

Varianten zur Sanierung der Gebäudehülle eines EFH

Adrian Salm

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	2
1.1 Vorwort	2
1.2 Zielsetzung	2
2. Einstieg	3
2.1 Bauherr	3
2.2 Energiestandart	3
2.3 Bauherrenwunsch	4
2.4 Ist-Zustand	5
2.5 Fördergelder	6
3. Fassadentypen	8
3.1 Kompaktfassade mit EPS	8
3.2 Kompaktfassade mit Pavatherm	9
3.3 Hinterlüftete Fassade mit Glaswolle	11
3.4 Hinterlüftete Fassade mit Aerogel	13
3.5 Hinterlüftete Fassade mit Vakuumdämmung	17
4. Detailvorschläge	19
4.1 Detailvorschläge Dachanschluss	19
4.2 Detailvorschläge Fensteranschlüsse	19
4.3 Detailvorschläge Sockelbereich	19
5. Vergleiche	20
5.1 Kostenvergleich der Fassadentypen	20
5.2 Ökologie der Fassadentypen (graue Energie)	21
5.3 Verarbeitung der Fassadentypen	25
5.4 Gesamtauswertung der Fassadentypen	28
6. Bauprogramm	29
6.1 Dauer der Sanierung der Fassadentypen	29
7. Zusatzkosten	30
7.1 Zusatzaufwendungen	30
8. Empfehlung an Bauherrn	31

1. Einleitung

1.1 Vorwort

Im heutigen Zeitalter der Baulandknappheit und vielen renovationsbedürftigen Einfamilienhäusern werden die Anforderungen der Aussenwände im Bereich der Dämmung immer grösser. Es gibt viele verschiedene Varianten von Aussendämmungen und deren Aufbauten, zum Beispiel hinterlüftete Fassaden oder Kompaktfassaden, bei denen die Dämmung direkt auf die bestehende Mauer montiert und verputzt wird. Ebenso Sowie gibt's auch verschiedene Oberflächenvarianten, wie verputzte Fassadenoberflächen, Holzoberflächen oder Plattenwerkstoffe. Somit ist das Kostensegment sehr breitgefächert.

1.2 Zielsetzung

Zielsetzung dieser Diplomarbeit ist die Renovation einer Aussenhülle eines Einfamilienhauses. Dabei werden verschieden Aussenwärmedämmungen, sowie deren Aufbauten miteinander verglichen. Dabei spielen der U-Wert in Minergie-Standart und die verputzte Oberfläche eine zentrale Rolle. Es werden dabei auch die Kosten der verschiedenen Aufbauten miteinander verglichen. Zusätzlich wird zu jedem Aufbau ein Bauprogramm erstellt. Die Grundlage ist ein Einfamilienhaus, das 1958 mit einem Einschalenmauerwerk gebaut wurde. Die Sanierung des Daches wird in dieser Arbeit nicht berücksichtigt, da die Arbeit sonst zu umfangreich würde.

2. Einstieg

2.1 Bauherr

Bauherr:	Liegenschaft:
Salm Jürg	Salm Lilly
Getzhaldenweg 2b	Heerenweg 3
5107 Schinznach-Dorf	5105 Auenstein

2.2 Energiestandart

Der Energiestandart gibt an, wie hoch der Energieverbrauch eines Hauses in W/m^2K (Watt pro Quadratmeter Kelvin) ist. Je tiefer dieser Wert ist, umso geringer ist der Energieverbrauch. Diesen Wert nennt man auch U-Wert.

In der Schweiz gibt es mehrere Energiestandarts.
Die wichtigsten zwei sind:

MuKEn 14 Umbau:

MuKEn 14 bedeutet: „Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich“. Das ist ein gemeinsam erarbeitetes Gesamtpaket, das die Kantone miteinander erarbeitet haben. Das Gesamtpaket beinhaltet energierechtliche Mustervorschriften im Gebäudebereich. Bei diesem Standard darf der U-Wert des gesamten Gebäudes $0.25 W/m^2K$ nicht überschreiten.

MuKEn14 Umbau: $U < 0,25 W/(m^2K)$

MINERGIE®

Minergie ist ein Qualitätslabel, das geschützt ist. Diese Label gilt für neue oder modernisierte Gebäude. Das Label wird von der Wirtschaft, dem Bund und den Kanton getragen und wird gegenüber Missbräuchen geschützt.

Es gibt 3 verschiedenen Minergie Standarts.

Minergie Standart:

Das bedeutet, dass die Gebäudehülle einen U-Wert von unter $0.2 W/(m^2K)$ erreicht, und einen maximalen Heizwärmeverbrauch von 90% aufweist.

Minergie-P:

Das bedeutet, dass die Gebäudehülle einen U-Wert von unter $0.2 W/(m^2K)$ erreicht. Zusätzlich zum Minergie-Standart erfordert dieses Label, dass sämtliche Geräte im Haus eine Energieeffizienz von A aufweisen. Das Haus muss mit einer Komfortlüftung ausgestattet sein. Erneuerbare Energie, wie zum Beispiel Solarenergie, ist Pflicht. Die Luftdichtheit der Gebäudehülle muss mit eine Blower-Door Test geprüft werden. Der Heizwärmeverbrauch darf 60% nicht überschreiten.

Minergie-A:

Die Voraussetzungen für dieses Label sind die gleichen, wie bei Minergie-P. Zusätzlich dazu kommt noch die Anforderung, dass die graue Energie nicht mehr als $50 kWh/m^2$ erreicht. Der Heizwärmeverbrauch darf im Maximum 90% erreichen. Üblich ist aber 60%.

www.ag.ch

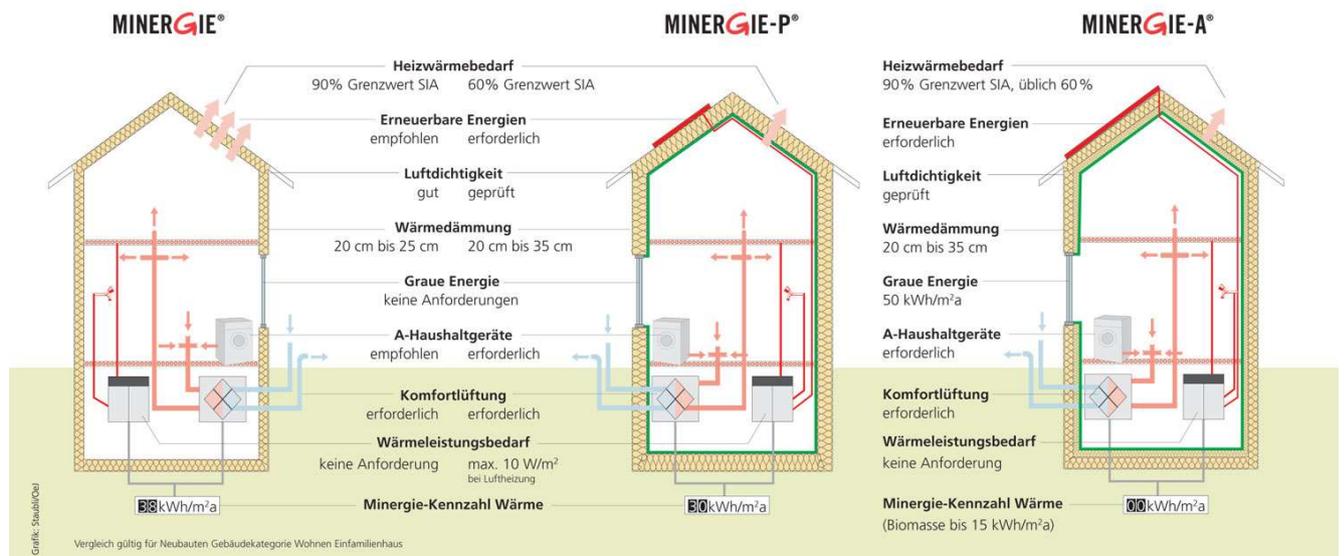


Bild 1

Graue Energie:

[1] „Als **graue Energie** wird die Energiemenge bezeichnet, die für Herstellung, Transport, Lagerung, Verkauf und Entsorgung eines Produktes benötigt wird. Dabei werden auch alle Vorprodukte bis zur Rohstoffgewinnung berücksichtigt und der Energieeinsatz aller angewandten Produktionsprozesse addiert.“

2.3 Bauherrenwunsch

Der Bauherr wünscht, dass die neue Gebäudehülle das Minergie-Standard Label erreicht. Das bedeutet, dass die Aussenhülle einen U-Wert von unter $0.2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ erreicht. Er verzichtet auf die Komfortlüftung, weil die Umbaukosten dann viel zu hoch wären. Ebenso verzichtet er vorerst auf erneuerbare Energie. Jedoch wird durch den U-Wert der Gebäudehülle beträchtlich an Wärmeverlust gespart. Dies macht sich bei den Heizkosten sehr gut bemerkbar. Es sollte in Betracht gezogen werden, dass der momentan vorhandene Balkon zugemauert wird, um mehr Wohnraum im EG zu schaffen. Dies ist auf den Plänen (Anhang) ersichtlich. Die Fassade sollte verputzt werden.

2.4 Ist-Zustand

Der momentane Ist-Zustand der Aussenhülle ist auf gleichem Niveau, wie das Haus 1958 erbaut wurde. Das Mauerwerk besteht aus einem 250mm breiten Backstein, der innen und aussen verputzt ist. Auf der Aussenwand befinden sich keine weiteren Dämmstoffe. Auf der Wetterseite wurde in einem späteren Zeitpunkt eine vorgehängte Fassade aus Eternitschindeln errichtet. Dies wurde gemacht, da bei starkem Regen und Wind Feuchtigkeit durch das Mauerwerk in das Hausinnere eindringen konnte.





Fotos Adrian Salm

2.5 Fördergelder

[2]

„Wärmedämmung

Einzelmassnahmen

Rund 70% des Energieverbrauchs in privaten Haushalten entfällt auf die Raumwärme. Eine bessere Wärmedämmung kann den Energieverbrauch von Gebäuden um bis zu 50% reduzieren. Die Wärmedämmung gehört somit zu den effizientesten Massnahmen bei einer energetischen Sanierung von Gebäuden.

Förderbeitragsbedingungen

[\(Gemäss HFM 2015\)](#)

- Förderberechtigt sind Gebäude mit Baubewilligungsjahr vor 2000
- Förderberechtigt sind nur bereits im Ausgangszustand beheizte Gebäudeteile. Neue Auf- und Anbauten sowie Aufstockungen sind nicht förderberechtigt.
- Grenze für den U-Wert geförderte Bauteile: $U \leq 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Ausnahme bei Wand, Boden mehr als 2 m im Erdreich:
 $U \leq 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- U-Wert-Verbesserung geförderter Bauteile muss mindestens $0,07 \text{ W/m}^2\text{K}$ betragen
- Für geschützte Bauten oder Bauteile können gegen Nachweis, dass die geforderten U-Werte nicht realisierbar sind, Erleichterungen gewährt werden.
„Geschützt“ heisst: a) Bestandteil der Inventare des Bundes, der Kantone oder der Gemeinden und in diesen als „von nationaler“ oder „von regionaler“ Bedeutung eingetragen („denkmalgeschützt“); b) Von einer Behörde als geschützt definiert (Baubehörde, Orts- und Stadtbildkommissionen, etc.).
- [GEAK Plus](#) (falls nicht möglich: Grobanalyse mit Vorgehensempfehlung gemäss Pflichtenheft BFE) ab 10'000 Fr. Förderbeitrag pro Antrag

Die Kantone können zusätzliche Bedingungen erlassen.

