

Auftrag **17213**

Biel, 19. Juni 2017

**Gartenstadt 20, Münchenstein**

---

## **Gutachten Gartenstadt Münchenstein**



Im Auftrag von:

Gemeindeverwaltung Münchenstein  
Bauverwaltung  
Frau Katharina Huber  
Schulackerstrasse 4  
CH-4142 Münchenstein

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Ausgangslage, Zielsetzung und Vorgehen</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Prüfgrundlagen</b> .....	<b>4</b>
2.1	Planunterlagen .....	4
2.2	Normen, Richtlinien und Dokumente.....	4
2.3	Prüfmittel und Hilfsmittel.....	4
<b>3</b>	<b>Siedlung und Referenzgebäudes</b> .....	<b>5</b>
3.1	Beschreibung.....	5
3.2	Verlauf thermische Gebäudehülle .....	6
3.3	Anmerkungen und Hinweise .....	7
<b>4</b>	<b>Einzelanierungsmassnahmen der relevanten Bauteile</b> .....	<b>8</b>
<b>4.1</b>	<b>Boden zu Keller</b> .....	<b>8</b>
4.1.1	Dämmung von unten.....	8
<b>4.2</b>	<b>Aussenwände</b> .....	<b>9</b>
4.2.1	Dämmung von aussen .....	9
4.2.2	Dämmung von innen .....	10
<b>4.3</b>	<b>Seitenwände Lukarnen</b> .....	<b>11</b>
<b>4.4</b>	<b>Mansardendach</b> .....	<b>12</b>
4.4.1	Stellungnahme zur Sanierungsvariante „Dämmung von innen“ .....	12
4.4.2	Dämmung von aussen .....	12
<b>4.5</b>	<b>Decke zu Estrich (Kehlboden)</b> .....	<b>14</b>
4.5.1	Dämmung von oben.....	14
<b>4.6</b>	<b>Fenster</b> .....	<b>14</b>
4.6.1	Nachbau nach Original.....	15
<b>5</b>	<b>Sanierungskosten und Subventionsmöglichkeiten</b> .....	<b>16</b>
5.1	Hinweise zur Grobkostenschätzung und zu Subventionen .....	16
5.2	Ermittelte Grobkosten und Subventionsmöglichkeiten.....	17
<b>6</b>	<b>Erstellen einer Sanierungspriorisierung</b> .....	<b>19</b>
6.1	Originaler Zustand .....	19
6.2	Heutiger Zustand (Bestand) .....	20
<b>7</b>	<b>Bewertung der Einzelanierungsmassnahmen mittels Beurteilungskompass</b> .....	<b>21</b>
<b>8</b>	<b>Bereinigung Systemnachweis</b> .....	<b>22</b>
<b>9</b>	<b>Verzeichnisse</b> .....	<b>24</b>
	<b>Anhänge</b> .....	<b>25</b>
	<b>Anhang A1: Verlauf thermische Gebäudehülle</b> .....	<b>25</b>
	<b>Anhang A2: Einzelbauteilnachweise inklusive Dampfdiffusionsnachweise der sanierten Bauteile Gebäudehülle</b> .....	<b>27</b>

## Separate Anlagen zum Bericht

**Anlage 1: Mittels Beurteilungskompass bewertete Einzelanierungsmassnahmen**

**Anlage 2: Ergebnisbericht bereinigter Systemnachweis (inkl. Flächennachweis)**

# 1 Ausgangslage, Zielsetzung und Vorgehen

Prona AG wurde beauftragt, ein bereits bestehendes Gutachten zur Sanierung der Siedlung Gartenstadt in der Gemeinde Münchenstein zu überarbeiten und zu ergänzen.

Vorliegender Bericht ist als Ergänzung zu dem am 24.11.2016 erstellten Gutachten zu sehen. Der Bericht weist unter anderem folgende Inhalte und Abklärungen auf:

- Bestimmung des Dämmperimeters und Grobbeurteilung der speziell zu beachtenden Punkte, Bauteilaufbauten und Bauteilanschlüsse (Kapitel 3 bzw. Anhang 1)
- Erarbeitung von Einzelsanierungsmassnahmen der relevanten Bauteile des Dämmperimeters (Kapitel 4 bzw. Anhang 2)
- Ermittlung der ungefähren Sanierungskosten Beurteilung der Subventionsmöglichkeiten der erarbeiteten Sanierungsvarianten (Kapitel 5).
- Erstellen einer Sanierungspriorisierung der erarbeiteten Sanierungsvarianten (Kapitel 6)
- Beurteilung der erarbeiteten Sanierungsvarianten bezüglich der Kriterien Energieeffizienz und Bauphysik, Subventionen, Denkmalpflege, Kosten und sonstiges anhand eines Beurteilungskompasses (Kapitel 7 bzw. separate Anlage Nr.1).
- Bereinigung des vorhandenen Systemnachweises des Bestandsgebäudes „Eckhaus“. Betrachtet wird die Sanierungsvariante „ZA“ des bestehenden Gutachtens, welche den Istzustand des Gebäudes inklusive aller bereits durchgeführten Sanierungsmassnahmen beschreibt (Kapitel 8 bzw. separate Anlage Nr.2).

Oben genannte Abklärungen werden anhand des Eckgebäudes mit der Hausnummer 20 der Siedlung Gartenstadt getroffen, welches als Referenzgebäude dient. Am 09.05.2017 wurde von der Prona AG eine Ortsbesichtigung durchgeführt, um die bauliche Situation beurteilen zu können. Dabei wurden einige Angaben des bestehenden Gutachtens sowie Masse der vorhandenen Planunterlagen stichprobenmässig überprüft.

Ziel des Auftrages ist es, das bereits erstellte bauphysikalische Gutachten zu überprüfen, Unstimmigkeiten zu bereinigen und noch offene Fachfragen zu beantworten. Die Sanierungslösungen werden wertneutral, klar verständlich und inklusive einer Kostenschätzung dargestellt.

## 2 Prüfgrundlagen

Die nachfolgend aufgeführten Normen und Richtlinien sowie Prüf- und Hilfsmittel wurden im Rahmen der Bearbeitung des Projektes eingesetzt.

### 2.1 Planunterlagen

Planunterlagen des Referenzgebäudes mit der Hausnummer 20 sind nicht vorhanden. Jedoch existieren einige Pläne (Grundrisse Erdgeschoss, Obergeschoss und Dachgeschoss; Ansicht der Ostfassade sowie Schnitt) des gegenüberliegenden Eckgebäudes mit der Hausnummer 2. Die Grundrisse sind an der Brandmauer gespiegelt und konnten daher als Grundlage für vorliegende Berechnungen und Flächenermittlungen verwendet werden.

### 2.2 Normen, Richtlinien und Dokumente

Als Prüfgrundlagen dienen folgende Unterlagen:

- SIA 180:2014 - Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden
- SIA 380/1:2009 – Thermische Energie im Hochbau
- EN ISO 13788:2013-05: Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen - Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren - Berechnungsverfahren
- Gutachten vom 24.11.2016 der BWS Bauphysik AG, Winterthur; Titel: Gartenstadt Münchenstein – Energetische Untersuchung an der 1. Etappe Gartenstadt 2-20; Verfasser: Christoph Keller
- Aktuell gültige Energienachweisformulare des Kanton Baselland der EnDK (Konferenz Kantonaler Energiedirektoren), zum Download unter <https://www.endk.ch/de/fachleute-1/energienachweis/energienachweis-muken-2008>, Stand 15.06.2017
- Kantonales Förderprogramm für Energieeffizienz und erneuerbare Energie im Gebäudebereich - Baselbieter Energiepaket; Informationen unter <http://www.energiepaket-bl.ch/>, Stand 15.06.2017

### 2.3 Prüfmittel und Hilfsmittel

Zur Dokumentation und Datenerfassung wurden folgende Prüfmittel verwendet.

Tabelle 1: Prüfmittel und Prüfhilfsmittel

Gerät oder Messmittel	Beschreibung
Lumix DMC TZ 61	Digitalfotokamera
Bosch	Lasermessgerät

## 3 Siedlung und Referenzgebäudes

### 3.1 Beschreibung

Die Siedlung Gartenstadt 2-20 der Gemeinde Münchenstein wurde von der Genossenschaft Gartenstadt-Baugenossenschaft Basel 1912 erbaut.

Mit Ausnahme des Ersatzes der Fenster wurden an den meisten der Gebäude bisher wenige energetische Sanierungsmassnahmen durchgeführt. Daher entsprechen die Gebäude nicht den heute geltenden Anforderungen an die Energieeffizienz und den Wohnkomfort. In vorliegendem Bericht sollen verschiedene Sanierungslösungen aufgezeigt werden, die eine Steigerung der Energieeffizienz und des Wohnkomforts, möglichst bei gleichzeitigem Erhalt des äusseren Erscheinungsbildes erzielen.

Das Reihenhaus besteht aus insgesamt neun Häusern. Die beiden Eckbauten, zu welchen auch das Referenzgebäude zählt, sind deutlich grösser als die übrigen Häuser. Der Zugang zu den Eckbauten erfolgt über die Ost- bzw. Westseite, die übrigen Gebäude sind über die Südseite zugänglich. Nachfolgende Abbildungen zeigen Ausschnitte der Siedlung sowie des Referenzgebäudes.



Abbildung 1: Links: Südseite der Siedlung mit Referenzgebäude links im Bild; rechts: Nordseite der Siedlung.



Abbildung 2: Links: Westansicht Referenzgebäude; rechts Nordansicht Referenzgebäude

### 3.2 Verlauf thermische Gebäudehülle

Die sogenannte thermische Gebäudehülle zeigt den Verlauf des Dämmperrimeters des Referenzgebäudes an. Um den Wärmeschutz des Gebäudes umfassend zu verbessern, sollten nach Möglichkeit alle Bauteile des Dämmperrimeters, welche gegen Aussenluft oder unbeheizte Räume grenzen, energetisch saniert werden.

Nachfolgende Abbildungen zeigen den Verlauf der thermischen Gebäudehülle am Beispiel des Grundrisse des Erdgeschoss. Der Verlauf des Dämmperrimeters im Ober- sowie Dachgeschoss ist in Anhang 1 dargestellt.

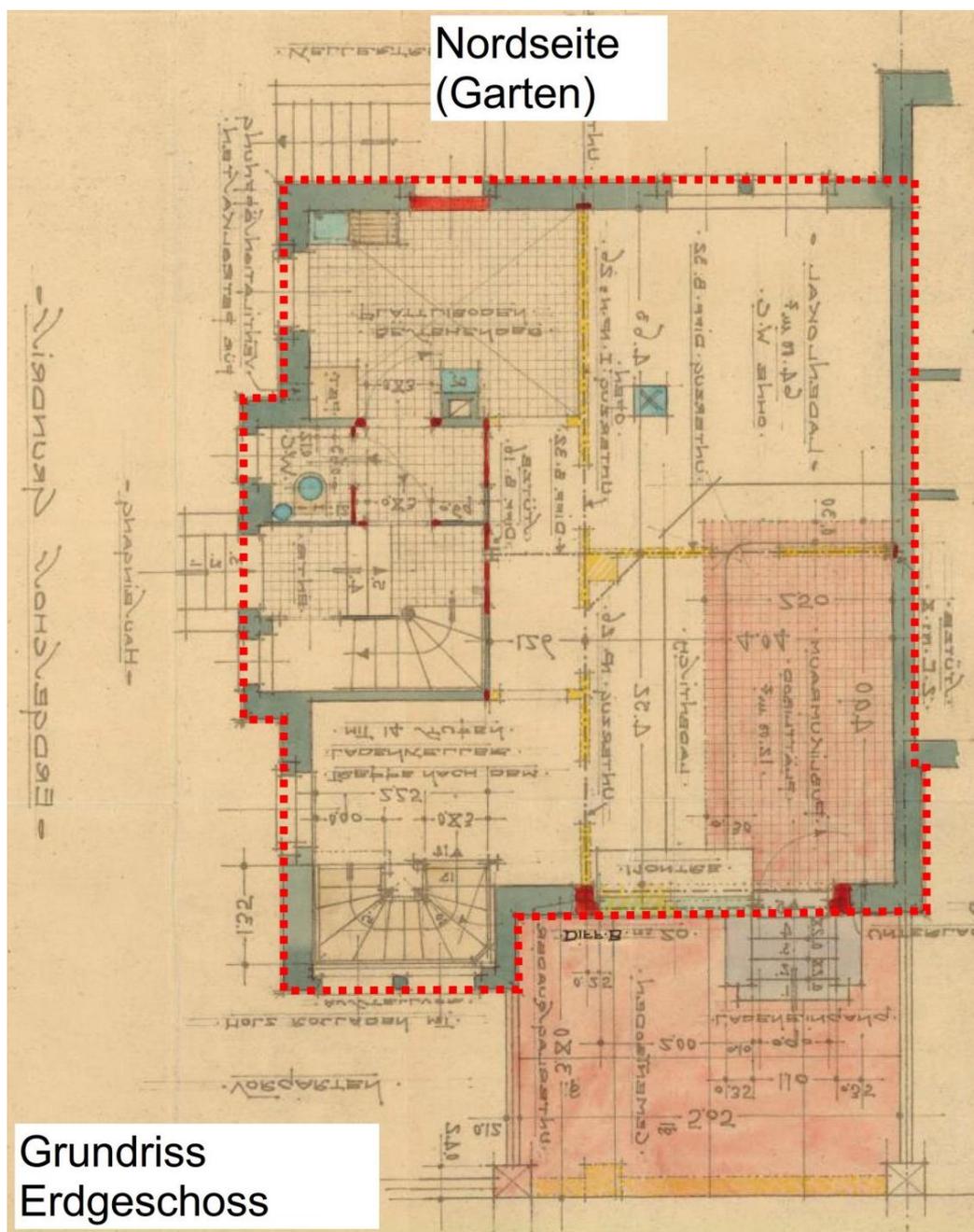
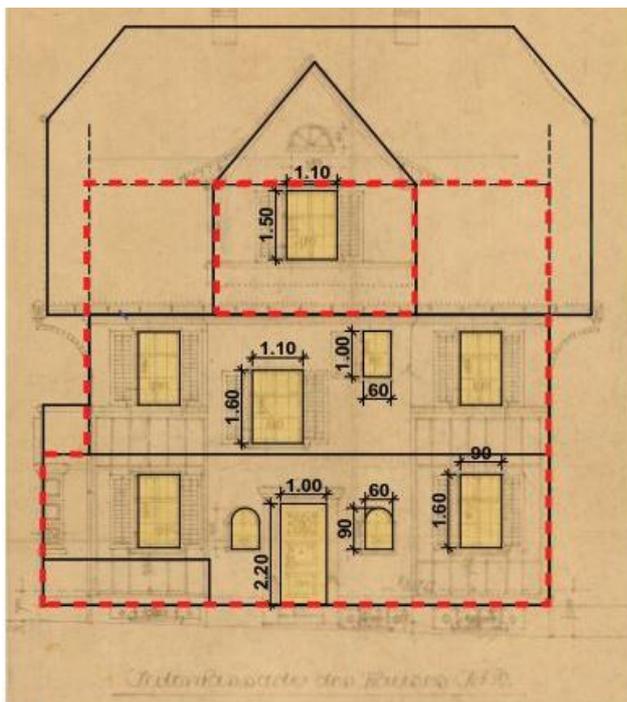
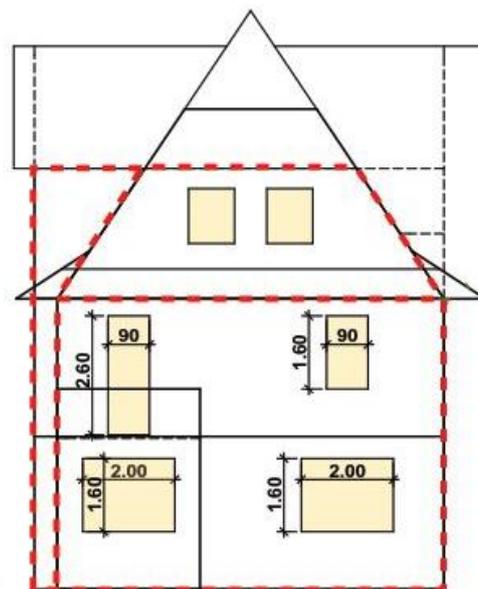


Abbildung 3: Verlauf der thermischen Gebäudehülle im Erdgeschoss (gespiegelter Grundrissplan des Gebäudes Gartenstadt 2).

Nachfolgende Abbildungen zeigen den Verlauf der thermischen Gebäudehülle anhand der Gebäudeansichten der Ost- und Westfassade. Der Verlauf des Dämmperrimeters auf der Nord- sowie Südfassade ist in Anhang 1 dargestellt.



