

Erläuterungsbericht zum Minergie Nachweis «Bereich Erstellung»

Projekt	Weiterentwicklung Minergie-Tool «Treibhausgasemissionen (THG) in der Erstellung»
Auftraggeberin	Minergie Geschäftsstelle Bäumleingasse 22 4051 Basel
Verfassende	Remo Thalman, Janine Lengacher, Patrick Gressler
Datum	12.09.2023, Version 0

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
Definitionen	5
1 Ausgangslage	8
2 Dem Minergie-Tool zugrundeliegende Methodik	9
2.1 Übergeordnete Funktionsweise.....	9
2.2 Gebäudeteile und Bauteilflächen	11
2.3 Dach-, Decken-, Fassaden- und Innenwandaufbauten	14
2.4 Ökobilanzierung der Aufbauten	15
3 Modellberechnung für die Faktorisierung	16
3.1 Funktionsweise der Faktorisierung in der Modellberechnung	16
3.2 Modellgebäude und Variantengebäude	17
3.3 Faktorisierung und Aufgliederung in die fünf Gebäudeteile.....	20
4 Minergie-Tool: Objektspezifische Berechnung	21
4.1 Berechnung objektspezifische Ökobilanz	21
4.2 Faktoren und Modell-Ökobilanzen	23
4.3 Eingaben durch den Nutzer/Antragsteller	25
5 Validierung Minergie-Tool und Projektgrenzwertfestlegung	31
5.1 Methodik und Datenerhebung	31
5.2 Datenauswertung und Validierung	32
5.3 Datenerweiterung mit Monte-Carlo-Analyse	33
5.4 Ableitung von Projektgrenzwerten	34
5.5 Umsetzung des Grenzwerts im Minergie-Tool	38
5.6 Probleme und Erkenntnisse	39

6	Überblick Berichtsversionen	40
	Abbildungsverzeichnis	41
	Tabellenverzeichnis	43
	Anhang	45

Zusammenfassung

Die ZPF Structure AG ist von Minergie mit der Weiterentwicklung des Minergie-Tools beauftragt. Neben dieser Weiterentwicklung wird das Tool validiert und ein Grenzwert festgelegt. Ziel der Weiterentwicklung ist eine separate Eingabe der Bauteile für die Gebäudeteile Dach, Decke, Fassade und Innenwand. Durch die Weiterentwicklung sind verschiedene Aufbauten unabhängig voneinander für die angesprochenen Bauteile wählbar. Über die Nutzereingaben kann die objektspezifische Ökobilanz ohne Mengengerüst berechnet werden, was weniger Aufwand für den Nutzer/Antragsteller bedeutet. Ziel dieser Methodik ist, die relevanten Hebel für die Treibhausgasemissionen in der Erstellung sichtbar zu machen.

Die Nutzereingaben sind mit Faktoren hinterlegt, so wird ausgehend vom Modellgebäude und den Nutzereingaben die Berechnung für ein spezifisches Objekt durchgeführt. Die Modellgebäude spiegeln ein «Standardgebäude» wider. Mit den Faktoren wird abgebildet, um wie viel das objektspezifische Gebäude vom Modellgebäude abweicht. Die Faktoren verbinden die Excel Modellberechnung und das Minergie-Tool miteinander. In der Modellberechnung werden die Faktoren generiert. Im Minergie-Tool wird die objektspezifische Ökobilanz berechnet. Neben der Erweiterung des Tools findet eine Validierung des Tools und die Festlegung eines Grenzwerts statt. Für diese beiden Schritte sind bestehende Minergie-ECO Projekte nötig. Die Ökobilanzen der Minergie-ECO Projekte werden mit den objektspezifischen Ökobilanzen verglichen, welche durch die Eingaben der Projekte in das Minergie-Tool generiert werden. Basierend auf den generierten Ökobilanzen werden die Grenzwerte festgelegt.

Definitionen

Amortisationszeit:	Festgelegte Nutzungsdauer, in der ein Bau-/Anlagenteil abgeschrieben wird. Die Amortisationszeit wird innerhalb der Brandbreite der Nutzungsdauer gemäss SIA 480 angesetzt (SIA 2032).
Aufbauten:	Definieren den Aufbau von Bauteilen.
Ausgangsmodell:	Minergie-Tool und Modellberechnung von Basler & Hofmann, welche als Grundlage für die Änderungen durch ZPF dienen.
Bauteil:	Teilstück für den Bau eines Gebäudes.
Bauteilflächen:	Flächen einzelner Bauteile, welche für die Modellberechnung benötigt werden, um die Ökobilanzen der Bauteile zu bestimmen. Die Bauteilflächen basieren auf den Daten von Basler & Hofmann.
Beheizte Fläche:	Entspricht hier der Energiebezugsfläche (EBF).
Bilanzierungsformate:	Verschiedene Programme zur Ökobilanzierung von Gebäuden (z. B. Lesosai).
Bilanzierungsgrössen:	Es handelt sich hierbei um drei Grössen: Nicht erneuerbare Primärenergie, Treibhausgasemissionen und Kohlenstoffspeicherung.
Energiebezugsfläche (Abkürzung EBF oder A _E):	Summe aller ober- und unterirdischen Geschossflächen, die innerhalb der thermischen Gebäudehülle liegen und für deren Nutzung ein Konditionieren notwendig ist. Berechnungsregeln gemäss SIA 380 und SIA 416.
Faktoren:	Bilden ab, wie sich die Ökobilanz eines Variantengebäudes relativ zum Modellgebäude präsentiert. Linearisierte Auswirkung einer Bauteilveränderung relativ zum Modellgebäude.
Gebäudebasis:	Umfasst alle Gebäudebestandteile, welche auf Terrainoberfläche oder mehrheitlich unterhalb des gewachsenen Terrains liegen. Haustechnik, egal ob unter- oder oberirdisch, gehört ebenfalls dazu.

Gebäudehüllzahl (GHZ) (A_{th}/A_E):	Verhältnis der thermischen Gebäudehüllfläche zur Energiebezugsfläche (SIA 380).
Gebäudekategorien:	Umfasst zwölf Kategorien gemäss SIA 380/1.
Gebäudeteile:	Gebäudebasis, Dach, Decke, Fassade und Innenwände. Die fünf Gebäudeteile stellen zusammen ein Gebäude dar.
Geschossfläche (GF):	Geschossfläche (GF) ist die allseitig umschlossene und überdeckte Grundrissfläche der zugänglichen Geschosse einschliesslich der Konstruktionsflächen (SIA 416).
Gebäudegrundfläche (GGF):	Die Gebäudegrundfläche GGF ist jene Fläche des Grundstücks, welche von Gebäuden oder Gebäudeteilen durchdrungen wird (SIA 416).
KBOB-Liste:	Liste mit Ökobilanzdaten im Baubereich.
Kohlenstoffspeicherung [kg C]:	Gespeicherter Kohlenstoff, welcher in einem Material enthalten ist.
Konditionierter Raum:	Beheizter und/oder klimatisierter Raum (SIA 380).
Minergie-Tool:	Tool zur Berechnung der Ökobilanz eines vom Nutzer eingegebenen Gebäudes mithilfe von einfachen Eingabeparametern.
Modellberechnung:	Faktoren, welche für das Minergie-Tool benötigt werden, werden hier berechnet.
Modellgebäude:	Für alle zwölf Gebäudekategorien wurde von Basler & Hofmann ein Modellgebäude erstellt. Jedes der zwölf Modellgebäude besteht aus einer spezifischen Zusammensetzung aus Bauteilflächen und Aufbauten.
Nicht erneuerbare Primärenergie (Graue Energie) ($E_{P,nren}$) [kWh oil-eq]:	Energie der fossilen und nuklearen Energieträger (z.B. Erdöl, Erdgas, Kohle, Uran) sowie Holz als Kahlschlag von Primärwäldern (SIA 2032).
Projektgrenzwert (Grundwert)	Seitens ZPF ermittelter Grenzwert auf Basis einer Kombination aus den Datensätzen «Datenerhebung» und «Simulation».

Projektgrenzwert (warm)	Projektgrenzwert, welcher angelehnt an Minergie-ECO für die beheizte Gebäudefläche (EBF) angesetzt werden kann.
Projektgrenzwert (kalt)	Projektgrenzwert, welcher angelehnt an Minergie-ECO, für die unbeheizte Gebäudefläche (GF-EBF) angesetzt werden kann.
Thermische Gebäudehüllfläche (A_{th}):	Summe der Flächen der Bauteile der thermischen Gebäudehülle (Aussenabmessungen). Flächen gegen benachbarte konditionierte Räume werden nicht mitgezählt (SIA 380).
Treibhausgasemissionen (THG) (M_{GHG}) [kg CO ₂ -eq]:	Kumulierte Menge verschiedener Treibhausgase (CO ₂ , Methan, Distickstoffoxid und weitere klimawirksame Gase). Die Treibhausgasemission wird als äquivalente CO ₂ -Emissionsmenge ausgedrückt (SIA 2032).
Unbeheizte Fläche:	Geschossfläche (GF) abzüglich Energiebezugsfläche (EBF).
Variante:	Für jede Gebäudekategorie gibt es 43 Varianten. Die Varianten sind über alle Gebäudekategorien hinweg die gleichen. Die 43 Varianten lassen sich fünf Übergruppen zuordnen: Kompaktheit, Fensteranteil, UG-Gestaltung, Fundation und Baugrube.
Variantengebäude:	Unterscheiden sich untereinander und vom Modellgebäude aufgrund ihrer Kombination aus Gebäudekategorie, Aufbau der Bauteile, Spannweite und Variante.

1 Ausgangslage

Die ZPF Structure AG wurde im Sommer 2022 von Minergie beauftragt das Minergie-Tool weiterzuentwickeln. Durch die Weiterentwicklung sollen die Planenden für die Haupthebel der Treibhausgasemissionen in der Gebäudeerstellung sensibilisiert werden. Im Zentrum stehen dabei die Erweiterung und Validierung des Tools sowie die Festlegung eines Grenzwerts. Weiter unterstützt ZPF die Webdesigner/Entwickler bei der Umsetzung der Digitalisierung des Tools in Form einer Webversion. Hierfür wurde ncode von Seiten Minergie beauftragt.

Die Erweiterung des Minergie-Tools steht im Vordergrund. Hauptziel ist es, eine differenzierte Eingabe von unterschiedlichen Bauteilen zu ermöglichen. Basis für die Weiterentwicklung ist das bestehende Tool von Basler & Hofmann. Der Grundmechanismus bleibt hierbei bestehen, um Zeit und Ressourcen zu schonen. Der Bericht «Treibhausgasemissionen in der Gebäudeerstellung» vom 29. April 2022 sowie die beiden Excel-Dateien «Modellberechnungen» und «Minergie Tool» stehen zur Verfügung. Die Validierung des Minergie-Tools findet im Rahmen der Grenzwertfestlegung statt. Hierfür werden zur Verfügung stehende Ökobilanzen von Minergie-ECO Projekten verwendet.

Dieser Bericht ist in vier Hauptteile gegliedert. Die übergreifende zugrundeliegende Methodik wird in Kapitel 2 genauer erläutert. Die Modellberechnung, in welcher die Faktoren berechnet werden, die in das Minergie-Tool einfließen, wird in Kapitel 3 vorgestellt. Das Minergie-Tool, welches das Herzstück in der Berechnung der objektspezifischen Ökobilanz darstellt, wird in Kapitel 4 besprochen. In Kapitel 5 wird die Festlegung des Projektgrenzwerts und die Validierung besprochen. Es werden drei Varianten für den Projektgrenzwert ermittelt und vorgestellt.

2 Dem Minergie-Tool zugrundeliegende Methodik

In Kapitel 2.1 wird beschrieben, wie das Minergie-Tool und die Modellberechnung zusammenhängen und was die zugrundeliegende Methodik ist. Für die differenzierte Eingabe wurde das Gebäude in fünf Gebäudeteile aufgeteilt. In Kapitel 2.2 wird diese Aufteilung genauer beschrieben. Kapitel 2.3 wird die Neudefinition der Aufbauten von Dach, Decke, Fassade und Innenwänden beleuchtet. Die Aufbauten sind durch den Nutzer/Antragsteller im Minergie-Tool anwählbar. Die separate Auswahl der Dach-, Decken, Fassaden- und Innenwandaufbauten wird durch die Weiterentwicklung des Minergie-Tools ermöglicht. In Kapitel 2.4 wird erläutert, wie die Ökobilanz eines Dach-, Decken-, Fassaden- oder Innenwandaufbaus berechnet wird.

2.1 Übergeordnete Funktionsweise

Das Minergie-Tool ist über die Faktoren mit der Modellberechnung verknüpft (siehe grüner Bereich in Abbildung 1). Als erster Schritt findet aus diesem Grund die Berechnung der Faktoren in der Modellberechnung (blauer Teil in Abbildung 1) statt. In der Modellberechnung sind Aufbauten definiert, welche für die Ökobilanzierung verwendet werden. Weiter sind die Bauteilflächen, welche ebenfalls für die Berechnung der Ökobilanz benötigt werden, im Excel «Modellberechnung» hinterlegt. Aus den Aufbauten und den Bauteilflächen werden die Ökobilanzen für ein Gebäude berechnet. Die Bauteilflächen werden mit den dazugehörigen Aufbauten multipliziert (z. B. der Aufbau des Dachs wird mit der Bauteilfläche Dach verrechnet). Es wird die Ökobilanz für ein Modellgebäude bestimmt. Für jede der zwölf Gebäudekategorien besteht ein Modellgebäude. Neben dem Modellgebäude werden die Ökobilanzen für die Variantengebäude berechnet. Für jede Gebäudekategorie bestehen 43 Varianten. Diese 43 Varianten lassen sich fünf Übergruppen zuweisen: Kompaktheit, Fensteranteil, UG-Gestaltung, Foundation und Baugrube. Aus dem Modell- und den Variantengebäuden werden Faktoren bestimmt, welche widerspiegeln, wie stark ein Varianten- vom Modellgebäude abweicht.

Der Hauptmechanismus, welcher im Minergie-Tool stattfindet, ist im gelben Bereich der Abbildung 1 aufgeführt. Über die vom Nutzer/Antragsteller gemachten Eingaben wird das objektspezifische Gebäude abgebildet. Die Eingaben im Zusammenhang mit den Decken, Fassaden und Innenwänden werden für jede benötigte Zonen einzeln eingegeben. Es werden weitere Zonen benötigt, sobald das vom Nutzer eingegebene Gebäude mehr als einer Gebäudekategorie zugeordnet werden kann, was bei Mischnutzungen der Fall ist. Als Ergebnis wird dem Nutzer die Ökobilanz seines Gebäudes inklusive dem Projektgrenzwert ausgegeben. Die Ökobilanz des Gebäudes wird über die Faktoren bestimmt, welche über die Nutzereingaben angewählt werden. Die Faktoren sind analog den Übergruppen der 43 Varianten. Durch die Auswahl des Nutzers wird eine der Varianten als Faktor ausgewählt. Es gibt fünf Faktoren, welche unabhängig voneinander über die Nutzereingaben ausgewählt werden: Kompaktheit, Fensteranteil, UG-Gestaltung, Foundation und Baugrube. Ein Faktor wird mit dem Modellgebäude multipliziert. Danach wird das Modellgebäude subtrahiert, um die Differenz zu bestimmen. Die Differenz bildet ab, wie stark das gewählte Variantengebäude in absoluten Werten vom Modellgebäude abweicht. Dieses Vorgehen wird für alle Faktoren wiederholt. Alle Differenzen werden zur Ökobilanz des Modellgebäudes aufsummiert. Auf diese Weise setzt sich die Ökobilanz des benutzerdefinierten Gebäudes zusammen. Die vorher beschriebenen Prozesse sind grob zusammengefasst. Für genauere Informationen sind die Kapitel 3 und 4 zu konsultieren.

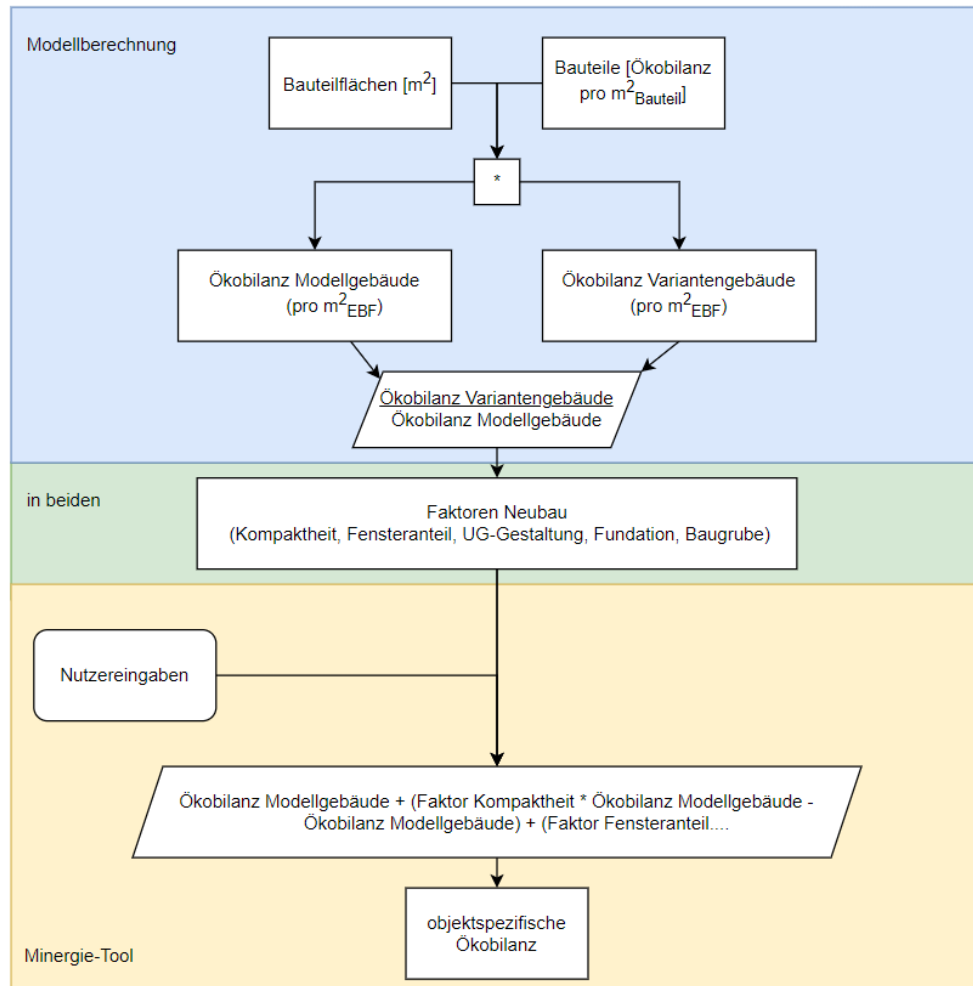


Abbildung 1: Überblick über die übergeordnete Funktionsweise

Der blaue Bereich umfasst den Hauptmechanismus in der Modellberechnung, durch welchen die Faktoren gebildet werden. Für die Bildung eines Faktors wird die Ökobilanz des Variantengebäudes durch die des Modellgebäudes geteilt. Auf diese Weise wird abgebildet, wie stark das Varianten- vom Modellgebäude abweicht. Die Ökobilanzen setzen sich aus den Bauteilflächen zusammen, welche gemeinsam ein Gebäude abbilden. Diese Bauteilflächen werden mit den dazugehörigen bauteilspezifischen Ökobilanzen multipliziert. Die Faktoren sind im grünen Bereich angesiedelt und verbinden die Modellberechnung mit dem Minergie-Tool. Die Faktoren lassen sich fünf Übergruppen zuordnen: Kompaktheit, Fensteranteil, UG-Gestaltung, Foundation und Baugrube. Der Hauptmechanismus des Minergie-Tools ist im gelben Bereich aufgeführt. Durch die Nutzereingaben werden die Faktoren angesteuert, welche für die Berechnung der objektspezifischen Ökobilanz verwendet werden. Mithilfe eines Faktors wird die Differenz zum Modellgebäude bestimmt: $\text{Modellgebäude} * \text{Faktor} - \text{Modellgebäude}$. Die Differenzen aller Faktoren, welche durch die Nutzereingaben angesteuert werden, werden zur Ökobilanz des Modellgebäudes hinzuaddiert. Auf diese Weise setzt sich die objektspezifische Ökobilanz zusammen.

2.2 Gebäudeteile und Bauteilflächen

Das Gebäude ist in fünf Gebäudeteile aufgeteilt: Gebäudebasis, Dach, Decke, Fassade und Innenwände (siehe Abbildung 2). Die Gebäudeteile setzen sich wiederum aus den Bauteilflächen zusammen. Im Fall der Gebäudebasis zählt auch die Haustechnik zum Gebäudeteil hinzu. Die verwendeten Bauteilflächen und Dimensionen wurden von Basler & Hofmann übernommen. Abbildung 3 zeigt die Abhängigkeiten zwischen den Bauteilflächen und den Dimensionen eines Gebäudes. Diese Abhängigkeiten gelten für die Modell- und Variantengebäude. Die in Abbildung 3 grau hinterlegten Felder umfassen die für die Berechnung verwendeten Bauteilflächen.

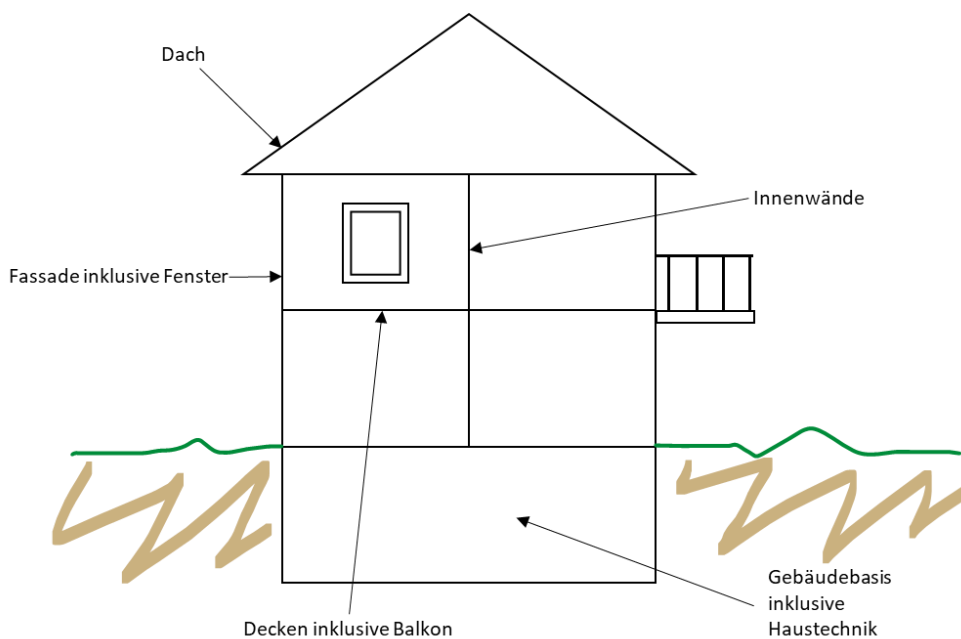


Abbildung 2: Fünf Gebäudeteile

Das Gebäude besteht aus fünf Gebäudeteilen: Gebäudebasis, Dach, Decke, Fassade und Innenwänden. Die Gebäudeteile setzen sich aus den Bauteilflächen zusammen sowie im Fall der Gebäudebasis auch aus der Haustechnik.

Gebäudebasis:

Die Gebäudebasis umfasst die Bauteile Haustechnik, Boden, Aussenwand UG, Decke UG, Boden UG, Innenwände UG, Aushub, Baugrubensicherung, Foundation. Die Haustechnik umfasst wiederum den Wärmeerzeuger, die Wärmeverteilung, die Wärmeabgabe, die Lüftung und die Sanitär- und Elektroanlagen.

Dach:

Für die Berechnung wurden die Ökobilanzen der Dachaufbauten aus dem Anhang verwendet. Die Dachaufbauten sind je nach Spannweite unterschiedlich.

Decken:

In das Gebäudeteil Decken fließen die Bauteile Decke und Balkon ein. Die Deckenaufbauten sind im Anhang zu finden und sind je nach Spannweite unterschiedlich. Der Aufbau des Bauteils Balkon ist für alle Spannweiten gleich und wurde aus der SIA 2032, Anhang D übernommen.

Fassaden:

In das Gebäudeteil Fassade fließen die opake Fassade und die Fenster ein. Die Fassadenaufbauten sind dem Anhang beigefügt und je nach Spannweite unterschiedlich. Für alle Varianten des Gebäudeteils Fassaden wurden Holz-Metall Fenster mit Dreifach-Verglasung (U-Wert: $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) angenommen.

Innenwände:

Die Innenwände bestehen aus einer Kombination einer tragenden und einer nichttragenden Wand. Der Aufbau der tragenden Wände ändert sich mit zunehmender Spannweite nicht. Die Aufbauten der Innenwände sind im Anhang beschrieben. Je nach Gebäudekategorie ist das Verhältnis zwischen tragender und nichttragender Wand unterschiedlich. Für 40 % der Innenwände wird von tragenden Wänden ausgegangen, 60 % sind nichttragende Wände. Bei den Gebäudekategorien Versammlung, Lager und Industrie ist es umgekehrt. Folgende Kombinationen von tragender und nichttragender Wand wurden angenommen: Holz-Ständer-Wand/Holz-Ständer-Wand, Massivholzbauwand/Holz-Ständer-Wand, Mauerwerkswand/Mauerwerkswand, Betonwand/Holz-Ständer-Wand, Betonwand/Mauerwerkswand, Betonwand/Betonwand, Betonwand/Leichtbauwand.

2.3 Dach-, Decken-, Fassaden- und Innenwandaufbauten

Bisher wurde der Aufbau des Gebäudes als Ganzes betrachtet. Aufgrund der Anpassungen sind differenzierte Eingaben für den Aufbau von Dach, Decke, Fassade und Innenwänden möglich. Der Nutzer hat die Möglichkeit zwischen verschiedenen Aufbauten im Minergie-Tool zu wählen. Die Dach-, Decken-, Fassaden- und Innenwandaufbauten wurden neu definiert. Details zu den Aufbauten sind im Anhang zu finden. Im Folgenden wird beschrieben, wie die Aufbauten definiert wurden. Alle in den Aufbauten verwendeten Materialien und Ökobilanzdaten stammen aus der KBOB-Liste (Liste Ökobilanzdaten im Baubereich 2009-1-2022) und sind mit der Angabe der ID-Nummer eindeutig zuweisbar. Die KBOB-Liste ist hier abrufbar: https://www.kbob.admin.ch/kbob/de/home/themen-leistungen/nachhaltiges-bauen/oekobilanzdaten_baubereich.html. Die SIA 2032 wurde für Teilkonstruktionen, welche nachfolgend erwähnt werden, verwendet.

Für alle Dachaufbauten ausser für das Stahldach mit Sandwichpaneelen wird derselbe Dachaufbau gemäss SIA 2032, Anhang D verwendet. Die Rippenkonstruktionen haben zudem einen Dachabhang gemäss SIA 2032, Anhang D. Bei der Definition der Dachaufbauten wird davon ausgegangen, dass keine REI60 (Brandschutz) Anforderungen an das Dach bestehen. Bei allen Deckentypen wird der gleiche Bodenaufbau verwendet. Für die Rippenkonstruktionen wird ein Deckenabhang gemäss SIA 2032, Anhang D in den Aufbau eingebaut. Bei den Deckenaufbauten werden die Brandschutzanforderungen REI60 berücksichtigt. Für die Ermittlung der nötigen Deckenstärken wird von Nutzung unabhängigen Nutzlasten ausgegangen. Für die Auflast werden 2.0 kN/m² angenommen. Alle Fassadenaufbauten haben den gleichen Innen- und Aussenputz sowie Farbe auf beiden Seiten. Die Innenwände haben alle auf beiden Seiten Innenputz und Farbe. Alle Innenwände bis auf die Leichtbauwand können sowohl als nichttragende und tragende Wand verwendet werden. Die Leichtbauwand kann nur als nichttragend angenommen werden.

Die Bemessungen der tragenden Elemente sind je nach Aufbau unterschiedlich. In diesen Fällen ändern sich die Bemessungen der tragenden Elemente in Abhängigkeit mit der Spannweite. Die Spannweite hat einen Einfluss auf die tragenden Elemente der Dach-, Decken und Fassadenaufbauten. In gewissen Aufbauten ändert sich die Wahl der Materialien mit zunehmender Spannweite. Bei linearen Elementen wie Stützen und Trägern wird die Stärke, Breite und der Abstand zwischen den Elementen angegeben. Als Spezialfall wird bei der Stahl-Beton-Verbunddecke die Fläche der Brandschutzverkleidung [$\frac{\text{m}^2_{\text{Brandschutzverkleidung}}}{\text{m}^2_{\text{Bauteilfläche}}}$] ausgewiesen. Im Fall von flächigen Elementen wird die Stärke angegeben. Bei Materialien, welche anhand der SIA 2032, Anhang D gewählt wurden, standen zum Teil nur die Angaben zum Gewicht pro Quadratmeter bereit. Wo Angaben zu Stärke angegeben waren, wurden die Daten ergänzt. Im Fall einer Armierung von Beton wird der Armierungsgehalt ρ [kg/m³] angegeben. Die genauen Aufbauten und die dazugehörigen Dimensionen sind dem Anhang beigelegt. Die Nummerierungen in den Abbildungen im Anhang widerspiegeln die Nummerierungen in den Tabellen mit den detaillierten Angaben zum Aufbau. Die Unterzüge der Dächer und Decken sowie die Fassadenstützen sind nicht Bestandteil der Abbildungen. Die Abbildungen liefern einen schematischen Überblick über den Aufbau der Bauteile. Die Dimensionen können somit von den Angaben in den Tabellen abweichen.

2.4 Ökobilanzierung der Aufbauten

Es wird die Ökobilanz für die Bilanzierungsgrössen Treibhausgasemissionen [kg CO₂-eq], nicht erneuerbare Primärenergie (Graue Energie) [kWh oil-eq] und gespeicherter Kohlenstoff [kg C] berechnet. Die zu den Materialien zugehörigen Bilanzierungsgrössen werden mithilfe ihrer ID in der KBOB-Liste aufgerufen. Die aufgerufenen Grössen beziehen sich auf ein Kilogramm Material. Als Ausnahme stehen die Materialien Farbe, Bitumenemulsion und Parkett, welche als Bezugsgrösse Quadratmeter haben. Formel a) beschreibt die Berechnung im Fall, dass die Bezugsgrösse Kilogramm ist. Formel b) steht für die Verrechnung im Fall einer Materialwahl von Farbe, Bitumenemulsion oder Parkett. In beiden Fällen erfolgt eine Division durch die Amortisationszeit des Materials. Die Amortisationszeit wird anhand der SIA 2032, Anhang C gewählt. Tragenden Elemente, welche zur Konstruktion des Gebäudes zählen, haben aus diesem Grund eine Amortisationszeit von 60 Jahren. In einem letzten Schritt werden die Material-Ökobilanzen pro Quadratmeter zu Bauteilen (genauer Aufbau siehe Anhang) aufsummiert. Die Ökobilanzwerte der Dach-, Decken-, Fassaden und Innenwandaufbauten sind in Tabelle 68 im Anhang zu finden.

- a) Ökobilanz Material pro Quadratmeter = Gewicht Material [kg] * Bilanzierungsgrösse pro kg / Amortisationszeit Material [a]

- b) Ökobilanz Material pro Quadratmeter = Bilanzierungsgrösse pro m² / Amortisationszeit Material [a]

3 Modellberechnung für die Faktorisierung

In der Modellberechnung werden die Faktoren generiert, die später im Minergie-Tool verwendet werden. Die Faktoren bilden ab, wie stark ein Variantengebäude vom Modellgebäude abweicht. Die Funktionsweise der Faktorisierung wird in 3.1 vorgestellt. Die Modell- und Variantengebäude werden für die Bildung der Faktoren benötigt. Die Definitionen zu den Modell- und Variantengebäude sind in Kapitel 3.2 aufgeführt. In Kapitel 3.3 wird darauf eingegangen, wie sich die Möglichkeit einer differenzierten Eingabe von Dach-, Decken-, Fassaden- und Innenwandaufbauten auf die Faktorisierung auswirkt.

3.1 Funktionsweise der Faktorisierung in der Modellberechnung

Innerhalb der Modellberechnung werden die Faktoren und Grundlagendaten bestimmt, welche in das Minergie-Tool einfließen. Die Faktoren werden für die Bilanzierungsgrößen Treibhausgasemissionen (THG), nicht erneuerbare Primärenergie (Graue Energie) und Kohlenstoffspeicherung ausgegeben. In den zwei untenstehenden Formeln ist die generelle Funktionsweise der Faktorberechnung aufgeführt. Als Erstes wird die Ökobilanz, welche pro Quadratmeter Energiebezugsfläche (EBF) ausgewiesen wird, berechnet. Die Ökobilanz wird einzeln für das Modellgebäude wie auch für die Variantengebäude berechnet. Die Bauteilflächen, welche mit dem dazugehörigen Aufbau multipliziert werden, setzen sich in ihrer Summe zum Modell- oder Variantengebäude zusammen. Die Ökobilanzen der Bauteile werden in Kapitel 2.4 besprochen. Die Dach-, Decken-, Fassaden und Innenwandaufbauten sind dem Anhang beigelegt.

