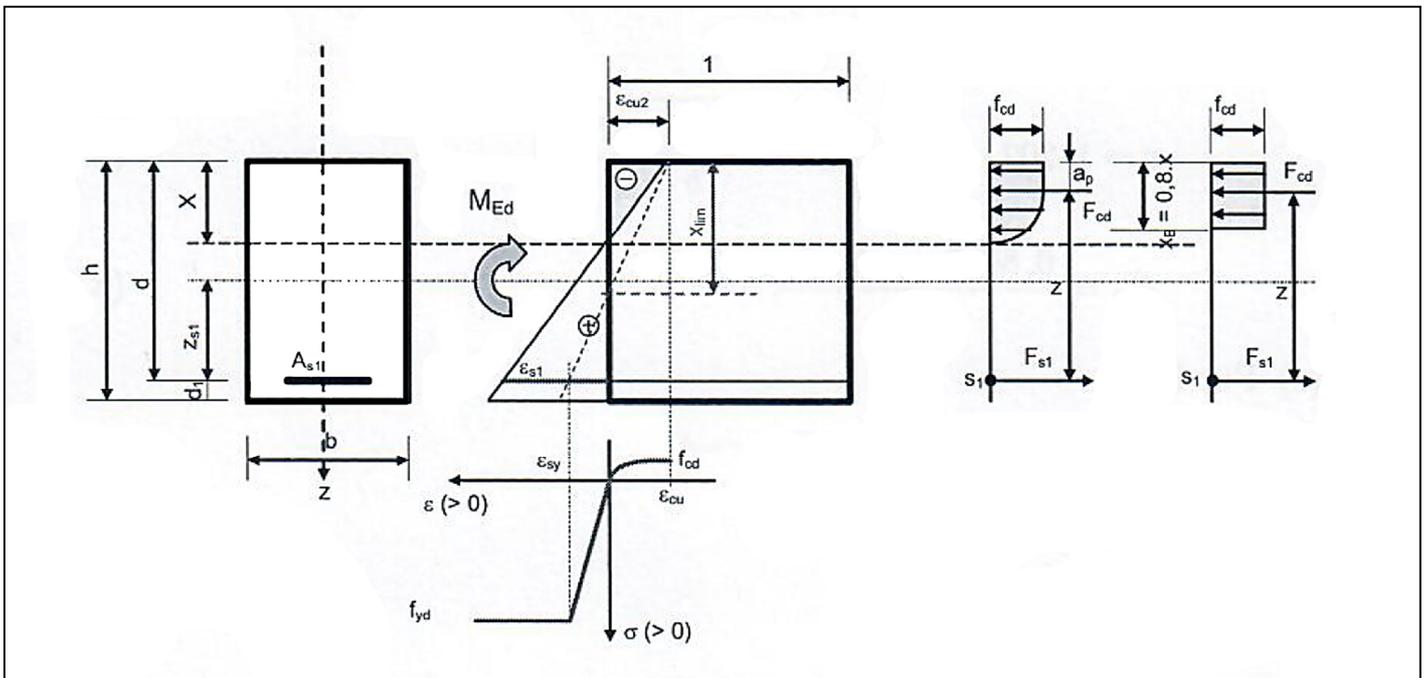


Abbildung 4.: Kräfte Gleichgewicht für reine Biegung gemäß Parabel-Rechteck-Diagramm (links) und Blockdiagramm (rechts)

$$\sum N = 0 \rightarrow F_{cd} = F_{s1}$$

$$\sum M = 0 \rightarrow M_{ed} = F_{cd} * z$$

F_{cd} bezeichnet die Resultierende der Betondruckspannungen und F_{s1} die Zugkraftresultierende, die als Produkt aus Stahlfließspannung, f_{yd} , und Bewehrungsfläche, A_{s1} , interpretiert wird. Bei z handelt es sich um den inneren Hebelarm der beiden Resultierenden, siehe Abbildung 4.

Drückt man die Resultierende als Produkt aus Spannung und Fläche aus und setzt diese in die Momentengleichung ein, erhält man die Beziehungen.

$$\kappa * x * b * f_{cd} = A_{s1} * f_{yd}$$

$$M_{ed} = \kappa * x * b * f_{cd} * (d - \lambda * x)$$

κ wird als Völligkeitsbeiwert bezeichnet und über nachstehende Formel berechnet.

$$\kappa = \frac{\int \sigma_{c(z')} * b * dz'}{f_{cd} * b * x}$$

bei $\sigma_{c(z')}$ handelt es sich um den über die Querschnittshöhe veränderlichen Spannungsblock.

Aus der analytischen Lösung erhält man die Grundgleichungen für die Druckzonenhöhe und die Fläche der erforderlichen Stahleinlagen.

Parabel-Rechteck-Diagramm siehe Abbildung 4:

$$x = 1,202 * \left(d - \sqrt{d^2 - \frac{2,055 * M_{ed}}{b * f_{cd}}} \right)$$

$$A_{s1} = \frac{0,8095 * x * b * f_{cd}}{f_{yd}}$$

4. Randbedingungen

Nachdem bereits auf den Stand der Technik hinsichtlich verschiedener Deckensysteme sowie deren Berechnungsgrundlagen eingegangen wurde, werden nun die für die später folgende Berechnung erforderlichen Randbedingungen näher dargelegt.

4.1. Statisches System

Hohldielendecken und HBV-Decken sind Einfeld-Systeme. In der Vorstellung des γ -Verfahrens in Kapitel 3 wurde bereits die Einschränkung getroffen, dass bei Verwendung dieses Verfahrens nur Einfeldträger berechnet werden können. Dementsprechend werden die Schnittgrößen und Durchbiegungen mittels der Rand und Übergangsbedingungen von Einfeldträgern berechnet.

Ein Einfeldträger ist dadurch gekennzeichnet, dass jedes Feld statisch bestimmt auf zwei Stützen gelagert ist. Dadurch beeinflussen sich die Laststellungen und Durchbiegungen der einzelnen Felder nicht. Bei reiner vertikaler Belastung entstehen nur positive Momente. Ist die Belastung weiters gleichförmig und konstant sind die Auflagerreaktionen gleich groß.

Da Ortbetondecken ihre Wirtschaftlichkeit auf Grund ihrer Durchlaufwirkung - das bedeutet eine Koppelung der einzelnen Felder - erhalten, werden diese Systeme, bei der Berechnung als Einfeldträger, nur als Vergleichssystem herangezogen. Sie stellen kein Deckensystem dar, das in der Praxis regelmäßig zur Ausführung kommen würde. Die Spannweiten werden von acht bis zwölf Metern in zwei Meter Schritten variiert.

Die Betonflachdecken werden in Streifen geteilt und als Balken mit der jeweiligen Einflussbreite berechnet. [10, 11]

Die Berechnung der HBV-Decken erfolgt mittels γ -Verfahren. [8,9]

Die Hohldielen werden entsprechend den Vorbemessungstabellen der Firma Oberndorfer ausgewählt. [12]

4.2. Belastungsannahmen

Die ständigen Lasten ergeben sich aus den jeweilig verwendeten Baustoffen, sowie Aufbauten und Maßnahmen, die notwendig sind, um alle Nachweise für Schallschutz, Wärmeschutz und Brandschutz zu erfüllen. Die Wichten, die zur Berechnung des Eigengewichts notwendig sind, können ÖNORM EN 1991-1-1 und ÖNORM B 1991-1-1 entnommen werden.

Ebenfalls finden sich in den soeben genannten Normen die Lastwerte für die Nutzlasten. Der Wohnbau entspricht Kategorie A1 und wird mit 200 Kilogramm pro Quadratmeter plus Zwischenwandzuschlag angesetzt. Gemäß Norm hängt die für Zwischenwände anzusetzende Flächenlast von der Linienlast der Zwischenwand ab. In dieser Arbeit wird als Ersatzlast der Mittelwert von 80 Kilogramm pro Quadratmeter angesetzt. Die Kombinationsbeiwerte für Kategorie A findet man in der ÖNORM EN 1990. [13, 14, 15]

Nachdem in dieser Arbeit nur Deckensysteme betrachtet werden, werden keine Horizontallasten, wie Wind oder Erdbeben, berücksichtigt.

4.3. Brandschutz

Die Anforderungen an die Bauteile müssen Gebäudeklasse 5 erfüllen. Als Brandwiderstand wird eine Einhaltung von REI 90, also Standsicherheit und Raumabschluss für 90 Minuten Branddauer, gefordert. Für die Betondecken ist dieser Nachweis im Allgemeinen mit ausreichender Betondeckung erfüllt. [16,17,18]

Bei HBV-Deckensystemen kann die Brandschutzsicherheit auf drei unterschiedliche Arten erfüllt werden.

Zum einen kann die Brandbeständigkeit entweder vollkommen der Betondecke oder zur Gänze dem Holzbalken zugeschrieben werden. Weiters kann der Brandschutz durch eine Ebene unabhängig von der Tragkonstruktion erfolgen, zum Beispiel durch eine Beplankung der Holzkonstruktion mit feuerbeständigen Platten.

Variante eins bei der die Brandbeständigkeit mittels einer entsprechend dicken Betonplatte realisiert wird, kann nicht als zielführend angesehen werden, weil in dieser Arbeit versucht wird den Betonanteil möglichst gering zu halten.

Somit bleiben nur die Möglichkeiten, dass entweder der Holzbalken 90 Minuten lang brandbeständig ist oder eine Kombination aus Holzbalken und einer abgehängten Decke aus brandbeständigen Platten.

Letztere der drei Varianten macht auch insofern Sinn, da Haustechnikleitungen dann parallel zu den Trägern unter der Betondecke verlaufen können. Vorausgesetzt es sind die Leitungen mit einer Ummantelung versehen, die für 90 Minuten brandbeständig ist, und dass diese Leitungen die Brandschutzplatten nur mit geeigneten brandbeständigen Einbauteilen durchdringen. Somit kann auf eine Doppelbodenkonstruktion mit Deckendurchbrüchen verzichtet werden.

Für diese Arbeit wurde das Konstruktionsprinzip „Abgehängte Decke“ gewählt.

4.4. Trittschallschutz und Luftschallschutz

Die Trittschallschutznachweise für die Betonkonstruktionen werden über die Masseformel geführt und mit einem Vorhaltemaß für den Schallübertrag über Flankenbauteile beaufschlagt.

Die Nachweise für die HBV Decken können nicht über die Masseformel geführt werden. Falls es für bestimmte Konstruktionen Herstellerangaben gibt, werden diese herangezogen. Ansonsten wird der Trittschallschutz überschlagsmäßig, mittels Vordimensionierungsformeln abgeschätzt.

Das genaue Prinzip ist später unter Abschnitt 6 erläutert.

Da Grundwerte für die Hohldielendecken bekannt sind, wird der notwendige Trittschallschutz über eine entsprechend dicke Schüttung erreicht.

Alle Decken dürfen den Grenzwert von 48dB, gemäß OIB Richtlinie 5, nicht überschreiten. [19]

Für den Luftschall gilt, dass ein Mindestmaß von 55 dB nicht unterschritten werden darf [17]

4.5. Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit

Die Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweise werden vom Verfasser mittels einer eigens programmierten Software mit verschiedenen Algorithmen geführt. Zur Nachweisführung wird auf die jeweiligen Eurocodes verwiesen. Sowie auf Angaben aus den anzuwendenden Zulassungen und Richtlinien.

4.6. Wärmeschutz

Der Wärmeschutz spielt für Zwischendecken eine untergeordnete Rolle und wird meistens durch die verwendete Trittschalldämmung erreicht. Falls der Grenzwert von $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ nicht eingehalten werden kann, wird eine Wärmedämmung im Aufbau hinzugefügt. [20]

4.7. Langzeitverhalten

Das Langzeitverhalten von Beton wird gemäß den normgemäßen Kriechzahlen in der Berechnung berücksichtigt.

Für die Berechnung der Kriecheinflüsse des Betons wird gemäß ÖNORM EN1992-1-1 und ÖNORM B1992-1-1 die Endkriechzahl berechnet und der E-Modul abgemindert.

Das Kriechen des Holzes wird bei den Verformungen über den k_{def} Wert berücksichtigt.

Die Betonschwindverkürzung wird ebenfalls gemäß ÖNORM EN 1992-1-1 und ÖNORM B1992-1-1 berechnet. Für reine Betondecken wird die Verformung aus der Querschnittsverkrümmung errechnet.

Bei den Holz-Beton-Verbunddecken wird eine der Betonverkürzung entsprechende Ersatzkraft auf den Gesamtquerschnitt angesetzt. Die daraus resultierenden Spannungen und Durchbiegungen werden in die Berechnung aufgenommen.

Bei den HBV-Decken werden gemäß den Zulassungen zwei Konstruktionen zu den Zeitpunkten null und unendlich betrachtet. Hier wird das Kriechen über die Abminderung der E-Moduli berücksichtigt. Da das Kriechen von Holz und Beton nicht gleichzeitig abläuft, wird noch ein dritter Zeitpunkt betrachtet, bei dem das Kriechen im Beton quasi abgeschlossen ist und das Kriechen im Holz noch nicht begonnen hat.

4.8. Flächengewicht

Das Flächengewicht wird ebenfalls in den Ergebnissen aufgelistet, da bei geringeren Auflasten die Lastabtragenden Wände, Stützen und Gründungen günstiger dimensioniert werden können.

4.9. Installationsführung

Installationsführungen sind bei der HBV Rippendecke zwischen den einzelnen Balken möglich. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Brandschutzbeplankung nur mit brandschutzbeständigen einbauten durchstoßen werden darf.

Bei Betonflachdecken ist es üblich Elektroschläuche und Kühlschläuche in der Decke einzulegen und sonstige Leitungen in einer Schüttung auf der Decke oder hinter einer abgehängten Decke zu führen.

Bei Hohldielendecken können die Leitungen in den Hohlräumen, in Spannrichtung, verlegt werden. Hierbei ist aber darauf zu achten, dass zum Beispiel wasserführende Leitungen besondere Maßnahmen für den Schallschutz erfordern. Wegen des schlechten Trittschallschutzes von Hohldielendecken ist in jedem Fall eine dicke Schüttung erforderlich, welche auch für Leitungen genutzt werden kann.

4.10. Raumhöhe und Geschosshöhe

Gebäude sind in ihrer Gesamthöhe begrenzt. Von Bauherren ist deshalb eine Maximierung der Nutzfläche gewünscht. Die lichte Höhe zwischen Fußbodenoberkante und der fertigen Deckenunterkante (Raumhöhe) darf in den Aufenthaltsräumen von Wohnbauten nicht unter 2,50 Meter liegen. Siehe hierzu OIB-Richtlinie 3 Abschnitt 11.2.1 und Abschnitt 11.2.2. Die Geschosshöhe bezeichnet die Höhe von Fußbodenoberkante zur nächsten Fußbodenoberkante. Somit umfasst die Geschosshöhe auch die Dicke der Konstruktion und des Aufbaues. Um zu überprüfen ob ein Deckensystem für die jeweilige Geschosanzahl geeignet ist wird auch die Konstruktionshöhe und die Aufbauhöhe ausgegeben. [21]

In **Tabelle 3** sind die möglichen Konstruktionshöhen, bei einer Begrenzung auf 22 Meter Höhe angegeben. Die 22 Meter bezeichnen das maximale Fluchtniveau für die Gebäudeklasse 5. Es soll

die Konstruktion von 7 Geschossen möglich sein. Unter der Annahme von einem Meter Rohparapethöhe, müssen in den Verbleibenden 21 Meter 6 Geschosse Platz finden.

Tabelle 3.: Maximale Konstruktionshöhe bei einer Begrenzung auf l/250

Geschossanzahl	Gebäudehöhe				
6	22,00 m				
Spannweiten	Maximale Geschosshöhe	Raumhöhe 2,50 + L/250	Durchschnittlicher Aufbau	Brandschutzpalppen	Maximale Konstruktionshöhe bei L/250
6,00 m	4,20 m	2,52 m	0,15 m	0,045 m	1,48 m
8,00 m		2,53 m			1,47 m
10,00 m		2,54 m			1,47 m
12,00 m		2,55 m			1,46 m
Geschossanzahl	Gebäudehöhe				
7	22,00 m				
Spannweiten	Maximale Geschosshöhe	Raumhöhe 2,50 + L/250	Durchschnittlicher Aufbau	Brandschutzpalppen	Maximale Konstruktionshöhe bei L/250
6,00 m	3,50 m	2,52 m	0,15 m	0,045 m	0,78 m
8,00 m		2,53 m			0,77 m
10,00 m		2,54 m			0,77 m
12,00 m		2,55 m			0,76 m
Geschossanzahl	Gebäudehöhe				
8	22,00 m				
Spannweiten	Maximale Geschosshöhe	Raumhöhe 2,50 + L/250	Durchschnittlicher Aufbau	Brandschutzpalppen	Maximale Konstruktionshöhe bei L/250
6,00 m	3,00 m	2,52 m	0,15 m	0,045 m	0,28 m
8,00 m		2,53 m			0,27 m
10,00 m		2,54 m			0,27 m
12,00 m		2,55 m			0,26 m

4.11. Ökologie und Lebenszyklus

In dieser Arbeit werden die Auswirkungen auf die Umwelt und die Kosten über den Lebenszyklus nicht gesondert betrachtet.

Es wird jedoch versucht den Anteil des Betons und Betonstahls möglichst gering zu halten, da diese Werkstoffe sehr hohen Anteile an nichterneuerbaren Energien und CO₂-Äquivalent haben.

5. Eingangswerte und Variationsparameter der HBV- Rippendecken Berechnung

Im Kapitel 5 werden die Eingangswerte und Variationsparameter der programmierten Berechnung beschrieben und spezifiziert. Die Variationsparameter reichen von der Spannweite, Trägerbreite und Trägerhöhe bis hin zur Betondicke, den Achsabständen, der Holzgüte und dem Verbindungsmittelabstand.

5.1. Spannweite

Es werden die Spannweiten von 8 bis 12 Metern untersucht und in 2 Meterschritten abgestuft. So große Spannweiten sind zwar in der Regel im mehrgeschossigen Wohnbau untypisch, auf kürzere Spannweiten wäre die Holz-Beton-Verbunddecke aber definitiv nicht konkurrenzfähig, deshalb werden diese Spannweiten untersucht.

5.2. Trägerbreite

Als minimale Trägerbreite werden 20 Zentimeter angenommen. Dieser Wert hat sich nach den ersten Berechnungszyklen als Sinnvoll erwiesen, da es bei geringeren Breiten zu keinen Ergebnissen kam. Um die Dauer der Berechnungen zu verkürzen wurde deshalb sofort auf einer größeren Breite begonnen. Des Weiteren sind die möglichen Abstufungen der Breiten von der Art des Holzes abhängig. In Tabelle 4. sind die untersuchten Trägerbreiten aufgeführt.

Tabelle 4.: Untersuchte Trägerbreiten

Trägerbreiten in Meter	
Brettschichtholz	Funierschichtholz horizontal
0,20	0,20
0,22	0,22
0,24	0,24
0,26	0,26
0,28	0,28
0,30	
0,32	

5.3. Trägerhöhe

Während der Berechnung wird die Trägerhöhe von einem Minimum von 20 Zentimetern auf ein Maximum von 52 Zentimetern erhöht. Je Iterationsschritt wird die Trägerhöhe um vier Zentimeter erhöht. Für Brettschichtholz und Funierschichtholz sind die gleichen Trägerhöhen erhältlich.

5.4. Betondicke

Die Betondecke muss einen Brandnachweis erfüllen, darum wird ihre minimale Dicke mit zehn Zentimetern gewählt. Die maximale Dicke beträgt 20 Zentimeter und wird pro Iterationsschritt um zwei Zentimeter erhöht.

5.5. Achsabstand

Die Achsabstände werden von 80 Zentimeter bis 150 Zentimeter in Zehner-Schritten abgestuft.

5.6. Verbindungsmittelreihen

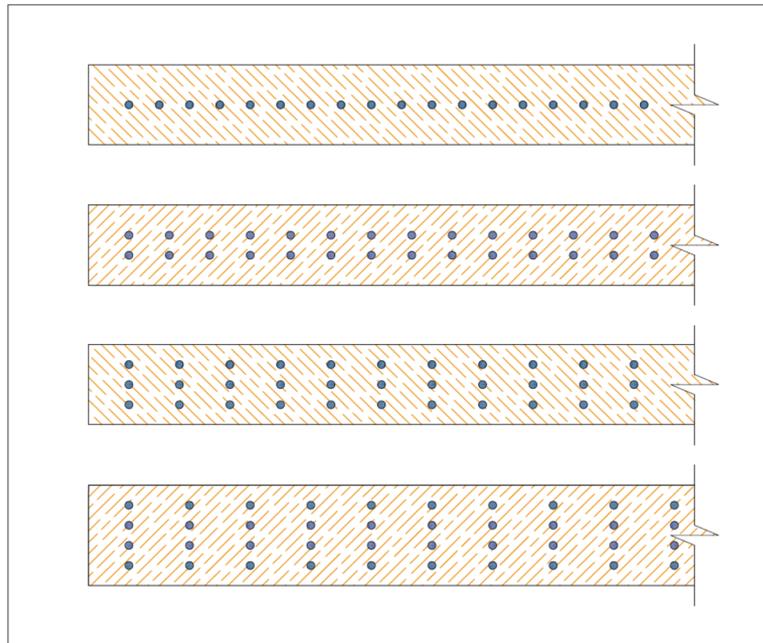


Abbildung 5.: Verbindungsmittelreihen

Die Schrauben können in mehreren Reihen nebeneinander gesetzt werden, vorausgesetzt es lässt die Trägerbreite zu. Die Anzahl der Verbindungsmittelreihen wird von 1 bis 4 erhöht.

5.7. Verbindungsmittelabstand

Ausgehend von der Formel zur Berechnung des effektiven Verbindungsmittelabstandes:

$$s_{ef} = 0,75 * s_{min} + 0,25 * s_{max}$$

mit

$$s_{max} = 4 * s_{min}$$

und

$$s_{min} = 10 \text{ cm}$$

folgt als Startwert

$$s_{ef} = 17,5 \text{ cm} \approx 18 \text{ cm}$$

Als obere Grenze für den effektiven Verbindungsmittelabstand wurde 50 Zentimeter gewählt. Die Zwischenschritte betragen 2 Zentimeter.

5.8. Schalung

Als verlorene Schalung bei den Verbunddecken wird eine 27 Millimeter starke Holzplatte verwendet. Da wegen der abgehängten Decke kein Anspruch auf Sichtqualität gestellt wird, kann auf die Verwendung einer teuren Dreischichtplatte verzichtet werden.

Für die Herstellung der Betondecken wird von einem konventionellen Schalungssystem ausgegangen.

5.9. Betongüte

Als Startwert wird die im Hochbau standardmäßig verwendete Betongüte C25/30 gewählt. Diese hat zugleich den geringsten Betonpreis, siehe Kapitel 7.1.1, und wegen der geringsten Zugfestigkeit, theoretisch auch den geringsten Mindestbewehrungsanteil. Für eine 20 cm dicke Decke ergibt sich eine Mindestbewehrung von $2,60 \text{ cm}^2/\text{m}$. Als Grenzwert für die Bewehrung wird das Doppelte dieser Mindestbewehrung angesetzt. Dies entspricht der Verwendung von Matten des Typs AQ82, welche eine Querschnittsfläche von $5,28 \text{ cm}^2/\text{m}$ haben.

5.10. Holzgüte

Es werden die Holzgüten GL 24h, GL 28h, GL 32h und GL 36h des homogenen Brettschichtholzes und das Produkt Baubuche GL 75 untersucht.

5.11. Verbindungsmitteltyp

Die Berechnungen werden nur mit einem Verbindungsmitteltyp geführt und zwar mit den Rapid T-Con 205 Schrauben. Diese liegen mit einem Stückpreis von 1,46 Euro im Durchschnitt der verschiedenen Verbindungsmittel, siehe Tabelle 16.

6. Vorgehensweise bei der Berechnung

Nachdem nun die einzelnen Berechnungsparameter definiert wurden, wird in Kapitel 6 die Vorgehensweise der Berechnung der Betondecke, Hohldielendecke und HBV-Decke detailliert dargestellt.

6.1. Berechnung der Betondecke

Gemäß der Formel 7.16a und 7.16b ÖNORM EN 1992-1-1 und Tabelle 12 ÖNORM B 1992-1-1

$$\frac{l}{d} = K * \left[11 + 1,5 * \sqrt{f_{ck}} * \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 * \left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right] = 25$$

Tabelle 5.: Tabelle 12 ÖNORM B 1992-1-1 [12]

Statisches System	Beton hoch beansprucht $\rho = 1,5 \%$	Beton gering beansprucht $\rho = 0,5 \%$
	-	-
frei drehbar gelagerter Einfeldträger; gelenkig gelagerte einachsig oder zweiachsig gespannte Platte	18	25
Endfeld eines Durchlaufträgers oder einer einachsig gespannten durchlaufenden Platte; Endfeld einer zweiachsig gespannten Platte, die kontinuierlich über die längere Auflagerseite durchläuft	23	32
Mittelfeld eines Balkens oder einer einachsig oder zweiachsig gespannten Platte	25	35
Platte, die ohne Unterzüge auf Stützen gelagert ist (Flachdecke) (auf Grundlage der größeren Spannweite)	21	30
Kragträger	7	10

können Betondecken vordimensioniert werden. Da in dieser Arbeit Spannweiten von 8 bis 12 Meter untersucht werden ist dieses Verhältnis noch mit dem Faktor $\frac{7}{\text{Spannweite}}$ zu multiplizieren. Eine wirklichkeitsnahe wirtschaftliche Bemessung ist auf diesem Weg nicht zu erreichen.

Deshalb wird folgende iterative Berechnung zur Nachweisführung angewandt:

Schritt 1: Setzen eines Startwertes der Deckenhöhe und Berechnung des Luftschallschutzes, Trittschallschutzes und des U-Wertes.

Der Nachweis des Luftschalls wird mittels der Formel ÖNORM B 8115-4 für biegesteife Bauteile bis 700 kg/m² oder mittels Formel ÖNORM EN ISO 12354-1 für biegesteife Bauteile ab 150 kg/m² geführt. [22] [23]

Formel ÖNORM B 8115-4 für 100 < m' < 700 kg/m²

$$R_w = 32,4 * \log m' - 26$$

Formel ÖNORM EN ISO 12354-1 für m' > 150 kg/m²

$$R_w = 37,5 * \log m' - 42$$

Die anrechenbare Masse m' ist die Summe aus fünf Zentimeter Heizstrich, mindestens drei Zentimeter Leichtschüttung (Leca Liapor) und das Eigengewicht der Betondecke. Es muss für R_w ein Wert von 55 dB überschritten werden.

Der Trittschallschutz wird ebenfalls über eine Masseformel geführt. Auch hier kann man die erforderliche Formel in der ÖNORM B 8115-4 finden.

$$L_{n,eq,w} = 164 - 35 * \log m'$$

m' bezeichnet die flächenbezogene Masse der Rohdecke.

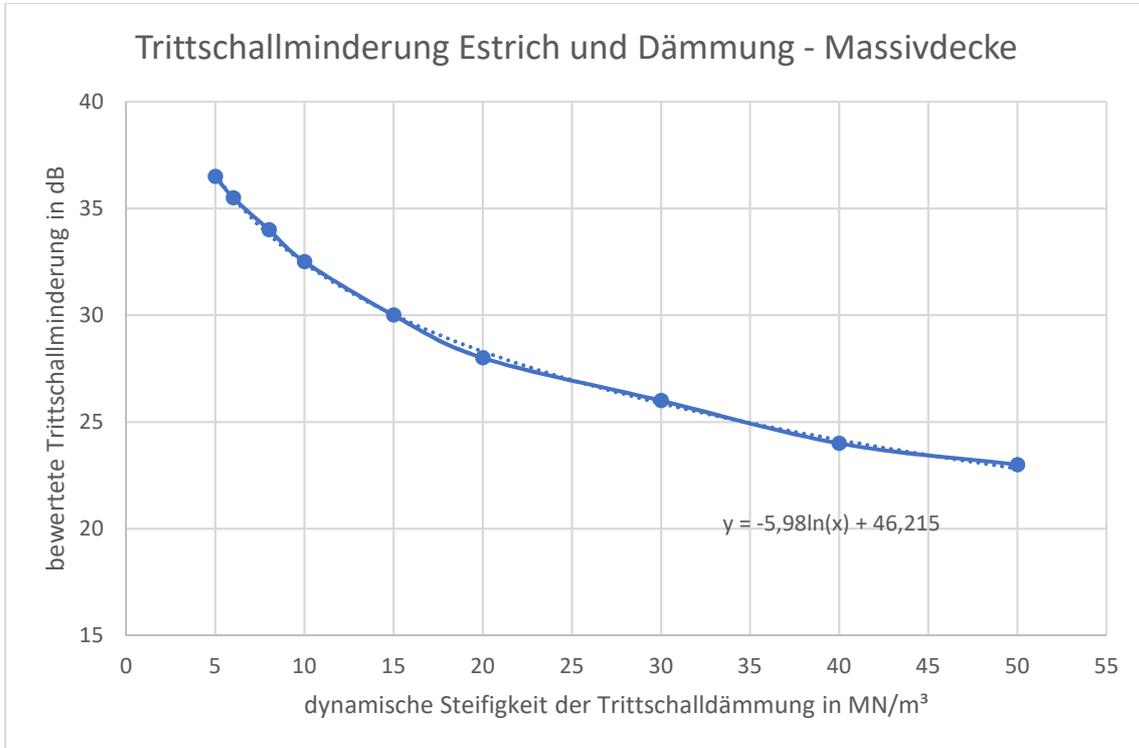


Diagramm 1.: Funktion zur Bewertung des Verbesserungsmaßes durch Estrich und Trittschalldämmung auf Massivdecken

Auf Basis des Wertes $L_{n,eq,w}$, des Diagrammes 1 und einer Beaufschlagung von 4 dB durch Flankenübertragung wird ein bewerteter Trittschallpegel errechnet. Falls dieser Wert den Grenzwert von 48 dB nicht einhält, wird mit Hilfe der Masseformel eine Differenzmasse berechnet und diese in Form einer Schüttung aufgebracht. Eine Schüttung von drei Zentimeter wird immer aufgebracht, da diese zum Niveaueinbau und zum Ausgleich von Bauungenauigkeiten erforderlich ist.

Da nun die Dicken der einzelnen Aufbauschichten bekannt sind kann ein U-Wert errechnet werden. Bei Betondecken handelt es sich um homogene Bauteile bei denen der Wärmedurchgangswiderstand, in m^2K/W , mit der Formel

$$R_T = R_{si} + \sum_i^n \frac{d_n}{\lambda_n} + R_{se}$$

berechnet werden.

Der Wärmedurchgangskoeffizient, in $W/(m^2K)$ folgt über die Beziehung $U = \frac{1}{R_T}$.

Kann der Grenzwert, $U=0,9 W/m^2K$ für Trenndecken zwischen Nutzungseinheiten, nicht erreicht werden wird eine Wärmedämmung in den Aufbau integriert.

Schritt 2: Führen der Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit

Ausgehend von den nach den Berechnungen aus Schritt 1 bekannten Aufbauten sind auch die Belastungen für die Decke bekannt.

Durch Lösung der Übertragungsbeziehungen für einen Biegestab mit konstantem Querschnitt, die in der Vorlesung Baustatik 1 hergeleitet wurden, werden die Querkräfte und Biegemomente berechnet. Wichtig hierbei ist, dass diese Beziehungen nur über die bekannten Randbedingungen am Stabanfang und Stabende gelöst werden können. [24]

Für die maßgebenden Biegemomente und Querkräfte können die Nachweise gemäß ÖNORM EN 1992-1-1 und ÖNORM B 1992-1-1 geführt werden. Der Nachweis des Biegemoments erfolgt über die Berechnung mittels Parabel- Rechteck- Diagramm. Der Nachweis der Querkraft Beanspruchung wird gemäß ÖNORM EN 1992 1-1 Abschnitt 6.2.2 „Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung“ geführt. [7]

Mittels dem Parabel- Rechteck- Diagramm berechnet man die erforderliche Bewehrung in Feldmitte. Um eine möglichst wirtschaftliche Bewehrung zu erhalten wird die erforderliche Bewehrung in drei Lagen abgestuft. Die von Auflager zu Auflager durchgehende Lage besteht aus dem Grundnetz, das die Mindestbewehrung abdeckt. Für die Mindestbewehrung gibt es drei unterschiedliche Kriterien:

- Mindestbewehrung gemäß ÖNORM EN 1992-1-1 Abschnitt 9.2.1.1 und ÖNORM B 1992-1-1 12.2.1

$$A_{s,min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b_t * d$$

Jedoch nicht weniger als $0,0013 * b_t * d$

- Mindestbewehrung gemäß ÖNORM EN 1992-1-1 Abschnitt 7.3.2 und ÖNORM B1992-1-1 10.2.2

$$A_{s,min} * \sigma_s = k_c * k * f_{ct,eff} * A_{ct}$$

- Mindestens 25 Prozent der erforderlichen Bewehrung in Feldmitte muss beim Auflager verankert sein.

Der größte Wert der drei Bedingungen ist maßgebend.

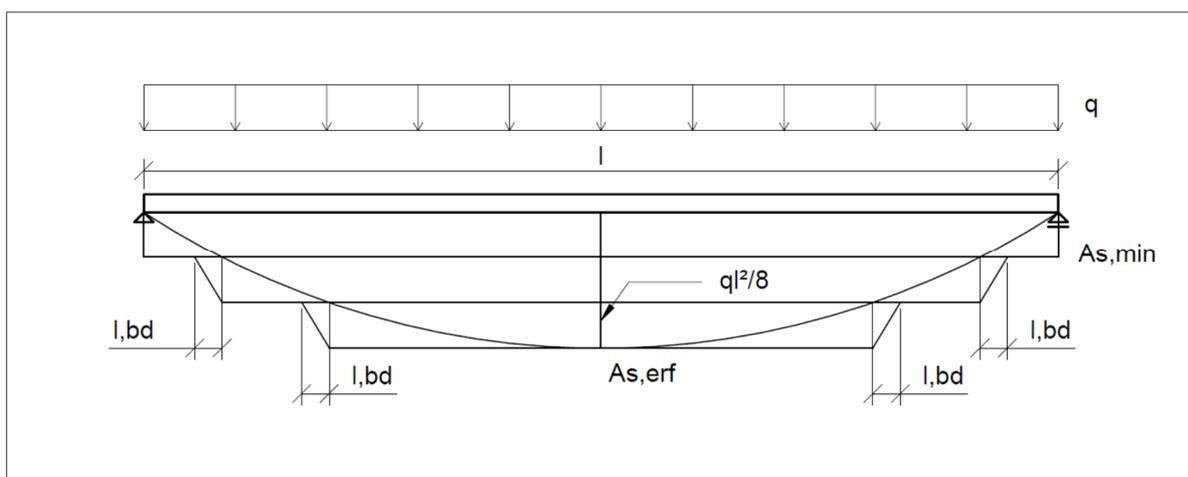


Abbildung 6.: Schema Abstufung der Bewehrung

Als Kriterium für die Abstufung gilt, dass ein möglichst geringer Materialaufwand entstehen soll. Aus der Abstufung entsteht im maßgebenden Querschnitt ein sehr engmaschiges Netz aus Stäben kleiner gleich Durchmesser 20.

Mit dieser Bewehrungsführung können die Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit geführt werden.

- Begrenzung der Spannungen
- Begrenzung der Rissbreiten
- Begrenzung der Verformungen

Bei nicht vorgespannten Systemen ist im Allgemeinen der Nachweis zur Begrenzung der Spannungen erfüllt.

Die Rissbreite für eine Expositionsklasse XC1 muss auf 0,4 mm begrenzt werden. Der Nachweis wird mittels der genauen Berechnung der Rissbreite, siehe ÖNORM EN 1992-1-1 Abschnitt 7.3.4, ÖNORM B1992-1-1 10.2.6, 10.2.7 und 10.2.8, geführt.

Für die Begrenzung der Verformungen ist das Langzeitverhalten von Beton zu berücksichtigen. Das Kriechen wird mittels eines effektiven E-Moduls berücksichtigt, welcher sich über die Formel $E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{(1+\varphi_{(\infty,t_0)})}$ berechnet. Die resultierende Schwinddehnung aus Trocknungsschwinden und autogenem Schwinden wird in eine resultierende Schwindkrümmung umgerechnet, siehe ÖNORM EN 1992-1-1 Abschnitt 7.4.3 (6). Hier müssen die Querschnittswerte für den gerissenen und ungerissenen Zustand berechnet werden. Die Durchbiegung infolge Schwindens errechnet sich anschließend durch zweimalige Integration der Krümmung. Als Vereinfachung wurde angenommen, dass der Querschnitt in Feldmitte komplett gerissen ist und nur an den Auflagern ungerissen, siehe hierzu Abbildung 7.

Außerdem befindet sich der Querschnitt im Zustand II, das bedeutet, dass der Betonquerschnitt im gerissenen Zustand ist und somit in Feldmitte ein geringeres Flächenträgheitsmoment aufweist als am Auflager.

Die Durchbiegung zum Zeitpunkt unendlich lässt sich mit den Übertragungsbeziehungen für einen Träger mit veränderlicher Höhe berechnen. Als Ausgangswert der Biegesteifigkeit am Auflager wird der Wert für einen umgerissenen Querschnitt gewählt. Diese Steifigkeit gilt bis zu einer Stelle x , an der das Rissmoment M_{cr} überschritten wird und die x vom Auflager entfernt ist. Die Steifigkeit wird also über die Gesamtlänge des Trägers unterschätzt und die Berechnung ergibt eine Durchbiegung, die auf der sicheren Seite liegt.

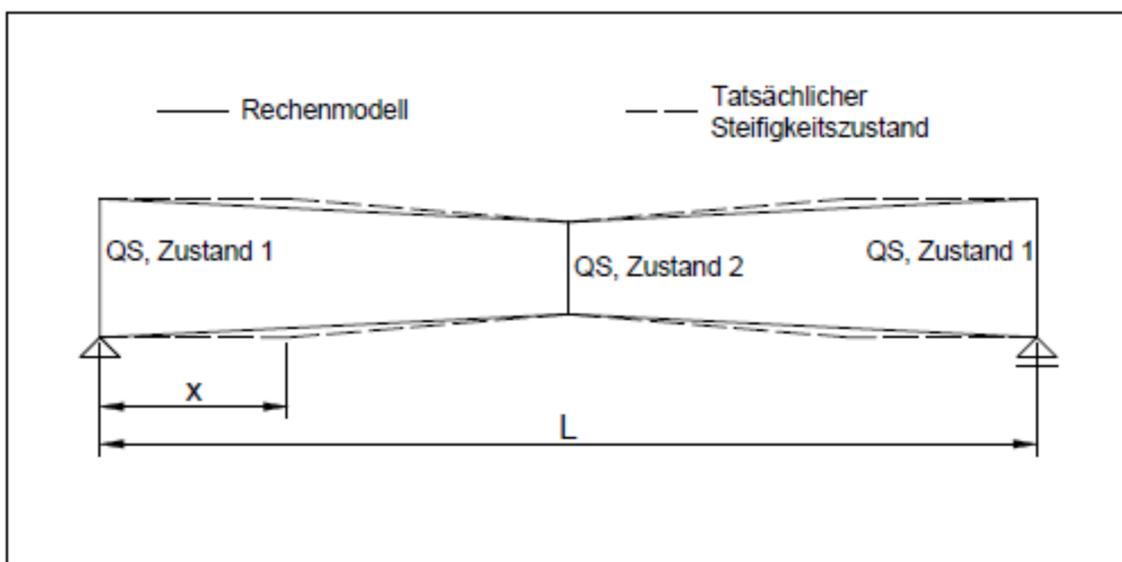


Abbildung 7: Rechenmodell zur Berechnung der Durchbiegung zum Zeitpunkt unendlich

Schritt 3: Erhöhung der Deckenhöhe bis alle Nachweise erfüllt sind.

Innerhalb eines Zyklus wird überprüft ob der Ausnutzungsgrad jedes Nachweises kleiner als 1 ist. Ist das nicht der Fall, wird die Dicke um zwei Zentimeter erhöht und es werden die Schritte 1 und 2 ausgeführt. Dieser Vorgang wird so lange wiederholt, bis die hier in Schritt 3 genannte Bedingung erfüllt ist.

6.2. Berechnung der Hohldielendecke

Bei den untersuchten Hohldielen handelt es sich um Hohldielen der Firma Oberndorfer. Die Firma Oberndorfer stellt in ihrem Katalog Vordimensionierungstabellen zu Verfügung. Diese sind bezogen auf die maximale zusätzliche charakteristische Auflast. Da es sich hierbei um eine geprüfte Statik handelt, werden diese Lastwerte herangezogen, um die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit zu überprüfen.

Ebenfalls im Produktkatalog finden sich bauphysikalische Werte. Die Hohldielen erfüllen im Allgemeinen die Anforderung REI 90 für den Brandschutz. Dieser Nachweis kann als erfüllt angesehen werden. Jetzt wird eine Berechnung in zwei Schritten geführt.

Schritt 1: Berechnung des notwendigen Aufbaus, um die Nachweise Schallschutz und Wärmeschutz zu erfüllen.

Wegen des geringen Eigengewichts und der Hohlkörper ist das Trittschalldämmmaß verhältnismäßig schlecht. Um die Eigenschaften zu verbessern gibt es, wie schon bei der Betondecke die Möglichkeit eine Trittschalldämmung und eine Schüttung einzubauen. Zur Abschätzung der Verbesserung durch Trittschalldämmung und Estrich wird auf das Diagramm 1, verwiesen. Die Vorgehensweise ist ident wie bei den Ortbetondecken. Zuerst wird das Verbesserungsmaß aus der Kombination Estrich-Trittschalldämmung berechnet. Dieses Maß wird von dem Grundwert der Konstruktion abgezogen und mit einem Beiwert für Flankenübertragung beaufschlagt. Über die Masseformel kann die Masse der Schüttung berechnet werden, die erforderlich ist um den Grenzwert von 48 dB zu erfüllen. Aus der Masse folgt die Dicke der Schüttung.

Der Nachweis gegen Luftschall wird, bis auf eine Erweiterung, analog zu den Ortbetondecken geführt. Die Erweiterung stellt das Einsetzen des Herstellerwertes für das bewertete Schalldämmmaß dar. Dieser Wert wird dann zu dem über die Masseformel ermittelten Wert addiert. Da der Nachweis gegen Trittschall maßgebend ist sind keine weiteren Änderungen der Aufbauten notwendig.

Mit der nun bekannten Schüttungsdicke wird der U-Wert berechnet. Der R-Wert für die Konstruktion wird aus den Herstellerangaben übernommen. Die Berechnungsformel ist zu jener für Betondecken ident. Falls der Grenzwert von $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ nicht erreicht wird, wird eine Wärmedämmung im Aufbau vorgesehen.

Schritt 2: Überprüfung der maximalen Auflast.

Im ersten Schritt wurden die Bauphysikalischen Nachweise geführt und die notwendigen Maßnahmen zu deren Einhaltung festgelegt. Jetzt wird überprüft ob mit dem erforderlichen Aufbau die maximale Auflast nicht überschritten wird. Es werden alle, für die vorgegebene Spannweite zulässigen, Systeme überprüft und das Verhältnis Auflast zu zulässiger Auflast, U-Wert, bewerteter Standard- Trittschallpegel und das bewertete Schalldämmmaß in einer Tabelle ausgegeben.

6.3. Berechnung der HBV Decke

Auch die Berechnung der HBV-Decken erfolgt über mehrere Schritte. Diese werden autonom vom Berechnungsprogramm durchgeführt.

Schritt 1: Setzen der Startwerte für die folgenden Iterationsschritte.

Tabelle 6.: Startwerte für jeden Berechnungsschritt innerhalb der Zyklen

Startwerte der HBV Berechnung	
effektiver Verbindungsmittelabstand s_{ef}	0,18 m
Anzahl Verbindungsmittelreihen n	1
Dicke Betonschicht h_c	0,1 m
Höhe Holzträger h_H	0,2 m
Breite Holzträger h_B	0,2 m
Achsabstand der Träger a	0,7 m

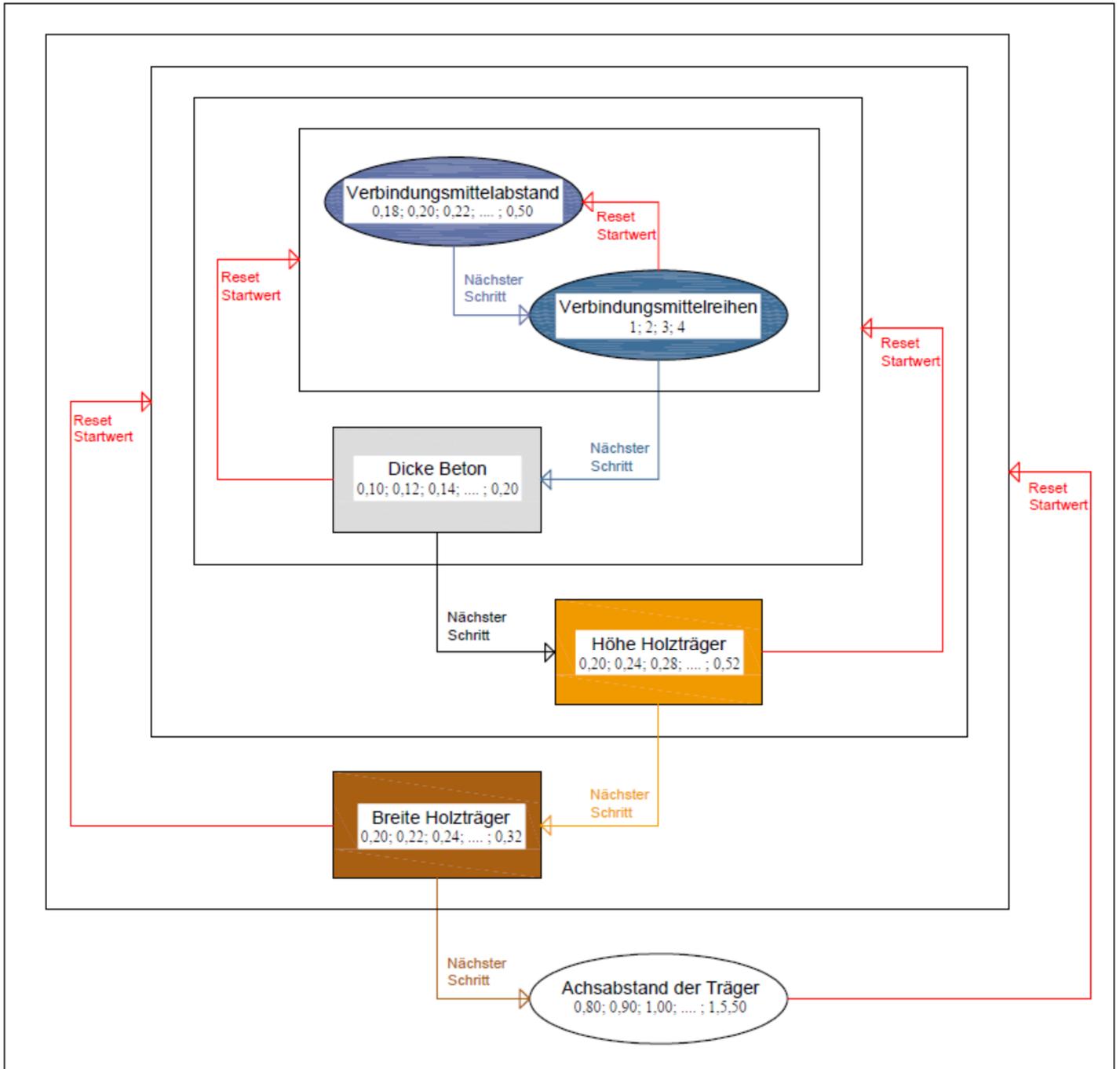


Abbildung 8: Berechnungszyklus

Schritt 2: Berechnung des notwendigen Aufbaus, um die Nachweise Brandschutz, Schallschutz und Wärmeschutz zu erfüllen.

Von der Oberseite wird die Anforderung REI 90 von der mindestens zehn Zentimeter dicken Betonschicht übernommen. Von der Unterseite wird eine abgehängte Decke aus Brandschutzplatten angebracht. Es besteht die Möglichkeit einen Schutz von 30, 60 beziehungsweise 90 Minuten mittels Beplankung herzustellen. Je nach der gewählten Variante muss die restliche Dauer vom Holzträger übernommen werden. [25]

Tabelle 7.: Resultierende Brandbeanspruchung für den Holzträger in Kombination mit Knauf Brandschutzplatten

restliche Branddauer für den Holzträger	
Knauf Brandschutzplatten	Holzträger
2 * 1,25 cm = 30 min	60 min
2 * 1,50 cm = 60 min	30 min
3 * 1,50 cm = 90 min	0 min

Mit der ideellen Abbrandrate können für die restliche Branddauer der Holzträger die Restquerschnitte berechnet werden. Die Abbrandtiefe ergibt sich aus der Summe des Abbrandes für t-Minuten und einem Sicherheitszuschlag von 7 Millimeter. [26] [27]

Mit folgenden Überlegungen kann überprüft werden, ob ein Mischsystem sinnvoll ist:

In Tabelle 8 sieht man die erforderlichen Holzvolumina für einen fiktiven Träger. Mit den Holzpreisen aus Kapitel 7 ergeben sich die Quadratmeterkosten, die den Kosten für das Brandschutzsystem gegenübergestellt werden können (siehe Tabelle 9) Bei Verzicht auf eine Brandschutzverkleidung ist darauf zu achten, dass bei der Holzqualität der „Sichtanspruch“ – somit kann kein Bauholz mit Industriequalität verwendet werden - gewahrt ist. Dieser Umstand muss mit höheren Rohmaterialkosten für Holz berücksichtigt werden.

Tabelle 8.: Zusätzlich erforderliches Holzvolumen zur Einhaltung von R90 für eine Träger 24/40

Holzvolumen aus Abbrand $V = d_{eff} * b + 2 * d_{eff} * (h - d_{eff})$ in m^3/m^2			
Achsabstand in m	30 min	60 min	90 min
0,7	0,04	0,07	0,09
0,8	0,03	0,06	0,08
0,9	0,03	0,05	0,07
1,0	0,03	0,05	0,06
1,1	0,03	0,04	0,06
1,2	0,02	0,04	0,05
1,3	0,02	0,04	0,05
1,4	0,02	0,03	0,05

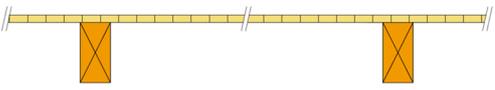
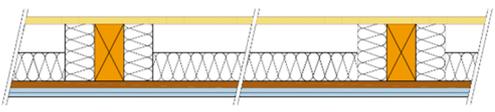
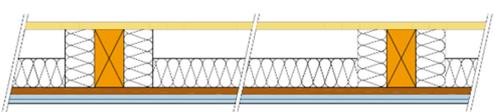
Tabelle 9.: Auswertung des Gesamtpreises Holz und Bepunktung inkl. Lohn für einen Träger 24/40 GL 24 h

Kosten Brandschutz GL 24 h in €/m ²				
Achsabstand in m	Kosten Holz 90	Kosten Holz 60 + Platten 30	Kosten Holz 30 + Platten 60	Kosten Platten 90
0,7	51,98	56,31	52,21	41,41
0,8	45,48	50,99	48,64	40,42
0,9	40,43	46,85	45,86	39,65
1,0	36,38	43,54	43,63	39,03
1,1	33,08	40,84	41,82	38,53
1,2	30,32	38,58	40,30	38,11
1,3	27,99	36,67	39,02	37,75
1,4	25,99	35,03	37,92	37,44

Aus diesen Berechnungen ist ersichtlich, dass ein Mischsystem keine sinnvolle Alternative bildet, deshalb wird der gesamte Brandschutz von Platten übernommen.

Die Nachweise des Luftschallschutzes und des Trittschallschutzes werden analog zu den Nachweisen für die Hohldielen geführt. Als Ausgangswert für den Trittschallschutz der Unterkonstruktion können entweder die Messwerte von Herstellern oder Werte aus anderer Literatur herangezogen werden. Ausgangspunkt dieser Berechnung bilden die Werte aus „Baukonstruktionslehre 4 – Bauphysik“. Für Konstruktionen aus Holzrippendecken, mit abgehängter Decke und Ausfachung der Hohlräume mit Dämmung, können die Ausgangswerte aus der Tabelle 10 entnommen werden. [28]

Tabelle 10: Werte für Trittschallschutz und Luftschallschutz einer Holzrippendecke [28]

Schallschutz von Holzbalken-Rohdecken			
System	Aufbau	Ln,w	Rw
	Holzschalung auf Balken	82 dB	32 dB
	Holzschalung auf Balken, Ausfachung mit Mineralwolle, Befestigung der Brandschutzplatten mit Federschiene	64 dB	55 dB
	Holzschalung auf Balken, Ausfachung mit Mineralwolle, Befestigung der Brandschutzplatten mit Lattung	73 dB	45 dB

Bisher wurden zur Verbesserung des Trittschalldämmmaßes nur die Schüttung, Diagramm 2, und der Estrich inklusive Trittschalldämmung, Diagramm 3, herangezogen. Für die HBV Decke gibt es auch noch die Betonschicht, die berücksichtigt werden muss. Für die Bewertung der Verbesserung durch Aufbringen einer Betonschicht, kann Diagramm 4 verwendet werden. Diese Diagramme wurden auf Basis der in [23] gemessenen Ergebnisse erstellt. Nachdem die Verbesserungen durch Trittschalldämmung und Betondecke eingerechnet wurden, wird das Ergebnis mit einem Korrektursummand, Diagramm 5, und einem Wert für Flankenübertrag beaufschlagt. Falls der Grenzwert von 48 dB nicht eingehalten wird, wird eine erforderliche Schüttung mit Diagramm 2 berechnet. Als Mindestdicke gelten auch hier drei Zentimeter, um Unebenheiten auszugleichen. [29]

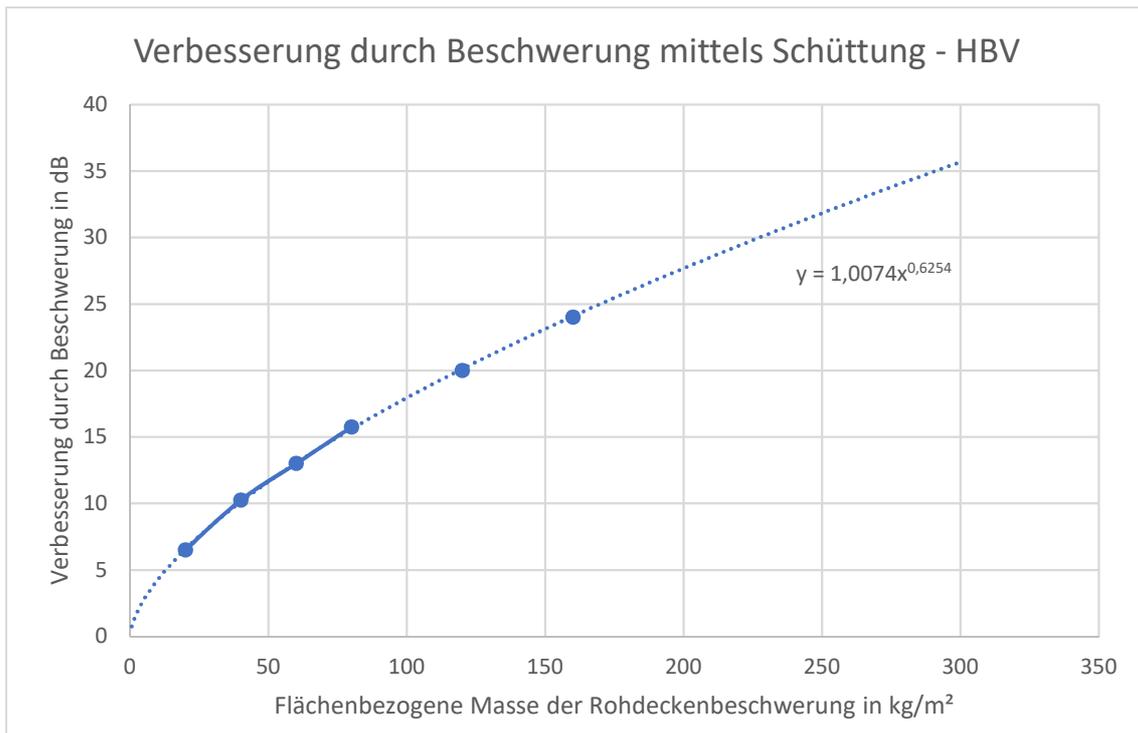


Diagramm 2.: Funktion zur Bewertung der Trittschallverbesserung durch eine Schüttung

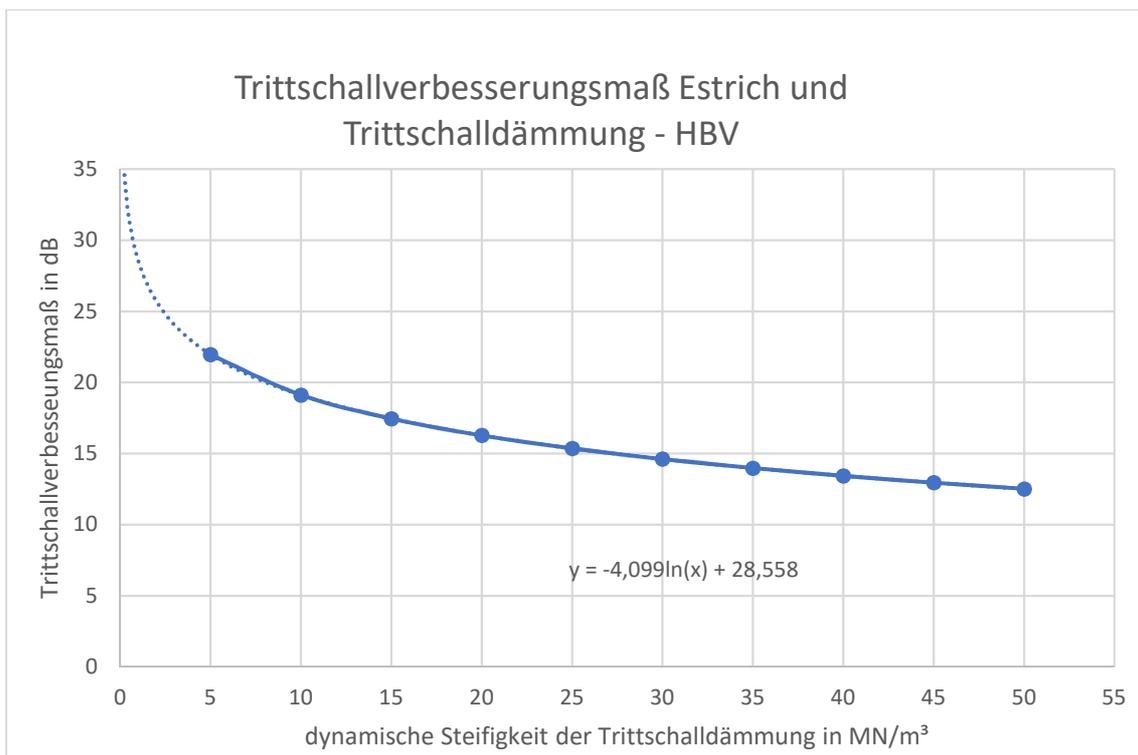


Diagramm 3.: Funktion zur Bewertung der Trittschallverbesserung durch Estrich + Trittschalldämmung

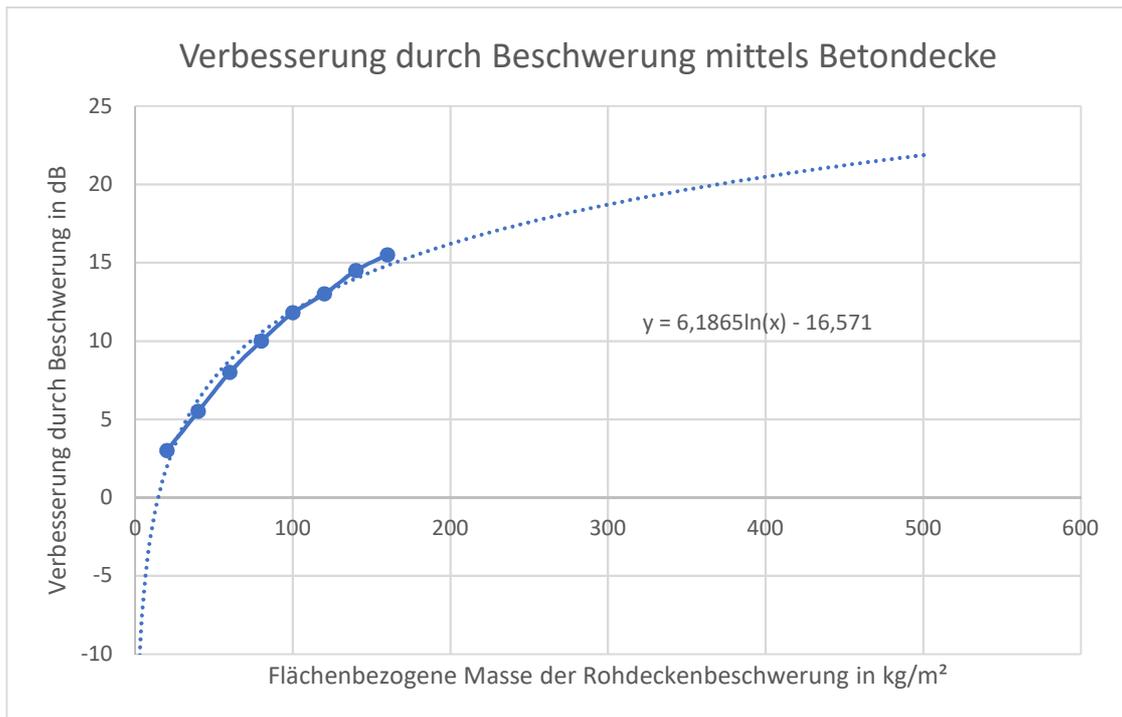


Diagramm 4.: Funktion zur Bewertung der Trittschallverbesserung durch eine Aufbetonschicht

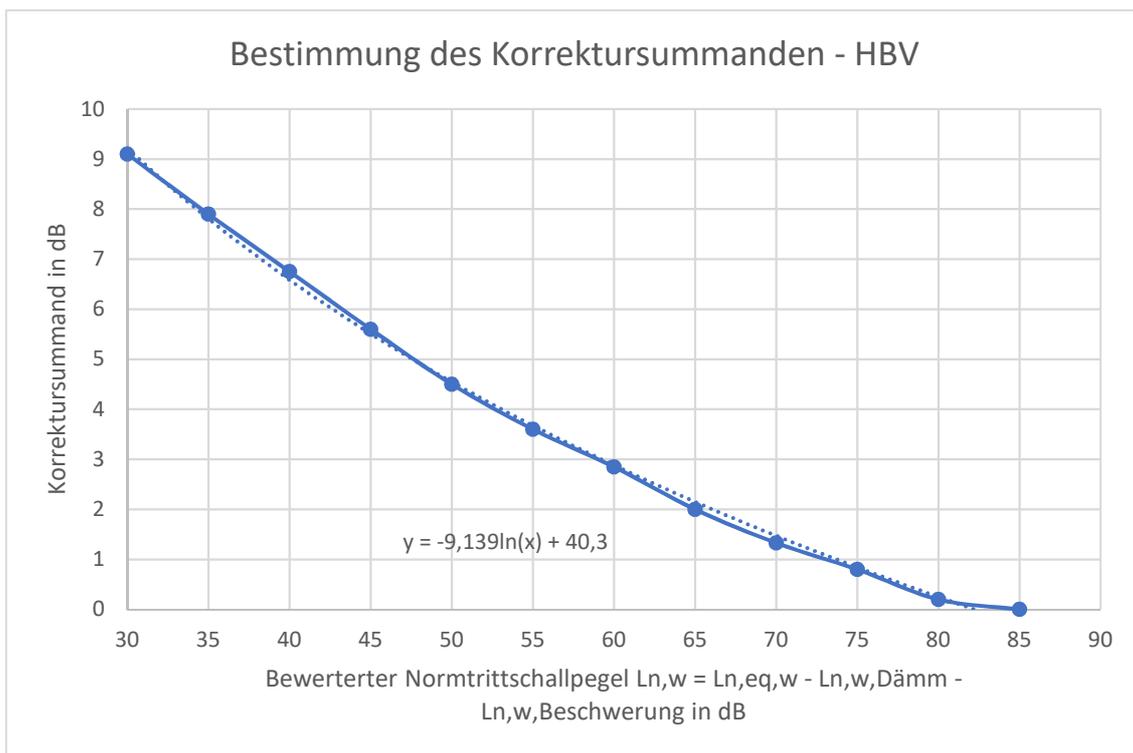


Diagramm 5.: Funktion zur Berechnung des Korrektursummanden

Die Beurteilung des Luftschallschutzes wird analog zu den Hohldielendecken geführt.

Mit den ermittelten Werten für die Aufbauten kann der U-Wert der Konstruktion berechnet werden. Im Zuge der Berechnung des U-Wertes wird auf die inhomogene Schicht der Holzbalken Dämmebene verzichtet, da nur überprüft wird, ob der Grenzwert von $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ eingehalten ist. Für die Einhaltung dieses Kriteriums ist die Dämmeigenschaft der Trittschalldämmung ausreichend.

Schritt 3: Berechnung der Steifigkeiten mittels γ -Verfahrens zu den Zeitpunkten $t=0$, $t=x$ und $t=\infty$ für den Normalzustand, die Quertragrichtung und für den Brandzustand. X bezeichnet den Zeitpunkt, an dem das Kriechen im Beton abgeschlossen ist und das Kriechen im Holz noch nicht begonnen hat.

Die Berechnungsschritte des γ -Verfahrens sind in Kapitel 4 erläutert. Die E-Module der einzelnen Bestandteile, Beton, Verbindungsmittel und Holz, werden zu den einzelnen Zeitpunkten abgemindert. Die Abminderung für Beton erfolgt über die Berechnung der Kriechzahl zum Zeitpunkt unendlich. Für die Abminderung der Verbindungsmittelsteifigkeit und des Holzes werden die Angaben aus den Herstellerzulassungen herangezogen.

Tabelle 11.: Abminderung der E-Module für jeden Betrachtungszeitpunkt.

Nutzungsklasse Zeitpunkt	Beton	Holz	Verbundmittel
Nkl. 1 und 2; $t=0$	E_{cm}	$E_{0,mean}$	$2/3 * K_{ser}$
Nkl. 1 $t=\infty$	$E_{cm} / 3,5$	$E_{0,mean} / 1,6$	$2/3 * K_{ser} / 1,6$
Nkl. 2 $t=\infty$	$E_{cm} / 3,5$	$E_{0,mean} / 3$	$2/3 * K_{ser} / 5$

In Tabelle 11 ist ersichtlich, dass die Verbindungsmittel mit $2/3$ abgemindert werden. Der Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit kann mit K_{ser} , ohne Abminderung, geführt werden. In dieser Arbeit wurde nur die Nutzungsklasse 1 untersucht.

Falls der Brandzustand vom Normalzustand abweicht, muss der Querschnitt abgemindert werden. Von der Trägerhöhe wird die einfache und von der Trägerbreite die doppelte Abbrandtiefe, entsprechend Branddauer, abgezogen. In dieser Arbeit unterscheiden sich die Querschnitte zwischen Normal- und Brandzustand nicht, da die Brandbeanspruchung von Brandschutzplatten übernommen wird.

Schritt 4: Berechnung der Schnittgrößen, Spannungen und der Durchbiegung

Mit den unter Schritt 3 berechneten Querschnittswerten können nun die Teilschnittgrößen, Spannungen und Durchbiegungen berechnet werden. Die Spannungsberechnung wurde bereit in Kapitel 4 erläutert. Die Durchbiegung zum Zeitpunkt unendlich muss nichtmehr mit einem k_{def} -Wert erhöht werden, da bereits mit abgeminderten Steifigkeiten gerechnet wurde. Auf das Ergebnis der Durchbiegungsberechnung muss noch die Durchbiegung zufolge Betonschwindens addiert werden. Die Verkürzung der Betonplatte kann, wie unter 6.1. bereits erläutert mittels ÖNORM EN 1992-1-1 berechnet werden. Die Stauchung der Betonplatte bedingt eine Dehnung des Holzträgers. Über das Hookesche Gesetz kann aus der Betonverkürzung eine Kraft berechnet werden.

$$N_c = \varepsilon_c * E_c * A_c$$

Aus Gleichgewichtsgründen muss die Kraft im Holzbalken gegensinnig zu der Kraft im Betonkörper sein.

$$N_H = -N_c$$

Des Weiteren muss aus der Exzentrizität der beiden Kräfte ein Moment entstehen. Der Hebelarm der Kräfte kann zu a_1 , gemäß Abbildung 3, angenommen werden.

$$M_{ges} = N_c * a_1$$

Das Gesamtmoment kann dann entsprechend der Schnittgrößenverteilung des Gamma Verfahrens auf die Teilquerschnitte aufgeteilt werden. Über die Momenten-Krümmungsbeziehung lässt sich die Krümmung und durch zweimalige Integration die Durchbiegung berechnen.

$$\kappa_H = \frac{M_H}{E_H I_H}$$

$$w_{cs} = \iint_0^{l/2} \kappa_H dx = \kappa_H * \frac{\left(\frac{l}{2}\right)^2}{2}$$

Schritt 5: Nachweisführung und Überprüfung ob alle Nachweise erfüllt sind

Die im Schritt 4 berechneten Spannungen werden den zulässigen Festigkeiten gegenübergestellt. Zur Erfüllung der Durchbiegung muss diese auf ein 250stel der Spannweite begrenzt werden. Der Schwingungsnachweis, gemäß ÖNORM EN 1995-1-1 und ÖNORM B 1995-1-1, wird in drei Stufen geführt:

- Frequenzkriterium: $f_1 \geq 4,5 \text{ Hz}$ und $f_1 \geq 8 \text{ Hz}$
- Beschleunigungskriterium: wenn $4,5 \leq f_1 \leq 8 \text{ Hz}$ mit dem Grenzwert $0,05 \text{ m/s}^2$
- Steifigkeitskriterium: wenn $f_1 \geq 4,5 \text{ Hz}$ mit dem Grenzwert $0,25 \text{ mm}$

Ist bei allen Nachweisen der Ausnutzungsgrad kleiner 1 wird es in die Ergebnissammlung aufgenommen.

Schritt 6: Ausführung der Iterationsschritte bis alle Varianten eines Zyklus überprüft wurden.

Die in Tabelle 6 aufgelisteten Startwerte werden mit den Schrittweiten aus Kapitel 5 erhöht.

Alle funktionierenden Varianten werden in einem eigenen Tabellenblatt gesammelt.

6.4. Eingabewerte

Alle relevanten Eingabe- und Ausgangswerte können dem Anhang entnommen werden. Um nachvollziehen zu können welche Werte in welchem Tabellenblatt eingestellt werden müssen, ist der Name des Unterkapitels gleich dem Namen des Tabellenblattes gewählt. Zum Beispiel finden sich alle Werte die im Tabellenblatt „Menü“ vorgegeben werden, im Anhang im Unterkapitel Menü.

7. Kostenansätze

Die Randbedingungen und Abläufe der Berechnungen sind nun bekannt, somit fehlen für eine gelungene Kostenauswertung nur noch die Kosten der jeweiligen Baustoffe.

7.1. Materialkosten Rohbau

Alle angeführten Preise sind ohne Mehrwertsteuer angegeben.

7.1.1. Beton

Die Betonpreise ergeben sich aus der jeweiligen Druckfestigkeitsklasse und Expositionsklasse. Im Falle dieser Bearbeitung ist die Expositionsklasse immer XC1, was einer Beanspruchung in Innenräumen entspricht.

Tabelle 12.: Betonpreise

Basisbetonpreise für Expositionsklasse XC1	
Druckfestigkeitsklasse	€/m³ exkl. MWSt
C 25/30	75,83
C30/37	79,17
C40/50	89,17

Auf den Basispreis können diverse Aufschläge zugerechnet werden:

- Lieferzone je zu fahrendem Kilometer €/m³
- Besondere Eigenschaft (z.B.: Pumpbeton, reduziertes Schwinden, Luftporengehalt, etc) €/m³
- Sonderleistung (z.B.: Konsistenzklasse, Größtkorn, Zemente und Zusätze) €/m³
- Wintererschwerzuschlag von 1.11 bis 31.3 €/m³
- Lieferzeit außerhalb der Normallieferzeiten von 07:00 bis 16:30 Uhr Pauschale in €
- Mindermengen €/m³
- Entladezeit €/5min
- Restbetonentsorgung €/m³
- Schneekettenpauschale Pauschale in €
- Zuschlag falls eine Autobetonpumpe angefordert wird €/m³
- Betontechnologische Prüfung Pauschale in €
- Zuschlag für Faserbeton, abhängig von Faserart €/m³

Da bei einem geregelten Baustellenbetrieb davon auszugehen ist, dass die Aufschläge für Lieferzeit, Mindermengen, Entladezeit und Restbetonentsorgung nicht schlagend werden, wird auf diese verzichtet. Die Holzbalken werden mittels Krans eingehoben, deshalb kann der Kran nicht gleichzeitig für das Betonieren genutzt werden. Die Zusatzkosten für die Pumpe und Pumpbarkeit müssen eingerechnet werden. Ebenfalls wird angenommen, dass der Rohbau Außerhalb der Wintermonate erfolgt. Da das Gesamtbetonvolumen einer Bestellung unbekannt ist, wird auch eine Beaufschlagung durch betontechnologische Prüfung vernachlässigt.

Es ist davon auszugehen, dass die Zuschläge für die Variante Ortbeton und Verbunddecke gleich sind. In der nachfolgenden Berechnung wird deshalb auf diese verzichtet. [30]

7.1.2. Bewehrung

Die Preise für Baustahl bewegen sich zwischen 1000 und 1333 Euro pro Tonne. Folgende Aufschläge können für Betonstahl angerechnet werden:

- Biegeform	€/Stück
- Frachtkosten Anlieferung	€/Lieferung
- Kranentladung	€/Hub
- Abstandhalter	€/Meter
- Distanzstreifen	€/Tonne
- Blitzschutz	€/Tonne

Die Kosten für die Aufschläge sind sowohl bei der HBV-Decke, als auch bei der Ortbetondecke gleich. Deshalb wird auf diese verzichtet und es wird nur der Basispreis von 1100 Euro pro Tonne angesetzt. [31, 32]

7.1.3. Schalung

Die Materialkosten für das Schalungssystem setzen sich aus den Schaltafeln, dem Schalungsträger und den Deckenstützen zusammen.

