

Diploma Thesis

Development of Multi-Layer Façade Elements for Use in Building Construction

Submitted in satisfaction of the requirements for the degree of
Diplom-Ingenieur / Diplom-Ingenieurin
of the TU Wien, Faculty of Civil Engineering

DIPLOMARBEIT

Entwicklung von mehrschaligen Fassadenelementen für den Einsatz im Hochbau

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Ingenieurs
eingereicht an der Technischen Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen

von

László Hegyi - David Pauer

Matr. Nr.: 0325554 - Matr. Nr.: 0326132

unter der Anleitung von

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. **Andreas Kolbitsch**

Dipl.-Ing. . **Aleksandar Milkov Radoevski**

Dipl.-Ing. . **Verena Hammerschmidt, BSc**

Institut für Hochbau, Baudynamik und Gebäudetechnik
Forschungsbereich Hochbaukonstruktionen und Bauwerkserhaltung
Technische Universität Wien,
Karlsplatz 13/208-02, A-1040 Wien

Wien, im Monat August 2022



KURZFASSUNG

Die Vorfertigung von Bauteilen spielt in der Baupraxis eine immer größer werdende Rolle. Es kann dadurch Bauverzögerungen entgegengewirkt werden, die zum Beispiel durch Umwelteinflüsse aber auch durch standortspezifische Hindernisse, wie in etwa Platzmangel, Beschädigung oder Diebstahl vom Baustellenlager, entstehen können. Weiters kann durch Just-in-Time-Lieferungen der Ablauf optimiert und die Bauzeit verkürzt werden.

Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines selbsttragenden, mehrschichtigen Fassadenelements, welches aus zementgebundenen Holzfaserplatten gefertigt wird. Zu Beginn wird auf die Grundlage der Vorfertigung, sowie die zum derzeitigen Zeitpunkt verwendeten und auch funktionierenden, vergleichbaren Systeme eingegangen. Weiters werden die Materialien für die Entwicklung eines neuen Systems analysiert und unterschiedliche Varianten auf ihre Realisierbarkeit überprüft und nachfolgend eine Auswahl anhand der Vor- und Nachteile getroffen. Die ausgewählte Variante wird im Detail auf die Eignung überprüft.

Bei den Berechnungen wird auf die Statik und die bauphysikalischen Eigenschaften (Brandschutz, Schallschutz sowie Wärmeschutz) eingegangen sowie in Anlehnung an die aktuelle Normenlage der Detailaufbau inklusive den Schichtdicken definiert. Anhand dieser Erkenntnisse werden anschließend die Kosten getrennt in Herstellkosten, Transportkosten und Montagekosten ermittelt.

Im letzten Abschnitt erfolgt die graphische Ausarbeitung des Verbundelementes. Die verschiedenen Einbausituationen werden verglichen und Lösungen im Detail dargestellt. Zur Kontrolle der Machbarkeit wird ein Anschlussknoten für Wand/Decke im Maßstab von 1:1 hergestellt und die unterschiedlichen Schritte dokumentiert und kommentiert.

Nach Prüfung sämtlicher Aspekte erfüllt das entwickelte Fassadenelement die gestellten Anforderungen auch im Hinblick auf den hohen Vorfertigungsgrad, kann jedoch nicht auf dem preislichen Niveau von den derzeit billigsten Fassadenkonstruktionen mithalten.

Hervorzuheben ist der essentielle Vorteil der gewählten Konstruktion während des gesamten Lebenszyklus des Bauteils, und zwar können die Rohstoffe auf einfachste Weise separiert und wiederverwertet werden.

ABSTRACT

The prefabrication of components plays an increasingly important role in the field of construction. This can counteract construction delays that can arise, for example, from environmental influences but also from site-specific obstacles, such as lack of space, damage or theft from the construction site warehouse. Furthermore, just-in-time deliveries can optimize the process and shorten the construction time.

The aim of this work is the development of a self-supporting, multi-layer facade element, which is made of cement-bonded wood fiber boards.

At the beginning we discuss about the basis of prefabrication, as well as the comparable systems used and already functioning. Furthermore the materials for the development of a new system are analyzed and different variants are checked for their feasibility, a selection is then made based on the advantages and disadvantages. The selected variation is checked in detail for suitability.

The calculations take into account the statics and the physical properties (fire protection, sound insulation and thermal insulation) and define the detailed structure including the layer thicknesses, based on current standards. Further the costs are then determined separately in manufacturing costs, transport costs and assembly costs.

In the last section the graphic elaboration of the composite element I considered. The various installation situations are compared and solutions presented in detail. To check the feasibility, a connection node for wall/ceiling is produced on a scale of 1:1 and the different steps are documented and commented on.

After examining all aspects, the façade element developed also meets the requirements with regard to the high degree of prefabrication but cannot keep up at the price level of the currently cheapest façade constructions.

The essential advantage of the selected construction during the entire life cycle of the component is to be emphasized - the raw materials can be separated and recycled in the simplest way.

INHALTSVERZEICHNIS

1	Motiv der Arbeit	1
2	Gliederung der Arbeit	2
3	Grundlagen	3
3.1	Fassade	3
3.2	Geschichte der Vorfertigung	3
3.3	Stand der Technik	5
3.3.1	Aktuelle Fassadensysteme.....	5
3.3.1.1	Tragende Fassaden	5
3.3.1.2	Selbsttragende Fassaden	8
3.3.2	Nachhaltigkeit	11
4	Materialien	13
4.1	Zementgebundene Holzfaserverplatte [7]	14
4.2	Dämmschicht	15
4.2.1	Mineralwolle.....	16
4.2.2	PIR-Dämmung	17
4.3	Unterkonstruktion.....	18
4.3.1	Profilstahl Unterkonstruktion	18
4.3.2	Holzunterkonstruktion.....	19
4.4	Verbindungsmittel.....	20
4.4.1	Winkelbefestigung	20
4.4.1.1	Verbindung Element – Winkelbefestigung	21
4.4.1.2	Verbindung Winkelbefestigung – Stahlbetonunterkonstruktion	21
4.4.2	Dübelmontage.....	22
4.4.2.1	Plattenbefestigung Unterkonstruktion.....	22
4.4.3	Dampfbremse	23
5	Bau-Varianten	24
5.1	Unterscheidung nach Art der Montage	24
5.1.1	Dübelmontage.....	24
5.1.2	Winkelmontage.....	25
5.2	Unterscheidung nach Dämmmaterial.....	27
5.3	Unterscheidung nach Material der Unterkonstruktion.....	28
5.4	Die verworfenen Ausführungen	29
5.5	Die gewählte Ausführung	29
5.6	Maßtoleranzen	31
5.7	Nachhaltigkeit - gewählte Ausführung.....	31
6	Plantechnische Darstellungen der ausgewählten Variante.....	33
7	Berechnungen.....	41
7.1	Randbedingungen	41

7.1.1	Standort.....	41
7.1.2	Software	41
7.2	Anforderungen an Außenwände gemäß Wiener Bauordnung und Wiener Bautechnikverordnung	42
7.3	Mechanische Festigkeit und Standsicherheit	42
7.4	Brandschutz	53
7.5	Schallschutz	55
7.5.1	Anforderungen gemäß OIB-Richtlinie 5 – Schallschutz.....	55
7.5.2	Vergleich des Schallschutzes des Außenwandelementes mit einer massiven Außenwand	59
7.6	Energieeinsparung und Wärmeschutz.....	61
7.6.1	Anforderungen an Energiekennzahlen bei Neubau	61
7.6.2	Anforderungen an wärmeübertragende Bauteile beim Neubau	61
7.6.3	Berechnung des U-Wertes und der Temperaturverläufe	62
7.6.4	Energieeffizienz.....	64
7.6.5	Beheizbarkeit des Raumes.....	65
7.6.6	Schadensbildende Kondensation und Risiko zur Schimmelbildung	66
7.6.7	Sommerlicher Wärmeschutz.....	71
7.6.8	Luft- und Winddichtheit.....	71
7.7	Kalkulation.....	72
7.7.1	Grundlagen	72
7.7.2	Herstellung	72
7.7.3	Transport.....	79
7.7.4	Montage	81
7.7.5	Zusammenfassung	85
8	Dokumentation der Modellherstellung	87
9	Schlussfolgerung und Ausblick.....	96
10	Abbildungsverzeichnis.....	97
11	Tabellenverzeichnis.....	99
12	Literaturverzeichnis	100
13	Anhang.....	103

1 Motiv der Arbeit

Die Problematik der Bauzeit eines Bauwerkes ist in der Bauwelt ein allgegenwärtiges Thema, das gerade in heutiger Zeit auch im Hinblick auf die Ansprüche der Gesellschaft einer stetigen Weiterentwicklung bedarf.

Gebäude sollen in kürzester Zeit an den Verbraucher zur Nutzung weitergegeben werden. Einerseits spart dies dem Hersteller an allgemeinen Vorhaltekosten, die jeden Tag anfallen, andererseits können durch das fertiggestellte Gebäude schnellstmöglich Erträge zur Abdeckung der Investitionskosten erwirtschaftet werden. Dies kommt sowohl dem Errichter als auch dem Endnutzer zugute.

Eine Möglichkeit Bauzeit einzusparen ist die Vorfertigung von Bauelementen. Dadurch können sowohl kleine als auch große Elemente, welche in einem Werk hergestellt werden, zeitgenau auf die Baustelle geliefert und montiert werden. Die Grenzen der Plattengröße für die Lieferung sind die Abmessungen und das Gewicht. Hierzu gibt es bereits viele funktionierende Systeme, auf die im Weiteren zum Teil eingegangen wird.

Die derzeit am Markt vorzufindenden Systeme sind entweder Massivbauteile mit einer Wärmedämmschicht oder zusammengesetzte Leichtbauteile. Um die Vorteile von Massivbauteilen (Brandschutz, Schallschutz usw.) mit den Vorteilen von Leichtbauteilen (Transport, Manipulation usw.) zu kombinieren soll eine Verbundlösung mit einerseits zementgebundenen Holzfaserplatten mit Wärmedämmschichten hergestellt werden. Die zementgebundenen Holzfaserplatten besitzen zwar ein hohes Raumgewicht, werden jedoch als schlankes Plattenmaterial eingesetzt. Zur Vereinbarung mit den bauphysikalischen Anforderungen bilden die leichteren Wärmedämmschichten mit größerer Dicke den Verbundwerkstoff.

2 Gliederung der Arbeit

Die vorliegende Arbeit wurde in Zusammenarbeit von László Hegyi und David Pauer, mit dem Ziel der Erlangung des akademischen Grades des Diplom-Ingenieurs erstellt.

Nachstehend werden die einzelnen Themengebiete aufgelistet sowie deren Verfasser zugeordnet.

Kapitel	Verfasser	Inhalt
Kurzfassung	Hegyi Pauer	Übersicht
1 Motiv der Arbeit	Hegyi Pauer	Beschreibung der Problemstellung und Zielsetzung der Arbeit
3 Grundlagen	Hegyi Pauer	Grundlagenforschung - Fassade und Fassadenelemente
4 Materialien	Pauer	Gewählte Materialien, Herstellung und Eigenschaften
5 Bau Varianten	Hegyi Pauer	Varianten mit Vor- und Nachteilen, Auswahl der Variante
6 Plantechnische Darstellung	Pauer	Plandarstellung der ausgewählten Variante
7.1 – 7.6 Berechnungen	Hegyi	Randbedingungen, Anforderungen, Mechanische Festigkeit, Brandschutz, Schallschutz und Wärmeschutz
7.7 Berechnungen	Pauer	Kalkulation: Grundlage, Herstellung, Transport und Montage
8 Dokumentation Modell	Hegyi Pauer	Dokumentation über die Herstellung eines Modells – Anschlussknoten Wand/Decke
9 Schlussfolgerung und Ausblick	Hegyi Pauer	Fazit der entwickelten Variante und deren Bedeutung

Tabelle 1: Gliederung der Arbeit

3 Grundlagen

3.1 Fassade

Die Fassade eines Gebäudes ist gleichzeitig der Schutz des Innenraumes vor dem Umgebungsklima als auch das äußere Erscheinungsbild des Hauses. Das Wort Fassade stammt von dem Lateinischen Wort *facies* und steht für das Angesicht beziehungsweise das Gesicht [1]. Das Erscheinungsbild gibt einerseits Aufschluss über die Bauepoche in der das Gebäude geplant sowie errichtet wurde, als auch über die technischen Fähigkeiten, die zu dieser Zeit möglich waren, um das geplante Gebäude zu realisieren. Beim Anblick einer Fassade in historischen Innenstädten kann durch die Bauweise sowie die Fensteröffnungen und Verzierungen leicht die Zeitepoche der Entstehung wie beispielsweise Barock oder Rokoko erkannt werden. Vielerorts werden diese Fassaden, die auch teilweise unter Denkmalschutz stehen, aufwändig renoviert und bei Gebäudeabbrüchen zur Bewahrung der Kultur erhalten und ein neues Gebäude an die bestehende alte Fassade angebaut.

Im Einklang mit der Optik sollte der Schutz von äußeren Einwirkungen stehen. Je nach Nutzung sind die Anforderungen an Wärme-, Schall-, Brand-, Feuchte- und Witterungsschutz sowie die Statik zu stellen, auf die im folgenden Kapitel noch näher eingegangen wird. Des Weiteren ist die Ökologie der einzelnen Bauteile zu beachten, um nach der Nutzungsdauer die Baustoffe in Form von Recycling wieder in den Stoffkreislauf zurückzubringen.

3.2 Geschichte der Vorfertigung

Die ersten Hinweise der Vorfertigung gibt es bereits im alten Ägypten. Es wurden die großen Gesteinsbrocken für die Herstellung der Pyramiden über den Nil mittels Schiffe verfrachtet. In der Bucht von Tunis wurde ein Schiffswrack aus Römerzeiten mit Bauelementen aus Marmor für eine Tempelanlage gefunden.

Genau überlieferte Informationen für den Einsatz von vorgefertigten Bauteilen gehen ins 12. Jahrhundert nach Japan zurück. Eine Holzhütte im Größenausmaß von ca. 3,0 m x 3,0 m wurde so zerlegt, dass sie auf zwei Handkarren transportiert werden konnte. [2]

Leonardo da Vinci baute 1494 die ‚Casa multabile‘. Das Haus war vollständig vorgefertigt und wurde am Ufer des Flusses Tigris aufgestellt. Deshalb gilt Da Vinci als Erfinder der frühen Tafelbauweise. [3]

Ab dem 17. Jahrhundert war der wichtigste Grund für die Entwicklung der Vorfertigung das Militär – einfache Holzbaracken wurden vorgefertigt und ins Kampfgebiet transportiert. Im 17. und 18. Jahrhundert wurden erstmals, aufgrund der kolonialen Eroberungen, Wohnhäuser für die nachfolgende Besiedelung aus Kostengründen sowie fehlenden Facharbeitern von Europa nach Nordamerika verschifft. [1] Weitere Bestimmungsorte waren Südamerika, Afrika als auch Australien. Die Vorfertigung war dabei, wegen dem geringen Gewicht, auf Holzbauteile beschränkt.

Das System bestand aus einfachen Fachwerken mit innerer und äußerer Verbretung und die Häuser wurden ein oder zweigeschossig geliefert. Der Häuserimport legte den Grundstein zur Entwicklung einer lokalen Holzindustrie in den Vereinigten Staaten [2].

Ab 1830 begann als Konkurrenz zum Holzhaus der Bau von Häusern aus Stahl. Anfangs war Gusseisen der bestimmende Baustoff, indem bis zu geschosshohe Gusselemente montiert wurden. Später, ab der Erfindung des verzinkten Wellblechs um 1840, wurde das Wellblech geschosshoch auf ein Gerüst von Schmiedeeisenträger geschraubt.

Der Fertigbau erhielt im Zuge des kalifornischen Goldrausches einen wesentlichen Aufschwung. Durch den Zustrom von Goldsuchern war eine große Nachfrage an Gebäuden in noch bisher unerschlossenen Gebieten gegeben, welche die Vorfertigung ganzer Häuser förderte, die von Europa aber auch Südamerika verschifft wurden.

Hinzu kam um 1850 die Auswanderung von vielen Engländern nach Australien, was einen Höhepunkt in punkto Vorfertigung mit sich brachte. Vorerst blieb diese allerdings auf Holz- und Stahlhäuser beschränkt.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts gab es eine wesentliche Wende. Erstmals wurden in Amerika geschosshohe Wände als auch Decken und Dachplatten aus Beton gegossen. Aufgrund des Gewichtes waren entsprechende Kräne zum Versetzen notwendig, die es in der bereits stark entwickelten Baumaschinenindustrie in Amerika gab [2].

Nach dem ersten Weltkrieg galt es der akuten Wohnungsnot entgegenzuwirken. Grundlage hierfür waren neue Fertigungstechniken, die in der Industriellen Revolution entstanden sind.[4] Im Zuge der Nachkriegszeit kam es zu einem Fertighaus Boom in Amerika. Um 1960 waren fast 15 % der US-Eigenheime Fertigteilhäuser.

Auch in Europa war nach dem 2. Weltkrieg ein Aufschwung beim Bau von Fertighäusern. In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurden viele neue Systeme entwickelt und der Elementbau wesentlich vorangetrieben.

Ab 1970 wurde immer mehr Wert auf Qualität und Individualität gelegt, um dem Billigimage entgegenzusteuern.

Die Holzfertigteile waren bis Ende des 20. Jahrhunderts auf Holzriegelbau beschränkt. Aufgrund der neuen Fertigungsmöglichkeiten kam es mit Beginn des 21. Jahrhundert zu Konkurrenzwachstum in Form von Holzmassivelementen.

Die Betonfertigteileindustrie hat ebenso eine große Bandbreite entwickelt, und zwar mit Systemen, die bereits inklusive Dämmung fertig auf die Baustelle geliefert werden und die nach dem Versetzen lediglich einen Fugenverschluss benötigen.

Aufgrund des großen Zeitdruckes in der heutigen Zeit, ist die Vorfertigung aus der Bauindustrie nicht mehr wegzudenken.

3.3 Stand der Technik

Gesetzliche Anforderungen

In Österreich werden die bautechnischen Vorschriften von den Bundesländern in Form von Bauordnungen, Baugesetzen und den Bautechnikverordnungen festgelegt. Um die Anforderungen bundesweit in Einklang zu bringen, werden vom Österreichischen Institut für Bautechnik, die OIB-Richtlinien herausgegeben. Die einzelnen Bundesländer haben diese in ihre Bauordnungen zum Teil in abgewandelter Form oder unverändert übernommen.

An Außenwände im Wohnbau werden folgende Anforderungen gestellt

- Mechanische Festigkeit und Standsicherheit
- Brandschutz
- Schallschutz
- Energieeinsparung und Wärmeschutz
- Vorgaben zur architektonischen Gestaltung

Auf diese wird in Kapitel 7 detailliert eingegangen.

3.3.1 Aktuelle Fassadensysteme

In der Literatur werden aktuelle Fassadentypen je nach Quelle unterschiedlich eingeteilt. In dieser Arbeit werden die Fassaden in die Obergruppen *tragende Fassaden* und *selbsttragende Fassaden* gegliedert.

Selbsttragende Fassaden werden als Fassaden definiert, die an der Lastabtragung der Gesamtkonstruktion nicht mitwirken. Wohingegen tragende Fassaden Teil des Lastabtragungssystems sind.

3.3.1.1 Tragende Fassaden

Die verwendeten Materialien für die Tragkonstruktion sind Stahlbeton, Ziegel, Ziegelsplittbeton, Brettsperrholz, Verfüllsteine aus zementgebundenen Holzspänen, Verfüllziegel oder Beton Schalsteine.



Abb 1: Ziegelwand und Stahlbetonwand



Abb 2: Holzspan-Verfüllsteine und Brettsper Holzwand



Abb 3: Ziegelsplittbetonwand und Betonverfüllsteinwand

Die Tragkonstruktion wird vor Ort hergestellt oder als Voll- oder Halb-Fertigteil vorproduziert und auf der Baustelle versetzt.

Um die Wärmeschutzanforderungen zu erfüllen wird die Tragkonstruktion meist mit einem Dämmstoff kombiniert. Die sonstigen gesetzlichen Anforderungen können vom Tragsystem erfüllt werden.

Die wärmedämmende Schicht kann als Wärmedämm-Verbundsystem (WDVS) hergestellt werden. Dabei werden geschäumte Dämmplatten an die Tragkonstruktion gedübelt und geklebt. Die wetterfeste Außenschicht wird durch eine Putzoberfläche sichergestellt.

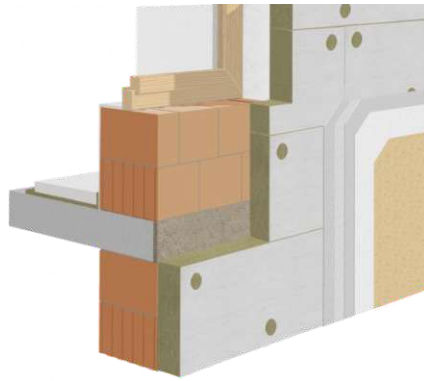


Abb 4: Schema Wärmedämmverbundsystem

Bei hinterlüfteten Konstruktionen wird in der Regel eine nicht brennbare Dämmung an die Tragkonstruktion gedübelt und die winddichte Ebene durch eine diffusionsoffene Folie hergestellt. Die wetterfeste Außenschicht wird von den vorgehängten Fassadenplatten gebildet.



Abb 5: Hinterlüftete Wandkonstruktion

Eine weitere Möglichkeit für die Wärmedämmung stellen Ziegel und Verfüllsteine mit integrierter Dämmung dar, dabei ist die erforderliche Dämmung innerhalb der Tragkonstruktion. Die wetterfeste Außenschicht wird von der Oberflächenbeschichtung zum Beispiel durch Verputz gebildet.

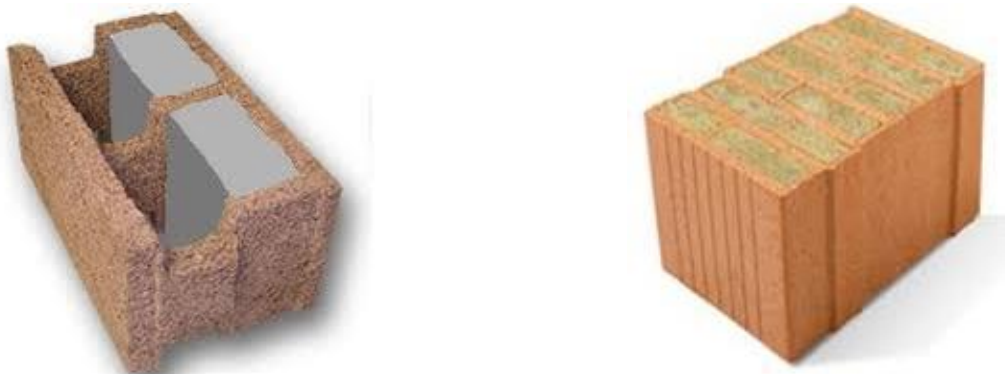


Abb 6: Verfüllsteine mit integrierter Dämmung und Ziegel mit integrierter Dämmung

3.3.1.2 Selbsttragende Fassaden

Die in der vorliegenden Arbeit geplante Konstruktion ist in die Kategorie der selbsttragenden Fassaden einzuordnen. *Selbsttragende Fassaden sind Systeme für Skelettbauten, die nicht für die Abtragung von Bauwerklasten herangezogen werden.* [5]

Diese werden unterteilt in zwei Kategorien – vorgehängte Fassaden und Sandwichelement Fassaden.

Bei den vorgehängten Fassaden handelt es sich um Systeme, die an dem Skelettbau befestigt werden und somit die Lasten, die auf sie einwirken in den Skelettbau ableiten. Dabei kann unterschieden werden in Pfosten-Riegel-Bauweise und Elementbauweise. Bei der Pfosten-Riegel-Bauweise wird ein temporäres Tragsystem, bestehend aus senkrechten Pfosten und waagrechten Riegeln an die Skelettstruktur befestigt. In diese Konstruktion wird dann die Füllung, die den Raumabschluss herstellt, montiert. Dies kann sowohl ein Paneel als auch eine Verglasung sein.

Im Unterschied dazu wird in der Elementbauweise ein flächiges Element direkt an die Skelettstruktur und jeweils mit dem daneben liegenden Element befestigt.

Sowohl die Pfosten-Riegel als auch die Elementfassade werden hauptsächlich im Bürogebäude Bau angewendet und spielen im Wohnbau nur eine untergeordnete Rolle. Der Vorteil beider ist, dass auch großflächige Verglasungen in einfacher Weise aneinandergereiht werden können. Dabei wird ein Rastermaß festgelegt, welches sowohl an die optischen Ansprüche als auch an die technischen Möglichkeiten angepasst ist. Die Paneel Felder sind aufgrund der vorteilhaften Materialeigenschaften meist geschäumte Aluminiumpaneele. Diese sind stabil und leicht und können mittels Pulverbeschichtung in jeder Farbvariante ausgesucht werden.

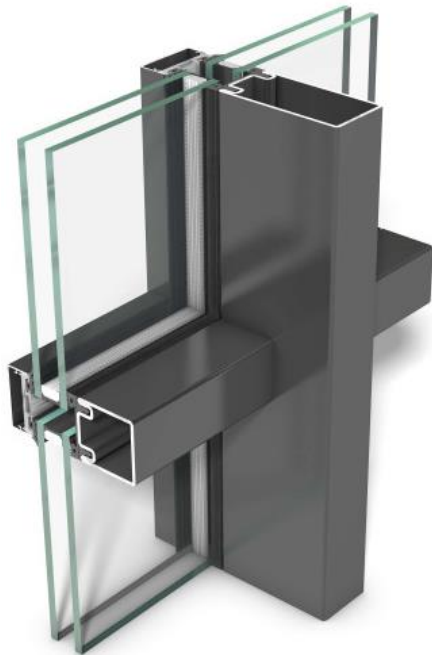


Abb 7: Pfosten-Riegel Fassade und Elementfassade

Sandwichelement-Fassaden werden in erster Linie nach ihrem Flächengewicht unterschieden in schwere Sandwichkonstruktionen und leichte Sandwichkonstruktionen. Die schweren Sandwichkonstruktionen bestehen aus einem Stahlbetonkern - welcher als Tragschicht dient, einer Dämmschicht - die je nach Erfordernis entweder aus extrudiertem Polystyrol, Mineralwolle oder Polyurethan bestehen kann, sowie einer außenliegenden Betondeckschicht. Die äußere Deckschicht dient als Witterungsschutz und hat auch optische Anforderungen. Hier kann von Sichtbeton bis hin zu diversen Beschichtungen und Strukturierungen ausgeführt werden. Der Kern und die Deckschicht sind durch die dazwischen liegende Dämmung mit einem Anker verbunden. Für die Befestigung in den Skelettbau sind geprüfte Ankersysteme anzuwenden.



Abb 8: Stahlbeton-Sandwichwandkonstruktion mit MW Dämmung

Leichte Sandwichkonstruktionen bestehen aus zwei profilierten Blechbahnen und einem dazwischen ausgeschäumten Dämmkern, üblicherweise aus Polyurethan oder auch Mineralwolle. Die Stirnseiten sind verzahnt ausgeführt, wodurch eine versteckte Befestigung erfolgen kann.

Hauptsächlich werden leichte Sandwichkonstruktionen im Industriebau angewendet. Sowohl Hallenwände als auch Hallendächer werden mit Sandwich-Paneelen bekleidet. Aufgrund der Kombination des Gewichts und der Schubsteifigkeit können bis 11 m Spannweite bei den Wänden erreicht werden. Die Montage erfolgt kraftschlüssig mittels Schienen oder Klammern auf den Skelettbau.

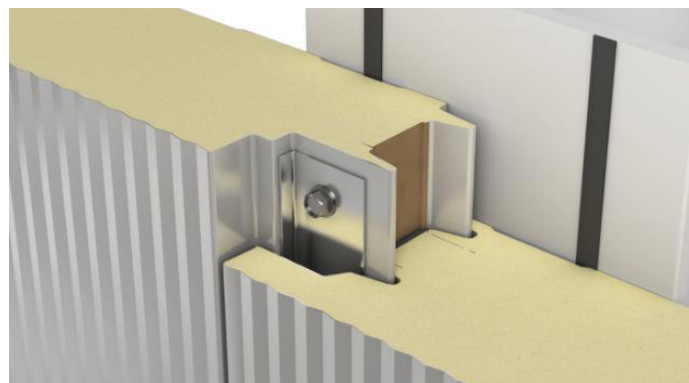


Abb 9: Sandwich Wandpaneel mit PU Dämmung

3.3.2 Nachhaltigkeit

Der Gedanke der Nachhaltigkeit (sustainability) ist seit vielen Jahren ein Leitbild für politisches, wirtschaftliches und ökologisches Handeln. Eine der meistgebrauchten Definitionen des Nachhaltigkeitsbegriffes ist die Definition des Brundtland-Berichtes der Vereinten Nationen von 1987. In dieser heißt es:

„Nachhaltige Entwicklung ist eine Entwicklung, die gewährt, dass künftige Generationen nicht schlechter gestellt sind, ihre Bedürfnisse zu befriedigen als gegenwärtig Lebende.“ [6]

Die Bauindustrie hat einen hohen Energie- und Ressourcenverbrauch. Im Sinne der Nachhaltigkeit ist die Zielsetzung eine Begrenzung und Optimierung dieses Verbrauchs. *Die richtige Baumaterialwahl wird daher immer wichtiger, da der Energieeinsatz für die Herstellung eines Gebäudes in etwa gleich hoch ist wie der Aufwand für die Beheizung eines Niedrigenergiehauses während 50 Jahren. Umweltgerechtes und nachhaltiges Bauen berücksichtigt daher bestmöglichen Wärmeschutz, erneuerbare Energieträger und ökologische Baustoffe.[7]*

Die gängige Bewertungsmethode in Österreich, der Ökoindex 3 oder kurz OI3, wurde vom IBO - Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie im Jahr 2003 entwickelt. Der Ökoindex ist eine quantitative Bewertungsmethode für Baustoffe, Konstruktionen und Gebäude.

Für die OI3-Berechnung werden die folgenden Umweltkategorien berücksichtigt:

- Beitrag zur Globalen Erwärmung (GWP)
- Versauerungspotential von Boden und Wasser (AP)
- Bedarf an nicht erneuerbarer Primärenergie, total (PENRT)

Beitrag zur Globalen Erwärmung bzw. Treibhauspotenzial (GWP)

Das GWP (Global Warming Potential) beschreibt den Beitrag eines Spurengases zur globalen Erwärmung. Die Beiträge der Treibhausgase werden für den Zeithorizont von 100 Jahren und relativ zu Kohlendioxid bestimmt.

Das Treibhauspotenzial (GWP100a) wird in kg-CO₂-Äquivalenten angegeben. Der für den Ökoindex OI3 herangezogene Indikator „GWP Summe“ berücksichtigt sowohl den Beitrag der Treibhausgasemissionen zur globalen Erwärmung als auch die in Biomasse gespeicherten Kohlendioxidmengen. [8]

Versauerungspotenzial (AP)

Versauerung wird hauptsächlich durch die Wechselwirkung von Stickoxid- (NO_x) und Schwefeldioxidgasen (SO₂) mit anderen Bestandteilen der Luft verursacht. Zu den eindeutig zugeordneten Folgen zählt die Versauerung von Seen und Gewässern, welche zu einer Dezimierung der Fischbestände in Zahl und Vielfalt führt. Für die Berechnung des Versauerungspotenzials werden die durchschnittlichen „Europäischen Säurebildungspotenziale“ verwendet. Das Versauerungspotenzial wird in kg-SO₂-Äquivalenten dargestellt. [8]

Primärenergieinhalt an nicht erneuerbaren Ressourcen (PENRT)

Als Primärenergieinhalt (abgekürzt PE) wird der zur Herstellung eines Produktes oder einer Dienstleistung erforderliche Gesamtbedarf an energetischen Ressourcen bezeichnet. Die energetischen Ressourcen werden dabei in Form von Rohenergie, die noch keiner technischen Umsetzung oder OI3-Berechnungslaufversion Version 4.0 IBO Seite 9, Oktober 2018 Umwandlung und keinem Transport unterworfen sind. Der Primärenergieinhalt wird aus dem unteren Heizwert aller eingesetzten energiehaltigen Ressourcen berechnet und in MJ angegeben. Für den Ökoindex OI3 wird der PENRT, der Primärenergieinhalt aller für die Herstellung verbrauchter nicht erneuerbaren Ressourcen (Erdöl, Kohle etc.), herangezogen. Dabei werden die energetisch und die stofflich genutzten Ressourcen berücksichtigt. [8]

Der Ökoindex OI3, mit dem mit vertretbarem Aufwand anschauliche Zahlen zur ökologischen Optimierung von Gebäuden ermittelt werden können, basiert auf wissenschaftlichen Erkenntnissen aus der Lebenszyklusanalyse. Während die Beurteilung des GWP sicherlich derzeit im Vordergrund steht, können mit dem PENRT die Ressourceneffizienz und mit AP die lokalen Auswirkungen auf Luftqualität, Böden und Gewässer abgebildet werden. [8]

Eine Bewertung der Nachhaltigkeit des Fassadenelementes sowie die Berechnung der OI3 Kennzahlen für diese erfolgt für die ausgewählte Ausführung in Kapitel 5.7.

4 Materialien

Generell sind die Elemente ein Bauprodukt und unterliegen in Europa, aufgrund der derzeit geltenden Bauproduktenverordnung EU Nr. 305/2011 [9], der Kennzeichnungspflicht nach CE. Dies gilt auch in Bezug auf alle Einzelbaustoffe, aus denen das Element zusammengesetzt wird. Damit die CE-Kennzeichnung durch den Hersteller vorgenommen werden darf, müssen die Elemente im Einklang mit den harmonisierten Europäischen Normen hergestellt sein. Dazu ist die Kennzeichnung und Zulassung von Bauprodukten einzuhalten.

Die Vermarktung von Bauprodukten im europäischen Binnenmarkt ist durch die EU-Bauproduktenverordnung EU Nr. 305/2011 [9] geregelt. Bauprodukte, für die harmonisierte Normen (hEN) vorliegen, müssen in der Regel CE-gekennzeichnet werden. Grundlage der CE-Kennzeichnung ist eine Leistungserklärung der Hersteller. Die Mitgliedstaaten dürfen die Bereitstellung auf dem Markt oder die Verwendung von Bauprodukten, die die CE-Kennzeichnung tragen, weder untersagen noch behindern, wenn die erklärten Leistungen den Anforderungen für die vorgesehene Verwendung in dem betreffenden Mitgliedstaat entsprechen.

Für Bauprodukte, für die es noch keine harmonisierte Norm gibt, und für die keine Europäische Technische Bewertung (ETB) erteilt wurde, können die Mitgliedstaaten weiterhin nationale Kennzeichnungs- und Zulassungssysteme aufrechterhalten. In Österreich gibt es hierfür das ÜA-Zeichen. Für welche Bauprodukte ein ÜA-Zeichen erforderlich ist, ist in der Baustoffliste ÖA festgelegt. Grundlage des ÜA-Zeichens sind ÖNORMEN, sonstige technische Regelwerke oder eine vom Österreichischen Institut für Bautechnik (OIB) erteilte Bautechnische Zulassung (BTZ).

Die Materialwahl erfolgt anhand der Anforderungen und Eigenschaften des fertigen Elementes. Auf die Anforderungen wird in weiterer Folge bei den Berechnungen näher eingegangen. Auch spielen die Kosten einen wesentlichen Anteil bei der Wahl des Materials.

Grundlage dafür ist hier die zementgebundene Holzfaserplatte, welche in Kombination mit anderen Baustoffen auf die richtigen Eigenschaften zu einem zusammengesetzten Element entwickelt werden soll.

4.1 Zementgebundene Holzfaserplatte [10]

Die zementfasergebundene Holzfaserplatte setzt sich aus Holzspänen, Wasser, Zement und verschiedene Hydratationszusätzen zusammen. Die Struktur der Platte wird durch Pressen der gemischten Holzspäne gebildet. Um eine glatte Plattenoberfläche zu erhalten, wird beidseits eine feine Zementschicht aufgetragen.

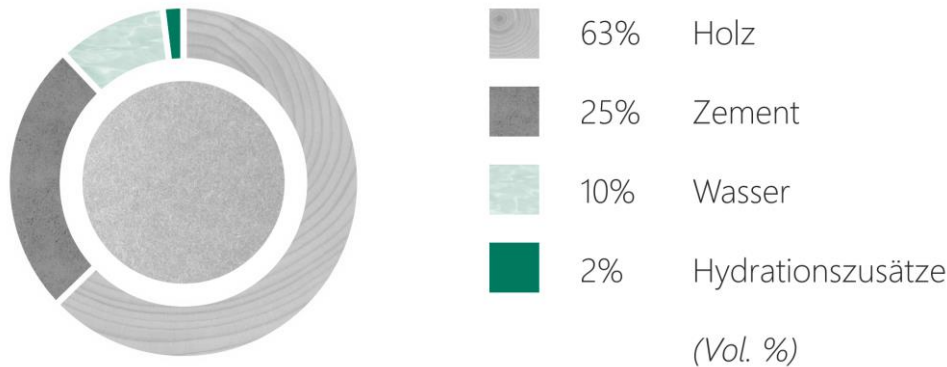


Abb 10: Zusammensetzung zementgebundener Holzfaserplatte

Die Vorteile der zementgebundenen Holzfaserplatte sind

- Umweltfreundlichkeit - die Platten sind ökologisch und umweltfreundlich. Sie enthalten keinerlei gefährliche Stoffe.
- Brandschutz - die Platten sind feuerbeständig und Ihre Klassifizierung anhand der europäischen Norm EN 13 501-1 ist A2-s1, d0, also nicht brennbar.
- Schalldämmend - die Luftschalldämmung beträgt 30-35 dB.
- Frostbeständig - getestet mit 100 Frost-Tau-Zyklen nach EN 1328.
- Witterungsbeständig - geeignet für Nassräume beziehungsweise auch für den Außenbereich.
- Hygienisch unbedenklich – es werden keine gesundheitsschädlichen Stoffe verwendet.
- Schimmel- und Pilzbeständigkeit - es bildet sich kein Schimmel auf der Oberfläche.

Das Format der Platte ist 3350 mm x 1250 mm. Die Plattendicken gibt es von 8 mm bis 40 mm in jeweils 2 mm Schritten. Das Raumgewicht der Platten beträgt 1350 kg. Die Oberfläche wird in dieser Arbeit jeweils glatt für späteres Aufbringen einer Deckbeziehungsweise Endbeschichtung behandelt. Jedoch sind auch Strukturoberflächen wie Holz und Schiefer oder auch Oberflächen mit dekorativem Mosaikputz erhältlich, welche als direkte Oberschicht möglich wären. Die bauphysikalischen Anschlüsse, wie in etwa Dichtigkeit, Schallschutz usw., wären hier noch getrennt zu klären, was aber nicht Thema dieser Arbeit ist.

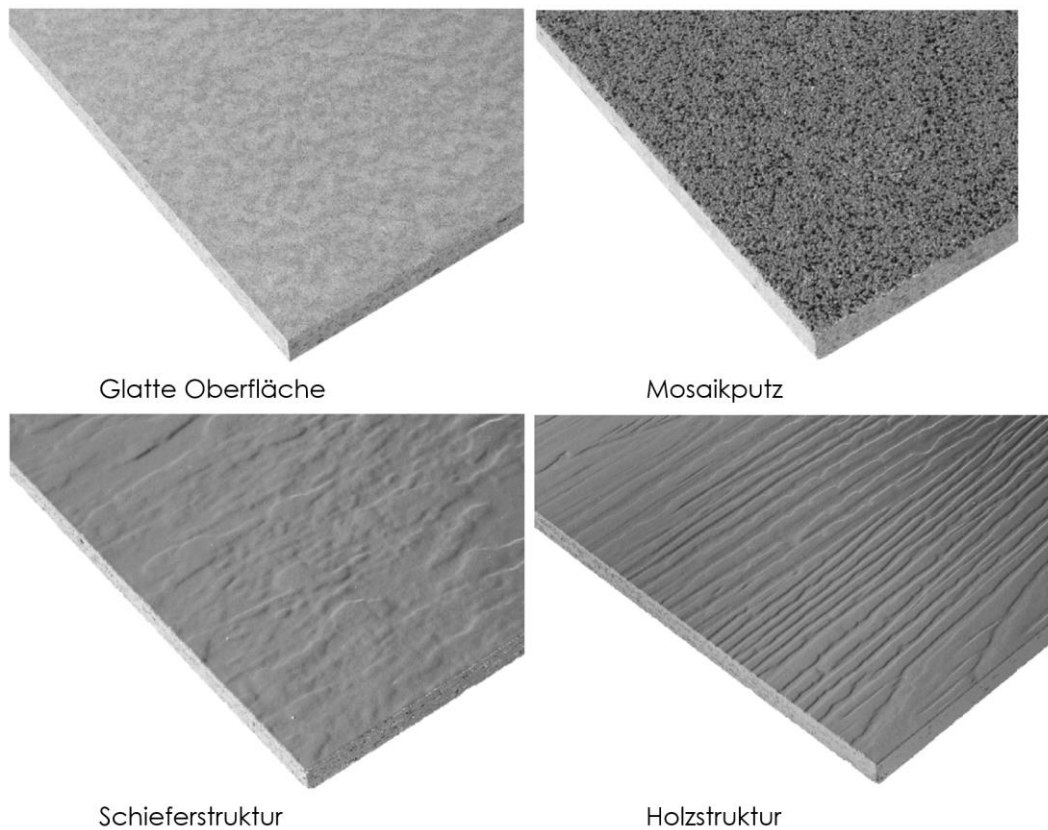


Abb 11: Plattenoberflächen

Die Lieferung sowie auch die Lagerung erfolgt gestapelt auf Paletten. Die Platten befinden sich auf Einzelpaletten als Stapel und sind mit einer PVC-Folie geschützt. Die Bearbeitung der zementgebundenen Platten kann mit herkömmlichen holzverarbeitenden Maschinen erfolgen. Für die professionelle Bearbeitung sollten nur mit Hartmetall bestückte Werkzeuge verwendet werden. Die Platten können geschnitten, gebohrt, gefräst und geschliffen werden. Die Verankerung kann, wie bei Holz, mittels herkömmlicher Schrauben, Nägel oder Klammern erfolgen.

4.2 Dämmschicht

Bei den Dämmschichten gibt es eine große Auswahl mit unterschiedlichsten Eigenschaften. Durch die verbesserte Wärmeleitfähigkeit steigt der Preis je verbauter Fläche exponentiell. Die Bewertung der Nachhaltigkeit des Dämmstoffes wird in nachfolgender Beurteilung außer Acht gelassen.

Dämmstoff	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	benötigte Dämmstoffdicke	Kosten [€]
Glaswolle	0,036	14 cm	18,00 €
Steinwolle	0,037	14 cm	18,00 €

Polystyrol (EPS)	0,040	16 cm	18,00 €
Polyurethan (PU/PIR)	0,022	9 cm	20,00 €
Zellulose	0,042	16 cm	18,00 €
Blähton	0,140	55 cm	24,00 €
Hanf	0,042	16 cm	24,00 €
Polystyrol (XPS)	0,040	16 cm	30,00 €
Flachs	0,040	16 cm	30,00 €
Perlite	0,055	21 cm	36,00 €
Holzfaser	0,047	18 cm	54,00 €
Schaumglas	0,045	18 cm	60,00 €
Calciumsilikat	0,065	25 cm	96,00 €
Holzwolle	0,090	35 cm	102,00 €

Tabelle 2: Dämmstoffpreisvergleich zur Erreichung eines U-Wertes von 0,24 W/(m²K)ⁱ

Für die Standard-Dämmung wird aufgrund des Preis/Leistungsverhältnisses in diesem Fall eine Mineralwolle- (Glaswolle) und für beste Dämmeigenschaften eine Polyisocyanurat (PIR) Dämmung verglichen.

4.2.1 Mineralwolle

Glaswolle besteht aus mineralischen Rohstoffen wie Quarzsand, kalkhaltige Gesteine und Sodaasche. Den größten Anteil liefert jedoch Recycling-Material in Form von Flaschenglas sowie Auto- und Fensterscheibenglas. Im Wesentlichen erfolgt die Herstellung in folgenden Produktionsschritten - Sand, Natriumcarbonat, Kalk und Recyclingglas werden im bestimmten Mischungsverhältnis zusammengeführt. Die Zuschlagsstoffe werden in einer Schmelzwanne bei ca. 1300 °C geschmolzen. Die Schmelze wird kontinuierlich zu Fasern versponnen, indem diese durch ein Sieb geschleudert und in einem Luftstrom versponnen werden. Den Fasern werden kleine Mengen von Bindemitteln (Kunstharze) zugeführt. Das flüssige Bindemittel wird im tunnelförmigen Härteofen ausgehärtet und anschließend wird die Glaswolle zu der gewünschten Größe und Form zugeschnitten. Zuletzt wird das Material foliiert und auf Paletten gelagert.

ⁱ Preise gemäß Auskunft Großhandel ohne Quellenangabe



Abb 12: Produktion Glaswolle [11]

Glaswolle hat eine gute Wärmedämm- sowie hervorragende Schalldämmeigenschaften. Weiters hat der Baustoff eine hohe Resistenz gegen Schimmel und bietet Ungeziefer keinen Lebensraum. Nicht außer Acht zu lassen ist der hohe Brandschutz, die Brennbarkeit ist mit A1 (ohne brennbare Bestandteile) klassifiziert.

Als Nachteil gilt die Eigenschaft, dass der Baustoff bei Feuchtigkeit seine Dämmeigenschaften verliert sowie wird ein hoher Energieaufwand bei der Produktion betrieben.

Wie in obiger Tabelle ersichtlich, gibt es eine Unterstufung bezüglich der Wärmeleitfähigkeit von 0,032 bis 0,040 W/mK.

4.2.2 PIR-Dämmung

Polyisocyanurat (PIR) gehört zu den Polyurethan (PU) Dämmstoffen. PU und PIR zählen zu den synthetischen Dämmstoffen. PIR entsteht durch eine chemische Reaktion der chemischen Stoffe Methylendiphenylisocyanate (MDI) und Polyol. Dies findet bei hohen Temperaturen und unter Zusatz von Treibmittel statt. Es entsteht eine besonders stabile Formstruktur, was sich durch eine hohe Druckfestigkeit darstellt. PIR ist wasserabweisend und zeichnet sich durch seine hervorragenden Wärmedämmeigenschaften aus. Die Wärmeleitfähigkeit ist mit 0,022 W/mK enorm hoch.

Nachteilig zu sehen ist die Brennbarkeit in der Klasse E (gemäß EN 13501-1 [12]) , sowie der hohe Preis, welcher sich aus der aufwändigen Herstellung erklären lässt.

4.3 Unterkonstruktion

Die Unterkonstruktion bildet das tragende Element des zusammengesetzten Bauteils. Aus Gründen der Nachhaltigkeit wird hier zum einen auf eine Unterkonstruktion aus Stahlquerschnitt und zum anderen auf Holzstaffeln näher eingegangen.

4.3.1 Profilstahl Unterkonstruktion

Profilstahl kann entweder gewalzt, gezogen oder gepresst hergestellt werden. Aus kohlenstoffreichem Roheisen wird unter anderem mit dem LD-Verfahren kohlenstoffarmer Stahl gewonnen. Die Eigenschaften von Stahl sind eine hohe Festigkeit, Steifigkeit und lange Haltbarkeit. Stahl ist sehr vielseitig einsetzbar und wiederverwertbar.

Nachteilig ist die hohe Wärmeleitfähigkeit anzusehen, dadurch können bei größeren Querschnitten Wärmebrücken entstehen. Des Weiteren ist Stahl zwar temperaturbeständig, jedoch wirkt sich das plötzliche Versagen bei zu hohen Temperaturen negativ aus.

Aufgrund der hohen Wärmeleitfähigkeit wird für die gegenständliche Betrachtung als Unterkonstruktion ein kaltgewalzter U-Profilquerschnitt herangezogen. Durch den schlanken Steg können Wärmebrücken minimiert werden. Wie es der Name schon sagt, wird beim Kaltwalzen das Ausgangsprodukt durch Walzen bei Raumtemperatur die gewünschte Querschnittsreduktion beziehungsweise Profilgebung durchgeführt. Durch die kristalline Veränderung wird auch die Festigkeit erhöht.



Abb 13: Stahl-U-Profil

4.3.2 Holzunterkonstruktion

Holz ist ein ökologisch nachwachsender Baustoff mit geringer Wärmeleitfähigkeit. Aufgrund dieser Tatsache werden Wärmebrücken so gut wie ausgeschlossen. Aus Holz gefertigte Produkte können einfach hergestellt werden und diese haben verglichen mit ihrem Gewicht eine hohe Tragfähigkeit.

Als Nachteil kann erwähnt werden, dass Holz kein homogener Rohstoff ist und somit auch unterschiedliche Festigkeitseigenschaften sowohl Längs als auch Quer zur Faser hat und aufgrund von Astlöchern usw. teilweise Fehlstellen auftreten können. Ebenfalls ist Holz leicht entflammbar und somit punkto Brandschutz nicht besonders gut geeignet.

Zu unterscheiden sind die diversen Holzarten, wobei für Bauzwecke aufgrund des schnellen Wachstumes, sowie auch aus Kostengründen hauptsächlich die Fichte zum Einsatz kommt. Höhere Festigkeiten oder sonstige Eigenschaften können durch Verarbeitung der rohen Schnittwaren wie zum Beispiel durch Brettschichtholz oder Holzwerkstoff erreicht werden.



Vollholzstaffel



Brettschichtholz



Holzwerkstoff

Abb 14: Holzformen Bauholz

Eine weitere Unterteilung in der Qualität ist die Holzsortierung. Diese Festigkeitssortierung ist durch die CE-Zertifizierung notwendig und in der Europäischen Norm ÖNORM EN 14081-1 [13] geregelt. Hier wird zwischen „visuell sortiertes Bauholz“ und „maschinell sortiertes Bauholz“ unterschieden. Die visuelle Sortierung hat durch nationale Sortiernormen zu erfolgen, den Hölzern werden dabei Festigkeitsklassen zugeordnet. In Österreich ist die Sortiernorm die ÖNORM DIN 4074-1 [14]. Wohingegen die maschinelle Sortierung durch zertifizierte Sortieranlagen durchgeführt wird und neben der Festigkeitsklasse auch E-Modul und Dichte bestimmt werden.[15]

Aufgrund der Wirtschaftlichkeit werden als Unterkonstruktion normale Vollholzstaffeln mit mittlerer Bauholzqualität ausgewählt.

4.4 Verbindungsmittel

Die Bemessung der Verbindungsmittel erfolgt in Kapiteln 7.3 (Mechanische Festigkeit und Standsicherheit). Gemäß den möglichen Konstruktionen wird je nach gewünschter Eigenschaft und je nach Verarbeitungsanforderung die dazu passende Verbindungsmittelart ausgewählt.

4.4.1 Winkelbefestigung

Da montagebedingt die Elemente nicht direkt an die Stahlbetonkonstruktion befestigt werden können, benötigt es dazu einen tragenden Bauteil, der die Lasten vom Element in die Tragkonstruktion einleitet.

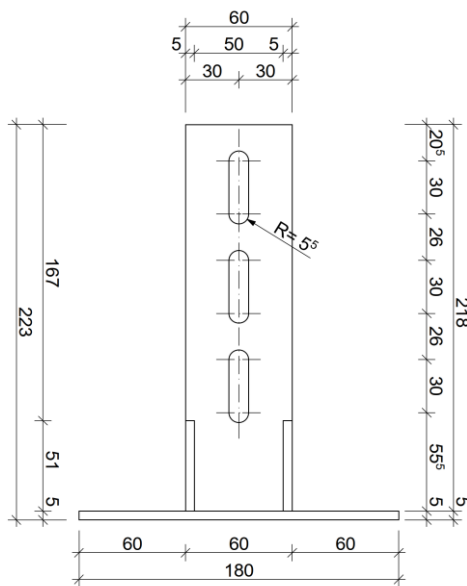


Abb 15: Winkelbefestigung

Die abgebildete Winkelbefestigung wurde anhand der erforderlichen Eigenschaften entwickelt. Der Winkel wird aus 5 mm dicken Stahlblech hergestellt und anschließend verzinkt. Um die Steifigkeit zu erhöhen, wurden zusätzlich noch zwei Steifen eingeplant. Die bei der händischen sowie auch maschinellen Herstellung auftretenden Toleranzen können durch Langlöcher ausgeglichen werden.

4.4.1.1 Verbindung Element – Winkelbefestigung

Für die Verbindung des Elementes mit der Winkelbefestigung werden direkt jeweils drei verzinkte Sechskantschrauben M10 in die Unterkonstruktion beziehungsweise durch die Platte bei der Elementherstellung vorbereitet. Die Schrauben werden mittels Beilagscheiben und Muttern M10 fixiert.

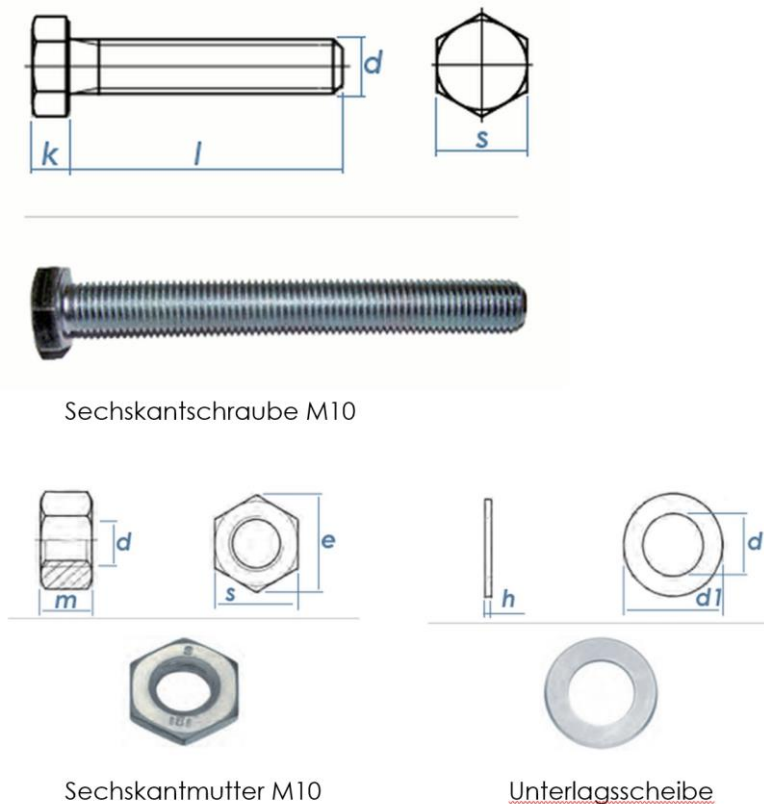


Abb 16: Schraube, Mutter und Unterlagsscheibe in verzinkter Ausführung

4.4.1.2 Verbindung Winkelbefestigung – Stahlbetonunterkonstruktion

Für die Verbindung der Winkelbefestigung mit der Stahlbetontragstruktur werden Schraubanker gesetzt.