Bonus für umfassende Sanierung

Sanierung ohne Etappierung

Umfassende Sanierungen erzielen in der Regel eine grössere Energiewirkung als Einzelmassnahmen. Deshalb ist es möglich, im Rahmen von Gesamt-sanierungen unter gewissen Bedingungen für eine Verbesserung der Gebäudehülleneffizienz oder der Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes einen zusätzlichen Förderbeitrag (Bonus) zu erhalten.

Förderbeitragsbedingungen

[\(Gemäss HFM 2015\)](#)

- Nur als Zusatzbeitrag für Gebäudesanierung mit Einzelmassnahmen gemäss M-01 resp. für Gebäudesanierung in umfangreichen Etappen gemäss M-10 und M-11
- Keine Kombination mit Bonus Gesamtenergieeffizienz (M-15) möglich
- Drei Varianten der Bedingung an die energetische Qualität der Gebäudehülle möglich:
 - V1: Mindestens 90% aller Hauptflächen (Fassade und Dach, exkl. Wand und Boden gegen Erdreich) des Gebäudes sind gemäss Anforderungen M-01 wärmege-dämmt.
 - V2: Das Gebäude weist nach der Sanierung eine GEAK Effizienzklasse Gebäudehülle von C oder B auf.
 - V3: Der Heizwärmebedarf des Gebäudes liegt unter dem Grenzwert von 150% des Grenzwerts für den Heizwärmebedarf von Neubauten gemäss MuKE n 2014

Die Kantone können zusätzlich weitere Bedingungen erlassen.“

Mit Dachsanierung ist der voraussichtliche Förderbeitrag: Fr. 13'020.-

Ohne Dachsanierung ist der voraussichtliche Förderbeitrag: Fr. 8'180.-

Diese Ergebnisse wurden mit dem Fördergeldrechner des Energieförderprogramms des Kanton Aargau berechnet. Die Berechnungen befinden sich im Anhang.

<https://rechner.dasgebaeudeprogramm.ch/ag>

3. Fassadentypen

3.1 Kompaktfassade mit EPS Dämmung

Zur wirtschaftlichsten Lösung steht ganz klar die EPS Dämmung im Vordergrund. EPS ist eine Styropordämmplatte, die direkt auf die Fassade geklebt und mechanisch befestigt wird. Wichtig bei dieser Variante ist, dass die Dämmplattendübel eingebohrt werden, und das Loch wieder mit EPS-Flicken zugemacht wird, um Wärmebrücken zu vermeiden (Bild4 Dämmplattendübel). Damit die Fassade dicht montiert wird, müssen die Platten vollflächig aufgeklebt werden oder mindestens um die Platte geklebt werden, um aufsteigende Luft zwischen Mauerwerk und Dämmplatten zu vermeiden (Bild1 vollflächig geklebt, Bild2 am Rand geklebt). Danach werden die Platten mit Armierungsnetzen in den Verputz eingelegt (Bild3).

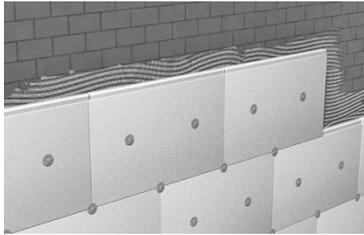


Bild 2



Bild 3

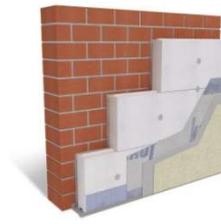


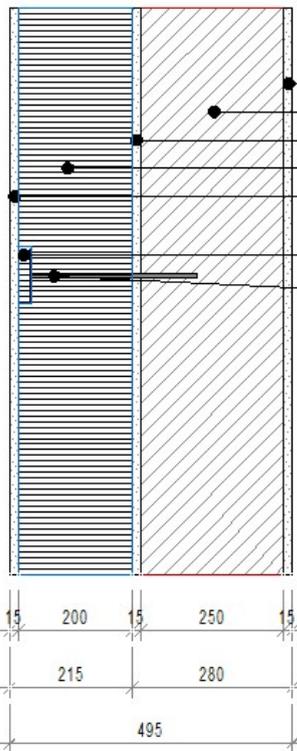
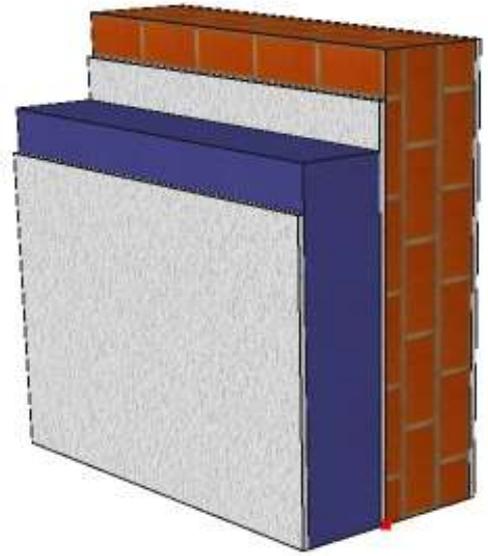
Bild 4



Bild 5

Dämmstoffdübel

Wandaufbau



Grafik 1

- 1 Innenputz 15mm
- 2 Backsteinwand 250mm
- 3 Alter Aussenputz 15mm
- 4 Eps Dämmung 200mm
- 5 Neuer Aussenputz 15mm
- 6 Abdeckung Dämmplattendübel aus EPS d=100m
- 7 Dämmplattendübel Teller d=90mm Loch d=8mm

Grafik 2

3.2 Kompaktfassade mit Pavatherm

Pavatherm ist ein Produkt aus Holzfasern, die zu Platten zusammen gepresst werden. Es stammt von der Firma Pavatex. Die Platten sind hauptsächlich aus Nadelholz hergestellt, da dieses eine höhere Faserqualität aufweist im Gegensatz zu Laubholz. Die Fasern werden sowohl aus Sägeresten (Schwarten und Spreisen), als auch aus Hackspähnen hergestellt. Wie man feststellt, sind das alles Produkteabfälle, die bei der Herstellung von anderen Holzprodukten gewonnen werden. Es gibt zwei Herstellungsmethoden: Das Nassverfahren und das Trockenverfahren.

Nassverfahren:

Beim Nassverfahren wird das Holz zermahlen und mit 98% Wasser zu einem Brei zusammengemischt. Dieser Brei wird zu Platten gepresst und in einem Ofen bei etwa 160-220 Grad getrocknet. Nach dem Trocknen werden die Platten zum gewünschten Format zugeschnitten und nach den Vorgaben des Herstellers profiliert. Die Platten werden aus dem natürlichen Inhaltsstoff des Holzes (Lignin) zusammengehalten. Je nach Einsatzbereich der Platten werden zusätzlich noch Bitumen oder Harze beigemischt.

Trockenverfahren:

Beim Trockenverfahren werden die Platten direkt nach dem Mahlen mit Harzen zusammengepresst. Zusätzlich werden noch synthetische Textilfasern Fasern, oder Fasern aus Maisstärke zugemischt. Danach werden die Platten auf die gewünschte Dicke gepresst und nach den Vorgaben des Herstellers zugeschnitten und profiliert.

Diese Platten werden aus nachhaltigen Rohstoffen hergestellt und sind dadurch eine sehr ökologische Variante.

Bei der Dämmung der Aussenwände werden die Platten direkt auf die alte Fassade in zwei Lagen à 120mm montiert. Es müssen zwei Lagen montiert werden, da sonst der U-Wert nicht erreicht wird. Die U-Wert Berechnung befindet sich im Anhang. Die Platten werden mit Dämmstoffdübel an der Mauer befestigt. Danach wird ein armierter Verputz aufgetragen, dass der Deckputz nicht reißen kann. Auf den armierten Putz wird der Deckputz aufgetragen, der dann zuletzt noch gestrichen wird. Hinweise dazu befinden sich im Anhang (Putzaufbau auf Holzweichfaserplatten von der Firma Sto).

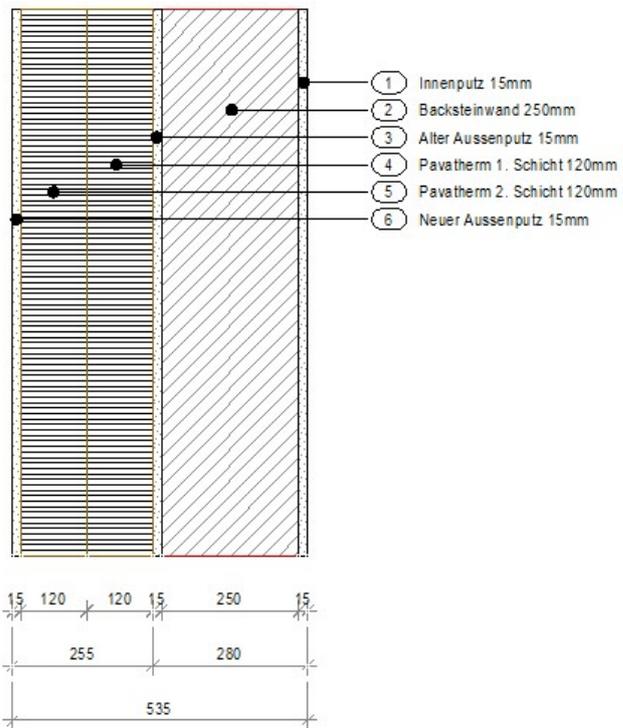


Bild 6: Holzfaser Platten nicht gepresst

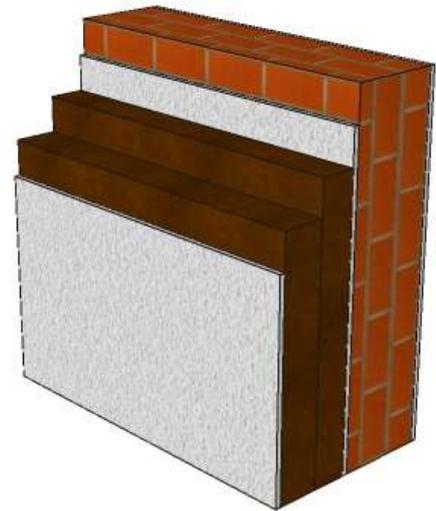


Bild 7: Holzfaser Platten gepresst und Profiliert von Pavatherm

Wandaufbau



Grafik 3



Grafik 4

3.3 Hinterlüftete Fassade mit Glaswolle

[3], „Hinterlüftete Fassaden bestehen durch ihre Beständigkeit und ihre unbegrenzten Gestaltungsmöglichkeiten. Dank einer hocheffizienten Dämmung mit ISOVER-Produkten überzeugen sie auch energetisch und ökologisch.“

Hinterlüftete Fassaden bewähren sich seit Jahren als dauerhafte Konstruktionsart, die nur wenig Aufwand für den Unterhalt erfordern. Die diffusionsoffene Schichtfolge ist für einen ausgeglichenen Feuchtigkeitshaushalt günstig. Zusätzlich eröffnen hinterlüftete Fassaden praktisch unbegrenzte Gestaltungsmöglichkeiten: von unterschiedlichsten Materialien, über unbegrenzte Farbkombinationen bis hin zu Strom produzierenden Solarfassaden. Dabei eignen sich hinterlüftete Fassaden sowohl für Neubauten als auch für Sanierungen.