Tabelle 13.: Preise Schalung

Schalungssystem Preise exkl. MWSt	
Schaltafel	24 €/m ²
Schalungsträger	9,20 €/lfm
Stütze bis 1000kg	38,50 €/Stk
Stütze bis 2000kg	65,90 €/Stk

Es kann angenommen werden, dass je Quadratmeter 3 Schalungsträger und zwei Stützen erforderlich sind. [33, 34]

Für die verlorene Schalung bei den HBV Decken können entweder Einschicht- oder Dreischichtplatten verwendet werden. In dieser Arbeit wird von der günstigeren Einschichtplatte B27 ausgegangen. [35, 36]

Tabelle 14.: Preise für Holzplatten

Verlorene Schalung	
Fichte	€/m ² exkl. MWSt
Einschichtplatte B 24 mm	28,30
Einschichtplatte B 27 mm	29,80
Dreischichtplatte B* 27 mm	30,25

7.1.4. Holz

Die Holzpreise ergeben sich aus der Art des Trägers und dessen Festigkeitseigenschaften.

Tabelle 15.: Holzpreise

Brettschichtholz	€/m³ exkl. MWSt
GL24h	525,00
GL28h	554,20
GL32h	566,67
GL36h	591,67
Funierschichtholz	€/m³ exkl. MWSt
Baubuche GL70	758,34 bis 991,67
Baubuche GL75	758,34 bis 991,67

Achtung: Bei den Preisen für das Brettschichtholz ist keine Sichtqualität erfüllt. Falls Sichtqualität gewünscht wird, müssen diese Preise um 10 Prozent erhöht werden.

Für den Preis der Baubuche wurde der Mittelwert von 875 Euro angesetzt. [37, 38, 39, 40]

7.1.5. Verbindungsmittel

Die Zulassungen von diversen Verbindungsmitteln wurden bereits weiter oben in Kapitel 2 gegenübergestellt. Als Ausgangswert für die Kostenauswertung werden die Rapid T-CON Schrauben verwendet. Diese bieten bei größter Tragfähigkeit die geringsten Kosten. [27, 41, 42]

Tabelle 16.: Preise Verbindungsmittel

Verbindungsmittel	
SSH	€/Stk exkl. MWSt
Rapid T-CON 155	1,46
Rapid T-CON 205	1,46
SFS	€/Stk exkl. MWSt
VB -48-7,5 x 100	1,95
VB -48-7,5 x 165	2,30
Timco	€/Stk exkl. MWSt
Timco II Schrauben 7,3*150	0,79
Timco III Schrauben 9,5*200	1,14
TiComTec	€/Lfm ohne Kleber exkl. MWSt
HBV-Schubverbinder	2,30

7.1.6. Hohldiele

Die Preise gelten für Hohldielen der Firma Oberndorfer.

Tabelle 17.: Preisliste Firma Oberndorfer 2019

Hohldiele	
Oberndorfer	€/m² exkl. MWSt
VSD-6-20-B	59,55
VSD-6-20-C	67,50
VSD-5-26,5-B	77,40
VSD-5-26,5-C	82,85
VSD-4-32-B	85,30
VSD-4-32-C	94,35
VSD-4-40-B	97,85
VSD-4-40-C	105,00
Anschlussbewehrung	€/to exkl. MWSt
gerade	1245,00
gebogen und geschnitten	1495,00
Bewehrungskörbe	2200,00
Vergussbeton	€/m³ exkl. MWSt
C 50/60	97,50
C 55/67	126,10
Versetzschlaufen	€/Stk exkl. MWSt
4 Stk je Diele	9,50

Zusätzlich fallen Kosten für Aussparungen, Deckenschlitze, statische Leistung und Planauswechslungen an. In dieser Arbeit wird nur ein Deckenelement ohne diese Aufzahlungen betrachtet.

7.2. Materialkosten Ausbau

7.2.1. Belag

Da die Position Belag für alle drei Systeme gleich ist, kann hier kein Preisunterschied entstehen. Deshalb werden die Belagspreise nicht angesetzt.

7.2.2. Estrich

Für alle drei Systeme wird der Estrich mit 5 Zentimeter angenommen, auch hier können keine Abweichungen in den Kosten entstehen und die Kosten für den Estrich werden deshalb vernachlässigt.

7.2.3. Trittschalldämmung

Die dynamische Steifigkeit der Trittschalldämmung ist neben der Schüttung maßgebend für den Trittschallschutz. In allen Varianten wird das Produkt der Firma Rockwool, Floorrock SE, verwendet. Gemäß den Angaben der Firma Rockwool liegen die dynamischen Steifigkeiten zwischen 8 und 30 Meganewton pro Kubikmeter. Diese Steifigkeit ist proportional zur Dicke der Dämmung. Das Produkt mit 30 MN/m³ hat eine Dicke von 15 Millimeter, wird aber aktuell nicht als Standardprodukt verkauft und scheidet deshalb aus.

In der Berechnung wird die Dämmstoffdicken 30 Millimeter untersucht. [43] [44]

Tabelle 18.: Preise für Floorrock SE

Trittschalldämmung Floorrock SE	
dL-c in mm / s' in MN/m³	€/m² excl. MWSt
20 - 5 / 18	2,51
30 - 5 / 11	3,69

7.2.4. Folien

Folien in den Aufbauten sind bei allen Varianten gleich. Ein Unterschied besteht bei der Variante Holz-Beton-Verbund. Es muss die Oberseite der Schalung gegen Feuchtigkeit abgeschirmt werden. Bitumenbahnen kommen für diesen Zweck nicht in Frage, da diese bei den Überlappungsstellen verschweißt werden müssen. Für die Abdichtung der Schalung werden Dachbahnen der Firma Isocell verwendet.

Tabelle 19.: Preise Absperrfolien und Klebstoffe

Folien (Breite 3,00 Meter)	
Dachbahn außen	€/m² excl. MWSt
OMEGA MONO 180	2,67
OMEGA MONO 230	3,93
Klebstoff	€/kg excl. MWSt
OMEGA N55 Bedarf 40g/lfm	17,47
Dampfbremse innen	€/m² excl. MWSt
Timbertex	1,56
Klebeband	€/m excl. MWSt
Timberflex 60 mm	0,73

Da in dieser Arbeit nur Innendecken betrachtet werden, kommt das Produkt Timbertex mit dem Klebeband Timberflex zum Einsatz. [45]

7.2.5. Schüttungen

Die Schüttung dient zum einen als Deckenbeschwerung für den Schallschutznachweis zum anderen als Niveaueausgleich. Als Mindestwert werden drei Zentimeter Schüttung angenommen. Geringere Schüttungen von zwei Zentimeter sind zwar möglich gehören aber nicht zur Regelausführung. Als Schüttung werden zum einen leichte Schüttungen, wie Blähton, zum anderen schwere Schüttungen, wie Sand – Kies – Splitt, verwendet. Für die Berechnung wurde die Werte der Schüttung Liapor- Fit angesetzt. [46, 47, 48]

Tabelle 20.: Preise Schüttgüter

Schüttungen	
Schüttgut	€/m³ excl. MWSt
Liapor fit 500 kg/m ³ ± 50 kg	184,3
Fermacell 400 kg/m ³	320
Schüttgut	€/to excl. MWSt
Sand 1/3 - Kies 1/3 - Splitt 1/3	14,66

7.2.6. Wärmedämmung und Ausfächung

Eine Zusätzliche Wärmedämmung ist für Innendecken im Aufbau nicht notwendig. Zur Schalldämmung werden die Hohlräume mit einer Mineralwolle ausgefacht.

Tabelle 21.: Preise Mineralwolle

Ausfächung	
Isover	€/m² excl. MWSt
UNI Plus 10	13,5

7.2.7. Brandschutzbeplankung

Als Feuerschutzplatten werden die Produkte der Firma Knauf verwendet. [49]

Tabelle 22.: Preise Brandschutzbeplankung System Knauf

Brandschutzbeplankung	
Platten	€/m² excl. MWSt
Feuerschutzplatten F13	5,42
Feuerschutzplatten F15	6,06
Massivbauplatte 20	13,85
Fireboard 12,5	26,88
Fireboard 15	27,80
Diamant-Hartgipsplatte 12,5	9,03
Diamant-Hartgipsplatte 15	12,31
Befestigungssystem	€/Stk excl. MWSt
Schrauben	0,04
Direktabhänger	7,62
Latte Abstand 40 cm	€/m³ excl. MWSt
Konstruktionslatte C24 50 mm	428,00
Profil Abstand 40 cm	€/lfm excl. MWSt
CD-Profil	2,29

Tabelle 23.: Aufbauten je Feuerwiderstandsklasse

Brandschutzbeplankung	
Aufbau	Feuerwiderstandsklasse
1 x Feuerschutzplatte F15	EI 30
2 x Feuerschutzplatte F13	EI 30
1 x Diamant-Hartgipsplatte 15	EI 30
2 x Diamant-Hartgipsplatte 12,5	EI 30
2 x Feuerschutzplatte F15	EI 60
2 x Diamant-Hartgipsplatte 15	EI 60
3 x Feuerschutzplatte F15	EI 90
3 x Diamant-Hartgipsplatte 15	EI 90
2 x Massivbauplatte 20	EI 90

Aus Tabelle 22 und 23 kann man schnell erkennen, dass die Verwendung von Feuerschutzplatten in Kombination mit einer einfachen Lattenbefestigung am günstigsten ist. Werden höhere Ansprüche an den Schallschutz gelegt, dann ist die Verwendung von Direktabhängern sinnvoll. Beim Aufbau für EI 90 können in der Dicke fünf Millimeter, durch die Verwendung von Massivbauplatten, eingespart werden. Ebenfalls ist das Flächengewicht bei der Verwendung von Massivbauplatten geringer, der Materialpreis jedoch höher. Die Berechnungen wurden mit den Feuerschutzplatten F15 und einer Konstruktionslattung geführt.

Tabelle 24.: Lasten je Konstruktionsteil

Brandschutzbeplankung	
Platten	Gewicht in kg/m²
Feuerschutzplatten F13	10,8
Feuerschutzplatten F15	12,3
Massivbauplatte 20	17,8
Fireboard 12,5	10,7
Fireboard 15	12,4
Diamant-Hartgipsplatte 12,5	12,8
Diamant-Hartgipsplatte 15	15,9
Befestigungssystem	Gewicht in kg/Stk
Schrauben	0,0016
Direktabhängler	0,042
Latte Abstand 40 cm	Gewicht in kg/m³
Konstruktionslatte C24 50 mm	500
Profil Abstand 40 cm	Gewicht in kg/lfm
CD-Profil	0,56

7.3. Lohnkosten

Die Lohnkosten werden als Produkt von Aufwandswerten für die einzelnen Gewerke und den Mittellohnkosten errechnet. Die Mittellohnkosten können mit Hilfe des K3 Blattes berechnet werden, dieses kann dem Anhang entnommen werden.

7.3.1. Aufwandswerte

Die Aufwandswerte werden aus der Diplomarbeit „Holzleichtbeton -Verbundbauweise – eine wirtschaftliche Vergleichsbetrachtung zu herkömmlichen Deckensystemen“ von Manuel Stanzel übernommen. [50] [51]

Schalungsarbeiten:

- Deckenstützenaufstellen 0,80 h/m²
- Schalung Untersicht herstellen 0,40 h/m²
- Randschalung herstellen 1,20 h/m²
- Schalung reinigen und ölen 0,05 h/m²

Bewehrungsarbeiten:

- Matten verlegen 5,00 h/to
- Stabstahl verlegen 12 h/to bis 24 h/to
- Distanzstreifen verlegen 0,03 h/m²

Betonage:

- Betonieren 0,40 h/m²
- Rütteln und abziehen 0,05 h/m²
- Nachbehandlung 0,05 h/m²

Fertigteile:

- Hohldiele versetzen 2,00 h/Stk

Holzbalken:

- Holzbalken versetzen 1,00 h/Stk

Brandschutzbeplankung:

- Unterkonstruktion herstellen 0,10 h/m²
- Anbringen Feuerschutzplatten 0,10 h/m² je Lage

Verbindungsmittel:

- Verbundschrauben setzen 0,01 bis 0,05 h/Stk

Aufbauten:

- Trennfolie verlegen 0,04 h/m²
- Trittschalldämmung verlegen 0,095 h/m²
- Schüttung 2,40 h/to

- Verlegen Timberflex 0,06 h/m²
- Ausfachung Hohlräume 0,10 h/m²

7.3.2.Mittellohnkosten

Der Mittellohn lässt sich mit Hilfe des K3 Blattes berechnen. Ausgangswert der Berechnung sind die kollektivvertraglichen Löhne. Abhängig von der Zusammensetzung ihrer Arbeitspartie ergibt sich ein kollektivvertraglicher Mittellohn. Dieser wird in den Schritten B bis G, des K3-Blattes, auf einen Mittellohn erhöht. In diesen wird das unproduktive Personal umgelegt, Aufzahlungen aus Zusatzkollektivverträgen, Mehrarbeit und Erschwernissen berücksichtigt und ein überkollektivvertraglicher Mehrlohn, sowie andere abgabepflichtige Lohnbestandteile eingerechnet. Um die Mittellohnkosten zu erhalten müssen in den Schritten I bis L die gesetzlich geregelten Lohnnebenkosten auf den Mittellohn addiert werden. Auf die Berechnung des Mittellohnpreises wird in dieser Arbeit verzichtet, da lediglich die Kosten betrachtet werden und sich die Zuschläge, um den Preis zu erhalten, von Unternehmen zu Unternehmen unterscheiden. [52] [53]

Auf Basis der Unterlagen wird von einem Mittellohn von 40€/h ausgegangen. Die oben angeführten Unterlagen wie K3-Blatt, kollektivvertraglicher Lohn und Lohnnebenkosten sind im Anhang zu finden.

8. Ergebnisse und ableitbare Erkenntnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Deckensysteme einzeln aufgeführt und analysiert. Besonders wird darauf geachtet, die maßgebenden Kostentreiber heraus zu arbeiten.

8.1. Ortbetondecken

8.1.1. Berechnung der Preise

In Kapitel 7 wurden die Materialkosten und Aufwandswerte vorgestellt. In diesem Unterkapitel werden die Berechnungsschritte erläutert, wie die Ausgangskosten und Aufwandswerte zu verknüpfen sind.

Tabelle 25: Beispiel für die Materialkosten einer Betondecke in €/m² excl. MwSt.

Material Trittschall	Material Schüttung	Material Aufbau	Material Beton	Material Bewehrung	Material Schalung	Material Konstruktion	Material Gesamt
3,69 €/m ²	5,53 €/m ²	9,22 €/m ²	31,85 €/m ²	11,49 €/m ²	21,22 €/m ²	64,56 €/m ²	73,78 €/m ²

Material Trittschall: Kosten kommen direkt aus den Materialkosten für die Trittschalldämmung, die in Euro pro Quadratmeter angegeben sind.

Floorrock SE 30 – 5 3,69€/m²

Material Schüttung: Die Dicke der Schüttung wird mit den Kosten der Schüttung in Euro pro Kubikmeter multipliziert.

Liapor fit 184,3 €/m³

Material Beton: Die Materialkosten in Euro pro Kubikmeter werden mit der Deckendicke multipliziert.

C 25/30 75,83 €/m³

Material Bewehrung: Da die Bewehrung über die Länge abgestuft wird werden zuerst die Bewehrungsflächen pro Meter Deckenbreite mit der gesamten Stablänge inklusive Verankerungslänge multipliziert. Dieser Wert wird durch die Spannweite der Decke dividiert und mit der Dichte von Bewehrungsstahl multipliziert. Da die Kosten von Bewehrungsstahl in Euro pro Tonne verrechnet werden kann der erhaltene Wert mit den Kosten multipliziert werden. Die Kosten für den Bewehrungsstahl werden jetzt noch um 20 Prozent erhöht, um die erforderliche Querbewehrung zu berücksichtigen.

Bst 550 1100 €/to

Material Schalung: Die Kosten für die Schalung hängen stark von dem gewählten Schalungssystem ab. Diese Wahl wird in der Regel von dem auf der Baustelle eingesetztem Polier und seiner Arbeitspartie gewählt. Für die Kalkulation in diesem Projekt wurde ein herkömmliches Schalungssystem gewählt. Die Materialkosten für dieses Schalungssystem setzen sich aus drei Komponenten zusammen:

- Kosten für Schaltafeln 24 €/m²
- Kosten für Schalungsbalken 9,20 €/l/m
- Kosten für Stützen 38,50 €/Stk

Zur Berechnung der Kosten in Euro pro Quadratmeter werden folgende Annahmen getroffen. Pro Quadratmeter werden drei Schalungsbalken benötigt, zwei Querbalken und einem Längsbalken. Für die Unterstellung werden dann weiters zwei Stützen pro Quadratmeter vorgesehen. Das Schalungssystem kann grundsätzlich immer wieder verwendet werden. Da sich aber bei allen

Komponenten ein Verschleiß einstellt werden die Kosten für die Tafel durch drei, die Kosten für die Balken durch fünf und die Kosten für die Stützen durch zehn dividiert.

Tabelle 26: Beispiel für die Lohnkosten einer Betondecke in €/m² excl. MwSt.

Lohn Trittschall	Lohn Schüttung	Lohn Aufbau	Lohn Beton	Lohn Bewehrung	Lohn Schalung	Lohn Konstruktion	Lohn Gesamt
3,80 €/m ²	1,44 €/m ²	5,24 €/m ²	20,00 €/m ²	40,10 €/m ²	50,00 €/m ²	110,10 €/m ²	115,34 €/m ²

Auf Basis der Mittellohnkosten von 40 Euro pro Stunde ergeben sich die Lohnkosten mittels der Verwendung von Aufwandswerten.

Lohn Trittschall: Multiplikation des Aufwandswert mit den Mittellohnkosten

Aufwandswert Trittschall 0,095 h/m²

Lohn Schüttung: Berechnung der Masse an Schüttung je m². Multiplikation mit Mittelloh und Aufwandswert.

Aufwandswert Schüttung 2,4 h/to

Lohn Beton: Aufwandswerte für die Betonage bestehen aus drei Teilen.

- Aufwand betonieren 0,40 h/m²
- Aufwand rütteln und abziehen 0,05 h/m²
- Aufwand Nachbehandlung 0,05 h/m²

Als Basis dieser Aufwandswerte wird eine 20 Zentimeter dicke Stahlbetondecke angenommen. So können die Aufwände je berechneter Deckendicke erhöht werden. Ab 50 Zentimeter ist außerdem eine Grenze erreicht, ab der die Betonage unterbrochen werden muss. Ist das Ergebnis einer Berechnung also eine Deckenstärke größer 50 Zentimeter müssen die Kosten für die Bewehrung um einen Faktor x erhöht werden, der den Bedarf an Verbundbewehrung wiedergibt.

Lohn Bewehrung: Der Lohnkostenanteil der Bewehrung stellt das größte Fragezeichen in den Ergebnissen dar. Grundsätzlich wurden die Kosten, wie auch für die anderen Kostenanteile, mittels Aufwandswerten berechnet. Diese Arbeiten werden jedoch heute von Subfirmen ausgeführt, die mit einer Pauschale für Material und Arbeit bezahlt werden. In dieser Arbeit werden deshalb die Kosten mit und ohne Lohnanteil für die Bewehrung angegeben.

Aufwandswert Stabstahl: 12 h/to

Lohn Schalung: Anders als die Bewehrungsarbeiten werden die Schalungsarbeiten nach wie vor von den Baufirmen selbst durchgeführt. Die Kosten ergeben sich aus vier Teilen.

- Aufwand Stützen aufstellen 0,80 h/m²
- Aufwand Balken auflegen 0,20 h/m²
- Aufwand Schalung auflegen 0,20 h/m²
- Aufwand Reinigung und ölen 0,05 h/m²

8.1.2. Spannweite 8 Meter

Die erforderliche Mindestdeckenstärke beträgt 42 Zentimeter. Hier ist der Gebrauchstauglichkeitsnachweis für die Durchbiegung maßgebend. Die Möglichkeit einer Deckenüberhöhung wurde in der Berechnung nicht in Betracht gezogen. Die Kosten für die Deckenkonstruktion teilen sich wie im folgenden Diagramm dargestellt auf. Materialkosten für die aus Trittschalldämmung und Schüttung bestehenden Aufbauten ergeben sich zu 9,22 €/m². Hinzu kommen auch noch 5,24 €/m² Lohnkosten (Gesamt: 14,46 €/m²). Diese Werte werden im Folgenden als Referenzwerte herangezogen, da es sich um das Minimum der Kosten für den Aufbau handelt.

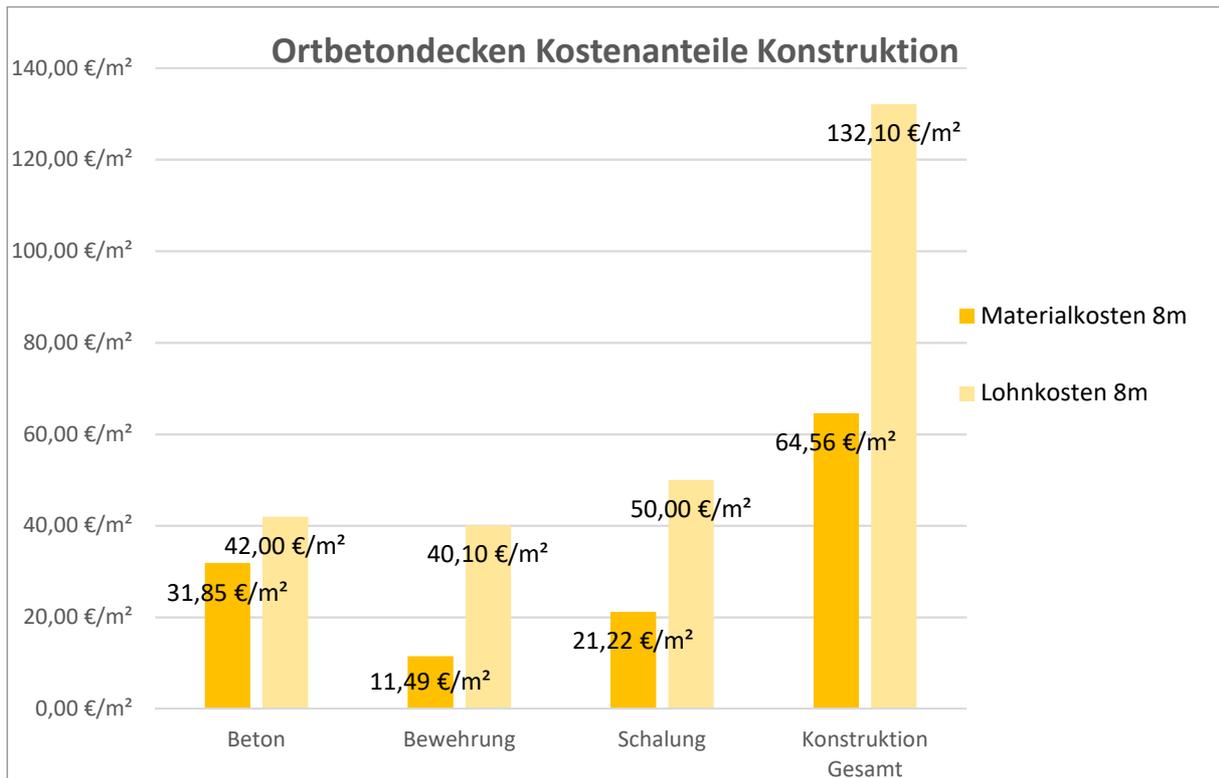


Diagramm 6: Kostenanteile für die Konstruktion einer Ortbetondecke mit 8 m Spannweite

In Diagramm 6 ist klar ersichtlich, dass der Hauptkostenanteil im Beton steckt. Interessant ist, dass der Lohnkostenanteil auf alle drei Arbeitsschritte in etwa gleich verteilt ist. Der geringe Anteil an Bewehrungskosten beruht darauf, dass es keine obere Lage gibt und somit nur eine geringe Bewehrungsmenge anfällt.

Für die Konstruktion ergeben sich also folgende Spezifikationen:

Tabelle 27: Technische Daten Ortbetondecke Spannweite 8 Meter

Spannweite	Flächengewicht inkl. Aufbau	Deckenstärke	Deckenstärke inkl. Aufbau
8,00 m	12,29 kN/m ²	0,42 m	0,55 m

Tabelle 28: Kostendaten Ortbetondecke Spannweite 8 Meter

		ohne Lohn Bewehrung	Delta
Materialkosten	73,78 €/m ²	73,78 €/m ²	0,00 €/m ²
Lohnkosten	137,34 €/m ²	97,24 €/m ²	40,10 €/m ²
Gesamtkosten	211,12 €/m ²	171,02 €/m ²	40,10 €/m ²

8.1.3. Spannweite 10 Meter

Auch bei der Variante mit 10 Meter Spannweite ist der Referenzaufbau mit 14,46 €/m² ausreichend.

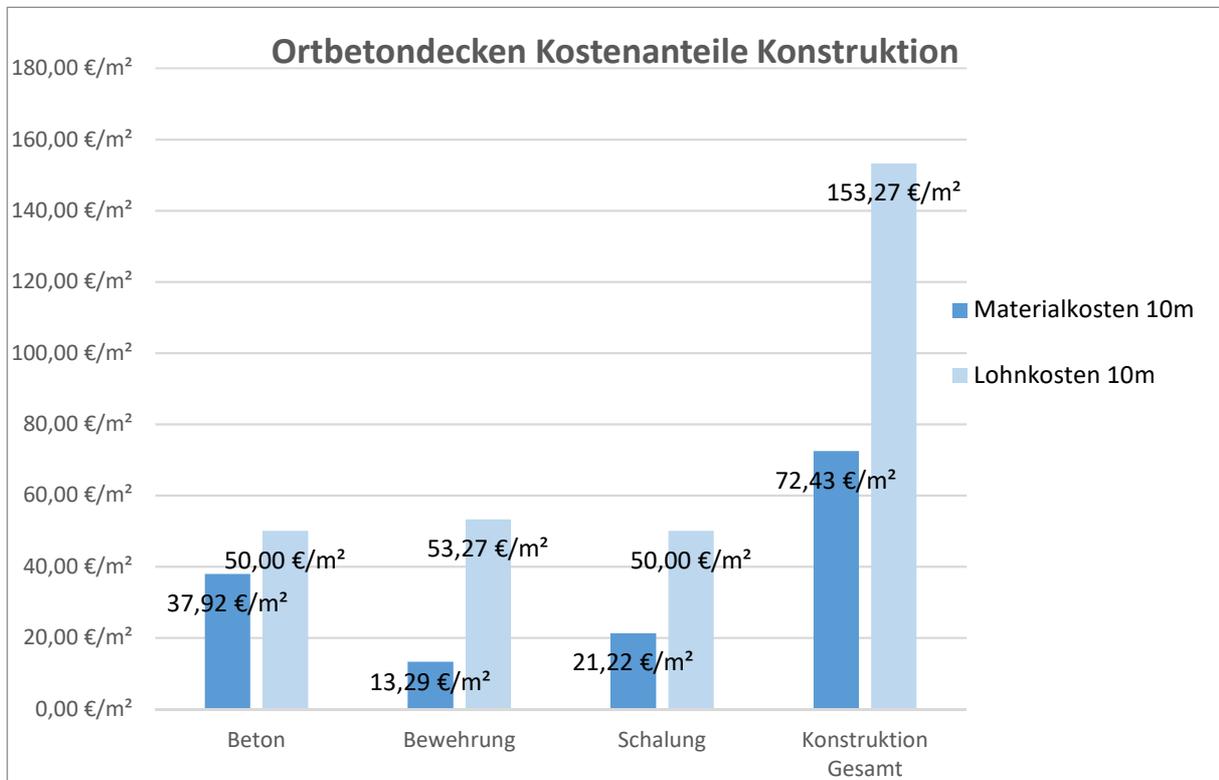


Diagramm 7: Kostenanteile für die Konstruktion einer Ortbetondecke mit 10 m Spannweite

Die Kostenverteilung stellt sich bei der Variante gleich zur kürzeren Spannweite von acht Metern dar. Auffallend ist, dass sich bei dem Schalungsanteil nichts verändert hat. Das resultiert daraus, dass die Randschalung unberücksichtigt ist.

Tabelle 29: Technische Daten Ortbetondecke Spannweite 10 Meter

Spannweite	Flächengewicht inkl. Aufbau	Deckenstärke	Deckenstärke inkl. Aufbau
10,00 m	14,29 kN/m ²	0,50 m	0,63 m

Tabelle 30: Kostendaten Ortbetondecke Spannweite 10 Meter

		ohne Lohn Bewehrung	Delta
Materialkosten	81,65 €/m ²	81,65 €/m ²	0,00 €/m ²
Lohnkosten	158,51 €/m ²	105,24 €/m ²	53,27 €/m ²
Gesamtkosten	240,16 €/m ²	186,89 €/m ²	53,27 €/m ²

8.1.4. Spannweite 12 Meter

Auch bei der Variante mit 12 Meter Spannweite ist der Referenzaufbau mit 14,46 €/m² ausreichend.

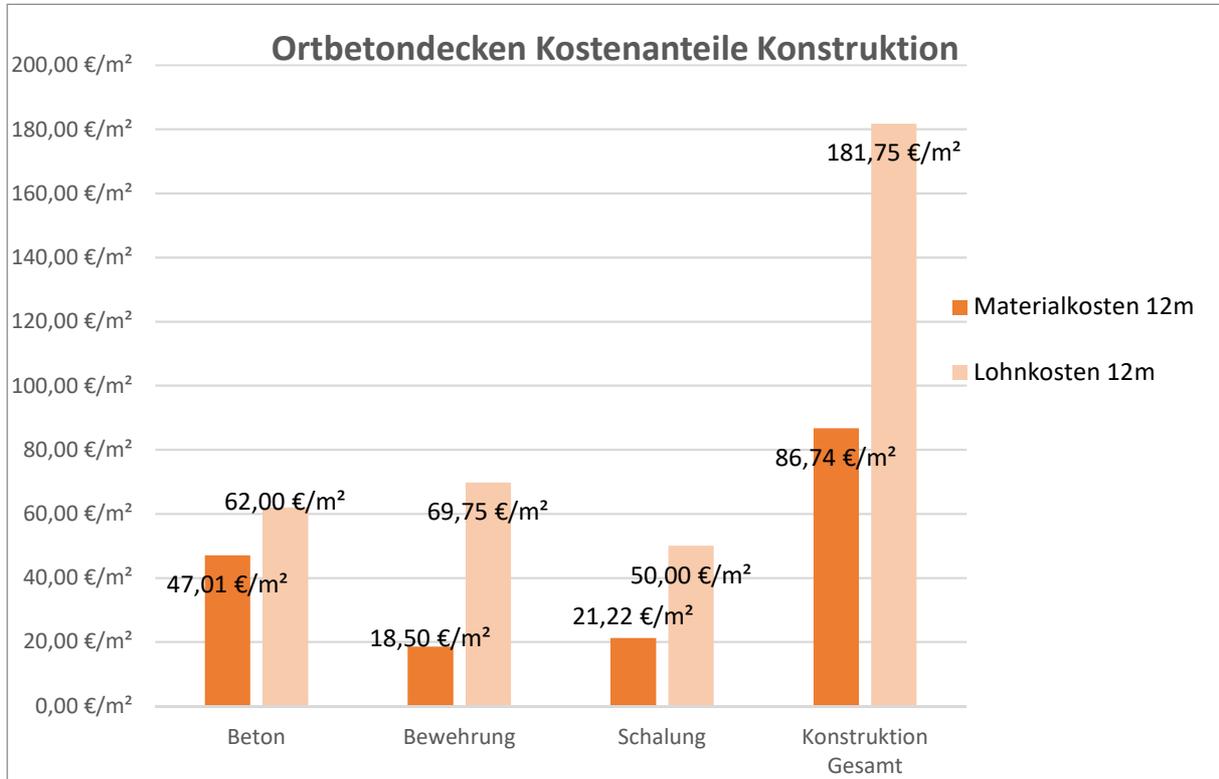


Diagramm 8: Kostenanteile für die Konstruktion einer Ortbetondecke mit 12 m Spannweite

Auch hier sind bei den Kosten die gleichen Trends zu erkennen. Wichtig anzumerken ist, dass die Menge und der Aufwand bei der Bewehrung um zehn Prozent erhöht wurde. Diese Erhöhung resultiert aus dem Umstand, dass die Deckenstärke größer als 50 Zentimeter ist und somit eine Anschlussbewehrung zwischen den einzelnen Betonagelagen erforderlich wird. Dieser Umstand resultiert daraus, dass nicht das gesamte Frischbetongewicht aufgenommen werden kann. Somit wird zuerst die Decke bis zur Hälfte betoniert und diese anschließend nach Erhärten als Schalung genutzt.

Tabelle 31: Technische Daten Ortbetondecke Spannweite 12 Meter

Spannweite	Flächengewicht inkl. Aufbau	Deckenstärke	Deckenstärke inkl. Aufbau
12,00 m	17,29 kN/m ²	0,62 m	0,75 m

Tabelle 32: Kostendaten Ortbetondecke Spannweite 12 Meter

		ohne Lohn Bewehrung	Delta
Materialkosten	95,96 €/m ²	95,96 €/m ²	0,00 €/m ²
Lohnkosten	186,99 €/m ²	117,24 €/m ²	69,75 €/m ²
Gesamtkosten	282,95 €/m ²	213,20 €/m ²	69,75 €/m ²

8.1.5. Vergleich aller Spannweiten

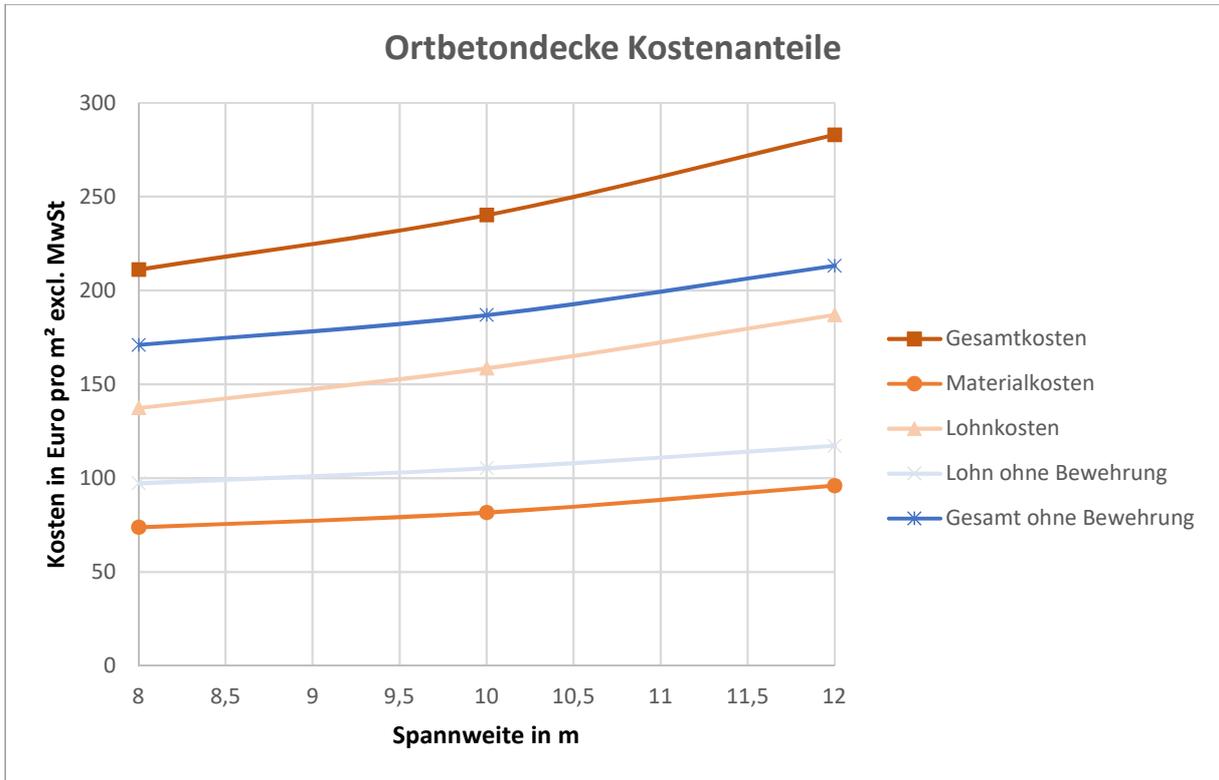


Diagramm 9: Entwicklung der Kosten über die Spannweite

Während der Materialaufwand fast linear mit der Spannweite steigt, nimmt der Aufwand beim Lohn mit der Spannweite deutlich steiler zu. Dieser Umstand leitet sich aus dem immer größer werdenden Aufwand bei Konstruktionen deren Deckenstärke größer als 50 Zentimeter ist ab. Dieser Aufwand steigt vor allem in der Sparte Bewehrung, wie die dunkelblaue Linie im Vergleich zur dunkelroten Linie zeigt.

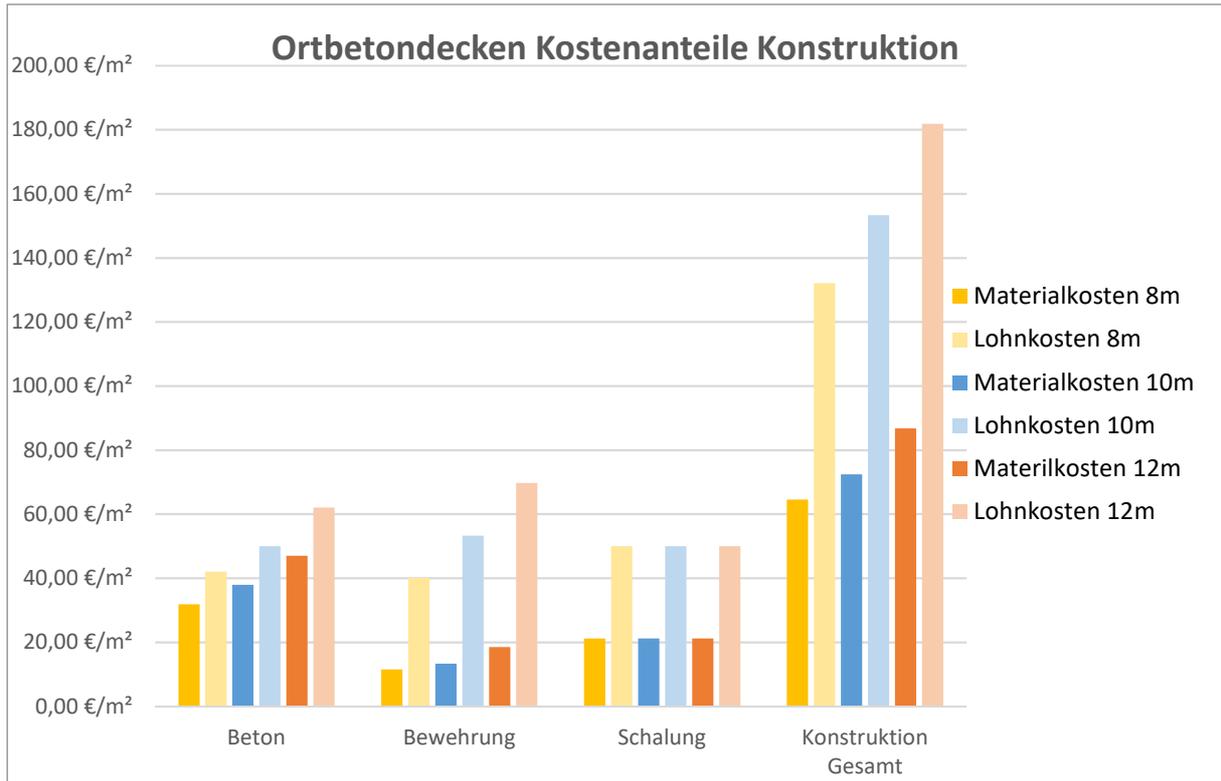


Diagramm 10: Kostenanteile für die Konstruktion einer Ortbetondecke

Auch der Vergleich der einzelnen Sparten zeigt den deutlichen Anstieg im Bereich Bewehrung. Die Kosten für Beton verhalten sich annähernd linear und die Kosten im Schalungsbereich, wegen der Vernachlässigung der Randschalung, bleiben konstant.

8.2. Hohldielendecken

Die Preisberechnung erfolgt mit den Herstellerangaben, die in Kapitel 7 aufgelistet wurden.

8.2.1. Berechnung der Preise

Tabelle 33: Beispiel für die Materialkosten einer Hohldielendecke in €/m² excl. MwSt.

Material Trittschall	Material Schüttung	Material Aufbau	Material Vergussbeton	Material Bewehrung	Material Schalung	Material Element	Material Konstruktion	Material Gesamt
3,69 €/m ²	23,04 €/m ²	26,73 €/m ²	0,73 €/m ²	1,13 €/m ²	11,14 €/m ²	65,65 €/m ²	78,65 €/m ²	105,38 €/m ²

Material Trittschall: Kosten kommen direkt aus den Materialkosten für die Trittschalldämmung, die in Euro pro Quadratmeter angegeben sind.

Floorrock SE 30 – 5 3,69€/m²

Material Schüttung: Die Dicke der Schüttung wird mit den Kosten der Schüttung in Euro pro Kubikmeter multipliziert.

Liapor fit 184,3 €/m³

Material Vergussbeton: Die Materialkosten in Euro pro Kubikmeter werden mit dem Verbrauch von Vergussbeton gemäß den Herstellerangaben multipliziert.

C 50/60 97,50 €/m³

VSD-6-20-C 7,50 l/m²

VSD-5-26,5-B 11,00 l/m²

VSD-5-26,5-C 11,00 l/m²

Material Bewehrung: Zur Berechnung der Anschlussbewehrung wird davon ausgegangen, dass die geringen Vergussbereiche einen hohen Bewehrungsanteil haben. Für den Bewehrungsanteil wird ein Wert in Kilogramm pro Kubikmeter angenommen (siehe unten). Die Gesamttonnage wird durch Multiplikation mit der Menge an Vergussbeton berechnet. Die Preise für den Bewehrungsstahl, der mitgeliefert wird, sind um 100 € pro Tonne höher als die Kosten bei der Ort betonvariante.

Bewehrungsanteil 125 kg/m³

Bst 550 1200 €/to

Material Schalung: Da es sich bei Hohldielen um im Werk vorgefertigte Fertigteile handelt, ist faktisch keine Schalung erforderlich. Dennoch wird Schalung für die Vergussfugen benötigt.

- Kosten für Schaltafeln 24 €/m²

- Kosten für Schalungsbalken 9,20 €/lfm

- Kosten für Stützen 38,50 €/Stk

Zur Berechnung der Kosten in Euro pro Quadratmeter werden folgende Annahmen getroffen. Pro Quadratmeter wird ein Schalungsbalken benötigt. Für die Unterstellung wird dann weiters eine Stütze pro Quadratmeter vorgesehen. Als Schalungsfläche werden 20 Zentimeter pro Meter vorgesehen. Das Schalungssystem kann grundsätzlich immer wieder verwendet werden. Da sich aber bei allen Komponenten ein Verschleiß einstellt, werden die Kosten für die Tafel durch drei, die Kosten für die Balken durch fünf und die Kosten für die Stützen durch zehn dividiert.

Material Element: Die Preise für das Element setzen sich aus den Kosten für das Element selbst und für die für den Einbau nötigen Versetzschlaufen zusammen. Pro Element sind vier Schlaufen notwendig.

VSD-6-20-C	63,55 €/m ²
VSD-5-26,5-B	72,90 €/m ²
VSD-5-26,5-C	78,05 €/m ²
Versetzschlaufen	2,38 €/Stk

Tabelle 34: Beispiel für die Lohnkosten einer Hohldiendecke in €/m² excl. MwSt.

Lohn Trittschall	Lohn Schüttung	Lohn Aufbau	Lohn Vergussbeton	Lohn Bewehrung	Lohn Schalung	Lohn Element	Lohn Konstruktion	Lohn Gesamt
3,80 €/m ²	6,00 €/m ²	9,80 €/m ²	0,75 €/m ²	0,45 €/m ²	20,67 €/m ²	17,44 €/m ²	39,31 €/m ²	49,11 €/m ²

Auf Basis der Mittellohncosten von 40 Euro pro Stunde ergeben sich die Lohnkosten mittels der Verwendung von Aufwandswerten.

Lohn Trittschall: Multiplikation des Aufwandswerts mit den Mittellohncosten

Aufwandswert Trittschall 0,095 h/m²

Lohn Schüttung: Berechnung der Masse an Schüttung je m². Multiplikation mit Mittellohn und Aufwandswert.

Aufwandswert Schüttung 2,4 h/to

Lohn Beton: Aufwandswerte für die Betonage bestehen aus drei Teilen.

- Aufwand betonieren 0,40 h/m²
- Aufwand rütteln und abziehen 0,05 h/m²
- Aufwand Nachbehandlung 0,05 h/m²

Wie bei der Berechnung der Ortbetondecken wird auch hier von einer 20 Zentimeter starken Decke ausgegangen. Somit werden die Kosten für die Betonage mit einem Verhältnis Vergussbeton zu 20 Zentimeter multipliziert.

Lohn Bewehrung: Die Bewehrungsarbeiten berechnen sich über die Multiplikation von Aufwandswert, Tonnage und Mittellohncosten.

Aufwandswert Stabstahl: 12 h/to

Lohn Schalung: Die Schalungsarbeiten werden wegen dem geringeren Aufwand abgemindert. Schalung auflegen und reinigen werden durch den Faktor 5 dividiert. Da nur ein Balken pro m² erforderlich ist, gilt hier der Faktor 3 und für die Stützen der Faktor 2.

- Aufwand Stützen aufstellen 0,80 h/m²
- Aufwand Balken auflegen 0,20 h/m²
- Aufwand Schalung auflegen 0,20 h/m²
- Aufwand Reinigung und ölen 0,05 h/m²

Lohn Element: Die Lohnkosten für die Elemente setzen sich aus der Lieferpauschale mit Energiekostenzuschlag und den Kosten für das Versetzen des Elementes zusammen. Für eine Lieferung wird eine Menge von vier Hohldielen angenommen.

Transport LKW 330 €/Ladung

Ergebnisse und ableitbare
Erkenntnisse

Hohldielendecken

Energiekostenzuschlag

19,85 €/Lieferung

Hohldiele versetzen

2,00 h/Stk

8.2.2. Spannweite 8 Meter

Für eine Spannweite von 8 Meter können zwei Lösungen angegeben werden. Zum einen wird eine Hohldiele VSD-6-20-C verwendet, zum anderen der nächstgrößere Typ VSD-5-26,5-B. Bei der ersten der beiden ist, um den geforderten Trittschallschutz zu erfüllen, eine Schüttung von 12,50 Zentimeter erforderlich. Unter der Auswertung der Ortbetondecken wurden die Kosten für Trittschalldämmung und Schüttung mit 14,46 €/m² angegeben. Wegen der dickeren Schüttung liegen die Kosten dieser Variante bei 36,53 €/m². Somit ergibt sich ein Unterschied von 22,07 €/m². Bei der nächstgrößeren Hohldiele ist wieder der Standarttyp mit den Aufbaukosten 14,46 €/m² ausreichend, das Element ist aber teurer. In Diagramm 11 und 12 sind die Kostenanteile der beiden Varianten gegenübergestellt.

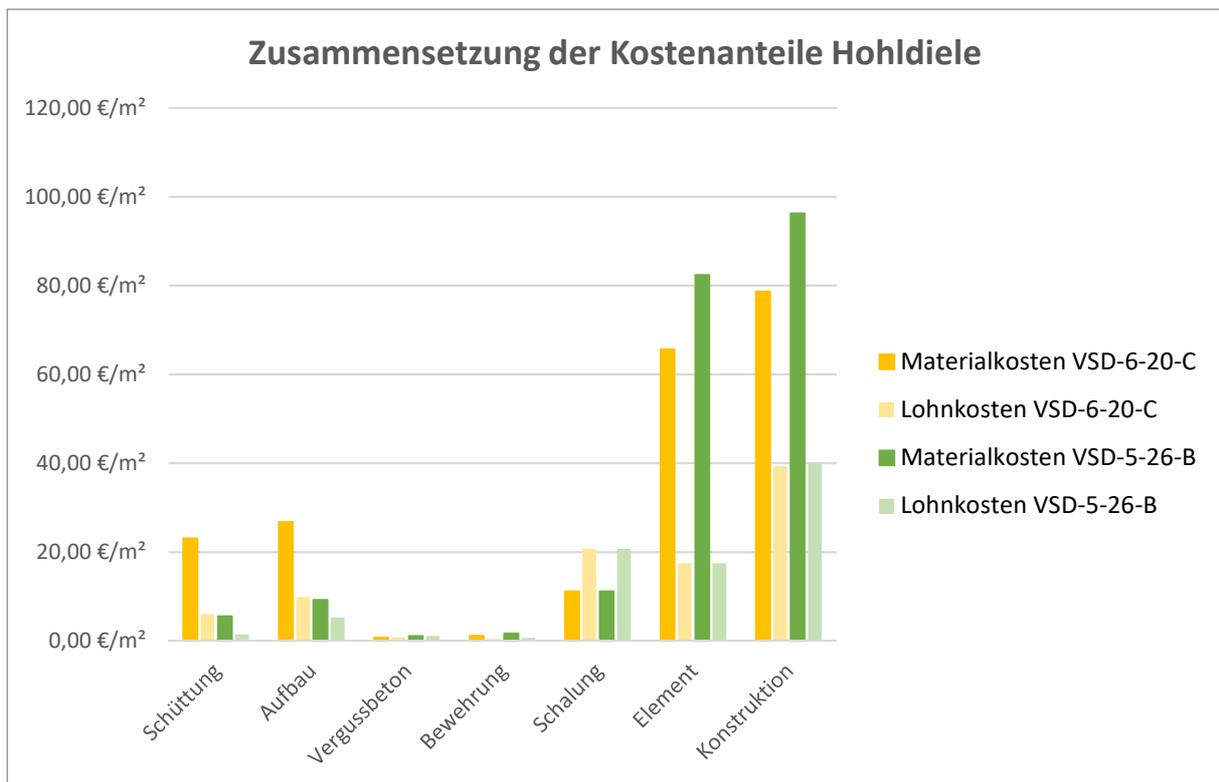


Diagramm 11: Kostenanteile für die Konstruktion einer Hohldielendecke mit 8m Spannweite

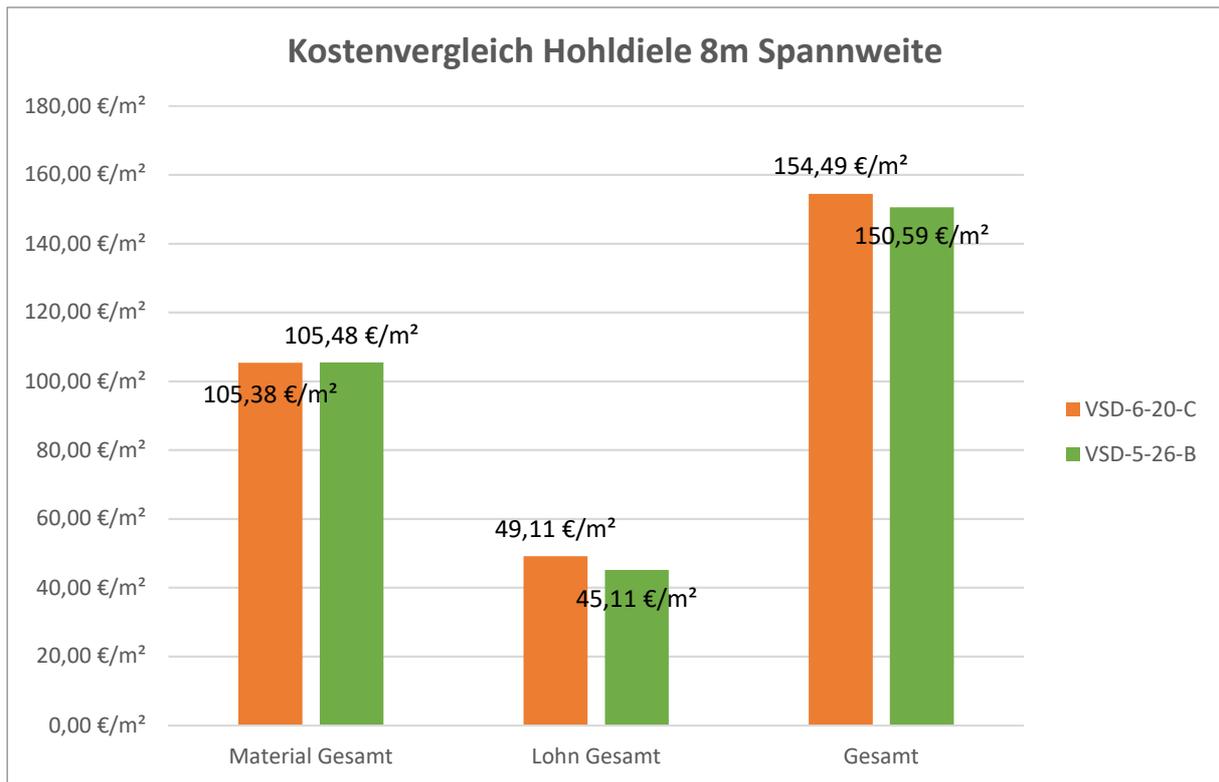


Diagramm 12: Gegenüberstellung der aufsummierten Kostenanteile für Hohldielen mit einer Spannweite von 8m

Die Materialkosten aus der dickeren Schüttung und dem teureren Element heben sich quasi auf. Es bleibt ein Unterschied von zehn Eurocent. Beim Lohn sind die Kosten für die Schüttung aber deutlich höher als ein mögliches Kostengegengewicht auf Seiten der teureren Hohldiele. Beim Typ VSD-5-26-B steigt zwar der Verbrauch von Vergussbeton und Bewehrung, der Aufwand für Schalung, Lieferung und Einbau bleiben aber gleich. Am Ende bleibt ein Unterschied von 3,90 Euro pro Quadratmeter.

Für die Konstruktion ergeben sich also folgende Spezifikationen:

Tabelle 35: Technische Daten Hohldiele VSD-6-20-C

Spannweite	Flächengewicht inkl. Aufbau	Deckenstärke	Deckenstärke inkl. Aufbau
8,00 m	5,11 kN/m ²	0,20 m	0,42 m

Tabelle 36: Technische Daten Hohldiele VSD-5-26-B

Spannweite	Flächengewicht inkl. Aufbau	Deckenstärke	Deckenstärke inkl. Aufbau
8,00 m	5,54 kN/m ²	0,27 m	0,39 m

Bei dem Kriterium der Flächenlast schneidet die Hohldiele VSD-6-20-C trotz des höheren Aufbaus leicht besser ab. Der dickere Aufbau führt aber auch dazu, dass im Kriterium der Konstruktionshöhe die Hohldiele VSD-5-26-B besser abschneidet. Beide Varianten sind aber deutlich leichter und schlanker als die Variante aus Ortbeton.

Tabelle 37: Kostendaten Hohldiele VSD-6-20-C und VSD-5-26-B

	VSD-6-20-C	VSD-5-26-B
Materialkosten	105,38 €/m ²	105,48 €/m ²
Lohnkosten	49,11 €/m ²	45,11 €/m ²
Gesamtkosten	154,49 €/m ²	150,59 €/m ²

8.2.3.Spannweite 10 Meter

Bei einer Spannweite von zehn Metern war das Ergebnis wieder eindeutig. Hier ist das Modell VSD-5-26-B das preisgünstigste. Die Kosten setzen sich analog zur Variante mit acht Metern Spannweite zusammen, stellen sich durch die größere Spannweite aber noch günstiger dar. Dieser Effekt spiegelt sich vor allem in den Lohnkosten für den Einbau des Elements wieder, da mit dem Einbau eines Elements eine größere Fläche fertiggestellt wird.

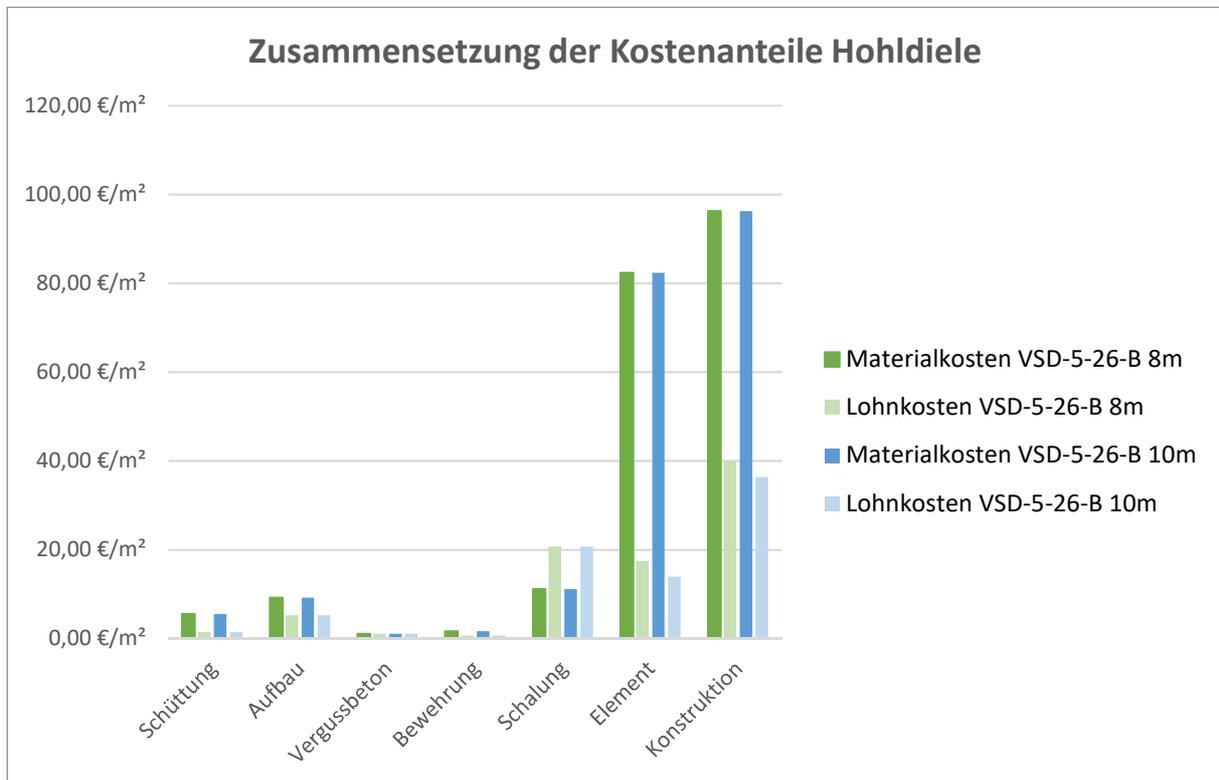


Diagramm 13: Entwicklung der Kostenanteile einer Hohldiele VSD-5-26-B für die Spannweiten 8 und 10 Meter.

In Diagramm 13 ist sehr gut erkennbar, dass sich der Kostenunterschied nur in den Lohnkosten für das Element ändert. Die Kosten ergeben sich aus Fixkosten für Lieferung und Elementeinbau, bei denen durch die jeweilige Elementfläche dividiert wird.

Die technischen Daten für den Hohldielen Typ finden sich in Tabelle 35.

Tabelle 38: Kostendaten Hohldiele VSD-5-26-B Spannweite 8 und 10 Meter

	VSD-5-26-B 8m	VSD-5-26-B 10m
Materialkosten	105,48 €/m ²	105,48 €/m ²
Lohnkosten	45,11 €/m ²	41,62 €/m ²
Gesamtkosten	150,59 €/m ²	147,10 €/m ²

8.2.4. Spannweite 12 Meter

Um eine Spannweite von zwölf Metern überbrücken zu können, muss ein Hohldielentyp mit einer höheren Tragfähigkeit gewählt werden. In diesem Fall handelt es sich um den Typ VSD-5-26-C. Der Aufbau für diese Hohldiele entspricht dem Referenzaufbau.

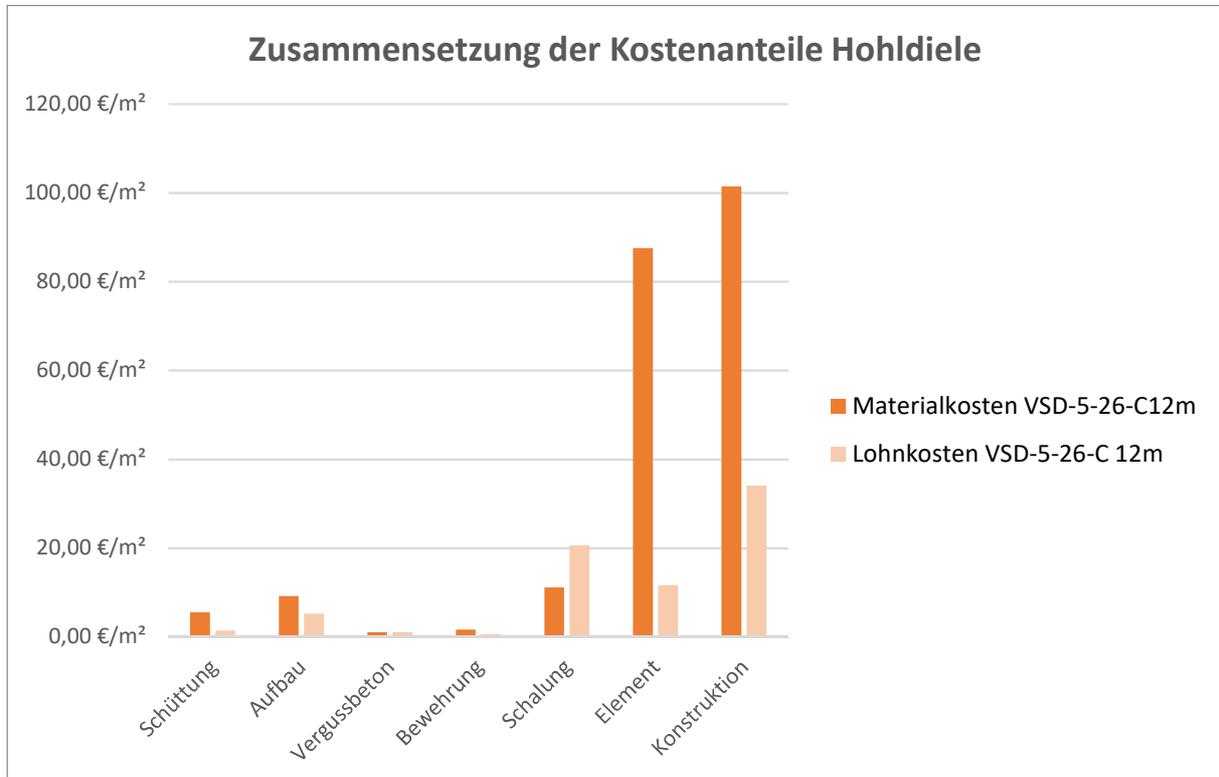


Diagramm 14: Entwicklung der Kostenanteile einer Hohldiele VSD-5-26-B für die Spannweiten 12 Meter.

Wie bei den vorherigen Varianten steckt der Großteil der Kosten im Element selbst. Die Lohnkosten für den Einbau haben sich, bezogen auf die Quadratmeter Fläche, reduziert, da eine noch größere Fläche eingebaut wird. Diesen Effekt war schon bei der Spannweite für zehn Meter im Vergleich zur acht Meter Variante erkennbar (siehe Diagramm 13).

Tabelle 39: Technische Daten Hohldiele VSD-5-26-C

Spannweite	Flächengewicht inkl. Aufbau	Deckenstärke	Deckenstärke inkl. Aufbau
12,00 m	5,54 kN/m ²	0,27 m	0,39 m

Tabelle 40: Kostendaten Hohldiele VSD-5-26-C

	VSD-5-26-C 12m
Materialkosten	110,63 €/m ²
Lohnkosten	39,30 €/m ²
Gesamtkosten	149,93 €/m ²

8.2.5. Vergleich aller Spannweiten

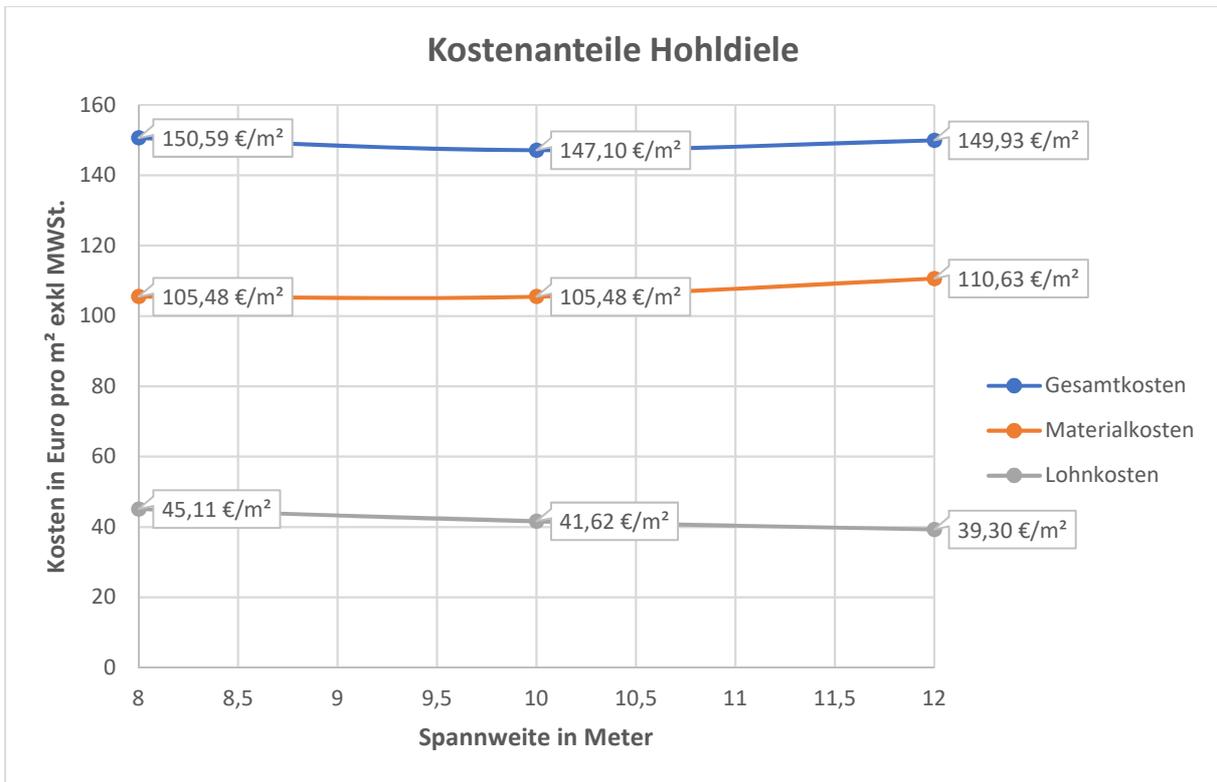


Diagramm 15: Entwicklung der Kosten über die Spannweite

Im Vergleich zu herkömmlichen Ortbetondecken, bei denen die Preise fast linear mit der Deckenstärke steigen, kommt es bei den Hohldielen zu einem anderen Trend. Die Lohnkosten sinken mit steigender Spannweite und auch die Materialpreise stagnieren zwischenzeitlich. Somit ergibt sich bei einer Spannweite von zehn Meter quasi ein Kostenoptimum.

Da man bei einer reinen Betrachtung der Kosten pro Quadratmeter den Eindruck erhält, dass das Produkt bei einer Spannweite von zehn Meter günstiger ist als das Produkt bei acht Meter Spannweite, sind im nächsten Diagramm, die Gesamtkosten je Element und Spannweite angegeben. Somit ist klar ersichtlich, dass die Kosten bei größeren Spannweiten steigen, aber gleichzeitig eine größere Fläche hergestellt wird.

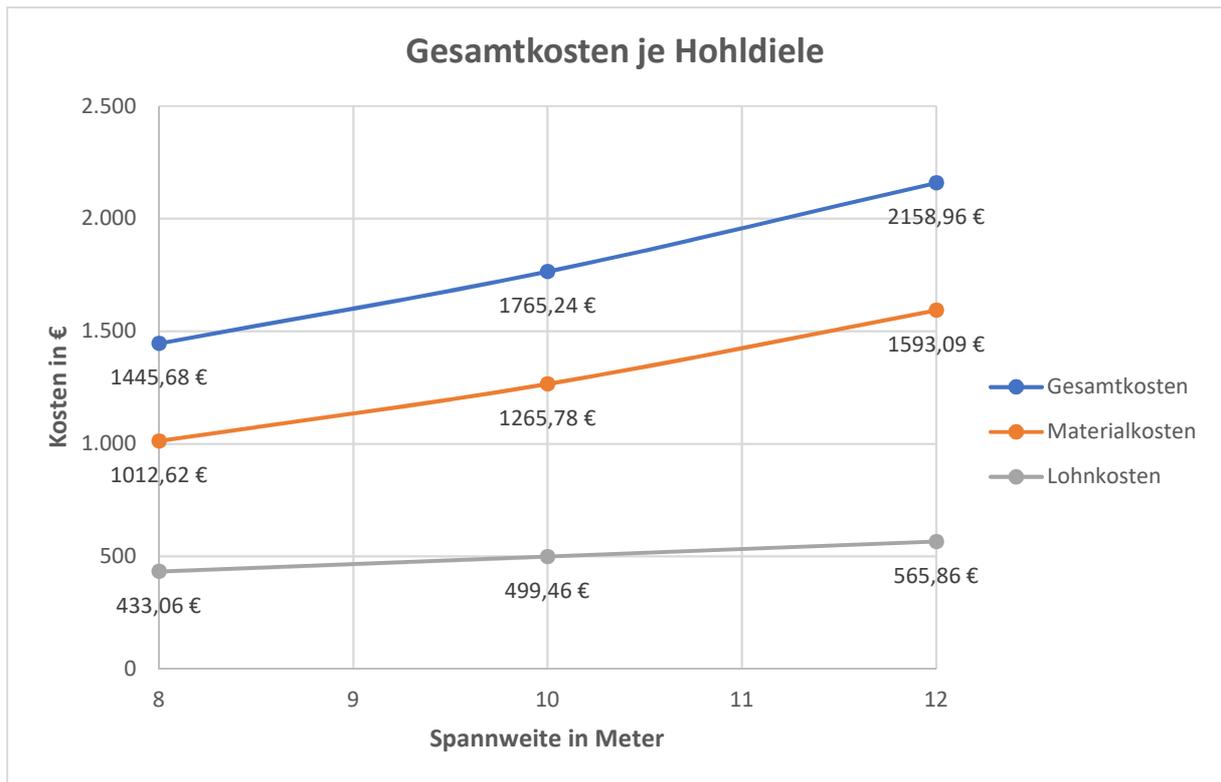


Diagramm 16: Gesamtkosten je Hohldiele

8.3. Holz-Beton-Verbunddecken

In der Auswertung der Ergebnisse werden immer drei Varianten dargestellt:

- Geringste Gesamthöhe
- Geringste Lohnkosten
- Geringste Gesamtkosten

Falls die geringsten Materialkosten nicht mit der Variante der geringsten Gesamtkosten übereinstimmen, wird auch diese Variante dargestellt. Für eine bessere Übersicht werden zuerst die Kostenpunkte der mit der geringsten und der höchsten Holzgüte betrachtet. Anhand dieser Ergebnisse lassen sich schnell die wichtigsten Kostentreiber herausfiltern.

8.3.1. Berechnung der Preise

Die Berechnung der Preise der HBV-Konstruktionen ist die mit Abstand aufwendigste, da diese von den meisten Parametern abhängt.

Tabelle 41: Beispiel für die Materialkosten im Aufbau einer HBV-Decke in €/m² excl. MwSt.

Material Trittschall	Material Schüttung	Material Folie	Material Ausfachung	Material Brandschutz	Material Aufbau
3,69 €/m ²	5,53 €/m ²	1,85 €/m ²	10,13 €/m ²	24,03 €/m ²	45,23 €/m ²

Tabelle 42: Beispiel für die Materialkosten der Konstruktion einer HBV-Decke in €/m² excl. MwSt.

Material Beton	Material Bewehrung	Material Schalung	Material Verbindungsmittel	Material Holz	Material Konstruktion
9,10 €/m ²	9,05 €/m ²	36,90 €/m ²	20,53 €/m ²	126,00 €/m ²	201,58 €/m ²

Material Trittschall: Kosten kommen direkt aus den Materialkosten für die Trittschalldämmung die in Euro pro Quadratmeter angegeben sind.

Floorrock SE 30 – 5 3,69€/m²

Material Schüttung: Die Dicke der Schüttung wird mit den Kosten der Schüttung in Euro pro Kubikmeter multipliziert.

Liapor fit 184,3 €/m³

Material Folie: Um die Holzschalung gegen Feuchte abzusperren muss eine Folie aufgelegt werden. Es wird angenommen, dass pro Meter zwei Verklebungen angebracht werden müssen. Die Kosten für die Verklebung werden deshalb mal zwei genommen und mit der Spannweite multipliziert. Die Kosten für die Folie werden mit der Deckenfläche multipliziert und zu den Kosten für das Klebeband addiert. Anschließend werden die gesamten Kosten wieder durch die Deckenfläche dividiert.

Timbertex 1,56 €/m²

Timberflex 60 mm 0,72 €/m

Material Ausfachung: für die Ausfachung der Hohlräume wird Mineralwolle verwendet. Diese Kosten sind bereits in €/m² angegeben und müssen noch mit der Restbreite der Achsabstände multipliziert werden.

Isover UNI Plus 10 13,50 €/m²

Material Brandschutz: Die Brandschutzbeplankung setzt sich aus mehreren Teilen zusammen. Zum einen aus den Konstruktionslatten für die Unterkonstruktion, zum anderen aus den Feuerschutzplatten und den Schrauben zur Befestigung. Die Konstruktionslatten bestehen aus

Holz C24 und haben die Abmessungen 10/5 alle 40 Zentimeter. Zur Befestigung der Platten dienen jeweils 4 Schrauben je Lattenkreuzung um drei Platten zu befestigen.

Feuerschutzplatten F15	6,06 €/m ²
Schrauben	0,04 €/Stk
Latten C24	428 €/m ³

Material Beton: Die Materialkosten in Euro pro Kubikmeter werden mit der Deckendicke multipliziert.

C 25/30	75,83 €/m ³
---------	------------------------

Material Bewehrung: Es kommen Bewehrungsmatten zum Einsatz. Die Kosten im Vergleich zu Stabstahl ändern sich aber nicht.

Bst 550	1100 €/to
---------	-----------

Material Schalung: Als verlorene Schalung werden Einschichtplatten B 27 mm verwendet. Anders als bei den Schalungskosten der Ortbetondecken können die Schaltafeln nicht wiederverwendet werden. Ebenfalls wird angenommen, dass die Deckentrame unterstellt werden und bei Achsabständen über einem Meter auch Schalungsbalken erforderlich sind.

- Kosten für Einschichtplatte B 27 mm	29,80 €/m ²
- Kosten für Schalungsbalken	9,20 €/lfm
- Kosten für Stützen	38,50 €/Stk

Die Wiederverwendbarkeit von Balken und Stützen wird gleich wie bei den Ortbetondecken angenommen.

Material Verbindungsmittel: Die Kosten für die Verbindungsmittel ergeben sich aus der Stückzahl, die über den effektiven Verbindungsmittelabstand und die Reihenanzahl berechnet werden. Anschließend wird mit der Trägeranzahl für die Deckenbreite multipliziert und durch die Deckenfläche dividiert.