Für die Montage muss ein Bohrloch in die Stahlbetonkonstruktion gemacht werden und anschließend kann der Schraubanker mittels handelsüblichem Schlagschrauber eingedreht werden.



Abb 17: Schraubanker verzinkt

4.4.2 Dübelmontage

Bei der Dübelmontage entfällt die obere Winkelbefestigung und anstatt dieser wird das Element oben mit einem Schraubanker in erforderlicher Länge analog der vorigen Beschreibung „Verbindung Winkelbefestigung – Stahlbetonunterkonstruktion“ befestigt.

4.4.2.1 Plattenbefestigung Unterkonstruktion

Für die Plattenbefestigung an der Unterkonstruktion wird anhand der Art der Unterkonstruktion unterschieden. Für die Holzunterkonstruktion werden handelsübliche Holzschrauben, bei Verwendung einer Stahlunterkonstruktion zur Zeitersparnis selbstbohrende Schrauben verwendet.



Abb 18: Holzschraube



Abb 19: selbstbohrende Metallschraube

4.4.3 Dampfbremse

Die Dampfbremse ist eine Folie, die für die luftdichte Ebene erforderlich ist. Feuchte Luft im Innenraum soll nicht in die Wärmedämmebene der Konstruktion gelangen, da sich dies in der Regel negativ auf die Wärmedämmeigenschaft der Dämmung auswirkt und Schimmel entstehen kann. Die Dampfbremsebene muss daher durchgehend an die Stahlbetonkonstruktion befestigt werden. Dies wird mit speziellen Klebebändern, welche eine hohe Haftfähigkeit aufweisen, sichergestellt. Sämtliche Durchführungen sind in diese Dampfbremsebene einzubinden.

5 Bau-Varianten

Zur Realisierung des Fassadenelements stehen während des gesamten Prozesses ökologische sowie ökonomische Überlegungen – Herstellung, Liefer- und Montageablauf – im Vordergrund. Einerseits soll ein großes Augenmerk auf die Nachhaltigkeit der Materialien gelegt werden, andererseits soll die Fertigung kostenoptimiert erfolgen.

Bei der Entwicklung wird an die Bauweise mit Sandwich-Paneelen angeschlossen. Das System soll als Modulbauweise gefertigt werden, welches diverse Vorteile mit sich bringt. Es können dadurch Kosten reduziert werden, durch die werksseitige Herstellung kann eine hohe Maßhaltigkeit eingehalten sowie verkürzte Errichtungszeiten vor Ort garantiert werden. Es verringert sich die Anzahl technischer Schnittstellen und optimierter Planungs- und Bauprozesse.

Die vergleichbaren Systeme sind erprobt, funktionieren und geben zur Machbarkeit die Richtung vor. Die Entwicklung von einem neuen System im Vergleich und aufbauend auf bereits bestehende Systeme bildet den Kern dieser Diplomarbeit.

Auch im Hinblick auf Wärme-, Schall- und Brandschutz muss das Element die aktuellen Anforderungen erfüllen.

5.1 Unterscheidung nach Art der Montage

5.1.1 Dübelmontage

Bei der Dübelmontage werden die Elemente verzahnt ausgeführt, das bedeutet, dass jeweils die innere beziehungsweise die äußere Dämmschicht versetzt wird. Das Element wird im Fußbereich neben der Rohdecke auf das untere Element aufgesetzt, der untere Winkel befestigt und anschließend an die obere Decke mittels Dübel angeschraubt. Durch die Verzahnung ist das Schraubenloch nach der Montage der oberen Platte nicht mehr sichtbar.

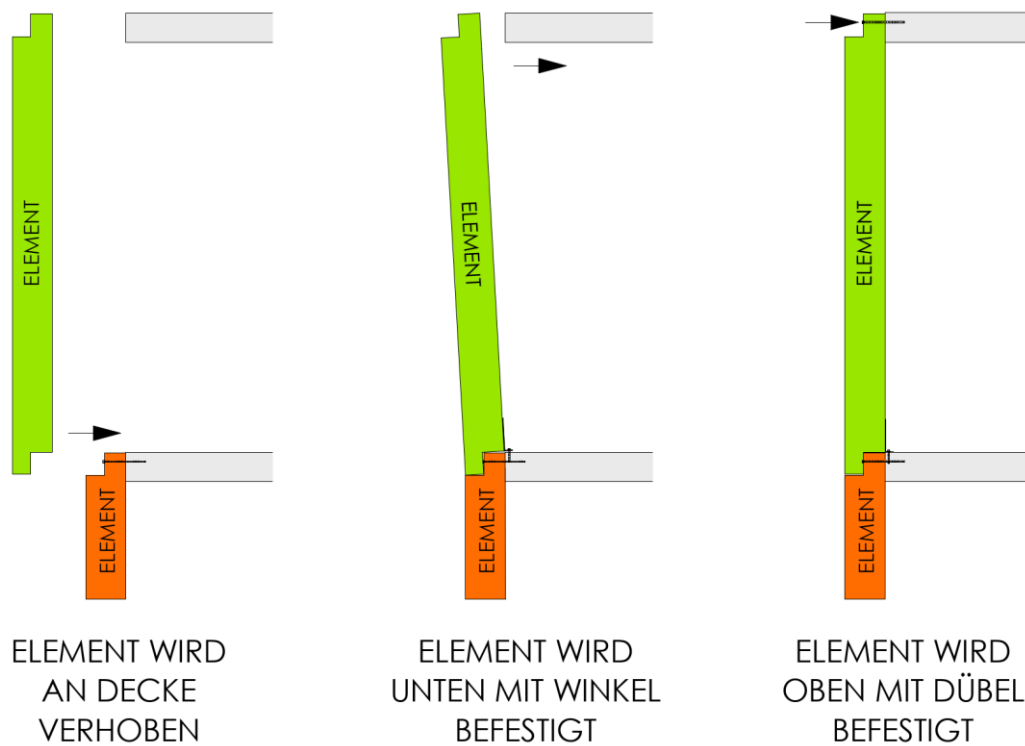


Abb 20: Schema Dübelmontage

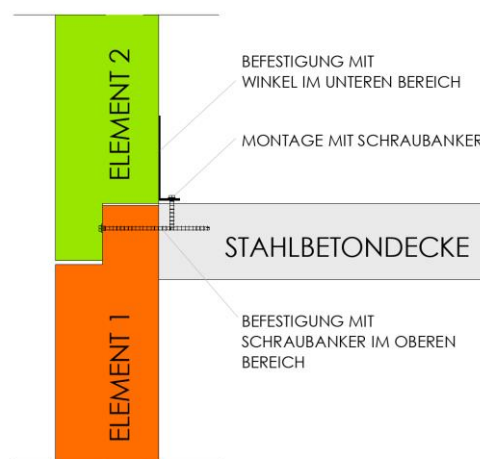


Abb 21: Knotenpunkt Dübelmontage

5.1.2 Winkelmontage

Bei der Winkelmontage werden an die Elemente direkt im Werk um die gesamte Platte Schrauben in die Unterkonstruktion eingearbeitet. Auf diese Schrauben werden bei der Montage verzinkte Stahlwinkel befestigt. Dies geschieht, indem das Element an die endgültige Position gehoben und anschließend in die Stahlbetondecke beziehungsweise Wände verschraubt wird. Die Abtreppung der verschiedenen Dämmlagen dient hierbei als temporäres Auflager im Zuge der Montage. Dadurch

können die Elemente mit einer größeren Sicherheit montiert werden. Zusätzlich von Vorteil ist, dass bei der Winkelbefestigung der Elemente, geschossunabhängig, in beliebiger Reihenfolge montiert werden können. Wenn beispielsweise ein Element beim Transport beschädigt oder in falscher Größe produziert wurde kann trotzdem mit der Montage fortgefahren werden.

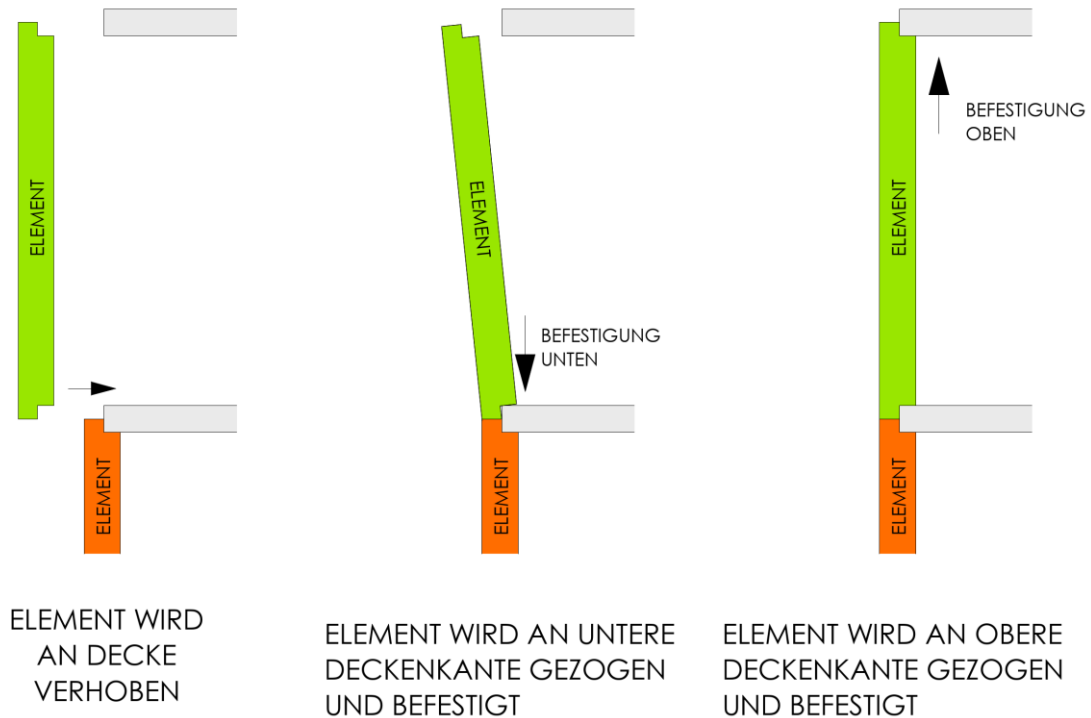


Abb 22: Schema Winkelmontage

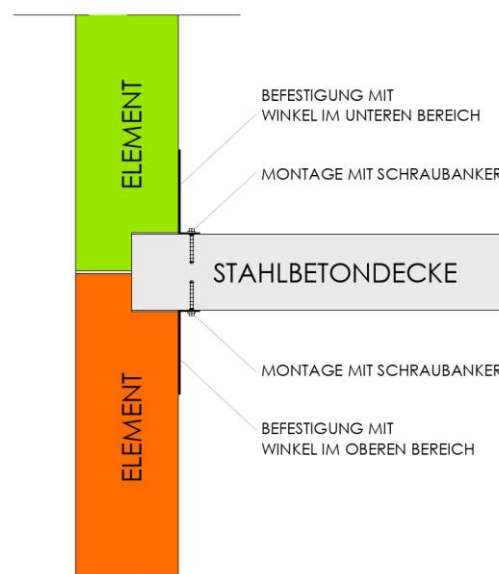


Abb 23: Knotenpunkt Winkelmontage

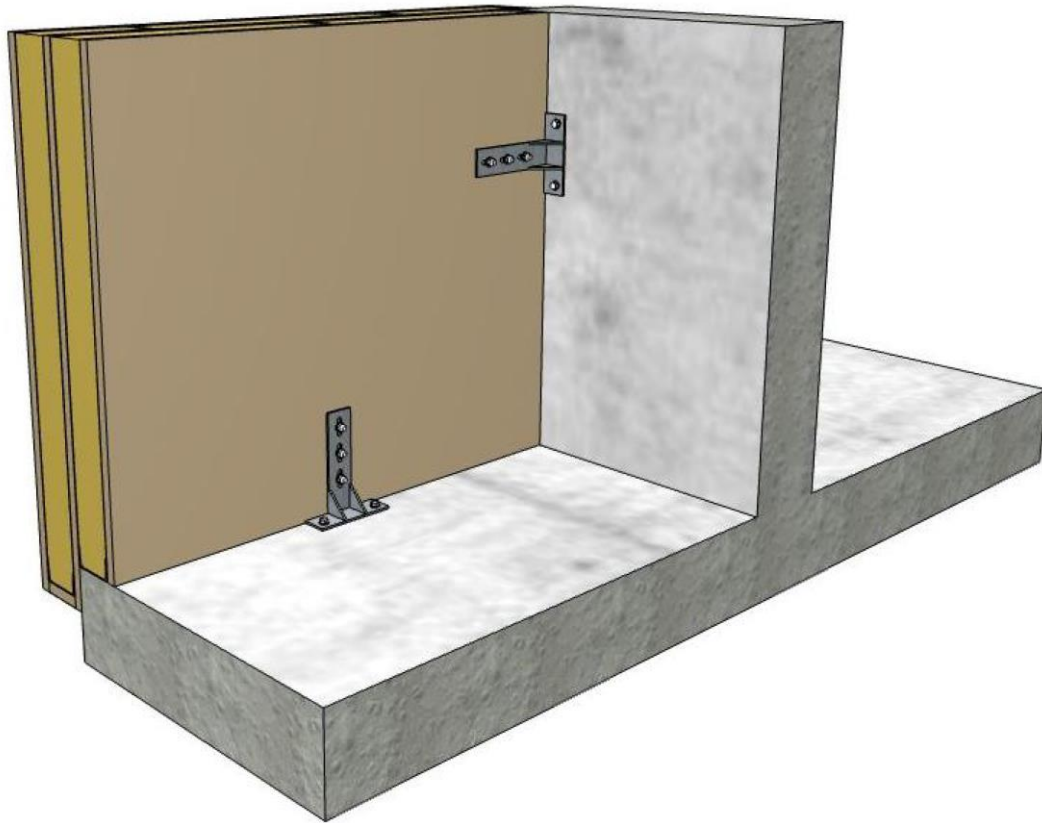


Abb 24: Visualisierung Winkelbefestigung

5.2 Unterscheidung nach Dämmmaterial

Maßgebend bleiben weiterhin die Variante in der Ausführung mit Polyurethanschaum und die Variante mit kompakter Mineralwolle. Die beiden Varianten wurden hinsichtlich bauphysikalischer Eigenschaften untersucht, wobei bei der Variante Polyurethanschaum Materialdicke eingespart werden kann, jedoch aufgrund des Brandschutzes beziehungsweise der komplizierteren Fertigung die Mineralwolle bevorzugt wurde.



Abb 25: Mineralwolle und PUR-Dämmung

5.3 Unterscheidung nach Material der Unterkonstruktion

In der Ausführungsvariante mit Stahl- beziehungsweise Stahlblechprofilen und der Variante der Ausführung mittels einer Holz- beziehungsweise Holzwerkstoff-Unterkonstruktion.

Hierbei wurde als Stahlquerschnitt aufgrund der guten Verformungseigenschaften ein U-Profilquerschnitt 50/100/50 mm mit Materialdicke 3 mm herangezogen.



Abb 26: Schema Holzunterkonstruktion / Stahlunterkonstruktion

Bei der Holzvariante wurden als Tragkonstruktion 6 cm dicke Holzstaffeln gewählt. Holz ist ein nachwachsender Rohstoff, gut verarbeitbar und spielt in der Bauindustrie eine immer bedeutendere Rolle. Weiters wirkt sich Holz positiv in der Wärmebrückenberechnung aus.

5.4 Die verworfenen Ausführungen

Der Hauptausschließungsgrund für die verworfenen Ausführungen ist die zum Testen verwendete Unterkonstruktion. Die Konstruktion aus Holz-Querschnitten führt zu Spannungen innerhalb der Paneele, da das Holz als gewachsener Baustoff zwar als nachhaltig zu bezeichnen ist, jedoch nicht eine gleichbleibende Materialqualität aufweist. Dies gilt sowohl normal zur Faser als auch in Faserrichtung. Durch die Feuchtigkeitsaufnahme der Unterkonstruktion werden die Maßtoleranzen negativ beeinflusst. Ebenso ist es mit zunehmender Größe der Paneele konstruktiv erforderlich die Querschnitte der Holz-Unterkonstruktion zu ändern, das heißt zu vergrößern. So sehr sich die Nutzung von Holz für die Rahmen-Tragkonstruktion positiv auf die Nachhaltigkeit des Bauteils und einen besseren Wärmeschutz auswirkt, stehen die Inhomogenität und die statisch erforderlichen Querschnitte dazu im Gegensatz.

5.5 Die gewählte Ausführung

Für die final gewählte Lösung liegen das Hauptaugenmerk in der Beständigkeit und die Nutzung von möglichst vielen bereits verfügbaren Baustoffen und Verbindungsmitteln. Als Basis dient eine zementgebundene Spanplatte mit gleichen Dicken und Lagen. Die Rahmenkonstruktion wird mit standardisierten Stahlblech-Profilen hergestellt. Trotz des höheren Risikos des Versagens der Paneel-Konstruktion im Brandfall, ist die Maßgenauigkeit der Stahlblechprofile und die Homogenität des Werkstoffes in wirtschaftlicher Hinsicht einer Holzkonstruktion vorzuziehen.

Zu den erforderlichen Dämmzwecken wird eine Mineralwolle, vorzugsweise Glaswolle, herangezogen. Da die zusammengesetzte Konstruktion aus den Stahlblechprofilen und den zementgebundenen Spanplatten eine gewisse Eigentragsfähigkeit aufweist, kann die Mineralwolle unkomprimiert verbaut werden. Dies erhöht auch über die Bauteilfläche hinaus deren Wärmedämmfähigkeit. Zur Minimierung von Materialverschnitt gilt für die Paneele, die Flächenbauteile, der übliche Achsabstand von 62,5 cm.

Zum Zusammenbau der Bauverbundelemente dienen bereits am Markt verfügbare Systemverbindungs- und Systemschutzmittel - im Speziellen zur Sicherstellung des notwendigen Brandschutzes. Dem folgend werden die fertig zusammengesetzten Paneele Seite an Seite ebenso mit System-Schraubankern an die jeweilige Tragkonstruktion auf-/angehängt beziehungsweise befestigt. Diese Übergangsstellen zwischen den Paneelen und der Tragkonstruktion werden mit Steinwolle ausgestopft.

An das Paneel ist nach dem Versetzen an der Innenseite die Montage einer Installationsebene im Konzept vorgesehen. Diese wird durch eine auf Schwingbügeln befestigte Bauplatte realisiert und hat einen positiven Einfluss auf die bauphysikalischen Eigenschaften des Systems.

Eine Durchdringung der Innenseite des Panels stellt einen Bauschaden dar. Die Konstruktion der Paneele wird mit einer Dampfbremse mit einem s_d -Wert von zumindest 100 hergestellt. Um diese vor Beschädigung wird eine Installationsebene hergestellt.

Im fertig-versetzten Zustand werden die Paneele herkömmlich gespachtelt, genetzt und mit einem durchgefärbten Putzabrieb versehen.

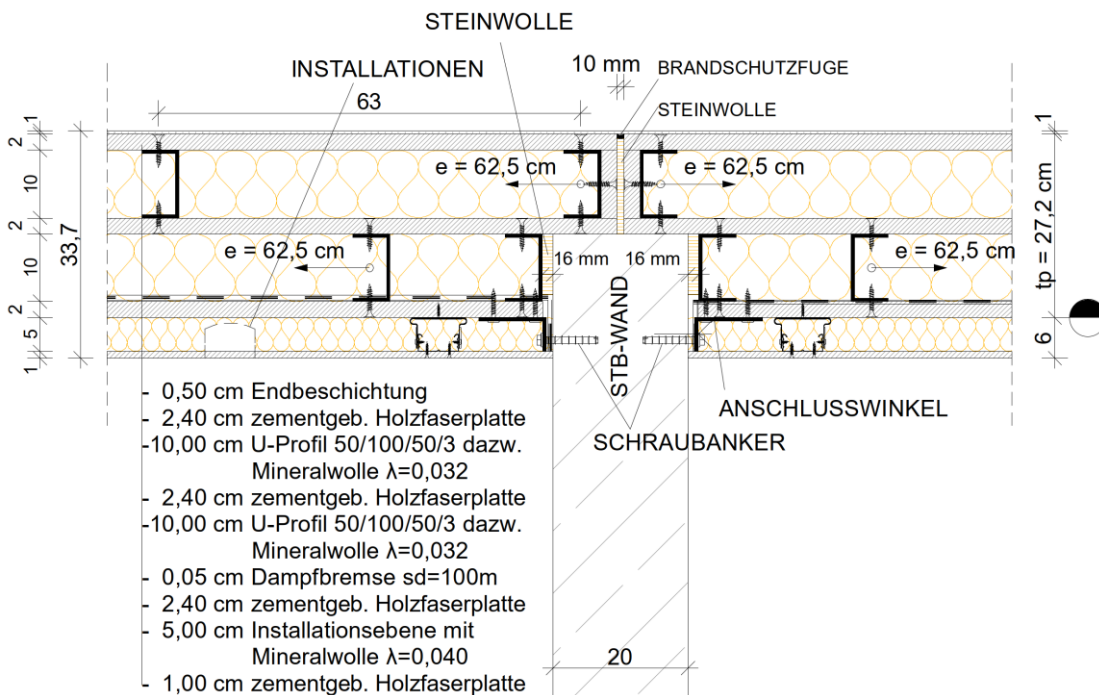


Abb 27: Grundriss gewählte Ausführung

Da es sich bei den Paneelen in erster Linie um die Wandbekleidung an der Außenseite von Gebäuden handelt, ist es erforderlich Passtücke zur Verfügung zu haben. Dies gilt grundsätzlich für Richtungsänderungen der Gebäudelinie und für die Nutzbarkeit des Objektes notwendige Öffnungen für den Zugang, wie in etwa Türen oder für die Belichtung des Inneren wie zum Beispiel Fenster.

Die Ausführung der Paneele liefert konstruktiv den allseitigen Anschlag für die Montage von Fenstern sowie von Türen mit der wärmetechnisch angebrachten Überdämmung gleich mit. An die Seite, die dem Raum zugewandt ist, wird die Vorsatzschale gegebenenfalls den Rahmen der Fenster- oder Türkonstruktion mit überdecken.

Mit dieser Vorgangsweise und Materialnutzung wird ein sehr hoher Vorfertigungsgrad erzielt. Das Heranziehen von bereits bekannten und am Markt etablierten Komponenten minimiert auf daher mögliche Mängel.

5.6 Maßtoleranzen

Im System mit dem werkseitigen möglichen Vorfertigungsgrad sind die Bauteile-Flächen-Bauteile und die Sonderbauteile- mit den dementsprechend erzielbaren Maßtoleranzen hergestellt beziehungsweise herstellbar. Für die tragende Konstruktion des zu errichtenden Gebäudes vor Ort ist die Maßhaltigkeit eine andere Herausforderung. Die Maßtoleranzen sind maßgeblich von der Einbausituation abhängig. Der Unterschied liegt in der Befestigungsmethode der System-Bauteile zum Tragsystem des Gebäudes.

Bei einer Montage vor der Tragkonstruktion ist die Einhaltung der Maßhaltigkeit angebracht, jedoch nicht von maßgebender Bedeutung. Bei einer Ungenauigkeit im Zuge der Montage wird es vorwiegend optische Fehler oder Unregelmäßigkeiten geben.

Bei einer Montage um das Tragwerk, zwischen den Deckenkonstruktionen für die jeweiligen Geschosse im Gebäude, ist die Maßhaltigkeit von immanenter Bedeutung, da die Paneele statisch, im Sinne von lastabtragend, nicht mitbewertet werden dürfen.

Die verwendeten (Bau-)Materialien, im Einzelnen und im Verbund, haben aufgrund der spezifischen Materialeigenschaften des jeweiligen (Bau-)Stoffes einen bedeutenden Einfluss auf die Maßtoleranzen. Die temperaturabhängigen Dehnungen und Stauchungen der verwendeten Materialien müssen zum einen vom zusammengesetzten Paneel selbst aufgenommen werden, aber in Verbindung mit mehreren am Objekt versetzten Paneelen auch die auftretenden Längenänderungen aufnehmen und zum anderen alle diese Änderungen nur im geringen Ausmaß an die darunter befindliche Tragkonstruktion weitergeben.

5.7 Nachhaltigkeit - gewählte Ausführung

Die gewählte Variante besitzt eine Stahl Unterkonstruktion und eine Dämmung aus Mineralwolle. Diese Materialien wurden aus Brandschutzgründen gewählt, da beide nicht brennbar sind.

Durch die Vorfertigung der Elemente im Werk kann der Energie- und Ressourcenverbrauch begrenzt und optimiert werden.

Das Fassadenelement kann bis auf eventuelle Oberflächenbeschichtungen grundsätzlich in seine Einzelkomponenten zerlegt werden. Eine Wiederverwertung ist somit möglich.

OI3 Bewertung

Für die Berechnungen des Ökoindex OI3 sind die baubook-Richtwerte bzw. durch unabhängige Dritte verifizierte produktspezifische Werte, welche nach den Produktkategorie-Regeln der Bau EPD GmbH berechnet wurden und auf der Hintergrunddatenbank ecoinvent beruhen, heranzuziehen. Bei den baubook Richtwerten werden die Ökobilanzindikatoren der IBO-Richtwerte mit den bauphysikalischen Daten aus baubook (Rohdichte, Wärmeleitfähigkeit) kombiniert. [8]

Die ökologische Qualität von gängigen Konstruktionen wird durch den Ökoindex $OI3_{KON}$ auf einen Wertebereich von 0 bis 100 Punkten abgebildet. Standard-Außenwände ohne ökologische Optimierungsmaßnahmen (zum Beispiel ohne dem Einsatz von Dämmstoffen auf nachwachsender Basis) schneiden mit ca. 70 Punkten ab, 15 Punkte oder weniger sind nur durch ökologisch besonders optimierte Konstruktionen zu erreichen. [8]

Ergebnisse

ÖKO Kennzahlen des Fassadenelementes	
$OI3_{KON}$	53 Pkt/m ²
$\Delta OI3$	89 Pkt/m ²
PENRT (Primärenergiegehalt nicht erneuerbar)	1137,39 MJ/m ²
GWP (Global Warming Potential)	72,95 kg/m ²
AP (Versäuerung)	0,2993 kg/m ²

Tabelle 3: Öko Kennzahlen des Fassadenelementes

Die OI3 Bewertung erfolgt mit der Software Archiphysik. Das Berechnungsblatt ist in der Anlage ersichtlich.

Der Ökoindex $OI3_{KON}$ zeigt, dass das Fassadenelement eine mittlere ökologische Qualität aufweist. Die Mineralwolle Dämmung hat mit einem $\Delta OI3$ -Wert von 13 Pkt/m² das größte Potenzial, um das Fassadenelement ökologisch zu verbessern.

6 Plantechnische Darstellungen der ausgewählten Variante

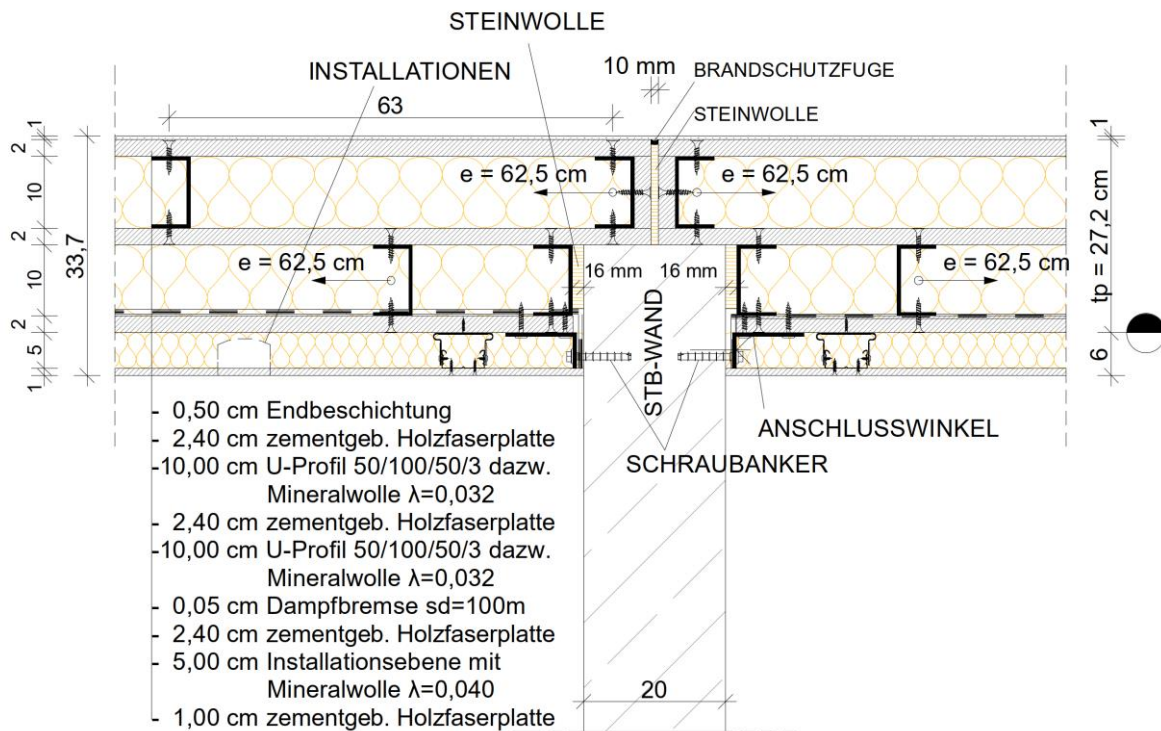


Abb 28: Grundriss Anschluss Stahlbetonwand

Im Grundriss laut Abb. 28 ist der Anschluss einer Stahlbetonwand ersichtlich. Miteinbezogen wurden bereits die Vorsatzschale, welche aus Gründen der Systemgleichheit hier ebenfalls aus zementgebundenen Holzfaserplatten hergestellt wird, und die Elektroinstallation – in der Abbildung mittels Elektrodose angedeutet. Der Grundriss ist mit der Beschreibung Unterputz/Spachtelung/Endbeschichtung gekennzeichnet. Eventuelle andere Oberflächenbeschichtung wurde nicht separat betrachtet (wie beispielsweise hinterlüftete Fassade, zusätzliche Belegung mit Dämmplatten o.ä.).

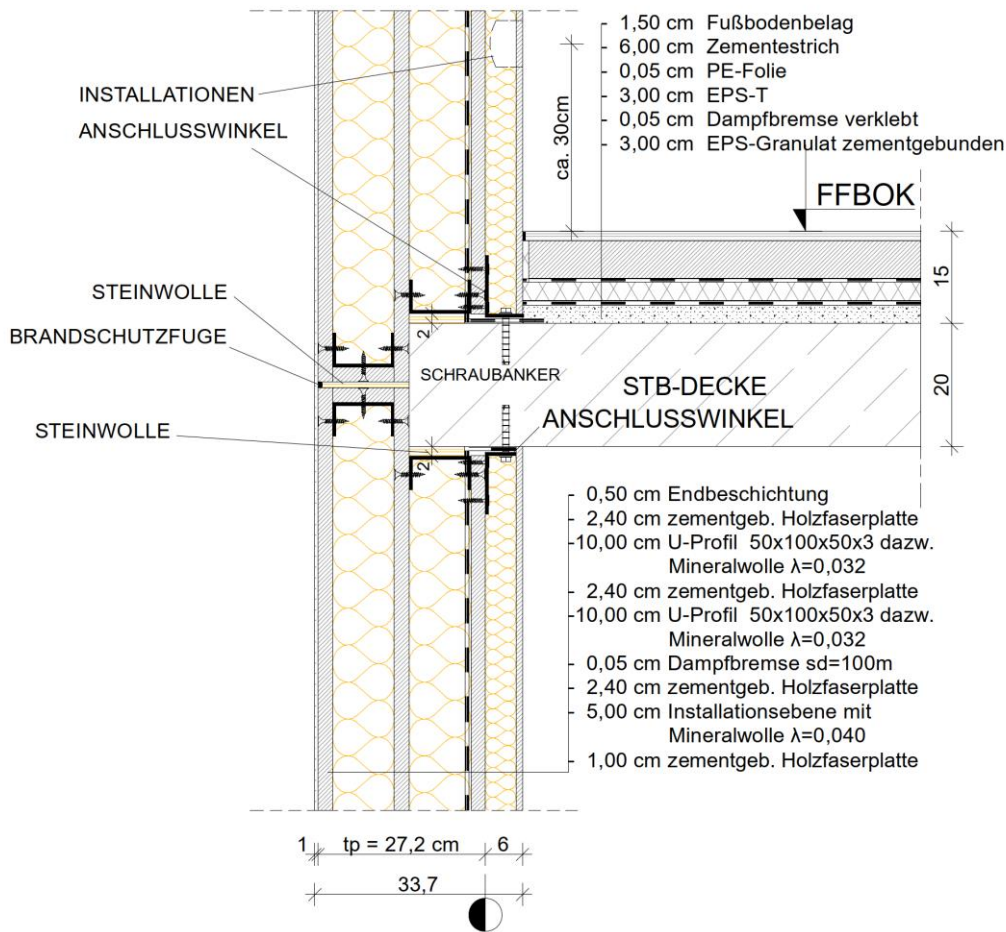


Abb 29: Schnitt Anschluss Stahlbetondecke

Im Schnitt wird der fertige Fußbodenaufbau dargestellt. Die Trennung des Estrichs erfolgt mittels Estrichrandstreifen. Die Fugen werden mit Steinwolle ausgestopft und anschließend wird die Dampfbremse innen mit einem Klebeband luftdicht sowohl im Decken als auch im Fußbodenbereich angeschlossen. Durch die versetzte Montage ist auch bei den Schraubankern ausreichend Abstand zu den Betonrandzonen gegeben.

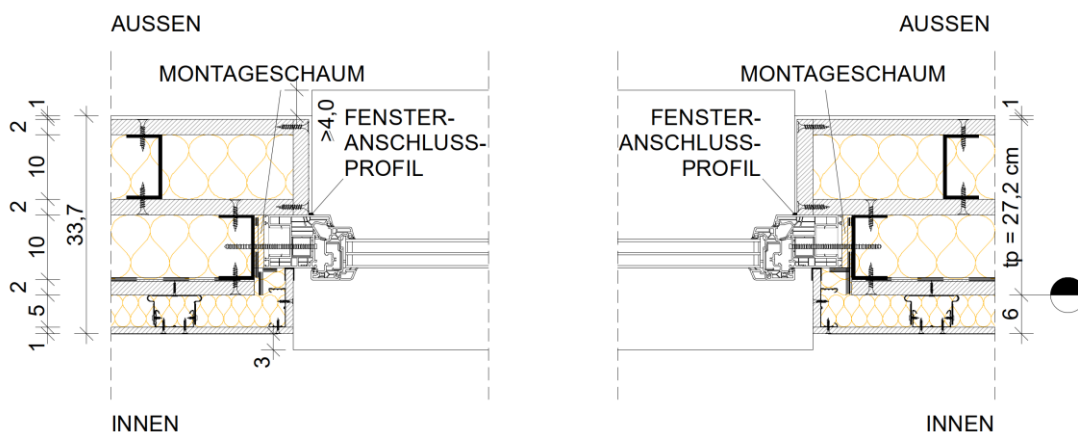
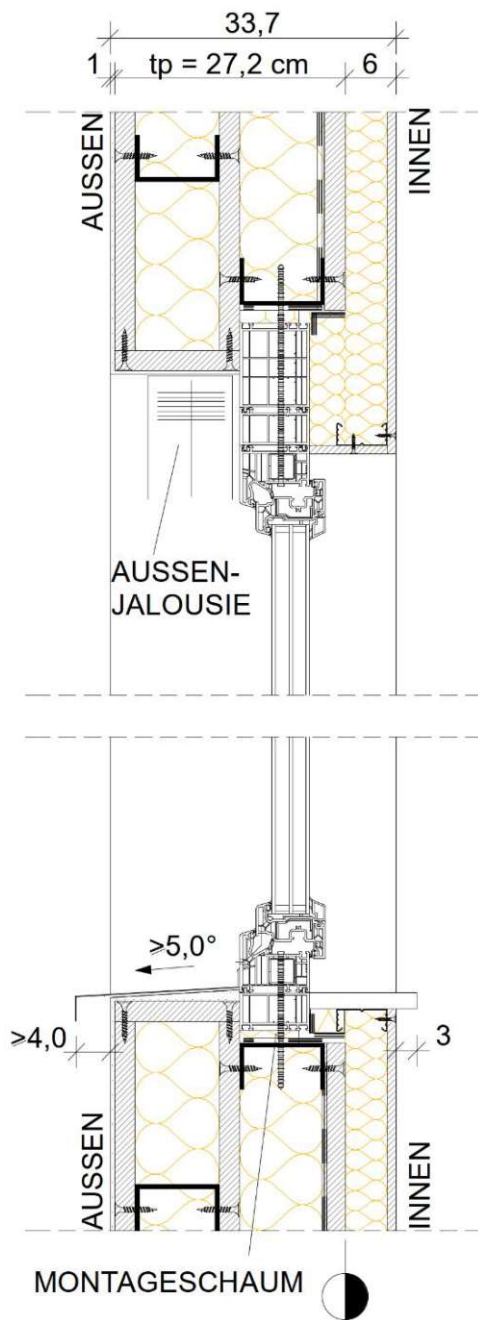


Abb 30: Grundriss Fensteranschluss



Der Fensteranschluss erfolgt gemäß ÖNORM B 5320 [16], welche besagt, dass die Fugenausbildung an der Innenseite dichter als an der Außenseite sein muss. Eventuell auftretende Bewegungen sind von der Fuge aufzunehmen, ohne dass die Dichtigkeit vermindert wird. In diesem Fall wird das durch ein vorkomprimiertes Fugenband für die äußere Fuge sowie innen durch ein dichtes Klebeband erreicht. Das Kompriband verschwindet in der Fensterfuge und das innenliegende Dichtband ist durch die Vorsatzschale nicht mehr sichtbar. Der äußere Anschluss des Unterputzes erfolgt durch eine Fassadenanputzleiste. Diese hat einen Netzanschluss und wird an den Fensterstock geklebt. Der Netzanschluss der APU-Leiste wird in die Netzarmierung des Unterputzes eingebunden. Durch Stockaufdoppelungen der Fenster kann ein eventuell erforderlicher außenliegender Sonnenschutz in der Elementebene ohne Vorsprung montiert werden. Die Innenfensterbank wird auf die Unterkonstruktion der Vorsatzschale aufgelegt und die außenliegende Sohlbank wird nach Herstellung des Oberputzes direkt auf diesen gelegt, seitlich mit Kompribändern abgedichtet und anschließend auf den Fensterstock verschraubt.

Abb 31: Schnitt Fensteranschluss

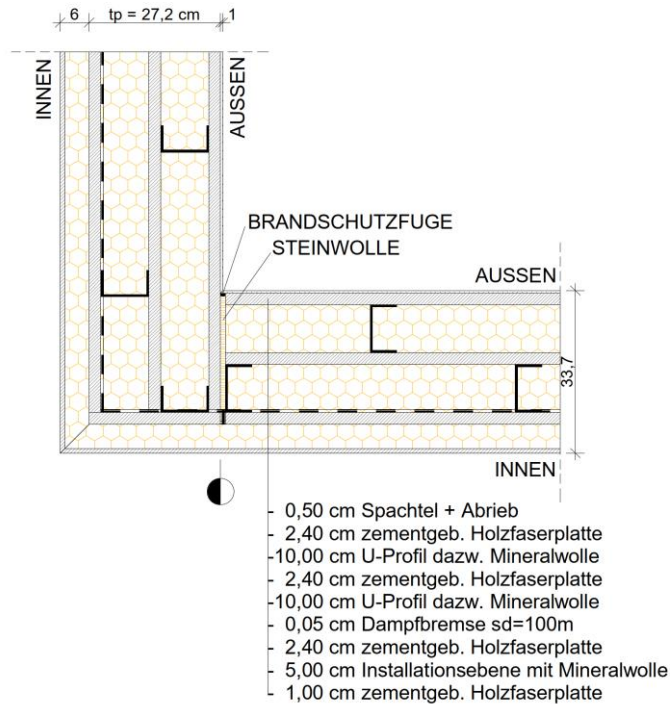


Abb 32: Grundriss Innenecke (Elemente gestoßen)

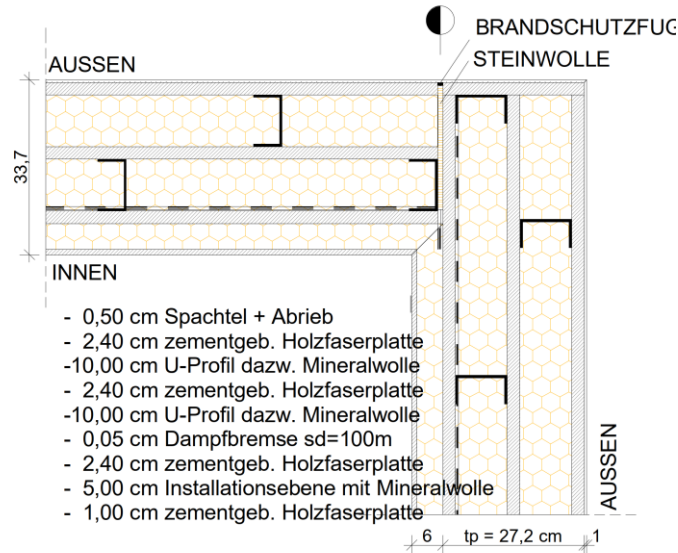


Abb 33: Grundriss Außenecke (Elemente gestoßen)

Bei der Innen- und Außenecke der gestoßenen Elemente läuft jeweils ein Element bis zur Innenkante und das zweite Element wird im Anschluss bis Außenkante stumpf angestoßen. Die dadurch entstehende Fuge wird im Anschluss mit Steinwolle ausgestopft und an der Innenseite mittels Klebeband Dampfdicht verschlossen. Im Anschluss wird analog dem normalen Elementstoß die Außenfuge mittels Brandschutzfuge elastisch angeschlossen.

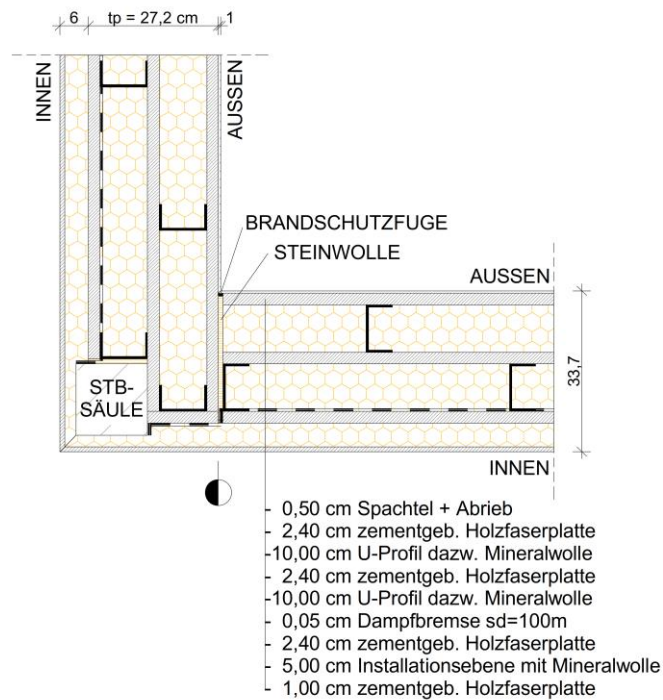


Abb 34: Grundriss Innenecke (mit Stahlbetonecksäule)

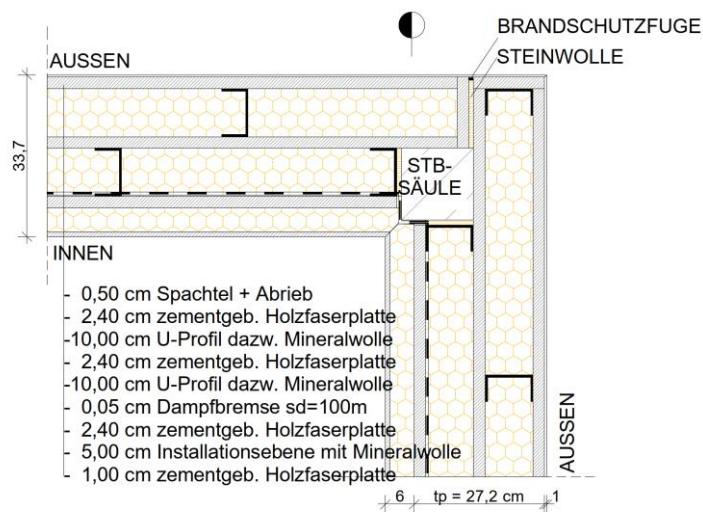


Abb 35: Grundriss Außenecke (mit Stahlbetonecksäule)

In der Detailausarbeitung der Innenecke mit Stahlbetonsäule stößt das erste Montageelement mit der inneren Dämmebene an die Säule an und mit der äußeren Dämmebene bis zur Innenkante des zweiten Elementes.

Bei der Außenecke stoßen beide Elemente mit der inneren Dämmebene an die Stahlbetonsäule und bei der äußeren Dämmebene läuft die äußere Dämmschicht einer Platte bis Außenkante weiter.

Für die Fugen gilt dasselbe wie bei der Außen- und Innenecke ohne Stahlbetonsäule.

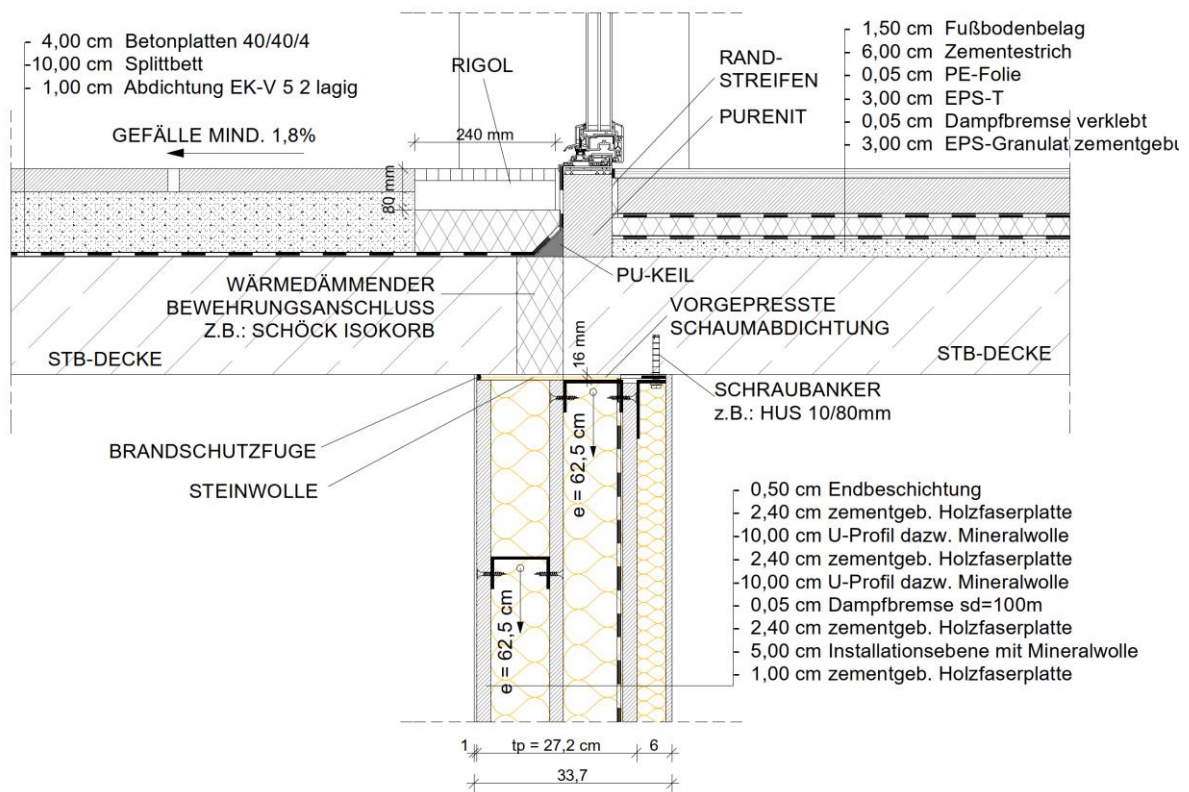


Abb 36: Schnitt Balkontüranschluss barrierefrei

Der barrierefreie Balkontüranschluss erfolgt im oberen Abschluss analog dem Fensteranschluss. Die durchlaufende Stahlbetondecke wird mittels wärmedämmenden Bewehrungsanschluss thermisch getrennt. Das untere Element wird einfach stumpf an die Stahlbetondecke gestoßen, die Fugen mit Steinwolle ausgestopft und luftdicht sowie elastisch verschlossen.

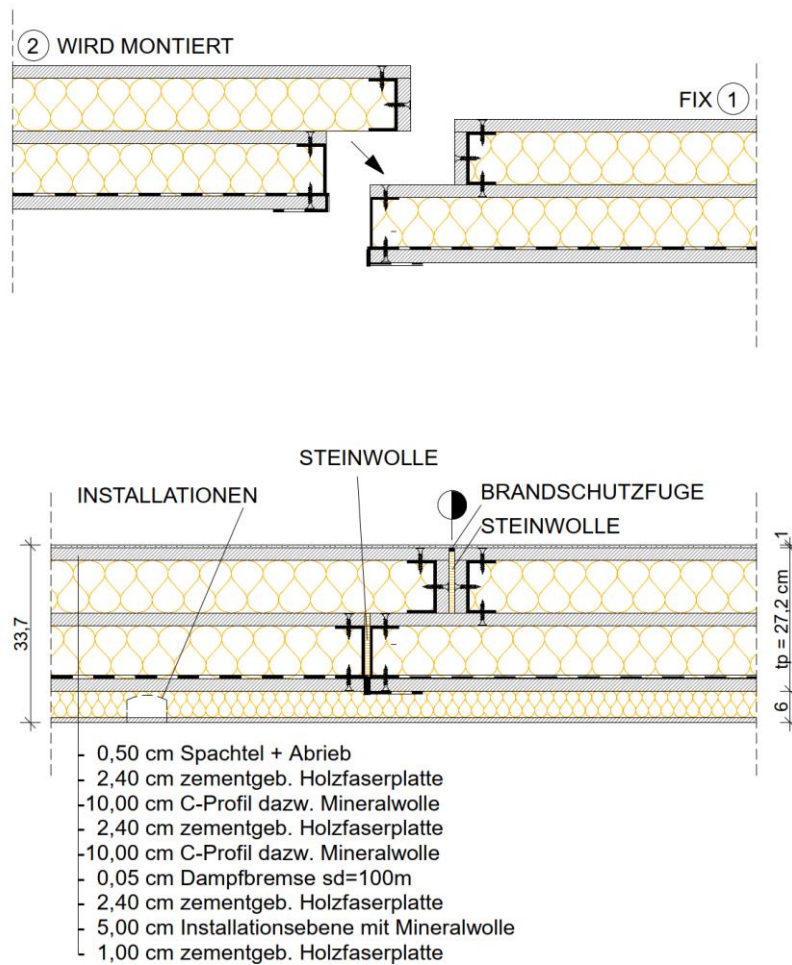


Abb 37: Elementstoß in der Fläche

Beim Elementstoß in der Fläche werden beide Elemente schichtweise verzahnt ausgeführt. Das erste Element hat eine vorstehende innere Dämmebene. Das zweite Element ist genau gegengleich produziert und wird im Anschluss an das erste Element montiert. Danach werden die Dampfbremsen durch ein geeignetes Klebeband zusammengeklebt und die Vorsatzschale wird durchgehend ohne Unterbrechung ausgeführt.

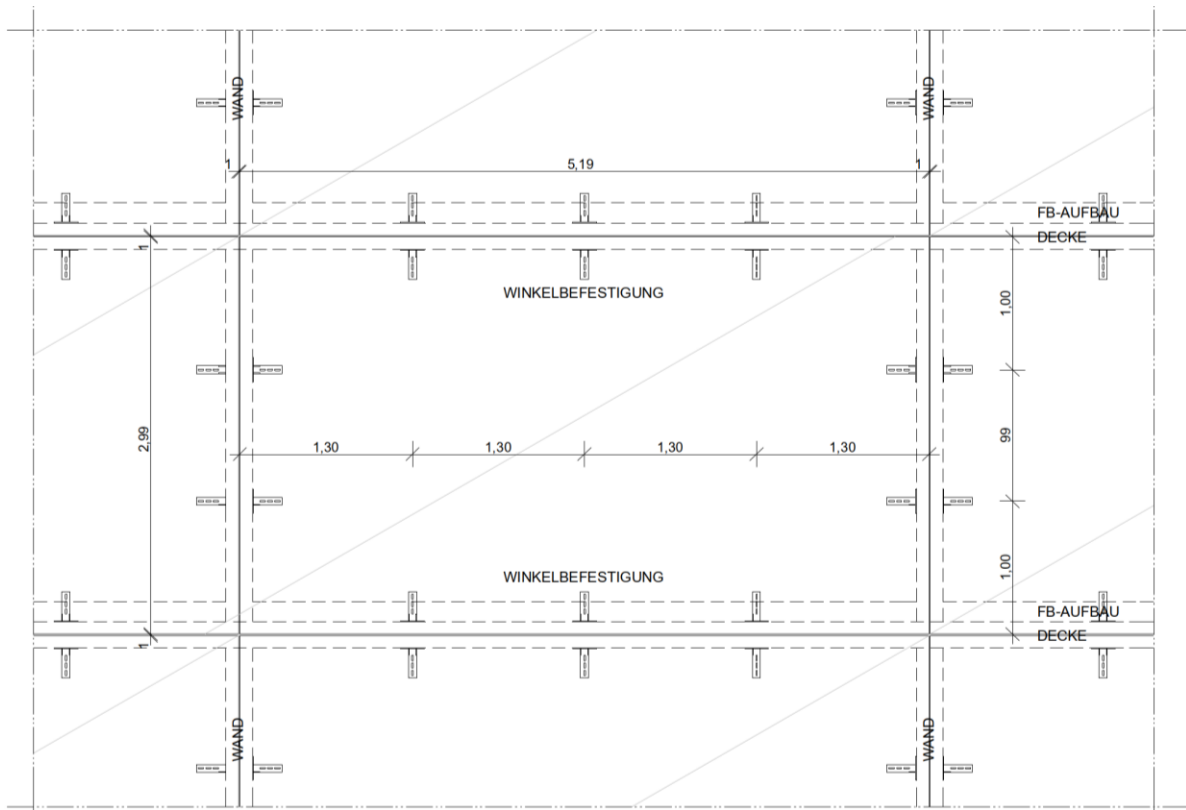


Abb 38: Elementansicht außen

7 Berechnungen

Für die Berechnungen zur Statik, dem Wärmeschutz und dem Schallschutz wurden auf Basis von Normen und Richtlinien, die aufgeführten Resultate sowohl händisch wie auch computerunterstützt ermittelt. Wobei für letzteres ein validiertes Software-Pakete zur Lösung der Problemstellungen herangezogen wurde.