ISOVER-Produkte leisten aber nicht nur einen entscheidenden Beitrag zur Effizienz der Gebäude: bereits bei der Produktion der ISOVER-Glaswolle wird Nachhaltigkeit grossgeschrieben. Als Rohstoff kommt mit 80% hauptsächlich umweltschonendes Recyclingglas zum Einsatz. Produziert wird mit Strom aus lokalen Flusswasserkraftwerken. ISOVER-Produkte bestehen aber auch durch eine angenehme Verarbeitung und ein umfassendes Service-Paket. Die leichten und weichen Matten lassen sich einfach verarbeiten und anbringen. Die wetterfeste Palettierung vereinfacht die Logistik auf der Baustelle und erlaubt den Transport mit dem Kran direkt zum Verarbeitungsort.“

Fassadenaufbau

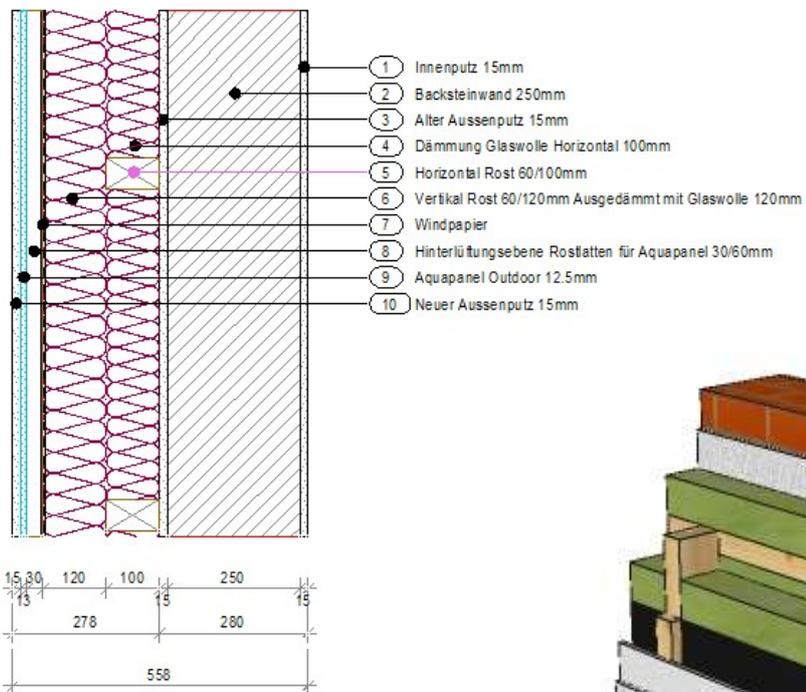
Auf die Fassade wird zuerst ein horizontaler und dann ein vertikaler Rost montiert, der ausgedämmt wird. Dieses System nennt man einen Kreuzrost. Dieser Rost hat den Vorteil, dass er weniger Durchgangsflächen von Holz auf der Wand hat gegenüber einem komplett vertikal montierten Rost. Das bedeutet, man hat kleinere Flächen, die Wärmebrücken bilden und mehr gedämmte Fläche mit dem Dämmmaterial. Auf den ausgedämmten Rost wird ein Windpapier angeheftet, dessen Stösse verklebt und aufs Mauerwerk mit Butylkitt geklebt werden. Das Windpapier dient zum Schutz und verhindert das Auskühlen der Dämmung. Auf das Windpapier wird ein vertikaler Rost montiert, der die Hinterlüftungsebene bildet. Unten und oben wird bei diesem Rost ein Fliegengitter montiert, damit sich keine Insekten und Kleintiere im Hinterlüftungsbereich einnisten können. Auf diesen Rost werden Aquapanel-Outdoor Platten montiert. Das sind für den Aussenbereich anwendbare Putzträgerplatten. Diese Platten werden vom Gipser verspachtelt, mit Armiernetzen verstärkt, verputzt und gestrichen.

[4] „Eine **Wärmebrücke** (oft umgangssprachlich als Kältebrücke bezeichnet) ist ein Bereich in Bauteilen eines Gebäudes, durch den die Wärme schneller nach außen transportiert wird als durch die angrenzenden Bauteile.“

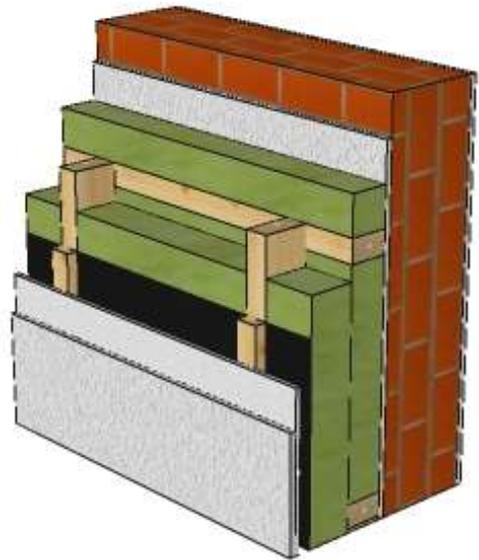


Bild 8

Wandaufbau



Grafik 5



Grafik 6

3.4 Hinterlüftete Fassade mit Aerogel

[5] „AEROGEL – DER VIELSEITIGE HOCHLEISTUNGSWÄRMEDÄMMSTOFF

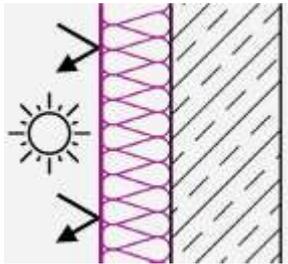
Aerogele sind hochporöse Festkörper aus Siliciumdioxid. Das Volumen dieser Festkörper besteht zu über 90 Prozent aus luftgefüllten Pore.

Da diese Poren lediglich einige Nanometer (Milliardstelmeter) gross sind, wird die Energieübertragung, welche über die Bewegung der Luftmoleküle stattfindet, extrem verringert. Das macht Aerogele zu einem der effizientesten Dämmstoffe. Ein Liter dieses Materials wiegt gerade einmal 70 bis 100 Gramm und ist somit zehnmal leichter als Wasser.

Aerogele können aus verschiedenen Substanzen hergestellt werden, am häufigsten basieren solche auf amorphem Siliciumdioxid. Der erste Schritt des Herstellungsprozesses ist einfach: Man stellt ein Gel her, zum Beispiel aus dem amorphen Silikat wie etwa Wasserglas und einem Lösungsmittel wie zum Beispiel Wasser oder Alkohol. Durch eine chemische Reaktion und unter speziellen Druck- und Temperaturverhältnissen bildet das Ausgangsmaterial eine hochporöse, feinporige Struktur. Dann muss die im feinen Netzwerk enthaltene Flüssigkeit durch Luft ersetzt werden – und zwar ohne dass die Struktur in sich zusammenfällt. Der Chemiker spricht hier von «überkritischer Trocknung». Auf diese Weise wird übrigens auch entkoffeinierter Kaffee hergestellt.

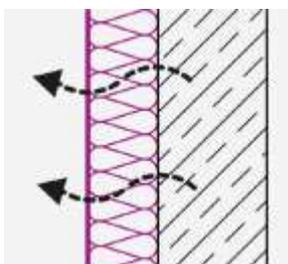
ÜBERZEUGENDE EIGENSCHAFTEN

BESTE WÄRMEDÄMM-EIGENSCHAFTEN



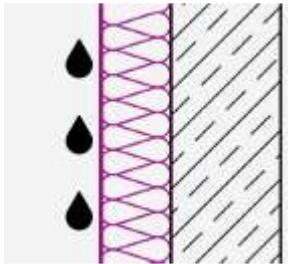
- Einsparung: 50-70 %
- Wärmeleitstufe WLS 021
- Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,015 - 0,018 \text{ W/(mK)}$

DAMPF-DIFFUSIONSOFFEN



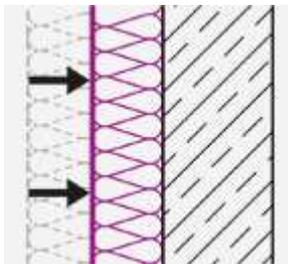
- Angenehmes Raumklima $\mu = 6$
- Gute Wohnraumhygiene
- Wasserdampfdiffusionsoffen

HYDROPHOB (Wasserabweissend)



- Keine Feuchtigkeitsaufnahme
- Alterungsbeständig
- Keine Verschlechterung der Dämmeigenschaften durch Feuchtigkeit
- Auch im Sockelbereich einsetzbar

OPTIMALE RAUM AUSNUTZUNG



- Bei begrenzten Baugrundstücken
- Beim Einsatz als Innendämmung
- Gestalterisches Potential

ANWENDUNG VON AEROGEL

Aerogel ermöglicht auch dort zu dämmen, wo bisher aus räumlichen, baulichen oder ästhetischen Gründen darauf verzichtet werden musste. Silikat-Aerogele dämmen zwei- bis dreimal besser als Dämmstoffe aus Styropor (EPS). Das heisst, dass eine lediglich 10 Zentimeter dicke Schicht aus Aerogel das gleiche Resultat erzielt wie eine 25 Zentimeter dicke EPS-Dämmschicht. Das führt zu grosser Platzersparnis, welche der Wohnfläche zugutekommt. Aerogele können als Granulat (für Hohlräume), als Vliesplatten oder als Dämmputz eingesetzt werden. Aerogel-Dämmstoffe werden vor allem bei der energetischen Sanierung von Altbauten oder im Neubaubereich eingesetzt. Aber auch im Industriebereich und in der Haustechnik finden Aerogele Verwendung, insbesondere bei Kälteanwendung und im Hochtemperaturbereich.