**Ansicht west (spiegelverkehrt)**



**Ansicht süd (Strasse)**

Abbildung 4: Verlauf der thermischen Gebäudehülle auf West- (links) sowie Südseite (rechts).

### 3.3 Anmerkungen und Hinweise

Nachfolgend werden primär Einzelmassnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz und der Behaglichkeit aufgezeigt. Die Erstellung eines gesamthaften Sanierungskonzeptes ist nicht Teil des vorliegenden Berichtes.

An diese Stelle sei darauf hingewiesen, dass die einzelnen Sanierungsmassnahmen bei der Ausführung aufeinander abzustimmen und in den Kontext mit den baulichen Anschlüssen zu setzen sind. So ist zum Beispiel vor dem Einbau von Dämmungen auf der Aussen- oder Innenseite der Gebäude zu klären, ob durch diese Massnahmen Wärmebrücken im Bereich der Fenster entstehen, welche Schimmelpilzbildung an den Fensterlaibungen zur Folge haben können.

Die Gebäude weisen Holzbalkendecken auf. Bei Einbau einer Innendämmung sowie der Sanierung des Mansardendaches ist darauf zu achten, dass die Luftdichtheitsebene innen sauber hergestellt wird. Nur so können Feuchteschäden durch Konvektion und Dampfdiffusion verhindert werden. Auf Holzbalkenköpfe, welche in die Aussenwand laufen, ist ein besonderes Augenmerk zu legen. Vor Innendämmmassnahmen sind diese auf Intaktheit zu prüfen. Der richtige Anschluss der Luftdichtheitsebene im Bereich der Balkenköpfe ist vorgängig zu überlegen und mit einem Bauphysiker festzulegen.

Die meisten Gebäude der Siedlung weisen Öl- beziehungsweise Gasheizungen auf, die teilweise schon mehrere Jahrzehnte alt sind. So ist die Ölheizung des Referenzgebäudes von 1993. Die genaue Beurteilung der Anlagentechnik ist nicht Bestandteil vorliegenden Berichtes. Es ist jedoch bekannt, dass durch einen Austausch der Heizungsanlage durch ein effizientes neues Heizsystem der Heizwärmebedarf der Gebäude signifikant gesenkt werden kann.

## 4 Einzelanierungsmassnahmen der relevanten Bauteile

In den nachfolgenden Abschnitten werden verschiedene mögliche energetische Sanierungsmassnahmen der Bauteile der thermischen Gebäudehülle aufgezeigt. Die Sanierungsvarianten werden auf Grundlage der unsanierten, original verbauten Bauteile erstellt, um eine Übertragbarkeit vom Referenzgebäude auf die übrigen Gebäude gewährleisten zu können. Bereits vorhandene nachträgliche Sanierungsmassnahmen sind nicht berücksichtigt.

### 4.1 Boden zu Keller

Der Boden zum Keller weist folgende Bauteilaufbauten auf:

1. Massive Decke (bestehend aus Stahlträgern und Beton oder Tonhohlplatten)
2. Holzbalkendecke (mit Fehlboden und Ausgleichsschüttung)

Auf der Unterseite der Massivdecken stehen 10 cm Platz für das Anbringen einer Wärmedämmung zur Verfügung. Im Bereich der Holzbalkendecken kann zwischen den Balken und unterhalb der Balken gedämmt werden.

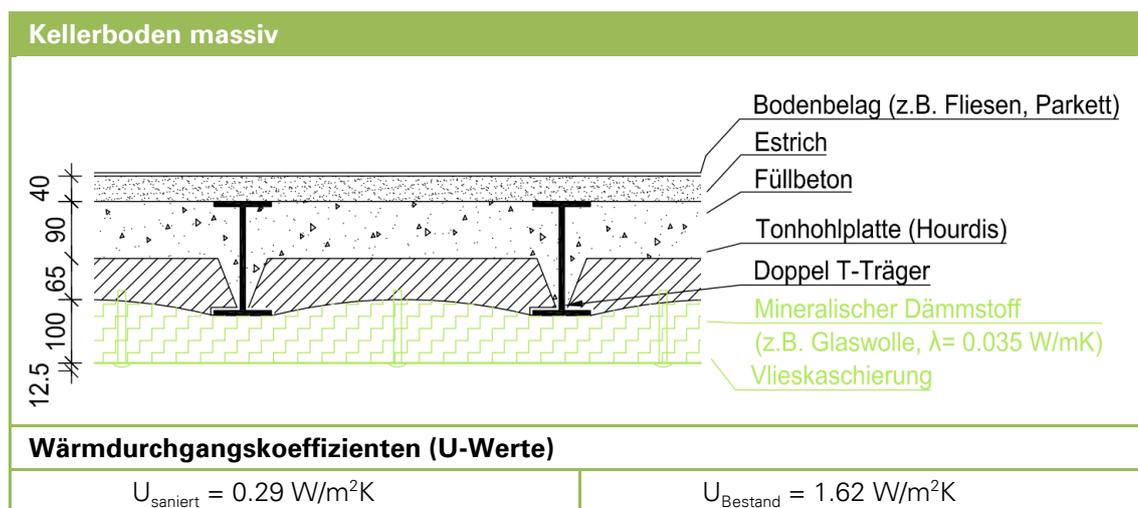
#### 4.1.1 Dämmung von unten

Um die Hohlräume unterhalb der Massiv- sowie Holzbalkendecken optimal ausfüllen zu können, wird die Verwendung eines weichen Dämmstoffes empfohlen. Als Dämmmaterial kann beispielsweise Glaswolle mit einer Vlieskaschierung verwendet werden. Der Dämmstoff sollte eine Wärmeleitfähigkeit ( $\lambda$ ) von 0.035 W/mK oder niedriger aufweisen.

In Tabelle 2 ist der Aufbau der massiven Kellerdecke vor der Sanierung (in schwarz) dargestellt sowie die neu eingebauten Materialschichten (in grün). Der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) verbessert sich durch die Sanierung von 1.62 auf 0.29 W/m<sup>2</sup>K. In Anlage 2 ist der genaue Bauteilaufbau, welcher der Berechnung zugrunde gelegt wurde, dargestellt.

Gemäss den aktuell gültigen Energievorschriften des Kantons Baselland liegt der Grenzwert für sanierte Bodenaufbauten gegen unbeheizte Räume bei 0.30 W/m<sup>2</sup>K. Mit der vorgeschlagenen Sanierungsvariante werden die aktuell gültigen Energievorschriften für Einzelbauteile demnach eingehalten.

Tabelle 2: Sanierung der massiven Kellerdecke von unten mittels vlieskaschierter Mineralwolle. Neu eingebaute Materialschichten in grün dargestellt.



In Tabelle 3 zeigt den Aufbau der Kellerdecke aus Holz vor der Sanierung (in schwarz) sowie die neu eingebauten Materialschichten (in grün). Der U-Wert verbessert sich durch die Sanierung von 0.96 auf 0.18 W/m<sup>2</sup>K (vgl. auch Anlage 2). Damit sind die aktuell geltenden Energievorschriften für Einzelbauteile bei dem Holzboden ebenfalls eingehalten.

Tabelle 3: Sanierung der Kellerdecke aus Holz von untern mittels vlieskaschierter Mineralwolle. Neu eingebaute Materialschichten sind in grün dargestellt.

Kellerboden Holz	
Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte)	
$U_{\text{saniert}} = 0.18 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\text{Bestand}} = 0.96 \text{ W/m}^2\text{K}$

## 4.2 Aussenwände

Die Aussenwände bestehen aus einem Verbandmauerwerk, welches im Keller- und Erdgeschoss 40 cm und in den übrigen Geschossen 30 cm dick ist. Auf der Innenseite weisen die Wände einen Gipsputz (ca. 2.5 cm) und auf der Aussenseite einen als Kellenwurf aufgetragenen Zementputz (ca. 3.5 cm) auf.

Eine Verbesserung des Wärmeschutzes der Aussenwände kann entweder durch Dämmmassnahmen an der Innen- oder Aussenseite erzielt werden, wie in den nachfolgenden Abschnitten dargestellt.

### 4.2.1 Dämmung von aussen

Das Aufbringen einer Dämmung auf der Aussenseite eines Gebäudes weist folgende bauphysikalische Vorteile auf:

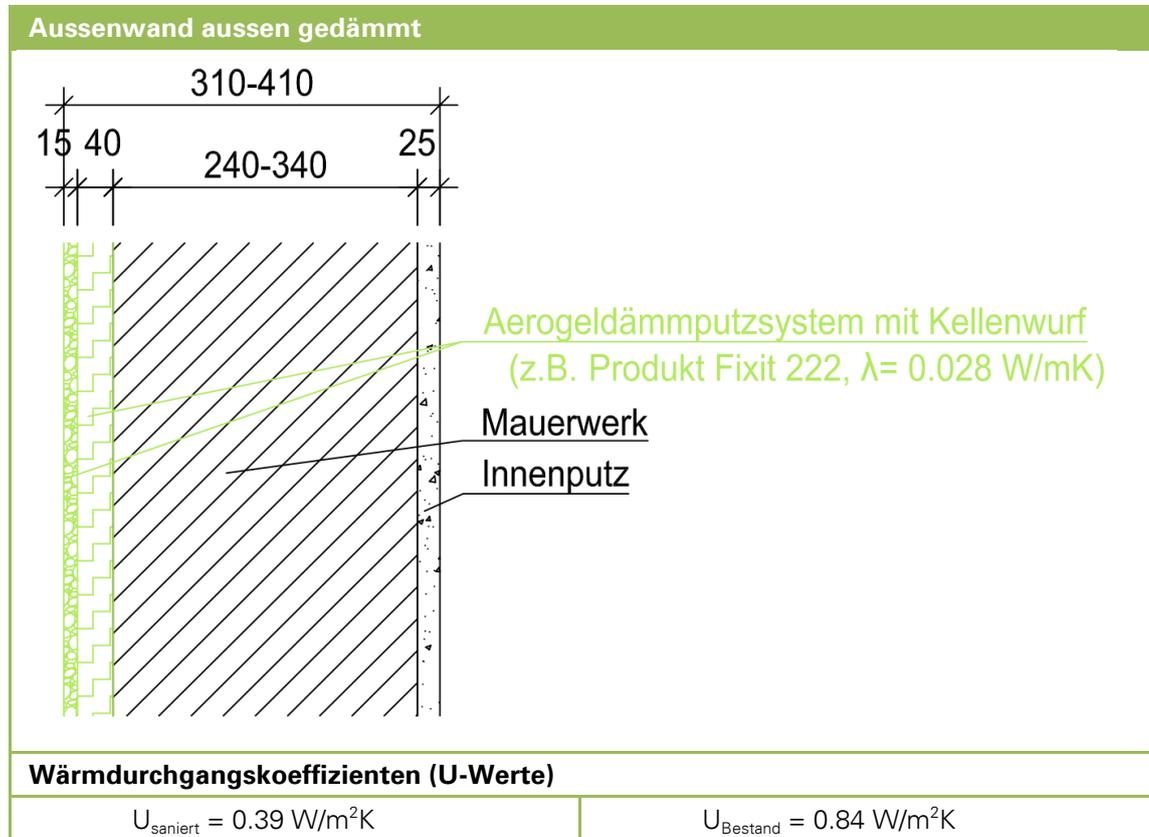
- Lückenlose Dämmung der Aussenfassade, daher wenig Wärmeverluste über Wärmebrücken
- Vergleichsweise geringes Risiko von Feuchteschäden

Um das äussere Erscheinungsbild der Fassaden zu erhalten, wird der Einbau eines Wärmedämmputzes vorgeschlagen. Dabei kann beispielsweise das Aerogeldämmputzsystem F222 der Firma Fixit mit einem  $\lambda$ -Wert von 0.28 W/mK eingesetzt werden. Um die Ansicht der vorstehenden Fensterlaibungen aus Naturstein sowie die Fensterbänke möglichst unverändert zu erhalten, wird das Entfernen des bestehenden Aussenputzes empfohlen. Der so gewonnene Platz kann für den Einbau der Dämmung genutzt werden. Das Dämmputzsystem kann mit einem Kellenwurf versehen werden, der dem originalen Aussenputz von der Optik her gleich kommt.

Durch den Einbau eines 5.5 cm dicken Aerogeldämmputzsystems kann der U-Wert der Aussenwand von 0.84 auf 0.39 W/m<sup>2</sup>K verbessert werden (vgl. Tabelle 4 und Anhang 2). Gemäss den aktuell gültigen Energievorschriften des Kantons Baselland liegt der Grenzwert für sanierte Aussenwandaufbauten gegen Aussenluft bei 0.25 W/m<sup>2</sup>K. Dieser wird mit vor-

geschlagener Sanierungslösung nicht eingehalten. Die SIA 180:2014 schreibt zur Einhaltung des Mindestwärmeschutzes Wärmedurchgangskoeffizienten von  $U \leq 0.4 \text{ W/m}^2\text{K}$  für Aussenwandaufbauten vor. Dieser Wert wird mit vorgeschlagener Sanierungsvariante erfüllt. Damit sind Behaglichkeits- und Feuchteschutzkriterien des flächigen Wandaufbaus eingehalten.

Tabelle 4: Sanierung der Aussenwand mit einem Dämmputzsystem. Neu eingebaute Materialschichten in grün dargestellt.



#### 4.2.2 Dämmung von innen

Bauteilaufbauten mit einer innenliegenden Wärmedämmung weisen im Vergleich zu aussen gedämmten Bauteilen ein höheres Risiko bezgl. des Feuchteschutzes sowie zusätzlicher Verluste über Wärmebrücken auf. Daher ist eine sorgfältige Planung und Ausführung besonders wichtig.

Die Vorteile von Innendämmmaßnahmen sind unter anderem folgende:

- Geringere Kosten, da kein Baugerüst benötigt wird
- Von Nachbargebäuden unabhängige Sanierung
- Keine Veränderung des äusseren Erscheinungsbildes

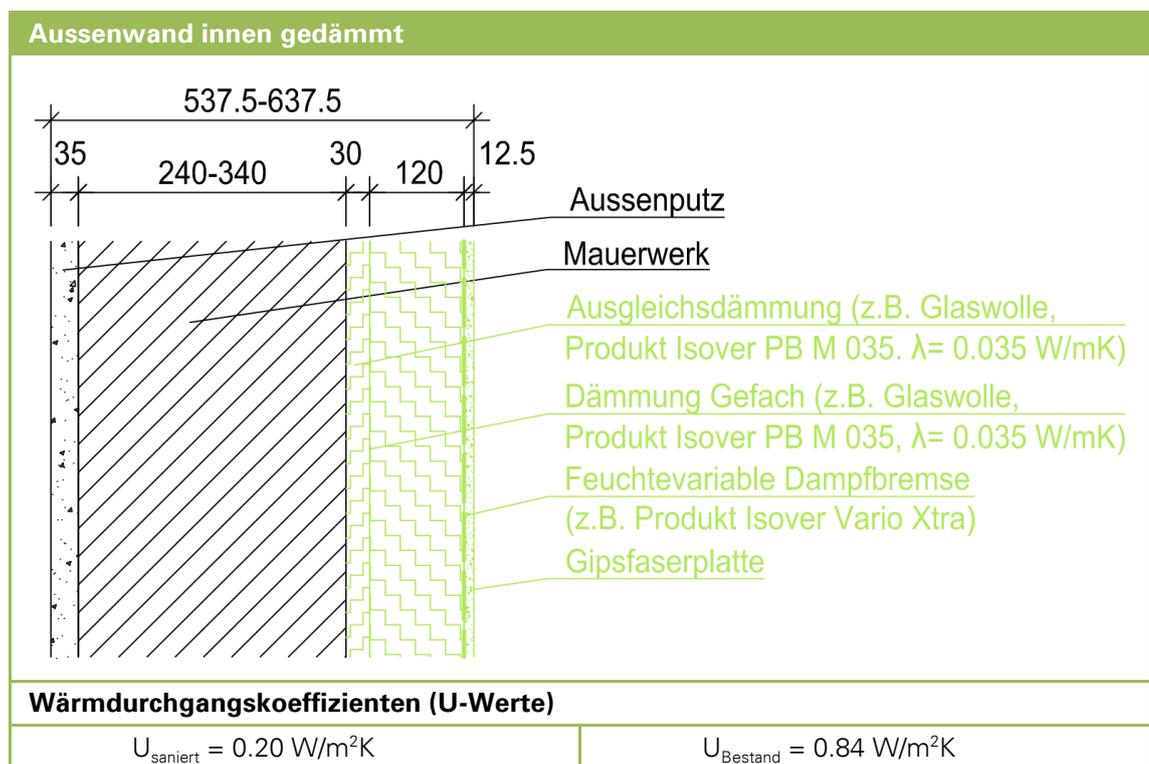
Durch den Einbau einer innenliegenden Wärmedämmung ändern sich die Temperatur- und Feuchteverläufe im Wandbauteil. So kann der Bereich der Wand hinter der Innendämmung Temperaturen unter  $0^\circ\text{C}$  annehmen, was zu Abplatzungen durch Frostschäden am bestehenden Gipsputz führen kann. Um Fehlstellen hinter Dämmung zu vermeiden, wird empfohlen den bestehenden Innenputz vorgängig zu entfernen. So wird das Risiko von Schimmelpilzbildung hinter der Dämmung verringert.