Rapid T-CON 205	1,46 €/Stk
-----------------	------------

Material Holz: Die Holzkosten werden mit den m³ Preisen je Holzart errechnet. Anschließend wird das Volumen eines Trägers berechnet, mit der Stückzahl der Träger multipliziert und durch die Deckenfläche dividiert.

GL24h	525,00 €/m ³
GL28h	554,20 €/m ³
GL32h	566,67 €/m ³
GL36h	591,67 €/m ³
GL75	1050 €/m ³

Tabelle 43: Beispiel für die Lohnkosten im Aufbau einer HBV-Decke in €/m² excl. MwSt.

Lohn Trittschall	Lohn Schüttung	Lohn Folie	Lohn Ausfachung	Lohn Brandschutz	Lohn Aufbau
3,80 €/m ²	1,44 €/m ²	2,40 €/m ²	3,00 €/m ²	16,00 €/m ²	26,64 €/m ²

Tabelle 44: Beispiel für die Lohnkosten der Konstruktion einer HBV-Decke in €/m² excl. MwSt.

Lohn Beton	Lohn Bewehrung	Lohn Schalung	Lohn Verbindungsmittel	Lohn Holz	Lohn Konstruktion
12,00 €/m ²	1,65 €/m ²	28,80 €/m ²	16,88 €/m ²	6,25 €/m ²	65,57 €/m ²

Auf Basis der Mittellohncosten von 40 Euro pro Stunde ergeben sich die Lohnkosten mittels der Verwendung von Aufwandswerten.

Lohn Trittschall: Multiplikation des Aufwandswert mit den Mittellohncosten

Aufwandswert Trittschall 0,095 h/m²

Lohn Schüttung: Berechnung der Masse an Schüttung je m². Multiplikation mit Mittellohn und Aufwandswert.

Aufwandswert Schüttung 2,4 h/to

Lohn Folie: Multiplikation des Aufwandswerts mit den Mittellohncosten

Aufwandswert Folieren 0,06 h/m²

Lohn Ausfachung: Zur Berechnung der Kosten wird die Fläche des Hohlraums mit Aufwandswert und den Mittellohncosten multipliziert. Abschließend wird durch die Deckenfläche dividiert

Aufwandswert Ausfachung 0,10 h/m²

Lohn Brandschutz: Die Brandschutzbeplankung muss in mehreren Arbeitsschritten hergestellt werden.

- Aufwand Unterkonstruktion 0,10 h/m²

- Aufwand Platten je Lage 0,10 h/m²

Lohn Beton: Aufwandswerte für die Betonage bestehen aus drei Teilen.

- Aufwand betonieren 0,40 h/m²

- Aufwand rütteln und abziehen 0,05 h/m²

- Aufwand Nachbehandlung 0,05 h/m²

Als Basis dieser Aufwandswerte wird, wie bei den Ortbetondecken, eine 20 Zentimeter dicke Stahlbetondecke angenommen. Da es sich hierbei um die maximal betrachtete Deckenstärke handelt, können die Aufwände je berechneter Deckendicke abgemindert werden.

Lohn Bewehrung: Da bei den HBV-Decken Matten verlegt werden steigt die Leistung deutlich. Dies spiegelt sich im Aufwandswert wieder.

Aufwandswert Stabstahl: 5 h/to

Lohn Schalung: Für die Schalungsarbeiten werden die gleichen Aufwandswerte wie für die Betondecken angenommen. Es wird weiters davon ausgegangen, dass für Achsabstände unter einem Meter nur 60% des Aufwands besteht. Ebenfalls entfällt der Aufwand für reinigen und ölen komplett.

- Aufwand Stützen aufstellen 0,80 h/m²

- Aufwand Balken auflegen 0,20 h/m²

- Aufwand Schalung auflegen 0,20 h/m²

Lohn Verbindungsmittel: Die Anzahl der Verbindungsmittel wird mit Aufwand und Lohnkosten multipliziert. Anschließend wird durch die Deckenfläche dividiert.

Aufwand Schraube setzen 0,03 h/Stk

Lohn Holz: Der Lohnanteil des Holzes entsteht durch das Auflegen der Deckenbalken. Die Stückzahl der Balken wird mit den Aufwandswerten und Mittellohnkosten multipliziert. Anschließend wird durch die Deckenfläche dividiert.

Aufwand Balken verlegen 1 h/Stk

8.3.2. Spannweite 8 Meter

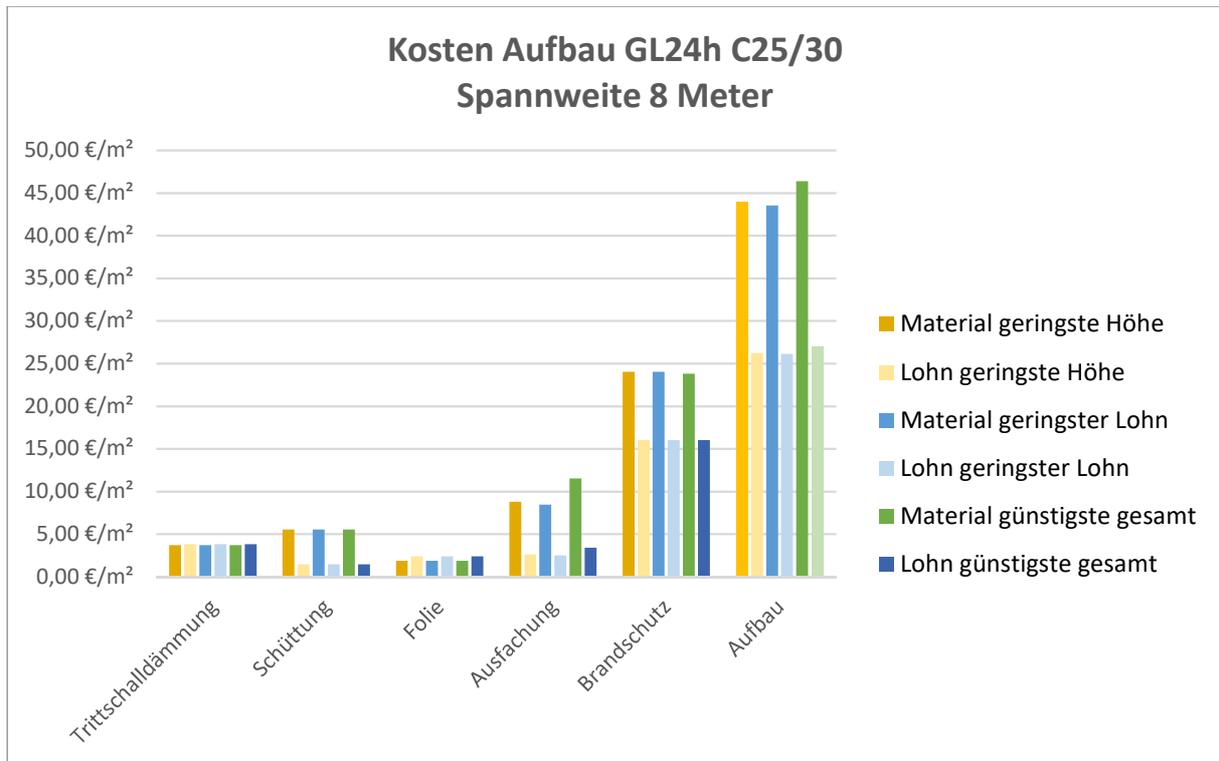


Diagramm 17: Spannweite 8 Meter Kosten im Aufbau für die Systeme GL24h C25/30

In der Kostenverteilung für den Aufbau fällt auf, dass die Kosten von Material und Lohn bei der Variante mit den geringsten Gesamtkosten am höchsten sind. Dieser Umstand kommt deshalb zustande, weil der Trägerabstand bei der preiswertesten Variante am größten ist und deshalb die höchsten Kosten für die Ausfachung anfallen. Ebenfalls reduzieren sich die Kosten für das Brandschutzsystem. Dieser Umstand resultiert aus dem größer werdenden Trägerabstand und den dadurch weniger werdenden Anschlagpunkte für die Platten. Auch wenn sich die Kosten leicht reduzieren, bleibt der Anteil des Brandschutzsystems, mit Abstand am größten. Die Kosten für Trittschalldämmung Schüttung und Folien sind bei allen Varianten gleich. Für Trittschalldämmung und Schüttung gilt der, unter der Auswertung der Ortbetondecken definierte, Referenzaufbau (siehe Kapitel 8.1.2.). Zu Abweichungen in den Kosten zu den Betondecken kann es deshalb nur durch Anteile aus Folie Ausfachung und Brandschutz kommen.

Die Kosten der Aufbauten für die Variante mit der geringsten Höhe und der Variante mit den geringsten Lohnkosten sind qualitativ identisch. Somit muss der Unterschied in den Kosten für die Konstruktion liegen.

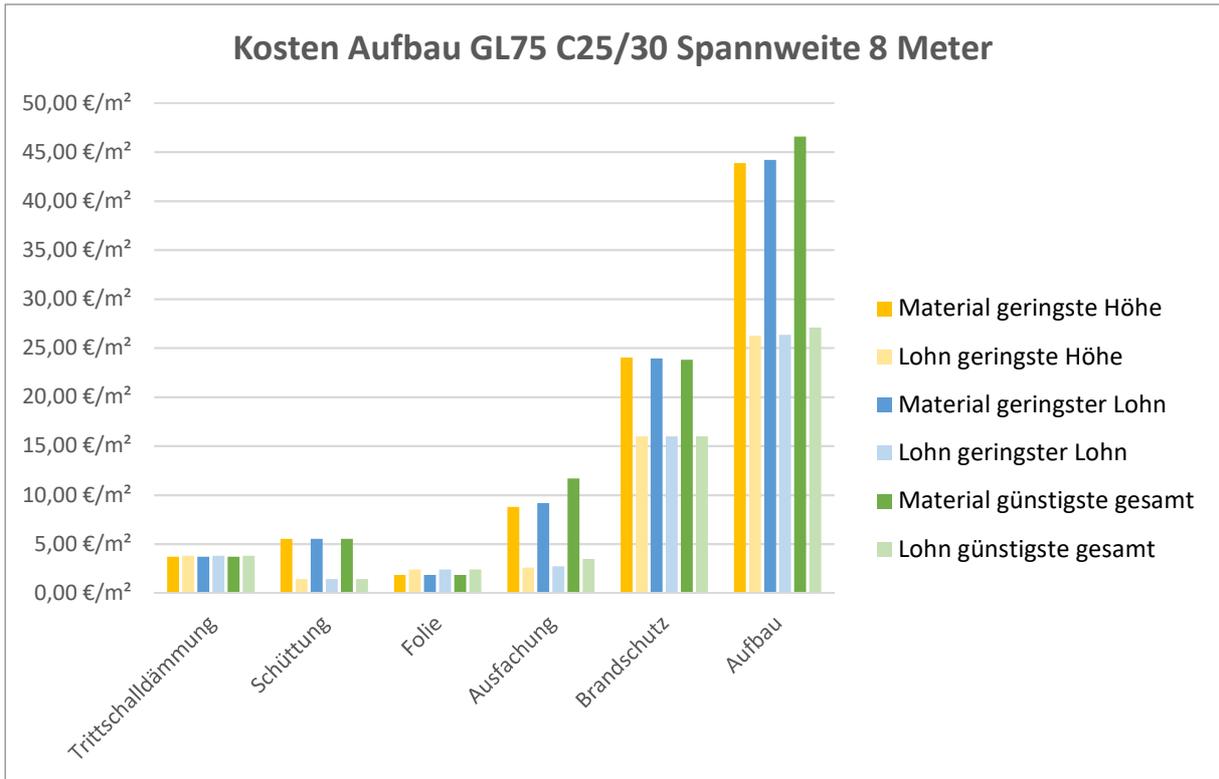


Diagramm 18: Spannweite 8 Meter Kosten im Aufbau für die Systeme GL75 C25/30

Auch bei Verwendung der besten Holzgüte ergibt sich die gleiche Kostenverteilung in den Aufbauten.

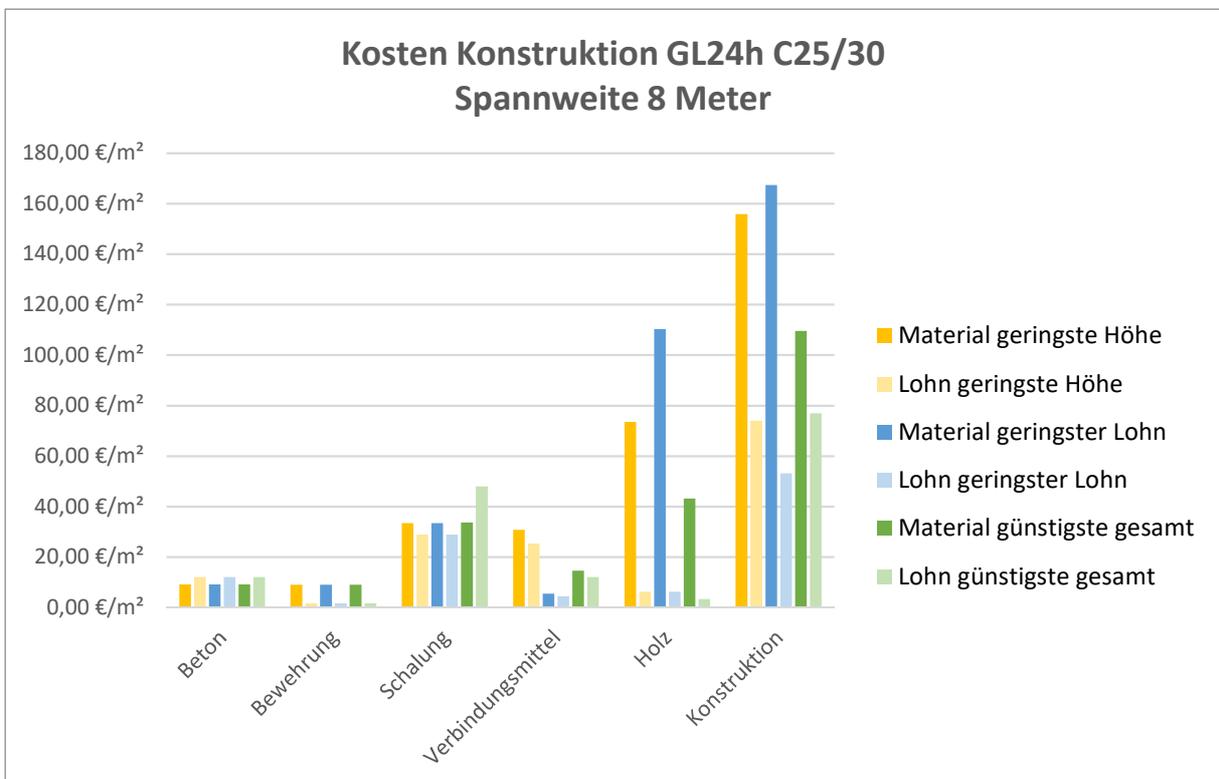


Diagramm 19: Spannweite 8 Meter Kosten der Konstruktion für die Systeme GL24h C25/30

Die Kosten für Beton und Bewehrung sind für alle drei Varianten gleich. Daraus kann man schließen, dass unter den gewählten Randbedingungen die Systeme mit den dünnsten Betondicken am wirtschaftlichsten sind. Gleichzeitig ist es wichtig, dass die Kosten für das Holz

am geringsten sind. Dieser Umstand wird durch einen großen Trägerabstand erreicht. Vergrößert sich der Trägerabstand, sinken auch die Kosten für die Verbindungsmittel, da auch hier die Kosten pro Quadratmeter sinken. Nur die Kosten für die Schalung steigen, weil zusätzliche Schalungsträger und Stützen eingebaut werden müssen. Der Materialanteil an der Schalung steigt aber wegen der Wiederverwendbarkeit kaum.

Die Variante mit den geringsten Lohnkosten hat gleichzeitig die höchsten Materialkosten. Dieser Umstand resultiert daraus, dass der Anteil „Verbindungsmittel“ auf ein Minimum reduziert wurde. Aus der Verbundtheorie wird auf diese Weise ein sehr großer und steifer Holzträger erforderlich, da fast kein Verbund herrscht. Diese Variante kann deshalb als wenig sinnvoll angenommen werden, da die Vorteile der Verbundbauweise kaum zum Tragen kommen und die Betondecke nur als Last auf den Balken ruht.

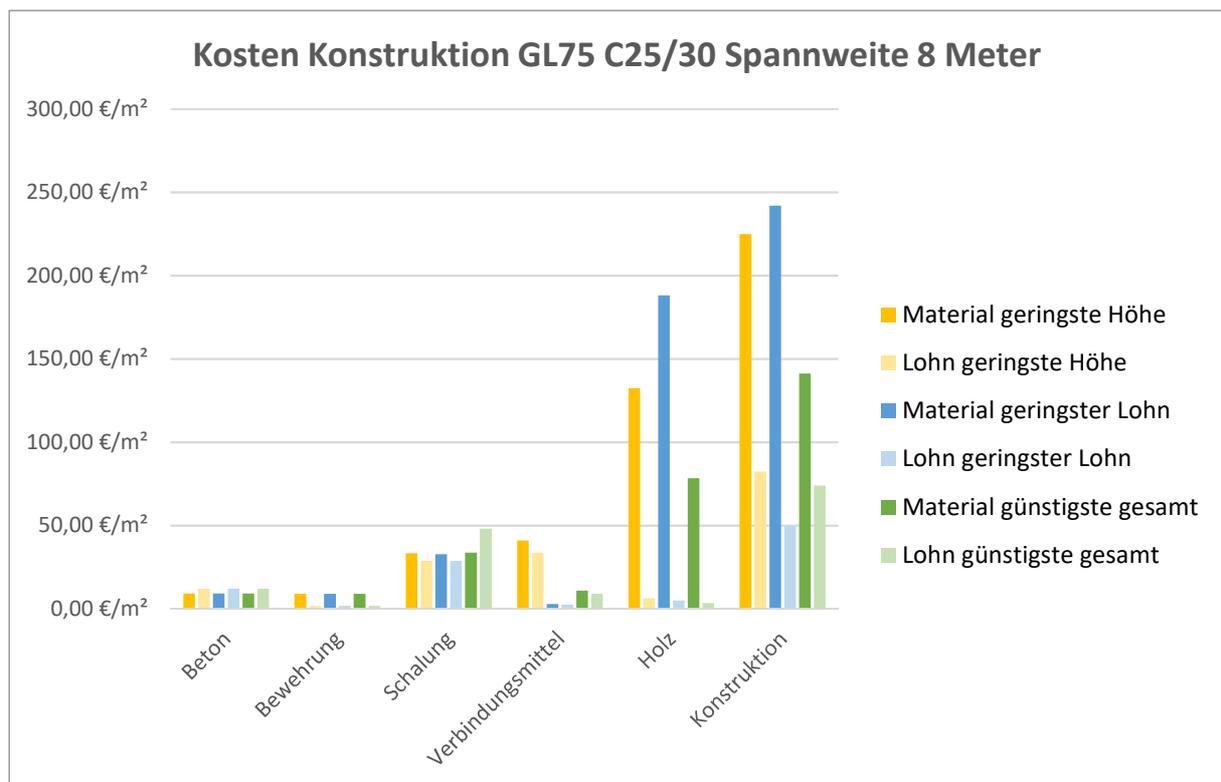


Diagramm 20: Spannweite 8 Meter Kosten der Konstruktion für die Systeme GL75 C25/30

Auch bei der Verwendung der „Baubuche“ stellen sich analoge Kostenverteilungen ein. Wegen dem doppelt so hohen Kubikmeterpreis fällt der Anteil „Holz“ noch stärker ins Gewicht.

Für die Holzgüten zwischen GL24h und GL75 stellen sich qualitativ die gleichen Kostenschwerpunkte ein. Deshalb wird auf eine gesonderte Darstellung der einzelnen Varianten verzichtet und die Analyse im Gesamten durchgeführt.

Tabelle 45: Kostenteile der HBV-Konstruktionen mit 8 Meter Spannweite der jeweils günstigsten Variante

	GL24h	GL28h	GL32h	GL36h	GL75
Material Aufbau	46,39 €/m²	46,39 €/m²	46,39 €/m²	46,39 €/m²	46,57 €/m ²
Material Konstruktion	109,49 €/m²	110,79 €/m ²	110,72 €/m ²	112,77 €/m ²	141,12 €/m ²
Materialkosten	155,87 €/m²	157,18 €/m ²	157,11 €/m ²	159,16 €/m ²	187,68 €/m ²
Lohn Aufbau	27,05 €/m²	27,05 €/m²	27,05 €/m²	27,05 €/m²	27,11 €/m ²
Lohn Konstruktion	76,98 €/m ²	76,08 €/m ²	75,18 €/m ²	75,18 €/m ²	73,98 €/m²
Lohnkosten	104,03 €/m ²	103,13 €/m ²	102,23 €/m ²	102,23 €/m ²	101,09 €/m²
Gesamtkosten	259,90 €/m ²	260,31 €/m ²	259,34 €/m²	261,39 €/m ²	288,77 €/m ²

Aus der Tabelle 45 erkennt man, dass die Kosten im Aufbau für die Brettschichtholzvarianten konstant sind und für die Variante mit Funierschichtholz leicht ansteigen. Dieser Anstieg ist über die geringere Trägerbreite und der somit großflächigeren Ausfachung begründet.

In den Kosten der Konstruktion streuen die Preise bei den Brettschichtholzvarianten nur gering. Auffällig ist, dass die Variante GL32h günstiger ist als bei Verwendung von GL28h. Diese Entwicklung resultiert aus der Einsparung bei der Stückzahl der Verbindungsmittel. Obwohl der Kubikmeterpreis des Holzes steigt, können wegen der geringeren Verbindungsmittelanzahl, diese Kosten ausgeglichen werden. Dieser Effekt wirkt sich aber nicht auf die nächste Holzgüte aus.

Tabelle 46: Technische Spezifikationen der jeweils günstigsten Variante

	á	bh	hh	hc	sef	n	As
GL24h	1,50 m	0,22 m	0,56 m	0,12 m	0,20 m	3,00	5,24 cm ² /m
GL28h	1,50 m	0,22 m	0,56 m	0,12 m	0,22 m	3,00	5,24 cm ² /m
GL32h	1,50 m	0,22 m	0,56 m	0,12 m	0,24 m	3,00	5,24 cm ² /m
GL36h	1,50 m	0,22 m	0,56 m	0,12 m	0,24 m	3,00	5,24 cm ² /m
GL75	1,50 m	0,20 m	0,56 m	0,12 m	0,18 m	2,00	5,24 cm ² /m

Dieser Umstand wird in Tabelle 46 noch besser ersichtlich. Die Trägergeometrie bleibt unverändert und nur der effektive Verbindungsmittelabstand ändert sich. Bei der Verwendung von GL75 entfällt eine Verbindungsmittelreihe.

Tabelle 47: Flächenlast und Konstruktionshöhe der jeweils günstigsten Variante

	ständige Last gesamt	Konstruktionsstärke	Konstruktionsstärke inkl. Aufbau
GL24h	5,80 kN/m ²	0,71 m	0,93 m
GL28h	5,82 kN/m ²	0,71 m	0,93 m
GL32h	5,84 kN/m ²	0,71 m	0,93 m
GL36h	5,85 kN/m ²	0,71 m	0,93 m
GL75	6,04 kN/m ²	0,71 m	0,93 m

Tabelle 48: Flächenlast und Konstruktionshöhe der jeweils niedrigsten Variante

	ständige Last gesamt	Konstruktionsstärke	Konstruktionsstärke inkl. Aufbau
GL24h	6,02 kN/m ²	0,55 m	0,77 m
GL28h	6,02 kN/m ²	0,55 m	0,77 m
GL32h	6,00 kN/m ²	0,55 m	0,77 m
GL36h	6,07 kN/m ²	0,55 m	0,77 m
GL75	6,42 kN/m ²	0,51 m	0,73 m

Die Konstruktionshöhe ist bei den Rippendecken mit Abstand am größten. Die Flächenlast liegt leicht über den Werten der Hohldiele.

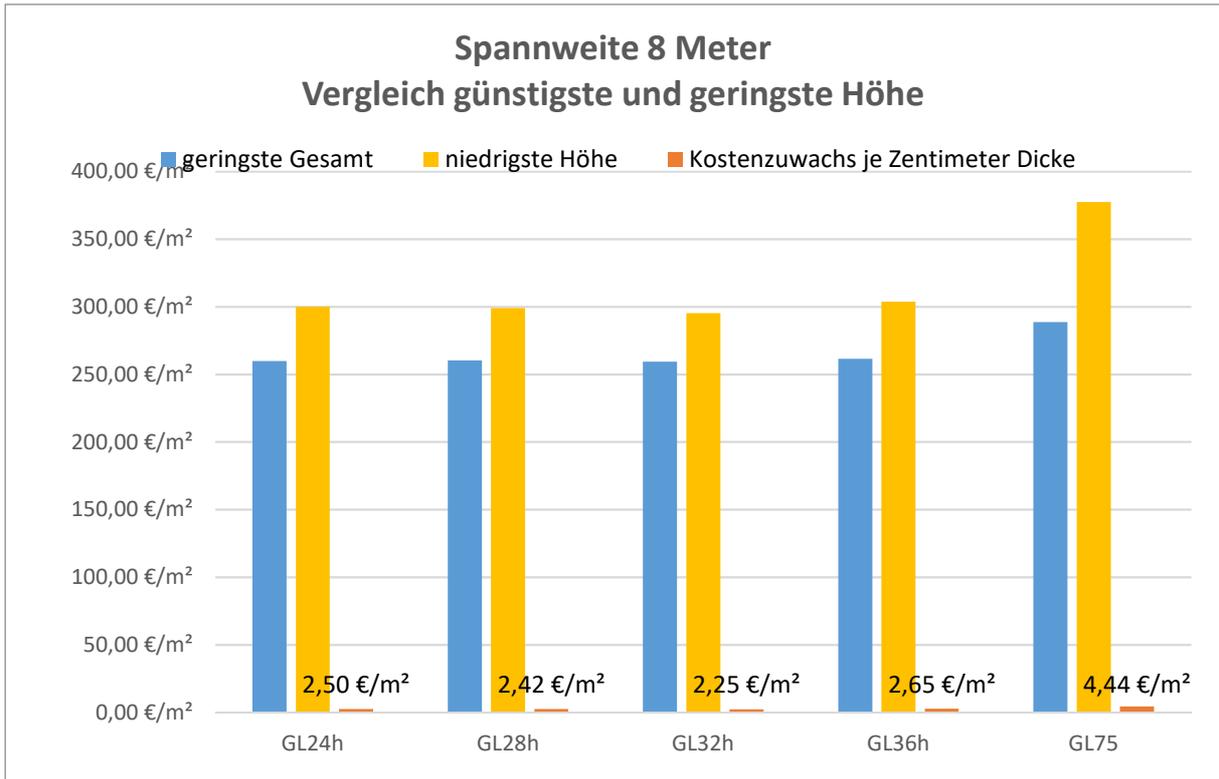


Diagramm 21: Spannweite 8 Meter Vergleich der günstigsten Variante mit der Variante der geringsten Höhe

Bei einer Ausführung mit Brettschichtholz können jeweils 16 Zentimeter Höhe eingespart werden und bei Verwendung von Funierschichtholz sogar 20 Zentimeter. Die Kosten um einen Zentimeter Deckenstärke einzusparen sind im Diagramm angegeben.

8.3.3. Spannweite 10 Meter

Auch bei einer Spannweite von zehn Meter wird die günstigste Variante mit der Verwendung von GL32h erreicht.

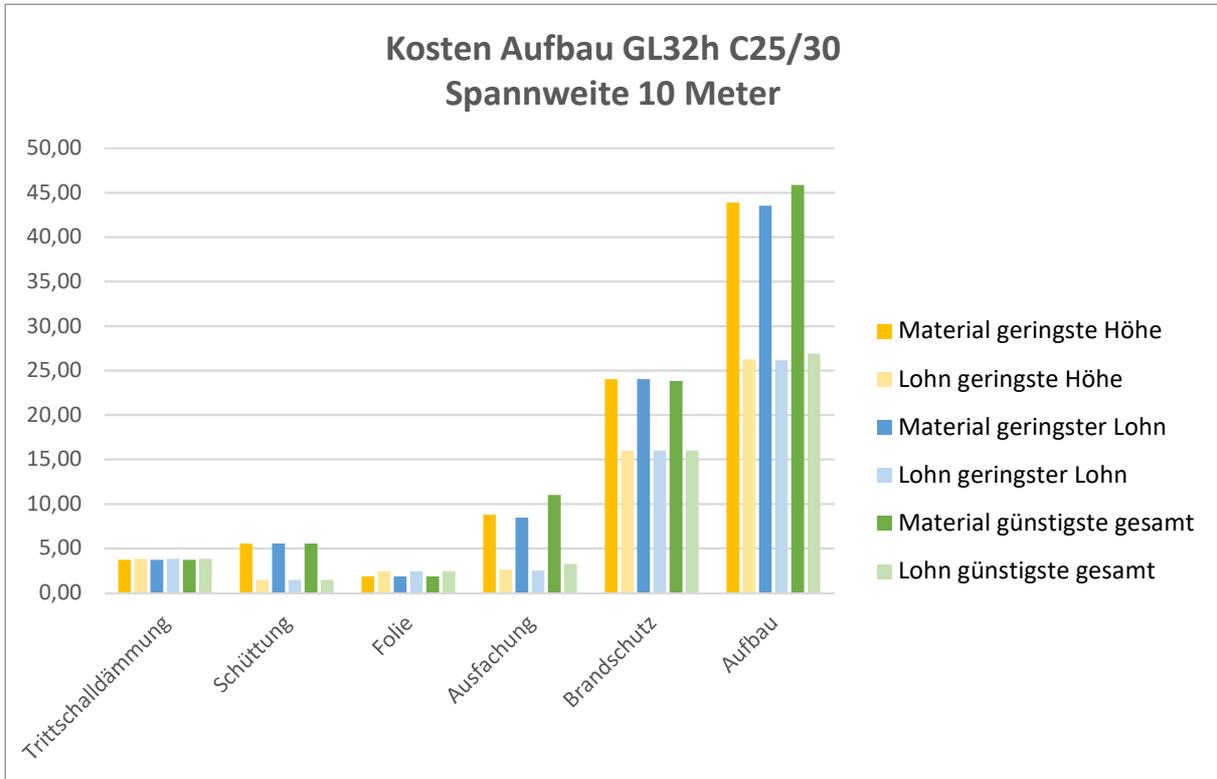


Diagramm 22: Spannweite 10 Meter Kosten im Aufbau für die Systeme GL32h C25/30

Auch bei der Variante mit zehn Meter Spannweite stellt sich die Kostenverteilung in den Aufbauten qualitativ gleich zur acht Meter gespannten Decke dar. Der Ausschlag bei den Kosten der günstigsten Variante rührt aus dem maximalen Trägerabstand und somit aus den Mehrkosten für die Ausfachung.

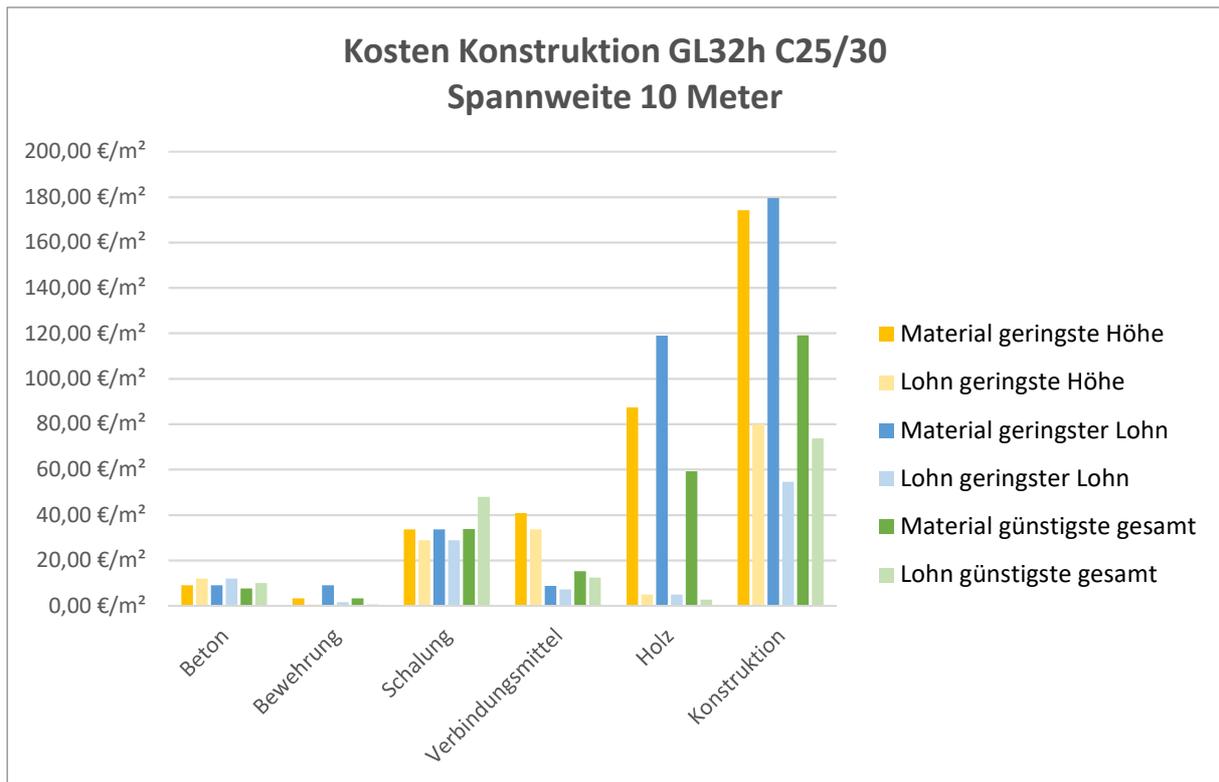


Diagramm 23: Spannweite 10 Meter Kosten in der Konstruktion für die Systeme GL32h C25/30

Im Bereich der Betondeckenstärke lässt sich ein geringer Abfall erkennen. Gleiches gilt für die Bewehrungsmenge. Bei den acht Meter weit gespannten Decken waren diese Kosten noch gleich.

Daraus lässt sich ableiten, dass die Betonschicht an der Unterseite kaum unter Zug steht und somit die Mindestbewehrung ausreicht.

Der Kostenverlauf für Schalung, Verbindungsmittel und Holz ist qualitativ gleich zu den Varianten mit acht Meterspannweite. An dem maßgebenden Kosten des Holzträgers hat sich auch hier nichts verändert.

Tabelle 49: Kostenteile der HBV-Konstruktionen mit 10 Meter Spannweite der jeweils günstigsten Variante

	GL24h	GL28h	GL32h	GL36h	GL75
Material Aufbau	45,85 €/m²	45,85 €/m²	45,85 €/m²	45,85 €/m²	46,03 €/m²
Material Konstruktion	119,00 €/m²	120,49 €/m²	119,07 €/m²	122,85 €/m²	162,92 €/m²
Materialkosten	164,85 €/m²	166,34 €/m²	164,92 €/m²	168,70 €/m²	208,95 €/m²
Lohn Aufbau	26,89 €/m²	26,89 €/m²	26,89 €/m²	26,89 €/m²	26,95 €/m²
Lohn Konstruktion	77,26 €/m²	75,98 €/m²	73,74 €/m²	74,70 €/m²	74,70 €/m²
Lohnkosten	104,15 €/m²	102,87 €/m²	100,63 €/m²	101,59 €/m²	101,64 €/m²
Gesamtkosten	269,00 €/m²	269,21 €/m²	265,55 €/m²	270,29 €/m²	310,59 €/m²

In den Kosten für die Aufbauten ist kein Unterschied zur acht Meter Spannweite erkennbar.

Interessant ist, dass erst die Lohnkosten die Variante mit GL32h zur günstigsten machen. Dieser Umstand resultiert aus der optimalen Anzahl der Verbindungsmittel. Mit Hilfe der nachfolgenden Tabelle, lässt sich dieser Umstand noch besser erklären.

Tabelle 50: Technische Spezifikationen der jeweils günstigsten Variante

	á	bh	hh	hc	sef	n	As
GL24h	1,50 m	0,28 m	0,56 m	0,10 m	0,20 m	4,00	1,88 cm ² /m
GL28h	1,50 m	0,28 m	0,56 m	0,10 m	0,22 m	4,00	1,88 cm ² /m
GL32h	1,50 m	0,28 m	0,56 m	0,10 m	0,26 m	4,00	1,88 cm ² /m
GL36h	1,50 m	0,28 m	0,56 m	0,10 m	0,18 m	3,00	1,88 cm ² /m
GL75	1,50 m	0,26 m	0,56 m	0,10 m	0,18 m	3,00	1,88 cm ² /m

Vergleicht man die Spaltenwerte sef und n der Zeilen GL28h, GL32h und GL36h lässt sich die Verbindungsmittelanzahl errechnen. Obwohl bei GL32h vier Reihen notwendig sind kann die Gesamtstückzahl an Verbindungsmitteln kleiner gehalten werden als bei GL36h. In Zusammenspiel mit den geringeren Holzkosten der GL32h Variante ergibt sich so die günstigste Variante. Die Kosten des Tragwerks müssen also immer als gesamtes betrachtet werden.

Tabelle 51: Flächenlast und Konstruktionshöhe der jeweils günstigsten Variante

	ständige Last gesamt	Konstruktionsstärke	Konstruktionsstärke inkl. Aufbau
GL24h	5,38 kN/m ²	0,69 m	0,91 m
GL28h	5,41 kN/m ²	0,69 m	0,91 m
GL32h	5,43 kN/m ²	0,69 m	0,91 m
GL36h	5,45 kN/m ²	0,69 m	0,91 m
GL75	5,70 kN/m ²	0,69 m	0,91 m

Tabelle 52: Flächenlast und Konstruktionshöhe der jeweils niedrigsten Variante

	ständige Last gesamt	Konstruktionsstärke	Konstruktionsstärke inkl. Aufbau
GL24h	6,57 kN/m ²	0,61 m	0,83 m
GL28h	6,12 kN/m ²	0,59 m	0,81 m
GL32h	6,15 kN/m ²	0,59 m	0,81 m
GL36h	6,18 kN/m ²	0,59 m	0,81 m
GL75	6,62 kN/m ²	0,59 m	0,81 m

Das Einsparungspotenzial in der Trägerhöhe nimmt mit zunehmender Spannweite ab. Aus statischer Sicht kann das durch die größer werdende Bedeutung der Biegesteifigkeiten auf die Durchbiegung begründet werden, oder einfacher formuliert eine größere Spannweite bedingt einen höheren Träger.

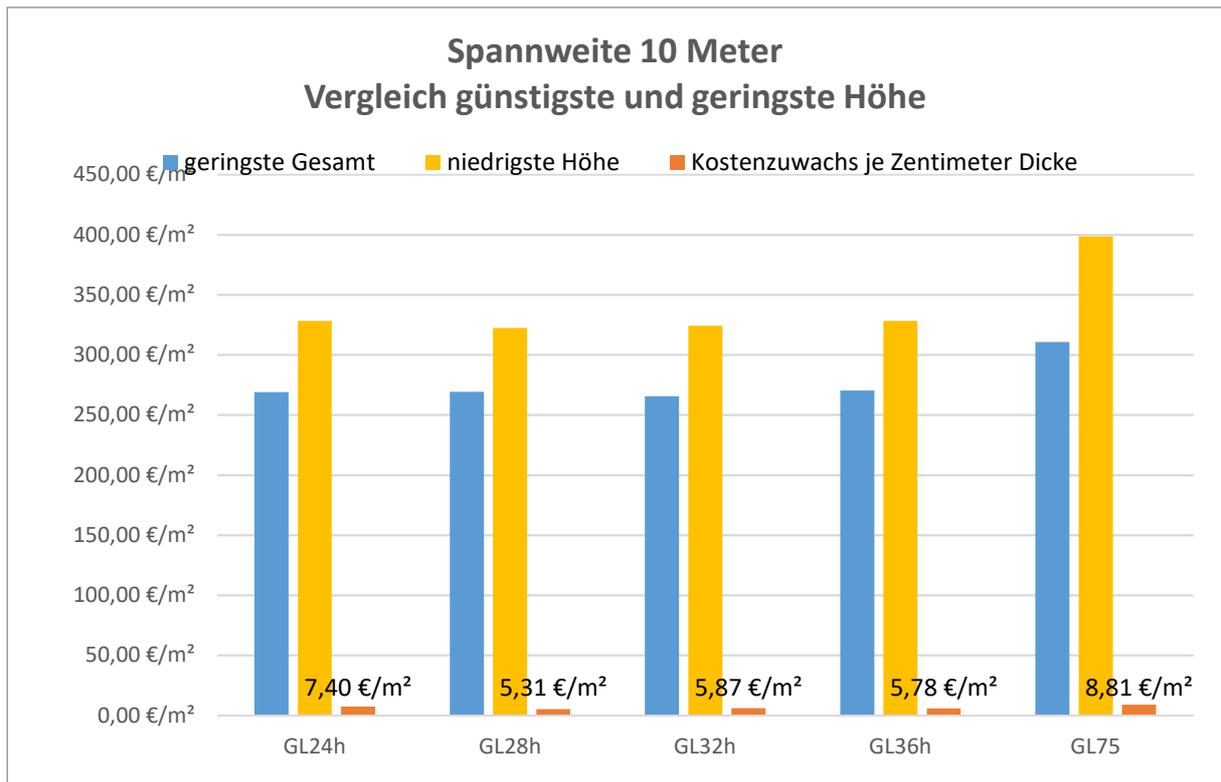


Diagramm 24: Spannweite 10 Meter Vergleich der günstigsten Variante mit der Variante der geringsten Höhe

Aus dem Umstand, dass weniger Trägerhöhe eingespart werden kann, steigen die Kosten für diese Einsparung je Zentimeter.

8.3.4. Spannweite 12 Meter

Für die Spannweiten von zwölf Meter stellt sich der Fall ein, dass es jeweils eine Variante mit den geringsten Material-, Lohn- und Gesamtkosten gibt. Auf den folgenden Diagrammen werden diese Varianten für eine Verwendung von GL36h ausgewertet.

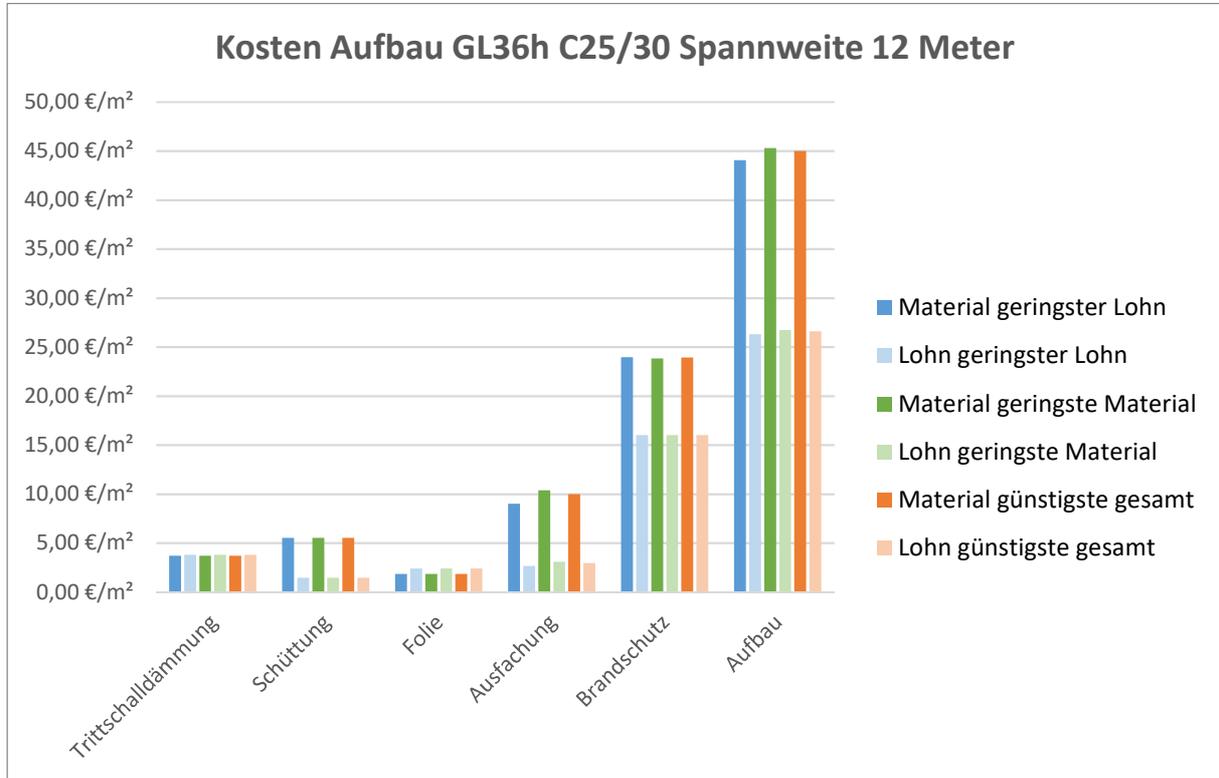


Diagramm 25: Spannweite 12 Meter Kosten der Aufbauten für die Systeme GL36h C25/30

Die Kosten für Trittschalldämmung, Schüttung und Folien sind bei allen Varianten gleich. Eine Änderung der Kosten im Bereich der Ausfachung kommt aus der Variation des Trägerabstandes. Diese Variation führt auch zu einer Veränderung der Kosten für das Brandschutzsystem.

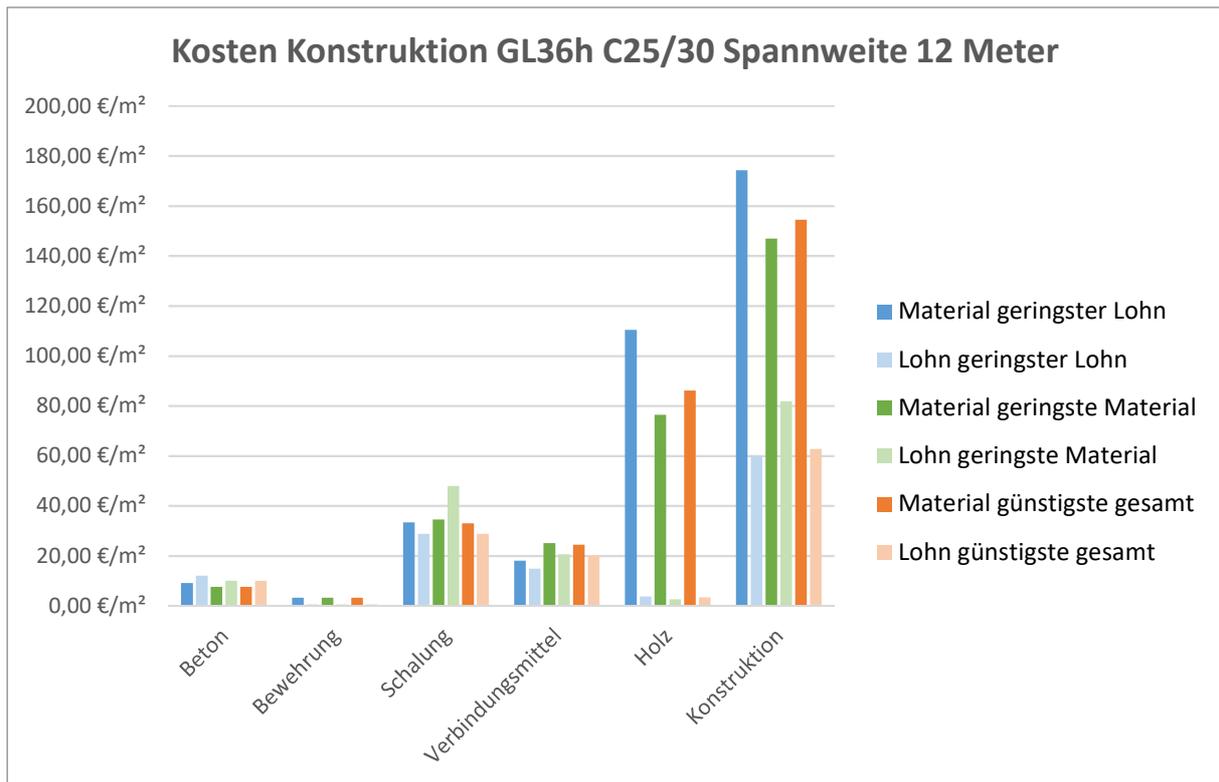


Diagramm 26: Spannweite 12 Meter Kosten der Aufbauten für die Systeme GL36h C25/30

Während sich in den Kosten der Aufbauten, die Variante mit dem größten Achsabstand als teuerste darstellt, ist bei den Kosten für die Konstruktion genau das Gegenteil der Fall. Hier wird einmal mehr ersichtlich wie bedeutend der Einfluss der Holzkosten, auf die gesamte Konstruktion ist. Auch gut zu erkennen ist der Anstieg bei dem Aufwand zur Schalungsherstellung bei Achsabständen über einem Meter. Es ergibt sich die günstigste Gesamtvariante als eine Mischung der zwei Varianten „geringster Lohn“ und „geringste Materialkosten“. Bei den Spannweiten von 8 bis 10 Meter waren die günstigsten Varianten vorwiegend durch die Materialkosten bestimmt.

Aus diesem Umstand lässt sich auch ableiten, dass im Vergleich zu den Varianten mit acht und zehn Meter Spannweite, keine „großen“ Trägerabstände erreicht werden können, die den Kostenanteil des Holzes maßgebend reduzieren.

Tabelle 53: Technische Spezifikationen der jeweils günstigsten Variante

	á	bh	hh	hc	sef	n	As
GL24h	1,00 m	0,30 m	0,56 m	0,10 m	0,20 m	4,00	1,88 cm ² /m
GL28h	1,00 m	0,28 m	0,56 m	0,10 m	0,20 m	4,00	1,88 cm ² /m
GL32h	1,00 m	0,28 m	0,56 m	0,10 m	0,24 m	4,00	1,88 cm ² /m
GL36h	1,00 m	0,26 m	0,56 m	0,10 m	0,18 m	3,00	1,88 cm ² /m
GL75	1,00 m	0,24 m	0,56 m	0,10 m	0,18 m	3,00	1,88 cm ² /m

Anders als bei den Varianten zuvor werden die günstigsten Gesamtvarianten bei Trägerabständen von einem Meter erreicht. Weiters ist der Effekt der steigenden Festigkeit gut zu erkennen, der sich in einer Abnahme der Trägerbreite äußert. Der Bewehrungsanteil ist ebenfalls am geringsten.

Tabelle 54: Flächenlast und Konstruktionshöhe der jeweils günstigsten Variante

	ständige Last gesamt	Konstruktionsstärke	Konstruktionsstärke inkl. Aufbau
GL24h	5,62 kN/m ²	0,69 m	0,91 m
GL28h	5,63 kN/m ²	0,69 m	0,91 m
GL32h	5,66 kN/m ²	0,69 m	0,91 m
GL36h	5,64 kN/m ²	0,69 m	0,91 m
GL75	5,98 kN/m ²	0,69 m	0,91 m

Tabelle 55: Flächenlast und Konstruktionshöhe der jeweils niedrigsten Variante

	ständige Last gesamt	Konstruktionsstärke	Konstruktionsstärke inkl. Aufbau
GL24h	5,62 kN/m ²	0,69 m	0,91 m
GL28h	5,63 kN/m ²	0,69 m	0,91 m
GL32h	6,23 kN/m ²	0,67 m	0,89 m
GL36h	7,29 kN/m ²	0,67 m	0,89 m
GL75	7,32 kN/m ²	0,65 m	0,87 m

Bei Verwendung von GL24h und GL28h kann keine Einsparung in der Deckenstärke realisiert werden. Somit sind hier die günstigste und die schlankeste Konstruktion ident.

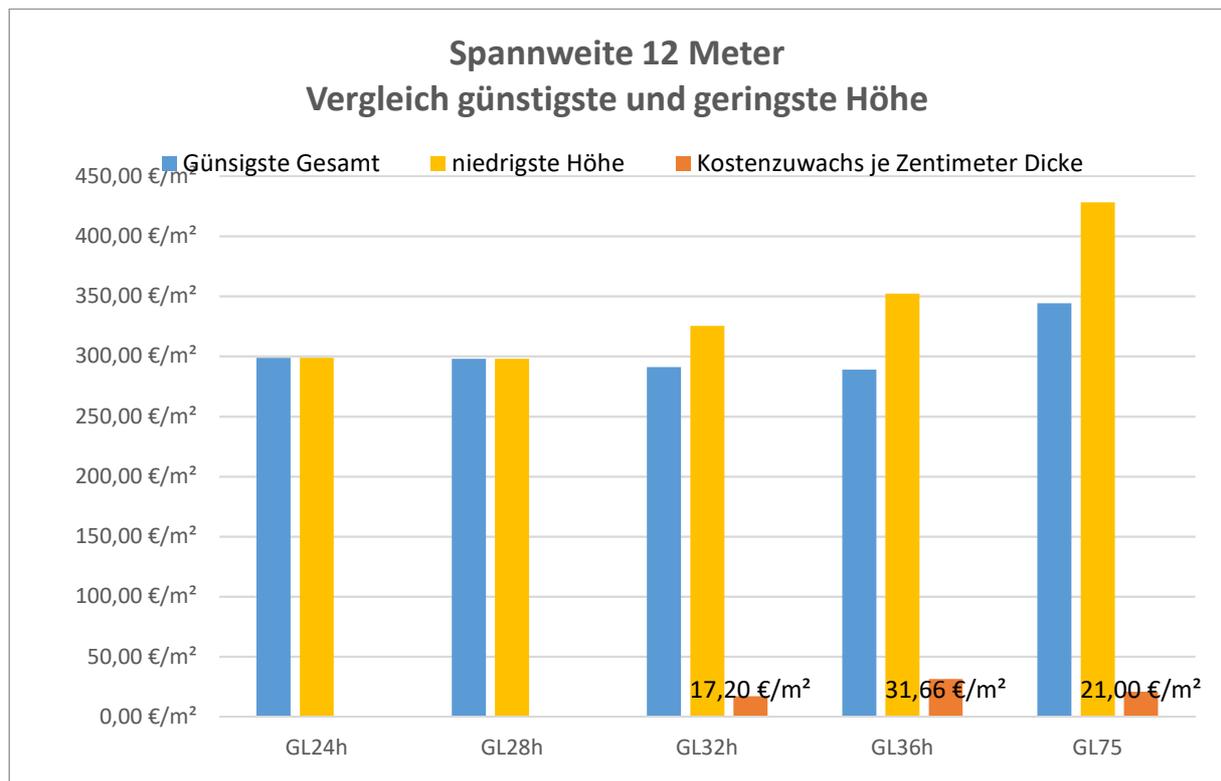


Diagramm 27: Spannweite 12 Meter Vergleich der günstigsten Variante mit der Variante der geringsten Höhe

Wenn GL32h oder GL36h verwendet werden können zwei Zentimeter eingespart werden. Bei einer Verwendung von Baubuche sogar vier Zentimeter. Der Kostenzuwachs je eingespartem Zentimeter Deckenstärke kann dem obigen Diagramm entnommen werden.

Tabelle 56: Kostenteile der HBV-Konstruktionen mit 12 Meter Spannweite der jeweils günstigsten Variante

	GL24h	GL28h	GL32h	GL36h	GL75
Material Aufbau	44,45 €/m²	44,72 €/m ²	44,72 €/m ²	44,99 €/m ²	45,26 €/m ²
Material Konstruktion	161,24 €/m ²	159,94 €/m ²	157,03 €/m ²	154,44 €/m²	209,41 €/m ²
Materialkosten	205,69 €/m ²	204,66 €/m ²	201,75 €/m ²	199,43 €/m²	254,67 €/m ²
Lohn Aufbau	26,44 €/m²	26,52 €/m ²	26,52 €/m ²	26,60 €/m ²	26,68 €/m ²
Lohn Konstruktion	66,72 €/m ²	66,72 €/m ²	62,72 €/m²	62,82 €/m ²	62,82 €/m ²
Lohnkosten	93,16 €/m ²	93,24 €/m ²	89,24 €/m²	89,42 €/m ²	89,50 €/m ²
Gesamtkosten	298,85 €/m ²	297,90 €/m ²	290,99 €/m ²	288,85 €/m²	344,18 €/m ²

8.3.5. Vergleich aller Spannweiten

Im Folgenden werden die Kosten aufgeteilt nach Material-, Lohn- und Gesamtkosten dargestellt.

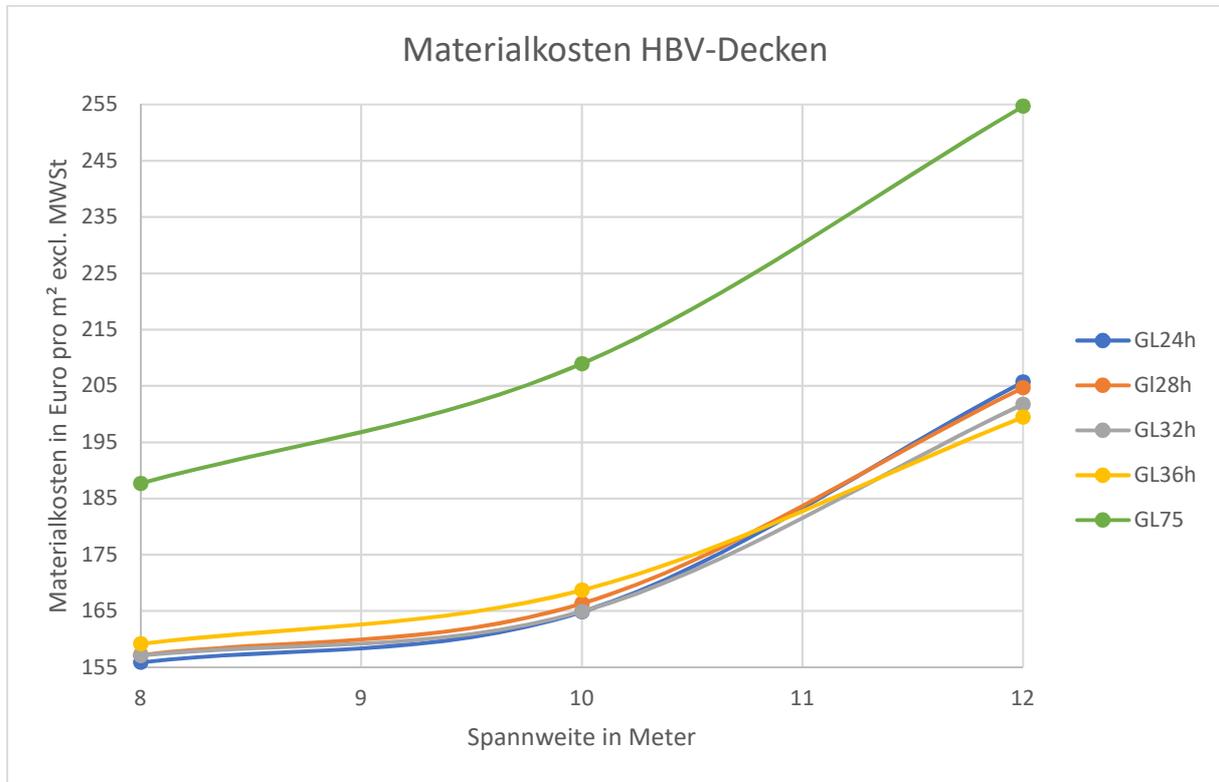


Diagramm 28: Darstellung der Materialkosten in Abhängigkeit von Holzgüte und Spannweite

Spannweiten von acht Meter können günstig mit geringeren Holzgüten realisiert werden. Mit zunehmender Spannweite gewinnt die Holzfestigkeit an Bedeutung. Der steile Anstieg bei zwölf Meter Spannweite begründet sich aus dem geringeren Achsabstand der Träger.

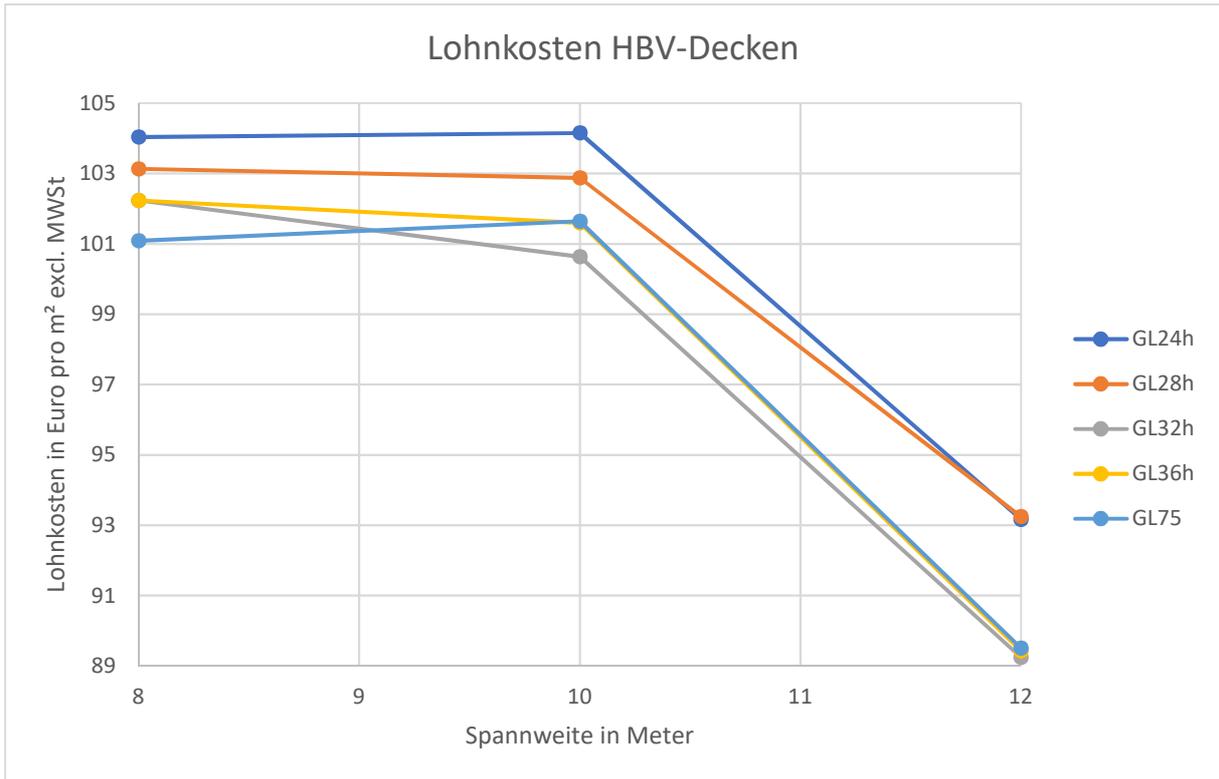


Diagramm 29: Darstellung der Lohnkosten in Abhängigkeit von Holzgüte und Spannweite

Bedingt der kleinere Achsabstand bei den Materialkosten noch einen Anstieg, so kommt es bei den Lohnkosten zu einem Abfall. Die Schwankungsbreite ist aber geringer. So sinken die Lohnkosten zirka um zehn Euro, wohingegen die Materialkosten um zirka 40 Euro stiegen.

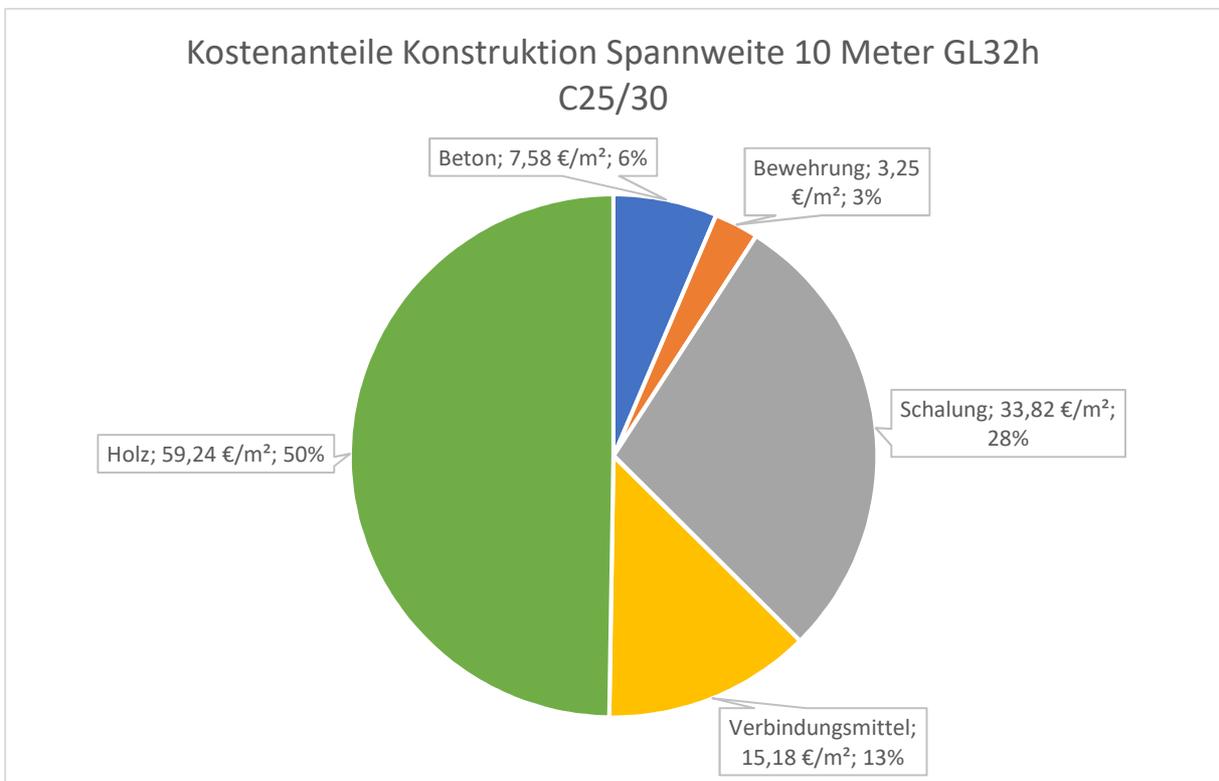


Diagramm 30: Kostenanteile Material je Baustoff der Konstruktion

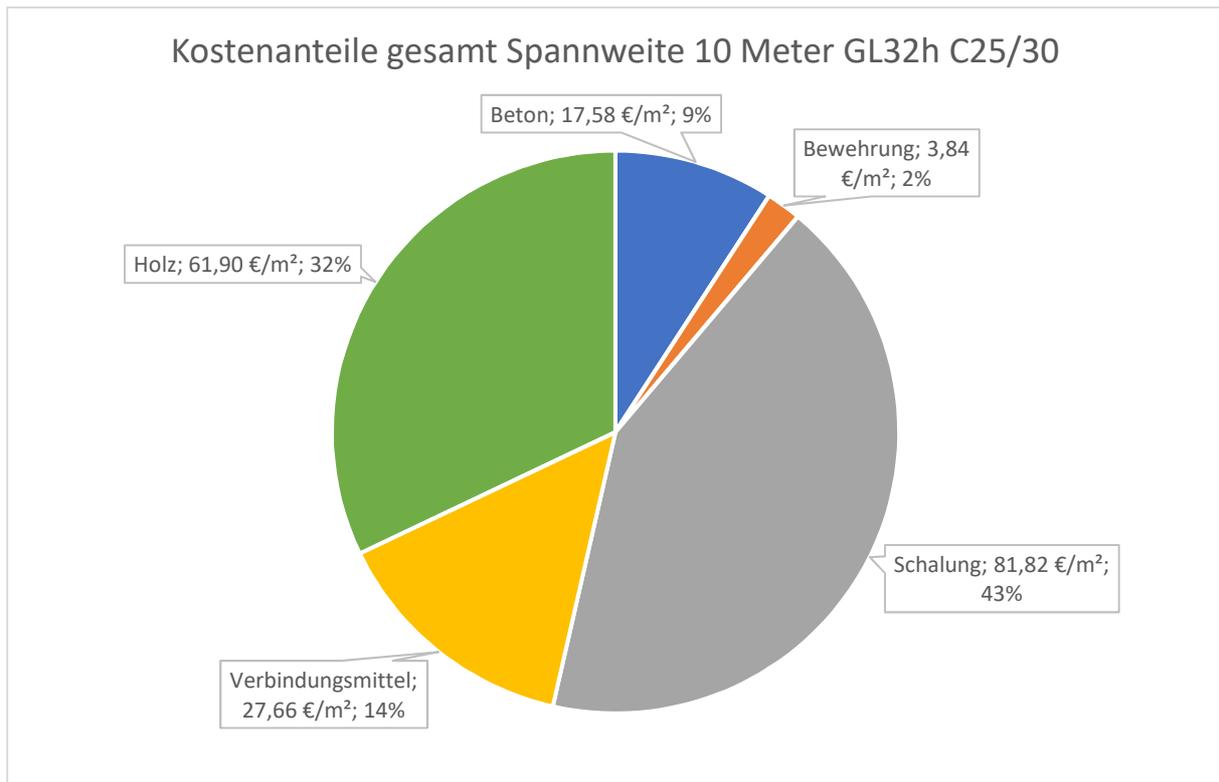


Diagramm 31: Kostenanteile gesamt je Baustoff der Konstruktion

In Diagramm 30 lässt sich der Holzträger gut als Maßgebender Kostenanteil ausmachen, aber auch die Kosten für die Verlorene Schalung sind sehr hoch. Berücksichtigt man die Lohnkosten je Gewerk, so erhält man die Werte, die in Diagramm 31 dargestellt sind. Die Kostenverhältnisse haben sich stark in Richtung Schalung und Verbindungsmittel verschoben.

Aus der Bedeutung der Schalungskosten lässt sich ableiten, dass bei größeren Achsabständen die Verwendung eines Schalungssystems besser ist. Bei einem Schalungssystem können die Materialkosten auf mehrere Zyklen verteilt werden. Nicht zu vernachlässigen ist aber der Lohnkostenanteil der durch das Einpassen der Schalung entsteht.

9. Gegenüberstellung der Kosten

9.1. Vergleich der Kosten der jeweils günstigsten Varianten

Die Kosten der einzelnen Varianten wurden in Kapitel acht aufgelistet. Dieses Kapitel führt die Diagramme der einzelnen Varianten in ein einziges zusammen.

Tabelle 57: Kosten der jeweils günstigsten Varianten

Materialkosten			
Spannweite	GL32h GI36h	HD	OB
8	157,11 €/m ²	105,48 €/m ²	73,78 €/m ²
10	164,92 €/m ²	105,48 €/m ²	81,65 €/m ²
12	199,43 €/m ²	110,63 €/m ²	95,96 €/m ²
Lohnkosten			
Spannweite	GL32h GI36h	HD	OB
8	102,23 €/m ²	45,11 €/m ²	137,34 €/m ²
10	100,63 €/m ²	41,62 €/m ²	158,51 €/m ²
12	89,42 €/m ²	39,30 €/m ²	186,99 €/m ²
Gesamtkosten			
Spannweite	GL32h GI36h	HD	OB
8	259,34 €/m ²	150,59 €/m ²	211,12 €/m ²
10	265,55 €/m ²	147,10 €/m ²	240,16 €/m ²
12	288,85 €/m ²	149,93 €/m ²	282,95 €/m ²

Tabelle 58: Kostenabweichung in Prozent, wobei die HBV-Decke 100% entspricht

Materialkosten			
Spannweite	GL32h GI36h	HD	OB
8	100 %	67 %	47 %
10	100 %	64 %	50 %
12	100 %	55 %	48 %
Lohnkosten			
Spannweite	GL32h GI36h	HD	OB
8	100 %	44 %	134 %
10	100 %	41 %	158 %
12	100 %	44 %	209 %
Gesamtkosten			
Spannweite	GL32h GI36h	HD	OB
8	100 %	58 %	81 %
10	100 %	55 %	90 %
12	100 %	52 %	98 %

In Tabelle 57 ist gut erkennbar, dass bei einer reinen Betrachtung der Materialkosten die Ortbetonvariante am besten abschneidet. Der Arbeitsaufwand bei dieser Ausführungsart ist jedoch deutlich am höchsten und machen im Schnitt zwei Drittel der Gesamtkosten aus.

Für die Hohldielenvariante steigen die Materialkosten leicht an, die Lohnkosten betragen wiederum nur ein Drittel der Lohnkosten zur Ortbetonausführung, und nehmen mit größerer Spannweite ab.

Auch die Lohnkosten für HBV-Decken sinken bei zunehmender Spannweite. Dieser Umstand wurde im Kapitel 8 bereits analysiert und hängt vor allem mit dem Achsabstand der Holzbalken zusammen.

Bis zur Spannweite von zwölf Meter sind die HBV- Decken am teuersten, ab dieser Spannweite erhöhen sich die Lohnkosten für die Ortbetondecken so weit, dass die Kosten der HBV-Variante und die der Ortbetondecke quasi gleich sind. Auch die prozentuale Darstellung in Tabelle 58 spiegelt diesen Umstand wieder.

Die Werte aus Tabelle 57 sind auf der folgenden Seite grafisch dargestellt.

