

Diplomarbeit

von

Yannick Kräuchi

Konzept energetische Gebäudesanierung MFH



Betreuende: Elsi Hischier

Einreichungsdatum: 28. Oktober 2025

Verfasser: Yannick Kräuchi

Adresse: Oberdorfweg 3, 3360 Herzogenbuchsee

Höhere Fachschule: Teko Bern

Studiengang: Dipl. Energie- und Umwelttechniker/in HF

Klasse: B-TEU-22-T-a,

E-Mail: yannick.kraeuchi@edu.teko.ch

Inhaltsverzeichnis

Management Summary.....	5
Beruflicher Werdegang.....	6
Projektziel und Aufgabenbeschreibung	7
Terminplan.....	10
1 Einleitung: Relevanz von energetischen Sanierungen	11
1.1 Motivation und Zielsetzung der Arbeit	12
2 Wissenswertes vor der Sanierung	13
2.1 Das Gebäudeprogramm	13
2.1.1 Förderung durch das Gebäudeprogramm	13
2.2 Gebäudeenergieausweis der Kantone GEAK.....	14
2.2.1 GEAK Plus	14
2.2.2 Erstellung und Gültigkeit.....	14
2.2.3 Typische Merkmale der GEAK-Klassen auf der Energieetikette	15
2.3 Gebäudecheck auf Schadstoffe	16
2.3.1 Welche schädlichen Stoffe können vorkommen?	16
2.4 Kreislaufwirtschaft, Zirkuläres Bauen berücksichtigen	17
2.4.1 Zirkuläres Bauen	17
2.5 Dämmstoffe, Ökobilanz und Recyclierbarkeit	18
2.5.1 Indikator für die Ökobilanz.....	18
2.5.2 Recyclierbarkeit	18
3 Bestandsaufnahme MFH	19
3.1 Sinn und Zweck.....	19
3.2 Getätigte energetische Sanierungen	19
3.3 Gebäudekomponenten mit U-Wert	20
3.4 Berechnung Heizwärmebedarf SIA 380/1 Excel.....	21
3.5 Berechnung Verbrauch Heizöl	21
3.6 GEAK-Klasse.....	22
3.7 Mängel und Potenzial.....	22
4 Energetisches Sanierungskonzept MFH	23
4.1 Sanierungsumfang	23
4.2 Angestrebte Effizienzklasse	23
4.3 Sanierungsmassnahmen	24

4.4	Dämmperimeter	25
4.4.1	Definierter Dämmperimeter MFH.....	25
5	Sanierungsmassnahmen Gebäudehülle.....	26
5.1	Dachsanierung und Dämmung	26
5.1.1	Varianten der Schrägdachdämmung	26
5.1.2	Konstruktion Aufsparrendämmung und Dämmmaterial	28
5.2	Fenster.....	29
5.2.1	Fenster Auswahl.....	29
5.2.2	Einbau der Fenster.....	30
5.3	Haustür und Garagentor	31
5.3.1	Haustür Auswahl	31
5.3.2	Garagentor Auswahl.....	32
5.4	Fassadenerneuerung.....	33
5.4.1	Vergleich zur Visualisierung Innen- und Aussendämmung, Kerndämmung	34
5.4.2	Konstruktion und Dämmmaterial.....	35
5.5	Dämmung der Innenwände und Decke gegen die Garage.....	37
5.5.1	Innenwände gegen Garage	37
5.5.2	Decke über Garage	38
5.6	Dämmung der Böden gegen Erdreich	39
5.6.1	Boden Erdgeschosswohnung.....	39
5.6.2	Boden Keller und Bastelraum.....	40
6	Berechnung des Wärmeheizbedarfs mittels SIA 380/1	41
6.1	Nutzen und Relevanz	41
6.2	Funktion des SIA 380/1 Excel-Berechnungstools kurz gesagt.....	41
6.3	Die Berechnung und ihr Vorgehen	42
6.3.1	Angaben zur Nutzung und Standort.....	42
6.3.2	Berechnung Energiebezugsfläche EBF	43
6.3.3	Gebäudekomponenten/Bauteile	43
6.4	Auswertung der Berechnung.....	47
7	Heizung und Warmwasser.....	48
7.1	Welche Wärmeerzeuger werden gefördert?	48
7.2	Wärmeerzeuger Sole/Wasser Wärmepumpe für das MFH.....	49
7.2.1	Wann darf gebohrt werden?.....	50
7.2.2	Funktionsbeschreibung der Sole/Wasser Wärmepumpe	51
7.2.3	Technische Funktionsweise	51

7.3	Ermittlung der Wärmepumpenleistung, Leistungsdimensionierung.....	52
7.3.1	Berechnung mit dem WPesti Excel bezogen auf Norm SIA 384/3	52
7.3.2	Resultate/Berechnungsergebnisse.....	57
7.3.3	Visualisierung der Installation im MFH.....	58
8	Optionale Photovoltaikanlage	59
8.1	Bedeutung von Photovoltaikanlagen.....	59
8.2	Anwendung beim Mehrfamilienhaus	60
8.2.1	Dimensionierung der PV-Anlage	60
8.2.2	Jährlicher Stromertrag	61
9	Auswertung.....	62
9.1	Zusammenfassung	62
9.2	Erreichte GEAK-Klasse	62
9.3	Erreichte Reduktionen	63
9.4	Potenzial Photovoltaikanlage	64
9.5	Optisch sichtbare Veränderungen am Gebäude.....	65
9.6	Eingesetzte Dämmstoffe	67
10	Fazit und Ausblick.....	69
10.1	Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse	69
10.2	Ausblick weitere energetische potentiale	70
10.3	Lessons Learned.....	71
11	Literaturverzeichnis.....	72
12	Abkürzungen	76
13	Abbildungsverzeichnis	78
14	Tabellenverzeichnis	80
	Persönliches Schlusswort, Verdankungen.....	81
	Eigenständigkeitserklärung.....	82
	Anhang	83

Management Summary

Im Rahmen dieser Arbeit wurde für das im Jahre 1974 erbaute Mehrfamilienhaus an der Rütistrasse 9 in Thörigen, ein Konzept für eine energetische Gebäudesanierung ausgearbeitet, um das Gebäude zukunftsfähig zu gestalten. Ziel war es, den bestehenden energetischen Zustand zu analysieren und ein Konzept mit Massnahmen zur energetischen Verbesserung der Gebäudehülle und Reduzierung des Gesamtenergieverbrauchs zu entwickeln, das den heutigen Anforderungen an Energieeffizienz entspricht und auf erneuerbarer Energie basiert.

Vorgehen

Auf Grundlage einer detaillierten Bestandsaufnahmемittels mit Berechnung nach SIA 380/1, wurde der bestehende Heizwärmebedarf von 163.2 kWh/m^2 ermittelt, was der GEAK-Klasse G entspricht. Das entwickelte energetische Sanierungskonzept umfasst eine umfassende Sanierung der Gebäudehülle, ergänzt durch zusätzliche Dämmungen im Erdgeschoss sowie die Umstellung der Gebäudetechnik auf erneuerbare Energie. Dabei wurden die Gebäudekomponenten Fassade, Böden, Decke und Innenwände, mittels zusätzlicher Dämmung energetisch verbessert und die Komponenten Dach, Fenster, Haustür und Garagentor komplett erneuert. Im Bereich der Gebäudetechnik wurde der alte Wärmeerzeuger der Ölheizung durch eine Sole/Wasser Wärmepumpe ersetzt. Zudem ist optionale eine Photovoltaikanlage zur zusätzlichen Stromproduktion aus Sonnenenergie geplant.

Ergebnisse

Durch diese Massnahmen konnte der Heizwärmebedarf von 163.2 kWh/m^2 auf 36.4 kWh/m^2 reduziert werden, womit das Gebäude neu der GEAK-Klasse B (Neubaustandard) entspricht. Zusammen mit der neuen Sole/Wasser Wärmepumpe ergibt sich eine jährliche Energieeinsparung von 77.6%, sowie eine deutliche Reduktion der CO₂-Emissionen durch den nicht mehr vorhandenen direkten CO₂-Austoss der Ölheizung.

Beim Konzept für die energetischen Sanierung wurde besonders auf Dämmstoffe mit geringer Wärmeleitfähigkeit geachtet, die nicht zu dick ausfallen, um die Fassadenoptik möglichst zu erhalten und die gesetzlichen Raumhöhen einzuhalten. Zudem wurde ein besonderes Augenmerk auf ökologische und kreislauffähige Baustoffe gelegt.

Das Ergebnis zeigt, dass ältere Gebäude durch eine ganzheitlich geplante Sanierung in Kombination mit erneuerbarer Wärmeerzeugung technisch auf einen zukunftsfähigen, energieeffizienten Standard gebracht werden können. Das erarbeitete Konzept dient als praxisorientierte Grundlage, für die Planung zukünftiger Realisierungen am MFH.

Beruflicher Werdegang

Meine berufliche Laufbahn begann im Juli 2017 mit der Lehre als Automatikmonteur EFZ bei der Firma Güdel AG in Langenthal, die im Bereich Robotik tätig ist. Die Lehre schloss ich erfolgreich nach 3 Jahren im Juli 2021 ab. Nach dem Abschluss arbeitete ich weiterhin bei der Firma bis anfangs Januar 2021.

Zwischen Januar 2021 und Mai 2021 absolvierte ich meinen Militärdienst (Rekrutenschule) bei der Pz RS 21-1 in Thun als Panzerfahrer. Anschliessend entschied ich mich für einen weiterführenden Militärdienst zum Wachtmeister weiterzubilden und Schloss in der neuen Funktion als Wachtmeister (Gruppenführer Sicherung) die 2. Rekrutenschule bis am 5. November 2021 ab.

Nach dem Jahr Militärdienst entschloss ich mich bei meiner Lehrfirma Güdel AG vom November 2021 bis im September 2023 weiterzuarbeiten und meine Fähigkeiten und Erfahrungen im Bereich der Robotik zu erweitern.

Im Jahr 2022 erweiterte sich mein Interesse und ich entschloss mich, eine Weiterbildung zu absolvieren. Durch die in der heutigen Zeit immer relevanter werdenden Themen der Energieversorgung und der verschärften Umweltmassnahmen um langfristig nachhaltig zu Wirtschaften. Entschloss ich mich, den Studiengang Energie- und Umwelttechniker HF an der Höheren Fachschule Teko in Bern zu besuchen, um mein Wissen zu erweitern und in neuen Bereichen tätig zu werden.

Parallel zum Studium konnte ich ab Oktober 2023 in der Firma CKW Gebäudetechnik AG beim damals neuen Standort in Burgdorf meine ersten Erfahrungen als Fachspezialist Solartechnik sammeln und mein gelerntes Wissen des angehenden Energie- und Umwelttechniker HF praxisorientiert vertiefen. Meine Aufgaben liegen darin, die Projekte für den Bau der Photovoltaikanlagen nach Verkauf, von der Planung bis hin über die Realisierung zur Abnahme und Beglaubigung zu projektieren.

Projektziel und Aufgabenbeschreibung

In meiner Arbeit widme ich mich der Erarbeitung eines Konzepts, für eine allfällig zukünftige energetischen Gebäudesanierung des Mehrfamilienhauses meiner Grosseltern an der Rütistrasse 9 in Thörigen. Das Mehrfamilienhaus liegt in der Wohnzone 2 leicht am Hang ausgerichtet. Dieses wurde 1973 geplant und 1974 fertiggestellt. Seitdem wird es von meinen Grosseltern bewohnt. Es besitzt 3 Wohnungen in verschiedene Grössen: Erdgeschoss 1.5 Zimmer, Hochparterre 4.5 Zimmer und Dachgeschoss 2.5 Zimmer, wovon das Hochparterre selbst bewohnt, und die Erdgeschosswohnung vermietet ist. Im Hinblick auf den Jahrgang des Gebäudes und den zukünftig klimatischen Herausforderungen werden in den nächsten 30 Jahren Sanierungen notwendig sein, um den Erhalt des Gebäudes sowie deren Energieeffizienz zu steigern und damit den Energieverbrauch zu senken.

Um die Erstellung des Konzepts für die energetische Gebäudesanierung gezielt angehen zu können, wird zunächst ein allgemeines Grundlagenwissen aufgebaut. Dazu gehört das Verständnis dafür, welche Auswirkungen Gebäude in der Schweiz auf den Energieverbrauch haben, welche Förderprogramme und Sanierungsmassnahmen existieren und wie das Vorgehen bei Gebäudesanierungen gestaltet ist. Insbesondere im Hinblick auf Vorprüfungen bezüglich schadstoffhaltiger Baustoffe, den Einsatz geeigneter Dämmmaterialien und deren Kreislauffähigkeit.

Um das Konzept der energetische Gebäudesanierung auf das MFH bezogen erstellen zu können, führe ich als erstes eine detaillierte Bestandsaufnahme des Mehrfamilienhauses durch. Dabei analysiere ich die alten, neu digitalisierten Pläne, Gebäudetechnik sowie der verwendeten Bausubstanz und den bisher erbrachten energetischen Sanierungsarbeiten. Aus den erhobenen Informationen berechne ich mittels der Norm SIA 380/1 den jährlichen benötigten Heizwärmebedarf, um das Gebäude auf 20°C zu halten. Diese Daten sind grundlegend für die Analyse der Ausgangslage und dienen als Referenz für die Erstellung des Sanierungskonzepts. So ist es später möglich, den alten und neuen Heizwärmebedarf sowie den Energieverbrauch direkt miteinander zu vergleichen. Anschliessend wird das Sanierungskonzept erarbeitet. Dieses legt den Umfang der Sanierungsmassnahmen fest. Dabei wird klar definiert, in welche energetische Richtung das Gebäude mittels zielgerichtetem Heizwärmebedarf effizienter gestaltet werden und welche Massnahmen für die Gebäudetechnik erfolgen sollen.

Dabei wird jede Massnahme gezielt auf das Mehrfamilienhaus abgestimmt, um passende Lösungen für die Gebäudekomponenten zu entwickeln und eine ganzheitliche energetische Verbesserung der Gebäudehülle zu erzielen. Neben der Optimierung der Gebäudehülle sieht das Konzept auch die Umstellung der Gebäudetechnik auf erneuerbare Energie vor. Die Massnahmen zur Gebäudehülle beinhalten Überlegungen zur konstruktiven Umsetzung, die Auswahl geeigneter Dämmmaterialien sowie die Darstellung der energetischen Verbesserung anhand der U-Werte (Wärmedurchgangskoeffizient). Bei der Gebäudetechnik werden die erneuerbaren Systeme evaluiert, und mittels Berechnung auf das MFH abgestimmt.

Zum Schluss wird das erstellte Konzept der energetischen Gebäudesanierung ausgewertet und visualisiert. Dabei werden die optischen Änderungen des Gebäudes dargestellt und den Verbrauch sowie den neuen Heizwärmebedarf dem jetzigen Stand gegenübergestellt.

Meine Vorgehensweise:

- Grundlagen Gebäudesanierung und deren Vorgehen: Recherche und Notierung der relevantesten Grundlagen zu den Gebäudeverbrauchen, Gebäudeprogramme, Sanierungsvorgehen und Dämmmaterialien.
- Bestandsaufnahme MFH: Analyse und Ermittlung des Heizwärmebedarfs mittels vorhandener Informationen über das Gebäude wie Pläne, Bausubstanz und den getätigten energetischen Sanierungen der letzten Jahre.
- Erstellung des Sanierungskonzeptes MFH: Evaluierung und Definition der zu tätigen Sanierungsmassnahmen, um das Gebäude energetisch effizienter und die Gebäudetechnik erneuerbar zu gestalten.
- Erarbeitung der Sanierungsmassnahmen: Evaluierung und Definition der technischen Umsetzung der jeweiligen betroffenen Gebäudekomponenten und Gebäudetechnik mit ihren Konstruktiven aufbauen, Dämmmaterialien und Technikeinsatz.
- Auswertung und Visualisierung des Konzepts energetische Gebäudesanierung MFH: Darstellung der Ergebnisse durch die Sanierungsmassnahmen und Vergleich in Bezug auf den aktuellen Zustand des MFH. Ausweisung neuer Heizwärmebedarf, Verbrauch, Optischen Veränderungen und eingesetzte Dämmstoffe.

Anmerkung Vorgehensweise: Die Berechnung des Heizwärmebedarf über die SIA 380/1 müssen mehrmals durchgeführt werden: Bei der Bestandsaufnahme, zur Auswertung der Sanierungsmassnahmen und für die Auslegung der Gebäudetechnik. Daher wird das Vorgehen der Berechnung nur einmal für den neuen Heizwärmebedarf nach den energetischen Sanierungsmassnahmen der Gebäudehülle detailliert ausgewiesen.

Die Erfolgskriterien:

- Fachlich: Das energetische Sanierungskonzept mit seinen Sanierungsmassnahmen ist technisch fundiert, nachvollziehbar und praxisorientiert. Zudem sind die Berechnungen für den Heizwärmebedarf und die Dimensionierung der neuen Heizung gemäss SIA korrekt ausgeführt und die Ergebnisse plausibel.
- Methodik: Die mit den Excel-Tools durchgeführten Berechnungen basieren auf den geltenden SIA-Normen. Die verwendeten Konstruktionsangaben wurden entweder direkt aus Herstellerdatenblättern übernommen oder mithilfe des Berechnungstools Ubakus nachgestellt und überprüft.
- Formal: Die Arbeit ist klar strukturiert, logisch aufgebaut und führt zu einem schlüssigen Ergebnis. Alle Quellen sind vollständig und nachvollziehbar angegeben.

Abgrenzungen:

- Wirtschaftlich: Die Erarbeitung dieser Arbeit konzentriert sich auf das Konzept energetische Verbesserung des Gebäudes, ohne dabei Kosten- oder Wirtschaftlichkeitsberechnungen zu berücksichtigen. Allein die Fachstelle für die Förderbeiträge wird erwähnt jedoch keine konkreten Beiträge miteinbezogen.
- Realisierung: Die Arbeit beschränkt sich auf die Erarbeitung des Sanierungskonzepts sowie deren Sanierungsmassnahmen und Resultate und dient als mögliche Lösung. Schritte zur praktischen Umsetzung und eine Terminplanung für die Realisierung sind nicht Bestandteil dieser Arbeit
- Technische Abgrenzung: Der Fokus liegt auf der energetischen Gebäudehülle und der Gebäudetechnik Heizung und Photovoltaik. Weitere Gebäudetechnik wie kontrollierte Lüftungen und Gebäudeautomation werden nicht behandelt.
- Ökologische Abgrenzung: Die Ökobilanzen und Umweltpunkte von Materialien werden ausschliesslich bei der Wahl der Dämmstoffe berücksichtigt.
- Methodische Abgrenzung: Die Arbeit basiert auf theoretischen Berechnungen und Analysierungen, ohne praktische Messungen oder Realversuche.

Terminplan

Terminplanung Diplomarbeit 2025

Yannick Kräuchi

Ablauf Diplomarbeit	KW 37	KW 38	KW 39	KW 40	KW 41	KW 42	KW 43	KW 44	KW 45
Aufgabenstellung, Pflichtenheft, Zieldefinition									
Bestandesaufnahme des MFH									
Recherche Sanierungskonzepte und deren Vorgehen									
Erstellung des Sanierungskonzeptes bezogen auf das MFH									
Behandlung der energetischen Sanierungsmassnahmen des Konzeptes									
Berechnung und Zusammenfassung des verbesserten Energiebedarfs des MFH nach allen Sanierungsstrategien									
Evaluierung eines erneuerbaren Heizsystems nach neuem Energiebedarf									
Berechnung Photovoltaikertrag, bei eventuellem höheren Strombedarf durch neues Heizsystem									
Diskussion: Schlussfolgerungen, Reflexion "Lessons learned" Empfehlung: Management Summary									
Komplettierung: Prüfung, Vervollständigung Quellen, Pläne etc. Persönliches Schlusswort und Eigenständigkeitserklärung									
Coachings mit Betreuerin Elsi Hischier									
1. Projektcoaching Start Diplomarbeit	30'								
2. Projektcoaching						35'			
3. Projektcoaching							60'		
Daten									
Start Diplomarbeit	●								
Abgabe Diplomarbeit								●	
Präsentation									●

Soll	Ist	●
		Meilensteine

1 Einleitung: Relevanz von energetischen Sanierungen

Die energetische Sanierung bestehender Gebäude ist angesichts der heutigen klimatischen Herausforderungen ein wichtiger Schritt, um den jährlichen Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen für das Heizen zu senken und das Gebäude qualitativ für die Nutzung vieler weiterer Jahre zukunftsfähig zu machen. Neben den angestrebten Zielen zur Energie- und CO₂-Einsparung können mit diesen energetischen Verbesserungen und effizienten erneuerbaren Heizsystemen der Wohnkomfort gesteigert und die jährlichen Heizkosten gesenkt werden.

Die Dringlichkeit dieser Massnahmen ergibt sich aus der aktuellen Bilanz: Der Gebäudepark in der Schweiz ist für rund 40 % des gesamten Endenergieverbrauchs verantwortlich (2019)¹, wobei fossile Energieträger (Öl- und Gasheizungen) mit einem Anteil von rund 58.3 % im Jahr 2024 den grössten Teil der Heizsysteme ausmachen². Infolgedessen betrug der jährliche CO₂-Ausstoss der Gebäude 2023 etwa ein Viertel (22,2 %) des gesamten nationalen Ausstosses³. Angesichts dieser Zahlen verfolgt die Schweiz im Rahmen der «Vision Gebäudepark 2050» das Netto-Null-Ziel bis 2050, welches eine Senkung des heutigen Energieverbrauchs von 90 TWh auf etwa 65 TWh bei gleichzeitiger Reduzierung der Treibhausemissionen auf Netto-Null vorsieht.⁴⁵

Bevölkerung nach Hauptenergiequelle der Heizung, 2024

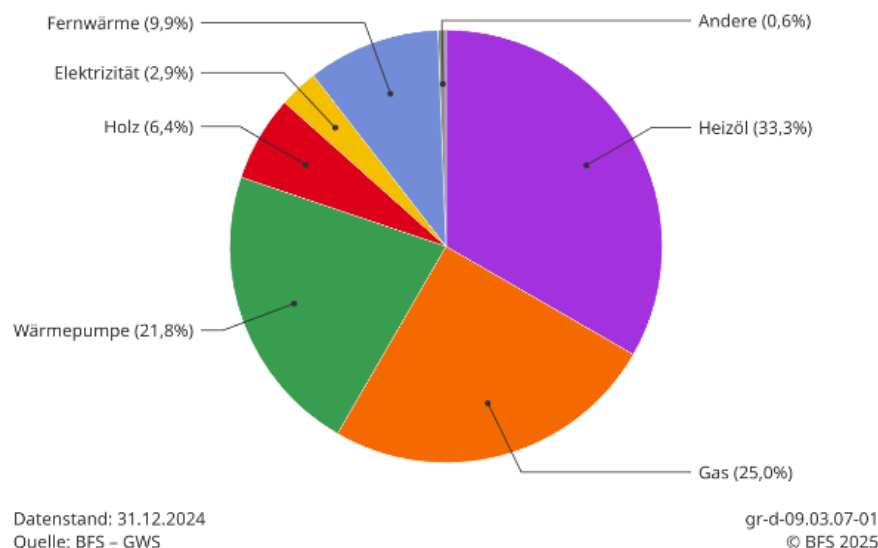


Abbildung 1: Auswertung Hauptenergiequelle der Heizung 2024, BFS

¹ Bundesamt für Energie, Gebäudepark 2050 – Vision des BFE, ed. 1. Juni 2023

² Bundesamt für Statistik, Bevölkerung nach Hauptenergiequelle der Heizung, publ. 22. September 2025

³ Bundesamt für Umwelt, Gebäude «Treibhausgasemissionen der Gebäude», Zugriff 19. Oktober 2025

⁴ Bundesamt für Umwelt, Klimapolitik Schweiz «Netto-Null-Ziel 2050», Zugriff 19. Oktober 2025

⁵ Bundesamt für Energie, Gebäudepark 2050 – Vision des BFE, ed. 1. Juni 2023

1.1 Motivation und Zielsetzung der Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist die Erstellung eines Konzepts mit gezielten energetischen Sanierungsmassnahmen für das Mehrfamilienhaus an der Rütistrasse 9 in Thörigen. Das Konzept soll praxisorientiert aufzeigen, wie das Gebäude zukunftsfähig gestaltet werden kann und welche Reduktion des Energieverbrauchs sich daraus ergibt.

Durch die Sanierung soll eine höhere Effizienz der Gebäudehülle erreicht werden, um den jährlichen Energiebedarf und die Heizkosten zu verringern und den Wohnkomfort zu steigern. Zusätzlich wird die gesamte Gebäudetechnik erneuerbar ausgelegt und ein geeigneter Ersatz für die bestehende Ölheizung definiert.

Angesichts des potentiell steigenden elektrischen Energieverbrauchs durch den Ersatz von Ölheizungen durch Wärmepumpen sollte optional eine Photovoltaikanlage zur Produktion erneuerbarer Sonnenenergie in Betracht gezogen werden. Dadurch kann ein Teil des benötigten Stroms selbst auf dem Dach produziert und der Bezug aus dem Netz verringert werden.

2 Wissenswertes vor der Sanierung

In diesem Kapitel werden relevante Themen behandelt, welche bei der Planung einer energetischen Sanierung der Gebäudehülle und Gebäudetechnik bekannt sein sollten. Thematisiert wird das Gebäudeprogramm von Bund und Kanton mit den Fördergeldern, der GEAK mit der Energieetikette, der Gebäudecheck auf schädliche Baustoffe, das zyklische Bauen und die Umwelteinflüsse und Recyclierbarkeit der Dämmstoffe.

2.1 Das Gebäudeprogramm

Mit dem Gebäudeprogramm wollen Bund und Kantone den Energieverbrauch im Schweizer Gebäudepark erheblich reduzieren und den CO₂-Ausstoss senken. Es basiert auf Art. 34 des CO₂-Gesetzes.⁶

Das Gebäudeprogramm besteht aus einem Online-Portal mit informativen Wegweisern zu den geförderten Massnahmen, erfolgreich sanierten Referenzen, dem Vorgehen bei Sanierungen und vielem mehr. Es dient dazu, Immobilienbesitzer/innen über die Verbesserung der Gebäudehülle, des Energieverbrauchs und des CO₂-Ausstosses zu informieren und ihnen mittels Angaben zu Anlaufstellen (z. B. GEAK-Plus, Tools, Fördergelder etc.) eine Basis für die Abklärung des weiteren Vorgehens zu geben.

2.1.1 Förderung durch das Gebäudeprogramm

Um die Ziele zur Senkung des Energieverbrauchs und des CO₂-Ausstosses zu erreichen, sieht das Gebäudeprogramm Fördermassnahmen vor. Diese sollen Eigentümer von Gebäuden dazu anregen, ihre Häuser energetisch zu verbessern. Dazu zählen energetische Sanierungen, der Ersatz von Heizungen durch erneuerbare Energien und energieeffiziente Neubauten im Minergie-A-Standard.⁷ Die jeweiligen Kantone, in denen sich die Gebäude befinden, legen die Summe sowie die Bedingungen der zu fördernden Massnahmen fest. Diese können je nach Kanton variieren.

Link: Das Gebäudeprogramm: [Das Gebäudeprogramm](#)

Link: Förderprogramm Energie Kanton Bern: [Förderprogramm Energie](#)

⁶ Das Gebäudeprogramm «Grundlagen und Finanzierung», Zugriff 19. Oktober 2025

⁷ Wirtschaft, Energie- und Umweltdirektion Kanton Bern «Förderprogramm Energie», Zugriff 19. Oktober 2025

2.2 Gebäudeenergieausweis der Kantone GEAK

Der GEAK steht für „Gebäudeenergieausweis der Kantone“. Er bewertet die Gesamtenergieeffizienz und die direkten CO₂-Emissionen von Gebäuden schweizweit einheitlich. Die Bewertung erfolgt mittels der sogenannten Energieetikette mit den Klassen A (sehr effizient) bis G (wenig effizient).⁸

Die Erstellung des GEAK ist grundsätzlich freiwillig. In der Praxis dient er den Kantonen jedoch als notwendige Grundlage für die Auszahlung von Fördergeldern für energetische Gebäudesanierungen oder den Ersatz von Heizungen. Darüber hinaus bietet der GEAK eine fundierte Entscheidungshilfe bei der Abschätzung des Sanierungsbedarfs und der möglichen Massnahmen.