Zu allen Überlegungen, die sich auf bautechnische Belange beziehen, gelten Normen und Richtlinien, in denen sich die Regeln der Technik widerspiegeln, als Grundlage. Für den Stand der Technik ist es erforderlich die Beweise zu erbringen, dass das neue System die Normen und Richtlinien grundsätzlich einhält.

7.1 Randbedingungen

Nachfolgend werden die Grundlagen und Randbedingungen für die Berechnungen beschrieben.

7.1.1 Standort

Für die Untersuchung der unterschiedlichen Anforderungen werden die Vorschriften für Wien berücksichtigt. Bei der Berechnung der Windlasten wurde als Referenzstandort Tattendorf angenommen.

7.1.2 Software

Für die Berechnung der Windlast wurde das Berechnungsprogramm konkret Version V5.4 verwendet.

Für die Berechnung der Auflagerreaktionen wurde mit dem Berechnungsprogramm Infograph Version 17.00a gearbeitet.

Für die Bemessung der Schraubanker wurde das Bemessungsprogramm der Firma Hilti herangezogen.

Für die Berechnungen des Wärme- und Schallschutzes wurde mit der Software Archiphysik 17 von A-NULL Development GmbH gearbeitet.

Und letztendlich wurde für die Wärmebrückenberechnung die Software AnTherm Version 9.01 verwendet.

7.2 Anforderungen an Außenwände gemäß Wiener Bauordnung und Wiener Bautechnikverordnung

In Wien werden von der Bauordnung [17] und von der Bautechnikverordnung [18] folgende Anforderungen an Außenwände im Wohnbau gestellt

- Mechanische Festigkeit und Standsicherheit
- Brandschutz
- Schallschutz
- Energieeinsparung und Wärmeschutz

Diesen bautechnischen Vorschriften wird entsprochen, wenn die Festlegungen der jeweiligen OIB-Richtlinien eingehalten werden.

OIB-Richtlinie 1	... Mechanische Festigkeit und Standsicherheit [19]
OIB-Richtlinie 2	... Brandschutz [20]
OIB-Richtlinie 5	... Schallschutz [21]
OIB-Richtlinie 6	... Energieeinsparung und Wärmeschutz [22]

Bei der Erfüllung der bautechnischen Vorschriften besteht die Möglichkeit gemäß §2 der Wiener Bautechnikverordnung von den OIB-Richtlinien abweichend zu planen, wenn nachgewiesen wird, dass das gleiche Schutzniveau wie bei Anwendung der Richtlinien erreicht wird.

7.3 Mechanische Festigkeit und Standsicherheit

Die Anforderungen an die mechanische Festigkeit und Standsicherheit werden in der OIB-Richtlinie 1 festgelegt, diese besagt

Tragwerke sind so zu planen und herzustellen, dass sie eine ausreichende Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit aufweisen, um die Einwirkungen, denen das Bauwerk ausgesetzt ist, aufzunehmen und in den Boden abzutragen. Für die Neuerrichtung von Tragwerken oder Tragwerksteilen ist dies jedenfalls erfüllt, wenn der Stand der Technik eingehalten wird. Die Zuverlässigkeit der Tragwerke hat den Anforderungen gemäß ÖNORM EN 1990 [23] – Grundlagen der Tragwerksplanung in Verbindung mit ÖNORM B 1990-1 [24] zu genügen.

Untersucht wird die Eignung des geplanten Außenwandelements für Wohnbauten.

Das geplante Außenwandelement ist statisch nicht tragend. Eine Lastableitung erfolgt über dieses nicht, somit gehört es nicht zum Tragwerk des Gebäudes. Die Statik der Elemente selbst basiert auf den Verbund zwischen Unterkonstruktion und der Bepunktung. Die Montage der Elemente mit einer Winkelbefestigung an das Tragwerk des Gebäudes selbst ist aus statischer Sicht flexibel genug, um den Einbau nicht erheblich zu erschweren und dennoch stabil genug, um die Anforderung in Hinsicht auf das Abtragen der Eigenlasten, dem Windeintrag - Winddruck und Windsog - und möglichen horizontalen Stößen zu erfüllen.

Das Element ist selbsttragend und muss sein Eigengewicht an die tragende Konstruktion weitergeben können, somit muss es in sich eine Tragsicherheit aufweisen. Weiters muss die Gebrauchstauglichkeit der Durchbiegung zufolge von Einwirkungen vorgewiesen werden. Für die Dauerhaftigkeit des Elementes sorgt die Qualitätssicherung bei der Herstellung der einzelnen Bauteile sowie bei der Herstellung und Montage des Elementes selbst. Für die Einleitung in die tragende Struktur sind Befestigungselemente an Decken und Wänden zuständig. Die Befestigungselemente befinden sich in Kapitel 4.4 Verbindungsmittel im Detail.

Kräfte, welche auf das Wandelement einwirken sind das Eigengewicht, die Windlasten – wie Druck und Sog - sowie die Horizontallasten, die zufolge eines angenommenen Stoßes passieren können.

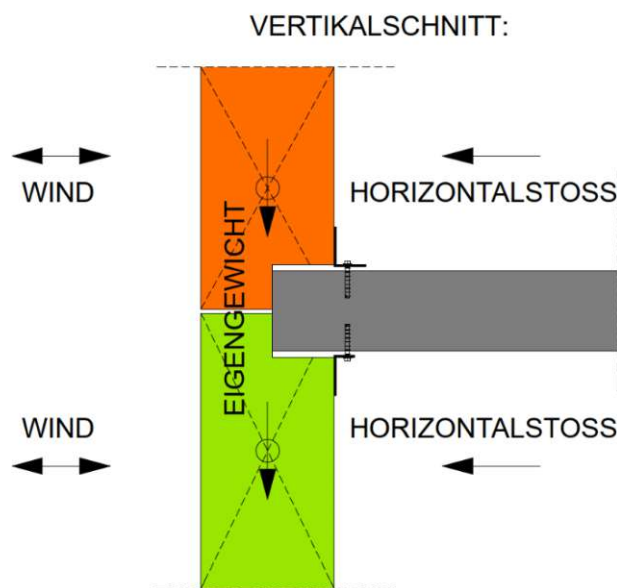


Abb 39: Einwirkungen

Eigengewicht

Das Eigengewicht des Wandelementes beträgt bei der untersuchten Variante (Unterkonstruktion U-Profil, Dämmung Mineralwolle, Vorsatzschale) **133 kg/m²**.

	Variante: U-Profil, Glaswolle, VS	Dicke [m]	Wichte [kg/m ²]	Gewicht [kg/m ²]	Last [kN/m ²]
1	Holzspanpl. (zem. geb.)	0,024	1350	32,40	0,32
2.0	U-Profil 100/50/3, dazw.	0,100	-	7,17	0,07
2.1	MW-W Glaswolle	0,100	32	3,20	0,03
3	Holzspanpl. (zem. geb.)	0,024	1350	32,40	0,32
4.0	U-Profil 100/50/3, dazw.	0,100	-	7,17	0,07
4.1	MW-W Glaswolle	0,100	32	3,20	0,03
5	PE-Folie	0,000	1500	0,30	0,00
6	Holzspanpl. (zem. geb.)	0,024	1350	32,40	0,32
7	CW-Profil + MW	0,050	20	1,00	0,01
8	Holzspanpl. (zem. geb.)	0,010	1350	13,50	0,14
	Gesamtstärke:	0,332	Last Aufbau:	132,7	1,33

Tabelle 4: Lastaufstellung Eigengewicht

Windlasten

Für die Windlasten wurde als Referenzstandort 2523 Tattendorf angenommen. Die Windlasten wurden für ein fiktives Gebäude mit einer Grundfläche von 20 m x 20 m und einer Höhe von 30 m berechnet. Die Berechnung der Windlasten erfolgte mit dem Berechnungsprogramm konkret Version V5.4. Der Außenwinddruck/-sog $W_{e,10}$ ergibt sich zu **1,27 kN/m²** (Druck/Sog).

Die Berechnung der Windlast ist im Anhang ersichtlich.

Horizontaler Stoß

Gemäß EUROCODE 1 gehören Wohngebäude der Nutzungskategorie "A" an.

Kategorie	Nutzungsmerkmal	Beispiel
A	Wohnflächen	A1: Räume in Wohngebäuden und -häusern, Stations- und Krankenzimmer in Krankenhäusern, Zimmer in Hotels und Herbergen, Küchen, Toiletten A2: nicht ausbaubare, begehbare Dachböden
B	Büroflächen	B1: Büroflächen in bestehenden Gebäuden
		B2: Büroräume in Bürogebäuden
...

Tabelle 5: Nutzungskategorien gemäß EC 1 [25]

Die Einwirkung zufolge des horizontalen Stoßes soll ein "Dagegenfallen" in der Berechnung abbilden. Die Einwirkung ist in 1 m Höhe anzusetzen und ist im EUROCODE 1 für Zwischenwände und Absturzsicherungen für Wohngebäude wie folgt angegeben

Nutzungskategorie	q_k kN/m
Kategorien A und B1	0,5
Kategorien B2 und C1	1,0
...	...

Tabelle 6: Horizontale Belastung gemäß EC 1 [25]

Die Modellbildung des statischen Modells erfolgte mit dem Berechnungsprogramm InfoGraph Version 17.00a

Die Grundlage für den Nachweis der Sicherheit gegen die Grenzzustände, wie in etwa Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit, bildet nach den aktuellen Eurocodes das semiprobabilistische Sicherheitskonzept. Die Nachweisführung erfolgt durch den Vergleich der Bemessungswerte der Beanspruchung mit den Bemessungswerten der Beanspruchbarkeit. [26]

Bemessung für den Grenzzustand der Tragfähigkeit

Das Nachweisformat im Grenzzustand der Tragfähigkeit lautet

$$E_d \leq R_d$$

E_d ... Bemessungswert der Beanspruchung

R_d ... Bemessungswert des Tragwiderstands

Für die Berücksichtigung von Unsicherheiten wird mit Teilsicherheitsbeiwerten gearbeitet. Dabei werden diese einwirkungsseitig sowie Materialeseitig verwendet. Einwirkungsseitige Teilsicherheitsbeiwerte vergrößern die Einwirkungen. Materialeseitige Teilsicherheitsbeiwerte vermindern die Materialkennwerte.

Sind mehrere Einwirkungen zu berücksichtigen müssen Kombinationsbeiwerte Ψ verwendet werden, welche die geringere Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Auftretens mehrere Maxima berücksichtigen.

Für die Berechnung der Auflagerreaktionen sowie der Verformungen werden die Belastungen miteinander kombiniert, um die ungünstigste Belastung für das Tragsystem zu erhalten.

Für den Grenzzustand der Tragfähigkeit wurden folgende Lastfallkombinationen gerechnet

Ständige und vorübergehende Beanspruchungen

$$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} \oplus \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

[25]

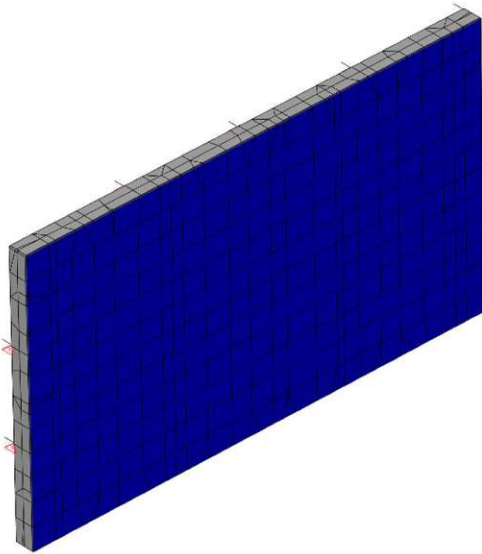
Dabei wurden folgende Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerte verwendet

	$\gamma_{s,sup}$	$\gamma_{s,inf}$	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Eigenlast	1,35	1,00	---	---	---
Nutzlast (Stoß)	1,50	0,00	0,70	0,50	0,30
Windlast	1,50	0,00	0,60	0,20	0,00

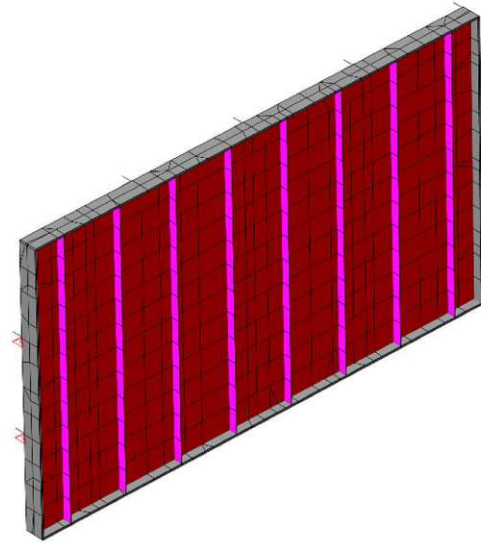
Tabelle 7: Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerte [23]

Für die Modellbildung wurden die Materialien, zementgebundene Holzfaserplatte und Stahlblech, in der Berechnung als drillsteif angenommen. Die Befestigungspunkte wurden als feste Auflager modelliert.

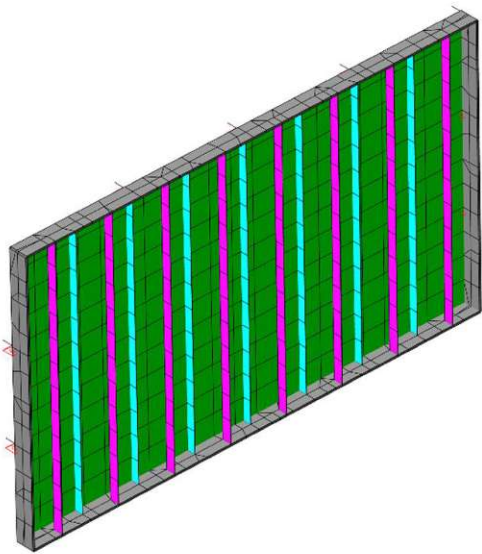
Das Modell wird wie folgt gebildet



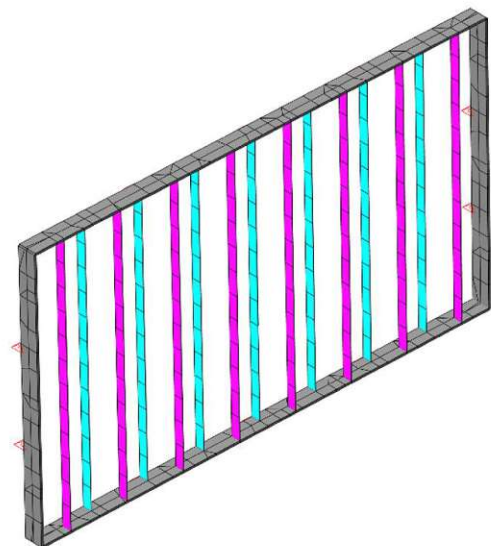
Gesamtmodell



Modell ohne innere Schale



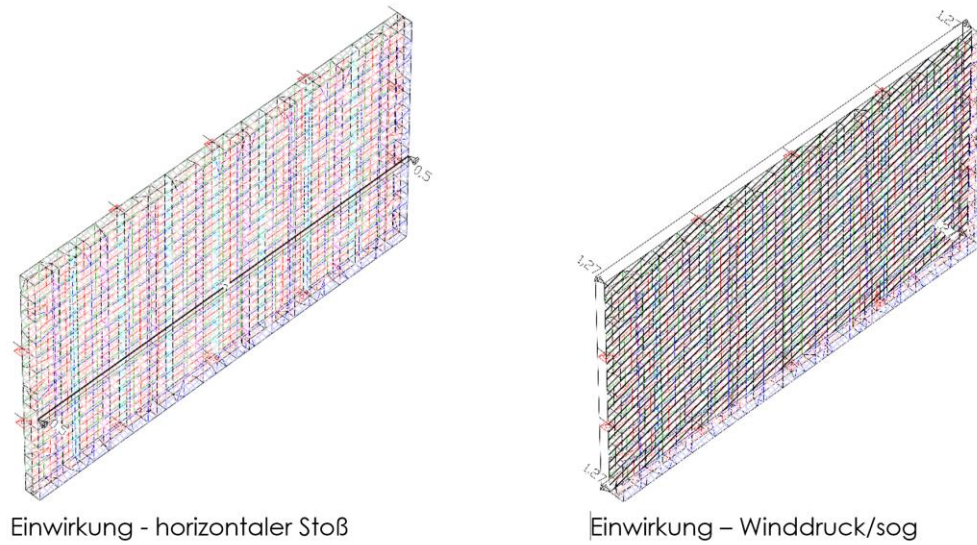
Modell ohne Innener und mittlere Schale



Modell nur Tragkonstruktion ohne Schalen

Abb 40: Tragkonstruktion Modell

Die Einwirkungen wurden wie folgt modelliert



Einwirkung - horizontaler Stoß

Einwirkung – Winddruck/sog

Abb 41: Maßgebliche Einwirkungen

Bemessung für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

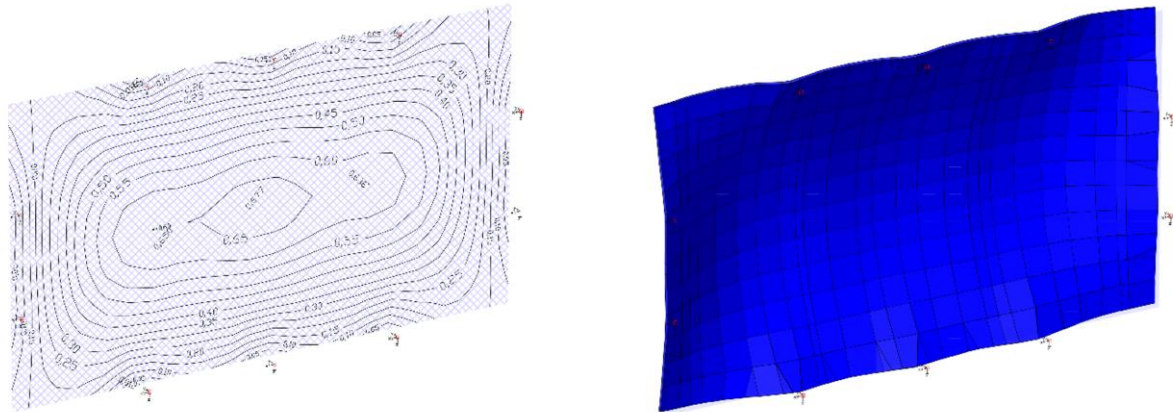


Abb 42: Durchbiegung

Die maximale Durchbiegung in Feldmitte ergibt sich zu **0,68 mm**.

Für die Nachweisführung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit wurden die Ergebnisse der Berechnungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit herangezogen. Die Ergebnisse haben vermuten lassen, dass die höhere Beanspruchung noch immer kleine Verformungen hervorruft, sodass diese auch die höheren Verformungsanforderungen erfüllen werden.

Für Wände gibt es in horizontaler Richtung keine Vorgaben bezüglich der Durchbiegungsbegrenzung. Für begehbare Decken ist die maximale zulässige Durchbiegung mit der Stützlänge geteilt durch 300 gegeben. Für das Außenwandelement wird eine maximale zulässige Durchbiegung von Stützlänge geteilt durch 500 angenommen.

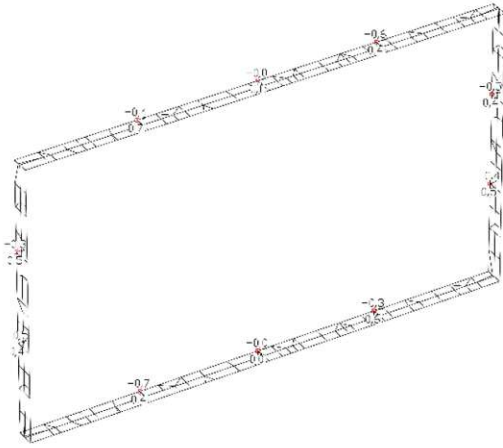
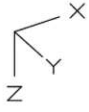
Die zulässige Durchbiegung ergibt bei Annahme von 5,00 m Rastemaß somit **5000 mm / 500 = 10 mm**.

Die maximale Durchbiegung des untersuchten Außenwandelementes ist mit 0,68 mm deutlich kleiner als die angenommene Anforderung. Es kann festgehalten werden, dass die Wand nur eine marginale Durchbiegung aufweist. Die Gebrauchstauglichkeit zufolge Durchbiegung ist somit erfüllt.

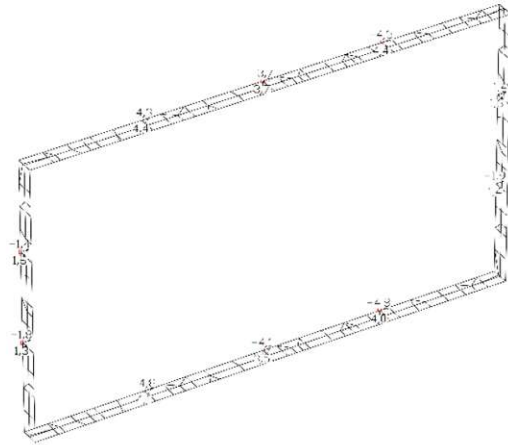
Bemessung für den Grenzzustand der Dauerhaftigkeit

Unter Dauerhaftigkeit wird die Widerstandsfähigkeit von Bauteilen gegenüber äußeren Einflüssen verstanden. Die Anforderungen an die Dauerhaftigkeit werden von dem geplanten Außenwandelement bei entsprechender Qualitätskontrolle bei der Herstellung im Werk, bei entsprechender Verarbeitung auf der Baustelle sowie bei entsprechender Montage sichergestellt.

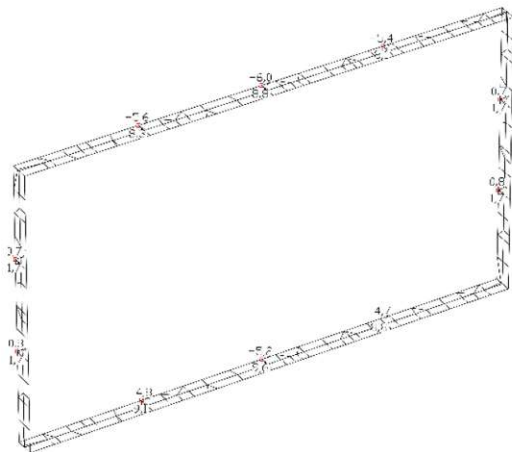
Auflagerreaktionen / Bemessung der Haltepunkte



Auflagerreaktionen in x Richtung



Auflagerreaktionen in y Richtung



Auflagerreaktionen in z Richtung

Abb 43: Auflagerreaktionen

Die maximalen Auflagerkräfte ergeben

- In x-Richtung = **0,7 kN (wird für die Bemessung nicht berücksichtigt)**
- In y-Richtung = **4,8 kN**
- In z-Richtung = **6 kN**

Momente treten nicht auf. Die Auflagerpunkte werden auf Normalkräfte bemessen.

Resultierende Dübelkräfte

Dübel	Normalkraft [kN]	Querkraft [kN]	Querkraft x [kN]	Querkraft y [kN]
1	3,644	2,425	2,425	0,000
2	3,644	2,425	2,425	0,000

Tabelle 8: Resultierende Dübel Kräfte

Resultierende Zugkraft in (x/y) = 7,288 kN

Resultierende Druckkraft in (x/y) = 1,288 kN

Zugbeanspruchung

	Einwirkung [kN]	Tragfähigkeit [kN]	Ausnutzung β_N [%]	Status
Stahlversagen	3,644	28,00	14	OK
Herausziehen	3,644	6,708	55	OK
Betonversagen	7,288	15,689	47	OK

Tabelle 9: Schraubenausnutzung zufolge Zugbeanspruchung

Querbeanspruchung

	Einwirkung [kN]	Tragfähigkeit [kN]	Ausnutzung β_v [%]	Status
Stahlversagen ohne Hebelarm	2,425	10,133	24	OK
Betonbeanspruchung auf der lastabgewand. Seite	4,850	31,377	16	OK
Betonkantenbruch	4,850	17,977	27	OK

Tabelle 10: Schraubenausnutzung zufolge Querbeanspruchung

Die Anforderungen an die mechanische Festigkeit sowie an die Standfestigkeit werden somit erfüllt.

Sämtliche Berechnungen sind im Anhang ersichtlich.

7.4 Brandschutz

Die Anforderungen an den Brandschutz werden in der OIB-Richtlinie 2 festgelegt. Um diese zu überprüfen, werden Wohnhäuser üblicherweise bis zur Gebäudeklasse 5 angenommen.

Bei Gebäuden der Gebäudeklassen 4 und 5 sind Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme so auszuführen, dass bezogen auf das zweite über dem Brandherd liegende Geschoß

- a) eine Brandweiterleitung über die Fassade und
- b) das Herabfallen großer Fassadenteile

wirksam eingeschränkt wird.

Für Außenwand-Wärmedämmverbundsysteme mit einer Wärmedämmung von nicht mehr als 10 cm aus expandiertem Polystyrol (EPS) oder aus Baustoffen der Klasse A2 gelten die Anforderungen gemäß OIB-Richtlinie 2- 3.5.1 als erfüllt.

Bei Gebäuden der Gebäudeklasse 4 und 5 sind vorgehängte hinterlüftete, belüftete oder nicht hinterlüftete Fassaden so auszuführen, dass bezogen auf das zweite über dem Brandherd liegende Geschoß

- a) eine Brandweiterleitung über die Fassade,
- b) das Herabfallen großer Fassadenteile

wirksam eingeschränkt wird.

Die allgemeinen Anforderungen an das Brandverhalten werden in der OIB-Richtlinie 2 wie folgt festgelegt.

Gebäudeklasse (GK)	GK 1	GK 2	GK 3	GK 4	GK 5	
					≤ 6 oberird. Geschoße	> 6 oberird. Geschoße
1 Fassaden						
1.1 Außenwand-WDVS	E	D	D	C-d1	C-d1	C-d1
1.2 Fassadensysteme, vorgehängte hinterlüftete, belüftete oder nicht hinterlüftete						
1.2.1 Gesamtsystem od. 1.2.2 Einzelkomponenten	E	D-d1	D-d1	B-d1	B-d1	B-d1
- Außenschicht	E	D	D	A2-d1	A2-d1	A2-d1
- Unterkonstruktion	E	D	D	D	D	C
- Dämmms.	E	D	D	D	B	B
Wärmedämm.	E	D	D	D	B	B
...

Tabelle 11: Anforderungen an Brandverhalten gemäß OIB 2 [20]

Dabei sind die Gebäudeklassen in den OIB-Richtlinien wie in folgender Tabelle dargestellt definiert.

GK	Anzahl der oberirdischen Geschoße	Fluchtniveau (m)	Anzahl Wohnungen bzw. Betriebs-einheiten	Brutto-Grundfläche der oberird. Geschoße (m ²)	Besondere s
1	≤ 3	≤ 7	≤ 2 Wohnungen 1 Betriebseinheit	≤ 400	freistehend
2	≤ 3	≤ 7	---	≤ 400 ≤ 800	Reiehn. Wohnggeb. freistehend
3	≤ 3	≤ 7	---	---	
4	≤ 4	≤ 11	1 ---	--- Je ≤ 400	
5	---	≤ 22	---	---	

Tabelle 12: Gebäudeklassen gemäß OIB 2 [20]

Die Brandschutzklassifikationen sind gemäß ÖNORM EN 13501-1 *Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten* wie nachfolgend ersichtlich angegeben.

Brennbarkeit		Rauchentwicklung		Abtropfen / Abfallen	
A1	kein Beitrag zum Brand	s1	schwach qualmend	d0	nicht tropfend
A2		s2	normal qualmend	d1	tropfend
B	sehr begrenzter Beitrag zum Brand	s3	stark qualmend	d2	zündend tropfend
C	begrenzter Beitrag zum Brand				
D	hinnehmbarer Beitrag zum Brand				
E	hinnehmbares Brandverhalten				
F	keine Leistung hins. Flammwidrigkeit				

Tabelle 13: Brandschutzklassifikationen gemäß ÖNORM EN 13501-1 [12]

An nichttragende Außenwandelemente werden keine Anforderungen an den Feuerwiderstand gestellt. Die zementgebundenen Holzfaserplatten haben die Brennbarkeitsklasse A2 und somit leisten sie keinen Beitrag zum Brand. Die Rauchentwicklung wird mit der Klasse s1 schwach qualmend bewertet. Die Platte verhält sich nicht tropfend d0 bei Brandeinwirkung.

Die zementgebundene Holzfaserplatte hat somit die Brandschutzklassifikation **A2-s1, d0**.

In der gewählten Ausführungsvariante wird eine Glaswolle - Dämmung verwendet. Diese hat die Brandschutzklassifikation **A1**. Sowie auch die Trägerprofile aus Stahl-U-Profilen haben die Brandschutzklassifikation **A1**.

Die Anforderungen der OIB-Richtlinie 2 an die Einzelkomponenten einer Fassade werden somit durch die Brandschutzklassifikation der einzelnen Baustoffe des geplanten Fassadenelementes erfüllt.

Vergleichbare Konstruktionen weisen als Gesamtsystem einen Feuerwiderstand von **EI90** auf. Die Firma Cetrus zum Beispiel hat eine doppelt beplankte Konstruktion mit einer 75 mm starken, voll ausgestopften Ständerkonstruktion geprüft.

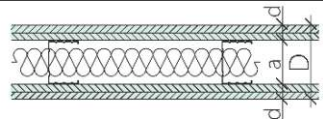
Schema	Maße			Mineralwolle	Feuerwiderstand
	a (mm)	d (mm)	D (mm)	Dicke (mm)	
	75	12+12	123	60	EI 90

Tabelle 14: Feuerwiderstand vergleichbare Konstruktion

Das geplante Außenwandelement ist beidseitig mit einer 24 mm starken zementgebundenen Holzfaserverleimung verkleidet, in der Mitte ist desweiteren eine dritte - ebenfalls 24 mm starke - zementgebundene Holzfaserverleimung geplant. Die Hohlräume werden voll mit Mineralwolle ausgestopft.

In Anlehnung an das in Tabelle 13 dargestellte Prüfaufbaus wird für das geplante Außenwandelement ebenfalls ein Feuerwiderstand von **EI90** angenommen.

Eine Bestätigung dieser Annahme kann durch einen Brandversuch im Prüflabor erfolgen, allerdings ist die Brandschutzprüfung nicht Gegenstand dieser Diplomarbeit.

7.5 Schallschutz

7.5.1 Anforderungen gemäß OIB-Richtlinie 5 – Schallschutz

Die Außenwand muss einen Schutz gegen den Außenlärm – wie zum Beispiel Straßenverkehr, Schienenverkehr etc. – bieten, um den Planungsbasispegel gemäß OIB-Richtlinie 5 [19] im Innenraum zu erfüllen. Sie muss auch in Bezug auf die Luftschalldämmung zwischen Räumen unterschiedlicher Nutzungseinheiten bei der Flankenübertragung im Idealfall so wenig als möglich mitwirken.

Das Schalldämm-Maß R eines Bauteils ist von der Frequenz des Schalls abhängig, wobei sich der bauakustische Bereich von 100 Hz bis 3150 Hz erstreckt. [27]

Das bewertete Schalldämm-Maß R_w wird durch Messungen im Vergleich mit einer Bezugskurve ermittelt und in Dezibel [dB] angegeben. Die Schalldämmwerte eines Bauteils werden dazu in Abhängigkeit von der Frequenz in ein Diagramm eingetragen, auf dem die Frequenz zwischen 100 Hz und 3150 Hz und die jeweiligen Schalldämmwerte [dB] abgetragen werden. Damit kann man für die verschiedenen Frequenzbereiche das Maß der Schalldämmung genau nachvollziehen. Zur Vereinfachung wird die Messkurve einer genormten Bewertungskurve gegenübergestellt und mit einer Ausgleichsberechnung auf einen Wert reduziert, der in [dB(A)] angegeben wird. [28]

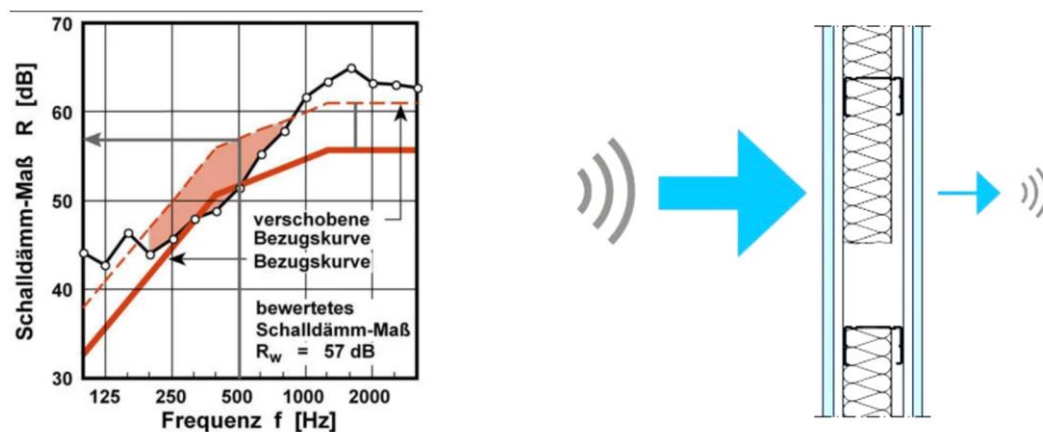


Abb. 46: Schallschutz Bezugskurve [29], [30]

Die Anforderungen können in Anforderungen an den Luftschall sowie in Anforderungen an den Körperschall unterschieden werden.

Beim Luftschall wird Luft in Schallschwingungen versetzt, die erzeugte Schallenergie wird in den Raumbegrenzungsflächen (Boden, Decke, Innenwand, Außenwand) in Körperschall umgewandelt und in dem Nachbarraum sowie in den angrenzenden Räumen wieder als Luftschall abgestrahlt. Der Schallschutz im Gebäudeinneren wird durch die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ (dB) zwischen Räumen unterschiedlicher Nutzungseinheiten angegeben. Die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ beschreibt als Gebäudekenngröße die Pegeldifferenz zwischen Räumen bei einer genormten Nachhallzeit T_0 von 0,5 Sekunden im Empfangsraum. Sie berücksichtigt dabei nicht nur den Schalldurchgang über den Trennbauteil (Geschoßdecke oder Wohnungstrennwand) selbst, sondern auch über die flankierenden Bauteile. Wände, Decken, Türen und Einbauten sind so zu bemessen, dass die Anforderungen an den Luftschallschutz in Gebäuden gemäß OIB-Richtlinie 5 – Schallschutz zwischen den Räumen unterschiedlicher Nutzungseinheiten – erfüllt werden. [31]

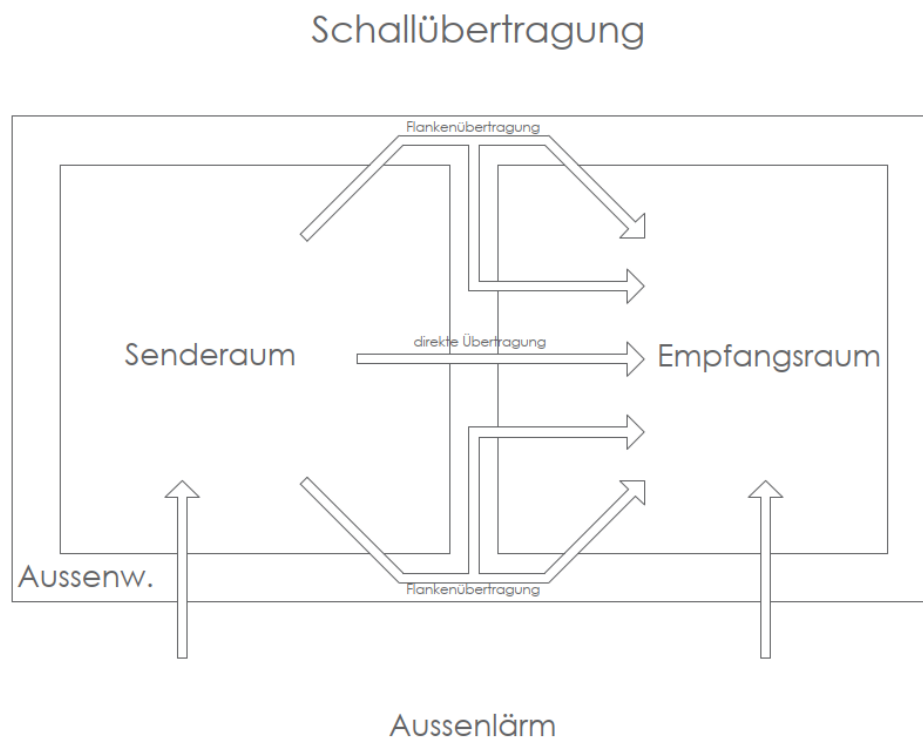


Abb 47: Schema Schallübertragung

Die Anforderungen an den Schallschutz werden in der OIB-Richtlinie 5 – Schallschutz sowie in der ÖNORM B 8115- Teil 1-7 Schallschutz und Raumakustik festgelegt.

Die Anforderung an die Schalldämmung der Außenbauteile wird auf Basis des maßgeblichen standortbezogenen Außenlärmpegels festgesetzt.

Bei Wohngebäuden dürfen für die Schalldämmung der Außenbauteile von Aufenthaltsräumen gemäß OIB-Richtlinie 5, Ausgabe Oktober 2019 folgende Werte nicht unterschritten werden.

Mindest erforderliche Schalldämmung von Außenbauteilen für Wohngebäude, -heime, Hotels, Schulen, Kindergärten, Krankenhäuser, Kurgelände u. dgl.								
Maßgeblicher Außenlärmpegel [dB]		Außenbauteile gesamt [dB]	Außenbauteile opak [dB]	Fenster und Außentüren [dB]		Decken und Wände gegen nicht ausgebaut e Dachräume [dB]	Decken und Wände gegen Durchfahrten und Garagen [dB]	Gebäudetrennwände an Nachbargrundstücken bzw. Bauplatzgrenzen (je Wand) [dB]
Tag	Nacht	$R'_{res,w}$	R_w	R_w	R_w+C_{tr}	R'_w	R_w	R_w
≤ 45	≤ 35	33	43	28	23	42	60	48
46 - 50	36 - 40	33	43	28	23	42	60	48
51 - 60	41 - 50	38	43	33	28	42	60	48
61	51	38,5	43,5	33,5	28,5	47	60	48
62	52	39	44	34	29	47	60	48
63	53	39,5	44,5	34,5	29,5	47	60	48
64	54	40	45	35	30	47	60	48
65	55	40,5	45,5	35,5	30,5	47	60	48
66	56	41	46	36	31	47	60	48
67	57	41,5	46,5	36,5	31,5	47	60	48
68	58	42	47	37	32	47	60	48
69	59	42,5	47,5	37,5	32,5	47	60	48
70	60	43	48	38	33	47	60	48
71	61	44	49	39	34	47	60	48
72	62	45	50	40	35	47	60	48
73	63	46	51	41	36	47	60	48
74	64	47	52	42	37	47	60	48
75	65	48	53	43	38	47	60	48
76	66	49	54	44	39	47	60	48
77	67	50	55	45	40	47	60	48
78	68	51	56	46	41	47	60	48
79	69	52	57	47	42	47	60	48
≥ 80	0	53	58	48	43	47	60	48

Tabelle 15: Erforderliches Mindestschalldämmmaß gemäß OIB 5

Die mindest erforderliche Standard-Schallpegeldifferenz zwischen Aufenthaltsräumen unterschiedlicher Nutzungseinheiten ist in der OIB-Richtlinie 5 mit $D_{nT,w} \geq 55$ dB festgelegt.

ZU	aus	$D_{nT,W}$ [dB]
Aufenthaltsräumen	Aufenthaltsräume anderer Nutzungseinheiten	55
	allg. zugänglichen Bereichen (zB Treppenhäuser, Gänge, Kellerräume, Gemeinschaftsräume)	55
	Nebenräume anderer Nutzungseinheiten	55

Tabelle 16: Erforderliche Mindestschallpegeldifferenz

Für das geplante Außenwandelement wird in Anlehnung an das unten angeführte Prüfergebnis der Firma Cetriz ein Schalldämm-Maß von 56 dB angenommen.

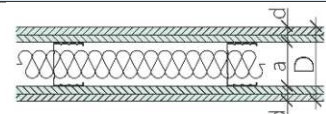
Schema	Maße			Mineralwolle	Schalldämm-Maß [dB]
	a [mm]	d [mm]	D [mm]	Dicke [mm]	
	75	12+12	123	60	56

Tabelle 17: Schalldämm-Maß vergleichbare Wand

Das tatsächliche Schalldämm-Maß der Außenwand muss im Prüflabor bestimmt werden. Da das geplante Außenwandelement eine zusätzliche Schicht zementgebundene Holzfaserplatte enthält und die gesamte Wandstärke 23 cm beträgt, ist anzunehmen, dass das bewertete Schalldämm-Maß des Elementes höher als die angenommenen 56 dB liegen wird.

Mit einem Schalldämm-Maß von $R_w = 56$ dB ist die Außenwand für einen sehr großen Einsatzbereich geeignet.

7.5.2 Vergleich des Schallschutzes des Außenwandelementes mit einer massiven Außenwand

Berechnung des bewerteten Schalldämm-Maßes R_w einer gleichwertigen massiven Außenwand

Bei der gleichwertigen massiven Außenwand wird ein Wärmedämmverbundsystem mit einer Mineralwolle (Steinwolle) Dämmung überprüft.

Berechnung gemäß ÖNORM B8115-4 [32] Schallschutz und Raumakustik im Hochbau, Ausgabe 2003-09-01, Teil 4: Maßnahmen zu Erfüllung der schalltechnischen Anforderungen

$$R_w = 32,4 \times \lg m' - 26$$

$$m' \dots \text{ flächenbezogene Masse [kg/m}^2\text{]}$$

Bewertetes Luftschallverbesserungs-Maß ΔR_w durch eine Vorsatzkonstruktion

Die Berechnung der Resonanzfrequenz f_0 der WDVS biegeweichen Vorsatzschale sowie des Luftschallverbesserungs-Maßes ΔR_w erfolgt mittels folgender Formel

$$f_0 = 160 \times \sqrt{(s' / m')}$$

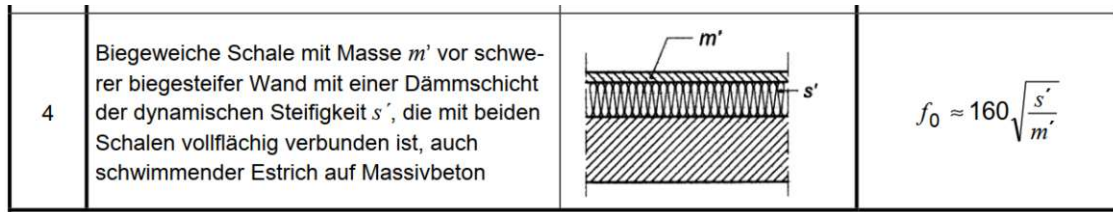


Abb 48: Normauszug ÖNORM B 8115 Teil 4 – vereinfachte Berechnung der Resonanzfrequenz [32]

Die flächenbezogene Masse des Putzes (1800 kg/m^3) bei einer Stärke von 0,8 cm beträgt $m' = 14,40 \text{ kg/m}^2$.

Der dynamische Elastizitätsmodul von Steinwolle beträgt $E_{\text{dyn.}} = 1 \text{ MN/m}^2$. Die dynamische Steifigkeit s' des WDVS beträgt bei einer Dämmstärke von 10 cm beträgt $s' = 10 \text{ MN/m}^3$.

Daraus errechnet sich die Resonanzfrequenz f_0 zu

$$f_0 = 160 \times \sqrt{(10 / 14,40)} = 133,3 \text{ Hz}$$

Resonanzfrequenz f_0 der Vorsatzschale in Hz	ΔR_w in dB
≤ 80	$35 - R_w/2$
100	$32 - R_w/2$
125	$30 - R_w/2$
160	$28 - R_w/2$

Abb 49: Normauszug ÖNorm B 8115 Teil 4 - Bewertete Luftschallverbesserung durch Vorsatzkonstruktion

$$\Delta R_w = 35 - R_{w,\text{Wand}} / 2$$

$$\Delta R_w = 29,5 - 53,6 / 2$$

$$\Delta R_w = \mathbf{2,7 \text{ dB}}$$

Stärke der gleichwertigen massiven Stahlbeton-Wand:

$$56 = 32,4 \times \lg (d \times 2400) - 26$$

$$d = \mathbf{12 \text{ cm}}$$

Bei einem 10 cm starken WDVS aus Mineralwolle (Steinwolle) ist eine Gleichwertigkeit beim Schallschutz mit einer 12 cm starken Stahlbeton-Wand gegeben. Mit diesem Aufbau ist auch die Stärke der massiven Wand gleich zum geplanten Außenwandelement.

Der Wärmeschutz der massiven Außenwand ist schlechter als bei dem geplanten Fassadenelement. Näheres zum Wärmeschutz wird im nachfolgenden Kapitel behandelt.

7.6 Energieeinsparung und Wärmeschutz

7.6.1 Anforderungen an Energiekennzahlen bei Neubau

Dem Wärmeschutz wird mittlerweile eine hohe Bedeutung beigemessen. In der OIB-Richtlinie 6 *Energieeinsparung und Wärmeschutz*, OIB-330.6-026/19 werden unter Punkt 4.4.1 die Anforderungen an wärmeübertragende Bauteile nach Bauteil und Wärmestrom sortiert aufgelistet. Die Anforderungen an die Energiekennzahlen für Neubauten sowie an das Niedrigstenergiegebäude sind von der wärmeabgebenden Hülle des Gebäudes abhängig. Für Wände gegen Außenluft gilt ein maximaler u-Wert von $U \leq 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$. Es ist im ersten Schritt erforderlich, dass das geplante Außenwandelement diese Mindestanforderung auf jedem Fall erreicht wenn nicht sogar unterschreitet. Für das geplante Außenwandelement wird ein, vom Passivhaus Institut geforderter U-Wert für opake Außenbauteile, von $U \leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ angestrebt.

7.6.2 Anforderungen an wärmeübertragende Bauteile beim Neubau

Gemäß OIB-Richtlinie 6, Punkt 4.4 dürfen beim Neubau eines Gebäudes oder Gebäudeteiles bei konditionierten Räumen folgende Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) bei nachstehend genannten, wärmeübertragenden Bauteilen nicht überschritten werden.

	Bauteil	U-Wert [W/m ² K]
1	WÄNDE gegen Außenluft	0,35
2	WÄNDE gegen unbeheizte oder nicht ausgebaute Dachräume	0,35
3	WÄNDE gegen unbeheizte, frostfrei zu haltende Gebäudeteile (ausgenommen Dachräume) sowie gegen Garagen	0,60
4	WÄNDE erdberührt	0,40
5	WÄNDE (Trennwände) zwischen Wohn- oder Betriebseinheiten oder konditionierten Treppenhäusern	1,30
6	WÄNDE gegen andere Bauwerke an Nachbargrundstücks- bzw. Bauplatzgrenzen	0,50
...

Tabelle 18: Anforderungen U-Wert gemäß OIB 6 [22]

7.6.3 Berechnung des U-Wertes und der Temperaturverläufe

Für die Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten des geplanten Außenwandelementes sowie der untersuchten und verglichenen Varianten werden folgende Wärmeleitfähigkeiten herangezogen.

Baustoff/Bauprodukt	ρ Mittelwert [kg/m ³]	Bemessungswert $\lambda_{\text{design,mas}}$ [W/mK]	c [kJ / (kg * K)]
Holzspanplatte (zementgeb.)	1350	0,251	1,00
MW(GW)-W	32	0,032	1,03
PE-Folie sd>100m	1500	0,230	1,00
Konstruktionsholz	600	0,130	1,61
CW-Profil (50mm) + Mineralw.	20	0,040	1,03
PIR-Dämmung	32	0,023	1,48
EPS – F PLUS	16	0,032	1,45
Hochlochziegel hochporosiert	800	0,237	1,00
Normalbeton mit 2% Bew.	2400	2,500	1,00

Tabelle 19: Wärmetechnische Materialkennwerte

7.6.4 Energieeffizienz

Die Anforderungen an die Energieeffizienz von Gebäuden sind in der OIB-Richtlinie 6 definiert.

Bei Nachweisführung über den Gesamtenergieeffizienzfaktor (f_{GEE}) werden der maximale Heizwärmebedarf (HWB) und Kühlbedarf (KB^*) sowie der maximale Faktor für die Gesamtenergieeffizienz (f_{GEE}) in der OIB Richtlinie 6 wie folgt angegeben.

Anforderung: $HWB_{Ref,RK} \leq 16 \times (1 + 3,0 / l_c) \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Anforderung: $KB^*_{RK} \leq 1,0 \text{ kWh/m}^3\text{a}$ (für Nicht-Wohngebäude)

Anforderung: $f_{GEE} \leq 0,75$

Wird der Nachweis der Einhaltung der Anforderungen über den Endenergiebedarf (EEB) (Wohngebäude) beziehungsweise bei Nicht-Wohngebäuden über den Heizenergiebedarf (HEB) geführt, gelten folgende Höchstwerte.

Anforderung: $HWB_{Ref,RK} \leq 10 \times (1 + 3,0 / l_c) \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Anforderung: $KB^*_{RK} \leq 1,0 \text{ kWh/m}^3\text{a}$ (für Nicht-Wohngebäude)

Anforderung: $EEB_{RK,Zul} \leq EEB_{WG,RK,Zul}$

Dabei beschreibt der l_c – Wert (charakteristische Länge) die Kompaktheit des Gebäudes. Der l_c -Wert ist der Quotient aus dem beheizten Gebäudevolumen und der beheizten Gebäudehülle.

Auf Basis dieser Aufstellung ist ersichtlich, dass zum Erreichen dieser Ziele höhere Anforderungen an das Paneel gestellt werden, als es auf den ersten Blick erscheinen lässt. Die Effizienzanforderung für das Gebäude wird durch die Kompaktheit bestimmt. Der für den Nachweis erforderliche Heizwärmebedarf wird über die Summe der Transmissionsverluste aller Außenbauteile (Außenwände, Außendecken, etc.) sowie die der Lüftungsverluste errechnet. Da die Außenwand einen großen Anteil an der Gebäudehülle hat, hat diese auch einen wesentlichen Einfluss auf die Leitwerte. Mit der Verbesserung des Wärmedurchgangskoeffizienten der Außenwand kann somit auch die Energieeffizienz des gesamten Gebäudes verbessert werden.

Die untersuchte Variante wurde in Hinsicht auf zuvor beschriebene Anforderungen geplant. Der Vergleich mit konventionellen Aufbauten zeigt, dass das geplante Außenwandelement mit der geplanten Wandstärke sehr gut abschneidet, wie nachfolgend ersichtlich ist.

Bauteile	U-Wert [W/m ² K]	Anf. OIB RL6 [W/m ² K]	Verbesserung gegenüber Anf. [%]
geplante Außenwand	0,15	0,35	57%
AW massiv Beton + WDVS	0,19	0,35	45%
AW massiv Ziegel + WDVS	0,19	0,35	45%

Die Aufbauten für die Paneele erreichen rechnerisch einen U-Wert von maximal 0,149 W/m²K. Das ist um 57,43 % besser als die gesetzliche Regelung für ein Bauteil mit 0,35 W/m²K vorgibt. Im Vergleich zu den Referenz-Bauteilen (AW02 und AW03) sind die Paneele um 21,99 % besser. Die Zielvorgabe mit dem Passivhaus – Standard Classic für nicht opake Außenbauteile mit höchstens 0,15 W/m²K wird erreicht beziehungsweise unterschritten.

7.6.5 Beheizbarkeit des Raumes

Um die Energieeffizienz des geplanten Außenwandelementes im Vergleich mit einer massiven Außenwand mit einem WDVS zu vergleichen, wird die benötigte Wärmemenge Q [W/m²] ermittelt, die für das Aufrechterhalten der Norm-Innentemperatur benötigt wird.

Die Heizlastberechnung erfolgt gemäß ÖNORM EN 12831 *Energetische Bewertung von Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast - Teil 1: Raumheizlast*. Diese empfiehlt für die Berechnung der Norm-Heizlast, die nachfolgend aufgeführten Norm-Innentemperaturen für beheizte Räume zugrunde zu legen.

Lfd. Nr.	Raumart	Norm-Innentemperatur θ_{int} °C
1	Wohn- und Schlafräume	+20

Tabelle 20: Normraumtemperatur gemäß ÖNORM EN 12831 [34]

Für den Außenbereich wird eine Temperatur von -2,63 °C angenommen. Diese Annahme wird gemäß ÖNORM B 8110-2 *Wärmeschutz im Hochbau / Teil 2: Wasserdampfdiffusion, -konvektion und Kondensationsschutz*, Tabelle A.1 – Außenrandbedingungen für Luftfeuchtekategorie 3 getroffen.

Die Gegenüberstellung der erforderlichen Wärmemenge zwischen einer konventionellen massiven Außenwand mit WDVS und dem geplanten Außenwandelement sieht wie folgt aus.

Massive Außenwand mit WDVS

Temperatur beheizter Raum = +20 °C

Temperatur Außenbereich = -2,63 °C

Fläche Trennbauteil = 1 m²

U-Wert Außenwand = 0,30 W/m²K

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

$$Q = 0,3 \cdot 1 \cdot 22,63$$

$$Q = \mathbf{6,5 \text{ W/m}^2}$$

Q ... Wärmemenge [W/m²]

U ... Wärmedurchgangskoeffizient [W/m²K]

A ... Fläche [m²]

ΔT ... Temperaturdifferenz [°K]

Geplantes Außenwandelement

Temperatur beheizter Raum = +20 °C

Temperatur Außenbereich = -2,63 °C

Fläche Trennbauteil = 1 m²

U-Wert Außenwand = 0,15 W/m²K

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

$$Q = 0,15 \cdot 1 \cdot 22,63$$

$$Q = \mathbf{3,40 \text{ W/m}^2}$$

Q ... Wärmemenge [W/m²]

U ... Wärmedurchgangskoeffizient [W/m²K]

A ... Fläche [m²]

ΔT ... Temperaturdifferenz [°K]

Durch die Berechnung ist ersichtlich, dass bei der geplanten Außenwand weniger Wärme erforderlich ist, um die Temperatur im beheizten Raum zu gewährleisten. Somit ist diese effizienter als eine vergleichbare massive Außenwand.