Die Innendämmung kann beispielsweise mit Glaswolle mit  $\lambda$ -Wert im Bereich von  $0.35 \text{ W/mK}$  aufgeführt werden. Durch den Einbau einer Ausgleichsdämmung werden Un-

ebenheiten ausgeglichen. Vor der Ausgleichsdämmung wird ein Gefach aus Holzständern gestellt, welches ausgedämmt wird. Die Luftdichtheitsebene wird über eine feuchtevariable Dampfbremse sichergestellt. Es ist auf einen luftdichten Anschluss der Dampfbremse an Holzbalken und anderen Durchdringungen zu achten. Die Arbeiten sind von einem Bauphysiker zu begleiten. Den inneren Raumabschluss bildet beispielsweise eine Gipsfaserplatte.

Mit der beschriebenen Sanierungsvariante kann der U-Wert der Aussenwand von 0.84 auf 0.20 W/m<sup>2</sup>K verbessert werden. Damit sind die Energievorschriften des Kantons Baselland erfüllt.

Tabelle 5: Sanierung der Aussenwand mit einem Innendämmsystem. Neu eingebaute Materialschichten in grün dargestellt.



Weitere Hinweise:

- Um den Feuchteschutz sicherzustellen, wird empfohlen das in Anlage 2 beschriebene Innendämmsystem mit den dort aufgeführten Bauprodukten zu verwenden.
- Mittels Wärmebrückenberechnungen ist zu überprüfen, ob durch den Einbau der innenliegenden Wärmedämmung ein Risiko von Schimmelpilzbildung an den Fensterlaibung besteht.
- Ist dies der Fall, so sind die Laibungen mit zu dämmen. Dies kann gegebenenfalls den Einbau kleiner Fenster erforderlich machen, sofern nicht genügend Platz für die Laibungsdämmung vorhanden ist.

### 4.3 Seitenwände Lukarnen

Das Referenzgebäude selbst weist keine Lukarnen auf, jedoch aber einige der übrigen Gebäude der Siedlung. Die Dicke des Mauerwerks der Seitenwände der Lukarnen wird auf ca. 12 cm geschätzt. Das genaue Mass ist nicht bekannt.

Die in Abschnitt 4.2 beschriebenen Sanierungsmassnahmen können an den Seitenwänden der Lukarnen ebenfalls angewendet werden. Es wird empfohlen die Dämmstärken jeweils so zu wählen, dass der Mindestwärmeschutz von  $U \leq 0.4$  W/m<sup>2</sup>K eingehalten wird.

## 4.4 Mansardendach

Die bestehende Dachkonstruktion weist kein Unterdach sowie keine Unterdachbahn auf. Die Dachziegel liegen auf einer Dachlattung, welche direkt an den Sparren angebracht ist. Der Querschnitt der Sparren beträgt 12 auf 8 cm.

### 4.4.1 Stellungnahme zur Sanierungsvariante „Dämmung von innen“

Vor der Erstellung des vorliegenden Berichtes wurde von der Prona AG bereits Stellung dazu genommen, ob eine Dämmung des Mansardendaches von innen prinzipiell möglich ist (vgl. Aktennotiz vom 11.05.2017). Diese Sanierungsvariante wurde zwar nicht von vorneherein ausgeschlossen, jedoch wurden bereits auf die Schwierigkeiten bezüglich der Sicherstellung des Feuchteschutzes hingewiesen.

Nach der weiteren Bearbeitung des Projektes und Rücksprache mit ausführenden Fachunternehmern kommen die Autoren nun zu dem Schluss, dass von einer Sanierung des Daches von innen abzuraten ist. Grund ist, dass die Herstellung eines funktionstüchtigen, bezüglich des Feuchteschutzes einwandfrei funktionierenden Daches nicht sichergestellt werden kann.

### 4.4.2 Dämmung von aussen

Tabelle 6 zeigt einen möglichen Dachaufbau nach einer Sanierung von aussen. Um das äussere Erscheinungsbild der Gebäude zu erhalten, wird empfohlen die originale Dacheindeckung aus Biberschwanzziegeln wieder zu verwenden. Schadhafte Ziegel sind dabei zu ersetzen. Am First sind neue Firstziegel mit Belüftung einzubauen.

Über Lattung und Konterlattung wird die Hinterlüftung der Dacheindeckung gewährleistet. Oberhalb der bestehenden Sparren ist ein dampfdiffusionsoffenes Unterdach sowie eine Weichfaserplatte mit einem  $\lambda$ -Wert im Bereich von 0.42 W/mK einzubauen.

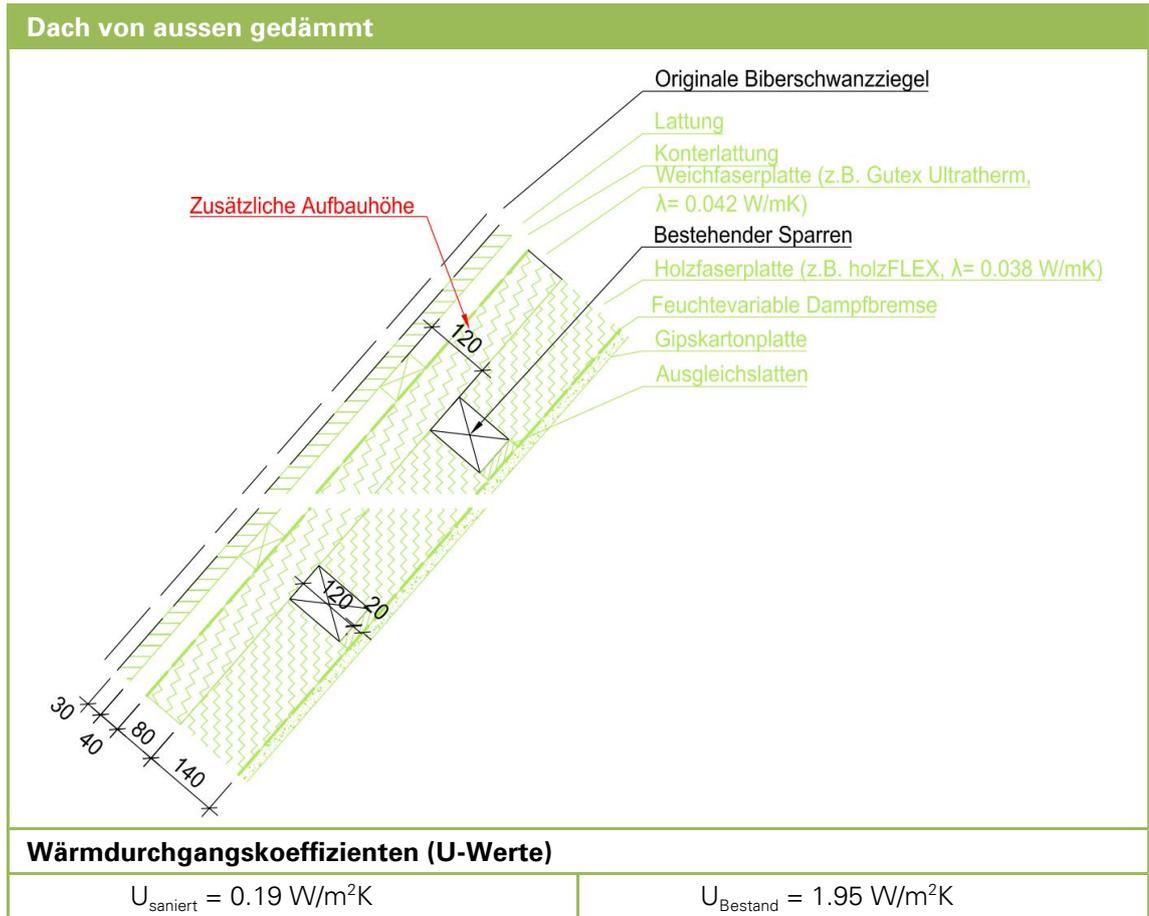
Zwischen den Sparren wird 14 cm mit Holzfaserplatten mit einem  $\lambda$ -Wert im Bereich von 0.38 W/mK gedämmt. Die Luftdichtheitsebene wird mit einer feuchtevariablen Dampfbremse sichergestellt.

Mit der beschriebenen Sanierungsvariante kann der U-Wert des Mansardendaches von 1.95 auf 0.19 W/m<sup>2</sup>K verbessert werden. Damit sind die Energievorschriften des Kantons Basel-Stadt erfüllt. Gegenüber dem bestehenden Dach ist eine zusätzliche Aufbauhöhe von rund 12 cm erforderlich.

Weitere Hinweise:

- Um den Feuchteschutz sicherzustellen, wird empfohlen den in Anhang 2 beschriebenen Dachaufbau mit den dort aufgeführten Bauprodukten zu verwenden.
- Vor der Sanierung ist die Bestätigung des mit der Sanierung beauftragte Fachunternehmens oder eines externen Statikers einzuholen, dass die bestehende Dachkonstruktion das zusätzliche Gewicht der Dämmung und übrigen Bauteilschichten aufnehmen kann.
- Durch den verbesserten Wärmeschutz des Dachs ist im Winter mit erhöhten Schneelasten zu rechnen, welche ebenfalls in der Bemessung der Statik zu berücksichtigen sind.

Tabelle 6: Sanierung des Mansardendaches von aussen. Neu eingebaute Materialschichten in grün dargestellt.



## 4.5 Decke zu Estrich (Kehlboden)

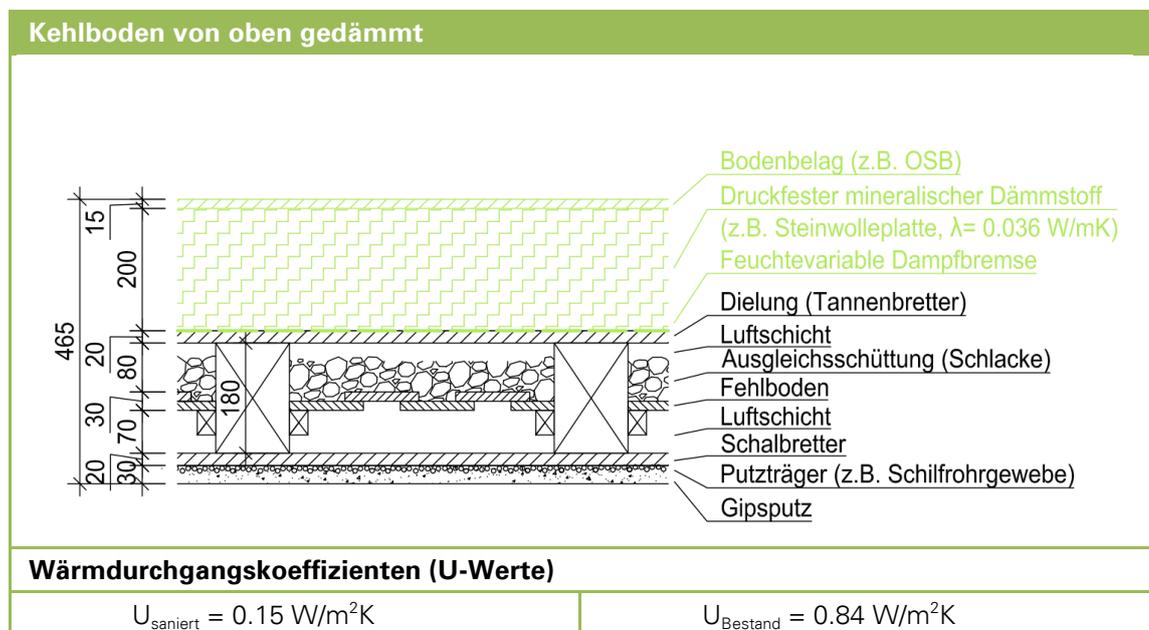
Wie beim Verlauf des Dämmperimeters in Abbildung 4 ersichtlich, weist das Dach des Referenzgebäudes einen unbeheizten Dachraum auf. Sofern das Mansardendach nicht gedämmt wird, ist zumindest die Decke zum unbeheizten Dachraum, der sogenannte Kehlboden, zu dämmen.

### 4.5.1 Dämmung von oben

Eine kostengünstige und vergleichsweise einfach zu realisierende Sanierungsmaßnahme des Kehlbodens ist das Aufbringen einer Dämmung auf der Oberseite. Es ist darauf zu achten, dass eine druckfeste Dämmung (z.B. Steinwolleplatte mit  $\lambda = 0.036 \text{ W/mK}$ ) eingebaut wird, damit der Estrichraum begehbar bleibt. Sofern die Gipsdecke keine ausreichende Luftdichtigkeitsebene darstellt, ist unterhalb der Dämmung eine feuchtevariable Dampfbremse einzubauen. Als Gehbelag kann beispielsweise eine OSB-Platte eingebaut werden.

Mit der beschriebenen Sanierungsvariante kann der U-Wert des Kehlbodens von  $0.84$  auf  $0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$  verbessert werden. Damit sind die Energievorschriften des Kantons Baselland für Decken gegen unbeheizte Räume erfüllt.

Tabelle 7: Sanierung des Kehlbodens von aussen. Neu eingebaute Materialschichten in grün dargestellt.



## 4.6 Fenster

Die originalen Fenster der Siedlung sind bis auf wenige Ausnahmen nicht mehr erhalten. Die Gebäude weisen mehrheitlich Fenster mit modernen Isolierverglasungen auf. Nur das Gebäude mit der Hausnummer 14 verfügt noch über die originalen Hauptfenster sowie Vorfenster.

Die Fenster des Referenzgebäudes wurden durch den Eigentümer erst vor wenigen Jahren durch neue Holzmetallfenster mit Dreifachisolierverglasung ersetzt. Die neuen Fenster entsprechen den heutigen energetischen Anforderungen. Aus bauphysikalischer Sicht besteht im Moment kein Grund für einen Austausch der Fenster.

Über den genauen Zustand und das genaue Alter der bereits modernisierten Fenster der übrigen Gebäude liegen keine Informationen vor. Ob diese jeweils den heutigen energetischen

Anforderungen entsprechen wurde nicht geprüft. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass ein Ersatz der Fenster mit hohen Kosten und einer vergleichsweise geringen Energieersparnis verbunden ist. Wahrscheinlich haben viele der bereits ersetzten Fenster ihre Lebensdauer zudem noch nicht erreicht. Sofern von Seiten der Bewohner keine Beschwerden bezüglich der Behaglichkeit bestehen, so ist aus bauphysikalischer Sicht nicht notwendig, die bereits bestehenden Fenster mit Isolierverglasungen durch neuere zu ersetzen.

An dieser Stelle sei jedoch darauf hingewiesen, dass es bei der Umsetzung von Dämmmaßnahmen aussen oder innen notwendig sein kann die Fenster zu ersetzen. Dies ist der Fall, wenn aufgrund von Wärmebrücken die Laibung der Fenster mitgedämmt werden muss, um das Risiko von Kondensat und Schimmelpilzbildung zu verringern. Falls zu wenig Platz für die Laibungsdämmung vorhanden ist, müssen kleinere Fenster eingebaut werden.

#### 4.6.1 Nachbau nach Original

Um das ursprüngliche Erscheinungsbild der Fassade wieder herzustellen, können die originalen Fenster anhand der noch vorhandenen Fenster nachgebaut werden.

Wie im rechten Bild der Abbildung 5 zu sehen ist, verfügt das originale Hauptfenster über zwei grosse und zwei kleine Lüftungsflügel. Bei den Sprossen der Lüftungsflügel handelt es sich um glasteilende Sprossen.

Gemäss den Energievorschriften des Kantons Baselland müssen bei Umbauten Fenster mit einem  $U_w$ -Wert  $\leq 1.3 \text{ W/m}^2\text{K}$  eingebaut werden. Auf dem Markt sind sehr dünne Isolierverglasungen erhältlich, mit welchen die für den Nachbau oder die Sanierung historischer Fenster häufig zum Einsatz kommen. Diese weisen  $U_g$ -Werte im Bereich von  $1.0 - 1.2 \text{ W/m}^2\text{K}$  auf. Mit Verglasungen dieser Art kann der Wärmeschutz der heute geltenden Energievorschriften eingehalten werden und zugleich lassen sich filigrane Rahmenkonstruktionen nach historischem Vorbild realisieren.