2.2.1 GEAK Plus

Als Zusatzangebot zum GEAK gibt es die Möglichkeit des GEAK Plus. Dieser beinhaltet neben dem regulären GEAK einen Beratungsbericht. Dieser beschreibt, mit welchen Sanierungsmassnahmen sich das Gebäude energetisch am wirtschaftlichsten verbessern lässt, um Energiekosten einzusparen und den Wert des Gebäudes zu erhalten oder zu steigern. Im Bericht sind in der Regel mehrere Sanierungsvorschläge aufgeführt, die die kantonalen Fördergelder ausweisen.⁹

2.2.2 Erstellung und Gültigkeit

Ein GEAK-Dokument darf stets durch eine qualifizierte Fachperson erstellt werden, welche durch den GEAK anerkannt ist. Der GEAK ist maximal zehn Jahre gültig oder bis Änderungen an der Gebäudehülle oder Gebäudetechnik vorgenommen werden.¹⁰

Link GEAK.ch: [Home / GEAK](#)

⁸ GEAK «Der GEAK», Zugriff 19. Oktober 2025

⁹ GEAK «GEAK Plus», Zugriff 19. Oktober 2025

¹⁰ Energie Schweiz, Gebäude erneuern – Energieverbrauch halbieren, GEAK S.6, publ. Januar 2022

2.2.3 Typische Merkmale der GEAK-Klassen auf der Energieetikette

	Effizienz der Gebäudehülle	Gesamtenergieeffizienz
A	Hervorragende Wärmedämmung, Fenster mit Dreifach-Wärmeschutzverglasungen. Bis 25 kWh/m ² a*.	Hocheffiziente Gebäudetechnik für die Wärmeerzeugung (Heizung und Warmwasser) und die Beleuchtung. Ausgezeichnete Geräte. Einsatz erneuerbarer Energien.
B	Neubauten erreichen aufgrund der gesetzlichen Anforderungen die Kategorie B. Bis 50 kWh/m ² a*.	Neubaustandard bezüglich Gebäudehülle und Gebäudetechnik. Einsatz erneuerbarer Energien.
C	Altbauten mit umfassend erneuerter Gebäudehülle. Bis 75 kWh/m ² a*. Baujahr ab 2000.	Umfassende Altbauerneuerung (Wärmedämmung und Gebäudetechnik). Meistens mit Einsatz erneuerbarer Energien.
D	Nachträglich gut und umfassend gedämmter Altbau, jedoch mit verbleibenden Wärmebrücken. Bis 100 kWh/m ² a*. Baujahr ab 1990.	Weitgehende Altbauerneuerung, jedoch mit deutlichen Lücken oder ohne Einsatz erneuerbarer Energien.
E	Altbauten mit erheblicher Verbesserung der Wärmedämmung, inkl. neuer Wärmeschutzverglasung. Bis 125 kWh/m ² a*.	Teilerneuerte Altbauten, z. B. neue Wärmeerzeugung und evtl. neue Geräte und Beleuchtung.
F	Gebäude, die teilweise gedämmt sind. Bis 150 kWh/m ² a*.	Bauten mit höchstens teilweiser Modernisierung, Einsatz einzelner neuer Komponenten oder Einsatz erneuerbarer Energien.
G	Altbauten mit höchstens lückenhafter oder mangelhafter nachträglicher Dämmung und grossem Erneuerungspotenzial. Mehr als 150 kWh/m ² a*.	Altbauten mit veralteter Gebäudetechnik und ohne Einsatz erneuerbarer Energien, die ein grosses Verbesserungspotenzial aufweisen.

*Typischer Heizwärmebedarf

Abbildung 2: Typische Merkmale der GEAK-Klassen auf der Energieetikette

2.3 Gebäudecheck auf Schadstoffe

Ein Gebäudecheck wird bei Sanierungsvorhaben bei Gebäuden, welche vor 1990 errichtet wurden, vorausgesetzt¹¹. Dieser dient dem Identifizieren von allfällig verwendeten Schadstoffen in den Gebäudekomponenten und dem darauffolgenden fachlichen korrekten Rückbau des Schadstoffs. Dadurch können Gefahren durch die Schadstoffe bei der Sanierung umgehen und den Schutz der Arbeiter, Umwelt und Bauherren gewährleistet werden.

2.3.1 Welche schädlichen Stoffe können vorkommen?

Tabelle 1: Schadstoffe und ihr Vorkommen

Schadstoff	Vorkommen
Asbest	Böden, Innenwände, Decken, Dächer, Fassaden, Fenster, Elektroinstallationen, Isolationen, Heizungen etc.
PAK (polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe)	Teerhaltige Baustoffe: Kleb- und Abdichtmasse, Flachdachdichtungen, Teerkorkisolationen, Abdichtungen, Abdichtungsanstriche etc.
PCB (polychlorierte Biphenyle)	Farbanstriche und Korrosionsschutzbeschichtungen (z.B. Fugenabdichtungen)
Blei	Anstrichen: z.B. bei Radiatoren, Korrosionsschutz, Holzanstriche, Wände in Nasszellen und Küche, Fensterläden
Holzschutzmittel	Mehrheitlich bei der Dachkonstruktion aus Holz

Infostellen

Gebäudecheck Factsheet Ecobau: [PFD Factsheet Gebäudecheck Ecobau](#)

Asbest SUVA: [Asbest | Gefahr erkennen, beurteilen und richtig handeln](#)

Schadstoffe bei Um- und Rückbauarbeiten SUVA: [Schadstoffe bei Um- und Rückbauarbeiten](#)

¹¹ Ecobau, Gebäudecheck, ed. 31. Januar 2024

2.4 Kreislaufwirtschaft, Zirkuläres Bauen berücksichtigen

Der Zweck der Kreislaufwirtschaft ist es, den CO₂-Austoss zu senken und sparsamer mit Ressourcen umzugehen. Die Kreislaufwirtschaft verfolgt daher das Ziel gewonnene Rohstoffe so lange wie möglich im Kreislauf zu nutzen, bevor Sie schlussendlich thermisch verwertet (Verbrennungsanlage) oder deponiert werden. Dabei ist das Ziel des Kreislaufes Rohstoffe in Form ihrer Bauteile möglichst direkt wiederzuverwenden, aufzubereiten und zuletzt zu recyceln. Dies kann nur funktionieren, wenn auch Rohstoffe, welche für die Produktion der gewünschten Produkte und Baumaterialien verwendet werden, recycelbar sind.¹²

2.4.1 Zirkuläres Bauen

Das Zirkuläre Bauen beschäftigt sich mit der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen. Darunter ist es das Ziel, die zum Neubau oder Sanierungen verwendeten Materialien oder Komponenten teils aus gewonnenem Rückbau direkt oder aufbereitet zu verwenden und als zweiteres die Materialien von Rückbauten zu recyceln. Dadurch ist es beim Neubau oder Sanierungen besonders wichtig, dass die produzierten Materialien, wie zum Beispiel Dämmplatten, aus kreislauffähigen und recycelbaren Rohstoffen bestehen, welche im optimalen Fall bereits einen Recyclinganteil beinhalten.¹³

Link Ecobau: [Kreislaufwirtschaft ecobau](#)



Abbildung 3: Kreislaufwirtschaft

¹² Ecobau, Themen «Kreislaufwirtschaft», Zugriff 21. Oktober 2025

¹³ Ecobau, Instrumente «Zirkuläres Bauen», Zugriff 21. Oktober 2025

2.5 Dämmstoffe, Ökobilanz und Recyclierbarkeit

Bei der Auswahl des geeigneten Dämmstoffes für die energetischen Sanierungen sollten neben den Dämmeigenschaften der Wärmeleitfähigkeit, Dicke, Preis, etc., auch die Ökobilanz und Recyclierbarkeit berücksichtigt werden. Denn nur so können Dämmmaterialien ausgewählt werden, welche kreislauffähig und einen möglichst kleinen Impact auf die Umwelt haben.

2.5.1 Indikator für die Ökobilanz

Die Ökobilanz auf die Baumaterialien wie auch die Dämmstoffe werden mit der Methode der sogenannten Umweltbelastungspunkten (UBP) ausgewertet. Dabei werden die Umwelteinwirkungen anhand von Faktoren, wie die Emissionen, Ressourcenverbrauch und Entsorgung/Recycling auf den Zyklus des Produkts bezogen. Je höher die Punkte ausfallen, umso belastender ist es für die Umwelt.¹⁴

Um die Ökobilanzdaten mit den UBP bei der Planung des zu wählenden Dämmstoffs vergleichen zu können, gibt es ein offizielles Excel vom KBOB und EcoBau. Dieses beinhaltet die Bewertung der gängigsten Baumaterialien.¹⁵

Link Ökobilanzdaten Baumaterialien: [Excel Ökobilanzdaten Baumaterialien](#)

2.5.2 Recyclierbarkeit

Grundsätzlich sind verschiedene Dämmstoffe, wie z.B. Steinwolle oder Schaumglas recycelbar. Da die Umsetzung und der Recyclingvorgang jedoch stark vom Hersteller abhängen, ist es ratsam, die spezifischen Informationen direkt beim Lieferanten einzuholen. Einige Unternehmen, wie die Flumroc AG, bieten eigene Recyclingprogramme an. Dabei nehmen sie ihre Steinwollplatten nach der Verwendung zurück und lassen sie zu 100 % in den Herstellungsprozess wieder einfließen.¹⁶

¹⁴ Bundesamt für Umwelt, Ökobilanzierung «UBP-Methode», Zugriff 21. Oktober 2025

¹⁵ Ecobau, Instrumente «Ökobilanzen», Zugriff 21. Oktober 2025

¹⁶ Flumroc AG, Service «Recycling», Zugriff 21. Oktober 2025

3 Bestandsaufnahme MFH

3.1 Sinn und Zweck

Die Bestandsaufnahme dient dazu, das Gebäude hinsichtlich seines energetischen Ist-Zustandes der Gebäudekomponenten zu analysieren. Ziel ist es, den Zustand der bestehenden Bausubstanz, insbesondere bereits sanierten Komponenten zu ermitteln und damit die Grundlage für das Sanierungskonzept zu schaffen. Die Ermittlung der Bausubstanzen, Abmessungen und der konstruktiven Ausführung der Gebäudekomponenten erfolgt primär anhand der vorliegenden technischen Baupläne sowie in Abstimmung mit den Eigentümern. Anschliessend werden die Komponenten mit dem Online-Tools Ubakus so realitätsnah wie möglich digital nachgebildet. Diese Nachkonstruktion ermöglicht die präzise Ermittlung des U-Werts (Wärmedurchgangskoeffizient) der ungedämmten Bauteile. Der ermittelte U-Wert wird zusammen mit weiteren Gebäudedaten, wie der Energiebezugsfläche (EBF) und den Verschattungsfaktoren der Fenster durch benachbarte Objekte, in die Berechnung einbezogen. Mithilfe eines Excel-Berechnungstools, das auf der Norm SIA 380/1 basiert, wird daraus der theoretische Heizwärmebedarf des Gebäudes berechnet. Dieser Wert ist erforderlich, um den Verbrauch der Ölheizung zu bestimmen und das unsanierte Gebäude abschliessend in eine GEAK-Klasse einordnen zu können.

3.2 Getätigte energetische Sanierungen

Zu den bisher energetisch sanierten Gebäudekomponenten gehören einige Fenster. Im Jahr 2023 wurden ein paar der bisherigen Fenster mit Zweifachverglasung durch neue, sehr gut dämmende mit Dreifachverglasung und Kunststoffrahmen ausgetauscht. Die neuen Fenster stammen von der deutschen Firma Hilzinger, sind mit Wärmeschutzglas ausgestattet und besitzen einen U_w -Wert von $0,9 \text{ kWh/m}^2\text{K}$. Getauscht wurden sie auf der linken Südseite beim Balkon des Hochparterres und Erdgeschosses, sowie auf der Westseite im Hochparterre.



Abbildung 5: Fenstersanierung Süd

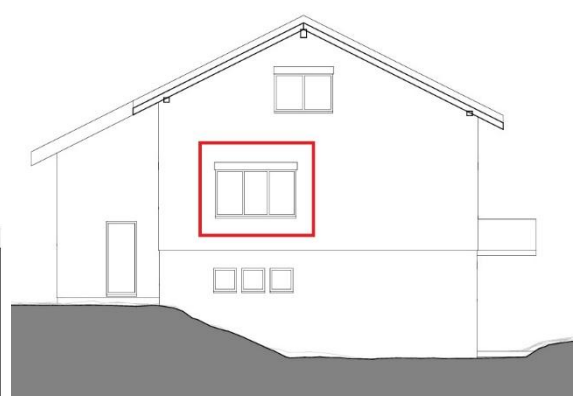


Abbildung 4: Fenstersanierung West

3.3 Gebäudekomponenten mit U-Wert

Die Daten für die U-Werte in der nachfolgenden Tabelle wurden mithilfe Ubakus konstruktiv nachgestellt, diese befinden sich zur Veranschaulichung im Anhang.

Tabelle 2: Gebäudekomponenten mit U-Werten von der Bestandsaufnahme

Gebäudekomponenten	Konstruktion	U-Wert W/m ² K
Dach	Asbest Schindel mit leichter Zwischensparrendämmung	0.39
Fassade	Zweischalenmauerwerk mit Luftschicht (ruhend)	1.01
Fussböden gegen Erdreich	Mit unterschiedlichen Bodenbelägen ohne Dämmung	Wohnung EG: 1.10 Bastelraum: 2.16 Keller: 3.15
Innenwände gegen Garage	Backstein verputzt	1.61
Decke über Garage	Betondecke mit Bodenbelag	1.09
Fenster unsaniert	2-Fachverglasung	2.42
Fenster saniert 2023	3-Fachverglasung	0.90
*Garagentor	Schwinger mit Holzverkleidung und Metallrahmen	Annahme: 4.00
*Haustür	Holzhaustür mit 2-Fachverglasung	Annahme: 2.50

*Für das Garagentor und die Haustür konnten keine passenden Daten gefunden werden, deshalb wird für die Haustür ca. der gleiche U-Wert wie das alte Fenster und für das Garagentor eine reine Annahme verwendet.

3.4 Berechnung Heizwärmebedarf SIA 380/1 Excel

Die Berechnung mit SIA 380/1 Excel haben ergeben, dass das Gebäude mit den Teil sanierten Fenster einen theoretischen jährlichen Heizwärmebedarf Q_H von **163.2 kWh/m²** hat. Dies entspricht einer Gesamtwärmeenergie auf die Energiebezugsfläche EBF von **296m²** gerechnet von jährlichen **48'307.2 kWh**.

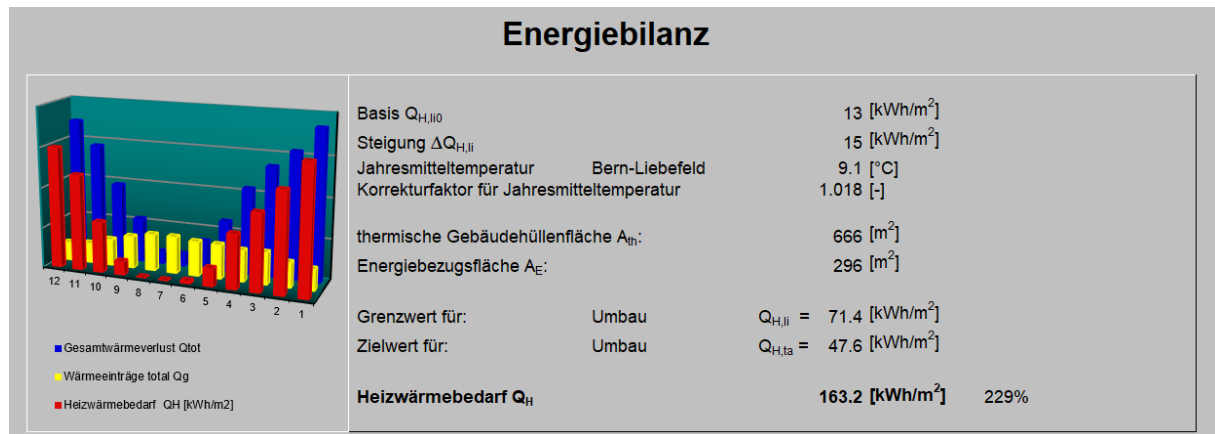


Abbildung 6: Auszug Resultat Heizwärmebedarf SIA 380/1 Excel

3.5 Berechnung Verbrauch Heizöl

Um den Verbrauch für die Heizung und das Warmwasser in Liter Heizöl zu rechnen, verwende ich den Heizwärmebedarf Q_H , die Energiebezugsfläche EBF, den Heizwert von Heizöl extra leicht sowie seine Dichte. Daraus ergibt sich ein berechneter **Ölverbrauch** von **4'874 Liter**, ohne die Berücksichtigung des Wirkungsgrades der Ölheizung und Verluste des Heizsystems.

Tabelle 3: Berechnung Heizölverbrauch Bestandsaufnahme

Begriffe	Symbol	Einheit	Werte	Quelle
Heizwärmebedarf	Q_H	kWh/m ²	163.2	Berechnung mit SIA 380/1 Excel
Energiebezugsfläche EBF	A_E	m ²	296	Berechnung mit SIA 380/1 Excel
Heizwert Heizöl extra leicht	H_i	kWh/kg	11.8	SIA 380 Anhang B
Dichte Heizöl extra leicht	ρ (Rho)	kg/m ³	840	SIA 380 Anhang B

$$\frac{Q_H \times A_E}{H_i \times \rho \text{ (Rho)}} = \frac{163.2 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \times 296 \text{m}^2}{\frac{11.8 \text{kWh}}{\text{kg}} \times 840 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 4.874 \text{m}^3 = 4'874 \text{ Liter}$$

3.6 GEAK-Klasse

Das Mehrfamilienhaus aus dem Jahr 1974 mit den teils sanierten Fenstern und einem Heizwärmebedarf von 163,2 kWh/m² fällt nach der Analyse in die GEAK-Klasse G. Diese beschreibt «Altbauten mit höchstens lückenhafter oder mangelhafter nachträglicher Dämmung und grossem Erneuerungspotenzial mit typischem Heizwärmebedarf von mehr als 150 kWh/m² pro Jahr»¹⁷.

G	Altbauten mit höchstens lückenhafter oder mangelhafter nachträglicher Dämmung und grossem Erneuerungspotenzial. Mehr als 150 kWh/m ² a*.	Altbauten mit veralteter Gebäudetechnik und ohne Einsatz erneuerbarer Energien, die ein grosses Verbesserungspotenzial aufweisen.

*Typischer Heizwärmebedarf

Abbildung 7: GEAK-Klasse G nach typischem Heizwärmebedarf

3.7 Mängel und Potenzial

Aufgrund des Baujahres 1974 und der bislang fehlenden zusätzlichen Wärmedämmung, abgesehen von der bestehenden Dachdämmung und der teilweisen Fenstersanierung, weist das Gebäude einen deutlichen energetischen Mangel auf.

Aufgrund der soliden Bauweise mit Zweischalenmauerwerk und Betondecken sind jedoch Stabilität und Langlebigkeit gewährleistet. Somit bietet sich ein hohes Potenzial für eine energetische Sanierung, durch die sich das Gebäude deutlich aufwerten lässt.

¹⁷ Energie Schweiz, Gebäude erneuern – Energieverbrauch halbieren, GEAK S.7, publ. Januar 2022

4 Energetisches Sanierungskonzept MFH

4.1 Sanierungsumfang

Die Bestandsaufnahme des Mehrfamilienhauses und die Recherche nach den heutzutage angewandten energetischen Sanierungsstrategien bildeten die Grundlage für die Auswahl der Sanierungsmassnahmen im nachfolgenden Konzept.

Aufgrund des Erstellungsalters aus dem Jahre 1974 und der bisher nur wenig umgesetzten energetischen Sanierungen, abgesehen vom Teilersatz der Fenster im Jahr 2023, evaluierte ich Massnahmen einer sogenannten umfassenden Erneuerung. Der Massnahmenumfang bezieht sich auf das Baujahr des Gebäudes und die ermittelte GEAK-Klasse G aus der Bestandsaufnahme. In der Regel ist eine umfassende Erneuerung bei Gebäuden nach 40 bis 50 Jahren Lebensdauer notwendig, sofern keine stetige etappierte Erneuerung über die Jahre hinweg stattgefunden hat.¹⁸

4.2 Angestrebte Effizienzklasse

Um mit den energetischen Sanierungsmassnahmen und den damit verbundenen Aufwendungen ein zukunftsfähiges Ergebnis zu erzielen, welches sich langfristig lohnt, muss zwingend ein Zielwert für den Heizwärmebedarf des Gebäudes nach der Sanierung festgelegt werden. Nur durch diese klare Zieldefinition können die einzelnen Massnahmen gezielt auf den angestrebten Standard hin geplant und anschliessend der Erfolg energetischen Sanierung kontrolliert werden.

Als Zielwert für die energetische Sanierung wird die GEAK-Effizienzklasse B angestrebt. Diese Klasse entspricht dem Neubaustandard und setzt einen typischen jährlichen Heizwärmebedarf von maximal 50 kWh/m² voraus. Die Erreichung von Klasse B würde eine Verbesserung um fünf Klassen bedeuten und den Heizwärmebedarf um mehr als zwei Drittel reduzieren.

B	Neubauten erreichen aufgrund der gesetzlichen Anforderungen die Kategorie B.	Neubaustandard bezüglich Gebäudehülle und Gebäudetechnik. Einsatz erneuerbarer Energien.
	Bis 50 kWh/m ² a*.	

Abbildung 8: GEAK-Klasse B mit typischem Heizwärmebedarf

¹⁸ Energie Schweiz, Gebäude erneuern – Energieverbrauch halbieren, S.17, publ. Januar 2022

4.3 Sanierungsmassnahmen

Um das angestrebte GEAK-Klassen-Ziel B (bis 50 kWh/m²) und die damit verbundene starke Senkung des Jahres-Heizwärmebedarfs für das Mehrfamilienhaus zu erreichen, wurden von mir nachfolgend sechs von acht Sanierungsmassnahmen mit ihren zu erreichenden maximalen U-Werten definiert. Die maximalen U-Werte dienen als Leitplanke für die gezieltere Auswahl der möglichen Konstruktionen und Dämmstoffdicken. Die letzten beiden Sanierungsmassnahmen dienen dem Umstieg auf einen erneuerbaren Wärmeerzeuger für das Heizsystem (7) sowie der optionalen Stromproduktion durch Solarenergie mittels einer Photovoltaikanlage (8).

- **Dach Sanierung und Dämmung:**

Dämmung/ Ausbau neu Erstellung des Daches. Max. U-Wert 0.25 kWh/m².

- **Fenster, Haustür und Garagentor:**

Ersatz der bestehenden nicht sanierten Fenster auf heutige Standards, plus Ersatz der Haustür und des Garagentors. Max. U-Wert Fenster und Haustür 1.5 kWh/m², Garagentor 2 kWh/m².

- **Fassadenerneuerung:**

Dämmung der Aussenwände Max. U-Wert 0.25 W/(m²k).

- **Innenwände:**

Dämmung der Innenwände zu nicht beheizten Räumen Max. U-Wert 0.8 W/(m²k).

- **Böden:**

Dämmung der Böden gegen das Erdreich in beheizten Räumen Max. U-Wert 0.8 W/(m²k).

- **Decke:**

Dämmung der Decke in nicht beheizten Räumen und ohne Bodendämmung Max. U-Wert 0.8 W/(m²k).

- **Heizung und Warmwasser:**

Umstieg auf Wärmeerzeuger für das Heizsystem und Warmwasser angetrieben durch erneuerbare Energie.

- **Optional Photovoltaikanlage:**

Nutzung der Sonnenenergie, um den Stromverbrauch teilweise zu decken und den Eigenverbrauch zu erhöhen.

4.4 Dämmperimeter

Der Dämmperimeter beschreibt die Flächen, die gegen die Umgebung gedämmt werden müssen, um Wärmeverluste zu minimieren und den Energieverbrauch zu senken. Dieser wird planerisch auf das jeweilige Objekt festgelegt, um den Verlauf der zu dämmenden Komponenten wie Fassaden, Dächer, Innenwände, Decken und Böden zu definieren. Im Dämmperimeter befinden sich hauptsächlich beheizte Räume.

4.4.1 Definierter Dämmperimeter MFH

Zur Planung des Dämmperimeters und dessen Verlauf wurde zunächst die Nutzung der Räume im Erdgeschoss analysiert. Auf dieser Grundlage wurde definiert, welche Böden gegen das Erdreich zusätzlich gedämmt werden sollten (violett schraffiert), um den Wärmeverlust so gering wie möglich zu halten. Berücksichtigt wurden dabei, neben der beheizten Wohnfläche und dem Bastelraum, auch der Kellerraum und Waschküche mit der Heizung.

Der Betonboden der Garage wird bewusst nicht gedämmt, um eine optimale Beständigkeit gegen Feuchtigkeit und einen optimalen Wasserabfluss zu gewährleisten. Zur Kompensation dieser thermischen Schwachstelle werden stattdessen die Innenwände zur Garage hin (grün markiert) und die Garagendecke zum Hochparterre (orange schraffiert) gedämmt.

Um die Wärmeverluste über die Aussenluft zu minimieren und einen geschlossenen Dämmperimeter zu schaffen, wird die gesamte Fassade (gelb markiert) von aussen gedämmt. Dies schliesst die kleinen Garagenbereiche mit ein, um einen nahtlosen Übergang zu sichern.

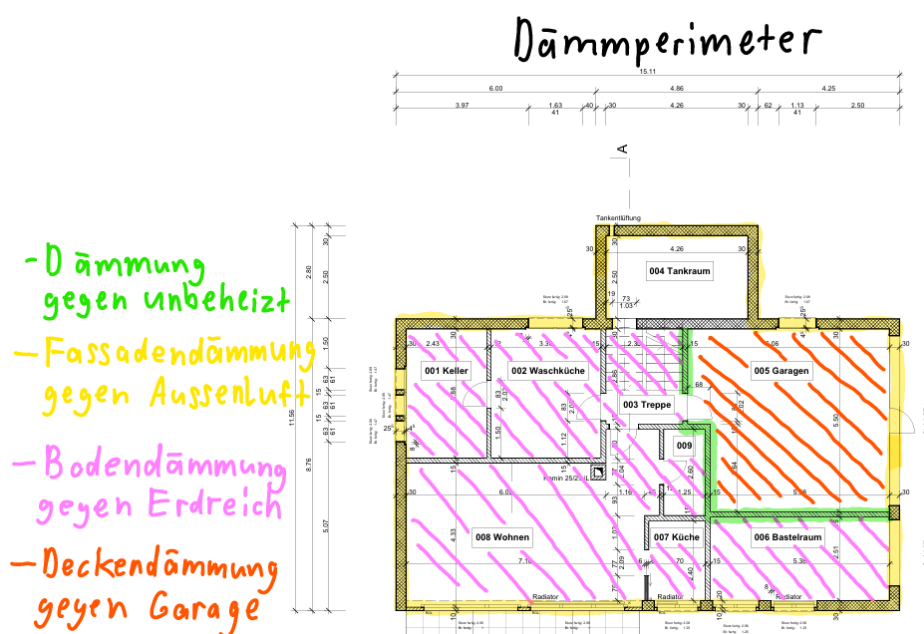


Abbildung 9: Definierung Dämmperimeter

5 Sanierungsmassnahmen Gebäudehülle

5.1 Dachsanierung und Dämmung

Die Dachsanierung mit Dämmung ist eine der häufigsten und effektivsten Massnahmen, um den Energieverbrauch zu senken. Zudem bietet sie die Möglichkeit, bei einer kompletten Erneuerung das Dach nach Nutzungswünschen und wenn gesetzlich erlaubt, die Raumnutzung umzugestalten und aufzustocken.