[Die Aerogelanwendungen in der Übersicht](#)

AUSSENDÄMMUNG

Unsere Aerogel-Fassadensysteme sind das erste Wärmedämmverbundsystem auf Aerogelbasis mit Systemgarantie. Dank den perfekt aufeinander abgestimmten Produkten der Firmen HECK und Rajasil garantieren wir ein erstklassiges Ergebnis und eine optimale Dämmwirkung. Die ersten paar Zentimeter einer Wärmedämmung sind die effizientesten, dies gilt insbesondere bei Hochleistungswärmedämmstoffen. Bereits mit 3cm Aerogel Dämmung wird der U-Wert einer ungedämmten Mauer um ca. 70% gesenkt. Altbauten und denkmalgeschützte Gebäude können somit wärmetechnisch saniert werden, ohne dass der Charakter eines Gebäudes beeinträchtigt wird. Die Aerogel WDVS (Wärmedämmverbundsystem) Platten wurden so weiterentwickelt, dass deren

Handhabung und Verarbeitung weitgehend einer konventionellen Mineraldämmplatte entspricht. Alternativ oder in Ergänzung, kann auch ein Aerogel-Wärmedämmputz eingesetzt werden.

VORTEILE AUF EINEN BLICK

- Hochdämmend und somit platzsparend
- Nicht toxisch und gesundheitlich unbedenklich
- kann mehrlagig, mit versetzten Stößen verlegt werden
- Als Platten und Rollenware erhältlich
- Wasserabweisend und diffusionsoffen“

Fassadenaufbau

Auf die Fassade wird zuerst ein horizontaler und dann ein vertikaler Rost montiert, der ausgedämmt wird. Dieses System nennt man einen Kreuzrost. Dieser Rost hat den Vorteil, dass er weniger Durchgangsflächen von Holz auf der Wand hat gegenüber einem komplett vertikal montierten Rost. Das bedeutet, man hat kleinere Flächen, die Wärmebrücken bilden und mehr gedämmte Fläche mit dem Dämmmaterial. Auf den ausgedämmten Rost wird ein Windpapier angeheftet, dessen Stöße verklebt und aufs Mauerwerk mit Butylkitt geklebt werden. Das Windpapier dient zum Schutz und verhindert das Auskühlen der Dämmung. Auf das Windpapier wird ein vertikaler Rost montiert, der die Hinterlüftungsebene bildet. Unten und oben wird bei diesem Rost ein Fliegengitter montiert, damit sich keine Insekten und Kleintiere im Hinterlüftungsbereich einnisten können. Auf diesen Rost werden Aquapanel-Outdoor Platten montiert. Das sind für den Aussenbereich anwendbare Putzträgerplatten. Diese Platten werden vom Gipser verspachtelt, mit Armiernetzen verstärkt, verputzt und gestrichen.

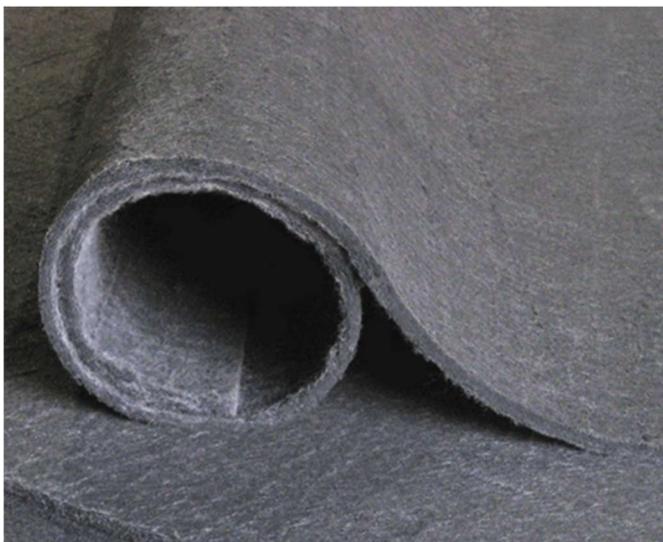
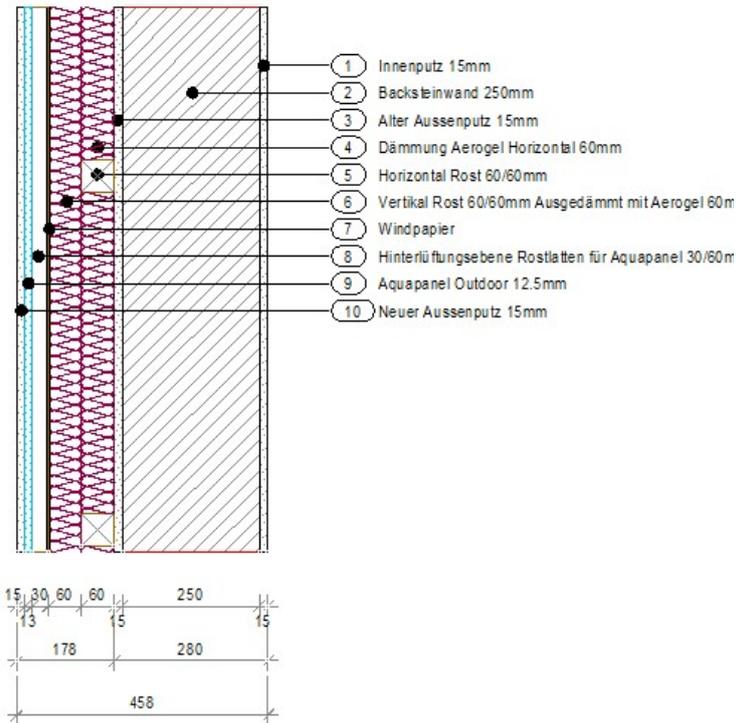
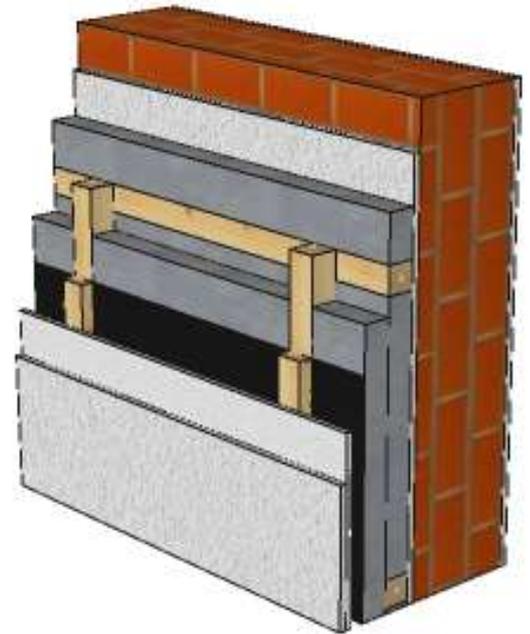


Bild 9

Wandaufbau



Grafik 7



Grafik 8

3.5 Hinterlüftete Fassade mit Vakuumdämmung

[6] „Die Vakuumdämmplatten bestehen aus einem druckfesten und sehr porösen Kernmaterial, das in einer Vakuumkammer in eine hoch gasdichte Hochbarrierefolie eingeschweisst wird. Das Vakuum spielt dabei die Schlüsselrolle, denn erst mit der Evakuierung der eingeschlossenen Luft wird auch deren Wärmeleitung eliminiert. Vakuumdämmplatten bieten noch immer die wirksamste Wärmedämmung. Die mit ihnen erzielbare Dämmleistung ist bisher unübertroffen. Der unter Berücksichtigung der Plattenstösse sowie einer Alterung von 30 Jahren für die Berechnung ansetzbare Lambdawert der Vakuumdämmplatten beträgt inklusive Sicherheitszuschlag nur 0,007 W/(mK).

Diese hohe Wärmedämmleistung reduziert die notwendige Dämmstärke markant und erlaubt so eine ausreichende und doch platzsparende Wärmedämmung auch bei engen Verhältnissen oder wenn eine herkömmliche Dämmung ästhetische oder funktionale Einbussen zur Folge hätte. Die Vakuumdämmung bietet sichere und schlanke Lösungen für eine Vielzahl von Anwendungen. Dazu zählen zum Beispiel die Bodendämmung im Keller und Erdgeschoss, die Innendämmung von Aussenwänden, die Flachdach- und Terrassendämmung, der Einsatz im Steildach oder die Wanddämmung bei Lukarnen“

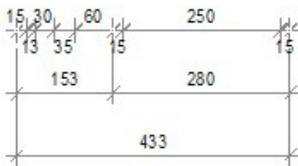
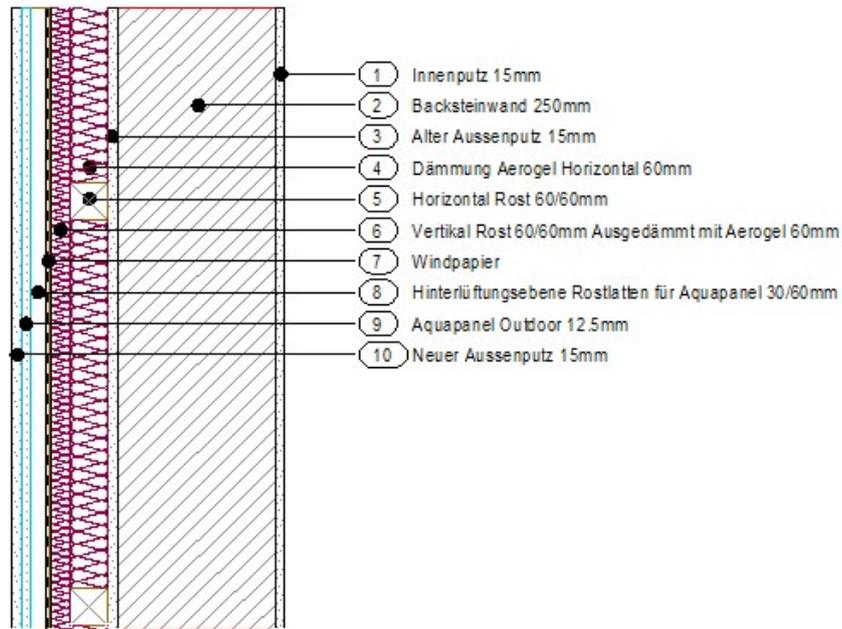
Fassadenaufbau

Auf die Fassade wird zuerst ein horizontaler und dann ein vertikaler Rost montiert, der ausgedämmt wird. Dieses System nennt man einen Kreuzrost. Dieser Rost hat den Vorteil, dass er weniger Durchgangsflächen von Holz auf der Wand hat gegenüber einem komplett vertikal montierten Rost. Das bedeutet, man hat kleinere Flächen, die Wärmebrücken bilden und mehr gedämmte Fläche mit dem Dämmmaterial. Auf den ausgedämmten Rost wird ein Windpapier angeheftet, dessen Stösse verklebt und aufs Mauerwerk mit Butylkitt geklebt werden. Das Windpapier dient zum Schutz und verhindert das Auskühlen der Dämmung. Auf das Windpapier wird ein vertikaler Rost montiert, der die Hinterlüftungsebene bildet. Unten und oben wird bei diesem Rost ein Fliegengitter montiert, damit sich keine Insekten und Kleintiere im Hinterlüftungsbereich einnisten können. Auf diesen Rost werden Aquapanel-Outdoor Platten montiert. Das sind für den Aussenbereich anwendbare Putzträgerplatten. Diese Platten werden vom Gipser verspachtelt, mit Armiernetzen verstärkt, verputzt und gestrichen.