Ökobilanz Gebäude (Modell-/Variantengebäude) [pro m² EBF] = \sum Ökobilanzen Bauteile [pro m² Bauteil] * Bauteilflächen [m²] / Energiebezugsfläche [m²]

Die Ökobilanzen werden zum einen für das Modellgebäude und für alle Variantengebäude berechnet. Ein Variantengebäude kann nur mit dem Modellgebäude der gleichen Gebäudekategorie verrechnet werden. Für die Bestimmung der Faktoren wird folgende Division verwendet:

Faktor = Ökobilanz Variantengebäude [pro m² EBF] / Ökobilanz Modellgebäude [pro m² EBF]

3.2 Modellgebäude und Variantengebäude

Für jede der zwölf Gebäudekategorien existiert ein Modellgebäude, von dem die Ökobilanz für alle drei Bilanzierungsgrößen pro Quadratmeter Energiebezugsfläche berechnet wird. Pro Gebäudekategorie gibt es somit ein Modellgebäude. Die Modellgebäude wurden unverändert von Basler & Hofmann übernommen. Im Bericht «Treibhausgasemissionen in der Gebäudeerstellung» vom 29. April 2022 wird genauer auf die Modellgebäude eingegangen. Die Modellgebäude basieren auf den Aufbauten, welche von Basler & Hofmann konstruiert wurden (siehe Anhang), sowie den von ihnen festgelegten Bauteilflächen. Die festgelegten Bauteilflächen der Modellgebäude sind dem Anhang beigefügt. Die Aufbauten der Bauteile und die Bauteilflächen unterscheiden sich je nach Gebäudekategorie. Für ein MFH wird ein Massivdach angenommen, bei einem Hallenbad wird jedoch von einem Stahldach ausgegangen. Das Modellgebäude gibt ein «Standardgebäude» für die jeweilige Gebäudekategorie wieder.

Ein Variantengebäude unterscheidet sich über mehrere Indikatoren vom Modellgebäude. Ein Variantengebäude ist über die Gebäudekategorie, die Variante, den Aufbau und die Spannweite definiert. Tabelle 1 zeigt schematisch, wie sich Gebäudekategorie «x», Aufbau «x», Variante «x» und Spannweite «x» zu einem Variantengebäude «xxxx» zusammensetzen. Die Begriffe Variantengebäude und Variante können nicht deckungsgleich verwendet werden. Wie bereits erklärt, ist ein Variantengebäude über mehrere Indikatoren definiert, von welchen die Variante eine davon darstellt. Die Indikatoren werden in den folgenden Abschnitten genauer betrachtet.

Tabelle 1: Einflussvariablen auf Variantengebäude

Ein Variantengebäude wird durch mehrere Einflussvariablen definiert. Es ist über eine Kombination aus Gebäudekategorie, Aufbau, Spannweite und Variante definiert. Somit setzt es sich zum Variantengebäude xxxx zusammen wie beispielsweise zu Variantengebäude MFHX1a.

Gebäudekategorie	Aufbau (X, Y)	Variante (1, 2)	Spannweite (a, b)	
			Spannweite a	Spannweite b
MFH	Aufbau X	Variante 1	Variantengebäude MFHX1a	Variantengebäude MFHX1b
		Variante 2	Variantengebäude MFHX2a	Variantengebäude MFHX2b
	Aufbau Y	Variante 1	Variantengebäude MFHY1a	Variantengebäude MFHY1b
		Variante 2	Variantengebäude MFHY2a	Variantengebäude MFHY2b

Für jede der zwölf Gebäudekategorien gibt es 43 Varianten, siehe dazu Tabelle 2. Die Varianten unterscheiden sich über die Bauteilflächen voneinander. Die 43 Varianten lassen sich fünf Übergruppen zuordnen: Kompaktheit, Fensteranteil, UG- Gestaltung, Foundation und Baugrube. Die Varianten, welche zu Fensteranteil, UG-Gestaltung, Foundation und Baugrube zählen, sind für alle Gebäudekategorien gleich. Die den Kompaktheitsvarianten zugrundeliegenden Gebäudehüllzahlen (A_{th}/A_E) unterscheiden sich zwischen den Gebäudekategorien (siehe Tabelle 3).

Die Spannweiten umfassen für die Gebäudeteile Gebäudebasis, Decke, Fassade und Innenwände sechs Kategorien. Für das Gebäudeteil Dach bestehen 16 Kategorien. Die 16 Spannweitenkategorien, welche für das Dach verwendet werden, sind für alle Gebäudekategorien dieselben. Die kleinste Spannweitenkategorie startet bei ≤ 4 Metern, die grösste liegt bei >35 Metern. Nicht alle 16 Spannweitenkategorien sind für jeden Dachaufbau technisch machbar. Im Kapitel 4 wird genau beschrieben, für welchen Dachaufbau welche Spannweite baulich umsetzbar ist. Die Spannweitenkategorien 1 bis 6 haben je nach

Gebäudekategorie unterschiedliche zugrundeliegende Spannweiten, siehe Tabelle 2. Die sechs Spannweitenkategorien können zwischen ≤ 4 Metern und >35 Metern liegen. Die Zuordnung der äquivalenten Spannweiten in Abhängigkeit von der Gebäudenutzungskategorie wird auf Basis eines Vergleichs der Traglast und Gebrauchstauglichkeitslasten gemacht und ist aufgrund des Eigengewichtsanteils vom Baumaterial abhängig. Für eine Wohnnutzung (EFH, MFH) wird von 2 kN/m^2 ausgegangen. Für Verwaltung, Schule, Restaurant und Spital werden 3 kN/m^2 angenommen. Die Gebäudekategorien Verkauf, Versammlung und Sportbau sowie Hallenbad haben eine Nutzlast von 5 kN/m^2 . Für Industrie sowie Lager wird von 7.5 kN/m^2 ausgegangen. Je nach Decken- oder Fassadenaufbau ist nicht jede Spannweite technisch umsetzbar. In Kapitel 4 wird detailliert aufgezeigt, welche Möglichkeiten für welches Bauteil bestehen. Die Aufbauten und deren Dimensionen sind im Anhang beschrieben. Einen Überblick über die Ökobilanzwerte der Dach-, Decke-, Fassaden- und Innenwandaufbauten gibt Tabelle 68 im Anhang.

Tabelle 2: Spannweiten und Nutzlastenordnung

Die vom Nutzer/Antragsteller wählbaren Spannweiten sind abhängig von der Gebäudekategorie. Die Zuordnung der Spannweiten in Abhängigkeit von der Gebäudekategorie erfolgt anhand des Vergleichs der Traglast und Gebrauchstauglichkeitslasten.

Spannweite [m]	Anwendungsbereich und zugehörige Nutzlast [kN/m ²]												Nutzlast [kN/m ²]	
	2.0	2.0	3.0	3.0	5.0	3.0	5.0	3.0	7.5	7.5	5.0	5.0		
≤ 4														2.0
4 - 5														2.0
5 - 6	MFH	EFH												2.0
6 - 7								Spital						3.0
7 - 8			Verwaltung	Schule	Verkauf	Restaurant								3.0
8 - 9														3.0
9 - 10														5.0
10 - 12														5.0
12 - 14								Versammlung						5.0
14 - 16														5.0
16 - 18									Industrie	Lager				5.0
18 - 20														5.0
20 - 25												Sportbau	Hallenbad	5.0
25 - 30														5.0
30 - 35														5.0
>35														5.0

Tabelle 3: Die 43 Varianten

Pro Gebäudekategorie gibt es 43 Varianten. Die 43 Varianten lassen sich fünf Übergruppen zuordnen: Kompaktheit, Fensteranteil, UG- Gestaltung, Fundation und Baugrube. Die Varianten, welche zu Fensteranteil, UG-Gestaltung, Fundation und Baugrube zählen, sind für alle Gebäudekategorien gleich. Die den Kompaktheitsvarianten zugrundeliegenden Gebäudehüllzahlen (A_{th}/A_E) unterscheiden sich bei den Gebäudekategorien.

Nr.	Alle 12 Gebäudekategorien	MFH, Verwaltung, Schule, Verkauf, Spital, Industrie, Lager, Sportbau	EFH	Restaurant, Hallenbad	Versammlung
Kompaktheit					
		A_{th}/A_E	A_{th}/A_E	A_{th}/A_E	A_{th}/A_E
1		0.5	1.4	0.7	1
2		0.6	1.5	0.8	1.1
3		0.7	1.6	0.9	1.2
4		0.8	1.7	1	1.3
5		0.9	1.8	1.2	1.4
6		1	1.9	1.4	1.5
7		1.2	2.0	1.6	1.6
8		1.4	2.1	1.8	1.7
9		1.6	2.2	2.0	1.8
10		1.8	2.3	2.2	1.9
11		2.0	2.4	2.4	2
12		2.5	2.5	> 2.6	2.5
Fensteranteil					
13	0 %				
14	10 %				
15	20 %				
16	30 %				
17	40 %				
18	50 %				
19	60 %				
20	70 %				
21	80 %				
22	90 %				
23	100 %				
UG-Gestaltung					
24	kein UG vorhanden				
25	UG: 50 % der GGF				
26	UG: 80 % der GGF				
27	UG vollständig innerhalb GGF				
28	UG 1.5-mal so gross wie GGF				
29	UG doppelt so gross wie GGF				
30	UG vollständig innerhalb GGF mit 2. UG				
31	UG 1.5-mal so gross wie GGF mit 2. UG				
32	UG doppelt so gross wie GGF mit 2. UG				
Fundation					
33	Flachfundation				
34	Mikrobohrpfahl				
35	Ortbetonpfahl				
36	Rüttelstopfsäule				
37	Vorgefertigter Betonpfahl				
Baugrube					
38	Böschung				
39	Bohrpfahlwand				
40	Nagelwand				
41	Rühlwand				
42	Schlitzwand				
43	Spundwand				

3.3 Faktorisierung und Aufgliederung in die fünf Gebäudeteile

Im Ausgangsmodell von Basler & Hofmann wurden die Faktoren für das gesamte Gebäude berechnet. Durch die differenzierte Eingabe von Dach-, Decken-, Fassaden- und Innenwandaufbauten durch den Nutzer/Antragsteller findet die Berechnung eines Teils der Faktoren aufgeteilt in die fünf Gebäudeteile statt. Diese Aufteilung betrifft die Variantengebäude, welche durch die Varianten Kompaktheiten und Fensteranteile definiert sind (siehe hellgrauer Bereich in Tabelle 4). Die Variantengebäude, welche zur Variante Kompaktheit gehören, unterscheiden sich für alle fünf Gebäudeteile bei den Bauteilflächen vom Modellgebäude. Die vom Nutzer wählbaren Aufbauten für die Gebäudeteile Dach, Decken, Fassaden und Innenwände unterscheiden sich ebenfalls von den Aufbauten, welche den Modellgebäuden zugrunde liegen. Aus diesem Grund müssen für alle fünf Gebäudeteile die Faktoren Kompaktheit bestimmt werden. Die Faktoren der Varianten Fensteranteile werden für alle Bauteile bis auf die Gebäudebasis berechnet, da sich in diesem Fall das Modellgebäude mit den Variantengebäuden deckt. Grund dafür ist, dass alle Bauteilflächen und Aufbauten der Gebäudebasis dieselben sind, welche auch im Modellgebäude vorkommen. Die resultierenden Faktoren sind in diesem Fall alle 1 und haben keinen Einfluss auf die objektspezifische Ökobilanz. Für die anderen vier Gebäudeteile unterscheiden sich die Aufbauten jedoch vom Modellgebäude und die Faktoren müssen für diese vier Gebäudeteile einzeln ausgewiesen werden.

Die Faktoren für die Varianten UG-Gestaltung, Foundation und Baugrube werden ohne Änderungen wie im Ausgangsmodell von Basler & Hofmann ermittelt (siehe dunkelgrauer Bereich in Tabelle 4). Es wird keine Aufteilung zwischen den Gebäudeteilen vorgenommen. Bei diesen Variantengebäuden ändern sich nur die Bauteilflächen, welche im Fall der UG-Gestaltung mit dem Untergeschoss (UG-Bauteile, Aushub und Baugrubensicherung) zu tun haben. Im Fall der Foundation, ändert sich nur die Art der Foundation mit dazugehöriger Ökobilanz. Die Bauteilfläche der Foundation ändert sich zum Modellgebäude für alle Foundationsvarianten ausser für die Flachfoundation, ansonsten sind alle Bauteilflächen der Variantengebäude Foundation gleich dem Modellgebäude. Die Flachfoundation trägt im Modellgebäude sowie bei der Variante «Flachfoundation» nicht zur Ökobilanz bei, da diese 0 ist. Bei der Baugrube verhält es sich gleich, es ändert sich nur die Art der Baugrube. Die Böschung trägt im Modellgebäude sowie bei der Variante «Böschung» nicht zur Ökobilanz bei, da diese 0 ist. Wird gegenüber dem Modellgebäude eine andere Böschung gewählt, führt das zu einem Faktor grösser 1.

Tabelle 4: Aufteilung Faktoren auf Gebäudeteile

Von der Aufteilung in fünf Gebäudeteile aufgrund der Ermöglichung einer differenzierten Eingabe sind die Faktoren Kompaktheit und Fensteranteil betroffen. Im Fall der Faktoren Fensteranteil für den Gebäudeteil Gebäudebasis werden keine Faktoren ausgegeben, da die Variantengebäude dem Modellgebäude entsprechen. Die Faktoren haben somit keinen Einfluss auf die Berechnung der objektspezifischen Ökobilanz. Der hellgraue Bereich stellt diese Aufteilung dar, im dunkelgrauen Bereich findet keine Aufteilung statt.

Variante	Dach	Decke	Fassade	Innenwände	Gebäudebasis
Kompaktheit					
Fensteranteil					
UG-Gestaltung					
Foundation					
Baugrube					

4 Minergie-Tool: Objektspezifische Berechnung

Die Berechnung der objektspezifischen Ökobilanz wird in Kapitel 4.1 vorgestellt. Für die Berechnung werden die Faktoren und die Modell-Ökobilanzen benötigt, welche in Kapitel 4.2 beschrieben werden. Die objektspezifische Ökobilanz wird über die Eingaben des Nutzers respektive des Antragstellers berechnet. Die Nutzereingaben bestimmen, welche Faktoren angesteuert werden. Alle Eingaben, welche für die Berechnung relevant sind, sind in Kapitel 4.3 aufgeführt.

4.1 Berechnung objektspezifische Ökobilanz

Die Ökobilanzen werden für die drei Bilanzierungsgrößen berechnet. Die Modellökobilanzen werden anhand der Nutzereingabe «Gebäudekategorie» aufgerufen. Die Faktoren werden aufgrund der vom Nutzer gemachten Eingaben aufgerufen. Die Ökobilanzen werden für die Variante Neubau, Neubau auf bestehendem UG und Auskernung berechnet. Im Grundsatz wird immer die Differenz vom Varianten-Gebäude zum Modellgebäude berechnet (Modellökobilanz * Faktor X - Modellökobilanz). Die Differenzen von allen Faktoren werden in einem nächsten Schritt zur Modellökobilanz vom gesamten Gebäude aufsummiert. Im Fall eines bestehenden Rohbaus wird zum Faktor noch ein zusätzlicher Faktor mit der Modellökobilanz multipliziert, welcher widerspiegelt, um wie viel besser eine Sanierung eines Bauteils im Vergleich zu einem Neubau ist. Die drei nachfolgenden Formeln bilden die Berechnungen im Grundsatz ab. Es sind nur die Faktoren aufgeführt, welche in der Berechnung verwendet werden. Für jeden Faktor wird die Differenz bestimmt, wie bereits oben beschrieben wurde. Dies wird in den untenstehenden Formeln jedoch nicht separat ausgewiesen. Die genauen Berechnungen sind dem Anhang beigefügt. Im Fall der Ökobilanz «Neubau auf bestehendem UG» und «Auskernung» ist die Wahl der Faktoren UG-Gestaltung, Foundation und Baugrube bereits vorgegeben und kann nicht vom Nutzer/Antragsteller beeinflusst werden. Aus diesem Grund steht hinter dem Namen des Faktors die vorgetroffene Wahl der Variante des Faktors. Beispielsweise «kein UG» beim Faktor UG-Gestaltung. Die Faktoren Gebäudebasis Kompaktheit sind für den Neubau auf bestehenden UG und Auskernung andere als für den Neubau, da sie nur die Bauteile der Gebäudebasis berücksichtigen, welche bei einer Wiederverwendung ersetzt werden.

Ökobilanz Neubau = Summe Modellökobilanzen aller fünf Gebäudeteile + Gebäudebasis Kompaktheit + Dach Kompaktheit + Dach Fensteranteil + Decke Kompaktheit + Decke Fensteranteil + Fassade Kompaktheit + Fassade Fensteranteil + Innenwand Kompaktheit + Innenwand Fensteranteil + UG-Gestaltung + Foundation + Baugrube + Deckeneinlage

Ökobilanz Neubau auf bestehendem UG = Summe Modellökobilanzen aller fünf Gebäudeteile + Gebäudebasis Kompaktheit + Dach Kompaktheit + Dach Fensteranteil + Decke Kompaktheit + Decke Fensteranteil + Fassade Kompaktheit + Fassade Fensteranteil + Innenwand Kompaktheit + Innenwand Fensteranteil + UG-Gestaltung «kein UG» + Foundation «Flachfoundation» + Baugrube «Böschung» + Deckeneinlage

Ökobilanz Auskernung = Ökobilanz Neubau auf bestehendem UG mit zwei Abweichungen. Die Deckeneinlage wird nicht berücksichtigt. Die Faktoren, welche zu den Gebäudeteilen Dach, Decke, Fassade und Innenwand gehören, werden mit einem weiteren Faktor multipliziert, welcher abbildet, um wie viel besser eine Wiederverwendung des Rohbaus im Vergleich zu einem kompletten Neubau ist.

Die Ökobilanzen der PV-Anlage und der Erdsonde werden separat berechnet. Sie werden für die Bilanzierungsgrössen Treibhausgasemissionen und nicht erneuerbare Primärenergie bestimmt. Bei der Bilanzierungsgrösse Kohlenstoffspeicherung wird die Ökobilanz der PV-Anlage und der Erdwärmesonde weggelassen (keine C-Speicherung vorhanden). Für die Berechnung der Ökobilanz der PV-Anlage ist die installierte Leistung, welche vom Nutzer eingegeben wird, relevant. Wird keine Anlage installiert, ist die Bilanz Null. Als Lebensdauer wird 30 Jahre angenommen. Die Ökobilanz pro Kilowatt (kW) stammt aus der KBOB-Liste (ID 34.024). Die Summe EBF umfasst die Energiebezugsflächen aller Zonen.

Ökobilanz PV-Anlage = (Installierte Leistung PV [kW] * Ökobilanz PV pro kW) / (Lebensdauer PV [a] * Summe EBF [m²])

Die Länge der Erdwärmesonde wird berechnet, wenn ein Wärmeerzeuger mit Erdwärmesonde ausgewählt wurde. Die Länge wird über die Nutzereingaben zum Nutzungsgrad / JAZ und den effektiven Heizwärmebedarf mit Lüftungsanlage (Q_{h,eff}) [kWh/m²] berechnet. Weiter hat die Wahl mit oder ohne Warmwasser einen Einfluss. Falls von Nutzer die Länge der Erdwärmesonde angegeben wurde, wird diese in der Berechnung der Ökobilanz verwendet. Es wird von einer Lebensdauer von 50 Jahren ausgegangen. Die Ökobilanz pro Laufmeter stammt aus der KBOB-Liste (ID 31.016).

Ökobilanz Erdwärmesonde = (Länge Erdwärmesonde [m] * Ökobilanz Erdwärmesonde pro Laufmeter) / (Lebensdauer Erdwärmesonde [a] * Summe EBF [m²])

In einem letzten Schritt werden die Ökobilanzen des Gebäudes, der PV-Anlage und der Erdwärmesonde zusammengerechnet. Die Funktionsweise ist für Neubau, Neubau auf bestehendem UG und Auskernung gleich. An den Nutzer/Antragsteller wird nur ein Resultat ausgegeben, welches von der Nutzereingabe «Wiederverwendung» abhängt:

Berechneter Wert = (Ökobilanz Zone 1 * EBF Zone 1 + Ökobilanz Zone 2 * EBF Zone 2 + Ökobilanz Zone 3 * EBF Zone 3 + Ökobilanz Zone 4 * EBF Zone 4) / Summe EBF + Ökobilanz PV-Anlage + Ökobilanz Erdwärmesonde

Die Ergebnisse werden pro Quadratmeter Energiebezugsfläche ausgegeben. Die Grenzwerte vom Minergie Eco-Tool werden zukünftig nicht mehr an die Nutzer/Antragsteller ausgegeben.

- Projektgrenzwert Erstellung Minergie Treibhausgasemissionen (THG) [kg CO₂-eq/m²]
- Berechneter Wert Treibhausgasemissionen (THG) [kg CO₂-eq/m²]
- Berechneter Wert nicht erneuerbare Primärenergie (Graue Energie) [kWh oil-eq/m²]
- Berechneter Wert Kohlenstoffspeicherung [kg C/m²]
- Grenzwert 1 Minergie Eco-Tool Treibhausgasemissionen (THG) [kg CO₂-eq/m²]
- Grenzwert 1 Minergie Eco-Tool nicht erneuerbare Primärenergie (Graue Energie) [kWh oil-eq/m²]
- Grenzwert 2 Minergie Eco-Tool Treibhausgasemissionen (THG) [kg CO₂-eq/m²]
- Grenzwert 2 Minergie Eco-Tool nicht erneuerbare Primärenergie (Graue Energie) [kWh oil-eq/m²]

4.2 Faktoren und Modell-Ökobilanzen

Für die Berechnung der Ökobilanz werden Faktoren benötigt, welche widerspiegeln wie stark eine Variante vom Modellgebäude abweicht. Die Faktoren können fünf Übergruppen zugeteilt werden, welche sich mit denen aus der Modellberechnung decken: Kompaktheit, Fensteranteil, UG-Gestaltung, Foundation und Baugrube. Der Faktor Deckeneinlage gehört zu keiner dieser Übergruppen und stellt einen Spezialfall dar, der zu einem späteren Zeitpunkt noch genauer betrachtet wird. Je nach Faktor sind verschiedene Eingabevariablen relevant, welche vom Nutzer definiert werden. Übergreifend ist bei der Auswahl aller Faktoren die Spannweiten-Kategorie und die Gebäudekategorie relevant. Für alle Faktoren, bis auf Dach Kompaktheit und Dach Fensteranteil, sind die Spannweitenkategorien 1 bis 6 relevant. Bei den Faktoren bezogen auf das Dach sind die Spannweitenkategorien 1 bis 16 relevant. Je nach Faktor sind noch weitere Eingabedaten für die Auswahl relevant:

- Gebäudebasis Kompaktheit: Zuordnung der Kompaktheit (1-12)
- Dach Kompaktheit: Zuordnung der Kompaktheit (1-12), Dachaufbau
- Decke Kompaktheit: Zuordnung der Kompaktheit (1-12), Deckenaufbau
- Innenwände Kompaktheit: Zuordnung der Kompaktheit (1-12), Wandaufbau
- Fassade Kompaktheit: Zuordnung der Kompaktheit (1-12), Fassadenaufbau
- Dach Fenster: Fensteranteil (0 % -100 %), Dachaufbau
- Decke Fenster: Fensteranteil (0 % -100 %), Deckenaufbau
- Innenwände Fenster: Fensteranteil (0 % -100 %), Wandaufbau
- Fassade Fenster: Fensteranteil (0 % -100 %), Fassadenaufbau
- UG: UG-Gestaltung
- Foundation: Wahl der Foundation
- Baugrube: Wahl der Baugrube
- Deckeneinlage: Deckeneinlage (Ja/Nein), Deckenaufbau

In Abbildung 4 ist der Einfluss der Eingabevariablen auf die Faktoren verbildlicht. Im linken Teil der Abbildung stehen alle Eingabevariablen, welche der Nutzer eingibt. Auf der rechten Seite steht die Legende mit allen Faktoren, welche für die Berechnung der Ökobilanz benötigt werden. Jeder Faktor hat eine spezifische Farbe. Als Beispiel sind für den Faktor «Gebäudebasis Kompaktheit» die Variablen Gebäudekategorie, Spannweite und Kompaktheit für die Ansteuerung des Faktors und dessen Wert relevant. Für den Faktor «Dach Kompaktheit» kommt zusätzlich die Variable Dachaufbau hinzu.

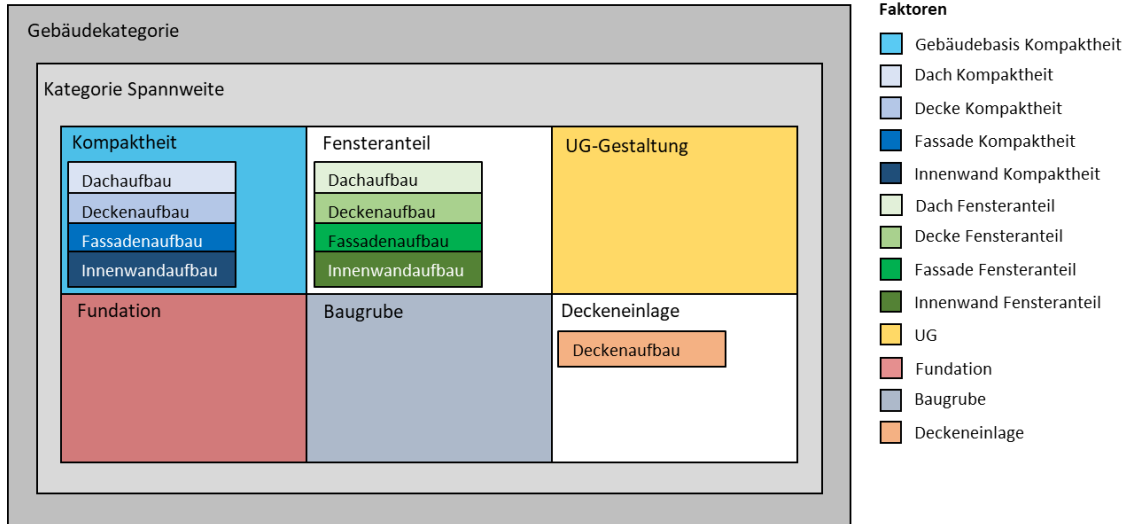


Abbildung 4: Eingabevariablen und deren Einfluss auf die Faktorauswahl

Im linken Teil der Abbildung sind alle Eingabevariablen namentlich erwähnt, welche einen Einfluss auf die Ansteuerung eines Faktors haben. Im rechten Teil sind alle Faktoren aufgeführt, welche im Minergie-Tool für die Berechnung der objektspezifischen Ökobilanz benötigt werden. Jeder Faktor erhält eine spezifische Farbe. Die Eingabevariablen, welche einen Faktor beeinflussen, sind von aussen nach innen aus der Abbildung auszulesen. Beispielsweise wird der Faktor Dach Kompaktheit von der Eingabevariable Gebäudekategorie, Kategorie Spannweite, Kompaktheit und Dachaufbau beeinflusst.

Die Zuordnung Spannweitenkategorien für die Decken sind in Tabelle 8 angegeben. Die in den Kategorien 1 bis 6 hinterlegten Spannweiten unterscheiden sich je nach Gebäudekategorie. Die Spannweitenkategorien für das Dach reichen von 1 bis 16 und sind in Kapitel 4.3 ausgewiesen. In Tabelle 3 ist die Zuweisung der Kompaktheiten zu einer Kategorie (1 bis 12) aufgeführt, diese unterscheidet sich zwischen den Gebäudekategorien. Im Fall einer Deckeneinlage für die Haustechnik wird von einer um eins höheren Decken-Spannweitenkategorie ausgegangen als für jene, welche ursprünglich vom Nutzer ausgewählt wurde. Diese Tatsache wird über einen separaten Faktor abgebildet. Dieser Faktor bildet ab, um wie viel die Ökobilanz des Deckenaufbaus abweicht, wenn eine Spannweite angenommen wird, welche um eins höher ist als die vom Nutzer Eingebene. Der Faktor Deckeneinlage ist neben der Spannweite auch vom Deckenaufbau abhängig.

Wird bei «Einsatz von CO₂-angereichertem Beton» als Nutzereingabe «Ja» angegeben, werden andere Faktoren für die Bilanzierungsgrösse «Kohlenstoffspeicherung» angesteuert. Dies Faktoren berücksichtigen die Verbesserung der Kohlenstoffspeicherung durch die Verwendung von CO₂-angereichertem Beton. Im Fall eines bestehenden Rohbaus werden für die Gebäudeteile Dach, Decken, Fassaden und Innenwände weitere Faktoren aufgerufen, welche abbilden, um wie viel besser eine Sanierung im Gegensatz zu einem Neubau ist. Diese Faktoren werden anhand der Spannweitenkategorie und des Aufbaus des entsprechenden Gebäudeteils vorgenommen.

Für die Berechnung der Ökobilanz wird neben den Faktoren die Ökobilanz des Modellgebäudes benötigt. Die Ökobilanzen der Modellgebäude wurden von Basler & Hofmann übernommen und sind pro Quadratmeter EBF angegeben. Wie auch bei den Faktoren erfolgte eine Aufteilung in die fünf Gebäudeteile. Für jede Gebäudekategorie besteht ein Modellgebäude mit einer Ökobilanz.

4.3 Eingaben durch den Nutzer/Antragsteller

Für die Berechnung der objektspezifischen Ökobilanz werden Eingaben von Seiten des Nutzers/Antragstellers benötigt. Ein Teil der Eingaben erfolgt bereits im Minergie-Nachweis. Bei den Eingaben im Minergie-Nachweis sowie auch im Minergie-Tool gibt es einmaligen Eingaben sowie Eingaben für jede Zone. Tabelle 5 behandelt die einmaligen Eingaben, Tabelle 7 die Eingaben pro Zone. Nachfolgend sind die Eingaben aufgeführt, welche im Minergie-Nachweis einmalig eingegeben werden:

- Klimastation
- Installierte Leistung PV [kWp]
- Wärmeerzeuger (A-D) (nur Nutzung Wärmepumpe mit Erdwärmesonde relevant für die Berechnung der Ökobilanz)
- Nutzungsgrad/JAZ (zu jedem Wärmeerzeuger zugehörig)
- Deckungsgrad [%] (Heizung/Warmwasser, zu jedem Wärmeerzeuger zugehörig)
- Aufsummierte Länge aller Erdwärmesonden [m] (zu jedem Wärmeerzeuger mit Erdwärmesonde zugehörig)

Hier folgen die Eingaben, welche im Minergie-Nachweis für jede Zone eingegeben werden:

- Gebäudekategorie (12 Auswahlmöglichkeiten, siehe Tabelle 2)
- Mit Warmwasser? (je nach Kategorie Ja und Nein als Auswahl, manchmal nur eine Auswahl möglich)
- Energiebezugsfläche EBF (A_E) [m^2]
- Neubau
 - Ja
 - Nein
- Gebäudehüllzahl (A_{th}/A_E): Zuweisung in Kategorien siehe Tabelle 3.
- Effektiver Heizwärmebedarf mit Lüftungsanlage ($Q_{h,eff}$) [kWh/m^2]

Tabelle 5: Einmalige Eingaben

Auflistung der Eingaben, welche einmalig durch den Nutzer/Antragsteller eingegeben werden müssen. Die mittlere Spalte zeigt die Auswahlmöglichkeiten auf. Rechts davon stehen die Darstellung, welche mit den Auswahlen verknüpft sind.