Die Dämmung des Daches macht ca. 10 bis 20 % des Gebäudeenergieverbrauchs aus.¹⁹

Umsetzung:

Aufgrund der schlechten Dämmung und des Vorhandenseins von asbesthaltigen Eternit-Schindeln (Baujahr 1974) ist anstelle einer nachträglichen Dämmung eine komplette Erneuerung des Daches vorgesehen. Dies ermöglicht die fachgerechte Entsorgung der Schadstoffe und die Errichtung eines neuen Daches, das umwelttechnisch und gesundheitlich unbedenkliche Materialien nach dem heutigen Baustandard aufweist.

Die Erneuerung des Daches erfolgt im bisherigen Stil als Satteldach mit identischen Dachflächen. Als technische Anforderung wird dabei ein U-Wert von unter 0,25 W/(m²k) definiert, welche die neue Dachkonstruktion und Dämmvariante mindestens erreichen muss.

5.1.1 Varianten der Schrägdachdämmung

Zur Evaluierung der Dämmvariante eines Schrägdaches konnten zwei häufig angewendete Varianten gefunden werden. Diese bestehen aus Aufsparrendämmung und der Dämmung zwischen und unter den Sparren²⁰. Die beiden Varianten unterscheiden sich in der Anordnung der Dämmung in der Dachkonstruktion. Im Falle des behandelten Mehrfamilienhauses mit kompletter Dachsanierung wird eine Aufsparrendämmung verwendet, da sie sich problemlos auf einer neuen Konstruktion aufbauen lässt und eine homogene, wärmebrückenfreie Dämmschicht bildet. Zur Veranschaulichung der Unterschiede sind nachfolgend die beiden Dämmvarianten grafisch dargestellt und erklärt.

¹⁹ Energie Schweiz, Gebäude erneuern - Energieverbrauch halbieren, S.33, publ. Januar 2022

²⁰ Energie Schweiz, Gebäude erneuern - Energieverbrauch halbieren, S.35, publ. Januar 2022

Aufsparrendämmung (gewählte Variante):

Merkmal	Dämmung (orange) über dem Sparren angeordnet
Vorteile	-Homogene wärmebrückenfreie Dämmschicht -Ideal bei Dacherneuerungen
Nachteile	-Dach muss Ausgedeckt sein -Höhere Investitionskosten, wenn das Dach nicht erneuert wird

Tabelle 4: Beschreibung Aufsparrendämmung

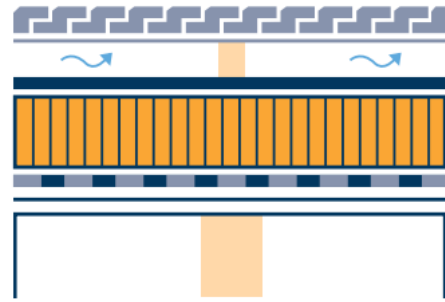


Abbildung 10: Konstruktion Aufsparrendämmung

Dämmung zwischen und unter den Sparren:

Merkmal	Dämmung (orange) ist zwischen und unter dem Sparren angeordnet
Vorteile	-Tiefere Investitionskosten, Umsetzung von Innen möglich
Nachteile	-Wärmebrücken möglich -Tragende Konstruktion im kalten, höheres Feuchtigkeitsrisiko bei allenfalls nicht genug dichter Dampfbremse -Reduktion der Raumhöhe durch Dämmung unter dem Sparren

Tabelle 5: Beschreibung Dämmung zwischen und unter dem Sparren

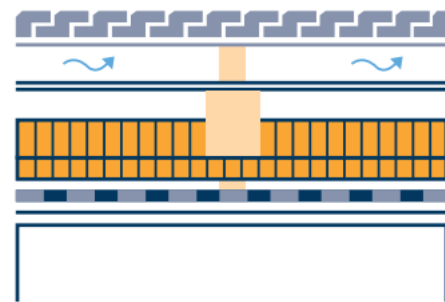


Abbildung 11: Konstruktion zwischen und unter Sparrendämmung

5.1.2 Konstruktion Aufsparrendämmung und Dämmmaterial

Grundsätzlich können diverse Aufsparrendämmung-Konstruktionen verwendet werden, diese unterscheiden sich in der Anzahl verbauten Dämmschichten sowie deren Aufbauweise. Beim Thema Dämmmaterial können für die Verwendung bei Aufsparrendämmung Dämmplatten aus Materialien wie Glaswolle, Steinwolle, Holzfaser, Polystyrol (EPS) und Polyurethan (PUR) verwendet werden²¹.

Für die Sanierung wurde das sogenannte „Flumserdach“²² der Schweizer Firma Flumroc AG gewählt, die auf Steinwolle-Dämmung spezialisiert ist. Diese Entscheidung basiert auf den hervorragenden dämmenden sowie ökologischen Eigenschaften und der 100 % Recyclbarkeit des Materials. Die Dachkonstruktion wird als Aufsparrendämmung mit Steinwollplatten ausgeführt. Um den angestrebten Wärmedurchgangskoeffizienten von maximal $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ sicherzustellen und sehr gute Dämmeigenschaften zu gewährleisten, wird eine Dämmstärke von 160 mm verwendet. Mit dieser Konstruktion wird ein U-Wert von $0,207 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ erreicht.

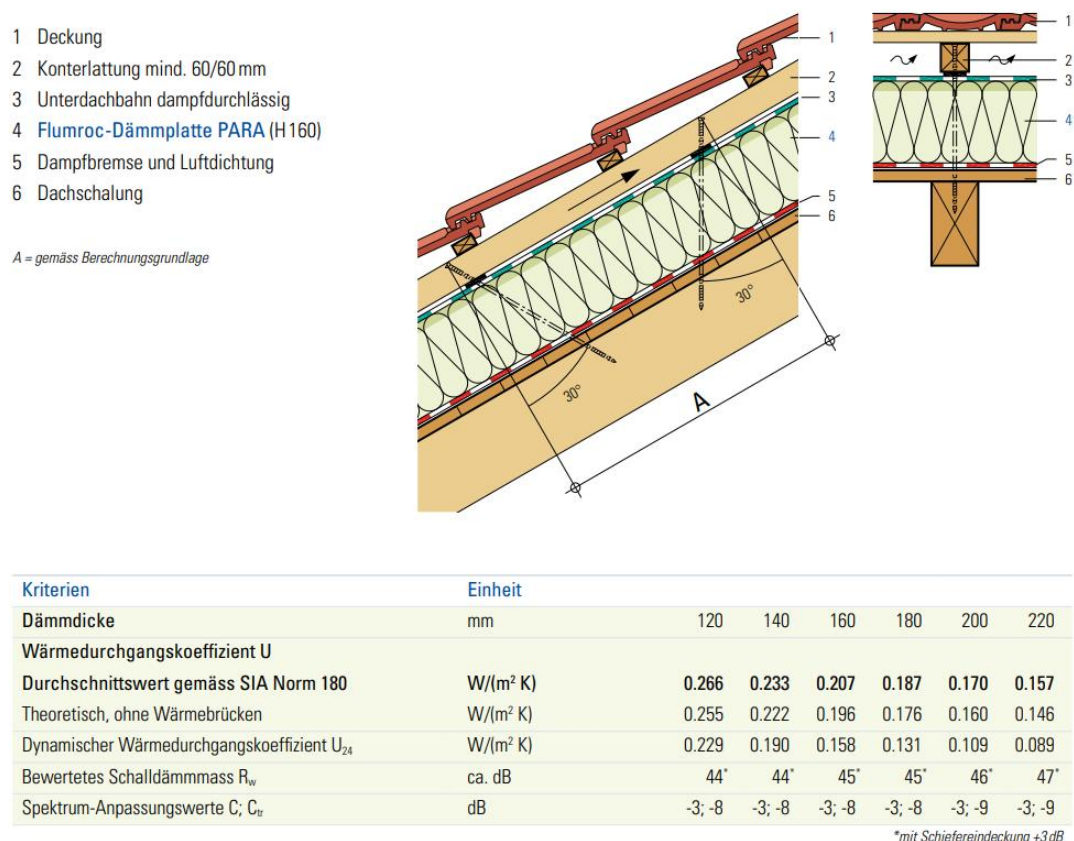


Abbildung 12: Konstruktion und Dämmmaterial Flumserdach Flumroc

²¹ Energieheld.de, Aufsparrendämmung, Zugriff 6. Oktober 2025

²² Flumroc AG, Anwendung «Steildach, Flumserdach», Zugriff 6. Oktober 2025

5.2 Fenster

Eine der beliebtesten Sanierungsmassnahmen, die stetig erweitert werden kann, ist der Fensterersatz. Im Vergleich zu den anderen behandelten Massnahmen ist diese kostengünstiger und hat neben den optischen Erneuerungen bei einem kompletten Ersatz einen Einfluss von 5 bis 10 % auf den Energieverbrauch²³.

Umsetzung:

Da ein Teil der Fenster bereits im Jahr 2023 ersetzt wurde und diese nach den heutigen Vorgaben mit Dreifachverglasung ausgeführt sind, werden für die Vereinheitlichung und den optischen Eindruck möglichst gleich aussehende Kunststofffenster verbaut. Diese müssen einen U_g -Wert für das Glas von mindestens $0,6 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ und einen U_w -Wert für das gesamte Fenster von unter $1,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ erreichen.

5.2.1 Fenster Auswahl

Um optische Abweichungen zu den bereits verbauten Fenstern zu vermeiden, wird die gleiche Marke, die Fensterfirma Hilzinger AG mit Sitz in Deutschland, verwendet. Dabei konnte ein identischer Fenstertyp das Hilzinger Matura 76²⁴ gefunden werden. Dieser hat die gleichen Eigenschaften wie eine 3-fach-Verglasung, einen Kunststoffrahmen, einen U_g -Wert des Glases von $0,6 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ und einen U_w -Wert des gesamten Fensters von $0,9 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Mit einer Einbautiefe von 76 mm ist das Fenster ideal für Neubauten und Sanierungen geeignet.



U_g W/(m ² K)	U_f W/(m ² K)	Warme Kante W/(mK)	LT %	g %	U_w ¹⁾ W/(m ² K) bis
1,1	1,2	0,041	79-83	63-65	1,2
0,7	1,2	0,039	70-74	50-54	0,95
0,7	1,2	0,030	70-74	50-54	0,93
0,6	1,2	0,039	70-74	50-54	0,89
0,6	1,2	0,030	70-74	50-54	0,86
0,5	1,2	0,030	70-74	50-54	0,80

Abbildung 14: Matura 76 von Datenblatt

Abbildung 13: Hilzinger Matura 76
Fenster

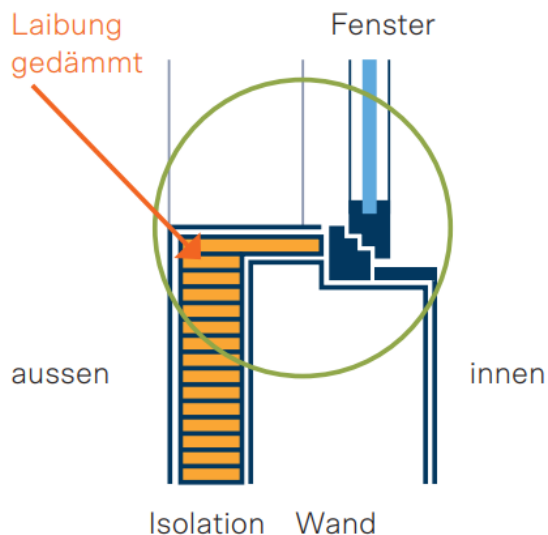
²³ Energie Schweiz, Gebäude erneuern – Energieverbrauch halbieren, S26, publ. Januar 2022

²⁴ Hilzinger «Fenster Matura 76», Zugriff 6. Oktober 2025

5.2.2 Einbau der Fenster

Beim Einbau der Fenster muss darauf geachtet werden, dass die Laibung des Fensters gedämmt wird. Andernfalls entstehen Wärmebrücken und es besteht die Gefahr von Kondensat durch Luftfeuchtigkeit, was zu Schimmelbildung führen kann. Durch den Ersatz der Fenster werden undichte Stellen in der Gebäudehülle reduziert. Dadurch wird der Luftaustausch geringer und die relative Luftfeuchtigkeit in den Innenräumen steigt an. Dadurch können bei schlecht gedämmten Bauteilen Feuchtigkeitsschäden entstehen. Deshalb empfiehlt es sich, wie im Konzept vorgesehen, eine komplette Fenstererneuerung mit einer Fassadenerneuerung zu kombinieren²⁵.

Korrekt: Fensterlaibung gedämmt



Falsch: Fensterlaibung ungedämmt

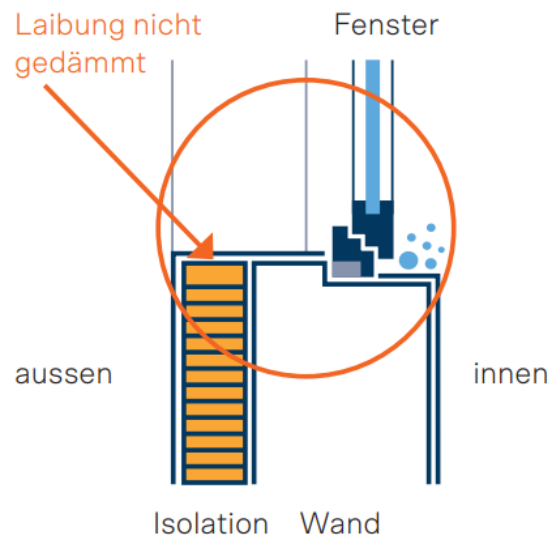


Abbildung 15: Visualisierung korrektes Dämmen der Laibung

²⁵ Energie Schweiz, Gebäude erneuern – Energieverbrauch halbieren, S27, publ. Januar 2022

5.3 Haustür und Garagentor

Wie bei Fenstern führen auch Öffnungen in Haus- und Garagentoren zu signifikanten Wärmeverlusten. Um diese zu verringern und gleichzeitig den Wohnkomfort zu steigern, müssen sie gegen besser gedämmte Komponenten ausgetauscht werden.

Umsetzung:

Die jetzige Haustür sowie das Garagentor sind noch ältere Modelle ohne Wärmedämmeigenschaften. Die Haustür sowie ihre Seitenteile bestehen aus Holz und Glaselemente mit Zweifachverglasung. Das Garagentor wiederum besteht aus einem nach oben öffnendem Schwingtor mit Holzlattungen und Stahlrahmen. Um die Wärmedämmeigenschaften stark zu verbessern, wird für die neue Haustür ein U-Wert von $1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ und für das neue Garagentor $2 \text{ W/m}^2\text{K}$ vorausgesetzt.

5.3.1 Haustür Auswahl

Als Ersatz für die Haustür wurde ein Modell mit einem angestrebten U-Wert $1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ gesucht. Die Recherche ergab die Aluminium-Haustür «Thermosafe»²⁶ mit Seitenteilen von Hörmann. Diese Serie umfasst gedämmte Aluminiumhaustüren, deren U-Wert je nach Wahl der Türblatt-Optik zwischen $0.9 \text{ W/m}^2\text{K}$ und $1.3 \text{ W/m}^2\text{K}$ liegt. Da die Datenblätter keine exakte Zuordnung des Türblatts zum U-Wert ermöglichen, wird vorsichtshalber der höchste Wert von $1.3 \text{ W/m}^2\text{K}$ für die weiteren Berechnungen verwendet.



Abbildung 17: Alu-Haustür Thermosafe Hörmann



Abbildung 16: Haustür in Sketch Up visualisiert

²⁶ Hörmann, Katalog «Haustüren, Alu-Haustür Thermosafe», Zugriff 19. Oktober 2025

5.3.2 Garagentor Auswahl

Ebenfalls für das Garagentor wurde eine Lösung des Herstellers Hörmann gewählt, um den angestrebten maximalen U-Wert von $2.0 \text{ W/m}^2\text{K}$ zu erreichen. Der Ersatz des bestehenden Schwingtors durch das Sektionaltor LPU 42 (M-Sicke)²⁷ ermöglicht eine Reduktion des U-Werts $1.3 \text{ W/m}^2\text{K}$. Bei diesem Modell handelt es sich um ein doppelwandiges Sektionaltor mit Stahl-Lamellen, das über hervorragende Wärmedämmeigenschaften verfügt.



Abbildung 19: Querschnitt doppelwandig gedämmte Lamelle Sektionaltor



Abbildung 18: Doppelwandiges Stahl-Lamellen Sektionaltor Hörmann

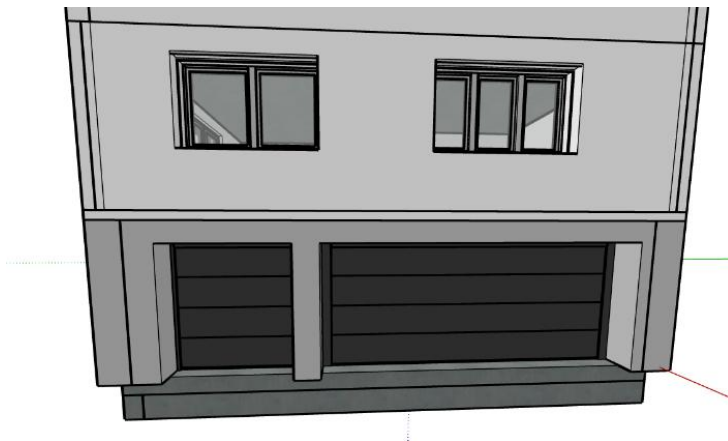


Abbildung 20: Garagentor in Sketch Up visualisiert

²⁷ Hörmann, Katalog «Garagentore, Sektionaltore LPU 42», zugriff 19. Oktober 2025

5.4 Fassadenerneuerung

Mit der Dämmung der Fassade können 10 bis 20%²⁸ des Gesamtenergieverbrauchs reduziert werden. Diese Massnahme ist besonders bei älteren Gebäuden von grosser Relevanz, da Bauten vor 1975 in der Regel kaum oder nur unzureichend gedämmt wurden. Im Vergleich besitzen Fassadenkonstruktionen aus dem Jahrgang 1975, U-Werte um ca. 1.0 W/(m²K) und gut gedämmte Neubauten ca. 0,17 W/(m²K).

Umsetzung:

Für die Umsetzung der Fassadenerneuerung am bestehenden Zweischalenmauerwerk mit Luftzwischenraum und einem U-Wert von 1,01 W/(m²K) aus dem Jahr 1974 wird nach der Sanierung ein Zielwert von mindestens 0,25 W/(m²K) angestrebt. Um eine harmonische Abstimmung mit der Dämmung und der Fenstererneuerung inklusive Dämmung der Laibung zu erreichen, wird eine Aussendämmung verwendet. Diese Dämmvariante wird in der Regel am häufigsten angewendet und ist weniger heikel in der Umsetzung als eine Innendämmung.

Durch die Aussendämmung wird die Fassade in jedem Umsetzungsfall dicker. Dadurch können sich je nach Dicke der verwendeten Konstruktion und Dämmmaterials bei dem Fenster sogenannte «Schiessscharten» bilden. Dieser Effekt beschreibt, dass die Fenster nach der angefügten Dämmung sehr weit innen stehen, was nicht sehr schön aussieht. Daher wird darauf geachtet, dass die Dicke der gesamten Aussendämmung mit Putz unter 150 mm liegen.

Die Dämmvariante Kerndämmung wird bei der Umsetzung ausgeschlossen, da das Zweischalenmauerwerk nur einen 30 mm breiten Luftzwischenraum besitzt und die Dämmung dadurch im Vergleich zur Aussendämmung nicht viel beitragen würde.

²⁸ Energie Schweiz, Gebäude erneuern – Energieverbrauch halbieren, S29, publ. Januar 2022

5.4.1 Vergleich zur Visualisierung Innen- und Aussendämmung, Kerndämmung *Fassadendämmung Aussen:*

Merkmal	Dämmung wird ausserhalb des Gebäudes angebracht. Dabei sind je nach Konstruktion und Dicke des Dämmmaterials bis zu Neubauwerte von U-Wert 0.17 $/(m^2K)$ möglich
Vorteile	-Ideal kombinierbar mit Ersatz der Fenster -Erprobte und sichere Lösung
Nachteile	-Kostenintensiv

Abbildung 22: Beschreibung Fassade Aussendämmung

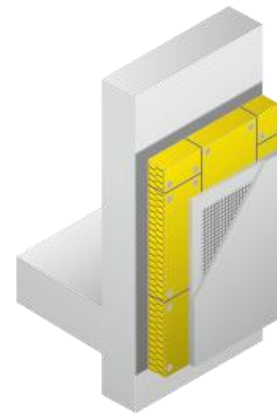


Abbildung 21: Visualisierung Aussendämmung

Fassadendämmung Innen:

Merkmal	Dämmung wird auf der Innenseite der Fassade angebracht
Vorteile	-Kostengünstiger
Nachteile	-Benötigt Bauphysikalische Abklärungen, Gefahr bei schlechter Ausführung auf Kondensat, welches zu Bauschäden führen kann. -Platzverlust im Innenraum

Abbildung 24: Beschreibung Fassade Innendämmung



Abbildung 23: Visualisierung Innendämmung

Kerndämmung der Fassade:

Merkmale	Die Dämmung wird in die Hohlräume der gewünschten Dämmelemente hineingeblasen, Oder bei Neubauten mit Dämmplatten ausgekleidet
Vorteile	-Kostengünstig im Vergleich zur Aussen- oder Innendämmung -Kann bei Neubauten oder Sanierungen angewandt werden
Nachteile	-Erfordert genügend Hohlraum für Dämmwirkung, z.B. Zweischalenmauerwerk mind. 40mm

Abbildung 25: Beschreibung Fassade Kerndämmung

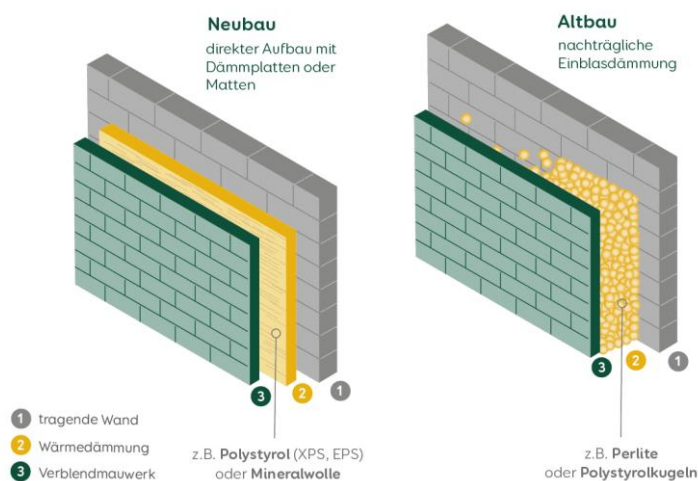


Abbildung 26: Visualisierung Kerndämmung Neubau zu Möglichkeit Altbau

5.4.2 Konstruktion und Dämmmaterial

Für die Aussendämmung des Zweischalenmauerwerks gibt es folgende Varianten: Verputzte Fassadendämmung und hinterlüftete Bekleidung. Anders als bei der verputzten Variante, wird, wie der Name sagt, nach der Dämmung auf dem bestehenden Zweischalenmauerwerk die Dämmung mit einer Hinterlüftung und einer neuen Fassade vorgehängt, die dem Gebäude auf Wunsch einen neuen Look verschaffen kann. Da das bisherige Aussehen mit den verputzten und gestrichenen Wänden beibehalten werden soll, wird die verputzte Fassadendämmung verwendet. Zudem hat diese Variante den Vorteil, dass sie konstruktiv weniger aufwändig ist.

Um die Fassade von aussen zu dämmen, können etliche Fassadendämmplatten aus den Materialien wie bei der Dachdämmung genutzt werden. Für das Mehrfamilienhaus entschied ich mich hier wieder auf das Material Steinwolle und die Produkte von Flumroc AG zu

beziehen. Denn die Flumroc-Dämmplatte Compact Pro²⁹ besitzt mit der Steinwolle eine tiefe Wärmeleitfähigkeit λ von $0.034 \text{ W/m}^2\text{K}$ und braucht lediglich 120mm Dämmstärke für einen U-Wert der gedämmten Fassade von $0.233 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dies sind gute Voraussetzungen, um die 150 mm Fassadendämmung und allfällige "Schiessscharten" möglichst zu unterbinden. Da die U-Werte jedoch für ein Verbundmauerwerk, statt für das vorhandene Zweischalenmauerwerk berechnet wurden, können sie nicht direkt übernommen werden und müssen manuell mit dem Online-Tool Ubakus berechnet werden.

U-Wert Ermittlung Ubakus:

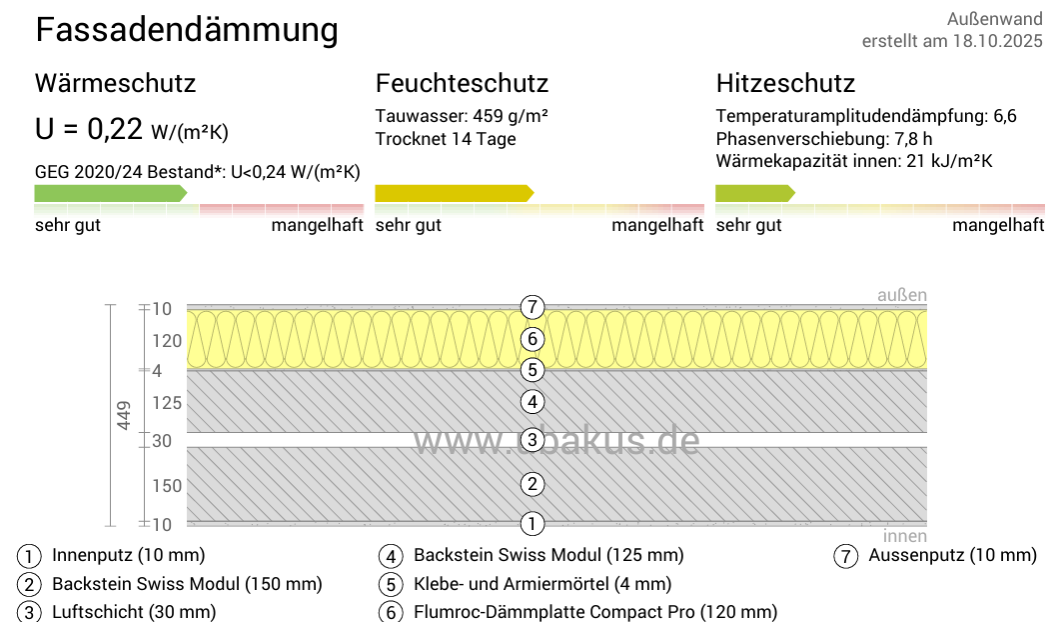


Abbildung 27: Konstruktion Fassadendämmung mit U-Wert Ubakus

²⁹ Flumroc AG, Produkte «Dämmplatte Compact Pro», Zugriff 19. Oktober 2025

5.5 Dämmung der Innenwände und Decke gegen die Garage

Umsetzung:

Um die Wärmeverluste über die unbeheizte Garage und das im Vergleich zur Fassade schlecht dämmende Garagentor möglichst klein zu halten, werden die Innenwände und die Decke zur Garage hin gedämmt. Bei der Umsetzung dieser Sanierungsmassnahme muss darauf geachtet werden, dass bei der Deckendämmung, die vom Kanton Bern vorgeschriebene Mindestraumhöhe von 2,3 m für Wohn- und Arbeitsräume eingehalten wird³⁰.

5.5.1 Innenwände gegen Garage

Bei der Dämmung der Innenwände zur Garage hin wird auf eine einfache Konstruktion aus Lattung, Steinwolle-Dämmplatten und Fermacell-Gipsfaserplatten gesetzt. Der Aufbau besteht darin, dass die Lattung in regelmässigen Abständen auf der bestehenden gemauerten Innenwand montiert wird. Anschliessend können die 60 mm starken Steinwollen-Dämmplatten von Flumroc³¹ dazwischen platziert und die Fermacell-Gipsfaserplatten darüber auf den Lattungen montiert werden. Darüber kann ein Verputz mit Anstrich wie gewohnt erstellt werden.