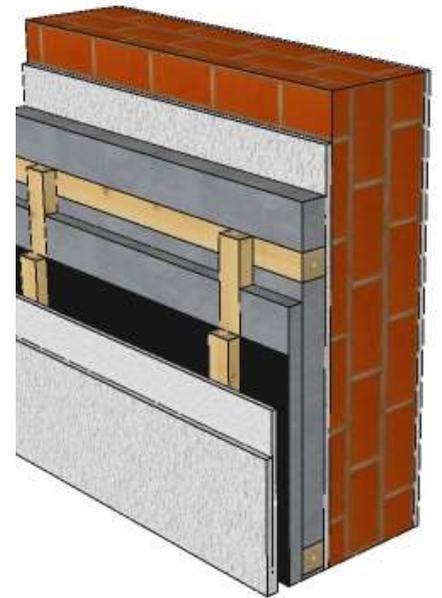


Bild 10

Wandaufbau



Grafik 9



Grafik 10

4. Detailvorschläge

4.1 Detailvorschläge Dachanschluss

Im Anhang befinden sich die Pläne mit den Detailvorschlägen für die verschiedenen Fassadentypen. Der Anschluss ans Dach wurde so gestaltet, dass in einem späteren Zeitpunkt ohne Probleme auch eine Dachsanierung durchgeführt werden kann und die Dämmschichten des Dachs sowie der Fassade gut zusammengeschlossen werden können. Ziel ist es, dass die Fassade nicht mehr verändert werden muss, wenn das Dach neu gemacht wird. Es wird ein ganz einfaches Übertrittsdetail von Wand zu Dach gestaltet.

4.2 Detailvorschläge Fensteranschlüsse

Die Fenster werden neu zwischen die Laibungen eingebaut und nicht mehr wie vorher innen auf die Wand angeschlagen. Somit kann man die Fensterrahmen überdämmen und erhält so weniger Wärmeverlust. Durch das Montieren der Fenster zwischen die Laibungen wird das Fensterlicht kleiner. Leider kann man die Fensteröffnungen nicht grösser machen ohne erheblichen Aufwand. In den Mauern über den Fensterlöchern sind Fensterstürze eingebaut, die die Statik übernehmen und die Kräfte seitlich der Fenster herab leiten. Diese Fensterstürze darf man unter keinen Umständen ausbauen. Das heisst, wenn man die Fensteröffnungen grösser machen will, muss man auch die Stürze oben an den Fensteröffnungen ausbauen und grössere einbauen. Dies ist ein extremer Eingriff und erzeugt somit enorme Mehrkosten. Eine günstigere Lösung wäre es zum Beispiel, das Egokiefer Ego Selectionplus Fenster einzubauen. Dieses Fenster hat einen sehr schmalen Fensterrahmen und praktisch rahmenlose Fenster. Dies hat den Vorteil, dass die Glasflächen grösser sind und somit mehr Licht in die Räume fallen. Im Vergleich zu den alten Fenstern wird der Lichteinfall in das Haus nicht viel kleiner als vorhin, und die Fenster sind mit dieser Lösung auch besser gedämmt. Mit dieser Variante gibt es auch keine komplizierten Laibungsdetails zum Verhindern von Wärmebrücken und sie ist platzsparend. Jedoch werden die Fenster in der Diplomarbeit nicht mit einbezogen. Dies ist ein Lösungsvorschlag und der Bauherr muss zuerst entscheiden, welche Fenster er eingebaut haben möchte. Die Detailpläne befinden sich im Anhang.

4.3 Detailvorschläge Sockelbereich

Die Aussenwände des Kellergeschosses werden mit XPS Platten gedämmt. Das Kellergeschoss wird auch im Erdreich bis zur Bodenplatte gedämmt. Dies hat den Vorteil, dass die Temperatur im Kellergeschoss nicht allzu weit absinkt. Somit können mehr Energiekosten gespart werden können. Im Erdreich wird zusätzlich auf die Dämmung eine Drainagefolie montiert. Diese dient zum Zweck, drückendes Wasser vor der Dämmschicht abzuleiten und versickern zu lassen. Im Übertrittsbereich zwischen Erde und Sockel wird zwischen Gartenplatten und Dämmschicht ein Kiesbett angelegt. Zum Schutz der Fassade wird ein Sockelblech montiert. Oberhalb des Sockelbleches bis unterhalb des oberen Fassadenaufbaus werden die XPS Platten mit Sockelputz verputzt. Auch im Bereich der Garageneinfahrt werden die Wände und Decken mit XPS Platten gedämmt und verputzt. XPS Platten sind Hartschaumplatten. Sie sind viel druckfester als Styroporplatten. Durch diese Eigenschaft sind sie feuchtigkeitsresistenter und druckstabiler als Styroporplatten.

5. Vergleiche

5.1 Kostenvergleich der Fassadentypen

Kostenvergleich der verschiedenen Fassadentypen

Die Offerten für die Zimmereiarbeiten wurden von Adrian Salm erstellt. Die Faktoren (Materialkosten, Lohnkosten usw.) die es zur Berechnung einer Offerte braucht, wurden alle aus dem Skript Avor und Kalkulation der Bauschule Aarau, entnommen. Die Löhne wurden von der Firma Peterhans-Schibli in Fislisbach übernommen.

Die Offerten für die Baumeister- und Gipserarbeiten wurden von der Firma Treier in Schinznach-Dorf erstellt.

Die Kosten um das Untergeschoss im Erdreich zu dämmen, sind bei jedem der fünf Fassadensysteme gleich hoch, denn es wird bei allen fünf Varianten gleich gedämmt. Die Offerten befinden sich im Anhang. Die Offerte für das Untergeschoss beträgt Fr. 18'555.00. (ohne Rabatte, Skonto und Mehrwertsteuer).

Preise alle ohne Rabatt, Skonto und Mehrwertsteuer

Fassadentyp	Untergeschoss in Fr.	Verputz in Fr.	Fassade in Fr.	Total in Fr.
EPS	18'555.00	In Offerte enthalten	31'400.00	49'955.00
Pavatherm	18'555.00	6'400.00	59'683.30	84'638.30
Glaswolle	18'555.00	6'400.00	113'513.20	138'468.20
Aerogel	18'555.00	6'400.00	219'005.85	243'960.85
Vakuum	18'555.00	6'400.00	185'923.60	194'178.60

Tabelle 1

Fassade	Kosten	Punkte
EPS	49'955.00	1
Pavatherm	82'638.30	2
Galswolle	138'468.20	3
Vakuum	194'178.70	4
Aerogel	243'960.85	5

Tabelle 2

Punkte Skala: 1 am billigsten und 5 am teuersten

Wie man aus dem Kostenvergleich sehr gut erkennen kann, ist die EPS Fassade mit Abstand am billigsten, Die hinterlüfteten Fassaden Systeme wie Aerogel und Vakuum sind mit 200'000.00 und mehr zwei sehr teure Varianten. Das hinterlüftete System mit Glaswolle sowie die Pavatherm Fassade befinden sich im Mittelfeld.

5.2 Ökologie der Fassadentypen (graue Energie)

Die verschiedenen Fassadentypen werden nach dem Primärenergieinhalt verglichen. Der Primärenergieinhalt (abgekürzt PEI oder PENRE) ist die zur Produktion eines Bauteils notwendige Energiemenge. Meist ist nur der "nicht erneuerbare" Anteil dieser Energiemenge von Interesse, das heißt, der aus fossilen Brennstoffen (z.B. Erdöl, Erdgas, Kohle) oder Kernenergie gewonnene Beitrag. Bei der energetischen Bewertung eines Bauteils sollte auch der Primärenergieinhalt berücksichtigt werden, z.B. durch Betrachtung des Gesamtenergiebedarfs des Bauteils: Primärenergieinhalt plus Wärmeverlust während der veranschlagten Nutzungsdauer. Angegeben wird der Primärenergieinhalt eines Bauteils in kWh/m². Die Umrechnung in MJ/m² erfolgt durch Multiplikation mit 3,6. Beispiel: 100 kWh/m² = 360 MJ/m².
www.u-wert.net

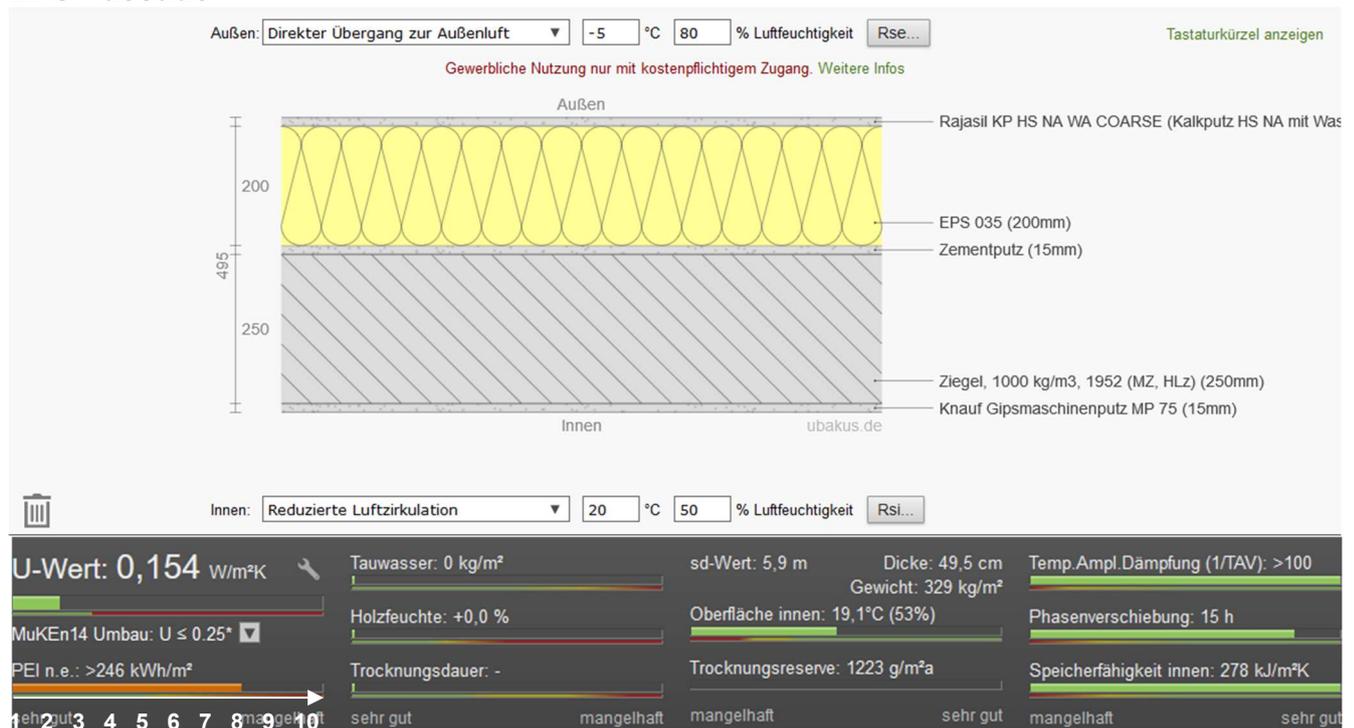
Die PEI Werte sind von der U-Wert Berechnungen von den einzelnen Fassadentypen und befinden sich im Anhang. Die PEI Werte wurden direkt von U-Wert.net aus den Berechnungen der einzelnen Fassadentypen herauskopiert und bei den nachfolgenden Vergleichen eingefügt.