Abbildung 5: Links: Ausschnitt Fassade Haus Nummer 14 mit originalen Fenstern; rechts: Ansicht originales Hauptfenstern mit Vorfenster im Erdgeschoss.

## 5 Sanierungskosten und Subventionsmöglichkeiten

Für die in Kapitel 4 vorgestellten Sanierungsvarianten werden im Folgenden sowohl die Sanierungskosten als auch die Subventionsmöglichkeiten aufgezeigt.

### 5.1 Hinweise zur Grobkostenschätzung und zu Subventionen

Zur Ermittlung der Grobkosten wurden von der Prona AG gezielt ausführende Fachunternehmer sowie Dämmstoffhersteller angefragt. Diesen wurden Informationen zum Referenzgebäude anhand von Fotografien und Flächenauszügen übermittelt.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die zur Verfügung gestellten Informationen eine Besichtigung der ausführenden Fachunternehmer vor Ort keinesfalls ersetzen kann. Aus diesem Grund sind die angegebenen Preise nur als grobe Richtwerte zu sehen.

Bei Einbau von anderen Dämmsystemen, als von der Prona AG vorgeschlagen können ebenfalls Abweichungen bezüglich der Kosten entstehen.

Seit dem 1. Januar 2017 sind die einzelnen Kantone verantwortlich für das Gebäudeprogramm, das mit Geldern aus der schweizweit erhobenen CO<sub>2</sub>-Abgabe auf fossilen Brennstoffen die Wärmedämmung der Gebäudehüllen fördert. Die nachfolgend aufgeführten Informationen bezüglich der Subventionsmöglichkeiten wurden auf der Internetseite Baselbieter Energiepaket (<http://www.energiepaket-bl.ch/>, Stand 15.06.2017) recherchiert.

Sanierungsmassnahmen werden nur gefördert wenn bestimmte Anforderungen an die Wärmedurchgangskoeffizienten der sanierten Bauteile eingehalten werden. Da die Siedlung nicht unter Denkmalschutz steht, wird in Abschnitt 5.2 von den standardmässig einzuhaltenden Bedingungen an die U-Werte der sanierten Bauteile ausgegangen. Diese sind:

- **U ≤ 0.20 W/m<sup>2</sup>K** für Bauteile gegen Aussenklima oder bis 2 m im Erdreich
- **U ≤ 0.25 W/m<sup>2</sup>K** für Bauteile gegen unbeheizt oder mehr als 2 m im Erdreich
- **U ≤ 0.70 W/m<sup>2</sup>K** für Fenster mit Abstandhalter aus Edelstahl oder Kunststoff

Hinweise:

Für Bauteile von geschützten Bauten können gegen Nachweis, dass die geforderten U-Werte nicht realisierbar sind, Erleichterungen gewährt werden. Als geschützt gelten Bauten,

- ...die Bestandteil der Inventare des Bundes, des Kantons oder der Gemeinden sind und in diesen Inventaren als von "nationaler" oder "regionaler" Bedeutung eingetragen sind («denkmalgeschützt»); sowie
- ...die von einer Behörde als geschützt definiert werden (Baubehörde, Orts- und Stadtbildkommissionen, etc.)

Für geschützte Bauten gelten folgende Anforderungen:

- **U ≤ 0.25 W/m<sup>2</sup>K** für Bauteile gegen Aussenklima oder bis 2m im Erdreich
- **U ≤ 0.28 W/m<sup>2</sup>K** für Bauteile gegen unbeheizt oder mehr als 2m im Erdreich
- **U ≤ 1.10 W/m<sup>2</sup>K** für Fenster mit Abstandhalter aus Edelstahl oder Kunststoff

## 5.2 Ermittelte Grobkosten und Subventionsmöglichkeiten

In nachfolgenden Tabellen sind die ermittelten Grobkosten sowie Subventionsmöglichkeiten zusammengestellt:

Tabelle 8: Grobkostenschätzung und Subventionsmöglichkeiten der Sanierungsmassnahmen der Kellerdecke.

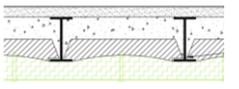
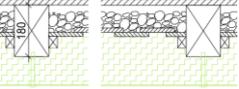
Boden zu Keller		
Sanierungsvariante	Grobkosten Fr./m <sup>2</sup>	Subventionen
Massive Kellerdecke	ca. 50-60 Fr./m <sup>2</sup>	<b>Nein</b>
Dämmung von unten 	Bemerkungen: --	Bemerkungen: Gefördert werden Dämmmassnahmen von Decken gegen unbeheizt mit $U \leq 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$
Kellerdecke in Holz	ca. 50-60 Fr./m <sup>2</sup>	<b>Ja</b> (da sanierte Decke $U \leq 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
Dämmung von unten 	Bemerkungen: --	Bemerkung: Beantragt werden können <b>10 Fr./m<sup>2</sup></b> (Stand 01.01.2017)

Tabelle 9: Grobkostenschätzung und Subventionsmöglichkeiten der Sanierungsmassnahmen der Aussenwand.

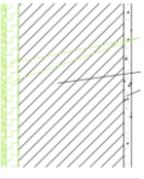
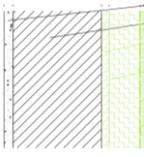
Aussenwand		
Sanierungsvariante	Grobkosten Fr./m <sup>2</sup>	Subventionen
Dämmung von aussen 	ca. 405 Fr./m <sup>2</sup> Bemerkungen: - Entfernen Aussenputz: 30-35 Fr./m <sup>2</sup> - Aufbringen Dämmputzsystem 340-370 Fr./m <sup>2</sup> - Zuschlag Kellenwurf: 15-20 Fr./m <sup>2</sup>	<b>Nein</b> Bemerkungen: Gefördert werden Dämmmassnahmen von Wänden gegen aussen mit $U \leq 0.2 \text{ W/m}^2\text{K}$
Dämmung von innen 	ca. 100 Fr./m <sup>2</sup> Bemerkungen: - Entfernen Innenputz: 30-35 Fr./m <sup>2</sup> - Aufbringen Innendämmsystem 65-70 Fr./m <sup>2</sup>	<b>Ja</b> (da sanierte Wand $U \leq 0.2 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) Bemerkungen: Beantragt werden können <b>70 Fr./m<sup>2</sup></b> plus <b>10 Fr./m<sup>2</sup></b> sofern mehr als 90 % der Fassadenfläche erneuert werden (Stand 01.01.2017)

Tabelle 10: Grobkostenschätzung und Subventionsmöglichkeiten der Sanierungsmassnahmen des Mansardendaches.

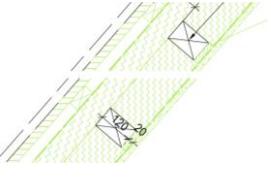
Mansardendach		
Sanierungsvariante	Grobkosten Fr./m <sup>2</sup>	Subventionen
Dämmung von aussen 	ca. 395 Fr./m <sup>2</sup> zzgl. 3'000 Fr. Bemerkungen: 3'000 Fr. für Bauplatzinstallation (Mulden Lift, etc.) 330 Fr./m <sup>2</sup> für Entsorgung Dachlatten, Ausdecken, Eindecken, neue Firstziegel, Erstellung Unterdach, Schrotarbeiten 65 Fr./m <sup>2</sup> für Isolieren, Anschluss Dampfbremse, innerer Raumabschluss	<b>Ja</b> (da saniertes Dach $U \leq 0.2 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) Bemerkungen: Beantragt werden können <b>50 Fr./m<sup>2</sup></b> plus <b>10 Fr./m<sup>2</sup></b> sofern mehr als 90 % der Dachfläche erneuert werden (Stand 01.01.2017)

Tabelle 11: Grobkostenschätzung und Subventionsmöglichkeiten der Sanierungsmassnahmen des Kehlbodens.

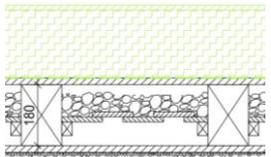
Decke zu Estrich (Kehlboden)		
Sanierungsvariante	Grobkosten Fr./m <sup>2</sup>	Subventionen
Dämmung von oben	ca. 50-60 Fr./m <sup>2</sup>	Ja (da sanierte Decke $U \leq 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
	Bemerkungen: –	Bemerkungen: Beantragt werden können <b>10 Fr./m<sup>2</sup></b> (Stand 01.01.2017)

Tabelle 12: Grobkostenschätzung und Subventionsmöglichkeiten der Sanierungsmassnahmen des Fensters.

Fenster		
Sanierungsvariante	Grobkosten Fr./m <sup>2</sup>	Subventionen
Nachbau nach Original	(noch ausstehend)	Nein
	Bemerkungen: –	Bemerkungen: Gefördert werden neue Fenster mit $U_w \leq 0.7 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Stand 01.01.2017) Dieser Wert ist bei einem Nachbau der originalen Fenster voraussichtlich nicht zu erreichen.

## 6 Erstellen einer Sanierungspriorisierung

Um entscheiden zu können, welche Sanierungsmassnahmen hinsichtlich Energieeinsparungspotenzial sowie Sanierungskosten am effektivsten sind, wird eine Priorisierung der vorgeschlagenen Sanierungsvarianten erstellt.

Ausschlaggebend für nachfolgende Berechnungen sind...

- ...die Verbesserung des U-Wertes (im Vergleich zum Originalzustand bzw. Bestand)
- ...sowie die Sanierungskosten.

Aus diesen wird ein Faktor nach untenstehender Formel berechnet. Je kleiner der Faktor, desto höher ist die Priorität der jeweiligen Sanierungsmassnahme anzusetzen.

$$\text{Faktor} = \frac{\text{Fläche} * \text{Preis}/\text{m}^2}{\text{Verbesserung}}$$

Hinweis: Die Priorisierung ist als erstes Indiz für die Effektivität der jeweiligen Sanierungsmassnahme zu sehen. Es wird jedoch kein Bezug dazu genommen, wie hoch der Anteil der Wärmeverluste über das betreffende Bauteil am gesamten Heizwärmebedarf des Gebäudes ist. Deshalb kann aufgrund der Priorisierung z.B. keine Aussage zur effektiven Heizkostensparnis getroffen werden.

### 6.1 Originaler Zustand

Die Sanierungspriorisierung wird zunächst auf den originalen Zustand der Bauteile bezogen, um eine bessere Übertragbarkeit auf die übrigen Gebäude gewährleisten zu können. In Tabelle 13 ist ersichtlich, dass bei den Sanierungsmassnahmen Dämmung des Bodens zum Keller sowie Dämmung der Decke zum Estrich das Verhältnis der Verbesserung des Wärmeschutzes zu den anfallenden Kosten für die Sanierung der Flächen am günstigsten ist. Die Sanierung der Aussenwand mit einer innenliegenden Wärmedämmung steht an vierter Stelle.

Die Sanierung des Steildaches weist den höchsten Quadratmeterpreis auf. Jedoch kann der U-Wert um mehr als 90 % verbessert werden. Zudem ist die zu sanierende Fläche kleiner. Aus diesen Gründen steht die Sanierung des Mansardendaches vor der Sanierung der Aussenwand mit Dämmung von aussen auf Rang 5. Das Anbringen eines Dämmputzsystems auf der Aussenseite der Fassaden ist mit hohen Kosten und einer im Verhältnis zu anderen Sanierungsmassnahmen geringen Verbesserung des Wärmeschutzes verbunden. Daher steht nimmt diese Sanierungsvariante den Letzen Rang auf der Prioritätenliste ein.

Tabelle 13: Priorisierung der vorgeschlagenen Sanierungsvarianten in Bezug auf Energieeinsparung und Kosteneffizienz am Beispiel des originalen Zustands der Bauteile des Referenzgebäudes.

Bauteil	U-Wert original	Variante	U-Wert neu	Verbesserung	Fläche	Kosten	Faktor	Priorität
<b>massiver Boden zu Keller</b>	1.62 W/m <sup>2</sup> K	Dämmung von unten	0.29 W/m <sup>2</sup> K	82.1 %	21.8 m <sup>2</sup>	55 Fr./m <sup>2</sup>	14.6	<b>1</b>
<b>Boden zu Keller in Holz</b>	0.96 W/m <sup>2</sup> K	Dämmung von unten	0.18 W/m <sup>2</sup> K	81.2 %	68.3 m <sup>2</sup>	55 Fr./m <sup>2</sup>	46.3	<b>3</b>
<b>Aussenwand</b>	0.84 W/m <sup>2</sup> K	Dämmung von aussen	0.39 W/m <sup>2</sup> K	53.6 %	216.7 m <sup>2</sup>	405 Fr./m <sup>2</sup>	1'637.4	<b>6</b>
	0.84 W/m <sup>2</sup> K	Dämmung von innen	0.2 W/m <sup>2</sup> K	76.2 %	183.9 <sup>1)</sup> m <sup>2</sup>	100 Fr./m <sup>2</sup>	241.3	<b>4</b>
<b>Mansardendach</b>	1.95 W/m <sup>2</sup> K	Dämmung von aussen	0.19 W/m <sup>2</sup> K	90.3 %	150.0 m <sup>2</sup>	415 Fr./m <sup>2</sup> 2)	689.4	<b>5</b>
<b>Decke zu Estrich (Kehlboden)</b>	0.84 W/m <sup>2</sup> K	Dämmung von oben	0.15 W/m <sup>2</sup> K	82.1 %	53.9 m <sup>2</sup>	55 Fr./m <sup>2</sup>	36.1	<b>2</b>
<b>Fenster</b>	ca. 2.5 W/m <sup>2</sup> K	Nachbau originaler Fenster	ca. 1.3 W/m <sup>2</sup> K	48.0 %	36.7 m <sup>2</sup>	(noch offen)	(?)	<b>(?)</b>

<sup>1)</sup>Aussenwandfläche abzüglich 15 % wegen Innenwänden und Deckenanschlüssen

<sup>2)</sup>395 Fr./m<sup>2</sup> zzgl. 20 Fr./m<sup>2</sup> für Bauplatzinstallationen

## 6.2 Heutiger Zustand (Bestand)

Gemäss Angaben des Eigentümers sowie Erkenntnissen der Ortsbegehung wurden am Referenzgebäude seit Erstellung folgende Sanierungsmassnahmen vorgenommen:

- 1) Dämmung des massiven Bodens zum Keller sowie des Bodens zum Keller aus Holz mit einer 8 cm starken vlieskaschierten Mineralwolleplatte  
 → massive Decke:  $U_{\text{Bestand}} = 0.48 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 → Decke aus Holz:  $U_{\text{bestand}} = 0.34 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 2) Dämmung des Kehlbodens mit einer 25 cm starken Holzfaserplatte  
 →  $U_{\text{Bestand}} = 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 3) Dämmung der Schrägen des Mansardendaches im Dachgeschoss mit 10-20 cm Mineralwolle; zusätzlich Dämmung des Dachraumes oberhalb des Kehlbodens mit einer alu-kaschierten Steinwolleplatte  
 →  $U_{\text{Bestand}} = 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$  (bei 20 cm Dämmung)
- 4) Ersatz der Fenster durch moderne Dreifachisolierverglasungen  
 →  $U_{\text{WrBestand}} = 1.0 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 5) (Einbau von Vorsatzschalen aus Gipskarton mit Dämmung an einigen wenigen Wandbereichen des Dachgeschosses)

Berücksichtigt man die ersten vier bereits erfolgten Sanierungsmassnahmen, so ergibt sich eine Priorisierung der Sanierungsvarianten gemäss Tabelle 14.

Werden die Fenster nach historischem Vorbild nachgebaut, so wird der Wärmeschutz gegenüber den dreifachisolierverglasten Fenstern des Referenzgebäudes nicht verbessert. Rein auf Kosten und Energieeffizienz bezogen weist diese Sanierungsvariante den geringsten Nutzen auf und liegt daher auf Rang 7 der Priorisierungsliste.

Der Wärmeschutz des Mansardendachs wurde ebenfalls bereits verbessert. Mit der vorgeschlagenen Sanierungsvariante kann der Wärmeschutz des Dachs nur geringfügig weiter verbessert werden, weshalb diese Rang 6 einnimmt.

Die Dämmung der Aussenwand mittels Innendämmung liegt unverändert auf Rang 4.

Bei den Sanierungsmassnahmen Dämmung des Bodens zum Keller sowie Dämmung der Decke zum Estrich ist das Verhältnis der Verbesserung des Wärmeschutzes zu den anfallenden Kosten immer noch am günstigsten, weshalb diese auf den ersten Rängen liegen.

Tabelle 14: Priorisierung der vorgeschlagenen Sanierungsvarianten in Bezug auf Energieeinsparung und Kosteneffizienz.