Eingabe Minergie-Tool	Auswahlmöglichkeiten	Darstellungen
Geschossfläche (GF) [m ²]	Eingabe Zahlenwert (muss grösser als Summe der Energiebezugsflächen sein)	
Wiederverwendung	Neubau Neubau auf bestehendem UG Auskernung	
Baugrube	Böschung Bohrpfahlwand Nagelwand Rühlwand Schlitzwand Spundwand	
Fundation	Flachfundation Mikrobohrpfahl Ortbetonpfahl Rüttelstopfsäule Vorgefertigter Betonpfahl	
UG-Gestaltung	kein UG vorhanden UG: 50 % der Gebäudegrundfläche (GGF) UG: 80 % der GGF UG vollständig innerhalb GGF UG 1.5-mal so gross wie GGF UG doppelt so gross wie GGF UG vollständig innerhalb GGF mit 2. UG UG 1.5-mal so gross wie GGF mit 2. UG UG doppelt so gross wie GGF mit 2. UG	Abbildung 5
Einlage Haustechnik in Decke	Ja Nein	
Einsatz von CO ₂ -angereichertem Beton	Ja Nein	
Spannweite für die Tragstruktur des Daches	≤ 4 m (Spannweitenkategorie 1) 4-5 m (Spannweitenkategorie 2) 5-6 m (Spannweitenkategorie 3) 6-7 m (Spannweitenkategorie 4) 7-8 m (Spannweitenkategorie 5) 8-9 m (Spannweitenkategorie 6) 9-10 m (Spannweitenkategorie 7) 10-12 m (Spannweitenkategorie 8) 12-14 m (Spannweitenkategorie 9) 14-16 m (Spannweitenkategorie 10) 16-18 m (Spannweitenkategorie 11) 18-20 m (Spannweitenkategorie 12) 20-25 m (Spannweitenkategorie 13) 25-30 m (Spannweitenkategorie 14) 30-35 m (Spannweitenkategorie 15) > 35 m (Spannweitenkategorie 16)	
Dachaufbaus je nach gewählter Dachspannweite möglich		Tabelle 6

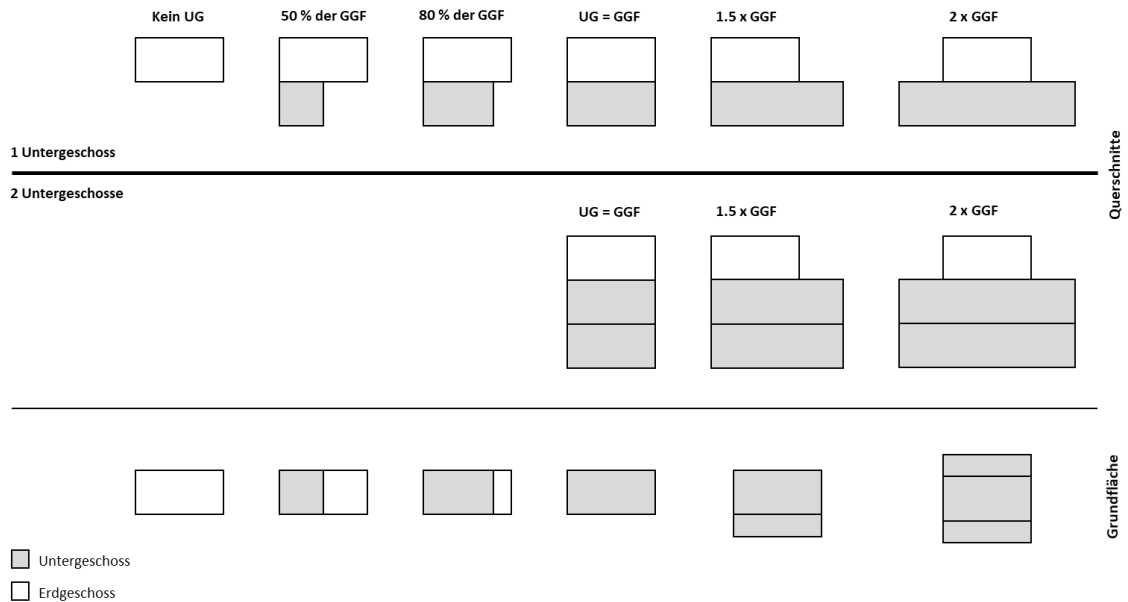


Abbildung 5: Auswahl Gestaltung Untergeschoss

Die oberste Zeile bildet die Auswahlmöglichkeiten ab, welche für ein Untergeschoss verfügbar sind. In der zweiten Zeile sind die Wahlmöglichkeiten im Fall eines zweiten Untergeschosses abgebildet. In den ersten beiden Zeilen sind Querschnitte eines schematischen Gebäudes erfasst, wobei der graue Bereich das Gebäude unter dem Terrain darstellt. Der weisse Bereich zeigt den Bereich über dem Terrain. In der dritten Zeile ist die Grundfläche schematisch abgebildet. Die Grundfläche ändert sich zwischen den Varianten mit einem Untergeschoss zu einem Zweiten nicht. Bei der Grundfläche wird das Gebäude von unten her betrachtet. Falls die gesamte Grundfläche grau ist, ist das Untergeschoss gleich gross respektive grösser als die Grundfläche des Gebäudes.

Tabelle 6: Auswahl Dachaufbauten abhängig von der Spannweite

Mit zunehmender Spannweite der Tragstruktur des Daches sind nicht mehr alle Dachaufbauten anwählbar, da in diesen Fällen die Umsetzung technisch nicht mehr machbar wäre.

Dachaufbauten	Spannweiten															
	≤ 4 m	4-5 m	5-6 m	6-7 m	7-8 m	8-9 m	9-10 m	10-12 m	12-14 m	14-16 m	16-18 m	18-20 m	20-25 m	25-30 m	30-35 m	> 35 m
Betonflachdach	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün
Betonrippdach	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün
Stahldach mit Sandwichpaneelen	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün
Holz-Beton-Verbunddach (Holzbalken)	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün
Holz-Beton-Verbunddach (Brettstapel)	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün
Holzbalkendach	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün
Brettstapel-Dach	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün
Vollholz-Dach (CLT)	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün
Hohlkastendach	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün
Holz-Lehm-Dach	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün

Grün: Auswahl möglich, Grau: Auswahl nicht möglich

Tabelle 7: Eingaben pro Zone

Auflistung der Eingaben, welche pro Zone durch den Nutzer/Antragsteller eingegeben werden müssen. Die Eingaben müssen für jede Zone gemacht werden, welche für die Abbildung des Gebäudes benötigt wird, was bei Mischnutzungen der Fall ist. Die mittlere Spalte zeigt die Auswahlmöglichkeiten auf. Rechts davon stehen die Darstellung, welche mit den Auswahlen verknüpft sind.

Eingabe Minergie-Tool	Auswahlmöglichkeiten	Darstellungen
Auswahlmöglichkeiten der Spannweite für die Tragstruktur der Decke ist je Gebäudekategorie unterschiedlich		Tabelle 8
Deckenaufbau je nach gewählter Deckenspannweite möglich		Tabelle 9
Wände (tragende Wände / nichttragende Wände)	Holz-Ständer-Wand/Holz-Ständer-Wand Massivholzbauwand/Holz-Ständer-Wand Mauerwerkwand/Mauerwerkwand Betonwand/Holz-Ständer-Wand Betonwand/Mauerwerkwand Betonwand/Betonwand Betonwand/Leichtbauwand	
Fassadenaufbauten je nach gewählter Deckenspannweite möglich		Tabelle 10
Fensteranteil	0 % 10 % 20 % 30 % 40 % 50 % 60 % 70 % 80 % 90 % 100 %	

Tabelle 8: Spannweiten Decke

Für jede Gebäudekategorie bestehen sechs Spannweiten-Kategorien für die Decken. Die zugrundeliegenden Spannweiten unterscheiden sich jedoch zwischen den Gebäudekategorien.

Gebäudekategorie	Spannweiten(-Kategorie)					
	1	2	3	4	5	6
MFH	≤ 4 m	4-5 m	5-6 m	6-7 m	7-8 m	8-9 m
EFH	≤ 4 m	4-5 m	5-6 m	6-7 m	7-8 m	8-9 m
Verwaltung	6-7 m	7-8 m	8-9 m	9-10 m	10-12 m	12-14 m
Schule	6-7 m	7-8 m	8-9 m	9-10 m	10-12 m	12-14 m
Verkauf	6-7 m	7-8 m	8-9 m	9-10 m	10-12 m	12-14 m
Restaurant	6-7 m	7-8 m	8-9 m	9-10 m	10-12 m	12-14 m
Vers.-Lokal	10-12 m	12-14 m	14-16 m	16-18 m	18-20 m	20-25 m
Spitäler	4-5 m	5-6 m	6-7 m	7-8 m	8-9 m	9-10 m
Industrie	10-12 m	12-14 m	14-16 m	16-18 m	18-20 m	20-25 m
Lager	10-12 m	12-14 m	14-16 m	16-18 m	18-20 m	20-25 m
Sportbau	16-18 m	18-20 m	20-25 m	25-30 m	30-35 m	> 35 m
Hallenbad	16-18 m	18-20 m	20-25 m	25-30 m	30-35 m	> 35 m

Tabelle 9: Auswahl Deckenaufbauten abhängig von Spannweite

Mit zunehmender Spannweite der Tragstruktur der Decke sind nicht mehr alle Deckenaufbauten anwählbar, da in diesen Fällen die Umsetzung technisch nicht mehr machbar wäre.

Deckenaufbauten	Spannweiten															
	≤ 4 m	4-5 m	5-6 m	6-7 m	7-8 m	8-9 m	9-10 m	10-12 m	12-14 m	14-16 m	16-18 m	18-20 m	20-25 m	25-30 m	30-35 m	> 35 m
Betonflachdecke	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün
Betonrippendecke	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün
Stahl-Beton-Verbunddecke	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün
Holz-Beton-Verbunddecke (Holzbalken)	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün
Holz-Beton-Verbunddecke (Brettstapel)	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün
Holzbalkendecke	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün
Brettstapeldecke	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün
Vollholzdecke (CLT)	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün
Hohlkastendecke	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün
Holz-Lehm-Decke	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün

Grün: Auswahl möglich, Grau: Auswahl nicht möglich

5 Validierung Minergie-Tool und Projektgrenzwertfestlegung

In der Grenzwertfestlegung werden in einem ersten Schritt die Daten, welche von Minergie bereitgestellt wurden, kategorisiert und analysiert. Dieser Schritt ist in Kapitel 5.1 erklärt. Durch die Eingabe dieser Daten in das Minergie-Tool findet eine Validierung statt, indem die Ökobilanzen der Daten mit den Ergebnissen aus dem Tool verglichen werden. In Kapitel 5.2 ist dies nachlesbar. Der Datensatz wird mithilfe einer Monte-Carlo-Analyse erweitert, siehe Kapitel 5.3. Aus den zur Verfügung stehenden Daten werden Vorschläge für den Projektgrenzwert festgelegt. Das Vorgehen wird in Kapitel 5.4 genauer beleuchtet. In Kapitel 5.6 wird auf die Probleme und Erkenntnisse daraus eingegangen.

5.1 Methodik und Datenerhebung

Zu Beginn stehen von Minergie Ökobilanzen zu 85 Projekten zur Verfügung. Bei den Bilanzierungsformaten handelt es sich um LESOSAI, MINERGIE-ECO, BPP, GREG, Enerweb 380/1eco, Baumann und rsp. Die Informationsdichte unterscheidet sich zwischen den Formaten. Für die Validierung des Minergie-Tools liefern die Formate LESOSAI und Minergie-ECO die ganzheitlichste Informationsabdeckung. Aus den bereitgestellten Dateien werden weitere Informationen gewonnen, mit welchen die Funktionalität des weiterentwickelten Minergie-Tools validiert werden kann. Hierfür werden die unten aufgelisteten Parameter gesucht und katalogisiert. Im Fall der thermische Gebäudehülle, Fassadenfläche, Gebäudehüllzahl, Fensteranteil, Fensterflächen, Baugrube und Foundation müssen die Daten je nach Datengrundlage abgeschätzt werden. Die Kategorisierung der Fassaden-, Innenwand-, Decken- und Dachaufbauten findet anhand der Aufbauten im Anhang statt.

- Dateiname
- Energiebezugsfläche (EBF)
- Geschossfläche (GF)
- Thermische Gebäudehülle
- Fassadenfläche
- Gebäudehüllzahl
- Fensteranteil
- Fensterflächen
- UG-Gestaltung
- Vorhandensein von Wärmepumpen
- Vorhandensein von Erdsonden
- Installierte Photovoltaikleistung [kWp]
- Differenzierung der Energiebezugsflächen anhand der zwölf Gebäudekategorien. Hierbei werden die 85 Projekte und deren Flächen in Einzelnutzungen oder Mischnutzungen unterschieden.
- Treibhausgasemissionen
- nicht erneuerbarer Primärenergie
- Baugrube
- Foundation
- Fassadenaufbau
- Innenwandaufbau
- Deckenaufbau
- Dachaufbau

Zur weiteren Verarbeitung werden die einzelnen Datensätze mithilfe einer sechsstelligen alphabetischen Zeichenfolge anonymisiert. Für die Gebäudekategorien MFH stehen 31 Datensätze zur Verfügung, für EFH 7, für die Verwaltung 16, für die Schule 11 und für den Verkauf 24.

5.2 Datenauswertung und Validierung

Die erhobenen Daten werden in das Minergie-Tool eingegeben. Wärmepumpen mit Erdsonden oder Photovoltaikanlagen werden ebenfalls ins Tool eingegeben, falls im Projekt vorhanden. Ziel der Eingabe ist es, festzustellen ob und wie stark die Ausgaben aus dem Tool von den bereitgestellten Ökobilanzen abweichen. Spezielles Augenmerk wird auf die Treibhausgasemissionen gelegt. Datensätze mit gleicher Nutzung werden zusammengefasst und geplottet. Wie in Abbildung 7 zu sehen ist, kann mit dieser Auswertung gezeigt werden, dass das Tool die Treibhausgasemissionen in einem ähnlichen Bereich abbildet wie es die Bilanzierungsformate tun. Das Histogramm in Abbildung 7 zeigt jedoch, dass man initial von keiner Normalverteilung bei der Gebäudekategorie MFH aus der Datenerhebung ausgehen kann.

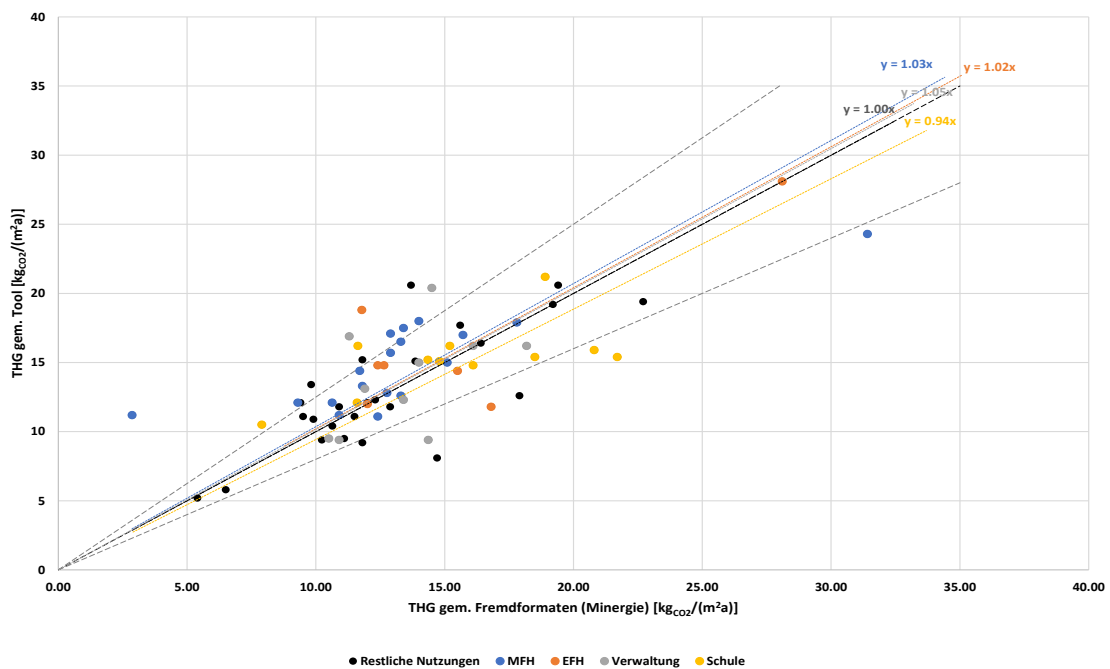


Abbildung 6: Vergleich zwischen Minergie-Tool und bereitgestellten Datensätzen

Die Ökobilanzen aus den bereitgestellten Datensätzen werden den erhaltenen Ökobilanzen aus dem Minergie-Tool gegenübergestellt. Die Gebäudekategorien MFH, EFH, Verwaltung, Schule werden separat ausgewiesen. Unter «restliche Nutzungen» werden die übrigen Gebäudekategorien zusammengefasst.

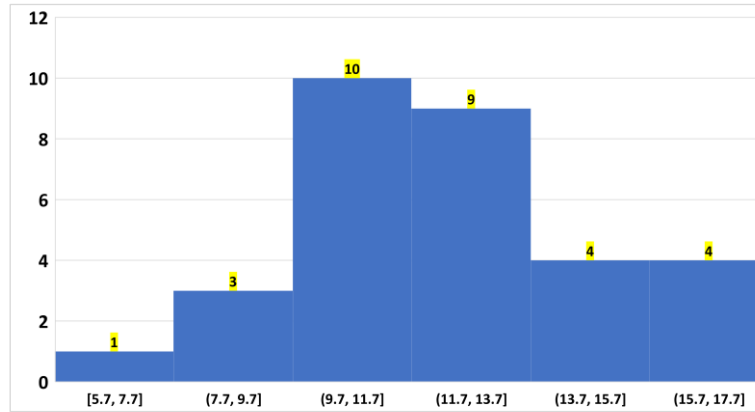


Abbildung 7: Histogramm Datenerhebung "Gebäudekategorie MFH"

Häufigkeitsverteilung der Ökobilanzen, welche durch die Eingabe der Daten aus der Datenerhebung in das Minergie-Tool generiert wurden. Es wird die Gebäudekategorie MFH betrachtet.

5.3 Datenerweiterung mit Monte-Carlo-Analyse

Mit 31 Datensätzen hat die Gebäudekategorie «MFH» die grösste Datengrundlage. Für eine belastbare Ableitung eines Projektgrenzwerts ist eine grössere Datengrundlage wünschenswert. Mithilfe einer Addition zusätzlicher, zufällig generierter Datenpunkte erreicht man ein grösseres Datenvolumen. Weiter wurde festgestellt, dass rund 2/3 aller betrachteten Projekte zu einem Grossteil aus Beton bestehen. Aus diesem Grund soll eruiert werden, ob und wie sich ein breiter gewählter Materialeinsatz auf die Treibhausgasemissionen auswirkt. Die Dach-, Decken-, Fassaden- und Innenwandaufbauten aus dem Anhang werden hierbei zufällig miteinander kombiniert und in das Minergie-Tool eingegeben. Weiter werden die anderen Eingangsparameter ebenfalls zufällig generiert. Aus den generierten Daten werden die EBF, die GF und die Gebäudehüllzahl abgeleitet. Hierbei werden im Vorfeld die Kantenlängen der Gebäudegrundfläche in eine Abhängigkeit von 1:2 oder 1:3 gesetzt. Durch die lineare Abhängigkeit der Gebäudekanten können realistischere Gebäudehüllzahlen (GHZ) generiert werden. Weiter wird das Verhältnis von EBF zu GF bei 0.9 festgesetzt. Dieses Verhältnis bildet die Realität jedoch eher mässig ab. Die in den erhobenen Daten identifizierten Verhältniswerte für EBF/GF schwanken zwischen 0.5 und 0.9. Aufgrund der teilweise unrealistischen Flächen, welche zufällig generiert wurden, wird für die Projektgrenzwertfestlegung folgendes Vorgehen gewählt: Die tatsächlichen geometrischen Abmessungen der realen Gebäude werden zugrunde gelegt und die Aufbauten von Dach, Decke, Fassade und Innenwand zufällig dazu kombiniert. Der Einfluss der verschiedenen Aufbauten auf die Treibhausgasemissionen kann somit basierend auf realistischen Gebäudeabmessungen abgebildet werden.

Durch die Generierung von Mehrfamilienhäusern (MFH) mit zufällig verteilten Eingangsparametern kann gezeigt werden, dass eine grössere Bandbreite an Bauteilkombinationen auftritt. Weiter wird sichtbar, dass durch den Einsatz alternativer Materialien zu Beton die Treibhausgasemissionen tendenziell sinken. Die Monte-Carlo-Simulation verspricht eine schnelle Generierung von neuen Datensätzen, bildet die realen Gebäudeverhältnisse aber nicht scharf ab. Die Monte-Carlo-Simulation eignet sich dennoch als Methode zur Annäherung an die realen Gegebenheiten und für die Abschätzung des Projektgrenzwerts. Eine perfekte, deterministische Methode, welche alle Parameter realitätsnah berücksichtigt, wäre

zeitaufwändiger, komplexer und möglicherweise nur bedingt realisierbar. Die Hauptkritikpunkte an den aus der Simulation generierten Datensätzen sind aus diesem Grund:

- EBF/GF = 0.9: wie oben genannt, kein realistisches Verhältnis der Flächen
- Freie Kombination von Bauteilen zueinander: Teils unrealistische Kombinationen von Bauteilen zueinander. Zum Beispiel Holz-Lehm-Dach und Stahl-Beton-Verbunddecke o.ä.
- Vergleich der Treibhausgasemissionen aus Datenerhebung und Simulation: Die Treibhausgasemissionen aus zufallsgenerierten Datensätzen bilden eine Normalverteilung aus. Die erhobenen Datensätze bilden hingegen keine definierbare Verteilung aus. Möglicherweise ist diese Erkenntnis dem zu wenig breiten Datensatz geschuldet.

5.4 Ableitung von Projektgrenzwerten

Vorhandene Erdsonden oder Photovoltaikanlagen werden für die Ableitung des Projektgrenzwerts aus den Datensätzen isoliert, da sie beim Projektgrenzwertvorschlag nicht berücksichtigt werden sollen. Dementsprechend werden alle 85 Datensätze nochmals ohne die Berücksichtigung von Erdsonden oder Photovoltaikanlagen eingelesen und ausgewertet. Die Ableitung der Projektgrenzwerte wird zusätzlich durch die Monte-Carlo-Simulation unterstützt. Dadurch erhöht sich die Menge der Datenpunkte um das Doppelte. Für die Gebäudekategorie MFH erhöht sich die Anzahl der Daten von 31 auf 62. Basierend auf den neuen Ergebnissen, welche aus den neu in das Minergie-Tool eingelesenen Daten (ohne PV und Erdsonden) generiert wurden, werden drei Projektgrenzwerte angeboten:

- GW1 – «vorsichtig»
- GW2 – «wirksam»
- GW3 – «sportlich»

Der vorsichtige Projektgrenzwert (GW1) wird durch den Mittelwert der 85 %-Quantile der Daten aus Simulation und Datenerhebung erhoben. Der wirksame Projektgrenzwert (GW2) ist durch den Wert zwischen den Mittelwerten der Daten aus Simulation und Datenerhebung abgebildet. Für den sportlichen Projektgrenzwert (GW3) werden die Bauteile der von Minergie bereitgestellten Datensätze in der Auswertung mit dem Tool durch ihre emissionsärmsten Alternativen ersetzt. Aus den erhaltenen Daten wurde der Mittelwert ermittelt. Als Projektgrenzwert wurde der Mittelwert um 25 % erhöht. Der Wert von 9.0 kg CO₂-eq/(m²*a) aus der SIA 2040 bildet die untere Grenze.

Für die Bestimmung der Projektgrenzwerte wird eine Differenzierung des Grundwerts in einen unbeheizten und in einen beheizten Teil vorgenommen. Nach Minergie-ECO wird hierbei die beheizte Fläche als die Energiebezugsfläche definiert. Die unbeheizte Fläche ist die Geschossfläche abzüglich der Energiebezugsfläche. Die Aufteilung der Projektgrenzwerte in beheizten (B) und unbeheizten Teil (A) wird wie in Abbildung 8 vorgenommen.

$$THG_{ZPF}^{MFH} = 14.22 \frac{kg * CO_2}{m^2 * a}$$

mit: $EBF = 0.75 * GF$

A

$$GW_{GF-AE} = GW_{cold}$$

und:

$$\frac{GW_{cold}^{alt}}{GW_{warm}^{alt}} = \frac{4.7}{10} = 0.47 \rightarrow GW_{cold} = 0.47 * GW_{warm}$$

B

$$GW_{AE} = GW_{warm}$$

$$\begin{aligned} THG_{ZPF}^{MFH} &= 14.22 \frac{kg * CO_2}{m^2 * a} = \frac{A * (GF - EBF) + B * EBF}{EBF} \\ &= \frac{B * 0.47 * \left(\frac{1}{0.75} * EBF - EBF\right) + B * EBF}{EBF} \\ &= B * 1.156 = 14.22 \frac{kg * CO_2}{m^2 * a} \\ \Rightarrow B &= \frac{14.22}{1.156} = 12.30 \frac{kg * CO_2}{m^2 * a} = GW_{warm,ZPF} \\ \Rightarrow A &= 0.47 * 12.30 = 5.78 \frac{kg * CO_2}{m^2 * a} = GW_{cold,ZPF} \end{aligned}$$

Abbildung 8: Aufteilung Projektgrenzwert in beheizt und unbeheizt

Hier wird die Aufteilung des Projektgrenzwert in beheizten und unbeheizten Teil beschrieben. Die Aufteilung erfolgt analog der Aufteilung des Grenzwerts von Minergie-ECO. B repräsentiert den beheizten Teil und A den unbeheizten Teil des Projektgrenzwerts.

Das Verhältnis $\frac{GW_{cold}^{alt}}{GW_{warm}^{alt}}$ wird durch die Verhältnisse jener Projektgrenzwerte (GWTH 2) (siehe Tabelle 11) ausgedrückt, die durch Minergie-ECO festgelegt wurden. Die Berechnung basiert auf den Projektgrenzwerten von Minergie-ECO vom 31.03.2021.

Tabelle 11: Projektgrenzwerte Minergie-ECO (Stand 31.03.2021)

Die Projektgrenzwerte von Minergie-ECO stammen aus dem Bericht «Berechnung der Grauen Energie und der Treibhausgasemissionen bei Minergie-ECO, Minergie-P-ECO und Minergie-A-ECO-Bauten» (Version 1.3 vom 31.03.2021)

Nutzung	Grenzwert GWTHAE1 kg CO ₂ /m ² *a	Grenzwert GWTHAE2 kg CO ₂ /m ² *a	GWTH(GF-AE)1 kg CO ₂ /m ² *a	GWTH(GF-AE)2 kg CO ₂ /m ² *a
	Bzgl. Energiebezugsfläche AE		Bzgl. unbeheizte Fläche (GF-AE)	
Wohnen MFH	8.0	10.0	2.8	4.7
Kleine Wohnbauten	8.0	10.5		
Verwaltung	8.0	11.0		
Schule	8.0	11.0		
Verkauf	11.0	16.0		
Restaurant	8.0	13.0		
Museen	11.0	14.0		
Spital	11.0	16.0		
Industrie	11.0	14.0		
Kleine Schulbauten	8.0	11.5		
Sportbauten	11.0	14.0		

In Tabelle 12 werden die Projektgrenzwerte vorgestellt. Sie liegen für die Gebäudekategorien MFH, EFH, Verwaltung, Schule und Verkauf vor. Es werden der vorsichtige, wirksame und sportliche Projektgrenzwert ausgewiesen. Neben dem Grundwert wird auch der und der warme Projektgrenzwert angegeben. Für die weiteren sieben Gebäudekategorien kann aufgrund fehlender Datensätze keine empirische Ableitung eines Projektgrenzwerts erfolgen. Bei diesen Gebäudekategorien könnten die Projektgrenzwerte über die Gebäudemodelle, welche die Basis des Minergie-Tools bilden, abgeleitet werden. Die Gebäudemodelle der anderen Gebäudekategorien könnten mit den Mehrfamilienhäusern (MFH) in Relation gesetzt werden.

Tabelle 12: Projektgrenzwerte

Es werden drei Projektgrenzwertvarianten (vorsichtig, wirksam und sportlich) ausgewiesen, von welcher jede nochmals in den Projektgrenzwert «Grundwert», «warm» (beheizter Teil) und «kalt» (unbeheizter Teil) unterteilt wird. Diese Aufteilung ist an die Grenzwerte von Minergie-ECO angelehnt und wird durch das Verhältnis von $GW_{kalt,alt}$ zu $GW_{warm,alt}$ ausgedrückt. Das Vorgehen ist in Abbildung 8 beschrieben.

Stufen		MFH	EFH	Verwaltung	Schule	Verkauf
		[kgCO ₂ eq/(m ² *a)]	[kgCO ₂ eq/(m ² *a)]	[kgCO ₂ eq/(m ² *a)]	[kgCO ₂ eq/(m ² *a)]	[kgCO ₂ eq/(m ² *a)]
1. vorsichtig: THG _{ZPF}	GW1Grundwert	14	21	15	15	16
	GW1 _{warm,ZPF}	16	24	17	17	17
	GW1 _{cold,ZPF}	8	11	7	7	5
2. wirksam: THG _{ZPF}	GW2Grundwert	11	15	11	11	12
	GW2 _{warm,ZPF}	13	17	12	13	13
	GW2 _{cold,ZPF}	6	8	5	5	4
3. sportlich: THG _{ZPF}	GW3Grundwert	9	12	9	9	9
	GW3 _{warm,ZPF}	10	14	10	10	10
	GW3 _{cold,ZPF}	5	6	4	4	3
Verhältnis $GW_{kalt,alt}/GW_{warm,alt}$		0.47	0.45	0.43	0.43	0.29
Vorfaktor aus EBF/GF und $GW_{TH,alt}$		1.16	1.15	1.14	1.14	1.10

Von Seiten ZPF Ingenieure wurden die Projektgrenzwerte in Tabelle 12: Projektgrenzwerte vorgeschlagen. Festgelegt durch Minergie wurden die Projektgrenzwerte in Tabelle 13. Diese Projektgrenzwerte wurden im Minergie-Tool zur Berechnung des objektspezifischen Projektgrenzwerts im Minergie-Tool verwendet. Der Projektgrenzwert Minergie-GWTHAE entspricht hierbei dem GW_{warm} und Minergie-GWTH dem GW_{cold} .

Tabelle 13: Projektgrenzwerte Minergie

Die Projektgrenzwerte von Minergie werden für die Treibhausgasemissionen ausgegeben (Stand 25.08.2023).

Gebäudekategorie	Minergie-GWTHAE	Minergie-GWTH (GF-AE)
	[kgCO ₂ eq/(m ² *a)] Beheizte Fläche (EBF)	[kgCO ₂ eq/(m ² *a)] Unbeheizte Fläche (GF-EBF)
MFH	12.4	5.5
EFH	13.6	5.5
Verwaltung	13.6	5.5
Schule	12.4	5.5
Verkauf	19.9	5.5
Restaurant	16.1	5.5
Vers.-Lokal	17.4	5.5
Spitäler	19.9	5.5
Industrie	17.4	5.5
Lager	17.4	5.5
Sportbau	17.4	5.5
Hallenbad	17.4	5.5

5.5 Umsetzung des Grenzwerts im Minergie-Tool

In einem ersten Schritt wird der Grenzwert (GW_1) berechnet. Die Berechnung erfolgt über die Multiplikation des GW_{cold} mit der unbeheizten Fläche des Gebäudes. Die unbeheizte Fläche wird mithilfe der Geschossfläche GF und der Energiebezugsfläche EBF, welche vom Nutzer eingegeben werden, berechnet. Die GF wird anteilmässig an der betrachteten Zone angenommen (Anteil EBF Zone n an der Summe EBF über alle Zonen). Der GW_{warm} wird mit der EBF der betrachteten Zone multipliziert. Die Werte von GW_{cold} und GW_{warm} stammen aus der Tabelle 12. Sie werden anhand der zonenspezifischen Gebäudekategorie angesteuert. Die Resultate der beiden vorher beschriebenen Teilschritte werden zum GW_1 zusammenaddiert. In GW_2 werden zum vorher berechneten GW_1 mögliche PV-Anlagen berücksichtigt. Die Fläche der PV-Anlage wird anteilmässige über die EBF zur betrachteten Zone zugewiesen. Die zonenspezifische Fläche wird mit dem Steigerungswert PV multipliziert. Im Schritt 3) wird der GW_2 durch die Energiebezugsfläche der Zone dividiert. Im nächsten Schritt wird zum GW_3 der Steigerungswert der Erdsonde addiert. Der Steigerungswert der Erdsonde wird bereits pro Quadratmeter EBF ausgewiesen. Der Steigerungswert der Erdsonde wird anteilmässig zur betrachteten Zone angenommen. In Schritt 4) ergibt sich als Resultat somit der Grenzwert für die Zone_n. Die Steigerungswerte wurden von Basler & Hofmann übernommen und basieren auf den KBOB-Werten (Version 2009/1:2022, Version 3). Die Steigerungswerte werden bereits für die Berechnung des Minergie-ECO Grenzwerts verwendet. Abschliessend werden die Grenzwerte aller Zonen mit der dazugehörigen EBF multipliziert und aufsummiert. Die Summe wird durch die Summe der EBF über alle Zonen dividiert.

- 1) $GW_1 = GW_{cold} * GF * EBF_{Zone_n} / \text{Summe EBF}_{Zone_{1-n}} - EBF_{Zone_n} + GW_{warm} * EBF_n$
- 2) $GW_2 = GW_1 + \text{Fläche PV} * EBF_{Zone_n} / \text{Summe EBF}_{Zone_{1-n}} * \text{Steigerungswert PV}$
- 3) $GW_3 = GW_2 / EBF_{Zone_n}$
- 4) $GW_{Zone_n} = GW_3 + \text{Steigerungswert Erdsonde} * EBF_{Zone_n} / \text{Summe EBF}_{Zone_{1-n}}$
- 5) **GW über alle Zonen** = $\text{Summe}_{Zone_{1-n}} (GW_{Zone_n} * EBF_{Zone_n}) / \text{Summe EBF}_{Zone_{1-n}}$

Tabelle 14: Steigerungswerte PV und Erdsonden

Die Steigerungswerte wurden von Basler & Hofmann übernommen und basieren auf den KBOB-Werten aus der Version 2009/1:2022, Version 3. Die Steigerungswerte werden für die Berechnung des projektspezifischen Grenzwerts im Minergie-Tool verwendet. Durch sie werden allfällige PV-Anlagen und Erdsonden in der Wärme- und Warmwassererzeugung im Grenzwert berücksichtigt.

Steigerungswert	Wert
Steigerungswert PV	25.5 kWh/m ² PV
Steigerungswert PV	7.1 kg CO _{2-eq} /m ² PV
Steigerungswert Erdsonde	1.4 kWh/m ² EBF
Steigerungswert Erdsonde	0.3 kg CO _{2-eq} /m ² EBF

5.6 Probleme und Erkenntnisse

- Durch die bereitgestellten Daten konnten keine Unterscheidungen der eingesetzten Bauteile bei Mischnutzungen gemacht werden.
- Die Spannweiten konnten aus den bereitgestellten regulären Planunterlagen wie Ansichten und Schnitte nicht gewonnen werden. Es wurde aus diesem Grund immer die Spannweite gewählt, welche beim Modellgebäude von Basler & Hofmann eingesetzt wurde.
- Die im Tool hinterlegten Spannweitenkategorien schliessen manche Bauteile aus, welche zum Teil in den bereitgestellten Daten identifiziert worden sind.
- Grundsätzlich ist es nicht bzw. nur sehr schwer möglich mit den Informationen aus den bereitgestellten Datensätzen Bauteilarten (Betonrippendecke von Betonflachdecke oder Brettstapeldecke von Holz-Balken-Decke) zu unterscheiden, weshalb Annahmen getroffen werden mussten.
- Mischnutzungen, vor allem jene mit Sport- oder Schwimmhallen, lassen sich schlecht realitätsgetreu in das Tool eingeben. Der Grund hierfür ist, dass die Dachspannweite über alle Zonen hinweg als gleich angenommen wird, was impliziert, dass sich alle Nutzungen unter einem Dach befinden. Weiter ist die Datengrundlage vor allem bei Mischnutzungen ein Problem. Es lässt sich schlecht eine genaue Trennung zwischen den Gebäudekategorien erkennen.