Vergleichs Skala

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Die Messwerte der Vergleichsskala gehen von 1 bis 10. Wobei 1 für sehr gut steht und 10 für mangelhaft.

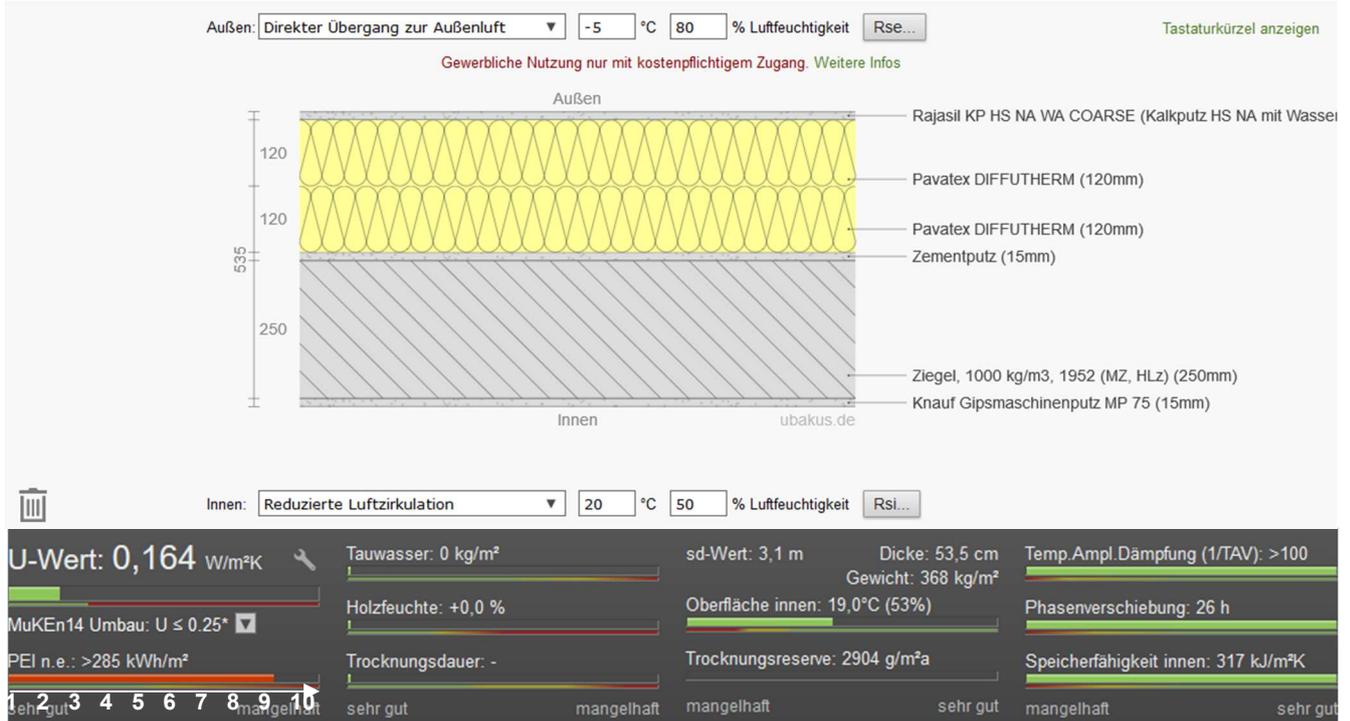
EPS Fassade



Grafik 11

Der PEI Wert, aus der Skala, der EPS Fassade beträgt 8. Dieser Wert liegt eher in der Oberen Hälfte und ist somit eher ein mangelhafter Fassadenaufbau.

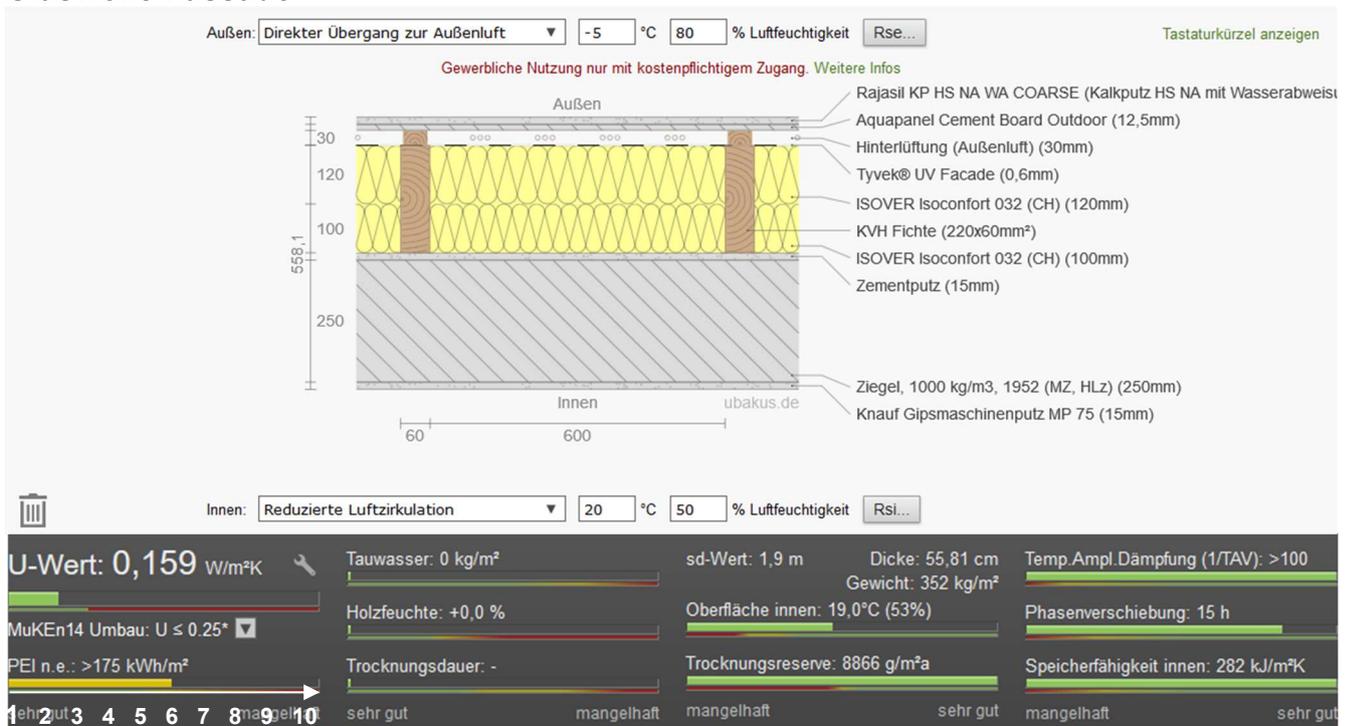
Pavatherm Fassade



Grafik 12

Der PEI Wert, aus der Skala, der EPS Fassade beträgt 9. Dieser Wert liegt eher in der Oberen Hälfte und ist somit eher ein mangelhafter Fassadenaufbau.