Dieser einfache Aufbau ermöglicht es, den U-Wert der Innenwand von 1,61 W/(m²·K) auf 0,46 W/(m²·K) zu senken.

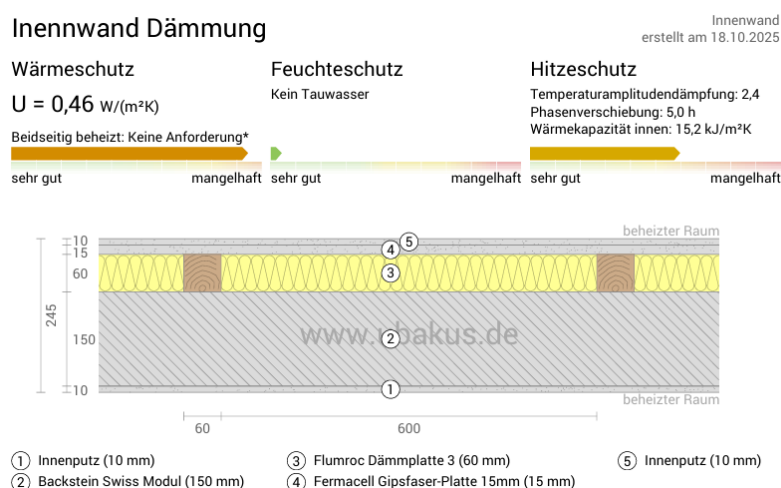


Abbildung 28: Konstruktion Innenwanddämmung mit U-Wert Ubakus

³⁰ Kanton Bern, 721.1 Bauverordnung «Art. 67 Minimale Grösse», in Kraft seit 1. Mai 2024

³¹ Flumroc AG, Produkte «Dämmplatte 3», Zugriff 19. Oktober 2025

5.5.2 Decke über Garage

Die Dämmung der Garagendecke wird, ebenso wie die Innenwanddämmung, mit Steinwolle umgesetzt. Hierbei wird die Flumroc Dämmplatte Topa³² verwendet, die speziell für die Deckendämmung konstruiert wurde und mit weissem Glasvlies als Oberfläche ausgeliefert wird. Die Montage dieser Dämmung erfolgt mit Kleber und mechanischer Befestigung mittels Schraubhalter direkt an der Decke. Somit kann der U-Wert der Decke von 1,09 W/(m²K) auf 0,37 W/(m²K) gesenkt werden, wobei die Mindestraumhöhe von 2,30m mit einer Raumhöhe nach der Dämmung von 2,39 m gut eingehalten wird.

Decke über Garage Gedämmt

Fußboden
erstellt am 18.10.2025

Wärmeschutz

$U = 0,37 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Beidseitig beheizt: Keine Anforderung*

sehr gut

mangelhaft

Feuchteschutz

Kein Tauwasser

sehr gut

mangelhaft

Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 48

Phasenverschiebung: 8,5 h

Wärmekapazität innen: 252 kJ/m²K

sehr gut

mangelhaft

www.ubakus.de

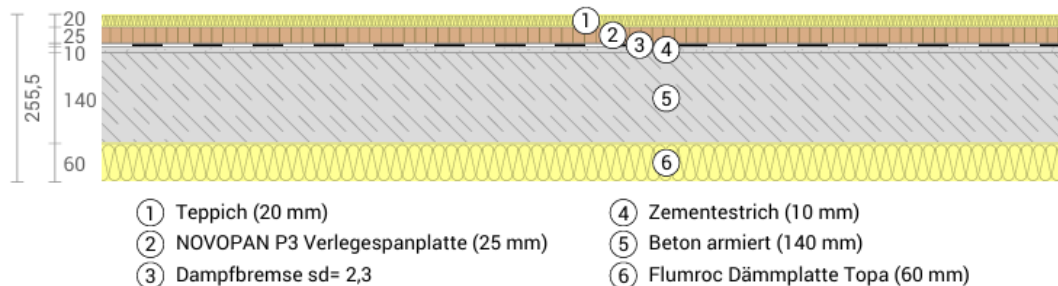


Abbildung 29: Konstruktion Deckendämmung mit U-Wert Ubakus

³² Flumroc AG, Produkte «Dämmplatte Topa», Zugriff 19. Oktober 2025

5.6 Dämmung der Böden gegen Erdreich

Durch die Dämmung der Böden im gewünschten Dämmperimeter kann der Wärmeverlust zum Erdreich hin verringert werden. Zudem wird der Komfort in der Erdgeschosswohnung durch einen wärmeren und dämpfenden Boden gesteigert.

Umsetzung:

Die Flächen, bei denen der Boden gedämmt wird, richten sich nach dem definierten Dämmperimeter. Dabei werden die Böden des Kellers, der Waschküche mit Heizung, sowie die Böden der Erdgeschosswohnung und des Bastelraums gedämmt. Da diese drei Flächen unterschiedlich genutzt werden, unterscheiden sich die Ausführung der Bodendämmung und der darauffolgende Bodenbelag. Daher werden die Erdgeschosswohnung, der Keller und der Bastelraum separat behandelt. Bei allen Ausführungen ist die Voraussetzung, dass die Mindestraumhöhe von 2,3 m eingehalten wird.³³

5.6.1 Boden Erdgeschosswohnung

Eine Dämmung des Bodens der Erdgeschosswohnung ist essenziell, um die thermische Qualität des Raumes zu verbessern und eine Nutzung als vollwertige Wohnfläche zu ermöglichen. Für den Bodenaufbau ist es wichtig, Wärme- und Trittschalldämmung zu berücksichtigen, um eine hohe Dämmleistung und den gewünschten Wohnkomfort zu erreichen. Dafür wird der Boden mit einer 60 mm starken Flumroc-Dämmplatte Mega³⁴, einer darüberliegenden Verlegungsplatte und einem Korkbelag ausgeführt. Diese Kombination ermöglicht eine erfolgreiche Senkung des U-Werts von 1,10 W/m²K auf 0.48 W/m²K, ohne den Wohnkomfort negativ zu beeinflussen.

³³ Kanton Bern, 721.1 Bauverordnung «Art. 67 Minimale Grösse», in Kraft seit 1. Mai 2024

³⁴ Flumroc AG, Produkte «Bodenplatte Mega», Zugriff 19. Oktober 2025

Dämmung Fussboden Whg EG

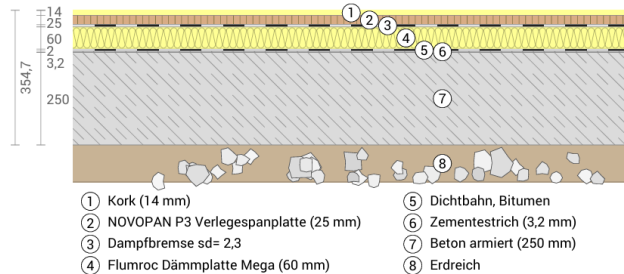


Abbildung 30: Konstruktion Dämmung Fussboden Whg EG mit U-Wert Ubakus

5.6.2 Boden Keller und Bastelraum

Der Boden muss den Anforderungen eines Waschrums im Keller mit Heizung sowie denen eines Bastelraums gerecht werden. Er sollte wasserresistent sein und das Gewicht der Heizung sowie der dazugehörigen Heizungs- und Warmwasserspeicher tragen können. Um diese Anforderungen zu erfüllen, wird der Dämmstoff Schaumglas mit dem Foamglas Board S3³⁵ verwendet, welches eine hohe Druckfestigkeit und Dichtigkeit aufweist und sich somit für die Nutzung in Waschräumen eignet. Darauf wird ein Fermacell Powerpanel H2O³⁶, das feuchtigkeitsresistent ist, sowie ein Bodenbelag aus Fliesen vorgesehen. Durch diese Dämmung erreicht der Keller mit Waschküche, Heizung und Bastelraum einen U-Wert von $0,55 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Fußboden

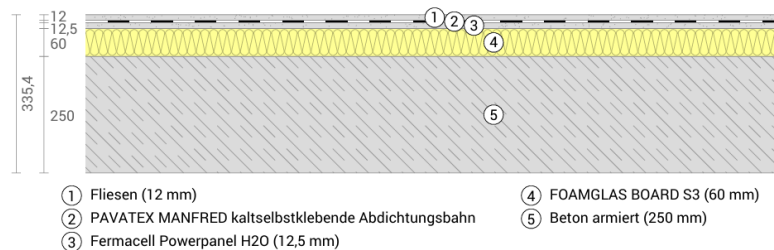


Abbildung 31: Konstruktion Dämmung Fussboden Keller und Bastelraum mit U-Wert Ubakus

³⁵ Foamglas, Produkte «Board S3», Zugriff 19. Oktober 2025

³⁶ James Hardie Europa GmbH, Produkte «Fermacell Power Panel H20», Zugriff 19. Oktober 2025

6 Berechnung des Wärmeheizbedarfs mittels SIA 380/1

6.1 Nutzen und Relevanz

Die Norm SIA 380/1 befasst sich ausschliesslich mit und um den Heizwärmebedarf von Gebäuden. Der Heizwärmebedarf ist darum so wichtig, weil er der Indikator für die benötigte Menge Heizwärme Energie pro m^2 Energiebezugsfläche ist. Bedeutet wie viel Heizwärme Energie an die beheizten Räume abgegeben werden muss, um die Wohnraumtemperaturen auf 20°C halten zu können. Desto kleiner dieser Wert ist, desto weniger Wärme geht durch das Gebäude verloren und desto weniger muss durch den Wärmeerzeuger an Heizwärme Energie zur Verfügung gestellt werden.

Mit diesem Indikator kann nach der Berechnung über die SIA 380/1 ebenso das Gebäude nach seiner Sanierung in die GEAK-Klasse eingeteilt und überprüft werden, ob wir uns mit den geplanten Sanierungsmassnahmen in der angestrebten GEAK-Kategorie B befinden.

Zudem wird die Berechnung des Heizwärmebedarfs benötigt, um nach den Sanierungsmassnahmen 1-6, welche sich um die Gebäudehülle handeln, die 7. Massnahme des Wärmeerzeuger Ersatzes für Heizung und Warmwasser in seiner Heizleistung zu dimensionieren.

6.2 Funktion des SIA 380/1 Excel-Berechnungstools kurz gesagt

Das SIA 380/1 Excel-Berechnungstool berechnet den benötigten Heizwärmebedarf für das Gebäude, in dem es mit den U-Werten der einzelnen Gebäudekomponenten und deren Flächen zusammen mit der Energiebezugsfläche und die Wärmeverluste über das Jahr hinaus berechnet. Dazu werden im Tool auch die Solaren-Wärmeeinträge über die Fenster sowie die Verschattungen von benachbarten Gebäuden berücksichtigt, den die Solaren-Wärmeeinträge über die Fenster helfen, um den Heizwärmebedarf zu senken.

6.3 Die Berechnung und ihr Vorgehen

6.3.1 Angaben zur Nutzung und Standort

Als erstes werden Angaben zur Nutzung und des Standortes gemacht. Hierbei muss die Art der Berechnung (Vordimensionierung), die Gebäudekategorie (MFH), Angaben zum Standort der Klimastation (Bern-Liebefeld), Planungszweck (Umbau) und Bauweise (Schwer) angegeben werden. Diese Angaben dienen dazu, damit die Rechnung auf Mehrfamilienhäuser bezogen wird und die Jahrestemperaturen im Kanton Bern berücksichtigt werden. Die Angaben zur Temperatur Regelung und Zuschlag für Wärmebrücken wurden standardmässig belassen.

Berechnung:	Vordimensionierung																				
Gebäudekategorie:	Wohnen MFH I																				
Werte der Standardnutzung: <table> <tr> <td>Raumtemperatur [°C]:</td> <td>20</td> <td>Elektrizitätsbedarf pro Jahr [kWh/m²]:</td> <td>28</td> </tr> <tr> <td>Personenfläche [m²/P]:</td> <td>40</td> <td>Reduktionsfaktor EL-Bedarf [-]:</td> <td>0.7</td> </tr> <tr> <td>Wärmeabgabe pro Person [W/P]:</td> <td>70</td> <td>Aussenluft-Volumenstrom [m³/hm²]:</td> <td>0.7</td> </tr> <tr> <td>Präsenzzeit pro Tag [h]:</td> <td>12</td> <td>Basis $Q_{H,0}$ [kWh/m²]:</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Steigung $\Delta Q_{H,0}$ [kWh/m²]:</td> <td>15</td> </tr> </table>		Raumtemperatur [°C]:	20	Elektrizitätsbedarf pro Jahr [kWh/m²]:	28	Personenfläche [m²/P]:	40	Reduktionsfaktor EL-Bedarf [-]:	0.7	Wärmeabgabe pro Person [W/P]:	70	Aussenluft-Volumenstrom [m³/hm²]:	0.7	Präsenzzeit pro Tag [h]:	12	Basis $Q_{H,0}$ [kWh/m²]:	13			Steigung $\Delta Q_{H,0}$ [kWh/m²]:	15
Raumtemperatur [°C]:	20	Elektrizitätsbedarf pro Jahr [kWh/m²]:	28																		
Personenfläche [m²/P]:	40	Reduktionsfaktor EL-Bedarf [-]:	0.7																		
Wärmeabgabe pro Person [W/P]:	70	Aussenluft-Volumenstrom [m³/hm²]:	0.7																		
Präsenzzeit pro Tag [h]:	12	Basis $Q_{H,0}$ [kWh/m²]:	13																		
		Steigung $\Delta Q_{H,0}$ [kWh/m²]:	15																		
Klimastation SIA 2028:2010:	Bern-Liebefeld																				
Um- oder Neubau:	Umbau																				
Bauweise:	schwer																				
Raumtemperaturregelung:	Einzelraum-Temperaturregelung																				
Zuschlag für Wärmebrücken:	5 %																				

Martinielli + Merli AG, April 2019 Version 10.1.1

Abbildung 32: Excel SIA 380/1 Eingabe Nutzung und Standort

6.3.2 Berechnung Energiebezugsfläche EBF

Die Energiebezugsfläche EBF ist in der SIA 380 Ziff. 3.2 sowie auch im Excel definiert. Sie bezieht sich hauptsächlich mit wenigen Ausnahmen auf die zur Nutzung aktiv konditionierten Flächen, dies bedeutet auf die aktiv beheizten. Dabei wird die Summe der einzelnen EBF-Flächen verwendet. Zur Übersicht habe ich diese einzeln nach Stockwerk und das Treppenhaus aufgeteilt. Das Excel rechnet daraus selbständig die Summe der EBF Fläche.

Geschossbezeichnung	EBF A_E [m ²]
Erdgeschoss	50
Hochparterre	110
Dachgeschoss	107
Beheiztes Treppenhaus	30
Total	296

Abbildung 33: Excel SIA 380/1 Berechnung EBF

6.3.3 Gebäudekomponenten/Bauteile

Um den Heizwärmebedarf zu rechnen, benötigt es die Angaben der Gebäudekomponenten für die Ermittlung der Transmissionswärmeverluste. Dieser beschreibt nach Definition SIA 380/1 die «Wärme, die während eines Monats vom beheizten Raum an die äussere Umgebung durch die Wärmeübertragung der Gebäudekomponenten abgegeben wird, bezogen auf die Energiebezugsfläche»³⁷.

Dabei wird unterschieden zwischen den Gebäudekomponenten zum Aussenklima und gegen unbeheizte Räume und das Erdreich. Die Angaben beziehen sich jeweils auf die Ausrichtung, Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert, Fläche, Reduktionsfaktor, Bauteilheizung/Heizkörper und bei den Fenstern die detaillierten Angaben zu den Glas Werten g-Wert, Glasanteil und Verschattungsfaktor Horizont fs1 und Verschattungsfaktor Überhang fs2.

³⁷ Norm SIA 380/1, «1.3.3.4 Transmissionswärmeverluste QT», ed. 1. Dezember 2016

6.3.3.1 Gegen Aussenklima

Hierbei handelt es sich um die Gebäudekomponenten Dächer, Wände, Fenster, Dachfenster und Türen.

[illegible]

Abbildung 34: Excel SIA 380/1 Eingabe Angaben Dächer und Wände gegen Aussenklima

1.3 Fenster													
	Orientierung	Ausmass [m2]	U-Wert [W/m2K]	g-Wert Glas	Glasanteil	Horizont fs1	Überhang fs2	Seitenblende fs3	Seitenblende fs3	Heizkörper [°C]	Nr.	Qt [kWh/m2]	Anteil
Erdgeschoss	S	3.17	0.90	0.60	0.75	0.79				20	6	0.91	1%
Erdgeschoss	N	1.2	0.90	0.60	0.75	0.99				20	7	0.35	1%
Erdgeschoss	W	1.2	0.90	0.60	0.75	0.81				20	8	0.35	1%
Hochparterre	S	5	0.90	0.60	0.75	0.89				20	9	1.44	2%
Hochparterre	N	3.92	0.90	0.60	0.75	0.99				20	10	1.13	2%
Hochparterre	O	5.54	0.90	0.60	0.75	1.00				20	11	1.60	2%
Hochparterre	W	1.64	0.90	0.60	0.75	0.94				20	12	0.47	1%
Dachgeschoss	O	1.6	0.90	0.60	0.75	1.00				20	13	0.46	1%
Dachgeschoss	W	1.6	0.90	0.60	0.75	1.00				20	14	0.46	1%
Sanierte Fenster 2023 EG	S	11.6	0.90	0.60	0.75	0.96	1			20	15	3.35	5%
Sanierte Fenster 2023 HochP	S	11.6	0.90	0.60	0.75	1.00				20	16	3.35	5%
Sanierte Fenster 2023 HochP	W	2.89	0.90	0.60	0.75	0.94				20	17	0.83	1%
1.4 Fenster in horiz. Flächen													
	Orientierung	Ausmass [m2]	U-Wert [W/m2K]	g-Wert Glas	Glasanteil	Horizont Süd	Horizont West	Horizont Ost	Horizont Nord	Heizkörper [°C]	Nr.	Qt [kWh/m2]	Anteil
Dachfenster	S	1.19	1.00	0.62	0.75					20	18	0.38	1%
Dachfenster	N	3.56	1.00	0.62	0.75					20	19	1.14	2%

Abbildung 35: Excel SIA 380/1 Eingabe Angaben Fenster

1.6 Türen	Typ	Ausmass [m2]	U-Wert [W/m2K]	Orientierung	Nr.	Qt [kWh/m2]	Anteil
Haustür Neu		1.6	1.30		20	0.67	1%
Garagentore Neu		15.19	1.30		21	6.33	9%

Abbildung 36: Excel SIA 380/1 Eingabe Angaben Türen

6.3.3.2 Ermittlung Verschattungsfaktoren Fenster

Die Verschattungsfaktoren Horizont f_{s1} und Überhang f_{s2} wurden mithilfe des CAD-Programms Sketch Up ermittelt. Hierfür wurde die Umgebung mit den benachbarten Gebäuden von Swisstopo ins Programm integriert.³⁸

Verschattungsfaktor Horizont f_{s1} : Dieser Faktor beschreibt die horizontale Verschattung in Abhängigkeit von der Fassadenausrichtung und den benachbarten Objekten. Die Messung erfolgt dabei horizontal von der Mitte der Fassadeöffnung (Fenster) bis zur Oberkante des höchsten Verschattungselements des Nachbargebäudes.

Tabelle 20 Verschattungsfaktor Horizont f_{s1} (Rechenwerte)

Horizontwinkel α	Orientierung der Fassade		
	Süd	Ost, West	Nord
0°	1,00	1,00	1,00
10°	0,96	0,94	1,00
20°	0,82	0,81	0,97
30°	0,59	0,68	0,94
40°	0,45	0,60	0,90
50°	0,36	0,50	0,86
60°	0,27	0,40	0,82
≥ 70°	0,19	0,30	0,78

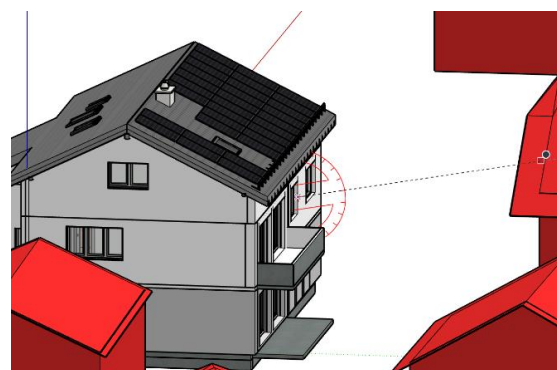


Abbildung 38: Tabelle 20 SIA 380/1 Verschattungsfaktor f_{s1}

Abbildung 37: Winkel für f_{s1} ermitteln Sketch Up

Verschattungsfaktor Überhang f_{s2} : Der Faktor des Überhangs beschreibt die Verschattung durch darüberliegende Gebäudekomponenten wie der Balkon auf der Südseite. Die Ermittlung dieses Winkels ist fensterweise notwendig. Wobei beim MFH nur eine Messung gemacht werden musste, da es nur einen Balkon hat und keine weiteren Überhänge vorhanden sind.

Tabelle 21 Verschattungsfaktor Überhang f_{s2} (Rechenwerte)

Überhang Winkel β	Orientierung der Fassade		
	Süd	Ost, West	Nord
0°	1,00	1,00	1,00
15°	0,95	0,95	0,96
30°	0,91	0,89	0,91
45°	0,75	0,77	0,80
60°	0,52	0,59	0,66
≥ 75°	0,26	0,34	0,48

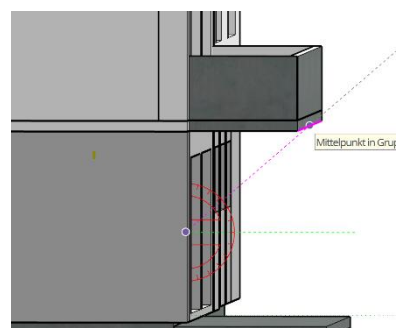


Abbildung 40: Tabelle 21 SIA 380/1 Verschattungsfaktor f_{s2}

Abbildung 39: Winkel für f_{s2} ermitteln Sketch Up

³⁸ Bundesamt für Landetopografie swisstopo «swissBUILDINGS3D 2.0», publ. 8. Januar 2024

6.3.3.3 Gegen unbeheizte Räume und Erdreich

In diesem Abschnitt werden die internen Gebäudekomponenten innerhalb des definierten Dämmperimeters behandelt: die violett schraffierten Böden, die grün markierte Innenwand und die orange schraffierte Decke zur Garage. Zur vollständigen Ermittlung muss zusätzlich zu den Materialangaben der Reduktionsfaktor b berücksichtigt werden. Die Reduktionsfaktoren für Bauteile gegen unbeheizte Räume stammen aus dem verwendeten Excel-Tool, jene für Bauteile gegen das Erdreich sind der Tabelle 18 der SIA 380/1 entnommen.

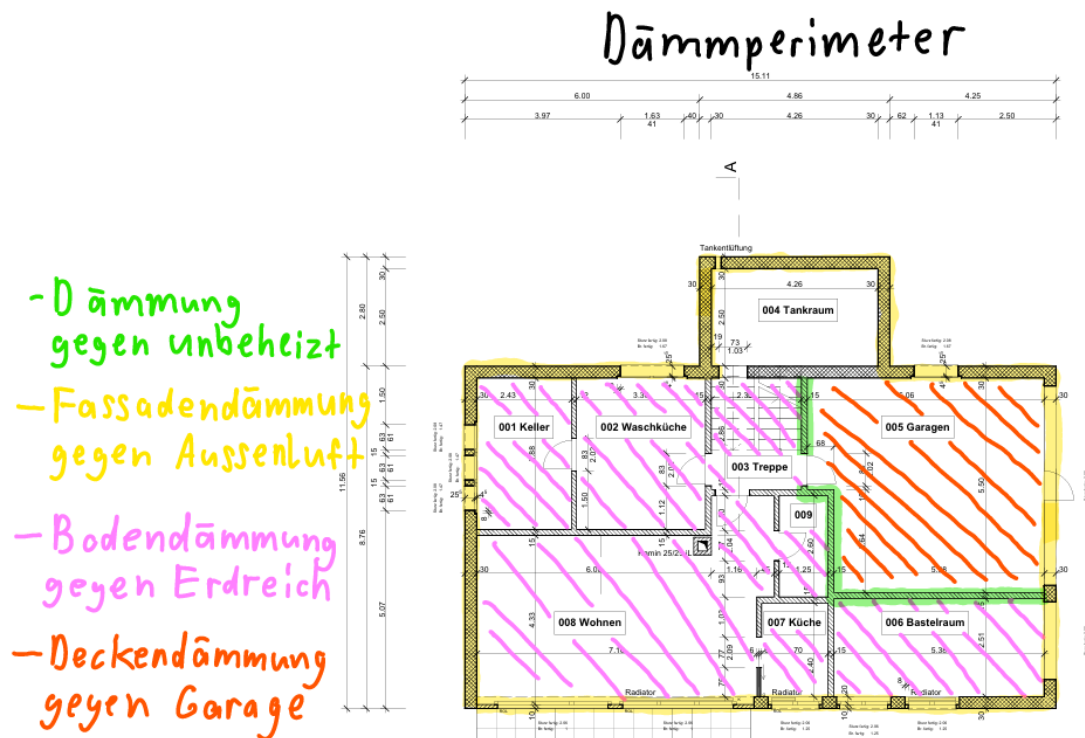


Abbildung 41: Definierter Dämmperimeter

[illegible]

Abbildung 42: Excel SIA 380/1 Eingabe Angaben Innenwände und Böden gegen unbeheizte Räume oder Erdreich

6.4 Auswertung der Berechnung

Die Ergebnisse der Berechnung nach SIA 380/1 bestätigen den Erfolg der Massnahmen. Mit der Umsetzung der Sanierungsmassnahmen (1–6) könnte ein jährlicher Heizwärmebedarf von **35,6 kWh/(m²a)** für das Mehrfamilienhaus erreicht werden. Damit erfüllt das Gebäude die Anforderungen für die angestrebte GEAK-Klasse B.

Nachfolgend das visualisierte Ergebnis der Heizwärmebedarf Berechnung SIA 380/1.