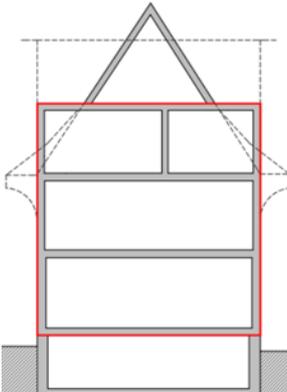
Bauteil	U-Wert Bestand	Variante	U-Wert neu	Verbesserung	Fläche	Kosten	Faktor	Priorität
<b>massiver Boden zu Keller</b>	0.48 W/m <sup>2</sup> K	Dämmung von unten	0.29 W/m <sup>2</sup> K	39.6 %	21.8 m <sup>2</sup>	55 Fr./m <sup>2</sup>	30.3	<b>1</b>
<b>Boden zu Keller in Holz</b>	0.34 W/m <sup>2</sup> K	Dämmung von unten	0.18 W/m <sup>2</sup> K	47.1 %	68.3 m <sup>2</sup>	55 Fr./m <sup>2</sup>	79.8	<b>3</b>
<b>Aussenwand</b>	0.84 W/m <sup>2</sup> K	Dämmung von aussen	0.39 W/m <sup>2</sup> K	53.6 %	216.7 m <sup>2</sup>	405 Fr./m <sup>2</sup>	1'637.4	<b>5</b>
	0.84 W/m <sup>2</sup> K	Dämmung von innen	0.2 W/m <sup>2</sup> K	76.2 %	183.9 <sup>1)</sup> m <sup>2</sup>	100 Fr./m <sup>2</sup>	241.3	<b>4</b>
<b>Mansardendach</b>	0.25 W/m <sup>2</sup> K	Dämmung von aussen	0.19 W/m <sup>2</sup> K	24.0 %	150.0 m <sup>2</sup>	415 Fr./m <sup>2</sup> <sup>2)</sup>	2'593.1	<b>6</b>
<b>Decke zu Estrich (Kehlboden)</b>	0.25 W/m <sup>2</sup> K	Dämmung von oben	0.15 W/m <sup>2</sup> K	40 %	53.9 m <sup>2</sup>	55 Fr./m <sup>2</sup>	74.1	<b>2</b>
<b>Fenster</b>	1.1 W/m <sup>2</sup> K	Nachbau originaler Fenster	1.3 W/m <sup>2</sup> K	keine	36.7 m <sup>2</sup>	(noch offen)	-	<b>(7)</b>

## 7 Bewertung der Einzelsanierungsmassnahmen mittels Beurteilungskompass

Anhand eines Beurteilungskompasses werden die erarbeiteten Sanierungsvarianten bezüglich der Kriterien Energieeffizienz und Bauphysik, Subventionen, Denkmalpflege, Kosten und sonstiges bewertet (vgl. Tabelle 15). Dabei werden je Bereich unterschiedliche Teilaspekte bewertet.

Die Bewertungsbögen sind vorliegendem Bericht als separates Dokument beigelegt (vgl. Anlage Nr.1).

Tabelle 15: Vorlage des Beurteilungskompasses

Bauteil:		Sanierungsvariante:		Dämmmassnahme:							
Lage am Gebäude:		Bauteilaufbau mit Materialbezeichnungen:		U-Wert in W/m <sup>2</sup> K							
											
Beurteilungskompass											
Bereiche	Teilaspekte	Einfluss									
		eher negativ					eher positiv				
		-5	-4	-3	-2	-1	+1	+2	+3	+4	+5
<b>Energieeffizienz und Bauphysik</b>	Einhaltung Mindestwärmeschutz										
	Energievorschriften: Grenzwert										
	Energievorschriften: Zielwert										
	Wärmebrückenverluste										
	Feuchteschutz										
	Raumklima										
<b>Subventionen</b>	Subventionen (Standard)										
	Subventionen (Denkmal)										
<b>Denkmalpflege</b>	Erscheinungsbild aussen										
	Erscheinungsbild innen										
	Ortsbildschutz										
	Erhalt originale Bausubstanz										
	Rückbaubarkeit										
<b>Kosten</b>	Quadratmeterpreis (fertig installiert)										ca. xx Fr./m <sup>2</sup>
	Vgl. Sanierungskosten/Energieeinsparung										
<b>Sonstiges</b>	Verlust von Wohnraum										
	Unabhängigkeit von Nachbargebäuden										
	Sanierung im bewohnten Zustand										

## 8 Bereinigung Systemnachweis

Im Rahmen vorliegenden Berichtes wird eine Bereinigung des vorhandenen Systemnachweises des Bestandsgebäudes „Eckhaus“ durchgeführt. Betrachtet wird die Sanierungsvariante „ZA“ des bestehenden Gutachtens, welche den heutigen Istzustand des Gebäudes inklusive aller bereits durchgeführten Sanierungsmassnahmen beschreibt. Die Berechnung erfolgte mit der Software Leosai (Version V.2017.0, build 1102).

Die in Abschnitt 6.2 aufgeführten bereits erfolgten Sanierungsmassnahmen werden in der Heizwärmebedarfsberechnung berücksichtigt. Der Ergebnisbericht der Berechnungen (Systemnachweis) inklusive der zugrunde gelegten Flächen ist vorliegendem Bericht als separates Dokument beigelegt (vgl. Anlage Nr.2).

Im Vergleich zum Systemnachweis der Sanierungsvariante „ZA“ des bereits bestehenden Gutachtens wurden folgende Anpassungen vorgenommen:

- Berücksichtigung der Dämmung des Mansardendaches im Dachgeschoss
- Einige Änderungen der Abmessungen der Fenster
- Hinzufügen fehlender Fensterflächen
- Kleinere Anpassungen bei den Flächen der einzelnen Bauteile

Der Berechnung zufolge weist das Referenzgebäude einen Heizwärmebedarf von 374 MJ/m<sup>2</sup> auf. Damit wird der Grenzwert gemäss SIA 380/1, der bei 187 MJ/m<sup>2</sup> liegt, um genau 100 % überschritten.

Gemäss dem Eigentümer des Hauses liegt der jährliche Ölverbrauch bei ungefähr 2'800 Litern. 1 Liter Heizöl entspricht ungefähr einer Energiemenge von 36 MJ. Demzufolge werden jährlich ca. 100'800 MJ für die Beheizung und Warmwasserbereitung des Gebäudes inklusive der Verluste der Heizungsanlage benötigt. Geht man von einem Wirkungsgrad von 0.9 der Heizungsanlage aus, so werden abzüglich der Verluste der Heizungsanlage ca. 90'720 MJ für die Heizung- und Warmwasserbereitung benötigt.

Das Gebäude weist eine Energiebezugsfläche von 231 m<sup>2</sup> auf. Damit werden gemäss Heizwärmebedarfsberechnung jährlich 86'394 MJ für die Beheizung des Gebäudes benötigt. Gemäss SIA 380/1 kann der Warmwasserbedarf eines Einfamilienhauses mit 50 MJ/m<sup>2</sup> angenommen werden. Damit werden jährlich rund 11'550 MJ für die Warmwasserbereitung benötigt. Für Heizung und Warmwasser zusammen werden gemäss theoretischer Berechnung demnach 97'944 MJ benötigt.

Ein Vergleich mit dem tatsächlichen durchschnittlichen Ölverbrauch zeigt, dass der berechnete Verbrauch rund 8 % höher liegt. Diese gute Übereinstimmung spricht dafür, dass die Berechnung des Heizwärmebedarfes des Referenzgebäudes den realen Verbrauch gut abbildet.

Biel, 16.06.2017

**Prona AG**

Barbara Wehle  
Projektleiterin  
M.Sc. Holztechnik

## 9 Verzeichnisse

### Tabellen

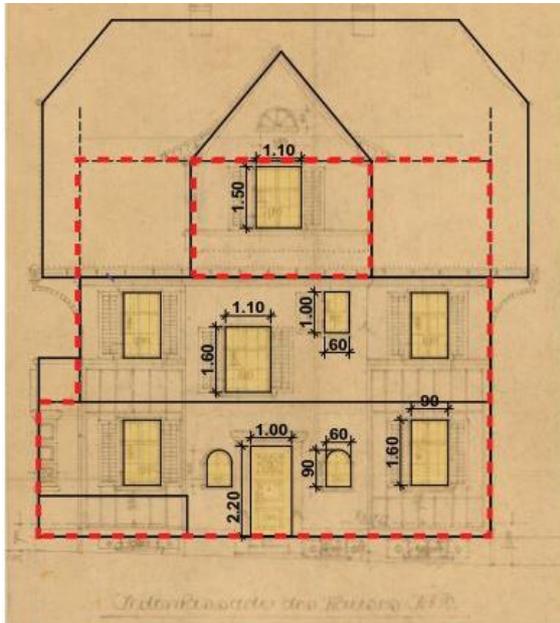
Tabelle 1: Prüfmittel und Prüfhilfsmittel.....	4
Tabelle 2: Sanierung der massiven Kellerdecke von untern mittels vlieskaschierter Mineralwolle. Neu eingebaute Materialschichten in grün dargestellt.....	8
Tabelle 3: Sanierung der Kellerdecke aus Holz von untern mittels vlieskaschierter Mineralwolle. Neu eingebaute Materialschichten sind in grün dargestellt. ....	9
Tabelle 4: Sanierung der Aussenwand mit einem Dämmputzsystem. Neu eingebaute Materialschichten in grün dargestellt.....	10
Tabelle 5: Sanierung der Aussenwand mit einem Innendämmsystem. Neu eingebaute Materialschichten in grün dargestellt.....	11
Tabelle 6: Sanierung des Mansardendaches von aussen. Neu eingebaute Materialschichten in grün dargestellt. ....	13
Tabelle 7: Sanierung des Kehlbodens von aussen. Neu eingebaute Materialschichten in grün dargestellt. ....	14
Tabelle 8: Grobkostenschätzung und Subventionsmöglichkeiten der Sanierungsmassnahmen der Kellerdecke. ....	17
Tabelle 9: Grobkostenschätzung und Subventionsmöglichkeiten der Sanierungsmassnahmen der Aussenwand. ....	17
Tabelle 10: Grobkostenschätzung und Subventionsmöglichkeiten der Sanierungsmassnahmen des Mansardendaches.....	17
Tabelle 11: Grobkostenschätzung und Subventionsmöglichkeiten der Sanierungsmassnahmen des Kehlbodens. ....	18
Tabelle 12: Grobkostenschätzung und Subventionsmöglichkeiten der Sanierungsmassnahmen des Fensters. ....	18
Tabelle 13: Priorisierung der vorgeschlagenen Sanierungsvarianten in Bezug auf Energieeinsparung und Kosteneffizienz am Beispiel des originalen Zustands der Bauteile des Referenzgebäudes. ....	19
Tabelle 14: Priorisierung der vorgeschlagenen Sanierungsvarianten in Bezug auf Energieeinsparung und Kosteneffizienz.....	20
Tabelle 15: Vorlage des Beurteilungskompasses.....	21

### Abbildungen

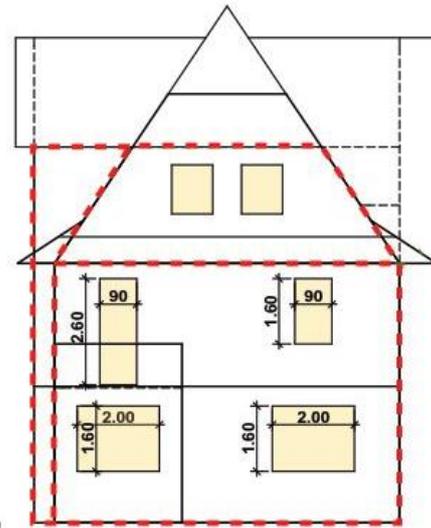
Abbildung 1: Links: Südseite der Siedlung mit Referenzgebäude links im Bild; rechts: Nordseite der Siedlung. ....	5
Abbildung 2: Links: Westansicht Referenzgebäude; rechts Nordansicht Referenzgebäude.....	5
Abbildung 3: Verlauf der thermischen Gebäudehülle im Erdgeschoss (gespiegelter Grundrissplan des Gebäudes Gartenstadt 2). ....	6
Abbildung 4: Verlauf der thermischen Gebäudehülle auf West- (links) sowie Südseite (rechts). ....	7
Abbildung 5: Links: Ausschnitt Fassade Haus Nummer 14 mit originalen Fenstern; rechts: Ansicht originales Hauptfenstern mit Vorfenster im Erdgeschoss. ....	15
Abbildung 6: Verlauf der thermischen Gebäudehülle auf West- (links) sowie Südseite des Gebäudes (rechts). ....	25
Abbildung 7: Verlauf der thermischen Gebäudehülle auf Ost- (links) sowie Nordseite des Gebäudes (rechts). ....	25
Abbildung 8: Verlauf der thermischen Gebäudehülle im Erd- (links) sowie Obergeschoss (rechts). ....	26
Abbildung 9: Verlauf der thermischen Gebäudehülle im Dachgeschoss. ....	26

## Anhänge

### Anhang A1: Verlauf thermische Gebäudehülle

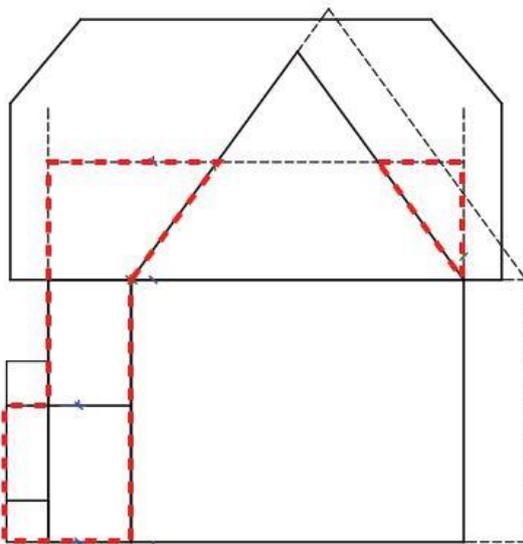


**Ansicht west (spiegelverkehrt)**

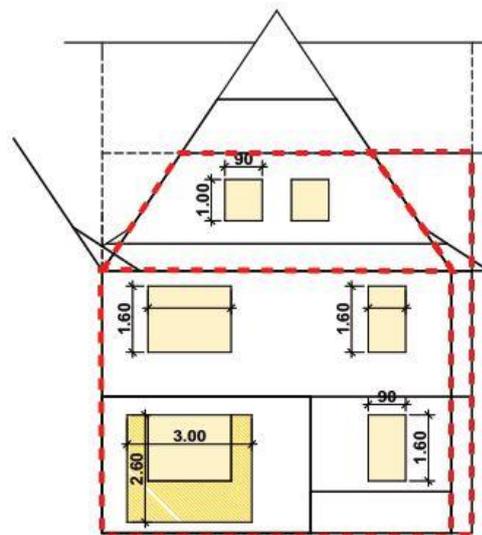


**Ansicht süd (Strasse)**

Abbildung 6: Verlauf der thermischen Gebäudehülle auf West- (links) sowie Südseite des Gebäudes (rechts).



**Ansicht ost**



**Ansicht nord (Garten)**

Abbildung 7: Verlauf der thermischen Gebäudehülle auf Ost- (links) sowie Nordseite des Gebäudes (rechts).

Nachfolgende Abbildungen zeigen den Verlauf der thermischen Gebäudehülle anhand der Grundrisse.