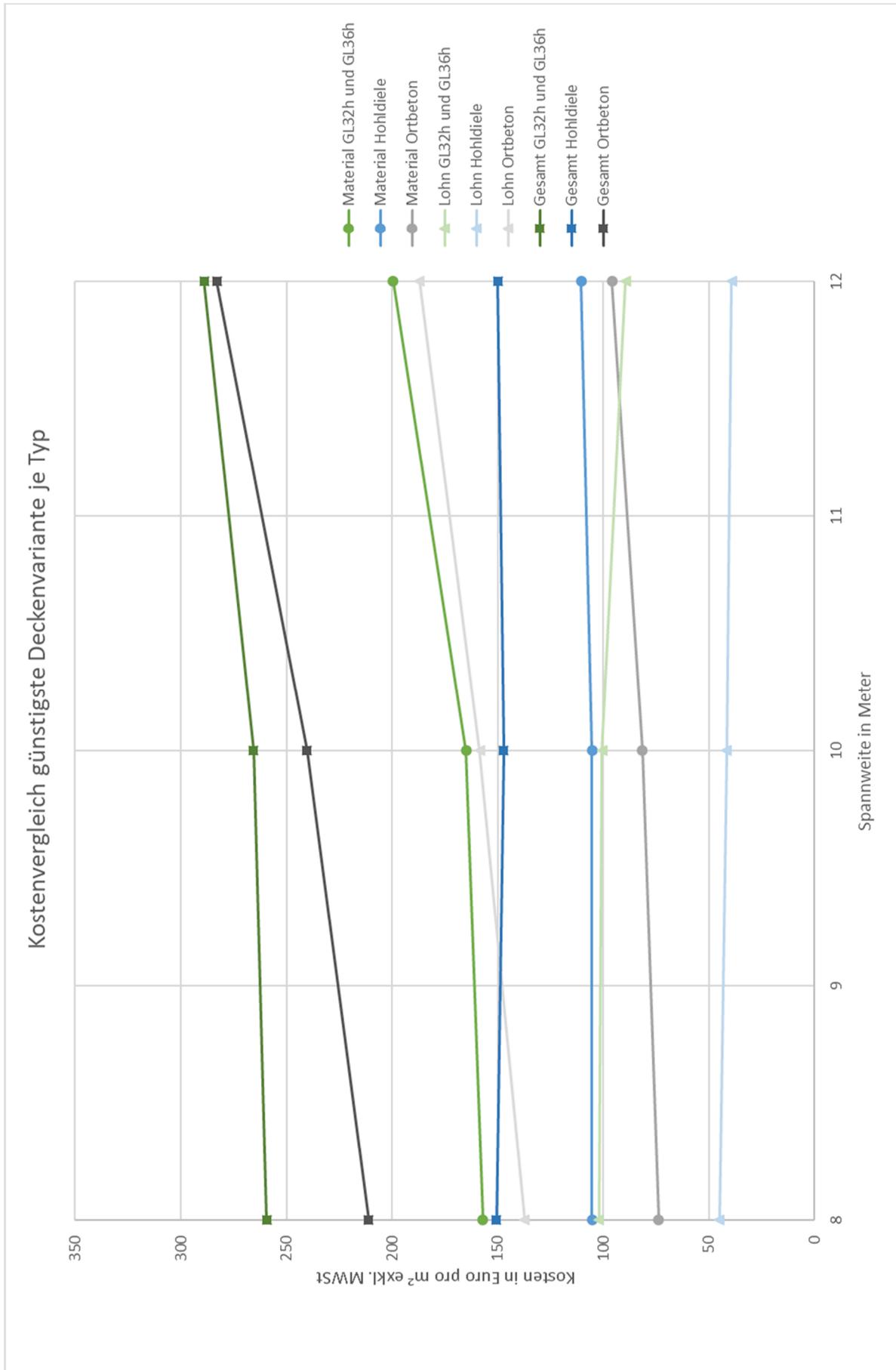


Diagramm 32: Diagramm zu Tabelle 57 „Kosten der jeweils günstigsten Varianten“

9.2. Vergleich der Deckenstärken

Die Konstruktionshöhe stellt vor allem für Architekten einen wichtigen Entscheidungsgrund dar, welche Art der Konstruktion geplant wird. Erscheinen dem Statiker manche Deckenstärken und Trägerhöhen als vertretbar, treffen diese bei einem Architekten auf wenig Zustimmung. Hier pflege ich zu sagen: „Der Architekt zeichnet Linien, der Statiker zeichnet Querschnitte!“

Aus diesem Grund werden in diesem Kapitel die Deckenstärken (Aufbau + Konstruktion) verglichen und untersucht wie viele Geschosse mit den einzelnen Deckensystemen möglich sind.

In Tabelle 3. Sind die einzelnen Konstruktionshöhen für verschiedene Geschosshöhen abgebildet. Addieren wir diese mit den Annahmen für Aufbau und Beplankung so erhalten wir die gesamte Deckenstärke.

Deckenstärke					
Geschosse	Holz-Beton-Verbunddecken		Ortbetondecke	Hohldiele	H_max
8	günstigste	geringste Höhe	-	-	-
Spannweite	GL32h	GL75	C25/30	VSD-5-26-B	-
8 m	93 cm	73 cm	42 cm	39 cm	47 cm
Spannweite	GL32h	GL28h	C25/30	VSD-5-26-B	-
10 m	91 cm	81 cm	63 cm	39 cm	46 cm
Spannweite	GL36h	GL75	C25/30	VSD-5-26-C	-
12 m	91 cm	87 cm	75 cm	39 cm	45 cm

Deckenstärke					
Geschosse	Holz-Beton-Verbunddecken		Ortbetondecke	Hohldiele	H_max
7	günstigste	geringste Höhe	-	-	-
Spannweite	GL32h	GL75	C25/30	VSD-5-26-B	-
8 m	93 cm	73 cm	42 cm	39 cm	97 cm
Spannweite	GL32h	GL28h	C25/30	VSD-5-26-B	-
10 m	91 cm	81 cm	63 cm	39 cm	96 cm
Spannweite	GL36h	GL75	C25/30	VSD-5-26-C	-
12 m	91 cm	87 cm	75 cm	39 cm	95 cm

Deckenstärke					
Geschosse	Holz-Beton-Verbunddecken		Ortbetondecke	Hohldiele	H_max
6	günstigste	geringste Höhe	-	-	-
Spannweite	GL32h	GL75	C25/30	VSD-5-26-B	-
8 m	93 cm	73 cm	42 cm	39 cm	167 cm
Spannweite	GL32h	GL28h	C25/30	VSD-5-26-B	-
10 m	91 cm	81 cm	63 cm	39 cm	166 cm
Spannweite	GL36h	GL75	C25/30	VSD-5-26-C	-
12 m	91 cm	87 cm	75 cm	39 cm	165 cm

Tabelle 59: Eignung der Konstruktion für verschiedene Geschosshöhen

Tabelle 59. Zeigt sehr gut, wie effizient die Hohldiele auch bei dem Kriterium der Deckenstärke abschneidet. Eine Ausführung kommt hier für alle Geschosshöhen in Frage. Ebenfalls sehr eindrucksvoll erweist sich die Ortbetondecke bei acht Meter Spannweite. Hier ist die Konstruktion nur um drei Zentimeter stärker als die Hohldiele. HBV-Rippendecken können erst für sieben Geschosse Anwendung finden, da die Deckenstärken aber sehr nahe an den Grenzwerten liegen, kann eine möglicherweise erforderliche Installationsebene hier das aus bedeuten. Das gleiche gilt aber auch für die Betondeckensysteme bei acht Geschossen. Bei sechs Geschossen kommen alle Konstruktionstypen in Frage.

9.3. Mögliche Anpassungen und Änderungen für nachfolgende Berechnungen

Ab zwölf Meter Spannweite musste der Trägerachsabstand reduziert werden, um eine wirtschaftliche Variante zu finden. Als kleinste Balkenbreite wurde für die Berechnung eine Breite von 20 Zentimeter festgesetzt. Eine Analyse mit geringeren breiten und gleichzeitig größeren Höhen könnte die Kosten noch weiter reduzieren.

Gleichzeitig sollte eine Vergrößerung des Achsabstands für die Spannweiten acht und zehn Meter untersucht werden. Diese würden ebenfalls zu eine Kostenreduktion führen.

Den maßgebenden Nachweis stellte der Nachweis der Durchbiegung dar. Hier kann die Ausführung einer Überhöhung der tragenden Elemente, zu einer weiteren Kostensenkung führen, weil geringere Trägersteifigkeiten für den Durchbiegungsnachweis ausreichen können.

Wie auch schon unter Kapitel 8 erläutert haben die Kosten für die Schalung einen großen Anteil an den Gesamtkosten des Systems. Eine Untersuchung in Richtung einer Entwicklung eines maßgeschneiderten Schalungssystems, könnte sich ebenfalls als sinnvoll erweisen.

Die Berechnung von Ortbetondecken ist bei weiteren Berechnungen für Durchlaufsysteme und nicht mehr für Einzelsysteme zu führen. Die Veränderung der Randbedingungen, sollte sich vor allem positiv auf die Deckenstärke auswirken.

Eine Untersuchung von Durchlaufwirkungen bei HBV Decken könnten ebenfalls zu einer weiteren Reduktion der Gesamtkosten führen.

Ebenfalls sollten die jeweils günstigsten Varianten auch noch mit Hilfe eines Stabwerkmodells und einer finite Elemente Berechnung untersucht und weiter verfeinert werden.

10. Berechnung der Kosten auf ein dreigeschossiges Gebäude mit einer Deckenspannweite von 12 Metern

Da es sich um ein virtuelles Projekt handelt wird zuerst die Konstruktion beschrieben. Es wird eine Spannweite von 12 Meter gewählt, das hier die Kosten der Ortbeton und HBV-Decke nah beieinander liegen.

Die Decken werden nicht mehr gesondert nachgewiesen, da dies schon in den Kapiteln zuvor erfolgt ist. In diesen Berechnungen finden sich die Nachweise von Lastabtragenden Unterzügen, Stützen und Fundamenten. Horizontallasten aus Wind oder Erdbeben werden in den Berechnungen nicht berücksichtigt.

Die Berechnung der Einwirkenden Lasten erfolgt über Excel. Die Nachweise der Konstruktionen werden mit der Hilfe einer handelsüblichen Software geführt. Für die Berechnungen werden die Programme FRILO, ConDim und Konkret verwendet.

Auswirkungen bei unterschiedlichen Konstruktionen auf die Gebäudehülle werden nicht gesondert betrachtet.

Es werden nur die Kosten des Rohbaus untersucht. Kosten die sich aus unterschiedlichen Anschlüssen und Verbindungen der Konstruktionsteile ergeben werden nicht untersucht.

10.1. Konstruktionsbeschreibung des Gebäudes

Hier wird gleich vorweggenommen, dass die Konstruktion einer 62 Zentimeter dicken schlaff bewehrten Stahlbetonplatte keines Falls einer Konstruktion entspricht, die auch in der Realität zur Ausführung kommen würde. Sie dient lediglich als Referenzvariante. In der Realität würde eher entweder die untersuchte Hohldiele oder ein anderes vorgespanntes Deckensystem zum Einsatz kommen.

Um den Effekt eines geringeren Flächengewichtes bestmöglich darzustellen werden die Decken auf Unterzügen gelagert, welche die Lasten an Stützen weitergeben.

Die Fundierung wird als Flachfundierung mit einer Stahlbetonplatte inklusive erforderlicher Randstreifenfundamente ausgeführt. Da die Platte für alle Varianten gleich ist, werden nur die Kostenunterschiede in den Fundamentstreifen ausgewertet.

Die Fläche eines Deckenfeldes beträgt 60 Quadratmeter, was einem „Länge zu Breite“ Verhältnis von 12 zu 5 entspricht.

Die Konstruktion des Kernes, der zur vertikalen Erschließung des Gebäudes dient, wird in Stahlbeton ausgeführt und ist für alle drei Varianten gleich.

Folgende Deckensysteme werden untersucht:

- Ortbetondecke mit 62 Zentimeter Deckenstärke	282,95 €/m ²
Flächengewicht der Konstruktion inkl. Aufbau	17,29 kN/m ²
- Hohldiele VSD-5-26-C	149,93 €/m ²
Flächengewicht der Konstruktion inkl. Aufbau	5,54 kN/m ²
- HBV-Decke Variante mit GL36h	288,85 €/m ²
Flächengewicht der Konstruktion inkl. Aufbau	5,64 kN/m ²

Die Ausführung der Unterzüge und Stützen bei der Variante Holz-Beton-Verbund erfolgt entweder aus Holz oder aus Stahlbeton. Wegen der minimalen Lastabweichung zwischen HBV-Decke und Hohlziele gelten die Ergebnisse für Stahlbetonstütze und Stahlbetonunterzug für beide Varianten.

Im Anhang befindet sich der Konstruktionsentwurf des Gebäudes.

Im der folgenden Tabelle können die geometrischen Abmessungen der einzelnen Konstruktionsteile der verschiedenen Varianten entnommen werden.

Tabelle 60: Abmessungen der Konstruktion die Werte sind in Zentimeter angegeben b/h

Variante	Unterzug	Stütze	Streifenfundament
Ortbeton	deckengleich	35/35	160/90
Hohlziele	30/50	30/30	100/50
HBV-Beton	30/50	30/30	100/50
HBV-Holz	36/52	36/36	100/42

Die Nachweise und Berechnungen der einzelnen Varianten können dem Anhang entnommen werden.

Im folgenden Kapitel wird auf die Kostenermittlung eingegangen und die Gesamtkosten aller Varianten verglichen.

10.2. Kostenermittlung und Vergleich

Bevor die Kosten für das Gebäude ermittelt werden können, müssen die bisher noch nicht verwendeten Aufwandswerte definiert werden. Alle relevanten Daten sind in der folgenden Tabelle aufgelistet.

Tabelle 61: Aufwandswerte für Stützen und Balken

Aufwandswerte	
Betonieren Stütze	0,80 h/m ³
Betonieren Balken	0,60 h/m ³
Bewehren Stütze	14,60 h/to
Bewehren Balken	14,60 h/to
Schalen Stütze	1,20 h/m ²
Schalen Balken	1,20 h/m ²
Holzbalken Auflegen	1,00 h/Stk
Holzstütze Aufstellen	1,00 h/Stk

Die einzelnen Mengen ergeben sich aus der in Tabelle 60 angegebenen Geometrie.

Die Materialkosten können den Kapiteln 7 und 8 entnommen werden. Für die Stahlbetonkonstruktionen gelten die Kosten für Beton C25/30, Bst 550 und Schaltafeln.

Die Holzkonstruktionen werden aus Brettschichtholz GL32h ausgeführt.

Berechnung der Kosten auf ein dreigeschossiges Gebäude mit einer Deckenspannweite von 12 Metern

Tabelle 62: Kosten der Stützen, Unterzüge und Fundamente des Gebäudes

	Materialkosten			Lohnkosten		
	Stützen	Unterzüge	Fundamente	Stützen	Unterzüge	Fundamente
Ortbeton	9392,43 €	5491,09 €	8321,00 €	9931,14 €	2915,27 €	5905,10 €
Hohldiele	5472,14 €	3517,33 €	4325,67 €	7229,22 €	1574,73 €	3317,98 €
HBV-Beton	5472,14 €	3517,33 €	4325,67 €	7229,22 €	1574,73 €	3317,98 €
HBV-Holz	7050,28 €	12729,67 €	4208,64 €	960,00 €	960,00 €	3092,42 €

Wegen dem größten Flächengewicht bei der Ortbetonvariante, fallen entsprechend hohe Kosten bei den lastabtragenden Bauteilen an. Da das Flächengewicht der Hohldielendecke und der Verbunddecke annähernd gleich ist, fallen bei einer Ausführung in Stahlbeton die gleichen Kosten für die Stützen, Unterzüge und Fundamente an. Ersetzt man die Stahlbetonstützen und Unterzüge durch Brettschichtholz, steigen die Materialkosten um ein Vielfaches. Für die Lohnkosten gilt genau das Gegenteil, weil die Arbeitsschritte schalen, bewehren und betonieren, durch einen einzelnen Arbeitsschritt ersetzt werden.

Tabelle 63: Kosten der Deckenkonstruktion des Gebäudes

	Decke	Δ zu OB	Δ zu HD	Δ zu HBV-B	Δ zu HBV-H
Ortbeton	203.724,00 €	-	-95.774,40 €	4.248,00 €	4.248,00 €
Hohldiele	107.949,60 €	95.774,40 €	-	100.022,40 €	100.022,40 €
HBV-Beton	207.972,00 €	-4.248,00 €	-100.022,40 €	-	0.000,00 €
HBV-Holz	207.972,00 €	-4.248,00 €	-100.022,40 €	0.000,00 €	-

Tabelle 64: Kosten der Deckenkonstruktion des Gebäudes

	Gesamtkosten	Δ zu OB	Δ zu HD	Δ zu HBV-B	Δ zu HBV-H
Ortbeton	245.680,04 €	-	-112.293,37 €	-12.270,97 €	-8.707,02 €
Hohldiele	133.386,67 €	112.293,37 €	-	100.022,40 €	103.586,34 €
HBV-Beton	233.409,07 €	12.270,97 €	-100.022,40 €	-	3.563,94 €
HBV-Holz	236.973,02 €	8.707,02 €	-103.586,34 €	-3.563,94 €	-

In Tabelle 63 sind die Gesamtkosten aufgelistet, die durch den Deckentyp entstehen. Bei der Betrachtung der Gesamtkosten im Vergleich zu den Quadratmeterkosten aus Kapitel acht und neun ändert sich von der Reihung günstig zu teuer nichts. Die Hohldielen bieten einen unschlagbar günstigen Preis. Das Sparpotential stellt sich für einen Nutzfläche von 720 Quadratmeter nur noch drastischer dar. So sieht man in Tabelle 63, dass das Hohldielengebäude um mehr als 100.000€ günstiger ist als die zwei anderen Varianten.

Betrachtet man im Vergleich Tabelle 64, in die die Kosten für Stützen, Unterzüge und Fundierung inkludiert sind, lässt sich gute erkennen, dass der Kostenunterschied zwischen Hohldiele und HBV-Variante gleichbleibt, wohin sich die Kosten der Ortbetonvariante weiter erhöhen.

Die Verbunddeckenvariante schneidet, bei Einbezug der lastabtragenden Bauteile, im Vergleich zur Ortbetonvariante endgültig besser ab, als bei einer reinen Betrachtung der Deckenkosten. Zu den Hohldiele kann sie aber keinen Boden gut machen.

Bei Verwendung von Holzstützen und Holzunterzügen, in Verbindung mit den HBV-Decken, steigen die Gesamtkosten. Die Einsparungen bei den Lohnkosten können die Teuerung bei den Materialkosten nicht kompensieren.

11. Schlussfolgerung und Ausblick

Ausgehend von den gewählten Berechnungsparametern hat sich gezeigt, dass mit zunehmender Spannweite die Kosten von Holz-Beton-Verbunddecken im Vergleich zu Ortbetondecken sinken. Dieser Wirtschaftlichkeit liegt die Betrachtung über die Gesamtkosten, die den Anteil Material und Lohn umfasst, zu Grunde. Bei einer reinen Gegenüberstellung der Materialkosten kann die Verbunddecke nie die Kosten der Betondecke erreichen. Dieser Umstand ist dem enorm hohen Materialpreises von Holz geschuldet. An dieser Stelle muss abermals erwähnt werden, dass die untersuchte Ortbetondecke auf der Annahme eines Einfeldsystems und der Konstruktion einer schlaff bewehrten und einachsig gespannten Flachdecke berechnet wurde. Es handelt sich deshalb bei den Ergebnissen der Ortbetonvariante um den „Worst-Case“, der in der Realität wegen des enormen „Totgewichts“ und den hohen Kosten nur für Abfangedecken oder für einzelne weitgespannte Deckenabschnitte, bei denen vom Bauherren eine ebenen Untersicht gefordert wird, zur Ausführung kommen würde.

Unter Kapitel 8 wurde der große Anteil der Schalungskosten an den HBV-Decken aufgezeigt. Diese begründen sich auf der Materialseite wegen dem Verlust der Schaltafeln in der Decke, zum anderen an den Zusätzliche Kosten für die Unterstellung bei Trägerachsabständen größer ein Meter und dem damit verbundenen Aufwand diese herzustellen. In diesem Punkt wäre es sinnvoll den Einfluss eines wieder verwendbaren Schalungssystems auf die Kosten zu untersuchen. Dieser Einsatz könnte auch mit der Vorfertigung der Verbunddecke in einem Werk kombiniert werden. Alternativ könnten auch Fertigschalungselementen, zementgebundene Holzspanplatten, verwendet werden. Diese Systeme eignen sich vor allem für enge Achsabstände der Unterstellungen oder der Tragelemente. Die Achsabstände der in dieser Arbeit untersuchten Systeme war aber größer als der Maximalabstand (66cm) der vom Hersteller, zum Beispiel Velox, angegeben wird.

Die höchste Kosteneffizienz wird bei der Hohldiele erreicht. Hier sind im Durchschnitt Einsparungen von 50 Prozent möglich. Der günstige Preis ergibt sich aus dem Umstand, dass die Lohnkosten im Vergleich zur schlaff bewehrten Decke sehr gering sind. Betrachtet man nur die Materialkosten ist der Einsatz von Hohldielen sogar teurer als die Herstellung einer Ortbetondecke. Im Vergleich zur HBV-Decke liegen ihre Materialkosten aber nur bei 62 Prozent.

Die ursprüngliche Fragestellung ob die Holz-Beton-Verbunddecke bei größeren Spannweiten näher an die Effizienz der Hohldiele herankommt, muss demnach mit nein beantwortet werden.

Für die Kosten des gesamten Rohbaus zeigt sich, dass bei einer Verwendung von Hohldielendecken oder HBV-Decken die Kosten für lastabtragende Bauteile wie Stützen, Unterzüge oder Fundamente, deutlich geringer ausfallen, als bei der Ortbetonvariante. Somit lässt sich ableiten, dass die Kosten dieser Bauteile direkt vom Flächengewicht der Deckenkonstruktion abhängen. Auch bei der Betrachtung des gesamten Rohbaus konnte die HBV-Variante keine höhere Kosteneffizienz zur Hohldiele erzielen.

Des Weiteren wurde die Verwendung der Deckensysteme für den mehrgeschossigen Hochbau untersucht. Für die Realisierung eines Bauprojekts steht für Investoren und Bauherren, die maximale vermietbare beziehungsweise verkaufbare Fläche im Vordergrund. In der Praxis wird deshalb eher eine tragende Stütze oder Wand ergänzt als die Deckenstärke erhöht. Wegen der sehr großen Konstruktionshöhe von Holz-Beton-Verbundrippendecken, kann der Einsatz dieser Decken zu einem Verlust eines oder mehrere Geschosse führen. Diesen Verlust gibt es zwar auch bei weitgespannten Ortbetondecken, jedoch definitiv nicht bei den Hohldielendecken, die eine sehr schlanke Konstruktion ermöglichen.

Vergleicht man die Lohnkosten, dann liegt eine Rippendecke bereits unter den Herstellungskosten einer Ortbetondecke. Anders Stellt sich der Vergleich mit der Hohldiele dar. Da es sich bei der Hohldiele um ein Vollfertigteil handelt, betragen die Lohnkosten im Vergleich zur Rippendecke nicht einmal fünfzig Prozent. Deshalb sollten in einer weiteren Untersuchung auch die Lohnkosten für eine HBV-Fertigteil Variante untersuchen werden. Es ist darauf zu achten,

dass es bei Fertigteilen zu einem erhöhten Aufwand im Material kommt. Bei einer HBV-Rippendecke äußert sich der höhere Materialaufwand in den Randträgern aus Holz. Ob also die geringeren Lohnkosten, die höheren Materialkosten aufwiegen können, muss also untersucht werden.

Als echte Alternative bei großen Spannweiten konnte sich die HBV-Rippendecke im Vergleich zu Betondecken nicht darstellen. Hier schnitt die Hohlziele deutlich besser ab als die Vergleichsvariante.

Am ehesten besteht die Chance im Bereich von acht Meter Deckenspannweite sich als effiziente Alternative zu positionieren. Mit dieser Spannweite werden auch noch regelmäßig schlaff bewehrte Ortbetondecken ausgeführt, zu denen der Kostenunterschied lediglich 19 Prozent beträgt, siehe hierzu Tabelle 58. Besonders für Gebäude mit weniger als sieben möglichen oberirdischen Geschossen macht das Sinn, da es hier zu keinem Nutzflächenverlust auf Grund der Gesamtdeckenstärke kommt, siehe hierzu Tabelle 59. Bei Einbezug der lastabtragenden Elemente wie Träger, Wände, Stützen und Fundamente kommt der Holz-Beton-Verbunddecke ihr geringes Flächengewicht zugute, eine Vergleichsberechnung findet sich unter Kapitel 10. Durch eine Reduktion der Holzkosten, im Sinne eines Preisnachlasses bei großen Abnahmemengen, kann der Kostenunterschied ebenfalls weiter verringert oder sogar ausgeglichen werden. Sind jedoch auf die Gesamtbebauungshöhe mehr als sechs oberirdische Geschosse möglich, ist in der Regel für den Investor, der Geschossverlust, und der mit ihm verbundene Verlust von Nutzfläche, ein Ausschlusskriterium für eine etwaige Holz-Beton-Verbundrippendecke.

Literaturverzeichnis

- [1] A. Müllner, Entwicklung eines ganzheitlichen Bewertungssystems für Deckenkonstruktionen bei Holzhochhäusern - Diplomarbeit, Technische Universität Wien - Institut für Architekturwissenschaften Tragwerksplanung und Ingenieurholzbau, A-1040 Wien, 2018
- [2] H. Rupprecht, W. Kelletshofer – Elascor – Holz-Beton-Verbund – Das System, Elascor GmbH, D-79183 Waldkirch, 2017
- [3] ERNE, suprafloor ecoboost Holz-Beton-Verbund, Produktkatalog, CH-5080 Laufenburg, Stand 2017
- [4] TIMBER COMPOSITE TECHNOLOGY, Technisches Dossier HBV-Systems 2017 – HBVsystems_, TiComTec GmbH, D-63808 Haibach, 2017
- [5] David Yeoh Eng Chuan, Behaviour and Design of Timber-Concrete Composite Floor System – Ph.D. Thesis, University of Canterbury – Department of Civil and Natural Resources Engineering, Private Bag 4800, Christchurch New Zealand 8140, 2010
- [6] H. Kreuzinger, Verbundkonstruktionen aus nachgiebig miteinander verbundenen Querschnittsteilen – Tagungsband 2000 Ingenieurholzbau Karlsruher Tage, Bruderverlag, D- 76131 Karlsruhe, 2000
- [7] J. Bergfelder, Näherungsverfahren zur Berechnung allgemeiner zusammengesetzter hölzerner Biegeträger mit elastischem Verbund, Bauingenieur, 49 Jg. (1974), 1974
- [8] 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). Ausgabe: 2015-06-15. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- [9] 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 zur Umsetzung der ÖNORM EN 1995-1-1, nationale Erläuterungen und nationale Ergänzungen. Ausgabe: 2015-06-15. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- [10] ÖNORM EN 1992-1-1: Eurocode 2 - Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau. Ausgabe: 2015-02-15. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- [11] ÖNORM B 1992-1-1: Eurocode 2 - Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau – Nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1992-1-1. Ausgabe: 2018-01-01. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- [12] Produktkatalog Oberndorfer, AT DS VER 0001-09 Produktkatalog, Gunskirchen, 2014
- [13] ÖNORM B 1991-1-1: Eurocode 1 – Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen – Wichten, Eigengewicht, Nutzlasten im Hochbau. Ausgabe: 2017-02-01. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- [14] ÖNORM EN 1990: Eurocode 0 – Grundlagen der Tragwerksplanung. Ausgabe: 2013-03-15. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.

- [15] ÖNORM B 1990: Eurocode 0 – Grundlagen der Tragwerksplanung- Teil 1: Hochbau- Nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1990 un nationale Ergänzungen. Ausgabe: 2013-01-01. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- [16] OIB-Richtlinie 2 – Brandschutz – OIB-330.2-011/15. März 2015. Wien: Richtlinie des Österreichischen Institut für Bautechnik.
- [17] ÖNORM EN 1992-1-2: Eurocode 2 - Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall. Ausgabe: 2010-09-01. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- [18] ÖNORM B 1992-1-2: Eurocode 2 - Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall- Nationale Festlegungen zur ÖNORM EN 1992-1-2 und nationale Erläuterungen. Ausgabe: 2011-11-15. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- [19] OIB-Richtlinie 5 – Schallschutz – OIB-330.5-002/15. März 2015. Wien: Richtlinie des Österreichischen Institut für Bautechnik.
- [20] OIB-Richtlinie 6 – Energieeinsparung und Wärmeschutz – OIB-330.6-009/15. März 2015. Wien: Richtlinie des Österreichischen Institut für Bautechnik.
- [21] OIB-Richtlinie 3 – Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz – OIB-330.3-009/15. März 2015. Wien: Richtlinie des Österreichischen Institut für Bautechnik.
- [22] ÖNORM B 8115-4: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau – Teil 4: Maßnahmen zur Erfüllung der schalltechnischen Anforderungen. Ausgabe: 2003-09-01. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- [23] ÖNORM EN ISO 12354-1: Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften – Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen (ISO 12354-1:2017). Ausgabe: 2018-03-01. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- [24] B. Pichler, J. Eberhardsteiner – Skriptum zur Vorlesung Baustatik – Bachelorstudium Bauingenieurwesen und Infrastrukturmanagement – Institut für Mechanik der Werkstoffe und Strukturen der Technischen Universität Wien, A-1040 Wien, Stand 2010
- [25] Knauf GmbH, Trockenbau-Systeme - BS1.at – Technische Broschüre – Brandschutz mit Knauf, Systemkatalog, A- 8940 Weißenbach, 2016
- [26] ÖNORM EN 1995-1-2: Eurocode 5 - Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln-Tragwerksbemessung für den Brandfall. Ausgabe: 2011-09-01. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- [27] ÖNORM B 1995-1-2: Eurocode 5 – Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln-Bemessung für den Brandfall - Nationale Festlegung zu ÖNORM EN 1994-1-2. Ausgabe: 2011-09-01. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- [28] C. Riccabona, T. Bednar – Baukonstruktionslehre 4 – Bauphysik –Manz Verlag Wien, A-1050 Wien, 2008
- [29] L. Künz – Schallschutz im Holzbau – Anforderungen und Lösungen – Firma Getzner – Workshop am 24.4.2008, bauphysik-kuenz, A-6971 Hard, 2008

- [30] Rohrdorfer Transportbeton – Preisliste 2018 Transportbeton für Wien, NÖ-Nord, NÖ-süd und das Burgenland –Rohrdorfer Transportbeton GmbH, A-2103 Langenzersdorf, 2018
- [31] Köstner Stahlzentrum – Lagerpreisliste 2015 Bewehrungsstahl –Richard Köstner AG, D-91413 Neustadt an der Aisch, 2015
- [32] Grosschädl Stahl – Lager-Preisliste – Grosschädl Stahl, A-8020 Graz, 2018
- [33] Rosa-Moser Bauwerkzeuggroßhandel – Online Produktkatalog – <https://www.rosa-moser.at/produkte/betonieren-schalung>, Rosa-Moser Bauwerkzeuggroßhandel GmbH, A- 1120 Wien, Abgerufen Dezember 2018
- [34] DOKA Die Schalungstechniker – Dokaflex – Anwenderinformation Aufbau- und Verwendungsanleitung –Doka GmbH, A-3300 Amstetten, 2016
- [35] Binderholz, Massivholz- und Konstruktionsplatten, Binderholz GmbH, A- 5113 St. Georgen bei Salzburg, 2018
- [36] Hechenblaickner, Webshop - <https://shop.heholz.at/de/home>, M. Hechenblaickner Holzhandels GmbH, A- 8051 Graz, Stand 2018
- [37] Steico Das Naturbausystem – Preisliste Dämmstoffe und Konstruktionsprodukte, Steico SE, D- 85622 Feldkirchen, 2018
- [38] Alpenholz Mair – Preisliste 2016, Alpenholz Mair GmbH, I- 39030 Olang/Valdaora, 2016
- [39] Pabst Holzmarkt – Bauholz Preisliste 2018, Pabst Holzmarkt GmbH, A- 8742 Obdach, 2018
- [40] Holz Stark, Holz ist Stark – Preisliste 2015/2016, Heinz Stark GmbH, A- 8502 Lannach, 2016
- [41] ÖBAU Reisinger, Online Produktkatalog – <https://www.reisinger-bauen.at>, R&R Fachmarkt GmbH, A- 8162 Passail, Abgerufen Dezember 2018
- [42] SFS unimarket, Online Produktkatalog - <https://www.sfs.ch/de/>, SFS unimarket AG, CH- 9435 Heerbrugg, Abgerufen Dezember 2018
- [43] Rockwool Dämmt Perfekt Brennt Nicht, Trittschalldämmung – Ausgabe 07/2009, Rockwool GmbH, A- 1120 Wien, 2009
- [44] OBI, Online Katalog - <https://www.obi.de/baustoffhalle/>, OBI Bau- und Heimwerkermärkte GmbH, A- 1030 Wien, Abgerufen Dezember 2018
- [45] ISOCELL, Preisliste 2018 – Luftdichtheits-Systeme, ISOCELL GmbH, A- 5202 Neumarkt am Wallersee, 2018
- [46] Liapor, Preisliste 2017 für den Baustoffhandel, Lias Österreich GesmbH, A- 8350 Fehring, 2017
- [47] Welser Kieswerke Treul, Preisliste 2018 Sand – Kies – Splitt – Schotter Werk Steyregg, Welser Kieswerke Treul & Co. GesmbH, A- 4623 Gunskirchen, 2018
- [48] Fermacell, JamesHardie, Aestuver, Preisliste Österreich Januar 2019, Fermacell GmbH, A- 2355 Wiener Neudorf, 2019

- [49] Knauf, Preisliste Lieferprogramm Jänner 2018, Knauf GmbH, A- 8940 Weißbach bei Liezen, 2018
- [50] M. Stanzel, Holzleichtbeton-Verbundbauweise – eine wirtschaftliche Vergleichsbetrachtung zu herkömmlichen Deckensystemen, Technische Universität Wien, A- 1040 Wien, 2016
- [51] Ch. Hofstadler, Kalkulation von Stahlbetonarbeiten: Schalarbeiten, Bewehrungsarbeiten, <http://christianhofstadler.at/>, Technische Universität Graz, A- 8010 Graz, 2011, Abgerufen Dezember 2018
- [52] A. Kropik, Mittellohnpreiskalkulation – Übungs- und Schulungsheft Stichtag: 1. Mai 2016, Wirtschaftskammer Österreich Geschäftsstelle Bau, A- 1040 Wien, 2016
- [53] ÖNORM B 2061: Preisermittlung für Bauleistungen - Verfahrensnorm. Ausgabe 1999-09-01. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.: Bewehrung in einer Schalung kurz vor Betonage	10
Abbildung 2.: Verbindungsmittel die in der Arbeit „Behaviour and Design of Timber-Concrete Composite Floor System“ untersucht wurden [5].....	14
Abbildung 3.: Geometrische Beziehungen und Spannungsverteilung im Verbundquerschnitt gemäß ÖNORM EN 1995-1-1 und	19
Abbildung 4.: Kräfte Gleichgewicht für reine Biegung gemäß Parabel-Rechteck-Diagramm (links) und Blockdiagramm (rechts)	20
Abbildung 5.: Verbindungsmittelreihen	27
Abbildung 6.: Schema Abstufung der Bewehrung.....	31
Abbildung 7.: Rechenmodell zur Berechnung der Durchbiegung zum Zeitpunkt unendlich.....	32
Abbildung 8.: Berechnungszyklus	35

Diagrammverzeichnis

Diagramm 1.: Funktion zur Bewertung des Verbesserungsmaßes durch Estrich und Trittschalldämmung auf Massivdecken.....	28
Diagramm 2.: Funktion zur Bewertung der Trittschallverbesserung durch eine Schüttung	35
Diagramm 3.: Funktion zur Bewertung der Trittschallverbesserung durch Estrich + Trittschalldämmung	35
Diagramm 4.: Funktion zur Bewertung der Trittschallverbesserung durch eine Aufbetonschicht	36
Diagramm 5.: Funktion zur Berechnung des Korrektursummanden.....	36
Diagramm 6: Kostenanteile für die Konstruktion einer Ortbetondecke mit 8 m Spannweite	50
Diagramm 7: Kostenanteile für die Konstruktion einer Ortbetondecke mit 10 m Spannweite	51
Diagramm 8: Kostenanteile für die Konstruktion einer Ortbetondecke mit 12 m Spannweite	52
Diagramm 9: Entwicklung der Kosten über die Spannweite	53
Diagramm 10: Kostenanteile für die Konstruktion einer Ortbetondecke.....	54
Diagramm 11: Kostenanteile für die Konstruktion einer Hohldielendecke mit 8m Spannweite	57
Diagramm 12: Gegenüberstellung der aufsummierten Kostenanteile für Hohldielen mit einer Spannweite von 8m.....	58
Diagramm 13: Entwicklung der Kostenanteile einer Hohldiele VSD-5-26-B für die Spannweiten 8 und 10 Meter.....	59
Diagramm 14: Entwicklung der Kostenanteile einer Hohldiele VSD-5-26-B für die Spannweiten 12 Meter.....	60
Diagramm 15: Entwicklung der Kosten über die Spannweite	61
Diagramm 16: Gesamtkosten je Hohldiele	62
Diagramm 17: Spannweite 8 Meter Kosten im Aufbau für die Systeme GL24h C25/30	67
Diagramm 18: Spannweite 8 Meter Kosten im Aufbau für die Systeme GL75 C25/30	68
Diagramm 19: Spannweite 8 Meter Kosten der Konstruktion für die Systeme GL24h C25/30.....	68
Diagramm 20: Spannweite 8 Meter Kosten der Konstruktion für die Systeme GL75 C25/30.....	69
Diagramm 21: Spannweite 8 Meter Vergleich der günstigsten Variante mit der Variante der geringsten Höhe	71
Diagramm 22: Spannweite 10 Meter Kosten im Aufbau für die Systeme GL32h C25/30	72
Diagramm 23: Spannweite 10 Meter Kosten in der Konstruktion für die Systeme GL32h C25/30.....	73

Diagramm 24: Spannweite 10 Meter Vergleich der günstigsten Variante mit der Variante der geringsten Höhe	75
Diagramm 25: Spannweite 12 Meter Kosten der Aufbauten für die Systeme GL36h C25/30	76
Diagramm 26: Spannweite 12 Meter Kosten der Aufbauten für die Systeme GL36h C25/30	77
Diagramm 27: Spannweite 12 Meter Vergleich der günstigsten Variante mit der Variante der geringsten Höhe	78
Diagramm 28: Darstellung der Materialkosten in Abhängigkeit von Holzgüte und Spannweite	80
Diagramm 29: Darstellung der Lohnkosten in Abhängigkeit von Holzgüte und Spannweite	81
Diagramm 30: Kostenanteile Material je Baustoff der Konstruktion	81
Diagramm 31: Kostenanteile gesamt je Baustoff der Konstruktion	82
Diagramm 32: Diagramm zu Tabelle 57 „Kosten der jeweils günstigsten Varianten“	85

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anforderungen gemäß ausgewählter Zulassungen Teil1	15}
Tabelle 2: Anforderungen gemäß ausgewählter Zulassungen Teil2	16
Tabelle 3: Maximale Konstruktionshöhe bei einer Begrenzung auf l/250	23
Tabelle 4: Untersuchte Trägerbreiten	25
Tabelle 5: Tabelle 12 ÖNORM B 1992-1-1 [12]	27
Tabelle 6: Startwerte für jeden Berechnungsschritt innerhalb der Zyklen	32
Tabelle 7: Resultierende Brandbeanspruchung für den Holzträger in Kombination mit Knauf Brandschutzplatten	32
Tabelle 8: Zusätzlich erforderliches Holzvolumen zur Einhaltung von R90 für eine Träger 24/40	33
Tabelle 9: Auswertung des Gesamtpreises Holz und Beplankung inkl. Lohn für einen Träger 24/40 GL 24 h	33
Tabelle 10: Werte für Trittschallschutz und Luftschallschutz einer Holzrippendecke [28]	34
Tabelle 11: Abminderung der E-Module für jeden Betrachtungszeitpunkt	37
Tabelle 12: Betonpreise	39
Tabelle 13: Preise Schalung	40
Tabelle 14: Preise für Holzplatten	40
Tabelle 15: Holzpreise	41
Tabelle 16: Preise Verbindungsmittel	41
Tabelle 17: Preisliste Firma Oberndorfer 2019	42
Tabelle 18: Preise für Floorrock SE	43
Tabelle 19: Preise Absperrfolien und Klebstoffe	43
Tabelle 20: Preise Schüttgüter	43
Tabelle 21: Preise Mineralwolle	44
Tabelle 22: Preise Brandschutzbeplankung System Knauf	44
Tabelle 23: Aufbauten je Feuerwiderstandsklasse	44
Tabelle 24: Lasten je Konstruktionsteil	45
Tabelle 25: Beispiel für die Materialkosten einer Betondecke in €/m ² excl. MwSt.	48
Tabelle 26: Beispiel für die Lohnkosten einer Betondecke in €/m ² excl. MwSt.	49
Tabelle 27: Technische Daten Ortbetondecke Spannweite 8 Meter	50
Tabelle 28: Kostendaten Ortbetondecke Spannweite 8 Meter	50
Tabelle 29: Technische Daten Ortbetondecke Spannweite 10 Meter	51
Tabelle 30: Kostendaten Ortbetondecke Spannweite 10 Meter	51
Tabelle 31: Technische Daten Ortbetondecke Spannweite 12 Meter	52
Tabelle 32: Kostendaten Ortbetondecke Spannweite 12 Meter	52

Tabelle 33: Beispiel für die Materialkosten einer Hohldielendecke in €/m ² excl. MwSt.....	55
Tabelle 34: Beispiel für die Lohnkosten einer Hohldielendecke in €/m ² excl. MwSt.	56
Tabelle 35: Technische Daten Hohldiele VSD-6-20-C.....	58
Tabelle 36: Technische Daten Hohldiele VSD-5-26-B	58
Tabelle 37: Kostendaten Hohldiele VSD-6-20-C und VSD-5-26-B	58
Tabelle 38: Kostendaten Hohldiele VSD-5-26-B Spannweite 8 und 10 Meter.....	59
Tabelle 39: Technische Daten Hohldiele VSD-5-26-C.....	60
Tabelle 40: Kostendaten Hohldiele VSD-5-26-C.....	60
Tabelle 41: Beispiel für die Materialkosten im Aufbau einer HBV-Decke in €/m ² excl. MwSt.	63
Tabelle 42: Beispiel für die Materialkosten der Konstruktion einer HBV-Decke in €/m ² excl. MwSt. .	63
Tabelle 43: Beispiel für die Lohnkosten im Aufbau einer HBV-Decke in €/m ² excl. MwSt.	65
Tabelle 44: Beispiel für die Lohnkosten der Konstruktion einer HBV-Decke in €/m ² excl. MwSt.	65
Tabelle 45: Kostenteile der HBV-Konstruktionen mit 8 Meter Spannweite der jeweils günstigsten Variante	70
Tabelle 46: Technische Spezifikationen der jeweils günstigsten Variante	70
Tabelle 47: Flächenlast und Konstruktionshöhe der jeweils günstigsten Variante	70
Tabelle 48: Flächenlast und Konstruktionshöhe der jeweils niedrigsten Variante.....	70
Tabelle 49: Kostenteile der HBV-Konstruktionen mit 10 Meter Spannweite der jeweils günstigsten Variante	73
Tabelle 50: Technische Spezifikationen der jeweils günstigsten Variante	74
Tabelle 51: Flächenlast und Konstruktionshöhe der jeweils günstigsten Variante	74
Tabelle 52: Flächenlast und Konstruktionshöhe der jeweils niedrigsten Variante.....	74
Tabelle 53: Technische Spezifikationen der jeweils günstigsten Variante	77
Tabelle 54: Flächenlast und Konstruktionshöhe der jeweils günstigsten Variante	78
Tabelle 55: Flächenlast und Konstruktionshöhe der jeweils niedrigsten Variante.....	78
Tabelle 56: Kostenteile der HBV-Konstruktionen mit 12 Meter Spannweite der jeweils günstigsten Variante	79
Tabelle 57: Kosten der jeweils günstigsten Varianten	83
Tabelle 58: Kostenabweichung in Prozent, wobei die HBV-Decke 100% entspricht	83
Tabelle 59: Eignung der Konstruktion für verschiedene Geschosshöhen	86
Tabelle 60: Abmessungen der Konstruktion die Werte sind in Zentimeter angegeben b/h	89
Tabelle 61: Aufwandswerte für Stützen und Balken	89
Tabelle 62: Kosten der Stützen, Unterzüge und Fundamente des Gebäudes	90
Tabelle 63: Kosten der Deckenkonstruktion des Gebäudes	90
Tabelle 64: Kosten der Deckenkonstruktion des Gebäudes	90

Anhang

Eingabewerte Berechnung Ortbeton

Menü

Geometrie		
Spannweite	L=	8 m, 10 m, 12 m
Breite Betondecke	B_C=	1,00 m
Höhe Betondecke	H_C=	wird berechnet
Betondeckung unten	c1=	0,04 m
Betondeckung oben	c2=	0,04 m

Lasten		
Nutzlast	q,k=	2,00 kN/m ²
Zwischenwandzuschlag	ZWZS=	1,00 kN/m ²
Last Technik	g,k_tech=	0,50 kN/m ²

Material	
Beton	C25/30
Betonstahl	Bst 550

Systemparameter	
Schallschutz Unterkonstruktion	0 dB
Zuschlag Flankenübertrag	4 dB
Grenzwert U-Wert	0,90 W/m ² K
Steifigkeit Trittschalldämmung	11 MN/m ²
Masse Schüttung	500 kg/m ³
Grenzdurchbiegung	250
Mittellohn	40 €/h
Branddauer	90 min

Teilsicherheitsbeiwerte Lastseite		
	ULS	SLS
Normalzustand	1,35 ; 1,50	1,00 ; 1,00
Brandzustand	1,00 ; 1,00	0 ; 0
Teilsicherheitsbeiwerte Materialeseite		
	Beton	Betonstahl
Normalzustand	1,50	1,15
Brandzustand	1,20	1,00

Kombinationsbeiwerte	
ψ_0	0,70
ψ_1	0,50
ψ_2	0,30

statische Randbedingungen Auflager Auflager	
w_i	0
M_i	0
w_k	0
M_k	0

statische Übergangsbedingungen Auflager Feldmitte	
w _i	0
M _i	0
V _k	0
phi _k	0

Aufbauten und U-Wert

	d [cm]	ρ [kN/m ³]	λ [W/mK]
			Rsi =0,13
Belag	1,50	6	0,14
Estrich	5,00	20	1,4
PE-Folie	0,02	9,6	0,5
Wärmedämmung	wird berechnet	1,5	0,044
PE-Folie	0,02	9,6	0,5
Trittschalldämmung	3,00	1,5	0,044
PE-Folie	0,02	9,6	0,5
Schüttung	wird berechnet	in "Menü" vorgegeben	0,1
Beton	wird berechnet	in "Beton" vorgegeben	2,3
			Rsi =0,13

Beton Kriechen und Schwinden

Kriechzahl	
t ₀ =	28 d
RH=	40%
t=	73000 d
Schwinden	
t _s =	28 d
α _{ds1} =	4
α _{ds2} =	0,12

Berechnung Hohlziele

Hohlziele

Nachdem alle Berechnungen auf Basis des Produktkatalogs der Firma Oberndorfer von 2019 sind in diesem Blatt alle Werte auf ihre Gültigkeit zu überprüfen.

Menü

Systemparameter	
Schallschutz Unterkonstruktion	0 dB
Zuschlag Flankenübertrag	4 dB
Grenzwert U-Wert	0,90 W/m ² K
Steifigkeit Trittschalldämmung	11 MN/m ²
Masse Schüttung	500 kg/m ³
Grenzdurchbiegung	250
Mittellohn	40 €/h
Branddauer	90 min

Besondere Relevanz in dieser Eingabe hat die Masse der Schüttung. Falls unrealistisch dicke Schüttungen erforderlich werden mach es Sinn die Dichte auf 1800 kg/m³ zu erhöhen. Auf diesen Umstand muss jedoch in den Ergebnissen hingewiesen werden!

Aufbauten und U-Wert

	d [cm]	ρ [kN/m ³]	λ [W/mK]
			Rsi =0,13
Belag	1,50	6	0,14
Estrich	5,00	20	1,4
PE-Folie	0,02	9,6	0,5
Wärmedämmung	wird berechnet	1,5	0,044
PE-Folie	0,02	9,6	0,5
Trittschalldämmung	3,00	1,5	0,044
PE-Folie	0,02	9,6	0,5
Schüttung	wird berechnet	in "Menü" vorgegeben	0,1
Konstruktion	von Produkt	von Produkt	von Produkt
			Rsi =0,13

Berechnung Holz-Beton-Verbunddecke

Menü

Geometrie		
Spannweite	L=	8 m, 10 m, 12 m
Balkenachsabstand	á=	wird variiert
Breite Holzträger	B_H=	wird variiert
Höhe Holzträger	H_H=	wird variiert
Mitwirkendebreite Beton	B_C=	wird berechnet
Höhe Betondecke	H_C=	wird variiert
Dicke Schalung	h,s=	0,027 m
Verbindungsmittelabstand	sef=	wird variiert
Verbindungsmittelreihen	n=	wird variiert

Lasten		
Nutzlast	q,k=	2,00 kN/m ²
Zwischenwandzuschlag	ZWZS=	1,00 kN/m ²
Last Technik	g,k_tech=	0,50 kN/m ²

Material	
Beton	C25/30
Betonstahl	Bst 550
Holz	GL24h bis GL36h und GL75
Nutzungsklasse	NKL 1
Verbindungsmittel	Rapid T-Con 205
Schalung	C24

Systemparameter	
Schallschutz Unterkonstruktion	74 dB
Zuschlag Flankenübertrag	4 dB
Grenzwert U-Wert	0,90 W/m ² K
Steifigkeit Trittschalldämmung	11 MN/m ²
Masse Schüttung	500 kg/m ³
Grenzdurchbiegung	250
Mittellohn	40 €/h
Branddauer	90 min
Branddauer Beplankung	90 min
Beplankung	Feuerschutzplatte
Schwingung Beschleunigung	0,05 m/s ²
Schwingung Durchbiegung	0,25 mm
Deckenbreite Schwingung	5 m

Teilsicherheitsbeiwerte Lastseite		
	ULS	SLS
Normalzustand	1,35 ; 1,50	1,00 ; 1,00
Brandzustand	1,00 ; 1,00	0 ; 0
Teilsicherheitsbeiwerte Materialseite		
	Normal	Brand
Beton	1,50	1,20
Betonstahl	1,15	1,00
Holz	1,25	1,00
Verbindungsmittel	1,30	1,00

Kombinationsbeiwerte	
ψ_0	0,70
ψ_1	0,50
ψ_2	0,30

statische Randbedingungen Auflager Auflager	
w_i	0
M_i	0
w_k	0
M_k	0

Aufbauten und U-Wert

	d [cm]	ρ [kN/m ³]	λ [W/mK]
			Rsi =0,13
Belag	1,50	6	0,14
Estrich	5,00	20	1,4
PE-Folie	0,02	9,6	0,5
Wärmedämmung	wird berechnet	1,5	0,044
PE-Folie	0,02	9,6	0,5
Trittschalldämmung	3,00	1,5	0,044
PE-Folie	0,02	9,6	0,5
Schüttung	wird berechnet	in "Menü" vorgegeben	0,1
Konstruktion	wird berechnet	wird berechnet	
Brandschutzbefestigung	von Brandschutz	von Brandschutz	0,15
Brandschutzplatten	von Brandschutz	von Brandschutz	0,25
			Rsi =0,13

HBV-Kriechen und Schwinden

Kriechzahl Beton	
$t_0=$	28 d
RH=	40%
$t=$	73000 d
Schwinden	
$t_s=$	28 d
$\alpha_{ds1}=$	4
$\alpha_{ds2}=$	0,12
Kriechzahl Holz	
$\phi_t=$	2,1
Kriechzahl Verbindungsmittel	
$\phi_t=$	1,6

SLS Durchbiegung HBV $t=0$

Schwingung	
F_0	700 N
$\zeta=$	0,02
$F=$	1 kN

Kostensätze und Aufwandswerte

Konstruktion	
Holz	
GL24h bis GL36h und GL75	wird von "Holz" übernommen
Beton	
C 25/30	wird von "Beton" übernommen
Betonstahl	
Bst 550 B	1100,00 €/to
Schalung	
Einschichtplatte B 27 mm	29,80 €/m ³
Schalungsträger	9,20 €/m
Stütze	38,50 €/Stk
Verbindungsmitel	
Rapid T-CON 205	1,46 €/Stk

Aufbau	
Trittschalldämmung	
30 -5 _11	3,69 €/m ²
Folien	
Timbertex	1,56 €/m ²
Timberflex 60mm	0,73 €/m
Schüttung	
Liapor fit	184,30 €/m ³
Ausfachung	
Isover UNI Plus 10	13,50 €/m ²
Brandschutzbeplankung	
Feuerschutzplatten F15	6,06 €/m ²
Schrauben	0,04 €/Stk
Konstruktionslatte	428,00 €/m ³

Konstruktion	
Holz	
Holzbalken versetzen	1,00 h/Stk
Schalung	
Stützenaufstellen	0,80 h/m ²
Balkenauflegen	0,20 h/m ²
Schalung auflegen	0,20 h/m ²
Bewehrung	
Matten verlegen	5,00 h/to
Betonage	
Betonieren	0,40 h/m ²
Rütteln und abziehen	0,05 h/m ²
Nachbehandlung	0,05 h/m ²
Verbindungsmitel	
Verbundschrauben stzten	0,03 h/Stk

Aufbauten	
Trittschalldämmung	
Trittschalldämmung verlegen	0,10 h/m ²
Schüttung	
Schüttung aufbringen	2,40 h/to
Folie	
Timberflex	0,06 h/m ²
Ausfachung	
Ausfachung der Hohlräume	0,10 h/m ²
Brandschutzbeplankung	
Unterkonstruktion	0,10 h/m ²
Feuerschutzplatten je Lage	0,10 h/m ²

MITTELLOHNPREIS <input type="checkbox"/>	Firma:	FORMBLATT K 3	
REGIELOHNPREIS <input type="checkbox"/>		Erstellt am:	Seite:
GEHALTPREIS <input type="checkbox"/>			
Bau:	FÜR MONTAGE <input type="checkbox"/>	Preisbasis laut Angebotsunterlagen	
Angebot Nr.:	FÜR VORFERTIGUNG <input type="checkbox"/>	Währung: €	
Beschäftigungsgruppe laut KV:		Kalkulierte Beschäftigte	Anzahl:
KV-Gruppe: /		Kalkulierte Wochenarbeits-Zeit,	h:
KV-Lohn: /			
Anzahl /		Aufzahlung für Mehrarbeit:	
Anteil in % /		= 100 %; % h / % h / % h	
		%	Betrag
A Kollektivvertraglicher MITTELLOHN - REGIELOHN - GEHALT			
B Umlage unproduktives Personal	% von A		
C Aufzahlungen aus Zusatzkollektivverträgen	% von A + B (A + B =		
D Überkollektivvertraglicher Mehrlohn	% von A + B		
E Aufzahlung für Mehrarbeit	% von A + B		
F Aufzahlung für Erschwernisse	% von A + B		
G Andere abgabenpflichtige Lohnbestandteile	% von A + B		
H MITTELLOHN - REGIELOHN - GEHALT (% = Betrag H * 100 / Betrag A)		(Betrag = A bis G)	
I Andere nicht abgabenpflichtige Lohnbestandteile	% von H		
J Direkte Lohnnebenkosten	% von H		
K Umgelegte Lohnnebenkosten	% von H		
L Andere lohngebundene Kosten	% von H		
M MITTELLOHN - REGIELOHN - GEHALT - KOSTEN (% = M * 100 / A)		(Betrag = H bis L)	
Gesamtzuschlag in % auf:	Gerät	Material	Fremdl. Lohn / Gehalt
N Geschäftsgemeinkosten			
O Bauzinsen			
P Wagnis			
Q Gewinn			
R			
S Summe (%) N bis R			
T Gesamtzuschlag: S*100/(100-S) %			(% auf M)
U MITTELLOHN - REGIELOHN - GEHALT - PREIS (% = U * 100 / A)		(Betrag = M + T)	
In Sonderfällen: Umlage der Baustellen-Gemeinkosten auf Leistungsstunden			
auf MLP - RLP - GP (Baustellen-Gemeinkosten / h = Betrag in V)			
V Umgelegt sind:			
W MLP - RLP - GP mit Umlage der Gemeinkosten (% = W * 100 / A)		(Betrag = U + V)	
In Sonderfällen: Umlage auf Preisanteile in %			
	Lohn	Sonstiges	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
X UMLAGEPROZENTSATZ	Summe 1 bis 6		

KOLLEKTIVVERTRAG FÜR BAUINDUSTRIE UND BAUGEWERBE

LOHNTAFEL gültig ab 1.5.2018

	Stundenlohn	Monatslohn	Krankenentgelt	Weihnachtsgeld
	Erhöhung		§ 7 III B/1a KV	§ 12/1
	2,60%	169,5 Std/Monat	2,09 Std/Tag	je 39 Stunden
I. Vizepolier	16,03	2.717,09	33,50	65,59
II. Facharbeiter				
a)	15,60	2.644,20	32,60	63,84
b)	14,20	2.406,90	29,68	58,11
III. Angeleitete Bauarbeiter				
a)	14,19	2.405,21	29,66	58,07
b)	13,87	2.350,97	28,99	56,76
c)	13,56	2.298,42	28,34	55,49
d)	13,21	2.239,10	27,61	54,06
e)	12,73	2.157,74	26,61	52,09
IV. Bauhilfsarbeiter	12,09	2.049,26	25,27	49,47
V. Sonstiges Hilfspersonal	11,09	1.879,76	23,18	45,38
VI. Lehrlinge				
a)	5,68	962,76		19,37
b)	8,52	1.444,14		29,05
c)	11,36	1.925,52		38,74
d)	12,78	2.166,21		43,58
e)	11,36	1.925,52		38,74
VII. Praktikanten				-
a)	4,26	722,07		17,43
b)	7,10	1.203,45		29,05
Lenkstunde (§ 8 Z 1b)	11,19			
Dienstreisevergütungen				
Taggeld § 9 Z 4 lit a	10,50	je Tag		
Taggeld § 9 Z 4 lit b	16,90	je Tag		
Taggeld § 9 Z 5, 5a und 6	28,00	je Tag		
Übernachtungsgeld	12,99	je Nächtigung	VPI 2017	2,1%
Fassader (Spezialisten Wien)	15,70	2.661,15	32,81	64,24
KV Feuerungstechnische Betriebe				
a) Feuerungsmaurer	17,38	2.945,91	36,32	71,12
b) Schornst.(Kamin)maurer	20,21	3.425,60	42,24	82,70
c) Vorarb. Feuerfestb.	20,55	3.483,23	42,95	84,09
d) Vorarb. Schornsteinb.	22,38	3.793,41	46,77	91,58
Zulage gem § 5 Abs 1 Z 1 lit d)	0,50	je Arbeitsstunde		
ZusatzKV Rohrleger				
Rohrleger	16,29	2.761,16	34,05	66,66
Helfer	13,58	2.301,81	28,38	55,57
ZusatzKV Großwasserkraftwerksbauten				
Zulage lt. § 3	0,42	je Arbeitsstunde		
Zulage lt. § 14				
Entfern. Stollenmund > 2km	2,92	je Schicht		
Entfern. Stollenmund > 3km	3,67	je Schicht		
ZusatzKV Wiener U-Bahn Bauten				
Baustellenzulage (§ 2)	1,47	je Arbeitsstunde		

<https://www.wko.at/branchen/gewerbe-handwerk/bau/kollektivvertraege-bau.html>

Lohnnebenkosten Baugewerbe und Bauindustrie

ab 1.1.2018

I. Soll Arbeitszeit		II. Direkte Lohnnebenkosten	
Werte zu den Ausfallszeiten entsprechen branchenüblichen Durchschnittswerten bzw. sind Statistiken (Urlaub, Schlechtwetter, ...) entnommen		Höchstbetragsgrundlage (HBGl.)	5 130 €
1. Sonntage	52,18	Arbeitslosenversicherung	3,00%
2. Samstag	52,18	Zuschlag Insolvenzentgeltsicher.	0,35%
3. Bezahlte Feiertage ohne der s.g. Weihnachtsfeiertage	7,63	Pensionsversicherung ASVG	12,55%
4. Arbeitsfreie Tage zu Weihnachten und bezahlte Weihnachtsfeier	4,29	Krankenversicherung ASVG	3,78%
5. Sonderfeiertage	0,50	Unfallversicherung	1,30%
6. Bezahlte Urlaubstage lt. BUAK	25,83	Familienlastenausgleichsfond	3,90%
7. Entgeltliche Freizeit	3,35	Wohnbauförderungsbeitrag	0,50%
8. Arbeitsausfall wegen Krankheit	12,78	Schlechtwetterentschädigungsb.	0,70%
9. Schlechtwetterausfallzeit	5,73	Summe Direkte LNK	26,08%
10. Sonstiger Arbeitsausfall	4,25	Die Berechnungsart der Werte der umgelegten Sozialkosten ist analog jener im Österreichischen Bauhandbuch. Daraus kann auch die Anleitung zur Berechnung entnommen werden. Die dargelegten Werte verstehen sich beispielhaft und sind ggf. durch eigene Berechnungen anzupassen. Die Kalkulation des Mittellohnpreises ist beispielhaft in der "Mittellohnpreisbroschüre" der Bundesinnung Bau ausgeführt.	
11. Ausfallzeit der Betriebsräte	1,31		
12. Betriebsversammlung	0,19		
13. Kündigungsfristen	0,28		
14. Pflegefreistellung	0,50		
Ausfalltage	171,00		
verbleibende Arbeitstage (SOLL-Arbeitszeit)	194,25		

III. Die umgelegten Lohnnebenkosten (ULNK)		Werte gemäß Statistik; bzw. gerundet
Entgeltpflichtige Arbeitstage als Anteil der SOLL-Arbeitszeit		0,5148
Arbeitgeberanteile SV		26,08%
Entgeltpflichtige und sozialversicherungspflichtige Arbeitstage		0,6491
Annahme über kollektivvertraglicher Mittellohn		12,81 €
tägliche Arbeitszeit in Stunden		7,8

	ULNK abhängig von		
	Mehrarbeit	Mehrlohn	von beiden
1. Bezahlte Feiertage	4,95 %		
1.a. Arbeitsfreie Tage und Weihnachtsfeiertage			
1.a.1: Zuschlag für die Weihnachtsfeiertage			3,29 %
1.a.2: Kosten der Weihnachtsfeiertage	2,78 %		
1.a.3: Refundierung durch die BUAK			-3,10 %
2. Sonderfeiertage	0,32 %		
3. Bezahlte Urlaubstage			42,46 %
4. Entgeltliche Freizeit			2,17 %
5. Entgeltfortzahlung im Krankheits- und Unglücksfall	8,50 %		
6. Ausgleichstaxe nach dem Behinderteneinstellungsgesetz			0,16 %
7. Weihnachtsgeld		13,95 %	
8. Sozialversicherung und Kommunalsteuer auf Weihnachtsgeld		3,99 %	
9. Sozialversicherung bei unbezahlem Urlaub und Betriebsstörung	0,27 %		
10. Schlechtwetterentschädigung	0,14 %		
11. Ausfallzeit der Betriebsräte			0,85 %
12. Betriebsversammlung			0,12 %
13. Abfertigung			6,20 %
14. Pflegefreistellung	0,32 %		
15. Kommunalabgabe	0,28 %		
16. Förderung der zwischenbetrieblichen Ausbildung			1,17 %
17. Kündigungsfristen	0,18 %		
18. Internatskosten für Lehrlinge			0,00 %
19. Überbrückungsgeld (ab 1.1.2014)			4,66 %
	ULNK 1 =	ULNK 2 =	ULNK 3 =
	17,74 %	17,94 %	57,98 %

ULNK (1+2+3) bezogen auf den kollektivvertraglichen Lohn u. Normalarbeitszeit 93,66 %

Eine Information der Geschäftsstelle Bau
Technische Betriebswirtschaft - Dipl.-Ing. Peter Scherer

01.01.2018



<https://www.wko.at/branchen/gewerbe-handwerk/bau/Lohnnebenkosten-Bau-per-01.01.2018.pdf>

Projekt: Diplomarbeit

Bearbeiter: MINIVERSION

AxisVM 13.0 R4m · Registrierter Benutzer: MINIVERSION
Wohnbau.axd

Ausgabe

<i>Eintrag</i>	<i>Seite</i>
Ansicht	3
Konstruktion Regelgeschoss	4
ST1, Oberansicht	5

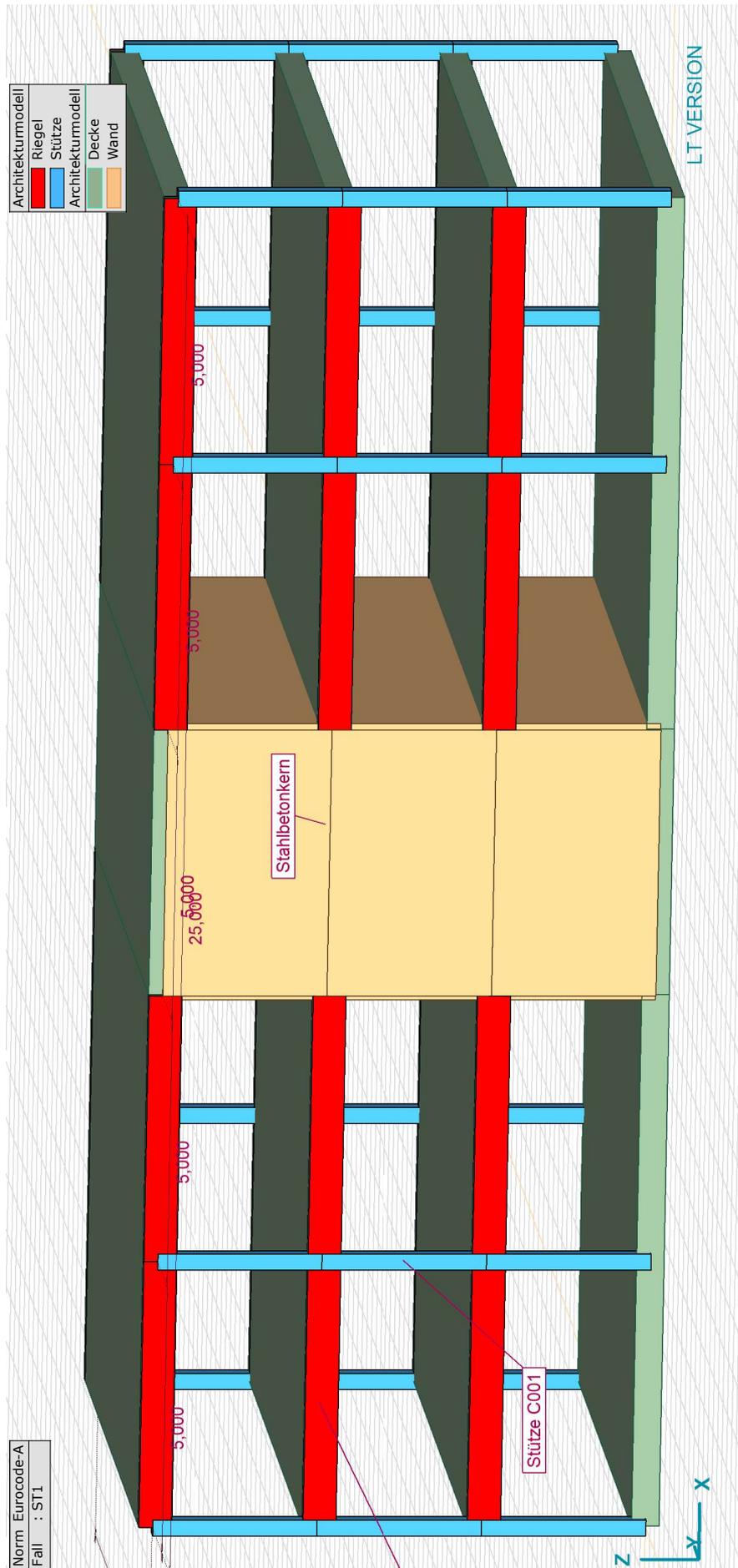
Projekt: Diplomarbeit

Bearbeiter: MINIVERSION

Modell: Wohnbau.axd

17.02.2019

Seite 3



Ansicht

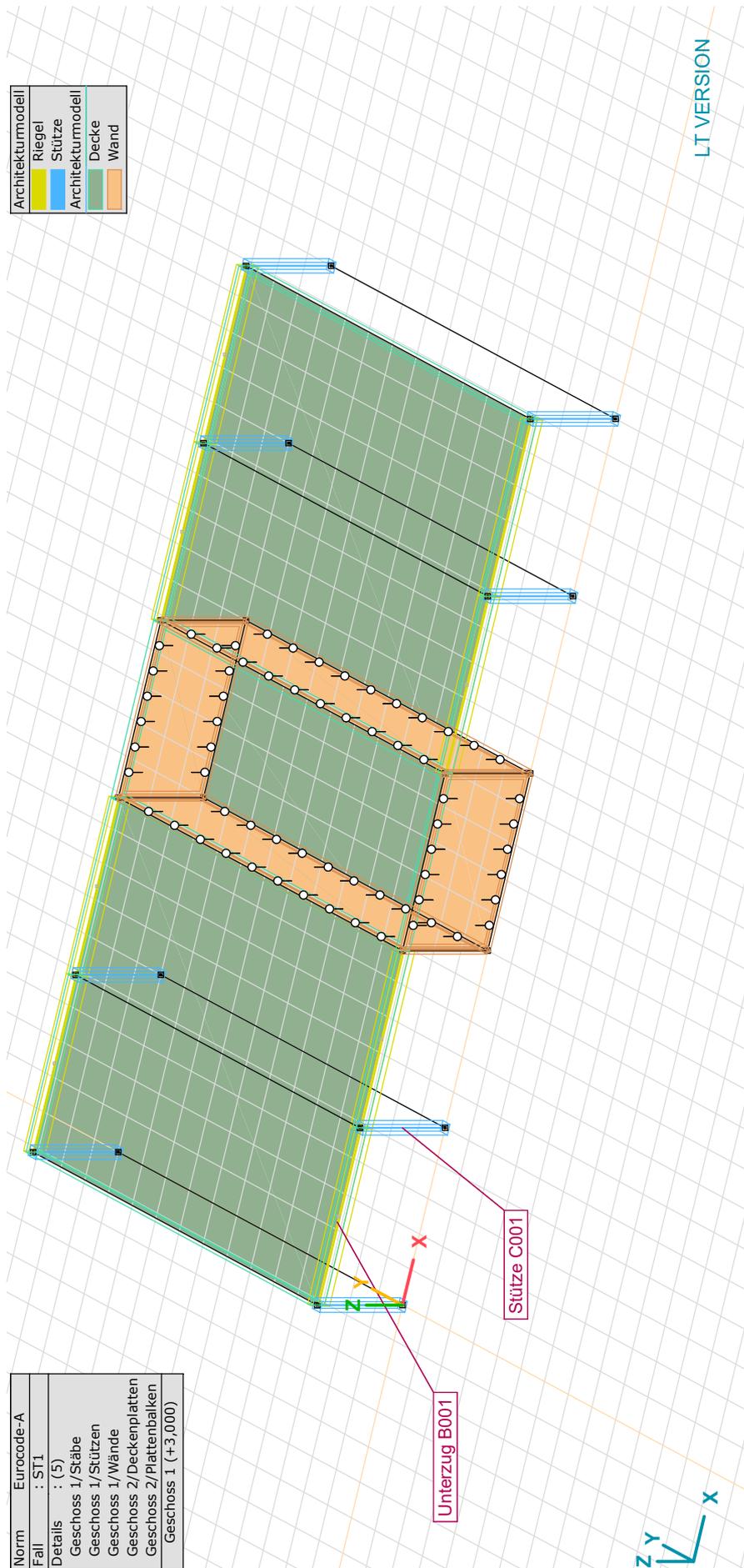
Projekt: Diplomarbeit

Bearbeiter: MINIVERSION

Modell: Wohnbau.axd

17.02.2019

Seite 4



Architekturmodell	
Regel	Architekturmodell
Stütze	Decke
Architekturmodell	Wand

Norm	Eurocode-A
Fall	: ST1
Details	: (5)
Geschoss 1/ Stäbe	
Geschoss 1/ Stützen	
Geschoss 1/ Wände	
Geschoss 2/ Deckenplatten	
Geschoss 2/ Plattenbalken	
Geschoss 1 (+3,000)	

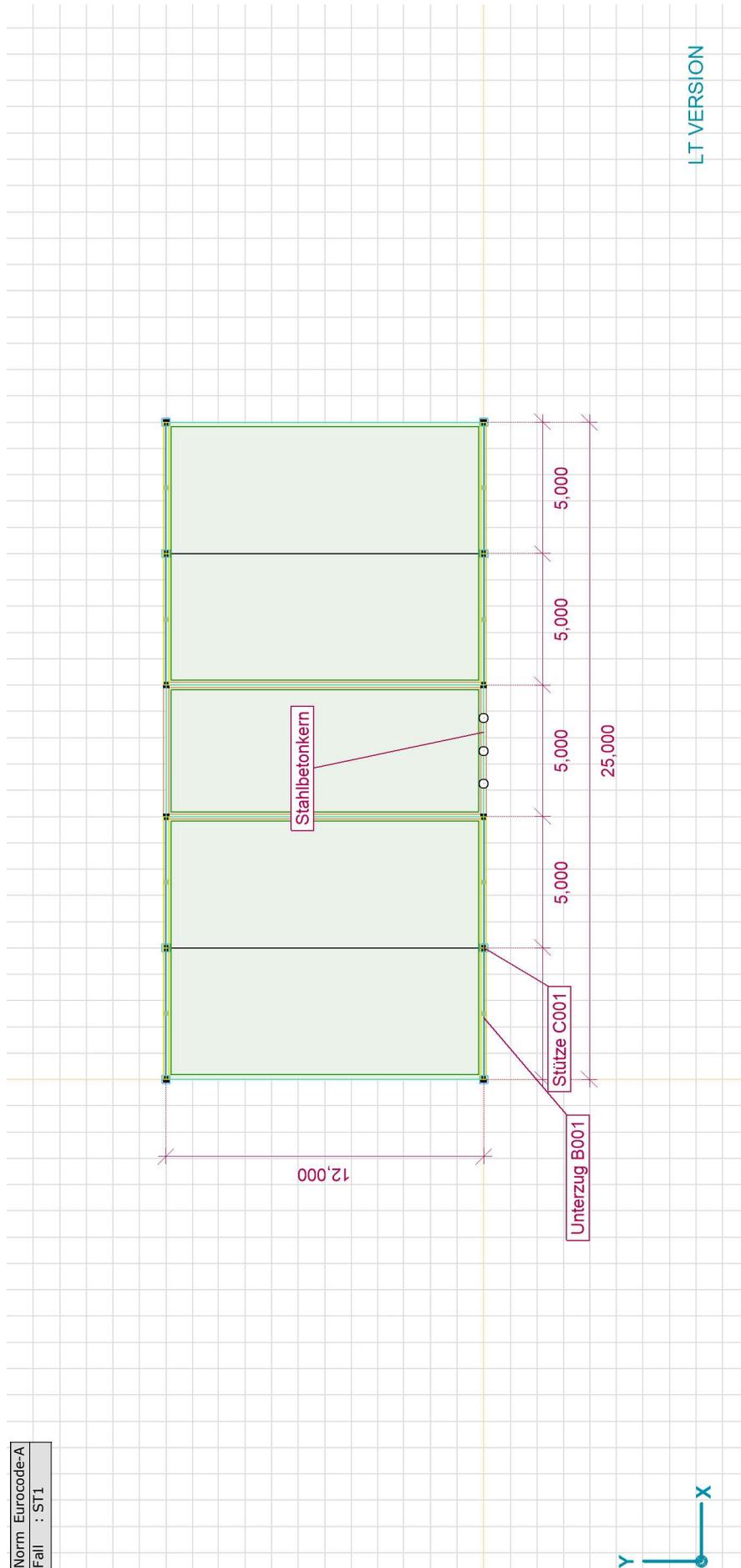
Konstruktion Regelgeschoss

Projekt: Diplomarbeit

Bearbeiter: MINIVERSION
Modell: Wohnbau.axd

17.02.2019

Seite 5



Norm Eurocode-A
Fall : ST1

ST1, Oberansicht

Kosten je Regelgeschoss Ortbeton

Kosten Geschossdecke	296,90 €/m ²
----------------------	-------------------------

Geometrische Abmessungen	B	H	L	As,längs gesamt	As,Bügel gesamt
Stütze	35 cm	35 cm	4 m	50,24 cm ² /m	3,53 cm ² /m
Unterzug	0 cm	0 cm	5 m	26,55 cm ² /m	26,44 cm ² /m
Streifenfundament	160 cm	90 cm	10 m	37,17 cm ² /m	21,00 cm ² /m
Geschossdecke	5	-	12	in Gesamtkosten	-

Materialkosten	
Beton	75,83 €/m ³
Bewehrung	1100,00 €/to
Schalung	27,00 €/m ²

Lohnkosten	40,00 €/h
-------------------	-----------

Aufwandwerte	
Betonieren Stütze	0,80 h/m ³
Betonieren Balken	0,60 h/m ³
Bewehren Stütze	14,60 h/to
Bewehren Balken	14,60 h/to
Schalen Stütze	1,20 h/m ²
Schalen Balken	1,20 h/m ²

Massen	Vc	Schalungsfläche	Tonnage,Längs	Tonnage,Bügel
Stütze	0,49 m ² /Stk	6,24 m ² /Stk	157,75 kg/Stk	11,08 kg/Stk
Unterzug	0,00 m ³ /Stk	0,00 m ² /Stk	104,21 kg/Stk	103,79 kg/Stk
Streifenfundament	14,40 m ³ /Stk	18,00 m ² /Stk	291,78 kg/Stk	164,85 kg/Stk

Stückzahlen je Geschoß	n
Stützen	8
Deckenfelder	4
Unterzüge	8
Streifenfundamente	4

Regelgeschoss	Materialkosten	Lohnkosten	Gesamt
Decke			71256,00 €
Unterzüge	1830,36 €	971,76 €	2802,12 €
Stützen	3130,81 €	3310,38 €	6441,19 €
Gesamt	4961,18 €	4282,14 €	80499,31 €

Fundamente	Materialkosten	Lohnkosten	Gesamt
Streifenfundamente	8321,00 €	5905,10 €	14226,10 €

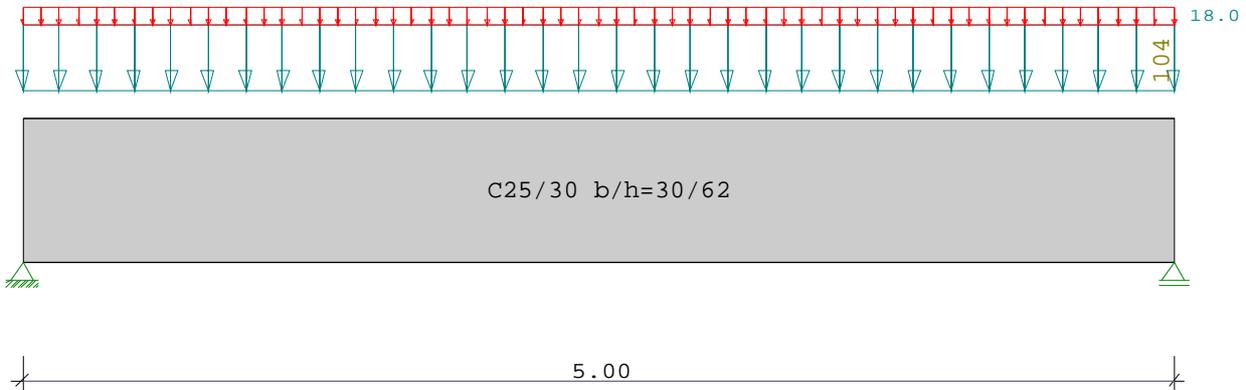
Unterzüge	5491,09 €	2915,27 €
Stützen	9392,43 €	9931,14 €

3 Obergeschosse	
Gebäude gesamt	255724,04 €

Position: B001_OB

Durchlaufträger DLT10 01/2019/A (Frilo R-2019-1/P08)

Maßstab 1 : 33



Stahlbetonträger C25/30 E = 31000 N/mm ² ÖNORM B 1992-1-1:2011-12-01							
System	Länge	Querschnittswerte					
Feld	L (m)	bo	ho	b0	h0	bu	hu
1	5.00	konstant		30.0	62.0		

Belastung (kN,m)	Lasttyp:	1=Gleichlast über L		2=Einzellast bei a						
		3=Einzelmoment bei a		4=Trapezlast von a - a+b						
		5=Dreieckslast über L		6=Trapezlast über L						
Feld	Typ	EG	Gr	g _{l/r}	q _{l/r}	Faktor	Abstand	Länge	ausPOS	Phi
1	1	A		103.74	18.00	1.00				

Einwirkungen:						
Nr	Kl	Bezeichnung	ψ0	ψ1	ψ2	γ
A	1	Wohnräume	0.70	0.50	0.30	1.50

Schadensfolgeklasse CC 2 nach EN 1990 Tab. B1 -> K_{Fi} = 1.0 Tab. B3
 In den folgenden Tabellen steht am Ende der Zeilen ein Verweis auf die Nummer der zug. Überlagerung (siehe unten).
 In Tabellen mit Gammafachen Schnittgrößen steht zusätzlich ein Verweis auf die Leiteinwirkung.