6 Überblick Berichtsversionen

Tabelle 15: Überblick Berichtsversionen

Version Bericht	Änderungen zur Vorgängerversion
Version 0	-

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Überblick über die übergeordnete Funktionsweise.....	10
Abbildung 2: Fünf Gebäudeteile.....	11
Abbildung 3: Abhängigkeiten zwischen den Bauteilflächen und den Gebäudedimensionen	13
Abbildung 4: Eingabevariablen und deren Einfluss auf die Faktorauswahl.....	24
Abbildung 5: Auswahl Gestaltung Untergeschoss.....	27
Abbildung 6: Vergleich zwischen Minergie-Tool und bereitgestellten Datensätzen	32
Abbildung 7: Histogramm Datenerhebung "Gebäudekategorie MFH"	33
Abbildung 8: Aufteilung Projektgrenzwert in beheizt und unbeheizt.....	35
Abbildung 9: Aufbau Betonflachdach.....	48
Abbildung 10: Aufbau Betonrippendach	49
Abbildung 11: Aufbau Stahldach mit Sandwichpaneelen	50
Abbildung 12: Aufbau Holz-Beton-Verbunddach (Holzbalken)	51
Abbildung 13: Aufbau Holz-Beton-Verbunddach (Brettstapel).....	52
Abbildung 14: Aufbau Holzbalkendach	53
Abbildung 15: Aufbau Brettstapel-Dach.....	54
Abbildung 16: Aufbau Vollholz-Dach (CLT).....	55
Abbildung 17: Aufbau Hohlkastendach	56
Abbildung 18: Aufbau Holz-Lehm-Dach	57
Abbildung 19: Aufbau Betonflachdecke	58
Abbildung 20: Aufbau Betonrippendecke	59
Abbildung 21: Aufbau Stahl-Beton-Verbunddecke	60
Abbildung 22: Aufbau Holz-Beton-Verbunddecke (Holzbalken)	61
Abbildung 23: Aufbau Holz-Beton-Verbunddecke (Brettstapel)	62
Abbildung 24: Aufbau Holzbalkendecke.....	63
Abbildung 25: Aufbau Brettstapeldecke	64
Abbildung 26: Aufbau Vollholzdecke (CLT).....	65
Abbildung 27: Aufbau Hohlkastendecke	66
Abbildung 28: Aufbau Holz-Lehm-Decke.....	67
Abbildung 29: Holz-Ständer-Fassade mit Putzfassade	69
Abbildung 30: Holz-Ständer-Fassade, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Holz.....	70
Abbildung 31: Holz-Ständer-Fassade, hinterlüftet mit metallischer Fassadenverkleidung	71
Abbildung 32: Holz-Ständer-Fassade, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Faserzement ..	72
Abbildung 33: Massivholzbaufassade (HWS, CLT oder Brettstapel) mit Putzfassade	73
Abbildung 34: Massivholzbaufassade (HWS, CLT oder Brettstapel), hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Holz.....	74
Abbildung 35: Massivholzbaufassade (HWS, CLT oder Brettstapel), hinterlüftet mit metallischer Fassadenverkleidung	75
Abbildung 36: Massivholzbaufassade (HWS, CLT oder Brettstapel), hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Faserzement	76
Abbildung 37: Stahlbetonfassade mit Kompaktfassade/Wärmedämmverbundsystem (WDVS).77	
Abbildung 38: Stahlbetonfassade mit Aussendämmung, hinterlüftet mit metallischer Fassadenverkleidung	78
Abbildung 39: Stahlbetonfassade mit Aussendämmung, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Faserzement.....	79
Abbildung 40: Stahlbetonfassade mit Aussendämmung, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Naturstein	80

Abbildung 41: Aufbau Stahlbetonfassade mit Aussendämmung und vorgehängten Stahlbetonelementen.....	81
Abbildung 42: Zweischalige Stahlbetonwand mit Kerndämmung	82
Abbildung 43: Mauerwerkfassade mit Kompaktfassade/Wärmedämmverbundsystem (WDVS)	83
Abbildung 44: Mauerwerk mit Aussendämmung, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Holz	84
Abbildung 45: Mauerwerk mit Aussendämmung, hinterlüftet mit metallischer Fassadenverkleidung	85
Abbildung 46: Mauerwerk mit Aussendämmung, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Faserzement	86
Abbildung 47: Zweischalenmauerwerk mit Kerndämmung	87
Abbildung 48: Einsteinmauerwerk mit perlitgefüllten Ziegeln.....	88
Abbildung 49: Stahlleichtbaufassade mit Sandwichelement	89
Abbildung 50: Aufbau Holz-Ständer-Wand	90
Abbildung 51: Aufbau Massivholzbauwand	91
Abbildung 52: Aufbau Mauerwerkwand	92
Abbildung 53: Aufbau Betonwand	93
Abbildung 54: Aufbau Leichtbauwand	94
Abbildung 55: Fassadenaufbauten Modellgebäude.....	110
Abbildung 56: Dachaufbauten Modellgebäude	111
Abbildung 57: Deckenaufbauten Modellgebäude.....	112
Abbildung 58: Innenwandaufbauten Modellgebäude	113

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einflussvariablen auf Variantengebäude	17
Tabelle 2: Spannweiten und Nutzlastenordnung	18
Tabelle 3: Die 43 Varianten	19
Tabelle 4: Aufteilung Faktoren auf Gebäudeteile	20
Tabelle 5: Einmalige Eingaben	26
Tabelle 6: Auswahl Dachaufbauten abhängig von der Spannweite	27
Tabelle 7: Eingaben pro Zone	28
Tabelle 8: Spannweiten Decke	29
Tabelle 9: Auswahl Deckenaufbauten abhängig von Spannweite	29
Tabelle 10: Auswahl Fassadenaufbau abhängig von Spannweite	30
Tabelle 11: Projektgrenzwerte Minergie-ECO (Stand 31.03.2021)	36
Tabelle 12: Projektgrenzwerte	37
Tabelle 13: Projektgrenzwerte Minergie	37
Tabelle 14: Steigerungswerte PV und Erdsonden	38
Tabelle 15: Überblick Berichtsversionen	40
Tabelle 16: Aufbau Betonflachdach	48
Tabelle 17: Aufbau Betonrippendach	49
Tabelle 18: Aufbau Stahldach mit Sandwichpaneelen	50
Tabelle 19: Aufbau Holz-Beton-Verbunddach (Holzbalken)	51
Tabelle 20: Aufbau Holz-Beton-Verbunddach (Brettstapel)	52
Tabelle 21: Aufbau Holzbalkendach	53
Tabelle 22: Aufbau Brettstapel-Dach	54
Tabelle 23: Aufbau Vollholz-Dach (CLT)	55
Tabelle 24: Aufbau Hohlkastendach	56
Tabelle 25: Aufbau Holz-Lehm-Dach	57
Tabelle 26: Aufbau Betonflachdecke	58
Tabelle 27: Aufbau Betonrippendecke	59
Tabelle 28: Aufbau Stahl-Beton-Verbunddecke	60
Tabelle 29: Aufbau Holz-Beton-Verbunddecke (Holzbalken)	61
Tabelle 30: Aufbau Holz-Beton-Verbunddecke (Brettstapel)	62
Tabelle 31: Aufbau Holzbalkendecke	63
Tabelle 32: Aufbau Brettstapeldecke	64
Tabelle 33: Aufbau Vollholzdecke (CLT)	65
Tabelle 34: Aufbau Hohlkastendecke	66
Tabelle 35: Aufbau Holz-Lehm-Decke	67
Tabelle 36: Balkon	68
Tabelle 37: Holz-Ständer-Fassade mit Putzfassade	69
Tabelle 38: Holz-Ständer-Fassade, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Holz	70
Tabelle 39: Holz-Ständer-Fassade, hinterlüftet mit metallischer Fassadenverkleidung	71
Tabelle 40: Holz-Ständer-Fassade, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Faserzement	72
Tabelle 41: Massivholzbaufassade (HWS, CLT oder Brettstapel) mit Putzfassade	73
Tabelle 42: Massivholzbaufassade (HWS, CLT oder Brettstapel), hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Holz	74
Tabelle 43: Massivholzbaufassade (HWS, CLT oder Brettstapel), hinterlüftet mit metallischer Fassadenverkleidung	75

Tabelle 44: Massivholzbaufassade (HWS, CLT oder Brettstapel), hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Faserzement	76
Tabelle 45: Stahlbetonfassade mit Kompaktfassade/Wärmedämmverbundsystem (WDVS)	77
Tabelle 46: Stahlbetonfassade mit Aussendämmung, hinterlüftet mit metallischer Fassadenverkleidung	78
Tabelle 47: Stahlbetonfassade mit Aussendämmung, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Faserzement	79
Tabelle 48: Stahlbetonfassade mit Aussendämmung, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Naturstein.....	80
Tabelle 49: Aufbau Stahlbetonfassade mit Aussendämmung und vorgehängten Stahlbetonelementen.....	81
Tabelle 50: Zweischalige Stahlbetonwand mit Kerndämmung	82
Tabelle 51: Mauerwerkfassade mit Kompaktfassade/Wärmedämmverbundsystem (WDVS)	83
Tabelle 52: Mauerwerk mit Aussendämmung, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Holz	84
Tabelle 53: Mauerwerk mit Aussendämmung, hinterlüftet mit metallischer Fassadenverkleidung	85
Tabelle 54: Mauerwerk mit Aussendämmung, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Faserzement	86
Tabelle 55: Zweischalenmauerwerk mit Kerndämmung.....	87
Tabelle 56: Einsteinauwerk mit perlitgefüllten Ziegeln	88
Tabelle 57: Stahlleichtbaufassade mit Sandwichelement	89
Tabelle 58: Aufbau Holz-Ständer-Wand	90
Tabelle 59: Aufbau Massivholzbauwand	91
Tabelle 60: Aufbau Mauerwerkwand	92
Tabelle 61: Aufbau Betonwand	93
Tabelle 62: Aufbau Leichtbauwand	94
Tabelle 63: Boden UG ungedämmt	95
Tabelle 64: Wand UG ungedämmt	95
Tabelle 65: Decke UG	95
Tabelle 66: Innenwände UG	95
Tabelle 67: Boden massiv.....	96
Tabelle 68: Ökobilanzen Aufbauten	97
Tabelle 69: Treibhausgasemissionen Modellgebäude	114
Tabelle 70: Nicht erneuerbare Primärenergie Modellgebäude	114
Tabelle 71: Kohlenstoffspeicherung Modellgebäude.....	115

Anhang

Anhangsverzeichnis

A. Dachaufbauten	48
Betonflachdach	48
Betonrippendach	49
Stahldach mit Sandwichpaneelen	50
Holz-Beton-Verbunddach (Holzbalken)	51
Holz-Beton-Verbunddach (Brettstapel)	52
Holzbalkendach	53
Brettstapel-Dach	54
Vollholz-Dach (CLT)	55
Hohlkastendach	56
Holz-Lehm-Dach	57
B. Deckenaufbauten	58
Betonflachdecke	58
Betonrippendecke	59
Stahl-Beton-Verbunddecke	60
Holz-Beton-Verbunddecke (Holzbalken)	61
Holz-Beton-Verbunddecke (Brettstapel)	62
Holzbalkendecke	63
Brettstapeldecke	64
Vollholzdecke (CLT)	65
Hohlkastendecke	66
Holz-Lehm-Decke	67

Balkon.....	68
C. Fassadenaufbauten	69
Holz-Ständer-Fassade mit Putzfassade	69
Holz-Ständer-Fassade, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Holz.....	70
Holz-Ständer-Fassade, hinterlüftet mit metallischer Fassadenverkleidung	71
Holz-Ständer-Fassade, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Faserzement	72
Massivholzbaufassade (HWS, CLT oder Brettstapel) mit Putzfassade	73
Massivholzbaufassade (HWS, CLT oder Brettstapel), hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Holz.....	74
Massivholzbaufassade (HWS, CLT oder Brettstapel), hinterlüftet mit metallischer Fassadenverkleidung.....	75
Massivholzbaufassade (HWS, CLT oder Brettstapel), hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Faserzement.....	76
Stahlbetonfassade mit Kompaktfassade/Wärmedämmverbundsystem (WDVS).....	77
Stahlbetonfassade mit Aussendämmung, hinterlüftet mit metallischer Fassadenverkleidung	78
Stahlbetonfassade mit Aussendämmung, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Faserzement .	79
Stahlbetonfassade mit Aussendämmung, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Naturstein.....	80
Stahlbetonfassade mit hinterlüfteter Vorhangfassade aus Betonfertigelementen.....	81
Zweischalige Stahlbetonwand mit Kerndämmung	82
Mauerwerkfassade mit Kompaktfassade/Wärmedämmverbundsystem (WDVS).....	83
Mauerwerk mit Aussendämmung, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Holz.....	84
Mauerwerk mit Aussendämmung, hinterlüftet mit metallischer Fassadenverkleidung	85
Mauerwerk mit Aussendämmung, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Faserzement	86
Zweischalenmauerwerk mit Kerndämmung	87
Einsteinmauerwerk mit perlitgefüllten Ziegeln	88
Stahlleichtbaufassade mit Sandwichelement	89

D.	Innenwandaufbauten	90
E.	Aufbauten Untergeschoss.....	95
	Boden UG	95
	Wand UG.....	95
	Decke UG.....	95
	Innenwände UG	95
	Boden.....	96
F.	Ökobilanzen Dach-, Decken, Fassaden und Innenwandaufbauten	97
G.	Modellgebäude	98
	Mehrfamilienhaus (MFH).....	98
	Einfamilienhaus (EFH)	99
	Verwaltungsgebäude	100
	Schulhaus	101
	Verkaufsgebäude	102
	Restaurant.....	103
	Versammlungslokal	104
	Spitalbauten.....	105
	Industrie.....	106
	Lager (ohne Hochregallager).....	107
	Sportbau.....	108
	Hallenbad	109
H.	Aufbauten Modellgebäude	110
I.	Ökobilanzen Modellgebäude	114
J.	Detaillierte Berechnung der objektspezifischen Ökobilanz	116

A. Dachaufbauten

Betonflachdach

Der Dachaufbau wurde von der SIA 2032, Anhang D übernommen (PUR bis Substrat).

Tabelle 16: Aufbau Betonflachdach

	Material	ID KBOB	Stärke/ Höhe [cm]	ρ [kg/m ³]	Gewicht [kg/m ²]
⑤	Substrat	03.013	7		70
⑤	Kies	03.012	3		45
④	PP-Vlies Trenn-/Schutzvlies	09.008			0.14
④	1 x EP4 Polymerbitumenbahn	09.003			5.2
④	Bitumenemulsion (pro m ²)	14.003			
④	2 x EGV3 Polymerbitumenbahn	09.001			7.2
③	PUR, 30 kg/m ³	10.006	16		4.8
②	Beton (Hochbau)	01.002	19 - 48		437 - 1'104
②	Armierungsstahl	06.003		125 - 155	24 - 75
①	Kalk-Zementgrundputz	04.013			36
①	Innenputz	04.001	1		11
①	Farbe (pro m ²)	14.001			

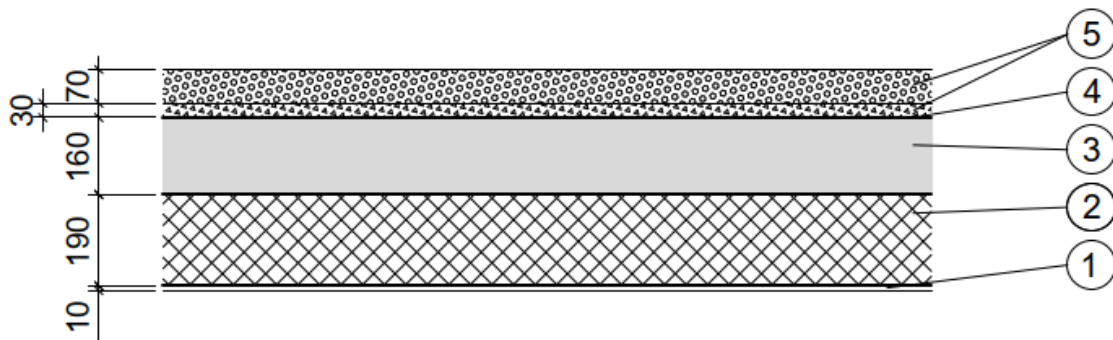


Abbildung 9: Aufbau Betonflachdach

Betonrippendach

Der Dachaufbau wurde von der SIA 2032, Anhang D übernommen (PUR bis Substrat). Der Deckenabhang basiert ebenfalls auf der SIA 2032, Anhang D.

Tabelle 17: Aufbau Betonrippendach

	Material	ID KBOB	Stärke/ Höhe [cm]	Breite [cm]	Abstand [m]	ρ [kg/m ³]	Gewicht [kg/m ²]
⑥	Substrat	03.013	7		70		4.8
⑥	Kies	03.012	3		45		7.2
⑤	PP-Vlies Trenn- /Schutzvlies	09.008			0.14		
⑤	1 x EP4 Polymerbitumenbahn	09.003			5.2		5.2
⑤	Bitumenemulsion (pro m ²)	14.003					0.14
⑤	2 x EGV3 Polymerbitumenbahn	09.001			7.2		45
④	PUR, 30 kg/m ³	10.006	16		4.8		70
③	Betonflachdecke (Hochbau)	01.002	12				276
③	Armierungsstahl Betonflachdecke	06.003				130	15.6
②	Betonrippe (Hochbau)	01.002	14 - 40	20 - 21	1.25		52 - 155
②	Armierung Betonrippe	06.003				130	3 - 9
①	Gipsfaserplatte	03.007					18.8
①	Stahlprofil verzinkt	06.012					2.2
①	Spachtel	04.017					5.6
①	Farbe (pro m ²)	14.001					
	Betonunterzug	01.002	42 - 320	30	3.5 - 10		83 - 515
	Armierung Betonunterzug	06.003				220	8 - 49

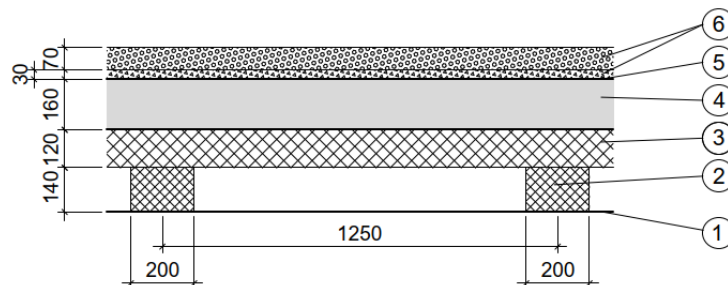


Abbildung 10: Aufbau Betonrippendach

Stahldach mit Sandwichpaneelen

Tabelle 18: Aufbau Stahldach mit Sandwichpaneelen

	Material	ID KBOB	Stärke/ Höhe [cm]	Breite [cm]	Abstand [m]	Gewicht [kg/m ²]
④	Stahlblech aussen Sandwichpaneel	06.010	0.063			5
④	Dämmung PIR Sandwichpaneel	10.006	18.5			5.6
④	Stahlblech innenseitig Sandwichpaneel	06.010	0.045			3.5
③	Primärträger (Stahlprofil, blank)	06.012				5.8
②	MDF-Dekostreifen Akustikpaneel	07.012	1.2	2.7	3.7	6
①	Filz-Platte Akustikpaneel	10.009	0.8			1.2

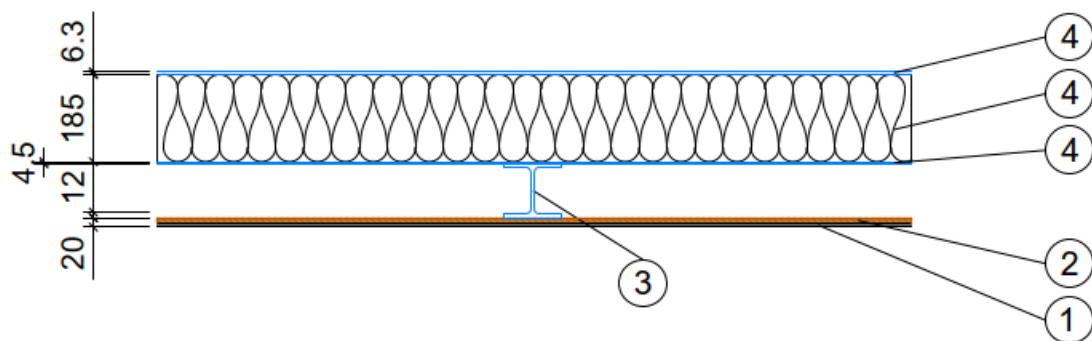


Abbildung 11: Aufbau Stahldach mit Sandwichpaneelen

Holz-Beton-Verbunddach (Holzbalken)

Der Dachaufbau wurde von der SIA 2032, Anhang D übernommen (PUR bis Substrat). Der Deckenabhang basiert ebenfalls auf der SIA 2032, Anhang D.

Tabelle 19: Aufbau Holz-Beton-Verbunddach (Holzbalken)

	Material	ID KBOB	Stärke/ Höhe [cm]	Breite [cm]	Abstand [m]	ρ [kg/m³]	Gewicht [kg/m²]
⑧	Substrat	03.013	7		70		4.8
⑧	Kies	03.012	3		45		7.2
⑦	PP-Vlies Trenn- /Schutzvlies	09.008			0.14		
⑦	1 x EP4 Polymerbitumenbahn	09.003			5.2		5.2
⑥	Bitumenemulsion (pro m²)	14.003					0.14
⑥	2 x EGV3 Polymerbitumenbahn	09.001			7.2		45
⑤	PUR, 30 kg/m³	10.006	16		4.8		70
④	Beton	01.002	8				184
④	Armierungsstahl	06.003				75	6
③	Brettschichtholz	07.002	16 - 24	10 - 14	1		7 - 15
②	Primärträger (Brettschichtholz)	07.002	28 - 100	28	3.5 - 5.5		10 - 22
①	Gipsfaserplatte	03.007					18.8
①	Stahlprofil verzinkt	06.012					2.2
①	Spachtel	04.017					5.6
①	Farbe (pro m²)	14.001					

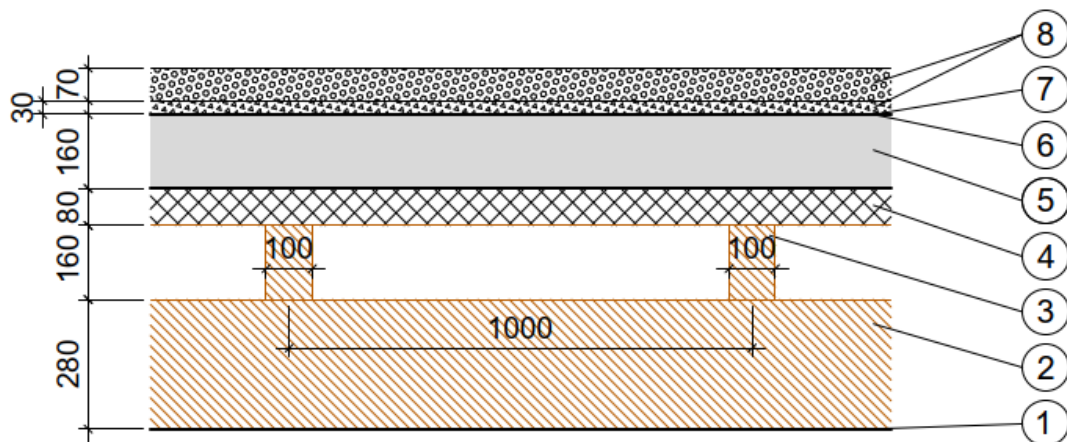


Abbildung 12: Aufbau Holz-Beton-Verbunddach (Holzbalken)

Holz-Beton-Verbunddach (Brettstapel)

Der Dachaufbau wurde von der SIA 2032, Anhang D übernommen (PUR bis Substrat). Der Deckenabhang basiert ebenfalls auf der SIA 2032, Anhang D.

Tabelle 20: Aufbau Holz-Beton-Verbunddach (Brettstapel)

	Material	ID KBOB	Stärke/ Höhe [cm]	Breite [cm]	Abstand [m]	ρ [kg/m ³]	Gewicht [kg/m ²]
⑧	Substrat	03.013	7		70		4.8
⑧	Kies	03.012	3		45		7.2
⑦	PP-Vlies Trenn- /Schutzvlies	09.008			0.14		
⑦	1 x EP4 Polymerbitumenbahn	09.003			5.2		5.2
⑥	Bitumenemulsion (pro m ²)	14.003					0.14
⑥	2 x EGV3 Polymerbitumenbahn	09.001			7.2		45
⑤	PUR, 30 kg/m ³	10.006	16		4.8		70
④	Beton	01.002	7				161
④	Armierungsstahl	06.003				85	6
③	Brettschichtholz	07.002	10 - 14				44 - 62
②	Primärträger (Brettschichtholz)	07.002	28 - 104	28	3.5 - 5.5		10 - 23
①	Gipsfaserplatte	03.007					18.8
①	Stahlprofil verzinkt	06.012					2.2
①	Spachtel	04.017					5.6
①	Farbe (pro m ²)	14.001					

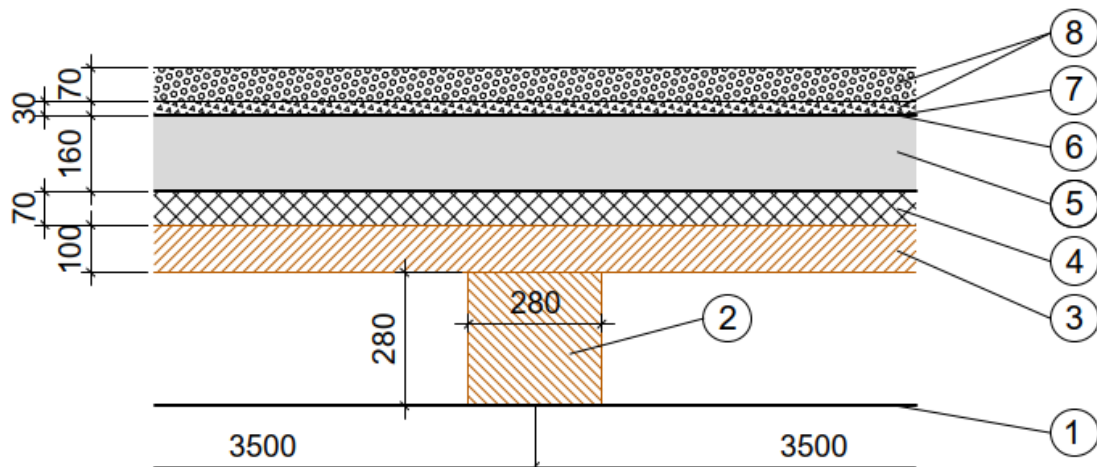


Abbildung 13: Aufbau Holz-Beton-Verbunddach (Brettstapel)

Holzbalkendach

Der Dachaufbau wurde von der SIA 2032, Anhang D übernommen (PUR bis Substrat). Ab 4-5 Meter Spannweite wird die OSB-Platte durch eine Mehrlagige Massivholzplatte (3-Schicht) (07.001) ersetzt. Ab einer Spannweite von 4-5 Meter ist der Sekundärträger aus Brettschichtholz (07.002) und nicht mehr aus Vollholz.

Tabelle 21: Aufbau Holzbalkendach

	Material	ID KBOB	Stärke/ Höhe [cm]	Breite [cm]	Abstand [m]	Gewicht [kg/m ²]
⑤	Substrat	03.013	7			70
⑤	Kies	03.012	3			45
④	PP-Vlies Trenn-/Schutzvlies	09.008				0.14
④	1 x EP4 Polymerbitumenbahn	09.003				5.2
④	Bitumenemulsion (pro m ²)	14.003				
④	2 x EGV3 Polymerbitumenbahn	09.001				7.2
③	PUR, 30 kg/m ³	10.006	16			4.8
②	OSB-Platte / 3-Schichtplatte	07.013/ 07.001	2.5 - 2.7			12 - 15
①	Vollholz/Brettschichtholz (Sekundärträger)	07.011/ 07.002	26 - 32	6 - 8	0.625 - 0.8	12 - 14
	Brettschichtholz (Unterzug)	07.002	32 - 128	12 - 24	4 - 5	4 - 27

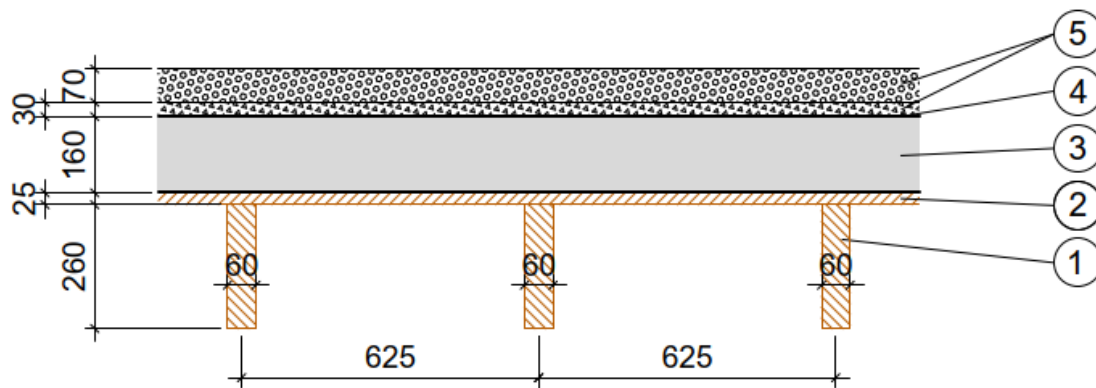


Abbildung 14: Aufbau Holzbalkendach

Brettstapel-Dach

Der Dachaufbau wurde von der SIA 2032, Anhang D übernommen (PUR bis Substrat).

Tabelle 22: Aufbau Brettstapel-Dach

	Material	ID KBOB	Stärke/ Höhe [cm]	Breite [cm]	Abstand [m]	Gewicht [kg/m ²]
⑤	Substrat	03.013	7			70
⑤	Kies	03.012	3			45
④	PP-Vlies Trenn-/Schutzvlies	09.008				0.14
④	1 x EP4 Polymerbitumenbahn	09.003				5.2
③	Bitumenemulsion (pro m ²)	14.003				
③	2 x EGV3 Polymerbitumenbahn	09.001				7.2
②	PUR, 30 kg/m ³	10.006	16			4.8
①	Brettstapeldecke	07.011.02	14 - 18			59 - 76
	Brettschichtholz (Unterzug)	07.002	32 - 128	14 - 24	4 - 5	5 - 27

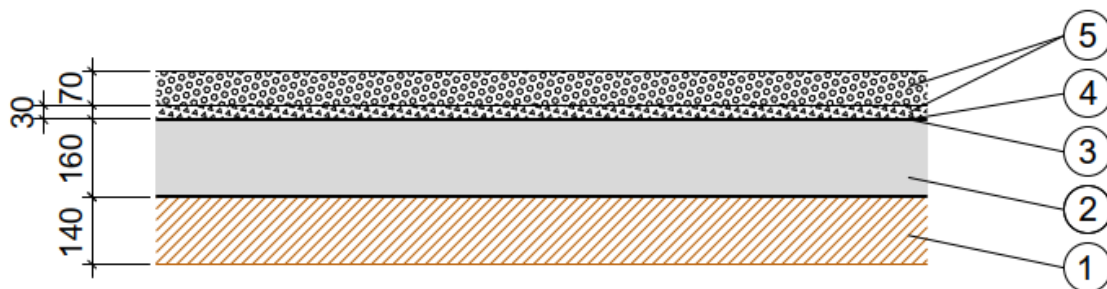


Abbildung 15: Aufbau Brettstapel-Dach

Vollholz-Dach (CLT)

Der Dachaufbau wurde von der SIA 2032, Anhang D übernommen (PUR bis Substrat).