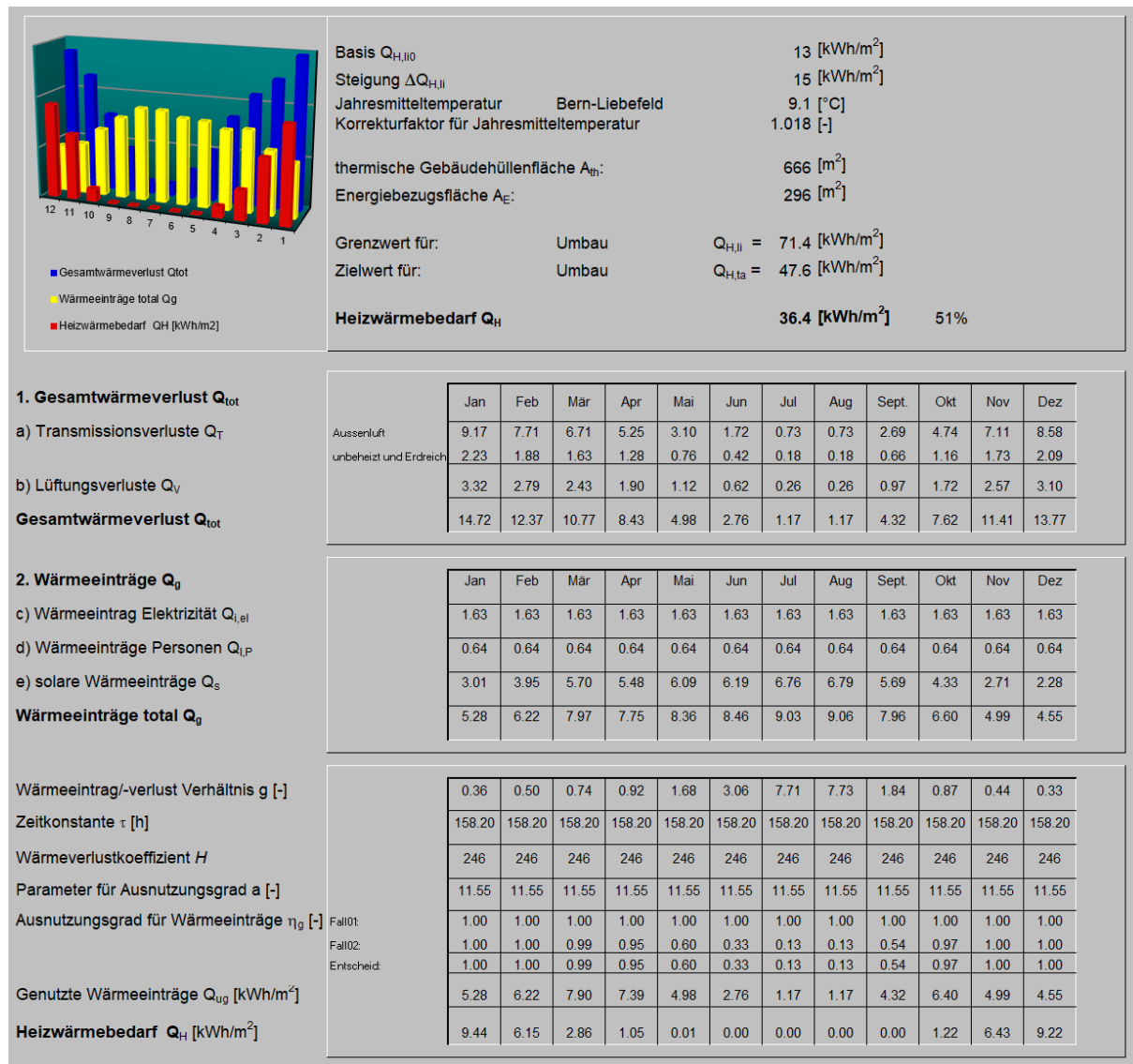


Abbildung 43: Excel SIA 380/1 Auszug Ergebnis mit den energetischen Sanierungsmassnahmen 1-6 für die Gebäudehülle

Zur Einsicht der vollständigen Berechnung ist ein Auszug des vervollständigten Excel-Berechnungstools SIA 380/1 im Anhang hinterlegt.

7 Heizung und Warmwasser

In Betracht auf die nationalen und globalen Bestrebungen³⁹ zur Reduktion von Treibhausgasemissionen, unter anderem CO₂, gewinnt die Umstellung auf erneuerbare Energien an Bedeutung. Ein zentraler Bereich ist dabei die Wärmeerzeugung der Gebäude, da sie einen erheblichen Anteil am gesamten Energieverbrauch und an den CO₂-Emissionen Teil haben.

Ziel des Kapitels ist es, die bisher eingesetzte Ölheizung durch eine nachhaltige, auf erneuerbaren Energien basierende Lösung zu ersetzen. Durch diese Massnahme soll ein Beitrag zur Erreichung der Klimaziele der Schweiz geleistet und die Umweltbelastung langfristig verringert werden.

Nebst der Reduktion der CO₂-Emissionen durch die Heizung steht die Steigerung der Energieeffizienz im Vordergrund. Durch den Einsatz eines modernen Wärmeerzeugers für Heiz- und Warmwasser kann dies erreicht werden.

7.1 Welche Wärmeerzeuger werden gefördert?

Grundsätzlich werden in der Schweiz alle Wärmeerzeugersysteme gefördert, die auf erneuerbare Energie basieren. Dazu zählen insbesondere Anlagen, welche die Umweltwärme, Biomasse oder Sonnenenergie nutzen.

Ein wesentlicher Bestandteil der Förderpolitik sind auch Holzfeuerungsanlagen, zu denen Pellet-, Stückholz- oder Holzschnitzelheizungen gehören. Sie gelten als klimaneutral, da bei ihrer Verbrennung nur die Menge CO₂ freigesetzt wird, die der Baum während seines Wachstums aufgenommen hat. Somit bleibt die CO₂-Bilanz über den gesamten Lebenszyklus hinweg weitgehend ausgeglichen.

³⁹ Fedlex, Übereinkommen von Paris «Klimaübereinkommen», in Kraft seit 5. November 2017

Im Bereich der Wärmeerzeuger für Gebäude werden folgende Systeme gefördert⁴⁰

- **Wärmepumpen (WP):** Nutzung von Umweltwärme aus Luft, Wasser oder Erdreich.
- **Pelletheizungen:** Automatische Verbrennung gepresster Holzpellets bestehend aus zerkleinertem Restholz, Sägemehl und Hobelspäne aus Forst- oder Sägearbeiten.
- **Holzsnitzelheizungen:** Verbrennung von zerkleinertem Restholz aus Forst- oder Sägearbeiten.
- **Stückholzheizungen:** Manuelle Beschickung mit Scheitholz in kleineren Anlagen.
- **Fernwärme:** Zentrale Wärmeerzeugung und Verteilung über Rohrleitungssystem an die angeschlossenen Gebäude.
- **Solarthermie:** Nutzung der Sonnenenergie zur Warmwasseraufbereitung und Heizungsunterstützung. Nur sehr ausgeklügelte Systeme können als fast oder gar reines Heiz- und Warmwassersystem ausgeführt werden.

7.2 Wärmeerzeuger Sole/Wasser Wärmepumpe für das MFH

Für das Mehrfamilienhaus kommt ein Wärmepumpensystem mit Erdwärmenutzung in Form einer Sole/Wasser-Wärmepumpe zum Einsatz. Dieses nutzt die im Erdreich gespeicherte thermische Energie, deren Temperatur im Jahresverlauf nur geringen Schwankungen unterliegt. Dank dieser Stabilität arbeitet die Anlage besonders effizient, auch in den Wintermonaten, und benötigt im Vergleich zu Luft/Wasser-Wärmepumpen relativ wenig elektrische Energie für den Betrieb.

Vor- und Nachteile

- **Vorteile:**
 - Geringer elektrischer Energieverbrauch
 - Leise im Betrieb
 - Lange Haltbarkeit der Wärmepumpe ca. 15-25 und Erdsonde ca. 50 Jahre⁴¹
- **Nachteile:**
 - Hohe Anschaffungskosten
 - Bohrung für ist Erdsonde geht nur in genehmigten Zonen

⁴⁰ Wirtschaft, Energie- und Umweltdirektion Kanton Bern «Förderprogramm Energie», Zugriff 19. Oktober 25

⁴¹ Erdsondenbohrung-schweiz, «wie lange hält eine Erdsonde», Zugriff 19. Oktober 2025

7.2.1 Wann darf gebohrt werden?

Ob eine Bohrung für eine Erdwärmesonde zur Nutzung einer Sole/Wasser-Wärmepumpe zulässig ist, kann online über das Informationsportal des Bundesamtes für Energie (kan-ich-bohren.ch)⁴² geprüft werden.

Mithilfe dieses Tools kann anhand der Gebäudeadresse die kantonale Bewilligungslage abgefragt werden. Die Ergebnisse werden kartografisch dargestellt und zeigen die Zonierung sowie eine Legende zur Eignung für Erdwärmesondenbohrungen.

Für das Mehrfamilienhaus an der Rütistrasse 9 in 3367 Thörigen weist die Abfrage ein positives Ergebnis zur Bohrung einer Erdwärmesonde vor.



Abbildung 44: Visualisierung kartographische Zonierung mit Legende

⁴² Bundesamt für Energie, «kann-ich-bohren», Zugriff am 20. Oktober 2025

7.2.2 Funktionsbeschreibung der Sole/Wasser Wärmepumpe

Wärmepumpen funktionieren, vereinfacht gesagt, wie ein umgekehrter Kühlschrank. Während ein Kühlschrank Wärme aus dem Innenraum nach aussen abführt, entzieht eine Wärmepumpe der Umwelt Wärme und transportiert diese ins Gebäude, um Heizwärme bereitzustellen.

Damit dieser Prozess funktioniert, besteht eine Wärmepumpe grundsätzlich aus zwei Wärmetauschern (Verdampfer und Verflüssiger), einem elektrisch betriebenen Verdichter, einem Expansionsventil sowie einem Arbeitsmedium (z.B. Propan), das als Wärmeträger dient.

7.2.3 Technische Funktionsweise

Dem kalten Reservoir, (bei der Sole/Wasser-Wärmepumpe ist dies das Erdreich), wird über einen Wärmetauscher Wärme entzogen. Diese Wärme lässt das Arbeitsmittel im Verdampfer verdampfen. Anschliessend wird das gasförmige Medium im Verdichter komprimiert, wodurch Temperatur und Druck steigen. Im Verflüssiger kondensiert das Arbeitsmittel wieder und gibt dabei die aufgenommene Wärme an das Heizsystem des Gebäudes ab. Anschliessend senkt das Expansionsventil den Druck des Arbeitsmittels, bevor der Kreislauf erneut beginnt.⁴³

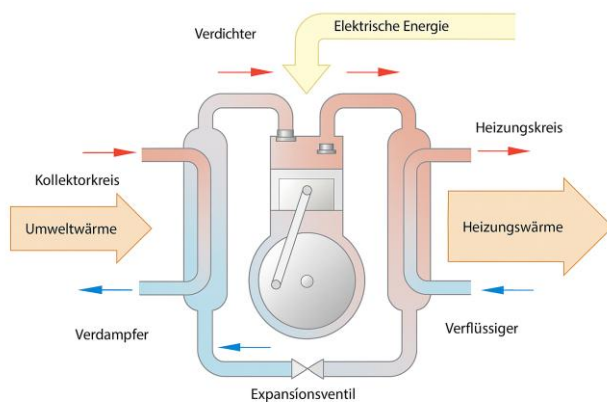


Abbildung 45: Technische Funktion Wärmepumpe



Abbildung 46: Funktionsprinzip Sole/Wasser Wärmepumpe

⁴³ R. Schuberth, Technologie Energie «Kp. 4.3 Die Wärmepumpe», ed. 6

7.3 Ermittlung der Wärmepumpenleistung, Leistungsdimensionierung

Die Ermittlung der erforderlichen Heizleistung ist ein entscheidender Schritt bei der Auslegung einer Wärmepumpe. Nur wenn die benötigte Leistung korrekt bestimmt wird, kann eine Anlage gewählt werden, die das Gebäude zuverlässig und effizient mit Wärme versorgt.

Eine Unterdimensionierung hätte zur Folge, dass die Wärmepumpe insbesondere in der Heizsaison, nicht genügend Wärme bereitstellen kann, um das Gebäude ganzjährig zu beheizen. Eine Überdimensionierung hätte zur Folge, dass die Anlage häufig im Taktbetrieb läuft, also ständig ein- und ausgeschaltet wird. Dies reduziert die Effizienz und verkürzt die Lebensdauer der Wärmepumpe deutlich.

7.3.1 Berechnung mit dem WPesti Excel bezogen auf Norm SIA 384/3

Der Zweck der Norm SIA 384/3 ist eine Methode, die benötigte zu liefernde Energie der Heizung in Bezug zur geforderten Wärmeenergie für das Heizen des Gebäudes bei Auslegungstemperatur -7°C und Raumtemperatur 20°C zu berechnen.

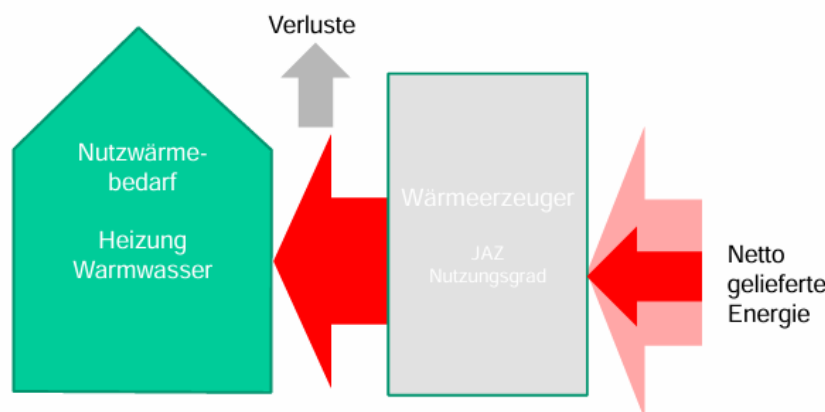


Abbildung 47: Grafische Darstellung Zweck der SIA 380/3

Das WPesti Excel setzt für seine Berechnungen die Formeln der SIA 384/1 um und benötigt Angaben aus dem bereits berechneten SIA 380/1 zusammen mit hinterlegten Daten der Wärmepumpen sowie Abschätzungen der Systemtemperaturen. Daraus resultiert die JAZ (Jahresarbeitszahl) Index für die zugeführte elektrischer Energie zu erzeugter Wärmeenergie pro Jahr und den Deckungsgrad der benötigten Wärmeenergie (Index für die Umsetzbarkeit).

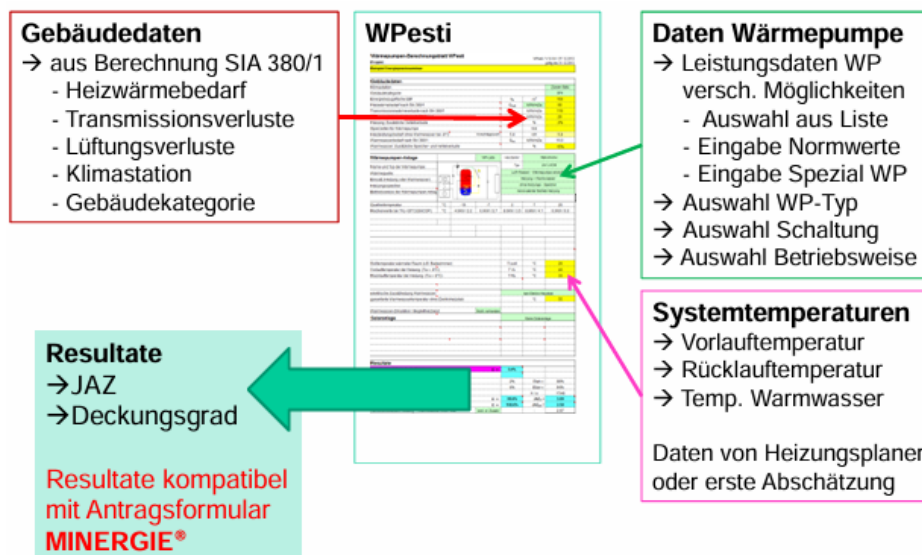


Abbildung 48: Eingaben und Resultate WPEsti Excel

7.3.1.1 Gebäudedaten

Die Erfassung der Gebäudedaten beginnt mit der Angabe der Klimastation (in diesem Fall Bern-Liebefeld) sowie der Gebäudekategorie (Mehrfamilienhaus, MFH). Anschliessend werden die berechneten Werte gemäss SIA 380/1 erfasst. Dazu gehören die Energiebezugsfläche (EBF), der Heizwärmebedarf, die Transmissionswärmeverluste und die Lüftungswärmeverluste.

Fehlende Angaben, wie die zusätzlichen Verteilverluste der Heizung, sowie die Speicher- und Verteilverluste für das Warmwasser, werden durch empfohlene Einheitswerte ergänzt. Diese Werte sind in der Berechnungstabelle (bei den roten Fahnen) hinterlegt.

Auf Basis dieser Eingaben berechnet das verwendete Excel-Tool automatisch den Heizleistungsbedarf ohne Warmwasser und ergänzt zusätzlich einen vordefinierten Wert für den Warmwasserbedarf.

Gebäudedaten			
Klimastation			Bern-Liebefeld
Gebäudekategorie			MFH
Energiebezugsfläche EBF	A_E	m^2	296
Heizwärmebedarf nach SIA 380/1	$Q_{h,eff}$	kWh/m^2a	36
Transmissionswärmeverluste nach SIA 380/1	Q_T	kWh/m^2a	69
Lüftungswärmeverluste nach SIA 380/1	Q_V	kWh/m^2a	21
Heizung: Zusätzliche Verteilverluste		%	3%
Sperrzeiten für Wärmepumpe		h/d	0
Heizleistungsbedarf ohne Warmwasser bei $-7^\circ C$	Vorschlagswert:	7.7	kW 7.7
Warmwasserbedarf nach SIA 380/1	Q_{ww}	kWh/m^2a	24.0
Warmwasser: Zusätzliche Speicher- und Verteilverluste		%	15%

Abbildung 49: Auszug Gebäudedaten WPEsti Excel

7.3.1.2 Daten Wärmepumpe

Für die Auslegung der Wärmepumpe wird die Produktserie WPE-I 04–15 HK 230 Premium des Herstellers Stiebel Eltron gewählt⁴⁴. Diese Serie zeichnet sich durch die Inverter-Technologie aus, die eine leistungsangepasste Steuerung des Verdichters und somit eine höhere Effizienz gewährleistet. Darüber hinaus ist das System kommunikationsfähig, was die Optimierung des Eigenverbrauchs in Verbindung mit einer Photovoltaikanlage ermöglicht. Die Produktserie umfasst verschiedene Leistungsgrößen von 4 bis 15 kW (entsprechend der Modellbezeichnung) und kann Vorlauftemperaturen bis 75 °C bereitstellen.

Bei der Auswahl des geeigneten Modells ist die Analyse der Heizleistungskurve entscheidend. Auf der X-Achse wird die Erdsondentemperatur (°C) und auf der Y-Achse die Heizleistung (kW) dargestellt.

Die Wärmepumpe muss den Heizleistungsbedarf des Gebäudes von 7,7 kW (ohne Warmwasser) bei einer Vorlauftemperatur von 55 °C (bedingt durch die Kombination aus bestehenden Radiatoren und Fussbodenheizung in der Küche) und einer Erdsondentemperatur von 0 °C abdecken können. Optimal ist eine Auslegung, bei der die Wärmepumpe nicht in der höchsten Verdichter Leistungsstufe betrieben werden muss, um eine hohe Effizienz und lange Lebensdauer sicherzustellen.

16.3.4 WPE-I 12 H 230 Premium | WPE-I 12 HK 230 Premium

Heizleistung

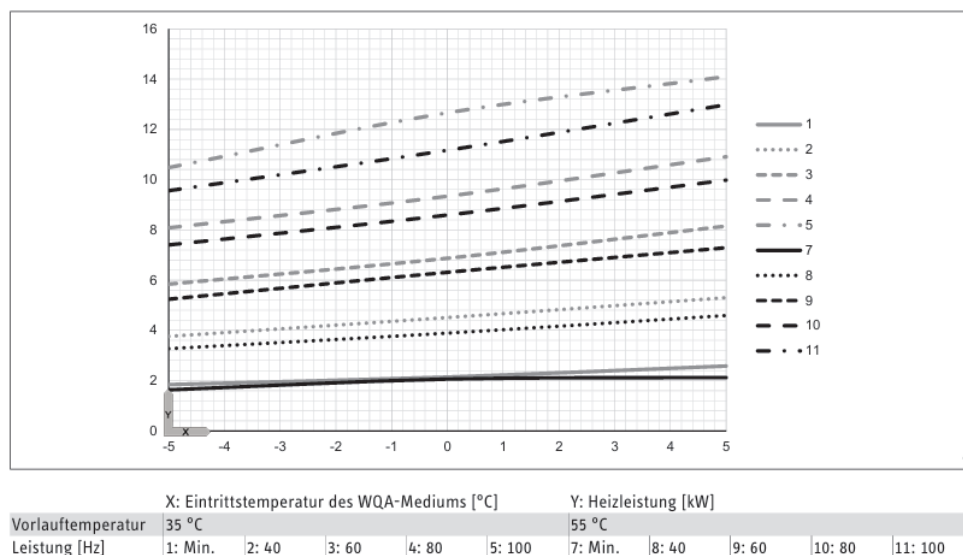


Abbildung 50: Heizleistungsdiagramm WPE-I 12 HK 230 Premium

⁴⁴ Stiebel Eltron, Produkte & Lösungen, Sole/Wasser Wärmepumpen, «WPE-I 04-15 HK 230 Premium», Zugriff 20. Oktober 2025

Anhand der Diagrammkennlinie 9 ist zu erkennen, dass das geeignete Wärmepumpenmodell die WPE-I 12 HK 230 Premium ist. Dieses Modell erreicht bei einer Vorlauftemperatur von 55 °C und einer Erdsondentemperatur von 0 °C eine Heizleistung von rund 8,25 kW. Damit deckt es den berechneten Heizleistungsbedarf des Gebäudes zuverlässig ab.

Die Wärmepumpe arbeitet dabei mit einer Verdichterfrequenz von 60 Hz (maximal 100 Hz) und muss somit nicht mit voller Leistung betrieben werden. Dies ermöglicht einen effizienten Betrieb und schont gleichzeitig die Lebensdauer des Verdichters.

Neben der Auswahl des passenden Wärmepumpenmodells müssen auch die Betriebsart und die Anlagenausführung festgelegt werden. Im vorliegenden Fall handelt es sich um eine einstufige Erdsonden-Wärmepumpe, die im Gebäude sowohl für die Heizung als auch für die Warmwasserbereitung genutzt wird. Die Anlage arbeitet monovalent, das heisst, sie dient als alleiniger Wärmeerzeuger und deckt den gesamten Wärmebedarf des Gebäudes ab. Zusätzlich wird ein 200 Liter Heizungsspeicher (Pufferspeicher) eingesetzt, um das Heizungswasser zu puffern und die Laufzeiten der Wärmepumpe zu erhöhen. Dadurch läuft die Wärmepumpe effizienter und ist langlebiger.

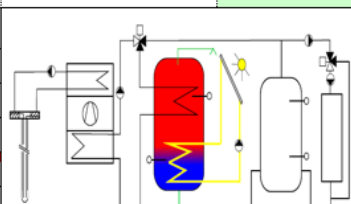
Wärmepumpen-Anlage		WP-Liste		Hersteller:		STIEBEL ELTRON	
Name und Typ der Wärmepumpe:				Typ:		L1w 12,05 kW WPE-I 12 H(K) 230 Premium	
Wärmequelle:				Erdsonden-Wärmepumpe einstufig			
Einsatz (Heizung oder Warmwasser):				Heizung + Warmwasser			
Heizungsspeicher				mit Heizungs - Speicher			
Betriebsweise der Wärmepumpen-Anlage:				monovalenter Betrieb Heizung			
Quellentemperatur (Verdampfer-Eintritt):		°C					0
Rechenwerte bei TVL=35°C(Qh/COP):		°C					12.1kW / 5.0

Abbildung 51: Wärmepumpen Daten WPesti Excel

7.3.1.3 Systemtemperaturen

Bei der Eingabe der Systemtemperaturen können entweder bekannte Werte von Heizungsplaner/innen oder, wie im vorliegenden Fall des Mehrfamilienhauses, erste Abschätzungen verwendet werden. Dabei werden die Daten der Erdsonde sowie die des Heizungssystems berücksichtigt.

Zur Abschätzung wird eine Erdsonde mit einer Bohrtiefe von 200 m angenommen. Diese Auslegung ergibt eine Sondentemperatur von rund 1,2 °C. Um eine effiziente Wärmeentnahme zu gewährleisten, sollte diese möglichst nahe um 0 °C liegen.

Für das Heizsystem wird gemäss den technischen Daten der Wärmepumpe ein Heizungsspeicher (Pufferspeicher) mit einem Volumen von 200 Litern berücksichtigt. Die Vorlauftemperatur wird auf 55 °C und die Rücklauftemperatur auf 45 °C festgelegt.

Die Warmwassertemperatur ist dauerhaft auf 55 °C eingestellt. Zusätzlich wird einmal wöchentlich eine Legionellenschaltung aktiviert, bei der die Temperatur mittels eines Zusatzheizstabes kurzfristig angehoben wird, um die hygienische Sicherheit des Trinkwassers zu gewährleisten.

Elektrische Leistungsaufnahme Solepumpe:	Rechenwert ohne Verdampfer	0	W	87
Erdwärmesonden:	Anzahl: 1	Länge:	m	200
Auslegungs-Sondentemperatur (optional, aus externer Berechnung in Beilage)		1.2	°C	1.2
Grösse Heizungsspeicher			Liter	200
Solltemperatur wärmster Raum (z.B. Badezimmer)		Ti,soll	°C	22
Vorlauftemperatur der Heizung: (Ta = -8°C)		T VL	°C	55
Rücklauftemperatur der Heizung: (Ta = -8°C)		T RL	°C	45
Differenz Speichertemperatur - Vorlauftemperatur Heizung		dT Speicher	°C	5
elektrische Zusatzheizung Warmwasser:				wöchentliche Legionellenschaltung
garantierte Warmwassertemperatur ohne Elektroheizstab:			°C	55
Warmwasser-Zirkulation / Begleitheizband	Nicht vorhanden			
Solaranlage				Keine Solaranlage

Abbildung 52: Systemtemperaturen WPesti Excel

7.3.2 Resultate/Berechnungsergebnisse

Die Berechnung mit dem WPesti-Excel-Tool hat ergeben, dass die ausgewählte Wärmepumpe mit den angegebenen Gebäudedaten, Daten Wärmepumpen und Systemtemperatur gut aufeinander abgestimmt ist. Der gesamte jährliche Wärmebedarf des Gebäudes kann vollständig gedeckt werden.

Für die Heizungsfunktion ergibt sich eine Jahresarbeitszahl (JAZ) von 3,20 und für die Warmwasserbereitung eine JAZ von 3,12, was einer durchschnittlichen JAZ von 3,17 entspricht.

Die jährlich benötigte Wärmeenergie des Gebäudes beträgt 18'159 kWh. Diese kann mit einer elektrischen Energieaufnahme von rund 5'689 kWh bereitgestellt werden, was einen guten Effizienzgrad und eine geeignete Anlagenauslegung bestätigt.

Resultate				
ungedeckter Wärmebedarf Heizung	$\epsilon =$	0.0%		
Elektro-Direkt-Anteil für das Warmwasser	$\epsilon =$	1.6%	kWh =	118
Verluste im Heizbetrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		4%	Etah =	96%
Verluste im WW-Betrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		6%	Etaw =	94%
Laufzeit der Wärmepumpe			h / a	1'611
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für die Heizung	$\epsilon =$	100.0%	JAZ _h =	3.20
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für Warmwasser	$\epsilon =$	98.4%	JAZ _{ww} =	3.12
Jahresarbeitszahl Heizung + Warmwasser JAZh+ww:	exkl. el. Zusatz		-	3.17

Abbildung 53: Resultate Berechnung Deckung Wärmebedarf und JAZ WPesti Excel

Berechnung Lastkurve

WPesti / V 8.3.36 / 16.09.2025

gültig bis 31.12.2026

Klima und Lastprofil:

Wetterstation:	Bern-Liebelfeld
Heizwärmebedarf:	10'745 kWh
freie Wärme:	15'913 kWh
"Solaranteil:"	60%
Bedarf WW:	0.81 kW
Laufzeit WP:	1'605 h/a
Strombedarf WP	5'689 kWh

Energiebedarf:

Heizwärmebedarf:	10'745 kWh
Verteilung Heizung:	322 kWh
Warmwasserbedarf:	6'167 kWh
Verteilung WW:	925 kWh
Bedarf total:	18'159 kWh

Bedarfsdeckung und Arbeitszahlen:

Deckungsgrad solar (Heizung)	0.0%
Deckungsgrad solar (WW)	0.0%
Deckungsgrad WP (Heizung)	100.0%
Deckungsgrad WP (WW)	98.4%
JAZ Wärmepumpe (Heizung)	3.20
JAZ Wärmepumpe (WW)	3.12

Heizleistungsbedarf (ohne WW)

Vorschlag bei -7°C	7.7 kW
Rechenwert bei -7°C	7.7 kW
Rechenwert bei -8°C:	8.0 kW

Abbildung 54: Erweiterte Resultate mit Strombedarf WP WPesti Excel

7.3.3 Visualisierung der Installation im MFH

Die eingesetzte Sole/Wasser-Wärmepumpe in Kombination mit dem 200 Liter-Pufferspeicher für das Heizwasser und dem 300 Liter-Warmwasserspeicher kann aufgrund ihrer kompakten Bauweise im bestehenden Heizungs- und Waschraum installiert werden. Die Aufstellung erfolgt an derselben Position wie die bisherige Ölheizung und Warmwasserspeicher.