7.6.6 Schadensbildende Kondensation und Risiko zur Schimmelbildung

Die ÖNORM B 8110-2 *Wärmeschutz im Hochbau - Teil 2: Wasserdampfdiffusion, -konvektion und Kondensationsschutz* fordert in Bezug auf die Vermeidung von schadensverursachender Kondensation und Schimmelpilzbildung für Außenbauteile und Bauteile, die Räume mit unterschiedlichen Luftzuständen (Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit) trennen folgendes.

- Der Aufbau des Bauteils ist so bemessen, dass an der raumseitigen Oberfläche die Bedingungen zur Vermeidung von schadensverursachender Kondenswasserbildung und in Hinblick auf das Risiko von Schimmelbildung erfüllt sind.
- Der Aufbau des Bauteils ist so bemessen, dass im Inneren des Bauteils keine schadensverursachende Wasserdampfkondensation auftritt.

Das geplante Außenwandelement gehört in Anlehnung an den in der ÖNORM B 8110-2 angeführten Bauteil gemäß Punkt 8.2.11 "Außenbauteile (Außenwände) in Leichtbauweise" zu den nachweisfreien Konstruktionen. Gemäß ÖNORM B 8110-2 muss folgendes für die wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d gelten.

Zeile	s_{di} – Wert innen	s_{de} – Wert außen
1	$\geq 2,0$ m oder feuchtevariable Dampfbremse	$< 0,3$ m
2	$\geq 4 \times s_{de}$ und $\geq 2,0$ m	$0,3 \text{ m} \leq s_{de} \leq 4,0 \text{ m}$

Tabelle 21: Mindest s_d -Werte gemäß ÖNORM B 8110-2 [35]

Die geplante luftdichte Hülle wird mittels luftdichter Folie mit einem s_d – Wert von 100 m hergestellt. Die Außenschale wird mit einer Oberflächenversiegelung hergestellt welche einen s_d -Wert $< 0,3$ m aufweist. Die Kriterien an die Bauteilschichten werden somit erfüllt.

Bei dem geplanten Außenwandelement kann somit ein rechnerischer Nachweis der schadensverursachenden Kondensation im Bauteil entfallen.

Der Nachweis der Vermeidung von schadensverursachender Kondenswasserbildung und dem Risiko von Schimmelbildung an der raumseitigen Oberfläche hat durch die Berechnung des minimalen Temperaturfaktors der raumseitigen Oberfläche (Bemessungstemperaturfaktor $f_{Rsi,min}$) zu erfolgen. Wenn der Nachweis mit dem in der ÖNORM B 8110-2 festgelegten Außenklima (-10 °C) und den durch die Nutzungsprofile (gemäß ÖNORM B 8110-5) festgelegten Randbedingungen (Soll-Innentemperatur = 20 °C, Luftfeuchteklasse 3) erfolgt, wird dieser Nachweis erbracht. Der Bemessungstemperaturfaktor $f_{Rsi,min}$ ergibt sich bei Luftfeuchteklasse 3 mit $0,70$.

Der Temperaturfaktor f_{Rsi} für die raumseitige Oberfläche wird mit folgender Formel errechnet.

$$f_{Rsi} = (\theta_{si} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$$

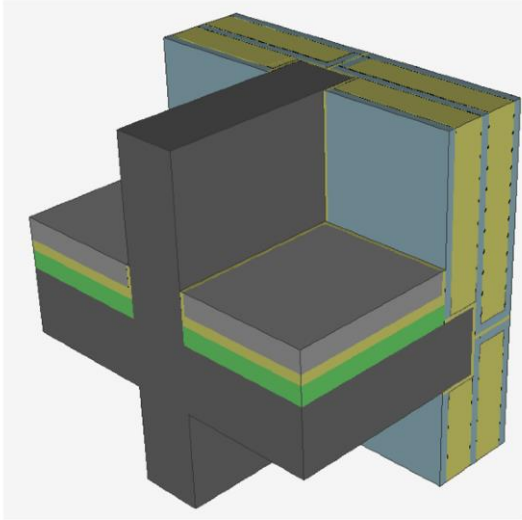
θ_{si} ... Temperatur der raumseitigen Oberfläche, in °C

θ_e ... außenseitige Lufttemperatur, in °C

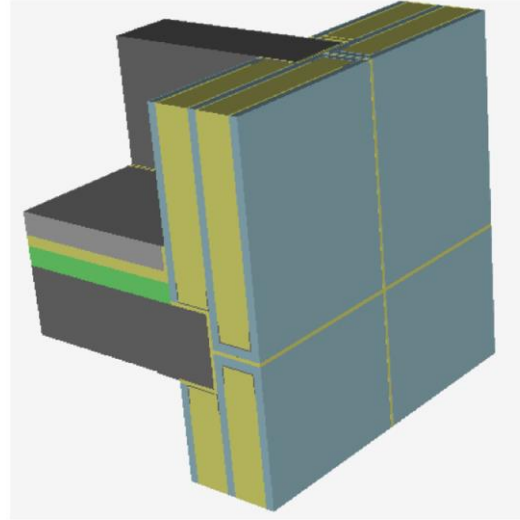
θ_i ... raumseitige operative Temperatur, in °C

Für die Wärmebrückenberechnung wurde der Knoten Decke/Außenwand/Trennwand untersucht. Die niedrigste Oberflächentemperatur im beheizten Raum befindet sich in unmittelbarer Nähe des Schnittpunktes der Decke/Außenwand/Trennwand lchse und beträgt $14,45$ °C.

Modell

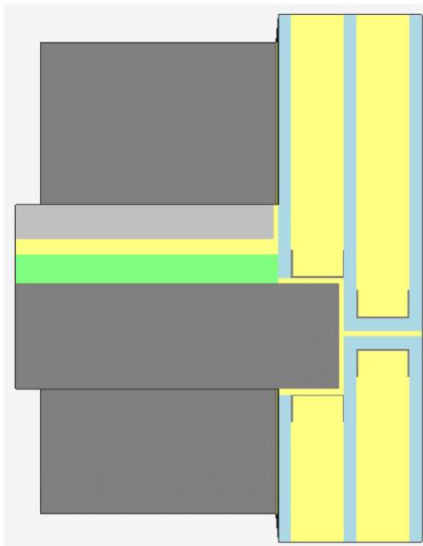


Modell – Innenansicht

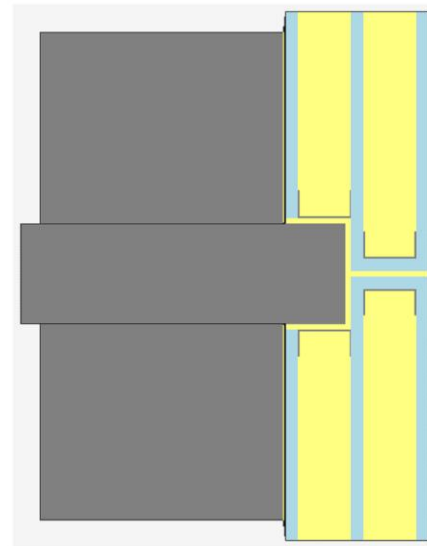


Modell – Außenansicht

Abb 51: Modellansicht Innen und Außen



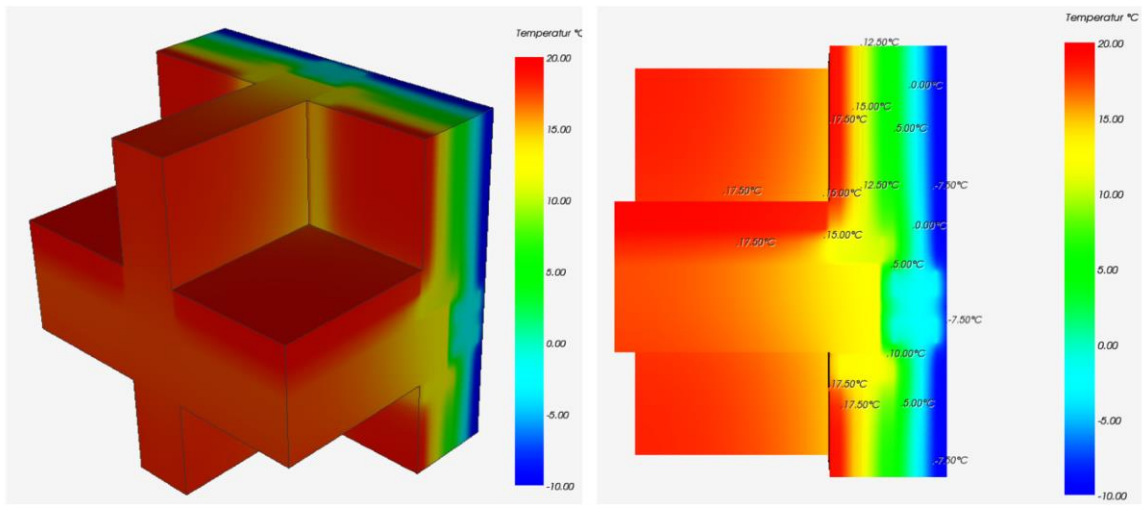
Modell – Seitenansicht



Modell – Ansicht von oben

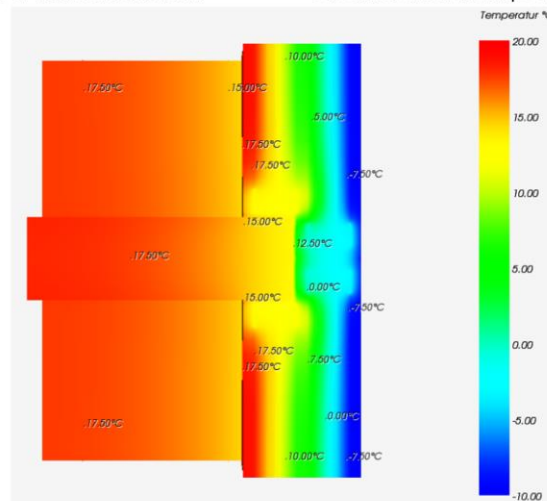
Abb 52: Modellansicht seitlich und oben

Oberflächentemperaturen



Oberflächentemperaturen-Innenansicht

Oberflächentemperaturen-Seitenansicht



Oberflächentemperaturen-Ansicht von oben

Abb 53: Oberflächentemperaturen

Lage des kältesten Oberflächenpunktes im Innenraum

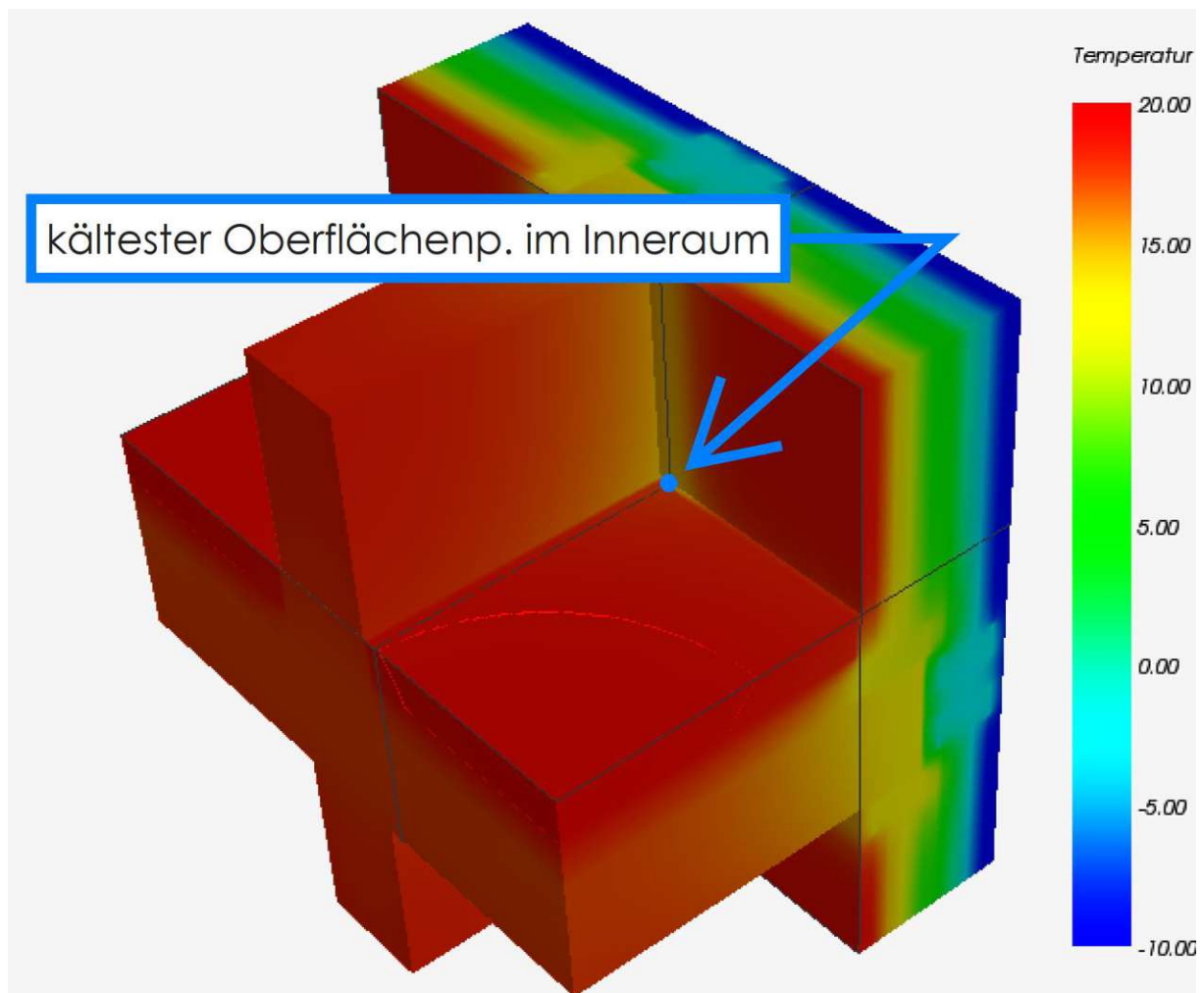


Abb 54: Kältester Oberflächenpunkt im Innenraum

Der daraus resultierende Oberflächentemperaturfaktor ergibt sich zu wie folgt.

$$f_{\text{Rsi}} = (14,45 - (-10)) / (20 - (-10)) \quad f_{\text{Rsi}} = 0,82$$

$$f_{\text{(Rsi, min)}} \leq f_{\text{Rsi}} \quad 0,70 \leq 0,82$$

Der kälteste Punkt im Innenraum befindet sich im Bereich der U-Profile.

Eine Kondensatbildung an der Bauteiloberfläche sowie die Gefahr von Schimmelbildung sind bei Einhaltung eines normgemäßen Innenklimas (relative Luftfeuchte 49 – 59 %, Temperatur 20 °C) nicht zu erwarten.

Für die Endmontage ist eine Vorsatzschale vorgesehen, durch diese wird die Oberflächentemperatur noch weiter erhöht.

Grundsätzlich wird im Zuge des Vorfertigungsgrades der Elemente die Wahrscheinlichkeit auf auftretende Wärmebrücken innerhalb der Module schon im Vorfeld ausgeschlossen beziehungsweise bestmöglich unterbunden. Um eventuelle Wärmebrücken beim Versetzen auf der Baustelle selbst, so gering wie möglich zu halten, ist es erforderlich, dass die Tragkonstruktion eine hohe Fertigungsgenauigkeit hat.

Der Bericht zur Wärmebrückenberechnung ist im Anhang ersichtlich.

7.6.7 Sommerlicher Wärmeschutz

Betreffend den sommerlichen Wärmeschutz liegt der Unterschied zwischen der geplanten Außenwand und einer vergleichbaren massiven Außenwand mit außenliegender Wärmedämmung in der Höhe der speicherwirksamen Masse des Bauteils. Wärmespeicherung reduziert den Temperaturanstieg unter Tags und das Auskühlen in der Nacht. Eine hohe speicherwirksame Masse bewirkt somit eine gleichmäßige Temperaturverteilung im Raum.

Der Nachteil einer hohen speicherwirksamen Masse ist die Trägheit – ein kalter Raum erwärmt sich langsam, ist der Raum heiß kühlt er umgekehrt auch langsamer aus.

Je niedriger die speicherwirksame Masse ist desto schneller kann ein kalter Raum auf die gewünschte Temperatur beheizt werden. Mit den geplanten thermisch aktivierten Decken wird im Sommer gekühlt. Hierfür ist eine höhere speicherwirksame Masse der raumbildenden Bauteile von Vorteil.

Das geplante Außenwandelement hat eine speicherwirksame Masse von $9,94 \text{ kJ/m}^2\text{K}$. Im Vergleich dazu hat eine Stahlbeton Trennwand eine speicherwirksame Masse von $230,53 \text{ kJ/m}^2\text{K}$.

Um den sommerlichen Wärmeschutz zu optimieren, wird das geplante Außenwandelement mit einer geringen speicherwirksamen Masse mit einem schnell reagierenden Heiz-/Kühlsystem kombiniert werden.

7.6.8 Luft- und Winddichtheit

Die OIB-Richtlinie 6 fordert eine *Luftwechselrate n_{50} – gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz zwischen innen und außen, gemittelt über Unter- und Überdruck und bei geschlossenen Ab- und Zuluftöffnungen (Verfahren 1 gemäß ÖNORM B 9972), die den Wert 3 h^{-1} nicht überschreitet. Wird eine mechanisch betriebene Lüftungsanlage mit oder ohne Wärmerückgewinnung eingebaut, darf die Luftwechselrate n_{50} den Wert $1,5 \text{ h}^{-1}$ nicht überschreiten.* [21]

Die Passivhaus Anforderungen an die Luftdichtheit des Gebäudes fordern eine Luftdichtheit von $< 0,6 \text{ h}^{-1}$.

Bei dem geplanten Außenwandelement wird die luftdichte Ebene von der in der Wand verbauten Folie gebildet. Die Folie wird in den Anschlussbereichen durch Klebebänder mit dem luftdichten Stahlbeton - Tragstruktur verbunden. Bei einer sorgfältigen Ausführung kann auch der n_{50} - Wert von $0,60 \text{ h}^{-1}$ erreicht werden. Um die Ausführung dabei so gut als möglich zu unterstützen, sollte ein Luftdichtheitskonzept erstellt und befolgt werden.

7.7 Kalkulation

7.7.1 Grundlagen

Die Kalkulation stellt einen elementaren Faktor für die Wirtschaftlichkeit dar. Kann das Element nicht mit der gewünschten Marge gewinnbringend an den Verbraucher gebracht werden, kann es auf Dauer nicht Marktbeständig sein.

In der Planungsphase findet die Vorkalkulation statt. Diese geht von gewissen Grundpreisen, welche mit Rabattsätzen als Fixkosten angesehen werden einerseits und von variablen Annahmen andererseits aus. Fixe Grundpreise sind in etwa Materialpreise, Stundensätze, Stückzahlen und auch Betriebskosten. Variable Annahmen sind Faktoren, die nicht mit tatsächlichen Werten belegt werden können und vorerst näherungsweise durch Erfahrungswerte beschrieben werden.

Kommt es zur Markteinführung wird laufend eine Zwischenkalkulation durchgeführt in der es entweder zur Bestätigung der angenommenen Werte kommt oder die Kalkulationsannahmen werden durch die wahren Werte ersetzt.

Die Kalkulation setzt sich aus der Herstellung im Werk, den Transport zum Verwendungsort (die Baustelle) und die Montage vor Ort zusammen.

7.7.2 Herstellung

Die Herstellung der Elemente kann mit einer Serienfertigung beschrieben werden. Die Elemente werden in einer Produktionshalle hergestellt. Auch wenn jedes Einzelteil ein Unikat darstellt, können in einem Werk ungünstige Faktoren wie Schlechtwetter, Staub oder Lärm von Dritten, welche auf der Baustelle vorherrschen, ausgeschlossen werden. Es können auch entsprechende Lager der Einzelmateriale angelegt werden und die Lagerkapazitäten können daher auch längerfristig geplant werden.

Ein Werk für die Herstellung benötigt ein Büro, ein Lager, eine Produktionshalle sowie eine Lagerhalle für die fertig produzierten Elemente.

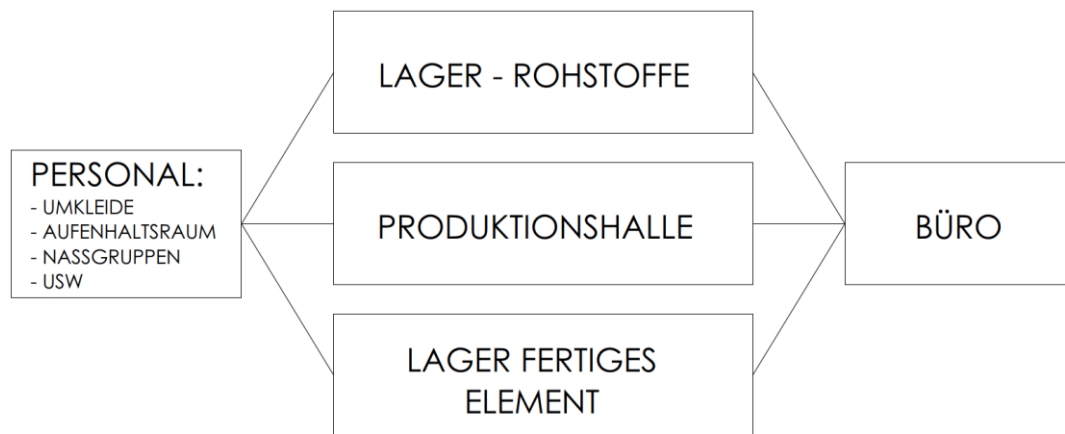


Abb 55: Schema Raumaufteilung Fertigteilverk

Für ein Werk in mittlerer Größenordnung wird dafür eine Gesamtfläche von ca. 2.000 m² benötigt. Das Grundstück wird bei mittlerer Standortqualität mit durchschnittlich 20 €/m² (Annahme) auf einer Grundstücksfläche von ca. 5.000 m² mit 100.000 € beziffert. Der Baukostenanteil wird mit 1.500 €/m² angenommen und ergibt somit in Summe ca. 3,0 Millionen €. Das Produktionswerk soll auf 20 Jahre abgeschrieben werden und so ergibt sich ein Grund- und Baukostenanteil von 155.000 €/Jahr.

Für den reibungslosen Ablauf im Werk sind 50 ArbeitnehmerInnen geplant. Bei einem Durchschnittsgehalt von 15,05 €/h gemäß Kollektivvertrag der Bauindustrie und Baugewerbe [36] für einen Facharbeiter II b) ergibt Jahreslohnkosten von ca. 3,0 Millionen €.

Bei Annahme von ca. 345.000 € der Betriebskosten/Jahr ergibt sich eine Jahresnettobelastung durch das Fertigteilverk mit ca. 3,5 Millionen €.

Bei 50 Gesamtmitarbeitern entfällt ca. die Hälfte auf das produktive Werkpersonal. Es wird angenommen das 25 Facharbeiter pro Tag im Werk 500 m² fertige Fassadenelemente produzieren. Somit werden im Jahr in etwa 120.000 m² Fassadenelemente produziert. Teilt man die Jahresnettobelastung exklusive Materialien auf die Jahresleistung auf, ergeben sich ca. 30 €/m² Kosten pro fertig hergestelltem Fassadenelement.

Die Fertigung im Werk unterläuft verschiedene Arbeitsschritte. Beginnend von der Anlieferung bis zum Abtransport ist dies in nachfolgender Prozesskette ersichtlich.

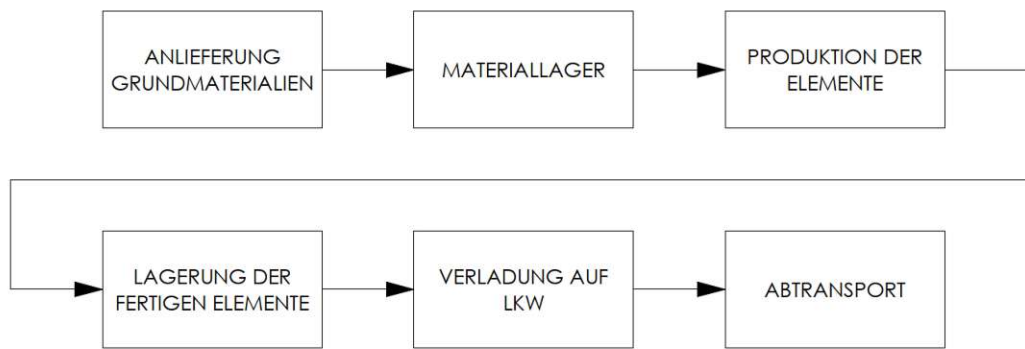


Abb 56: Produktionsprozess im Werk

Die Produktion der Elemente erfolgt wie auch in Kapitel 8 *Dokumentation der Modellherstellung* auf Fotos festgehalten ist, in folgender Reihenfolge.



Abb 57: Elementherstellungsprozess

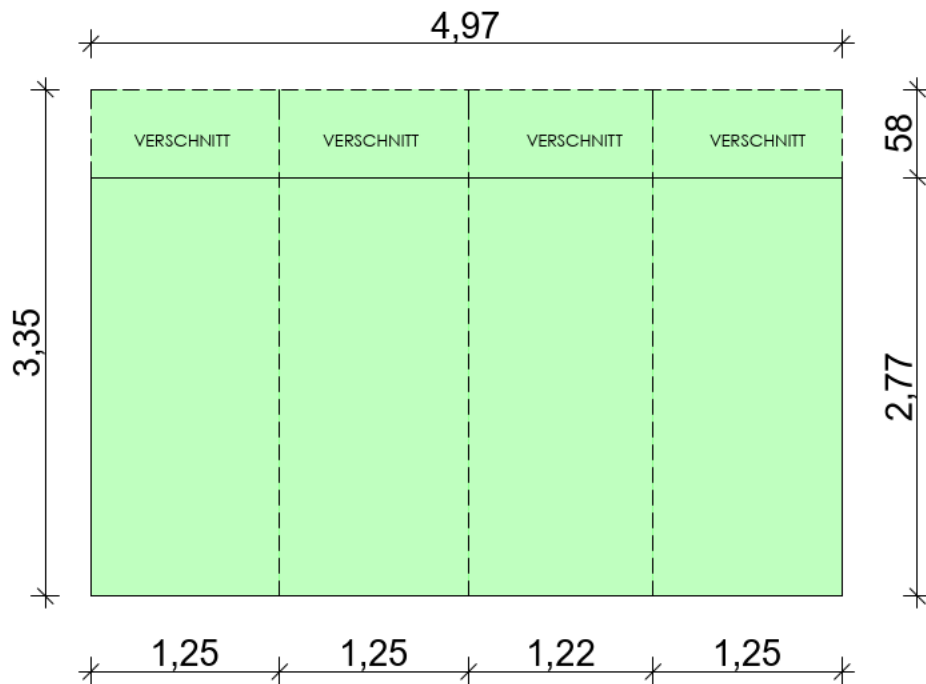


Abb 59: Innere Plattenlage

- U-Profil 50 mm x 100 mm x 50 mm x 3 mm (erhältlich in 6,00 m Werkslängen)

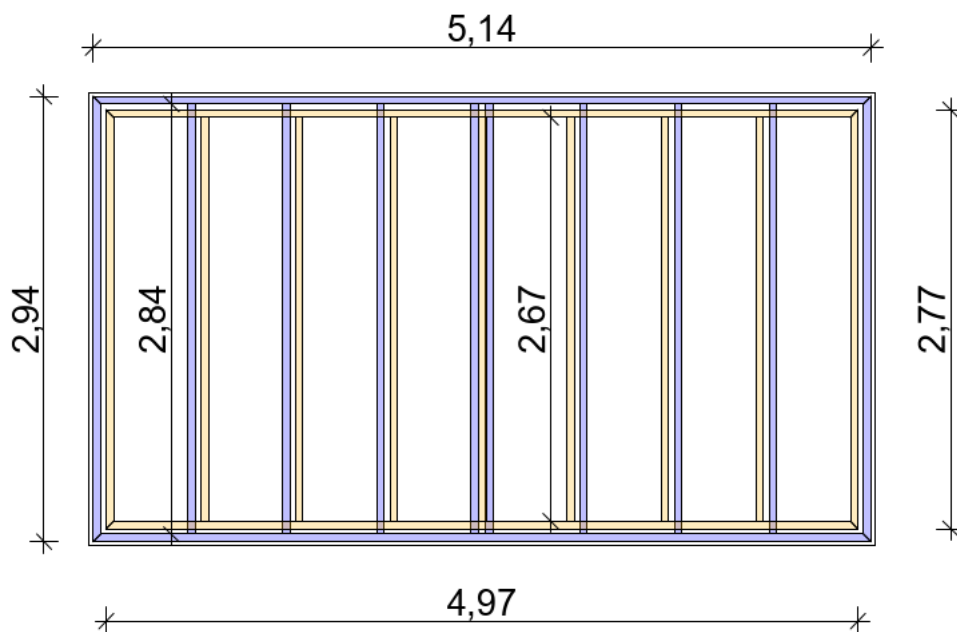


Abb 60: U-Profile (Blau=Äußere Lage, Orange=Innere Lage)

- Wärmedämmung Mineralwolle
- Dampfbremse – entspricht der inneren Plattenlage +20 cm Überstand an den Außenseiten

- Winkelbefestigungen

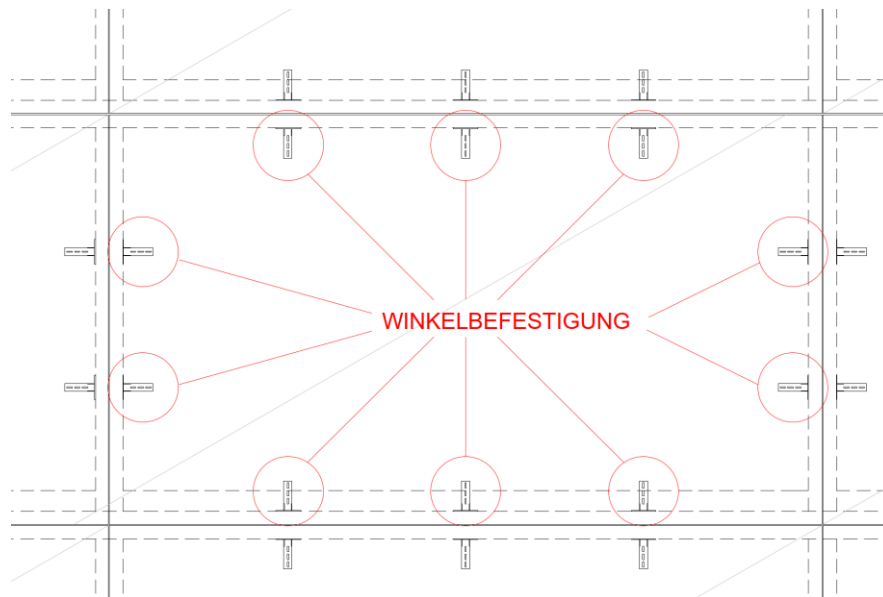


Abb 61: Winkelbefestigungen in der Ansicht

- Schrauben für Winkelbefestigung – pro Winkelbefestigung werden gemäß Detailzeichnung 3 Stück Schrauben M10 benötigt. Diese werden aus statischem Erfordernis direkt in die U-Profil Unterkonstruktion befestigt
- Schrauben für Platten – da die Platten direkt an die Stahl-U-Profile geschraubt werden, werden selbstschneidende Schrauben verwendet. Die Anzahl ergibt sich aus dem Schraubenabstand von 40 cm auf den U-Profilen. Da die U-Profile beidseitig an die Platten geschraubt werden müssen (einmal Außen- und einmal Innenseite) wird die doppelte Anzahl der Laufmeter U-Profile, sowie alle 40 cm entlang der Stirnseitenverkleidung gemäß Detail herangezogen.

Material	Berechnung	Summe
Zementgeb. Holzfaserpl.	$5,19 \times 2,99 \times 2 + 4,94 \times 2,77 + (5,19+2,99) \times 2 \times 0,10$	46,36 m ²
U-Profil	$5,14 \times 2 + 2,94 \times 2 + 2,84 \times 8 + 4,97 \times 2 + 2,77 \times 2 + 2,67 \times 7$	73,05 m
Wärmedämmung MW	$5,14 \times 2,94 + 4,97 \times 2,77$	28,88 m ²
Dampfbremse	$(4,97+0,40) \times (2,77+0,40)$	17,02 m ²
Winkelbefestigungen	$5,00 \times 2 + 3,00 \times 2$	16,00 ST
Schrauben Winkelbef.	$16,00 \times 3$	48,00 ST
Schrauben Platten	$(73,05 \times 2 + (5,14+2,77) \times 2) : 0,40$	407,00 ST

Tabelle 22: Mengenermittlung Element

Zur Vereinfachung wird der Verschnitt mit 20 % angenommen. Die in oben angeführter Tabelle ermittelten Werte werden somit mit 20 % beaufschlagt. Gemäß unten angegebenen Einheitspreisen ergibt sich die Summe des Materialpreises wie folgt.

Material	Menge inkl. 20%	Einheitspreis	Positionspreis
Zementgeb. Holzfasterpl.	56,00 m ²	23,30 €/m ²	1.304,08 €
U-Profil	88,00 m	7,80 €/m	686,40 €
Wärmedämmung MW	35,00 m ²	15,65 €/m ²	547,75 €
Dampfbremse	21,00 m ²	1,75 €/m ²	36,75 €
Winkelbefestigungen	20,00 ST	10,00 €/m ²	200,00 €
Schrauben Winkelbef.	60,00 ST	0,81 €/ST	48,60 €
Schrauben Platten	488,00 ST	0,07 €/ST	33,38 €
SUMME ELEMENT			2.856,96 €
Elementgröße	5,20 x 3,00		15,60 m ²
Preis pro Quadratmeter			183,13 €/m²

Tabelle 23: Kostenermittlung Material für ein Elementⁱⁱ

7.7.3 Transport

Ist das Element hergestellt muss es an den Einbringungsort – die Baustelle – geliefert werden. Der Transport kann aufgrund der Breitenbeschränkung auf der Straße und üblichen Elementgrößen von ca. 3,0 m (siehe Standardelement) nur stehend auf einem Tiefbetsattelkraftwagen erfolgen. Seitens Fahrzeughersteller werden hier bereits entsprechende Fuhrwerke mit innenliegenden Transportboxen hergestellt. Diese finden vor allem Anwendung im Betonfertigteilibau.

ⁱⁱ Preise gemäß Auskunft Großhandel ohne Quellenangabe



Abb 62: Tiefbettsattellastkraftwagen mit Transportgestell [37]

Die im Werk fertig gestellten Elemente können direkt auf Transportgestelle gelagert werden. Diese Transportgestelle können selbstständig vom LKW aufgenommen werden, indem die Achsen des Sattelauflegers abgesenkt werden, die hintere Türe geöffnet wird und der LKW den Sattelaufleger direkt mittig auf das Transportgestell Rückwärts rangiert. Im Anschluss werden die Achsen und somit auch das Transportgestell wieder angehoben.



Abb 63: Transportgestell vor der Aufnahme des Sattelauflegers [37]

Der große Vorteil dadurch ist, dass weder bei der Aufnahme noch beim Abstellen auf der Baustelle ein Hebemittel erforderlich ist und somit kann der Transport unkompliziert jederzeit erfolgen. Ebenfalls können mehrere Transportgestelle abgestellt werden, was auch bei eventuell vorhandenen zeitlich begrenzten Fahrverboten den ungestörten Bauablauf ermöglicht.

Die Kosten des Transports hängen von der Entfernung des Produktionsortes und der Transportkapazität eines LKW ab.

Für die Entfernung wird eine mittlere Standortqualität angenommen. Der Preis pro Fuhrwerk ist üblicherweise in Zonen eingeteilt. Die Verrechnung erfolgt dann pauschal pro Fuhr. Eine mittlere Standortqualität geht von einer Entfernung der Baustelle von 30 - 50 km aus. Das Verladen und die Fahrt auf die Baustelle sowie das Abladen werden mit ca. vier Stunden angenommen. Als Stundensatz werden 80 €/Stunde verrechnet. Der Preis pro Fuhr auf die Baustelle beträgt somit pauschal $4 \text{ h} \times 80 \text{ €/h} = 320,00 \text{ €}$.

Für die Transportkapazität wird das Standard-Element mit der Größe $5,19 \text{ m} \times 2,99 \text{ m}$ angenommen. Der gewählte Sattelaufleger kann ein $12,0 \text{ m}$ langes Transportgestell aufnehmen. Die Breite des Transportgestells beträgt $1,50 \text{ m}$. Die Breite des Elementes beträgt ca. 25 cm . Zwischen den beladenen Elementen wird von einem Zwischenraum von 10 cm ausgegangen. Rein geometrisch passen somit in der Breite $150 \text{ cm} : 35 \text{ cm} = 4,0$ Stück Elemente nebeneinander und in der Länge $12,0 \text{ m} : 5,19 \text{ m} = 2$ Lagen hintereinander. Somit können 10 Standard-Elemente pro Fuhr transportiert werden.

Das maximale Straßengewicht für einen Sattelaufleger ohne Sondertransportgenehmigung ist mit $38,0 \text{ to}$ als höchstzulässiges Gesamtgewicht beschränkt. Abzüglich des Gewichtes des Zugfahrzeuges sowie des Sattelauflegers bleiben somit ca. $25,0 \text{ to}$ Nutzlast übrig. Das Gewicht des Fassadenelementes beträgt laut Lastaufstellung, wie in Kapitel 7.3 *Mechanische Festigkeit und Standsicherheit* berechnet, $133,0 \text{ kg/m}^2$. Das Standard-Element mit der Größe $5,19 \text{ m} \times 2,99 \text{ m}$ wiegt somit $15,60 \text{ m}^2 \times 133,00 \text{ kg/m}^2 = 2.075 \text{ kg}$. Für die 8 möglichen Elemente beträgt das Gewicht $8 \text{ ST} \times 2,075 \text{ to/ST} = 16,60 \text{ to}$. Das höchst zulässige Gesamtgewicht des Fuhrwerks wird also mit der Maximalbeladung nicht überschritten.

Umgerechnet auf den Quadratmeter sind somit die Transportkosten:

$$8 \text{ ST/Transport} \times 15,60 \text{ m}^2/\text{ST} = 124,80 \text{ m}^2/\text{Transport}$$

$$320,00 \text{ €/Transport} : 124,80 \text{ m}^2 = 2,56 \text{ €/m}^2$$

Aufgrund der Tatsache das nicht jeder Transport voll ausgeladen stattfinden kann, wird der Transport auf $3,0 \text{ €/m}^2$ aufgerundet.

7.7.4 Montage

Für die Montage auf der Baustelle ist ein Kran erforderlich. Die Elemente werden in den vorhin beschriebenen Transportboxen auf der Baustelle abgestellt. Für die Manipulation zum Bestimmungsort mit dem Kran werden bereits bei der Herstellung jeweils 2 Hebeschlaufen mit einer Tragkraft von $2,0 \text{ to}$ in die Unterkonstruktion des Elementes oben eingearbeitet. Fürs Positionieren der hängenden Last werden weiters seitliche Hebeschlaufen oben und unten hergestellt. Das erforderliche Montagepersonal setzt sich aus vier Facharbeitern zusammen – eine Person hängt die Elemente an den Kran an und drei Personen befinden sich am Montageplatz. Das Element wird vom Kran auf die Einbauhöhe direkt neben das Gebäude gehoben. Darauf wird von zwei Arbeitern das Element unten an die Deckenkante gezogen. Das Element wird auf die richtige Höhe positioniert und mit zwei Winkelbefestigungen

gesichert. Dazu werden die Löcher der Winkelbefestigungen vorgebohrt und anschließend die dübellosen Schrauben leicht anzogen. Daraufhin wird das Element oben an die Deckenkante gezogen und ebenfalls oben mit zwei Winkelbefestigungen gesichert. Anschließend wird die Höhe mittels Rotationslaser eingestellt. Dazu werden PVC-Unterlagscheiben an der Decke untergelegt. Zwei Facharbeiter befestigen die restlichen Winkelbefestigungen und der dritte hängt ein Geschoss darüber die Montageschlaufen vom Kran aus.

Nun wird Innen die verbleibenden Fugen mit Brandschutzschaum ausgeschäumt und die Dampfbremse mittels Dichtband an die Betonwand/Betondecke geklebt.

Ein weiterer Arbeitsschritt ist vor Aufbringen der Endbeschichtung an der Außenseite notwendig – sobald das Gebäude eingerüstet ist, werden noch sämtliche Außenfugen ausgeschäumt sowie die Fugen zwischen den Elementen mittels Brandschutzdichtmasse abgedichtet.

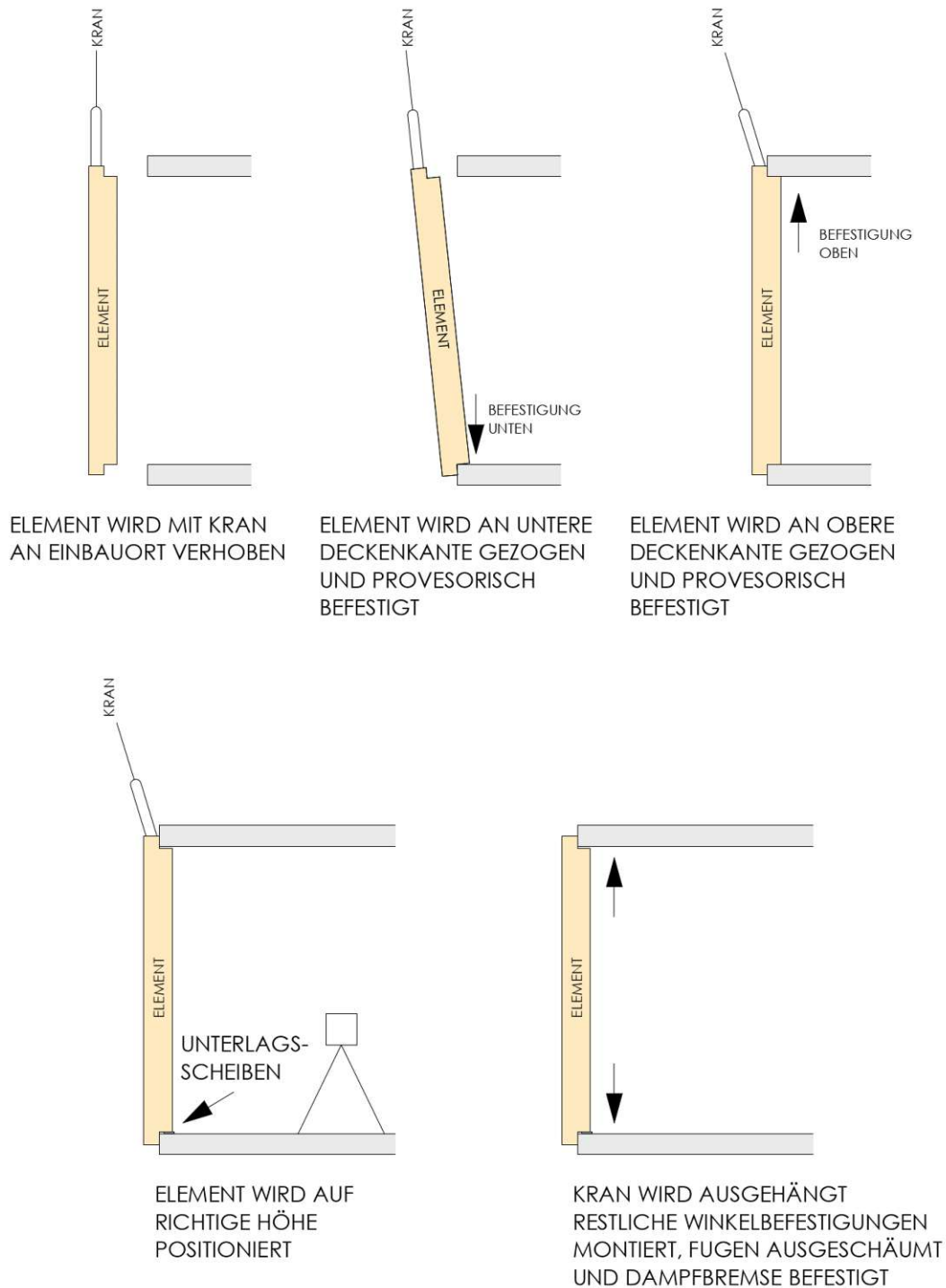


Abb 64: Montageschema

Das Montagematerial kann für ein Standard-Element mit den Maßen 5,19 m x 2,99 m folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Hebeschlaufen 2,0 to – für den Verhub mit dem Kran je zwei pro Element
- Hebeschlaufen 1,0 to – für die Positionierung am Einbauort zwei pro Seite oben und unten

- PVC-Unterlagscheiben – für die Höhenpositionierung – der Preisanteil wird vereinfacht mit 2 €/Element angenommen
- Schraubanker – für die Fixierung der Winkelbefestigung je zwei pro Winkel
- Mineralwolle - für Innen und Außenfugen – die Fugen werden mit einer Mineralwolle ausgestopft – Fugengröße 2 cm, Fugentiefe 10 cm
- Klebedichtband – für die Dampfbremse innen an die Betonmauer beziehungsweise Betondecke geklebt
- Brandschutzdichtmasse – für die Außenfugen zwischen den Elementen – die Fuge wird analog der Mineralwolleberechnung mit 2 cm angenommen. Die Fugenquerschnittsfläche ist ca. 20 mm x 10 mm. Der Kartuschen Inhalt ist 310 ml. Pro Kartusche sind somit 15,5 Laufmeter Fuge möglich.

Material	Berechnung	Summe
Hebeschlaufen 2,0 to		2,00 ST
Hebeschlaufen 1,0 to	2,00 x 2	4,00 ST
PVC-Unterlagscheiben	Annahme = 10,00 ST	10,00 ST
Schraubanker	16,00 x 2	32,00 ST
Mineralwolle	$(5,20+3,00) \times 2 \times 0,02 \times 0,10 +$ $(5,00+2,80) \times 2 \times 0,02 \times 0,10$	0,07 m ³
Klebedichtband	$(5,00+2,80) \times 2$	15,60 m
Brandschutzdichtmasse	$(5,20+3,00) \times 2$	16,40 m

Tabelle 24: Mengenermittlung Montagematerial

Der Verschnitt wird vereinfacht analog der Herstellung des Elementes mit 20 % angenommen. Die berechneten Summen werden somit mit 20 % beaufschlagt. Damit ergeben sich für das Standard-Element folgende Kosten des Montagematerials.

Material	Menge inkl. 20%	Einheitspreis	Positionspreis
Hebeschlaufen 2,0 to	2,00 ST	12,40 €/ST	24,80 €
Hebeschlaufen 1,0 to	4,00 ST	16,30 €/ST	65,20 €
PVC-Unterlagscheiben	1,00 PA	4,00 €/PA	4,00 €
Schraubanker	39,00 ST	1,19 €/ST	46,41 €
Mineralwolle	0,08 m ³	156,5 €/m ³	12,52 €
Klebedichtband	19,00 m	0,99 €/m	18,81 €
Brandschutzdichtmasse	20,00 m	0,74 €/m	14,80 €
SUMME ELEMENT			186,54 €
Elementgröße	5,20 x 3,00		15,60 m ²
Preis pro Quadratmeter			11,95 €/m²

Tabelle 25: Kostenermittlung Montagematerialⁱⁱⁱ

ⁱⁱⁱ Preise gemäß Auskunft Großhandel ohne Quellenangabe

Die letzte Komponente zur Kostengestaltung sind die Personal- beziehungsweise Gerätekosten vor Ort. Hierfür werden nochmal zusammenfassend folgende Kostenkomponenten angeführt:

- Montagepersonal:
Vier Facharbeiter – gemäß Kollektivvertrag für Bauindustrie und Baugewerbe gilt laut Einstufung IIb) ein Stundenlohn von 15,05 € Brutto. Zuzüglich Lohnnebenkosten (80 %) kostet der durchschnittliche Arbeitstag für die vier Facharbeiter: $15,05 \text{ €/h} \times 1,80 \text{ (Lohnnebenkosten)} \times 8,5 \text{ h/d} \times 4 \text{ FA} = 921,06 \text{ €}$
- Kran inklusive Kranfahrer:
Es wird davon ausgegangen, dass sich ein Hochbaukran auf der Baustelle befindet. Der Stundensatz des Kranes inklusive Kranfahrer wird mit 85 €/h angenommen. Der Tagessatz ergibt sich somit: $85,00 \text{ €/h} \times 8,5 \text{ h/d} = 722,50 \text{ €}$
- Kleingeräte: Die Kleingeräte wie Schlagschrauber Bohrhammer sowie Handwerkzeug, Montagebus usw. werden pro Tag mit 200 € pauschal angesetzt.

Der komplette Tageseinsatz für die Montage kostet daher:

$$921,06 \text{ €} + 722,50 \text{ €} + 200,00 \text{ €} = 1.843,56 \text{ €}$$

Der wichtigste Faktor der Montage ist die Leistungszahl. Aufgrund der Ähnlichkeit der Arbeit mit dem Stellen von Betonfertigteilwänden wird der Leistungswert mit Erfahrungswerten verglichen. Laut Recherche beträgt dieser bei einer Mannschaft von vier Facharbeitern ca. 100 m² pro Tag.

Die Montagelohnkosten ergeben sich daher wie folgt auf:

$$1.843,56 \text{ €/d} : 100,00 \text{ m}^2/\text{d} = 18,44 \text{ €/m}^2$$

7.7.5 Zusammenfassung

Zusammenfassend wurden nun alle Kostenanteile für die Herstellung, Verfuhr sowie Montage berechnet. In einem Unternehmen fallen weiters noch allgemeine, nicht direkt zuordenbare Kosten an. Diese setzen sich zusammen aus allgemeine Bürokosten, Verwaltung, Personalverrechnung, Krafffahrzeuge und so weiter. In diesem Fall wird mit einem Gemeinkostenzuschlag gerechnet. Dieser wird mit 5,0 % angenommen. Des Weiteren sollte jedes Unternehmen gewinnorientiert arbeiten, daher werden die kompletten Kosten mit 5 % Gewinnanteil beaufschlagt.

Aus den ermittelten Kosten ergibt sich also folgender Nettopreis.

Kostenanteil	Kosten/m ²
Allgemeine Kosten Fertigteilwerk	30,00 €/m ²
Materialkosten Herstellung Elemente	183,13 €/m ²
Transportkosten	3,00 €/m ²
Montagematerial	11,95 €/m ²
Montage	18,44 €/m ²
Summe Kosten	246,22 €/m ²
Gemeinkosten 5%	12,31 €/m ²
Gesamtkosten	258,53 €/m ²
Gewinn 5 %	12,93 €/m ²
PREIS	271,46 €/m ²

Tabelle 26: Preisermittlung

8 Dokumentation der Modellherstellung

Zur Machbarkeit der ausgewählten Variante wurde ein 1:1 Modell im Bereich einer Stahlbetondecke- beziehungsweise Stahlbetonwandanschluss hergestellt.

Aus Gründen des Gewichtsersparnisses wird der Stahlbetonknotenpunkt aus Holzschalttafeln imitiert.



Abb 65: Knotenpunkt Stahlbetondecke / aufgehende Stahlbetonwand

Die Stahl-U-Profile werden auf die erforderliche Länge in den Eckpunkten auf Gehrung mittels Winkelschleifer abgeschnitten. Die Platten können mit einer Handkreissäge auf die erforderlichen Größen zugeschnitten werden.

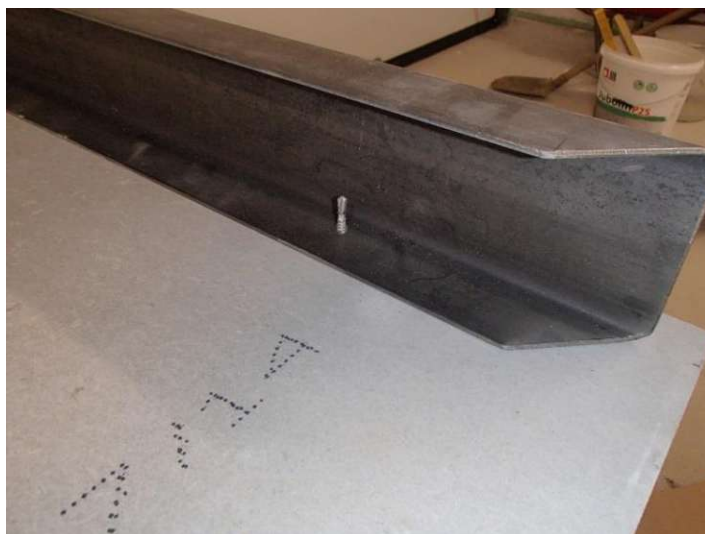


Abb 66: Stahl-U-Profil

Im nächsten Schritt werden die U-Profile der ersten Dämmebene auf die zementgebundenen Holzfaserplatten befestigt. Hierbei wird die Verwendung von selbstschneidenden Schrauben 5.5 mm x 50 mm gewählt. Diese Schrauben können ohne Vorbohren in die Profile geschraubt werden.



Abb 67: Platte mit Unterkonstruktion der 1.Dämmebene

Aus ablauffechnischen Gründen wird weiters die Unterkonstruktion der zweiten Dämmebene auf die mittlere Platte befestigt.



Abb 68: Platte mit Unterkonstruktion der 1.+2.Dämmebene

Darauf folgt die Verlegung der Dämmung in der inneren Dämmebene. Die Mineralwolle-Dämmung kann mit einem Cutter-Messer direkt auf die gewünschte Größe zugeschnitten werden.



Abb 69: Verlegung der Inneren Dämmebene

Ist die Dämmung eingelegt kann die innere Platte samt vorher aufgehefteter Dampfbremse mit ausreichend Überstand angeschraubt werden. Wichtig dabei ist die vorherige Befestigung der Winkelschraubpunkte, durch die in der Winkelbefestigung vorgebohrten Langlöcher können Montagetoleranzen ausgeglichen werden.



Abb 70: Montage Dampfbremse sowie Innere Platte

Der nächste Schritt ist die Verlegung der äußeren Dämmschicht. Analog zur ersten Dämmschicht wird diese auf die erforderliche Größe zugeschnitten.



Abb 71: Äußere Dämmschicht

Im Anschluss wird die äußere Platte an die Stahlprofile angeschraubt. Hierbei ist es von Vorteil den Verlauf der Unterkonstruktion (Achismaße) an der Außenseite der Platte zu markieren, um die Schrauben Zentral in dem Stahlprofil zu positionieren.