Tabelle 23: Aufbau Vollholz-Dach (CLT)

	Material	ID KBOB	Stärke/ Höhe [cm]	Breite [cm]	Abstand [m]	Gewicht [kg/m ²]
⑤	Substrat	03.013	7			70
⑤	Kies	03.012	3			45
④	PP-Vlies Trenn-/Schutzvlies	09.008				0.14
④	1 x EP4 Polymerbitumenbahn	09.003				5.2
③	Bitumenemulsion (pro m ²)	14.003				
③	2 x EGV3 Polymerbitumenbahn	09.001				7.2
②	PUR, 30 kg/m ³	10.006	16			4.8
①	Holzwerkstoffplatte	07.002	14 - 18			62 - 79
	Brettschichtholz (Unterzug)	07.002	32 - 128	14 -24	4 - 5	5 - 27

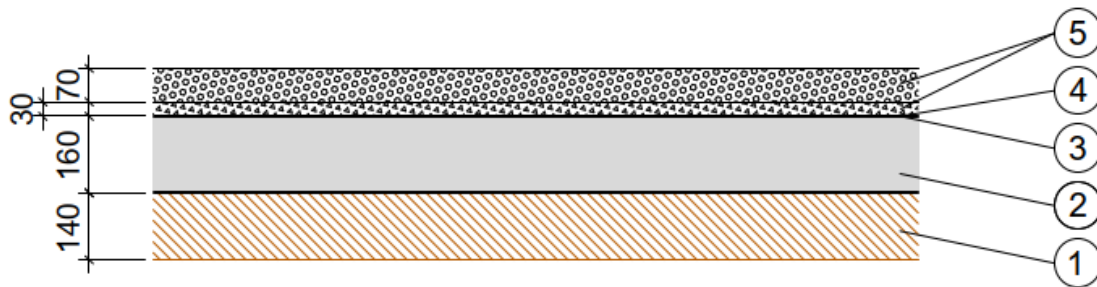


Abbildung 16: Aufbau Vollholz-Dach (CLT)

Hohlkastendach

Tabelle 24: Aufbau Hohlkastendach

	Material	ID KBOB	Stärke/ Höhe [cm]	Breite [cm]	Abstand [m]	Gewicht [kg/m ²]
⑦	Substrat	03.013	7			70
⑦	Kies	03.012	3			45
⑥	PP-Vlies Trenn-/Schutzvlies	09.008				0.14
⑥	1 x EP4 Polymerbitumenbahn	09.003				5.2
⑤	Bitumenemulsion (pro m ²)	14.003				
⑤	2 x EGV3 Polymerbitumenbahn	09.001				7.2
④	PUR, 30 kg/m ³	10.006	16			4.8
③	Mehrlagige Massivholzplatte (3-Schicht)	07.001	2.7			12.2
②	Vollholz / Brettschichtholz (Sekundärträger)	07.011	16 - 22	6	0.625	7 - 10
②	Hohlraumbedämpfung Steinwolle	10.008	16			5.6
①	Beplankung	07.001	2.5			11.3
①	Innenputz	04.001	1			11
①	Farbe	14.001				
	Brettschichtholz (Unterzug)	07.002	32 - 128	12 - 24	4 - 5	4 - 27

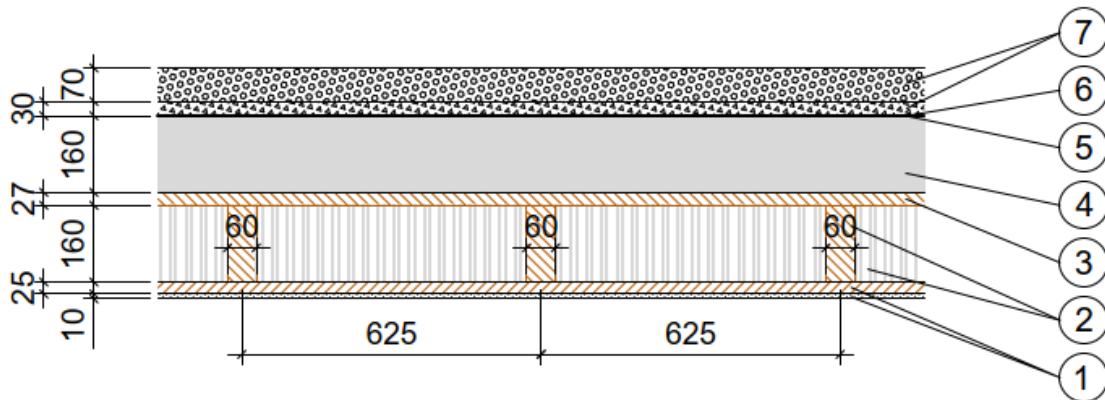


Abbildung 17: Aufbau Hohlkastendach

Holz-Lehm-Dach

Der Sekundärträger besteht aber eine Spannweite von 5-6 Meter aus Brettschichtholz. Der Sekundärträger geht durchgängig durch Schicht 1 bis 3 in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden..**

Tabelle 25: Aufbau Holz-Lehm-Dach

	Material	ID KBOB	Stärke/ Höhe [cm]	Breite [cm]	Abstand [m]	Gewicht [kg/m ²]
⑦	Substrat	03.013	7			70
⑦	Kies	03.012	3			45
⑥	PP-Vlies Trenn-/Schutzvlies	09.008				0.14
⑥	1 x EP4 Polymerbitumenbahn	09.003				5.2
⑤	Bitumenemulsion (pro m ²)	14.003				
⑤	2 x EGV3 Polymerbitumenbahn	09.001				7.2
④	PUR, 30 kg/m ³	10.006	16			4.8
③	Lehm	03.020	6.4 - 7.3			128 - 146
①③	Vollholz / Brettschichtholz (Sekundärträger)	07.011/ 07.003	20 - 40	16 - 20	0.5 - 0.57	26 - 70
②	Mehrlagige Massivholzplatte (3- Schicht)	07.001	2.7			12.2
	Brettschichtholz (Primärträger)	07.003	36 - 60	16 - 22	4 - 8	6 - 11

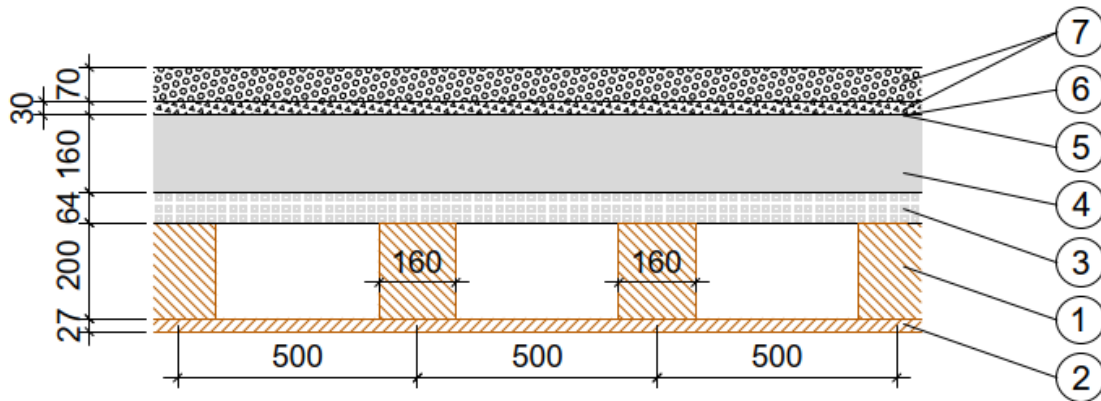


Abbildung 18: Aufbau Holz-Lehm-Dach

B. Deckenaufbauten

Betonflachdecke

Für eine Spannweite bis 9 Meter wird Standardbeton NPK B angenommen, darüber NPK C. Ab 9 Meter Spannweite wird nicht mehr von einer schlaff bewerten Betonflachdecke ausgegangen, sondern von vorgespannten Betonflachdecken. Ab 14 Meter Spannweite werden keine Betonflachdecken mehr angenommen.

Tabelle 26: Aufbau Betonflachdecke

	Material	ID KBOB	Stärke/ Höhe [cm]	ρ [kg/m ³]	Gewicht [kg/m ²]
⑤	Parkett	11.019	1,5		13,5
④	Zementunterlagsboden	04.006	8		148
③	Trittschalldämmung Weichfaser	10.009	3		2,4
②	Beton (Hochbau)	01.002	19 - 48		437 - 1104
②	Armierungsstahl	06.003		90 - 150	22,8 - 72
①	Kalk-Zementgrundputz	04.013	2,4		36
①	Innenputz	04.001	1		11
①	Farbe (pro m ²)	14.001			

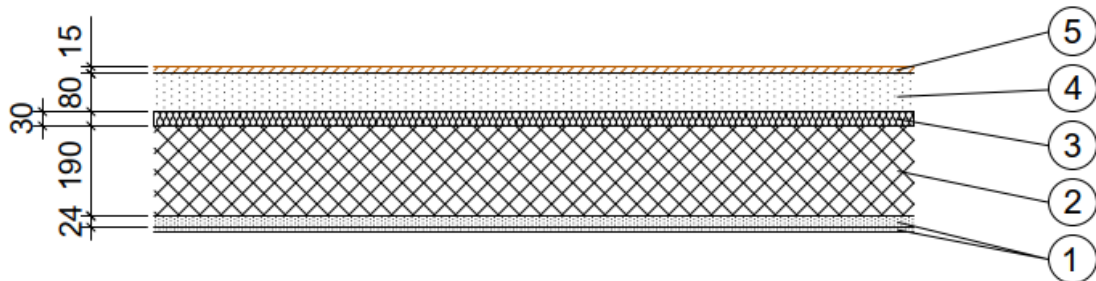


Abbildung 19: Aufbau Betonflachdecke

Betonrippendecke

Der Deckenabhang wurde gemäss SIA 2032, Anhang D gewählt.

Tabelle 27: Aufbau Betonrippendecke

	Material	ID KBOB	Stärke/ Höhe [cm]	Breite [cm]	Abstand [m]	ρ [kg/m ³]	Gewicht [kg/m ²]
⑥	Parkett	11.019	1.5				13.5
⑤	Zementunterlagsboden	04.006	8				148
④	Trittschalldämmung Weichfaser	10.009	3				2.4
③	Betonflachdecke (Hochbau)	01.002	12				276
③	Armierungsstahl Betonflachdecke	06.003				130	15.6
②	Betonrippe (Hochbau)	01.002	14 - 40	20 - 21	1.25		52 - 155
②	Armierung Betonrippe	06.003				130	2.9 - 8.7
①	Gipsfaserplatte	03.007					18.8
①	Stahlprofil verzinkt	06.012					2.2
①	Spachtel	04.017	0.61				5.6
①	Farbe (pro m ²)	14.001					
	Betonunterzug	01.002	42 - 320	30 - 70	3.5 - 10		83 - 515
	Armierung Betonunterzug	06.003				220	7.9 - 49.3

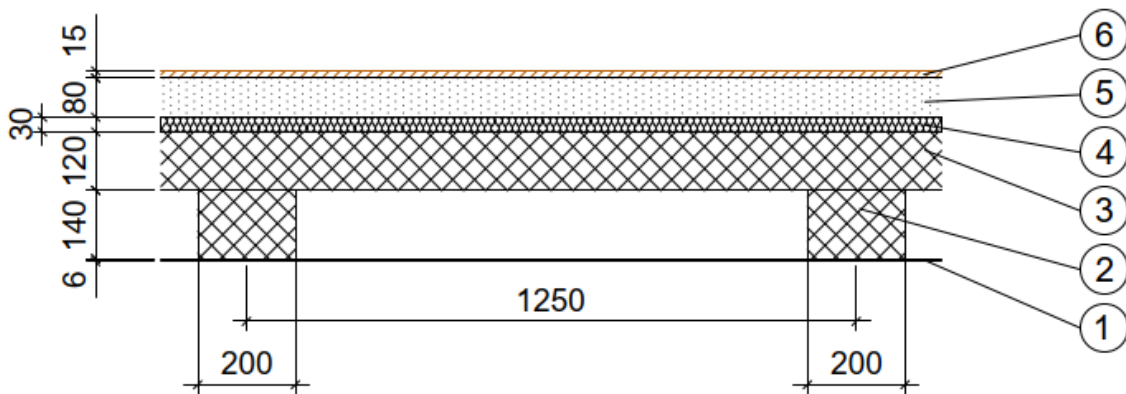


Abbildung 20: Aufbau Betonrippendecke

Stahl-Beton-Verbunddecke

Tabelle 28: Aufbau Stahl-Beton-Verbunddecke

	Material	ID KBOB	Stärke/ Höhe [cm]	Breite [cm]	Abstand [m]	Fläche Verkleidung [m ² /m ²]	Gewicht [kg/m ²]
⑤	Parkett (pro m ²)	11.019	1.5				13.5
④	Zementunterlagsboden	04.006	8				148
③	Trittschalldämmung Weichfaser	10.009	3				2.4
②	Beton (Hochbau)	01.002	12				276
②	Armierungsstahl	06.003					4.2
	Verbundblech (Stahlblech, blank)	06.010	0.088				6.9
①	Sekundärträger (Stahlprofil, blank)	06.012	22 - 72	17.5 - 34	3.5 - 15		2.3 - 8.1
①	Brandschutzverkleidung Primärträger	03.007	2.5			0.5 - 15.6	14 - 469
①	Brandschutzverkleidung Sekundärträger	03.007	2.5			0.4 - 6.6	11 - 198
	Primärträger (Stahlprofil, blank)	06.012	16 - 300	16 - 70	3.5 - 35		12 - 23

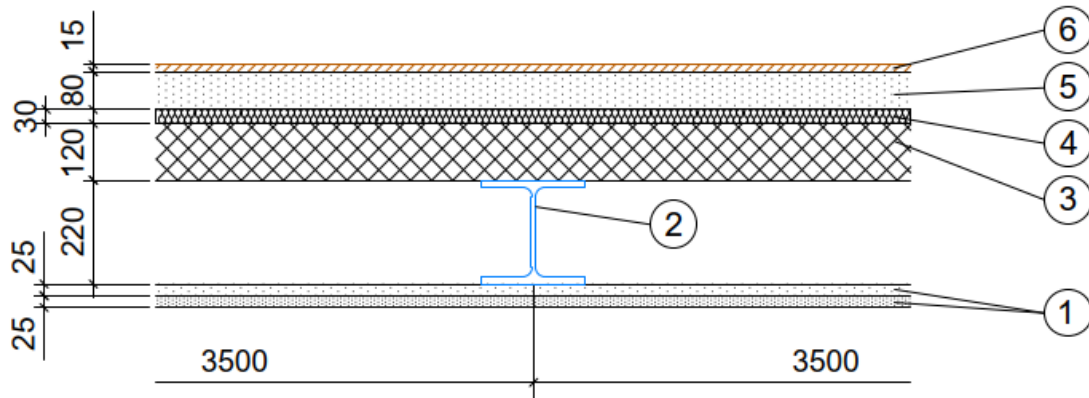


Abbildung 21: Aufbau Stahl-Beton-Verbunddecke

Holz-Beton-Verbunddecke (Holzbalken)

Der Deckenabhang wurde gemäss SIA 2032, Anhang D gewählt.

Tabelle 29: Aufbau Holz-Beton-Verbunddecke (Holzbalken)

	Material	ID KBOB	Stärke/ Höhe [cm]	Breite [cm]	Abstand [m]	ρ [kg/m ³]	Gewicht [kg/m ²]
⑥	Parkett	11.019	1.5				13.5
⑤	Zementunterlagsboden	04.006	8				148
④	Trittschalldämmung Weichfaser	10.009	3				2.4
③	Beton	01.002	8				184
③	Armierungsstahl	06.003				75	6
②	Brettschichtholz	07.002	24	18 - 22	1		19 - 23
①	Gipsfaserplatte	03.007					18.8
①	Stahlprofil verzinkt	06.012					2.2
①	Spachtel	04.017					5.6
①	Farbe (pro m ²)	14.001					
	Primärträger (Brettschichtholz)	07.002	28	26 - 28	3.5 - 5.5		9 - 22

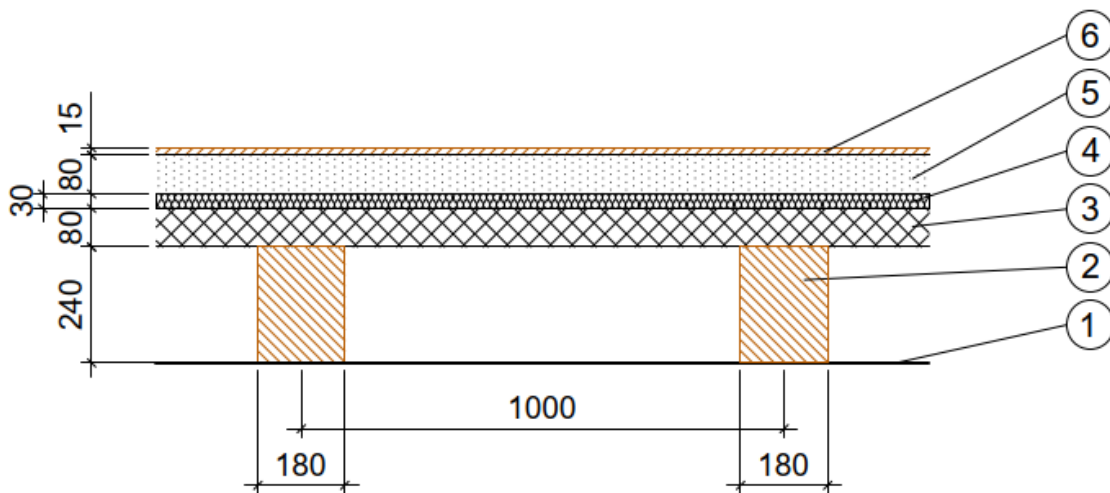


Abbildung 22: Aufbau Holz-Beton-Verbunddecke (Holzbalken)

Holz-Beton-Verbunddecke (Brettstapel)

Der Deckenabhang wurde gemäss SIA 2032, Anhang D gewählt.

Tabelle 30: Aufbau Holz-Beton-Verbunddecke (Brettstapel)

Material	ID KBOB	Stärke/Höhe [cm]	Breite [cm]	Abstand [m]	ρ [kg/m ³]	Gewicht [kg/m ²]
⑦ Parkett	11.019	1.5				13.5
⑥ Zementunterlagsboden	04.006	8				148
⑤ Trittschalldämmung Weichfaser	10.009	3				2.4
④ Beton	01.002	8				184
④ Armierungsstahl	06.003				75	6
③ Brettschichtholz	07.002	12 -16				53 - 70
② Primärträger (Brettschichtholz)	07.002	28 - 100	26 -28	3.5 - 5.5		9 - 22
① Gipsfaserplatte	03.007					18.8
① Stahlprofil verzinkt	06.012					2.2
① Spachtel	04.017					5.6
① Farbe (pro m ²)	14.001					

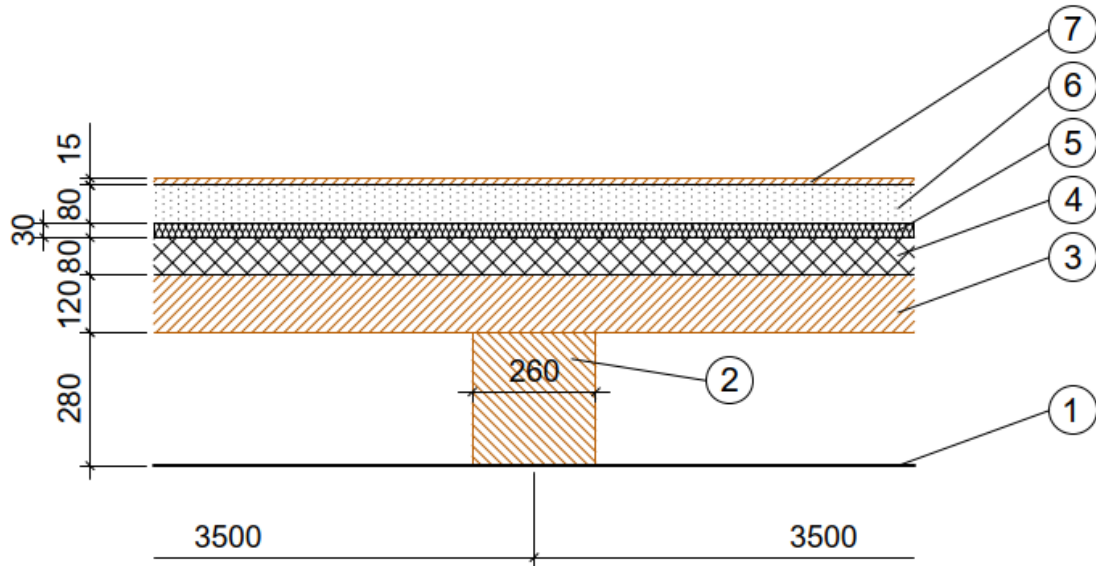


Abbildung 23: Aufbau Holz-Beton-Verbunddecke (Brettstapel)

Holzbalkendecke

Ab 4-5 Meter Spannweite wird die OSB-Platte durch eine Mehrlagige Massivholzplatte (3-Schicht) (07.001) ersetzt. Ab einer Spannweite von 5-6 Meter ist der Sekundärträger aus Brettschichtholz (07.002) und nicht mehr aus Vollholz.

Tabelle 31: Aufbau Holzbalkendecke

	Material	ID KBOB	Stärke/ Höhe [cm]	Breite [cm]	Abstand [m]	Gewicht [kg/m ²]
⑤	Parkett	11.019	1.5			13.5
④	Zementunterlagsboden	04.006	8			148
③	Trittschalldämmung Weichfaser	10.009	3			2.4
②	OSB-Platte / 3-Schichtplatte	07.013/ 07.001	2.5			15
①	Vollholz/Brettschichtholz (Sekundärträger)	07.011/ 07.002	22 - 28	10	0.625	16 - 20
	Brettschichtholz (Unterzug)	07.002	32 - 132	12 - 24	4 - 5	4 - 28

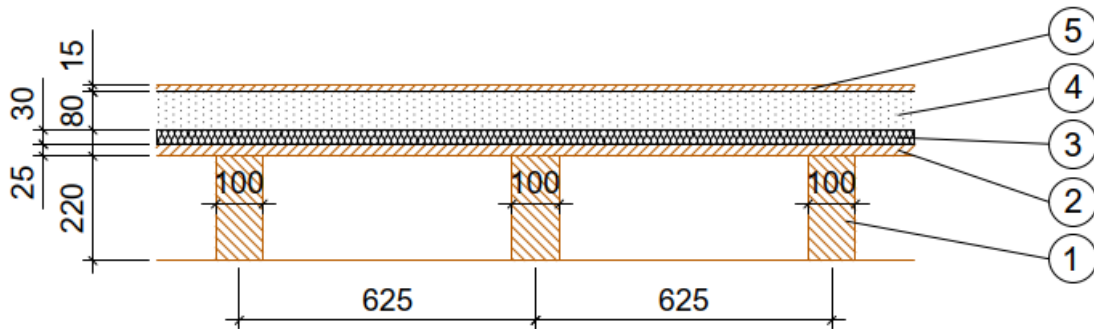


Abbildung 24: Aufbau Holzbalkendecke

Brettstapeldecke

Tabelle 32: Aufbau Brettstapeldecke

	Material	ID KBOB	Stärke/ Höhe [cm]	Breite [cm]	Abstand [m]	Gewicht [kg/m ²]
④	Parkett	11.019	1.5			13.5
③	Zementunterlagsboden	04.006	8			148
②	Trittschalldämmung Weichfaser	10.009	3			2.4
①	Brettstapeldecke	07.011.02	14 - 18			59 - 76
	Brettschichtholz (Unterzug)	07.002	32 - 136	14 -24	4 - 5	5 - 29

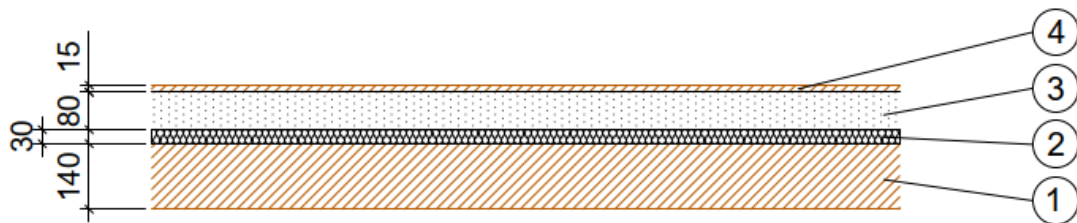


Abbildung 25:Aufbau Brettstapeldecke

Vollholzdecke (CLT)

Tabelle 33: Aufbau Vollholzdecke (CLT)

	Material	ID KBOB	Stärke/ Höhe [cm]	Breite [cm]	Abstand [m]	Gewicht [kg/m ²]
④	Parkett	11.019	1.5			13.5
③	Zementunterlagsboden	04.006	8			148
②	Trittschalldämmung Weichfaser	10.009	3			2.4
①	Holzwerkstoffplatte	07.002	15 - 19			66 - 83
	Brettschichtholz (Unterzug)	07.002	32 - 136	14 - 24	4 - 5	5 - 29

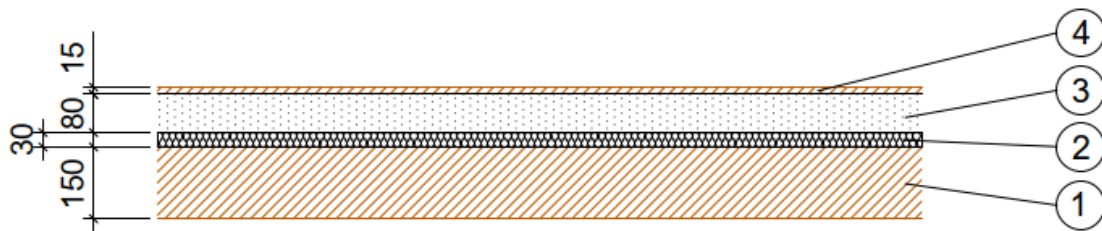


Abbildung 26: Aufbau Vollholzdecke (CLT)

Hohlkastendecke

Ab einer Spannweite von 5-6 Meter besteht der Sekundärträger aus Brettschichtholz (07.002) und nicht mehr aus Vollholz.

Tabelle 34: Aufbau Hohlkastendecke

	Material	ID KBOB	Stärke/ Höhe [cm]	Breite [cm]	Abstand [m]	Gewicht [kg/m ²]
⑥	Parkett	11.019	1.5			13.5
⑤	Zementunterlagsboden	04.006	8			148
④	Trittschalldämmung Weichfaser	10.009	3			2.4
③	Mehrlagige Massivholzplatte (3-Schicht)	07.001	2.7			12.2
②	Vollholz / Brettschichtholz (Sekundärträger)	07.011	16 - 20	6	0.625	7 - 9
②	Hohlraumbedämpfung Steinwolle	10.008	16			5.6
①	Beplankung	07.001	2.5			11.3
①	Innenputz	04.001	1			11
①	Farbe	14.001				
	Brettschichtholz (Unterzug)	07.002	32 - 112	12 - 24	4 - 5	4 - 24

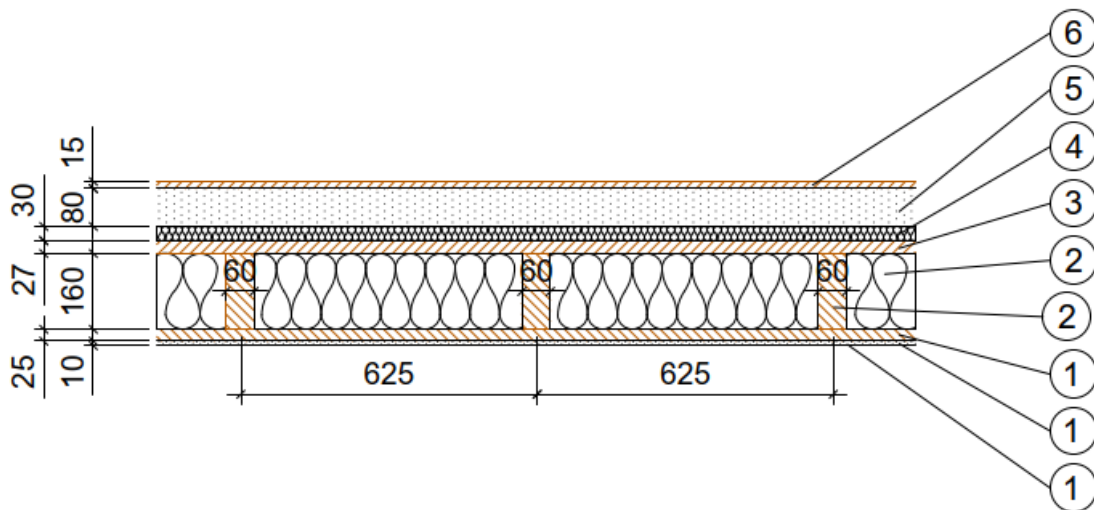


Abbildung 27: Aufbau Hohlkastendecke

Holz-Lehm-Decke

Der Sekundärträger besteht aber eine Spannweite von 5-6 Meter aus Brettschichtholz.

Tabelle 35: Aufbau Holz-Lehm-Decke

	Material	ID KBOB	Stärke/ Höhe [cm]	Breite [cm]	Abstand [m]	Gewicht [kg/m²]
⑥	Parkett	11.019	1.5			13.5
⑤	Zementunterlagsboden	04.006	8			148
④	Sandschüttung	03.013	6			120
③	Trittschalldämmung Weichfaser	10.009	4			3.2
②	Mehrlagige Massivholzplatte (3-Schicht)	07.001	2.7			12.2
①	Lehm	03.020	7.9			158
①	Vollholz / Brettschichtholz (Sekundärträger)	07.011/ 07.003	20 - 28	16 - 24	0.57 - 0.6	26 - 49
	Brettschichtholz (Primärträger)	07.003	36 - 136	16 - 28	4 - 5.5	6 - 47

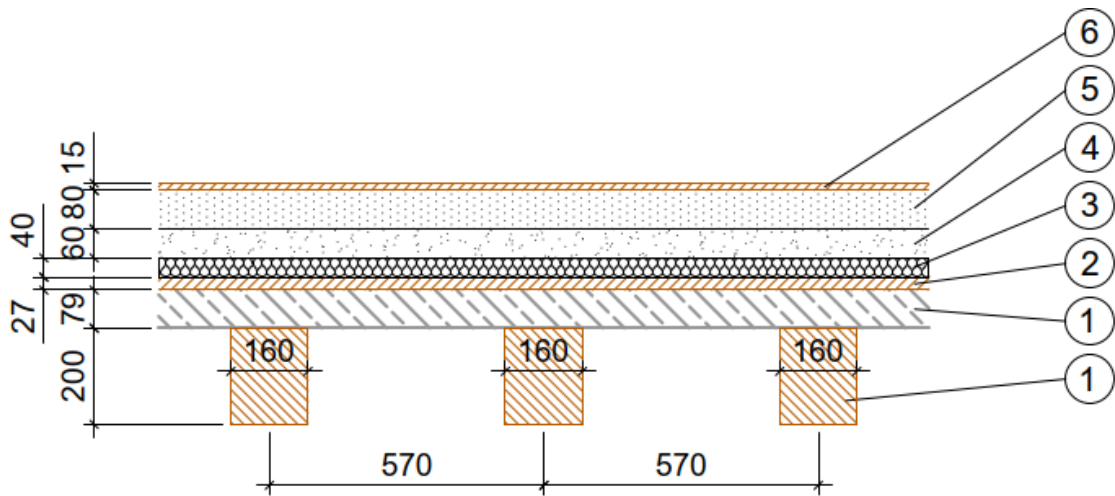


Abbildung 28: Aufbau Holz-Lehm-Decke

Balkon

Der Deckenabhang wurde gemäss SIA 2032, Anhang D gewählt.

Tabelle 36: Balkon

Material	ID KBOB	Gewicht [kg/m ²]
Balkonkragplatte Ortbeton	01.002	468.63
Bewehrungsstahl	06.003	17.53
3-SP Schalung 2.5 cm (5x verwendet)	07.001	4.7
Chromstahl (Kragplattenanschluss)	06.004	4.7
XPS (Kragplattenanschluss)	10.005	0.3
Metallstabgeländer	11.005	42.00
PUR, 30 kg/m ³	10.006	13.01

C. Fassadenaufbauten

Holz-Ständer-Fassade mit Putzfassade

Holz-Ständer-Fassade in Sichtqualität verputzt. Beispielaufbau genügt einem U-Wert ≈ 0.132 , einem Luft-Schalldämmmass von 58 dB. Konstruktionsvollholz aus Nadelholz. Abmessungen der Tragstruktur steigen mit zunehmender Spannweite. Angelehnt an Standardaufbauten von Lignumdata.

Tabelle 37: Holz-Ständer-Fassade mit Putzfassade

Material	ID KBOB	Stärke [cm]	Breite [cm]	Achsabstand [m]	Gewicht [kg/m ²]
⑦ Farbe (pro m ²)	14.001				
⑦ Aussenputz: Kalk-Zementputz	04.013	1.5			23.3
⑥ Weichfaser-Fassadendämmplatte	10.009	6			8.9
⑤ Wärmedämmung: Steinwolle	10.008	20			17
⑤ Träger: Rippen/Balken (Konstruktionsvollholz/Nadelholz)	07.011	20 - 28	8 - 14	0.5 - 0.25	28 - 184
④ OSB-Platte (Beplankung)	07.013	2.2			13.2
③ Lattung (Konstruktionsvollholz/Nadelholz)	07.011	5	3	0.625	1.1
② Gipskartonplatte (Beplankung)	03.008	2.5			21.3
① Innenputz: Gipsputz	04.001	1.5			16.5
① Farbe (pro m ²)	14.001				

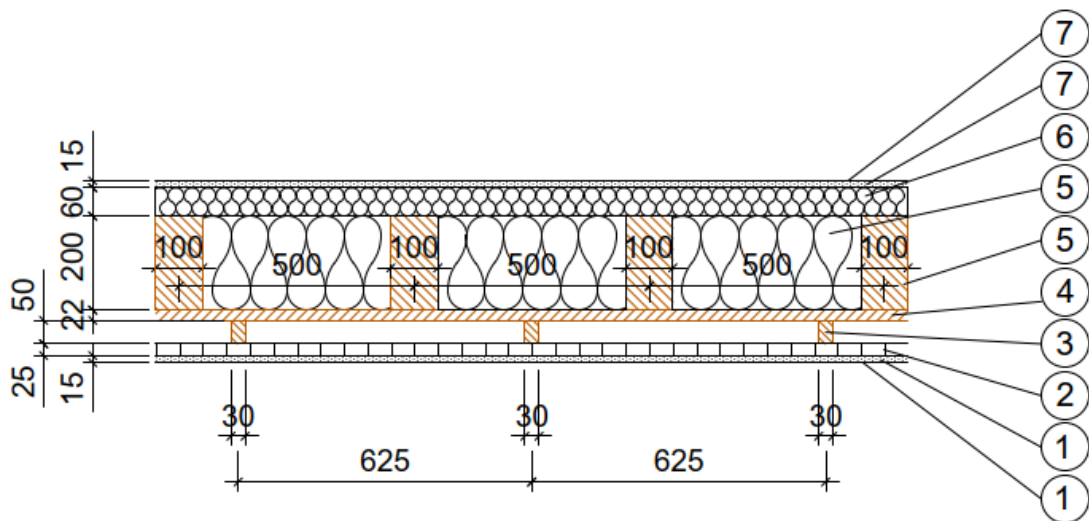


Abbildung 29: Holz-Ständer-Fassade mit Putzfassade

Holz-Ständer-Fassade, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Holz

Aufbau analog zur Sichtputzvariante. Hinterlüftung durch Vertikal- und Querlattung aus Konstruktionsvollholz als Tragstruktur für die Holzfassadenverkleidung.