Diese Anordnung wurde im SketchUp-3D-Modell visualisiert, um die Platzverhältnisse und die Integration der neuen Komponenten realitätsnah darzustellen.

- Sole/Wasser Wärmepumpe
WPE-I 12 HK 230 Premium
Viessmann
- Pufferspeicher 200 Liter
- Warmwasserspeicher 300 Liter

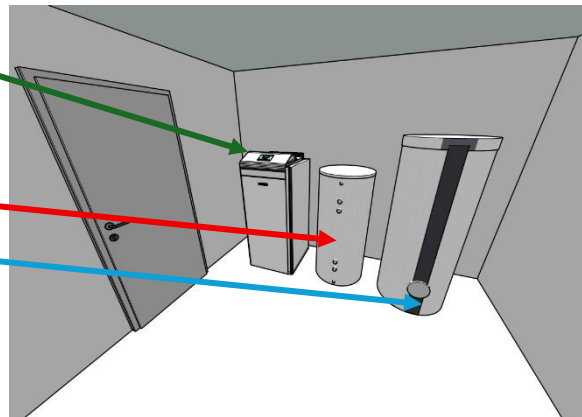


Abbildung 55: Heizraum mit Sole/Wasser Wärmepumpe

8 Optionale Photovoltaikanlage

8.1 Bedeutung von Photovoltaikanlagen

Die Photovoltaik ist heutzutage eine verbreitete technische Lösung, um auf den eigenen Dächern aus Sonnenenergie erneuerbaren elektrischen Strom zu gewinnen. Aktuell produzieren die in der Schweiz installierten Photovoltaikanlagen von privaten und kommerziellen Betreibern zusammen bereits 10,4 % des im Jahr 2024 verbrauchten Stromendverbrauchs, und diese Tendenz ist steigend⁴⁵. Denn der Umstieg auf erneuerbare Energien ist ein wichtiger Schritt, um Ressourcen und Treibhausgase einzusparen.

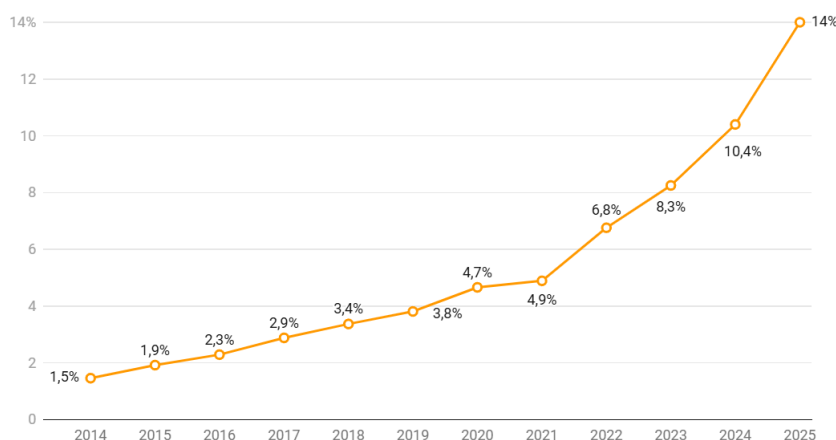


Abbildung 56: Swissolar Statistik, Entwicklung Photovoltaikausbau

Einen grossen Vorteil bei der Verwendung einer Photovoltaikanlage sind die Reduzierung des benötigten Stroms aus dem Netz, wodurch jährlich Stromkosten gespart werden können und sich die Photovoltaikanlage nach der Amortisation durch kostenlosen Strom bezahlt macht.

Zudem kann der produzierte Strom heutzutage den Mietern über den sogenannten ZEV (Zusammenschluss zum Eigenverbrauch) verkauft werden. Dabei bekommt der Mieter den erneuerbaren Strom zu einem Preis von typischerweise 80 % des Netzbezugspreises, während der Vermieter einen höheren Betrag als bei der Rückspeisung ins Netz erhält.⁴⁶

Nebst dem gibt es seit Neustem die Möglichkeit, den Solarstrom auch im Quartier über den VZEV (Virtueller Zusammenschluss zum Eigenverbrauch) zu verkaufen. Durch diese Möglichkeiten rentieren sich die Photovoltaikanlagen doppelt, indem sie sich kostentechnisch lohnen und einen Beitrag zum Umweltschutz leisten.

⁴⁵ Swissolar, «Solarmonitor Schweiz», Zugriff 27. Oktober 2025

⁴⁶ Bundesamt für Energie, PDF Leitfaden Eigenverbrauch, V3.0, ed. Mai 2023

8.2 Anwendung beim Mehrfamilienhaus

Für die Anwendung beim Mehrfamilienhaus wird im Folgenden eine mögliche umsetzungsvariante einer Photovoltaikanlage (PV-Anlage) auf dem erneuerten Dach beschrieben, einschliesslich der gewählten Dimensionen, der resultierenden Anlagenleistung und der Prognose des jährlichen Stromertrags.

8.2.1 Dimensionierung der PV-Anlage

Für das Satteldach des Mehrfamilienhauses mit Süd- und Nordausrichtung wird eine PV-Anlage mit reiner Südausrichtung dimensioniert. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Südseite in der Schweiz prozentual einen deutlich höheren solaren Ertrag liefert als die Nordseite.

Bei der Anlagengrösse wird das grösstmögliche Potenzial der Dachfläche angestrebt. Die Solarmodule werden so angeordnet, dass die verfügbare Fläche optimal genutzt wird und eine verschattungsoptimierte Ausrichtung gegenüber dem vorhandenen Kamin gewährleistet ist. Die Auslegung der Modulanordnung Optimierung der Verschattung erfolgt mithilfe des CAD-Programms SketchUp auf Basis des erstellten 3D-Gebäudemodells.

Dabei kommt das gängige Solarmodul AIKO Neostar 2p A4770-MAH54Mw⁴⁷ zum Einsatz. Dieses Modul besitzt die Abmessungen 1'757 mm (Länge) und 1'134 mm (Breite). Zu den Produktmerkmalen zählen eine Nennleistung von 470 Wp pro Modul, der erforderliche Hagelwiderstand von HW 4 (bis 40 mm Hageldurchmesser) sowie eine 25-jährige Produktgarantie des Herstellers.

Zur Sicherstellung der Betriebssicherheit ist unter den Solarmodulen ein Schneefang vorgesehen. Da die glatte Oberfläche der Module das schnelle Abrutschen von Schnee begünstigt, dient der Schneefang dem Schutz der tiefer gelegenen Balkone und begehbaren Aussenbereiche vor Lawinenbildung.

Die PV-Anlage

- Modulanzahl: 31 Stk.
- Anlagenleistung in kWp: 14.57 kWp
- Schneefang zum Schutz vor plötzlichem Schneerutsch



Abbildung 57: Visualisierung Photovoltaikanlage Sketch Up

⁴⁷ Solarmarkt, Solarmodule «AIKO Neostar 2p A4770-MAH54Mw», Zugriff 20. Oktober 2025

8.2.2 Jährlicher Stromertrag

Zur Ermittlung des prognostizierten jährlichen Stromertrags wird das Europäische PVGIS⁴⁸ (Photovoltaic Geographical Information System) genutzt. Dieses offizielle Rechenwerkzeug der Europäischen Kommission ermöglicht die Berechnung der jährlichen Leistung einer Photovoltaikanlage und verwendet als Berechnungsgrundlage den geografischen Standort des MFH, die regionalen Bestrahlungsstärken (W/m^2), sowie die spezifischen Parameter der PV-Anlage.

Die Berechnung mit dem Europäischen PVGIS liefert die folgenden zentralen Ergebnisse:

- Jährlicher Stromertrag: 16'258.65 kWh
- Monatlicher Stromertrag

PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

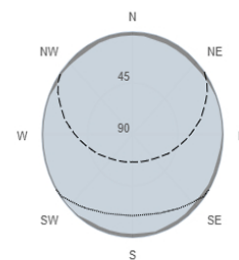
Provided inputs:

Latitude/Longitude: 47.179,7.726
 Horizon: Calculated
 Database used: PVGIS-SARAH3
 PV technology: Crystalline Silicon (original)
 PV installed: 14.57 kWp
 System loss: 14 %

Simulation outputs

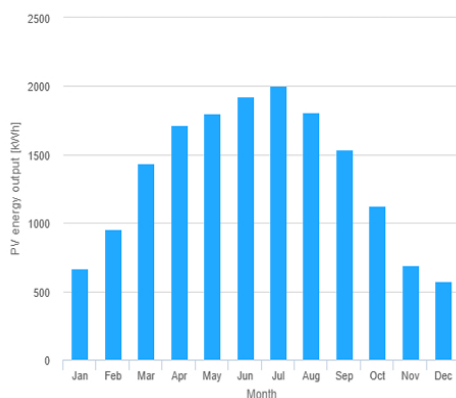
Slope angle: 26 °
 Azimuth angle: -12 °
 Yearly PV energy production: 16258.65 kWh
 Yearly in-plane irradiation: 1467.65 kWh/m²
 Year-to-year variability: 907.86 kWh
 Changes in output due to:
 Angle of incidence: -3.07 %
 Spectral effects: 1.4 %
 Temperature and low irradiance: -10.05 %
 Total loss: -23.97 %

Outline of horizon at chosen location:



■ Horizon height
 --- Sun height, June
 — Sun height, December

Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:

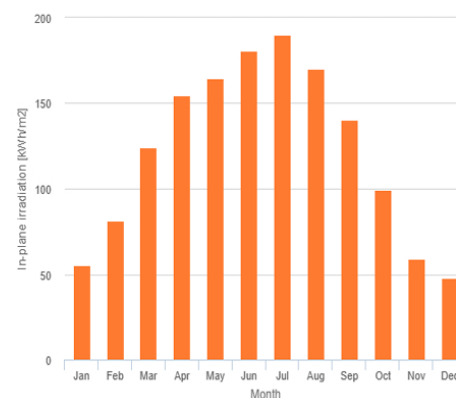


Abbildung 58: Ergebnis Berechnung jährlicher Stromertrag PV-Anlage

⁴⁸ European Commissions, EU Science HUB «PVGIS», Zugriff 20. Oktober 2025

9 Auswertung

9.1 Zusammenfassung

Die Sanierungsmassnahmen des energetischen Sanierungskonzepts senken den Heizwärmebedarf signifikant von 163,2 kWh/(m²a) auf 36,4 kWh/(m²a), wodurch das Gebäude die GEA-Klasse B (Neubaustandard) erreicht. In Kombination mit der neuen Sole/Wasser-Wärmepumpe resultiert dies in einer jährlichen Energieeinsparung von 77,6 % und der Eliminierung des direkten CO₂-Ausstosses der ehemaligen Ölheizung. Bei der energetischen Planung wurde auf Dämmstoffe mit geringer Wärmeleitfähigkeit und dicke geachtet, um die Fassadenoptik zu erhalten und die gesetzlichen Raumhöhen einzuhalten. Zusätzlich wurde der Fokus auf die Verwendung ökologischer und kreislauffähiger Baustoffe gelegt.

Das ganzheitlich geplante Konzept beweist, dass ältere Gebäude durch die Kombination von Dämmung und erneuerbarer Wärmeerzeugung technisch auf einen zukunftsfähigen und energieeffizienten Standard gebracht werden können. Es dient somit als praxisorientierte Grundlage für allfällig zukünftige Sanierungsvorhaben.

9.2 Erreichte GEA-Klasse

Durch die gezielte starke Reduktion des Heizwärmebedarfs konnte das für die GEA-Klasse B typische Ziel von maximal 50 kWh/m²a deutlich unterschritten und mit 36,4 kWh/m²a eingehalten werden. Dadurch verbessert sich die Effizienz der Gebäudehülle um fünf Klassen. Das Gebäude steigt somit von der ursprünglichen Klasse G in die Klasse B auf und erfüllt damit den gesetzlichen Standard für Neubauten.

B	Neubauten erreichen aufgrund der gesetzlichen Anforderungen die Kategorie B. Bis 50 kWh/m ² a*.	Neubaustandard bezüglich Gebäudehülle und Gebäudetechnik. Einsatz erneuerbarer Energien.
---	--	--

Abbildung 59: GEA-Klasse B

9.3 Erreichte Reduktionen

- Reduktion um 78%

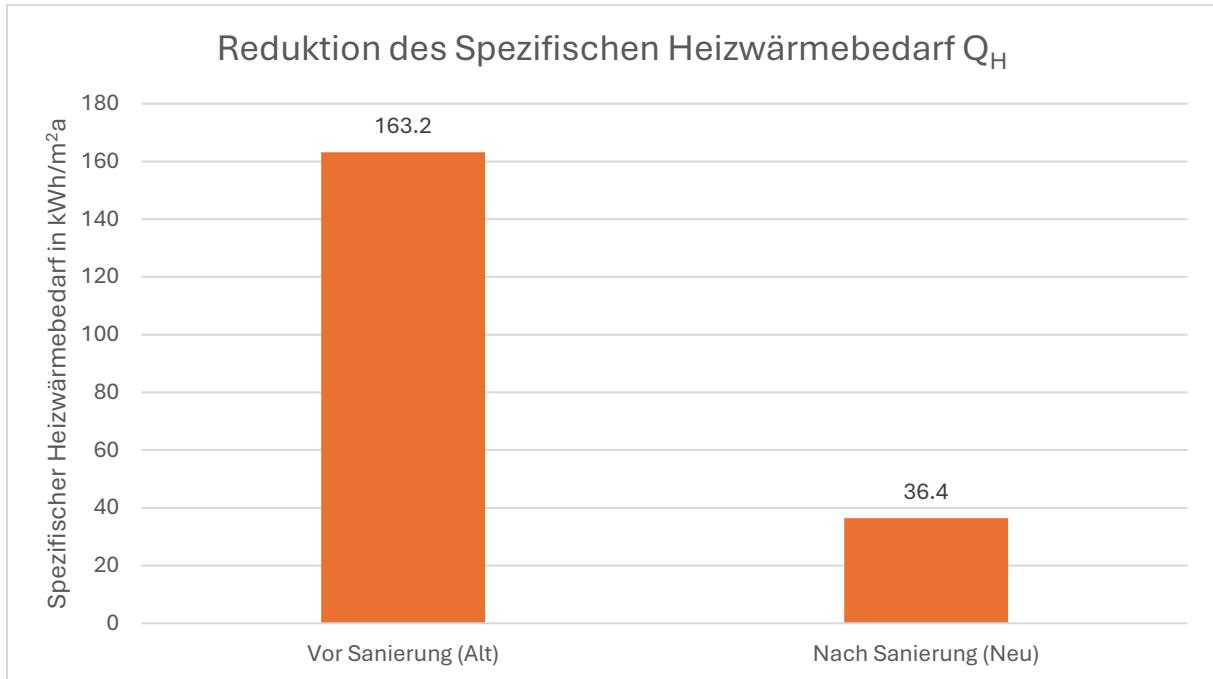


Abbildung 60: Diagramm Reduktion des Spezifischen Heizwärmebedarf Q_H

- Reduktion um 77.6%

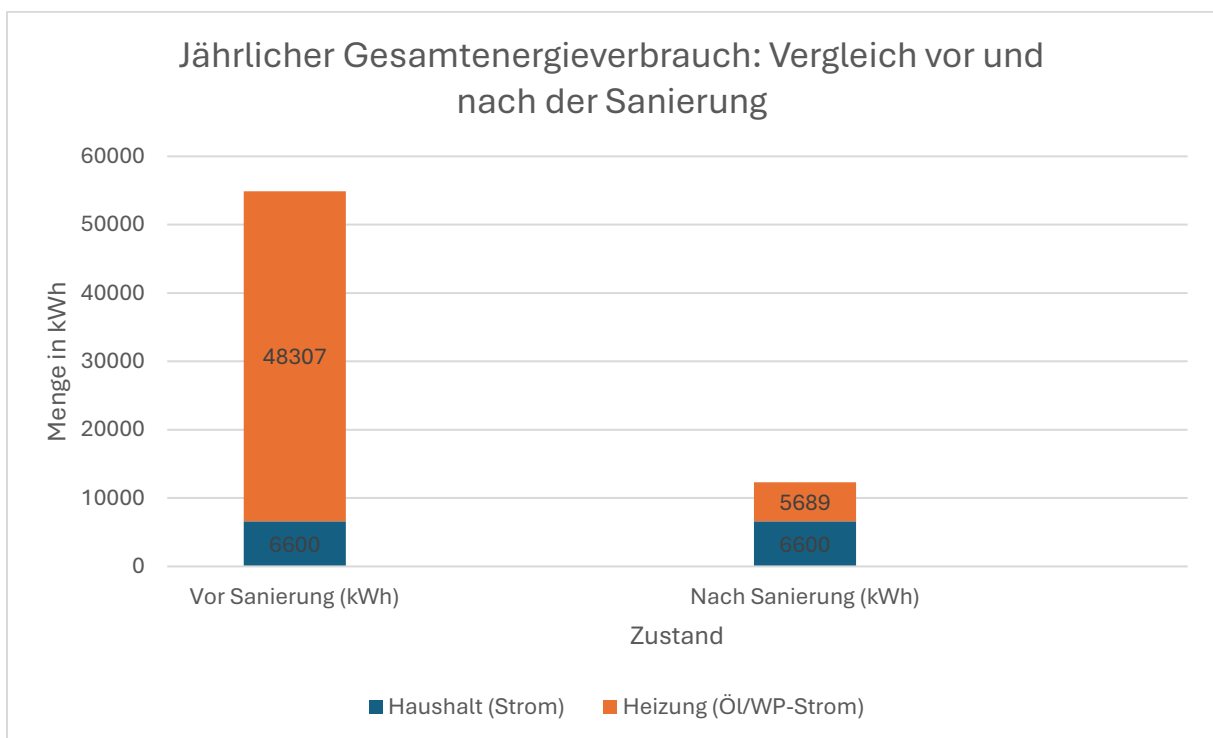


Abbildung 61: Diagramm Jährlicher Gesamtenergieverbrauch: Vergleich vor und nach der Sanierung

9.4 Potenzial Photovoltaikanlage

Um das Potential der PV-Anlage aufzuzeigen, dient das nachfolgende Diagramm mit der Monatlichen prognostizierten Stromdeckung, sowie eine Eigenverbrauchsprognose.

Das Nachfolgende Diagramm zeigt die Jahresbilanz aufgeteilt in Monaten vom PV-Ertrag von 16'258.65 kWh/a sowie den Gesamtverbrauch des Gebäudes nach der energetischen Sanierung

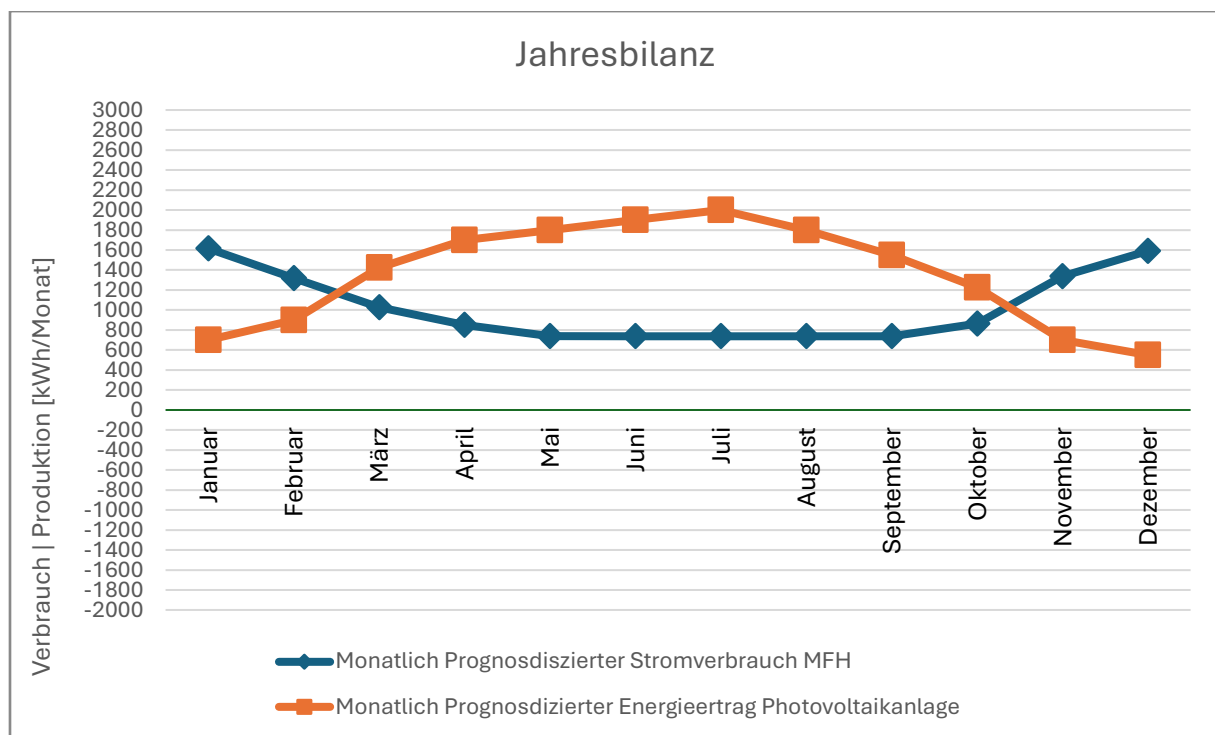


Abbildung 62: Jahresbilanz Produktion durch Photovoltaik zu Verbrauch Gebäude

Gemäss dem Solarrechner der Energie-Schweiz⁴⁹, ergibt sich mit den Gebäudedaten des Sanierungskonzepts und der PV-Anlagenleistung von 14.57 kWp mit einer kleinen Batterie von 7.5 kWh Kapazität einen Eigenverbrauch von 33.8% und eine ungefähre Amortisationszeit von 12 Jahren, was ziemlich durchschnittlich ist.

Hier muss beachtet werden das dies nur eine Simulation ist und der Eigenverbrauch und die Amortisationszeit je nach Stromnutzung und Kosten der Anlage anders verhalten.

⁴⁹ Energie Schweiz, Tools und Rechner «Solarrechner», Zugriff 26. Oktober 2025

9.5 Optisch sichtbare Veränderungen am Gebäude

Mit den Sanierungsmassnahmen der Gebäudehülle und Gebäudetechnik ergeben sich neben der energetischen Verbesserung auch leicht andere Masse der Gebäudekomponenten und optische Veränderungen. Dabei werden nachfolgen die Äusseren Veränderungen aufgezeigt.

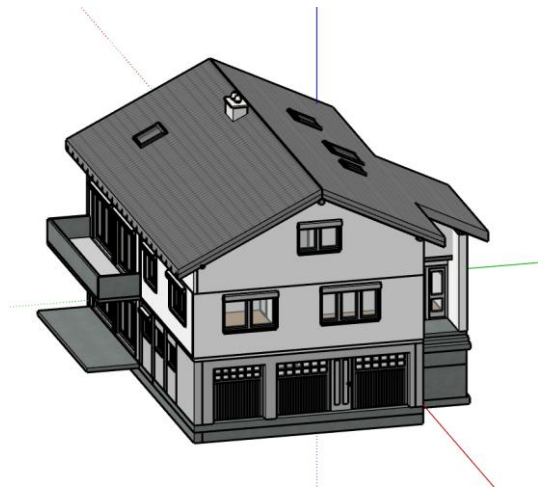


Abbildung 64: 3D Visualisierung Ist-Stand, Sketch Up

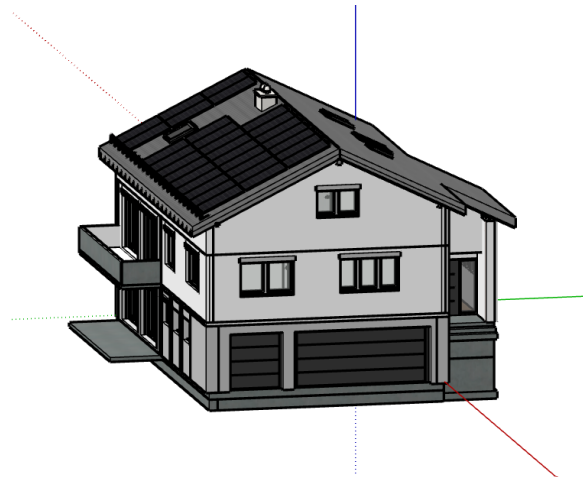


Abbildung 63: 3D Visualisierung nach der energetischen Gebäudesanierung, Sketch Up

Fassade

Durch die Erneuerung und Dämmung der Fassade wird die Konstruktion aus dem Zweischalenmauerwerk und der aussenliegenden Dämmung 134 mm breiter. Dabei kommt es bei den neuen ersetzten Fenster und gedämmten Laibung zu einer leicht optischen Veränderung, die es durch die zusätzliche aussenliegende Dämmung wirken lassen, als ob das Fenster etwas weiter innen stehen würde. Hier wurde gezielt darauf geachtet, dass diese optische Veränderung möglichst klein ausfällt, was mit den 134mm auch erzielt werden konnte.

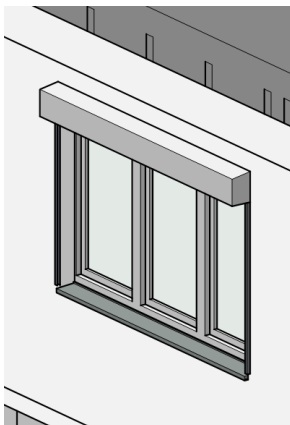


Abbildung 66: Fassade Ist-Stand, Sketch Up

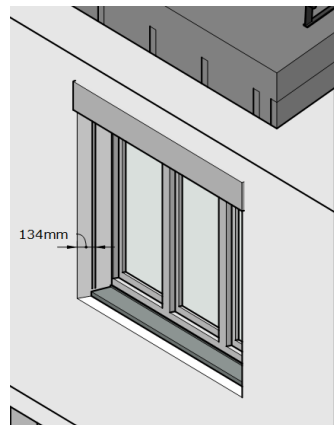


Abbildung 65: Visualisierung Fassade nach energetischer Gebäudesanierung, Sketch Up

Dach mit Photovoltaikanlage

Neu wird das erneuerte Dach mittels Ziegel eingedeckt und erhält optional eine Photovoltaikanlage mit 3-Rohr Schneefang damit es im Winter keinen spontanen Schneerutsch gibt.

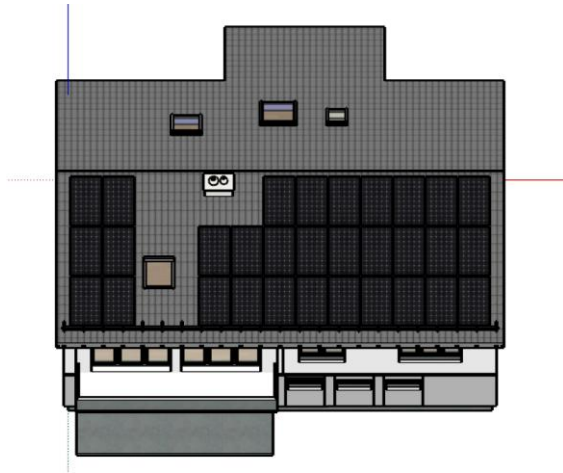


Abbildung 68: Visualisierung Photovoltaikanlage, Sketch Up

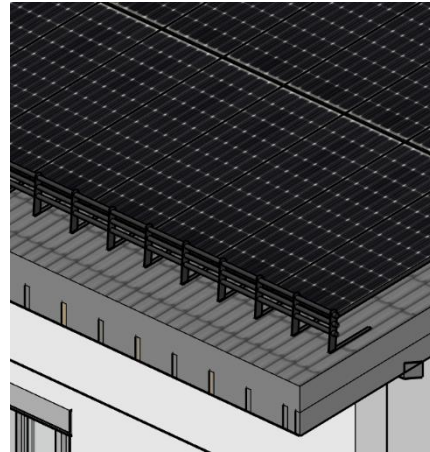


Abbildung 67: Visualisierung Schneefang, Sketch Up

Garagentor und Haustür

Das neue gedämmte Garagentor und die gedämmte Haustür von Hörmann bringen mit ihrem Aussehen einen etwas moderneren Look, welche zum energetisch sanierten Gebäude passen.