Abb 72: Fertige äußere Plattenoberfläche

Als Abschluss zur Elementherstellung werden die Stirnseiten der Unterkonstruktion ebenfalls mit Platten verkleidet. Diese werden mit den baugleichen Schrauben direkt in die Unterkonstruktion geschraubt.



Abb 73: Stirnseitenverkleidung der Profile

Zum Schutz der Dämmung und zur Veranschaulichung des Schichtaufbaues wird eine Plexiglasscheibe an den restlichen zwei Stirnseiten montiert. Die Stahlprofile werden durch farbliche Markierung hervorgehoben.



Abb 74: Plexiglasverkleidung

Im Anschluss wird der aus Holz imitierte Stahlbetonknotenpunkt grau lackiert. Aufgrund des hohen Gewichtes und zur leichteren Manipulation werden an der Unterseite des Knotens Schwerlasträder montiert.



Abb 75: Fertige Einzelteile des Gesamtmodells

Der erste Teil des Elementes wird mittels Schraubzwingen an den Knotenpunkt fixiert. Wichtig hierbei ist, dass die Dampfbremse rundumlaufend sauber aus dem Element hervorsteht und bei der Montage nicht beschädigt wird. Zur genauen Lagefixierung können PVC-Scheiben in gewünschter Stärke und Anzahl untergelegt werden.



Abb 76: Elementmontage

Der nächste Schritt ist die Abklebung der Dampfbremse an den Knotenpunkt mittels luftdichten Klebebands. Im unteren Bereich kann der Überstand in der ursprünglichen Größe beibehalten werden. Die Dampfbremse samt Klebeband ist durch den nachträglich hergestellten Fußbodenaufbau nicht mehr ersichtlich. Die Seitenfläche muss auf die Stärke der Vorsatzschale gekürzt werden, um spätere optische Nachteile zu verhindern.

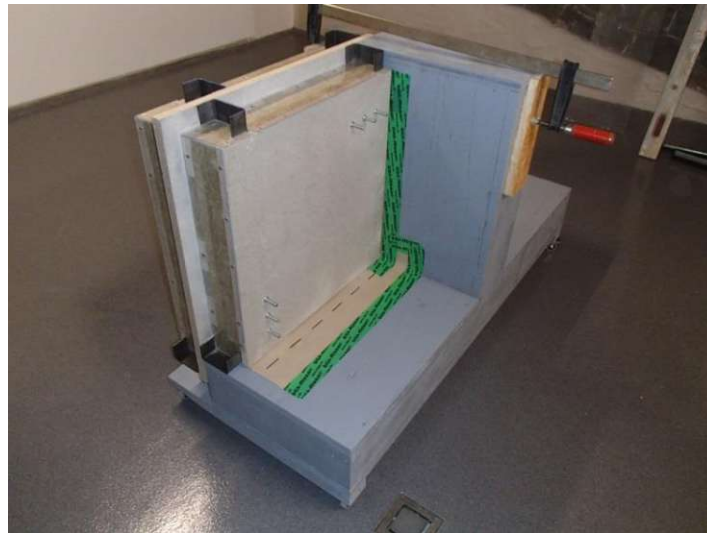


Abb 77: Verklebung der Dampfbremse

Zur endgültigen Fixierung werden die, eigens vom Schlosser hergestellten, Montagewinkel an den Knotenpunkt mittels HUS-Schrauben befestigt. Dies kann aufgrund des dazu gewählten Abstandes mit einem handelsüblichen Akku-Schlagschrauber erfolgen. Des Weiteren darf der Winkel nicht breiter als die Vorsatzschalendicke sein, da dieser aus optischen Gründen an den Wänden hinter der Vorsatzschale verschwinden soll.



Abb 78: Verschraubung Befestigungswinkel

Durch die Langlöcher kann im Anschluss die Platte mit dem Winkel verschraubt werden. Dies erfolgt ebenfalls mit einem Akku-Schlagschrauber.



Abb 79: Verschraubung Platte/Winkel

Im Anschluss wird die Unterkonstruktion der Vorsatzschale bestehend aus herkömmlichen 60/27-Trockenbau-Profilen mit Schwingbügeln an die Platte und ein UD-Profil an den Stahlbetonknoten im gewünschten Abstand (je nach Vorsatzschalenstärke) befestigt. Somit verschwindet die Winkelbefestigung in der Vorsatzschale.



Abb 80: Unterkonstruktion Vorsatzschale

Danach kann die Dämmung in die Vorsatzschale eingelegt werden. Es muss auf fugenlose Verlegung geachtet werden. Die Stärke der Dämmung muss mindestens 75 % der Vorsatzschalendicke betragen, um ein Verrutschen der Dämmung zu verhindern.



Abb 81: Verlegung Dämmung Vorsatzschale

Zum Schluss wird die Platte der Vorsatzschale, in diesem Fall ebenfalls eine zementgebundene Holzfaserverplatte, an die Unterkonstruktion verschraubt. Zur Veranschaulichung wird eine Elektrodose samt Anschlusschlauch eingebaut.

Im fertig gestellten Modell sind alle Schichten und Anschlüsse sichtbar.



Abb 82: fertiges Modell

9 Schlussfolgerung und Ausblick

Das in der vorliegenden Arbeit ausgearbeitete Fassadenelement kann weitgehend von den bereits verbreiteten Sandwich-Elementen abgeleitet werden. Aufgrund der verschiedenen Materialien und unzähligen Kombinationsmöglichkeiten wurden die Anforderungen so gut als möglich verglichen. Grundsätzlich sind die Ausführungsmöglichkeiten ein wesentlicher Faktor für die Realisierbarkeit. Es wurden ebenfalls mehrere Varianten untersucht, die nachteiligen Varianten ausgeschieden und eine Variante für die Berechnungen ausgewählt.

- Dämmung: Mineralwolle
- Unterkonstruktion: Profilstahl
- Bauvariante: Winkelmontage

Ausgehend davon wurden folgende Kennwerte ermittelt.

- Statik: Tragfähigkeit
- Wärmeschutz: U-Wert
- Schallschutz: Schalldämmmaß
- Brandschutz: Brandverhalten

Durch die Nachweise konnte der Bauteil bemessen werden. Sämtliche Anforderungen der aktuellen Normen wurden von dem geplanten Fassadenelement erfüllt. Anschließend wurde die Wirtschaftlichkeit in Form einer Kalkulation und der mögliche Bauablauf überprüft.

Details für das Fassadenelement wurden ausgearbeitet und Planvarianten erstellt. Zu guter Letzt wurde ein 1:1 Modell eines Wandknotens gebaut und dokumentiert.

Zusammenfassend weist die vorliegende Arbeit viele positive aber auch einige negative Eigenschaften der Konstruktion auf.

Vorteile unter anderem sind

- Schlankes Fassadenelement
- Hoher Vorfertigungsgrad -> hohe Qualität -> schnelle Verarbeitung vor Ort
- Sehr gute Wärme- und Schallschutzeigenschaften
- Ökologischer Grundgedanke – hohe Recyclebarkeit

Nachteilig gesehen befindet sich das Element mit den derzeit marktvorherrschenden Bauweisen wirtschaftlich nicht auf dem gleichen Niveau. Um die Marktreife des Elementes zu erreichen wäre noch eine genauere Untersuchung durch Optimierung der Kosten notwendig.

10 Abbildungsverzeichnis

Bilder bzw. Bildinhalte sowie Abbildungen aus Planunterlagen und / oder Detailunterlagen gehören David Pauer und László Hegyi.

Abb 1: Ziegelwand und Stahlbetonwand	6
Abb 2: Holzspan-Verfüllsteine und Brettsperrholzwand.....	6
Abb 3: Ziegelsplittbetonwand und Betonverfüllsteinwand.....	6
Abb 4: Schema Wärmedämmverbundsystem.....	7
Abb 5: Hinterlüftete Wandkonstruktion.....	7
Abb 6: Verfüllsteine mit integrierter Dämmung und Ziegel mit integrierter Dämmung .	7
Abb 7: Pfosten-Riegel Fassade und Elementfassade	9
Abb 8: Stahlbeton-Sandwichwandkonstruktion mit MW Dämmung	10
Abb 9: Sandwich Wandpaneel mit PU Dämmung	10
Abb 10: Zusammensetzung zementgebundener Holzfaserplatte	14
Abb 11: Plattenoberflächen	15
Abb 12: Produktion Glaswolle [9]	17
Abb 13: Stahl-U-Profil	18
Abb 14: Holzformen Bauholz.....	19
Abb 15: Winkelbefestigung	20
Abb 16: Schraube, Mutter und Unterlagsscheibe in verzinkter Ausführung	21
Abb 17: Schraubanker verzinkt	22
Abb 18: Holzschraube.....	22
Abb 19: selbstbohrende Metallschraube.....	22
Abb 20: Schema Dübelmontage	25
Abb 21: Knotenpunkt Dübelmontage	25
Abb 22: Schema Winkelmontage	26
Abb 23: Knotenpunkt Winkelmontage	26
Abb 24: Visualisierung Winkelbefestigung.....	27
Abb 25: Mineralwolle und PUR-Dämmung	28
Abb 26: Schema Holzunterkonstruktion / Stahlunterkonstruktion.....	28
Abb 27: Grundriss gewählte Ausführung.....	30
Abb 28: Grundriss Anschluss Stahlbetonwand.....	33
Abb 29: Schnitt Anschluss Stahlbetondecke	34
Abb 30: Grundriss Fensteranschluss.....	34
Abb 31: Schnitt Fensteranschluss	35
Abb 32: Grundriss Innenecke (Elemente gestoßen)	36
Abb 33: Grundriss Außenecke (Elemente gestoßen).....	36
Abb 34: Grundriss Innenecke (mit Stahlbetonecksäule)	37
Abb 35: Grundriss Außenecke (mit Stahlbetonecksäule).....	37
Abb 36: Schnitt Balkontüranschluss barrierefrei.....	38
Abb 37: Elementstoß in der Fläche	39
Abb 38: Elementansicht außen.....	40
Abb 39: Einwirkungen.....	43
Abb 40: Tragkonstruktion Modell	47
Abb 41: Maßgebliche Einwirkungen.....	48
Abb 42: Durchbiegung.....	48

Abb 43: Auflagerreaktionen	50
Abb 44: Schraubanker.....	51
Abb 45: Schraubenkräfte.....	51
Abb. 46: Schallschutz Bezugskurve [27], [28].....	56
Abb 47: Schema Schallübertragung.....	57
Abb 48: Normauszug ÖNORM B 8115 Teil 4 – vereinfachte Berechnung der Resonanzfrequenz [30]	60
Abb 49: Normauszug ÖNorm B 8115 Teil 4 - Bewertete Luftschallverbesserung durch Vorsatzkonstruktion	60
Abb 50: U-Wert Berechnung.....	63
Abb 51: Modellansicht Innen und Außen	68
Abb 52: Modellansicht seitlich und oben.....	68
Abb 53: Oberflächentemperaturen.....	69
Abb 54: Kältester Oberflächenpunkt im Innenraum.....	70
Abb 55: Schema Raumaufteilung Fertigteilwerk.....	73
Abb 56: Produktionsprozess im Werk	74
Abb 57: Elementherstellungsprozess.....	75
Abb 58: Äußere und Mittlere Plattenlage	76
Abb 59: Innere Plattenlage	77
Abb 60: U-Profile (Blau=Äußere Lage, Orange=Innere Lage)	77
Abb 61: Winkelbefestigungen in der Ansicht	78
Abb 62: Tiefbettsattelastkraftwagen mit Transportgestell [35]	80
Abb 63: Transportgestell vor der Aufnahme des Sattelauflegers [35]	80
Abb 64: Montageschema	83
Abb 65: Knotenpunkt Stahlbetondecke / aufgehende Stahlbetonwand.....	87
Abb 66: Stahl-U-Profil	87
Abb 67: Platte mit Unterkonstruktion der 1.Dämmebene	88
Abb 68: Platte mit Unterkonstruktion der 1.+2.Dämmebene.....	88
Abb 69: Verlegung der Inneren Dämmebene	89
Abb 70: Montage Dampfbremse sowie Innere Platte	89
Abb 71: Äußere Dämmschicht.....	90
Abb 72: Fertige äußere Plattenoberfläche.....	90
Abb 73: Stirnseitenverkleidung der Profile	91
Abb 74: Plexiglasverkleidung	91
Abb 75: Fertige Einzelteile des Gesamtmodells.....	92
Abb 76: Elementmontage	92
Abb 77: Verklebung der Dampfbremse	93
Abb 78: Verschraubung Befestigungswinkel.....	93
Abb 79: Verschraubung Platte/Winkel.....	94
Abb 80: Unterkonstruktion Vorsatzschale	94
Abb 81: Verlegung Dämmung Vorsatzschale	95
Abb 82: fertiges Modell	95

11 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gliederung der Arbeit	2
Tabelle 2: Dämmstoffpreisvergleich zur Erreichung eines U-Wertes von 0,24 W/(m ² K) 16	16
Tabelle 3: Öko Kennzahlen des Fassadenelementes	32
Tabelle 4: Lastaufstellung Eigengewicht	44
Tabelle 5: Nutzungskategorien gemäß EC 1 [25]	45
Tabelle 6: Horizontale Belastung gemäß EC 1 [25]	45
Tabelle 7: Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerte [23]	46
Tabelle 8: Resultierende Dübel Kräfte	52
Tabelle 9: Schraubenausnutzung zufolge Zugbeanspruchung	52
Tabelle 10: Schraubenausnutzung zufolge Querbeanspruchung	52
Tabelle 11: Anforderungen an Brandverhalten gemäß OIB 2 [20]	53
Tabelle 12: Gebäudeklassen gemäß OIB 2 [20]	54
Tabelle 13: Brandschutzklassifikationen gemäß ÖNORM EN 13501-1 [12]	54
Tabelle 14: Feuerwiderstand vergleichbare Konstruktion	55
Tabelle 15: Erforderliches Mindestschalldämmmaß gemäß OIB 5	58
Tabelle 16: Erforderliche Mindestschallpegeldifferenz	59
Tabelle 17: Schalldämm-Maß vergleichbare Wand	59
Tabelle 18: Anforderungen U-Wert gemäß OIB 6 [22]	61
Tabelle 19: Wärmetechnische Materialkennwerte	62
Tabelle 20: Normraumtemperatur gemäß ÖNORM EN 12831 [34]	65
Tabelle 21: Mindest sd-Werte gemäß ÖNORM B 81 10-2 [35]	67
Tabelle 22: Mengenermittlung Element	79
Tabelle 23: Kostenermittlung Material für ein Element	79
Tabelle 24: Mengenermittlung Montagematerial	84
Tabelle 25: Kostenermittlung Montagematerial	84
Tabelle 26: Preisermittlung	86

12 Literaturverzeichnis

- [1] Herrmann, E.M.; Krammer, M.; Sturm J.; Wartzeck, S.; Alexander Reichel (Hrsg.), Kerstin Schultz (Hrsg.) (2015) *Umhüllen und konstruieren*. Basel: Birkhäuser
- [2] Junghanns, K. (1994) *Das Haus für alle: Zur Geschichte der Vorfertigung in Deutschland*. Berlin: Ernst & Sohn
- [3] Bundesverband Deutscher Fertigbau (2022) (Online) www.fertigbau.de – *Geschichte des Fertigbaus*, Zugriff: 21.8.2022
Bad Honef: Bundesverband deutscher Fertigbau e.v.
- [4] Meyer-Bohe, W. (1964) *Vorfertigung - Handbuch des Bauens mit Fertigteilen*. Essen: Vulkan –Verlag Dr. W. Classen
- [5] Pech, A.; Pommer, G.; Zeininger, J. (2014) *Fassaden*. Wien: Ambra Verlag
- [6] Aachner Stiftung Kathy Beys (2022) *Lexikon der Nachhaltigkeit*. (Online) Aachen, https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/definitionen_1382
Zugriff: 22.8.2022
- [7] IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH (2022) *Ökoindex OI3*, <https://www.ibo.at/materialoekologie/lebenszyklusanalysen/oekoindex-oi3> Zugriff: 22.08.2022
- [8] IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH (2022) *Leitfaden zur Berechnung des Ökoindex OI3 für Bauteile und Gebäude*, https://www.ibo.at/fileadmin/ibo/materialoekologie/OI3_Berechnungsleitfaden_V4.0_20181025_01.pdf Zugriff: 22.08.2022
- [9] Europäische Union (2011) *Bauproduktenverordnung - Verordnung Nr. 305/2011 vom 09.03.2011*. Straßburg: Das europäische Parlament und der Rat der europäischen Union
- [10] CIDEM Hranice a.s. (2021) *Cetris – Technische Anleitung für Architekten, Projektanten und Verarbeiter*, Hranice I-Mesto: Cidem Hranice a.s.
- [11] Isover Austria (2022) *Herstellungsprozess von Mineralwolle*. (Online) Stockerau: Saint-Gobain ISOVER Austria GmbH, <https://www.isover.at/glaswolle>
Zugriff: 19.4.2022
- [12] ÖNORM EN 13501-1: 2020, *Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu Ihrem Brandverhalten*. Wien: Austrian Standards

- [13] ÖNORM EN 14081-1: 2019, *Holzbauwerke – Nach Festigkeit sortiertes Bauholz für tragende Zwecke mit rechteckigem Querschnitt*. Wien: Austrian Standards
- [14] ÖNORM DIN 4074-1: 2012, *Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit*. Wien: Austrian Standards
- [15] Holzforschung Austria (2022) *Zertifizierung von Bauholz*. (Online)
Wien: Holzforschung Austria – Österreichische Gesellschaft für Holzforschung
<https://www.holzforschung.at/zertifizierung/zertifizierungsleistungen/ce-kennzeichnung/festigkeitssortiertes-bauholz/> - Zugriff: 21.8.2022
- [16] ÖNORM B 5320: 2020, *Einbau von Fenstern und Türen in Wände*. Wien: Austrian Standards
- [17] Wiener Landtag (2021) *Bauordnung für Wien*, Wien
- [18] Wiener Landtag (2020) *Wiener Bautechnikverordnung*, Wien
- [19] Österreichisches Institut für Bautechnik (2019) *OIB Richtlinie 1 – Mechanische Festigkeit und Standsicherheit*. Wien
- [20] Österreichisches Institut für Bautechnik (2019) *OIB Richtlinie 2 – Brandschutz*. Wien
- [21] Österreichisches Institut für Bautechnik (2019) *OIB Richtlinie 5 – Schallschutz*. Wien
- [22] Österreichisches Institut für Bautechnik (2019) *OIB Richtlinie 6 – Energieeinsparung und Wärmeschutz*. Wien
- [23] ÖNORM EN 1990: 2013, *Eurocode – Grundlagen der Tragwerksplanung*. Wien: Austrian Standards
- [24] ÖNORM B 1990-1: 2013, *Eurocode – Grundlagen der Tragwerksplanung – Teil 1*. Wien: Austrian Standards
- [25] ÖNORM EN 1991-1-1: 2011, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen – Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau*. Wien: Austrian Standards
- [26] Kolbitsch, A. (2011) *Tragwerke – Baukonstruktionen*. Ausgabe Oktober 2011, Wien: Forschungsbereich für Hochbaukonstruktionen und Bauwerkserhaltung
- [27] Fasold, W.; Veres, E. (2003) *Schallschutz und Raumakustik in der Praxis – Planungsbeispiele und konstruktive Lösungen*, 2. Auflage; Berlin: Huss-Medien

- [28] Riccabona, C.; Bednar, T. (2010) *Baukonstruktionslehre 4 – Bauphysik*. Wien: Manz
- [29] Heinze GmbH (2022) *Schalldämmung und Schallschutz* (Online) Berlin: Heinze GmbH;
<https://www.baunetzwissen.de/bauphysik/fachwissen/schallschutz/schalldae mmung-und-schallschutz> - 4391693 - Zugriff: 21.8.2022
- [30] Knauf GmbH (2022); *Schallschutz im Trockenbau* (Online) Weißenbach bei Liezen: Knauf GmbH;
<https://www.knauf.at/unser-wissen-fuer-sie/schallschutz/> - Zugriff: 21.8.2022
- [31] ÖNORM B 8115-2: 2021, *Schallschutz und Raumakustik im Hochbau – Teil 2*. Wien: Austrian Standards
- [32] ÖNORM B 8115-4: 2003, *Schallschutz und Raumakustik im Hochbau – Teil 4*. Wien: Austrian Standards
- [33] ÖNORM EN ISO 6946: 2018, *Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient*. Wien: Austrian Standards
- [34] ÖNORM EN 12831-1: 2018, *Energetische Bewertung von Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast – Teil 1: Raumheizlast*. Wien: Austrian Standards
- [35] ÖNORM B 8110-2: 2020, *Wärmeschutz im Hochbau – Teil 2*. Wien: Austrian Standards
- [36] Wirtschaftskammer Österreich - Fachverband der Bauindustrie (2020) *Kollektivvertrag für Bauindustrie und Baugewerbe*. Wien
- [37] J. Schmidt GmbH (2022) *Aufstellen einer Hohlwand*. (Online) <https://www.schmid-bauen.de/fertigteile/referenz> – Dödingen: J.Schmidt GmbH, Zugriff: 21.8.2022

13 Anhang

ANHANG 01 – Plandarstellung verworfene Ausführungsvarianten 23 Seiten

ANHANG 02 – Statische Berechnungen

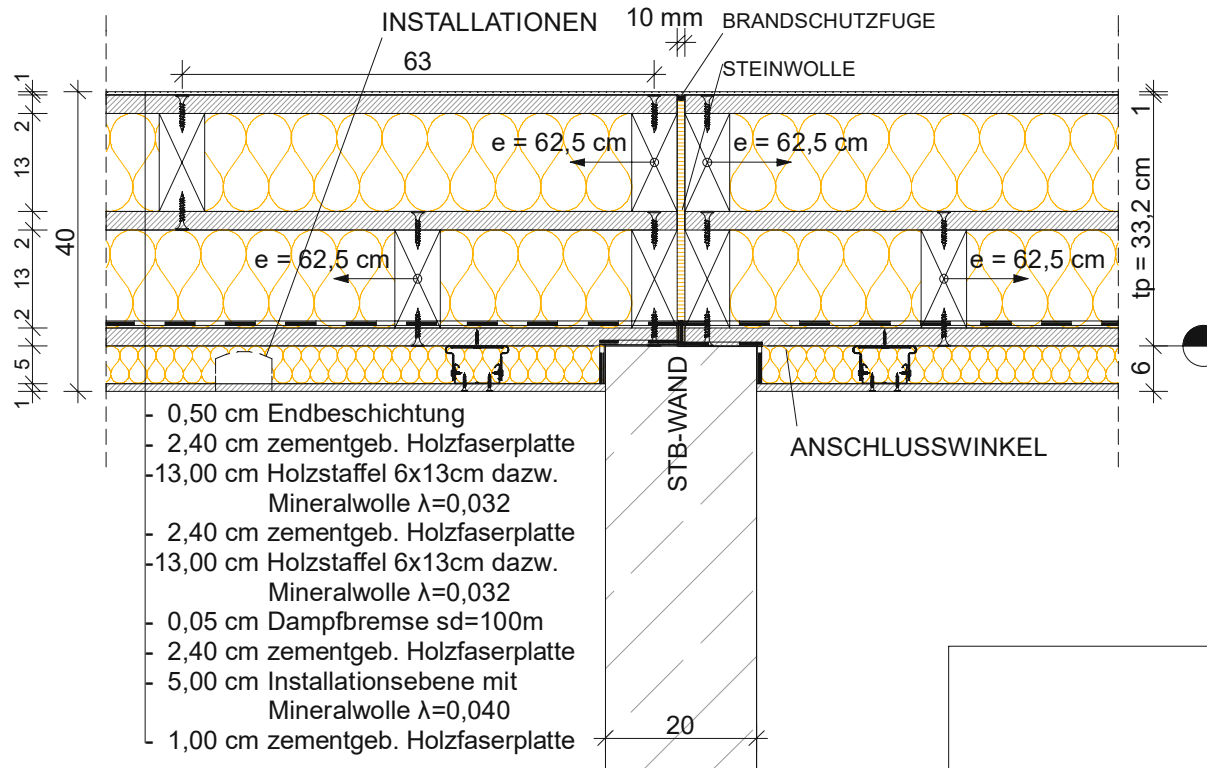
ANHANG 03 – U-Wert Berechnungen verworfene Ausführungsvarianten

ANHANG 04 – Wärmebrückenberechnung

ANHANG 05 – Ökologische Bewertung

ANHANG 01 –

Plandarstellung verworfene Ausführungsvarianten



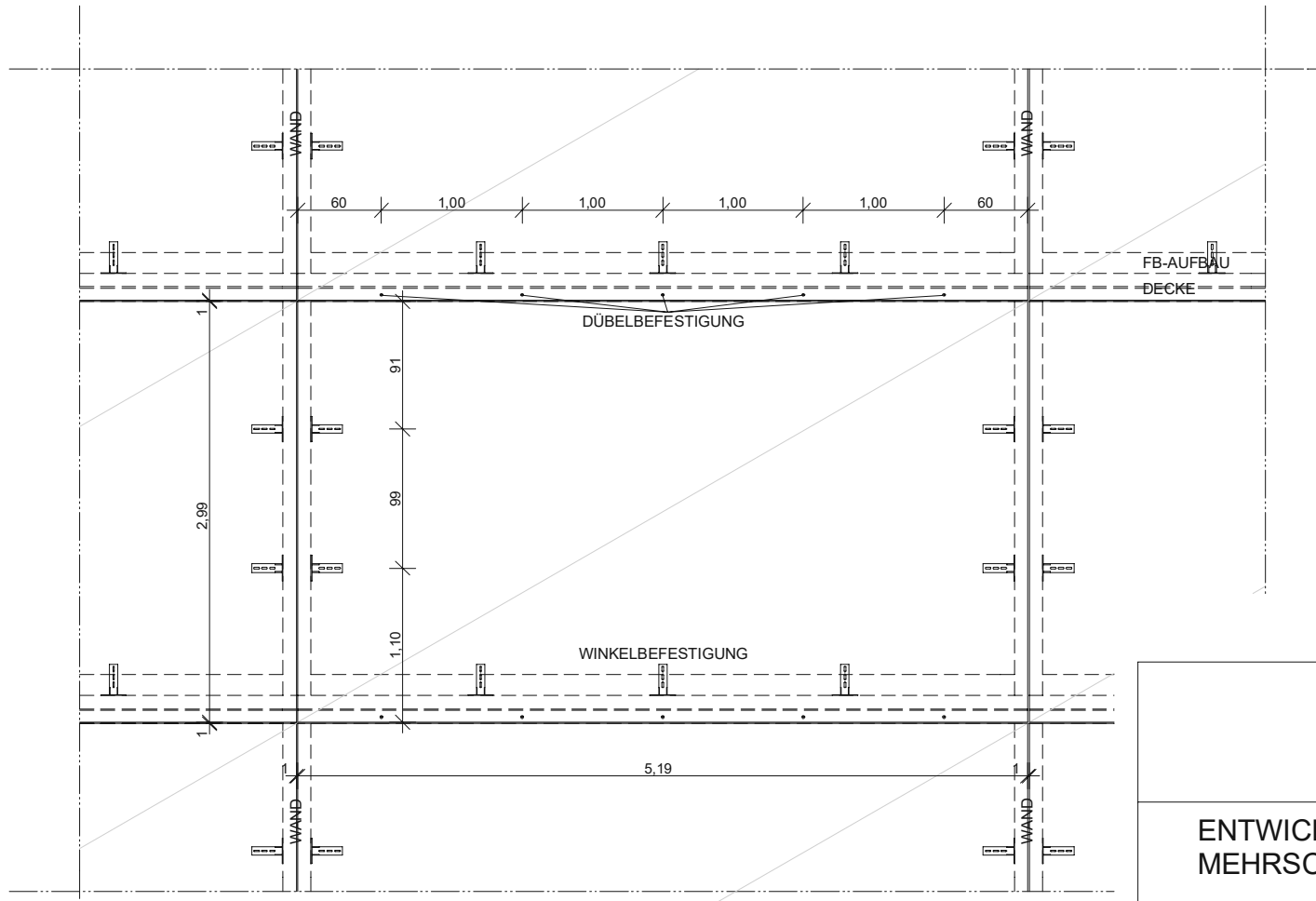
ENTWICKLUNG VON SELBSTTRAGENDEN
 MEHRSCALIGEN FASSADENELEMENTEN

DÜBELMONTAGE MW Dämmung mit Holz-UK

PLANINHALT: DETAIL GRUNDRISS M=1:10

DATUM:

09.03.2021

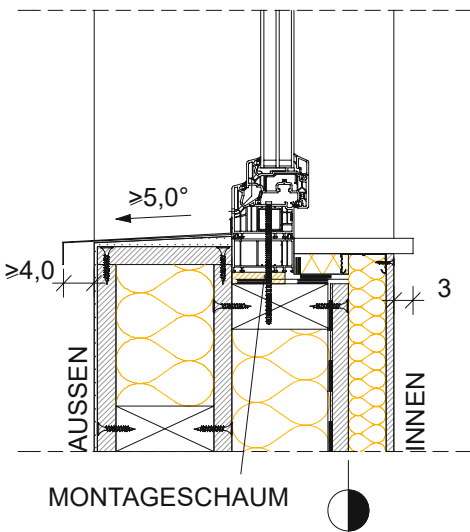
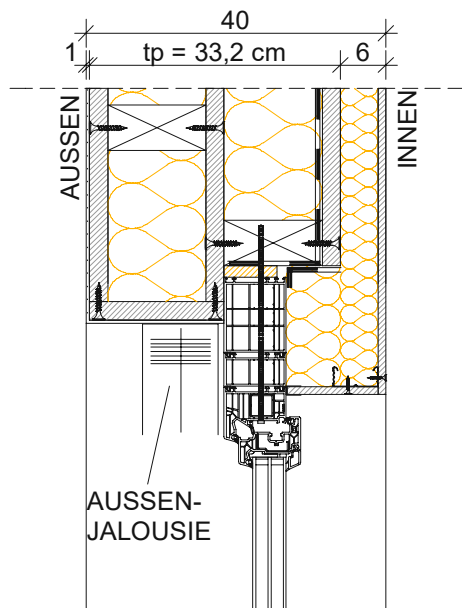


ENTWICKLUNG VON SELBSTTRAGENDEN
MEHRSCALIGEN FASSADENELEMENTEN

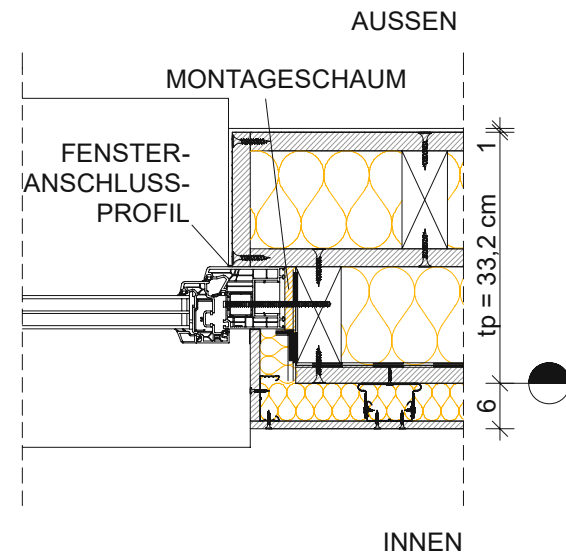
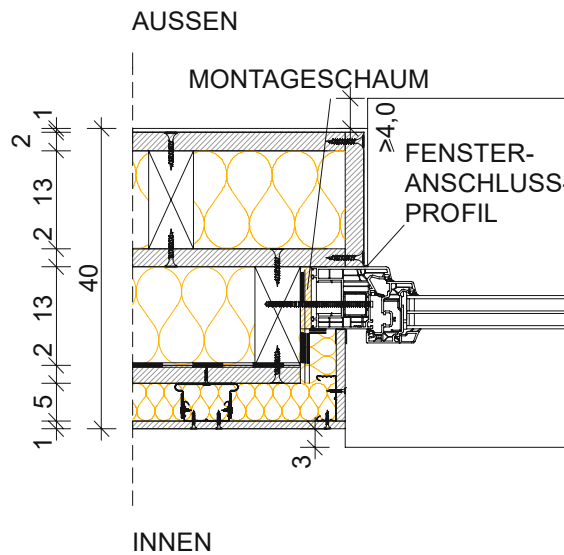
DÜBELMONTAGE

PLANINHALT: DETAIL ANISCHT M=1:50

DATUM: 09.03.2021



SCHNITT



GRUNDRISS



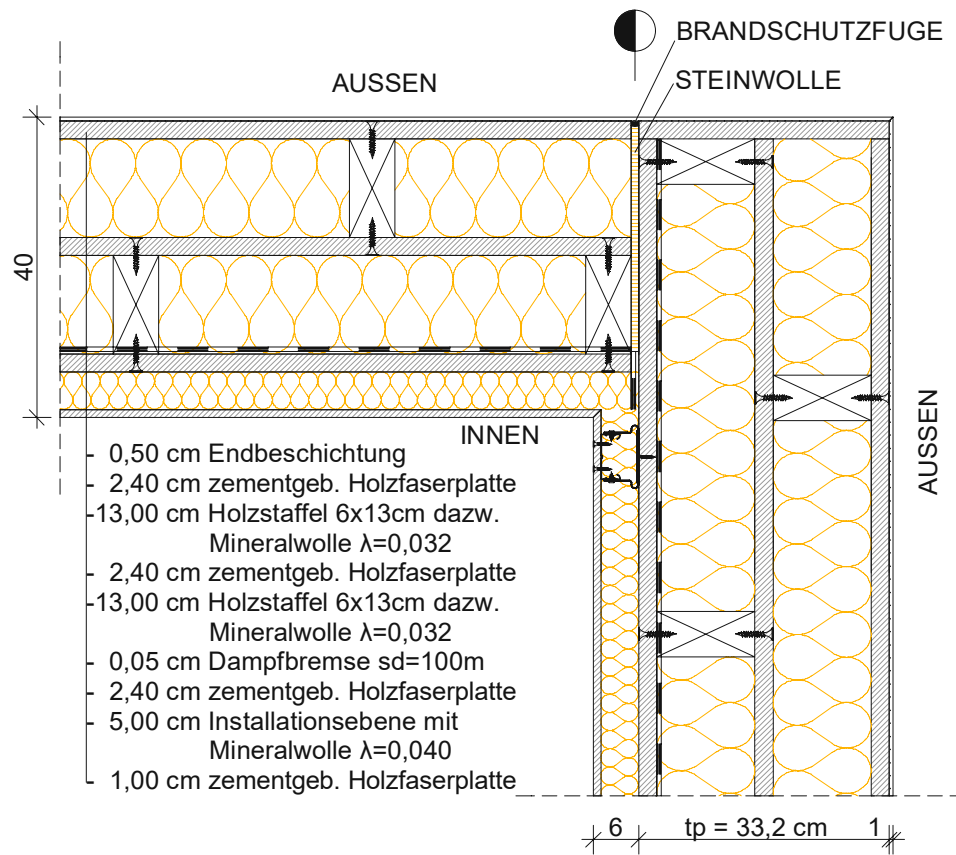
ENTWICKLUNG VON SELBSTTRAGENDEN MEHRSCALIGEN FASSADENELEMENTEN

MW Dämmung mit Holz-UK

PLANINHALT: DETAIL FENSTER-ANSCHLUSS M=1:10

DATUM:

09.03.2021



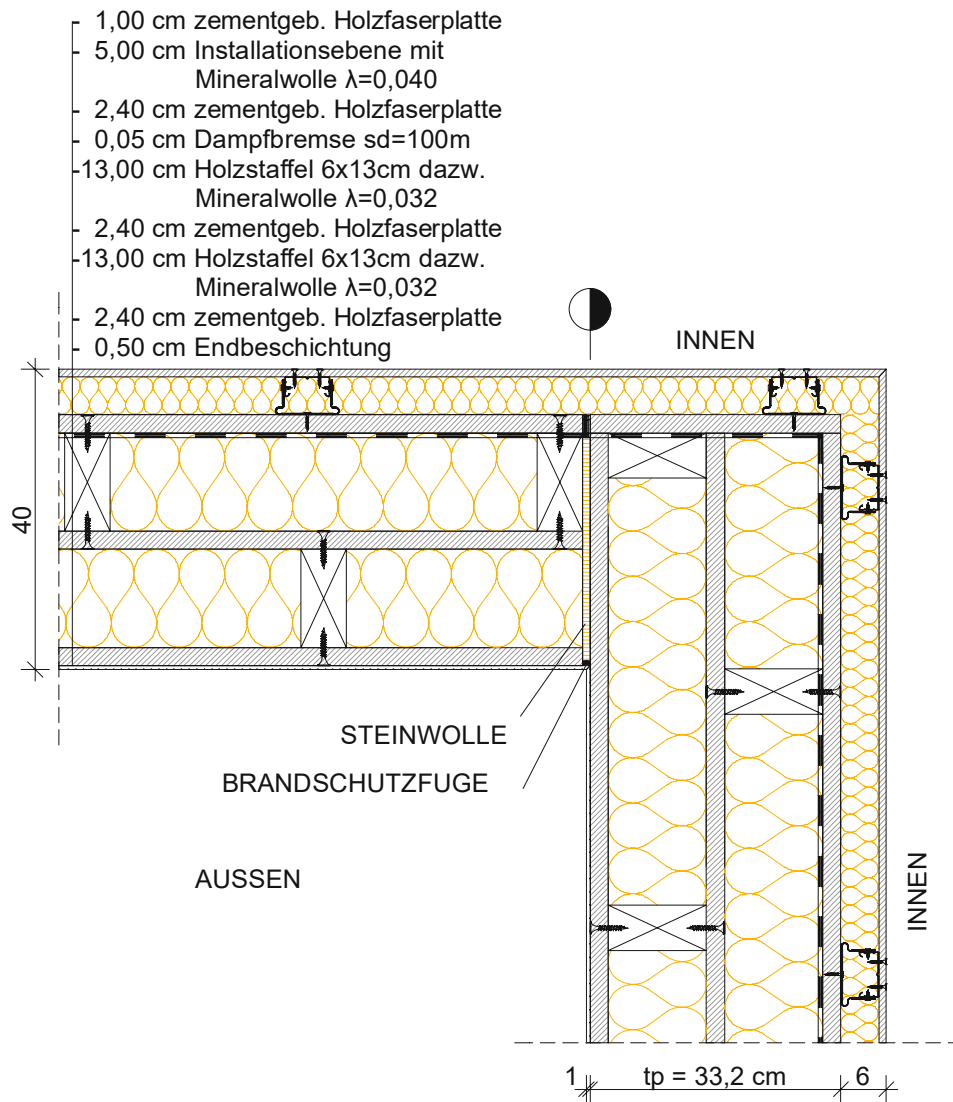
ENTWICKLUNG VON SELBSTTRAGENDEN
MEHRSCALIGEN FASSADENELEMENTEN

MW Dämmung mit Holz-UK

PLANINHALT: DETAIL INNENECK M=1:10

DATUM:

09.03.2021



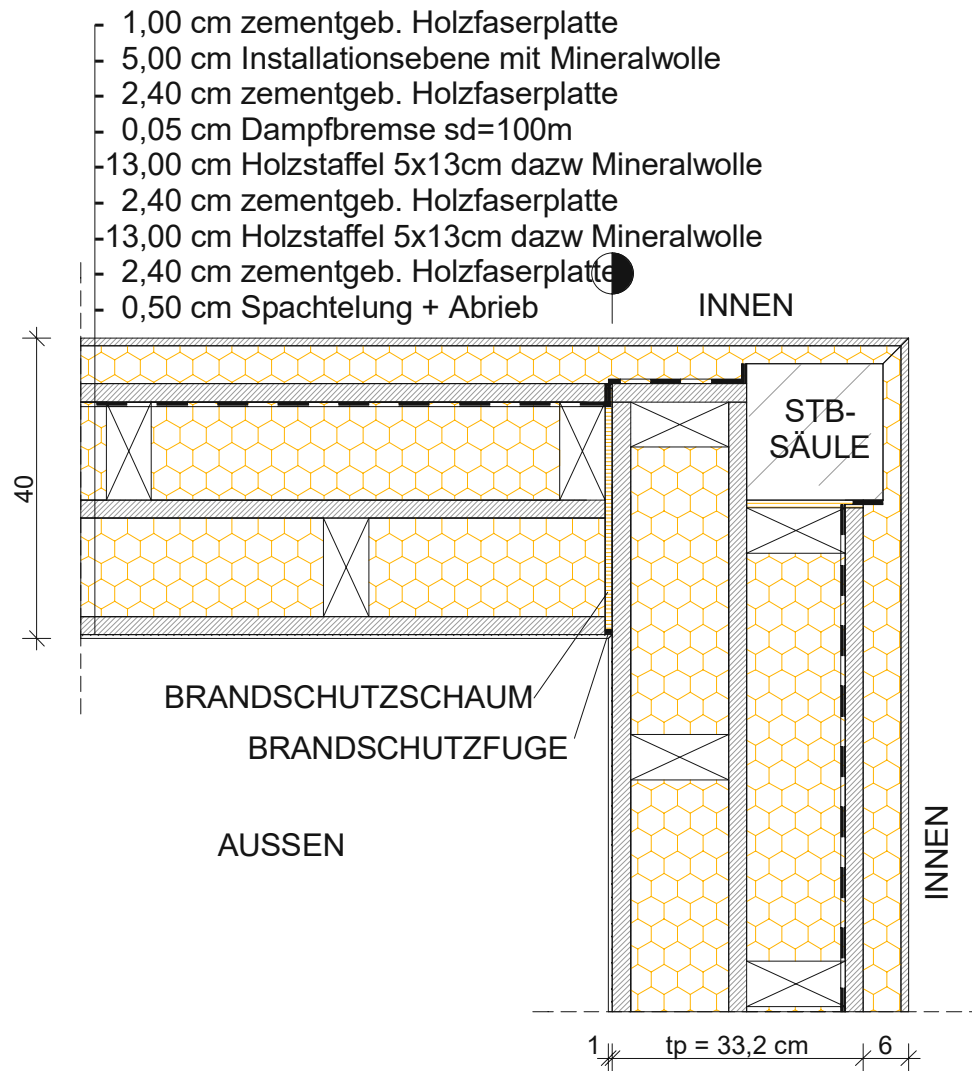
ENTWICKLUNG VON SELBSTTRAGENDEN MEHRSCALIGEN FASSADENELEMENTEN

MW Dämmung mit Holz-UK

PLANINHALT: DETAIL AUSSENECK M=1:10

DATUM:

09.03.2021



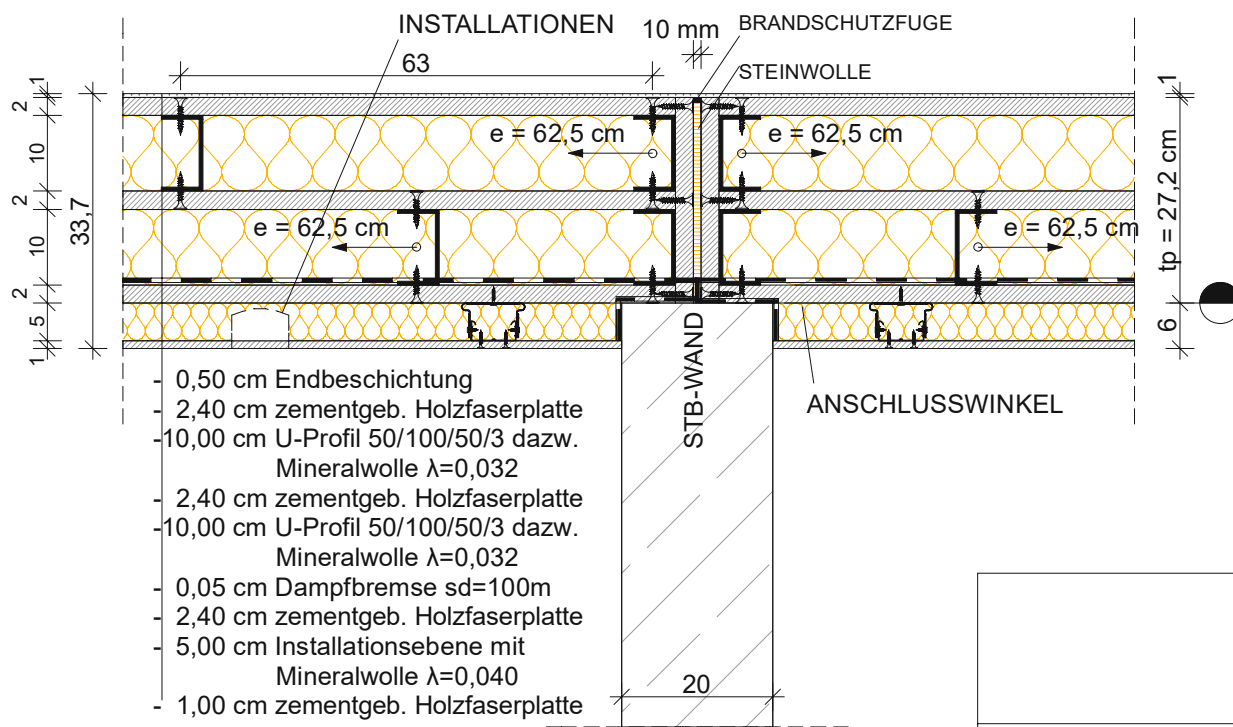
ENTWICKLUNG VON SELBSTTRAGENDEN
 MEHRSCALIGEN FASSADENELEMENTEN

MW Dämmung mit Holz-UK

PLANINHALT: DETAIL AUSSENECK M=1:10
 MIT STB-SÄULE

DATUM:

09.03.2021



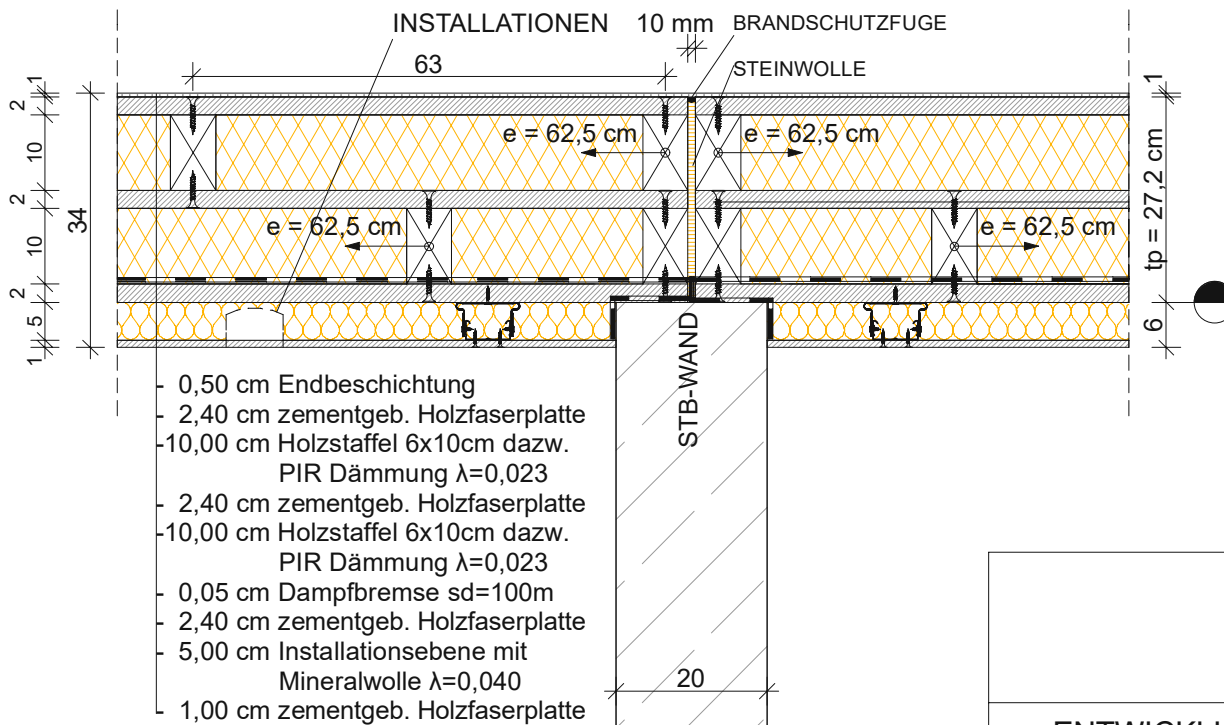
ENTWICKLUNG VON SELBSTTRAGENDEN
 MEHRSCALIGEN FASSADENELEMENTEN

DÜBELMONTAGE MW Dämmung mit Stahl-UK

PLANINHALT: DETAIL GRUNDRISS M=1:10

DATUM:

09.03.2021

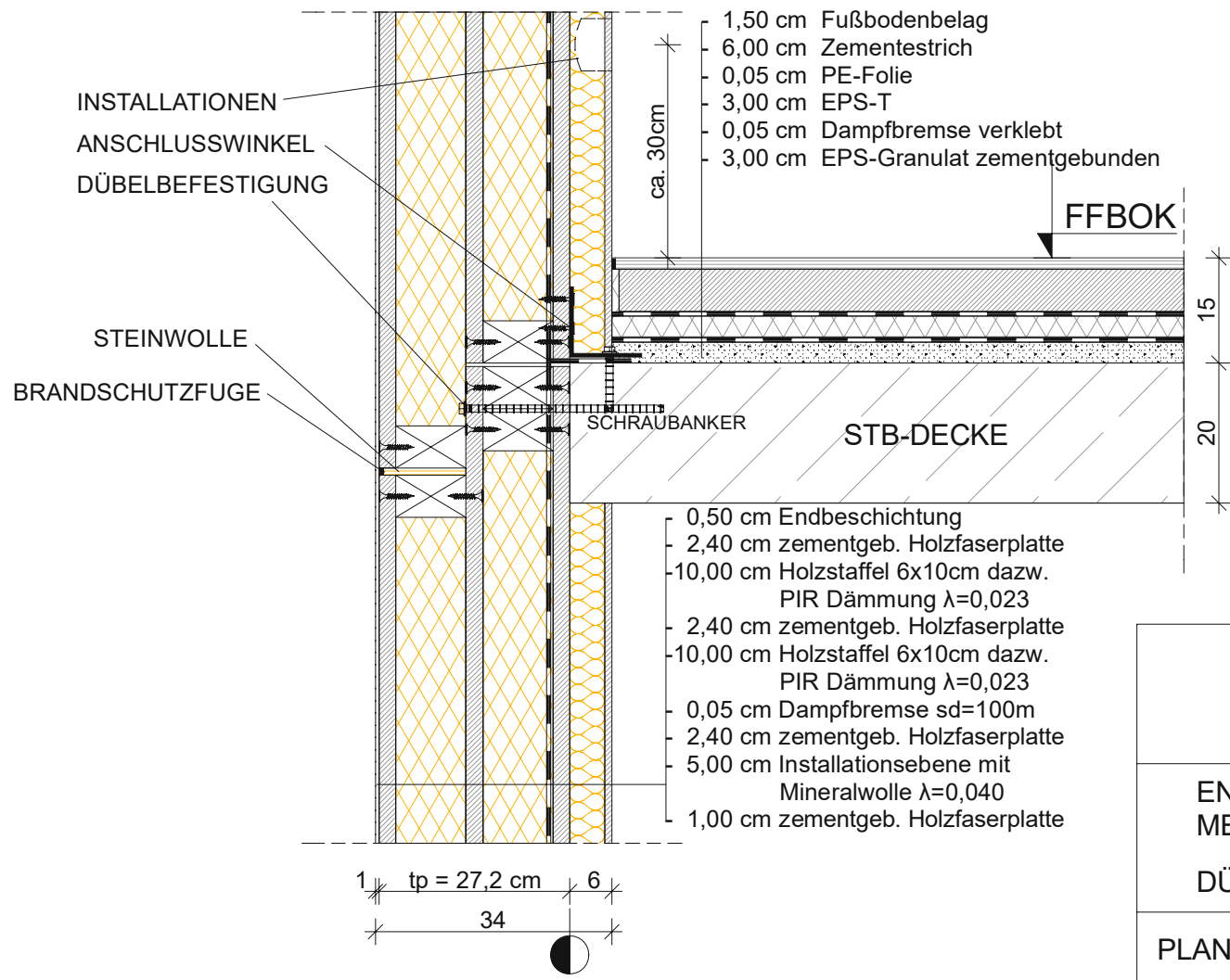


ENTWICKLUNG VON SELBSTTRAGENDEN
 MEHRSCALIGEN FASSADENELEMENTEN

DÜBELMONTAGE PIR Dämmung mit Holz-UK

PLANINHALT: DETAIL GRUNDRISS M=1:10

DATUM: 09.03.2021

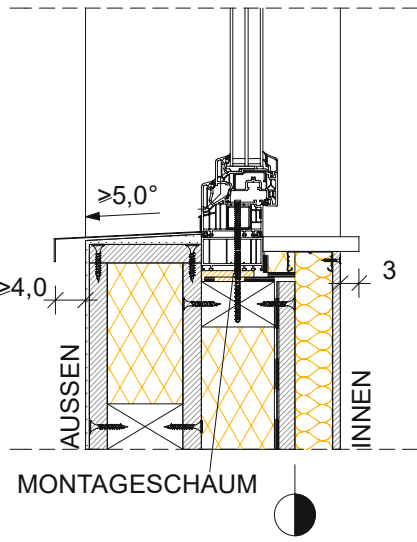
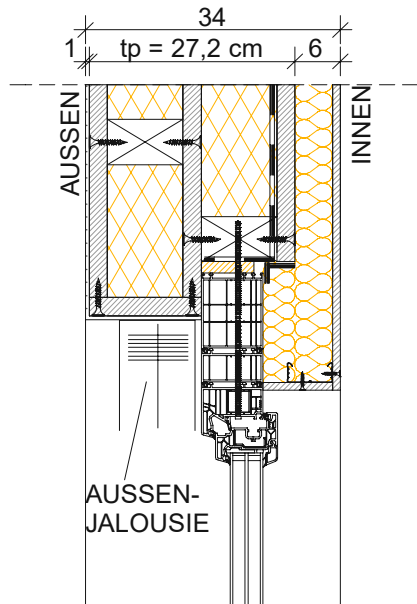