Tabelle 38: Holz-Ständer-Fassade, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Holz

	Material	ID KBOB	Stärke [cm]	Breite [cm]	Achsabstand [m]	Gewicht [kg/m ²]
⑧	Geschlossene Holzschalung aus Nadelholz (Fichte/Tanne/Lärche/Kiefer)	07.011	2.2			10.8
⑦	Lattungen (Konstruktionsvollholz/Nadelholz)	07.011	3	5	0.625	1.1
⑥	Weichfaser-Fasadendämmplatte	10.009	6			8.9
⑤	Wärmedämmung: Steinwolle	10.008	20			17
⑤	Träger: Rippen/Balken (Konstruktionsvollholz/Nadelholz)	07.011	20 - 28	8 - 14	0.5 - 0.25	28 - 184
④	OSB-Platte (Beplankung)	07.013	2.2			13.3
③	Lattung (Konstruktionsvollholz/Nadelholz)	07.011	3	5	0.625	1.1
②	Gipskartonplatte (Beplankung)	03.008	2.5			21.3
①	Innenputz: Gipsputz	04.001	1.5			16.5
①	Farbe (pro m ²)	14.001				

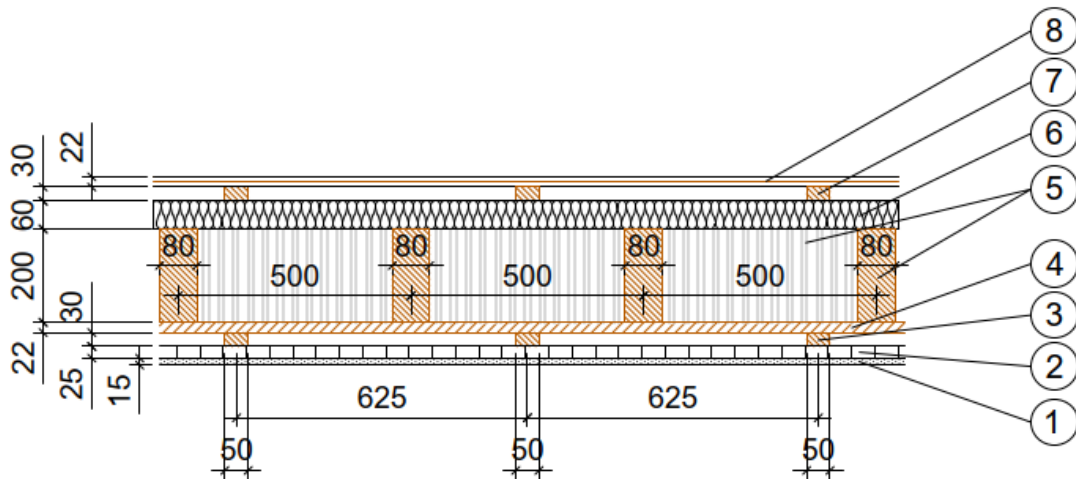


Abbildung 30: Holz-Ständer-Fassade, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Holz

Holz-Ständer-Fassade, hinterlüftet mit metallischer Fassadenverkleidung

Aufbau analog zu Sichtputzvariante. Hinterlüftung durch Vertikal- und Querstrukturprofilen aus Edelstahl als Tragstruktur für die metallische Verkleidung.

Tabelle 39: Holz-Ständer-Fassade, hinterlüftet mit metallischer Fassadenverkleidung

	Material	ID KBOB	Stärke [cm]	Breite [cm]	Achsabstand [m]	Gewicht [kg/m ²]
⑧	Trapez-/Well oder Formpaneel aus Metall	06.010	0.15			12
⑦	Verankerung und Unterkonstruktion (Edelstahlprofile)	06.012	0.15	7.5	0.5	19.8
⑥	Weichfaser-Fassadendämmplatte	10.009	6			8.9
⑤	Wärmedämmung: Steinwolle	10.008	20			17
⑤	Träger: Rippen/Balken (Konstruktionsvollholz/Nadelholz)	07.011	20 - 28	8 - 14	0.5 - 0.25	28 - 184
④	OSB-Platte (Beplankung)	07.013	2.2			13.3
③	Lattung (Konstruktionsvollholz/Nadelholz)	07.011	3	5	0.625	1.1
②	Gipskartonplatte (Beplankung)	03.008	2.5			21.3
①	Innenputz: Gipsputz	04.001	1.5			16.5
①	Farbe (pro m ²)	14.001				

<https://www.heinze.de/produktserie/stoventec-fassadensysteme-waermebrueckenfreie-unterkonstruktion/14882460/1/>

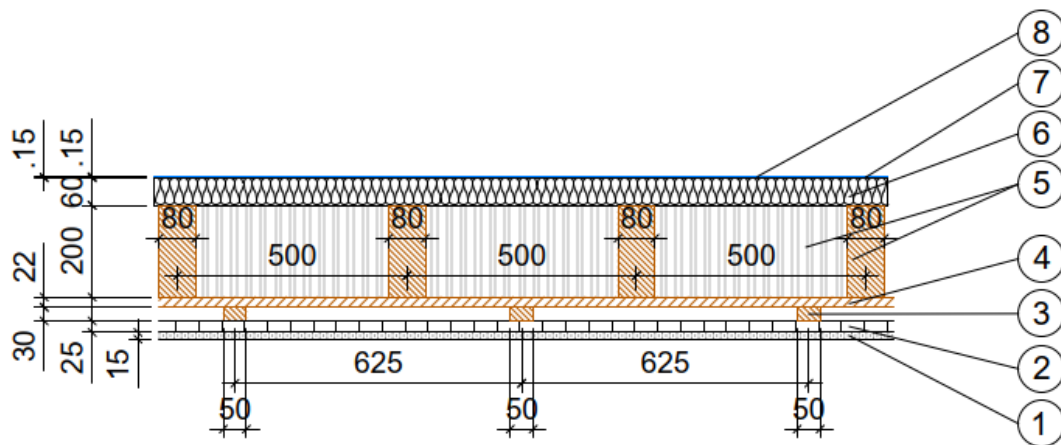


Abbildung 31: Holz-Ständer-Fassade, hinterlüftet mit metallischer Fassadenverkleidung

Holz-Ständer-Fassade, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Faserzement

Aufbau analog zur Sichtputzvariante. Hinterlüftung entspricht Vertikal- und Querstrukturprofilen aus Edelstahl als Tragstruktur für die Faserzementelemente.

Tabelle 40: Holz-Ständer-Fassade, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Faserzement

	Material	ID KBOB	Stärke [cm]	Breite [cm]	Achsabstand [m]	Gewicht [kg/m ²]
⑧	Faserzementelement	03.004	1.2			21.6
⑦	Verankerung und Unterkonstruktion (Edelstahlprofile)	06.012	0.15	7.5	0.5	19.8
⑥	Weichfaser-Fassadendämmplatte	10.009	6			8.9
⑤	Wärmedämmung: Steinwolle	10.008	20			17
⑤	Träger: Rippen/Balken (Konstruktionsvollholz/Nadelholz)	07.011	20 - 28	8 - 14	0.5 - 0.25	28 - 184
④	OSB-Platte (Beplankung)	07.013	2.2			13.3
③	Lattung (Konstruktionsvollholz/Nadelholz)	07.011	3	5	0.625	1.1
②	Gipskartonplatte (Beplankung)	03.008	2.5			21.3
①	Innenputz: Gipsputz	04.001	1.5			16.5
①	Farbe (pro m ²)	14.001				

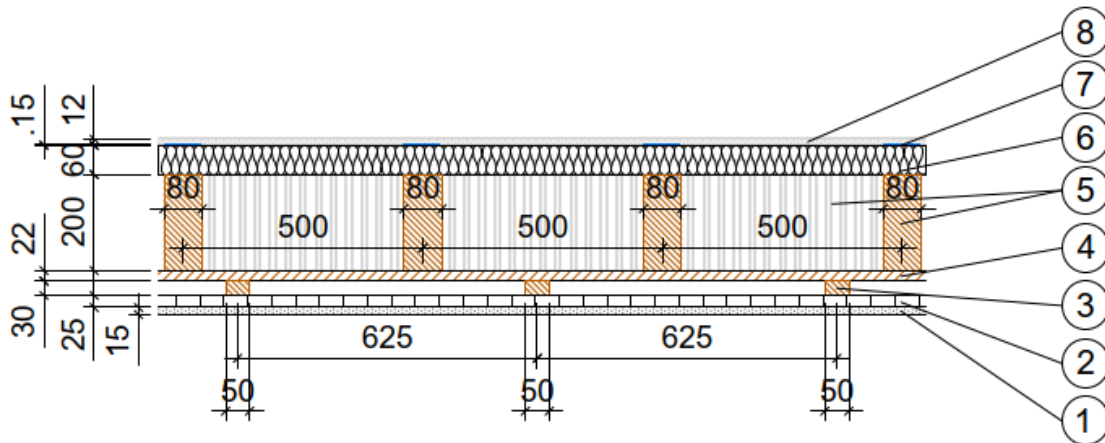


Abbildung 32: Holz-Ständer-Fassade, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Faserzement

Massivholzbaufassade (HWS, CLT oder Brettstapel) mit Putzfassade

Massivholzbauwand bzw. -fassade aus Holzwerkstoffplatten mit einer Rohdichte $\rho > 450 \text{ kg/m}^3$.
 Beispielaufbau erzielt einem U-Wert ≈ 0.161 und ein Luft-Schalldämmmass von ca. 51 dB.
 Holzwerkstoffe aus Nadelholz. Angelehnt an Standardaufbauten von Lignumdata.

Tabelle 41: Massivholzbaufassade (HWS, CLT oder Brettstapel) mit Putzfassade

	Material	ID KBOB	Stärke [cm]	Breite [cm]	Achsabstand [m]	Gewicht [kg/m ²]
⑧	Farbe (pro m ²)	14.001				
⑦	Aussenputz: Kalk-Zementputz	04.013	1.5			23.3
⑥	Weichfaser-Fasadendämmplatte	10.009	16			23.6
⑤	Lattung (Konstruktionsvollholz/Nadelholz)	07.011	3	6	0.625	1.4
④	Wärmedämmung: Steinwolle	10.008	6			5.1
③	Holzwerkstoffplatte für tragende Zwecke, CLT oder Brettstapel	07.020	10.6			48
②	Gipskartonplatte (Beplankung)	03.008	2.5			21.3
①	Innenputz: Gipsputz	04.001	1.5			16.5
①	Farbe (pro m ²)	14.001				

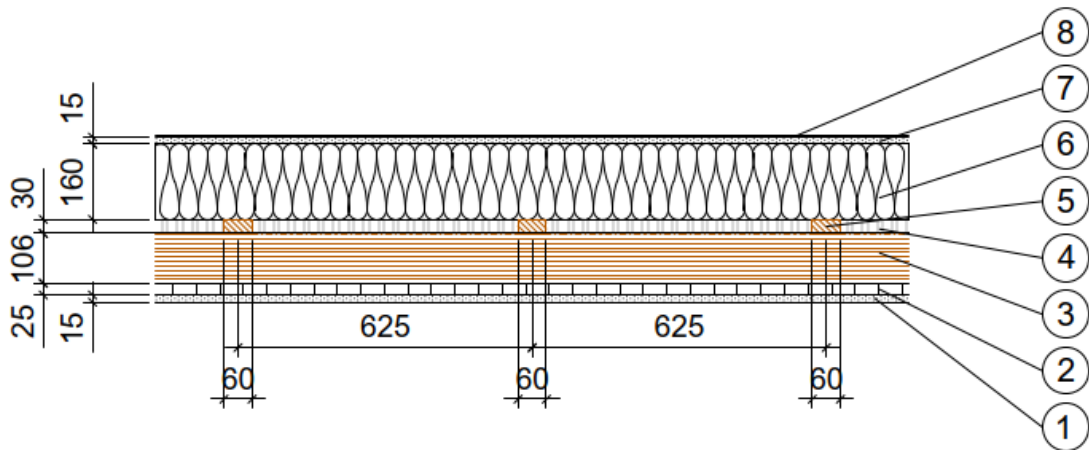


Abbildung 33: Massivholzbaufassade (HWS, CLT oder Brettstapel) mit Putzfassade

Massivholzbaufassade (HWS, CLT oder Brettstapel), hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Holz

Aufbau analog zur Sichtputzvariante. Hinterlüftung durch Vertikal- und Querlattung aus Konstruktionsvollholz als Tragstruktur für die Holzfassadenverkleidung.

Tabelle 42: Massivholzbaufassade (HWS, CLT oder Brettstapel), hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Holz

	Material	ID KBOB	Stärke [cm]	Breite [cm]	Achsabstand [m]	Gewicht [kg/m ²]
⑧	Geschlossene Holzschalung aus Nadelholz (Fichte/Tanne/Lärche/Kiefer)	07.011	2.2			10.8
⑦	Querlattung (Konstruktionsvollholz/Nadelholz)	07.011	3	5	0.625	1.1
⑥	Weichfaser-Fassadendämmplatte	10.009	16			23.6
⑤	Lattung (Konstruktionsvollholz/Nadelholz)	07.011	3	6	0.625	1.4
④	Wärmedämmung: Steinwolle	10.008	6			5.1
③	Holzwerkstoffplatte für tragende Zwecke, CLT oder Brettstapel	07.020	10.6			48
②	Gipskartonplatte (Beplankung)	03.008	2.5			21.3
①	Innenputz: Gipsputz	04.001	1.5			16.5
①	Farbe (pro m ²)	14.001				

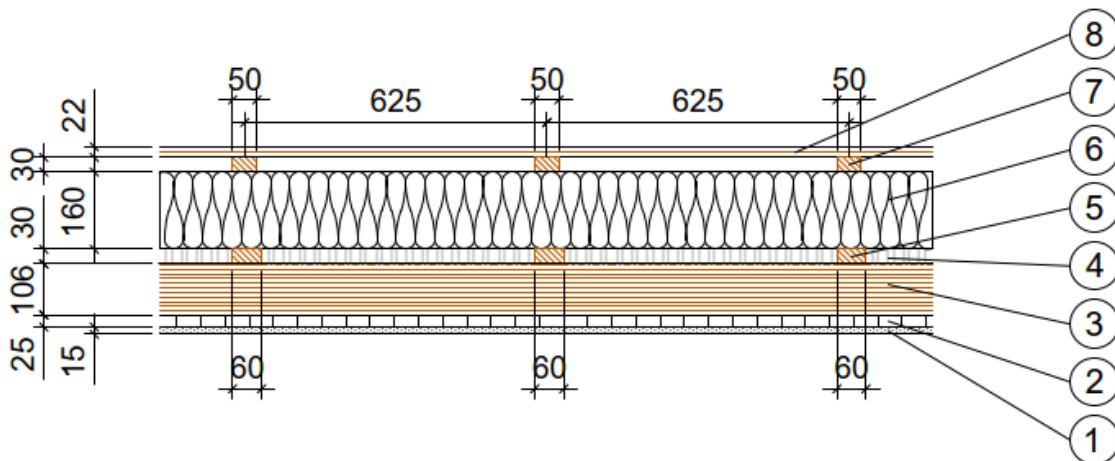


Abbildung 34: Massivholzbaufassade (HWS, CLT oder Brettstapel), hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Holz

Massivholzbaufassade (HWS, CLT oder Brettstapel), hinterlüftet mit metallischer Fassadenverkleidung

Aufbau analog zur Sichtputzvariante. Hinterlüftung durch Vertikal- und Querstrukturprofile aus Edelstahl als Tragstruktur für die metallische Verkleidung.

Tabelle 43: Massivholzbaufassade (HWS, CLT oder Brettstapel), hinterlüftet mit metallischer Fassadenverkleidung

	Material	ID KBOB	Stärke [cm]	Breite [cm]	Achsabstand [m]	Gewicht [kg/m ²]
⑧	Trapez-/Well oder Formpaneel aus Metall	06.010	0.15			12
⑦	Verankerung und Unterkonstruktion (Edelstahlprofile)	06.012	0.15	7.5	0.5	19.8
⑥	Weichfaser-Fassadendämmplatte	10.009	16			21.3
⑤	Lattung (Konstruktionsvollholz/Nadelholz)	07.011	3	6	0.625	1.4
④	Wärmedämmung: Steinwolle	10.008	6			10.8
③	Holzwerkstoffplatte für tragende Zwecke, CLT oder Brettstapel	07.020	10.6			47.7
②	Gipskartonplatte (Beplankung)	03.008	2.5			23.6
①	Innenputz: Gipsputz	04.001	1.5			16.5
①	Farbe (pro m ²)	14.001				

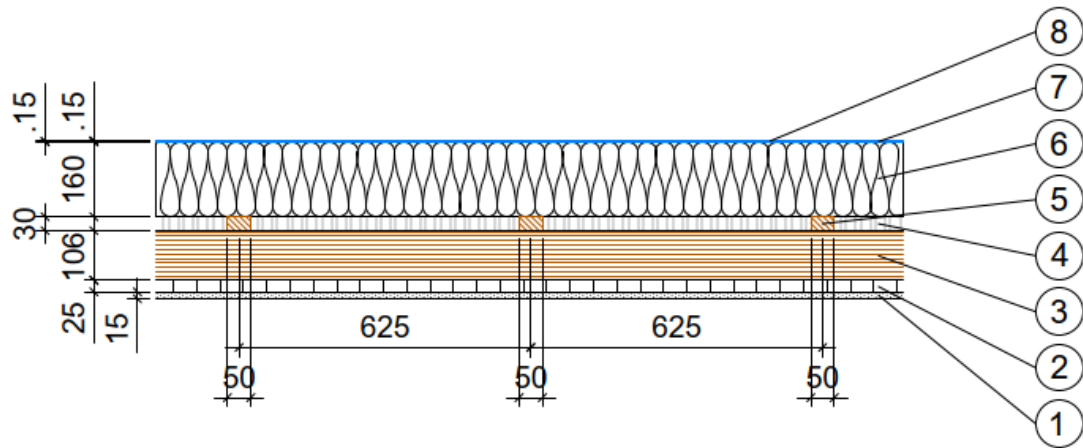


Abbildung 35: Massivholzbaufassade (HWS, CLT oder Brettstapel), hinterlüftet mit metallischer Fassadenverkleidung

Massivholzbaufassade (HWS, CLT oder Brettstapel), hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Faserzement

Aufbau analog zur Sichtputzvariante. Hinterlüftung durch Vertikal- und Querstrukturprofile aus Edelstahl als Tragstruktur für die Faserzementelemente.

Tabelle 44: Massivholzbaufassade (HWS, CLT oder Brettstapel), hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Faserzement

	Material	ID KBOB	Stärke [cm]	Breite [cm]	Achsabstand [m]	Gewicht [kg/m ²]
⑧	Faserzementelement	03.004	1.2			21.6
⑦	Verankerung und Unterkonstruktion (Edelstahlprofile)	06.012	0.15	7.5	0.5	19.8
⑥	Weichfaser-Fassadendämmplatte	10.009	16			23.6
⑤	Lattung (Konstruktionsvollholz/Nadelholz)	07.011	3	6	0.625	1.4
④	Wärmedämmung: Steinwolle	10.008	6			5.1
③	Holzwerkstoffplatte für tragende Zwecke, CLT oder Brettstapel	07.020	10.6			48
②	Gipskartonplatte (Beplankung)	03.008	2.5			21.3
①	Innenputz: Gipsputz	04.001	1.5			16.5
①	Farbe (pro m ²)	14.001				

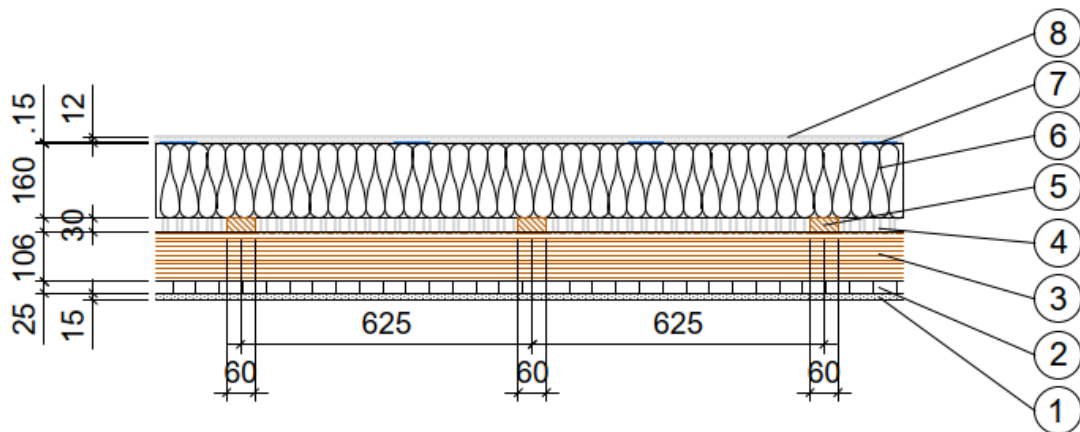


Abbildung 36: Massivholzbaufassade (HWS, CLT oder Brettstapel), hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Faserzement

Stahlbetonfassade mit Kompaktfassade/Wärmedämmverbundsystem (WDVS)

Stahlbetonwand mit einer Dicke von 25 cm als klassische Kompaktfassade. Das Wärmedämmverbundsystem besteht aus Wärmedämmung, Armierung und Aussenputz und wird mit synthetischem Mörtel (i.d.R. Polyurethan-Klebstoff) auf den Beton aufgeklebt. Der Aufbau erreicht einen U-Wert ≈ 0.16 .

Tabelle 45: Stahlbetonfassade mit Kompaktfassade/Wärmedämmverbundsystem (WDVS)

	Material	ID KBOB	Stärke [cm]	ρ [kg/m ³]	Gewicht [kg/m ²]
④	Farbe (pro m ²)	14.001			
④	Aussenputz: Kalk-Zementputz	04.013	1.5		23.3
③	Wärmedämmplatte: Steinwolle, kompakt	10.008	20		17
③	Klebe- und Armierungsmörtel	04.008			1
②	Hochbaubeton	01.002	25		575
②	Armierungsstahl	06.003		110	27.5
①	Innenputz: Gipsputz	04.001	1.5		16.5
①	Farbe (pro m ²)	14.001			

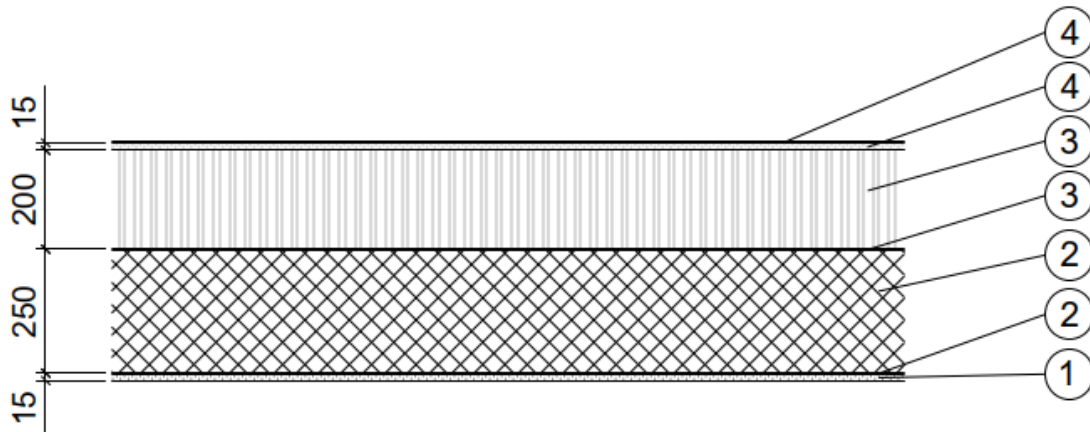


Abbildung 37: Stahlbetonfassade mit Kompaktfassade/Wärmedämmverbundsystem (WDVS)

Stahlbetonfassade mit Aussendämmung, hinterlüftet mit metallischer Fassadenverkleidung

Aufbau analog zur Kompaktfassade. Hinterlüftung durch Vertikal- und Querstrukturprofile aus Edelstahl als Tragstruktur für die metallische Verkleidung.

Tabelle 46: Stahlbetonfassade mit Aussendämmung, hinterlüftet mit metallischer Fassadenverkleidung

	Material	ID KBOB	Stärke [cm]	ρ [kg/m ³]	Gewicht [kg/m ²]
⑤	Trapez-/Well oder Formpaneel aus Metall	06.010	0.15		12
④	Verankerung und Unterkonstruktion (Edelstahlprofile)	06.012	0.15		19.8
③	Wärmedämmplatte: Steinwolle	10.008	20		17
③	Klebe- und Armierungsmörtel	04.008			1
②	Hochbaubeton	01.002	25		575
②	Armierungsstahl	06.003		110	27.5
①	Innenputz: Gipsputz	04.001	1.5		16.5
①	Farbe (pro m ²)	14.001			

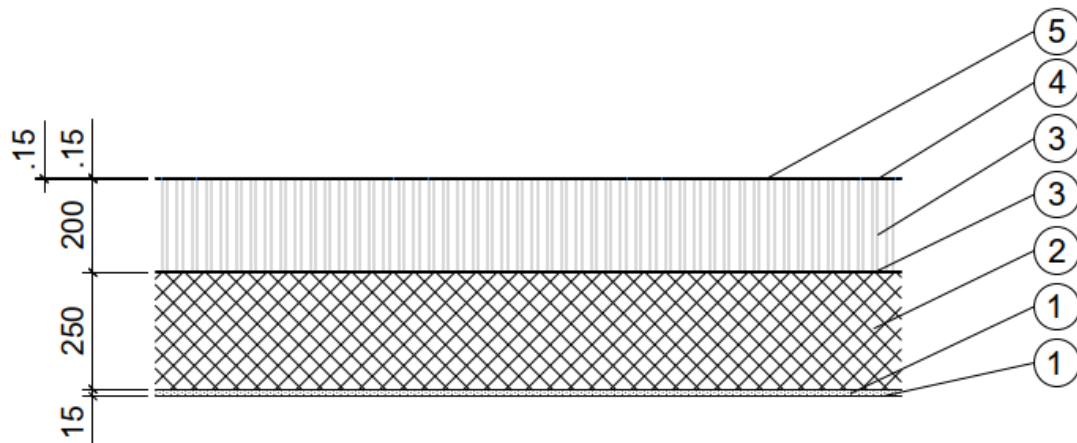


Abbildung 38: Stahlbetonfassade mit Aussendämmung, hinterlüftet mit metallischer Fassadenverkleidung

Stahlbetonfassade mit Aussendämmung, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Faserzement

Aufbau analog zur Kompaktfassade. Hinterlüftung durch Vertikal- und Querstrukturprofile aus Edelstahl als Tragstruktur für die Faserzementelemente.

Tabelle 47: Stahlbetonfassade mit Aussendämmung, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Faserzement

	Material	ID KBOB	Stärke [cm]	ρ [kg/m ³]	Gewicht [kg/m ²]
⑤	Faserzementelement	03.004	1.2		21.6
④	Verankerung und Unterkonstruktion (Edelstahlprofile)	06.012	0.15	7.5	19.8
③	Wärmedämmplatte: Steinwolle	10.008	20		17
③	Klebe- und Armierungsmörtel	04.008			1
②	Hochbaubeton	01.002	25		575
②	Armierungsstahl	06.003		110	27.5
①	Innenputz: Gipsputz	04.001	1.5		16.5
①	Farbe (pro m ²)	14.001			

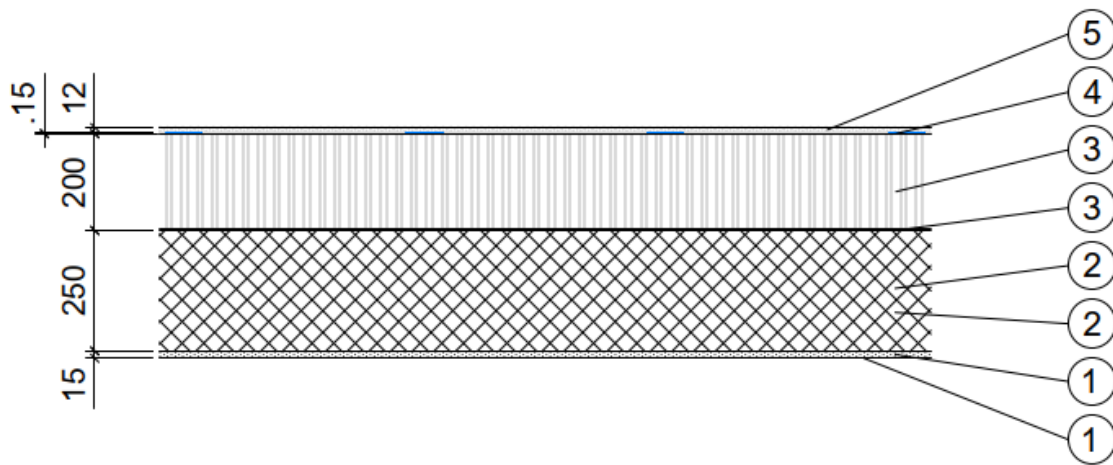


Abbildung 39: Stahlbetonfassade mit Aussendämmung, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Faserzement

Stahlbetonfassade mit Aussendämmung, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Naturstein

Aufbau analog zur Kompaktfassade. Hinterlüftung durch Luftraum zwischen Ankerdorn in der Natursteinfassadenelemente und dem Fassadenanker im Stahlbeton.

Tabelle 48: Stahlbetonfassade mit Aussendämmung, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Naturstein

	Material	ID KBOB	Stärke [cm]	ρ [kg/m ³]	Gewicht [kg/m ²]
⑤	Natursteinelement	03.010	3		78
④	Ankerdorn/Fassadenanker (Chromstahl)	06.006			1
③	Wärmedämmplatte: Steinwolle	10.008	20		17
③	Klebe- und Armierungsmörtel	04.008			1
②	Hochbaubeton	01.002	25		575
②	Armierungsstahl	06.003		110	27.5
①	Innenputz: Gipsputz	04.001	1.5		16.5
①	Farbe (pro m ²)	14.001			

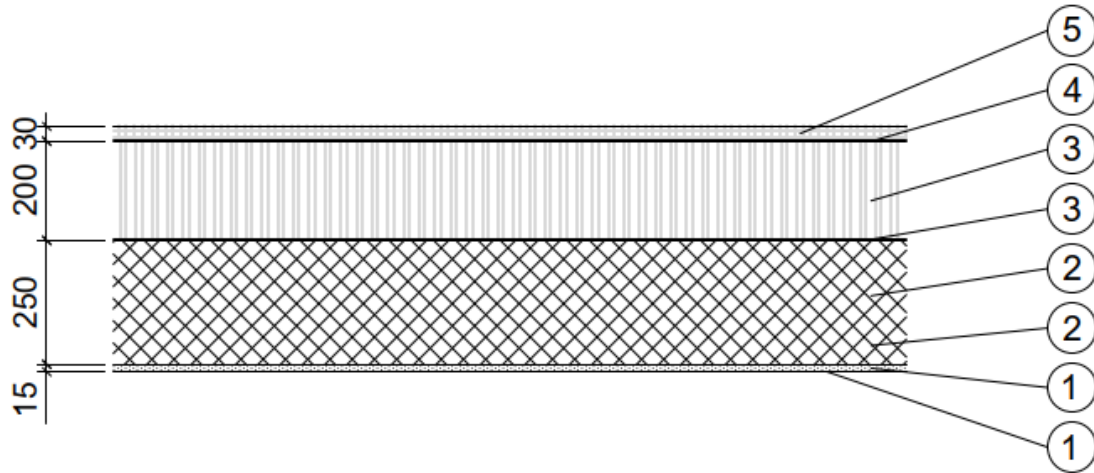


Abbildung 40: Stahlbetonfassade mit Aussendämmung, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Naturstein

Stahlbetonfassade mit hinterlüfteter Vorhangfassade aus Betonfertigtelementen

Aufbau analog zur Kompaktfassade. Hinterlüftung durch Luftraum zwischen Ankerdorn in der Betonfertigteilfassade und dem Fassadenanker im Stahlbeton.