Abbildung 70: Visualisierung Garagentor und Haustür Ist-
Stand, Sketch Up



Abbildung 69: Visualisierung Garagentor und Haustür
Neu, SKetch Up

9.6 Eingesetzte Dämmstoffe

Als Dämmstoffe für die energetischen Sanierungsmassnahmen wurden Steinwolle und Schaumglas gewählt. Die Dämmungen aus Steinwolle stammen von der Firma Flumroc AG, während das Schaumglas von Owens Corning Foamglas eingesetzt wird.

Beide Materialien zeichnen sich durch eine hohe Langlebigkeit und gute ökologische Eigenschaften mit guten Umweltbelastungspunkten UBP aus⁵⁰.

Ökobilanzdaten im Baubereich				KBOB / ecobau / IF		
ID-Nummer	BAUMATERIALIEN	Rohdichte/ Flächen- masse	Bezug Référence	UBP ²¹		
				UBP ²¹		
				Total	Herstellung	Entsorgung
				Total	Fabrication	Élimination
				UBP	UBP	UBP
No d'identi- fication	Hinweis: Anzeigen der herstellerepezifischen und herstellerregionenspezifischen Daten durch Anklicken der '+' am linken Rand.	Masse volumique/ surface				
10.007	Schaumglas	100-165	kg	1'760	1'710	42.5
10.013	Schaumglasschotter	125-150	kg	499	457	42.5
10.008	Steinwolle	32-160	kg	1'360	1'240	116
10.008.01	Steinwolle, Flumroc	32-160	kg	1'100	982	116

Abbildung 71: Auszug Ökobilanzdaten Baumaterialien Schaumglas und Steinwolle, KBOB, Ecobau

Steinwolle von Flumroc AG

Die Firma Flumroc AG mit Schweizer Sitz in Flums St. Gallen, ist spezialisiert auf die Herstellung von Dämmprodukten aus Steinwolle. All ihre Produkte aus Steinwolle sind langlebig und können nach ihrer Nutzung beim Abbau zu 100% recycelt werden. Damit ein möglichst hoher Anteil an alter Flumroc Steinwolle den Weg zurück zu ihnen ins Recycling findet, gibt es ein Recycling- und Rücknahmeprogramm. Hierbei können die getrennten Flumroc Steinwolldämmungen in Säcken oder bei grossem Rückbau über Anmeldung direkt an die Firma zurückgegeben werden, wo sie zu 100% recycelt werden.⁵¹

Eingesetzte Dämmprodukte der Firma Flumroc AG:

Dach: [Flumroc – Flumroc-Dämmplatte PARA aus Steinwolle: Die Trittfeste fürs Steildach mit Dämmung über dem Sparren 60-220mm](#)

⁵⁰ Ecobau, Instrumente, Ökobilanzen «Ökobilanzdaten im Baubereich», ed. 6.2, 4. Dezember 2025

⁵¹ Flumroc AG, Service «Recycling», Zugriff 21. Oktober 2025

Fassade: [Flumroc – Flumroc-Dämmplatte COMPACT PRO aus Steinwolle: Die Verputzbare im Massivbau](#)

Fussboden Whg EG: [Flumroc – Flumroc-Dämmplatte MEGA aus Steinwolle für begehbare Flachdächer 60-120mm](#)

Innenwände gegen Garage: [Flumroc – Flumroc-Dämmplatte MEGA aus Steinwolle für begehbare Flachdächer 60-120mm](#)

Decke über Garage: [Flumroc – Flumroc-Dämmplatte TOPA aus Steinwolle: Für Decken von Keller, Halle, Tiefgarage mit fertiger Sichtoberfläche](#)

Schaumglas von der Firma Owens Corning Foamglas

Die Firma Owens Corning Foamglas mit Hauptsitz in den USA und mehreren Niederlassungen weltweit, wie auch einen in der Schweiz in der Gemeinde Rotkreuz im Kanton Zug ist, spezialisiert auf die Herstellung von Dämmprodukten aus Schaumglas. Ihre Foamglasprodukte sind sehr langlebig und werden durchschnittlich zu 50% aus Recyclinganteilen, darunter hauptsächlich Glas hergestellt. Nach der Lebensdauer des Foamglas kann es beim Abbau gesammelt und für eine Umnutzung als wärmedämmendes Granulat im Strassenbau recycelt werden. Die direkten Rücknahmelösungen durch die Firma Foamglas sind leider noch nicht ganz ausgereift und noch in der Entwicklung.⁵²

Eingesetzte Dämmprodukte der Firma Owens Corning Foamglas:

Fussboden Keller/Heizungsraum/Waschraum und Bastelraum: [FOAMGLAS® BOARD S3](#)

⁵² Owens Corning Foamglas, «Nachhaltigkeit», Zugriff 21. Oktober 2025

10 Fazit und Ausblick

10.1 Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse

- **Effektivität der energetischen Gebäudesanierung:** Die erarbeitete Konzept der energetischen Gebäudesanierung und ihre Ergebnisse zeigen, dass durch umfassende bauliche Massnahmen die Effizienz der Gebäudehülle massgeblich auf ein Neubau Niveau gesteigert werden kann. Zudem sinkt der Verbrauch zusammen mit dem neuen Wärmeerzeuger der Sole/Wasser Wärmepumpe über 77.6%, dadurch fallen die jährlichen Heizkosten kleiner aus und leistet einen Beitrag zur Erreichung der Energieziele Gebäudepark 2050.
- **Kreislauffähige Dämmstoffe:** Die verwendeten Dämmstoffe aus Steinwolle und Schaumglas sind beide kreislauffähig und besitzen auf die eingesetzte Dämmstärke sehr gute Wärmedämmeigenschaften mit einem kleinen U-Wert. Dies hat gezeigt, dass auf jeden Fall beim Einsatz von Dämmstoffen auf ihre Ökologie mit den UBP und ihre Kreislauffähigkeit mit dem Recycling und der Weiterverwendung geachtet werden sollte. Den nur mit der Kreislaufwirtschaft können Ressourcen geschont und Stoffe mehrere Male eingesetzt werden.
- **Potential optionale Photovoltaik:** Durch die Umsetzung der optionalen Photovoltaikanlage auf der Südseite könnte jährlich 16'250 kWh an erneuerbarem Strom produziert werden. Mit einem jährlichen Energieverbrauch des Gebäudes von ca. 12'289 kWh, würde sie sogar 3'961 kWh pro Jahr mehr produzieren als vom Gebäude benötigt wird. Jedoch kann der produzierte Solarstrom den Bedarf nur von März bis Oktober decken, da in den Wintermonaten weniger produziert wird. Zusätzlich hängt der Eigenverbrauch des Solarstroms von der Umsetzung der anzusteuernenden Geräte, der Speicherung des Stroms sowie das Stromnutzverhalten der Wohnenden ab. Das Potential ist auf jeden Fall vorhanden, um erneuerbaren Strom zu produzieren, da er nebst der Gebäudetechnik von mehreren Wohnungen genutzt werden kann.

10.2 Ausblick weitere energetische potentiale

- **Kontrollierte Lüftung mit WRG:** Durch den zusätzlichen nachträglichen Einbau eines kontrollierten Lüftungssystems mit Wärmerückgewinnung, kurz WRG, könnten weitere 5-10% an jährlicher Energieverbrauch fürs Heizen eingespart werden. Zudem muss mit einer kontrollierten Lüftung nicht mehr manuell gelüftet werden, wodurch sich der Wohnkomfort steigern lässt. Zusätzlich könnte das Gebäude mit einer kontrollierten Lüftung Minergie zertifiziert werden.⁵³
- **Effiziente Beleuchtung und Geräte:** Austausch der bestehenden Beleuchtung und Geräten gegen hoch effiziente mit möglichst mit Energielabel Kategorie A. Dadurch kann langfristig Energie gespart werden.⁵⁴
- **Intelligente Gebäudetechnik:** Durch Einsatz intelligenter Gebäudetechnik und Gebäudeautomation können die Verbraucher (Beleuchtung, Geräte, Heizung) sowie die Produzenten (Photovoltaikanlage) des Gebäudes miteinander kommunizieren und den Verbrauch und die Produktion miteinander abstimmen, so dass die Geräte bei Bedarf dann laufen, wenn Strom produziert wird oder z.B. das Licht abgeschaltet wird, wenn es vergessen wurde und niemand mehr zu Hause ist.

⁵³ [Systemerneuerung - Minergie](#)

⁵⁴ [6712-ECH-Bro-Gebäude_erneuern_Energieverbrauch_halbieren-805.098-DE-web.pdf](#)

10.3 Lessons Learned

Bei der Erarbeitung des Konzepts für die energetische Gebäudesanierung des Mehrfamilienhauses meiner Grosseltern, konnte ich umfangreiche neue Kenntnisse erwerben und ein solides Grundwissen im Bereich des Gebäude- und Heizungswesens aufbauen.

Abgesehen von meiner bisherigen Tätigkeit im Bereich Gebäudetechnik Photovoltaik hatte ich zu Beginn der Arbeit nur wenig Berührung mit Themen wie Bauphysik, Sanierungskonzepten und erneuerbare Wärmeerzeugungssystemen.

Die Recherche zu möglichen Sanierungsmassnahmen und das Verständnis für den Ablauf einer energetischen Sanierung, insbesondere unter Einbezug der Kreislauffähigkeit der Dämmstoffe, halfen mir, einen umfassenden Überblick über die Thematik zu gewinnen.

Zudem konnte ich durch die Anwendung der Normen SIA 380/1 (Berechnung des Heizwärmebedarfs) und SIA 384/3 (Auslegung des Wärmeerzeugers) ein vertieftes Verständnis für die technischen Zusammenhänge und Berechnungsmethoden entwickeln.

Die Arbeit mit neuen Fachbegriffen und die korrekte Definition der Energiebezugsfläche (EBF) waren anfangs herausfordernd, führten jedoch zu einem klaren Verständnis des Berechnungsprozesses.

Besonders lehrreich war die Auswahl des geeigneten Heizsystems. Dabei fiel es mir anfangs schwer, den Fokus ausschliesslich auf die technische und energetische Bewertung zu legen und Kostenüberlegungen auszuklammern. Obwohl sich die gewählte Sole/Wasser-Wärmepumpe, letztlich auch als wirtschaftlich sinnvoll herausgestellt hat, war die Erkenntnis wichtig, dass im Rahmen dieser Arbeit die Bewertung von Effizienz und Nachhaltigkeit im Vordergrund steht.

Die Arbeit hat mir insgesamt gezeigt, wie entscheidend eine ganzheitliche Planung, eine normgerechte Berechnung und der bewusste Einsatz nachhaltiger Baustoffe für eine erfolgreiche zukunftsfähige Konzept einer energetischen Gebäudesanierung ist. Gleichzeitig konnte ich wertvolle praktische Erfahrungen für zukünftige Projekte in den Bereichen Gebäudetechnik und Energieeffizienz sammeln.

11 Literaturverzeichnis

Bundesamt für Energie, «kann-ich-bohren», Zugriff am 20. Oktober 2025

[kann-ich-bohren.ch: Eignung für Erdwärmesondenbohrungen](#)

Bundesamt für Energie, Gebäudepark 2050 – Vision des BFE, ed. 1. Juni 2023

<https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/effizienz/gebaeude.exturl.html/aHR0cHM6Ly9wdWJkYi5iZmUuYWRTaW4uY2gvZGUvcHVibGljYX/Rpb24vZG93bmxxvYWQvODk4NQ==.html>

Bundesamt für Energie, PDF Leitfaden Eigenverbrauch, V3.0, ed. Mai 2023

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwis9azriseQAxUu2wIHHfFsPbIQFnoECBwQAQ&url=https%3A%2F%2Fpubdb.bfe.admin.ch%2Fde%2Fpublication%2Fdownload%2F9329&usg=AOvVaw3lCep6o7_7Jx9mysnBeGKD&opi=89978449

Bundesamt für Landetopografie swisstopo «swissBUILDINGS3D 2.0», publ. 8. Januar 2024

[swissBUILDINGS3D 2.0](#)

Bundesamt für Statistik, Bevölkerung nach Hauptenergiequelle der Heizung, publ. 22. September 2025

[Bevölkerung nach Hauptenergiequelle der Heizung - 2024 | Diagramm](#)

Bundesamt für Umwelt, Gebäude «Treibhausgasemissionen der Gebäude», Zugriff 19. Oktober 2025

[Treibhausgasemissionen der Gebäude](#)

Bundesamt für Umwelt, Klimapolitik Schweiz «Netto-Null-Ziel 2050», Zugriff 19. Oktober 2025

[Netto-Null-Ziel 2050](#)

Bundesamt für Umwelt, Ökobilanzierung «UBP-Methode», Zugriff 21. Oktober 2025

[Methode der ökologischen Knappheit \(UBP-Methode\)](#)

Das Gebäudeprogramm «Grundlagen und Finanzierung», Zugriff 19. Oktober 2025

[Grundlagen und Finanzierung](#)

Ecobau, Gebäudecheck, ed. 31. Januar 2024

[240319_Gebaeudecheck_ecobau_2024-V1_de.pdf](#)

Ecobau, Instrumente «Ökobilanzen», Zugriff 21. Oktober 2025

[ecobau / Instrumente / Ökobilanzen](#)

Ecobau, Instrumente «Zirkuläres Bauen», Zugriff 21. Oktober 2025

[ecobau / Instrumente / Zirkuläres Bauen](#)

Ecobau, Instrumente, Ökobilanzen «Ökobilanzdaten im Baubereich», ed. 6.2, 4. Dezember 2025 http://www.ecobau.ch/resources/uploads/Oekobilanzdaten/%C3%96kobilanzdaten/Oekobilanzdaten_%20Baubereich_Donne_ecobilans_construction_2009-1-2022_v6_2.xlsx

Ecobau, Themen «Kreislaufwirtschaft», Zugriff 21. Oktober 2025

[ecobau / Themen / Kreislaufwirtschaft](#)

Energie Schweiz, Gebäude erneuern – Energieverbrauch halbieren, GEAK, publ. Januar 2022

<https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/6712>

Energie Schweiz, Tools und Rechner «Solarrechner», Zugriff 26. Oktober 2025

[Kosten- und Nutzenrechner für Ihre Solaranlage](#)

Energieheld, Dach «Aufsparrendämmung», Zugriff 6. Oktober 2025

[Aufsparrendämmung: beste Dachdämmung von außen](#)

Erdsondenbohrung-schweiz, «wie lange hält eine Erdsonde», Zugriff 19. Oktober 2025

[Wie lange hält eine Erdsonde? - Firmen für Erdsondenbohrung](#)

European Commissions, EU Science HUB «PVGIS», Zugriff 20. Oktober 2025

[JRC Photovoltaic Geographical Information System \(PVGIS\) - European Commission](#)

Fedlex, Übereinkommen von Paris «Klimaübereinkommen», in Kraft seit 5. November 2017

[SR 0.814.012 - Übereinkommen von Paris vom 12. Dezember 2015 \(Klimaübereinkommen\) | Fedlex](#)

Flumroc AG, Anwendung «Steildach, Flumserdach», Zugriff 6. Oktober 2025

[Flumroc – Dämmung über Sparren „Flumserdach“ mit Steinwolle](#)

Flumroc AG, Produkte «Bodenplatte Mega», Zugriff 19. Oktober 2025

[Flumroc – Flumroc-Dämmplatte MEGA aus Steinwolle für begehbare Flachdächer 60-120mm](#)

Flumroc AG, Produkte «Dämmplatte 3», Zugriff 19. Oktober 2025

[Flumroc – Flumroc-Dämmplatten 3 aus Steinwolle: Die Festere Universelle 30-260mm](#)

Flumroc AG, Produkte «Dämmplatte Compact Pro», Zugriff 19. Oktober 2025

[Flumroc – Flumroc-Dämmplatte COMPACT PRO aus Steinwolle: Die Verputzbare im Massivbau](#)

Flumroc AG, Produkte «Dämmplatte Compact Pro», Zugriff 19. Oktober 2025

[Flumroc – Flumroc-Dämmplatte COMPACT PRO aus Steinwolle: Die Verputzbare im Massivbau](#)

Flumroc AG, Produkte «Dämmplatte Topa», Zugriff 19. Oktober 2025

[Flumroc – Flumroc-Dämmplatte TOPA aus Steinwolle: Für Decken von Keller, Halle, Tiefgarage mit fertiger Sichtoberfläche](#)

Flumroc AG, Service «Recycling», Zugriff 21. Oktober 2025

[Flumroc – Recycling](#)

Foamglas, Produkte «Board S3», Zugriff 19. Oktober 2025

[FOAMGLAS® BOARD S3](#)

GEAK «GEAK Plus», Zugriff 19. Oktober 2025

[GEAK Plus / GEAK](#)

GEAK «Der GEAK», Zugriff 19. Oktober 2025

[Was ist der GEAK / GEAK](#)

Hilzinger «Fenster Matura 76», Zugriff 6. Oktober 2025

[Matura 76, das Preis-Leistungsfenster](#)

Hörmann, Katalog «Garagentore, Sektionaltore LPU 42», Zugriff 19. Oktober 2025

[| Hörmann Portal](#)

Hörmann, Katalog «Haustüren, Alu-Haustür Thermosafe», Zugriff 19. Oktober 2025

[Alu-Haustür ThermoSafe, mit Seitenteil | Hörmann Portal](#)

James Hardie Europa GmbH, Produkte «Fermacell Power Panel H20», Zugriff 19. Oktober 2025

[Powerpanel H2O | James Hardie Europe GmbH](#)

Kanton Bern, 721.1 Bauverordnung «Art. 67 Minimale Grösse», in Kraft seit 1. Mai 2024

[BSG 721.1 - Bauverordnung - Kanton Bern - Erlass-Sammlung](#)

Owens Corning Foamglas, «Nachhaltigkeit», Zugriff 21. Oktober 2025

[FOAMGLAS® Nachhaltigkeit](#)

R.Schuberth, Technologie Energie «Kp. 4.3 Die Wärmepumpe», ed. 6

Solarmarkt, Solarmodule «AIKO Neostar 2p A4770-MAH54Mw», Zugriff 20. Oktober 2025

[AIKO Neostar 2P A470-MAH54Mw - \(BF, R30, EVO2\) - 25 Jahre Produktgarantie](#)

Stiebel Eltron, Produkte, Sole/Wasser Wärmepumpen, «WPE-I 04-15 HK 230 Premium»,

Zugriff 20. Oktober 2025

[WPE-I 12 HK 230 Premium Sole-Wasser-Wärmepumpen von STIEBEL ELTRON](#)

Swissolar, «Solarmonitor Schweiz», Zugriff 27. Oktober 2025

[Solarmonitor Schweiz](#)

Wirtschaft, Energie- und Umweltdirektion Kanton Bern «Förderprogramm Energie», Zugriff

19. Oktober 2025

[Förderbeiträge & Bedingungen](#)

Berechnungstools

Excel-Berechnungstool Heizwärmebedarf SIA 380/1

<https://www.energie-zentralschweiz.ch/media/109/download?attachment>

Dimensionierung Wärmepumpe WPesti

https://energiehub-gebaeude.ch/wp-content/uploads/2025/09/WPesti_de.xlsx

Normen

SIA 380

SIA 380/1

SIA 380/2

SIA 384/1

SIA 416

12 Abkürzungen

°C	Grad Celsius
3D	Dreidimensional
A _E	EBF, Energiebezugsfläche
CAD	Computer-Aided Design
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
EBF	Energiebezugsfläche
EFZ	Eidgenössisches Fähigkeitszeugnis
EPS	Polystyrol
GEAK	Gebäudeenergieausweis der Kantone
H	Heizwert
HF	Höhere Fachschule
HW	Hagelwiderstand
Hz	Herz
JAZ	Jahresarbeitszahl
KBOB	Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
kWh/a	Kilowattstunde pro Jahr
kWh/m ² a	Kilowattstunde pro Quadratmeter und Jahr
kWh/m ² K	Kilowattstunde pro Quadratmeter und Kelvin
kWp	Kilowatt peak
Lambda, λ	Wärmeleitfähigkeit
m	Meter
m ²	Quadratmeter
MFH	Mehrfamilienhaus
p (Rho)	Dichte
PUR	Polyurethan
PV	Photovoltaik

PVGIS	Photovoltaic Geographical Information System
Pz Rs	Panzer Rekrutenschule
Q_H	Heizwärmebedarf
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
TWh	Terawattstunde
UBP	Umweltbelastungspunkte
U_w	Wärmedurchgangskoeffizient von Fenster
U-Werte	Wärmedurchgangskoeffizient
VZEV	Virtueller Zusammenschluss zum Eigenverbrauch
W/m^2	Watt pro Quadratmeter
WP	Wärmepumpe
W_p	Watt peak
WRG	Wärmerückgewinnung
ZEV	Zusammenschluss zum Eigenverbrauch

13 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Auswertung Hauptenergiequelle der Heizung 2024, BFS	11
Abbildung 2: Typische Merkmale der GEAK-Klassen auf der Energieetiketle	15
Abbildung 3: Kreislaufwirtschaft	17
Abbildung 4: Fenstersanierung West.....	19
Abbildung 5: Fenstersanierung Süd.....	19
Abbildung 6: Auszug Resultat Heizwärmebedarf SIA 380/1 Excel	21
Abbildung 7: GEAK-Klasse G nach typischem Heizwärmebedarf	22
Abbildung 8: GEAK-Klasse B mit typischem Heizwärmebedarf	23
Abbildung 9: Definierung Dämmperimeter	25
Abbildung 10: Konstruktion Aufsparrendämmung.....	27
Abbildung 11: Konstruktion zwischen und unter Sparrendämmung.....	27
Abbildung 12: Konstruktion und Dämmmaterial Flumserdach Flumroc	28
Abbildung 13: Matura 76 von Datenblatt.....	29
Abbildung 14: Hilzinger Matura 76 Fenster.....	29
Abbildung 15: Visualisierung korrektes Dämmen der Laibung.....	30
Abbildung 17: Alu-Haustür Thermosafe Hörmann	31
Abbildung 16: Haustür in Sketch Up visualisiert	31
Abbildung 18: Doppelwandiges Stahl-Lamellen Sektionaltor Hörmann	32
Abbildung 19: Querschnitt doppelwandig gedämmte Lamelle Sektionaltor	32
Abbildung 20: Garagentor in Sketch Up visualisiert	32
Abbildung 21: Visualisierung Aussendämmung	34
Abbildung 22: Beschreibung Fassade Aussendämmung.....	34
Abbildung 23: Visualisierung Innendämmung	34
Abbildung 24: Beschreibung Fassade Innendämmung	34
Abbildung 25: Beschreibung Fassade Kerndämmung.....	35
Abbildung 26: Visualisierung Kerndämmung Neubau zu Möglichkeit Altbau.....	35
Abbildung 27: Konstruktion Fassadendämmung mit U-Wert Ubakus	36
Abbildung 28: Konstruktion Innenwanddämmung mit U-Wert Ubakus	37
Abbildung 29: Konstruktion Deckendämmung mit U-Wert Ubakus	38
Abbildung 30: Konstruktion Dämmung Fussboden Whg EG mit U-Wert Ubakus	40
Abbildung 31: Konstruktion Dämmung Fussboden Keller und Bastelraum mit U-Wert Ubakus	40
Abbildung 32: Excel SIA 380/1 Eingabe Nutzung und Standort	42
Abbildung 33: Excel SIA 380/1 Berechnung EBF	43
Abbildung 34: Excel SIA 380/1 Eingabe Angaben Dächer und Wände gegen Aussenklima	44
Abbildung 35: Excel SIA 380/1 Eingabe Angaben Fenster	44
Abbildung 36: Excel SIA 380/1 Eingabe Angaben Türen	44
Abbildung 38: Tabelle 20 SIA 380/1 Verschattungsfaktor fs1	45
Abbildung 37: Winkel für fs1 ermitteln Sketch Up.....	45

Abbildung 40: Tabelle 21 SIA 380/1 Verschattungsfaktor fs_2	45
Abbildung 39: Winkel für fs_2 ermitteln Sketch Up	45
Abbildung 41: Definierter Dämmperimeter	46
Abbildung 42: Excel SIA 380/1 Eingabe Angaben Innenwände und Böden gegen unbeheizte Räume oder Erdreich.....	46
Abbildung 43: Excel SIA 380/1 Auszug Ergebnis mit den energetischen Sanierungsmassnahmen 1-6 für die Gebäudehülle	47
Abbildung 44: Visualisierung kartographische Zonierung mit Legende	50
Abbildung 45: Technische Funktion Wärmepumpe.....	51
Abbildung 46: Funktionsprinzip Sole/Wasser Wärmepumpe	51
Abbildung 47: Grafische Darstellung Zweck der SIA 380/3	52
Abbildung 48: Eingaben und Resultate WPEsti Excel	53
Abbildung 49: Auszug Gebäudedaten WPEsti Excel.....	53
Abbildung 50: Heizleistungsdiagramm WPE-I 12 HK 230 Premium	54
Abbildung 51: Wärmepumpen Daten WPEsti Excel.....	55
Abbildung 52: Systemtemperaturen WPEsti Excel	56
Abbildung 53: Resultate Berechnung Deckung Wärmebedarf und JAZ WPEsti Excel.....	57
Abbildung 54: Erweiterte Resultate mit Strombedarf WP WPEsti Excel.....	57
Abbildung 55: Heizraum mit Sole/Wasser Wärmepumpe.....	58
Abbildung 56: Swissolar Statistik, Entwicklung Photovoltaikausbau	59
Abbildung 57: Visualisierung Photovoltaikanlage Sketch Up	60
Abbildung 58: Ergebnis Berechnung jährlicher Stromertrag PV-Anlage.....	61
Abbildung 59: GEAK-Klasse B	62
Abbildung 60: Diagramm Reduktion des Spezifischen Heizwärmebedarf QH	63
Abbildung 61: Diagramm Jährlicher Gesamtenergieverbrauch: Vergleich vor und nach der Sanierung.....	63
Abbildung 62: Jahresbilanz Produktion durch Photovoltaik zu Verbrauch Gebäude.....	64
Abbildung 63: 3D Visualisierung nach der energetischen Gebäudesanierung, Sketch Up	65
Abbildung 64: 3D Visualisierung Ist-Stand, Sketch Up	65
Abbildung 66: Visualisierung Fassade nach energetischer Gebäudesanierung, Sketch Up	65
Abbildung 65: Fassade Ist-Stand, Sketch Up.....	65
Abbildung 68: Visualisierung Schneefang, SKetch Up.....	66
Abbildung 69: Visualisierung Photovoltaikanlage, SKetch Up	66
Abbildung 70: Visualisierung Garagentor und Haustür Neu, SKetch Up.....	66
Abbildung 71: Visualisierung Garagentor und Haustür Ist-Stand, Sketch Up	66
Abbildung 72: Auszug Ökobilanzdaten Baumaterialien Schaumglas und Steinwolle, KBOB, Ecobau.....	67

14 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Schadstoffe und ihr vorkommen	16
Tabelle 2: Gebäudekomponenten mit U-Werten von der Bestandsaufnahme	20
Tabelle 3: Berechnung Heizölverbrauch Bestandsaufnahme.....	21
Tabelle 4: Beschreibung Aufsparrendämmung.....	27
Tabelle 5: Beschreibung Dämmung zwischen und unter dem Sparren	27

Persönliches Schlusswort, Verdankungen

Zum Schluss dieser Arbeit möchte ich noch ein paar persönliche Gedanken teilen und den Personen danken, die mich auf dem Weg der Arbeit stets unterstützt und motiviert haben. Die Auseinandersetzung mit den Thematiken für das Konzept energetische Gebäudesanierung des Mehrfamilienhauses an der Rütistrasse 9 in Thörigen, waren für mich sehr lehrreich. Nebst dem angeeigneten fachlichen Wissen lernte ich auch die Bedeutung und das Potential von energetische und erneuerbaren Gebäudesanierungen von bestehenden Gebäuden kennen.

Besonders herausfordernd waren für mich die Berechnungen mit den SIA-Normen durch ihre Vielzahl an Begriffen und Definitionen. Doch dies hinderte mich nicht, die Berechnungen durchzuführen und motivierte mich vertiefter in die Normen einzulesen, um das Verständnis aufzubauen.