Ergebnisse für 1-fache Lasten							
Feldmomente Maximum						(kNm , kN)	
Feld		Mf	M li	M re	V li	V re	komb
1	x0 = 2.50	380.44	0.00	0.00	304.35	-304.35	2

Stützmomente Maximum						(kNm , kN)	
Stütze	M li	M re	V li	V re	max F	min F	komb
1	0.00	0.00	0.00	304.35	304.35	259.35	2
2	0.00	0.00	-304.35	0.00	304.35	259.35	2

Auflagerkräfte (kN)						
Stütze	aus g	max q	min q	Vollast	max	min
1	259.35	45.00	0.00	304.35	304.35	259.35
2	259.35	45.00	0.00	304.35	304.35	259.35
Summe:	518.70	90.00	0.00	608.70	608.70	518.70

Auflagerkräfte (kN)				
EG	Stütze 1		Stütze 2	
	max	min	max	min
g	259.4	259.4	259.4	259.4
A	45.0	0.0	45.0	0.0
Sum	304.4	259.4	304.4	259.4

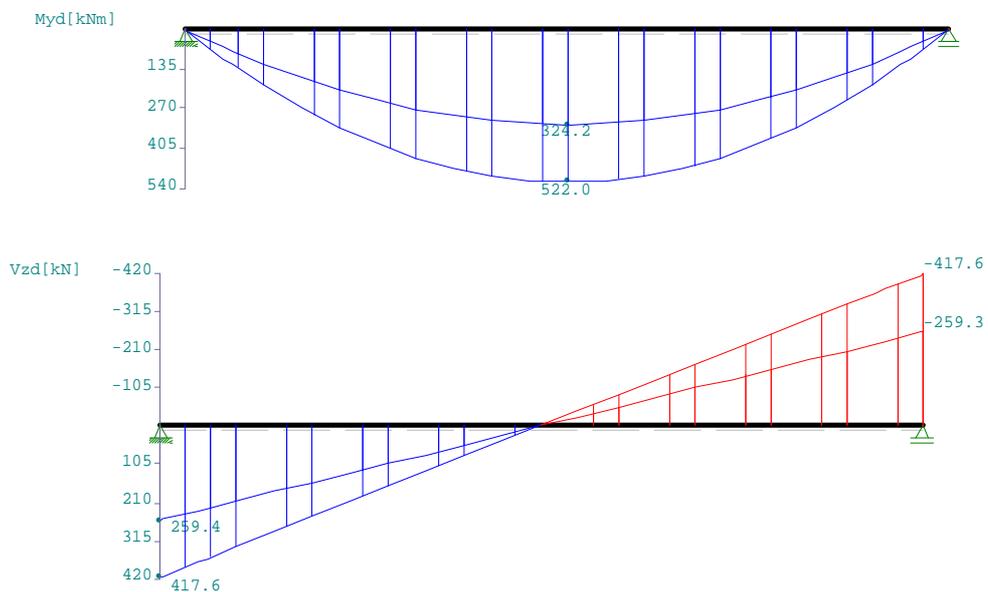
Durchbiegungen in Zustand I gerechnet!						
Durchbiegungen	maximale			minimale		
Feld Nr.	x (m)	f (cm) Komb		x (m)	f (cm) komb	
1	2.50	0.54	2	5.00	0.00	0

Ergebnisse für γ -fache Lasten
 Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_G * K_{Fi} = 1.35$ über Trägerlänge konstant

Feldmomente Maximum (kNm , kN)							
Feld		Mfd	Mdli	Mdre	V li	V re	komb
1	x0 = 2.50	522.03	0.00	0.00	417.62	-417.62	A 2

Stützmomente Maximum (kNm , kN)							
Stütze	Mdli	Mdre	Vdli	Vdre	max F	min F	komb
1	0.00	0.00	0.00	417.62	417.62	259.35	A 2
2	0.00	0.00	-417.62	0.00	417.62	259.35	A 2

Maßstab 1 : 50



Bemessung ÖNORM B 1992-1-1:2011-12-01
 FLBemBn.DLL: Version 9.0.1.128 (1)
 C25/30 B550(B) hochduktil

Betondeckung: $c_v = 3.0 \text{ cm} \geq \text{erf } c_v$
 Bewehrungslage: $d_o = 4.8 \text{ cm}$ $d_B = 8$ $d_S = 20$
 $d_u = 4.8 \text{ cm}$ $d_B = 8$ $d_S = 20$

Die Feldbewehrung ist nicht gestaffelt.

Kriechbeiwert: $\phi = 2.90$ $\epsilon_{cs} = 0.40 \text{ ‰}$ $h_0 = 22.50 \text{ cm}$

Alle Auflager gleich : Schneidenlager

Mindestbewehrung EN2 9.2.1.1 (9.1) $f_{ctm} = 2.56 \text{ N/mm}^2$

Q.Nr.	erf Asu (cm ²)	erf Aso (cm ²)	
1	2.23	2.23	30.0/62.0

Feldbewehrung

Feld Nr.	x (m)	Myd (kNm)	min Myd (kNm)	d (cm)	kx	Asu (cm ²)	Aso (cm ²)	komb
1	2.50	522.0		57.2	0.45	23.2	1.6	A 2

Am ersten Auflager sind mindestens 10.9 cm² zu verankern.

Am letzten Auflager sind mindestens 10.9 cm² zu verankern.

Querkraft VK-Lager ist mit $F = V_{Ed} * \cot(\Theta) / 2$ berücksichtigt.

Querkraftbewehrung B550(B) ÖNORM B 1992-1-1:2011-12-01 6.2

Stütze Nr.	Abst (m)	kz	V _{Ed} (kN)	Θ (°)	V _{Rd,c} (kN)	V _{Rd,max} (kN)	a _{max} (cm)	asw (cm ² /m)	komb
1 re	0.57	0.93	322.1	21.8	105.9	494.4	25.0	5.1	A 2
1 *	1.14	0.87	226.5	21.8	105.9	461.4	25.0	3.8	A 2
2 li	0.57	0.93	-322.1	21.8	105.9	494.4	25.0	5.1	A 2
2 *	1.14	0.87	-226.5	21.8	105.9	461.4	25.0	3.8	A 2

Berechnung mit modifizierter eff. Steifigkeit (Zeta-Verfahren)

Zugfestigkeit und Rissmoment mit $f_{ctm} = 2.6 \text{ N/mm}^2$

Gebrauchstauglichkeit - Durchbiegungen (cm) $\phi = 2.90$ $\epsilon_{cs} = 0.40 \text{ ‰}$
 quasi-ständige Kombination

Feld	x	f _{El}	f _{El} φ	f _{El} φε	f _{ElI,g}	f _{ElI}	f _{ElI} φ	f _{ElI} φε	f
1	2.50	0.42	1.17	1.36	0.93	0.98	1.57	1.86	1.86

In der folgenden Tabelle sind die Lasten mit der internen Numerierung angegeben. Die anschließende Tabelle der gerechneten Kombinationen referenziert auf diese Nummern.

Belastung (kN,m) Lasttyp: 1=Gleichlast über L 2=Einzellast bei a
 3=Einzelmoment bei a 4=Trapezlast von a - a+b
 5=Dreieckslast über L 6=Trapezlast über L

Nr.	Feld	Typ	Grp	g1	q1	g2	q2	Faktor	Abstand	Länge
1	1	1	A 1	103.74	18.00			1.00		

Gerechnete Kombinationen aus 1 Lasten

Last	K1	K2
------	----	----

1	$\frac{g}{x}$	$\frac{g}{x}$
---	---------------	---------------

Die vorstehenden Kombinationen werden wie folgt bearbeitet:

Beim Nachweis der Tragsicherheit werden die ständigen Lasten
alle gleichzeitig alternierend mit $\gamma_G = 1,00 / 1,35$ beaufschlagt.

Wenn in einer Kombination p-Lasten aus unterschiedlichen Einwirkungen
vorhanden sind, dann wird jeweils untersucht, welche Einwirkung die
Leiteinwirkung ist.

Die Auswirkung der Lasteinwirkungsdauer wird ebenfalls geprüft.

BETONBEMESSUNG mit *ConDimTM* V 7.1.3.2**Bauteil:** 1

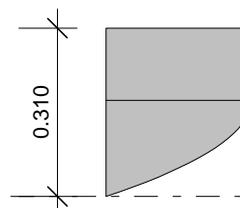
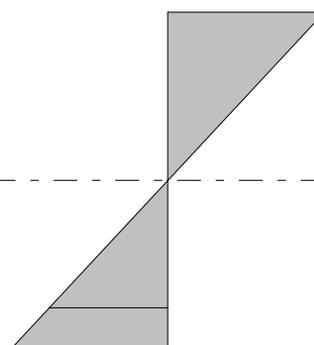
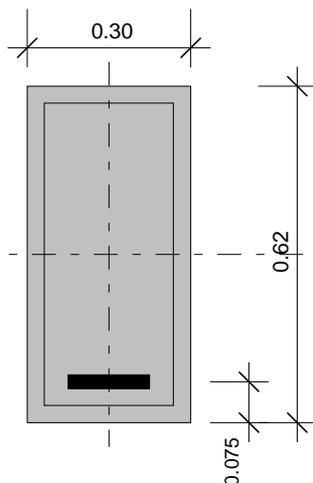
Bemessungsschnittgrößen:

Position: 5M_d = 522.00 kNm

Norm: ÖN B/EN 1992-1-1 Druck negativ !

N_d = 0.00 kN

Beton: C25/30

V_d = 418.00 kNBewehrung: BSt 550 $\gamma_{mc} = 1.50$; $\gamma_{my} = 1.15$ T_d = 0.00 kNm**Querschnitt** Maße in [m]**Dehnungen****Betonspannungen**as_{bü_Q} = 5.35 cm²/m+Seiteeps_o = -3.50 ‰sig_{bo} = -16.67 MN/m²As_u = 26.23 cm²eps_{su} = 2.66 ‰eps_u = 3.50 ‰**Material- und Querschnittswerte**

E-Modul Beton:

E_c = 31000 MN/m²

E-Modul Bewehrung:

E_s = 200000 MN/m²

Bemessungswert der Betondruckfestigkeit:

f_{cd} = 16.7 MN/m² $\alpha_{cc} = 1.0$

Bemessungswert der Streckgrenze Bewehrung:

f_{yd} = 478 MN/m²

Fläche Betonquerschnitt:

A_c = 0.1860 m²

Eigengewicht pro Meter Länge:

g₁ = 4.6500 kN/m

Trägheitsmoment Betonquerschnitt:

I_c = 0.005958 m⁴

Schwerpunktsabstand Betonquerschnitt unten:

y_{su} = 0.310 m

Biegesteifigkeit Betonquerschnitt:

EI_c = 184.7042 MN/m²**Bemessung für Biegung und Längskraft**Maximales Bemessungsmoment: max M_d = 537.74 kNmErforderliche Bewehrung: erf As_u = 26.23 cm²Mindestbewehrung: min As_u = 2.13 cm²Maximalbewehrung: max As_u = 74.40 cm²Gewählte Bewehrung: vorh As_u = 26.55 cm²
(5ø26)Stahldehnung: eps_{su} = 2.66 ‰Randdehnung: eps_u = 3.50 ‰eps_o = -3.50 ‰

Bemessung für Querkraft und Torsion

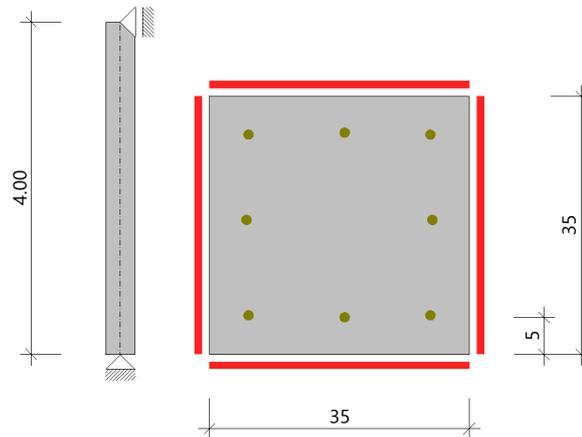
Querkraftbemessung mit Verfahren variabler Druckstrebenneigung (ÖN B/EN 1992/6.2.3)

Q_max bei Mindestbügelbewehrung:	Q_max =	95.65 kN	Bewehrungsvorschlag:
innerer Hebelsarm:	z =	0.491 m	(vertikale Bügel, zweiseitig)
Schubbewehrung je Seite (zweiseitig):	as_bü_Q =	5.35 cm ² /m+Seite	° 8 / 7.5 cm as = 6.70 cm ² /m+S
Mindestbügelbewehrung je Seite:	min as_bü =	1.22 cm ² /m+Seite	° 10 / 12.5 cm as = 6.28 cm ² /m+S
Neigung der Betondruckstrebe:	tan β =	0.60	° 12 / 20.0 cm as = 5.65 cm ² /m+S
Zusatzlängsbewehrung Biegezugzone:	As_Q =	7.28 cm ²	° 14 / 27.5 cm as = 5.60 cm ² /m+S
Versatzmaß:	a_v =	0.41 m	° 16 / 37.5 cm as = 5.36 cm ² /m+S
maximaler Bügelabstand:	s_max =	0.41 m	
zur Beschränkung von Schrägrissen:	s_max =	0.09 m	

Position: (Unbenannt)

Brandschutz Wände und Stützen TB-BXW 01/2019 (FRILO R-2019-1/P08)

Grafik



Grundparameter

Stahlbeton: ÖNORM B 1992-1-1:2011-12-01
 Brandschutz: ÖNORM B 1992-1-2:2011-11-15

Beton = C 25/30 $f_{cd} = 16.67 \text{ N/mm}^2$ $f_{ck} = 25.00 \text{ N/mm}^2$
 Betonstahl = B 550(B) $f_{yd} = 478.26 \text{ N/mm}^2$ $f_{yk} = 550.00 \text{ N/mm}^2$

System

Bauteil: Stahlbeton.
 Rechteckstütze, gelenkig gelagert, mit mehr als vier Bewehrungsstäben

Feuerwiderstandsklasse:	= R 90	Stützenlänge	l = 4.00 m
Stützenbreite	b = 35.0 cm	Stützenhöhe	h = 35.0 cm
Bewehrungslage	d ₂ = 5.0 cm	Längsbewehrung	vorh. A _s = 44.0 cm ²
Ausnutzungsgrad	μ _{fi} = 0.70	Faktor - Knicklänge	f _{sk} = 1.00

Ergebnisse

Brandschutz: R 90, Branddauernachweis nach Gleichung 5.7

ω	= A _s *f _{yd} /(A _c *f _{cd})	= 44.00*47.83/(1225.00*1.67)	= 1.03
b'	= 2*A _c /(b+h)	= 2*122500/(350*350)	= 350.0 mm
α _{cc}	= Abminderungsfaktor		= 1.00
l _{0,fi,max}	= Ersatzlänge; 2m ≤ l _{0,fi,max} ≤ 6 m		= 4.00 m

R _{ηfi}	= 83*[1.00 - μ _{fi} *(1 + ω) / ((.85/α _{cc}) + ω)]	= 83*[1.00-0.70*(1+1.03)/((.85/1.00)+1.03)]	= 20.3
R _a	= 1.60(a-30)	= 1.60*(50-30)	= 32.0 mm
R _l	= 9.60(5 - l _{0,fi})	= 9.60*(5-4.00)	= 9.60 m
R _b	= 0.09*b'	= 0.09*350.00	= 31.5 mm
R _n	= mehr als 4 Eckstäbe vorhanden		= 12

R	= 120*[R _{ηfi} R _a +R _l +R _b +R _n]/120 ^{1.8}	= 120*[(20.3+32.0+9.60+31.50+12)/120] ^{1.8}	= 95.0 min
---	---	--	------------

Stützenlänge	l = 4.00 m	≤	l _{max} = 6.00 m	η = 0.67	✓
Achsabstand	a = 5.0 cm	≤	a _{max} = 8.0 cm	η = 0.63	✓
Verhältnis	h/b = 1.00	≤	h/b _{max} = 4.00	η = 0.25	✓
Verhältnis	A _s /A _c = 0.036	<	A _s /A _{c,max} = 0.04	η = 0.90	✓
2*A _c /(b+h)	b' = 350 mm	≤	b' _{max} = 450 mm	η = 0.78	✓
Branddauer	R = 95.0 min	≥	R _{min} = 90 min	η = 0.95	✓

Die Stütze kann in die Feuerwiderstandsklasse R 90 eingestuft werden.

DURCHSTANZNACHWEIS mit *ConDim™* V 7.1.3.2**Bauteil:** C001 Durchstanzen**Position:**

Norm: ÖN B/EN 1992-1-1

Beton: C25/30

Bewehrung: BSt 550

Durchstanzlast: **V_Sd = 835.00 kN****Platte:**

Plattenstärke: h = 62.00 cm
 Randabstand der Plattenzugbewehrung: h_1 = 5.00 cm
 Größte anschließende Plattenstützweite: L = 600.00 cm
 Zugbewehrung längs und quer: a_sx = 0.00 cm²/m
 a_sy = 0.00 cm²/m
 Wirkungsrichtung der Durchstanzbewehrung: α = 90.00 °
 Radialer Abstand der Durchstanzbewehrung: s_r = 0.20 m
 Tangentialer Abst. d. Durchstanzbewehrung: s_t = 0.20 m

Durchstanzbew. umfasst die 2. Lage der Bewehrung.

Stütze:

Rechteckquerschnitt (Randstütze): b = 30.00 cm
 h = 30.00 cm
 Plattenüberstand längs: a_x = 0.00 cm

Ergebnis:

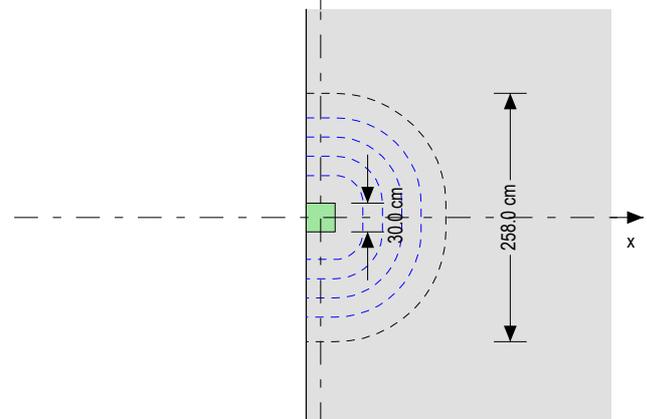
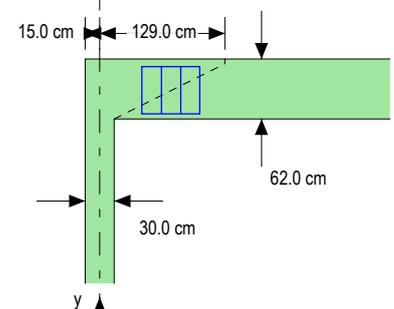
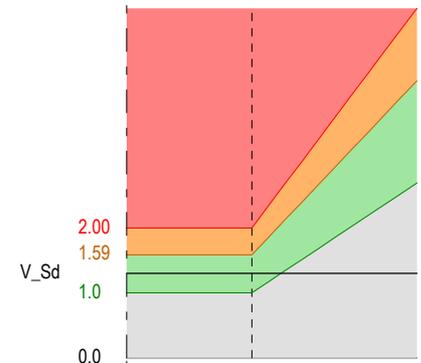
Charakteristische Zylinderdruckfestigkeit: f_{ck_cyl} = 25.00 MN/m²
 Mittlere Betonzugfestigkeit: f_{ctm} = 2.60 MN/m²
 Bemessungswert Streckgrenze Bewehrung: f_{ywd_ef} = 392.50 MN/m²

Erhöhungsfaktor f. unsym. Lastverteilung: β = 1.400
 Bewehrungsgrad der Zugbewehrungen: rho = 0.000 %
 Nutzhöhenbeiwert: kap_c = 1.030
 Mittlere Nutzhöhe: d = 57.00 cm

Mindest-Durchstanzbewehrung (je Bügelsch.): min A_{sv} = 0.19 cm²
 Erforderliche Durchstanzbewehrung: erf A_{sv} = 2.95 cm²
 Erforderliche mindest Länge Durchstanzbew.: l_s = 43.00 cm
 Umfang im äußeren Rundschnitt: U_a = 583.24 cm
 Umfang des kritischen Rundschnittes: U = 448.14 cm
 Durchstanzwiderstand ohne Bewehrung: **V_Rdc = 898.23 kN**

Nachweis:**V_Sd = 1.301 x V_Rdc < 1.585 x V_Rdc** ✓

Konventionelle Durchstanzbewehrung (z.B. Bügel) zulässig !

erf A_{sv} = 2.95 cm² am krit. Rundschnitt

Ring	Abst.	Umfg.	A _{sv}	A _{sv_min}
1.	0.29m	1.80m	4.72cm ²	0.19cm ²
2.	0.49m	2.42m	4.72cm ²	0.19cm ²
3.	0.69m	3.05m	2.95cm ²	0.19cm ²
4.	0.89m	3.68m	2.95cm ²	0.19cm ²
krit.	1.14m	4.48m	2.95cm ²	0.19cm ²

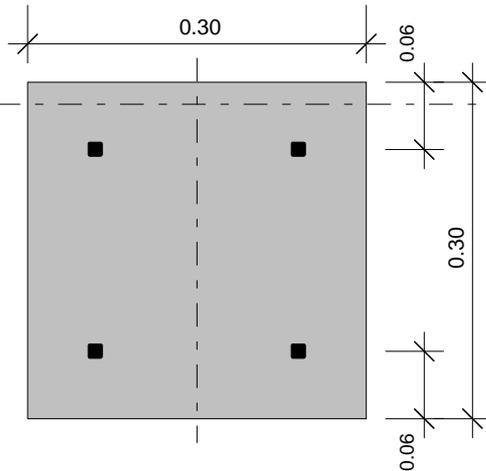
BETONBEMESSUNG mit *ConDim™* V 7.1.3.2

Bauteil: 1
Position: 4
 Norm: ÖN B/EN 1992-1-1 Druck negativ !
 Beton: C25/30
 Bewehrung: BSt 550 $\gamma_{mc} = 1.50$; $\gamma_{my} = 1.15$

Bemessungsschnittgrößen:
 $M_d = 50.11$ kNm
 $N_d = -2505.74$ kN
 $V_d = 0.00$ kN
 $T_d = 0.00$ kNm

Querschnitt Maße in [m]**Dehnungen****Betonspannungen**

$\epsilon_{s_o} = 0.24$ ‰
 $\epsilon_{s_{so}} = -0.50$ ‰



$A_{s_eck} = 11.84$ cm²

$\epsilon_{s_{su}} = -2.75$ ‰
 $\epsilon_{s_u} = -3.50$ ‰

$\sigma_{bu} = -16.67$ 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:	$A_c = 0.0900$	m ²	
Eigengewicht pro Meter Länge:	$g_1 = 2.2500$	kN/m	
Trägheitsmoment Betonquerschnitt:	$I_c = 0.000675$	m ⁴	
Schwerpunktsabstand Betonquerschnitt unten:	$y_{su} = 0.150$	m	
Biegesteifigkeit Betonquerschnitt:	$EI_c = 20.9250$	MN/m ²	

Bemessung für Biegung und Längskraft

Erforderliche Bewehrung:	erf As_eck =	11.84 cm ²		
Mindestbewehrung:	min As_eck =	1.70 cm ²		
Maximalbewehrung:	max As_eck =	18.00 cm ²		
Stahldehnung:	eps_su =	-2.75 ‰	eps_so =	-0.50 ‰
Randdehnung:	eps_u =	-3.50 ‰	eps_o =	0.24 ‰

Stabilitätsberechnung um y-Achse: Nennkrümmungsverfahren nach EN 1992-1-1 / 5.8.8

Knicklänge:	L _{ky} =	4.00 m	Ausmitte 1.Ordnung:	e ₀ =	0.0200 m
Schlankheit:	λ _y =	46	Ausmitte 2.Ordnung:	e ₂ =	0.0172 m
	φ _{eff} =	1.40	Imperfektion:	e _a =	0.0100 m
Bemessungsmoment:	M _{ges} =	~ 118.29 kNm	Gesamtausmitte:	e _{tot} =	0.0472 m
Bewehrung:	erf As_eck =	11.84 cm ²			!!! maßgebend !!!

Stabilitätsberechnung um z-Achse: Nennkrümmungsverfahren nach EN 1992-1-1 / 5.8.8

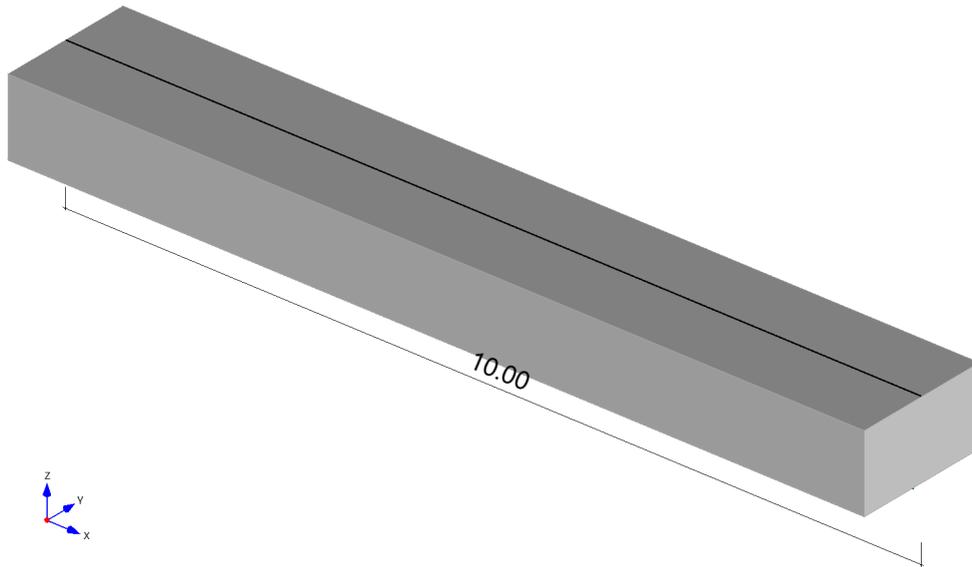
Knicklänge:	L _{kz} =	4.00 m	Ausmitte 1.Ordnung:	e ₀ =	0.0000 m
Schlankheit:	λ _z =	46	Ausmitte 2.Ordnung:	e ₂ =	0.0095 m
			Imperfektion:	e _a =	0.0105 m
Bemessungsmoment:	M _{ges} =	50.11 kNm	Gesamtausmitte:	e _{tot} =	0.0200 m
Bewehrung:	erf As_eck =	8.04 cm ²			!!! nicht maßgebend !!!

Position: Fundamentstreifen_OB

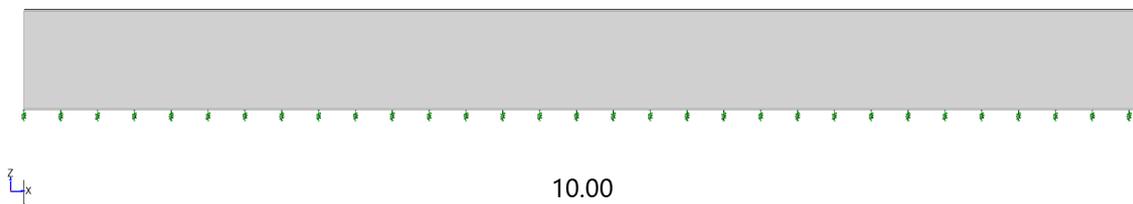
Balken auf elastischer Bettung BEB+ 01/2019A (FRILO R-2019-1/P08)

System

Systemgrafik Isometrie



Systemgrafik Ansicht



Grundparameter

Beton = C 25/30
 Elastizitätsmodul E = 31000.00 N/mm²
 Betonstahl = B 550(B)
 Bewehrungslage unten = 4.5 cm
 Bewehrungslage oben = 4.5 cm
 Betondeckung unten = 3.0 cm
 Betondeckung oben = 3.0 cm
 Sohldruck $\sigma_{\text{aufn.}}$ = 350.00 kN/m² ständige Bemessungssituation

Querschnitte

Nr	Art	b _o m	h _o m	b _u m	h _u m
1	Rechteck			1.60	0.90

b_o : Breite des Plattenbalkens oben
 h_o : Dicke des Plattenbalkens oben
 b_u : Breite
 h_u : Dicke
 b_u : Breite des Plattenbalkens unten
 h_u : Dicke des Plattenbalkens unten

Balkenabschnitte

Nr	Länge m	von m	bis m	QA	QE	$k_{s,k,a}$ kN/m ³	$k_{s,k,e}$ kN/m ³
1	10.00	0.00	10.00	1	1	10000.00	10000.00

Nr : Abschnittsnummer
 Länge : Abschnittslänge
 von : Abschnittsbeginn
 bis : Abschnittsende
 QA : Querschnittsnummer am Anfang
 QE : Querschnittsnummer am Ende
 $k_{s,k,a}$: Bettungsmodul Anfang
 $k_{s,k,e}$: Bettungsmodul Ende

Dauerhaftigkeit**Anforderungen Dauerhaftigkeit:**

Betonangriff	X0
Bewehrungskorrosion	XC2
Mindestbetonklasse	C 20/25
Längsbewehrung	$d_{s,l} = 14$ mm
Vorhaltemaß	$\Delta C_{dev} = 5$ mm
Längsbewehrung	$c_{min,l} = 25$ mm
Betondeckung	$c_{nom,l} = 30$ mm
Verlegemaß Bügel	$c_{v,b} = 30$ mm
zul. Rissbreite	$w_{max} = 0.30$ mm

Lastfall**Einwirkungen (EW)**

EW	Name	ψ_0	ψ_1	ψ_2	zugehörige Lastfälle
g	ständig	1.00	1.00	1.00	1
A	Kat. A: Wohngebäude	0.70	0.50	0.30	2

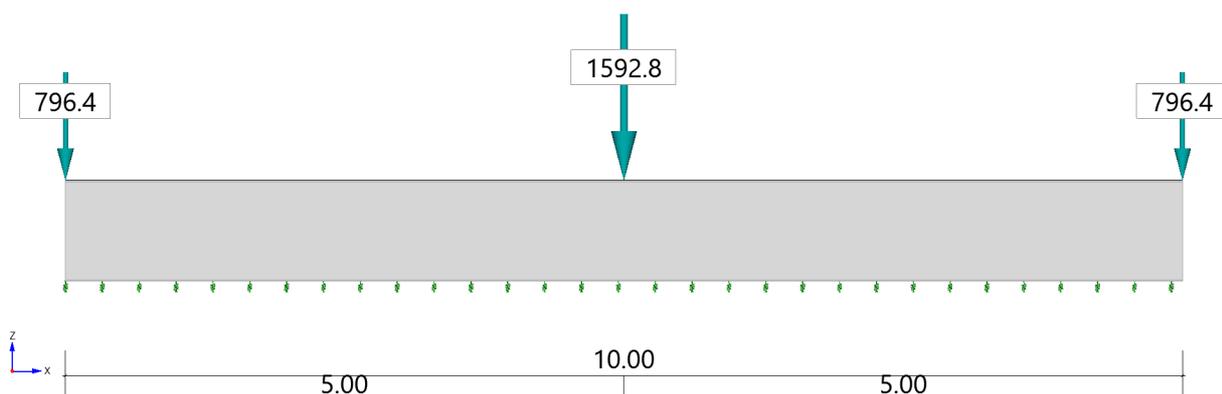
EW : Kategorie der Einwirkung in Anlehnung an EN 1990 Tabelle A 1.1
 Name : Name der Einwirkung in Anlehnung an EN 1990 Tabelle A 1.1
 ψ_0 : Kombinationsbeiwerte veränderlicher Einwirkungen
 ψ_1 : Kombinationsbeiwerte für häufige Werte der veränderlichen Einwirkungen
 ψ_2 : Kombinationsbeiwerte für quasi-ständige Werte der veränderlichen Einwirkungen
 zugehörige Lastfälle : Alle Lastfälle mit dieser Einwirkung

Lastfälle

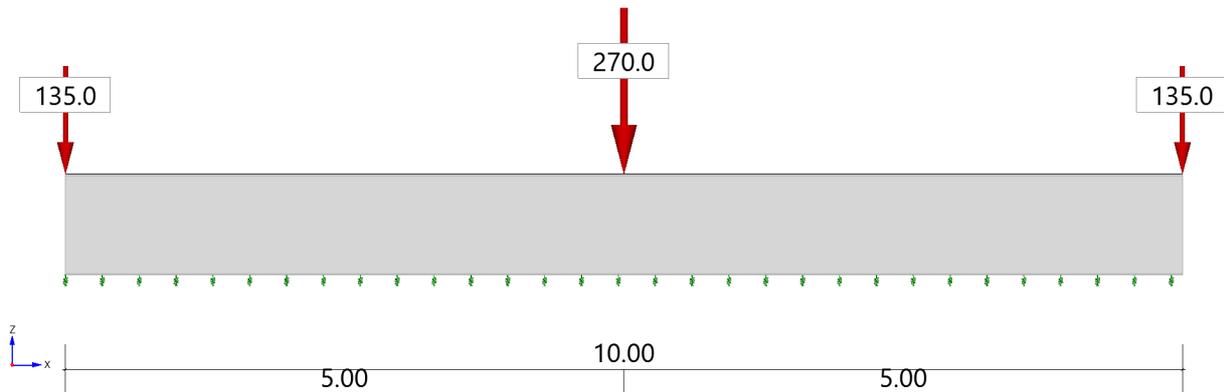
Nr	EW	Einwirkung	Bezeichnung	Lasten	ZUS	ALT
1	g	ständig	Lastfall 1	3	0	0
2	A	Kat. A: Wohngebäude	Lastfall 1(1)	3	0	0

EW : Kategorie der Einwirkung in Anlehnung an EN 1990 Tabelle A 1.1
 Lasten : Anzahl der Lasten im Lastfall.
 ZUS : Zusammengehörigkeitsgruppe
 ALT : Alternativgruppe

Das Eigengewicht ist bei den Nachweisen nicht berücksichtigt. Ein eventueller Zugfederausfall ist in der Berechnung nicht berücksichtigt.

Lastfallgrafiken**Lastfall 1**

Lastfall 2



Lasten

Nr	Art	Q kN	Q _A kN/m	Q _E kN/m	M kNm	Abstand m	Länge m
Lasten in Lastfall 1 ständig - Lastsumme: 3185.6 kN							
1	Einzellast	1592.8				5.00	
2	Einzellast	796.4				0.00	
3	Einzellast	796.4				10.00	
Lasten in Lastfall 2 Kat. A: Wohngebäude - Lastfall 1(1) - Lastsumme: 540.0 kN							
1	Einzellast	270.0				5.00	
2	Einzellast	135.0				0.00	
3	Einzellast	135.0				10.00	
Nr	: Lastnummer der Last in diesem Lastfall						
Art	: Möglich sind Einzellast, Einzelmoment, Linienlast und Trapezlast.						
Q	: Einzellast						
Q _A	: linke vordere Lastordinate der Trapezlast bzw. Lastordinate der Linienlast						
Q _E	: rechte hintere Lastordinate der Trapezlast						
M	: Einzelmoment. Negative Momente drehen links herum.						
Abstand	: Position von Einzellasten und Momenten bzw. Beginn von Trapezlasten						
Länge	: Länge von Trapezlasten						

Überlagerung

Maßgebende automatisch erzeugte Lastfallkombinationen

Nr	BS	Lastfallkombination
1	P	1.35 x (1)
2	P,K	1.0 x (1)
3	P	1.35 x (1) + 1.5 x (2)
4	K	1.0 x (1) + 1.0 x (2)

BS: Bemessungssituation P: ständig T: vorübergehend Q: quasi-ständig I: selten F: häufig K: charakteristisch Die Lastfallnummern stehen in den Klammern.

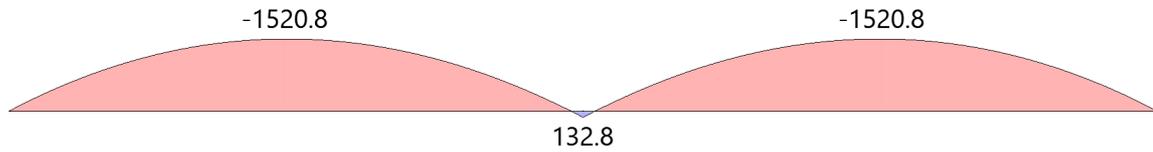
Ergebnisse

Schnittgrößen für ständige und vorübergehende Bemessungssituation

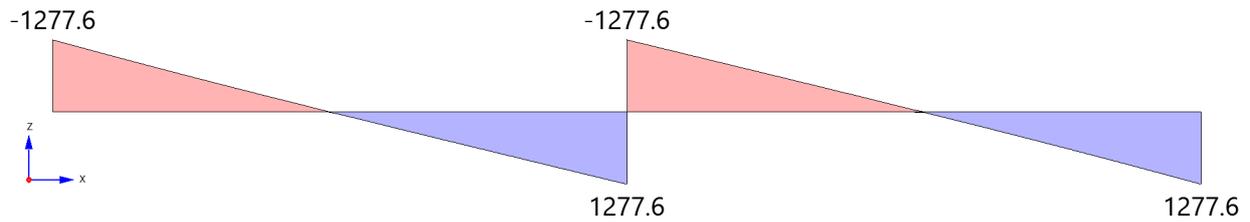
x m	M _{Ed,max} kNm	Lfk.	Q _{Ed,max} kN	Lfk.	M _{Ed,min} kNm	Lfk.	Q _{Ed,min} kN	Lfk.
0.00	0.00	1	0.0	2	0.00	2	-1277.6	3
2.40	-947.98	2	-6.6	2	-1520.81	3	-10.6	3
5.00	132.77	3	1277.6	3	82.76	2	-1277.6	3
7.60	-947.98	2	10.6	3	-1520.81	3	6.6	2
10.00	0.00	2	1277.6	3	0.00	1	0.0	2
M _{Ed,max}	: maximales Moment am Bemessungsschnitt							
Lfk.	: Lastfallkombination							
Q _{Ed,max}	: maximale Querkraft am Bemessungsschnitt							
M _{Ed,min}	: minimales Moment am Bemessungsschnitt							
Q _{Ed,min}	: minimale Querkraft am Bemessungsschnitt							

Grafik Schnittgrößen für ständige und vorübergehende Bemessungssituation

Myd [kNm]



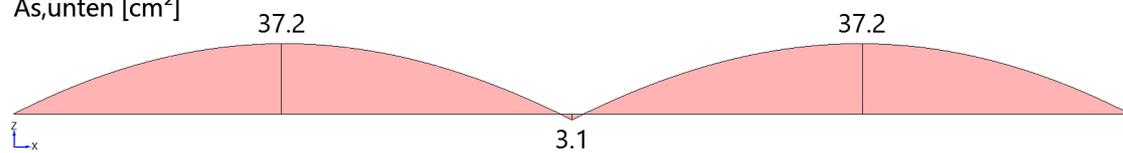
Vzd [kN]



Grafik Biegebewehrung Balken

Bewehrung Biegebemessung

As,oben [cm²]
As,unten [cm²]



Biegebemessung nach ÖNORM B 1992-1-1:2011-12-01

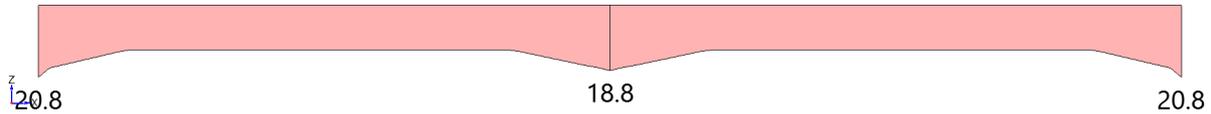
x m	M _{Ed,max} kNm	Lfk.	M _{Ed,min} kNm	Lfk.	d _{unten} m	d _{oben} m	A _{s,erf.,unten} cm ²	A _{s,vorh.,unten} cm ²	A _{s,erf.,oben} cm ²	A _{s,vorh.,oben} cm ²
0.00	0.00	2	0.00	2	0.86	0.86	0.0	0.0	0.0	0.0
2.40	-947.98	3	-1520.81	3	0.86	0.86	0.0	0.0	37.2	0.0
5.00	132.77	3	82.76	2	0.86	0.86	3.1	0.0	0.0	0.0
7.60	-947.98	3	-1520.81	3	0.86	0.86	0.0	0.0	37.2	0.0
10.00	0.00	1	0.00	1	0.86	0.86	0.0	0.0	0.0	0.0

- x : Bemessungsschnitt
- M_{Ed,max} : maximales Moment am Bemessungsschnitt
- M_{Ed,min} : minimales Moment am Bemessungsschnitt
- Lfk. : Lastfallkombination
- d_{unten} : statische Nutzhöhe für die Bemessung der unteren Biegebewehrung
- d_{oben} : statische Nutzhöhe für die Bemessung der oberen Biegebewehrung
- A_{s,erf.,unten} : erforderliche Biegebewehrung in der unteren Lage
- A_{s,vorh.,unten} : vorhandene Bewehrung in der unteren Lage
- A_{s,erf.,oben} : erforderliche Biegebewehrung in der oberen Lage
- A_{s,vorh.,oben} : vorhandene Bewehrung in der oberen Lage

Mindestbewehrung nach ÖNORM EN 1992:2011 9.2.1.1 (1) ist nicht berücksichtigt worden.

Bewehrung Querkraftbemessung

asw [cm²/m]



Querkraftbemessung nach ÖNORM B 1992-1-1:2011-12-01

x m	as _{s,L} cm ²	θ °	z/d	V _{Ed} kN	Lfk.	V _{Rd,c} kN	V _{Rd,max} kN	d m	as _{w,erf.} cm ² /m	as _{w,vorh.} cm ² /m	Sw _{max} cm	Sw _{vorh.} cm
0.00	0.0	30.9	0.90	1277.6	3	432.6	4884.0	0.86	20.8	0.0	25.0	0.0
5.00	3.1	30.9	0.99	1277.6	3	432.6	5389.6	0.86	18.8	0.0	25.0	0.0
10.00	0.0	30.9	0.90	1277.6	3	432.6	4884.0	0.86	20.8	0.0	25.0	0.0

- x : Bemessungsschnitt
- as_{s,L} : beim Nachweis berücksichtigte zugehörige Biegebewehrung
- θ : Neigung der Druckstrebe
- z/d : bezogener innerer Hebelarm
- V_{Ed} : Bemessungswert der Querkraft
- Lfk. : Lastfallkombination
- V_{Rd,c} : Tragwiderstand ohne Querkraftbewehrung
- V_{Rd,max} : Tragwiderstand der Druckstrebe
- d : maßgebende statische Nutzhöhe
- as_{w,erf.} : erforderliche Querkraftbewehrung
- as_{w,vorh.} : vorhandene Querkraftbewehrung
- Sw_{max} : maximaler Abstand der Querkraftbewehrung
- Sw_{vorh.} : vorhandener Bügelabstand der Querkraftbewehrung

Der innere Hebelarm wurde mit den k_z-Werten aus der Biegebemessung ermittelt. Der Querkraftnachweis wurde entsprechend der örtlichen Querschnittswerte für einen Platten- oder Balkenquerschnitt geführt.

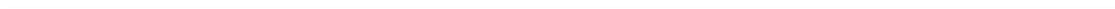
Schnittgrößen für quasi-ständige Bemessungssituation

x m	M _{Ed,max} kNm	Lfk.	Q _{Ed,max} kN	Lfk.	M _{Ed,min} kNm	Lfk.	Q _{Ed,min} kN	Lfk.
0.00	0.00	0	0.0	0	0.00	0	0.0	0
10.00	0.00	0	0.0	0	0.00	0	0.0	0

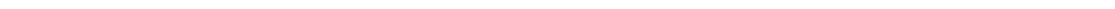
- M_{Ed,max} : maximales Moment am Bemessungsschnitt
- Lfk. : Lastfallkombination
- Q_{Ed,max} : maximale Querkraft am Bemessungsschnitt
- M_{Ed,min} : minimales Moment am Bemessungsschnitt
- Q_{Ed,min} : minimale Querkraft am Bemessungsschnitt

Grafik Schnittgrößen für quasi-ständige Bemessungssituation

Myd,perm [kNm]



Vzd,perm [kN]



Grafik Rissbreite

w,perm [mm]



Rissbreite Kriechbeiwert $\psi = 2.58$

x m	M _{Ed} kNm	Lfk.	A _{s,unten} cm ²	A _{s,oben} cm ²	w _{vorh.} mm	w _{zul.} mm	d _{vorh.} mm	d _{s,grenz.} mm	η
0.00	0.00	0	0.0	0.0	0.000	0.300	14	50	0.00
10.00	0.00	0	0.0	0.0	0.000	0.300	14	50	0.00

Schnittgrößen für charakteristische (seltene) Bemessungssituation

x m	M _{Ed,max} kNm	Lfk.	Q _{Ed,max} kN	Lfk.	M _{Ed,min} kNm	Lfk.	Q _{Ed,min} kN	Lfk.
0.00	0.00	0	0.0	0	0.00	0	0.0	0
10.00	0.00	0	0.0	0	0.00	0	0.0	0

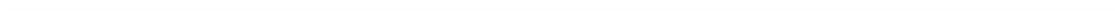
M_{Ed,max} : maximales Moment am Bemessungsschnitt
 Lfk. : Lastfallkombination
 Q_{Ed,max} : maximale Querkraft am Bemessungsschnitt
 M_{Ed,min} : minimales Moment am Bemessungsschnitt
 Q_{Ed,min} : minimale Querkraft am Bemessungsschnitt

Grafik Schnittgrößen für charakteristische (seltene) Bemessungssituation

Myd,char (rare) [kNm]



Vzd,char (rare) [kN]



Grafik Betonspannungen quasi-ständig

σ_{C,perm} [N/mm²]



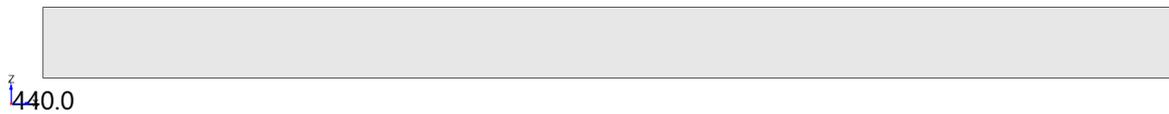
Grafik Betonspannungen charakteristisch (selten)

$\sigma_{C,char}$ (rare) [N/mm²]



Grafik Stahlspannungen charakteristisch (selten)

$\sigma_{S,char}$ (rare) [N/mm²]



Spannungen mit Kriechbeiwert $\psi = 2.58$

x m	M _{Ed,perm} kNm	Lfk.	M _{Ed,char (rare)} kNm	Lfk.	A _{s,unten} cm ²	A _{s,oben} cm ²	σ _{Svorh.} N/mm ²	σ _{Szul.} N/mm ²	η _S	σ _{Cvorh.} N/mm ²	σ _{Czul.} N/mm ²	η _C
0.00	0.00	0	0.00	0	0.0	0.0	0.00	440.00	0.00	0.00	-11.25	0.00
10.00	0.00	0	0.00	0	0.0	0.0	0.00	440.00	0.00	0.00	-11.25	0.00

- x : Bemessungsschnitt
- M_{Ed,perm} : Bemessungsmoment der quasi ständigen Bemessungssituation
- Lfk : Lastfallkombination
- M_{Ed,char (rare)} : Bemessungsmoment der seltenen Bemessungssituation
- Lfk : Lastfallkombination
- A_{s,unten} : beim Nachweis berücksichtigte zugehörige Biegebewehrung
- A_{s,oben} : beim Nachweis berücksichtigte zugehörige Biegebewehrung
- σ_{Svorh.} : vorhandene Betonstahlspannung
- σ_{Szul.} : zulässige Betonstahlspannung
- η_S : Ausnutzung der Betonstahlspannung
- σ_{Cvorh.} : vorhandene Betonspannung
- σ_{Czul.} : zulässige Betonspannung
- η_C : Ausnutzung der Betonspannung

Vereinfachter Nachweis

Der zulässige Sohldruck ist direkt vorgegeben worden.

Ausnutzung $\eta = \sigma_{Ed} / \sigma_{Rd} = 347.76 \text{ kN/m}^2 / 350.00 \text{ kN/m}^2 = 0.99$

Verformung und Sohldruck für ständige und vorübergehende Bemessungssituation

x m	f _{Ed,min} cm	σ _{Ed,min} kN/m ²	Lfk.	f _{Ed,max} cm	σ _{Ed,max} kN/m ²	Lfk.
0.00	2.2	216.77	2	3.5	347.76	3
10.00	2.2	216.77	2	3.5	347.76	3

- f_{Ed,min} : minimale Verformung
- σ_{Ed,min} : minimaler Sohldruck
- Lfk : Lastfallkombination
- f_{Ed,max} : maximale Verformung
- σ_{Ed,max} : maximaler Sohldruck
- Lfk : Lastfallkombination

Verformung und Sohldruck für charakteristische Lastfallkombinationen

x m	f _{EK,min} cm	σ _{EK,min} kN/m ²	Lfk.	f _{EK,max} cm	σ _{EK,max} kN/m ²	Lfk.
0.00	2.2	216.77	2	2.5	253.52	4
10.00	2.2	216.77	2	2.5	253.52	4

f_{EK,min} : minimale Verformung
 σ_{EK,min} : minimaler Sohldruck
 Lfk. : Lastfallkombination
 f_{EK,max} : maximale Verformung
 σ_{EK,max} : maximaler Sohldruck
 Lfk. : Lastfallkombination

Grafik Verformung und Sohldruck für ständige und vorübergehende Bemessungssituation

f,d [cm]



σ_d [kN/m²]

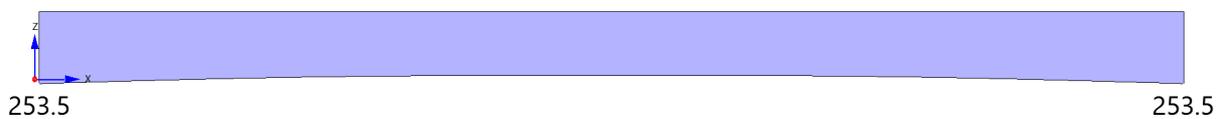


Grafik Verformung und Sohldruck für charakteristische Lastfallkombinationen

f,k [cm]



σ_{d,k} [kN/m²]



Kosten je Regelgeschoss Hohldiele

Kosten Geschossdecke	149,93 €/m ²
----------------------	-------------------------

Geometrische Abmessungen	B	H	L	As,längs gesamt	As,Bügel gesamt
Stütze	30 cm	30 cm	4 m	12,56 cm ² /m	3,02 cm ² /m
Unterzug	30 cm	50 cm	5 m	15,70 cm ² /m	5,07 cm ² /m
Streifenfundament	100 cm	50 cm	10 m	31,86 cm ² /m	18,20 cm ² /m
Geschossdecke	5	-	12	in Gesamtkosten	-

Materialkosten	
Beton	75,83 €/m ³
Bewehrung	1100,00 €/to
Schalung	27,00 €/m ²

Lohnkosten	40,00 €/h
-------------------	-----------

Aufwandwerte	
Betonieren Stütze	0,80 h/m ³
Betonieren Balken	0,60 h/m ³
Bewehren Stütze	14,60 h/to
Bewehren Balken	14,60 h/to
Schalen Stütze	1,20 h/m ²
Schalen Balken	1,20 h/m ²

Massen	Vc	Schalungsfläche	Tonnage,Längs	Tonnage,Bügel
Stütze	0,36 m ² /Stk	5,44 m ² /Stk	39,44 kg/Stk	9,50 kg/Stk
Unterzug	0,75 m ³ /Stk	0,00 m ² /Stk	61,62 kg/Stk	19,91 kg/Stk
Streifenfundament	5,00 m ³ /Stk	10,00 m ² /Stk	250,10 kg/Stk	142,87 kg/Stk

Stückzahlen je Geschoß	n
Stützen	8
Deckenfelder	4
Unterzüge	8
Streifenfundamente	4

Regelgeschoss	Materialkosten	Lohnkosten	Gesamt
Decke			35983,20 €
Unterzüge	1172,44 €	524,91 €	1697,35 €
Stützen	1824,05 €	2409,74 €	4233,79 €
Gesamt	2996,49 €	2934,65 €	41914,34 €

Fundamente	Materialkosten	Lohnkosten	Gesamt
Streifenfundamente	4325,67 €	3317,98 €	7643,65 €

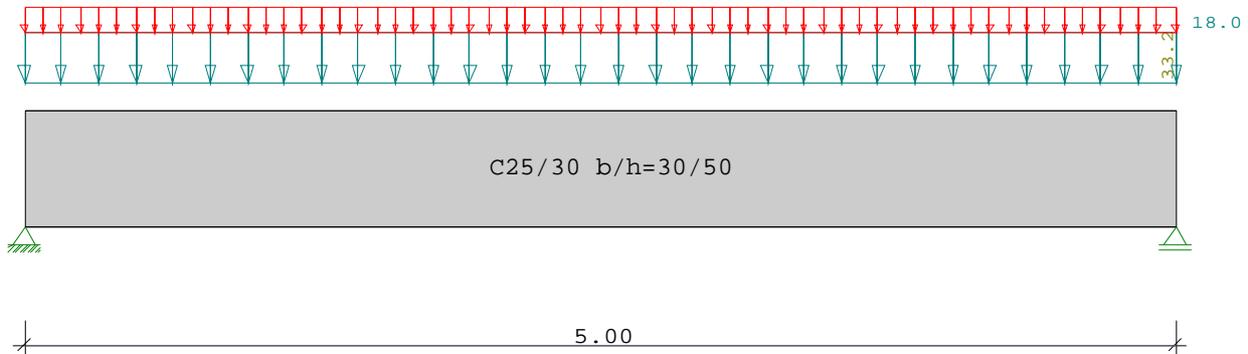
Unterzüge	3517,33 €	1574,73 €
Stützen	5472,14 €	7229,22 €

3 Obergeschosse	
Gebäude gesamt	133386,67 €

Position: B001_HD

Durchlaufträger DLT10 01/2019/A (Frilo R-2019-1/P08)

Maßstab 1 : 33



Stahlbetonträger C25/30 E = 31000 N/mm ² ÖNORM B 1992-1-1:2011-12-01							
System	Länge	Querschnittswerte					
Feld	L (m)	bo	ho	b0	h0	bu	hu
1	5.00	konstant		30.0	50.0		

Belastung (kN,m)	Lasttyp:	1=Gleichlast über L		2=Einzellast bei a						
		3=Einzelmoment bei a		4=Trapezlast von a - a+b						
		5=Dreieckslast über L		6=Trapezlast über L						
Feld	Typ	EG	Gr	g _{l/r}	q _{l/r}	Faktor	Abstand	Länge	ausPOS	Phi
1	1	A		33.24	18.00	1.00				

Eigengewicht des Trägers ist mit Gamma = 25.0 kN/m³ berücksichtigt.

Einwirkungen:						
Nr	Kl	Bezeichnung	ψ0	ψ1	ψ2	γ
A	1	Wohnräume	0.70	0.50	0.30	1.50

Schadensfolgeklasse CC 2 nach EN 1990 Tab. B1 -> K_{Fi} = 1.0 Tab. B3
 In den folgenden Tabellen steht am Ende der Zeilen ein Verweis auf die Nummer der zug. Überlagerung (siehe unten).
 In Tabellen mit Gammafachen Schnittgrößen steht zusätzlich ein Verweis auf die Leiteinwirkung.

Ergebnisse für 1-fache Lasten							
Feldmomente Maximum						(kNm , kN)	
Feld		Mf	M li	M re	V li	V re	komb
1	x0 = 2.50	171.84	0.00	0.00	137.47	-137.48	2

Stützmomente Maximum						(kNm , kN)	
Stütze	M li	M re	V li	V re	max F	min F	komb
1	0.00	0.00	0.00	137.47	137.47	92.47	2
2	0.00	0.00	-137.47	0.00	137.48	92.47	2

Auflagerkräfte (kN)						
Stütze	aus g	max q	min q	Vollast	max	min
1	92.47	45.00	0.00	137.47	137.47	92.47
2	92.47	45.00	0.00	137.48	137.48	92.47
Summe:	184.95	90.00	0.00	274.95	274.95	184.95

Auflagerkräfte (kN)				
EG	Stütze 1		Stütze 2	
	max	min	max	min
g	92.5	92.5	92.5	92.5
A	45.0	0.0	45.0	0.0
Sum	137.5	92.5	137.5	92.5

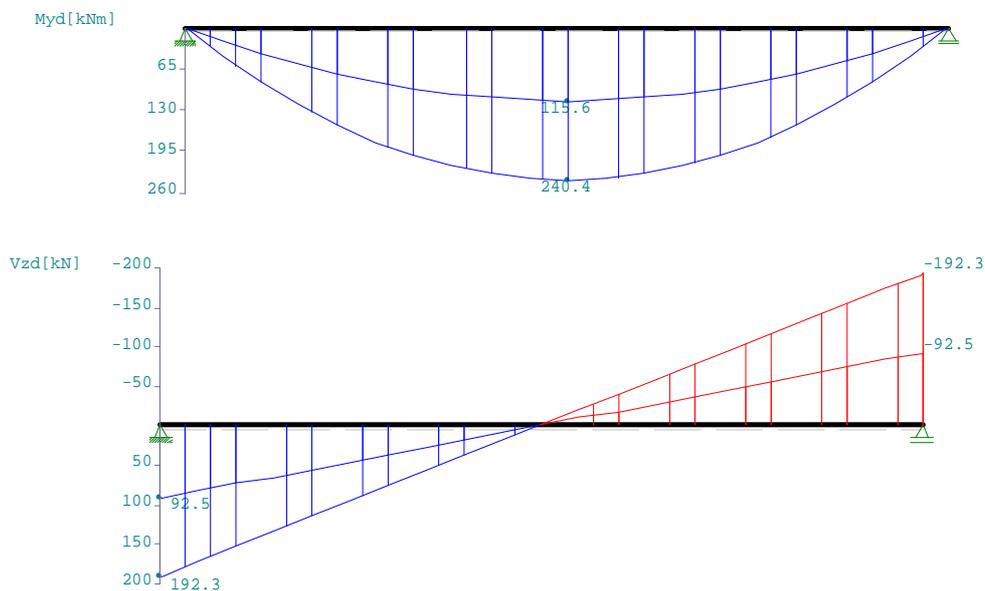
Durchbiegungen in Zustand I gerechnet!						
Durchbiegungen	maximale			minimale		
Feld Nr.	x (m)	f (cm) Komb		x (m)	f (cm) komb	
1	2.50	0.46	2	0.00	0.00	0

Ergebnisse für γ -fache Lasten
 Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_G \cdot K_{Fi} = 1.35$ über Trägerlänge konstant

Feldmomente Maximum (kNm , kN)							
Feld		Mfd	Mdli	Mdre	V li	V re	komb
1	x0 = 2.50	240.43	0.00	0.00	192.34	-192.34	A 2

Stützmomente Maximum (kNm , kN)							
Stütze	Mdli	Mdre	Vdli	Vdre	max F	min F	komb
1	0.00	0.00	0.00	192.34	192.34	92.47	A 2
2	0.00	0.00	-192.34	0.00	192.34	92.47	A 2

Maßstab 1 : 50



Bemessung ÖNORM B 1992-1-1:2011-12-01
 FLBemBn.DLL: Version 9.0.1.128 (1)
 C25/30 B550(B) hochduktil

Betondeckung: $c_v = 3.0 \text{ cm} \geq \text{erf } c_v$
 Bewehrungslage: $d_o = 4.8 \text{ cm}$ $d_B = 8$ $d_S = 20$
 $d_u = 4.8 \text{ cm}$ $d_B = 8$ $d_S = 20$

Die Feldbewehrung ist nicht gestaffelt.

Kriechbeiwert: $\phi = 2.90$ $\epsilon_{cs} = 0.40 \text{ ‰}$ $h_0 = 22.50 \text{ cm}$

Alle Auflager gleich : Schneidenlager

Mindestbewehrung EN2 9.2.1.1 (9.1) $f_{ctm} = 2.56 \text{ N/mm}^2$

Q.Nr.	erf Asu (cm ²)	erf Aso (cm ²)	
1	1.76	1.76	30.0/50.0

Feldbewehrung

Feld Nr.	x (m)	Myd (kNm)	min Myd (kNm)	d (cm)	kx	Asu (cm ²)	Aso (cm ²)	komb
1	2.50	240.4		45.2	0.34	12.8	0.0	A 2

Am ersten Auflager sind mindestens 5.0 cm² zu verankern.

Am letzten Auflager sind mindestens 5.0 cm² zu verankern.

Querkraft VK-Lager ist mit $F = V_{Ed} * \cot(\Theta) / 2$ berücksichtigt.

Querkraftbewehrung B550(B) ÖNORM B 1992-1-1:2011-12-01 6.2

Stütze Nr.	Abst (m)	kz	V _{Ed} (kN)	Θ (°)	V _{Rd,c} (kN)	V _{Rd,max} (kN)	a _{max} (cm)	asw (cm ² /m)	komb
1 re	0.45	0.96	157.6	21.8	77.8	403.4	25.0	3.0	A 2
1 *	0.90	0.92	122.8	21.8	77.8	388.1	25.0	2.5	A 2
2 li	0.45	0.96	-157.6	21.8	77.8	403.4	25.0	3.0	A 2
2 *	0.90	0.92	-122.8	21.8	77.8	388.1	25.0	2.5	A 2

Berechnung mit modifizierter eff. Steifigkeit (Zeta-Verfahren)

Zugfestigkeit und Rissmoment mit $f_{ctm} = 2.6 \text{ N/mm}^2$

Gebrauchstauglichkeit - Durchbiegungen (cm) $\phi = 2.90$ $\epsilon_{cs} = 0.40 \text{ ‰}$
 quasi-ständige Kombination

Feld	x	f _{El}	f _{El} φ	f _{El} φε	f _{ElI,g}	f _{ElI}	f _{ElI} φ	f _{ElI} φε	f
1	2.50	0.33	0.98	1.20	0.85	0.98	1.52	1.87	1.87

In der folgenden Tabelle sind die Lasten mit der internen Numerierung angegeben. Die anschließende Tabelle der gerechneten Kombinationen referenziert auf diese Nummern.

Belastung (kN,m) Lasttyp: 1=Gleichlast über L 2=Einzellast bei a
 3=Einzelmoment bei a 4=Trapezlast von a - a+b
 5=Dreieckslast über L 6=Trapezlast über L

Nr.	Feld	Typ	Grp	g1	q1	g2	q2	Faktor	Abstand	Länge
1	1	1	A 1	33.24	18.00			1.00		

Gerechnete Kombinationen aus 1 Lasten

Last	K1	K2
------	----	----

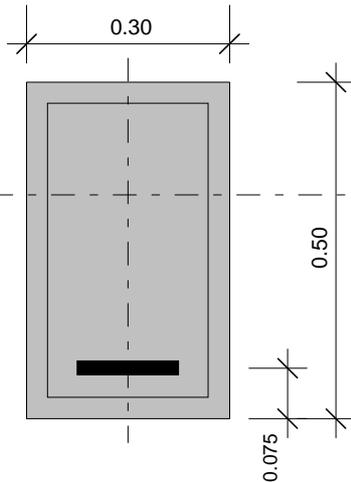
1	$\frac{g}{x}$	$\frac{g}{x}$
---	---------------	---------------

Die vorstehenden Kombinationen werden wie folgt bearbeitet:
Beim Nachweis der Tragsicherheit werden die ständigen Lasten
alle gleichzeitig alternierend mit $\gamma_G = 1,00 / 1,35$ beaufschlagt.
Wenn in einer Kombination p-Lasten aus unterschiedlichen Einwirkungen
vorhanden sind, dann wird jeweils untersucht, welche Einwirkung die
Leiteinwirkung ist.
Die Auswirkung der Lasteinwirkungsdauer wird ebenfalls geprüft.

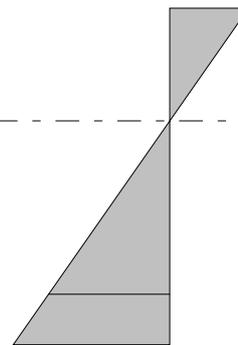
BETONBEMESSUNG mit *ConDim™* V 7.1.3.2

Bauteil: 1
Position: 10
 Norm: ÖN B/EN 1992-1-1 Druck negativ !
 Beton: C25/30
 Bewehrung: BSt 550 $\gamma_{mc} = 1.50$; $\gamma_{my} = 1.15$

Bemessungsschnittgrößen:
 $M_d = 241.00$ kNm
 $N_d = 0.00$ kN
 $V_d = 193.00$ kN
 $T_d = 0.00$ kNm

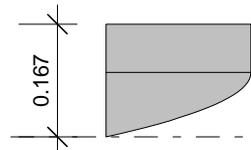
Querschnitt Maße in [m]as_bü_Q = 3.17 cm²/m+SeiteAs_u = 14.17 cm²**Dehnungen**

eps_o = -3.50 ‰



eps_su = 5.38 ‰

eps_u = 6.95 ‰

Betonspannungensig_bo = -16.67 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 =	0.1500	m ²	
Eigengewicht pro Meter Länge:	g_1 =	3.7500	kN/m	
Trägheitsmoment Betonquerschnitt:	I_c =	0.003125	m ⁴	
Schwerpunktsabstand Betonquerschnitt unten:	y_su =	0.250	m	
Biegesteifigkeit Betonquerschnitt:	EI_c =	96.8750	MN/m ²	

Bemessung für Biegung und Längskraft

Maximales Bemessungsmoment:	max M_d =	327.01	kNm	
Erforderliche Bewehrung:	erf As_u =	14.17	cm ²	
Mindestbewehrung:	min As_u =	1.66	cm ²	
Maximalbewehrung:	max As_u =	60.00	cm ²	
Stahldehnung:	eps_su =	5.38	‰	
Randdehnung:	eps_u =	6.95	‰	eps_o = -3.50 ‰

Bemessung für Querkraft und Torsion

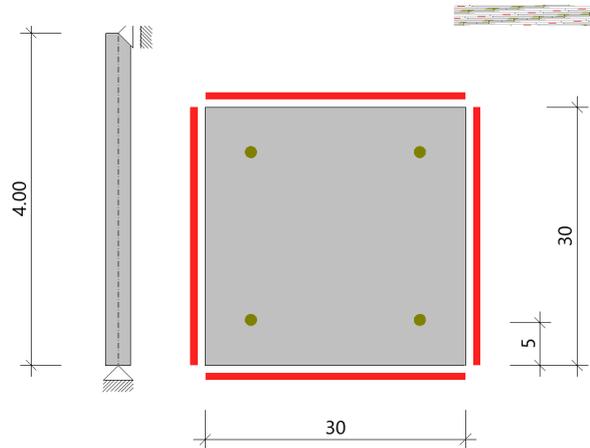
Querkraftbemessung mit Verfahren variabler Druckstrebenneigung (ÖN B/EN 1992/6.2.3)

Q_max bei Mindestbügelbewehrung:	Q_max =	74.59 kN	Bewehrungsvorschlag:
innerer Hebelsarm:	z =	0.383 m	(vertikale Bügel, zweischnittig)
Schubbewehrung je Seite (zweischnittig):	as_bü_Q =	3.17 cm ² /m+Seite	° 8 / 15.0 cm as = 3.35 cm ² /m+S
Mindestbügelbewehrung je Seite:	min as_bü =	1.22 cm ² /m+Seite	° 10 / 22.5 cm as = 3.49 cm ² /m+S
Neigung der Betondruckstrebe:	tan β =	0.60	
Zusatzlängsbewehrung Biegezugzone:	As_Q =	3.36 cm ²	
Versatzmaß:	a_v =	0.32 m	
maximaler Bügelabstand:	s_max =	0.32 m	
zur Beschränkung von Schrägrissen:	s_max =	0.30 m	

Position: C001_HD_Brand

Brandschutz Wände und Stützen TB-BXW 01/2019 (FRILO R-2019-1/P08)

Grafik



Grundparameter

Stahlbeton: ÖNORM B 1992-1-1:2011-12-01
 Brandschutz: ÖNORM B 1992-1-2:2011-11-15

Beton = C 25/30 $f_{cd} = 16.67 \text{ N/mm}^2$ $f_{ck} = 25.00 \text{ N/mm}^2$
 Betonstahl = B 550(B) $f_{yd} = 478.26 \text{ N/mm}^2$ $f_{yk} = 550.00 \text{ N/mm}^2$

System

Bauteil: Stahlbeton.
 Rechteckstütze, gelenkig gelagert, mit vier Bewehrungsstäben in den Ecken.