Tabelle 49: Aufbau Stahlbetonfassade mit Aussendämmung und vorgehängten Stahlbetonelementen

	Material	ID KBOB	Stärke [cm]	ρ [kg/m ³]	Gewicht [kg/m ²]
⑤	Betonfertigteilelement	01.042	10		250
④	Fassadenanker (Chromstahl)	06.006			1
③	Wärmedämmplatte: Steinwolle	04.008	20		17
③	Klebe- und Armierungsmörtel	04.008			1
②	Hochbaubeton	01.002	25		575
②	Armierungsstahl	06.003		110	27.5
①	Innenputz: Gipsputz	04.001	1.5		16.5
①	Farbe (pro m ²)	14.001			

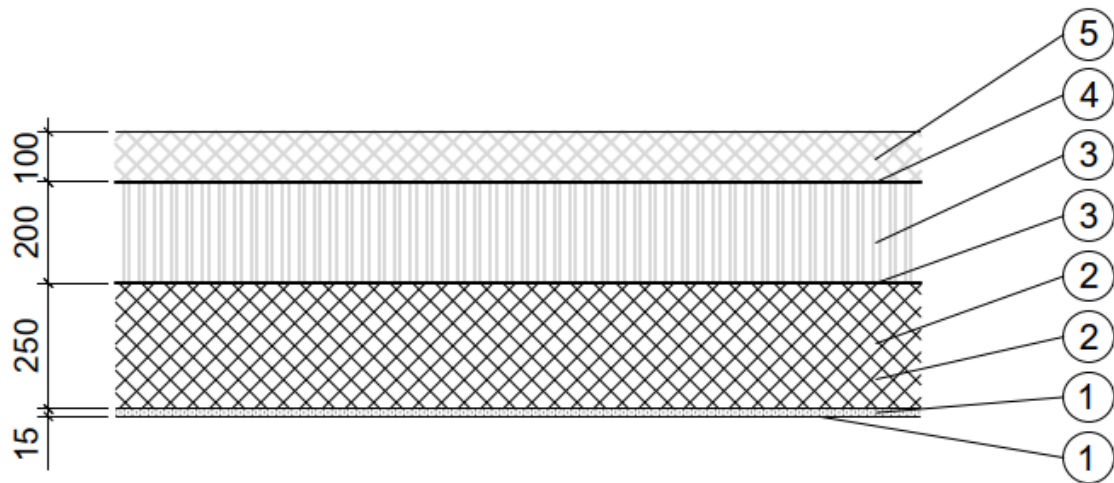


Abbildung 41: Aufbau Stahlbetonfassade mit Aussendämmung und vorgehängten Stahlbetonelementen

Zweischalige Stahlbetonwand mit Kerndämmung

Zweischalige Betonkonstruktion; Aussenbeton = 10 cm; Innenbeton = 15 – 25. Durch die Kerndämmung (20 cm EPS-Dämmung) erreicht die Wand einen U-Wert ≈ 0.16 . 1 Fassadenanker pro m² Wandfläche. Auf Basis des Dokuments «Technische Angaben» zu «Fassaden aus Betonelementen» erstellt.

Tabelle 50: Zweischalige Stahlbetonwand mit Kerndämmung

	Material	ID KBOB	Stärke [cm]	ρ [kg/m ³]	Gewicht [kg/m ²]
⑤	Farbe (pro m ²)	14.001			
⑤	Aussenputz: Kalk-Zementputz	04.013	1.5		23.3
④	Hochbaubeton - Aussenstruktur	01.002	10		230
④	Armierungsstahl - Aussenstruktur	06.003		110	11
③	Kerndämmung: EPS	10.004	20		8
②	Hochbaubeton - Innenstruktur	01.002	25		575
②	Armierungsstahl - Innenstruktur	06.003		110	27.5
①	Innenputz: Gipsputz	04.001	1.5		16.5
①	Farbe (pro m ²)	14.001			

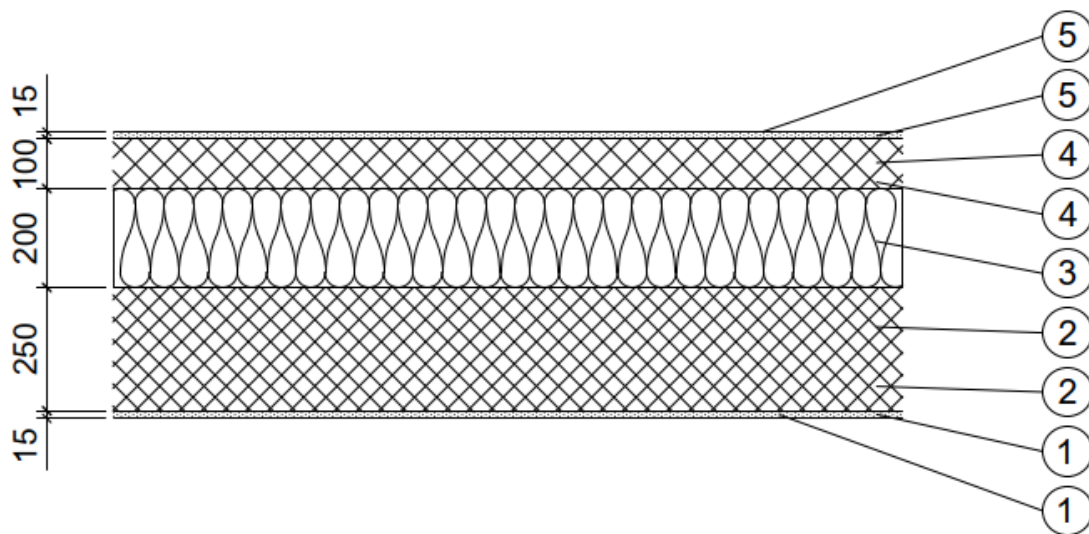


Abbildung 42: Zweischalige Stahlbetonwand mit Kerndämmung

Mauerwerkfassade mit Kompaktfassade/Wärmedämmverbundsystem (WDVS)

Tabelle 51: Mauerwerkfassade mit Kompaktfassade/Wärmedämmverbundsystem (WDVS)

	Material	ID KBOB	Stärke [cm]	Gewicht [kg/m ²]
④	Farbe (pro m ²)	14.001		
④	Aussenputz: Kalk-Zementputz	04.013	1.5	23.3
③	Wärmedämmplatte: Steinwolle, kompakt	10.008	20	17
②	Mauerwerk inkl. Mörtel (Backstein / Kalksandstein)	02.001	24 - 50	144 - 950
①	Innenputz: Gipsputz	04.001	1.5	16.5
①	Farbe (pro m ²)	14.001		

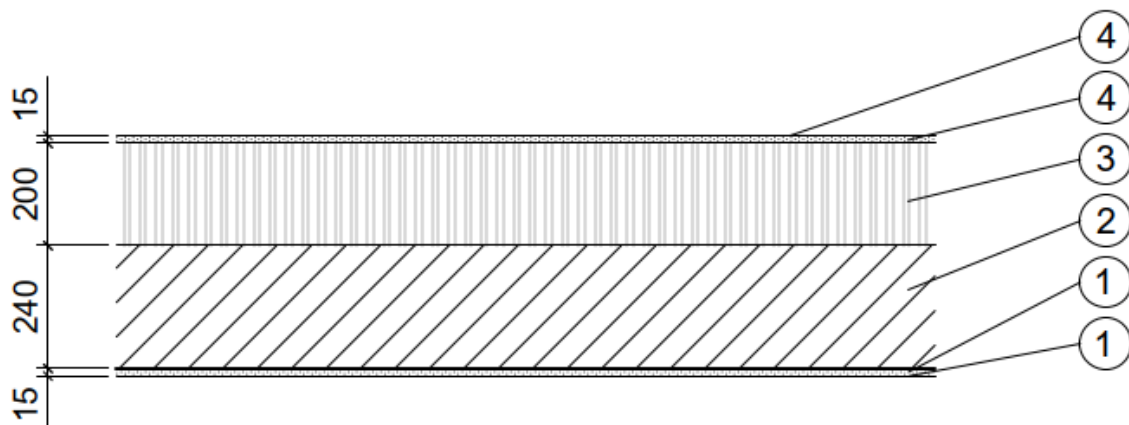


Abbildung 43: Mauerwerkfassade mit Kompaktfassade/Wärmedämmverbundsystem (WDVS)

Mauerwerk mit Aussendämmung, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Holz

Tabelle 52: Mauerwerk mit Aussendämmung, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Holz

	Material	ID KBOB	Stärke [cm]	Gewicht [kg/m ²]
⑤	Geschlossene Holzschalung aus Nadelholz (Fichte/Tanne/Lärche/Kiefer)	07.011	2.2	10.8
④	Lattungen (Konstruktionsvollholz/Nadelholz)	07.011	3	1.1
③	Wärmedämmplatte: Steinwolle	10.008	20	17
②	Mauerwerk inkl. Mörtel (Backstein / Kalksandstein)	02.001	24 - 50	144 - 950
①	Innenputz: Gipsputz	04.001	1.5	16.5
①	Farbe (pro m ²)	14.001		

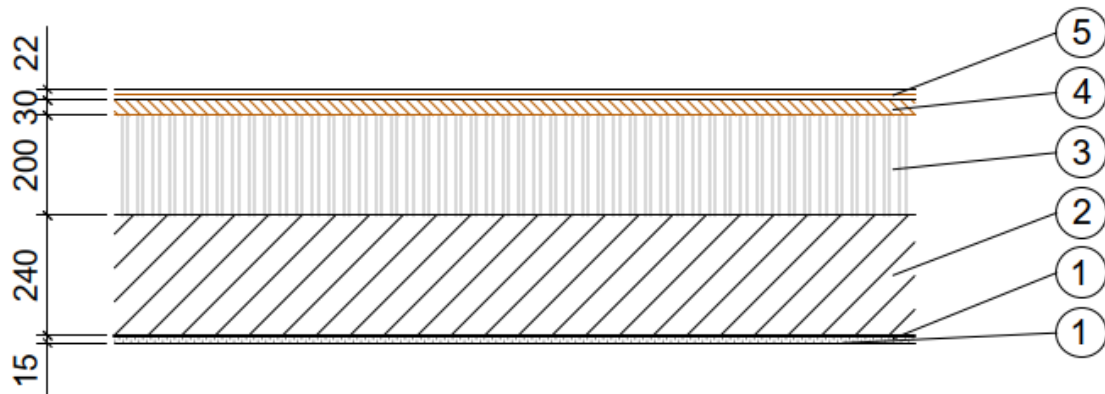


Abbildung 44: Mauerwerk mit Aussendämmung, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Holz

Mauerwerk mit Aussendämmung, hinterlüftet mit metallischer Fassadenverkleidung

Aufbau analog zur Kompaktfassade. Hinterlüftung durch Vertikal- und Querstrukturprofile aus Edelstahl als Tragstruktur für die metallische Verkleidung.

Tabelle 53: Mauerwerk mit Aussendämmung, hinterlüftet mit metallischer Fassadenverkleidung

	Material	ID KBOB	Stärke [cm]	Gewicht [kg/m ²]
⑤	Trapez-/Well oder Formpaneel aus Metall	06.010	0.15	12
④	Verankerung und Unterkonstruktion (Edelstahlprofile)	06.012	0.15	19.8
③	Wärmedämmung: Steinwolle	10.008	20	17
②	Mauerwerk inkl. Mörtel (Backstein / Kalksandstein)	02.001	24 - 50	144 - 950
①	Innenputz: Gipsputz	04.001	1.5	16.5
①	Farbe (pro m ²)	14.001		

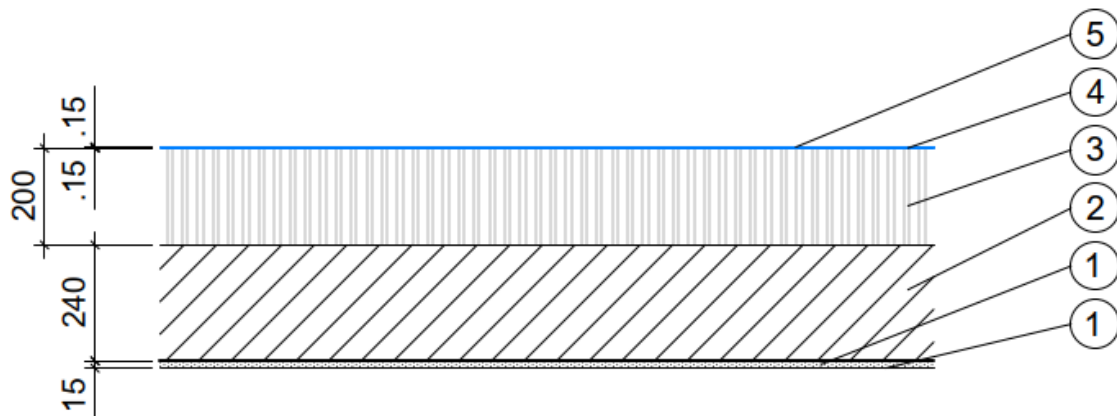


Abbildung 45: Mauerwerk mit Aussendämmung, hinterlüftet mit metallischer Fassadenverkleidung

Mauerwerk mit Aussendämmung, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Faserzement

Tabelle 54: Mauerwerk mit Aussendämmung, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Faserzement

	Material	ID KBOB	Stärke [cm]	Gewicht [kg/m ²]
⑤	Faserzementelement	03.004	1.2	21.6
④	Verankerung und Unterkonstruktion (Edelstahlprofile)	06.012	0.15	19.8
③	Wärmedämmung: Steinwolle	10.008	20	17
②	Mauerwerk inkl. Mörtel (Backstein / Kalksandstein)	02.001	24 - 50	144 - 950
①	Innenputz: Gipsputz	04.001	1.5	16.5
①	Farbe (pro m ²)	14.001		

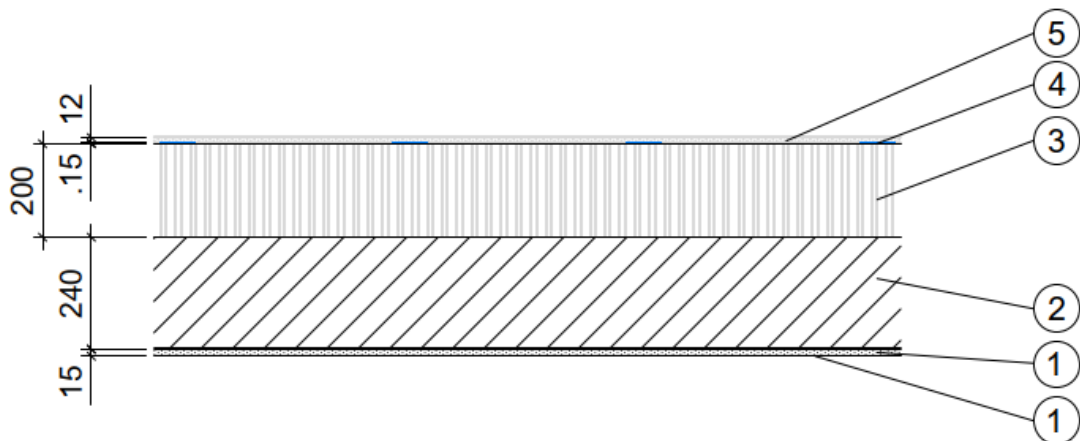


Abbildung 46: Mauerwerk mit Aussendämmung, hinterlüftet mit Fassadenverkleidung aus Faserzement

Zweischalenmauerwerk mit Kerndämmung

Tabelle 55: Zweischalenmauerwerk mit Kerndämmung

	Material	ID KBOB	Stärke [cm]	Gewicht [kg/m ²]
⑤	Farbe (pro m ²)	14.001		
⑤	Aussenputz: Kalk-Zementputz	04.013	1.5	23.3
④	Mauerwerk inkl. Mörtel (Backstein / Kalksandstein)	02.001	24 - 50	144 - 950
③	Kerndämmung: EPS	10.004	20	8
②	Mauerwerk inkl. Mörtel (Backstein / Kalksandstein)	02.001	24 - 50	144 - 950
①	Innenputz: Gipsputz	04.001	1.5	16.5
①	Farbe (pro m ²)	14.001		

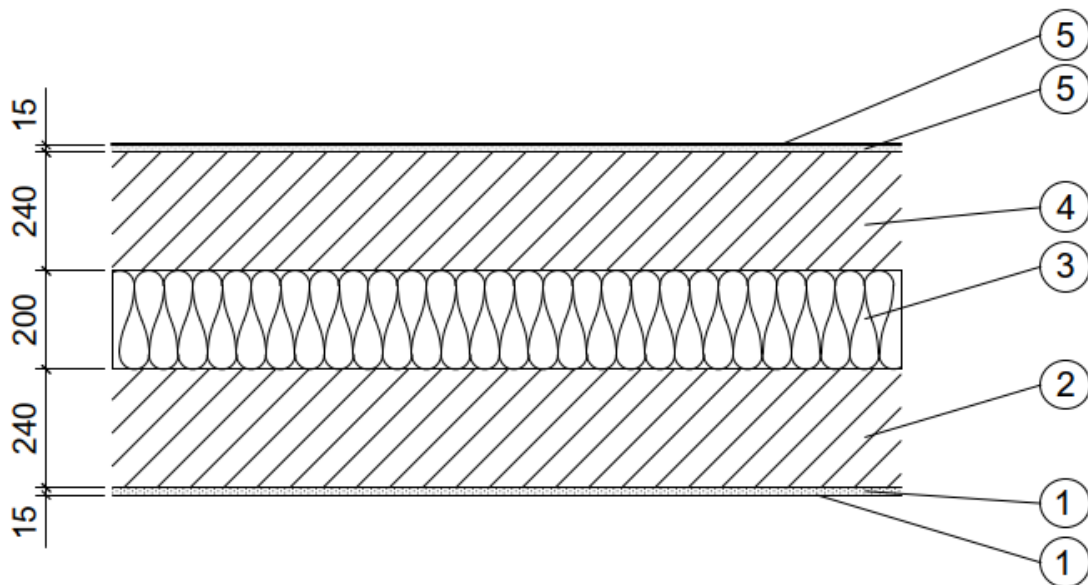


Abbildung 47: Zweischalenmauerwerk mit Kerndämmung

Einsteinmauerwerk mit perlitgefüllten Ziegeln

Tabelle 56: Einsteinmauerwerk mit perlitgefüllten Ziegeln

	Material	ID KBOB	Stärke [cm]	Gewicht [kg/m ²]
③	Farbe (pro m ²)	14.001		
③	Aussenputz: Kalk-Zementputz	04.013	1.5	23.3
②	Mauerwerk inkl. Mörtel (perlitgefüllte Ziegelsteine)	02.001.01	24 - 50	138 - 288
①	Innenputz: Gipsputz	04.001	1.5	16.5
①	Farbe (pro m ²)	14.001		

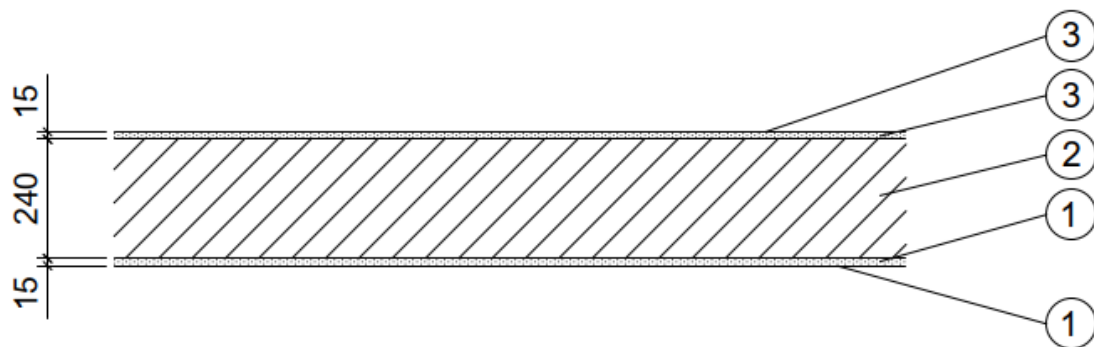


Abbildung 48: Einsteinmauerwerk mit perlitgefüllten Ziegeln

Stahlleichtbaufassade mit Sandwichelement

Für eine Spannweite bis 10 Meter werden HEB 100 Stahlprofile eingesetzt. Bei einer Spannweite von 12 Meter wir HEB 140 eingesetzt, bei 14 Metern HEB 160, bei 16 Metern HEB 180, bei 18 Metern HEB 200, bei 20 Metern HEB 220, bei 25 Metern HEB 260, bei 30 Metern HEB 300 und bei 35 Metern HEB 360. Alle Stahlstützen werden entlang einem Achsraster von 2,0 m angeordnet.

Tabelle 57: Stahlleichtbaufassade mit Sandwichelement

	Material	ID KBOB	Stärke [cm]	Gewicht [kg/m ²]
②	Stahlblech aussen Sandwichelement	06.010	0.063	4.9
②	Dämmung: PUR/PIR-Sandwichelement	10.006	16	4.8
②	Stahlblech innenseitig Sandwichelement	06.010	0.045	3.5
①	Stahlprofil	06.012		46 - 228

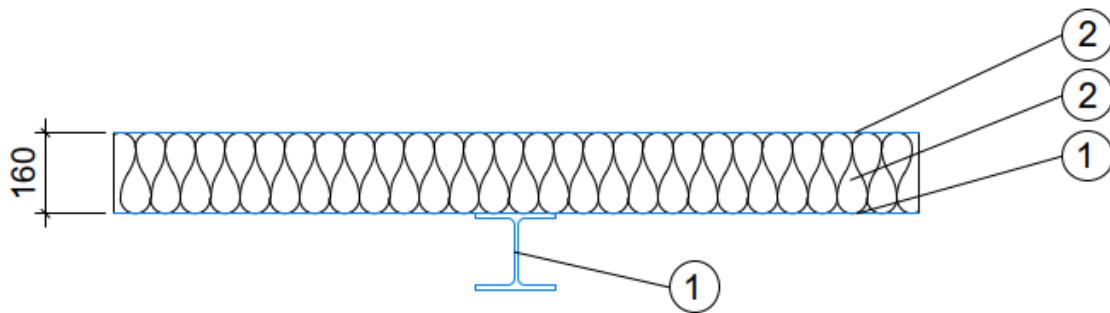


Abbildung 49: Stahlleichtbaufassade mit Sandwichelement

D. Innenwandaufbauten

Holz-Ständer-Wand

Tabelle 58: Aufbau Holz-Ständer-Wand

	Material	ID KBOB	Stärke [cm]	Breite [cm]	Achsabstand [m]	Gewicht [kg/m ²]
⑥	Farbe (pro m ²)	14.001				
⑥	Gipsputz	04.001	1.5			16.5
⑤	Gipskartonplatte (Beplankung links)	03.008	2.5			21.3
④	Mehrlagige Massivholzplatte (versetzte Ständer)	07.001	10	6	0.625	4.4
③	Dämmung Steinwolle	10.008	14			5.3
②	Gipskartonplatte (Beplankung rechts)	03.008	2.5			21.3
①	Gipsputz	04.001	1.5			16.5
①	Farbe (pro m ²)	14.001				

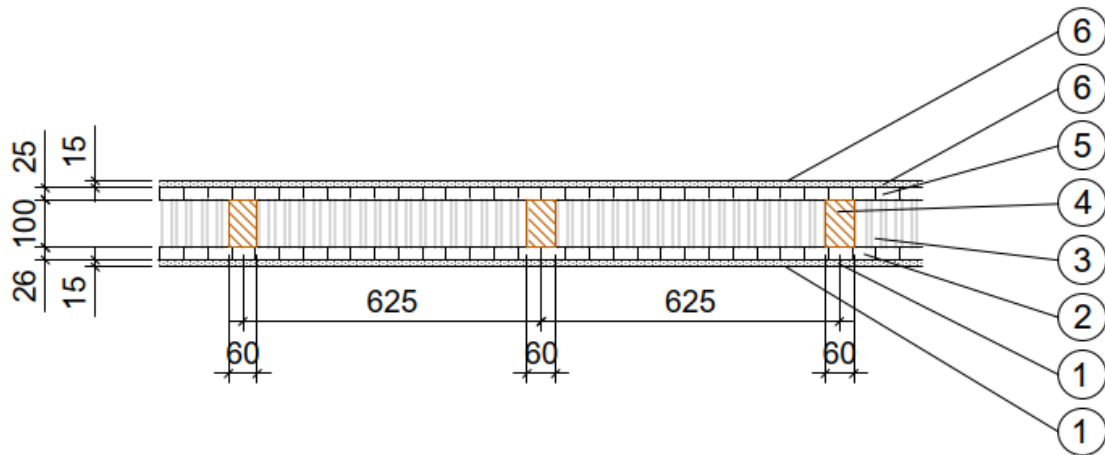


Abbildung 50: Aufbau Holz-Ständer-Wand

Massivholzbauwand

Tabelle 59: Aufbau Massivholzbauwand

	Material	ID KBOB	Stärke [cm]	Gewicht [kg/m ²]
⑤	Farbe (pro m ²)	14.001		
⑤	Gipsputz	04.001	1.5	16.5
⑤	Gipskartonplatte (Bepankung links)	03.008	1.3	10.6
④	Träger Holzwerkstoffplatte	07.002	10	43.9
③	Hohlraumbedämpfung Steinwolle	10.008	6	2.3
②	Träger Holzwerkstoffplatte	07.002	10	43.9
①	Gipskartonplatte (Bepankung rechts)	03.008	1.3	10.6
①	Gipsputz	04.001	1.5	16.5
①	Farbe (pro m ²)	14.001		

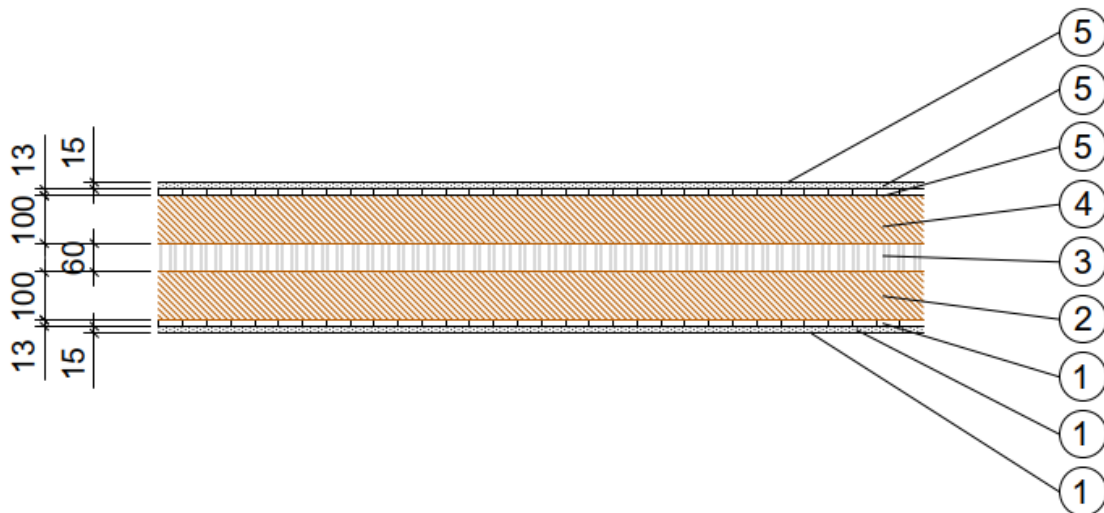


Abbildung 51: Aufbau Massivholzbauwand

Mauerwerkwand

Tabelle 60: Aufbau Mauerwerkwand

	Material	ID KBOB	Stärke [cm]	Gewicht [kg/m ²]
③	Farbe (pro m ²)	14.001		
③	Gipsputz	04.001	1.5	16.5
②	Mauerwerk	02.001	17.5	157.5
①	Gipsputz	04.001	1.5	16.5
①	Farbe (pro m ²)	14.001		

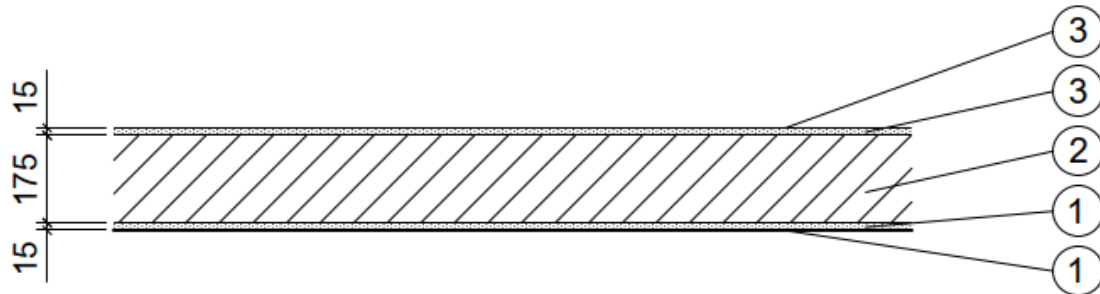


Abbildung 52: Aufbau Mauerwerkwand

Betonwand

Tabelle 61: Aufbau Betonwand

	Material	ID KBOB	Stärke [cm]	ρ [kg/m ³]	Gewicht [kg/m ²]
③	Farbe (pro m ²)	14.001			
③	Gipsputz	04.001	1.5		16.5
②	Hochbaubeton	01.002	25		575
②	Armierungsstahl	06.003		130	32.5
①	Gipsputz	04.001	1.5		16.5
①	Farbe (pro m ²)	14.001			

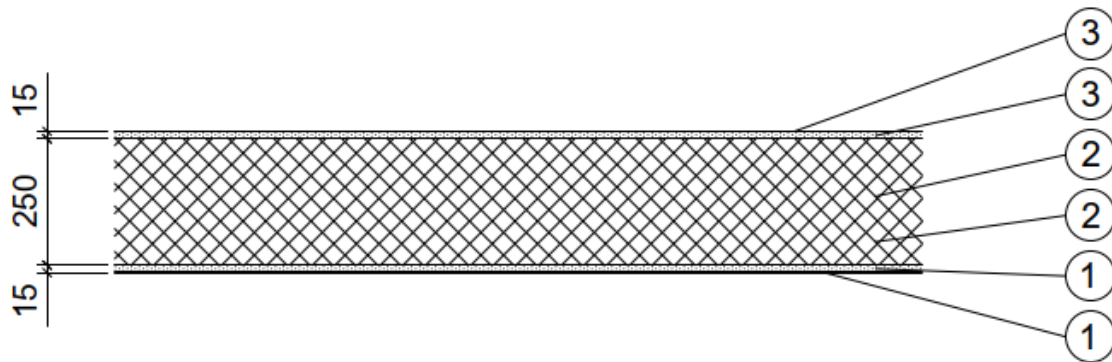


Abbildung 53: Aufbau Betonwand

Leichtbauwand

Tabelle 62: Aufbau Leichtbauwand

	Material	ID KBOB	Stärke [cm]	Breite [cm]	Achsabstand [m]	Gewicht [kg/m ²]
⑤	Farbe (pro m ²)	14.001				
⑤	Gipsputz	04.001	1.5			16.5
④	Gipskartonplatte Wandverschlag	03.008	2.5			21.3
③	Stahlprofil	06.011	0.001	12.5	0.625	1.6
③	Dämmung Steinwolle	10.008	7.5			2.9
②	Gipskartonplatte Wandverschlag	03.008	2.5			21.3
①	Gipsputz	04.001	1.5			16.5
①	Farbe (pro m ²)	14.001				

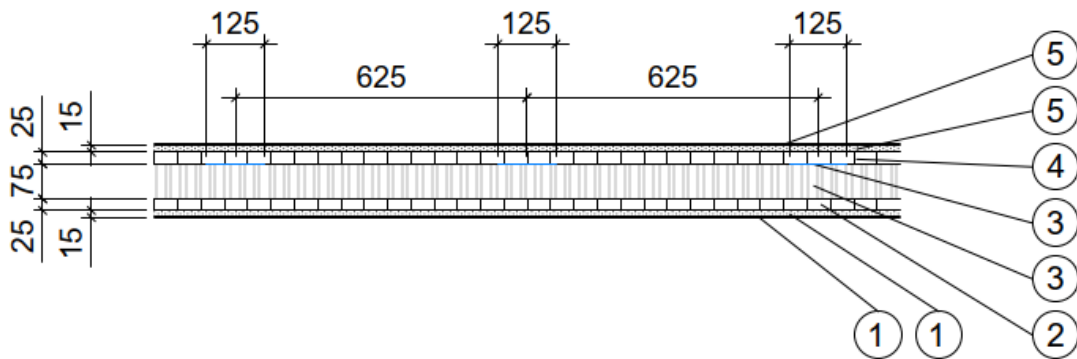


Abbildung 54: Aufbau Leichtbauwand

E. Aufbauten Untergeschoss**Boden UG***Tabelle 63: Boden UG ungedämmt*

Material	ID KBOB	Stärke/ Höhe [cm]	ρ [kg/m ³]	Gewicht [kg/m ²]
Hartbetonbelag	11.006	5		110
Beton	01.002	50		1'150
Armierungsstahl	06.003		130	65

Wand UG*Tabelle 64: Wand UG ungedämmt*

Material	ID KBOB	Stärke/ Höhe [cm]	ρ [kg/m ³]	Gewicht [kg/m ²]
Beton	01.002	30		690
Armierungsstahl	06.003		170	51

Decke UG*Tabelle 65: Decke UG*

Material	ID KBOB	Stärke/ Höhe [cm]	ρ [kg/m ³]	Gewicht [kg/m ²]
Beton	01.002	40		920
Armierungsstahl	06.003		120	48

Innenwände UG*Tabelle 66: Innenwände UG*

Material	ID KBOB	Stärke/ Höhe [cm]	ρ [kg/m ³]	Gewicht [kg/m ²]
Beton	01.002	25		575
Armierungsstahl	06.003		105	26

Boden

Tabelle 67: Boden massiv

Material	ID KBOB	Stärke/ Höhe [cm]	ρ [kg/m ³]	Gewicht [kg/m ²]
Parkett 3-Schicht, 15 mm	11.019	1.5		13.5
Zementunterlagsboden	04.006	8		148
Trittschalldämmung Glaswolle	10.001.01	2		1.6
Dämmung EPS	10.006	2		0.6
Beton	01.002	40		920
Armierungsstahl	06.003		130	52
Dichtung bituminös	09.003	0.12		1.32
Dämmung XPS	10.005	12		4.08
Magerbeton	01.001	5		107.5