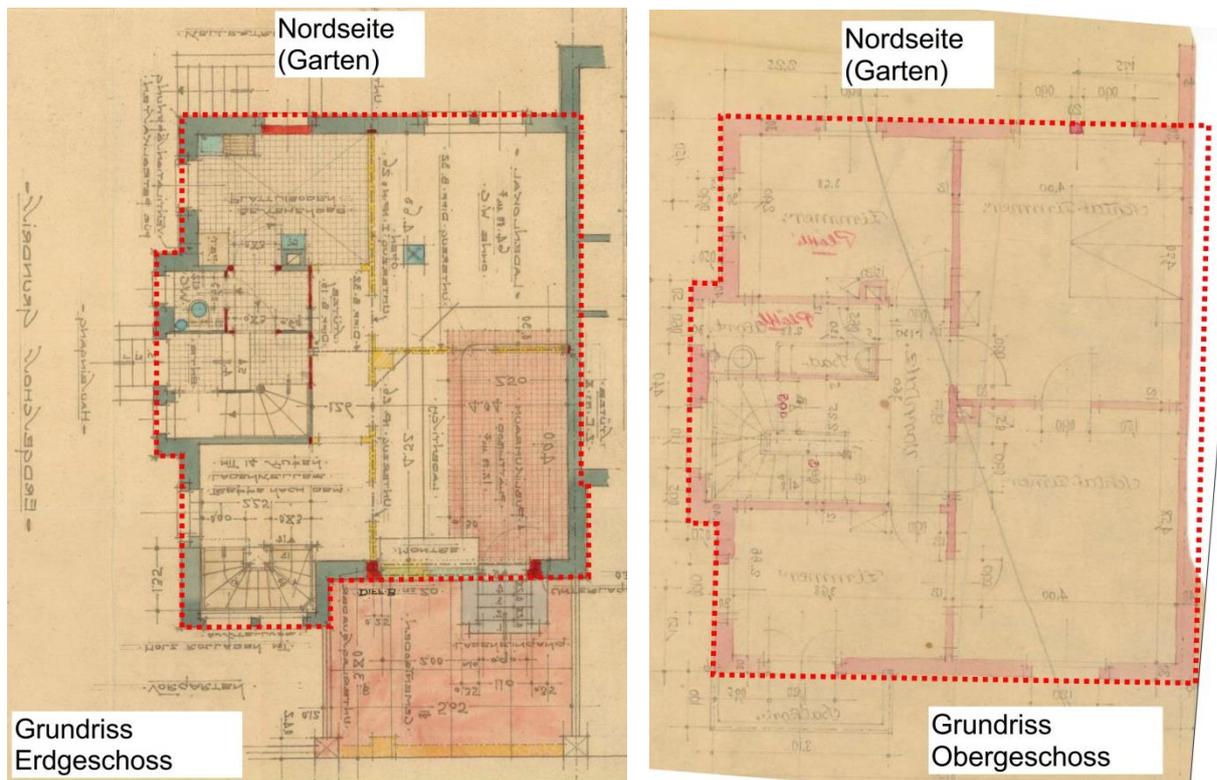


Abbildung 8: Verlauf der thermischen Gebäudehülle im Erd- (links) sowie Obergeschoss (rechts).

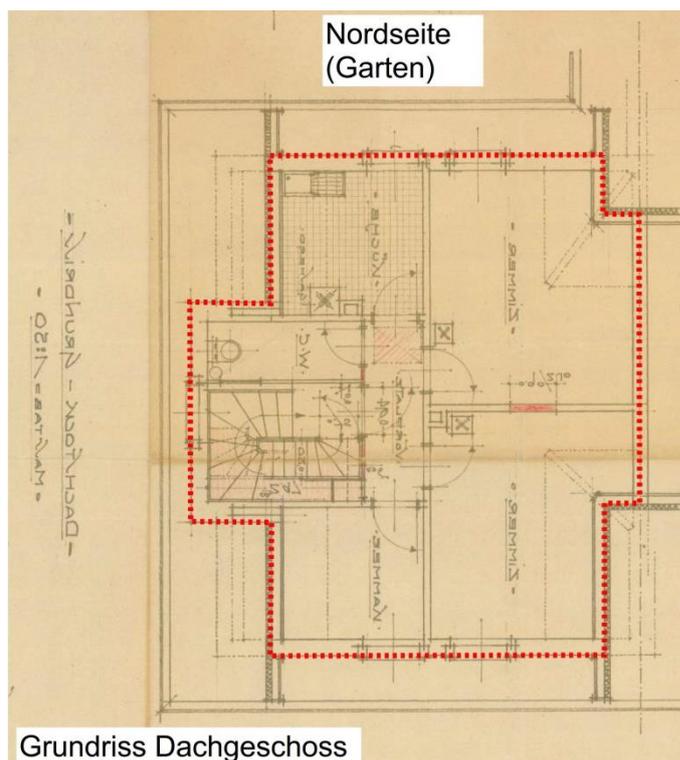
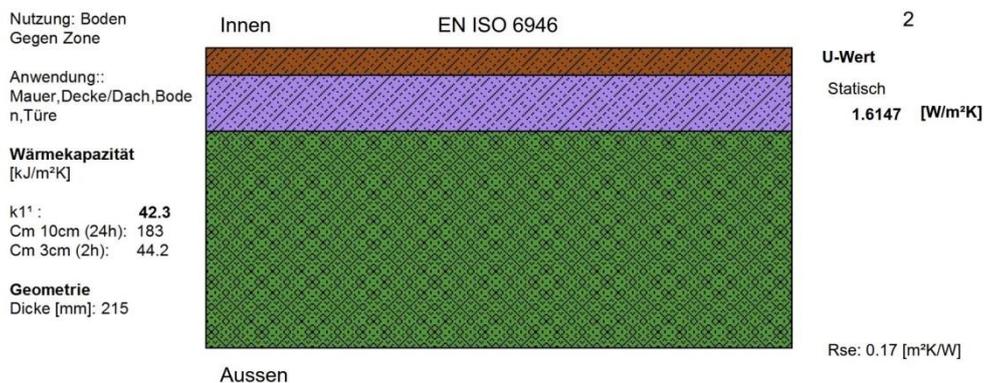


Abbildung 9: Verlauf der thermischen Gebäudehülle im Dachgeschoss.

## Anhang A2: Einzelbauteilnachweise inklusive Dampfdiffusionsnachweise der sanierten Bauteile Gebäudehülle

Software: Lesosai v.2017.0 (build 1102)	
Lizenznehmer: Prona SA	
Druck: 15.06.2017 15:58:24	
Datei: P17213_170606_Systemnachweis.bld	
Seite 1 von 3	

### P17213\_170613 Kellerdecke massiv Bestand



Wetter: Basel-Binningen (CH), Höhe ü. M. des Gebäudes: 316 m

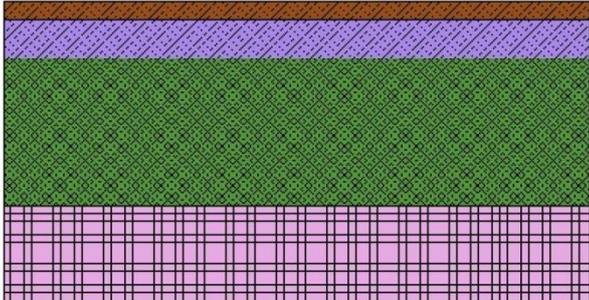
#### Querschnitt 1

Materialname:	Dicke [cm]	Sd [m]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]	$\rho$ [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]	
Rsi								
1 Project : Fichte	2	2.4	0.13	120	500	0.756	0.154	
2 CEN 2008 : Zementestrich (CEN)	4	1	1.4	25	2000	0.236	0.029	
3 CEN : Beton 2200 kg/m³ (CEN)	15.5	18.6	1.6	120	2200	0.278	0.097	
Rse								
dUg= 0 [W/m²K], dUf= 0 [W/m²K]							dR	0
							RT	0.619

frsi = 0.653 [-], frsi,min,cond = 0.727 [-], frsi,min,moist = 0.750 [-]  
Es besteht ein Oberflächenkondensationsrisiko.  
Es besteht die Gefahr der Schimmelpilzbildung.

Software: Lesosai v.2017.0 (build 1102) Lizenznehmer: Prona SA Druck: 15.06.2017 17:56:46 Datei: P17213_170606_Systemnachweis.bld	 Seite 1 von 4
--	--

**P17213 170613 Kellerdecke massiv saniert**

Nutzung: Boden Gegen Zone  Anwendung: Mauer, Decke/Dach, Boden, Türe  Wärmekapazität [kJ/m²K] k1': <b>39.5</b> Cm 10cm (24h): 183 Cm 3cm (2h): 44.2  Geometrie Dicke [mm]: 315	Innen <span style="margin-left: 100px;">EN ISO 6946</span> <span style="float: right;">2</span>  Aussen	U-Wert Statisch <b>0.2877 [W/m²K]</b>  Rse: 0.17 [m²K/W]
---	---	--

**Wetter:** Basel-Binningen (CH), Höhe ü. M. des Gebäudes: 316 m

Querschnitt 1

Materialname:	Dicke [cm]	Sd [m]	λ [W/mK]	μ [-]	ρ [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]	
Rsi							0.170	
1 Project : Fichte	2	2.4	0.13	120	500	0.756	0.154	
2 CEN 2008 : Zementestrich (CEN)	4	1	1.4	25	2000	0.236	0.029	
3 CEN : Beton 2200 kg/m³ (CEN)	15.5	18.6	1.6	120	2200	0.278	0.097	
4 Isover : PB M 035	10	0.1	0.035	1	20	0.286	2.857	
Rse							0.170	
dUg= 0 [W/m²K], dUf= 0 [W/m²K]						dR	0	
							RT	<b>3.476</b>

frsi = 0.949 [-], frsi,min,cond = 0.727 [-], frsi,min,moist = 0.750 [-]

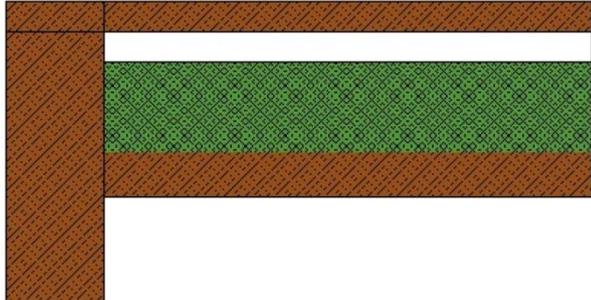
Hygrothermische Kenngrößen

Erste Monat: Januar	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Faktor Austrocknung
<b>Innen</b>													
Temperatur [°C]	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	-
Relative Feuchtigkeit [%]	52.9	54	57.9	61.4	68.3	73	76.8	76.9	70.3	64.7	57.4	54.4	-
<b>Aussen</b>													
Temperatur [°C]	1.7	2.9	6.8	9.6	14.2	17.2	19.5	19.4	14.9	10.9	5.4	3	-
Relative Feuchtigkeit [%]	82.7	78.5	69.9	68.1	71.2	70	68.7	70.2	77.3	82.3	84.8	84	-



Software: Lesosai v.2017.0 (build 1102) Lizenznehmer: Prona SA Druck: 15.06.2017 16:00:20 Datei: P17213_170606_Systemnachweis.bld	 Seite 1 von 3
--	--

**P17213\_170613 Kellerdecke Holz Bestand**

Nutzung: Boden Gegen Zone	Innen	EN ISO 6946	2
Anwendung: Mauer, Decke/Dach, Boden, Türe			<b>U-Wert</b> Statisch <b>0.9555 [W/m²K]</b>
Wärmekapazität [kJ/m²K] k1': 33.4 Cm 10cm (24h): 64.1 Cm 3cm (2h): 29.5			Rse: 0.17 [m²K/W]
Geometrie Dicke [mm]: 200	Aussen		

**Wetter:** Basel-Binningen (CH), Höhe ü. M. des Gebäudes: 316 m

Querschnitt 1 (Flächenverhältnis des Querschnitts 83%)

Materialname:	Dicke [cm]	Sd [m]	λ [W/mK]	μ [-]	ρ [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]	
Rsi							0.170	
1 Project : Fichte	2	2.4	0.13	120	500	0.756	0.154	
2 CEN : Luftschicht	2	0.01	0.109	1	1.23	0.278	0.183	
3 Lesosai : Hochofenschlake Beton 400-1400 kg/m³	6	0.36	0.65	6	900	0.278	0.092	
4 Project : Fichte	3	3.6	0.13	120	500	0.756	0.231	
Rse							0.170	
dUg= 0 [W/m²K], dUf= 0 [W/m²K]							dR	0
							RT	1

frsi = 0.815 [-], frsi,min,cond = 0.727 [-], frsi,min,moist = 0.750 [-]

Querschnitt 2 (Flächenverhältnis des Querschnitts 17%)

Materialname:	Dicke [cm]	Sd [m]	λ [W/mK]	μ [-]	ρ [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]	
Rsi							0.170	
1 Project : Fichte	2	2.4	0.13	120	500	0.756	0.154	
2 Project : Fichte	18	21.6	0.13	120	500	0.756	1.385	
Rse							0.170	
dUg= 0 [W/m²K], dUf= 0 [W/m²K]							dR	0
							RT	1.878

frsi = 0.815 [-], frsi,min,cond = 0.727 [-], frsi,min,moist = 0.750 [-]

Software: Lesosai v.2017.0 (build 1102)	
Lizenznehmer: Prona SA	
Druck: 15.06.2017 17:55:54	Seite 1 von 5
Datei: P17213_170606_Systemnachweis.bld	

**P17213\_170613 Kellerdecke Holz saniert**

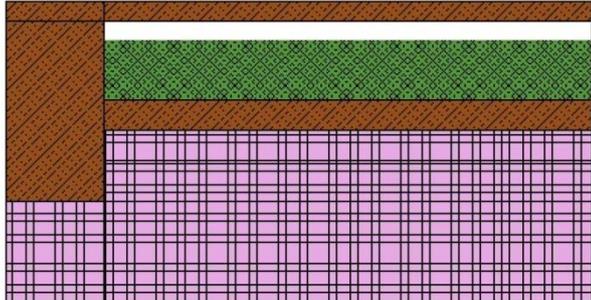
Nutzung: Boden  
Gegen Zone

Anwendung: Mauer, Decke/Dach, Boden, Türe

Wärmekapazität [kJ/m²K]  
k1': 32.2  
Cm 10cm (24h): 92.5  
Cm 3cm (2h): 31.6

Geometrie  
Dicke [mm]: 300

Innen EN ISO 6946 2



Aussen

**U-Wert**  
Statisch  
**0.1839 [W/m²K]**

Rse: 0.17 [m²K/W]

**Wetter:** Basel-Binningen (CH), Höhe ü. M. des Gebäudes: 316 m

Querschnitt 1 (Flächenverhältnis des Querschnitts 83%)

Materialname:	Dicke [cm]	Sd [m]	λ [W/mK]	μ [-]	ρ [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]	
Rsi							0.170	
1 Project : Fichte	2	2.4	0.13	120	500	0.756	0.154	
2 CEN : Luftschicht	2	0.01	0.109	1	1.23	0.278	0.183	
3 Lesosai : Hochofenschlake Beton 400-1400 kg/m³	6	0.36	0.65	6	900	0.278	0.092	
4 Project : Fichte	3	3.6	0.13	120	500	0.756	0.231	
5 Isover : PB M 035	3	0.03	0.035	1	20	0.286	0.857	
6 Isover : PB M 035	4	0.04	0.035	1	20	0.286	1.143	
7 Isover : PB M 035	10	0.1	0.035	1	20	0.286	2.857	
Rse							0.170	
dUg= 0 [W/m²K], dUf= 0 [W/m²K]						dR	0	
							RT	<b>5.857</b>

frsi = 0.968 [-], frsi,min,cond = 0.727 [-], frsi,min,moist = 0.750 [-]

Hygrothermische Kenngrößen

Erste Monat:	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Faktor Austrocknung
Januar													
<b>Innen</b>													
Temperatur [°C]	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	-
Relative Feuchtigkeit [%]	52.9	54	57.9	61.4	68.3	73	76.8	76.9	70.3	64.7	57.4	54.4	-
<b>Aussen</b>													
Temperatur [°C]	1.7	2.9	6.8	9.6	14.2	17.2	19.5	19.4	14.9	10.9	5.4	3	-
Relative Feuchtigkeit [%]	82.7	78.5	69.9	68.1	71.2	70	68.7	70.2	77.3	82.3	84.8	84	-

Projekt : P17213 Referenzgebäude (Eckhaus)

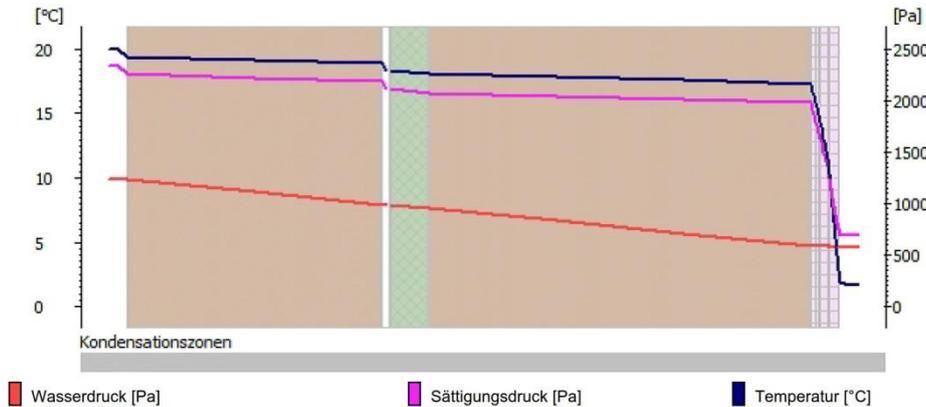


Druck: 15.06.2017 17:55:54

Seite 2 von 5

Ma: Wasserverdunstungsmenge  
Gc: Tauwassermenge

Grafik Diffusionsäquivalente Luftschichtdicke: Januar



■ Wasserdruck [Pa]      ■ Sättigungsdruck [Pa]      ■ Temperatur [°C]