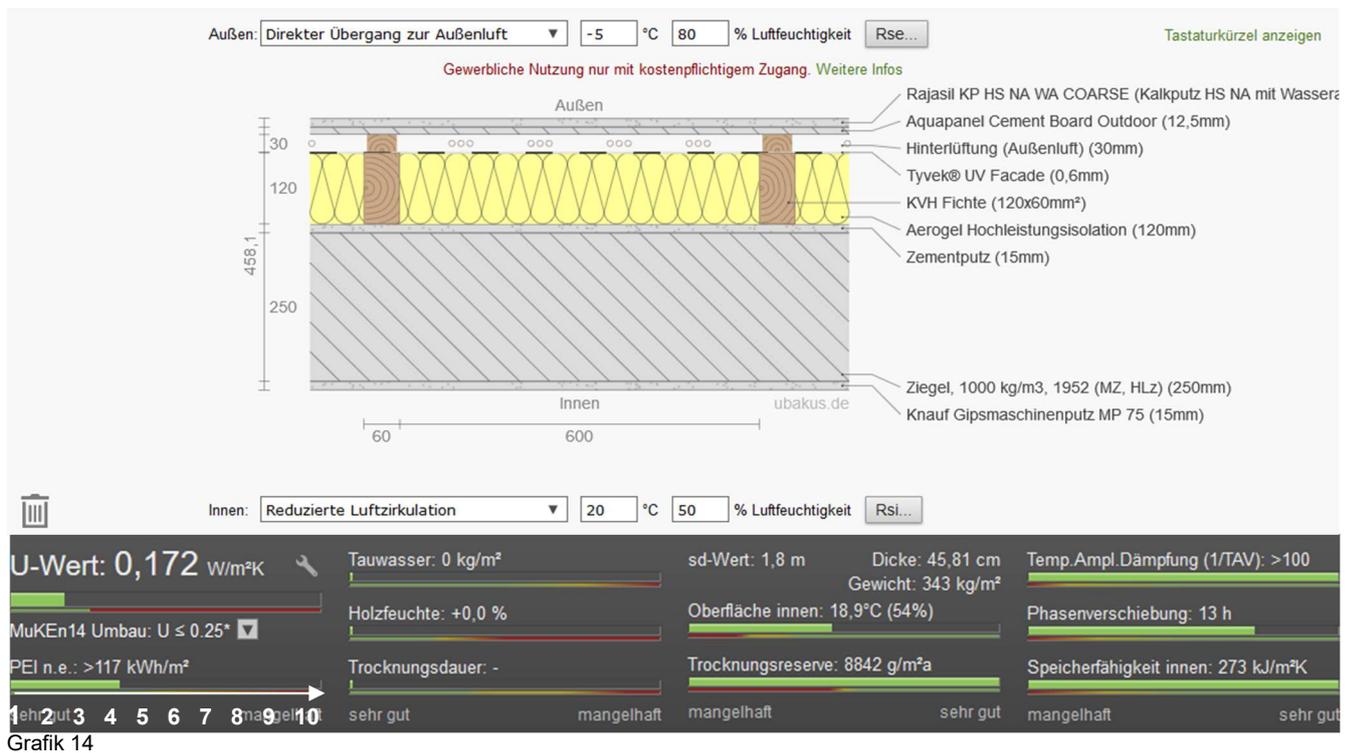
Glaswolle Fassade



Grafik 13

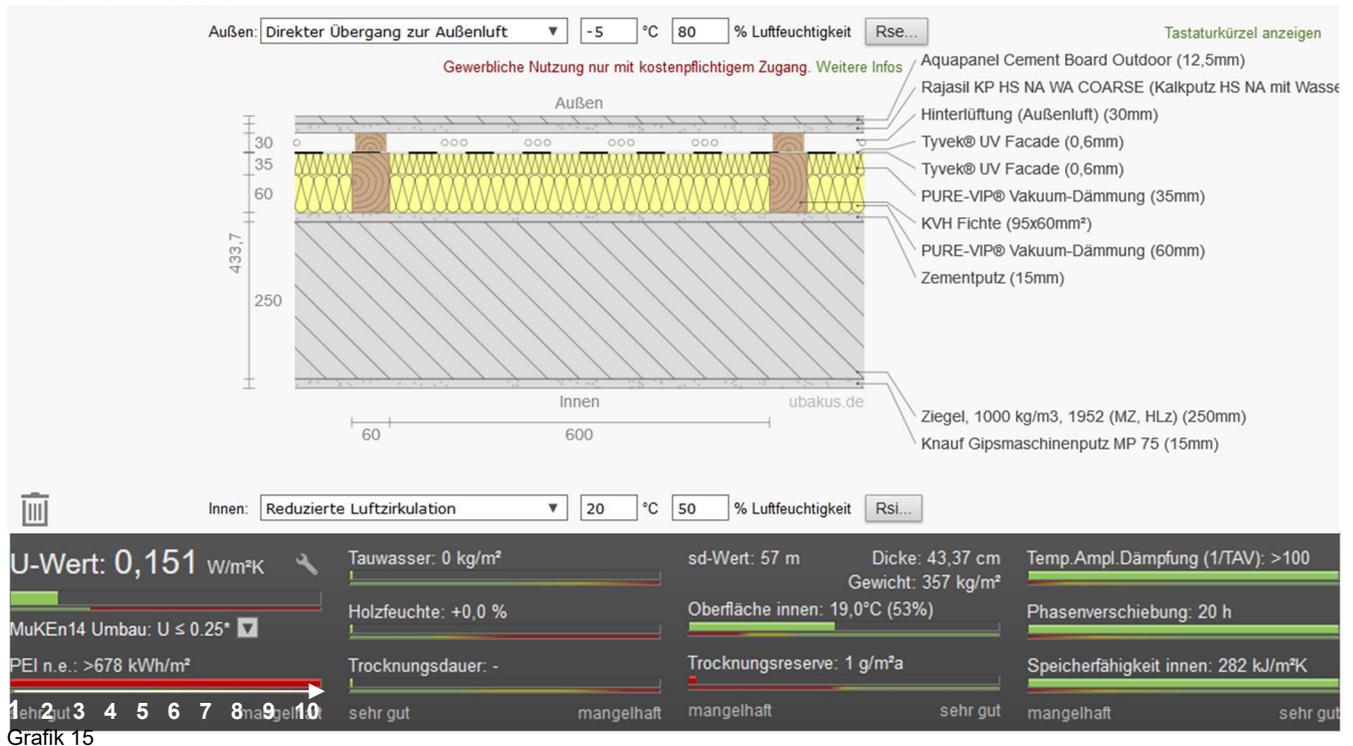
Der PEI Wert, aus der Skala, der EPS Fassade beträgt 6. Dieser Wert liegt ziemlich in der Mitte der Richtwertskala und ist somit ein genügender Fassadenaufbau.

Aerogel Fassade



Der PEI Wert, aus der Skala, der EPS Fassade beträgt 4. In der unteren Hälfte der Skala und somit ein guter Fassadenaufbau.

Vakuum Fassade



Der PEI Wert, aus der Skala, der EPS Fassade beträgt 10. Dieser Wert liegt ganz oben in der Skala und somit ein mangelhafter Aufbau.

Auswertung der Fassadentypen:

Fassade	Punkte
Aerogel	4
Glaswolle	6
EPS	8
Pavatherm	9
Vakuum	10

Tabelle 3

5.3 Verarbeitung der verschiedenen Fassadentypen

Beim Vergleich der Verarbeitung der verschiedenen Fassadentypen wird verglichen, wie gut oder wie schlecht das System zu verarbeiten ist. Dazu kommt noch der Bearbeitungsaufwand der verschiedenen Materialien, das heisst wie viele Arbeitsschritte die Fassade bis zur fertigen Montage braucht. Die Punkteverteilung geht nach Anzahl der Arbeitsschritte. Je mehr Arbeitsschritte ein Aufbau hat, desto mehr Punkte bekommt er. 10 Punkte ist das Maximum.

Vergleichs Skala

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
→

Die Messwerte der Vergleichsskala gehen von 1 bis 10. Wobei 1 für sehr gut Bearbeitbar steht und 10 für sehr schlecht Bearbeitbar.

EPS Fassade

Dieser Fassadentyp besteht aus Styroporplatten, die mit einem Styroporschneidegerät sehr einfach zugeschnitten werden können. Die Platten werden dann mit einem Klebemörtel direkt auf die Fassade geklebt und zusätzlich mit Dämmstoffdübel mechanisch in der Fassade verankert. Nachteil ist, dass die Dämmstoffdübel in die Dämmplatten versenkt werden müssen, und das Loch mit Styropor wieder zugedichtet werden muss, damit sich keine Wärmebrücken bilden können. Die Platten müssen um den Plattenrand abgeklebt werden. Somit verhindert man aufsteigende Luft hinter der Dämmung, die kondensieren könnte. Nach der Dämmplattenmontage werden die Platten mit einem Armierungsputz verputzt, damit sich später im Deckputz keine Risse bilden können. Danach wird ein Deckputz aufgetragen, der zuletzt noch gestrichen wird.

Arbeitsschritte:

1. Styroporplatten zuschneiden und aufkleben
2. Styroporplatten mechanisch befestigen
3. Dämmplattendübel-Löcher verschliessen
4. Armierungsputz
5. Deckputz
6. Anstrich

6 Schritte = 6 Punkte

Pavatherm Fassade

Dieser Fassadentyp besteht aus Holzfaserplatten, die mit der Handkreissäge zugeschnitten werden können. Die Platten werden dann direkt in zwei Lagen übereinander auf die Fassade mit Dämmstoffdübel mechanisch in der Fassade verankert. Beim montieren der zweite Lage sollte darauf geachtet werden, dass die Längs- und Querfugen versetzt zur erste Lage montiert werden. Nach der Dämmplattenmontage werden die Platten mit einem Armierungsputz verputzt, damit sich später im Deckputz keine Risse bilden können. Danach wird ein Deckputz aufgetragen, der zuletzt noch gestrichen wird.

Arbeitsschritte:

1. Pavathermplatten zuschneiden und befestigen 1. Lage
2. Pavathermplatten zuschneiden und befestigen 2. Lage
3. Armierungsputz
4. Deckputz
5. Anstrich

5 Schritte = 5 Punkte

Hinterlüftete Fassade mit Glaswolle

Bei diesem Fassadentyp wird zuerst ein Horizontalrost mit einem Abstand von 59cm auf die Fassade montiert, damit die 60cm breiten Glaswollenbahnen zwischen die Rostlatten eingeklemmt werden können. Die Glaswolle kann ganz einfach mit einem Dämmstoffmesser abgelängt werden. Auf den Horizontalrost wird ein Vertikalrost mit einem Achsabstand von 62.5cm montiert. Dieser Abstand ist für die Montage der Aquapanelplatten (Putzträgerplatten) notwendig. Der Vertikalrost wird auch mit Glaswolle ausgedämmt. Auf den Vertikalrost wird ein Windpapier montiert. Dies kann ganz einfach mit Bostichklammern angeheftet werden. Die Stöße werden mit Klebeband, das vom Hersteller empfohlen wird, verklebt. Auf das Mauerwerk wird das Windpapier mit Buttylkitt angeklebt und abgedichtet. Auf das Windpapier wird ein Hinterlüftungsrost montiert und oben und unten mit Insektenschutzgitter versehen. Dies dient zum Zweck, dass die Luft hinter der Fassadenplatten ein- und austreten kann, und keine Vögel sowie andere Kleintiere und Insekten sich in der Fassade einnisten können. Auf den Hinterlüftungsrost werden nun die Aquapanelplatten aufgeschraubt und zugeschnitten. Die Aquapanelplatten werden mit einem Armierungsputz verputzt, damit sich später im Deckputz keine Risse bilden können. Danach wird ein Deckputz aufgetragen, der zuletzt noch gestrichen wird.

Arbeitsschritte:

1. Montage des Horizontalrost
2. Dämmen des Horizontalrost
3. Montage des Vertikalrost
4. Dämmen des Vertikalrost
5. Montage des Windpapiers
6. Montage des Hinterlüftungrost inkl. Fliegengitter
7. Montage und Zuschnitt der Aquapanelplatten
8. Armierungsputz
9. Deckputz
10. Anstrich

10 Schritte = 10 Punkte

Hinterlüftete Fassade mit Aerogel

Bei diesem Fassadentyp wird zuerst ein Horizontalrost mit einem Abstand von 60cm auf die Fassade montiert, damit die 60cm breiten Aerogelmatten zwischen die Rostlatten eingeklemmt werden können. Die Aerogelmatten können auf beliebige Breite bestellt werden. Die Aerogelmatten können mit einem Spezialdämmstoffmesser abgelängt werden. Auf den Horizontalrost wird ein Vertikalrost mit einem Achsabstand von 62.5cm montiert. Dieser Abstand ist für die Montage der Aquapanelplatten (Putzträgerplatten) notwendig. Der Vertikalrost wird auch mit Aerogelmatten ausgedämmt. Auf den Vertikalrost wird ein Windpapier montiert. Dies kann ganz einfach mit Bostichklammern angeheftet werden. Die Stöße werden mit Klebeband, das vom Hersteller empfohlen wird, verklebt. Auf das Mauerwerk wird das Windpapier mit Buttylkitt angeklebt und abgedichtet. Auf das Windpapier wird ein Hinterlüftungsrost montiert und oben und unten mit Insektenschutzgitter versehen. Dies dient zum Zweck, dass die Luft hinter der Fassadenplatten ein- und austreten kann, und keine Vögel sowie andere Kleintiere und Insekten sich in der Fassade einnisten können. Auf den Hinterlüftungsrost werden nun die Aquapanelplatten aufgeschraubt und zugeschnitten. Die Aquapanelplatten werden mit einem Armierungsputz verputzt, damit sich später im Deckputz keine Risse bilden können. Danach wird ein Deckputz aufgetragen, der zuletzt noch gestrichen wird.