ENTWICKLUNG VON SELBSTTRAGENDEN
 MEHRSCALIGEN FASSADENELEMENTEN

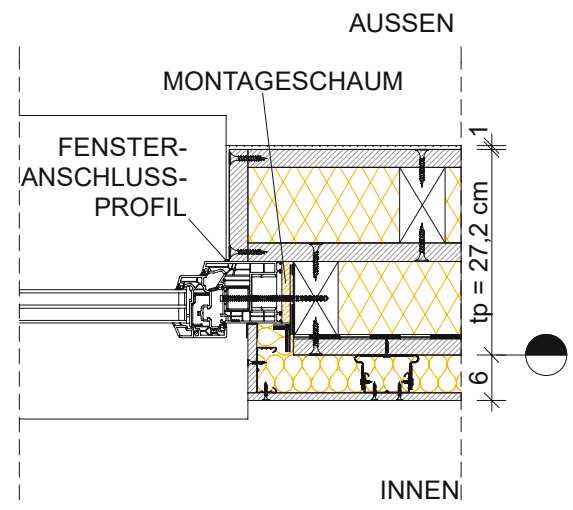
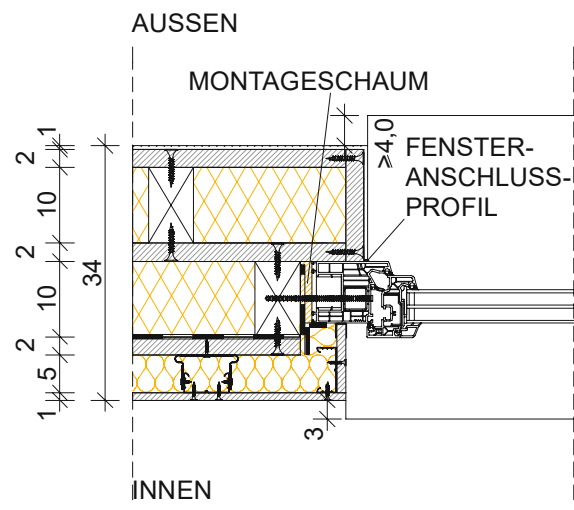
DÜBELMONTAGE PIR Dämmung mit Holz-UK

PLANINHALT: DETAIL SCHNITT M=1:10

DATUM: 09.03.2021



SCHNITT



GRUNDRISS

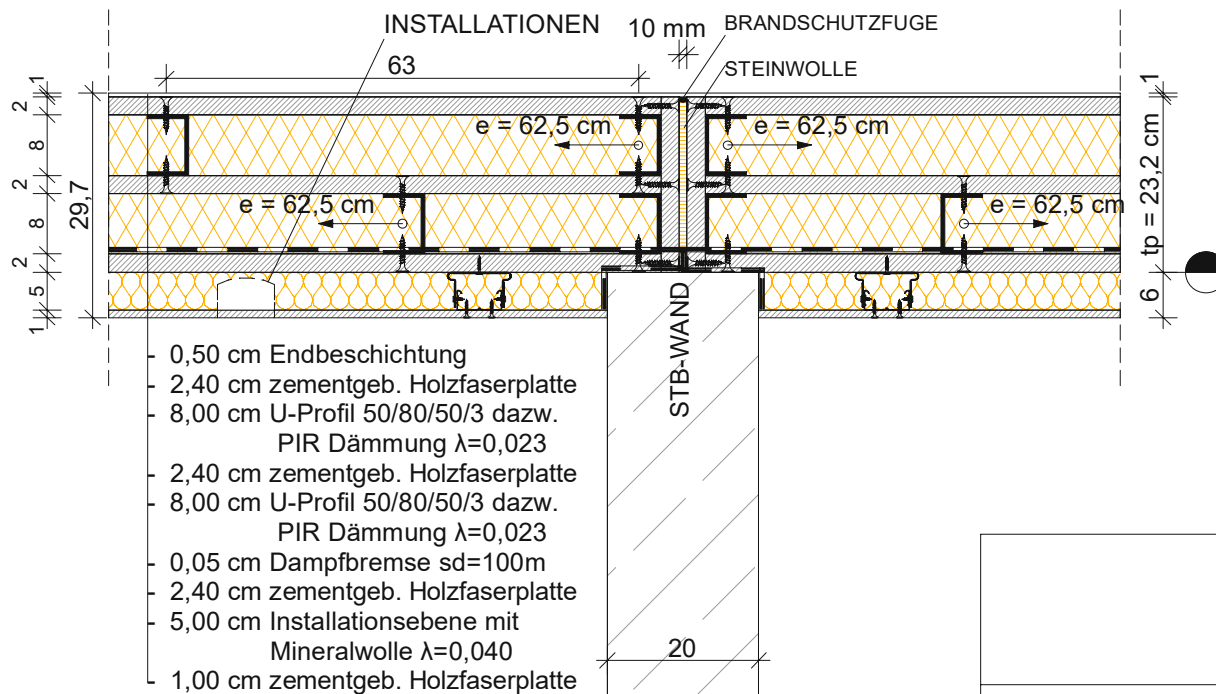


ENTWICKLUNG VON SELBSTTRAGENDEN MEHRSCALIGEN FASSADENELEMENTEN

PIR Dämmung mit Holz-UK

PLANINHALT: DETAIL FENSTER-ANSCHLUSS M=1:10

DATUM: 09.03.2021



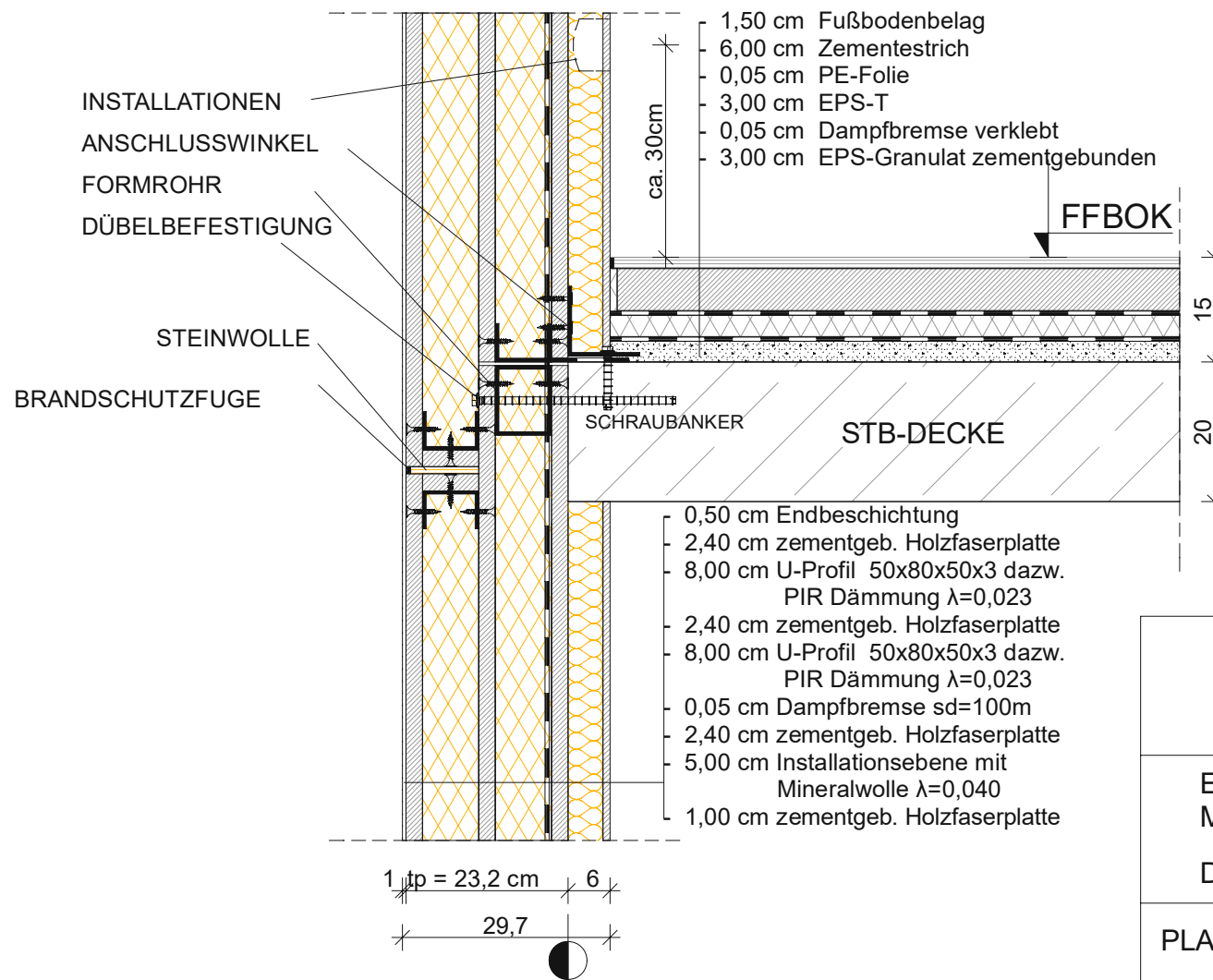
ENTWICKLUNG VON SELBSTTRAGENDEN
 MEHRSCALIGEN FASSADENELEMENTEN

DÜBELMONTAGE PIR Dämmung mit Stahl-UK

PLANINHALT: DETAIL GRUNDRISS M=1:10

DATUM:

09.03.2021

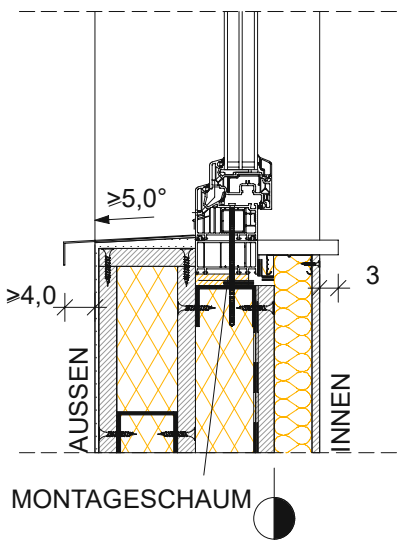
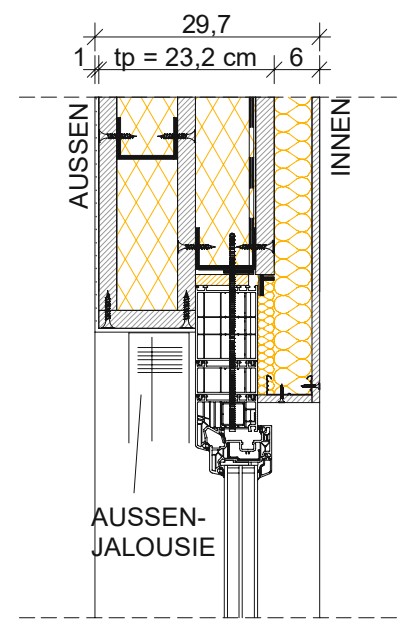


**ENTWICKLUNG VON SELBSTTRAGENDEN
 MEHRSCALIGEN FASSADENELEMENTEN**

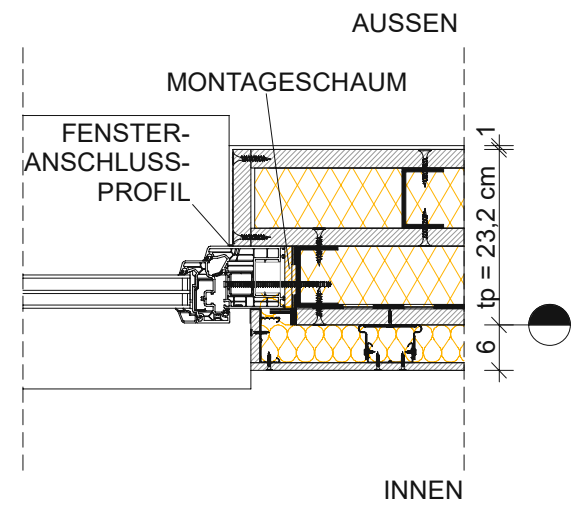
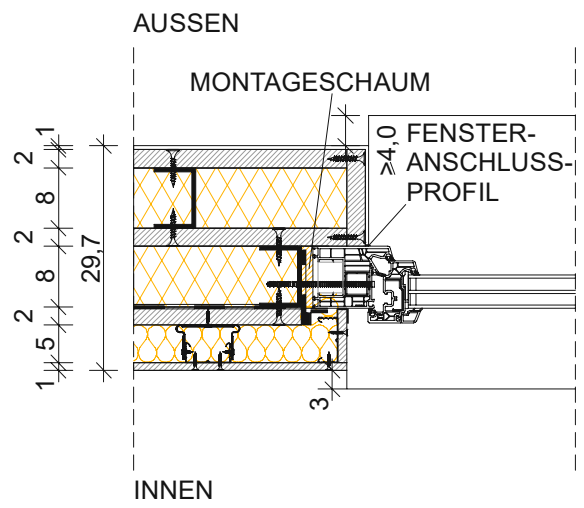
DÜBELMONTAGE PIR Dämmung mit Stahl-UK

PLANINHALT: DETAIL SCHNITT M=1:10

DATUM: 09.03.2021



SCHNITT



GRUNDRISS

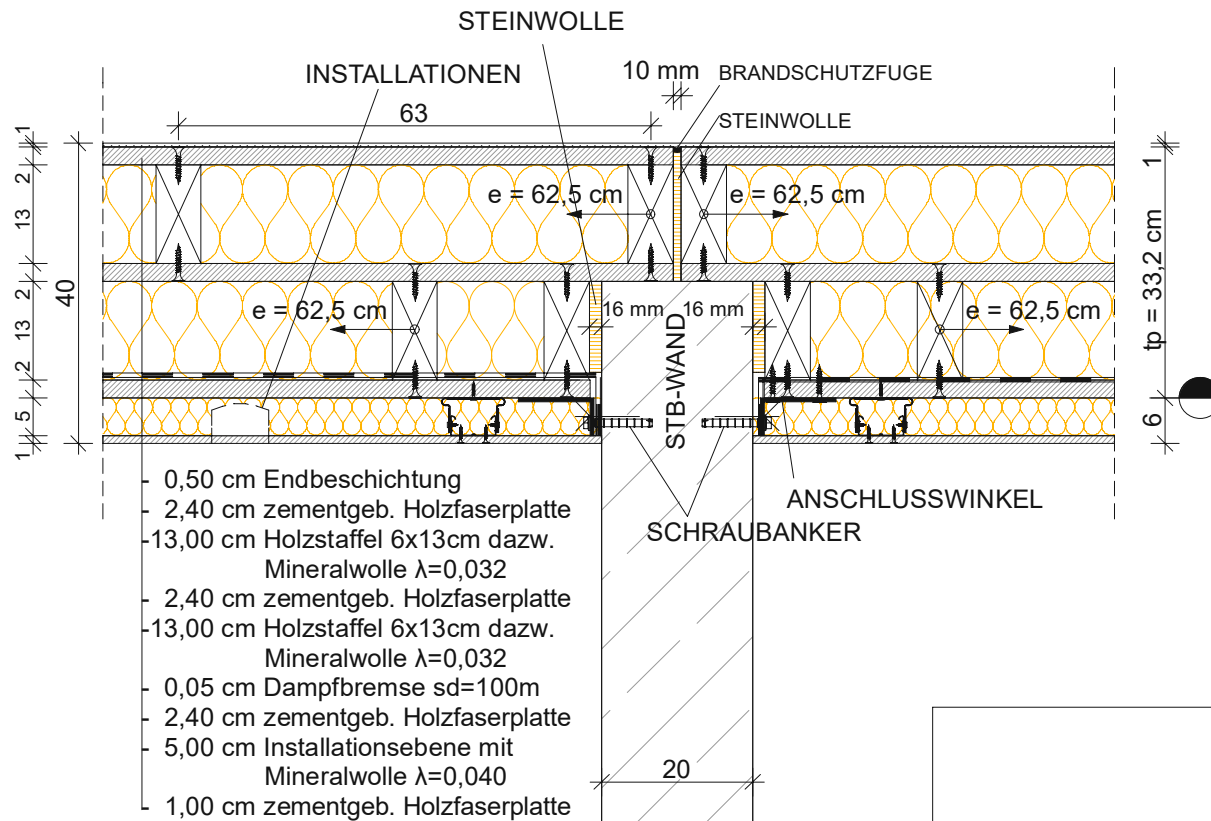


ENTWICKLUNG VON SELBSTTRAGENDEN
 MEHRSCALIGEN FASSADENELEMENTEN

PIR Dämmung mit Stahl-UK

PLANINHALT: DETAIL FENSTER- M=1:10
 ANSCHLUSS

DATUM: 09.03.2021



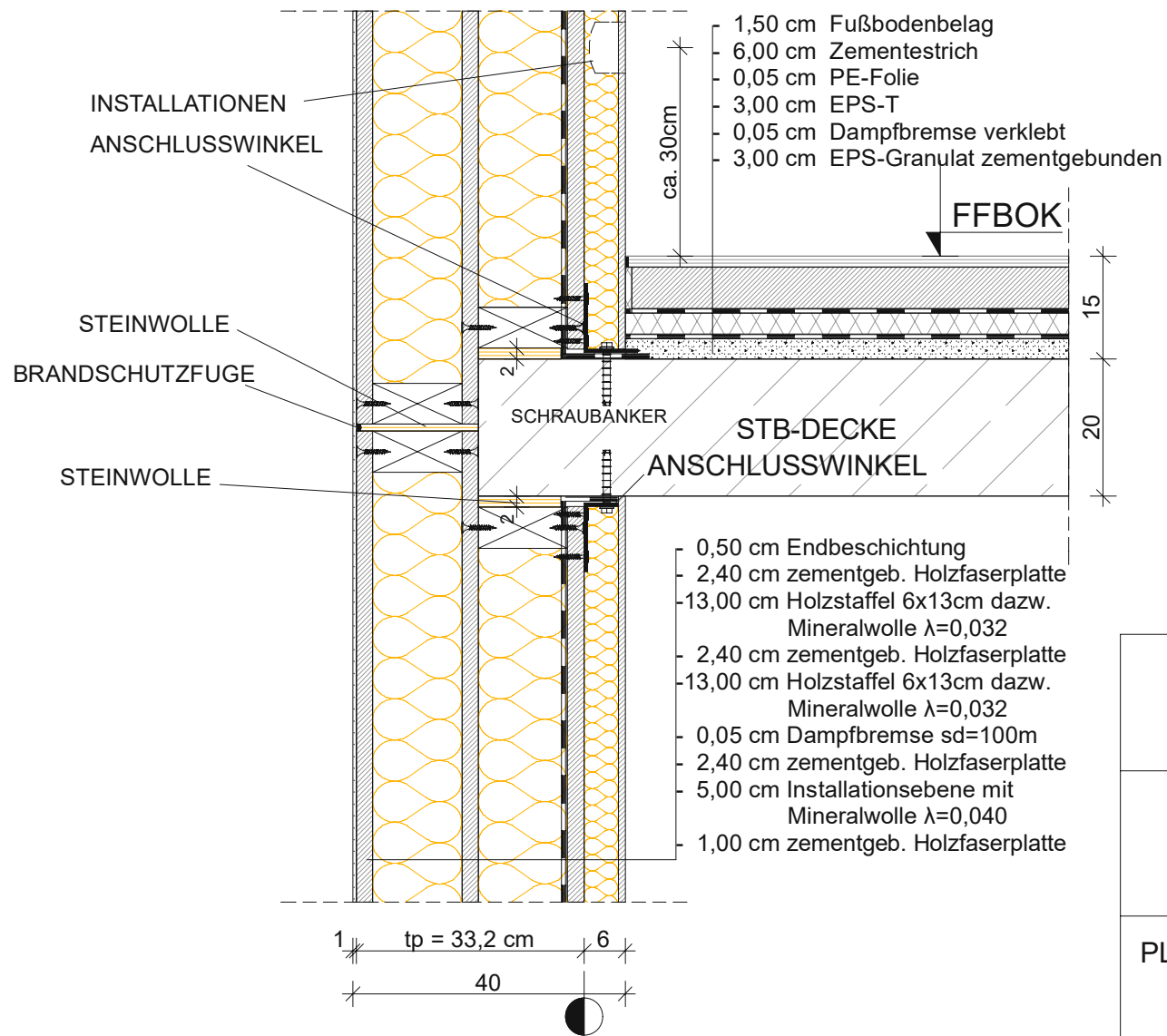
ENTWICKLUNG VON SELBSTTRAGENDEN
 MEHRSCALIGEN FASSADENELEMENTEN

WINKELMONTAGE MW Dämmung mit Holz-UK

PLANINHALT: DETAIL GRUNDRISS M=1:10

DATUM:

09.03.2021

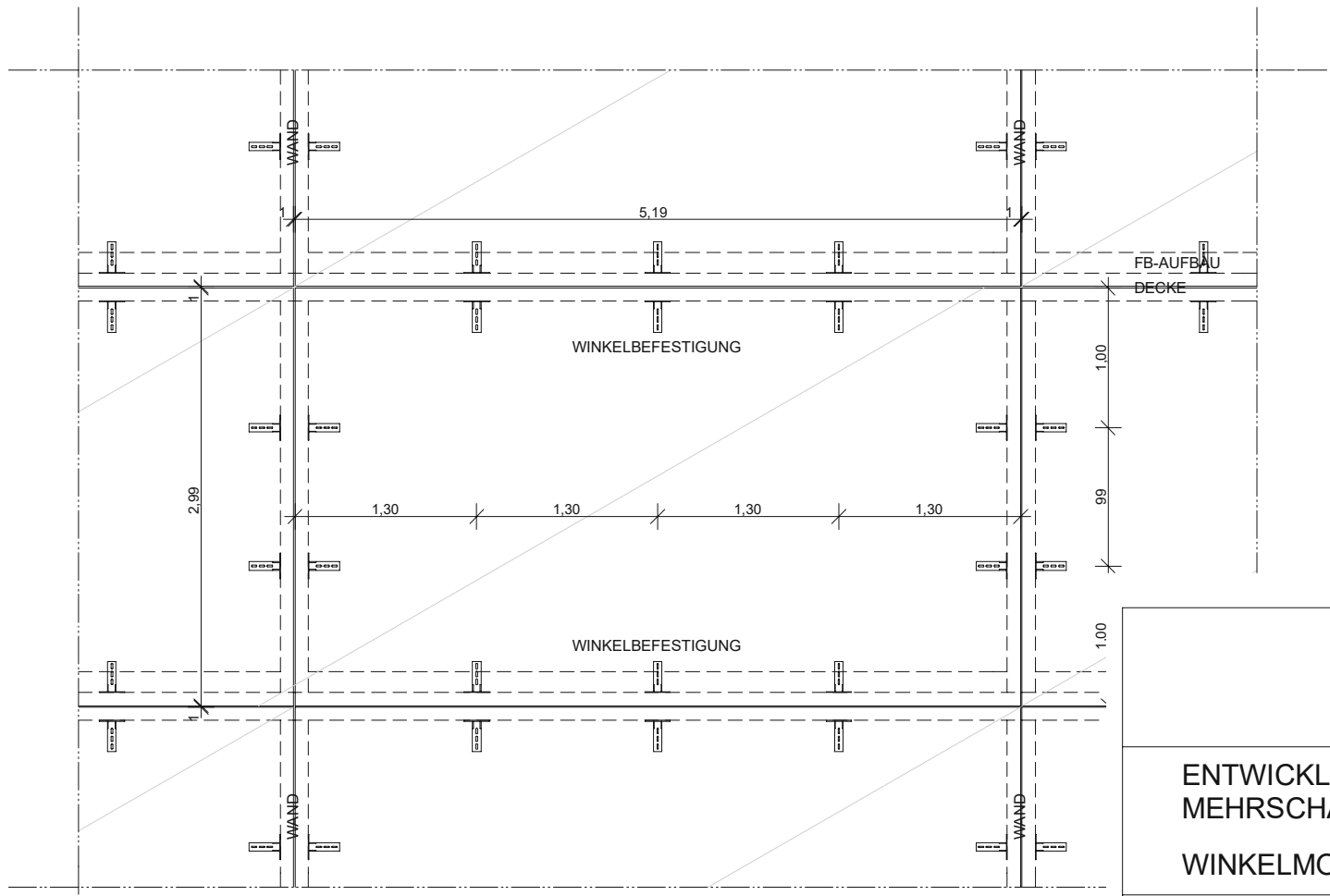


ENTWICKLUNG VON SELBSTTRAGENDEN
 MEHRSCALIGEN FASSADENELEMENTEN

WINKELMONTAGE MW Dämmung mit Holz-UK

PLANINHALT: DETAIL SCHNITT M=1:10

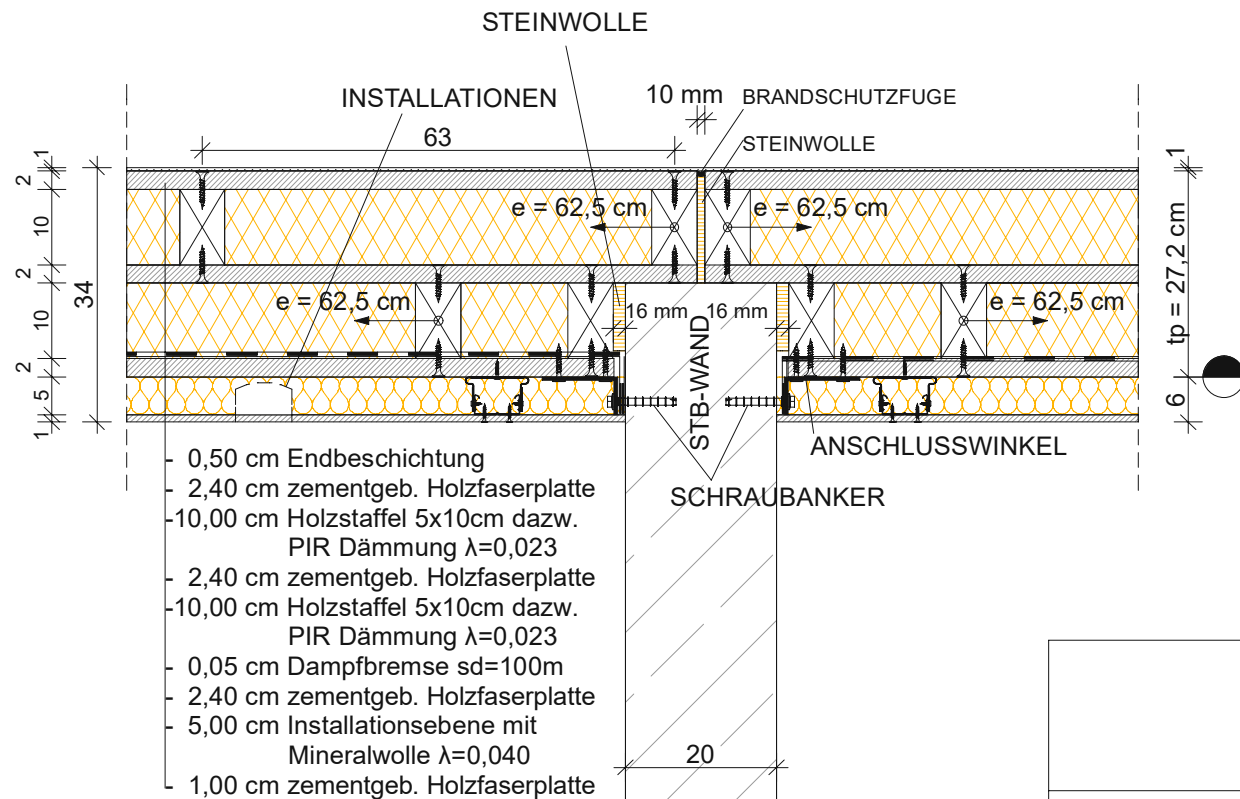
DATUM: 09.03.2021



ENTWICKLUNG VON SELBSTTRAGENDEN
MEHRSCALIGEN FASSADENELEMENTEN
WINKELMONTAGE

PLANINHALT: DETAIL ANSICHT M=1:50

DATUM: 09.03.2021



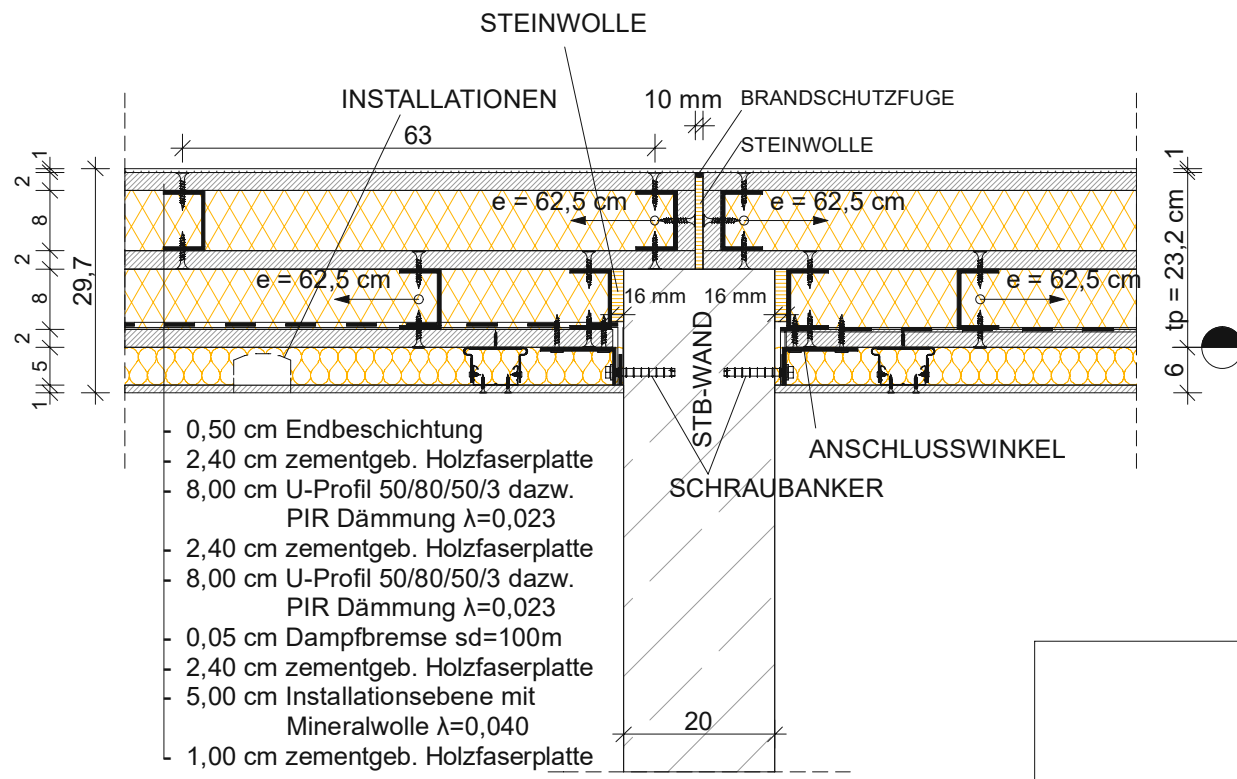
ENTWICKLUNG VON SELBSTTRAGENDEN
 MEHRSCALIGEN FASSADENELEMENTEN

WINKELMONTAGE PIR Dämmung mit Holz-UK

PLANINHALT: DETAIL GRUNDRISS M=1:10

DATUM:

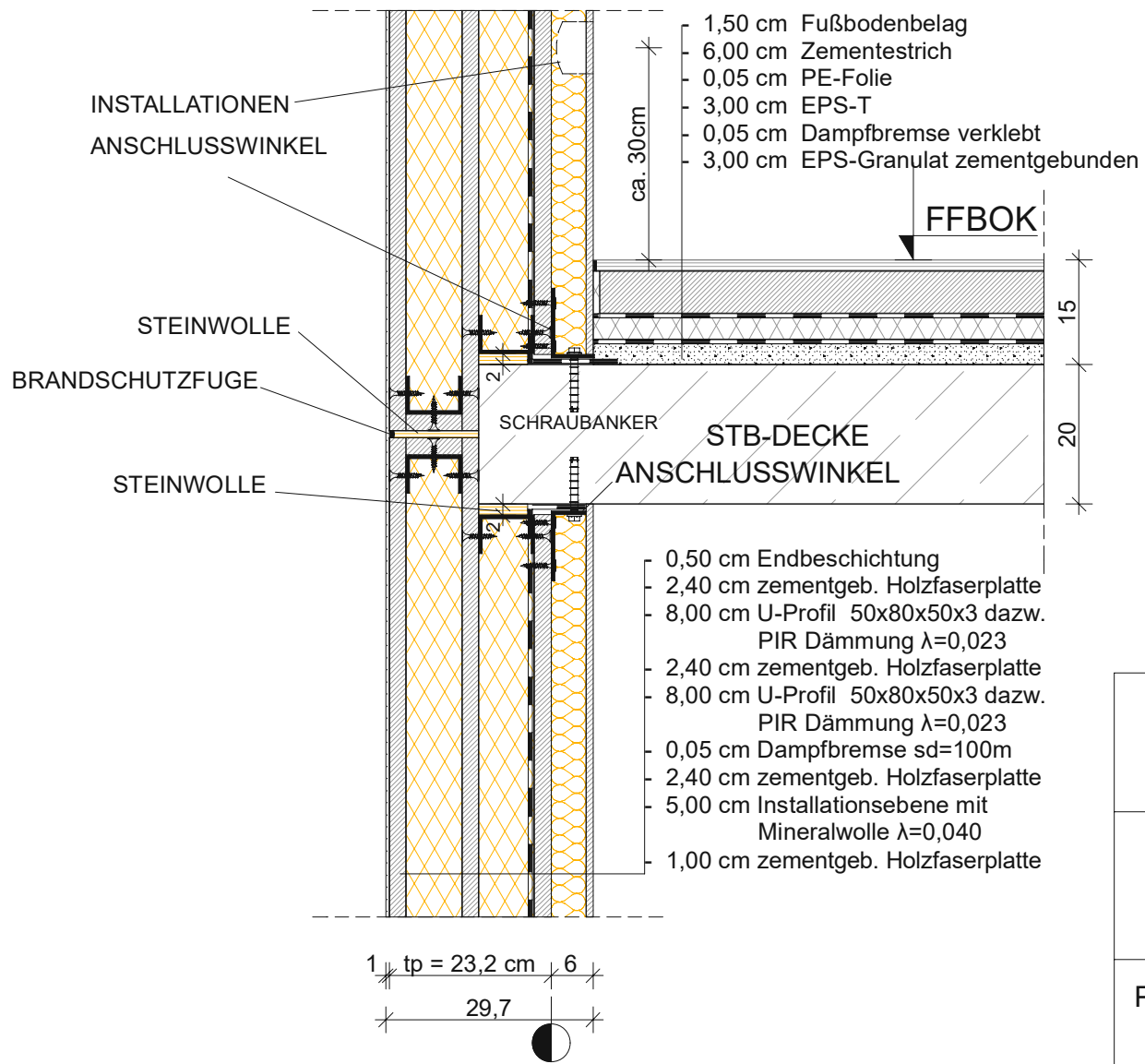
09.03.2021



ENTWICKLUNG VON SELBSTTRAGENDEN MEHRSCALIGEN FASSADENELEMENTEN
 WINKELMONTAGE PIR Dämmung mit Stahl-UK

PLANINHALT: DETAIL GRUNDRISS M=1:10

DATUM: 09.03.2021



ENTWICKLUNG VON SELBSTTRAGENDEN
 MEHRSCALIGEN FASSADENELEMENTEN
 WINKELMONTAGE PIR Dämmung mit Stahl-UK

PLANINHALT: DETAIL SCHNITT M=1:10

DATUM: 09.03.2021

ANHANG 02 –

Statische Berechnungen

Berechnung - Windlast

Projekt:
Abschnitt:
Bauherr:
Ort:

Datum: 12.11.2017

Gebäude und frei stehendes Dach (Carport): Flachdach - EC 1

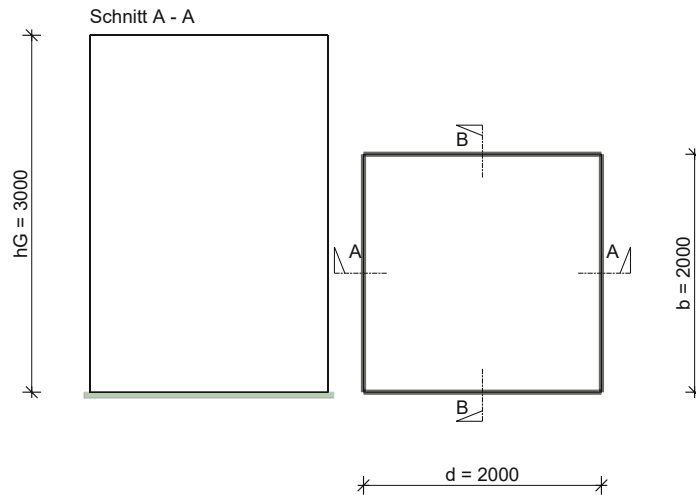
Eingabe

Ort	
Niederösterreich - Baden - Tattendorf	
Seehöhe: 226 m	$q_{b,0} = 0.42 \text{ kN/m}^2$ $v_{b,0} = 25.8 \text{ m/s (92,88 km/h)}$
Schneezone: 2	$s_k = \text{wird berechnet}$
Erdbebenzone: 3	$a_{gR} = 0.95 \text{ m/s}^2$
Schnee	
aufgeständerte Solarpaneele vorhanden:	Nein
Wind	
Geländekategorie	II
Druckbeiwerte	nach EN 1991-1-4
Abminderung der Basisgeschwindigkeit aufgrund der Seehöhe	Ja
für die Berechnung der Gesamtwindkraft	
Innendruck berücksichtigen	Ja
Strukturbeiwert $c_s c_d$	1
Wände Reibungsbeiwert c_{fr}	0.01
Dach Reibungsbeiwert c_{fr}	0.01

$v_{b,0}$... Basiswindgeschwindigkeit
 $q_{b,0}$... Basisgeschwindigkeitsdruck
 s_k ... charakteristischer Wert der Schneelast auf dem Boden
 a_{gR} ... Referenzbodenbeschleunigung

Form

Gebäude		
b	2000	cm
d	2000	cm
h_G	3000	cm
Dachüberstand		
D_l	0	cm
D_r	0	cm
D_v	0	cm
D_h	0	cm
Öffnung	[%]	[m ²]
l	0,00	0,00
r	0,00	0,00
v	0,00	0,00
h	0,00	0,00



b ... Gebäudelänge
d ... Gebäudebreite
 h_G ... Gebäudehöhe
 h_p ... Attikahöhe
l ... links
r ... rechts
v ... vorne
h ... hinten
 D_x ... Dachüberstand

Projekt:
Abschnitt:
Bauherr:
Ort:

Datum: 12.11.2017

Ergebnis

Schneelasten

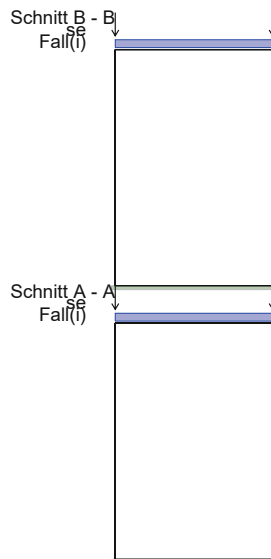
ÖNORM EN 1991-1-3 (Ausz. 2012-03-01), ÖNORM B 1991-1-3 (Ausz. 2013-09-01)

c_e	c_t	c_a	s_k [kN/m ²]
1	1	1	1,42

s_k wurde laut Formel B.1 ÖNORM B1991-1-3 berechnet

Formbeiwert		
μ_1	Dachfläche	0,80
Lastfall		
Fall(i) unverweht	Dachfläche	1,13 kN/m ²
Schneeüberhang	Traufe	0,57 kN/m

c_e ... Umgebungskoeffizient
 c_t ... Temperaturbeiwert
 c_a ... Flächenfaktor
 s_k ... charakteristischer Wert der Schneelast auf dem Boden
 s ... Schneelast auf dem Dach
 s_e ... Schneeüberhang



Projekt:
Abschnitt:
Bauherr:
Ort:

Datum: 12.11.2017

Windlasten

ÖNORM EN 1991-1-4 (Ausg. 2011-05-15), ÖNORM B 1991-1-4 (Ausg. 2013-05-01)

Grunddaten					
f_s	c_{dir}	c_{season}	$c_s c_d$	$v_{b,0}$ [m/s (km/h)]	$q_{b,0}$ [kN/m ²]
0,98	1	1	1,00	25,8 (92,88)	0,42

Normausgabe

als geschlossenes Gebäude: Anströmrichtung: 0°/180°

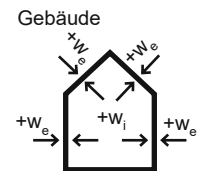
Bezugshöhe $z_e = 2000$ cm

$v_m = 28.627$ m/s; $q_m = 0,51$ kN/m²; $v_p = 40.631$ m/s; $q_p = 1,02$ kN/m²; $l_v = 0.16$

Bereich	e [cm]	Fläche [m ²]	$c_{pe,1}^*$	$w_{e,1}^*$ [kN/m ²]	$c_{pe,10}^*$	$w_{e,10}^*$ [kN/m ²]
A	2000	80,00	-1,417	-1,44	-1,133	-1,15
B	2000	320,00	-0,958	-0,98	-0,767	-0,78
D	2000	400,00	1,000	1,02	0,800	0,81
E	2000	400,00	-0,417	-0,42	-0,333	-0,34

*... für den Bereich $w_i =$ Innenflächen gilt $c_{p,i}$ bzw. w_i

$v_{b,0}$... Basiswindgeschwindigkeit
 f_s ... Abminderungsfaktor für den Basiswindgeschwindigkeitsdruck aufgrund der Seehöhe
 $q_{b,0}$... Basiswindgeschwindigkeitsdruck
 c_{dir} ... Richtungsfaktor
 $c_s c_d$... Strukturbeiwert
 c_{season} ... Jahreszeitenbeiwert
 w ... Windlast
 z_e ... Bezugshöhe
 l_v ... Turbulenzintensität
 v_m ... mittlere Windgeschwindigkeit
 q_m ... mittlerer Windgeschwindigkeitsdruck
 c_p ... Druckbeiwert
 v_p ... Spitzenwindgeschwindigkeit
 q_p ... Spitzenwindgeschwindigkeitsdruck
 Θ ... Anströmrichtung



Projekt:
Abschnitt:
Bauherr:
Ort:

Datum: 12.11.2017

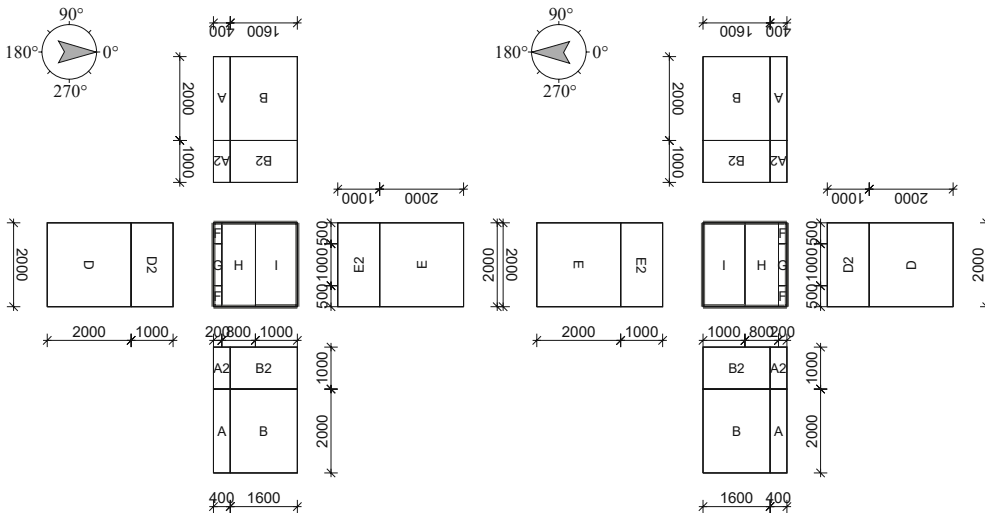
Bezugshöhe $z_e = 3000$ cm
 $v_m = 30.422$ m/s; $q_m = 0,57$ kN/m²; $v_p = 42.656$ m/s; $q_p = 1,12$ kN/m²; $l_v = 0.15$

Bereich	e [cm]	Fläche [m ²]	$c_{pe,1}^*$	$w_{e,1}^*$ [kN/m ²]	$c_{pe,10}^*$	$w_{e,10}^*$ [kN/m ²]
A2	2000	40,00	-1,417	-1,59	-1,133	-1,27
B2	2000	160,00	-0,958	-1,07	-0,767	-0,86
D2	2000	200,00	1,000	1,12	0,800	0,90
E2	2000	200,00	-0,417	-0,47	-0,333	-0,37
F	2000	10,00	-2,500	-2,80	-1,800	-2,02
G	2000	20,00	-2,000	-2,24	-1,200	-1,35
H	2000	160,00	-1,200	-1,35	-0,700	-0,79
I	2000	200,00	-0,200	-0,22	-0,200	-0,22
wi		2800,00	0,200	0,22	0,200	0,22
			-0,300	-0,34	-0,300	-0,34

*... für den Bereich wi = Innenflächen gilt $c_{p,i}$ bzw. wi

Anströmrichtung: 0°

Anströmrichtung: 180°



als geschlossenes Gebäude: Anströmrichtung: 90°/270°

Bezugshöhe $z_e = 2000$ cm
 $v_m = 28.627$ m/s; $q_m = 0,51$ kN/m²; $v_p = 40.631$ m/s; $q_p = 1,02$ kN/m²; $l_v = 0.16$

Bereich	e [cm]	Fläche [m ²]	$c_{pe,1}^*$	$w_{e,1}^*$ [kN/m ²]	$c_{pe,10}^*$	$w_{e,10}^*$ [kN/m ²]
A	2000	80,00	-1,417	-1,44	-1,133	-1,15
B	2000	320,00	-0,958	-0,98	-0,767	-0,78
D	2000	400,00	1,000	1,02	0,800	0,81
E	2000	400,00	-0,417	-0,42	-0,333	-0,34

*... für den Bereich wi = Innenflächen gilt $c_{p,i}$ bzw. wi

Projekt:
Abschnitt:
Bauherr:
Ort:

Datum: 12.11.2017

Bezugshöhe $z_e = 3000$ cm

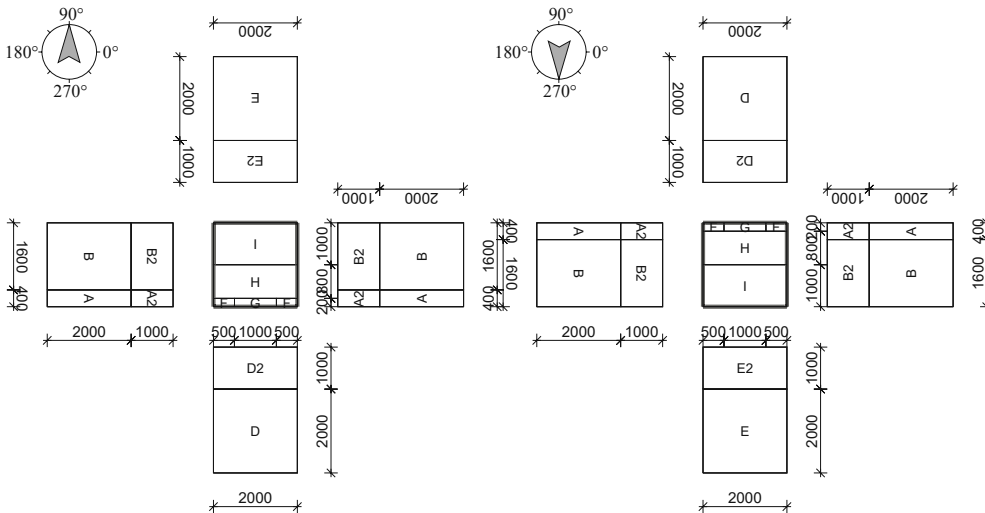
$v_m = 30.422$ m/s; $q_m = 0,57$ kN/m²; $v_p = 42.656$ m/s; $q_p = 1,12$ kN/m²; $l_v = 0.15$

Bereich	e [cm]	Fläche [m ²]	$c_{pe,1}^*$	$w_{e,1}^*$ [kN/m ²]	$c_{pe,10}^*$	$w_{e,10}^*$ [kN/m ²]
A2	2000	40,00	-1,417	-1,59	-1,133	-1,27
B2	2000	160,00	-0,958	-1,07	-0,767	-0,86
D2	2000	200,00	1,000	1,12	0,800	0,90
E2	2000	200,00	-0,417	-0,47	-0,333	-0,37
F	2000	10,00	-2,500	-2,80	-1,800	-2,02
G	2000	20,00	-2,000	-2,24	-1,200	-1,35
H	2000	160,00	-1,200	-1,35	-0,700	-0,79
I	2000	200,00	-0,200	-0,22	-0,200	-0,22
w_i		2800,00	0,200	0,22	0,200	0,22
			-0,300	-0,34	-0,300	-0,34

*... für den Bereich w_i = Innenflächen gilt $c_{p,i}$ bzw. w_i

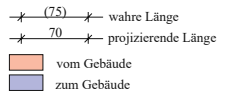
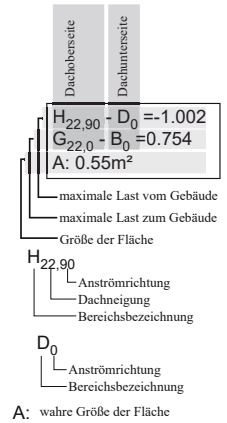
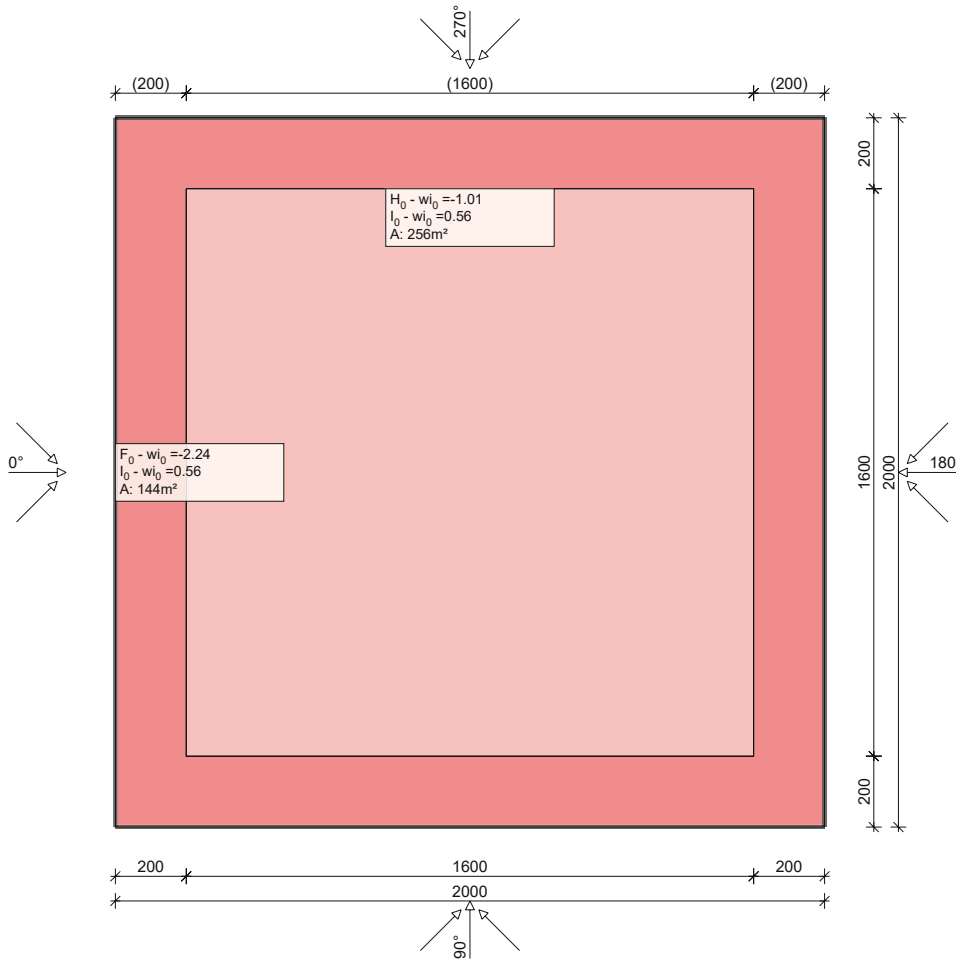
Anströmrichtung: 90°

Anströmrichtung: 270°

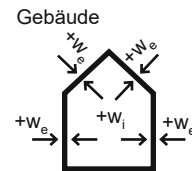


Wind Dach

als geschlossenes Gebäude mit globalen Windlasten ($c_{pe} 10$). Lasten der Dachoberseite und Dachunterseite überlagert; Für die Anströmrichtungen von 0° , 90° , 180° , 270° ; Angaben in kN/m^2 ;



- α ... Dachneigung
- w ... Windlast
- z_e ... Bezugshöhe
- l_v ... Turbulenzintensität
- v_m ... mittlere Windgeschwindigkeit
- q_m ... mittlerer Geschwindigkeitsdruck
- c_p ... Druckbeiwert
- v_p ... Spitzenwindgeschwindigkeit
- q_p ... Spitzengeschwindigkeitsdruck
- Θ ... Anströmrichtung



Bereich	Θ [°]	e [cm]	Lastfall	c_p		w [kN/m ²]	
				global(>10m ²)	global(>10m ²)	global(>10m ²)	global(>10m ²)
$z_e = 3000 \text{ cm}$; $v_m = 30.422 \text{ m/s}$; $q_m = 0.57 \text{ kN/m}^2$; $v_p = 42.656 \text{ m/s}$; $q_p = 1.12 \text{ kN/m}^2$; $l_v = 0.15$							
wi	alle		1	0,200	0,22		
wi	alle		2	-0,300	-0,34		
F	$0^\circ/180^\circ$	2000	1	-1,800	-2,02		
H	$0^\circ/180^\circ$	2000	1	-0,700	-0,79		
I	$0^\circ/180^\circ$	2000	2	0,200	0,22		

Berechnung - Schnittgrößen

Systemkenngrößen

1082 Knoten	
1346 Elemente	0 Stabelemente
10 Festhaltungen	0 Plattenelemente
0 Koppelungen	0 Scheibenelemente
2 Materialkennwerte	1346 Schalenelemente
2 Querschnittswerte	0 Seilelemente
5 Lastfälle	0 Volumenelemente
4 LF-Kombinationen	0 Federelemente
0 Spannstränge	