F. Ökobilanzen Dach-, Decken, Fassaden und Innenwandaufbauten

Tabelle 68: Ökobilanzen Aufbauten

Aufbau	Treibhausgasemissionen kg CO ₂ -eq / (a*m ² BTF)	Nicht erneuerbare Primärenergie kWh oil-eq / (a*m ² BTF)	Kohlenstoffspeicherung kgC / (a*m ² BTF)
Dach			
Betonflachdach	15.2	4.48	0.000
Betonrippendach	16.2	4.56	0.028
Stahldach mit Sandwichpaneelen	9.1	2.46	0.096
Holz-Beton-Verbunddach (Holzbalken)	14.2	3.76	0.153
Holz-Beton-Verbunddach (Brettstapel)	15.1	3.92	0.427
Holzbalkendach	11.6	2.94	0.230
Brettstapel-Dach	11.2	2.90	0.479
Vollholz-Dach (CLT)	12.3	3.11	0.493
Hohlkastendach	13.4	3.37	0.337
Holz-Lehm-Dach	11.8	2.99	0.331
Decke			
Betonflachdecke	7.3	2.64	0.153
Betonrippendecke	8.3	2.75	0.181
Stahl-Beton-Verbunddecke	6.2	2.13	0.164
Holz-Beton-Verbunddecke (Holzbalken)	6.6	2.00	0.390
Holz-Beton-Verbunddecke (Brettstapel)	7.5	2.19	0.640
Holzbalkendecke	3.8	1.13	0.419
Brettstapeldecke	3.4	1.08	0.631
Vollholzdecke (CLT)	4.6	1.32	0.679
Hohlkastendecke	5.5	1.55	0.490
Holz-Lehm-Decke	4.3	1.26	0.496
Fassade			
Holz-Ständer-Fassade	5.2	1.28	0.525
Massivholzbaufassade (HWS, CLT oder Brettstapel)	5.4	1.25	0.628
Stahlbetonfassade mit Aussendämmung	8.6	2.86	0.000
Mauerwerk mit Aussendämmung	4.0	1.20	0.000
Stahlleichtbaufassade mit Sandwichelement	7.8	2.05	0.000
Wand			
Holz-Ständer-Wand	4.2	1.29	0.088
Massivholzbauwand	4.1	1.23	0.659
Mauerwerkwand	3.2	0.94	0.000
Betonwand	5.5	2.03	0.000
Leichtbauwand	4.3	1.01	0.026

G. Modellgebäude

Mehrfamilienhaus (MFH)

Gebäude über Terrain

Bauweise	Leichter Massivbau
Breite	12 m
Länge	23 m
Anzahl Stockwerke	6
Lichte Raumhöhe	2.4 m
Geschosshöhe	2.8 m
Gebäudehöhe	16.8 m
GF	1932 m ²
EBF	1738.8 m ²
Kompaktheit	1.2
Dachfläche	276 m ²
Fassade mit Fenstern	1176 m ²
Fassade opak	588 m ²
Fensterfläche	588 m ²
Fensteranteil Fassade	50%
Bodenfläche	0 m ²
Balkonbreite	2 m
Balkontiefe	1.25 m
Anzahl Balkone	120
Balkonfläche	300 m ²
Innenwände	1669.248 m ²
Innendecken	1656 m ²

Gebäude unter Terrain

Breite UG	12 m
Länge UG	23 m
Anzahl Stockwerke UG	1
Geschosshöhe UG	3 m
Wände UG	210 m ²
Dach UG	0 m ²
Boden UG	276 m ²
Innenwände UG	63 m ²
Aushub	1050 m ³
Baugrubensicherung	234 m ²

Einfamilienhaus (EFH)

Gebäude über Terrain

Bauweise	Leichter Massivbau
Breite	11 m
Länge	14 m
Anzahl Stockwerke	1
Lichte Raumhöhe	3 m
Geschosshöhe	3.5 m
Gebäudehöhe	3.5 m
GF	308 m ²
EBF	277 m ²
Kompaktheit	2.4
Dachfläche	154 m ²
Fassade mit Fenstern	175 m ²
Fassade opak	87.5 m ²
Fensterfläche	87.5 m ²
Fensteranteil Fassade	50%
Bodenfläche	0 m ²
Balkonbreite	1 m
Balkontiefe	100 m
Anzahl Balkone	1
Balkonfläche	100 m ²
Innenwände	333 m ²
Innendecken	154 m ²

Gebäude unter Terrain

Breite UG	11 m
Länge UG	14 m
Anzahl Stockwerke UG	1
Geschosshöhe UG	3 m
Wände UG	150 m ²
Dach UG	0 m ²
Boden UG	154 m ²
Innenwände UG	45 m ²
Aushub	624 m ³
Baugrubensicherung	174 m ²

Verwaltungsgebäude

Gebäude über Terrain

Bauweise	Leichter Massivbau
Breite	14 m
Länge	20 m
Anzahl Stockwerke	7
Lichte Raumhöhe	2.4 m
Geschosshöhe	2.8 m
Gebäudehöhe	19.6 m
GF	2240 m ²
EBF	2016 m ²
Kompaktheit	1.0
Dachfläche	280 m ²
Fassade mit Fenstern	1332.8 m ²
Fassade opak	666.4 m ²
Fensterfläche	666.4 m ²
Fensteranteil Fassade	50%
Bodenfläche	0 m ²
Balkonbreite	2 m
Balkontiefe	1.5 m
Anzahl Balkone	32
Balkonfläche	96 m ²
Innenwände	1935 m ²
Innendecken	1960 m ²

Gebäude unter Terrain

Breite UG	14 m
Länge UG	20 m
Anzahl Stockwerke UG	1
Geschosshöhe UG	3 m
Wände UG	204 m ²
Dach UG	0 m ²
Boden UG	280 m ²
Innenwände UG	61.2 m ²
Aushub	1056 m ³
Baugrubensicherung	228 m ²

Schulhaus

Gebäude über Terrain

Bauweise	Leichter Massivbau
Breite	10 m
Länge	12 m
Anzahl Stockwerke	2
Lichte Raumhöhe	3.5 m
Geschosshöhe	4 m
Gebäudehöhe	8 m
GF	360 m ²
EBF	324 m ²
Kompaktheit	2.0
Dachfläche	120 m ²
Fassade mit Fenstern	352 m ²
Fassade opak	176 m ²
Fensterfläche	176 m ²
Fensteranteil Fassade	50% m ²
Bodenfläche	0 m ²
Balkonbreite	2 m
Balkontiefe	1.5 m
Anzahl Balkone	0
Balkonfläche	0 m ²
Innenwände	454 m ²
Innendecken	240 m ²

Gebäude unter Terrain

Breite UG	10 m
Länge UG	12 m
Anzahl Stockwerke UG	1
Geschosshöhe UG	3 m
Wände UG	132 m ²
Dach UG	0 m ²
Boden UG	120 m ²
Innenwände UG	39.6 m ²
Aushub	504 m ³
Baugrubensicherung	156 m ²

Verkaufsgebäude**Gebäude über Terrain**

Bauweise	Leichter Massivbau
Breite	25 m
Länge	35 m
Anzahl Stockwerke	5
Lichte Raumhöhe	3.8 m
Geschosshöhe	4.3 m
Gebäudehöhe	21.5 m
GF	5250 m ²
EBF	4725 m ²
Kompaktheit	0.9
Dachfläche	875 m ²
Fassade mit Fenstern	2580 m ²
Fassade opak	1290 m ²
Fensterfläche	1290 m ²
Fensteranteil Fassade	50%
Bodenfläche	0 m ²
Balkonbreite	2 m
Balkontiefe	1.5 m
Anzahl Balkone	0
Balkonfläche	0 m ²
Innenwände	4489 m ²
Innendecken	4375 m ²

Gebäude unter Terrain

Breite UG	25 m
Länge UG	35 m
Anzahl Stockwerke UG	1
Geschosshöhe UG	3 m
Wände UG	360 m ²
Dach UG	0 m ²
Boden UG	875 m ²
Innenwände UG	108 m ²
Aushub	2997 m ³
Baugrubensicherung	384 m ²

Restaurant

Gebäude über Terrain

Bauweise	Leichter Massivbau
Breite	20 m
Länge	25 m
Anzahl Stockwerke	2
Lichte Raumhöhe	3 m
Geschosshöhe	3.5 m
Gebäudehöhe	7 m
GF	1000 m ²
EBF	900 m ²
Kompaktheit	1.1
Dachfläche	500 m ²
Fassade mit Fenstern	630 m ²
Fassade opak	252 m ²
Fensterfläche	378 m ²
Fensteranteil Fassade	60%
Bodenfläche	500 m ²
Balkonbreite	2 m
Balkontiefe	1.5 m
Anzahl Balkone	0
Balkonfläche	0 m ²
Innenwände	1080 m ²
Innendecken	500 m ²

Gebäude unter Terrain

Breite UG	0 m
Länge UG	0 m
Anzahl Stockwerke UG	0
Geschosshöhe UG	3 m
Wände UG	0 m ²
Dach UG	0 m ²
Boden UG	0 m ²
Innenwände UG	0 m ²
Aushub	0 m ³
Baugrubensicherung	0 m ²

Versammlungslokal

Gebäude über Terrain

Bauweise	Leichter Massivbau
Breite	20 m
Länge	35 m
Anzahl Stockwerke	1
Lichte Raumhöhe	7 m
Geschosshöhe	8 m
Gebäudehöhe	8 m
GF	1400 m ²
EBF	1260 m ²
Kompaktheit	1.9
Dachfläche	700 m ²
Fassade mit Fenstern	880 m ²
Fassade opak	440 m ²
Fensterfläche	440 m ²
Fensteranteil Fassade	50%
Bodenfläche	0 m ²
Balkonbreite	2 m
Balkontiefe	1.5 m
Anzahl Balkone	0
Balkonfläche	0 m ²
Innenwände	2205 m ²
Innendecken	700 m ²

Gebäude unter Terrain

Breite UG	20 m
Länge UG	35 m
Anzahl Stockwerke UG	1
Geschosshöhe UG	3 m
Wände UG	330 m ²
Dach UG	0 m ²
Boden UG	700 m ²
Innenwände UG	99 m ²
Aushub	2442 m ³
Baugrubensicherung	354 m ²

Spitalbauten

Gebäude über Terrain

Bauweise	Leichter Massivbau
Breite	20 m
Länge	30 m
Anzahl Stockwerke	2
Lichte Raumhöhe	2.4 m
Geschosshöhe	2.8 m
Gebäudehöhe	5.6 m
GF	2400 m ²
EBF	2160 m ²
Kompaktheit	1.0
Dachfläche	600 m ²
Fassade mit Fenstern	560 m ²
Fassade opak	280 m ²
Fensterfläche	280 m ²
Fensteranteil Fassade	50% m ²
Bodenfläche	0 m ²
Balkonbreite	2 m
Balkontiefe	1.5 m
Anzahl Balkone	0
Balkonfläche	0 m ²
Innenwände	2074 m ²
Innendecken	1800 m ²

Gebäude unter Terrain

Breite UG	20 m
Länge UG	30 m
Anzahl Stockwerke UG	2
Geschosshöhe UG	3 m
Wände UG	600 m ²
Dach UG	0 m ²
Boden UG	600 m ²
Innenwände UG	180 m ²
Aushub	4224 m ³
Baugrubensicherung	648 m ²

Industrie

Gebäude über Terrain

Bauweise	Stahlbau
Breite	40 m
Länge	100 m
Anzahl Stockwerke	1
Lichte Raumhöhe	7 m
Geschosshöhe	8 m
Gebäudehöhe	8 m
GF	8000 m ²
EBF	7200 m ²
Kompaktheit	1.4
Dachfläche	4000 m ²
Fassade mit Fenstern	2240 m ²
Fassade opak	1568 m ²
Fensterfläche	672 m ²
Fensteranteil Fassade	30%
Bodenfläche	0 m ²
Balkonbreite	2 m
Balkontiefe	1.5 m
Anzahl Balkone	0
Balkonfläche	0 m ²
Innenwände	12600 m ²
Innendecken	4000 m ²

Gebäude unter Terrain

Breite UG	40 m
Länge UG	100 m
Anzahl Stockwerke UG	1
Geschosshöhe UG	3 m
Wände UG	840 m ²
Dach UG	0 m ²
Boden UG	4000 m ²
Innenwände UG	252 m ²
Aushub	12852 m ³
Baugrubensicherung	864 m ²

Lager (ohne Hochregallager)

Gebäude über Terrain

Bauweise	Stahlbau
Breite	50 m
Länge	70 m
Anzahl Stockwerke	1
Lichte Raumhöhe	8 m
Geschosshöhe	8.5 m
Gebäudehöhe	8.5 m
GF	7000 m ²
EBF	6300 m ²
Kompaktheit	1.4
Dachfläche	3500 m ²
Fassade mit Fenstern	2040 m ²
Fassade opak	1428 m ²
Fensterfläche	612 m ²
Fensteranteil Fassade	30%
Bodenfläche	0 m ²
Balkonbreite	2 m
Balkontiefe	1.5 m
Anzahl Balkone	0
Balkonfläche	0 m ²
Innenwände	12600 m ²
Innendecken	3500 m ²

Gebäude unter Terrain

Breite UG	50 m
Länge UG	70 m
Anzahl Stockwerke UG	1
Geschosshöhe UG	3 m
Wände UG	720 m ²
Dach UG	0 m ²
Boden UG	3500 m ²
Innenwände UG	216 m ²
Aushub	11232 m ³
Baugrubensicherung	744 m ²

Sportbau**Gebäude über Terrain**

Bauweise	Stahlbau
Breite	50 m
Länge	65 m
Anzahl Stockwerke	2
Lichte Raumhöhe	7 m
Geschosshöhe	7.5 m
Gebäudehöhe	15 m
GF	6500 m ²
EBF	5850 m ²
Kompaktheit	1.5
Dachfläche	3250 m ²
Fassade mit Fenstern	3450 m ²
Fassade opak	1725 m ²
Fensterfläche	1725 m ²
Fensteranteil Fassade	50% m ²
Bodenfläche	3250 m ²
Balkonbreite	2 m
Balkontiefe	1.5 m
Anzahl Balkone	0
Balkonfläche	0 m ²
Innenwände	10238 m ²
Innendecken	3250 m ²

Gebäude unter Terrain

Breite UG	0 m
Länge UG	0 m
Anzahl Stockwerke UG	0
Geschosshöhe UG	3 m
Wände UG	0 m ²
Dach UG	0 m ²
Boden UG	0 m ²
Innenwände UG	0 m ²
Aushub	0 m ³
Baugrubensicherung	0 m ²

Hallenbad

Gebäude über Terrain

Bauweise	Stahlbau
Breite	35 m
Länge	50 m
Anzahl Stockwerke	2
Lichte Raumhöhe	10 m
Geschosshöhe	10.5 m
Gebäudehöhe	21 m
GF	3500 m ²
EBF	3150 m ²
Kompaktheit	2.0
Dachfläche	1750 m ²
Fassade mit Fenstern	3570 m ²
Fassade opak	1785 m ²
Fensterfläche	1785 m ²
Fensteranteil Fassade	50% m ²
Bodenfläche	1750 m ²
Balkonbreite	2 m
Balkontiefe	1.5 m
Anzahl Balkone	0
Balkonfläche	0 m ²
Innenwände	7875 m ²
Innendecken	1750 m ²

Gebäude unter Terrain

Breite UG	0 m
Länge UG	0 m
Anzahl Stockwerke UG	1
Geschosshöhe UG	3 m
Wände UG	0 m ²
Dach UG	0 m ²
Boden UG	0 m ²
Innenwände UG	0 m ²
Aushub	0 m ³
Baugrubensicherung	0 m ²

H. Aufbauten Modellgebäude

Fassadenaufbau					
schwerer Massivbau					
Material	ID	Stärke [cm]	Fläche [m ²]	Dichte [kg/m ³]	Gewicht [kg]
Farbe	14.001		1		
Innenputz	04.001	1	1	1'100	11
Beton	01.002	20	1	2'300	460
Armierungsstahl	06.003	105		7'850	21
Dämmung Steinwolle	10.008	20	1	80	16
Aussenschale gem. SIA 2032 Anhang C					
Total					
Wiederverwendung Rohbau					
leichter Massivbau					
Material	ID	Stärke [cm]	Fläche [m ²]	Dichte [kg/m ³]	Gewicht [kg]
Farbe	14.001		1		
Innenputz	04.001	1	1	1'100	11
Backstein	02.001	20	1	900	180
Armierungsstahl	06.003	105		7'850	21
Dämmung Steinwolle	10.008	20	1	80	16
Aussenputz	04.013	1	1	1'550	15.5
Total					
Wiederverwendung Rohbau					
leichter Holzbau					
Material	ID	Stärke [cm]	Fläche [m ²]	Dichte [kg/m ³]	Gewicht [kg]
Farbe	14.001		1		
Gipskartonplatte 2-lagig	03.008	3	1	850	25.5
Holzständer	07.011.02	2.4	1	420	10.08
Dämmung Zellulose	10.010.01	20	1	80	16
Bekleidung Holz, hinterlüftet	07.011.02	3	1	420	12.6
Total					
Wiederverwendung Rohbau					
schwerer Holzbau					
Material	ID	Stärke [cm]	Fläche [m ²]	Dichte [kg/m ³]	Gewicht [kg]
Farbe	14.001		1		
Gipskartonplatte 2-lagig	03.008	3	1	850	25.5
Holz wand Brettstapel 10 cm	07.011.02	10	1	420	42
Dämmung Steinwolle	10.008	20	1	80	16
Bekleidung Faserzement_ Naturstein, hi					
Total					
Wiederverwendung Rohbau					
Glasbau					
Material	ID	Stärke [cm]	Fläche [m ²]	Dichte [kg/m ³]	Gewicht [kg]
Stützenraster gem. SIA 2032 Anhang D					
Fassadensystem gem. SIA 2032 Anhang					
Total					
Wiederverwendung Rohbau					
Stahlbau					
Material	ID	Stärke [cm]	Anteil [Lauf Profilgewicht]	Dichte [kg/m ³]	Gewicht [kg]
Stahlträger Primärstruktur H	06.012	16	0.071428571	43	3.04
Stahlträger Sekundärstruktur	06.012	12	0.214285714	20	4.264285714
Material	ID	Stärke [cm]	Fläche [m ²]	Dichte [kg/m ³]	Gewicht [kg]
Stahlblech innenseitig Sandwich	06.010	0.05	1	7'850	3.5325
Dämmung PIR Sandwichpan	10.006	16	1	30	4.8
Stahlblech aussen Sandwich	06.010	0.07	1	7'850	5.495
Total					
Wiederverwendung Rohbau					

Abbildung 55: Fassadenaufbauten Modellgebäude

Dachaufbau						
Massiv						
Material	ID	Stärke [cm]	Fläche [m ²]	Dichte [kg/m ³]	Gewicht [kg]	
Farbe	14.001		1			
Innenputz	04.001	1	1	1100	11	
Hochbaubeton (ohne Bewehrung)	01.002	23	1	2300	529	
Armierungsstahl	06.003	110		7850	25	
Dampfbremse bituminös	09.001	0.25	1	1100	2.75	
Kraftpapier	09.006	0.01	1	650	0.065	
Polyurethan (PUR/PIR)	10.006	18	1	30	5.4	
Dichtungsbahn bituminös	09.003	0.16	1	1100	1.76	
Drainagebahn	09.008	1	1	100	1	
Deckschicht	03.011	10	1	2000	200	
Total Neubau						
Wiederverwendung Rohbau						
Holzbau						
Material	ID	Stärke [cm]	Fläche [m ²]	Dichte [kg/m ³]	Gewicht [kg]	
Farbe	14.001		1			
Sekundärstruktur Brettschicht	07.002	17	1	439	15.9	
Primärstruktur Brettschicht	07.002	35	1	439	6.8	
Brettschichtholz, UF-gebund	07.002	2.5	1	439	11.0	
Dampfbremse bituminös	09.001	0.25	1	1100	2.75	
Polyurethan (PUR/PIR)	10.006	18	1	30	5.4	
Dichtungsbahn bituminös	09.003	0.16	1	1100	1.76	
Drainagebahn	09.008	1	1	100	1	
Deckschicht	03.011	10	1	2000	200	
Total						
Wiederverwendung Rohbau						
Stahlbau						
Material	ID	Stärke [cm]	Anteil [Laul]	Profilgewic	Gewicht [kg]	
Stahlträger Primärstruktur IF	06.012	24	0.31	31	9.52	
Stahlträger Sekundärstruktur	06.012	22	2.2	26	57.64	
Material	ID	Stärke [cm]	Fläche [m ²]	Dichte [kg/m ³]	Gewicht [kg]	
Farbe	14.001		1			
MDF-Dekostreifen Akustikp	07.012	1.2	0.72972973	685	5.998378378	
Filz-Platte Akustikpaneel	10.009	0.8	1	148	1.18	
Profilblech	06.010	0.14	1	7850	11.11	
Dachhaut SIA 2032 Anhang D			1			
Total						
Wiederverwendung Rohbau						

Abbildung 56: Dachaufbauten Modellgebäude

Deckenaufbau

Massivbau						
Material	ID	Stärke [cm]	Fläche [m ²]	Dichte [kg/m ³]	Gewicht [kg]	
Parkett	11.019	1,5	1	900	13,5	
Zementunterlagsboden	04.006	8	1	1'850	148	
Trittschalldämmung Weichfa	10.009	2	1	80	1,6	
Dämmung EPS	10.004	2	1	30	0,6	
Beton	01.002	24	1	2'300	552	
Armierungsstahl	06.003	100	1	7'850	26	
Innenputz	04.001	1	1	1'100	11	
Farbe	14.001		1			
Total						

Wiederverwendung Rohbau

Schwerer Holzbau (Beispiel Lignum A1347)

Material	ID	Stärke [cm]	Fläche [m ²]	Dichte [kg/m ³]	Gewicht [kg]	
Parkett	11.019	1,5	1	900	13,5	
Zementunterlagsboden	04.006	8	1	1'850	148	
Trittschalldämmung Weichfa	10.009	3	1	80	2,4	
Dämmung EPS	10.004	3	1	30	0,9	
Beton	01.002	8	1	2'300	184	
Armierungsstahl	06.003	100	1	7'850	8	
Brettstapeldecke	07.011.02	16	1	420	67,2	
Total						

Wiederverwendung Rohbau

Leichter Holzbau (Beispiel Lignum Bauteil A2296)

Material	ID	Stärke [cm]	Fläche [m ²]	Dichte [kg/m ³]	Gewicht [kg]	
Parkett	11.019	1,5	1	900	13,5	
Trockenestrich	03.013	3	1	2'000	60	
Trittschalldämmung Weichfa	10.009	2	1	80	1,6	
Beschwerung Splitt	03.011	8	1	1'400	112	
Tragschicht Holz	07.002	2,2	1	439	9,7	
Sekundärstruktur Brettschicht	07.002	17	1	439	15,9	
Primärstruktur Brettschicht	07.002	35	1	439	6,8	
Hohlraumbedämpfung Zellul	10.010	17	1	35	5,95	
Lattung	07.002	3	1	439	1,3	
Gipskartonplatte Bekleidung	03.008	1,3	1	850	11,1	
Innenputz	04.001	1	1	1'100	11	
Farbe	14.001		1			
Total						

Wiederverwendung Rohbau

Stahlbau

Material	ID	Stärke [cm]	Anteil [Laut Profilgewic	Gewicht [kg]		
Stahlträger Primärstruktur IF	06.012	24	0,31	31	9,52	
Stahlträger Sekundärstruktur	06.012	22	2,2	26	57,64	
Material	ID	Stärke [cm]	Fläche [m ²]	Dichte [kg/m ³]	Gewicht [kg]	
Profilblech	06.010	0,14	1	7'850	11,11	
Beton	01.002	10	1	2'300	230	
Armierungsstahl	06.003	100	1	7'850	10	
Trittschalldämmung Weichfa	10.009	2	1	80	1,6	
Zementunterlagsboden	04.006	8	1	1'850	148	
Farbe	14.001		1			
Total						

Wiederverwendung Rohbau

Abbildung 57: Deckenaufbauten Modellgebäude

Innenwände					
Massivbau Stahlbeton					
Material	ID	Stärke [cm]	Fläche [m ²]	Dichte [kg/m ³]	Gewicht [kg]
Farbe	14.001		1		
Innenputz	04.001	2	1	1'100	22
Beton	01.002	25	1	2'300	575
Armierungsstahl	06.003	105		7'850	26
Total					
Wiederverwendung Rohbau					
Massivbau Backstein					
Material	ID	Stärke [cm]	Fläche [m ²]	Dichte [kg/m ³]	Gewicht [kg]
Farbe	14.001		1		
Innenputz	04.001	2	1	1'100	22
Backstein	02.001	15	1	900	135
Total					
Wiederverwendung Rohbau					
Leichtbau Zimmertrennwand					
Material	ID	Stärke [cm]	Fläche [m ²]	Dichte [kg/m ³]	Gewicht [kg]
Farbe	14.001		1		
Innenputz	04.001	2	1	1'100	22
Glaswolle	10.008				1
Stahlprofil verzinkt	06.011				2.64
Gipskartonplatten	03.008				42.5
Total					
Wiederverwendung Rohbau					
Metallständer Wohnungstrennwand					
Material	ID	Stärke [cm]	Anteil [Lauf]	Profilgewic	Gewicht [kg]
Metallständer CW-Profil	06.010	10	0.2	0.9	0.18
Material	ID	Stärke [cm]	Fläche [m ²]	Dichte [kg/m ³]	Gewicht [kg]
Hohlraumbedämpfung Glasv	10.001	15	1	15	2.4
Gipsfaserplatte Bekleidung	03.007	5	1	1'200	60.0
Innenputz	04.001	1.5	1	1'100	16.5
Farbe	14.001		1		
Total					
Wiederverwendung Rohbau					
Holzbau Wohnungstrennwand					
Material	ID	Stärke [cm]	Fläche [m ²]	Dichte [kg/m ³]	Gewicht [kg]
Holzständer	07.002	8	1	439	7.0
Hohlraumbedämpfung Glasv	10.001	8	1	40	3.2
Gipsfaserplatte Bekleidung	03.007	5	1	1'200	60.0
Innenputz	04.001	1.5	1	1'100	16.5
Farbe	14.001		1		
Total					
Wiederverwendung Rohbau					
Stahlbau Innenstützen					
Material	ID	Stärke [cm]	Anteil [Lauf]	Profilgewic	Gewicht [kg]
Stahlträger Primärstruktur H	06.012	16	0.00510204		43
Total					
Wiederverwendung Rohbau					

Abbildung 58: Innenwandaufbauten Modellgebäude

I. Ökobilanzen Modellgebäude

Table 69: Treibhausgasemissionen Modellgebäude

Gebäudekategorie	Gebäudeteil					Total
	Dach	Decke	Fassade	Innenwände	Gebäudebasis	
kg CO ₂ -eq/m ²						
MFH	0.52	3.35	1.44	1.58	2.98	9.86
EFH	1.81	3.06	1.34	1.58	6.40	14.19
Verwaltung	0.60	3.67	1.49	1.26	3.28	10.31
Schule	1.61	2.64	2.45	1.84	6.53	15.08
Verkauf	0.81	3.30	1.23	1.25	3.78	10.37
Restaurant	2.42	1.98	1.58	1.58	6.11	13.67
Versammlung	3.04	2.17	1.60	2.57	6.97	16.36
Spital	0.90	2.29	0.55	1.26	6.21	11.22
Industrie	2.12	2.17	0.57	2.57	6.48	13.92
Lager	2.12	2.17	0.59	2.94	5.43	13.26
Sportbau	2.14	2.17	1.15	2.30	5.77	13.54
Hallenbad	2.14	2.17	2.21	3.29	5.42	15.24

Table 70: Nicht erneuerbare Primärenergie Modellgebäude

Gebäudekategorie	Gebäudeteil					Total
	Dach	Decke	Fassade	Innenwände	Gebäudebasis	
kWh oil-eq/m ²						
MFH	1.7	9.3	5.2	5.2	10.3	31.7
EFH	6.0	8.6	4.9	5.2	20.4	45.1
Verwaltung	1.9	9.9	5.4	4.4	11.8	33.3
Schule	5.0	7.1	8.9	6.0	21.8	48.8
Verkauf	2.5	8.9	4.5	4.1	13.4	33.3
Restaurant	7.5	5.3	5.8	5.2	19.4	43.1
Versammlung	9.4	5.8	5.8	7.7	23.3	51.9
Spital	3.0	6.3	2.0	4.1	21.7	37.1
Industrie	8.2	6.5	2.1	7.7	21.9	46.4
Lager	8.2	6.5	2.2	8.8	18.3	44.0
Sportbau	8.3	6.5	4.4	7.5	18.2	44.8
Hallenbad	8.3	6.5	8.4	10.7	17.0	50.9

Tabelle 71: Kohlenstoffspeicherung Modellgebäude

Gebäudekategorie	Gebäudeteil					Total
	Dach	Decke	Fassade	Innenwände	Gebäudebasis	
	kg C/m ²					
MFH	0.000	0.143	0.573	0.018	0.000	0.735
EFH	0.000	0.097	0.535	0.018	0.000	0.651
Verwaltung	0.000	0.137	0.560	0.015	0.000	0.713
Schule	0.000	0.105	0.921	0.021	0.000	1.047
Verkauf	0.000	0.131	0.463	0.015	0.000	0.608
Restaurant	0.000	0.078	0.712	0.018	0.066	0.875
Versammlung	0.000	0.078	0.592	0.018	0.000	0.689
Spital	0.000	0.118	0.220	0.015	0.000	0.352
Industrie	0.054	0.013	0.158	0.018	0.000	0.243
Lager	0.054	0.013	0.165	0.020	0.000	0.252
Sportbau	0.054	0.013	0.500	0.027	0.066	0.659
Hallenbad	0.054	0.013	0.961	0.038	0.066	1.131

J. Detaillierte Berechnung der objektspezifischen Ökobilanz

Ökobilanz Neubau = Summe Modellökobilanzen + (Gebäudebasis Kompaktheit * Modellökobilanz Gebäudebasis – Modellökobilanz Gebäudebasis) + (Dach Kompaktheit * Modellökobilanz Dach – Modellökobilanz Dach) + (Dach Fenster * Modellökobilanz Dach – Modellökobilanz Dach) + (Decke Kompaktheit * Modellökobilanz Decke – Modellökobilanz Decke) + (Decke Fenster * Modellökobilanz Decke – Modellökobilanz Decke) + (Wände Kompaktheit * Modellökobilanz Wände – Modellökobilanz Wände) + (Wände Fenster * Modellökobilanz Wände – Modellökobilanz Wände) + (Fassade Kompaktheit * Modellökobilanz Fassade – Modellökobilanz Fassade) + (Fassade Fenster * Modellökobilanz Fassade – Modellökobilanz Fassade) + (UG * Summe Modellökobilanz – Summe Modellökobilanz) + (Foundation * Summe Modellökobilanz – Summe Modellökobilanz) + (Baugrube * Summe Modellökobilanz – Summe Modellökobilanz) + (Deckeneinlage * Modellökobilanz Decke – Modellökobilanz Decke)

Ökobilanz Neubau auf bestehendem UG = Summe Modellökobilanzen + (Gebäudebasis Kompaktheit * Modellökobilanz Gebäudebasis – Modellökobilanz Gebäudebasis) + (Dach Kompaktheit * Modellökobilanz Dach – Modellökobilanz Dach) + (Dach Fenster * Modellökobilanz Dach – Modellökobilanz Dach) + (Decke Kompaktheit * Modellökobilanz Decke – Modellökobilanz Decke) + (Decke Fenster * Modellökobilanz Decke – Modellökobilanz Decke) + (Wände Kompaktheit * Modellökobilanz Wände – Modellökobilanz Wände) + (Wände Fenster * Modellökobilanz Wände – Modellökobilanz Wände) + (Fassade Kompaktheit * Modellökobilanz Fassade – Modellökobilanz Fassade) + (Fassade Fenster * Modellökobilanz Fassade – Modellökobilanz Fassade) + (UG «kein UG» * Summe Modellökobilanz – Summe Modellökobilanz) + (Foundation «Flachfundation» * Summe Modellökobilanz – Summe Modellökobilanz) + (Baugrube «Böschung» * Summe Modellökobilanz – Summe Modellökobilanz) + (Deckeneinlage * Modellökobilanz Decke – Modellökobilanz Decke)

Ökobilanz Auskernung = Summe Modellökobilanzen + (Gebäudebasis Kompaktheit * Modellökobilanz Gebäudebasis – Modellökobilanz Gebäudebasis) + (Dach Kompaktheit * Modellökobilanz Dach * Auskernung Dach – Modellökobilanz Dach) + (Dach Fenster * Modellökobilanz Dach * Auskernung Dach – Modellökobilanz Dach) + (Decke Kompaktheit * Modellökobilanz Decke * Auskernung Decke – Modellökobilanz Decke) + (Decke Fenster * Modellökobilanz Decke * Auskernung Decke – Modellökobilanz Decke) + (Wände Kompaktheit * Modellökobilanz Wände * Auskernung Wände – Modellökobilanz Wände) + (Wände Fenster * Modellökobilanz Wände * Auskernung Wände – Modellökobilanz Wände) + (Fassade Kompaktheit * Modellökobilanz Fassade * Auskernung Fassade – Modellökobilanz Fassade) + (Fassade Fenster * Modellökobilanz Fassade * Auskernung Fassade – Modellökobilanz Fassade) + (UG «kein UG» * Summe Modellökobilanz – Summe Modellökobilanz) + (Foundation «Flachfundation» * Summe Modellökobilanz – Summe Modellökobilanz) + (Baugrube «Böschung» * Summe Modellökobilanz – Summe Modellökobilanz)