Arbeitsschritte:

1. Montage des Horizontalrost
2. Dämmen des Horizontalrost
3. Montage des Vertikalrost
4. Dämmen des Vertikalrost
5. Montage des Windpapiers
6. Montage des Hinterlüftungrost inkl. Fliegengitter
7. Montage und Zuschnitt der Aquapanelplatten
8. Armierungsputz
9. Deckputz
10. Anstrich

10 Schritte = 10 Punkte

Hinterlüftete Fassade mit Vakuumdämmung

Bei diesem Fassadentyp wird zuerst ein Horizontalrost auf die Fassade montiert. Der Abstand muss genau so breit sein wie die Vakuumplatten. Die Vakuumplatten werden genau auf Grösse des Objekts bestellt. Die Platten kommen fertig dimensioniert ab Werk. Die Vakuumplatten können auf dem Bau nicht mehr zugeschnitten werden, sonst verlieren sie die Dämmwirkung. Es wird vor der Bestellung der Dämmung ein genauer Fassadenplan mit Rosteinteilung angefertigt. Das Werk, das die Vakuumdämmung herstellt, zeichnet in den Fassadenplan die Platten ein und nummeriert diese. Das erleichtert die Montage auf dem Bau. Auf den Horizontalrost wird ein Vertikalrost mit einem Achsabstand von 62.5cm montiert. Dieser Abstand ist für die Montage der Aquapanelplatten (Putzträgerplatten) notwendig. Der Vertikalrost wird auch mit Vakuumdämmung ausgedämmt. Auf den Vertikalrost wird ein Windpapier montiert. Dies kann ganz einfach mit Bostichklammern angeheftet werden. Die Stösse werden mit Klebeband, das vom Hersteller empfohlen wird, verklebt. Auf das Mauerwerk wird das Windpapier mit Buttylkitt angeklebt und abgedichtet. Auf das Windpapier wird ein Hinterlüftungsrost montiert und oben und unten mit Insektenschutzgitter versehen. Dies dient zum Zweck, dass die Luft hinter der Fassadenplatten ein- und austreten kann, und keine Vögel sowie andere Kleintiere und Insekten sich in der Fassade einnisten können. Auf den Hinterlüftungsrost werden nun die Aquapanelplatten aufgeschraubt und zugeschnitten. Die Aquapanelplatten werden mit einem Armierungsputz verputzt, damit sich später im Deckputz keine Risse bilden können. Danach wird ein Deckputz aufgetragen, der zuletzt noch gestrichen wird.

Arbeitsschritte:

1. Montage des Horizontalrost
2. Dämmen des Horizontalrost
3. Montage des Vertikalrost
4. Dämmen des Vertikalrost
5. Montage des Windpapiers
6. Montage des Hinterlüftungrost inkl. Fliegengitter
7. Montage und Zuschnitt der Aquapanelplatten
8. Armierungsputz
9. Deckputz
10. Anstrich

10 Schritte = 10 Punkte

Auswertung der Fassadentypen:

Fassade	Punkte
Pavatherm	5
EPS	6
Glaswolle	10
Aerogel	10
Vakuum	10

Tabelle 4

5.4 Gesamtauswertung der verschiedenen Fassadentypen

Gesamtauswertung der Fassadentypen Kosten

Fassade	Kosten	Punkte
EPS	49'955.00	1
Pavatherm	82'638.30	2
Galswolle	138'468.20	3
Vakuum	194'178.70	4
Aerogel	243'960.85	5

Tabelle 5

Auswertung der Fassadentypen Grauer Energie:

Fassade	Punkte
Aerogel	4
Glaswolle	6
EPS	8
Pavatherm	9
Vakuum	10

Tabelle 6

Auswertung der Fassadentypen nach Aufwendung:

Fassade	Punkte
Pavatherm	5
EPS	6
Glaswolle	10
Aerogel	10
Vakuum	10

Tabelle 7

Auswertung gesamt

Fassade	Punkte
EPS	15
Pavatherm	16
Aerogel	18
Glaswolle	19
Vakuum	24

Tabelle 8

Nach dieser Auswertung stellt man fest, dass die EPS Fassade bei der Gesamtauswertung mit den Vergleichskriterien am besten abschliesst. Auch was die Kosten anbelangt, ist dieser Fassadentyp am günstigsten. Die EPS Fassade ist jedoch dicht gefolgt von dem Aufbau mit Pavatherm. Im mittleren Bereich der Gesamtauswertung befindet sich die Aerogelfassade und die Glaswollenfassade. Was jedoch die Kosten betrifft, ist die hinterlüftete Fassade mit Glaswolle deutlich günstiger als die hinterlüftete Fassade mit Aerogel. Die Aerogelfassade ist jedoch eine sehr teure Variante, punktet aber extrem im Vergleich der grauen Energie. Die Vakuumdämmung ist in der Gesamtauswertung mit Abstand der schlechteste Aufbau. Sie ist im Kostenvergleich auch mit Abstand die teuerste Variante.

6. Bauprogramm

6.1 Dauer der Sanierung der Fassadentypen

Die Bauprogramme wurden im MS-Project erstellt und befinden sich im Anhang.

Um die Dauer der Zimmermannsarbeiten zu berechnen, wurden die verrechneten Mannstunden der Offerten anhand der Erfahrung von Peterhans und Schibli ermittelt.

Die Dauer der Baumeister- und Gipserarbeiten wurden von der Firma Treier AG in Schinznach-Dorf in den Offerten offen gelegt.

Aus den Bauprogrammen lässt sich herausstellen, dass die Bauzeit der verschiedenen hinterlüfteten Fassadensysteme alle gleich lange dauern. Die Pavatherm und EPS Fassade dauern beide ebenfalls weniger lang.

Hinterlüftete Fassadensysteme: 10.5 Wochen

Pavatherm Fassadensystem: 8 Wochen

EPS Fassadensystem: 6 Wochen

Bei der Dauer der Fassadensanierung (siehe Bauprogramme) liegen die EPS und Pavatherm Fassaden klar im Vorteil im Vergleich zu den hinterlüfteten Systemen. Jedoch ist die EPS Fassade am schnellsten montiert und fertig gestellt.

7. Zusatzkosten

7.1 Zusatzaufwendungen

Eternit mit Asbest Entsorgung

Das Haus wurde 1958 errichtet. Die Eternitfassade wurde in den 1970er Jahren errichtet. Da die Fassade vor 1990 errichtet worden ist, enthält sie mit Sicherheit Asbest.

Die Demontage und Entsorgung der Asbestverseuchten Eternit Fassade wird Fachmännisch von der Firma Peterhans und Schibli durchgeführt. Die Entsorgung wurde durch Adrian Salm offeriert und kostet Fr. 11'523.70. Die Offerte befindet sich im Anhang.

Gerüst

Je nach Fassadenkonstruktion wird das Fassadengerüst unterschiedlich lang gebraucht. Die Spannweite liegt von 4-9 Wochen. Somit sind die Kosten für das Gerüst auch unterschiedlich. Die Offerten der Firma Treier befinden sich im Anhang. Die hinterlüfteten System dauern alle drei Varianten gleich lange.

Fassade	Dauer in Wochen	Kosten in Fr.
EPS	4	4'964.90
Pavatherm	6	7'447.35
Hinterlüftetesysteme	9	11'171.00

Tabelle 9

Fenstergitter

Vor den bestehenden Kellerfenstern und dem Badezimmerfenster sind geschmiedete Gitter montiert, die vor Einbruch schützen sollen. Diese Gitter werden demontiert und entsorgt, denn die neuen Fenster werden mit Einbruchschutz montiert. Für die Entsorgung und Demontage wird ein Pauschalpreis von Fr. 500.00 verrechnet. Diese Arbeit übernimmt die Firma, die die Fassade neu dämmen wird.

Fensterläden

Die bestehenden Fensterläden werden demontiert und entsorgt von der Firma, welche die Fassadendämmung machen wird. Für die Demontage und Entsorgung wird ein Pauschalpreis von Fr. 1000.00 verrechnet. Die neuen Fensterläden werden von der Firma Aluladen.ch geliefert und montiert. Dies kostet laut Offerte Fr. 5894.30 (siehe Anhang).

Gartenbauer

Der Treppenaufgang zur Haustüre wird abgerissen, damit die Fassade ohne Unterbruch durchgehend gedämmt werden kann. Durch den Gartenbauer wird der alte Treppenaufgang abgerissen und ein neuer Aufgang zur Haustüre geplant. Diese Arbeiten wurden jedoch in dieser Diplomarbeit nicht berücksichtigt. Es wird für die Veränderungen des Gartenbauers etwa mit einem Betrag von Fr. 20'000.00 gerechnet. Dies beinhaltet auch die Wiederinstandstellung der Gehwegplatten ums Haus sowie die neue Bepflanzung des Rasens und das erstellen eines Kiesbeetes vor der Fassade.

Elektroarbeiten

Beim Eingang fallen folgende elektronische Arbeiten an:

Das Versetzen der Lampenstellung in die neue Fassade, das Versetzen der Sonnerie- und Lampendrücker und eine neue Aussenlampe und neue Drücker. Bei diesen Arbeiten wird mit einem Betrag von etwa Fr. 500.00 gerechnet.

8. Empfehlung an Bauherrn

Ein hinterlüftetes Fassadensystem ist eine optimale Lösung. Durch die Hinterlüftungsebene wird im Sommer die Hitze, die sich unter der Aquapanelplatte bildet, wegtransportiert. So wird das Aufheizen der Dämmung und des Mauerwerks verhindert. In den heißen Monaten bleibt es im Haus immer angenehm kühl. Zudem kann bildende Feuchtigkeit in den Wintermonaten durch die Hinterlüftungsebene abgebaut und wegtransportiert werden. Einen grossen Vorteil bringt dieses System mit sich, falls der Putz oder Farbanstrich im Alter Risse entwickelt oder durch äußere Einwirkungen entstandener Schaden an der Fassade entsteht, dass kein Wasser in die Dämmschicht eindringen kann. Dieses Wasser wird in der Hinterlüftungsebene auf dem Windpapier abtransportiert und durch das Fliegengitter abtropfen. Wenn in die EPS- oder Pavatherm-Fassade Wasser eindringt, können Schäden durch Pilze oder Frost auftreten. Zudem ist die Fassade durch die Putzträgerplatte viel stabiler und viel weniger empfindlich gegen Druck im Vergleich zu der EPS- oder Pavatherm-Fassade. Fliegt zum Beispiel ein Fussball oder ein vom Rasenmäher weg katapultierter Stein in die Fassade, können Schäden wie Abplatzungen des Putzes oder sogar Löcher in der Fassade entstehen. Bei der hinterlüfteten Fassade mit einer Putzträgerplatte braucht es dementsprechend mehr Gewalt, bis sichtbare Schäden entstehen können. Mit den Kosten liegt die hinterlüftete Fassade mit Glaswolle im mittleren Preissegment und liegt so in einem vernünftigen Kostenrahmen. Wenn dieses System korrekt ausgeführt wird, weist es auch eine deutlich längere Lebensdauer auf als die EPS-Fassade. Von den Dämmmaterialien Vakuum und Aerogel würde ich abraten, denn diese Dämmungen sind viel zu teuer. Diese Dämmungen haben den Vorteil bei Gebäuden mit geringem Grenzabstand oder bei Gebäuden, bei denen man aussen nicht mehr viel Fassadenaufbau anbringen kann (zum Beispiel in Städten). Mit diesen Materialien spart man bis zu 50% der Fassadendicke. Zudem sind diese Dämmmaterialien auch extrem teuer, was man in den Kostenvergleichen ja deutlich erkennen kann.

Mit diesen Kenntnissen empfehle ich dem Bauherrn, sich für das hinterlüftete Fassadensystem mit Glaswolle zu entscheiden.