Berechnungsort der Flächenelemente: Knoten
2 Ergebnisorte in den Stäben

Gedrehte Koordinatensysteme

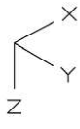
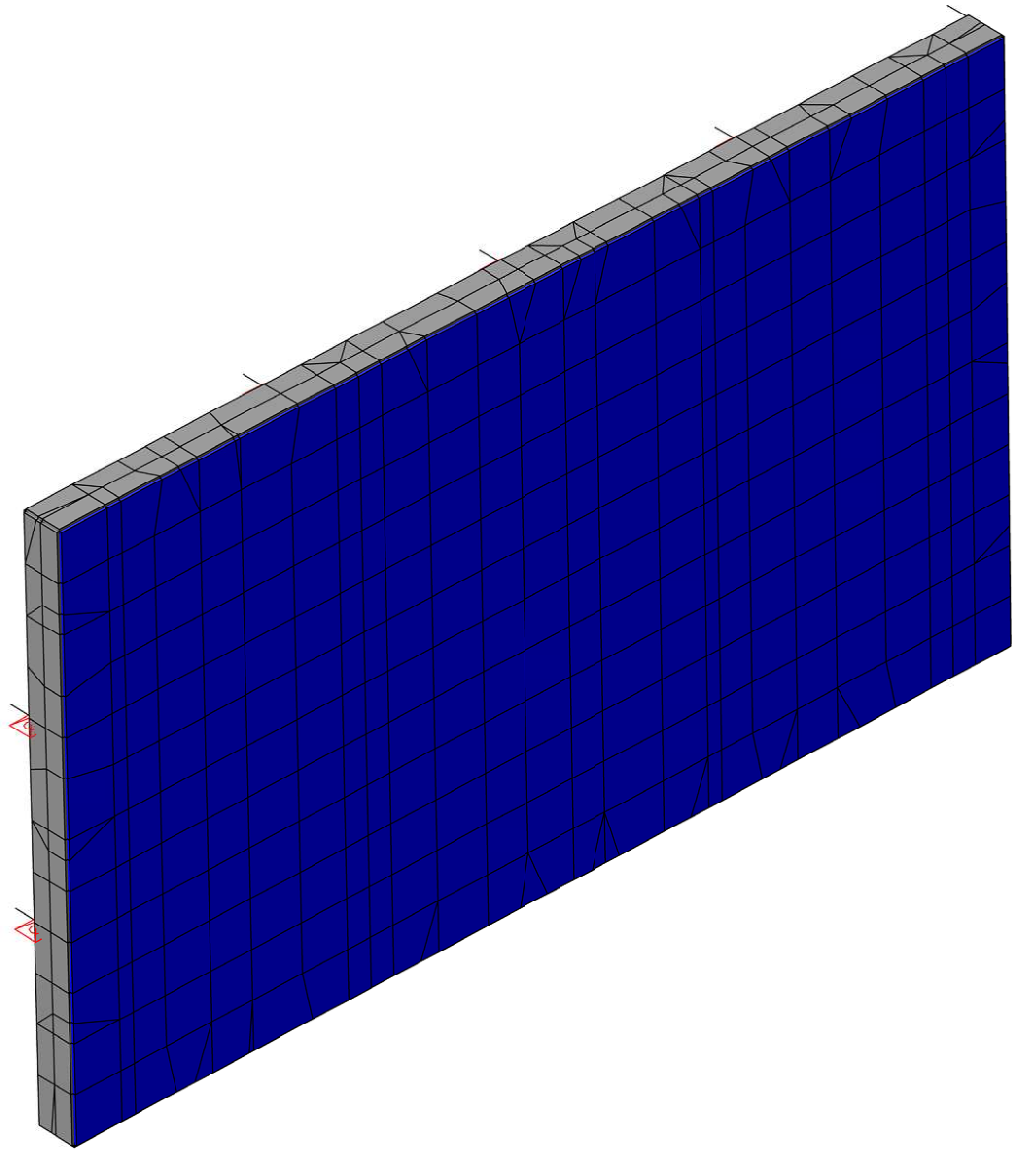
1163 Elementsysteme
0 Schnittkraftsysteme
0 Bewehrungssysteme

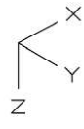
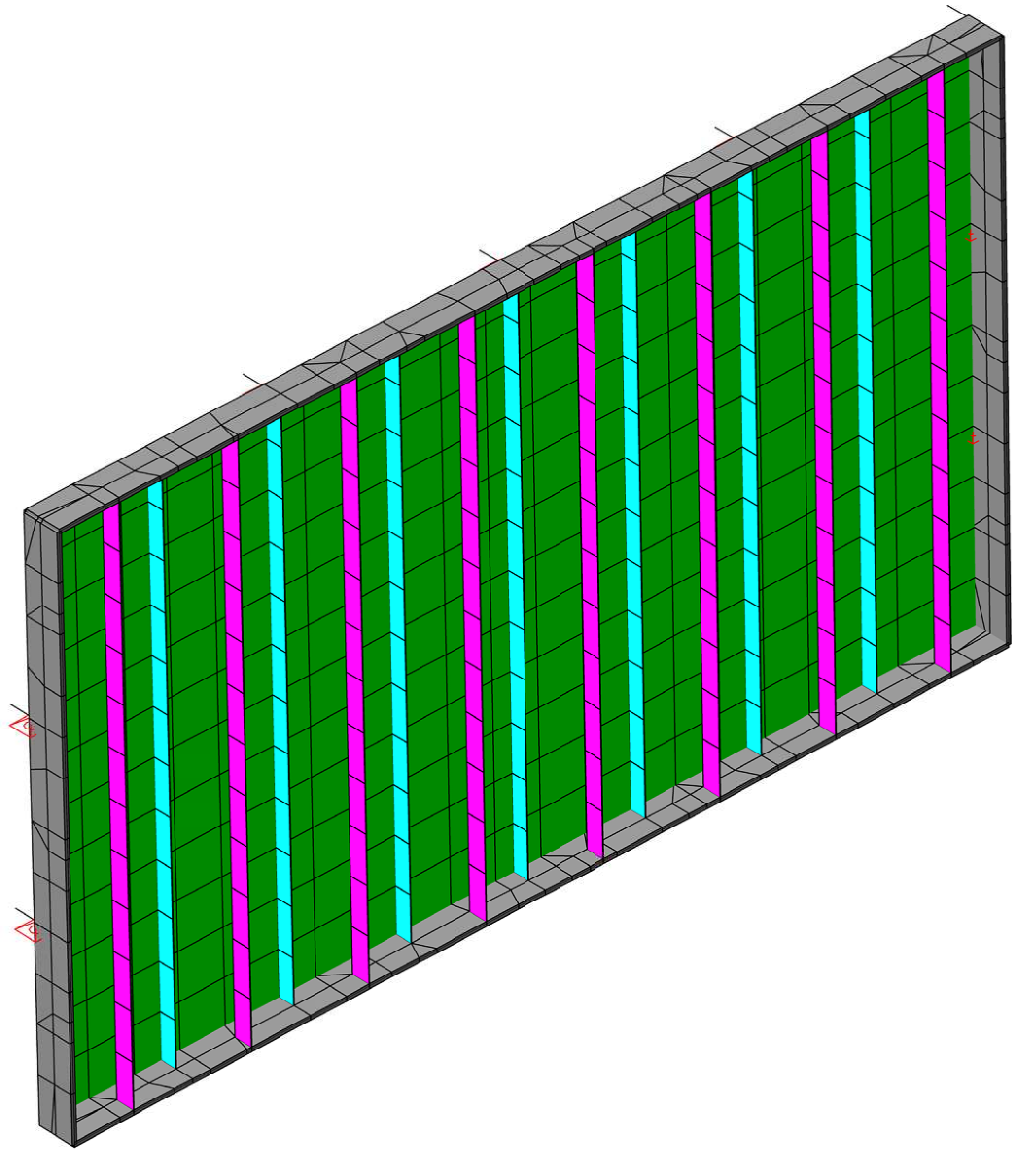
Querschnittswerte

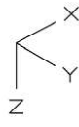
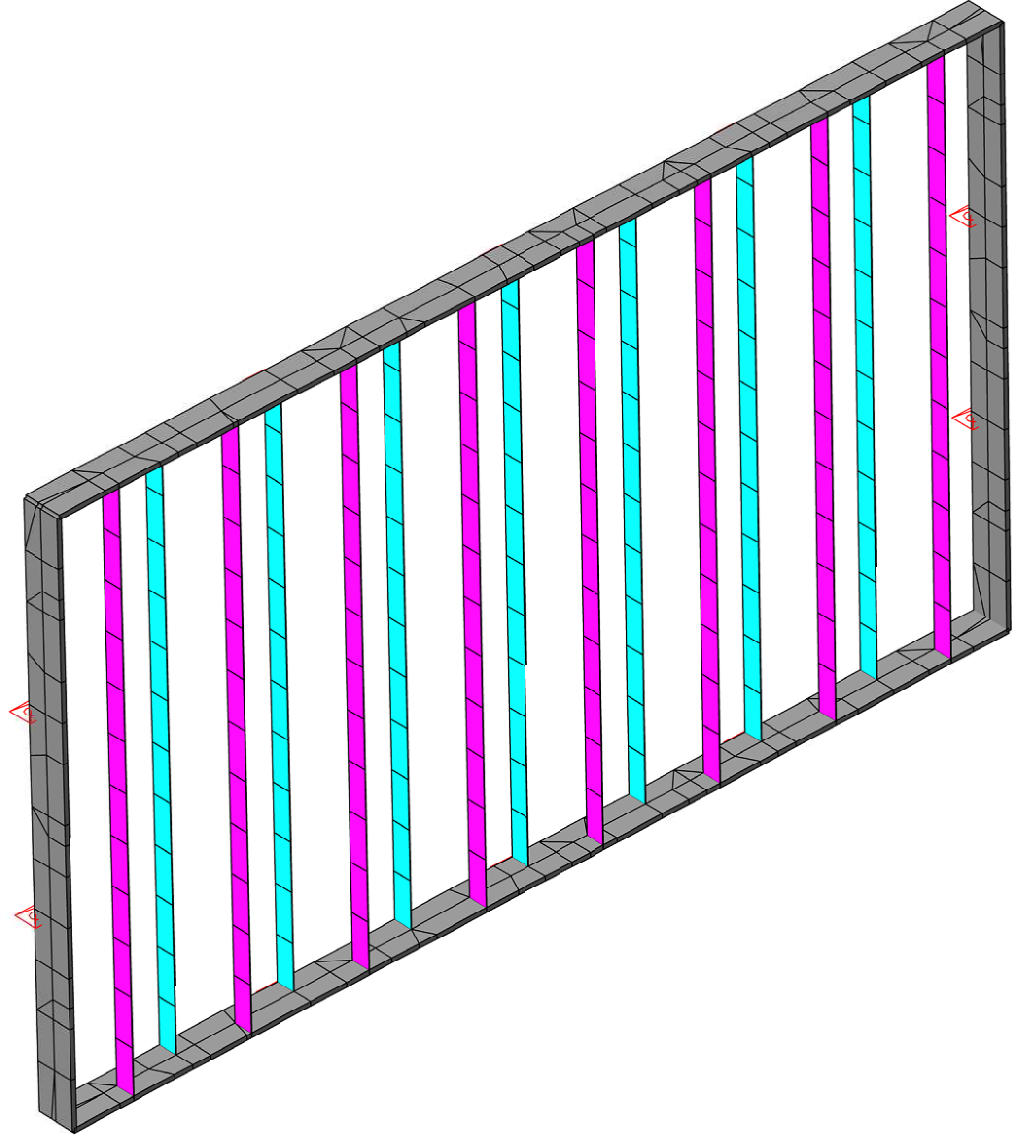
1	Fläche	Cetris 2,4cm Elementdicke [m] dz = 0,0240 Orthotropie dzy/dz = 1 E-Modul Platte/Scheibe = 1	drillsteif
3	Fläche	Stahlblech 3mm Elementdicke [m] dz = 0,0030 Orthotropie dzy/dz = 1 E-Modul Platte/Scheibe = 1	drillsteif

Materialkennwerte

Nr.	Art	E-Modul [MN/m ²]	G-Modul [MN/m ²]	Quer- dehnz.	alpha.t [1/K]	gamma [kN/m ³]	Verschiedenes
1	1 Frei	4500	1875	0,20	1,00e-05	10,000	fc = 0,5 [MN/m ²] ft = 0,5 Raghava Fließbeding.
2	3 S235-EN	210000	81000	0,30	1,20e-05	78,500	







EN 1995-1-1 Einwirkungen**Standard Bemessungsgruppe****G - Eigenlast**

Gamma.sup / gamma.inf = 1,35 / 1

Lasteinwirkungsdauer: Ständig

Lastfälle

1 Eigenlast

QN - Nutzlast, Verkehrslast

Gamma.sup / gamma.inf = 1,5 / 0

Lasteinwirkungsdauer: Mittel

Kombinationsbeiwerte psi für: Hochbauten

Nutzlasten - Kategorie A: Wohngebäude

Psi.0 / Psi.1 / Psi.2 = 0,7 / 0,5 / 0,3

Lastfälle 1. Variante, inklusiv

Nutzlast

QW - Windlast

Gamma.sup / gamma.inf = 1,5 / 0

Lasteinwirkungsdauer: Kurz

Kombinationsbeiwerte psi für: Hochbauten

Windlasten

Psi.0 / Psi.1 / Psi.2 = 0,6 / 0,2 / 0

Lastfälle 1. Variante, exklusiv

Windlast Druck

Windlast Sog

1. Ständige und vorübergehende Situation

Nennzustand

Eigenlast

Nutzlast, Verkehrslast

Windlast

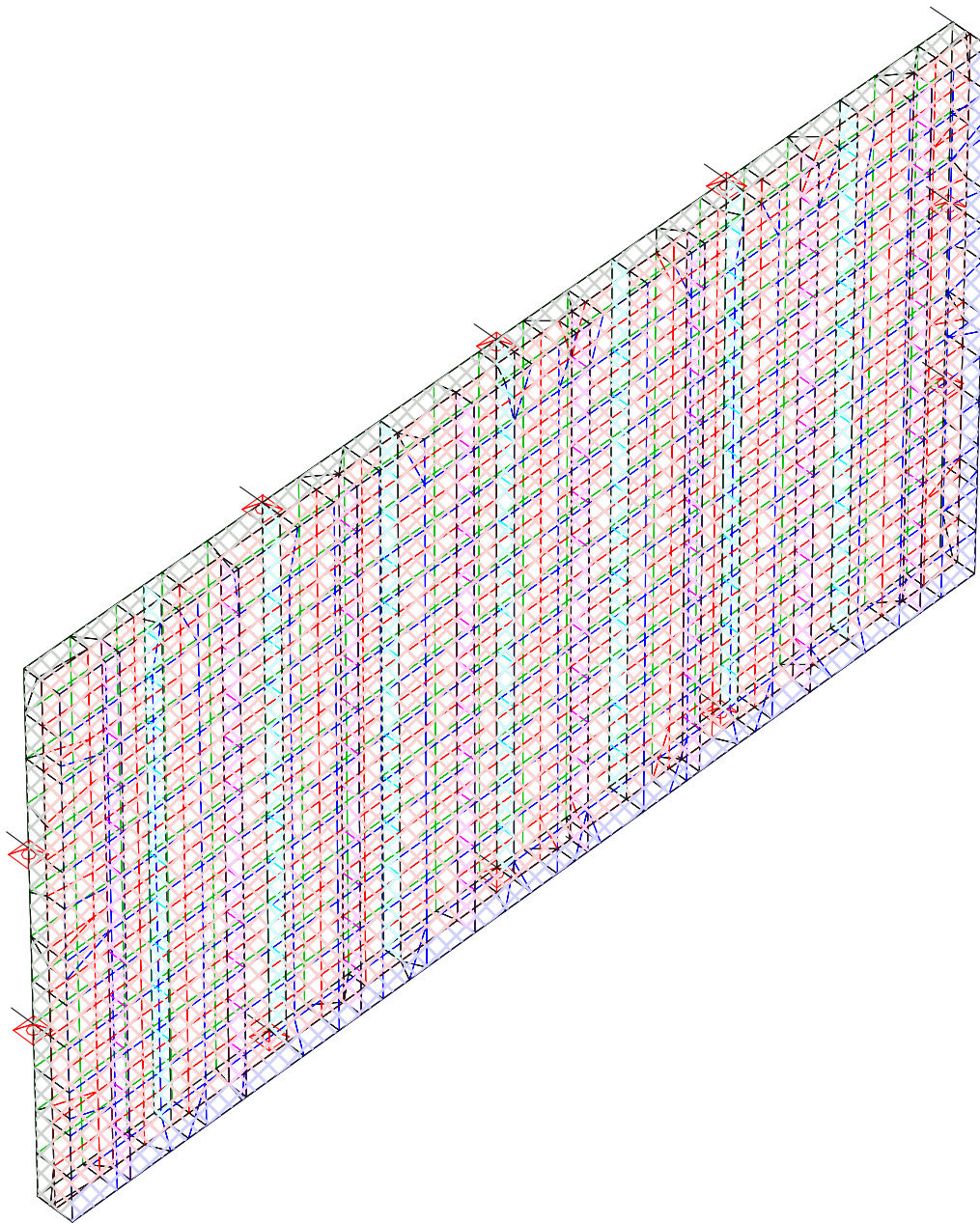
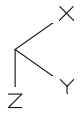
2. Seltene (charakteristische) Situation

Nennzustand

Eigenlast

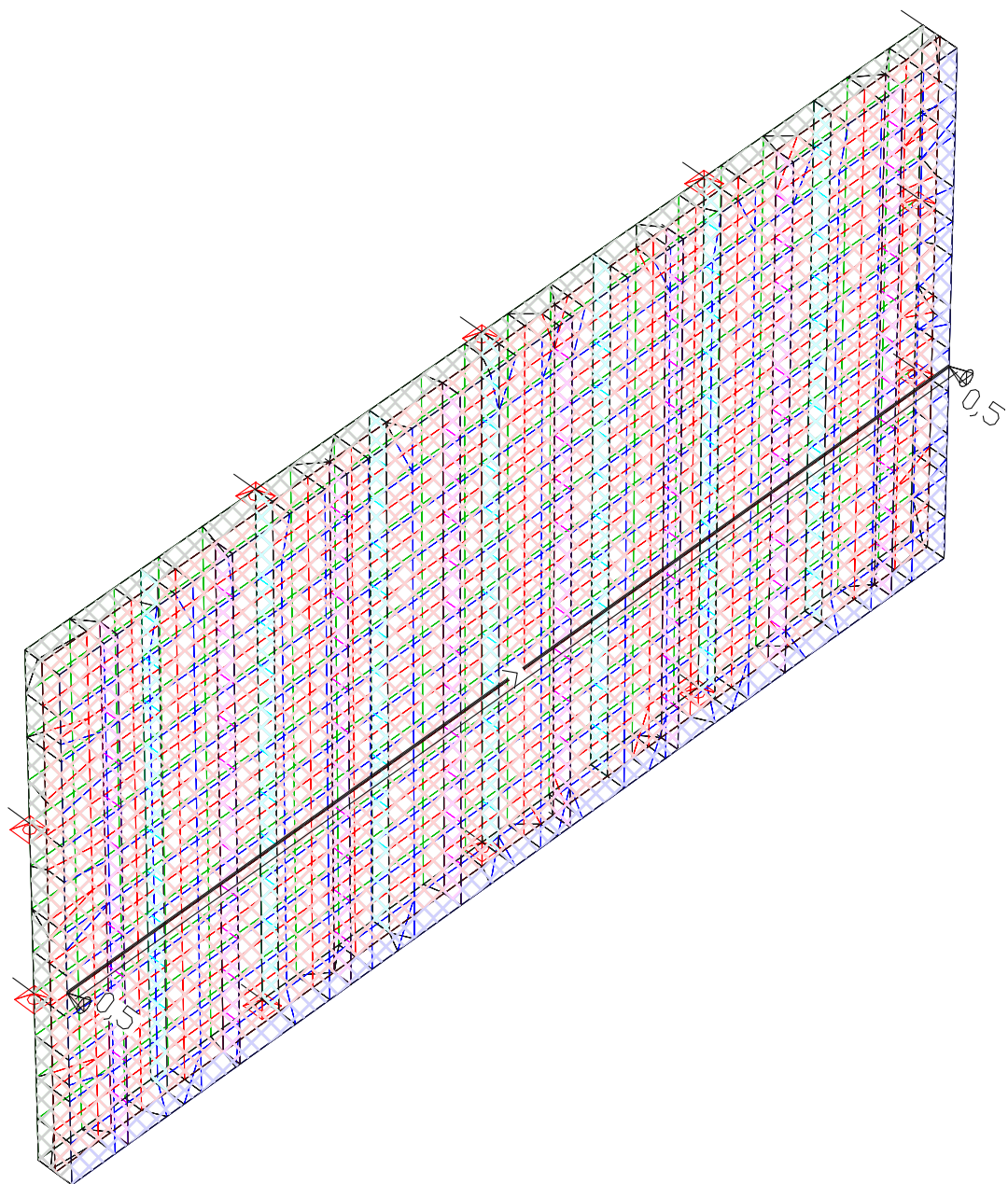
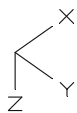
Nutzlast, Verkehrslast

Windlast



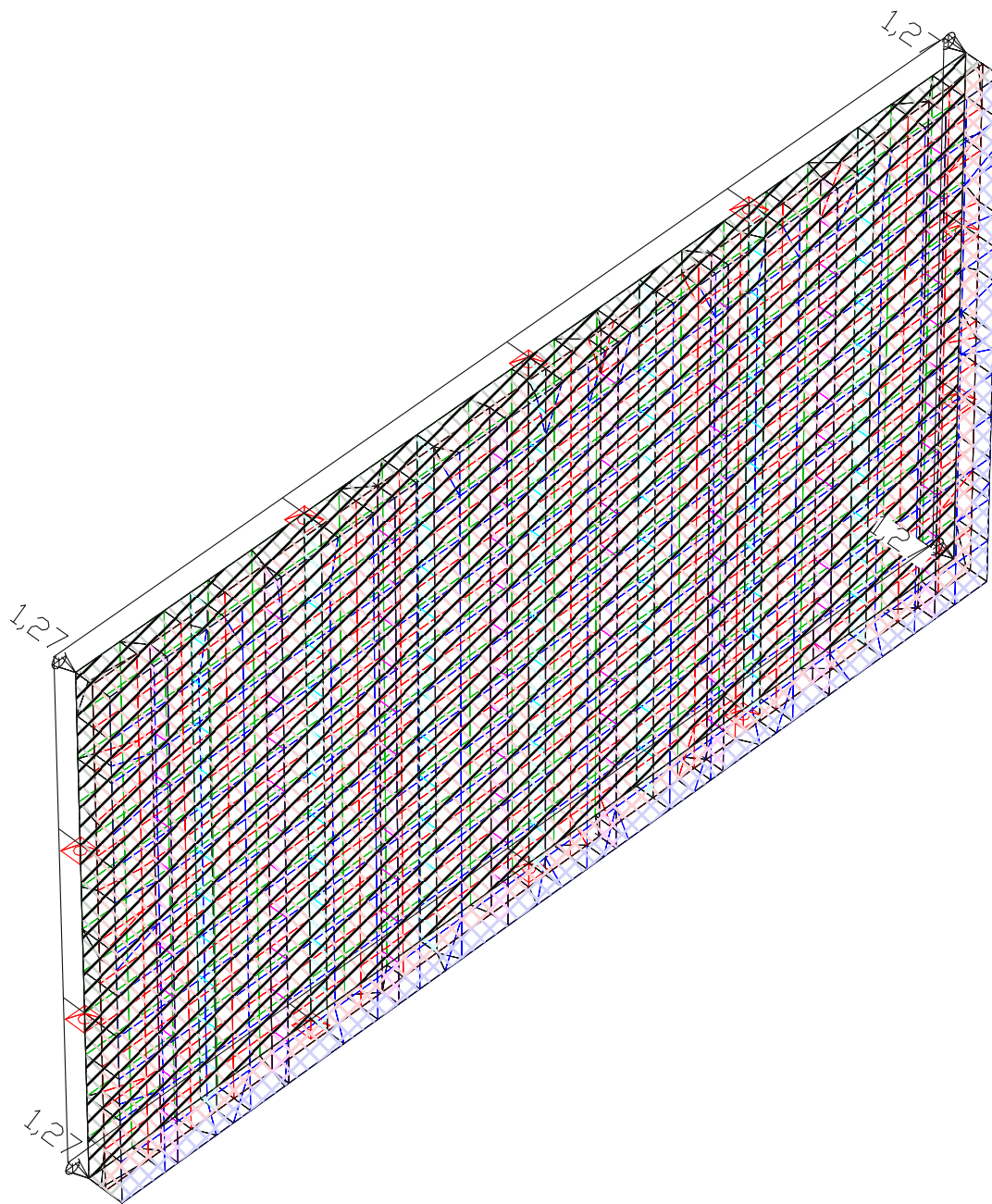
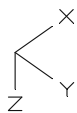
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.





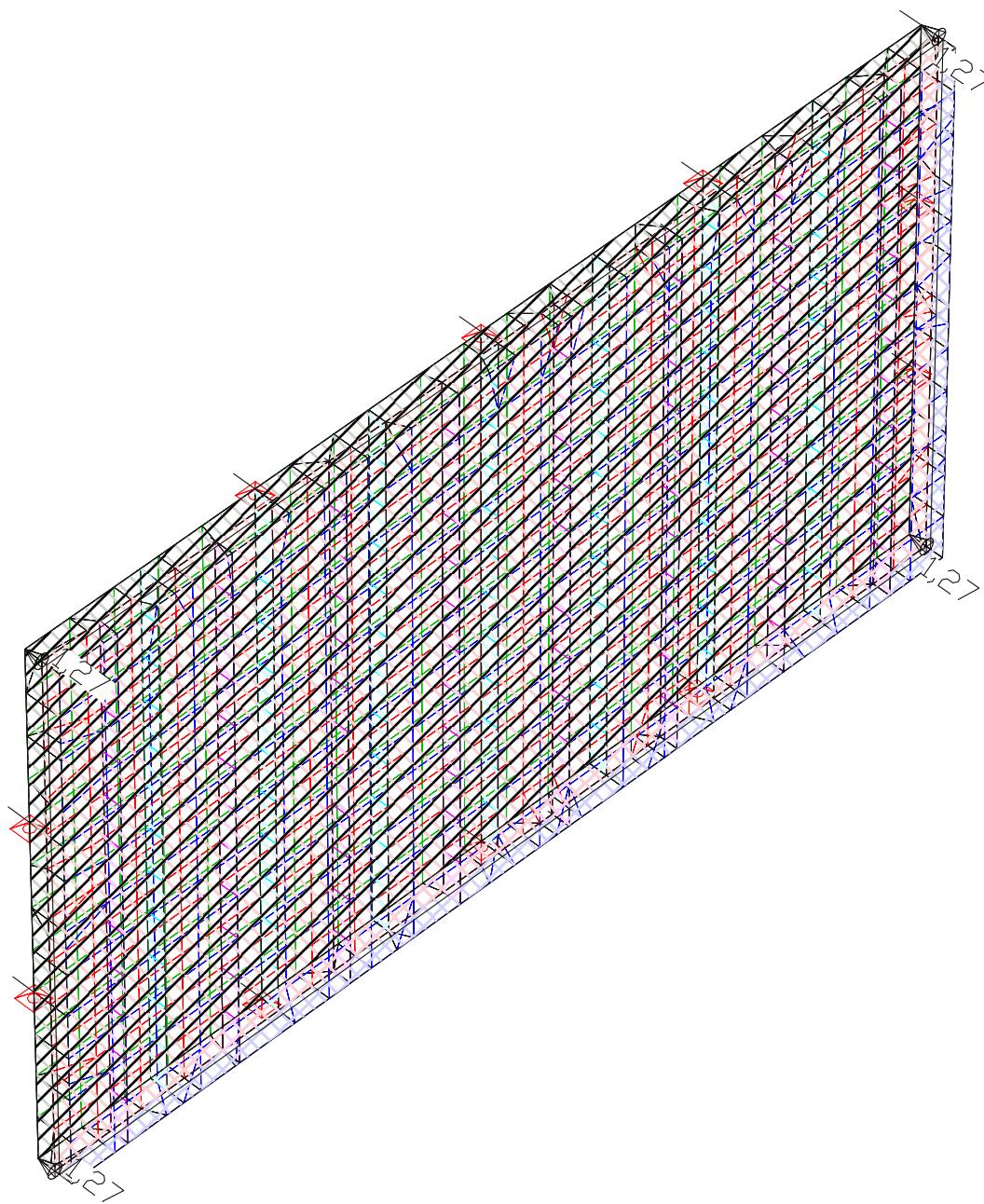
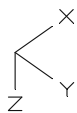
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.





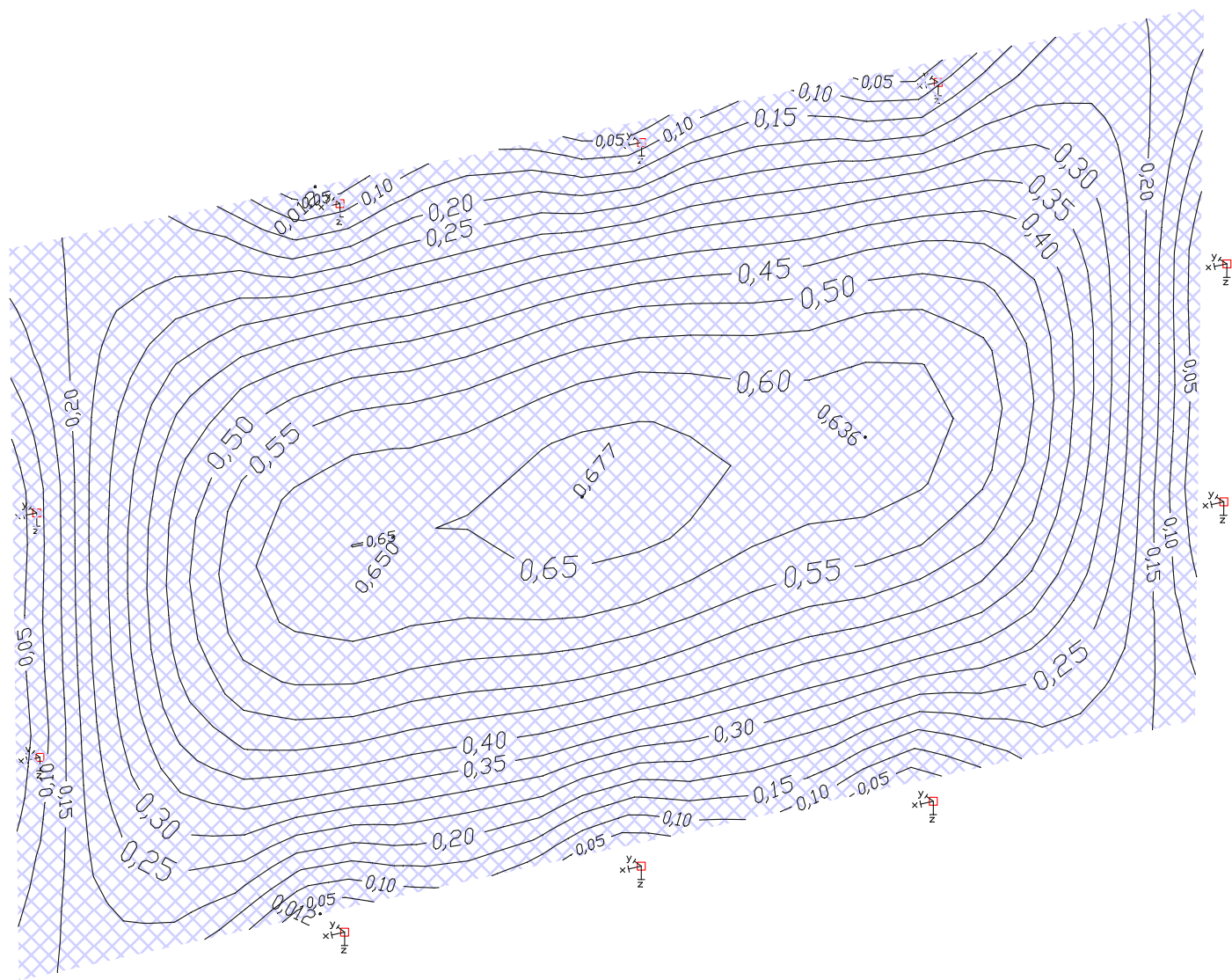
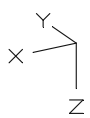
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



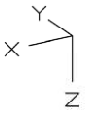
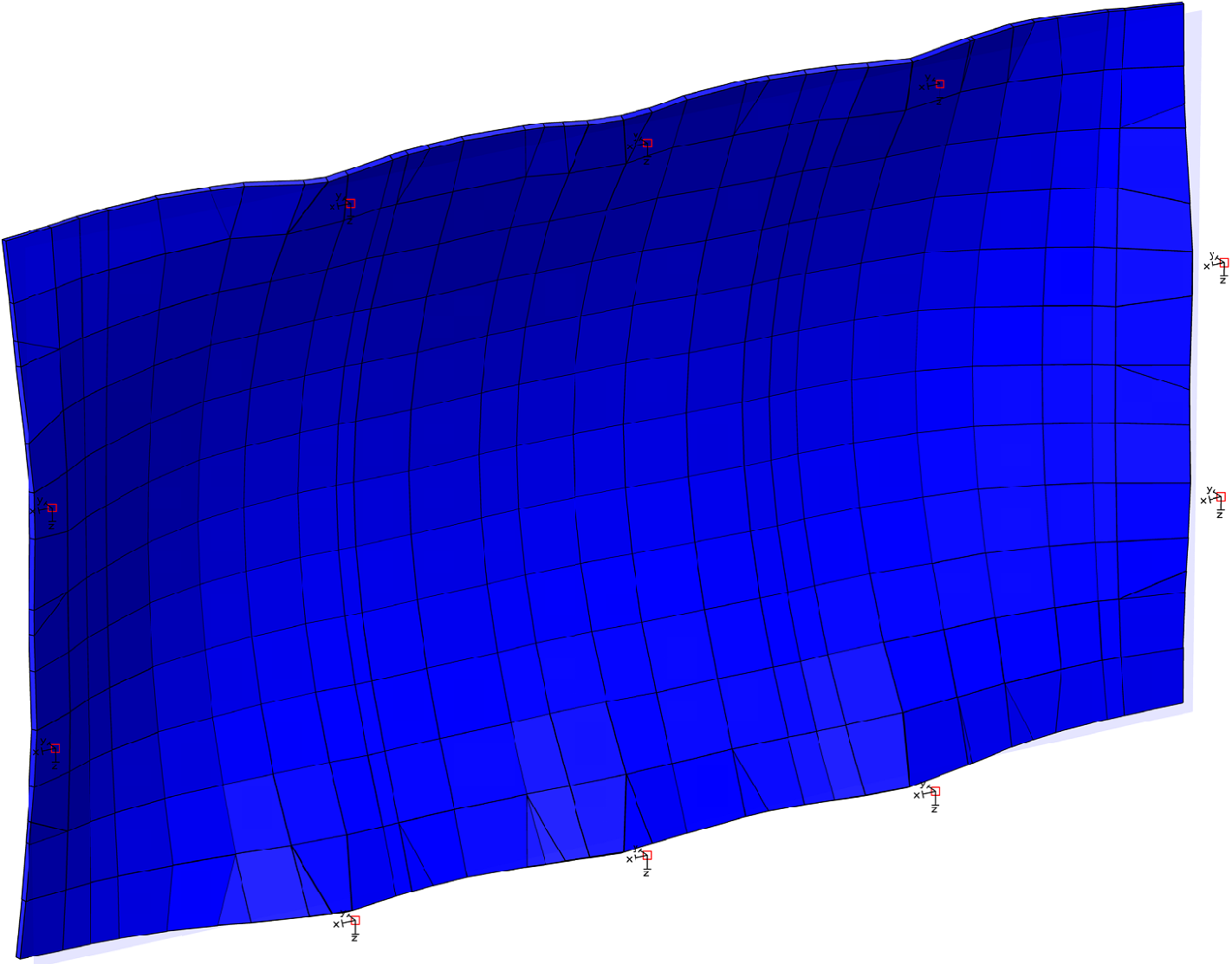


Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

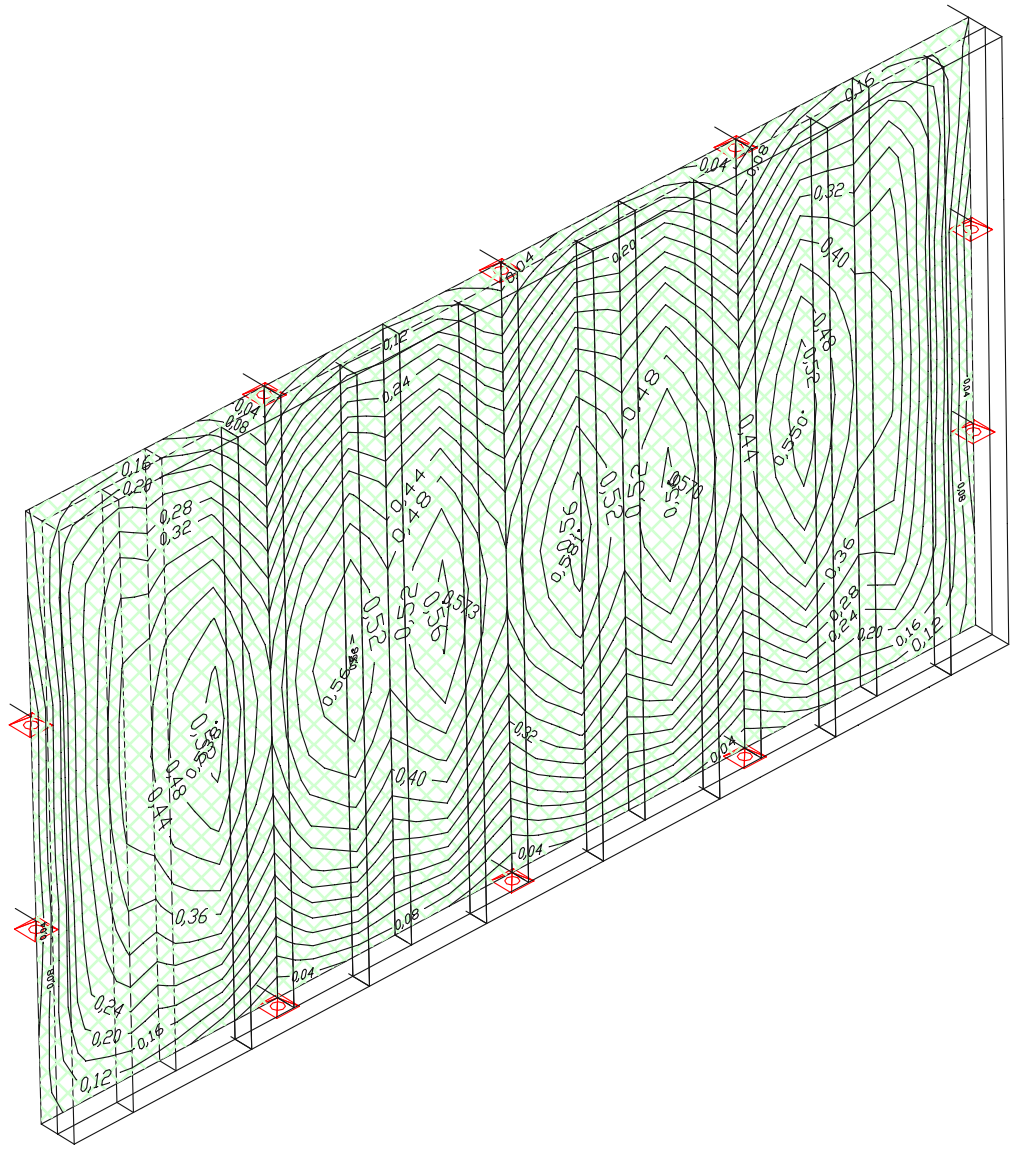
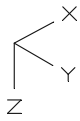




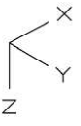
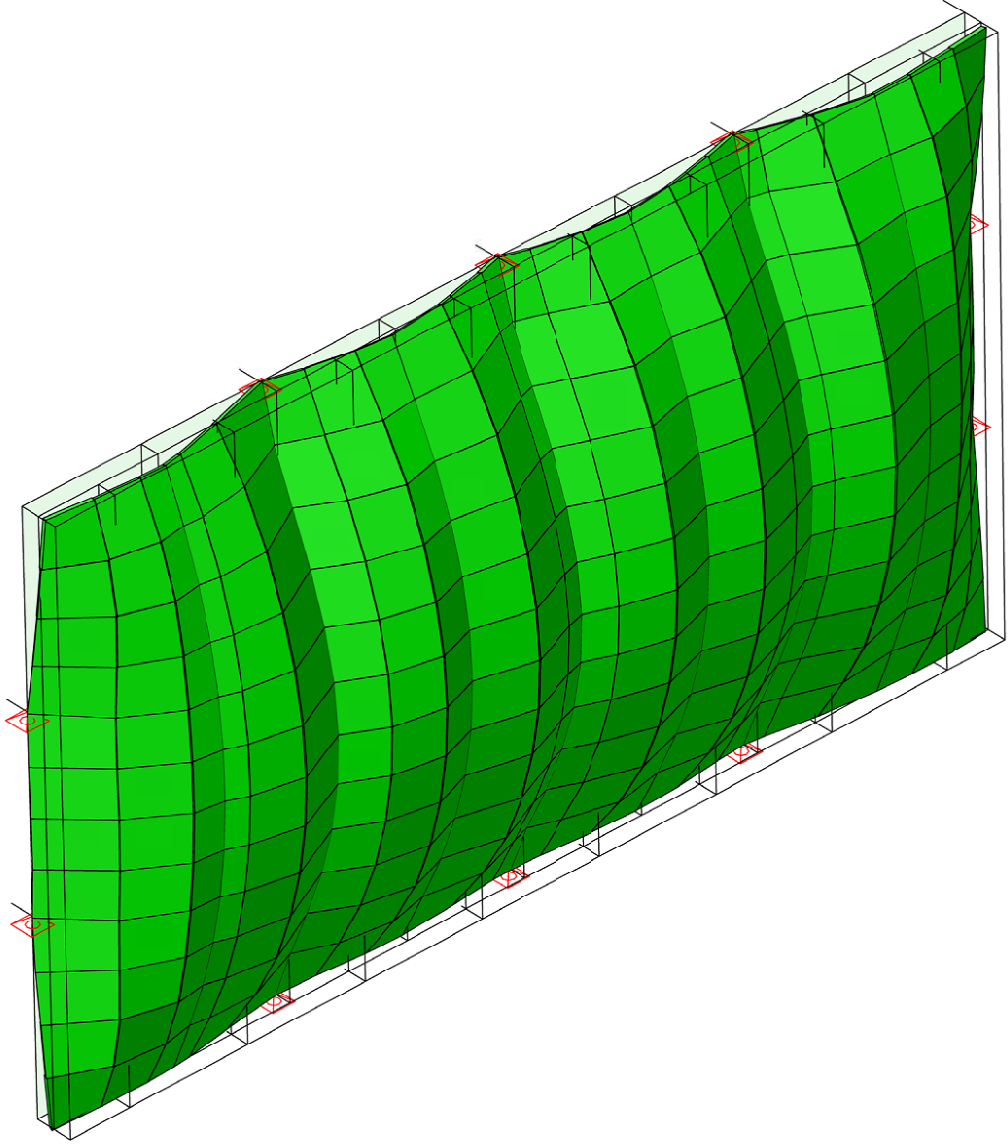
LFK EN1993.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, EN 1993-1-1
Deformationen max uy [mm]
Wertebereich nach Mittelung (Teilsystem, min/max): 0,01/0,68 [mm]
Lokale Festhaltungssysteme



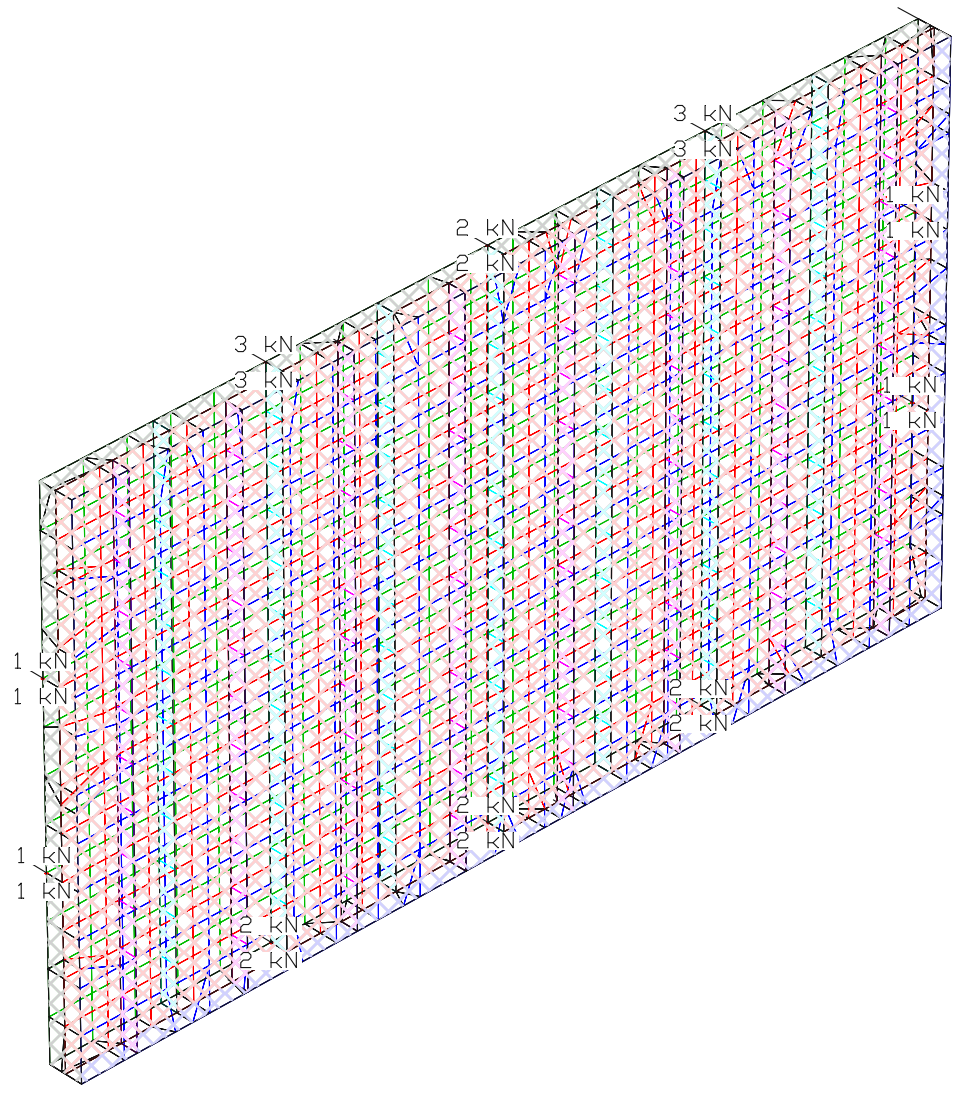
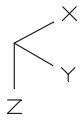
LFK EN1993.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, EN 1993-1-1
Deformationen u (max uy) [mm], Faktor = 887,0
Wertebereich (Teilsystem, min/max): 0,00/0,68 [mm]
Lokale Festhaltungssysteme



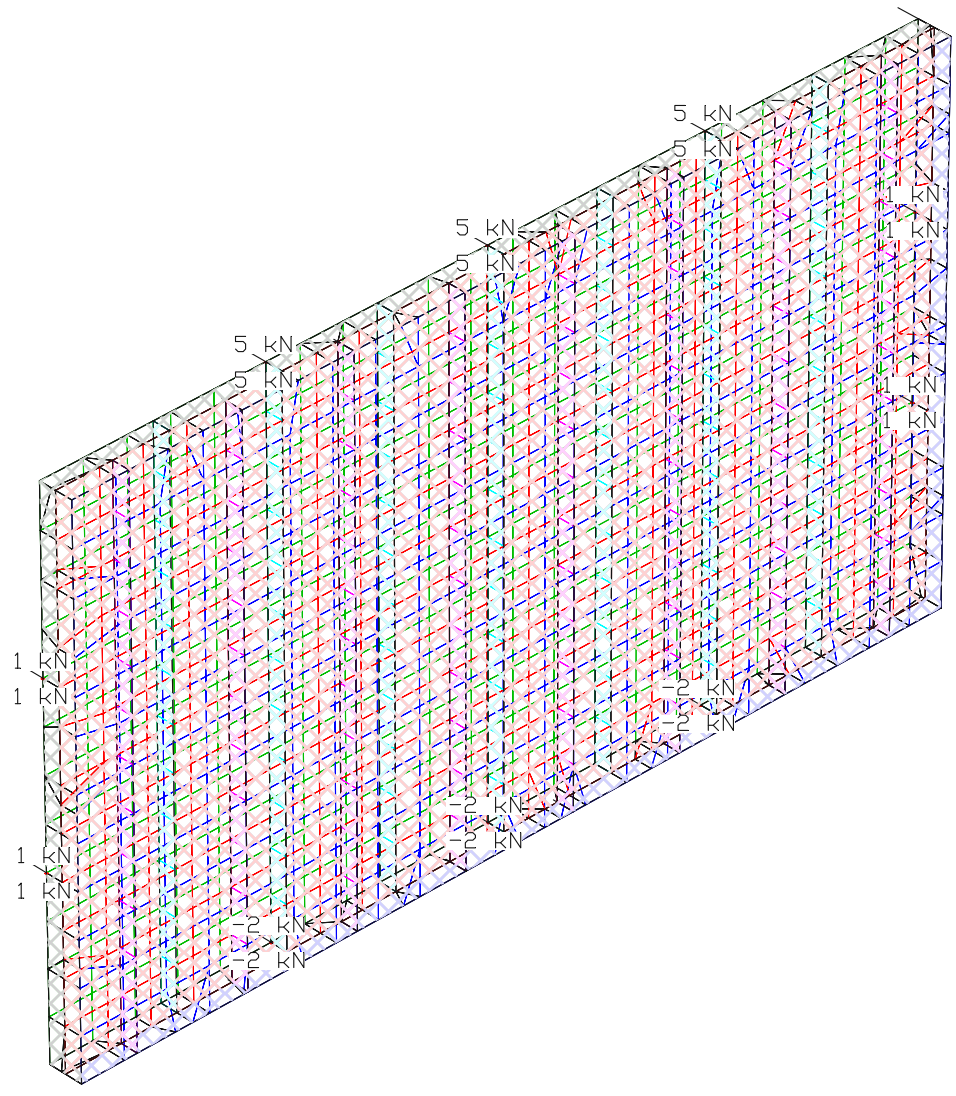
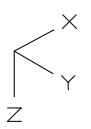
LFK 1: charakteristische Situation
Deformationen max uy [mm]
Wertebereich nach Mittelung (Teilsystem, min/max): 0,00/0,58 [mm]



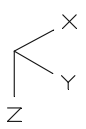
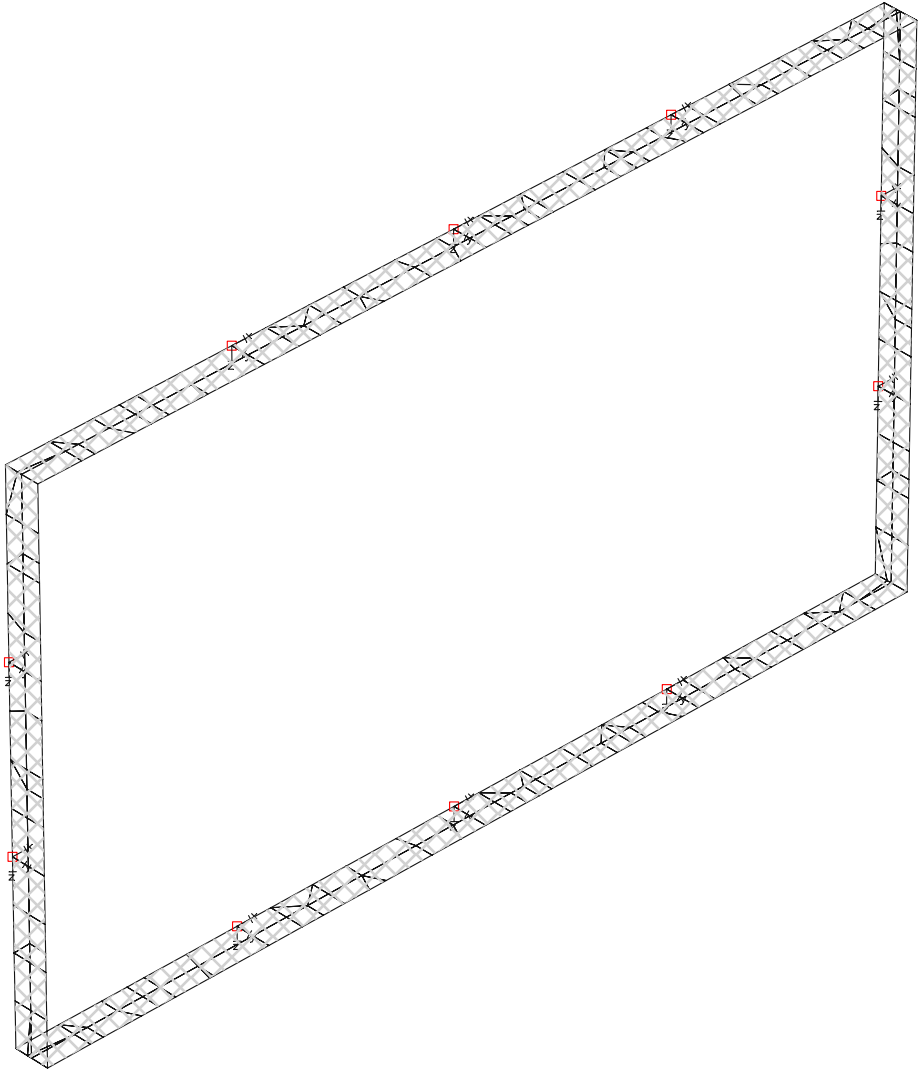
LFK 1: charakteristische Situation
Deformationen u (max uy) [mm], Faktor = 1033,2
Wertebereich (Teilsystem, min/max): 0,00/0,58 [mm]