Totale äquivalente Luftdicke in diesem Querschnitt: 6.5 [m]

Keine Kondensation in diesem Abschnitt

Querschnitt 2 (Flächenverhältnis des Querschnitts 17%)

Materialname:	Dicke [cm]	Sd [m]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]	$\rho$ [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]	
Rsi							0.170	
1 SIA 381/1 : Klebeparkett	2	1.4	0.14	70	900	0.611	0.143	
2 Project : Fichte	18	21.6	0.13	120	500	0.756	1.385	
3 Isover : PB M 035	10	0.1	0.035	1	20	0.286	2.857	
Rse							0.170	
dUg= 0 [W/m²K], dUf= 0 [W/m²K]						dR	0	
							RT	4.725

frsi = 0.968 [-], frsi,min,cond = 0.727 [-], frsi,min,moist = 0.750 [-]

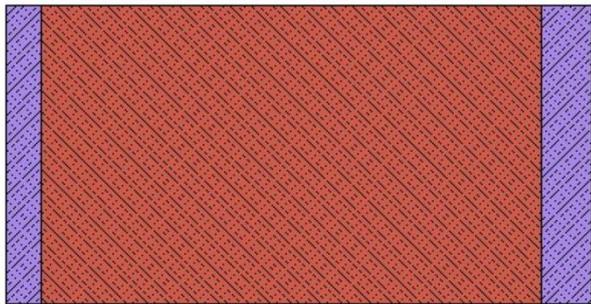
Hygrothermische Kenngrößen

Erste Monat:	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Faktor Austrocknung
Januar													
<b>Innen</b>													
Temperatur [°C]	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	-
Relative Feuchtigkeit [%]	52.9	54	57.9	61.4	68.3	73	76.8	76.9	70.3	64.7	57.4	54.4	-
<b>Aussen</b>													
Temperatur [°C]	1.7	2.9	6.8	9.6	14.2	17.2	19.5	19.4	14.9	10.9	5.4	3	-
Relative Feuchtigkeit [%]	82.7	78.5	69.9	68.1	71.2	70	68.7	70.2	77.3	82.3	84.8	84	-



Software: Lesosai v.2017.0 (build 1102)	
Lizenznehmer: Prona SA	
Druck: 15.06.2017 18:51:08	Seite 1 von 3
Datei: P17213_170606_Systemnachweis.bld	

**P17213\_170613 Aussenwand Bestand**

Nutzung: Mauer Gegen aussen	Innen	EN ISO 6946	Aussen	3
Anwendung:: Mauer, Decke/Dach, Boden, Türe				<b>U-Wert</b>
<b>Wärmekapazität</b> [kJ/m²K]				Statisch
k1': 53				<b>0.8427 [W/m²K]</b>
Cm 10cm (24h): 106 Cm 3cm (2h): 36.4				
<b>Geometrie</b> Dicke [mm]: 410				Rse: 0.04 [m²K/W]

**Wetter:** Basel-Binningen (CH), Höhe ü. M. des Gebäudes: 316 m

Querschnitt 1

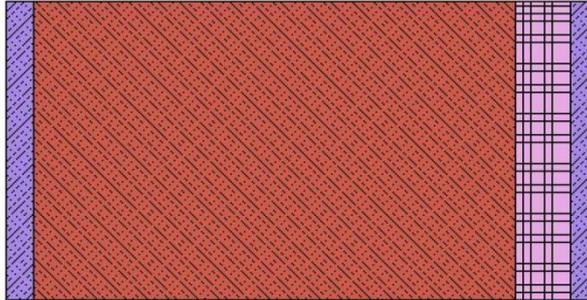
Materialname:	Dicke [cm]	Sd [m]	λ [W/mK]	μ [-]	ρ [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]
Rsi							0.130
1 SIA 381/1 : Innenputz	2.5	0.2	0.7	8	1400	0.25	0.036
2 SIA 381/1 : Verbandmauerwerk	35	1.75	0.37	5	1100	0.25	0.946
3 SIA 381/1 : Kalkzementmörtel	3.5	0.875	1	25	1900	0.306	0.035
Rse							0.040
dUg= 0 [W/m²K], dUf= 0 [W/m²K]						dR	0
						RT	<b>1.187</b>

frsi = 0.890 [-], frsi,min,cond = 0.727 [-], frsi,min,moist = 0.750 [-]

Software: Lesosai v.2017.0 (build 1102) Lizenznehmer: Prona SA Druck: 15.06.2017 19:34:04 Datei: P17213_170606_Systemnachweis.bld	 Seite 1 von 4
--	--

**P17213 170613 Aussenwand Dämmputz**

Nutzung: Mauer Gegen aussen  Anwendung: Mauer, Decke/Dach, Boden, Türen  Wärmekapazität [kJ/m²K]  k1': <b>50.9</b> Cm 10cm (24h): 104 Cm 3cm (2h): 35.1  Geometrie Dicke [mm]: 425	Innen <span style="margin-left: 100px;">EN ISO 6946</span> <span style="margin-left: 100px;">Aussen</span>	3  <b>U-Wert</b> Statisch <b>0.3864 [W/m²K]</b>   Rse: 0.04 [m²K/W]
--	--	--



**Wetter:** Basel-Binningen (CH), Höhe ü. M. des Gebäudes: 316 m

Querschnitt 1

Materialname:	Dicke [cm]	Sd [m]	λ [W/mK]	μ [-]	ρ [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]	
Rsi							0.130	
1 SIA 381/1 : Innenputz	2	0.16	0.7	8	1400	0.25	0.029	
2 SIA 381/1 : Verbandmauerwerk	35	1.75	0.37	5	1100	0.25	0.946	
3 Custom : Fixit 222 Aerogeldämmputz	4	0.08	0.028	2	220	0.39	1.429	
4 SIA 381/1 : Kalkzementmörtel	1.5	0.375	1	25	1900	0.306	0.015	
Rse							0.040	
dUg= 0 [W/m²K], dUf= 0 [W/m²K]						dR	0	
							RT	<b>2.588</b>

frsi = 0.950 [-], frsi,min,cond = 0.727 [-], frsi,min,moist = 0.750 [-]

Hygrothermische Kenngrössen

Erste Monat: Januar	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Faktor Austrocknung
<b>Innen</b>													
Temperatur [°C]	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	-
Relative Feuchtigkeit [%]	52.9	54	57.9	61.4	68.3	73	76.8	76.9	70.3	64.7	57.4	54.4	-
<b>Aussen</b>													
Temperatur [°C]	1.7	2.9	6.8	9.6	14.2	17.2	19.5	19.4	14.9	10.9	5.4	3	-
Relative Feuchtigkeit [%]	82.7	78.5	69.9	68.1	71.2	70	68.7	70.2	77.3	82.3	84.8	84	-

Projekt : P17213 Referenzgebäude (Eckhaus)

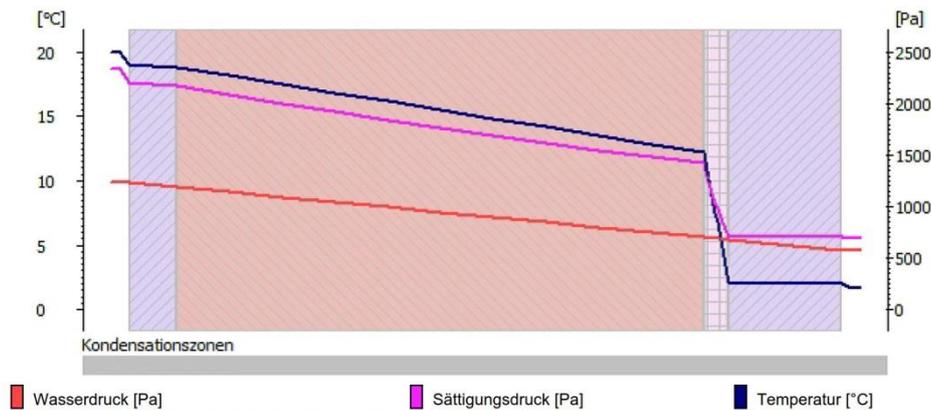


Druck: 15.06.2017 19:34:04

Seite 2 von 4

Ma: Wasserverdunstungsmenge  
Gc: Tauwassermenge

Grafik Diffusionsäquivalente Luftschichtdicke: Januar



Totale äquivalente Luftdicke in diesem Querschnitt: 2.4 [m]

Keine Kondensation in diesem Abschnitt

Software: Lesosai v.2017.0 (build 1102) Lizenznehmer: Prona SA Druck: 15.06.2017 18:52:45 Datei: P17213_170606_Systemnachweis.bld	Seite 1 von 5
--	---------------

**P17213 170613 Aussenwand IDS**

Nutzung: Mauer Gegen aussen  Anwendung: Mauer, Decke/Dach, Boden, Türe  Wärmekapazität [kJ/m²K]  k1': <b>21</b> Cm 10cm (24h): 26.4 Cm 3cm (2h): 20.4  Geometrie Dicke [mm]: 540	Innen <span style="margin-left: 100px;">EN ISO 6946</span> <span style="margin-left: 100px;">Aussen</span>	3  <b>U-Wert</b> Statisch <b>0.2051 [W/m²K]</b>  Rse: 0.04 [m²K/W]
--	--	--

**Wetter:** Basel-Binningen (CH), Höhe ü. M. des Gebäudes: 316 m

Querschnitt 1 (Flächenverhältnis des Querschnitts 89%)

Materialname:	Dicke [cm]	Sd [m]	λ [W/mK]	μ [-]	ρ [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]	
<b>Rsi</b>							0.130	
1 Project : Gipsfaserplatte 0.25	1.5	0.195	0.25	13	1150	0.306	0.06	
2 Isover : VARIO Xtra	0.03	10.2	0.2	33800	266	0.444	0.001	
3 Isover : PB M 035	12	0.12	0.035	1	20	0.286	3.429	
4 Isover : PB M 035	3	0.03	0.035	1	20	0.286	0.857	
5 SIA 381/1 : Verbandmauerwerk	35	1.75	0.37	5	1100	0.25	0.946	
6 SIA 381/1 : Kalkzementmörtel	2.5	0.625	1	25	1900	0.306	0.025	
<b>Rse</b>							0.040	
dUg= 0 [W/m²K], dUf= 0 [W/m²K]						dR	0	
							RT	<b>5.488</b>

frsi = 0.973 [-], frsi,min,cond = 0.727 [-], frsi,min,moist = 0.750 [-]

Hygrothermische Kenngrößen

Erste Monat:	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Faktor Austrocknung
Januar													
<b>Innen</b>													
Temperatur [°C]	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	-
Relative Feuchtigkeit [%]	52.9	54	57.9	61.4	68.3	73	76.8	76.9	70.3	64.7	57.4	54.4	-
<b>Aussen</b>													
Temperatur [°C]	1.7	2.9	6.8	9.6	14.2	17.2	19.5	19.4	14.9	10.9	5.4	3	-
Relative Feuchtigkeit [%]	82.7	78.5	69.9	68.1	71.2	70	68.7	70.2	77.3	82.3	84.8	84	-

Projekt : P17213 Referenzgebäude (Eckhaus)

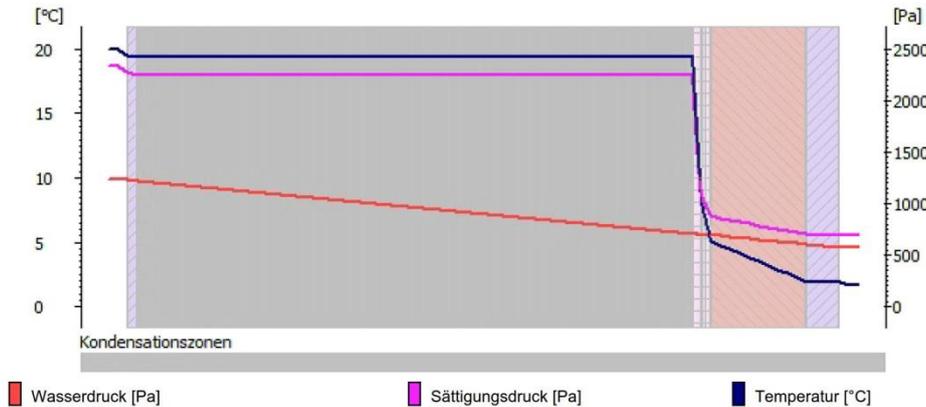


Druck: 15.06.2017 18:52:45

Seite 2 von 5

Ma: Wasserverdunstungsmenge  
Gc: Tauwassermenge

Grafik Diffusionsäquivalente Luftschichtdicke: Januar



■ Wasserdruck [Pa] ■ Sättigungsdruck [Pa] ■ Temperatur [°C]

Totale äquivalente Luftdicke in diesem Querschnitt: 12.9 [m]

Keine Kondensation in diesem Abschnitt

Querschnitt 2 (Flächenverhältnis des Querschnitts 11%)

Materialname:	Dicke [cm]	Sd [m]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]	$\rho$ [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]		
Rsi								0.130	
1 Project : Gipsfaserplatte 0.25	1.5	0.195	0.25	13	1150	0.306	0.06		
2 Isover : VARIO Xtra	0.03	10.2	0.2	33800	266	0.444	0.001		
3 CEN : Typische Bauholz CEN	12	14.4	0.13	120	500	0.444	0.923		
4 Isover : PB M 035	3	0.03	0.035	1	20	0.286	0.857		
5 SIA 381/1 : Verbandmauerwerk	35	1.75	0.37	5	1100	0.25	0.946		
6 SIA 381/1 : Kalkzementmörtel	2.5	0.625	1	25	1900	0.306	0.025		
Rse								0.040	
dUg= 0 [W/m²K], dUf= 0 [W/m²K]							dR	0	
								RT	2.983

frsi = 0.973 [-], frsi,min,cond = 0.727 [-], frsi,min,moist = 0.750 [-]

Hygrothermische Kenngrößen

Erste Monat:	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Faktor Austrocknung
Januar													
<b>Innen</b>													
Temperatur [°C]	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	-
Relative Feuchtigkeit [%]	52.9	54	57.9	61.4	68.3	73	76.8	76.9	70.3	64.7	57.4	54.4	-
<b>Aussen</b>													
Temperatur [°C]	1.7	2.9	6.8	9.6	14.2	17.2	19.5	19.4	14.9	10.9	5.4	3	-
Relative Feuchtigkeit [%]	82.7	78.5	69.9	68.1	71.2	70	68.7	70.2	77.3	82.3	84.8	84	-

Projekt : P17213 Referenzgebäude (Eckhaus)

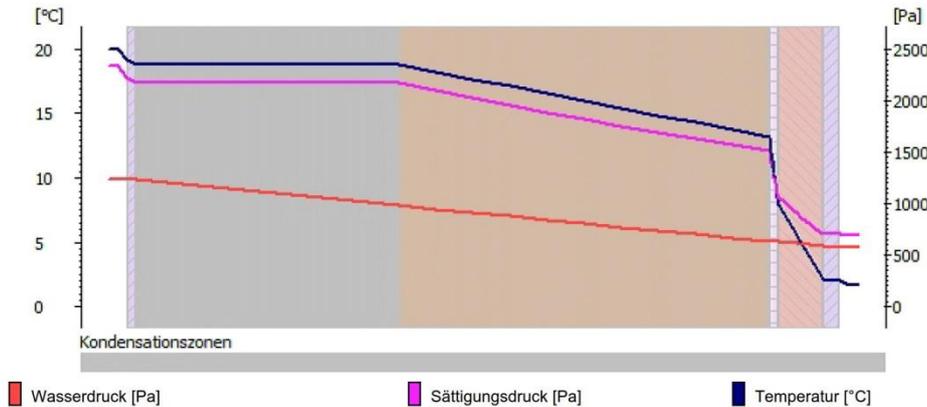


Druck: 15.06.2017 18:52:45

Seite 3 von 5

Ma: Wasserverdunstungsmenge  
Gc: Tauwassermenge

Grafik Diffusionsäquivalente Luftschichtdicke: Januar



Totale äquivalente Luftdicke in diesem Querschnitt: 27.2 [m]

Keine Kondensation in diesem Abschnitt

Software: Lesosai v.2017.0 (build 1102)	
Lizenznehmer: Prona SA	
Druck: 15.06.2017 15:57:20	
Datei: P17213_170606_Systemnachweis.bld	
Seite 1 von 3	