Feuerwiderstandsklasse: = R 90 Stützenlänge $l = 4.00 \text{ m}$
 Stützenbreite $b = 30.0 \text{ cm}$ Stützenhöhe $h = 30.0 \text{ cm}$
 Bewehrungslage $d_2 = 5.0 \text{ cm}$ Längsbewehrung vorh. $A_s = 12.0 \text{ cm}^2$
 Ausnutzungsgrad $\mu_{fi} = 0.50$ Faktor - Knicklänge $f_{sk} = 1.00$

Ergebnisse

Brandschutz: R 90, Branddauernachweis nach Gleichung 5.7

$$\begin{aligned} \omega &= A_s \cdot f_{yd} / (A_c \cdot f_{cd}) = 12.00 \cdot 478.26 / (900.00 \cdot 16.67) = 0.38 \\ b' &= 2 \cdot A_c / (b+h) = 2 \cdot 90000 / (300 \cdot 300) = 300.0 \text{ mm} \\ a_{cc} &= \text{Abminderungsfaktor} = 1.00 \\ l_{0,fi,max} &= \text{Ersatzlänge; } 2\text{m} \leq l_{0,fi,max} \leq 6 \text{ m} = 4.00 \text{ m} \\ R_{\eta fi} &= 83 \cdot [1.00 - \mu_{fi} \cdot (1 + \omega) / ((.85/\alpha_{cc}) + \omega)] = 83 \cdot [1.00 - 0.50 \cdot (1 + 0.38) / ((.85/1.00) + 0.38)] = 36.4 \\ R_a &= 1.60 \cdot (a - 30) = 1.60 \cdot (50 - 30) = 32.0 \text{ mm} \\ R_l &= 9.60 \cdot (5 - l_{0,fi}) = 9.60 \cdot (5 - 4.00) = 9.60 \text{ m} \\ R_b &= 0.09 \cdot b' = 0.09 \cdot 300.00 = 27.0 \text{ mm} \\ R_n &= \text{nur 4 Eckstäbe vorhanden} = 0 \\ R &= 120 \cdot [R_{\eta fi} R_a + R_l + R_b + R_n] / 120^{1.8} = 120 \cdot [(36.4 + 32.0 + 9.60 + 27.00 + 0) / 120]^{1.8} = 94.4 \text{ min} \end{aligned}$$

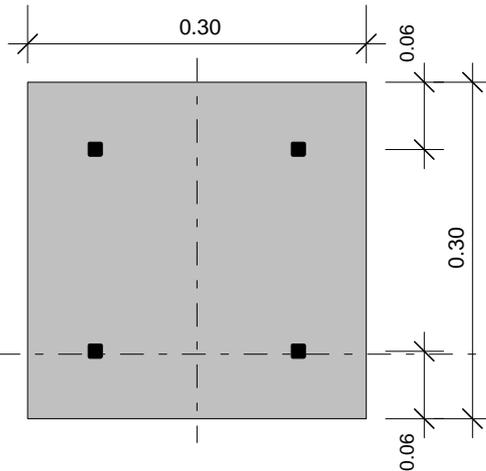
Stützenlänge	$l = 4.00 \text{ m} \leq$	$l_{max} = 6.00 \text{ m}$	$\eta = 0.67$ ✓
Achsabstand	$a = 5.0 \text{ cm} \leq$	$a_{max} = 8.0 \text{ cm}$	$\eta = 0.63$ ✓
Verhältnis	$h/b = 1.00 \leq$	$h/b_{max} = 4.00$	$\eta = 0.25$ ✓
Verhältnis	$A_s/A_c = 0.013 <$	$A_s/A_{c,max} = 0.04$	$\eta = 0.33$ ✓
$2 \cdot A_c / (b+h)$	$b' = 300 \text{ mm} \leq$	$b'_{max} = 450 \text{ mm}$	$\eta = 0.67$ ✓
Branddauer	$R = 94.4 \text{ min} \geq$	$R_{min} = 90 \text{ min}$	$\eta = 0.95$ ✓

Die Stütze kann in die Feuerwiderstandsklasse R 90 eingestuft werden.

BETONBEMESSUNG mit *ConDim™* V 7.1.3.2

Bauteil: 1
Position: 7
 Norm: ÖN B/EN 1992-1-1 Druck negativ !
 Beton: C25/30
 Bewehrung: BSt 550 $\gamma_{mc} = 1.50$; $\gamma_{my} = 1.15$

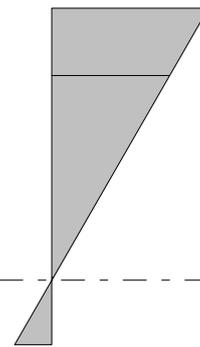
Bemessungsschnittgrößen:
 $M_d = 22.60$ kNm
 $N_d = -1130.00$ kN
 $V_d = 0.00$ kN
 $T_d = 0.00$ kNm

Querschnitt Maße in [m]

$A_{s_eck} = 1.52$ cm²

Dehnungen

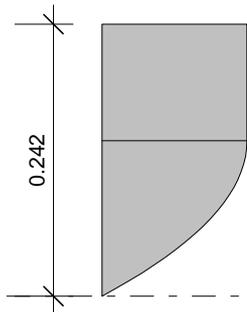
$\epsilon_{s_o} = -3.50$ ‰
 $\epsilon_{s_{so}} = -2.63$ ‰



$\epsilon_{s_{su}} = -0.04$ ‰
 $\epsilon_{s_u} = 0.83$ ‰

Betonspannungen

$\sigma_{b_o} = -16.67$ 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:	$A_c = 0.0900$	m ²	
Eigengewicht pro Meter Länge:	$g_1 = 2.2500$	kN/m	
Trägheitsmoment Betonquerschnitt:	$I_c = 0.000675$	m ⁴	
Schwerpunktsabstand Betonquerschnitt unten:	$y_{su} = 0.150$	m	
Biegesteifigkeit Betonquerschnitt:	$EI_c = 20.9250$	MN/m ²	

Bemessung für Biegung und Längskraft

Erforderliche Bewehrung:	erf As_eck =	1.52 cm ²		
Mindestbewehrung:	min As_eck =	0.77 cm ²		
Maximalbewehrung:	max As_eck =	18.00 cm ²		
Gewählte Bewehrung:	vorh As_eck =	3.14 cm ²	(1ø20)	
Stahldehnung:	eps_su =	-0.04 ‰	eps_so =	-2.63 ‰
Randdehnung:	eps_u =	0.83 ‰	eps_o =	-3.50 ‰

Stabilitätsberechnung um y-Achse:

Nennkrümmungsverfahren nach EN 1992-1-1 / 5.8.8

Knicklänge:	L_ky =	4.00 m	Ausmitte 1.Ordnung:	e_0 =	0.0200 m
Schlankheit:	λ_y =	46	Ausmitte 2.Ordnung:	e_2 =	0.0241 m
	φ_eff =	1.40	Imperfektion:	e_a =	0.0100 m
Bemessungsmoment:	M_ges =	61.14 kNm	Gesamtausmitte:	e_tot =	0.0541 m
Bewehrung:	erf As_eck =	1.52 cm ²			!!! maßgebend !!!

Stabilitätsberechnung um z-Achse:

Nennkrümmungsverfahren nach EN 1992-1-1 / 5.8.8

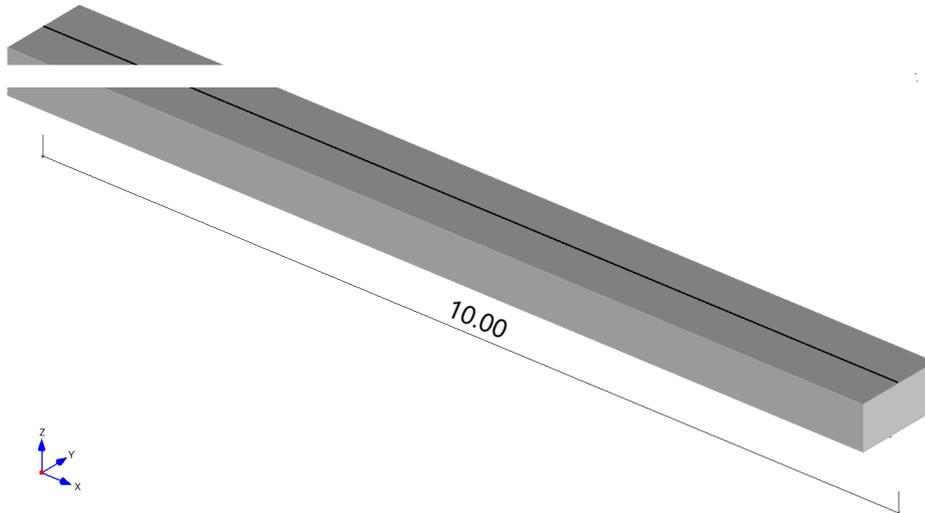
Knicklänge:	L_kz =	4.00 m	Ausmitte 1.Ordnung:	e_0 =	0.0000 m
Schlankheit:	λ_z =	46	Ausmitte 2.Ordnung:	e_2 =	0.0214 m
			Imperfektion:	e_a =	0.0100 m
Bemessungsmoment:	M_ges =	35.53 kNm	Gesamtausmitte:	e_tot =	0.0314 m
Bewehrung:	erf As_eck =	0.00 cm ²			!!! nicht maßgebend !!!

Position: Fundamentstreifen_HD

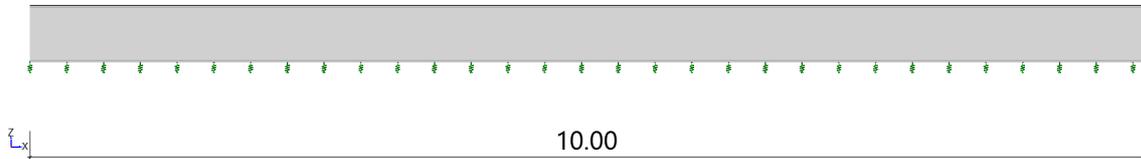
Balken auf elastischer Bettung BEB+ 01/2019A (FRILO R-2019-1/P08)

System

Systemgrafik Isometrie



Systemgrafik Ansicht



Grundparameter

Beton = C 25/30
 Elastizitätsmodul E = 31000.00 N/mm²
 Betonstahl = B 550(B)
 Bewehrungslage unten = 4.5 cm
 Bewehrungslage oben = 4.5 cm
 Betondeckung unten = 3.0 cm
 Betondeckung oben = 3.0 cm
 Sohldruck $\sigma_{\text{aufn.}}$ = 350.00 kN/m² ständige Bemessungssituation

Querschnitte

Nr	Art	b _o m	h _o m	b _u m	h _u m
1	Rechteck			1.00	0.50

b_o : Breite des Plattenbalkens oben
 h_o : Dicke des Plattenbalkens oben
 b_u : Breite
 h_u : Dicke
 b_u : Breite des Plattenbalkens unten
 h_u : Dicke des Plattenbalkens unten

Balkenabschnitte

Nr	Länge m	von m	bis m	QA	QE	$k_{s,k,a}$ kN/m ³	$k_{s,k,e}$ kN/m ³
1	10.00	0.00	10.00	1	1	10000.00	10000.00

Nr : Abschnittsnummer
 Länge : Abschnittslänge
 von : Abschnittsbeginn
 bis : Abschnittsende
 QA : Querschnittsnummer am Anfang
 QE : Querschnittsnummer am Ende
 $k_{s,k,a}$: Bettungsmodul Anfang
 $k_{s,k,e}$: Bettungsmodul Ende

Dauerhaftigkeit**Anforderungen Dauerhaftigkeit:**

Betonangriff	X0
Bewehrungskorrosion	XC2
Mindestbetonklasse	C 20/25
Längsbewehrung	$d_{s,l} = 14$ mm
Vorhaltemaß	$\Delta C_{dev} = 5$ mm
Längsbewehrung	$c_{min,l} = 25$ mm
Betondeckung	$c_{nom,l} = 30$ mm
Verlegemaß Bügel	$c_{v,b} = 30$ mm
zul. Rissbreite	$w_{max} = 0.30$ mm

Lastfall**Einwirkungen (EW)**

EW	Name	ψ_0	ψ_1	ψ_2	zugehörige Lastfälle
g	ständig	1.00	1.00	1.00	1
A	Kat. A: Wohngebäude	0.70	0.50	0.30	2

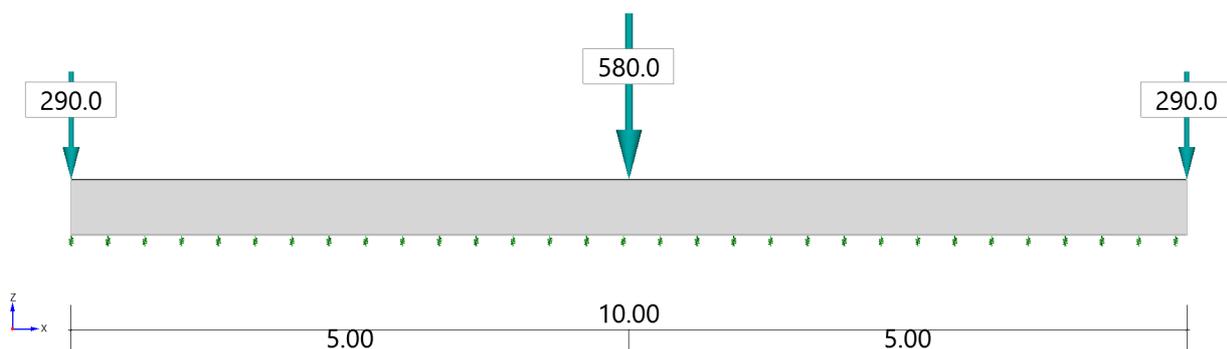
EW : Kategorie der Einwirkung in Anlehnung an EN 1990 Tabelle A 1.1
 Name : Name der Einwirkung in Anlehnung an EN 1990 Tabelle A 1.1
 ψ_0 : Kombinationsbeiwerte veränderlicher Einwirkungen
 ψ_1 : Kombinationsbeiwerte für häufige Werte der veränderlichen Einwirkungen
 ψ_2 : Kombinationsbeiwerte für quasi-ständige Werte der veränderlichen Einwirkungen
 zugehörige Lastfälle : Alle Lastfälle mit dieser Einwirkung

Lastfälle

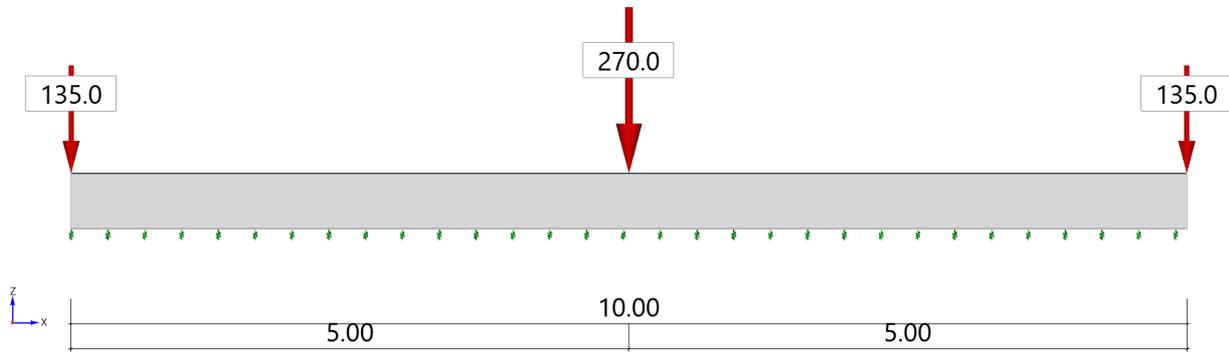
Nr	EW	Einwirkung	Bezeichnung	Lasten	ZUS	ALT
1	g	ständig	Lastfall 1	3	0	0
2	A	Kat. A: Wohngebäude	Lastfall 1(1)	3	0	0

EW : Kategorie der Einwirkung in Anlehnung an EN 1990 Tabelle A 1.1
 Lasten : Anzahl der Lasten im Lastfall.
 ZUS : Zusammengehörigkeitsgruppe
 ALT : Alternativgruppe

Das Eigengewicht ist bei den Nachweisen nicht berücksichtigt. Ein eventueller Zugfederausfall ist in der Berechnung nicht berücksichtigt.

Lastfallgrafiken**Lastfall 1**

Lastfall 2



Lasten

Nr	Art	Q kN	Q _A kN/m	Q _E kN/m	M kNm	Abstand m	Länge m
Lasten in Lastfall 1 ständig - Lastsumme: 1160.0 kN							
1	Einzellast	580.0				5.00	
2	Einzellast	290.0				0.00	
3	Einzellast	290.0				10.00	
Lasten in Lastfall 2 Kat. A: Wohngebäude - Lastfall 1(1) - Lastsumme: 540.0 kN							
1	Einzellast	270.0				5.00	
2	Einzellast	135.0				0.00	
3	Einzellast	135.0				10.00	
Nr	: Lastnummer der Last in diesem Lastfall						
Art	: Möglich sind Einzellast, Einzelmoment, Linienlast und Trapezlast.						
Q	: Einzellast						
Q _A	: linke vordere Lastordinate der Trapezlast bzw. Lastordinate der Linienlast						
Q _E	: rechte hintere Lastordinate der Trapezlast						
M	: Einzelmoment. Negative Momente drehen links herum.						
Abstand	: Position von Einzellasten und Momenten bzw. Beginn von Trapezlasten						
Länge	: Länge von Trapezlasten						

Überlagerung

Maßgebende automatisch erzeugte Lastfallkombinationen

Nr	BS	Lastfallkombination
1	P,K	1.0 x (1)
2	P	1.0 x (1) + 1.5 x (2)
3	P	1.35 x (1) + 1.5 x (2)
4	K	1.0 x (1) + 1.0 x (2)

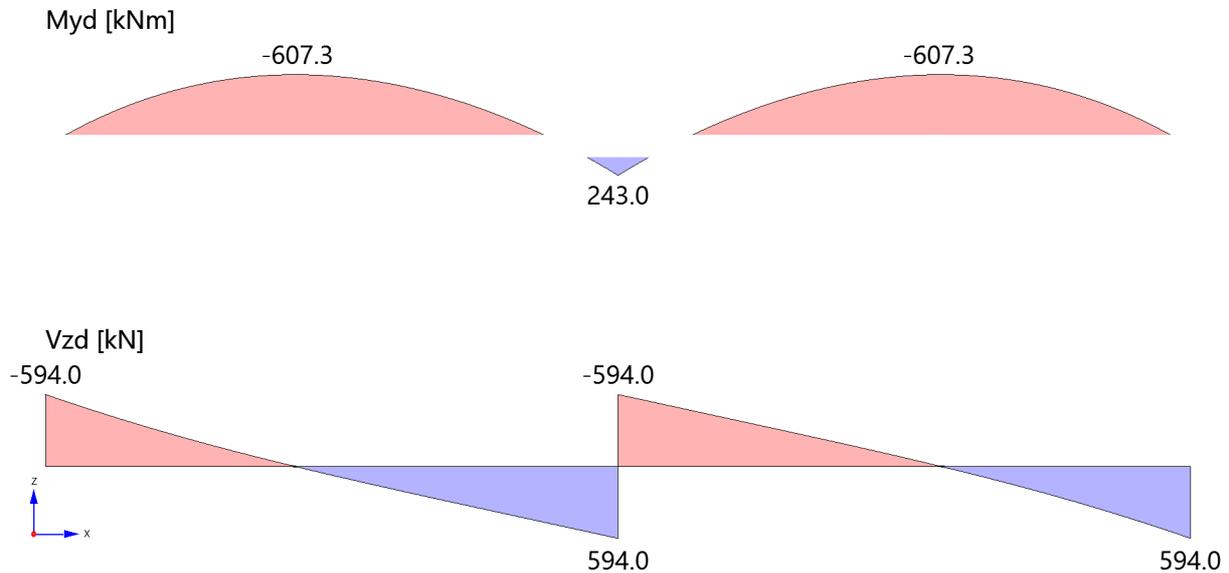
BS: Bemessungssituation P: ständig T: vorübergehend Q: quasi-ständig I: selten F: häufig K: charakteristisch Die Lastfallnummern stehen in den Klammern.

Ergebnisse

Schnittgrößen für ständige und vorübergehende Bemessungssituation

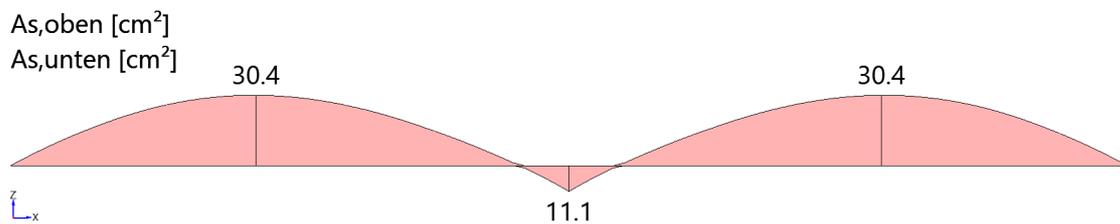
x m	M _{Ed,max} kNm	Lfk.	Q _{Ed,max} kN	Lfk.	M _{Ed,min} kNm	Lfk.	Q _{Ed,min} kN	Lfk.
0.00	0.00	1	0.0	1	0.00	2	-594.0	3
2.20	-296.50	1	5.0	3	-607.31	3	2.4	1
5.00	243.00	3	594.0	3	118.64	1	-594.0	3
7.80	-296.50	1	-2.4	1	-607.31	3	-5.0	3
10.00	0.00	3	594.0	3	0.00	2	0.0	1
M _{Ed,max}	: maximales Moment am Bemessungsschnitt							
Lfk.	: Lastfallkombination							
Q _{Ed,max}	: maximale Querkraft am Bemessungsschnitt							
M _{Ed,min}	: minimales Moment am Bemessungsschnitt							
Q _{Ed,min}	: minimale Querkraft am Bemessungsschnitt							

Grafik Schnittgrößen für ständige und vorübergehende Bemessungssituation



Grafik Biegebewehrung Balken

Bewehrung Biegebemessung



Biegebemessung nach ÖNORM B 1992-1-1:2011-12-01

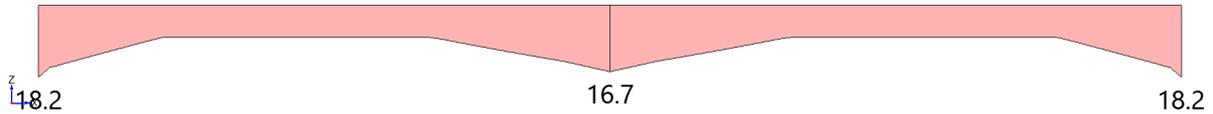
x m	M _{Ed,max} kNm	Lfk.	M _{Ed,min} kNm	Lfk.	d _{unten} m	d _{oben} m	As,erf.,unten cm ²	As,vorh.,unten cm ²	As,erf.,oben cm ²	As,vorh.,oben cm ²
0.00	0.00	2	0.00	2	0.46	0.46	0.0	0.0	0.0	0.0
2.20	-296.50	3	-607.31	3	0.46	0.46	0.0	0.0	30.5	0.0
5.00	243.00	3	118.64	1	0.46	0.46	11.1	0.0	0.0	0.0
7.80	-296.50	3	-607.31	3	0.46	0.46	0.0	0.0	30.5	0.0
10.00	0.00	2	0.00	2	0.46	0.46	0.0	0.0	0.0	0.0

- x : Bemessungsschnitt
- M_{Ed,max} : maximales Moment am Bemessungsschnitt
- M_{Ed,min} : minimales Moment am Bemessungsschnitt
- Lfk. : Lastfallkombination
- d_{unten} : statische Nutzhöhe für die Bemessung der unteren Biegebewehrung
- d_{oben} : statische Nutzhöhe für die Bemessung der oberen Biegebewehrung
- As,erf.,unten : erforderliche Biegebewehrung in der unteren Lage
- As,vorh.,unten : vorhandene Bewehrung in der unteren Lage
- As,erf.,oben : erforderliche Biegebewehrung in der oberen Lage
- As,vorh.,oben : vorhandene Bewehrung in der oberen Lage

Mindestbewehrung nach ÖNORM EN 1992:2011 9.2.1.1 (1) ist nicht berücksichtigt worden.

Bewehrung Querkraftbemessung

asw [cm²/m]



Querkraftbemessung nach ÖNORM B 1992-1-1:2011-12-01

x m	as,L cm ²	θ °	z/d	V _{Ed} kN	Lfk.	V _{Rd,c} kN	V _{Rd,max} kN	d m	a _{sw,erf.} cm ² /m	a _{sw,vorh.} cm ² /m	S _{w,max} cm	S _{w,vorh.} cm
0.00	0.0	30.9	0.90	594.0	3	170.8	1624.4	0.46	18.2	0.0	25.0	0.0
5.00	11.1	30.9	0.98	594.0	3	170.8	1764.2	0.46	16.7	0.0	25.0	0.0
10.00	0.0	30.9	0.90	594.0	3	170.8	1624.4	0.46	18.2	0.0	25.0	0.0

- x : Bemessungsschnitt
- a_{s,L} : beim Nachweis berücksichtigte zugehörige Biegebewehrung
- θ : Neigung der Druckstrebe
- z/d : bezogener innerer Hebelarm
- V_{Ed} : Bemessungswert der Querkraft
- Lfk. : Lastfallkombination
- V_{Rd,c} : Tragwiderstand ohne Querkraftbewehrung
- V_{Rd,max} : Tragwiderstand der Druckstrebe
- d : maßgebende statische Nutzhöhe
- a_{sw,erf.} : erforderliche Querkraftbewehrung
- a_{sw,vorh.} : vorhandene Querkraftbewehrung
- S_{w,max} : maximaler Abstand der Querkraftbewehrung
- S_{w,vorh.} : vorhandener Bügelabstand der Querkraftbewehrung

Der innere Hebelarm wurde mit den k_z-Werten aus der Biegebemessung ermittelt. Der Querkraftnachweis wurde entsprechend der örtlichen Querschnittswerte für einen Platten- oder Balkenquerschnitt geführt.

Schnittgrößen für quasi-ständige Bemessungssituation

x m	M _{Ed,max} kNm	Lfk.	Q _{Ed,max} kN	Lfk.	M _{Ed,min} kNm	Lfk.	Q _{Ed,min} kN	Lfk.
0.00	0.00	0	0.0	0	0.00	0	0.0	0
10.00	0.00	0	0.0	0	0.00	0	0.0	0

- M_{Ed,max} : maximales Moment am Bemessungsschnitt
- Lfk. : Lastfallkombination
- Q_{Ed,max} : maximale Querkraft am Bemessungsschnitt
- M_{Ed,min} : minimales Moment am Bemessungsschnitt
- Q_{Ed,min} : minimale Querkraft am Bemessungsschnitt

Grafik Schnittgrößen für quasi-ständige Bemessungssituation

...

V_{zd,perm} [kN]



Grafik Rissbreite

w,perm [mm]



Rissbreite Kriechbeiwert $\psi = 2.58$

x m	M _{Ed} kNm	Lfk.	A _{s,unten} cm ²	A _{s,oben} cm ²	w _{vorh.} mm	w _{zul.} mm	d _{vorh.} mm	d _{s,grenz.} mm	η
0.00	0.00	0	0.0	0.0	0.000	0.300	14	50	0.00
10.00	0.00	0	0.0	0.0	0.000	0.300	14	50	0.00

Schnittgrößen für charakteristische (seltene) Bemessungssituation

x m	M _{Ed,max} kNm	Lfk.	Q _{Ed,max} kN	Lfk.	M _{Ed,min} kNm	Lfk.	Q _{Ed,min} kN	Lfk.
0.00	0.00	0	0.0	0	0.00	0	0.0	0
10.00	0.00	0	0.0	0	0.00	0	0.0	0

M_{Ed,max} : maximales Moment am Bemessungsschnitt
 Lfk. : Lastfallkombination
 Q_{Ed,max} : maximale Querkraft am Bemessungsschnitt
 M_{Ed,min} : minimales Moment am Bemessungsschnitt
 Q_{Ed,min} : minimale Querkraft am Bemessungsschnitt

Grafik Schnittgrößen für charakteristische (seltene) Bemessungssituation

Vzd, char (rare) [kN]



Grafik Betonspannungen quasi-ständig

σ_{C,perm} [N/mm²]



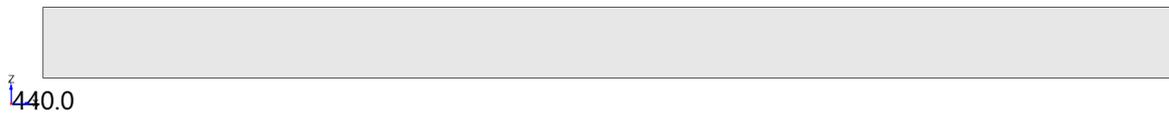
Grafik Betonspannungen charakteristisch (selten)

$\sigma_{C,char}$ (rare) [N/mm²]



Grafik Stahlspannungen charakteristisch (selten)

$\sigma_{S,char}$ (rare) [N/mm²]



Spannungen mit Kriechbeiwert $\psi = 2.58$

x m	M _{Ed,perm} kNm	Lfk.	M _{Ed,char (rare)} kNm	Lfk.	A _{s,unten} cm ²	A _{s,oben} cm ²	σ _{Svorh.} N/mm ²	σ _{Szul.} N/mm ²	η _S	σ _{Cvorh.} N/mm ²	σ _{Czul.} N/mm ²	η _C
0.00	0.00	0	0.00	0	0.0	0.0	0.00	440.00	0.00	0.00	-11.25	0.00
10.00	0.00	0	0.00	0	0.0	0.0	0.00	440.00	0.00	0.00	-11.25	0.00

x : Bemessungsschnitt
 M_{Ed,perm} : Bemessungsmoment der quasi ständigen Bemessungssituation
 Lfk. : Lastfallkombination
 M_{Ed,char (rare)} : Bemessungsmoment der seltenen Bemessungssituation
 Lfk. : Lastfallkombination
 A_{s,unten} : beim Nachweis berücksichtigte zugehörige Biegebewehrung
 A_{s,oben} : beim Nachweis berücksichtigte zugehörige Biegebewehrung
 σ_{Svorh.} : vorhandene Betonstahlspannung
 σ_{Szul.} : zulässige Betonstahlspannung
 η_S : Ausnutzung der Betonstahlspannung
 σ_{Cvorh.} : vorhandene Betonspannung
 σ_{Czul.} : zulässige Betonspannung
 η_C : Ausnutzung der Betonspannung

Vereinfachter Nachweis

Der zulässige Sohldruck ist direkt vorgegeben worden.

Ausnutzung $\eta = \sigma_{Ed} / \sigma_{Rd} = 327.30 \text{ kN/m}^2 / 350.00 \text{ kN/m}^2 = 0.94$

Verformung und Sohldruck für ständige und vorübergehende Bemessungssituation

x m	f _{Ed,min} cm	σ _{Ed,min} kN/m ²	Lfk.	f _{Ed,max} cm	σ _{Ed,max} kN/m ²	Lfk.
0.00	1.6	159.79	1	3.3	327.30	3
10.00	1.6	159.79	1	3.3	327.30	3

f_{Ed,min} : minimale Verformung
 σ_{Ed,min} : minimaler Sohldruck
 Lfk. : Lastfallkombination
 f_{Ed,max} : maximale Verformung
 σ_{Ed,max} : maximaler Sohldruck
 Lfk. : Lastfallkombination

Verformung und Sohldruck für charakteristische Lastfallkombinationen

x m	$f_{EK,min}$ cm	$\sigma_{EK,min}$ kN/m ²	Lfk.	$f_{EK,max}$ cm	$\sigma_{EK,max}$ kN/m ²	Lfk.
0.00	1.6	159.79	1	2.3	234.18	4
10.00	1.6	159.79	1	2.3	234.18	4

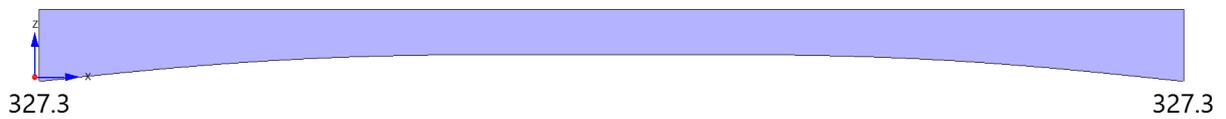
$f_{EK,min}$: minimale Verformung
 $\sigma_{EK,min}$: minimaler Sohldruck
 Lfk. : Lastfallkombination
 $f_{EK,max}$: maximale Verformung
 $\sigma_{EK,max}$: maximaler Sohldruck
 Lfk. : Lastfallkombination

Grafik Verformung und Sohldruck für ständige und vorübergehende Bemessungssituation

f,d [cm]



σ_d [kN/m²]

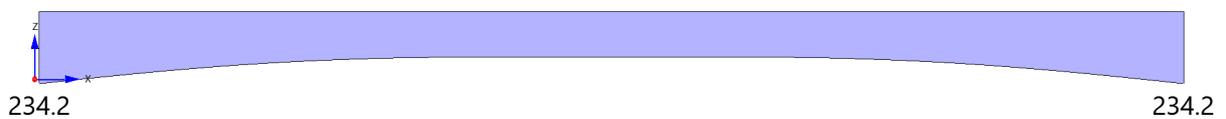


Grafik Verformung und Sohldruck für charakteristische Lastfallkombinationen

f,k [cm]



$\sigma_{d,k}$ [kN/m²]



Kosten je Regelgeschoss HBV-Beton

Kosten Geschossdecke	288,85 €/m ²
----------------------	-------------------------

Geometrische Abmessungen	B	H	L	As,längs gesamt	As,Bügel gesamt
Stütze	30 cm	30 cm	4 m	12,56 cm ² /m	3,02 cm ² /m
Unterzug	30 cm	50 cm	5 m	15,70 cm ² /m	5,07 cm ² /m
Streifenfundament	100 cm	50 cm	10 m	31,86 cm ² /m	18,20 cm ² /m
Geschossdecke	5	-	12	in Gesamtkosten	-

Materialkosten	
Beton	75,83 €/m ³
Bewehrung	1100,00 €/to
Schalung	27,00 €/m ²

Lohnkosten	40,00 €/h
-------------------	-----------

Aufwandwerte	
Betonieren Stütze	0,80 h/m ³
Betonieren Balken	0,60 h/m ³
Bewehren Stütze	14,60 h/to
Bewehren Balken	14,60 h/to
Schalen Stütze	1,20 h/m ²
Schalen Balken	1,20 h/m ²

Massen	Vc	Schalungsfläche	Tonnage,Längs	Tonnage,Bügel
Stütze	0,36 m ² /Stk	5,44 m ² /Stk	39,44 kg/Stk	9,50 kg/Stk
Unterzug	0,75 m ³ /Stk	0,00 m ² /Stk	61,62 kg/Stk	19,91 kg/Stk
Streifenfundament	5,00 m ³ /Stk	10,00 m ² /Stk	250,10 kg/Stk	142,87 kg/Stk

Stückzahlen je Geschoß	n
Stützen	8
Deckenfelder	4
Unterzüge	8
Streifenfundamente	4

Regelgeschoss	Materialkosten	Lohnkosten	Gesamt
Decke			69324,00 €
Unterzüge	1172,44 €	524,91 €	1697,35 €
Stützen	1824,05 €	2409,74 €	4233,79 €
Gesamt	2996,49 €	2934,65 €	75255,14 €

Fundamente	Materialkosten	Lohnkosten	Gesamt
Streifenfundamente	4325,67 €	3317,98 €	7643,65 €

Unterzüge	3517,33 €	1574,73 €
Stützen	5472,14 €	7229,22 €

3 Obergeschosse	
Gebäude gesamt	233409,07 €

Kosten je Regelgeschoss HBV-Holz

Kosten Geschossdecke	288,85 €/m ²
----------------------	-------------------------

Geometrische Abmessungen	B	H	L	As,längs gesamt	As,Bügel gesamt
Stütze	36 cm	36 cm	4 m	0,00 cm ² /m	0,00 cm ² /m
Unterzug	36 cm	52 cm	5 m	0,00 cm ² /m	0,00 cm ² /m
Streifenfundament	100 cm	42 cm	10 m	37,70 cm ² /m	21,00 cm ² /m
Geschossdecke	5	-	12	in Gesamtkosten	-

Materialkosten	
Beton	75,83 €/m ³
Bewehrung	1100,00 €/to
Schalung	27,00 €/m ²
Holz GI32h	566,67 €/m ³

Lohnkosten	40,00 €/h
-------------------	-----------

Aufwandwerte	
Betonieren Stütze	0,80 h/m ³
Betonieren Balken	0,60 h/m ³
Bewehren Stütze	14,60 h/to
Bewehren Balken	14,60 h/to
Schalen Stütze	1,20 h/m ²
Schalen Balken	1,20 h/m ²
Holzbalken Auflegen	1,00 h/Stk
Holzstütze Aufstellen	1,00 h/Stk

Massen	Vh	Schalungsfläche	Tonnage,Längs	Tonnage,Bügel
Stütze	0,52 m ² /Stk	0,00 m ² /Stk	0,00 kg/Stk	0,00 kg/Stk
Unterzug	0,94 m ³ /Stk	0,00 m ² /Stk	0,00 kg/Stk	0,00 kg/Stk
Streifenfundament	4,20 m ³ /Stk	8,40 m ² /Stk	295,95 kg/Stk	164,85 kg/Stk

Stückzahlen je Geschoß	n
Stützen	8
Deckenfelder	4
Unterzüge	8
Streifenfundamente	4

Regelgeschoss	Materialkosten	Lohnkosten	Gesamt
Decke			69324,00 €
Unterzüge	4243,22 €	320,00 €	4563,22 €
Stützen	2350,09 €	320,00 €	2670,09 €
Gesamt	6593,32 €	640,00 €	76557,32 €

Fundamente	Materialkosten	Lohnkosten	Gesamt
Streifenfundamente	4208,64 €	3092,42 €	7301,06 €

Unterzüge	12729,67 €	960,00 €
Stützen	7050,28 €	960,00 €

3 Obergeschosse	
Gebäude gesamt	236973,02 €

Projekt:
Abschnitt:
Bauherr:
Ort:

Datum: 17.02.2019

Bauteil: Träger - EC 5

Geometrie

Stäbe:

Nr.	l [cm]
S1	500,0

Knoten:

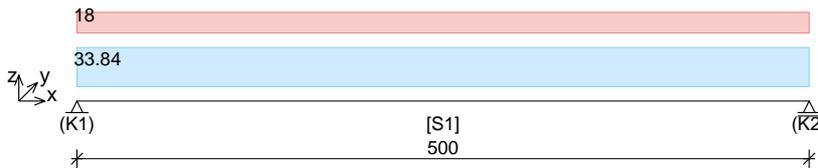
Nr.	b [cm]
K1	30,0
K2	30,0

Neigung=0,0°

Nr.	Stab	w _{inst}	w _{fin}	w _{neg}	l _{k,2} [cm]	l _{k,3} [cm]	l _{ef,2} [cm]	l _{ef,3} [cm]
P1	S1	300	250	ja	Eulerfall	Eulerfall	Stablänge	Stablänge

l ... Systemlänge
b ... Auflagerbreite

w ... zul. Durchbiegung l/w;
l ist die Stützweite; bei Auskragungen ist l die doppelte Kraglänge
w_{inst} ... Elastische Anfangsdurchbiegung
w_{net,fin} ... Gesamte Enddurchbiegung
w_{neg} ... negative Durchbiegung berücksichtigen
l_k ... Knicklänge in Achsrichtung
l_{ef} ... Kippabstand in Achsrichtung



Lasten

Eigengewicht (EG) wird berücksichtigt. Wichte= 5,5 kN/m³

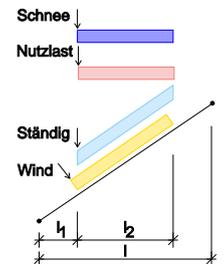
Bauteileinflussfläche für Schneelasten: größer 10 m²

Nr.	Bezug	Bezeichnung	Art	Typ	Größe _{ei}	Größe _{re}	l ₁ [cm]	l ₂ [cm]
L1	alle Stäbe		Gleichlast	Ständig	33,84	33,84	0,0	l - l1
L2	alle Stäbe		Gleichlast	Nutzlast	18,00	18,00	0,0	l - l1

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

Größe ... bei Einzellast in kN

Wind Grp.1 und Wind Grp.2 werden nicht gleichzeitig wirkend angesetzt! (z.B. Wind Druck und Wind Sog)



Lastfälle

Kategorie A: Wohngebäude

Ort unter 1000m Seehöhe

Nr.	Name	Kombinationsbeiwerte					
		Wirkungsart	Last Nr.	LW	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
LF1	G	Ständig	EG, L1	Ein	0,70	0,50	0,30
LF2	G + Q		L2				

Lastfälle:
ψ ... Kombinationsbeiwert
Lastfallkombinationen:
V_{red} ... Querkraftreduktion
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	V _{red}	Lastfall	γ _{G,sup}	γ _{G,inf}	γ _Q
KB1	Lagesicherheit	Gruppe A	Aus	LF1, LF2	1,10	0,90	1,50
KB2	Tragsicherheit	Gruppe B	Ein	LF1	1,35	1,00	1,50
KB3	Tragsicherheit	Gruppe B	Ein	LF2	1,35	1,00	1,50
KB4	Char. Kombination mit Kriecheffekten	Enddurchbiegung	Aus	LF1, LF2	1,00	1,00	1,00

Projekt:
Abschnitt:
Bauherr:
Ort:

Datum: 17.02.2019

Nr.	Bezeichnung	Typ	V _{red.}	Lastfall	γ _{G,sup.}	γ _{G,inf.}	γ _Q
KB5	Char. Kombination ohne Kriechefflüßen	Elastische Anfangsdurchbiegung	Aus	LF1, LF2	1,00	1,00	1,00
KB6	Langzeitkombination (Quasi-ständig)	Gesamte Enddurchbiegung	Aus	LF1, LF2	1,00	1,00	1,00

Lastfälle + Kombinationen für Auflager

Nr.	Kombi.	Name
LF3	KB7	Ständige Lasten
LF4	KB8	Nutzlasten
LF5	KB9	Gesamtlast

Material

Nr.	Name	Typ	Art	Nutzungsklasse
M1	GL32h	Brettschichtholz	homogen	1

Nr.	Name	Kombination	Typ	k _{mod}
M1	Normaltemperatur	KB2	Gruppe B	0,60
M1	Normaltemperatur	KB3	Gruppe B	0,80

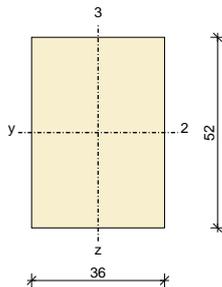
k_{mod} ... Modifikationsbeiwert für Lasteinwirkungsdauer und Feuchtegehalt

Querschnitt

1 Stk. 36x52

Rechteck; Querschnittsverdrehung: 0 °

Normaltemperatur b = 36,0 cm h = 52,0 cm A = 1872,00 cm²
 $I_2 = 421824,0 \text{ cm}^4$ $I_3 = 202176,0 \text{ cm}^4$



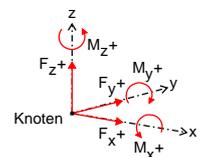
Querschnitt(e) sind im Schubmittelpunkt zu belasten.
 b ... Breite
 h ... Höhe
 A ... Fläche
 I ... Trägheitsmoment um Achse

Auflagerreaktionen Normaltemperatur

für den Nachweis der Lagesicherheit (Designkräfte)

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	max _{Linie}	min _{Linie}
K1	KB1 - Lagesicherheit	F _z	163,39	78,46		
K2	KB1 - Lagesicherheit	F _z	163,39	78,46		

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)

Projekt:
Abschnitt:
Bauherr:
Ort:

Datum: 17.02.2019

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	max _{Linie}	min _{Linie}
K1	KB2 - Tragsicherheit	F _z	117,68	87,17		
K1	KB3 - Tragsicherheit	F _z	185,18	87,17		
K2	KB2 - Tragsicherheit	F _z	117,68	87,17		
K2	KB3 - Tragsicherheit	F _z	185,18	87,17		

getrennt nach Lasttyp für die Weiterberechnung (charakteristische Auflagerkräfte)

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	max _{Linie}	min _{Linie}
K1	KB7 - Ständige Lasten	F _z	87,17	87,17		
K1	KB8 - Nutzlasten	F _z	45,00	0,00		
K2	KB7 - Ständige Lasten	F _z	87,17	87,17		
K2	KB8 - Nutzlasten	F _z	45,00	0,00		

Gesamtauflagerkräfte (charakteristische Auflagerkräfte)

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	max _{Linie}	min _{Linie}
K1	KB9 - Gesamtlast	F _z	132,17	87,17		
K2	KB9 - Gesamtlast	F _z	132,17	87,17		

charakteristische Werte für Verbindungsmittel (z.B. SIGHA, SHERPA, PITZL)

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	k _{mod}	γ _M
K1	KB2	F _z	245,17	181,60	0,60	1,25
K1	KB3	F _z	289,34	136,20	0,80	1,25
K2	KB2	F _z	245,17	181,60	0,60	1,25
K2	KB3	F _z	289,34	136,20	0,80	1,25

$R_k = R_d \cdot \gamma_M / k_{mod}$
R_k ... charakteristischer Wert (z.B. SIGHA, SHERPA, PITZL)
R_d ... Designwert
k_{mod} ... Modifikationsbeiwert
γ_M ... Teilsicherheitsbeiwert für Baustoffeigenschaften

Nachweise Normaltemperatur

ÖNORM EN 1995-1-1 (Ausg. 2015-06-15), ÖNORM B 1995-1-1 (Ausg. 2015-06-15)

Knoten

Nr.	Lastfallkombination	Teil	Formel	η
K2	KB3	Auflagernachweis ¹⁾	Träger: 0.156 / 0.280 =	0,56

Druck, Formel (6.16)

Art	Info
Auflagernachweis ¹⁾	F _{z,d} = 185.18 kN; σ _{c,a,d} = 0.156 kN/cm ² ; f _{c,a,d} = 0.280 kN/cm ² ; k _{c,90} = 1.75; f _{c,90,d} = 0.160 kN/cm ² ; γ _M = 1.25; k _{mod} = 0.80; α = 90.0 °; A _{ef} = 1188.0 cm ² ; b _{ef} = 33.0 cm; t = 36.0 cm;

Stäbe

Nr.	Pos.	LfK	Teil	Formel	η
S1	500,0	KB3	Querschnittsnachweis ¹⁾	0.148 / 0.160 =	0,93
S1	250,0	KB3	Stabilitätsnachweis ²⁾	0.000 + 0.687 + 0.000 =	0,69
S1	250,0	KB6	Durchbiegung ³⁾	(l / 571; 0.88cm) / (l / 250; 2.00cm) =	0,44

LfK ... Lastfallkombination
η ... Ausnutzungsgrad
Schub, Formel (6.13)
Biegedrillknicken, Formel (NA.6.35-E1, NA.6.35-E2)
Enddurchbiegung Formel (NA.7.2-E1)
elast. Anfangsdurchbiegung Formel (NA.7.2-E2)
Gesamte Enddurchbiegung Formel (NA.7.2)
τ_d ... Bemessungswert der Schubspannung
f_{v,d} ... Bemessungswert
k_{cr} ... Abminderungsfaktor (Risse)
γ_M ... Teilsicherheitsbeiwert für die Baustoffeigenschaft
l_k ... Knicklänge in Achse
λ ... Schlankheitsgrad um Achse
k_c ... Knickbeiwert
β_c ... Imperfektionsbeiwert
l_{ef} ... Kipphaltungsabstand in Achse
λ_{rel,m} ... Kippschlankheitsgrad um Achse
σ_{m,crit} ... kritische Biegespannung
k_{crit} ... Kippbeiwert
w_{net,fin} ... Gesamte Enddurchbiegung

Art	Info
Querschnittsnachweis ¹⁾	τ _d = 0.148 kN/cm ² ; f _{v,d} = 0.160 kN/cm ² ; V _{3,Ed} = 185.18 kN; k _{mod} = 0.80; k _{cr} = 1.00; γ _M = 1.25;
Stabilitätsnachweis ²⁾	M _{2,Ed} = 231.48 kNm; k _m = 0.7; k _n = 1.01; k _{mod} = 0.80; l _{k,2} = 500.0 cm; λ ₂ = 33.31; λ _{rel,2} = 0.55; k ₂ = 0.665; k _{c,2} = 0.966; l _{k,3} = 500.0 cm; λ ₃ = 48.11; λ _{rel,3} = 0.80; k ₃ = 0.843; k _{c,3} = 0.896; β _c = 0.1; l _{ef,2} = 500.0 cm; λ _{rel,m,2} = 0.242; k _{crit,2} = 1.000; k _{c,2} = 0.966;
Durchbiegung ³⁾	w _{net,fin} = 0.88 cm; w _{Zul} = 2.00 cm; k _{def} = 0.60; E _{0,mean} = 1420.0 kN/cm ² ; die negativen Durchbiegungen werden berücksichtigt

w_{zul} ... zulässige Durchbiegung
k_{def} ... Verformungsbeiwert

Brettschichtholz homogen

Achtung: $k_{cr} = 1,0$ für Vollholz, Brettschichtholz, Furnierschichtholz (LVL) und Brettsperrholz.

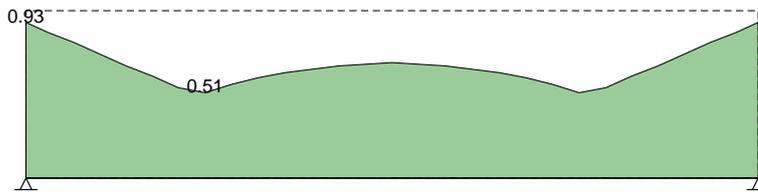
Die dazugehörige Schubfestigkeit $f_{v,k}$ ist aus den entsprechenden Normen zu entnehmen.

Laut EN 1995-1-1 Teilsicherheitsbeiwert für Brettschichtholz $\gamma_M = 1,25$ bzw. lt. Hersteller

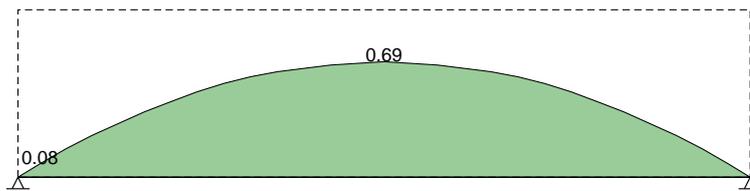
Bezeichnung	$f_{m,k}$ [N/mm ²]	$f_{t,0,k}$ [N/mm ²]	$f_{t,90,k}$ [N/mm ²]	$f_{c,0,k}$ [N/mm ²]	$f_{c,90,k}$ [N/mm ²]	$f_{v,k}$ [N/mm ²]	$E_{0,mean}$ [N/mm ²]
GL32h	32,00	25,60	0,50	32,0	2,50	2,50	14200
$E_{0,05}$ [N/mm ²]	$E_{90,mean}$ [N/mm ²]	G_{mean} [N/mm ²]	ρ_k [kg/m ³]	ρ_{mean} [kg/m ³]	β_0 [mm/min]	β_n [mm/min]	γ_M
11800	300	650	440	490	0,65	0,70	1,25

Bezeichnung ... Holzbezeichnung | $f_{m,k}$... charakteristischer Wert der Biegefestigkeit | $f_{t,0,k}$... charakteristischer Wert der Zugfestigkeit in Faserrichtung | $f_{t,90,k}$... charakteristischer Wert der Zugfestigkeit quer zur Faser | $f_{c,0,k}$... charakteristischer Wert der Druckfestigkeit in Faserrichtung | $f_{c,90,k}$... charakteristischer Wert der Druckfestigkeit quer zur Faser | $f_{v,k}$... charakteristischer Wert der Schubfestigkeit | $E_{0,mean}$... Mittelwert des Elastizitätsmoduls in Faserrichtung | $E_{0,05}$... 5%-Quantile des Elastizitätsmoduls in Faserrichtung | $E_{90,mean}$... Mittelwert des Elastizitätsmoduls quer zur Faser | G_{mean} ... Mittelwert des Schubmoduls | ρ_k ... Rohdichte | ρ_{mean} ... Mittelwert der Rohdichte | β_0 ... Bemessungswert der eindimensionalen Abbrandrate | β_n ... Bemessungswert der ideellen Abbrandrate | γ_M ... Teilsicherheitsbeiwert für Baustoffeigenschaften |

Normaltemperatur; Querschnittsnachweis; Ausnutzung;



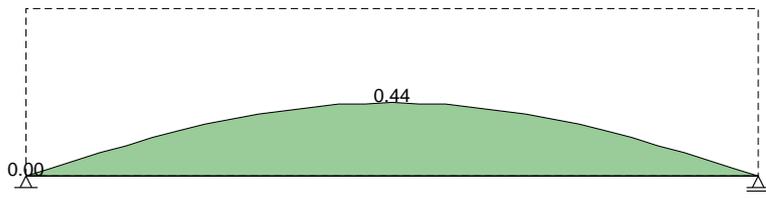
Normaltemperatur; Stabilitätsnachweis; Ausnutzung;



Projekt:
Abschnitt:
Bauherr:
Ort:

Datum: 17.02.2019

Normaltemperatur; Durchbiegung; Ausnutzung;



Bauteil: Stütze - EC 5

Geometrie

Stäbe:

Nr.	l [cm]
S1	400,0

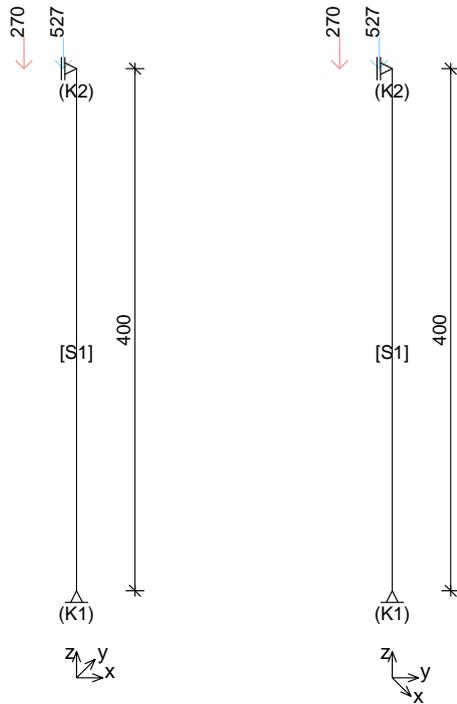
Knoten:

Nr.	b [cm]
K1	0,0
K2	0,0

Nr.	Stab	w _{inst}	w _{fin}	w _{neg}	l _{k,2} [cm]	l _{k,3} [cm]	l _{ef,2} [cm]	l _{ef,3} [cm]
P1	S1	300	250	ja	Eulerfall	Eulerfall	Stablänge	Stablänge

l ... Systemlänge
b ... Auflagerbreite

w ... zul. Durchbiegung l/w;
l ist die Stützweite; bei Auskragungen ist l die doppelte Kraglänge
w_{inst} ... Elastische Anfangsdurchbiegung
w_{net,fin} ... Gesamte Enddurchbiegung
w_{neg} ... negative Durchbiegung berücksichtigen
l_k ... Knicklänge in Achsrichtung
l_{ef} ... Kippabstand in Achsrichtung



Lasten

Eigengewicht (EG) wird berücksichtigt. Wichte = 5,5 kN/m³
Bauteileinflussfläche für Schneelasten: größer 10 m²

Nr.	Bezug	Bezeichnung	Art	Achse	Typ	Größe _{ei}	Größe _{re}	l ₁ [cm]	l ₂ [cm]
L1	alle Stäbe		Einzellast	z	Ständig	527,00		l	
L2	alle Stäbe		Einzellast	z	Nutzlast	270,00		l	

Größe ... bei Gleich- bzw. Trapezlast in kN/m (in Achsrichtung)

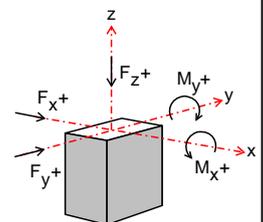
Größe ... bei Einzellast in kN (in Achsrichtung)

Größe ... bei Moment in kNm (um Achse)

Wind Grp.1 und Wind Grp.2 werden nicht gleichzeitig wirkend angesetzt! (z.B. Wind Druck und Wind Sog)

Lastfälle

Kategorie A: Wohngebäude
Ort unter 1000m Seehöhe



Lastfälle:
ψ ... Kombinationsbeiwert
Lastfallkombinationen:
V_{red} ... Querkraftreduktion
γ ... Teilsicherheitsbeiwert

Projekt:
Abschnitt:
Bauherr:
Ort:

Datum: 17.02.2019

Nr.	Name	Kombinationsbeiwerte					
		Wirkungsart	Last Nr.	LW	ψ_0	ψ_1	ψ_2
LF1	G	Ständig Nutzlast	EG, L1 L2	Ein	0,70	0,50	0,30
LF2	G + Q						

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	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{G,inf}$	γ_Q
KB1	Lagesicherheit	Gruppe A	Aus	LF1, LF2	1,10	0,90	1,50
KB2	Tragsicherheit	Gruppe B	Aus	LF1	1,35	1,00	1,50
KB3	Tragsicherheit	Gruppe B	Aus	LF2	1,35	1,00	1,50
KB4	Char. Kombination mit Kriecheinflüssen	Enddurchbiegung	Aus	LF1, LF2	1,00	1,00	1,00
KB5	Char. Kombination ohne Kriecheinflüssen	Elastische Anfangsdurchbiegung	Aus	LF1, LF2	1,00	1,00	1,00
KB6	Langzeitkombination (Quasi-ständig)	Gesamte Enddurchbiegung	Aus	LF1, LF2	1,00	1,00	1,00

Brandfall

Nr.	Bezeichnung	Typ	V _{red.}	Lastfall	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{G,inf}$	γ_Q
KB1	Tragsicherheit	Außergewöhnlich	Aus	LF1, LF2	1,00	1,00	1,00
KB2	Char. Kombination mit Kriecheinflüssen	Enddurchbiegung	Aus	LF1, LF2	1,00	1,00	1,00
KB3	Char. Kombination ohne Kriecheinflüssen	Elastische Anfangsdurchbiegung	Aus	LF1, LF2	1,00	1,00	1,00
KB4	Langzeitkombination (Quasi-ständig)	Gesamte Enddurchbiegung	Aus	LF1, LF2	1,00	1,00	1,00

Lastfälle + Kombinationen für Auflager

Nr.	Kombi.	Name
LF3	KB7	Ständige Lasten
LF4	KB8	Nutzlasten
LF5	KB9	Gesamtlast

Material

Nr.	Name	Typ	Art	Nutzungsstufe
M1	GL32h	Brettschichtholz	homogen	2
Nr.	Name	Kombination	Typ	k_{mod}
M1	Normaltemperatur	KB2	Gruppe B	0,60
M1	Normaltemperatur	KB3	Gruppe B	0,80
M1	Brandfall	KB1	Außergewöhnlich	1,00

k_{mod} ... Modifikationsbeiwert für Lasteinwirkungsdauer und Feuchtegehalt

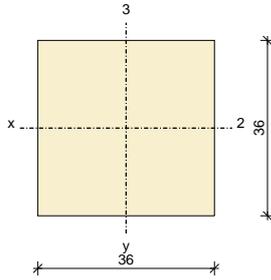
Querschnitt

1 Stk. 36x36

Rechteck; Querschnittsverdrehung: -90 °

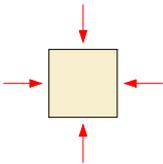
Normaltemperatur	b = 36,0 cm	h = 36,0 cm	A = 1296,00 cm ²
	$I_2 = 139968,0 \text{ cm}^4$	$I_3 = 139968,0 \text{ cm}^4$	
Brandfall	b = 22,0 cm	h = 22,0 cm	A = 484,00 cm ²
	$I_2 = 19521,3 \text{ cm}^4$	$I_3 = 19521,3 \text{ cm}^4$	

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



Brandfall

Brandschutz: R 90
Beflammung:

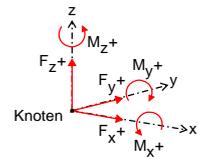


Auflagerreaktionen Normaltemperatur

für den Nachweis der Lagesicherheit (Designkräfte)

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	max _{Linie}	min _{Linie}
K1	KB1 - Lagesicherheit	F _z	987,84	476,87		

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	715,30	529,85		
K1	KB3 - Tragsicherheit	F _z	1120,30	529,85		

getrennt nach Lasttyp für die Weiterberechnung (charakteristische Auflagerkräfte)

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	max _{Linie}	min _{Linie}
K1	KB7 - Ständige Lasten	F _z	529,85	529,85		
K1	KB8 - Nutzlasten	F _z	270,00	0,00		

Gesamtauflagerkräfte (charakteristische Auflagerkräfte)

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	max _{Linie}	min _{Linie}
K1	KB9 - Gesamtlast	F _z	799,85	529,85		

charakteristische Werte für Verbindungsmittel (z.B. SIGHA, SHERPA, PITZL)

$R_k = R_d \cdot \gamma_M / k_{mod}$
R_k ... charakteristischer Wert
(z.B. SIGHA, SHERPA, PITZL)

Projekt:
Abschnitt:
Bauherr:
Ort:

Datum: 17.02.2019

Nr.	Lastfallkombination	Bez.	max	min	k_{mod}	γ_M
K1	KB2	F_z	1490,21	1103,85	0,60	1,25
K1	KB3	F_z	1750,47	827,89	0,80	1,25

R_d ... Designwert
 k_{mod} ... Modifikationsbeiwert
 γ_M ... Teilsicherheitsbeiwert für Baustoffeigenschaften

Nachweise Normaltemperatur

ÖNORM EN 1995-1-1 (Ausg. 2015-06-15), ÖNORM B 1995-1-1 (Ausg. 2015-06-15)

Stäbe

Nr.	Pos.	LfK	Teil	Formel	η
S1	400,0	KB3	Querschnittsnachweis ¹⁾	$0.861 / 2.048 =$	0,42
S1	80,0	KB3	Stabilitätsnachweis ²⁾	$0.445 + 0.000 + 0.000 =$	0,45
S1	400,0	KB6	Durchbiegung ³⁾	$(l / \infty; 0.00\text{cm}) / (l / 250; 1.60\text{cm}) =$	0,00

LfK ... Lastfallkombination
 η ... Ausnutzungsgrad
Druck, Formel (6.2)
Biegeknicken, Formel (6.23,6.24)
Enddurchbiegung Formel (NA.7.2-E1)
elast. Anfangsdurchbiegung Formel (NA.7.2-E2)
Gesamte Enddurchbiegung Formel (NA.7.2)

Art	Info
Querschnittsnachweis ¹⁾	$\sigma_{c,0,d} = -0.861 \text{ kN/cm}^2$; $f_{c,0,d} = 2.048 \text{ kN/cm}^2$; $N_{Ed} = -1116.45 \text{ kN}$; $k_{mod} = 0.80$; $\gamma_M = 1.25$;
Stabilitätsnachweis ²⁾	$N_{Ed} = -1119.53 \text{ kN}$; $k_m = 0.7$; $k_h = 1.00$; $k_{mod} = 0.80$; $l_{k,2} = 400.0 \text{ cm}$; $\lambda_2 = 38.490$; $\lambda_{rel,2} = 0.638$; $k_2 = 0.720$; $k_{c,2} = 0.948$; $l_{k,3} = 400.0 \text{ cm}$; $\lambda_3 = 38.49$; $\lambda_{rel,3} = 0.64$; $k_3 = 0.720$; $k_{c,3} = 0.948$; $\beta_c = 0.1$;
Durchbiegung ³⁾	$w_{net,fin} = 0.00 \text{ cm}$; $w_{zul} = 1.60 \text{ cm}$; $k_{def} = 0.80$; $E_{0,mean} = 1420.0 \text{ kN/cm}^2$; die negativen Durchbiegungen werden berücksichtigt

$\sigma_{c,0,d}$... Bemessungswert der Druckspannung
 $f_{c,0,d}$... Bemessungswert
 γ_M ... Teilsicherheitsbeiwert für die Baustoffeigenschaft
 l_k ... Knicklänge in Achse
 λ ... Schlankheitsgrad um Achse
 k_c ... Knickbeiwert
 β_c ... Imperfektionsbeiwert
 $w_{net,fin}$... Gesamte Enddurchbiegung
 w_{zul} ... zulässige Durchbiegung
 k_{def} ... Verformungsbeiwert

Nachweise Brandfall

ÖNORM EN 1995-1-2 (Ausg. 2011-09-01), ÖNORM B 1995-1-2 (Ausg. 2011-09-01)

Stäbe

Nr.	Pos.	LfK	Teil	Formel	η
S1	400,0	KB1	Querschnittsnachweis ¹⁾	$1.256 / 3.680 =$	0,34
S1	400,0	KB1	Stabilitätsnachweis ²⁾	$0.467 + 0.000 + 0.000 =$	0,47

LfK ... Lastfallkombination
 η ... Ausnutzungsgrad
Druck, Formel (6.2)
Biegeknicken, Formel (6.23,6.24)

Art	Info
Querschnittsnachweis ¹⁾	$\sigma_{c,0,d} = -1.256 \text{ kN/cm}^2$; $f_{c,0,d} = 3.680 \text{ kN/cm}^2$; $N_{Ed} = -608.00 \text{ kN}$; $k_{mod} = 1.00$; $\gamma_M = 1.00$; $k_{fi} = 1.15$;
Stabilitätsnachweis ²⁾	$N_{Ed} = -608.00 \text{ kN}$; $k_m = 0.7$; $k_h = 1.00$; $k_{mod} = 1.00$; $l_{k,2} = 400.0 \text{ cm}$; $\lambda_2 = 62.984$; $\lambda_{rel,2} = 1.044$; $k_2 = 1.082$; $k_{c,2} = 0.731$; $l_{k,3} = 400.0 \text{ cm}$; $\lambda_3 = 62.98$; $\lambda_{rel,3} = 1.04$; $k_3 = 1.082$; $k_{c,3} = 0.731$; $\beta_c = 0.1$;

$\sigma_{c,0,d}$... Bemessungswert der Druckspannung
 $f_{c,0,d}$... Bemessungswert
 γ_M ... Teilsicherheitsbeiwert für die Baustoffeigenschaft
 l_k ... Knicklänge in Achse
 λ ... Schlankheitsgrad um Achse
 k_c ... Knickbeiwert
 β_c ... Imperfektionsbeiwert

Brettschichtholz homogen

Achtung: $k_{cr} = 1,0$ für Vollholz, Brettschichtholz, Furnierschichtholz (LVL) und Brettsperrholz.

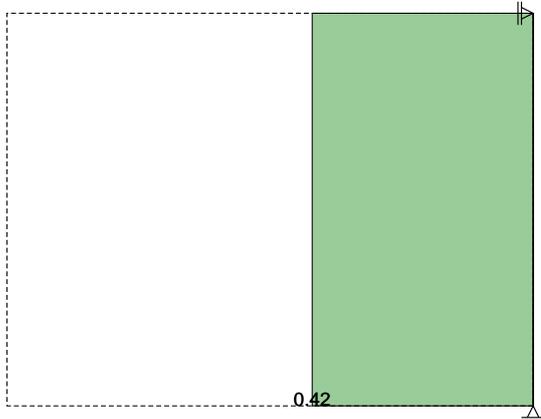
Die dazugehörige Schubfestigkeit $f_{v,k}$ ist aus den entsprechenden Normen zu entnehmen.

Laut EN 1995-1-1 Teilsicherheitsbeiwert für Brettschichtholz $\gamma_M = 1,25$ bzw. lt. Hersteller

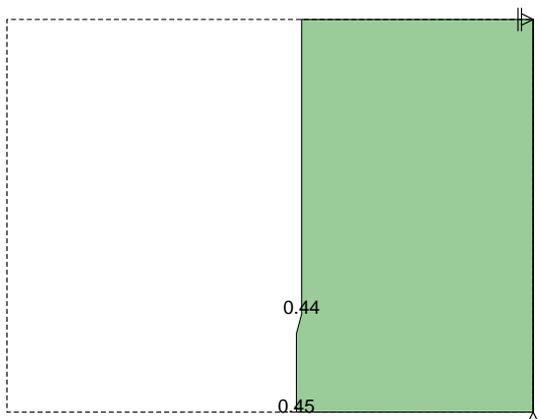
Bezeichnung	$f_{m,k}[\text{N/mm}^2]$	$f_{t,0,k}[\text{N/mm}^2]$	$f_{t,90,k}[\text{N/mm}^2]$	$f_{c,0,k}[\text{N/mm}^2]$	$f_{c,90,k}[\text{N/mm}^2]$	$f_{v,k}[\text{N/mm}^2]$	$E_{0,mean}[\text{N/mm}^2]$
GL32h	32,00	25,60	0,50	32,0	2,50	2,50	14200
$E_{0,05}[\text{N/mm}^2]$	$E_{90,mean}[\text{N/mm}^2]$	$G_{mean}[\text{N/mm}^2]$	$\rho_k[\text{kg/m}^3]$	$\rho_{mean}[\text{kg/m}^3]$	$\beta_0[\text{mm/min}]$	$\beta_n[\text{mm/min}]$	γ_M
11800	300	650	440	490	0,65	0,70	1,25

Bezeichnung ... Holzbezeichnung | $f_{m,k}$... charakteristischer Wert der Biegefestigkeit | $f_{t,0,k}$... charakteristischer Wert der Zugfestigkeit in Faserrichtung | $f_{t,90,k}$... charakteristischer Wert der Zugfestigkeit quer zur Faser | $f_{c,0,k}$... charakteristischer Wert der Druckfestigkeit in Faserrichtung | $f_{c,90,k}$... charakteristischer Wert der Druckfestigkeit quer zur Faser | $f_{v,k}$... charakteristischer Wert der Schubfestigkeit | $E_{0,mean}$... Mittelwert des Elastizitätsmoduls in Faserrichtung | $E_{0,05}$... 5%-Quantile des Elastizitätsmoduls in Faserrichtung | $E_{90,mean}$... Mittelwert des Elastizitätsmoduls quer zur Faser | G_{mean} ... Mittelwert des Schubmoduls | ρ_k ... Rohdichte | ρ_{mean} ... Mittelwert der Rohdichte | β_0 ... Bemessungswert der eindimensionalen Abbrandrate | β_n ... Bemessungswert der ideellen Abbrandrate | γ_M ... Teilsicherheitsbeiwert für Baustoffeigenschaften |

Normaltemperatur; Querschnittsnachweis; Ausnutzung;



Normaltemperatur; Stabilitätsnachweis; Ausnutzung;



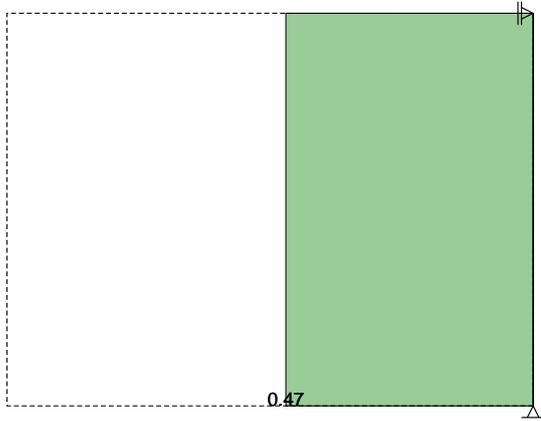
Normaltemperatur; Durchbiegung; Ausnutzung;



Brandfall; Querschnittsnachweis; Ausnutzung;



Brandfall; Stabilitätsnachweis; Ausnutzung;

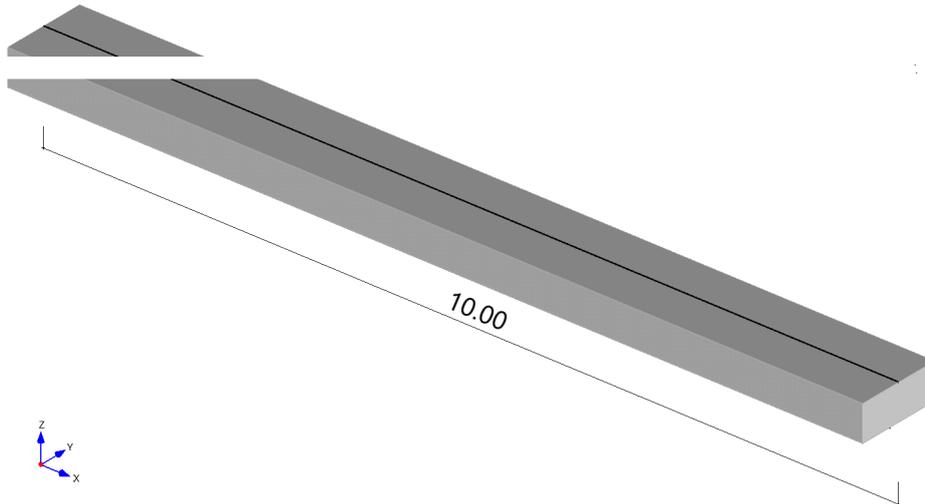


Position: Fundamentstreifen_HBV

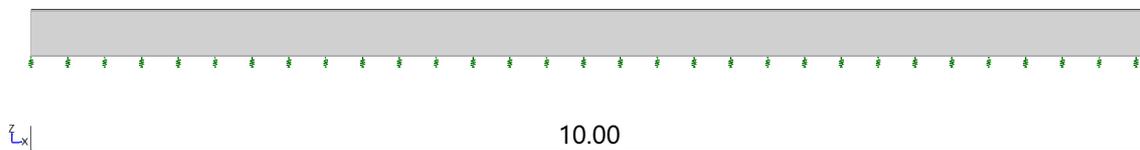
Balken auf elastischer Bettung BEB+ 01/2019A (FRILO R-2019-1/P08)

System

Systemgrafik Isometrie



Systemgrafik Ansicht



Grundparameter

Beton = C 25/30
 Elastizitätsmodul E = 31000.00 N/mm²
 Betonstahl = B 550(B)
 Bewehrungslage unten = 4.5 cm
 Bewehrungslage oben = 4.5 cm
 Betondeckung unten = 3.0 cm
 Betondeckung oben = 3.0 cm
 Sohldruck $\sigma_{\text{aufn.}}$ = 350.00 kN/m² ständige Bemessungssituation

Querschnitte

Nr	Art	b _o m	h _o m	b _u m	h _u m
1	Rechteck			1.00	0.42

b_o : Breite des Plattenbalkens oben
 h_o : Dicke des Plattenbalkens oben
 b_u : Breite
 h_u : Dicke
 b_u : Breite des Plattenbalkens unten
 h_u : Dicke des Plattenbalkens unten

Balkenabschnitte

Nr	Länge m	von m	bis m	QA	QE	$k_{s,k,a}$ kN/m ³	$k_{s,k,e}$ kN/m ³
1	10.00	0.00	10.00	1	1	10000.00	10000.00

Nr : Abschnittsnummer
 Länge : Abschnittslänge
 von : Abschnittsbeginn
 bis : Abschnittsende
 QA : Querschnittsnummer am Anfang
 QE : Querschnittsnummer am Ende
 $k_{s,k,a}$: Bettungsmodul Anfang
 $k_{s,k,e}$: Bettungsmodul Ende

Dauerhaftigkeit**Anforderungen Dauerhaftigkeit:**

Betonangriff	X0
Bewehrungskorrosion	XC2
Mindestbetonklasse	C 20/25
Längsbewehrung	$d_{s,l} = 14$ mm
Vorhaltemaß	$\Delta C_{dev} = 5$ mm
Längsbewehrung	$c_{min,l} = 25$ mm
Betondeckung	$c_{nom,l} = 30$ mm
Verlegemaß Bügel	$c_{v,b} = 30$ mm
zul. Rissbreite	$w_{max} = 0.30$ mm

Lastfall**Einwirkungen (EW)**

EW	Name	ψ_0	ψ_1	ψ_2	zugehörige Lastfälle
g	ständig	1.00	1.00	1.00	1
A	Kat. A: Wohngebäude	0.70	0.50	0.30	2

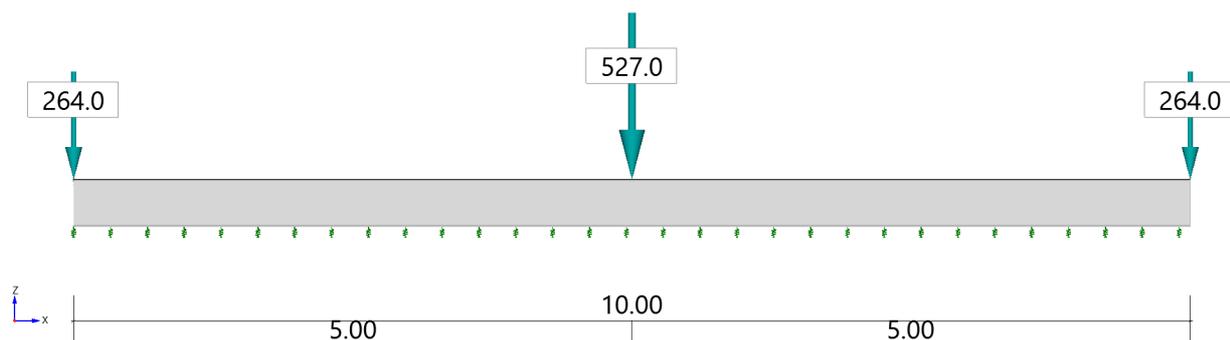
EW : Kategorie der Einwirkung in Anlehnung an EN 1990 Tabelle A 1.1
 Name : Name der Einwirkung in Anlehnung an EN 1990 Tabelle A 1.1
 ψ_0 : Kombinationsbeiwerte veränderlicher Einwirkungen
 ψ_1 : Kombinationsbeiwerte für häufige Werte der veränderlichen Einwirkungen
 ψ_2 : Kombinationsbeiwerte für quasi-ständige Werte der veränderlichen Einwirkungen
 zugehörige Lastfälle : Alle Lastfälle mit dieser Einwirkung

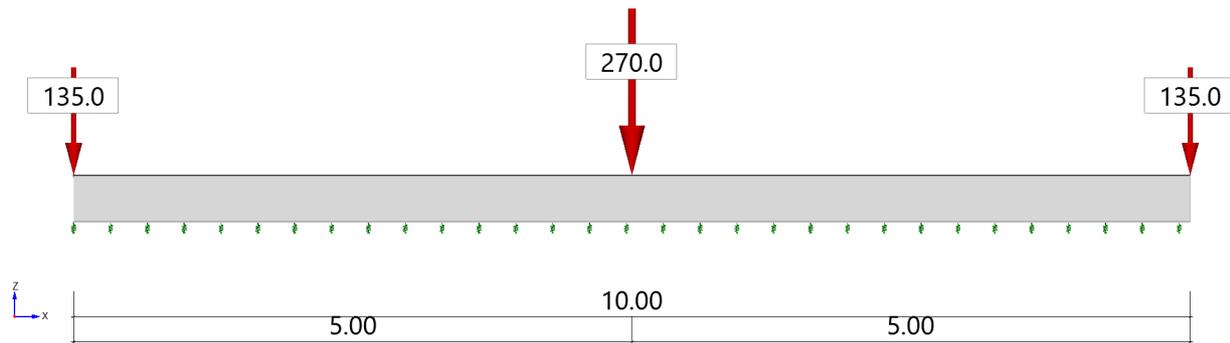
Lastfälle

Nr	EW	Einwirkung	Bezeichnung	Lasten	ZUS	ALT
1	g	ständig	Lastfall 1	3	0	0
2	A	Kat. A: Wohngebäude	Lastfall 1(1)	3	0	0

EW : Kategorie der Einwirkung in Anlehnung an EN 1990 Tabelle A 1.1
 Lasten : Anzahl der Lasten im Lastfall.
 ZUS : Zusammengehörigkeitsgruppe
 ALT : Alternativgruppe

Das Eigengewicht ist bei den Nachweisen nicht berücksichtigt. Ein eventueller Zugfederausfall ist in der Berechnung nicht berücksichtigt.