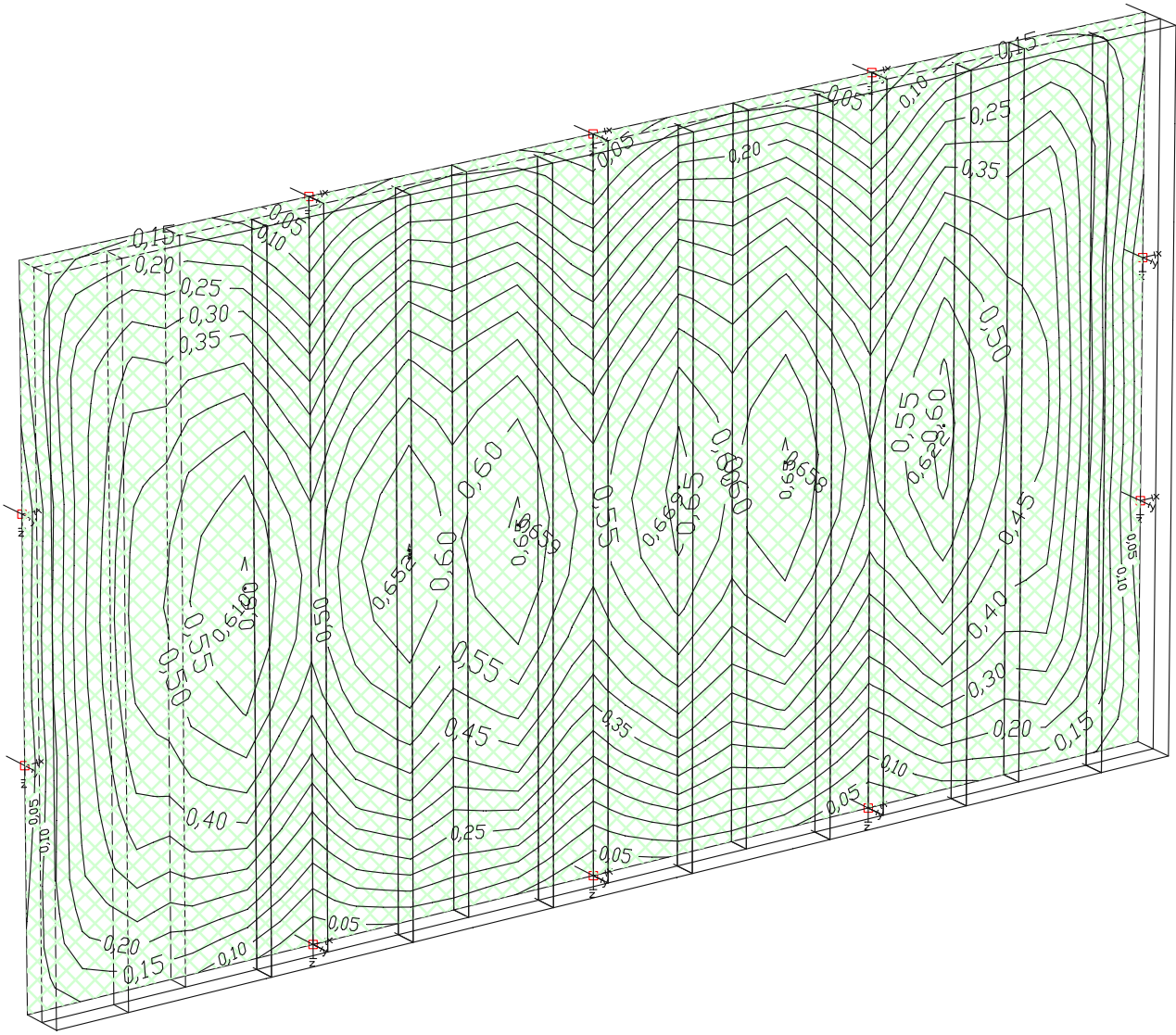
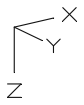
LFK 1: charakteristische Situation
Auflagerreaktionen im System der Lagerlinien min,max Ry(l) [kN/m]

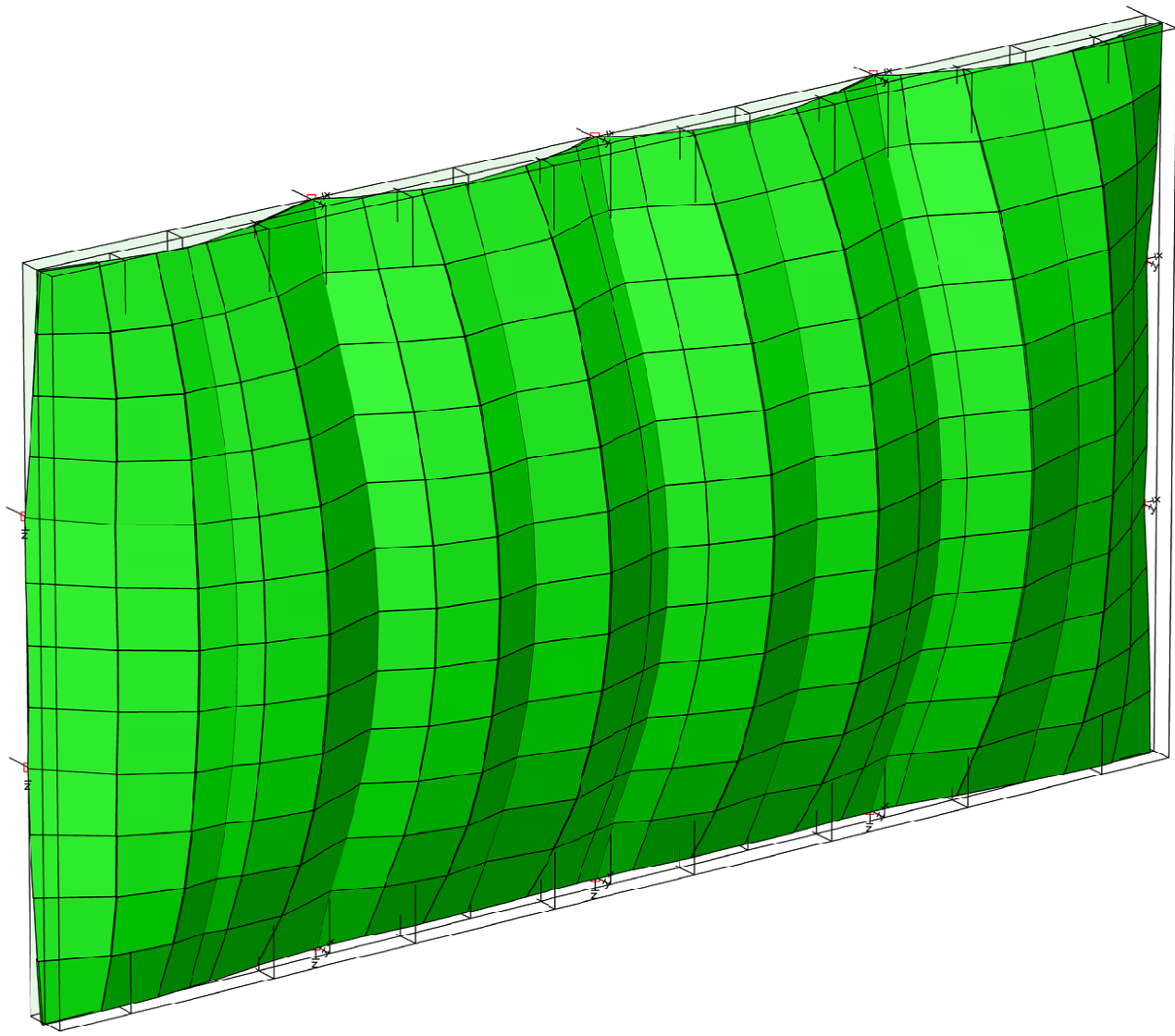


LFK 1: charakteristische Situation
Auflagerreaktionen im System der Lagerlinien min,max Rz(l) [kN/m]

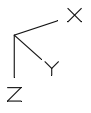
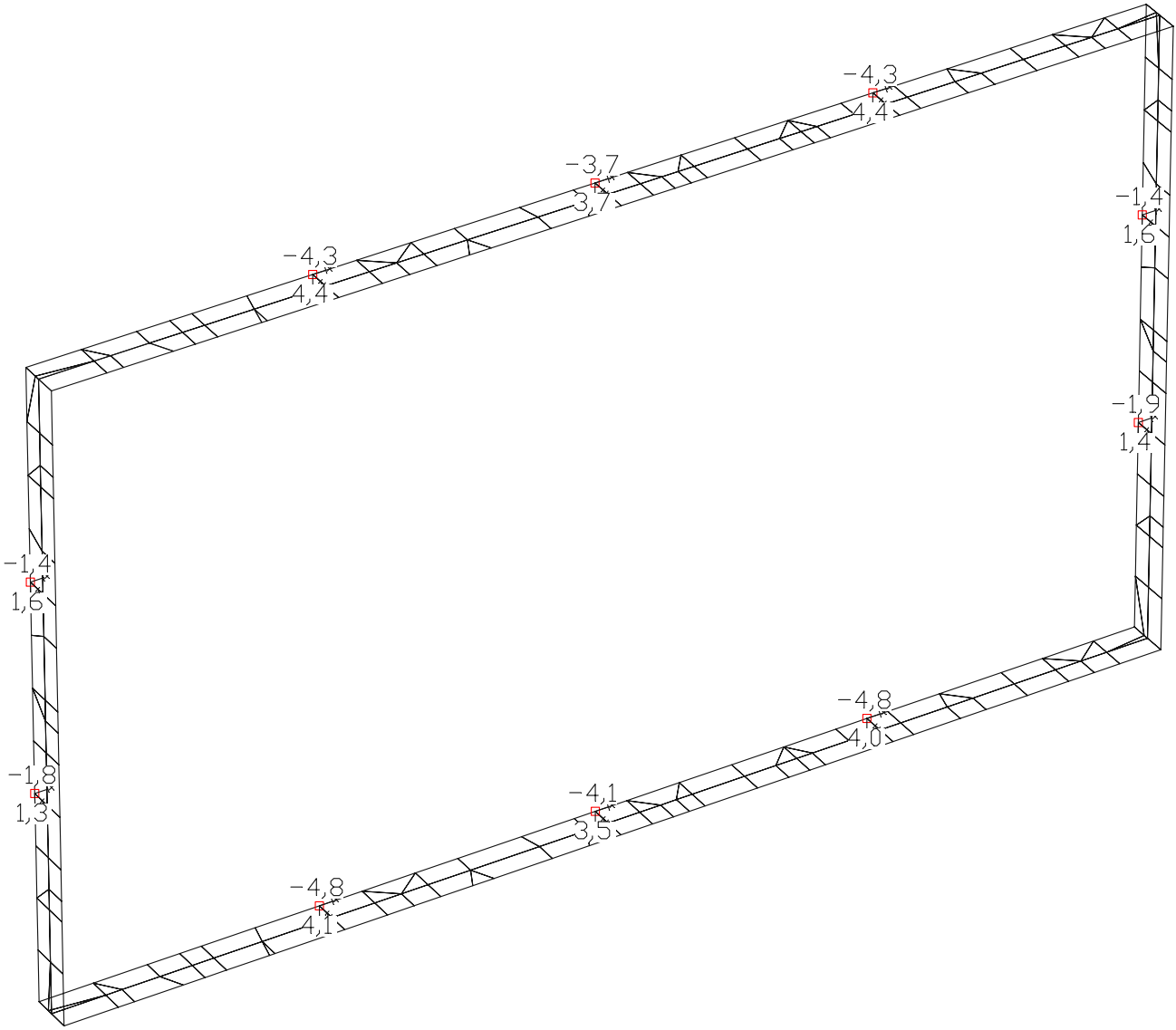


LFK 2: Eigen + Wind char
 Deformationen max uy [mm]
 Wertebereich nach Mittelung (Teilsystem, min/max): 0,00/0,67 [mm]
 Lokale Festhaltungssysteme





LFK 2: Eigen + Wind char
Deformationen u (max uy) [mm], Faktor = 897,3
Wertebereich (Teilsystem, min/max): 0,00/0,67 [mm]
Lokale Festhaltungssysteme



LFK EN1993.SV.1: 1. Ständige und vorübergehende Situation, EN 1993-1-1
 Auflagerreaktionen im Lokalsystem min,max $R_y(l)$ [kN]
 Lokale Festhaltungssysteme

Berechnung - Verankerung Befestigungswinkel

Bemerkung: HUS3-H 8mm

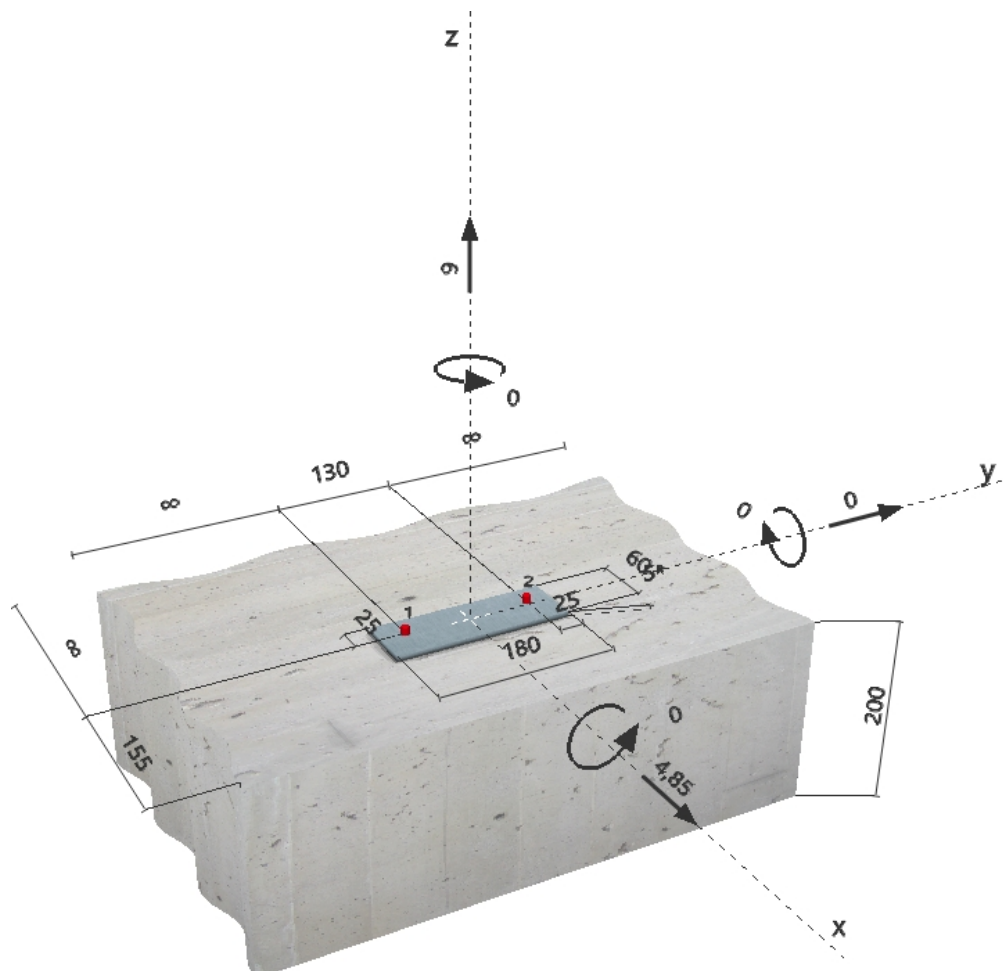
1 Eingabedaten



Dübeltyp und Größe:	HUS3-H 8 h_{nom}2
Return period (service life in years):	50
Effektive Verankerungstiefe:	$h_{ef} = 46 \text{ mm}$, $h_{nom} = 60 \text{ mm}$
Werkstoff:	1.5525
Zulassungs-Nr.:	ETA-13/1038
Ausgestellt Gültig:	22.07.2019 -
Nachweis:	Bemessungsverfahren EN 1992-4, Mechanisch
Abstandsmontage:	$e_b = 0 \text{ mm}$ (Kein Abstand); $t = 5 \text{ mm}$
Ankerplatte:	$l_x \times l_y \times t = 60 \text{ mm} \times 180 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$; (Empfohlene Plattendicke: nicht berechnet)
Profil:	kein Profil
Untergrund:	gerissener Beton, C25/30, $f_{c,cyl} = 25,00 \text{ N/mm}^2$; $h = 200 \text{ mm}$
Installation:	Bohrloch: hammergebohrt, Installationsbed.: trocken
Bewehrung:	Keine Bewehrung oder Stababstand $\geq 150 \text{ mm}$ (jeder \emptyset) oder $\geq 100 \text{ mm}$ ($\emptyset \leq 10 \text{ mm}$) Keine Randlängsbewehrung

^R - Die Dübel Berechnung basiert auf der Annahme einer biegesteifen Ankerplatte.

Geometrie [mm] & Belastungen [kN, kNm]



Firma:
 Bearbeiter:
 Adresse:
 Tel. | Fax: |
 E-Mail:

 Seite: 2
 Projekt: DA Hegyi Pauer
 Pos. Nr.: Dübelanschluss
 Datum: 09.03.2021

2 Lastfall/Resultierende Dübelkräfte

Lastfall: Design Lasten

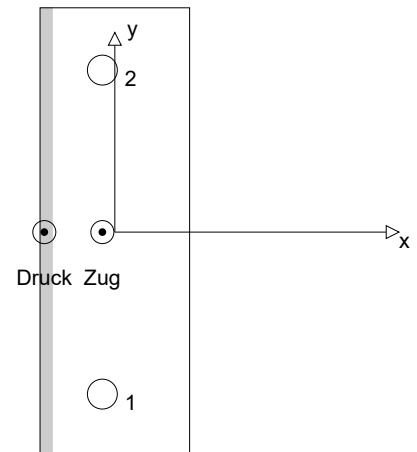
Resultierende Dübelkräfte [kN]

Normalkraft: +Zug -Druck

Dübel	Normalkraft	Querkraft	Querkraft x	Querkraft y
1	3,644	2,425	2,425	0,000
2	3,644	2,425	2,425	0,000

 Maximale Betonstauchung: 0,09 [%]
 Maximale Betondruckspannung: 2,78 [N/mm²]
 resultierende Zugkraft in (x/y)=(-5/0): 7,288 [kN]
 resultierende Druckkraft in (x/y)=(-28/0): 1,288 [kN]

Die Dübelbelastungen werden unter der Annahme einer biegesteifen Ankerplatte ermittelt.



Firma:
 Bearbeiter:
 Adresse:
 Tel. | Fax:
 E-Mail:

Seite:
 Projekt:
 Pos. Nr.:
 Datum:

3
 DA Hegyi Pauer
 Dübelanschluss
 09.03.2021

3 Zugbeanspruchung (EN 1992-4, Abschnitt 7.2.1)

	Einwirkung [kN]	Tragfähigkeit [kN]	Ausnutzung β_N [%]	Status
Stahlversagen*	3,644	28,000	14	OK
Herausziehen*	3,644	6,708	55	OK
Betonversagen**	7,288	15,689	47	OK
Spaltversagen**	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.

* ungünstigster Dübel **Dübelgruppe (Dübel unter Zug)

3.1 Stahlversagen

$N_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$N_{Rd,s}$ [kN]	N_{Ed} [kN]
39,200	1,400	28,000	3,644

3.2 Herausziehen

$N_{Rk,p}$ [kN]	ψ_c	$\gamma_{M,p}$	$N_{Rd,p}$ [kN]	N_{Ed} [kN]
9,000	1,118	1,500	6,708	3,644

3.3 Betonversagen

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	$f_{c,cyl}$ [N/mm ²]		
37 473	19 377	70	139	25,00		
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	
0	1,000	0	1,000	1,000	1,000	
z [mm]	$\psi_{M,N}$	k_1	$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rd,c}$ [kN]	N_{Ed} [kN]
23	1,000	7,700	12,169	1,500	15,689	7,288

4 Querbeanspruchung (EN 1992-4, Abschnitt 7.2.2)

	Einwirkung [kN]	Tragfähigkeit [kN]	Ausnutzung β_v [%]	Status
Stahlversagen ohne Hebelarm*	2,425	10,133	24	OK
Stahlversagen mit Hebelarm*	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.
Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite**	4,850	31,377	16	OK
Betonkantenbruch, Richtung x+**	4,850	17,977	27	OK

* ungünstigster Dübel **Dübelgruppe (relevante Dübel)

4.1 Stahlversagen ohne Hebelarm

$V_{Rk,s}^0$ [kN]	k_7	$V_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Ed} [kN]
19,000	0,800	15,200	1,500	10,133	2,425

4.2 Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	$f_{c,cyl}$ [N/mm ²]	k_8	
37 473	19 377	70	139	25,00	2,000	
$e_{c1,v}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,v}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	$\psi_{M,N}$
0	1,000	0	1,000	1,000	1,000	1,000
k_1	$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c,p}$	$V_{Rd,cp}$ [kN]	V_{Ed} [kN]		
7,700	12,169	1,500	31,377	4,850		

4.3 Betonkantenbruch, Richtung x+

l_f [mm]	d_{nom} [mm]	k_9	α	β	$f_{c,cyl}$ [N/mm ²]
46	8,0	1,700	0,055	0,055	25,00
c_1 [mm]	$A_{c,v}$ [mm ²]	$A_{c,v}^0$ [mm ²]			
155	119 000	108 113			
$\psi_{s,v}$	$\psi_{h,v}$	$\psi_{a,v}$	$e_{c,v}$ [mm]	$\psi_{ec,v}$	$\psi_{re,v}$
1,000	1,078	1,000	0	1,000	1,000
$V_{Rk,c}^0$ [kN]	k_T	$\gamma_{M,c}$	$V_{Rd,c}$ [kN]	V_{Ed} [kN]	
22,722	1,0	1,500	17,977	4,850	

5 Kombinierte Zug- und Querbeanspruchung (EN 1992-4, Abschnitt 7.2.3)

Stahlversagen

β_N	β_V	α	Ausnutzung $\beta_{N,V}$ [%]	Status
0,130	0,239	2,000	8	OK

$$\beta_N^\alpha + \beta_V^\alpha \leq 1,0$$

Betonversagen

β_N	β_V	α	Ausnutzung $\beta_{N,V}$ [%]	Status
0,543	0,270	1,500	55	OK

$$\beta_N^\alpha + \beta_V^\alpha \leq 1,0$$

6 Verschiebungen (höchstbelasteter Dübel)

Kurzzeitbelastung:

N_{Sk}	=	2,699 [kN]	δ_N	=	0,189 [mm]
V_{Sk}	=	1,796 [kN]	δ_V	=	0,754 [mm]
			δ_{NV}	=	0,777 [mm]

Langzeitbelastung:

N_{Sk}	=	2,699 [kN]	δ_N	=	0,332 [mm]
V_{Sk}	=	1,796 [kN]	δ_V	=	1,131 [mm]
			δ_{NV}	=	1,179 [mm]

Hinweis: Die Verschiebungen infolge Zugkraft gelten, wenn die Hälfte des Drehmomentes beim Verankern aufgebracht wurde - ungerissener Beton! Die Verschiebungen infolge Querkraft gelten, wenn zwischen Beton und Ankerplatte keine Reibung vorliegt! Der Verschiebungswert aus dem Lochspiel zwischen Ankerkörper und Bohrlochrand sowie zwischen Ankerkörper und Anbauteil ist in dieser Berechnung nicht berücksichtigt!

Die zulässigen Verschiebungen hängen von der zu befestigenden Konstruktion ab und sind vom Konstrukteur festzulegen!

7 Warnungen / Hinweise

- Die Bemessungsmethoden in PROFIS Anchor erfordern starre, unter Belastung eben bleibende, Ankerplatten nach den geltenden Vorschriften (ETAG 001 / Annex C, EOTA TR029, etc.). Dies bedeutet, dass die Lastverteilung auf die Anker aufgrund elastischer Verformungen der Ankerplatte nicht berücksichtigt wird - die Ankerplatte wird als ausreichend steif angenommen, um unter Belastung stets eben zu bleiben. PROFIS Anchor berechnet die minimal erforderliche Ankerplattenstärke mit FEM, um die Spannung der Ankerplatte auf der Grundlage der oben erläuterten Annahmen zu begrenzen. Der Nachweis der Gültigkeit der starren Grundplattenannahme erfolgt nicht durch PROFIS Anchor. Die Eingabedaten und Ergebnisse müssen auf Übereinstimmung mit den vorhandenen Bedingungen und auf Plausibilität geprüft werden!
- Die Bedingungen gem. ETAG 001, Annex C, Abs. 4.2.2.1 und 4.2.2.3 b) sind nicht erfüllt. Der gem. Anhang 3, Tab.3 def. Durchmesser der Durchgangsbohrung übersteigt den vorgegebenen Wert der Tabelle 4.1 des Anhang C für den Dübel. Daher wird gemäß Zulassung die Querkrafttragfähigkeit der Dübelgruppe auf maximal zwei mal des Stahlwiderstandes eines Einzeldübel begrenzt.
- Überprüfung der Lasteinleitung in das Untergrundmaterial ist erforderlich gemäß EN 1992-4, Anhang A!
- Die Bemessung ist nur gültig, wenn der Durchmesser d_f des Durchgangslochs im Anbauteil nicht größer ist als die in EN 1992-4, Tabelle 6.1 angegebenen Werte. Für größere Durchgangsbohrungen siehe Abschnitt 6.2.2 der EN 1992-4!
- Die Liste der Zubehörteile in diesem Bericht ist nur zur Information des Anwenders. Die Setzanweisungen, die mit dem Produkt mitgeliefert werden, sind stets zu beachten, um eine korrekte Installation zu gewährleisten.
- Bei der Bestimmung von $\Psi_{re,v}$ (Betonkantenbruch) wird eine Betondeckung der Randbewehrung von $c=30\text{mm}$ angenommen.
- The characteristic bond resistances depend on the return period (service life in years): 50

Nachweis der Verankerung: OK!

Firma:
 Bearbeiter:
 Adresse:
 Tel. | Fax: |
 E-Mail:

Seite: 6
 Projekt: DA Hegyi Pauer
 Pos. Nr.: Dübelanschluss
 Datum: 09.03.2021

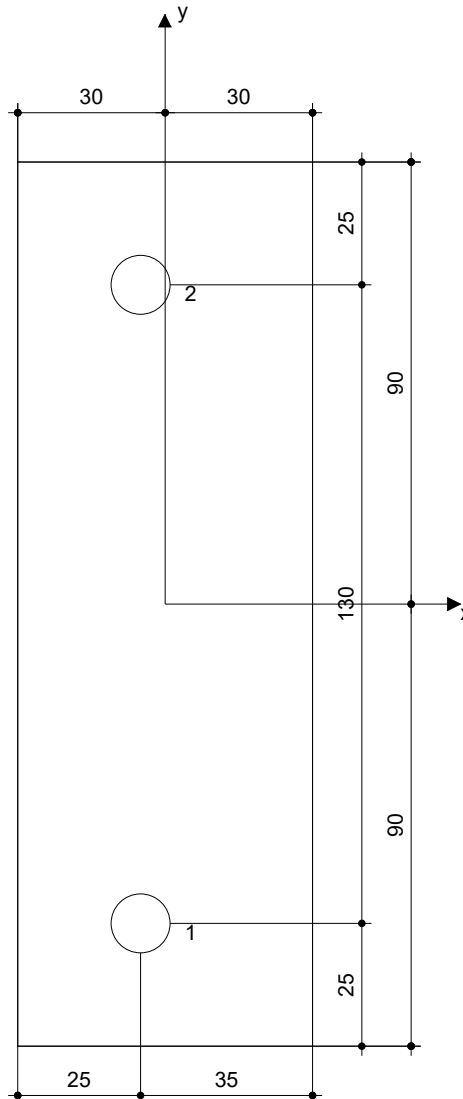
8 Installationsdaten

Ankerplatte, Stahl: -
 Profil: kein Profil
 Durchmesser Durchgangsloch: $d_f = 12 \text{ mm}$
 Plattendicke (Eingabe): 5 mm
 Empfohlene Plattendicke: nicht berechnet
 Bohrmethode: Hammergebohrt
 Reinigungsart: Clean the drill hole. Under the conditions - according to fastener size and drilling direction - given in the ETA and MPII (IFU), the cleaning of the drill hole may be omitted.

Dübeltyp und Größe: HUS3-H 8 h_nom2
 Anzugsdrehmoment: Hilti SIW 22T-A
 Durchmesser Bohrloch im Untergrund: 8 mm
 Bohrlochtiefe im Untergrund: 70 mm
 Minimale Bauteildicke: 100 mm

8.1 Erforderliches Zubehör

Bohren	Reinigen	Installieren
<ul style="list-style-type: none"> Geeigneter Hammerbohrer Hammerbohrer geeigneten Durchmessers 	<ul style="list-style-type: none"> Hand Ausblaspumpe 	<ul style="list-style-type: none"> Hilti SIW 22T-A Schlagschrauber



Koordinaten Dübel [mm]

Dübel	x	y	C _{-x}	C _{+x}	C _{-y}	C _{+y}
1	-5	-65	-	155	-	-
2	-5	65	-	155	-	-

Firma:	Seite:	7
Bearbeiter:	Projekt:	DA Hegyi Pauer
Adresse:	Pos. Nr.:	Dübelanschluss
Tel. Fax:	Datum:	09.03.2021
E-Mail:		

9 Kommentar; Anmerkungen

- Sämtliche in den Programmen enthaltenen Informationen und Daten beziehen sich ausschließlich auf die Verwendung von Hilti-Produkten und basieren auf den Grundsätzen, Formeln und Sicherheitsbestimmungen gem. den technischen Anweisungen und Bedienungs-, Setz- und Montageanleitungen usw. von Hilti, die vom Anwender strikt eingehalten werden müssen. Sämtliche enthaltenen Werte sind Durchschnittswerte; daher sind vor Anwendung des jeweiligen Hilti-Produkts stets einsatzspezifische Tests durchzuführen. Die Ergebnisse der mittels der Software durchgeführten Berechnungen beruhen maßgeblich auf den von Ihnen einzugebenden Daten. Sie tragen daher die alleinige Verantwortung für die Fehlerfreiheit, Vollständigkeit und Relevanz der von Ihnen einzugebenden Daten. Sie sind weiterhin alleine dafür verantwortlich, die erhaltenen Ergebnisse der Berechnung vor der Verwendung für Ihre spezifische(n) Anlage(n) durch einen Fachmann überprüfen und freigeben zu lassen, insbesondere hinsichtlich der Konformität mit geltenden Normen und Zulassungen. Die Software dient lediglich als Hilfsmittel zur Auslegung von Normen und Zulassungen ohne jegliche Gewährleistung auf Fehlerfreiheit, Richtigkeit und Relevanz der Ergebnisse oder Geeignetheit für eine bestimmte Anwendung.
- Sie haben alle erforderlichen und zumutbaren Maßnahmen zu ergreifen, um Schäden durch die Software zu verhindern oder zu begrenzen. Insbesondere müssen Sie für die regelmäßige Sicherung von Programmen und Daten sorgen sowie regelmäßig ggf. von Hilti angebotene Updates der Software durchführen. Sofern Sie nicht die AutoUpdate-Funktion der Software nutzen, müssen Sie durch manuelle Updates über die Hilti-Website sicherstellen, dass Sie jeweils die aktuelle und somit gültige Version der Software verwenden. Soweit Sie diese Verpflichtung schuldhaft verletzen, haftet Hilti nicht für daraus entstehende Folgen, insbesondere nicht für die Wiederbeschaffung verlorener oder beschädigter Daten oder Programme.

ANHANG 03 –

U-Wert Berechnungen verworfene Ausführungsvarianten

Variante:
PIR Dämmung - U-Profil

Temp. Innen 20
Temp. Außen -10,1 gem. ÖNORM B8110-2

Dicke	Lambda	Wärmedurchlassw.	Temperaturunterschied	Temp. an den Schichtgrenzen
m	W/mK	m ² K/W	K	°C
Übergang		0,13	0,53	Innenluft 20
Holzspanplatte (zementgeb.)	0,024	0,251	0,096	19,47
PE-Folie	0,000	0,25	0,001	19,08
PIR-Dämmung	0,080	0,023	3,478	19,08
Holzspanplatte (zementgeb.)	0,024	0,251	0,096	4,96
PIR-Dämmung	0,080	0,023	3,478	4,57
Holzspanplatte (zementgeb.)	0,024	0,251	0,096	-9,55
Übergang		0,04	0,16	-9,94
				-10,1
				Außenluft

Gesamtstärke: 0,232

RT =	7,41	m ² K/W
U =	0,13	W/m ² K

Variante:
MW-Galswolle Dämmung - Holzkonstruktion

Temp. Innen 20
Temp. Außen -10,1 gem. ÖNORM B8110-2

Dicke	Lambda	Wärmedurchlassw.	Temperaturunterschied	Temp. an den Schichtgrenzen
m	W/mK	m ² K/W	K	°C
Übergang		0,13	0,59	Innenluft 20
Holzspanplatte (zementgeb.)	0,024	0,251	0,096	19,41
PE-Folie	0,000	0,25	0,001	18,98
MW-Glaswolle zw. Konst. Holz	0,130	0,042	3,110	18,98
Holzspanplatte (zementgeb.)	0,024	0,251	0,096	4,96
MW-Glaswolle zw. Konst. Holz	0,130	0,042	3,110	4,53
Holzspanplatte (zementgeb.)	0,024	0,251	0,096	-9,49
Übergang		0,04	0,18	-9,92
				-10,1
				Außenluft

Gesamtstärke: 0,3322

RT =	6,68	m ² K/W
U =	0,15	W/m ² K

Variante:
PIR Dämmung - Holzkonstruktion

Temp. Innen 20
Temp. Außen -10,1 gem. ÖNORM B8110-2

Dicke	Lambda	Wärmedurchlassw.	Temperaturunterschied	Temp. an den Schichtgrenzen
m	W/mK	m ² K/W	K	°C
Übergang		0,13	0,60	Innenluft 20
Holzspanplatte (zementgeb.)	0,024	0,251	0,096	19,40
PE-Folie	0,000	0,25	0,001	18,96
PIR-Dämmung zw. Konstr. Holz	0,100	0,033	3,030	18,95
Holzspanplatte (zementgeb.)	0,024	0,251	0,096	4,96
PIR-Dämmung zw. Konstr. Holz	0,100	0,033	3,030	4,52
Holzspanplatte (zementgeb.)	0,024	0,251	0,096	-9,47
Übergang		0,04	0,18	-9,92
				-10,1
				Außenluft

Gesamtstärke: 0,2722

RT =	6,52	m ² K/W
U =	0,15	W/m ² K

Variante:
MW-Galswolle Dämmung + VS - U-Profil

Temp. Innen 20
Temp. Außen -10,1 gem. ÖNORM B8110-2

Dicke	Lambda	Wärmedurchlassw.	Temperaturunterschied	Temp. an den Schichtgrenzen
m	W/mK	m ² K/W	K	°C
Übergang		0,13	0,49	Innenluft 20
Gipskartonplatte	0,013	0,21	0,060	19,51
CW-Profil (50mm) + MW-GW	0,050	0,04	1,250	19,29
Holzspanplatte (zementgeb.)	0,024	0,251	0,096	14,60
PE-Folie	0,000	0,23	0,001	14,24
MW-Glaswolle	0,100	0,032	3,125	14,23
Holzspanplatte (zementgeb.)	0,024	0,251	0,096	2,50
MW-Glaswolle	0,100	0,032	3,125	2,14
Holzspanplatte (zementgeb.)	0,024	0,251	0,096	2,50
Übergang		0,04	0,15	2,14
				-10,1
				Außenluft

Gesamtstärke: 0,3347

RT =	8,02	m ² K/W
U =	0,12	W/m ² K

Variante:
MW-Galswolle Dämmung + VS - Holzkonstr.

Temp. Innen 20
Temp. Außen -10,1 gem. ÖNORM B8110-2

Dicke	Lambda	Wärmedurchlassw.	Temperaturunterschied	Temp. an den Schichtgrenzen
m	W/mK	m ² K/W	K	°C
Übergang		0,13	0,49	Innenluft 20
Gipskartonplatte	0,013	0,21	0,22	19,51
CW-Profil (50mm) + MW-GW	0,050	0,04	4,71	19,29
Holzspanplatte (zementgeb.)	0,024	0,251	0,36	14,58
PE-Folie	0,000	0,23	0,00	14,21
MW-Glaswolle zw. Konst. Holz	0,130	0,042	11,72	14,21
Holzspanplatte (zementgeb.)	0,024	0,251	0,36	2,49
MW-Glaswolle zw. Konst. Holz	0,130	0,042	11,72	2,13
Holzspanplatte (zementgeb.)	0,024	0,251	0,36	2,49
Übergang		0,04	0,15	2,13
Gesamtstärke:	0,3947			-10,1
				Außenluft

RT =	7,99	m ² K/W
U =	0,13	W/m ² K

Variante:
PIR Dämmung + VS - U-Profil

Temp. Innen 20
Temp. Außen -10,1 gem. ÖNORM B8110-2

Dicke	Lambda	Wärmedurchlassw.	Temperaturunterschied	Temp. an den Schichtgrenzen
m	W/mK	m ² K/W	K	°C
Übergang		0,13	0,45	Innenluft 20
Gipskartonplatte	0,013	0,21	0,21	19,55
CW-Profil (50mm) + MW-GW	0,050	0,04	4,31	19,35
Holzspanplatte (zementgeb.)	0,024	0,251	0,33	15,03
PE-Folie	0,000	0,23	0,00	14,70
PIR-Dämmung	0,080	0,023	12,00	14,70
Holzspanplatte (zementgeb.)	0,024	0,251	0,33	2,70
PIR-Dämmung	0,080	0,023	12,00	2,37
Holzspanplatte (zementgeb.)	0,024	0,251	0,33	2,70
Übergang		0,04	0,14	2,37
Gesamtstärke:	0,2947			-10,1
				Außenluft

RT =	8,72	m ² K/W
U =	0,11	W/m ² K

Variante:
PIR Dämmung + VS - Holzkonstr.

Temp. Innen 20
Temp. Außen -10,1 gem. ÖNORM B8110-2

Dicke	Lambda	Wärmedurchlassw.	Temperaturunterschied	Temp. an den Schichtgrenzen
m	W/mK	m ² K/W	K	°C
Innenluft				
Übergang		0,13	0,50	20
Gipskartonplatte	0,013	0,21	0,23	19,50
CW-Profil (50mm) + MW-GW	0,050	0,04	4,81	19,27
Holzspanplatte (zementgeb.)	0,024	0,251	0,37	14,46
PE-Folie	0,000	0,23	0,00	14,10
PIR-Dämmung zw. Konstr. Holz	0,100	0,033	11,65	14,09
Holzspanplatte (zementgeb.)	0,024	0,251	0,37	2,44
PIR-Dämmung zw. Konstr. Holz	0,100	0,033	11,65	2,07
Holzspanplatte (zementgeb.)	0,024	0,251	0,37	2,44
Übergang		0,04	0,15	2,07
Außenluft				
Gesamtstärke: 0,3347				

RT =	7,83	m ² K/W
U =	0,13	W/m ² K

Vergleich:
Betonwand mit WDVS

Temp. Innen 20
Temp. Außen -10,1 gem. ÖNORM B8110-2

Dicke	Lambda	Wärmedurchlassw.	Temperaturunterschied	Temp. an den Schichtgrenzen
m	W/mK	m ² K/W	K	°C
Innenluft				
Übergang		0,13	0,72	20
EPS-F Plus	0,160	0,031	5,161	19,28
Stahlbeton Wand	0,180	2,3	0,44	-9,44
Übergang		0,04	0,22	-9,88
Außenluft				
Gesamtstärke: 0,340				

RT =	5,41	m ² K/W
U =	0,18	W/m ² K

**Vergleich:
Ziegelwand mit WDVS**

Temp. Innen 20
Temp. Außen -10,1 gem. ÖNORM B8110-2

Dicke	Lambda	Wärmedurchlassw.	Temperaturunterschied	Temp. an den Schichtgrenzen
m	W/mK	m ² K/W	K	°C

	Dicke	Lambda	Wärmedurchlassw.	Temperaturunterschied	Temp. an den Schichtgrenzen
Übergang			0,13	0,61	Innenluft 20
EPS-F Plus	0,160	0,031	5,161	24,33	19,39
Porotherm 25-38 Plan	0,250	0,237	1,055	4,97	-4,94
Übergang			0,04	0,19	-9,91
					-10,1
					Außenluft

Gesamtstärke: 0,410

RT =	6,39	m ² K/W
U =	0,16	W/m ² K

ANHANG 04 –

Wärmebrückenberechnung

Randbedingungen (Lufttemperaturen / Leistungen)

	Raumtemp. [°C]	Min.Temp. [°C]	Max.Temp. [°C]	Grenzfeuchte [%]	f_{Rsi}^*
Aussen	-10,00	-9,81	-7,95	100,00 %	
Innen	20,00	14,45	19,40	70,40 %	0,82

Verwendete Wärmeübergangswiderstände

Raum	Wert	Oberfläche
Aussen	$R_s=0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$	EN ISO 13788:2001 Wände und Decken etc.
Innen	$R_s=0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$	EN ISO 13788:2001 Wände und Decken etc.

Gewichte für den kältesten Oberflächenpunkt

	Aussen	Innen
g(Aussen)	0,993828	0,184918
g(Innen)	0,006172	0,815082

Koordinaten (x,y,z) des kältesten Punkt jedes Raumes

	x [mm]	y [mm]	z [mm]	Temp.[°C]	f_{Rsi}^*
Aussen	-272,0000	0,0000	477,5000	-9,81	
Innen	0,0000	624,0000	140,0000	14,45	0,82

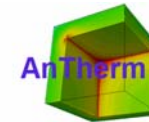
f_{Rsi}^* - Schimmel- und Kondensationsschutzkriterien sind erfüllt.

Randbedingungen (Lufttemperaturen / Leistungen)

	Raumtemp. [°C]
Aussen	-10,00
Innen	20,00

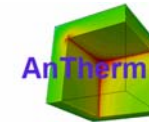
Temperaturen ausgewählter Punkte

x [mm]	y [mm]	z [mm]	T [°C]	
-272,0000	0,0000	477,5000	-9,81	min. Aussen -10°C
-272,0000	542,0000	-169,5000	-7,95	max. Aussen -10°C
0,0000	624,0000	140,0000	14,45	min. Innen 20°C $f_{Rsi}=0,82$ (70,4%)
500,0000	0,0000	140,0000	19,40	max. Innen 20°C

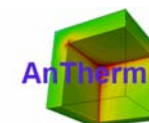


Detailangaben zu der Bauteilkonstruktionseingabe

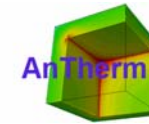
LNr.	Nr.	C	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	DX	DY	DZ	T	Details
	1		-272	0	500	-400	1000	-500	-128	1000	-1000	R	Aussen / EN ISO 13788:2001 Wände und Decken etc. (Beurt.:
	2		0	0	500	500	1000	-500	500	1000	-1000	R	Innen / EN ISO 13788:2001 Wände und Decken etc. (Beurt.v.:
	3		0	0	0	-24	400	500	-24	400	500	B	Cetris Platte 24mm
	4		-148	0	-100	-124	500	500	24	500	600	B	Cetris Platte 24mm
	5		-248	0	-100	-272	500	500	-24	500	600	B	Cetris Platte 24mm
	6		-248	476	-100	-148	500	500	100	24	600	B	Cetris Platte 24mm
	7		-248	476	-100	-148	0	-76	100	-476	24	B	Cetris Platte 24mm
	8		-148	510	-100	-124	1000	500	24	490	600	B	Cetris Platte 24mm
	9		-272	510	-100	-248	1000	500	24	490	600	B	Cetris Platte 24mm
	10		-248	510	-100	-148	534	500	100	24	600	B	Cetris Platte 24mm
	11		-248	510	-100	-148	1000	-76	100	490	24	B	Cetris Platte 24mm
	12		0	610	0	-24	1000	500	-24	390	500	B	Cetris Platte 24mm
	13		-248	510	-110	-148	1000	-134	100	490	-24	B	Cetris Platte 24mm
	14		-272	510	-110	-248	1000	-500	24	490	-390	B	Cetris Platte 24mm
	15		-148	510	-110	-124	1000	-500	24	490	-390	B	Cetris Platte 24mm
	16		-248	510	-110	-148	534	-500	100	24	-390	B	Cetris Platte 24mm
	17		0	610	-220	-24	1000	-500	-24	390	-280	B	Cetris Platte 24mm
	18		0	0	-220	-24	400	-500	-24	400	-280	B	Cetris Platte 24mm
	19		-148	0	-110	-124	500	-500	24	500	-390	B	Cetris Platte 24mm
	20		-248	0	-110	-272	500	-500	-24	500	-390	B	Cetris Platte 24mm
	21		-248	476	-110	-148	0	-134	100	-476	-24	B	Cetris Platte 24mm
	22		-248	476	-110	-148	500	-500	100	24	-390	B	Cetris Platte 24mm
	23		-124	400	0	0	0	-10	124	-400	-10	B	MW (Glaswolle)
	24		-124	400	500	0	410	-10	124	10	-510	B	MW (Glaswolle)
	25		-124	500	500	-114	410	-10	10	-90	-510	B	MW (Glaswolle)
	26		-124	500	-100	-114	0	-10	10	-500	90	B	MW (Glaswolle)



27		-124	500	-110	-114	0	-220	10	-500	-110	B	MW (Glaswolle)
28		-124	500	-500	-114	400	-220	10	-100	280	B	MW (Glaswolle)
29		-124	510	-500	-114	610	-210	10	100	290	B	MW (Glaswolle)
30		0	600	-500	-114	610	-210	-114	10	290	B	MW (Glaswolle)
31		0	400	-500	-114	410	-210	-114	10	290	B	MW (Glaswolle)
32		-114	500	-100	-272	510	500	-158	10	600	B	MW (Glaswolle)
33		-114	0	-100	-272	510	-110	-158	510	-10	B	MW (Glaswolle)
34		-124	610	0	0	1000	-10	124	390	-10	B	MW (Glaswolle)
35		-124	600	500	0	610	-10	124	10	-510	B	MW (Glaswolle)
36		-124	510	500	-114	600	-10	10	90	-510	B	MW (Glaswolle)
37		-124	510	-100	-114	1000	-10	10	490	90	B	MW (Glaswolle)
38		-272	510	-100	-114	1000	-110	158	490	-10	B	MW (Glaswolle)
39		-124	610	-220	0	1000	-210	124	390	10	B	MW (Glaswolle)
40		-124	400	-220	0	0	-210	124	-400	10	B	MW (Glaswolle)
41		-114	500	-100	-272	510	-500	-158	10	-400	B	MW (Glaswolle)
42		-24	0	0	-124	400	500	-100	400	500	B	MW-Glaswolle
43		-24	0	-220	-124	400	-500	-100	400	-280	B	MW-Glaswolle
44		-148	0	-76	-248	476	500	-100	476	576	B	MW-Glaswolle
45		-148	0	-134	-248	476	-500	-100	476	-366	B	MW-Glaswolle
46		-24	610	0	-124	1000	500	-100	390	500	B	MW-Glaswolle
47		-24	613	-220	-124	1000	-500	-100	387	-280	B	MW-Glaswolle
48		-148	534	-76	-248	1000	500	-100	466	576	B	MW-Glaswolle
49		-148	534	-134	-248	1000	-500	-100	466	-366	B	MW-Glaswolle
50		-124	510	-210	-114	1000	-110	10	490	100	B	MW (Glaswolle)
51		-24	400	24	-124	397	500	-100	-3	476	B	STAHL
52		-24	400	-244	-124	397	-500	-100	-3	-256	B	STAHL
53		-121	397	24	-124	347	500	-3	-50	476	B	STAHL
54		-121	397	-244	-124	347	-500	-3	-50	-256	B	STAHL
55		-27	397	24	-24	347	500	3	-50	476	B	STAHL
56		-27	397	-244	-24	347	-500	3	-50	-256	B	STAHL
57		-24	610	24	-124	613	500	-100	3	476	B	STAHL

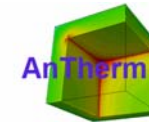


58		-24	610	-244	-124	613	-500	-100	3	-256	B	STAHL
59		-24	613	24	-27	663	500	-3	50	476	B	STAHL
60		-24	613	-244	-27	663	-500	-3	50	-256	B	STAHL
61		-124	613	24	-121	663	500	3	50	476	B	STAHL
62		-124	613	-244	-121	663	-500	3	50	-256	B	STAHL
63		-148	476	-76	-248	473	500	-100	-3	576	B	STAHL
64		-148	476	-134	-248	473	-500	-100	-3	-366	B	STAHL
65		-248	425	-76	-245	475	500	3	50	576	B	STAHL
66		-248	425	-134	-245	475	-500	3	50	-366	B	STAHL
67		-148	425	-76	-151	475	500	-3	50	576	B	STAHL
68		-148	425	-134	-151	475	-500	-3	50	-366	B	STAHL
69		-148	534	-76	-248	537	500	-100	3	576	B	STAHL
70		-148	534	-134	-248	537	-500	-100	3	-366	B	STAHL
71		-245	535	-76	-248	585	500	-3	50	576	B	STAHL
72		-245	535	-134	-248	585	-500	-3	50	-366	B	STAHL
73		-148	535	-76	-151	585	500	-3	50	576	B	STAHL
74		-148	535	-134	-151	585	-500	-3	50	-366	B	STAHL
75		-114	0	-10	500	1000	-210	614	1000	-200	B	Stahlbeton, Decke
76		-114	410	-10	500	600	500	614	190	510	B	Stahlbeton, Wand
77		-114	410	-210	500	600	-500	614	190	-290	B	Stahlbeton, Wand
78		-124	610	0	-24	1000	3	100	390	3	B	STAHL
79		-124	610	53	-121	1000	3	3	390	-50	B	STAHL
80		-24	610	53	-27	1000	3	-3	390	-50	B	STAHL
81		-248	510	-73	-148	1000	-76	100	490	-3	B	STAHL
82		-248	510	-73	-245	1000	-23	3	490	50	B	STAHL
83		-148	510	-73	-151	1000	-23	-3	490	50	B	STAHL
84		-248	510	-137	-148	1000	-134	100	490	3	B	STAHL
85		-248	510	-137	-245	1000	-187	3	490	-50	B	STAHL
86		-148	510	-137	-151	1000	-187	-3	490	-50	B	STAHL
87		-124	634	-220	-24	1000	-223	100	366	-3	B	STAHL
88		-124	634	-273	-121	1000	-223	3	366	50	B	STAHL



89		-24	634	-273	-27	1000	-223	-3	366	50	B	STAHL
90		-124	376	0	-24	0	3	100	-376	3	B	STAHL
91		-124	376	53	-121	0	3	3	-376	-50	B	STAHL
92		-27	376	53	-24	0	3	3	-376	-50	B	STAHL
93		-248	476	-73	-148	0	-76	100	-476	-3	B	STAHL
94		-248	476	-73	-245	0	-23	3	-476	50	B	STAHL
95		-148	476	-73	-151	0	-23	-3	-476	50	B	STAHL
96		-124	376	-220	-24	0	-223	100	-376	-3	B	STAHL
97		-124	376	-273	-121	0	-223	3	-376	50	B	STAHL
98		-24	376	-273	-27	0	-223	-3	-376	50	B	STAHL
99		-248	476	-137	-148	0	-134	100	-476	3	B	STAHL
100		-248	476	-137	-245	0	-187	3	-476	-50	B	STAHL
101		-148	476	-137	-151	0	-187	-3	-476	-50	B	STAHL
102		0	0	-10	500	410	45	500	410	55	B	EPS-Zementgebunden
103		0	0	45	500	410	75	500	410	30	B	EPS-T
104		10	0	75	500	400	140	490	400	65	B	ZEMENTESTRICH
105		10	410	75	500	400	140	490	-10	65	B	EPS-T - Randstreifen
106		10	0	75	0	410	140	-10	410	65	B	EPS-T - Randstreifen
107		0	600	-10	500	1000	45	500	400	55	B	EPS-Zementgebunden
108		0	600	75	500	1000	45	500	400	-30	B	EPS-T
109		10	610	75	500	1000	140	490	390	65	B	ZEMENTESTRICH
110		10	610	75	500	600	140	490	-10	65	B	EPS-T - Randstreifen
111		10	600	75	0	1000	140	-10	400	65	B	EPS-T - Randstreifen

M=Baustoff, S=Raum, P=Power, L=Adiabat



Baustoffe

C	Name	λ [W/(m·K)]	μ [-]	ρ [kg/m ³]	c [kJ/(kg·K)]
	Cetris Platte 24mm	0,251		1000	1,7
	EPS-T	0,044		11	1,45
	EPS-T - Randstreifen	0,044		11	1,45
	EPS-Zementgebunden	0,075		180	1
	MW (Glaswolle)	0,040		14	1,03
	MW-Glaswolle	0,032		14	1,03
128	STAHL	60		7850	0,48
128	Stahlbeton, Decke	2,5		2400	1,08
128	Stahlbeton, Wand	2,5		2400	1,08
193	ZEMENTESTRICH	1,4		2000	1,08

Rooms

C	Name	Rs(W)	Rs(T)	Beschreibung
	Aussen	Rs=0,04 m ² K/W	Rs=0,04 m ² K/W	EN ISO 13788:2001 Wände und Decken etc. (Beurt.v.Schimmel- u. Tauwasser
	Innen	Rs=0,25 m ² K/W	Rs=0,25 m ² K/W	EN ISO 13788:2001 Wände und Decken etc. (Beurt.v.Schimmel- u. Tauwasser

Wärmequellen

C	Name	Volumen
---	------	---------

ANHANG 05 –

Ökologische Bewertung

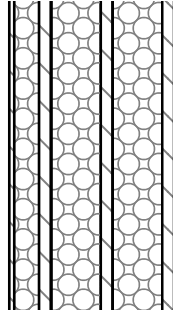
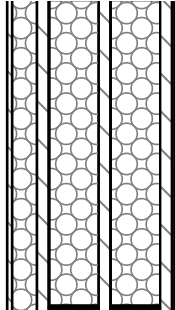
Ökologische Bewertung

DA Pauer / Hegyi - Fassadenelement

AW01

Fassadenelement

Neubau



Bilanzgrenze 0

Lebensdauer nicht berücksichtigt

$\Delta OI3$

89 Pkt/m²

PEI (Primärenergiegehalt nicht erneuerbar)

1 137,39 MJ/m²

GWP (Global Warming Potential)

72,949 kg/m²

AP (Versäuerung)

0,2993 kg/m²

	Schichten		Dicke m	Alter a	$\Delta OI3$ Pkt/m ²
1	• Silikatputz armiert	↳ 2142684395	0,0050	-	4
2	• Holzspanplatte (zementgebunden)	↳ 2142715123	0,0240	-	12
3.0	Stahl Breite: 0,00 m Achsenabstand: 0,62 m	↳ 2142715197	0,1000	-	5
3.1	• MW(GW)-W	↳ 2142714919	0,1000	-	13
4	• Holzspanplatte (zementgebunden)	↳ 2142715123	0,0240	-	12
5.0	Stahl Breite: 0,00 m Achsenabstand: 0,62 m	↳ 2142715197	0,1000	-	5
5.1	• MW(GW)-W	↳ 2142714919	0,1000	-	13
6	• Dampfbremse sd = 100m	↳ 2142717191	0,0005	-	2
7	• Holzspanplatte (zementgebunden)	↳ 2142715123	0,0240	-	12
8	• CW-Profil (50mm) + MW(GW)-W	↳ 2142714919	0,0500	-	6
9	• Holzspanplatte (zementgebunden)	↳ 2142715123	0,0100	-	5
			0,338		89