**P17213 170615 Steildach Bestand**

Nutzung: Decke/Dach  
Gegen aussen

Aussen EN ISO 6946

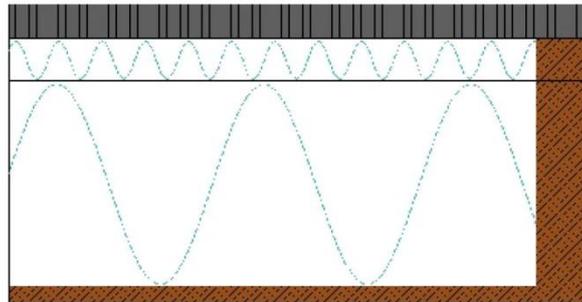
1

Wärmekapazität  
[kJ/m²K]

Cm 10cm (24h): 14.3  
Cm 3cm (2h): 9.61

Referenz: Custom

Geometrie  
Dicke [mm]: 175



U-Wert  
Statisch  
**1.9545 [W/m²K]**

Rse: 0.04 [m²K/W]

Innen

Wetter: Basel-Binningen (CH), Höhe ü. M. des Gebäudes: 316 m

Querschnitt 1 (Flächenverhältnis des Querschnitts 90%)

Materialname:	Dicke [cm]	Sd [m]	λ [W/mK]	μ [-]	ρ [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]	
Rsi							0.100	
1 CEN : Typische Bauholz CEN	1	1.2	0.13	120	500	0.444	0.077	
2 CEN : Luftschicht	12	0.01	0.74	1	1.23	0.278	0.122	
3 CEN : Luftschicht	2.5	0.01	0.155	1	1.23	0.278	0.121	
4 CEN : Dachziegel	2	0.2	1	10	2000	0.222	0.015	
Rse							0.055	
dUg= 0 [W/m²K], dUf= 0 [W/m²K]						dR	0	
							RT	<b>0.489</b>

frsi = 0.805 [-], frsi,min,cond = 0.727 [-], frsi,min,moist = 0.750 [-]

Querschnitt 2 (Flächenverhältnis des Querschnitts 10%)

Materialname:	Dicke [cm]	Sd [m]	λ [W/mK]	μ [-]	ρ [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]	
Rsi							0.100	
1 CEN : Typische Bauholz CEN	1	1.2	0.13	120	500	0.444	0.077	
2 CEN : Typische Bauholz CEN	12	14.4	0.13	120	500	0.444	0.923	
3 CEN : Typische Bauholz CEN	2.5	3	0.13	120	500	0.444	0.192	
4 CEN : Dachziegel	2	0.2	1	10	2000	0.222	0.02	
Rse							0.040	
dUg= 0 [W/m²K], dUf= 0 [W/m²K]						dR	0	
							RT	<b>1.352</b>

frsi = 0.805 [-], frsi,min,cond = 0.727 [-], frsi,min,moist = 0.750 [-]

Software: Lesosai v.2017.0 (build 1102)	 Seite 1 von 5
Lizenznehmer: Prona SA	
Druck: 15.06.2017 15:56:46	
Datei: P17213_170606_Systemnachweis.bld	

**P17213 170613 Steildach saniert**

Nutzung: Decke/Dach  
Gegen aussen

Aussen EN ISO 6946

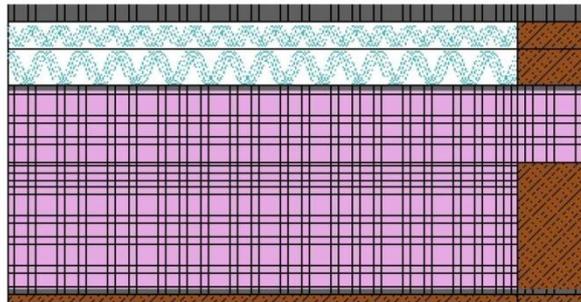
1

Wärmekapazität  
[kJ/m²K]

Cm 10cm (24h): 24  
Cm 3cm (2h): 11.6

Referenz: Custom

Geometrie  
Dicke [mm]: 321



U-Wert  
Statisch  
**0.1915 [W/m²K]**

Rse: 0.04 [m²K/W]

Innen

Wetter: Basel-Binningen (CH), Höhe ü. M. des Gebäudes: 316 m

Querschnitt 1 (Flächenverhältnis des Querschnitts 87%)

Materialname:	Dicke [cm]	Sd [m]	λ [W/mK]	μ [-]	ρ [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]	
Rsi							0.100	
1 CEN : Typische Bauholz CEN	1	1.2	0.13	120	500	0.444	0.077	
2 Isover : VARIO Xtra	0.03	10.2	0.2	33800	266	0.444	0.001	
3 Custom : WE holzFlex®	12	0.36	0.038	3	40	0.694	3.158	
4 Custom : WE holzFlex®	2	0.06	0.038	3	40	0.694	0.526	
5 GUTEX : GUTEX Ultratherm 2012	8	0.24	0.042	3	180	0.583	1.905	
6 Custom : WE Unterdachbahn	0.1	1.5	0.2	1500	920	0.389	0.005	
7 CEN : Luftschicht	4	0.01	0.25	1	1.23	0.278	0	
8 CEN : Luftschicht	3	0.01	0.186	1	1.23	0.278	0	
9 CEN : Dachziegel	2	0.2	1	10	2000	0.222	0	
Rse							0.100	
dUg= 0 [W/m²K], dUf= 0 [W/m²K]						dR	0	
							RT	<b>5.872</b>

frsi = 0.981 [-], frsi,min,cond = 0.727 [-], frsi,min,moist = 0.750 [-]

Hygrothermische Kenngrößen

Erste Monat:	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Faktor Austrocknung
Januar													
Innen													
Temperatur [°C]	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	-
Relative Feuchtigkeit [%]	50.7	51.7	55.5	58.8	65.3	69.7	73.3	73.4	67.1	61.8	54.9	52.2	-
Aussen													
Temperatur [°C]	-0.3	0.9	4.8	7.6	12.2	15.2	17.5	17.4	12.9	8.9	3.4	1	-
Relative Feuchtigkeit [%]	82.7	78.5	69.9	68.1	71.2	70	68.7	70.2	77.3	82.3	84.8	84	-



Projekt : P17213 Referenzgebäude (Eckhaus)

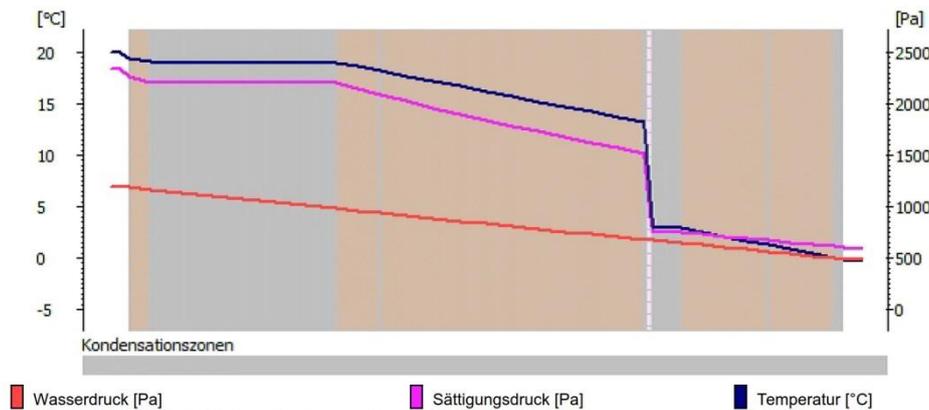


Druck: 15.06.2017 15:56:46

Seite 3 von 5

Ma: Wasserverdunstungsmenge  
Gc: Tauwassermenge

Grafik Diffusionsäquivalente Luftschichtdicke: Januar

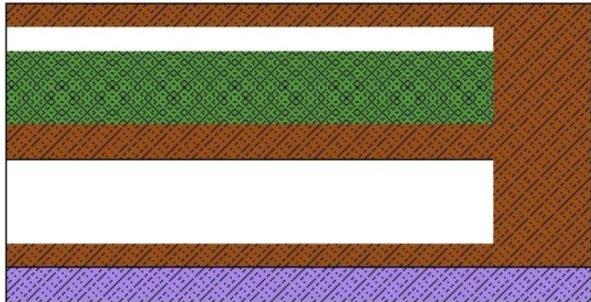


Totale äquivalente Luftdicke in diesem Querschnitt: 38.5 [m]

Keine Kondensation in diesem Abschnitt

Software: Lesosai v.2017.0 (build 1102)	<b>Lesosai</b>
Lizenznehmer: Prona SA	
Druck: 15.06.2017 15:54:47	Seite 1 von 4
Datei: P17213_170606_Systemnachweis.bld	

**P17213 170613 Kehlboden Bestand**

Nutzung: Decke/Dach Gegen aussen	Aussen	EN ISO 6946	1
Anwendung: Mauer, Decke/Dach, Boden, Türen			<b>U-Wert</b> Statisch <b>0.8367 [W/m²K]</b>
<b>Wärmekapazität</b> [kJ/m²K]			
k1': <b>55.6</b> Cm 10cm (24h): 76.4 Cm 3cm (2h): 37.8			
<b>Geometrie</b> Dicke [mm]: 250	Innen		Rse: 0.04 [m²K/W]

**Wetter:** Basel-Binningen (CH), Höhe ü. M. des Gebäudes: 316 m

Querschnitt 1 (Flächenverhältnis des Querschnitts 83%)

Materialname:	Dicke [cm]	Sd [m]	λ [W/mK]	μ [-]	ρ [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]	
Rsi							0.100	
1 SIA 381/1 : Innenputz	3	0.24	0.7	8	1400	0.25	0.043	
2 Project : Fichte	2	2.4	0.13	120	500	0.756	0.154	
3 CEN : Luftschicht	7	0.01	0.431	1	1.23	0.278	0.162	
4 Project : Fichte	3	3.6	0.13	120	500	0.756	0.231	
5 Lesosai : Hochofenschlake Beton 400-1400 kg/m³	6	0.36	0.65	6	900	0.278	0.092	
6 CEN : Luftschicht	2	0.01	0.123	1	1.23	0.278	0.162	
7 Project : Fichte	2	2.4	0.13	120	500	0.756	0.154	
Rse							0.040	
dUg= 0 [W/m²K], dUf= 0 [W/m²K]						dR	0	
							RT	<b>1.138</b>

frsi = 0.916 [-], frsi,min,cond = 0.727 [-], frsi,min,moist = 0.750 [-]

Querschnitt 2 (Flächenverhältnis des Querschnitts 17%)

Materialname:	Dicke [cm]	Sd [m]	λ [W/mK]	μ [-]	ρ [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]
Rsi							0.100
1 SIA 381/1 : Innenputz	3	0.24	0.7	8	1400	0.25	0.043
2 Project : Fichte	2	2.4	0.13	120	500	0.756	0.154
3 Project : Fichte	18	21.6	0.13	120	500	0.756	1.385
4 Project : Fichte	2	2.4	0.13	120	500	0.756	0.154

Projekt : P17213 Referenzgebäude (Eckhaus)



Druck: 15.06.2017 15:54:47

Seite 2 von 4

Rse	0.040
dUg= 0 [W/m²K], dUf= 0 [W/m²K]	dR 0
	RT 1.875

frsi = 0.916 [-], frsi,min,cond = 0.727 [-], frsi,min,moist = 0.750 [-]

Software: Lesosai v.2017.0 (build 1102)	
Lizenznehmer: Prona SA	
Druck: 15.06.2017 15:55:18	Seite 1 von 5
Datei: P17213_170606_Systemnachweis.bld	

**P17213 170613 Kehlboden saniert**

Nutzung: Decke/Dach  
Gegen aussen

Aussen EN ISO 6946

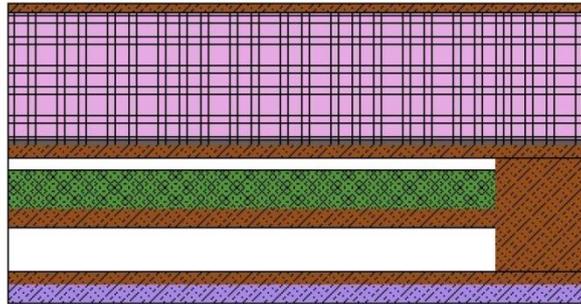
1

Wärmekapazität  
[kJ/m²K]

Cm 10cm (24h): 76.4  
Cm 3cm (2h): 37.8

Referenz: Custom

Geometrie  
Dicke [mm]: 465



U-Wert  
Statisch  
**0.1453 [W/m²K]**

Rse: 0.04 [m²K/W]

Innen

Wetter: Basel-Binningen (CH), Höhe ü. M. des Gebäudes: 316 m

Querschnitt 1 (Flächenverhältnis des Querschnitts 83%)

Materialname:	Dicke [cm]	Sd [m]	λ [W/mK]	μ [-]	ρ [kg/m³]	c [wh/kgK]	R [m²K/W]	
Rsi							0.100	
1 SIA 381/1 : Innenputz	3	0.24	0.7	8	1400	0.25	0.043	
2 Project : Fichte	2	2.4	0.13	120	500	0.756	0.154	
3 CEN : Luftschicht	7	0.01	0.431	1	1.23	0.278	0.162	
4 Project : Fichte	3	3.6	0.13	120	500	0.756	0.231	
5 Lesosai : Hochofenschlake Beton 400-1400 kg/m³	6	0.36	0.65	6	900	0.278	0.092	
6 CEN : Luftschicht	2	0.01	0.123	1	1.23	0.278	0.162	
7 Project : Fichte	2	2.4	0.13	120	500	0.756	0.154	
8 Isover : VARIO Xtra	0.03	10.2	0.2	33800	266	0.444	0.001	
9 SIA 381/1 : Steinwolleplatten 60-120 kg/m³	20	0.3	0.036	1.5	90	0.167	5.556	
10 Project : OSB Kronoply 3	1.5	3.75	0.13	250	600	0.472	0.115	
Rse							0.040	
dUg= 0 [W/m²K], dUf= 0 [W/m²K]							dR	0
							RT	<b>6.811</b>

frsi = 0.985 [-], frsi,min,cond = 0.727 [-], frsi,min,moist = 0.750 [-]

Hygrothermische Kenngrößen

Erste Monat:	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Faktor Austrocknung
Innen													
Temperatur [°C]	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	-
Relative Feuchtigkeit [%]	50.7	51.7	55.5	58.8	65.3	69.7	73.3	73.4	67.1	61.8	54.9	52.2	-
Aussen													
Temperatur [°C]	-0.3	0.9	4.8	7.6	12.2	15.2	17.5	17.4	12.9	8.9	3.4	1	-
Relative Feuchtigkeit [%]	82.7	78.5	69.9	68.1	71.2	70	68.7	70.2	77.3	82.3	84.8	84	-



Projekt : P17213 Referenzgebäude (Eckhaus)

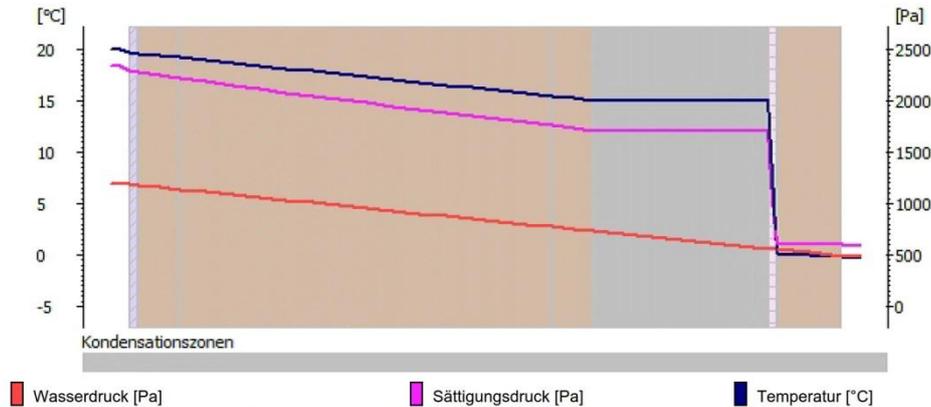


Druck: 15.06.2017 15:55:18

Seite 3 von 5

Ma: Wasserverdunstungsmenge  
Gc: Tauwassermenge

Grafik Diffusionsäquivalente Luftschichtdicke: Januar



Totale äquivalente Luftdicke in diesem Querschnitt: 40,8 [m]

Keine Kondensation in diesem Abschnitt

### Legende



Ein oder mehrere rote Kreise zeigen ein integriertes Heizelement.



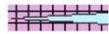
Eine weisse Schicht mit blauen Wellen symbolisiert eine mit der Aussenluft in Verbindung stehende Schicht. Eine bis drei Wellen symbolisieren einen schwachen bis mittleren Luftaustausch, vier Wellen einen starken



Eine hellgraue Schicht zeigt eine nicht erneuerte Schicht (für die LCA Berechnung)



Eine Schicht mit weissen Dreiecken bezeichnet Dämmschicht.



Eine Schicht mit grauen horizontalen Dreiecken bezeichnet mechanische Befestigungselemente.