Lastfallgrafiken**Lastfall 1**

Lastfall 2**Lasten**

Nr	Art	Q kN	Q _A kN/m	Q _E kN/m	M kNm	Abstand m	Länge m
Lasten in Lastfall 1 ständig - Lastsumme: 1055.0 kN							
1	Einzellast	527.0				5.00	
2	Einzellast	264.0				0.00	
3	Einzellast	264.0				10.00	
Lasten in Lastfall 2 Kat. A: Wohngebäude - Lastfall 1(1) - Lastsumme: 540.0 kN							
1	Einzellast	270.0				5.00	
2	Einzellast	135.0				0.00	
3	Einzellast	135.0				10.00	
Nr	: Lastnummer der Last in diesem Lastfall						
Art	: Möglich sind Einzellast, Einzelmoment, Linienlast und Trapezlast.						
Q	: Einzellast						
Q _A	: linke vordere Lastordinate der Trapezlast bzw. Lastordinate der Linienlast						
Q _E	: rechte hintere Lastordinate der Trapezlast						
M	: Einzelmoment. Negative Momente drehen links herum.						
Abstand	: Position von Einzellasten und Momenten bzw. Beginn von Trapezlasten						
Länge	: Länge von Trapezlasten						

Überlagerung**Maßgebende automatisch erzeugte Lastfallkombinationen**

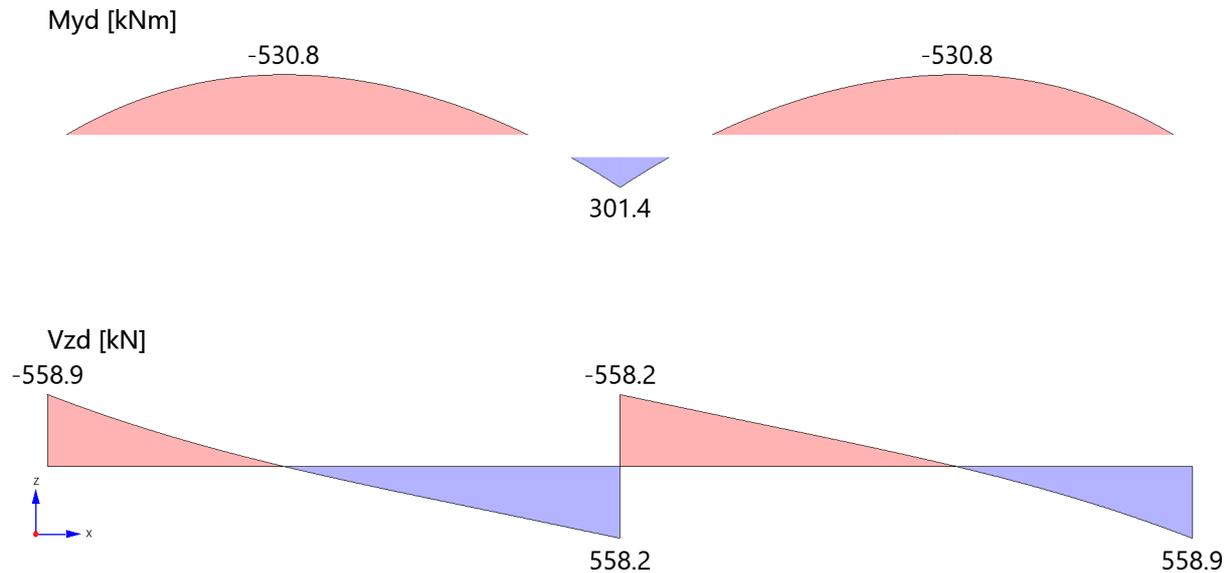
Nr	BS	Lastfallkombination
1	P,K	1.0 x (1)
2	P	1.35 x (1) + 1.5 x (2)
3	K	1.0 x (1) + 1.0 x (2)
4	P	1.35 x (1)
5	P	1.0 x (1) + 1.5 x (2)

BS: Bemessungssituation P: ständig T: vorübergehend Q: quasi-ständig I: selten F: häufig K: charakteristisch Die Lastfallnummern stehen in den Klammern.

Ergebnisse**Schnittgrößen für ständige und vorübergehende Bemessungssituation**

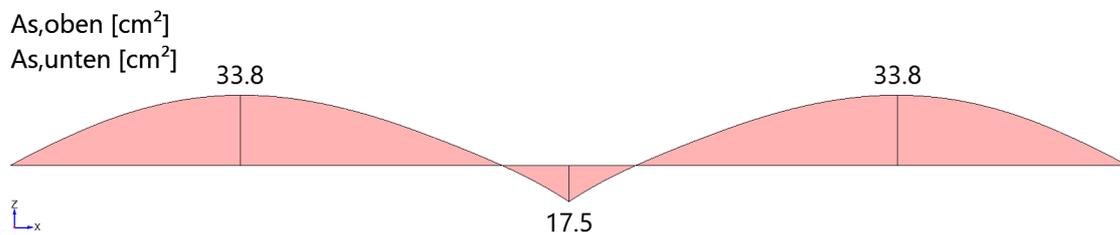
x m	M _{Ed,max} kNm	Lfk.	Q _{Ed,max} kN	Lfk.	M _{Ed,min} kNm	Lfk.	Q _{Ed,min} kN	Lfk.
0.00	0.00	1	0.0	1	0.00	2	-558.9	2
2.06	-250.74	1	-0.8	1	-530.79	2	-1.6	2
5.00	301.42	2	558.2	2	142.08	1	-558.2	2
7.94	-250.74	1	1.6	2	-530.79	2	0.8	1
10.00	0.00	4	558.9	2	0.00	5	0.0	1
M _{Ed,max}	: maximales Moment am Bemessungsschnitt							
Lfk.	: Lastfallkombination							
Q _{Ed,max}	: maximale Querkraft am Bemessungsschnitt							
M _{Ed,min}	: minimales Moment am Bemessungsschnitt							
Q _{Ed,min}	: minimale Querkraft am Bemessungsschnitt							

Grafik Schnittgrößen für ständige und vorübergehende Bemessungssituation



Grafik Biegebewehrung Balken

Bewehrung Biegebemessung



Biegebemessung nach ÖNORM B 1992-1-1:2011-12-01

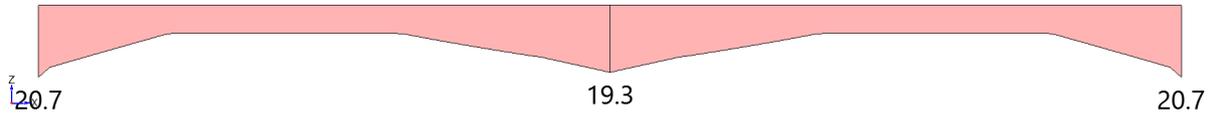
x m	M _{Ed,max} kNm	Lfk.	M _{Ed,min} kNm	Lfk.	d _{unten} m	d _{oben} m	A _{s,erf.,unten} cm ²	A _{s,vorh.,unten} cm ²	A _{s,erf.,oben} cm ²	A _{s,vorh.,oben} cm ²
0.00	0.00	2	0.00	2	0.38	0.38	0.0	0.0	0.0	0.0
2.06	-250.74	2	-530.79	2	0.38	0.38	0.0	0.0	33.8	0.0
5.00	301.42	2	142.08	1	0.38	0.38	17.5	0.0	0.0	0.0
7.94	-250.74	2	-530.79	2	0.38	0.38	0.0	0.0	33.8	0.0
10.00	0.00	5	0.00	5	0.38	0.38	0.0	0.0	0.0	0.0

- x : Bemessungsschnitt
- M_{Ed,max} : maximales Moment am Bemessungsschnitt
- M_{Ed,min} : minimales Moment am Bemessungsschnitt
- Lfk. : Lastfallkombination
- d_{unten} : statische Nutzhöhe für die Bemessung der unteren Biegebewehrung
- d_{oben} : statische Nutzhöhe für die Bemessung der oberen Biegebewehrung
- A_{s,erf.,unten} : erforderliche Biegebewehrung in der unteren Lage
- A_{s,vorh.,unten} : vorhandene Bewehrung in der unteren Lage
- A_{s,erf.,oben} : erforderliche Biegebewehrung in der oberen Lage
- A_{s,vorh.,oben} : vorhandene Bewehrung in der oberen Lage

Mindestbewehrung nach ÖNORM EN 1992:2011 9.2.1.1 (1) ist nicht berücksichtigt worden.

Bewehrung Querkraftbemessung

asw [cm²/m]



Querkraftbemessung nach ÖNORM B 1992-1-1:2011-12-01

x m	as,L cm ²	θ °	z/d	V _{Ed} kN	Lfk.	V _{Rd,c} kN	V _{Rd,max} kN	d m	a _{sw,erf.} cm ² /m	a _{sw,vorh.} cm ² /m	S _{w,max} cm	S _{w,vorh.} cm
0.00	0.0	30.9	0.90	558.9	2	149.4	1338.8	0.38	20.7	0.0	25.0	0.0
5.00	17.5	30.9	0.97	558.2	2	176.7	1436.6	0.38	19.3	0.0	25.0	0.0
10.00	0.0	30.9	0.90	558.9	2	149.4	1338.8	0.38	20.7	0.0	25.0	0.0

- x : Bemessungsschnitt
- a_{s,L} : beim Nachweis berücksichtigte zugehörige Biegebewehrung
- θ : Neigung der Druckstrebe
- z/d : bezogener innerer Hebelarm
- V_{Ed} : Bemessungswert der Querkraft
- Lfk. : Lastfallkombination
- V_{Rd,c} : Tragwiderstand ohne Querkraftbewehrung
- V_{Rd,max} : Tragwiderstand der Druckstrebe
- d : maßgebende statische Nutzhöhe
- a_{sw,erf.} : erforderliche Querkraftbewehrung
- a_{sw,vorh.} : vorhandene Querkraftbewehrung
- S_{w,max} : maximaler Abstand der Querkraftbewehrung
- S_{w,vorh.} : vorhandener Bügelabstand der Querkraftbewehrung

Der innere Hebelarm wurde mit den k_z-Werten aus der Biegebemessung ermittelt. Der Querkraftnachweis wurde entsprechend der örtlichen Querschnittswerte für einen Platten- oder Balkenquerschnitt geführt.

Schnittgrößen für quasi-ständige Bemessungssituation

x m	M _{Ed,max} kNm	Lfk.	Q _{Ed,max} kN	Lfk.	M _{Ed,min} kNm	Lfk.	Q _{Ed,min} kN	Lfk.
0.00	0.00	0	0.0	0	0.00	0	0.0	0
10.00	0.00	0	0.0	0	0.00	0	0.0	0

- M_{Ed,max} : maximales Moment am Bemessungsschnitt
- Lfk. : Lastfallkombination
- Q_{Ed,max} : maximale Querkraft am Bemessungsschnitt
- M_{Ed,min} : minimales Moment am Bemessungsschnitt
- Q_{Ed,min} : minimale Querkraft am Bemessungsschnitt

Grafik Schnittgrößen für quasi-ständige Bemessungssituation

...

V_{zd,perm} [kN]



Grafik Rissbreite

w,perm [mm]



Rissbreite Kriechbeiwert $\psi = 2.58$

x m	M _{Ed} kNm	Lfk.	A _{s,unten} cm ²	A _{s,oben} cm ²	w _{vorh.} mm	w _{zul.} mm	d _{vorh.} mm	d _{s,grenz.} mm	η
0.00	0.00	0	0.0	0.0	0.000	0.300	14	50	0.00
10.00	0.00	0	0.0	0.0	0.000	0.300	14	50	0.00

Schnittgrößen für charakteristische (seltene) Bemessungssituation

x m	M _{Ed,max} kNm	Lfk.	Q _{Ed,max} kN	Lfk.	M _{Ed,min} kNm	Lfk.	Q _{Ed,min} kN	Lfk.
0.00	0.00	0	0.0	0	0.00	0	0.0	0
10.00	0.00	0	0.0	0	0.00	0	0.0	0

M_{Ed,max} : maximales Moment am Bemessungsschnitt
 Lfk. : Lastfallkombination
 Q_{Ed,max} : maximale Querkraft am Bemessungsschnitt
 M_{Ed,min} : minimales Moment am Bemessungsschnitt
 Q_{Ed,min} : minimale Querkraft am Bemessungsschnitt

Grafik Schnittgrößen für charakteristische (seltene) Bemessungssituation

Vzd, char (rare) [kN]



Vzd, char (rare) [kN]



Grafik Betonspannungen quasi-ständig

σ_{C,perm} [N/mm²]



Grafik Betonspannungen charakteristisch (selten)

$\sigma_{C,char}$ (rare) [N/mm²]



Grafik Stahlspannungen charakteristisch (selten)

$\sigma_{S,char}$ (rare) [N/mm²]



Spannungen mit Kriechbeiwert $\psi = 2.58$

x m	M _{Ed,perm} kNm	Lfk.	M _{Ed,char (rare)} kNm	Lfk.	A _{s,unten} cm ²	A _{s,oben} cm ²	σ _{Svorh.} N/mm ²	σ _{Szul.} N/mm ²	η _S	σ _{Cvorh.} N/mm ²	σ _{Czul.} N/mm ²	η _C
0.00	0.00	0	0.00	0	0.0	0.0	0.00	440.00	0.00	0.00	-11.25	0.00
10.00	0.00	0	0.00	0	0.0	0.0	0.00	440.00	0.00	0.00	-11.25	0.00

- x : Bemessungsschnitt
- M_{Ed,perm} : Bemessungsmoment der quasi ständigen Bemessungssituation
- Lfk. : Lastfallkombination
- M_{Ed,char (rare)} : Bemessungsmoment der seltenen Bemessungssituation
- Lfk. : Lastfallkombination
- A_{s,unten} : beim Nachweis berücksichtigte zugehörige Biegebewehrung
- A_{s,oben} : beim Nachweis berücksichtigte zugehörige Biegebewehrung
- σ_{Svorh.} : vorhandene Betonstahlspannung
- σ_{Szul.} : zulässige Betonstahlspannung
- η_S : Ausnutzung der Betonstahlspannung
- σ_{Cvorh.} : vorhandene Betonspannung
- σ_{Czul.} : zulässige Betonspannung
- η_C : Ausnutzung der Betonspannung

Vereinfachter Nachweis

Der zulässige Sohldruck ist direkt vorgegeben worden.

Ausnutzung $\eta = \sigma_{Ed} / \sigma_{Rd} = 342.08 \text{ kN/m}^2 / 350.00 \text{ kN/m}^2 = 0.98$

Verformung und Sohldruck für ständige und vorübergehende Bemessungssituation

x m	f _{Ed,min} cm	σ _{Ed,min} kN/m ²	Lfk.	f _{Ed,max} cm	σ _{Ed,max} kN/m ²	Lfk.
0.00	1.6	161.59	1	3.4	342.08	2
10.00	1.6	161.59	1	3.4	342.08	2

- f_{Ed,min} : minimale Verformung
- σ_{Ed,min} : minimaler Sohldruck
- Lfk. : Lastfallkombination
- f_{Ed,max} : maximale Verformung
- σ_{Ed,max} : maximaler Sohldruck
- Lfk. : Lastfallkombination

Verformung und Sohldruck für charakteristische Lastfallkombinationen

x m	f _{EK,min} cm	σ _{EK,min} kN/m ²	Lfk.	f _{EK,max} cm	σ _{EK,max} kN/m ²	Lfk.
0.00	1.6	161.59	1	2.4	244.21	3
10.00	1.6	161.59	1	2.4	244.21	3

f_{EK,min} : minimale Verformung
 σ_{EK,min} : minimaler Sohldruck
 Lfk. : Lastfallkombination
 f_{EK,max} : maximale Verformung
 σ_{EK,max} : maximaler Sohldruck
 Lfk. : Lastfallkombination

Grafik Verformung und Sohldruck für ständige und vorübergehende Bemessungssituation

f,d [cm]



σ_d [kN/m²]

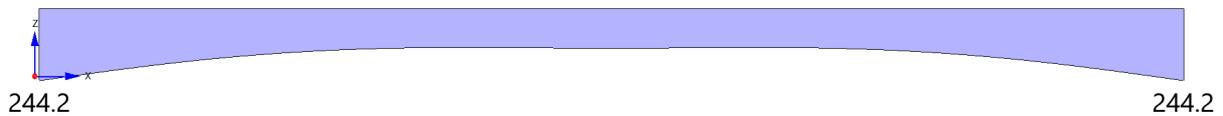


Grafik Verformung und Sohldruck für charakteristische Lastfallkombinationen

f,k [cm]



σ_{d,k} [kN/m²]



Handbuch zum Excel-Tool Holz-Beton-Verbunddecken

Von Johannes Vikydal

Inhaltsverzeichnis

1.	Auflistung aller Tabellenblätter und ihrer Funktionen.....	3
1.1.	Verzeichnis.....	3
1.2.	Tabelle x.....	3
1.3.	Modulübersicht	3
1.4.	Menü	3
1.5.	Holz, Beton, Verbindungsmittel, kmod, Verankerungslängen und Bst (ausgeblendet).....	6
1.6.	Aufwandswerte und Kostenansätze.....	7
1.7.	Ein_Zyklus	9
1.8.	HBV_Nachweise.....	10
1.9.	NW_Schreiber.....	12
1.10.	Materialkennwerte_HBV, Materialkennwerte_BetonD.....	13
1.11.	Aufbauten.....	14

1. Auflistung aller Tabellenblätter und ihrer Funktionen

1.1. Verzeichnis

Mit Hilfe der Schaltfläche wird eine Übersicht mit allen Tabellenblättern erstellt. Die Auflistung wird in ein neues Tabellenblatt eingefügt.

1.2. Tabelle x

In dieser Tabelle findet sich eine Auflistung aller erstellten Tabellenblätter, auch die ausgeblendeten.

1.3. Modulübersicht

In dieser Tabelle steht eine Bezeichnung aller Module mit dem selbst gewählten Namen und einer Kurzen Beschreibung welche Funktion von dem Modul ausgeführt wird. Siehe hierzu im Detail Teil2 dieses Handbuchs

1.4. Menü

Hierbei handelt es sich um das Herzstück der Berechnungseingabe.

Die Farbkodierung entspricht folgendem Prinzip:

Wert: Diese Werte müssen vom Anwender vorgegeben werden

Wert: Diese Werte werden mittels einer Formel berechnet. Es handelt sich um Ergebnisse oder wichtige Kontrollwerte

Dropdown: In diesen Zellen kann mittels Dropdownmenü ein Kennwert ausgewählt werden. Die Datenbanken dieser Werte sind in ausgeblendeten Tabellen zu finden.

Referenz: Dieser Wert wurde in einem anderen Tabellenblatt vorgegeben und in das aktuelle Tabellenblatt referenziert

Im Anschluss finden sie die grafische Darstellung der Nutzeroberfläche.

Im Menüpunkt Brandbeplankung kann vorgegeben werden wie viel der gesamten Branddauer von der Beplankung übernommen wird.

Menü Teil1:

Holz Beton Verbunddecken			
Geometrie		Verbindungsmittel	
L=	11,00 m	sef	0,40 m
á=	1,40 m	n=	1
beff=	1,38 m		
Holzträger		Lasten	
B_H=	0,24 m	q,k=	2,00 kN/m ²
H_H=	0,56 m	ZWZS=	1,00 kN/m ²
Betondecke		g,k_tech= 0,50 kN/m ²	
B_C=	1,38 m	As,min=	2,08 cm ² /m
H_C=	0,16 m	As,gew=	5,24 cm ² /m
Schalung			
h,s=	0,025 m		
Materialauswahl			
Beton	Holz	Verbindungsmittel	
C25_30	GL75	Rapid T-Con 205	
Nachweis erfüllt!			
Bst	NKL	Schalung	
550 B	NKL1	C24	
Systemparameter			
Schallschutz Unterkonstruktion		Grenzwert U-Wert	
74 dB		0,90 W/m ² K	
Steifigkeit Trittschalldämmung		Grenzdurchbiegung	
11 MN/m ³		250	
Masse Schüttung		Grenzwerte Schwingung	
500 kg/m ³		a_gr= 0,05 m/s ²	
Flankenübertrag		w_grenz= 0,25 mm	
4 dB		Mittellohnkosten	
		40,00 €/h	
Branddauer		Brandbeplankung	
90 min		0 min Feuerschutzplatte	

Betondecken			
Geometrie			
L=	11,00 m		
Rissbreite		Lasten	
wk=	0,40 mm	q,k=	3,00 kN/m ²
Betondecke		ZWZS=	1,00 kN/m ²
B_C=	1,00 m	g,k_tech=	0,50 kN/m ²
H_C=	0,48 m	Betondeckung	
As,min=	6,57 cm ² /m	c1=	0,04 m
		c2=	0,04 m
Materialauswahl			
Beton			
C30_37			
Bst			
550 B			
Systemparameter			
Schallschutz Unterkonstruktion		Grenzwert U-Wert	
0 dB		0,90 W/m ² K	
Steifigkeit Trittschalldämmung		Grenzdurchbiegung	
11 MN/m ³		250	
Masse Schüttung			
500 kg/m ³			
Flankenübertrag		Mittellohnkosten	
4 dB		40,00 €/h	
Branddauer			
90 min			

Volumen Empfangsraum 138 m³

Deckenbreite Schwingung 5,00 m

Menü Teil2:

Teilsicherheitsbewerte Normalzustand						Teilsicherheitsbewerte Brand					
Lastseite	ULS	SLS	ψ_0	ψ_1	ψ_2	Lastseite	ULS	SLS	ψ_0	ψ_1	ψ_2
γ_g =	1,35	1,00				γ_g =	1,00	0,00			
γ_q =	1,50	1,00	0,70	0,50	0,30	γ_q =	1,00	0,00	0,70	0,50	0,30
Materialseite						Materialseite					
γ_M =	1,20	Holz				γ_M =	1,00	Holz			
γ_c =	1,50	Beton				γ_c =	1,20	Beton			
γ_s =	1,15	Bst				γ_s =	1,00	Bst			
γ_v =	1,30	Verbindungsmitel				γ_v =	1,00	Verbindungsmitel			
Statisches System Randbedingungen						Statisches System Randbedingungen_links_rechts					
w_i	0					w_i	0				
M_i	0					M_i	0				
w_k	0					w_k	0				
M_k	0					M_k	0				
						Statisches System Randbedingungen_links_Feldmitte					
						w_i	0				
						M_i	0				
						V_k	0				
						ϕ_k	0				

Achtung: In diesem Tabellenblatt dürfen keine Zeilen oder Spalten eingefügt werden, da die VBA Module auf genaue Zellen zugreifen und somit eine Berechnung nicht mehr möglich wäre!

@

1.5. Holz, Beton, Verbindungsmittel, kmod, Verankerungslängen und Bst (ausgeblendet)

Diese Tabellenblätter sind die Datenbanken der Dropdownauswahl. Hier können Materialien ergänzt werden. Falls es nach dem Ergänzen eines Materials zu einem Fehler kommt kann das daran liegen, dass die Matrix im SVerweis vergrößert werden muss. Falls das der Fall ist suchen Sie im Handbuch nach dem folgenden Symbol @. Dieses finden Sie auf der Seite rechts unten. In den auf diesen Seiten aufzufindenden Tabellenblättern wird mit dem relevanten SVerweis gearbeitet. In diesen Tabellen wird ohne Farbkodierung gearbeitet, weil alle Werte definiert wurden.

1.6. Aufwandswerte und Kostenansätze

Im Tabellenblatt Aufwandswerte können die Aufwandswerte für diverse Arbeiten verändert und angepasst werden. Die besonders relevanten Werte sind grau hinterlegt.

Aufwandswerte:

STATISCHE KONSTRUKTION			
Sturzschalung herstellen (Rauschalung Bretter 8-16cm Breit (12cm i.M.)		0,160 h/m ²	
Holzträhme versetzen		1,000 h/Stk	
Sparschalung herstellen		0,100 h/m ²	
CLT Platten versetzen		4,000 h/Stk	
Hohlbleendecken versetzen		2,000 h/Stk	
Verbandschrauben setzen		0,011 h/Stk	
Schalung Untersicht herstellen		0,500 h/m ²	
Randschalung herstellen		1,200 h/m ²	
Betonierarbeiten Platte		0,400 h/m ³	
Betonierarbeiten Plattenbalken		0,600 h/m ³	
Bewehrungsarbeiten Matten		5,000 h/to	
Bewehrungsarbeiten Stabstahl Ø8 Platte		24,000 h/to	
Bewehrungsarbeiten Stabstahl Ø10 Platte		21,000 h/to	
Bewehrungsarbeiten Stabstahl Ø12 Platte		18,500 h/to	
Bewehrungsarbeiten Stabstahl Ø14 Platte		16,500 h/to	
Bewehrungsarbeiten Stabstahl Ø16 Platte		14,800 h/to	
Bewehrungsarbeiten Stabstahl Ø20 Platte		11,900 h/to	
Bewehrungsarbeiten Stabstahl Ø26 Platte		8,600 h/to	
Bewehrungsarbeiten Stabstahl Ø30 Platte		7,000 h/to	
Bewehrungsarbeiten Stabstahl Ø8 Plattenbalken		30,000 h/to	
Bewehrungsarbeiten Stabstahl Ø10 Plattenbalken		27,000 h/to	
Bewehrungsarbeiten Stabstahl Ø12 Plattenbalken		24,500 h/to	
Bewehrungsarbeiten Stabstahl Ø14 Plattenbalken		22,500 h/to	
Bewehrungsarbeiten Stabstahl Ø16 Plattenbalken		20,800 h/to	
Bewehrungsarbeiten Stabstahl Ø20 Plattenbalken		17,900 h/to	
Bewehrungsarbeiten Stabstahl Ø26 Plattenbalken		14,600 h/to	
Bewehrungsarbeiten Stabstahl Ø30 Plattenbalken		13,000 h/to	
Elementdecke Unterstellen und versetzen und vergießen		0,300 h/m ²	
Schalung Plattenbalken herstellen		1,200 h/m ²	
SONSTIGER AUFBAU			
Parquetboden verlegen		0,350 h/m ²	
Estrich aufbringen		0,200 h/m ²	
Trennfolie verlegen		0,040 h/m ²	
Wärme-, Trittschalldämmplatten verlegen innen		0,095 h/m ²	
Rieselschutz verlegen		0,040 h/m ²	
Dampfsperre herstellen		0,060 h/m ²	
Dampfsperre an Untersicht herstellen		0,090 h/m ²	
Trennvlies inkl. tw. mech. Befestigung gegen Windsog verlegen		0,060 h/m ²	
Wärmedämmung inkl. tw. mech. Befestigung gegen Windsog verlegen		0,127 h/m ²	
Zwischensparrendämmung einbauen		0,060 h/ffm	
Gefälledämmung verlegen		0,127 h/m ²	
Gefällebeton aufbringen		0,150 h/m ²	
Kiesschüttung aufbringen innen		2,400 h/to	
Kiesschüttung aufbringen außen		1,200 h/to	
Bitumenabdichtung aufflämmen		0,100 h/m ²	
GKF Platten Unterkonstruktion herstellen		0,120 h/m ²	
GKF Platten montieren		0,100 h/m ²	
Kalkzementputz 1,0cm aufbringen		0,400 h/m ²	

Im Tabellenblatt Kostenansätze können die Kosten für diverse Materialien verändert und angepasst werden. Die Kosten der statischen Konstruktion finden sich in den Tabellenblättern aus 1.5. und werden in dieses Tabellenblatt referenziert.

Kostenansätze:

1.7. Ein_Zyklus

In diesem Tabellenblatt wird die Berechnung aller möglichen Varianten durchgeführt. Durch klicken auf den Button wird die Berechnung gestartet und kann je nach Parametern zwischen 8 und 12 Stunden dauern. Werden die Berechnungswerte der Zyklen in den Makros aus Teil 2 dieses Handbuchs stark eingeschränkt, dann dauert die Berechnung deutlich kürzer.

Button zum Starten der Berechnung:



1.8. HBV_Nachweise

In diesem Tabellenblatt werden alle Nachweise gesammelt. Falls eine bestimmte Konstruktion nachgewiesen wird, kann dieses Tabellenblatt in die Dokumentation eingefügt werden. Nicht erfüllte Nachweise sind blassrot hinterlegt.

HBV_Nachweise:

Grenzzustand der Tragfähigkeit											
Normaler Zustand											
	t=0	Rd	η	t=x	Rd	η	t=∞	Rd	η		
σ _{o,c} =	-3,80 N/mm ²	16,67 N/mm ²	0,23	σ _{o,c} =	-1,91 N/mm ²	16,67 N/mm ²	0,11	σ _{o,c} =	-2,42 N/mm ²	16,67 N/mm ²	0,15
σ _{u,c} =	1,58 N/mm ²	1,71 N/mm ²	0,92	σ _{u,c} =	-0,19 N/mm ²	1,71 N/mm ²	0,11	σ _{u,c} =	0,24 N/mm ²	1,71 N/mm ²	0,14
F _{s,d} =	25,40 kN	275,67 kN	0,09	F _{s,d} =	0,00 kN	275,67 kN	0,00	F _{s,d} =	1,20 kN	275,67 kN	0,00
As,erf=	53 mm ²	576 mm ²	0,09	As,erf=	0 mm ²	576 mm ²	0,00	As,erf=	3 mm ²	576 mm ²	0,00
σ _{o,g,h} =	-3,20 N/mm ²	17,28 N/mm ²	0,18	σ _{o,g,h} =	-3,58 N/mm ²	17,28 N/mm ²	0,21	σ _{o,g,h} =	-3,41 N/mm ²	17,28 N/mm ²	0,20
σ _{o,q,h} =	-1,94 N/mm ²	23,04 N/mm ²	0,08	σ _{o,q,h} =	-2,17 N/mm ²	23,04 N/mm ²	0,09	σ _{o,q,h} =	-2,07 N/mm ²	23,04 N/mm ²	0,09
σ _{u,g,h} =	4,42 N/mm ²	17,28 N/mm ²	0,26	σ _{u,g,h} =	4,73 N/mm ²	17,28 N/mm ²	0,27	σ _{u,g,h} =	4,60 N/mm ²	17,28 N/mm ²	0,27
σ _{u,q,h} =	2,68 N/mm ²	23,04 N/mm ²	0,12	σ _{u,q,h} =	2,87 N/mm ²	23,04 N/mm ²	0,12	σ _{u,q,h} =	2,80 N/mm ²	23,04 N/mm ²	0,12
τ _{c,g,d} =	0,04 N/mm ²			τ _{c,g,d} =	0,03 N/mm ²			τ _{c,g,d} =	0,03 N/mm ²		
τ _{c,q,d} =	0,03 N/mm ²			τ _{c,q,d} =	0,02 N/mm ²			τ _{c,q,d} =	0,02 N/mm ²		
V _{c,d} =	4,92 kN	45,22 kN	0,11	V _{c,d} =	3,88 kN	45,22 kN	0,09	V _{c,d} =	4,04 kN	45,22 kN	0,09
th _{g,d} =	0,31 N/mm ²	1,44 N/mm ²	0,21	th _{g,d} =	0,32 N/mm ²	1,44 N/mm ²	0,22	th _{g,d} =	0,32 N/mm ²	1,44 N/mm ²	0,22
th _{q,d} =	0,19 N/mm ²	1,92 N/mm ²	0,10	th _{q,d} =	0,20 N/mm ²	1,92 N/mm ²	0,10	th _{q,d} =	0,19 N/mm ²	1,92 N/mm ²	0,10
th _{g,d_nur Holz} =	0,39 N/mm ²	1,44 N/mm ²	0,27	th _{g,d_nur Holz} =	0,39 N/mm ²	1,44 N/mm ²	0,27	th _{g,d_nur Holz} =	0,39 N/mm ²	1,44 N/mm ²	0,27
th _{q,d_nur Holz} =	0,24 N/mm ²	1,92 N/mm ²	0,12	th _{q,d_nur Holz} =	0,24 N/mm ²	1,92 N/mm ²	0,12	th _{q,d_nur Holz} =	0,24 N/mm ²	1,92 N/mm ²	0,12
F=	4,89 kN			F=	4,61 kN			F=	4,80 kN		
Grenzzustand der Tragfähigkeit											
Brand Zustand											
	t=0	Rd	η	t=x	Rd	η	t=∞	Rd	η		
σ _{o,c} =	-4,09 N/mm ²	20,83 N/mm ²	0,20	σ _{o,c} =	-2,05 N/mm ²	20,83 N/mm ²	0,10	σ _{o,c} =	-2,60 N/mm ²	20,83 N/mm ²	0,12
σ _{u,c} =	2,15 N/mm ²	2,14 N/mm ²	1,01	σ _{u,c} =	0,07 N/mm ²	2,14 N/mm ²	0,03	σ _{u,c} =	0,61 N/mm ²	2,14 N/mm ²	0,28
F _{s,d} =	0,01 kN	317,02 kN	0,00	F _{s,d} =	0,00 kN	317,02 kN	0,00	F _{s,d} =	0,00 kN	317,02 kN	0,00
As,erf=	0 mm ²	576 mm ²	0,00	As,erf=	0 mm ²	576 mm ²	0,00	As,erf=	0 mm ²	576 mm ²	0,00
σ _{o,g,h} =	-3,36 N/mm ²	21,60 N/mm ²	0,16	σ _{o,g,h} =	-4,13 N/mm ²	21,60 N/mm ²	0,19	σ _{o,g,h} =	-3,79 N/mm ²	21,60 N/mm ²	0,18
σ _{o,q,h} =	-0,55 N/mm ²	28,80 N/mm ²	0,02	σ _{o,q,h} =	-0,68 N/mm ²	28,80 N/mm ²	0,02	σ _{o,q,h} =	-0,62 N/mm ²	28,80 N/mm ²	0,02
σ _{u,g,h} =	7,08 N/mm ²	21,60 N/mm ²	0,33	σ _{u,g,h} =	7,93 N/mm ²	21,60 N/mm ²	0,37	σ _{u,g,h} =	7,62 N/mm ²	21,60 N/mm ²	0,35
σ _{u,q,h} =	1,16 N/mm ²	28,80 N/mm ²	0,04	σ _{u,q,h} =	1,30 N/mm ²	28,80 N/mm ²	0,05	σ _{u,q,h} =	1,25 N/mm ²	28,80 N/mm ²	0,04
τ _{c,g,d} =	0,06 N/mm ²			τ _{c,g,d} =	0,04 N/mm ²			τ _{c,g,d} =	0,05 N/mm ²		
τ _{c,q,d} =	0,01 N/mm ²			τ _{c,q,d} =	0,01 N/mm ²			τ _{c,q,d} =	0,01 N/mm ²		
V _{c,d} =	4,92 kN	45,22 N/mm ²	0,11	V _{c,d} =	3,63 kN	45,22 N/mm ²	0,08	V _{c,d} =	3,87 kN	45,22 N/mm ²	0,09
th _{g,d} =	0,45 N/mm ²	1,80 N/mm ²	0,27	th _{g,d} =	0,53 N/mm ²	1,80 N/mm ²	0,30	th _{g,d} =	0,52 N/mm ²	1,80 N/mm ²	0,29
th _{q,d} =	0,08 N/mm ²	2,40 N/mm ²	0,03	th _{q,d} =	0,09 N/mm ²	2,40 N/mm ²	0,04	th _{q,d} =	0,09 N/mm ²	2,40 N/mm ²	0,04
th _{g,d_nur Holz} =	0,74 N/mm ²	1,80 N/mm ²	0,41	th _{g,d_nur Holz} =	0,74 N/mm ²	1,80 N/mm ²	0,41	th _{g,d_nur Holz} =	0,74 N/mm ²	1,80 N/mm ²	0,41
th _{q,d_nur Holz} =	0,12 N/mm ²	2,40 N/mm ²	0,05	th _{q,d_nur Holz} =	0,12 N/mm ²	2,40 N/mm ²	0,05	th _{q,d_nur Holz} =	0,12 N/mm ²	2,40 N/mm ²	0,05
F=	4,26 kN			F=	4,35 kN			F=	4,39 kN		
Grenzzustand der Gebrauchtauglichkeit											
	t=0	Rd	η	t=x	Rd	η	t=∞	Rd	η		
Durchbiegung				Durchbiegung				Durchbiegung			
w,fin=	0,77 cm	4,80 cm	0,16	w,fin=	4,75 cm	4,80 cm	0,99	w,fin=	7,30 cm	4,80 cm	1,52
Schwingung											
η _{f1} =	Nachweis nicht erfüllt										
η _d =	0,06 m/s ²	0,05 m/s ²	1,24								
η _w =	0,60 mm	0,25 mm	2,38								
Grenzzustand der Tragfähigkeit quer											
Normaler Zustand											
	t=0	Rd	η	t=x	Rd	η	t=∞	Rd	η		
σ _{o,c} =	-0,97 N/mm ²	16,67 N/mm ²	0,06	σ _{o,c} =	-0,87 N/mm ²	16,67 N/mm ²	0,05	σ _{o,c} =	-0,92 N/mm ²	16,67 N/mm ²	0,06
σ _{u,c} =	0,94 N/mm ²	1,71 N/mm ²	0,55	σ _{u,c} =	0,78 N/mm ²	1,71 N/mm ²	0,46	σ _{u,c} =	0,86 N/mm ²	1,71 N/mm ²	0,50
F _{s,d} =	23,00 kN	275,67 kN	0,08	F _{s,d} =	18,47 kN	275,67 kN	0,07	F _{s,d} =	20,68 kN	275,67 kN	0,08
As,erf=	48 mm ²	576 mm ²	0,08	As,erf=	39 mm ²	576 mm ²	0,07	As,erf=	43 mm ²	576 mm ²	0,08
σ _{o,g,h} =	-0,02 N/mm ²	11,52 N/mm ²	0,00	σ _{o,g,h} =	-0,06 N/mm ²	11,52 N/mm ²	0,01	σ _{o,g,h} =	-0,04 N/mm ²	11,52 N/mm ²	0,00
σ _{o,q,h} =	-0,01 N/mm ²	15,36 N/mm ²	0,00	σ _{o,q,h} =	-0,04 N/mm ²	15,36 N/mm ²	0,00	σ _{o,q,h} =	-0,03 N/mm ²	15,36 N/mm ²	0,00
σ _{u,g,h} =	0,09 N/mm ²	11,52 N/mm ²	0,01	σ _{u,g,h} =	0,26 N/mm ²	11,52 N/mm ²	0,02	σ _{u,g,h} =	0,18 N/mm ²	11,52 N/mm ²	0,02
σ _{u,q,h} =	0,06 N/mm ²	15,36 N/mm ²	0,00	σ _{u,q,h} =	0,18 N/mm ²	15,36 N/mm ²	0,01	σ _{u,q,h} =	0,12 N/mm ²	15,36 N/mm ²	0,01
τ _{c,g,d} =	0,05 N/mm ²			τ _{c,g,d} =	0,05 N/mm ²			τ _{c,g,d} =	0,05 N/mm ²		
τ _{c,q,d} =	0,04 N/mm ²			τ _{c,q,d} =	0,03 N/mm ²			τ _{c,q,d} =	0,03 N/mm ²		
V _{c,d} =	5,96 kN	45,22 kN	0,13	V _{c,d} =	5,57 kN	45,22 kN	0,12	V _{c,d} =	5,76 kN	45,22 kN	0,13
th _{g,d} =	0,00 N/mm ²	1,49 N/mm ²	0,00	th _{g,d} =	0,01 N/mm ²	1,49 N/mm ²	0,01	th _{g,d} =	0,01 N/mm ²	1,49 N/mm ²	0,00
th _{q,d} =	0,00 N/mm ²	1,98 N/mm ²	0,00	th _{q,d} =	0,01 N/mm ²	1,98 N/mm ²	0,00	th _{q,d} =	0,00 N/mm ²	1,98 N/mm ²	0,00
th _{g,d_nur Holz} =	0,21 N/mm ²	1,49 N/mm ²	0,14	th _{g,d_nur Holz} =	0,21 N/mm ²	1,49 N/mm ²	0,14	th _{g,d_nur Holz} =	0,21 N/mm ²	1,49 N/mm ²	0,14
th _{q,d_nur Holz} =	0,14 N/mm ²	1,98 N/mm ²	0,07	th _{q,d_nur Holz} =	0,14 N/mm ²	1,98 N/mm ²	0,07	th _{q,d_nur Holz} =	0,14 N/mm ²	1,98 N/mm ²	0,07
F=	0,46 kN			F=	1,31 kN			F=	0,90 kN		
Konstruktion											
η _{Konstruktion}	1,49										
Brand Restquerschnitt											
η _{Brand}	0,83										

1.9. NW_Schreiber

Die Ergebnisse aus 1.8 werden in einer kompakten Weise zusammengefasst und mittels eines Makros überprüft. Falls alle Nachweise erfüllt sind wird das Ergebnis in das Tabellenblatt 1.7. Ein_Zyklus geschrieben.

NW_Schreiber:

	t0	tx	tu	
GZI Normal				
σ _{o,c} =	0,23	0,11	0,15	
σ _{u,c} =	0,09	0,00	0,00	
F _{s,d} =	0,09	0,00	0,00	
A _{s,erf} =	0,09	0,00	0,00	
σ _{o,g,h} =	0,18	0,21	0,20	
σ _{o,q,h} =	0,08	0,09	0,09	
σ _{u,g,h} =	0,26	0,27	0,27	
σ _{u,q,h} =	0,12	0,12	0,12	
tc _{g,d} =	0,00	0,00	0,00	
tc _{q,d} =	0,00	0,00	0,00	
V _{c,d} =	0,11	0,09	0,09	
th _{g,d} =	0,21	0,22	0,22	
th _{q,d} =	0,10	0,10	0,10	
η_Konstruktion				
F=	0,00	0,00	0,00	
GZI Brand				
σ _{o,c} =	0,20	0,10	0,12	
σ _{u,c} =	0,00	0,00	0,00	
F _{s,d} =	0,00	0,00	0,00	
A _{s,erf} =	0,00	0,19	0,18	
σ _{o,g,h} =	0,16	0,02	0,02	
σ _{o,q,h} =	0,02	0,37	0,35	
σ _{u,g,h} =	0,33	0,05	0,04	
σ _{u,q,h} =	0,04	0,00	0,00	
tc _{g,d} =	0,00	0,00	0,00	
tc _{q,d} =	0,00	0,00	0,00	
V _{c,d} =	0,11	0,08	0,09	
th _{g,d} =	0,27	0,30	0,29	
th _{q,d} =	0,03	0,04	0,04	
η_Brand	0,83			
F=	0,00	0,00	0,00	
GZG normal				
w _{f,fn} =	0,16	0,99	1,52	
η _α =	1,24			
η _w =	2,38			
GZI Normal quer				
σ _{o,c} =	0,06	0,05	0,06	
σ _{u,c} =	0,55	0,46	0,50	
F _{s,d} =	0,08	0,07	0,08	
A _{s,erf} =	0,08	0,07	0,08	
σ _{o,g,h} =	0,00	0,01	0,00	
σ _{o,q,h} =	0,00	0,00	0,00	
σ _{u,g,h} =	0,01	0,02	0,02	
σ _{u,q,h} =	0,00	0,01	0,01	
tc _{g,d} =	0,00	0,00	0,00	
tc _{q,d} =	0,00	0,00	0,00	
V _{c,d} =	0,13	0,12	0,13	
th _{g,d} =	0,00	0,01	0,00	
th _{q,d} =	0,00	0,00	0,00	
η _U wert=	0,71			
F=	0,00	0,00	0,00	
nicht erfüllt	erfüllt	nicht erfüllt	nicht erfüllt	
Nachweis_Kontrolle				
				nicht erfüllt

1.10. Materialkennwerte_HBV, Materialkennwerte_BetonD

In diesen Tabellen finden sich alle über das im Tabellenblatt Menü vorhandene Dropdown vorgegebenen Materialien und dessen Kennwerte.

Materialkennwerte_HBV:

Werkstoffe		fck	fck,cube	fc _m	fct _m	fct _{k,0,05}	fct _{k,0,95}	E _{cm}	ε _{c1}	ε _{cu1}	ε _{c2}	ε _{cu2}	n	ε _{c3}	ε _{cu3}	€/m ³	ρ _{mean}
Beton	C25_30	25,00 N/mm ²	30,00 N/mm ²	33,00 N/mm ²	2,56 N/mm ²	1,80 N/mm ²	3,33 N/mm ²	31000,00 N/mm ²	2,10 ‰	3,50 ‰	2,00 ‰	3,50 ‰	2,00	1,75 ‰	3,50 ‰	75,83 €/m ³	25,00 kN/m ³
Bst	550 B	fy _k 550,00 N/mm ²	Es 200000,00 N/mm ²	e _{uk} 5,0 %	e _{ud} 4,5 %												
Holz	GL36h	f _{m,k} 36,00 N/mm ²	f _{t,0,k} 26,00 N/mm ²	f _{t,90,k} 0,60 N/mm ²	f _{c,0,k} 31,00 N/mm ²	f _{c,90,k} 3,60 N/mm ²	f _{v,k} 3,00 N/mm ²	E _{0mean} 14700,00 N/mm ²	E _{0,05} 11900,00 N/mm ²	E _{90mean} 490,00 N/mm ²	G _{mean} 910,00 N/mm ²	G _{0,05} 0,00 N/mm ²	ρ _{mean} 4,50 kN/m ³	€/m ³ 591,67 €/m ³	β ₀ 0,65 mm/min	β _n 0,70 mm/min	
NKL	NKL1	Ständig 0,6	lang 0,7	mittel 0,8	kurz 0,9	sehr kurz 1,1	k _{def} 0,6										
Werte je Schraubenpaar																	
		K _{ser}		K _{ser}	GZT; K _{ser} t=0	GZT; K _{ser} t=0	GZT; K _{ser} t=∞	GZT; K _{ser} t=∞	€/stk								
	Anordnung SFS	45° und 135°	1 x 45°+ 1 x 90°	45° und 135°	1 x 45°+ 1 x 90°	45° und 135°	1 x 45°+ 1 x 90°	1 x 45°+ 1 x 90°									
	Anordnung SSH und Timco	2 x 45°	2 x 90°	2 x 45°	2 x 90°	2 x 45°	2 x 90°	2 x 90°									
Verbindngsmittel	Rapid T-Con 205	18000 N/mm	1400 N/mm	12000 N/mm	933 N/mm	7500 N/mm	583 N/mm	1,10									
Schalung	C24	f _{m,k} 24,00 N/mm ²	f _{t,0,k} 14,00 N/mm ²	f _{t,90,k} 0,50 N/mm ²	f _{c,0,k} 21,00 N/mm ²	f _{c,90,k} 2,50 N/mm ²	f _{v,k} 3,10 N/mm ²	E _{0mean} 11000,00 N/mm ²	E _{0,05} 7400,00 N/mm ²	E _{90mean} 370,00 N/mm ²	G _{mean} 690,00 N/mm ²	G _{0,05} 460,00 N/mm ²	ρ _{mean} 4,20 kN/m ³	€/m ³ 340,00 €/m ³			

Materialkennwerte_BetonD:

Werkstoffe		fck	fck,cube	fc _m	fct _m	fct _{k,0,05}	fct _{k,0,95}	E _{cm}	ε _{c1}	ε _{cu1}	ε _{c2}	ε _{cu2}	n	ε _{c3}	ε _{cu3}	€/m ³	ρ _{mean}
Beton	C30_37	30,00 N/mm ²	37,00 N/mm ²	38,00 N/mm ²	2,90 N/mm ²	2,03 N/mm ²	3,77 N/mm ²	33000,00 N/mm ²	2,20 ‰	3,50 ‰	2,00 ‰	3,50 ‰	2,00	1,75 ‰	3,50 ‰	79,17 €/m ³	25,00 kN/m ³
Bst	550 B	fy _k 550,00 N/mm ²	Es 200000,00 N/mm ²	e _{uk} 5,0 %	e _{ud} 4,5 %												

1.11. Aufbauten

In diesem Tabellenblatt müssen die Aufbauten und deren Lasten definiert werden. Auch hier gilt die Farbkodierung des Menüs.

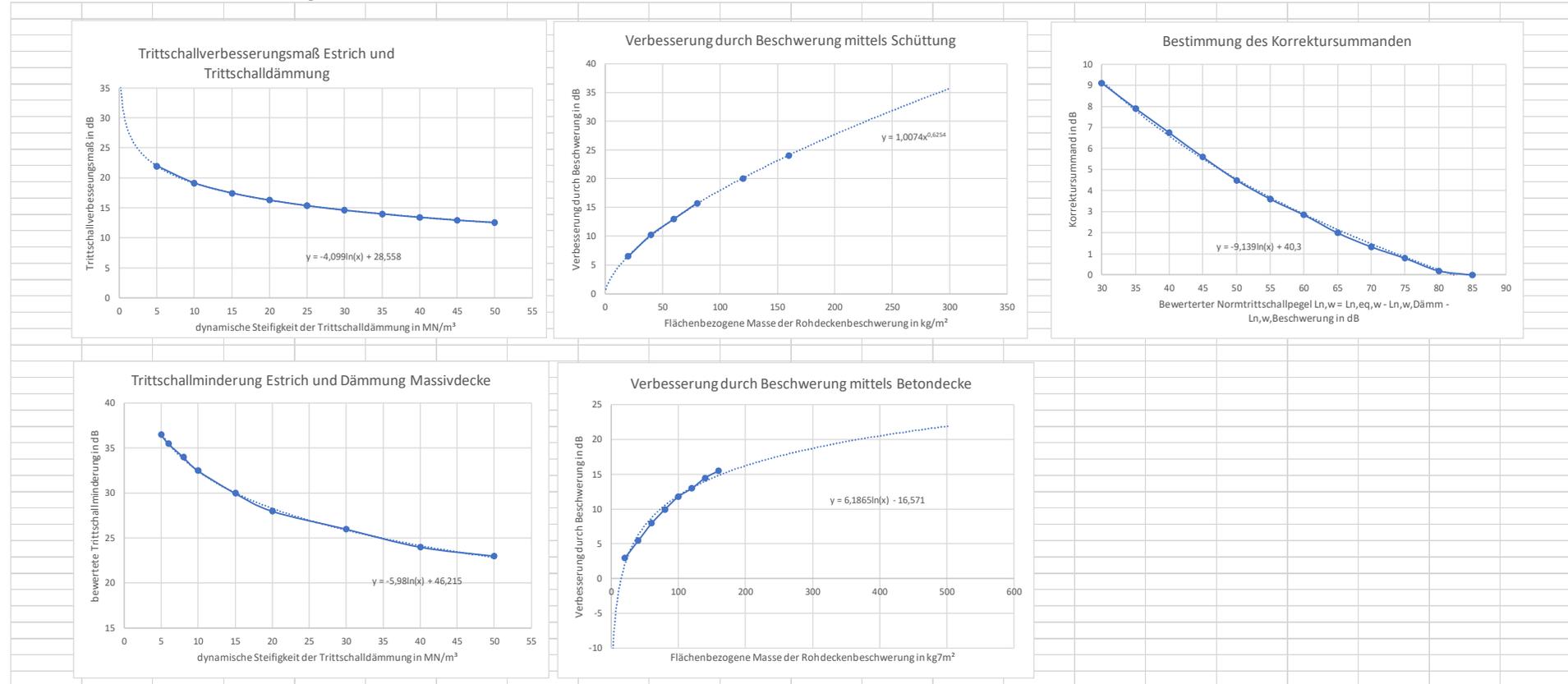
Aufbauten:

HBV Decke				Betondecke				Hohldiele			
Lastaufstellung Aufbau				Lastaufstellung Aufbau				Lastaufstellung Aufbau			
	d [cm]	ρ [kN/m ³]	g [kN/m ²]		d [cm]	ρ [kN/m ³]	g [kN/m ²]		d [cm]	ρ [kN/m ³]	g [kN/m ²]
Belag	1,50 cm	6 kN/m ³	0,09 kN/m ²	Belag	1,50 cm	6 kN/m ³	0,09 kN/m ²	Belag	1,50 cm	6 kN/m ³	0,09 kN/m ²
Estrich	5,00 cm	20 kN/m ³	1,00 kN/m ²	Estrich	5,00 cm	20 kN/m ³	1,00 kN/m ²	Estrich	5,00 cm	20 kN/m ³	1,00 kN/m ²
PE-Folie	0,02 cm	9,6 kN/m ³	0,00 kN/m ²	PE-Folie	0,02 cm	9,6 kN/m ³	0,00 kN/m ²	PE-Folie	0,02 cm	9,6 kN/m ³	0,00 kN/m ²
Wärmedämmung	0,00 cm	1,5 kN/m ³	0,00 kN/m ²	Wärmedämmung	0,00 cm	1,5 kN/m ³	0,00 kN/m ²	Wärmedämmung	0,00 cm	1,5 kN/m ³	0,00 kN/m ²
PE-Folie	0,02 cm	9,6 kN/m ³	0,00 kN/m ²	PE-Folie	0,02 cm	9,6 kN/m ³	0,00 kN/m ²	PE-Folie	0,02 cm	9,6 kN/m ³	0,00 kN/m ²
Trittschalldämmung	3,00 cm	1,5 kN/m ³	0,05 kN/m ²	Trittschalldämmung	3,00 cm	1,5 kN/m ³	0,05 kN/m ²	Trittschalldämmung	3,00 cm	1,5 kN/m ³	0,05 kN/m ²
PE-Folie	0,02 cm	9,6 kN/m ³	0,00 kN/m ²	PE-Folie	0,02 cm	9,6 kN/m ³	0,00 kN/m ²	PE-Folie	0,02 cm	9,6 kN/m ³	0,00 kN/m ²
Schüttung	3,00 cm	5 kN/m ³	0,15 kN/m ²	Schüttung	3,00 cm	5 kN/m ³	0,15 kN/m ²	Schüttung	12,50 cm	5 kN/m ³	0,63 kN/m ²
Ausfachung	10,00 cm	1,5 kN/m ³	0,15 kN/m ²								
Konstruktion				Konstruktion				Konstruktion			
Brandschutzbefestigung	0,00 cm		0,06 kN/m ²								
Brandschutzplatten	0,00 cm		0,37 kN/m ²								
	22,55 cm	g,k=	1,87 kN/m ²		12,55 cm	g,k=	1,29 kN/m ²		22,05 cm	g,k=	1,76 kN/m ²

1.12. Schall-Tabellen zur Auswertung

In diesem Tabellenblatt wurden die Funktionen für die Trittschallverbesserung erstellt. Diese Funktionen beruhen auf der in der Diplomarbeit verwiesenen Literatur.

Schall-Tabellen zur Auswertung:



1.13. Schallschutz

In diesem Tabellenblatt werden die Nachweise für den Trittschallschutz und den Luftschallschutz berechnet. Die Nachweise für Betondecken beruhen auf einer Masseformel. Die Nachweise für die HBV- Decken werden mit Hilfe der Schall-Tabellen geführt. Die Schütthöhen werden in die Aufbauten kopiert.

Schallschutz:

Holz Beton Verbunddecken				Betondecken				Hohldiele			
äquivalenter Norm-Trittschallpegel				äquivalenter Norm-Trittschallpegel				äquivalenter Norm-Trittschallpegel			
								70			
Konstruktion				Konstruktion				Konstruktion			
74 dB				52 dB				78 dB			
Balkendecke mit abgehängter Decke				Massivdecke				Hohldiele			
Steifigkeit Trittschalldämmung				Steifigkeit Trittschalldämmung				Steifigkeit Trittschalldämmung			
11 MN/m ³				11 MN/m ³				11 MN/m ³			
Rockwool 7 bis 75 MN/m ³ möglich; normal 10 bis 40				Rockwool 7 bis 75 MN/m ³ möglich; normal 10 bis 40				Rockwool 7 bis 75 MN/m ³ möglich; normal 10 bis 40			
Dicke Schüttung				Dicke Schüttung				Dicke Schüttung			
3,00 cm				3,00 cm				12,50 cm			
Wichte Schüttung				Wichte Schüttung				Wichte Schüttung			
500 kg/m ³				500 kg/m ³				500 kg/m ³			
Dicke Beton				Dicke Beton							
10 cm				61 cm							
Wichte Beton				Wichte Beton							
2500 kg/m ³				2500 kg/m ³							
Trittschalverbesserung Dämmung-Estrich				Trittschalverbesserung Dämmung-Estrich				Trittschalverbesserung Dämmung-Estrich			
18 dB				31 dB				31 dB			
Trittschalverbesserung Schüttung											
2 dB											
Trittschalverbesserung Beton											
17 dB											
Normtrittschallpegel				Normtrittschallpegel							
39 dB				21 dB							
Korrekturmaß											
7 dB											
Flankenübertragung				Flankenübertragung				Flankenübertragung			
4 dB				4 dB				4 dB			
Korrigierter Normtrittschallpegel				Korrigierter Normtrittschallpegel				Korrigierter Normtrittschallpegel			
50 dB				25 dB				48 dB			
Bewerteter Trittschallpegel				Bewerteter Trittschallpegel				Bewerteter Trittschallpegel			
48 dB				25 dB				48 dB			
								Erforderliche Masse			
								349,0254879			
								Anteil Masse Schüttung			
								62,51346093			
Luftschallschutz											
Holz Beton Verbunddecken				Betondecken				Hohldiele			
ÖNORM B 8115-4 für 100<m'<700 kg/m ²				ÖNORM B 8115-4 für 100<m'<700 kg/m ²				ÖNORM B 8115-4 für 100<m'<700 kg/m ²			
Rw= 32,4*log(m')-26				Rw= 32,4*log(m')-26				Rw= 32,4*log(m')-26			
ÖNORM EN 12354-1 für m' > 150 kg/m ²				ÖNORM EN 12354-1 für m' > 150 kg/m ²				ÖNORM EN 12354-1 für m' > 150 kg/m ²			
Rw= 37,5*log(m')-42				Rw= 37,5*log(m')-42				Rw= 37,5*log(m')-42			
Rw_unterkonstruktion=				m'_Estrich+Schüttung+Betondecke=				m'_Estrich+Schüttung=			
32 dB				1640,00 kg/m ²				162,51 kg/m ²			
m'_Estrich+Schüttung+Betondecke=				Rw=				Rw=			
365,00 kg/m ²				79 dB				61 dB			
Rw=				Δ Rw=				Rw,Hohldiele=			
57 dB				3 dB				53 dB			
Δ Rw=				Rw=				Δ Rw=			
3 dB				76 dB				3 dB			
Rw=								Rw=			
86 dB								111 dB			

1.14. U-Wert_Berechnung

In dieser Tabelle werden die U-Werte berechnet und falls erforderlich eine Wärmedämmung eingefügt. Da hier jedoch nur Zwischendecken untersucht werden ist der Nachweis des U-werts im Allgemeinen erfüllt. Werte für den Wärmeübergang und die Wärmeleitfähigkeit sind hier einzusetzen.

U-Wert_Berechnung:

HBV Decke				Beton				Hohldiele			
Schicht	d [cm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Schicht	d [cm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Schicht	d [cm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
Rsi			0,13	Rsi			0,13	Rsi			0,13
Belag	1,50 cm	0,14	0,11	Belag	1,50 cm	0,14	0,11	Belag	1,50 cm	0,14	0,11
Estrich	5,00 cm	1,4	0,04	Estrich	5,00 cm	1,4	0,04	Estrich	5,00 cm	1,4	0,04
PE-Folie	0,02 cm	0,5	0,00	PE-Folie	0,02 cm	0,5	0,00	PE-Folie	0,02 cm	0,5	0,00
Wärmedämmung	0,00 cm	0,044	0,00	Wärmedämmung	0,00 cm	0,044	0,00	Wärmedämmung	0,00 cm	0,044	0,00
PE-Folie	0,02 cm	0,5	0,00	PE-Folie	0,02 cm	0,5	0,00	PE-Folie	0,02 cm	0,5	0,00
Trittschalldämmung	3,00 cm	0,044	0,68	Trittschalldämmung	3,00 cm	0,044	0,68	Trittschalldämmung	3,00 cm	0,044	0,68
PE-Folie	0,02 cm	0,5	0,00	PE-Folie	0,02 cm	0,5	0,00	PE-Folie	0,02 cm	0,5	0,00
Schüttung	3,00 cm	0,1	0,30	Schüttung	3,00 cm	0,1	0,30	Schüttung	12,50 cm	0,1	1,25
Schalung	2,70 cm	0,15	0,18	0	0,00 cm	0,15	0,00	0	0,00 cm	0,15	0,00
Konstruktion	0,00 cm			Konstruktion	0,61 cm	2,3	0,00	Konstruktion			0,24
Brandschutzbefestigung	0,00 cm	0,15	0,00	0	0,00 cm	0,15	0,00	0	0,00 cm	0,15	0,00
Brandschutzplatten	0,00 cm	0,25	0,00	0	0,00 cm	0,25	0,00	0	0,00 cm	0,25	0,00
Rsi			0,13	Rsi			0,13	Rsi			0,13
		Rges=	1,57			Rges=	1,39			Rges=	2,58
		U-Wert=	0,64 W/m ² K			U-Wert=	0,72 W/m ² K			U-Wert=	0,39 W/m ² K
		U-Wert,soll=	0,90 W/m ² K			U-Wert,soll=	0,90 W/m ² K			U-Wert,soll=	0,90 W/m ² K
		U-Wert_ist=	0,64 W/m ² K			U-Wert_ist=	0,72 W/m ² K			U-Wert_ist=	0,39 W/m ² K

1.16. Brandschutz Abbrandrate

In diesem Tabellenblatt wird die Abbrandrate und der Restquerschnitt berechnet.

Brandschutz Abbrandrate:

Abbrandraten Ungeschützt

t= 90 min Zeit in Minuten

d_char,0= 59 mm

d_char,n= 63 mm

β_0 = 0,65 mm/min Bemessungswert der eindimensionalen Abbrandrate bei Normbrandbeanspruchung

β_n = 0,70 mm/min Bemessungswert der ideellen Abbrandrate

k0= 1

d0= 7 mm

Abbrandtiefe ohne Beplankung

d_ef= 70 mm

Nachweis des Restquerschnitts

h_rest= 0,4100 m

b_rest= 0,1200 m

b_erf= 0,1000 m

η = 0,83

Tabelle 3.1 — Bemessungswerte der Abbrandraten β_0 und β_n für Bauholz, Furnierschichtholz, Holzbekleidungen und Holzwerkstoffe

Material	β_0 mm/min	β_n mm/min
a) Nadelholz und Buche		
Brettschichtholz mit einer charakteristischen Rohdichte von $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,7
Vollholz mit einer charakteristischen Rohdichte von $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,8
b) Laubholz		
Vollholz oder Brettschichtholz mit einer charakteristischen Rohdichte von $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,7
Vollholz oder Brettschichtholz mit einer charakteristischen Rohdichte von $\geq 450 \text{ kg/m}^3$	0,50	0,55
c) Furnierschichtholz		
mit einer charakteristischen Rohdichte von $\geq 480 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,7
d) Platten		
Holzbekleidungen	0,9 ^a	–
Sperrholz	1,0 ^a	–
Holzwerkstoffplatten außer Sperrholz	0,9 ^a	–

a Die Werte gelten für eine charakteristische Rohdichte von 450 kg/m^3 und eine Werkstoffdicke von 20 mm, für andere Werkstoffdicken und Rohdichten, siehe 3.4.2 (9)

Die Werte für Beta sind in den Materialdatenbanken definiert.

1.17. Brandschutzsysteme

In diesem Blatt können Brandschutzsysteme ergänzt und bearbeitet werden.

Brandschutzsysteme:

Knauf	EI30	EI60	EI90	1,25	1,5	g_1,25=	g_1,5=
Feuerschutzplatte	10,84 €/m ²	12,12 €/m ²	18,18 €/m ²	5,42 €/m ²	6,06 €/m ²	0,11 kN/m ²	0,12 kN/m ²
Fireboard	53,76 €/m ²	55,60 €/m ²	83,40 €/m ²	26,88 €/m ²	27,80 €/m ²	0,11 kN/m ²	0,12 kN/m ²
Unterkonstruktion	Staffl Breite	Staffl Höhe	á	€	€/m ²	g=	
Holz	100 mm	50 mm	40 cm	400,00 €/m ³	5,00 €/m ²	0,06 kN/m ²	
Stahlschiene							

1.18. Gamma_Verfahren_normal; Gamma_Verfahren_brand; Gamma_Verfahren_normal_quer

Diese Tabellen berechnen die Querschnittswerte zu unterschiedlichen Zeitpunkten und Zuständen. Anschließend werden die Querschnittswerte und Spannungen berechnet.

Gamma_verfahren_normal Teil1:

2 Komponentenquerschnitt_mit Schalung										
t=0			t=1095			t=∞				
L	12,000 m		L	12,000 m		L	12,000 m			
hc	0,100 m		hc	0,100 m		hc	0,100 m			
bc	1,100 m		bc	1,100 m		bc	1,100 m			
hs	0,027 m		hs	0,027 m		hs	0,027 m			
hh	0,480 m		hh	0,480 m		hh	0,480 m			
bh	0,260 m		bh	0,260 m		bh	0,260 m			
si	0,320 m		si	0,320 m		si	0,320 m			
Ki	6000 kN/m		Ki	6000 kN/m		Ki	3750 kN/m			
K/s	18750 kN/m ²		K/s	18750 kN/m ²		K/s	11719 kN/m ²			
E1	31000 MN/m ²		E1	9117 MN/m ²		E1	9117 MN/m ²			
I1	0,000092 m ⁴		I1	0,000092 m ⁴		I1	0,000092 m ⁴			
A1	0,11 m ²		A1	0,11 m ²		A1	0,11 m ²			
E2	14700 MN/m ²		E2	14700 MN/m ²		E2	9188 MN/m ²		*1/1,6	
I2	0,002396 m ⁴		I2	0,002396 m ⁴		I2	0,002396 m ⁴			
A2	0,12 m ²		A2	0,12 m ²		A2	0,12 m ²			
γ1	0,074266922	0,18655782	γ1	0,214314617	0,2967121	γ1	0,145652427	0,24219604		
γ2	1		γ2	1		γ2	1			
e	0,317 m		e	0,317 m		e	0,317 m			
a1	0,279 m	0,11088738	a1	0,284 m	0,20495583	a1	0,281 m	0,16909557		
a2	0,038 m	0,20611262	a2	0,033 m	0,11204417	a2	0,036 m	0,14790443		
Eieff=	60 MNm ²	60,4271459	Eieff=	55 MNm ²	55,3930402	Eieff=	36 MNm ²	35,8707295		
Ieff=	0,004111 m ⁴		Ieff=	0,003768 m ⁴		Ieff=	0,003904 m ⁴			
n=	2,108843537		n=	0,620227303		n=	0,992363684			
a2	0,038 m									

Gamma_verfahren_normal Teil2:

Teilschnittgrößen							
ULS Normal							
t=0		t=x		t=∞			
Nc,g,d=	76,09 kN	Nc,g,d=	71,76 kN	Nc,g,d=	74,63 kN		
Mc,g,d=	3,07 kNm	Mc,g,d=	0,98 kNm	Mc,g,d=	1,52 kNm		
Nc,q,d=	46,23 kN	Nc,q,d=	43,60 kN	Nc,q,d=	45,34 kN		
Mc,q,d=	1,86 kNm	Mc,q,d=	0,60 kNm	Mc,q,d=	0,92 kNm		
Nh,g,d=	76,09 kN	Nh,g,d=	71,76 kN	Nh,g,d=	74,63 kN		
Mh,g,d=	37,99 kNm	Mh,g,d=	41,45 kNm	Mh,g,d=	40,00 kNm		
Nh,q,d=	46,23 kN	Nh,q,d=	43,60 kN	Nh,q,d=	45,34 kN		
Mh,q,d=	23,08 kNm	Mh,q,d=	25,18 kNm	Mh,q,d=	24,30 kNm		
Vg,d=	32,59 kN	Vg,d=	32,59 kN	Vg,d=	32,59 kN		
Vq,d=	19,80 kN	Vq,d=	19,80 kN	Vq,d=	19,80 kN		
Spannungsberechnung							
ULS Normal							
t=0		t=x		t=∞			
$\sigma_{o,c}$ =	-3,80 N/mm ²	$\sigma_{o,c}$ =	-1,91 N/mm ²	$\sigma_{o,c}$ =	-2,42 N/mm ²		
$\sigma_{u,c}$ =	1,58 N/mm ²	$\sigma_{u,c}$ =	-0,19 N/mm ²	$\sigma_{u,c}$ =	0,24 N/mm ²		
Fs,d=	25,40 kN	Fs,d=	0,00 kN	Fs,d=	1,20 kN		
As,erf=	53 mm ²	As,erf=	0 mm ²	As,erf=	3 mm ²		
$\sigma_{o,g,h}$ =	-3,20 N/mm ²	$\sigma_{o,g,h}$ =	-3,58 N/mm ²	$\sigma_{o,g,h}$ =	-3,41 N/mm ²		
$\sigma_{o,q,h}$ =	-1,94 N/mm ²	$\sigma_{o,q,h}$ =	-2,17 N/mm ²	$\sigma_{o,q,h}$ =	-2,07 N/mm ²		
$\sigma_{u,g,h}$ =	4,42 N/mm ²	$\sigma_{u,g,h}$ =	4,73 N/mm ²	$\sigma_{u,g,h}$ =	4,60 N/mm ²		
$\sigma_{u,q,h}$ =	2,68 N/mm ²	$\sigma_{u,q,h}$ =	2,87 N/mm ²	$\sigma_{u,q,h}$ =	2,80 N/mm ²		
$\tau_{c,g,d}$ =	0,04 N/mm ²	$\tau_{c,g,d}$ =	0,03 N/mm ²	$\tau_{c,g,d}$ =	0,03 N/mm ²		
$\tau_{c,q,d}$ =	0,03 N/mm ²	$\tau_{c,q,d}$ =	0,02 N/mm ²	$\tau_{c,q,d}$ =	0,02 N/mm ²		
Vc,d=	4,92 kN	Vc,d=	3,88 kN	Vc,d=	4,04 kN		
$\tau_{h,g,d}$ =	0,31 N/mm ²	$\tau_{h,g,d}$ =	0,32 N/mm ²	$\tau_{h,g,d}$ =	0,32 N/mm ²		
$\tau_{h,q,d}$ =	0,19 N/mm ²	$\tau_{h,q,d}$ =	0,20 N/mm ²	$\tau_{h,q,d}$ =	0,19 N/mm ²		
τ_{h,g,d_nur_Holz} =	0,39 N/mm ²	τ_{h,g,d_nur_Holz} =	0,39 N/mm ²	τ_{h,g,d_nur_Holz} =	0,39 N/mm ²		
τ_{h,q,d_nur_Holz} =	0,24 N/mm ²	τ_{h,q,d_nur_Holz} =	0,24 N/mm ²	τ_{h,q,d_nur_Holz} =	0,24 N/mm ²		
F=	4,89 kN	F=	4,61 kN	F=	4,80 kN		
Schwinden							
		σ_{cs} =	3,892 MN/m ²	σ_{cs} =	3,892 MN/m ²		
		Nc=	0,428 MN	Nc=	0,428 MN		
		Nh=	-0,428 MN	Nh=	-0,428 MN		
		Mges=	0,12 MNm	Mges=	0,12 MNm		
		Mc=	0,00 MNm	Mc=	0,00 MNm		
		Mh=	0,08 MNm	Mh=	0,07 MNm		
		κ_c =	0,00219 1/m	κ_c =	0,00336 1/m		
		κ_h =	0,00219 1/m	κ_h =	0,00336 1/m		
		w,s=	0,0395 m	w,s=	0,0604 m		

1.19. ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0; ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0_quer; ULS_Brand_Schnittgrößen_HBV_t=0;
 ULS_Schnittgrößen_Beton_t=0; SLS_Schnittgrößen_Beton_t=0

In diesen Tabellenblättern werden die Schnittgrößen für die Längsrichtung mit der Kombination ULS und ULS Brand und für die Querrichtung mit der ULS Kombination berechnet. Hier wird auf den VBA Code verwiesen, dieser ist anschaulicher als das Blatt selbst.

ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0:

L	12,00 m		X	Vx	Mx
x=	4,0		0	52,3890108	0
g,d+q,d	13,11 kN/lfm		1	39,2917581	45,8403845
g,d	8,16 kN/lfm		2	26,1945054	78,5835162
q,d	4,95 kN/lfm		3	13,0972527	98,2293953
EI	60 MNm ²		4	0	104,778022
			5	-13,0972527	98,2293953
w_i	0,0000 m		6	-26,1945054	78,5835162
phi_i	0,0057 rad		7	-39,2917581	45,8403845
M_i	0,00 kNm		8	-52,3890108	0
V_i	52,39 kN				
w_k	0,0000 m				
phi_k	-0,0057 rad				
M_k	0,00 kNm				
V_k	-52,39 kN				
M_min=	0,00 kNm				
M_Max=	104,78 kNm				
w_max=	0,0000 m				
Stelle_x=	#NV				
Irrelevante Werte					
V_gd=	32,59 kN				
M_gd=	65,18 kNm				
V_qd=	19,80 kN				
M_qd=	39,60 kNm				

1.20. SLS_Durchbiegung_HBV_t=0; SLS_Durchbiegung_HBV_t=x; SLS_Durchbiegung_HBV_t=u; SLS_Durchbiegung_Beton_t=0;
SLS_Durchbiegung_Beton_t=u

In diesen Tabellen werden wie unter 1.19 mit der SLS die Durchbiegungen berechnet. Hier wird auf den VBA Code verwiesen, dieser ist anschaulicher als das Blatt selbst.

1.21. Beton_Kriechen und Schwinden; HBV_Kriechen und Schwinden_t=∞

In dieser Tabelle werden die Kriechzahlen und die Schwinddehnung berechnet.

HBV_Kriechen und Schwinden_t=∞:

Kriechen und Schwinden gemäß EC2 Anhang B																	
		fck	fck,cube	fcm	fctm	fctk,0,05	fctk,0,95	Ecm	εc1	εcu1	εc2	εcu2	n	εc3	εcu3	€/m³	ρmean
Beton	C25_30	25,00 N/mm²	30,00 N/mm²	33,00 N/mm²	2,56 N/mm²	1,80 N/mm²	3,33 N/mm²	31000,00 N/mm²	2,10 ‰	3,50 ‰	2,00 ‰	3,50 ‰	2,00	1,75 ‰	3,50 ‰	75,83 €/m³	25,00 kN/m³
							Normalbeton	E _{c,eff}		Leichtbeton	E _{l,eff}						
								9117,3 N/mm²									
Ermittlung der Kriechzahl																	
φ(t,t0)=	2,40	Kriechzahl															
t0=	28 d	tatsächliches Betonalter bei Belastungsbeginn in Tagen															
φ0=	2,41	Grundkriechzahl															
RH=	60 %	relative Luftfeuchte der Umgebung in %															
h0=	200 mm	Wirksame Bauteildicke=2*Ac/U'															
Ac=	110000 mm²	Betonquerschnittsfläche															
U=	1100 mm	Der Umfang des Querschnitts der der Trocknung Außesetzt ist															
φRH=	1,68	Beiwert zur Berücksichtigung der Luftfeuchtigkeit															
α1=	1,042	Beiwert zur Berücksichtigung des Einflusses der Betondruckfestigkeit															
α2=	1,012	Beiwert zur Berücksichtigung des Einflusses der Betondruckfestigkeit															
α3=	1,030	Beiwert zur Berücksichtigung des Einflusses der Betondruckfestigkeit															
β(fcm)=	2,92	Beiwert zur Berücksichtigung der Betondruckfestigkeit															
β(t0)=	0,49	Beiwert zur Berücksichtigung des Betonalters															
t=	73000 d	Betrachteter Zeitpunkt in Tagen															
βc(t,t0)=	0,99774657	Beiwert zur Beschreibung der zeitlichen Entwicklung															
βH=	550,81	Beiwert zur Berücksichtigung der Luftfeuchtigkeit und der Bauteildicke															
Schwinden																	
Trockenschwinddehnung																	
ecd=	0,000389																
kh=	0,85																
ts=	28 d	Zeitpunkt Ende der Nachbehandlung															
βds(t,t0)=	1 d																
ecd,0=	0,000459	Grundschrinddehnung															
αds1=	4	Zementklasse S=3; Zementklasse N=4; Zementklasse R=6															
αds2=	0,12	Zementklasse S=0,13; Zementklasse N=0,12; Zementklasse R=0,11															
fcm0=	10,0 N/mm²																
βRH=	1,2152																
RH0=	100 %																
Autogene Schrinddehnung																	
εca=	0,0000375																
βas(t)=	1																
εca(∞)=	0,0000375																
εcs=	0,000427																
Kriechen und Schwinden Holz und Verbindungsmittel																	
Holz																	
φ(t,t0)=	1,92																
t=	73000 d	Betrachteter Zeitpunkt in Tagen															
φt=	2,1	aus Tabelle															
Verbindungsmittel																	
φ(t,t0)=	1,48																
φt=	1,6	aus Tabelle															

h _c	λ _c
100	1,0
200	0,85
300	0,75
≥ 500	0,70

Umgebungsbedingungen	Holzfeuchte bei Belastungsbeginn	Endkriechfaktoren Holz φ _t	Endkriechfaktoren Verbindung φ _v
Beheizter Innenraum	10 %	1,6	1,3
	20 %	2,1	1,6
Im Freien unter Dach	10 %	2,3	1,8
	20 %	2,8	2,0

Tabelle 3 Präferierte Endkriechfaktoren für Holz und Holz/Beton-Verbindung
Table 3 Favoured end-creep factors for timber and timber/concrete-connection

1.22. Betonstahl_QS; Grundnetzbewehrung

In diesen Tabellen sind die Betonstahlflächen für unterschiedliche Austeilungen. Auf diese Blätter wird in der Betonberechnung zugegriffen.

1.23. Beton_Berechnung

In diesem Tabellenblatt finden sich alle Nachweise zur Betondecken Berechnung

1.24. Nachweise_Beton

In diesem Tabellenblatt werden alle Nachweise gesammelt und überprüft. Die Berechnung kann mittels Buttons gestartet werden und endet mit der schlankesten Decke die alle Nachweise erfüllt, bei minimaler Bewehrung.

1.25. Hohldiele

In diesem Tabellenblatt sind alle Hohldielentypen und ihre Eigenschaften aufgelistet.

Spannweite	VSD-6-20-B	VSD-6-20-C	VSD-5-26,5-B	VSD-5-26,5-C	VSD-4-32-B	VSD-4-32-C	VSD-4-40-B	VSD-4-40-C	VSD-4-45-B	VSD-4-45-C	VSD-4-50-B	VSD-4-50-C
8	5,50 kN/m ²	7,80 kN/m ²	11,80 kN/m ²	12,20 kN/m ²	16,70 kN/m ²	17,50 kN/m ²	21,40 kN/m ²	22,10 kN/m ²	0,00 kN/m ²	0,00 kN/m ²	0,00 kN/m ²	0,00 kN/m ²
10	0,00 kN/m ²	4,00 kN/m ²	7,20 kN/m ²	9,00 kN/m ²	11,60 kN/m ²	13,20 kN/m ²	16,30 kN/m ²	16,90 kN/m ²	21,00 kN/m ²	21,00 kN/m ²	0,00 kN/m ²	0,00 kN/m ²
12	0,00 kN/m ²	0,00 kN/m ²	0,00 kN/m ²	5,20 kN/m ²	6,70 kN/m ²	9,10 kN/m ²	10,00 kN/m ²	13,20 kN/m ²	15,40 kN/m ²	16,60 kN/m ²	19,50 kN/m ²	20,40 kN/m ²
g FT	2,65 kN/m ²	2,65 kN/m ²	3,50 kN/m ²	3,50 kN/m ²	4,40 kN/m ²	4,40 kN/m ²	4,80 kN/m ²	4,80 kN/m ²	6,00 kN/m ²	6,00 kN/m ²	6,50 kN/m ²	6,50 kN/m ²
g mit Ferguss	2,85 kN/m ²	2,85 kN/m ²	3,75 kN/m ²	3,75 kN/m ²	4,70 kN/m ²	4,70 kN/m ²	5,20 kN/m ²	5,20 kN/m ²	6,45 kN/m ²	6,45 kN/m ²	7,00 kN/m ²	7,00 kN/m ²
Verguss Beton	7,50 l/m ²	7,50 l/m ²	11,00 l/m ²	11,00 l/m ²	13,00 l/m ²	13,00 l/m ²	18,00 l/m ²	18,00 l/m ²	19,00 l/m ²	19,00 l/m ²	21,00 l/m ²	21,00 l/m ²
Betongüte	C 50_60	C 55_67										
Auflagertiefe	8 cm	8 cm	10 cm	10 cm	12 cm	12 cm	15 cm					
Breite	120 cm											
Dicke	20 cm	20 cm	26,5 cm	26,5 cm	32 cm	32 cm	40 cm	40 cm	45 cm	45 cm	50 cm	50 cm
Feuerwiderstand	REI 90											
R-Wert	0,20 m ² K/W	0,20 m ² K/W	0,21 m ² K/W	0,21 m ² K/W	0,22 m ² K/W	0,22 m ² K/W	0,24 m ² K/W	0,24 m ² K/W	0,26 m ² K/W	0,26 m ² K/W	0,31 m ² K/W	0,31 m ² K/W
Rw	53 dB	53 dB	57 dB	57 dB	59 dB	59 dB	61 dB	61 dB	62 dB	62 dB	64 dB	64 dB
Ln,T,w,eq	78 dB	78 dB	74 dB	74 dB	72 dB	72 dB	70 dB	70 dB	69 dB	69 dB	66 dB	66 dB
Preis Element	56,15 €/m ²	63,55 €/m ²	72,90 €/m ²	78,05 €/m ²	80,40 €/m ²	88,95 €/m ²	92,45 €/m ²	98,60 €/m ²	Preis auf Anfrage	Preis auf Anfrage	Preis auf Anfrage	Preis auf Anfrage
Bewehrung gerade	1200 €/to											
Bewehrung gebogen	1450 €/to											
Zuganker	4,2	4,2	4,45	4,45	4,72	4,72	5,25	5,25	5,77	5,77	Preis auf Anfrage	Preis auf Anfrage
Bewehrungskörbe	2200 €/to											
Planerstellung	0,31 €/m ²											
Statikkosten	80,00 €/h											
Planänderungskosten	57,00 €/h											
Transport LKW	330 €/Ladung											
Energiekostenzuschlag	19,85 €/Lieferung											
12	0,00 kN/m ²	0,00 kN/m ²	0,00 kN/m ²	5,20 kN/m ²	6,70 kN/m ²	9,10 kN/m ²	10,00 kN/m ²	13,20 kN/m ²				
R-Wert	0,20 m ² K/W	0,20 m ² K/W	0,20 m ² K/W	0,21 m ² K/W	0,22 m ² K/W	0,22 m ² K/W	0,24 m ² K/W	0,24 m ² K/W				
Rw	53 dB	53 dB	53 dB	57 dB	59 dB	59 dB	61 dB	61 dB				
Ln,T,w,eq	78 dB	78 dB	78 dB	74 dB	72 dB	72 dB	70 dB	70 dB				
Dicke	20 cm	20 cm	20 cm	27 cm	32 cm	32 cm	40 cm	40 cm				
g mit Ferguss	2,85 kN/m ²	2,85 kN/m ²	2,85 kN/m ²	3,75 kN/m ²	4,70 kN/m ²	4,70 kN/m ²	5,20 kN/m ²	5,20 kN/m ²				

Handbuch zum Excel-Tool Holz-Beton-Verbunddecken

Teil 2: VBA- Module

Von Johannes Vikydal

Liste aller Module					
Name	Sub	Funktion	Erstellt	Überarbeitung	Änderung
Modul1	Berechnung_Übertragungsbeziehung_ULS_HBV_Brand_t0	Löst die Übertragungsbeziehungen und gibt die Schnittgrößen aus	15.12.2018		
Modul2	Berechnung_Übertragungsbeziehung_SLS_HBV_t0	Löst die Übertragungsbeziehungen und gibt die Schnittgrößen und Verformungen aus	15.12.2018		
Modul3	Berechnung_Übertragungsbeziehung_SLS_HBV_tx	Löst die Übertragungsbeziehungen und gibt die Schnittgrößen und Verformungen aus	15.12.2018		
Modul4	Berechnung_Übertragungsbeziehung_SLS_HBV_tu	Löst die Übertragungsbeziehungen und gibt die Schnittgrößen und Verformungen aus	15.12.2018		
Modul5	Berechnung_Übertragungsbeziehung_ULS_HBV_t0_quer	Löst die Übertragungsbeziehungen und gibt die Schnittgrößen für die Quertragrichtung aus	15.12.2018		
Modul6	ClearYellowCellsinULS1	Löscht alle gelben Zellen im Blatt ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0	15.12.2018	22.12.2018	Löscht Zellen eines bestimmten Bereiches
Modul7	ClearYellowCellsinULS2	Löscht alle gelben Zellen im Blatt ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0_quer	15.12.2018	22.12.2018	Löscht Zellen eines bestimmten Bereiches
Modul8	ClearYellowCellsinULS3	Löscht alle gelben Zellen im Blatt ULS_Brand_Schnittgrößen_HBV_t=0	15.12.2018	22.12.2018	Löscht Zellen eines bestimmten Bereiches
Modul9	ClearYellowCellsinSLS1	Löscht alle gelben Zellen im Blatt SLS_Durchbiegung_HBV_t=0	15.12.2018	22.12.2018	Löscht Zellen eines bestimmten Bereiches
Modul10	ClearYellowCellsinSLS2	Löscht alle gelben Zellen im Blatt SLS_Durchbiegung_HBV_t=x	15.12.2018	22.12.2018	Löscht Zellen eines bestimmten Bereiches
Modul11	Berechnung_Übertragungsbeziehung_ULS_HBV_t0	Löst die Übertragungsbeziehungen und gibt die Schnittgrößen aus	15.12.2018		
Modul12	ClearYellowCellsinSLS3	Löscht alle gelben Zellen im Blatt SLS_Durchbiegung_HBV_t=u	15.12.2018	22.12.2018	Löscht Zellen eines bestimmten Bereiches
Modul13	Clear_all_ULS_SLS	Führt Module 6,7,8,9,10, und 12 aus	15.12.2018		
Modul14	Calculate_all_ULS_SLS	Führt Module 1, 2, 3, 4, 5 und 11 aus	15.12.2018		
Modul15	NächsteHöhe_C	Erhöht die Betondecke in 2 cm Schritten	15.12.2018		
Modul16	StartwertHoeheHBV_C	Setzt den Startwert der Betondecke auf den Wert 8 cm zurück	15.12.2018		
Modul17	Schleife_1	Schleife die die Dicke der Betondecke erhöht und das Modul 58 als Unterschleife ausführt	15.12.2018		
Modul18	NächsteHöhe_H	Erhöht die BSH Trägerhöhe in 4 cm Schritten	15.12.2018		
Modul19	StartwertHoeheHBV_H	Setzt den Startwert der BSH Trägerhöhe auf den Wert 36 cm zurück	15.12.2018		
Modul20	Schleife_1_2	Schleife die die BSH Trägerhöhe erhöht und die Schleife_1 als unterschleife ausführt	15.12.2018		
Modul21	NächsteBreite_H	Erhöht die Breite des Holzträgers in 2 cm Schritten	15.12.2018		
Modul22	StartwertBreiteHBV_H	Setzt den Startwert der BSH Trägerbreite auf 20 cm zurück	15.12.2018		
Modul23	Schleife_1_2_3	Schleife die die BSH Trägerbreite erhöht und die Schleife_1_2 als unterschleife ausführt	15.12.2018		
Modul24	NächsterAchsabstand	Erhöht den Achsabstand des Holzträgers in 10 cm Schritten	15.12.2018		
Modul25	StartwertAchse	Setzt den Startwert des Achsabstandes auf 70 cm zurück	15.12.2018		
Modul26	Schleife_1_2_3_4	Schleife die den Achsabstand erhöht und die Schleife_1_2_3 als unterschleife ausführt	15.12.2018		
Modul27	Kopieren_erfüllt	Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus ob alle Nachweise erfüllt sind	15.12.2018		
Modul28	Kopieren_hc	Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus die Betondicke	15.12.2018		
Modul29	Kopieren_hh	Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus die Trägerhöhe	15.12.2018		
Modul30	Kopieren_bh	Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus die Trägerbreite	15.12.2018		
Modul31	Kopieren_a	Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus den Achsabstand	15.12.2018		
Modul32	startwerte	Setzt Alle Eingabewerte auf den Ausgangswert zurück	15.12.2018		
Modul33	ClearYellowCellsinNW_Schreiber	Löscht alle gelben Zellen im Tabellenblatt Ein_Zyklus	15.12.2018	22.12.2018	Löscht Zellen eines bestimmten Bereiches
Modul34	BerechnungHBV	Führt die Berechnung durch Modul 32, 13, 33 und 26 werden ausgeführt	15.12.2018		
Modul35	Berechnung_Übertragungsbeziehung_ULS_Beton_t0	Löst die Übertragungsbeziehungen und gibt die Schnittgrößen aus	15.12.2018		
Modul36	ClearYellowCellsinULS_c	Löscht alle gelben Zellen im Blatt ULS_Schnittgrößen_Beton_t=0	15.12.2018		
Modul37	Berechnung_Übertragungsbeziehung_SLS_Schnittgrößen_Beton_t0	Löst die Übertragungsbeziehungen und gibt die Schnittgrößen aus	15.12.2018		
Modul38	ClearYellowCellsinSLS1_c	Löscht alle gelben Zellen im Blatt SLS_Schnittgrößen_Beton_t=0	15.12.2018		
Modul39	Berechnung_Übertragungsbeziehung_SLS_Durchbiegung_Beton_t0	Löst die Übertragungsbeziehungen und gibt die Schnittgrößen und Verformungen aus	15.12.2018		
Modul40	ClearYellowCellsinSLS2_c	Löscht alle gelben Zellen im Blatt SLS_Durchbiegung_Beton_t=0	15.12.2018		
Modul41	Berechnung_Übertragungsbeziehung_SLS_Durchbiegung_Beton_tu	Löst die Übertragungsbeziehungen und gibt die Schnittgrößen und Verformungen aus	15.12.2018		
Modul42	ClearYellowCellsinSLS3_c	Löscht alle gelben Zellen im Blatt SLS_Durchbiegung_Beton_t=u	15.12.2018		
Modul43	Berchnung_Uebertrag_C	Führt die Module 36,38,40,42 und 35, 37,39,41 aus	15.12.2018		
Modul44	ZeigeTabellenblaetter	Erstellt eine Übersicht mit allen vorhandenen Tabellenblättern	15.12.2018		
Modul45	Nachweiserfüllt_c	Überprüft ob alle Nachweise für Betondecken eingehalten sind	15.12.2018		
Modul46	Nachweiserfüllt_HBV_t0	Überprüft ob alle Nachweise für HBV Decken zum Zeitpunkt 0 eingehalten sind	15.12.2018		
Modul47	Nachweiserfüllt_HBV_tx	Überprüft ob alle Nachweise für HBV Decken zum Zeitpunkt x eingehalten sind	15.12.2018		
Modul48	Nachweiserfüllt_HBV_tu	Überprüft ob alle Nachweise für HBV Decken zum Zeitpunkt unendlich eingehalten sind	15.12.2018		
Modul49	Nachweiserfüllt_HBV	Überprüft ob die Bedingungen aus Modul 46,47 und 48 eingehalten sind	15.12.2018		
Modul50	Nachweis_Kontrolle	Führt die Module 46,47,48 und 49 aus	15.12.2018		
Modul51	Kopieren_Werte	Führt die Module 27,28,29,30, 31 , 59 und 60 aus	15.12.2018	23.12.2018	Führt die Module 27,28,29,30, 31 , 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 69, 70 und 71 aus
Modul52	ClearYellowCellsinEin_Zyklus	Löscht alle gelben Zellen im Tabellenblatt NW_Schreiber	15.12.2018	22.12.2018	Löscht Zellen eines bestimmten Bereiches
Modul53	Startwert_Verbindungsmittelreihen	Setzt die Anzahl der Verbindungsmittelreihen auf 0 zurück	16.12.2018		
Modul54	NächsteReihe	Erhöht die Verbindungsmittelreihen um 1	16.12.2018		
Modul55	Startwert_Verbindungsmittelabstand	Setzt den Verbindungsmittelabstand auf 0,16 zurück	16.12.2018		
Modul56	NächsterVerbindungsmittelabstand	Erhöht den Verbindungsmittelabstand um 0,02	16.12.2018		
Modul57	Schleife_Verbindungsmittelabstand	Schleife die den Verbindungsmittelabstand erhöht und die Module 56, 52, 14, 50 und 51 ausführt	16.12.2018		
Modul58	Schleife_Verbindungsmittelreihen	Schleife die die Verbindungsmittelreihen erhöht und die Module 54, 57 und 55 ausführt	16.12.2018		
Modul59	Kopieren_sef	Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus den Verbindungsmittelabstand	16.12.2018		
Modul60	Kopieren_n	Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus die Verbindungsmittelreihen	16.12.2018		
Modul61	Kopieren_As	Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus die Bewehrungsmenge	19.12.2018		
Modul62	Kopieren_d_schalung	Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus die Dicke der Schalung	19.12.2018		
Modul63	Kopieren_Dicke_Aufbau	Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus die Dicke des Aufbaus	22.12.2018		
Modul64	Kopieren_Dicke_Schüttung	Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus die Dicke der Schüttung	22.12.2018		
Modul65	Kopieren_Dicke_Wärmedämmung	Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus die Dicke der Wärmedämmung	22.12.2018		
Modul66	Kopieren_Brand_Gkf	Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus die Brandbeständigkeit der GKF Platten	22.12.2018		
Modul67	Kopieren_U_Wert	Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus den U wert	22.12.2018		
Modul68	Kopieren_Trittschall	Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus den Trittschall	22.12.2018		
Modul69	Kopieren_Luftschall	Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus den Luftschall	22.12.2018		
Modul70	Kopieren_Last_Aufbau	Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus die Last zufolge Aufbau	22.12.2018		
Modul71	Kopieren_Last_ständige_gesamt	Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus die ständigen Lasten der gesamten Konstruktion	22.12.2018		
Modul72	Berechnung_Betondecke	Berechnet die dünnste mögliche Betondecke	22.12.2018		
Modul73	Hohldiele_Werte_einsetzen	Berechnet alle möglichen Hohldielen und führt Modul 74 aus	23.12.2018		
Modul74	Kopie_Hohldiele	Führt Module 75,76,77,78 aus	23.12.2018		
Modul75	Kopie_HD_eta_Last	Schreibt in das Tabellenblatt Nachweise_Hohldiele den Ausnutzungsgrad	23.12.2018		
Modul76	Kopie_HD_UWert	Schreibt in das Tabellenblatt Nachweise_Hohldiele den U-Wert	23.12.2018		
Modul77	Kopie_HD_Rw	Schreibt in das Tabellenblatt Nachweise_Hohldiele den Luftschall	23.12.2018		
Modul78	Kopie_HD_Ln_T	Schreibt in das Tabellenblatt Nachweise_Hohldiele den Trittschall	23.12.2018		

2. Auflistung aller Makros und ihrer Funktionen

2.1. Modul 1:

Sub Berechnung_Übertragungsbeziehung_ULS_HBV_Brand_t0()

l = Worksheets("ULS_Brand_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(1, 2).Value
q = Worksheets("ULS_Brand_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(3, 2).Value
g_d = Worksheets("ULS_Brand_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(4, 2).Value
q_d = Worksheets("ULS_Brand_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(5, 2).Value
Ei_i = Worksheets("ULS_Brand_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(6, 2).Value
Mi = Worksheets("ULS_Brand_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(10, 2).Value
wi = Worksheets("ULS_Brand_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(8, 2).Value
Mk = Worksheets("ULS_Brand_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(15, 2).Value
wk = Worksheets("ULS_Brand_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(13, 2).Value

*Worksheets("ULS_Brand_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(25, 2) = (Mk - Mi + l ^ 2 / 2 * g_d) / l*
Vg = Worksheets("ULS_Brand_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(25, 2).Value
*Worksheets("ULS_Brand_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(26, 2) = Mi + Vg * l / 2 - g_d * (l / 2) ^ 2 / 2*
*Worksheets("ULS_Brand_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(27, 2) = (Mk - Mi + l ^ 2 / 2 * q_d) / l*
Vq = Worksheets("ULS_Brand_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(27, 2).Value
*Worksheets("ULS_Brand_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(28, 2) = Mi + Vq * l / 2 - q_d * (l / 2) ^ 2 / 2*

*Worksheets("ULS_Brand_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(11, 2) = (Mk - Mi + l ^ 2 / 2 * q) / l*
Vi = Worksheets("ULS_Brand_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(11, 2).Value
*Worksheets("ULS_Brand_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(9, 2) = (wk + l ^ 2 / (2 * Ei_i) * Mi / 1000 + l ^ 3 / (6 * Ei_i) * Vi / 1000 - l ^ 4 / (24 * Ei_i) * q / 1000) / l*
phi_i = Worksheets("ULS_Brand_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(9, 2).Value
*Worksheets("ULS_Brand_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(14, 2) = phi_i - Mi / 1000 * l / Ei_i - Vi / 1000 * l ^ 2 / (2 * Ei_i) + q / 1000 * l ^ 3 / (6 * Ei_i)*
phi_k = Worksheets("ULS_Brand_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(14, 2).Value
*Worksheets("ULS_Brand_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(16, 2) = Vi - l * q*
Worksheets("ULS_Brand_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(2, 2) = Vi / q

For j = 0 To l
*x = 0 + 1 * j*

Worksheets("ULS_Brand_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(2 + j, 4) = x
*Worksheets("ULS_Brand_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(2 + j, 5) = Vi - q * x*
*Worksheets("ULS_Brand_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(2 + j, 6) = Mi + Vi * x - q * x ^ 2 / 2*

Next

End Sub

Dieses Modul löst die Übertragungsbeziehungen für den Lastfall Brand einer HBV Decke. Alle Werte des ersten Absatzes müssen bekannt sein.

2.2. Modul 2:

Sub Berechnung_Übertragungsbeziehung_SLS_HBV_t0()

```
l = Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=0").Cells(1, 2).Value
q = Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=0").Cells(3, 2).Value
Ei_i = Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=0").Cells(6, 2).Value
Mi = Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=0").Cells(10, 2).Value
wi = Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=0").Cells(8, 2).Value
Mk = Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=0").Cells(15, 2).Value
wk = Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=0").Cells(13, 2).Value
```

```
Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=0").Cells(11, 2) = (Mk - Mi + l ^ 2 / 2 * q) / l
Vi = Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=0").Cells(11, 2).Value
Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=0").Cells(9, 2) = (wk + l ^ 2 / (2 * Ei_i) * Mi / 1000 + l ^ 3 / (6 *
Ei_i) * Vi / 1000 - l ^ 4 / (24 * Ei_i) * q / 1000) / l
phi_i = Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=0").Cells(9, 2).Value
Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=0").Cells(14, 2) = phi_i - Mi / 1000 * l / Ei_i - Vi / 1000 * l ^ 2 /
(2 * Ei_i) + q / 1000 * l ^ 3 / (6 * Ei_i)
phi_k = Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=0").Cells(14, 2).Value
Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=0").Cells(16, 2) = Vi - l * q
Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=0").Cells(2, 2) = Vi / q
```

```
For j = 0 To l
x = 0 + 1 * j
```

```
Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=0").Cells(2 + j, 4) = x
Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=0").Cells(2 + j, 5) = Vi - q * x
Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=0").Cells(2 + j, 6) = Mi + Vi * x - q * x ^ 2 / 2
Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=0").Cells(2 + j, 7) = phi_i - Mi / 1000 * x / Ei_i - Vi / 1000 * x ^
2 / (2 * Ei_i) + q / 1000 * x ^ 3 / (6 * Ei_i)
Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=0").Cells(2 + j, 8) = wi + phi_i * x - Mi / 1000 * x ^ 2 / (2 * Ei_i)
- Vi / 1000 * x ^ 3 / (6 * Ei_i) + q / 1000 * x ^ 4 / (24 * Ei_i)
```

```
Next
```

```
End Sub
```

Dieses Modul löst die Übertragungsbeziehungen für den Lastfall SLS zum Zeitpunkt 0 einer HBV Decke. Alle Werte des ersten Absatzes müssen bekannt sein.

2.3. Modul 3:

Sub Berechnung_Übertragungsbeziehung_SLS_HBV_tx()

```
l = Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=x").Cells(1, 2).Value
q = Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=x").Cells(3, 2).Value
Ei_i = Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=x").Cells(6, 2).Value
Mi = Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=x").Cells(10, 2).Value
wi = Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=x").Cells(8, 2).Value
Mk = Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=x").Cells(15, 2).Value
wk = Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=x").Cells(13, 2).Value
```

```
Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=x").Cells(11, 2) = (Mk - Mi + l ^ 2 / 2 * q) / l
Vi = Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=x").Cells(11, 2).Value
Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=x").Cells(9, 2) = (wk + l ^ 2 / (2 * Ei_i) * Mi / 1000 + l ^ 3 / (6 *
Ei_i) * Vi / 1000 - l ^ 4 / (24 * Ei_i) * q / 1000) / l
phi_i = Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=x").Cells(9, 2).Value
Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=x").Cells(14, 2) = phi_i - Mi / 1000 * l / Ei_i - Vi / 1000 * l ^ 2 /
(2 * Ei_i) + q / 1000 * l ^ 3 / (6 * Ei_i)
phi_k = Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=x").Cells(14, 2).Value
Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=x").Cells(16, 2) = Vi - l * q
Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=x").Cells(2, 2) = Vi / q
```

```
For j = 0 To l
x = 0 + 1 * j
```

```
Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=x").Cells(2 + j, 4) = x
Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=x").Cells(2 + j, 5) = Vi - q * x
Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=x").Cells(2 + j, 6) = Mi + Vi * x - q * x ^ 2 / 2
Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=x").Cells(2 + j, 7) = phi_i - Mi / 1000 * x / Ei_i - Vi / 1000 * x ^
2 / (2 * Ei_i) + q / 1000 * x ^ 3 / (6 * Ei_i)
Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=x").Cells(2 + j, 8) = wi + phi_i * x - Mi / 1000 * x ^ 2 / (2 * Ei_i)
- Vi / 1000 * x ^ 3 / (6 * Ei_i) + q / 1000 * x ^ 4 / (24 * Ei_i)
```

```
Next
```

```
End Sub
```

Dieses Modul löst die Übertragungsbeziehungen für den Lastfall SLS zum Zeitpunkt x, an dem das Kriechen des Betons abgeschlossen ist und das Kriechen im Holz noch nicht begonnen hat, einer HBV Decke. Alle Werte des ersten Absatzes müssen bekannt sein.

2.4. Modul 4:

Sub Berechnung_Übertragungsbeziehung_SLS_HBV_tu()

```
l = Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=u").Cells(1, 2).Value
q = Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=u").Cells(3, 2).Value
Ei_i = Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=u").Cells(6, 2).Value
Mi = Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=u").Cells(10, 2).Value
wi = Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=u").Cells(8, 2).Value
Mk = Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=u").Cells(15, 2).Value
wk = Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=u").Cells(13, 2).Value
```

```
Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=u").Cells(11, 2) = (Mk - Mi + l ^ 2 / 2 * q) / l
Vi = Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=u").Cells(11, 2).Value
Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=u").Cells(9, 2) = (wk + l ^ 2 / (2 * Ei_i) * Mi / 1000 + l ^ 3 / (6 *
Ei_i) * Vi / 1000 - l ^ 4 / (24 * Ei_i) * q / 1000) / l
phi_i = Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=u").Cells(9, 2).Value
Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=u").Cells(14, 2) = phi_i - Mi / 1000 * l / Ei_i - Vi / 1000 * l ^ 2 /
(2 * Ei_i) + q / 1000 * l ^ 3 / (6 * Ei_i)
phi_k = Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=u").Cells(14, 2).Value
Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=u").Cells(16, 2) = Vi - l * q
Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=u").Cells(2, 2) = Vi / q
```

```
For j = 0 To l
x = 0 + 1 * j
```

```
Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=u").Cells(2 + j, 4) = x
Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=u").Cells(2 + j, 5) = Vi - q * x
Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=u").Cells(2 + j, 6) = Mi + Vi * x - q * x ^ 2 / 2
Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=u").Cells(2 + j, 7) = phi_i - Mi / 1000 * x / Ei_i - Vi / 1000 * x ^
2 / (2 * Ei_i) + q / 1000 * x ^ 3 / (6 * Ei_i)
Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=u").Cells(2 + j, 8) = wi + phi_i * x - Mi / 1000 * x ^ 2 / (2 * Ei_i)
- Vi / 1000 * x ^ 3 / (6 * Ei_i) + q / 1000 * x ^ 4 / (24 * Ei_i)
```

Next

End Sub

Dieses Modul löst die Übertragungsbeziehungen für den Lastfall SLS zum Zeitpunkt unendlich, an dem das Kriechen des Betons abgeschlossen ist und das Kriechen im Holz abgeschlossen ist, einer HBV Decke. Alle Werte des ersten Absatzes müssen bekannt sein.

2.5. Modul 5:

Sub Berechnung_Übertragungsbeziehung_ULS_HBV_t0_quer()

```
l = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0_quer").Cells(1, 2).Value
q = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0_quer").Cells(3, 2).Value
g_d = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0_quer").Cells(4, 2).Value
q_d = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0_quer").Cells(5, 2).Value
Ei_i = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0_quer").Cells(6, 2).Value
Mi = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0_quer").Cells(10, 2).Value
wi = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0_quer").Cells(8, 2).Value
Mk = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0_quer").Cells(15, 2).Value
wk = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0_quer").Cells(13, 2).Value
```

```
Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0_quer").Cells(25, 2) = (Mk - Mi + l ^ 2 / 2 * g_d) / l
Vg = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0_quer").Cells(25, 2).Value
Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0_quer").Cells(26, 2) = Mi + Vg * l / 2 - g_d * (l / 2) ^ 2 / 2
Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0_quer").Cells(27, 2) = (Mk - Mi + l ^ 2 / 2 * q_d) / l
Vq = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0_quer").Cells(27, 2).Value
Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0_quer").Cells(28, 2) = Mi + Vq * l / 2 - q_d * (l / 2) ^ 2 / 2
```

```
Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0_quer").Cells(11, 2) = (Mk - Mi + l ^ 2 / 2 * q) / l
Vi = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0_quer").Cells(11, 2).Value
Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0_quer").Cells(9, 2) = (wk + l ^ 2 / (2 * Ei_i) * Mi / 1000 + l ^ 3 / (6 * Ei_i) * Vi / 1000 - l ^ 4 / (24 * Ei_i) * q / 1000) / l
phi_i = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0_quer").Cells(9, 2).Value
Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0_quer").Cells(14, 2) = phi_i - Mi / 1000 * l / Ei_i - Vi / 1000 * l ^ 2 / (2 * Ei_i) + q / 1000 * l ^ 3 / (6 * Ei_i)
phi_k = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0_quer").Cells(14, 2).Value
Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0_quer").Cells(16, 2) = Vi - l * q
Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0_quer").Cells(2, 2) = Vi / q
```

```
For j = 0 To 10 * l
x = 0 + 0.1 * j
```

```
Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0_quer").Cells(2 + j, 4) = x
Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0_quer").Cells(2 + j, 5) = Vi - q * x
Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0_quer").Cells(2 + j, 6) = Mi + Vi * x - q * x ^ 2 / 2
```

```
Next
```

```
End Sub
```

Löst die Übertragungsbeziehungen und gibt die Schnittgrößen für die Quertragrichtung aus

2.6. Modul 6:

Sub ClearYellowCellsinULS1()

Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0").Range("D2:H30").Clear

End Sub

Löscht Zellen eines bestimmten Bereiches

2.7. Modul 7:

Sub ClearYellowCellsinULS2()

Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0_quer").Range("D2:H30").Clear

End Sub

Löscht Zellen eines bestimmten Bereiches

2.8. Modul 8:

Sub ClearYellowCellsinULS3()

Worksheets("ULS_Brand_Schnittgrößen_HBV_t=0").Range("D2:H30").Clear

End Sub

Löscht Zellen eines bestimmten Bereiches

2.9. Modul 9:

Sub ClearYellowCellsinSLS1()

Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=0").Range("D2:H30").Clear

End Sub

Löscht Zellen eines bestimmten Bereiches

2.10. Modul 10:

```
Sub ClearYellowCellsinSLS2()
```

```
Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=x").Range("D2:H30").Clear
```

```
End Sub
```

Löscht Zellen eines bestimmten Bereiches

2.11. Modul 11:

```
Sub Berechnung_Übertragungsbeziehung_ULS_HBV_t0()
```

```
l = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(1, 2).Value  
q = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(3, 2).Value  
g_d = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(4, 2).Value  
q_d = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(5, 2).Value  
Ei_i = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(6, 2).Value  
Mi = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(10, 2).Value  
wi = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(8, 2).Value  
Mk = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(15, 2).Value  
wk = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(13, 2).Value
```

```
Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(25, 2) = (Mk - Mi + l ^ 2 / 2 * g_d) / l  
Vg = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(25, 2).Value  
Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(26, 2) = Mi + Vg * l / 2 - g_d * (l / 2) ^ 2 / 2  
Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(27, 2) = (Mk - Mi + l ^ 2 / 2 * q_d) / l  
Vq = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(27, 2).Value  
Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(28, 2) = Mi + Vq * l / 2 - q_d * (l / 2) ^ 2 / 2
```

```
Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(11, 2) = (Mk - Mi + l ^ 2 / 2 * q) / l  
Vi = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(11, 2).Value  
Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(9, 2) = (wk + l ^ 2 / (2 * Ei_i) * Mi / 1000 + l ^ 3 / (6 *  
Ei_i) * Vi / 1000 - l ^ 4 / (24 * Ei_i) * q / 1000) / l  
phi_i = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(9, 2).Value  
Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(14, 2) = phi_i - Mi / 1000 * l / Ei_i - Vi / 1000 * l ^ 2 /  
(2 * Ei_i) + q / 1000 * l ^ 3 / (6 * Ei_i)  
phi_k = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(14, 2).Value  
Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(16, 2) = Vi - l * q  
Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(2, 2) = Vi / q
```

```
For j = 0 To l
```

```
x = 0 + 1 * j
```

```
Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(2 + j, 4) = x  
Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(2 + j, 5) = Vi - q * x  
Worksheets("ULS_Schnittgrößen_HBV_t=0").Cells(2 + j, 6) = Mi + Vi * x - q * x ^ 2 / 2
```

Next

End Sub

Löst die Übertragungsbeziehungen und gibt die Schnittgrößen aus

2.12. Modul 12:

Sub ClearYellowCellsinSLS3()

Worksheets("SLS_Durchbiegung_HBV_t=u").Range("D2:H30").Clear

End Sub

Löscht Zellen eines bestimmten Bereiches

2.13. Modul 13:

Sub Clear_all_ULS_SLS()

ClearYellowCellsinULS1

ClearYellowCellsinULS2

ClearYellowCellsinULS3

ClearYellowCellsinSLS1

ClearYellowCellsinSLS2

ClearYellowCellsinSLS3

End Sub

Führt Module 6,7,8,9,10, und 12 aus

2.14. Modul 14:

Sub Calculate_all_ULS_SLS()

Berechnung_Übertragungsbeziehung_ULS_HBV_t0

Berechnung_Übertragungsbeziehung_ULS_HBV_Brand_t0

Berechnung_Übertragungsbeziehung_ULS_HBV_t0_quer

Berechnung_Übertragungsbeziehung_SLS_HBV_t0

Berechnung_Übertragungsbeziehung_SLS_HBV_tx

Berechnung_Übertragungsbeziehung_SLS_HBV_tu

End Sub

Führt Module 1, 2, 3, 4, 5 und 11 aus

2.15. Modul 15:

Sub NächsteHöhe_C()

Dim i As Integer

Dim j As Double

i = 1

*j = Worksheets("Menü").Cells(13, 4).Value + 0.02 * i*

Worksheets("Menü").Cells(13, 4).Value = j

End Sub

Erhöht die Betondecke in 2 cm Schritten

2.16. Modul 16:

Sub StartwertHoeheHBV_C()

Dim b As Double

b = 0.08

Worksheets("Menü").Cells(13, 4).Value = b

End Sub

Setzt den Startwert der Betondecke auf den Wert 8 cm zurück

2.17. Modul 17:

Sub Schleife_1()

Do

NächsteHöhe_C

Schleife_Verbindungsmittelreihen

Startwert_Verbindungsmittelreihen

Loop Until Worksheets("Menü").Cells(13, 4).Value > 0.18

End Sub

Schleife die die Dicke der Betondecke erhöht und das Modul 58 als Unterschleife ausführt

2.18. Modul 18:

Sub NächsteHöhe_H()

Dim i As Integer

Dim j As Double

i = 1

*j = Worksheets("Menü").Cells(10, 4).Value + 0.04 * i*

Worksheets("Menü").Cells(10, 4).Value = j

End Sub

Erhöht die BSH Trägerhöhe in 4 cm Schritten

2.19. Modul 19:

Sub StartwertHoeheHBV_H()

Dim b As Double

h = 0.36

Worksheets("Menü").Cells(10, 4).Value = h

End Sub

Setzt den Startwert der BSH Trägerhöhe auf den Wert 36 cm zurück

2.20. Modul 20:

Sub Schleife_1_2()

Do

NächsteHöhe_H

Schleife_1

StartwertHoeheHBV_C

Loop Until Worksheets("Menü").Cells(10, 4).Value > 0.52

End Sub

Schleife die die BSH Trägerhöhe erhöht und die Schleife_1 als unterschleife ausführt

2.21. Modul 21:

Sub NächsteBreite_H()

Dim i As Integer

Dim j As Double

i = 1

*j = Worksheets("Menü").Cells(9, 4).Value + 0.02 * i*

Worksheets("Menü").Cells(9, 4).Value = j

End Sub

Erhöht die Breite des Holzträgers in 2 cm Schritten

2.22. Modul 22:

Sub StartwertBreiteHBV_H()

Dim b As Double

b = 0.2

Worksheets("Menü").Cells(9, 4).Value = b

End Sub

Setzt den Startwert der BSH Trägerbreite auf 20 cm zurück

2.23. Modul 23:

```
Sub Schleife_1_2_3()  
  
Do  
NächsteBreite_H  
Schleife_1_2  
StartwertHoeheHBV_H  
Loop Until Worksheets("Menü").Cells(9, 4).Value > 0.3  
  
End Sub
```

Schleife die die BSH Trägerbreite erhöht und die Schleife_1_2 als unterschleife ausführt

2.24. Modul 24:

```
Sub NächsterAchsabstand()  
  
Dim i As Integer  
Dim j As Double  
  
i = 1  
  
j = Worksheets("Menü").Cells(6, 4).Value + 0.1 * i  
  
Worksheets("Menü").Cells(6, 4).Value = j  
  
End Sub
```

Erhöht den Achsabstand des Holzträgers in 10 cm Schritten

2.25. Modul 25:

```
Sub StartwertAchse()  
  
Dim b As Double  
  
b = 0.7  
  
Worksheets("Menü").Cells(6, 4).Value = b  
  
End Sub
```

Setzt den Startwert des Achsabstandes auf 70 cm zurück

2.26. Modul 26:

```
Sub Schleife_1_2_3_4()  
  
Do  
NächsterAchsabstand  
Schleife_1_2_3  
StartwertBreiteHBV_H  
Loop Until Worksheets("Menü").Cells(6, 4).Value > 1.5  
  
End Sub
```

Schleife die den Achsabstand erhöht und die Schleife_1_2_3 als unterschleife ausführt

2.27. Modul 27:

```
Sub Kopieren_erfüllt()  
  
With Worksheets("Ein_Zyklus")  
  
With If(IsEmpty(.Cells(3, 7).Value), .Cells(3, 7), _  
    .Cells(Rows.Count, 7).End(xlUp).Offset(1, 0))  
  
    .Value = Worksheets("NW_Schreiber").Cells(57, 6).Value  
  
End With  
End With  
  
End Sub
```

Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus ob alle Nachweise erfüllt sind

2.28. Modul 28:

```
Sub Kopieren_hc()  
  
With Worksheets("Ein_Zyklus")  
  
With If(IsEmpty(.Cells(3, 6).Value), .Cells(3, 6), _  
    .Cells(Rows.Count, 6).End(xlUp).Offset(1, 0))  
  
    .Value = Worksheets("Menü").Cells(13, 4).Value  
  
End With  
End With  
  
End Sub
```

Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus die Betondicke

2.29. Modul 29:

```
Sub Kopieren_hh()  
  
    With Worksheets("Ein_Zyklus")  
  
        With If(IsEmpty(.Cells(3, 5).Value), .Cells(3, 5), _  
            .Cells(Rows.Count, 5).End(xlUp).Offset(1, 0))  
  
            .Value = Worksheets("Menü").Cells(10, 4).Value  
  
        End With  
    End With  
  
End Sub
```

Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus die Trägerhöhe

2.30. Modul 30:

```
Sub Kopieren_bh()  
  
    With Worksheets("Ein_Zyklus")  
  
        With If(IsEmpty(.Cells(3, 4).Value), .Cells(3, 4), _  
            .Cells(Rows.Count, 4).End(xlUp).Offset(1, 0))  
  
            .Value = Worksheets("Menü").Cells(9, 4).Value  
  
        End With  
    End With  
  
End Sub
```

Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus die Trägerbreite

2.31. Modul 31:

```
Sub Kopieren_a()  
  
    With Worksheets("Ein_Zyklus")  
  
        With If(IsEmpty(.Cells(3, 3).Value), .Cells(3, 3), _  
            .Cells(Rows.Count, 3).End(xlUp).Offset(1, 0))  
  
            .Value = Worksheets("Menü").Cells(6, 4).Value  
  
        End With  
    End With
```

End With

End Sub

Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus den Achsabstand

2.32. Modul 32:

Sub startwerte()

StartwertAchse

StartwertBreiteHBV_H

StartwertHoeheHBV_H

StartwertHoeheHBV_C

Startwert_Verbindungsmittelreihen

Startwert_Verbindungsmittelabstand

End Sub

Setzt Alle Eingabewerte auf den Ausgangswert zurück

2.33. Modul 33:

Sub ClearYellowCellsInNW_Schreiber()

Worksheets("NW_Schreiber").Range("b57:f57").Clear

End Sub

Löscht Zellen eines bestimmten Bereiches

2.34. Modul 34:

Sub BerechnungHBV()

startwerte
Clear_all_ULS_SLS
Schleife_1_2_3_4

End Sub

Führt die Berechnung durch Modul 32, 13, 33 und 26 werden ausgeführt

2.35. Modul 35:

Sub Berechnung_Übertragungsbeziehung_ULS_Beton_t0()

l = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(1, 2).Value
q = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(3, 2).Value
g_d = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(4, 2).Value
q_d = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(5, 2).Value
Ei_i = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(6, 2).Value
Mi = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(10, 2).Value
wi = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(8, 2).Value
Mk = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(15, 2).Value
wk = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(13, 2).Value

*Worksheets("ULS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(25, 2) = (Mk - Mi + l ^ 2 / 2 * g_d) / l*
Vg = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(25, 2).Value
*Worksheets("ULS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(26, 2) = Mi + Vg * l / 2 - g_d * (l / 2) ^ 2 / 2*
*Worksheets("ULS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(27, 2) = (Mk - Mi + l ^ 2 / 2 * q_d) / l*
Vq = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(27, 2).Value
*Worksheets("ULS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(28, 2) = Mi + Vq * l / 2 - q_d * (l / 2) ^ 2 / 2*

*Worksheets("ULS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(11, 2) = (Mk - Mi + l ^ 2 / 2 * q) / l*
Vi = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(11, 2).Value
*Worksheets("ULS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(9, 2) = (wk + l ^ 2 / (2 * Ei_i) * Mi / 1000 + l ^ 3 / (6 * Ei_i) * Vi / 1000 - l ^ 4 / (24 * Ei_i) * q / 1000) / l*
phi_i = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(9, 2).Value
*Worksheets("ULS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(14, 2) = phi_i - Mi / 1000 * l / Ei_i - Vi / 1000 * l ^ 2 / (2 * Ei_i) + q / 1000 * l ^ 3 / (6 * Ei_i)*
phi_k = Worksheets("ULS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(14, 2).Value
*Worksheets("ULS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(16, 2) = Vi - l * q*
Worksheets("ULS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(2, 2) = Vi / q

For j = 0 To l
*x = 0 + 1 * j*

Worksheets("ULS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(2 + j, 4) = x
*Worksheets("ULS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(2 + j, 5) = Vi - q * x*

```
Worksheets("ULS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(2 + j, 6) = Mi + Vi * x - q * x ^ 2 / 2
```

Next

End Sub

Löst die Übertragungsbeziehungen und gibt die Schnittgrößen aus

2.36. Modul 36:

```
Sub ClearYellowCellsInULS_c()
```

```
Worksheets("ULS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Range("D2:H30").Clear
```

End Sub

Löscht Zellen eines bestimmten Bereiches

2.37. Modul 37:

```
Sub Berechnung_Übertragungsbeziehung_SLS_Schnittgrößen_Beton_t0()
```

```
l = Worksheets("SLS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(1, 2).Value  
q = Worksheets("SLS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(3, 2).Value  
g_d = Worksheets("SLS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(4, 2).Value  
q_d = Worksheets("SLS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(5, 2).Value  
Ei_i = Worksheets("SLS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(6, 2).Value  
Mi = Worksheets("SLS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(10, 2).Value  
wi = Worksheets("SLS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(8, 2).Value  
Mk = Worksheets("SLS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(15, 2).Value  
wk = Worksheets("SLS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(13, 2).Value
```

```
Worksheets("SLS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(25, 2) = (Mk - Mi + l ^ 2 / 2 * g_d) / l  
Vg = Worksheets("SLS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(25, 2).Value  
Worksheets("SLS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(26, 2) = Mi + Vg * l / 2 - g_d * (l / 2) ^ 2 / 2  
Worksheets("SLS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(27, 2) = (Mk - Mi + l ^ 2 / 2 * q_d) / l  
Vq = Worksheets("SLS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(27, 2).Value  
Worksheets("SLS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(28, 2) = Mi + Vq * l / 2 - q_d * (l / 2) ^ 2 / 2
```

```
Worksheets("SLS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(11, 2) = (Mk - Mi + l ^ 2 / 2 * q) / l  
Vi = Worksheets("SLS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(11, 2).Value  
Worksheets("SLS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(9, 2) = (wk + l ^ 2 / (2 * Ei_i) * Mi / 1000 + l ^ 3 / (6 * Ei_i) * Vi / 1000 - l ^ 4 / (24 * Ei_i) * q / 1000) / l  
phi_i = Worksheets("SLS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(9, 2).Value  
Worksheets("SLS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(14, 2) = phi_i - Mi / 1000 * l / Ei_i - Vi / 1000 * l ^ 2 / (2 * Ei_i) + q / 1000 * l ^ 3 / (6 * Ei_i)  
phi_k = Worksheets("SLS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(14, 2).Value
```

```
Worksheets("SLS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(16, 2) = Vi - l * q  
Worksheets("SLS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(2, 2) = Vi / q
```

```
For j = 0 To l  
x = 0 + 1 * j
```

```
Worksheets("SLS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(2 + j, 4) = x  
Worksheets("SLS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(2 + j, 5) = Vi - q * x  
Worksheets("SLS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Cells(2 + j, 6) = Mi + Vi * x - q * x ^ 2 / 2
```

```
Next
```

```
End Sub
```

Löst die Übertragungsbeziehungen und gibt die Schnittgrößen aus

2.38. Modul 38:

```
Sub ClearYellowCellsinSLS1_c()
```

```
Worksheets("SLS_Schnittgrößen_Beton_t=0").Range("D2:H30").Clear
```

```
End Sub
```

Löscht Zellen eines bestimmten Bereiches

2.39. Modul 39:

```
Sub Berechnung_Übertragungsbeziehung_SLS_Durchbiegung_Beton_t0()
```

```
l = Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=0").Cells(1, 2).Value  
q = Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=0").Cells(3, 2).Value  
g_d = Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=0").Cells(4, 2).Value  
q_d = Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=0").Cells(5, 2).Value  
Ei_i = Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=0").Cells(6, 2).Value  
Mi = Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=0").Cells(10, 2).Value  
wi = Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=0").Cells(8, 2).Value  
Mk = Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=0").Cells(15, 2).Value  
wk = Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=0").Cells(13, 2).Value
```

```
Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=0").Cells(25, 2) = (Mk - Mi + l ^ 2 / 2 * g_d) / l  
Vg = Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=0").Cells(25, 2).Value  
Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=0").Cells(26, 2) = Mi + Vg * l / 2 - g_d * (l / 2) ^ 2 / 2
```

```
Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=0").Cells(27, 2) = (Mk - Mi + l ^ 2 / 2 * q_d) / l
Vq = Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=0").Cells(27, 2).Value
Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=0").Cells(28, 2) = Mi + Vq * l / 2 - q_d * (l / 2) ^ 2 / 2
```

```
Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=0").Cells(11, 2) = (Mk - Mi + l ^ 2 / 2 * q) / l
Vi = Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=0").Cells(11, 2).Value
Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=0").Cells(9, 2) = (wk + l ^ 2 / (2 * Ei_i) * Mi / 1000 + l ^ 3 / (6 * Ei_i) * Vi / 1000 - l ^ 4 / (24 * Ei_i) * q / 1000) / l
phi_i = Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=0").Cells(9, 2).Value
Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=0").Cells(14, 2) = phi_i - Mi / 1000 * l / Ei_i - Vi / 1000 * l ^ 2 / (2 * Ei_i) + q / 1000 * l ^ 3 / (6 * Ei_i)
phi_k = Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=0").Cells(14, 2).Value
Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=0").Cells(16, 2) = Vi - l * q
Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=0").Cells(2, 2) = Vi / q
```

```
For j = 0 To l
x = 0 + 1 * j
```

```
Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=0").Cells(2 + j, 4) = x
Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=0").Cells(2 + j, 5) = Vi - q * x
Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=0").Cells(2 + j, 6) = Mi + Vi * x - q * x ^ 2 / 2
Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=0").Cells(2 + j, 7) = phi_i - Mi / 1000 * x / Ei_i - Vi / 1000 * x ^ 2 / (2 * Ei_i) + q / 1000 * x ^ 3 / (6 * Ei_i)
Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=0").Cells(2 + j, 8) = wi + phi_i * x - Mi / 1000 * x ^ 2 / (2 * Ei_i) - Vi / 1000 * x ^ 3 / (6 * Ei_i) + q / 1000 * x ^ 4 / (24 * Ei_i)
```

```
Next
```

```
End Sub
```

Löst die Übertragungsbeziehungen und gibt die Schnittgrößen und Verformungen aus

2.40. Modul 40:

```
Sub ClearYellowCellsinSLS2_c()
```

```
Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=0").Range("D2:H30").Clear
```

```
End Sub
```

Löscht Zellen eines bestimmten Bereiches

2.41. Modul 41:

```
Sub Berechnung_Übertragungsbeziehung_SLS_Durchbiegung_Beton_tu()
```

```
l = Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=u").Cells(1, 2).Value / 2  
q = Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=u").Cells(3, 2).Value  
Ei_i = Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=u").Cells(6, 2).Value  
Mi = Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=u").Cells(10, 2).Value  
wi = Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=u").Cells(8, 2).Value  
Vk = Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=u").Cells(16, 2).Value  
phi_k = Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=u").Cells(14, 2).Value  
r = Worksheets("Beton_Berechnung").Cells(65, 12).Value
```

```
Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=u").Cells(11, 2) = Vk + q * l  
Vi = Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=u").Cells(11, 2).Value  
Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=u").Cells(15, 2) = Mi + Vi * l - q * (l) ^ 2 / 2  
Mk = Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=u").Cells(15, 2).Value  
b2_l = l ^ 2 * r / (2 * (r - l))  
b2__l = l * r * (2 * r - l) / (2 * (r - l) ^ 2)  
Ln = Application.WorksheetFunction.Ln((r - l) / r)  
b3_l = l * r ^ 2 * (2 * r - l) / (2 * (r - l)) + r ^ 3 * Ln  
b3__l = (l * r) ^ 2 / (2 * (r - l) ^ 2)  
b4_l = r ^ 3 * l * (6 * r - 5 * l) / (4 * (r - l)) + r ^ 3 * (3 * r - l) / 2 * Ln  
b4__l = r ^ 3 * l * (3 * l - 2 * r) / (4 * (r - l) ^ 2) - r ^ 3 / 2 * Ln  
Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=u").Cells(9, 2) = phi_k + Mi / 1000 * b2__l / Ei_i + Vi / 1000  
* b3__l / (1 * Ei_i) - q / 1000 * b4__l / (1 * Ei_i)  
phi_i = Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=u").Cells(9, 2).Value  
Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=u").Cells(13, 2) = wi + phi_i * l - Mi / 1000 * b2_l / Ei_i - Vi /  
1000 * b3_l / (1 * Ei_i) + q / 1000 * b4_l / (1 * Ei_i)
```

```
End Sub
```

Löst die Übertragungsbeziehungen und gibt die Schnittgrößen und Verformungen aus

2.42. Modul 42:

```
Sub ClearYellowCellsInSLS3_c()
```

```
Worksheets("SLS_Durchbiegung_Beton_t=u").Range("D2:H30").Clear
```

```
End Sub
```

Löscht Zellen eines bestimmten Bereiches

2.43. Modul 43:

```
Sub Berchnung_Uebertrag_C()
```

```
ClearYellowCellsInULS_c
```

```
ClearYellowCellsInSLS1_c
```

```
ClearYellowCellsInSLS2_c
```

```
ClearYellowCellsInSLS3_c
```

```
Berechnung_Übertragungsbeziehung_ULS_Beton_t0
```

```
Berechnung_Übertragungsbeziehung_SLS_Schnittgrößen_Beton_t0
```

```
Berechnung_Übertragungsbeziehung_SLS_Durchbiegung_Beton_t0
```

```
Berechnung_Übertragungsbeziehung_SLS_Durchbiegung_Beton_tu
```

```
End Sub
```

Führt die Module 36,38,40,42 und 35, 37,39,41 aus

2.44. Modul 44:

```
Sub ZeigeTabellenblaetter()
```

```
Dim Zeile As Long
```

```
Dim Blatt As Worksheet
```

```
Dim Neublatt As Worksheet
```

```
Set Neublatt = ActiveWorkbook.Worksheets.Add
```

```
Zeile = 1
```

```
For Each Blatt In ActiveWorkbook.Worksheets
```

```
If Blatt.Name <> Neublatt.Name Then
```

```
Neublatt.Cells(Zeile, 1) = Blatt.Name
```

```
Zeile = Zeile + 1
```

```
End If
```

```
Next Blatt
```

```
End Sub
```

Erstellt eine Übersicht mit allen vorhandenen Tabellenblättern

2.45. Modul 45:

Sub Nachweiserfüllt_c()

'Überprüft ob alle Nachweise Erfüllt sind'

Dim k As Integer

k = 1

Do

k = k + 1

*If Worksheets("Nachweise_Beton").Cells(0 + k, 2) < 1 Then
Cells(19, 2) = "Nachweis erfüllt!"*

Else

Cells(19, 2) = "Nachweis nicht erfüllt!"

End If

Loop Until Cells(19, 2) = "Nachweis nicht erfüllt!" Or k > 16

End Sub

Überprüft ob alle Nachweise für Betondecken eingehalten sind

2.46. Modul 46:

Sub Nachweiserfüllt_HBV_t0()

'Überprüft ob alle Nachweise Erfüllt sind'

k = 1

Do

k = k + 1

*If Worksheets("NW_Schreiber").Cells(0 + k, 2) < 1 Then
Worksheets("NW_Schreiber").Cells(57, 2) = "erfüllt"*

Else

Worksheets("NW_Schreiber").Cells(57, 2) = "nicht erfüllt"

End If

Loop Until Worksheets("NW_Schreiber").Cells(57, 2) = "nicht erfüllt" Or k > 55

End Sub

Überprüft ob alle Nachweise für HBV Decken zum Zeitpunkt 0 eingehalten sind

2.47. Modul 47:

Sub Nachweiserfüllt_HBV_tx()

'Überrüft ob alle Nachweise Erfüllt sind'

k = 1

Do

k = k + 1

*If Worksheets("NW_Schreiber").Cells(0 + k, 3) < 1 Then
Worksheets("NW_Schreiber").Cells(57, 3) = "erfüllt"*

Else

Worksheets("NW_Schreiber").Cells(57, 3) = "nicht erfüllt"

End If

Loop Until Worksheets("NW_Schreiber").Cells(57, 3) = "nicht erfüllt" Or k > 55

End Sub

Überprüft ob alle Nachweise für HBV Decken zum Zeitpunkt x eingehalten sind

2.48. Modul 48:

Sub Nachweiserfüllt_HBV_tu()

'Überrüft ob alle Nachweise Erfüllt sind'

k = 1

Do

k = k + 1

*If Worksheets("NW_Schreiber").Cells(0 + k, 4) < 1 Then
Worksheets("NW_Schreiber").Cells(57, 4) = "erfüllt"*

Else

Worksheets("NW_Schreiber").Cells(57, 4) = "nicht erfüllt"

End If

Loop Until Worksheets("NW_Schreiber").Cells(57, 4) = "nicht erfüllt" Or k > 55

End Sub

Überprüft ob alle Nachweise für HBV Decken zum Zeitpunkt unendlich eingehalten sind

2.49. Modul 49:

Sub Nachweiserfüllt_HBV()

'Überrüft ob alle Nachweise Erfüllt sind'

k = 1

Do

k = k + 1

*If Worksheets("NW_Schreiber").Cells(57, 0 + k) = "erfüllt" Then
Worksheets("NW_Schreiber").Cells(57, 6) = "erfüllt"*

Else

Worksheets("NW_Schreiber").Cells(57, 6) = "nicht erfüllt"

End If

Loop Until Worksheets("NW_Schreiber").Cells(57, 6) = "nicht erfüllt" Or k > 3

End Sub

Überprüft ob die Bedingungen aus Modul 46,47 und 48 eingehalten sind

2.50. Modul 50:

Sub Nachweis_Kontrolle()

Nachweiserfüllt_HBV_t0

Nachweiserfüllt_HBV_tx

Nachweiserfüllt_HBV_tu

Nachweiserfüllt_HBV

If Worksheets("NW_Schreiber").Cells(57, 6) = "erfüllt" Then

Kopieren_Werte

Else

Exit Sub

End If

End Sub

Führt die Module 46,47,48 und 49 aus

2.51. Modul 51:

Sub Kopieren_Werte()

Kopieren_a

Kopieren_bh

Kopieren_hh

Kopieren_hc

Kopieren_erfüllt

Kopieren_sef

Kopieren_n

Kopieren_As

Kopieren_d_schalung

Kopieren_Dicke_Aufbau

Kopieren_Dicke_Schüttung

Kopieren_Dicke_Wärmedämmung

Kopieren_Brand_Gkf

Kopieren_U_Wert

Kopieren_Trittschall
Kopieren_Luftschall
Kopieren_Last_Aufbau
Kopieren_Last_ständige_gesamt

End Sub

Führt die Module 27,28,29,30, 31 , 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 69, 70 und 71 aus

2.52. Modul 52:

Sub ClearYellowCellsinEin_Zyklus()

Worksheets("Ein_Zyklus").Range("c3:t150000").Clear

End Sub

Löscht Zellen eines bestimmten Bereiches.

2.53. Modul 53:

Sub Startwert_Verbindungsmittelreihen()

Worksheets("Menü").Cells(6, 7) = 0#

End Sub

Setzt die Anzahl der Verbindungsmittelreihen auf 0 zurück

2.54. Modul 54:

Sub NächsteReihe()

Dim i As Integer

Dim j As Double

i = 1

*j = Worksheets("Menü").Cells(6, 7).Value + 0.5 * i*

Worksheets("Menü").Cells(6, 7).Value = j

End Sub

Erhöht die Verbindungsmittelreihen um 1 Reihe.

2.55. Modul 55:

Sub Startwert_Verbindungsmittelabstand()

Worksheets("Menü").Cells(5, 7) = 0.16

End Sub

Setzt den Verbindungsmittelabstand auf 0,16 zurück

2.56. Modul 56:

Sub NächsterVerbindungsmittelabstand()

Dim i As Integer

Dim j As Double

i = 1

*j = Worksheets("Menü").Cells(5, 7).Value + 0.02 * i*

Worksheets("Menü").Cells(5, 7).Value = j

End Sub

Erhöht den Verbindungsmittelabstand um 0,02

2.57. Modul 57:

Sub Schleife_Verbindungsmittelabstand()

Do

NächsterVerbindungsmittelabstand

ClearYellowCellsInNW_Schreiber

Calculate_all_ULS_SLS

Nachweis_Kontrolle

Loop Until Worksheets("Menü").Cells(5, 7).Value > 0.5

End Sub

Schleife die den Verbindungsmittelabstand erhöht und die Module 56, 52, 14, 50 und 51 ausführt

2.58. Modul 58:

Sub Schleife_Verbindungsmittelreihen()

Do

NächsteReihe

Schleife_Verbindungsmittelabstand

Startwert_Verbindungsmittelabstand

Loop Until Worksheets("Menü").Cells(6, 7).Value > 1.5

End Sub

Schleife die die Verbindungsmittelreihen erhöht und die Module 54, 57 und 55 ausführt

2.59. Modul 59:

Sub Kopieren_sef()

With Worksheets("Ein_Zyklus")

*With If(IsEmpty(.Cells(3, 8).Value), .Cells(3, 8), _
 .Cells(Rows.Count, 8).End(xlUp).Offset(1, 0))*

.Value = Worksheets("Menü").Cells(5, 7).Value

End With

End With

End Sub

Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus den Verbindungsmittelabstand

2.60. Modul 60:

```
Sub Kopieren_n()  
  
    With Worksheets("Ein_Zyklus")  
  
        With If(IsEmpty(.Cells(3, 9).Value), .Cells(3, 9), _  
            .Cells(Rows.Count, 9).End(xlUp).Offset(1, 0))  
  
            .Value = Worksheets("Menü").Cells(6, 7).Value  
  
        End With  
    End With  
  
End Sub
```

Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus die Verbindungsmittelreihen

2.61. Modul 61:

```
Sub Kopieren_As()  
  
    With Worksheets("Ein_Zyklus")  
  
        With If(IsEmpty(.Cells(3, 10).Value), .Cells(3, 10), _  
            .Cells(Rows.Count, 10).End(xlUp).Offset(1, 0))  
  
            .Value = Worksheets("Menü").Cells(14, 7).Value  
  
        End With  
    End With  
  
End Sub
```

Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus die Bewehrungsmenge

2.62. Modul 62:

```
Sub Kopieren_d_schalung()  
  
    With Worksheets("Ein_Zyklus")  
  
        With If(IsEmpty(.Cells(3, 11).Value), .Cells(3, 11), _  
            .Cells(Rows.Count, 11).End(xlUp).Offset(1, 0))  
  
            .Value = Worksheets("Menü").Cells(15, 4).Value  
  
        End With  
    End With  
  
End Sub
```

End With
End With

End Sub

Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus die Dicke der Schalung

2.63. Modul 63:

Sub Kopieren_Dicke_Aufbau()

With Worksheets("Ein_Zyklus")

*With If(IsEmpty(.Cells(3, 13).Value), .Cells(3, 13), _
 .Cells(Rows.Count, 13).End(xlUp).Offset(1, 0))*

.Value = Worksheets("Aufbauten").Cells(16, 3).Value

End With
End With

End Sub

Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus die Dicke des Aufbaus

2.64. Modul 64:

Sub Kopieren_Dicke_Schüttung()

With Worksheets("Ein_Zyklus")

*With If(IsEmpty(.Cells(3, 14).Value), .Cells(3, 14), _
 .Cells(Rows.Count, 14).End(xlUp).Offset(1, 0))*

.Value = Worksheets("Aufbauten").Cells(11, 3).Value

End With
End With

End Sub

Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus die Dicke der Schüttung

2.65. Modul 65:

```
Sub Kopieren_Dicke_Wärmedämmung()  
  
    With Worksheets("Ein_Zyklus")  
  
        With If(IsEmpty(.Cells(3, 15).Value), .Cells(3, 15), _  
            .Cells(Rows.Count, 15).End(xlUp).Offset(1, 0))  
  
            .Value = Worksheets("Aufbauten").Cells(7, 3).Value  
  
        End With  
    End With  
  
End Sub
```

Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus die Dicke der Wärmedämmung

2.66. Modul 66:

```
Sub Kopieren_Brand_Gkf()  
  
    With Worksheets("Ein_Zyklus")  
  
        With If(IsEmpty(.Cells(3, 12).Value), .Cells(3, 12), _  
            .Cells(Rows.Count, 12).End(xlUp).Offset(1, 0))  
  
            .Value = Worksheets("Menü").Cells(36, 6).Value  
  
        End With  
    End With  
  
End Sub
```

Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus die Brandbeständigkeit der GKF Platten

2.67. Modul 67:

```
Sub Kopieren_U_Wert()  
  
    With Worksheets("Ein_Zyklus")  
  
        With If(IsEmpty(.Cells(3, 16).Value), .Cells(3, 16), _  
            .Cells(Rows.Count, 16).End(xlUp).Offset(1, 0))
```

```
.Value = Worksheets("U-Wert_Berechnung").Cells(22, 5).Value
```

```
End With  
End With
```

```
End Sub
```

Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus den U wert

2.68. Modul 68:

```
Sub Kopieren_Trittschall()
```

```
With Worksheets("Ein_Zyklus")
```

```
With If(IsEmpty(.Cells(3, 17).Value), .Cells(3, 17), _  
.Cells(Rows.Count, 17).End(xlUp).Offset(1, 0))
```

```
.Value = Worksheets("Schallschutz").Cells(24, 2).Value
```

```
End With  
End With
```

```
End Sub
```

Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus den Trittschall

2.69. Modul 69:

```
Sub Kopieren_Luftschall()
```

```
With Worksheets("Ein_Zyklus")
```

```
With If(IsEmpty(.Cells(3, 18).Value), .Cells(3, 18), _  
.Cells(Rows.Count, 18).End(xlUp).Offset(1, 0))
```

```
.Value = Worksheets("Schallschutz").Cells(37, 2).Value
```

```
End With  
End With
```

```
End Sub
```

Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus den Luftschall

2.70. Modul 70:

```
Sub Kopieren_Last_Aufbau()  
  
    With Worksheets("Ein_Zyklus")  
  
        With If(IsEmpty(.Cells(3, 19).Value), .Cells(3, 19), _  
            .Cells(Rows.Count, 19).End(xlUp).Offset(1, 0))  
  
            .Value = Worksheets("Aufbauten").Cells(16, 5).Value  
  
        End With  
    End With  
  
End Sub
```

Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus die Last zufolge Aufbau

2.71. Modul 71:

```
Sub Kopieren_Last_ständige_gesamt()  
  
    With Worksheets("Ein_Zyklus")  
  
        With If(IsEmpty(.Cells(3, 20).Value), .Cells(3, 20), _  
            .Cells(Rows.Count, 20).End(xlUp).Offset(1, 0))  
  
            .Value = Worksheets("Lastfallkombinationen").Cells(40, 2).Value  
  
        End With  
    End With  
  
End Sub
```

Schreibt in das Tabellenblatt Ein_Zyklus die ständigen Lasten der gesamten Konstruktion

2.72. Modul 72:

```
Sub Berechnung_Betondecke()  
  
    Worksheets("Menü").Cells(13, 12) = 0.24  
  
Do
```

```
Worksheets("Menü").Cells(13, 12) = Worksheets("Menü").Cells(13, 12).Value + 0.02
Berchnung_Uebertrag_C
Nachweiserfüllt_c
```

```
Loop Until Worksheets("Nachweise_Beton").Cells(19, 2).Value = "Nachweis erfüllt!"
```

```
End Sub
```

Berechnet die dünnste mögliche Betondecke

2.73. Modul 73:

```
Sub Hohldiele_Werte_einsetzen()
```

```
Dim i As Integer
```

```
For i = 0 To 7
```

```
Worksheets("Nachweise_Hohldiele").Cells(1, 2) = Worksheets("Hohldiele").Cells(31, 2 + i).Value
Worksheets("U-Wert_Berechnung").Cells(14, 15) = Worksheets("Hohldiele").Cells(32, 2 + i).Value
Worksheets("Schallschutz").Cells(2, 16) = Worksheets("Hohldiele").Cells(34, 2 + i).Value
Worksheets("Schallschutz").Cells(35, 16) = Worksheets("Hohldiele").Cells(33, 2 + i).Value
```

```
Kopie_Hohldiele
```

```
Next
```

```
End Sub
```

Berechnet alle möglichen Hohldielen und führt Modul 74 aus

2.74. Modul 74:

```
Sub Kopie_Hohldiele()
```

```
Kopie_HD_eta_Last
```

```
Kopie_HD_UWert
```

```
Kopie_HD_Rw
```

```
Kopie_HD_Ln_T
```

```
End Sub
```

Führt Module 75,76,77,78 aus

2.75. Modul 75:

```
Sub Kopie_HD_eta_Last()  
  
With Worksheets("Nachweise_Hohldiele")  
  
    With If(IsEmpty(.Cells(2, 6).Value), .Cells(2, 6), _  
        .Cells(Rows.Count, 6).End(xlUp).Offset(1, 0))  
  
        .Value = Worksheets("Nachweise_Hohldiele").Cells(3, 2).Value  
  
    End With  
End With  
  
End Sub
```

Schreibt in das Tabellenblatt Nachweise_Hohldiele den Ausnutzungsgrad

2.76. Modul 76:

```
Sub Kopie_HD_UWert()  
  
With Worksheets("Nachweise_Hohldiele")  
  
    With If(IsEmpty(.Cells(2, 7).Value), .Cells(2, 7), _  
        .Cells(Rows.Count, 7).End(xlUp).Offset(1, 0))  
  
        .Value = Worksheets("Nachweise_Hohldiele").Cells(4, 2).Value  
  
    End With  
End With  
  
End Sub
```

Schreibt in das Tabellenblatt Nachweise_Hohldiele den U-Wert

2.77. Modul 77:

```
Sub Kopie_HD_Rw()  
  
With Worksheets("Nachweise_Hohldiele")  
  
    With If(IsEmpty(.Cells(2, 8).Value), .Cells(2, 8), _  
        .Cells(Rows.Count, 8).End(xlUp).Offset(1, 0))  
  
        .Value = Worksheets("Nachweise_Hohldiele").Cells(5, 2).Value  
  
    End With  
End With  
  
End Sub
```

End With
End With

End Sub

Schreibt in das Tabellenblatt Nachweise_Hohldiele den Luftschall

2.78. Modul 78:

Sub Kopie_HD_Ln_T()

With Worksheets("Nachweise_Hohldiele")

*With If(IsEmpty(.Cells(2, 9).Value), .Cells(2, 9), _
 .Cells(Rows.Count, 9).End(xlUp).Offset(1, 0))*

.Value = Worksheets("Nachweise_Hohldiele").Cells(6, 2).Value

End With
End With

End Sub

Schreibt in das Tabellenblatt Nachweise_Hohldiele den Trittschall