Die erfolgreiche Umsetzung dieser Arbeit erfüllt mich mit grosser Zufriedenheit. Sie zeigt, welches Potenzial in energetischen Sanierungsprojekten steckt, um einen nachhaltigen Beitrag zur Zukunft des Schweizer Gebäudeparks zu leisten.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen danken, die mich während der Entstehung dieser Diplomarbeit tatkräftig unterstützt haben. Vielen Dank!

Speziell möchte ich meinen Grosseltern danken für die zur Verfügungstellung des Projekts sowie die ausführlichen benötigten Dokumente und Informationen zum Gebäude.

Bei meiner Familie und Freunden für die tatkräftige Unterstützung und Motivation auf dieser Reise.

Ebenso möchte ich mich bei meiner zugeteilten Betreuerin für die Diplomarbeit, Frau Elsi Hischier, für die unterstützenden und aufschlussreichen Coachings bedanken.

Eigenständigkeitserklärung

«Ich erkläre hiermit, dass ich diese Diplomarbeit selbständig erarbeitet habe, keine weiteren Personen mir dabei geholfen haben. Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen benutzt.

Für die Zwecke der Begutachtung und der Überprüfung der Einhaltung der Selbstständigkeitserklärung bzw. betreffend Plagiate erteile ich der Teko Bern das Recht, die dazu erforderlichen Personendaten zu bearbeiten und Nutzungshandlungen vorzunehmen, insbesondere eine Schriftliche Transferarbeit zu vervielfältigen und dauerhaft in einer Datenbank zu speichern, sowie diese zur Überprüfung von Arbeiten Dritter zu verwenden oder hierzu zur Verfügung zu stellen.»

Ort, Datum

Eigenständige Unterschrift

Herzogenbuchsee, 28.10.2025



Anhang

Ubakus U-Wert Ermittlung Gebäudekomponenten Bestandsaufnahme



Alle Angaben ohne Gewähr

Dach Zwischensparrendämmung (Alt, mit Luftschicht) Dachkonstruktion erstellt am 27.10.2025

Wärmeschutz

 $U = 0,39 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ EnEV Bestand*: $U < 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

sehr gut

mangelhaft

Feuchteschutz

Tauwasser: 71 g/m^2
 Trocknet 6 Tage
 Feuchtegehalt Holz: $+0,3\%$

sehr gut

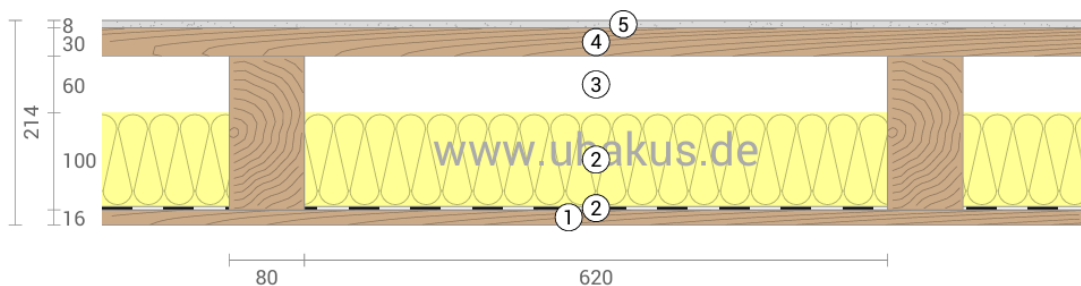
mangelhaft

Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 2,7
 Phasenverschiebung: 5,3 h
 Wärmekapazität innen: $17,5 \text{ kJ/m}^2\text{K}$

sehr gut

mangelhaft



① Profilschalung (16 mm)

② Mineralwolle mit raums. Alukaschierung (100 mm)

③ Luftschicht (60 mm)

④ Lattung (30 mm)

⑤ Faserzementplatte Asbesthaltig (8 mm)



Alle Angaben ohne Gewähr

Fassade Zweischalenmauerwerk (Alt)

Außenwand
erstellt am 27.10.2025

Wärmeschutz

 $U = 1,01 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ GEG 2020/24 Bestand*: $U < 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

sehr gut

mangelhaft

Feuchteschutz

(Tauwasser nur auf Außenschale)

sehr gut

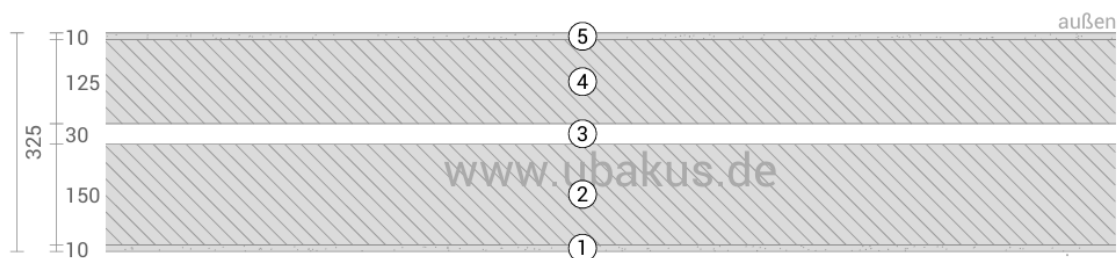
mangelhaft

Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 1,2
 Phasenverschiebung: 2,7 h
 Wärmekapazität innen: $11,5 \text{ kJ/m}^2\text{K}$

sehr gut

mangelhaft



① Innenputz (10 mm)

② Backstein Swiss Modul (150 mm)

③ Luftschicht (30 mm)

④ Backstein Swiss Modul (125 mm)

⑤ Aussenputz (10 mm)



Fenster (Alt)

U-Wert-Berechnung

Verglasung

Typ: 2-Scheiben Isolierglas
 U-Wert: 2,7 W/(m²K)
 Fläche: 1,571 m²

Randverbund

ψ-Wert: 0,07 W/(mK)
 Länge: 7,114 m

$$U_w = 2,42 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Achtung Beta-Version. Probleme und Fehler bitte umgehend melden.



Alle Angaben ohne Gewähr

Fussboden Bastelraum (Alt)

Fußboden
 erstellt am 27.10.2025

Wärmeschutz

$$U = 2,16 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Beidseitig beheizt: Keine Anforderung*



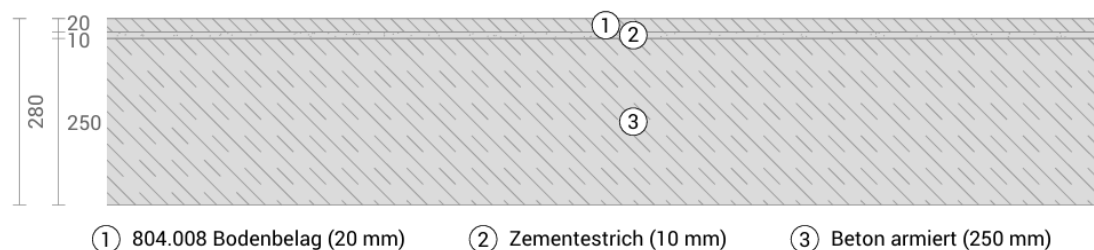
Feuchteschutz

Kein Tauwasser



Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 2,2
 Phasenverschiebung: 6,0 h
 Wärmekapazität innen: 143 kJ/m²K





Alle Angaben ohne Gewähr

Fussboden Keller und Waschraum mit Heizung (Alt)

Fußboden
erstellt am 27.10.2025

Wärmeschutz

 $U = 3,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
GEG 2020/24 Bestand*: $U < 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ 

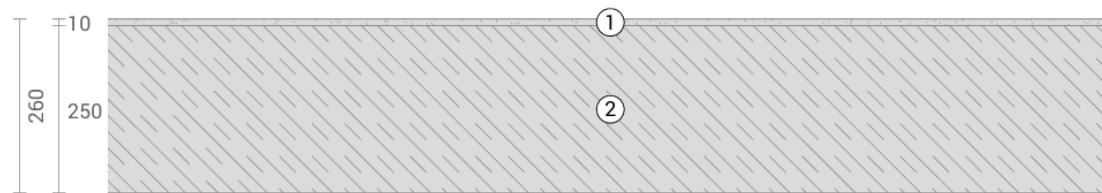
Feuchteschutz

Oberflächentemperatur innen zu niedrig!
Trocknet 5 Tage

Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 2,0
Phasenverschiebung: 5,5 h
Wärmekapazität innen: 133 kJ/m²K

www.ubakus.de



- ① Zementestrich (10 mm) ② Beton armiert (250 mm)



Alle Angaben ohne Gewähr

Fussboden Wohnung EG (Alt)

Fußboden
erstellt am 27.10.2025

Wärmeschutz

 $U = 1,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Beidseitig beheizt: Keine Anforderung*



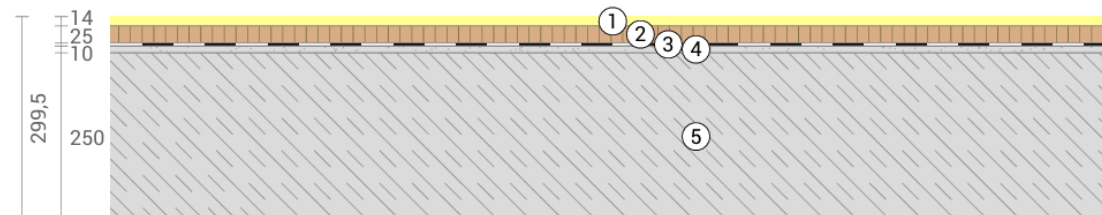
Feuchteschutz

Kein Tauwasser

Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 2,3
Phasenverschiebung: 7,0 h
Wärmekapazität innen: 74 kJ/m²K

www.ubakus.de



- ① Kork (14 mm) ③ Dampfbremse $s_d = 2,3$ ⑤ Beton armiert (250 mm)
② NOVOPAN P3 Verlegespanplatte (25 mm) ④ Zementestrich (10 mm)



Alle Angaben ohne Gewähr

Decke über Garage (Alt)

Kellerdecke
erstellt am 27.10.2025

Wärmeschutz

 $U = 1,09 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Beidseitig beheizt: Keine Anforderung*



Feuchteschutz

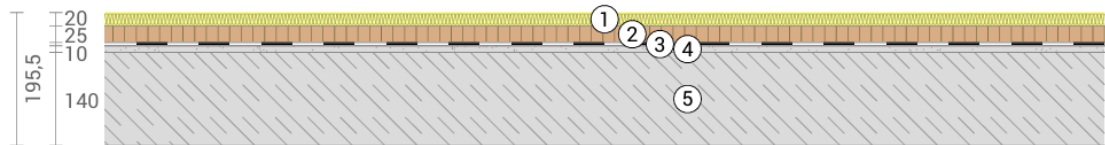
Kein Tauwasser



Hitzeschutz

 Temperaturamplitudendämpfung: 1,3
 Phasenverschiebung: 4,2 h
 Wärmekapazität innen: 37 kJ/m²K


www.ubakus.de



- ① Teppich (20 mm) ③ Dampfbremse $s_d = 2,3$ ⑤ Beton armiert (140 mm)
 ② NOVOPAN P3 Verlegespanplatte (25 mm) ④ Zementestrich (10 mm)



Alle Angaben ohne Gewähr

Innenwände gegen unbeheizte Garage (Alt)

Außenwand
erstellt am 27.10.2025

Wärmeschutz

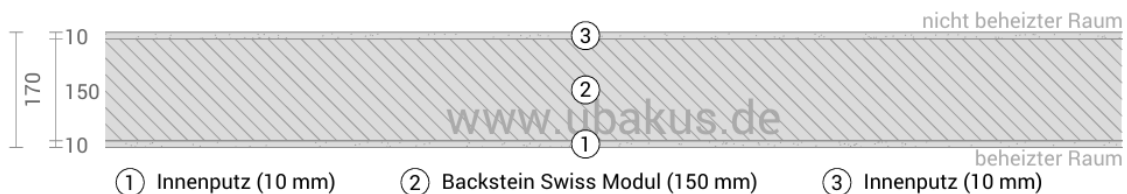
 $U = 1,61 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
GEG 2020/24 Bestand*: $U < 0,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ 

Feuchteschutz

Kein Tauwasser



Hitzeschutz

 Temperaturamplitudendämpfung: 1,1
 Phasenverschiebung: 1,2 h
 Wärmekapazität innen: 8,7 kJ/m²K


Ubakus U-Wert Ermittlung Gebäudekomponenten erneuert/gedämmt



Alle Angaben ohne Gewähr

Fassadendämmung (Neu)

Außenwand
erstellt am 27.10.2025

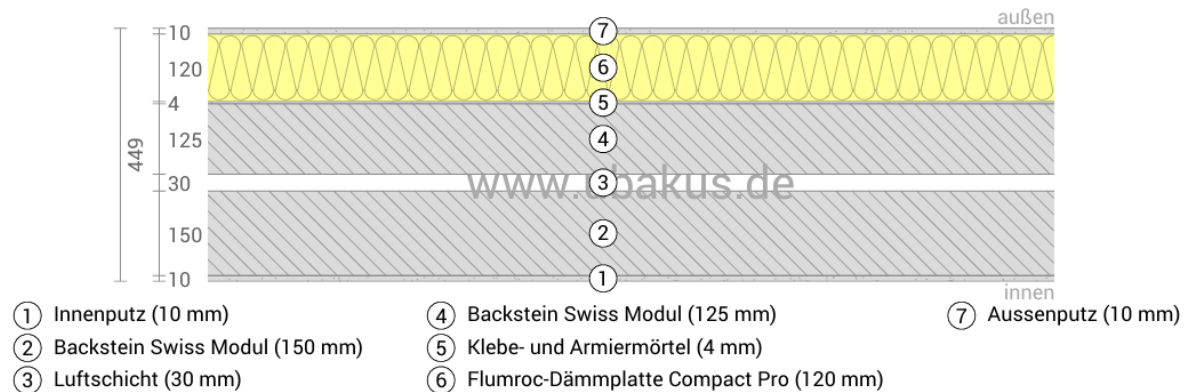
Wärmeschutz

 $U = 0,22 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ GEG 2020/24 Bestand*: $U < 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ 

Feuchteschutz

Tauwasser: 459 g/m²
Trocknet 14 Tage

Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 6,6
Phasenverschiebung: 7,8 h
Wärmekapazität innen: 21 kJ/m²K

Alle Angaben ohne Gewähr

Dämmung Fussboden Keller, Waschküche und Bastelraum (Neu)

Fußboden
erstellt am 27.10.2025

Wärmeschutz

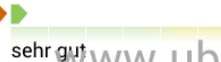
 $U = 0,55 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Beidseitig beheizt: Keine Anforderung*

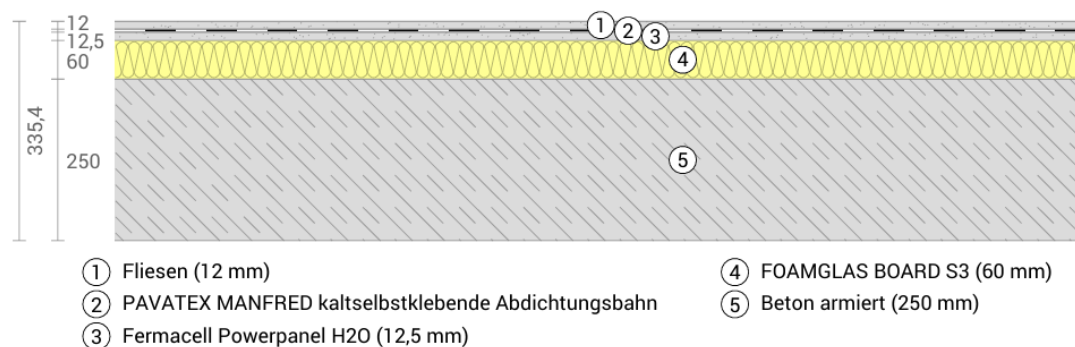


Feuchteschutz

Kein Tauwasser



Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 7,7
Phasenverschiebung: 10,5 h
Wärmekapazität innen: 63 kJ/m²K



Alle Angaben ohne Gewähr

Dämmung Fussboden Whg EG (Neu)

Fußboden
erstellt am 27.10.2025

Wärmeschutz

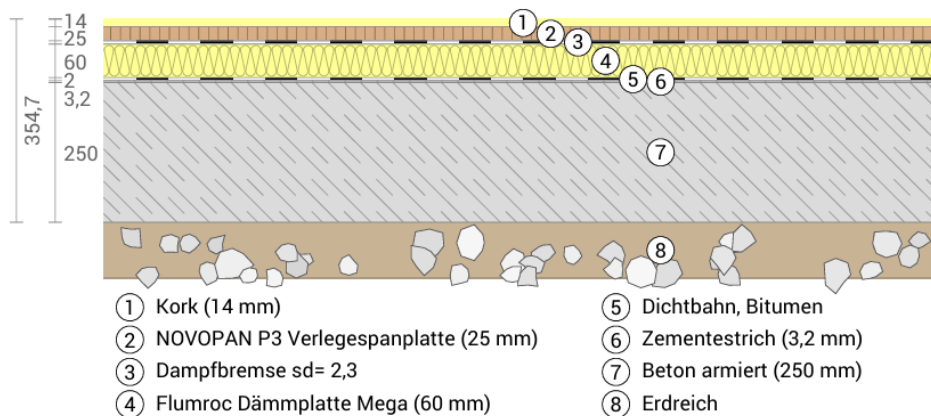
$$U = 0,48 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

GEG 2020/24 Bestand*: $U < 0,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ 

Feuchteschutz

Kein Tauwasser

Hitzeschutz

Bauteil grenzt an Erdreich:
TAV und Phase nicht relevant.
Wärmekapazität innen: $54 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ 

Alle Angaben ohne Gewähr

Deckendeckendämmung Garage (Neu)

Fußboden
erstellt am 27.10.2025

Wärmeschutz

$$U = 0,37 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

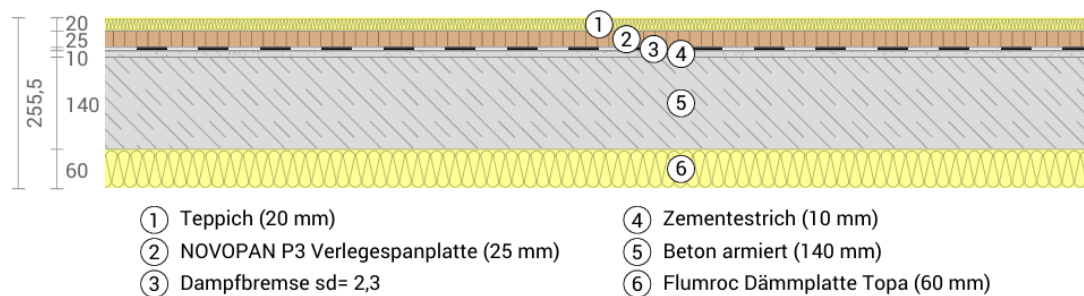
Beidseitig beheizt: Keine Anforderung*



Feuchteschutz

Kein Tauwasser

Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 48
Phasenverschiebung: 8,5 h
Wärmekapazität innen: $252 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ 



Alle Angaben ohne Gewähr

Innenwand Dämmung

Innenwand
erstellt am 18.10.2025

Wärmeschutz

$U = 0,46 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Beidseitig beheizt: Keine Anforderung*



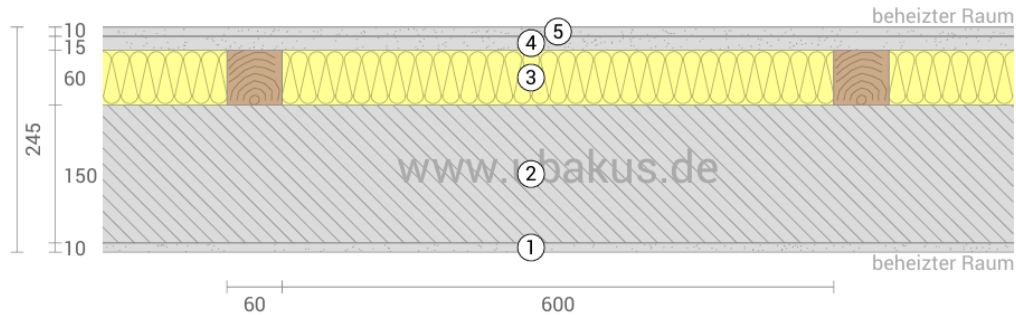
Feuchteschutz

Kein Tauwasser



Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 2,4
Phasenverschiebung: 5,0 h
Wärmekapazität innen: 15,2 kJ/m²K



① Innenputz (10 mm)

② Backstein Swiss Modul (150 mm)

③ Flumroc Dämmplatte 3 (60 mm)

④ Fermacell Gipsfaser-Platte 15mm (15 mm)

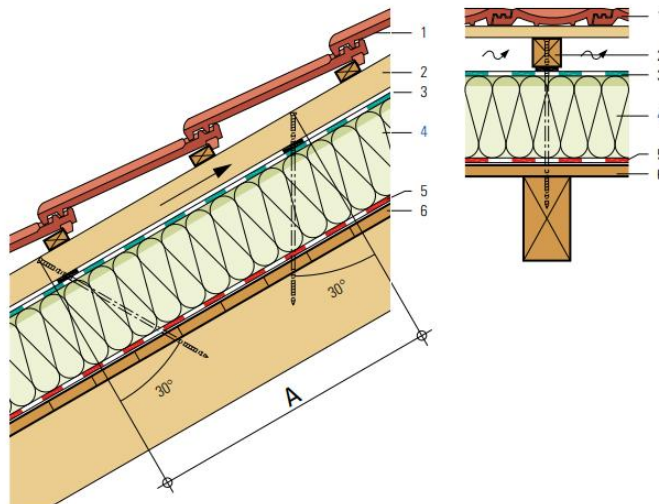
⑤ Innenputz (10 mm)

Auszug Datenblätter der Erneuerungen

Flumserdach von Flumroc

- 1 Deckung
- 2 Konterlattung mind. 60/60 mm
- 3 Unterdachbahn dampfdurchlässig
- 4 Flumroc-Dämmplatte PARA (H160)
- 5 Dampfbremse und Luftdichtung
- 6 Dachschalung

A = gemäss Berechnungsgrundlage



Kriterien	Einheit						
Dämmdicke	mm	120	140	160	180	200	220
Wärmedurchgangskoeffizient U							
Durchschnittswert gemäss SIA Norm 180	W/(m² K)	0.266	0.233	0.207	0.187	0.170	0.157
Theoretisch, ohne Wärmebrücken	W/(m² K)	0.255	0.222	0.196	0.176	0.160	0.146
Dynamischer Wärmedurchgangskoeffizient U ₂₄	W/(m² K)	0.229	0.190	0.158	0.131	0.109	0.089
Bewertetes Schalldämmmass R _w	ca. dB	44*	44*	45*	45*	46*	47*
Spektrum-Anpassungswerte C; C _{tr}	dB	-3; -8	-3; -8	-3; -8	-3; -8	-3; -9	-3; -9

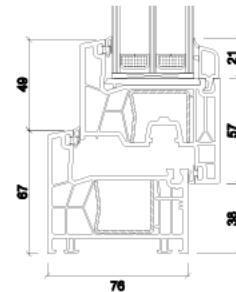
*mit Schiefereindeckung +3 dB

3-Fachverglaste Fenster von Hilzinger



hilzinger Matura 76

Matura 76 mit der Bautiefe von 76 mm verfügt über Wärmedämmeigenschaften, die sonst nur größere Bautiefen bieten. Der U_f -Systemwert beträgt bis 1,2 W/(m²K). Charakteristisch für Matura 76 ist auch das geradlinige Kantendesign und die schlanke Gesamtansicht von nur 116 mm in der Standardausführung. Je nach Kundenwunsch kommt eine moderne 2-fach-Verglasung oder eine hochdämmende 3-fach-Verglasung mit U_g -Wert bis 0,5 W/(m²K) zum Einsatz. Matura 76 erreicht so einen U_w -Wert bis 0,80 W/(m²K).¹⁾ Alle Verglasungen sind werkseitig bereits mit einem thermisch optimierten Scheibenrandverbund (warme Kante) ausgestattet. Dieser verbessert die Wärmedämmung und reduziert Konvektion (Zugerscheinungen) und Kondensat im Randbereich der Verglasung. Darüber hinaus bietet der Markenbeschlag ProTECT TITAN bereits in der Grundausstattung die einbruchhemmende Basissicherheit und einen hohen Bedienkomfort. Matura 76 gibt es in der Oberfläche weiß oder mit farbiger Dekoroberfläche. Optional kann es mit dem Ausstattungs-Paket Generation 3 plus ausgestattet werden.



hilzinger Matura 76 in der schlanken Standardausführung³⁾ mit 67 mm Rahmenansicht. Weitere Ausführungsvarianten z.B. mit breiterem Rahmen in 85 mm oder 97 mm Ansichtsbreite sind möglich.

GENERATION 3 plus	
+	einbruchhemmende Sicherheitsstufe 1
+	einbruchhemmender SecuForte Sicherheitsfenstergriff
+	Hybrid-Verstärkung für noch mehr Stabilität

Weitere Informationen zum Ausstattungs-Paket finden Sie unter: www.hilzinger.de/generation-3plus

Standard	Komfortbeschlag ProTECT TITAN		Optional
	• einbruchhemmende Basis-Sicherheit • abrieb- und wartungsarm • Fehlbedienungssperre • Gleitschlitten für ruhenden Flügel und leichtgängige Bedienung • RAL-geprüfter Fenstergriff mit Stahlkern		
	 Weitere Infos im Prospekt ProTECT TITAN		☐ einbruchhemmender Fenstergriff mit Druckknopf, abschließbar, in SecuForte- oder Secustik-ausführung ☐ hilzinger Sicherheitsstufe 1 ☐ hilzinger Sicherheitsstufe 2 ☐ RC2 und RC2N geprüft ☐ verdeckt liegender Beschlag
	Wärmeschutzverglasung 3-fach-Verglasung • U_g-Wert 0,7 oder 0,6 W/(m²K) • g-Wert 50-54 % • Lichttransmission (LT) 70-74 % • $R_{w,p}$ ≥ 32 dB • warme Kante ψ 0,039 W/(mK) 		☐ Schallschutzverglasung ☐ Sonnenschutzverglasung ☐ Sicherheitsverglasung ☐ Verglasung mit Sprossen ☐ Ornamentverglasung ☐ warme Kante ψ 0,030 W/(mK) ☐ U_g-Wert 0,5 W/(m²K)
	2-fach-Verglasung • U_g-Wert 1,1 W/(m²K) • g-Wert 63-65 % • Lichttransmission (LT) 79-83 % • $R_{w,p}$ ≥ 32 dB • warme Kante ψ 0,041 W/(mK) 		

Legende:
 U_g -Wert = Wärmedurchgangskoeffizient Glas; g-Wert = Energiegewinnungsgrad in Prozent; $R_{w,p}$ = geprüfter Schalldämmwert (Laborwert);
 LT = Lichtdurchlässigkeit in Prozent; U_w = Wärmedurchgangskoeffizient über das gesamte Fenster.

U_g W/(m ² K)	U_f W/(m ² K)	Warme Kante W/(mK)	LT %	g %	U_w ¹⁾ W/(m ² K) bis
1,1	1,2	0,041	79-83	63-65	1,2
0,7	1,2	0,039	70-74	50-54	0,95
0,7	1,2	0,030	70-74	50-54	0,93
0,6	1,2	0,039	70-74	50-54	0,89
0,6	1,2	0,030	70-74	50-54	0,86
0,5	1,2	0,030	70-74	50-54	0,80

Dekor-Standardfarben²⁾



Auszug Excel-Berechnungstool Heizwärmebedarf Q_H SIA 380/1 (Bestandsaufnahme)

Bauvorhaben/Projekt:			
Auftragsnummer: _____			
Variante: _____			
Sachbearbeiter: _____			
Beteiligte:			
Ort/ Datum: _____			
Unterschrift: _____			
Berechnung Heizwärmebedarf Q_H nach SIA 380/1:2016		Vordimensionierung	
Systemnachweis			
Gebäudekennwerte:			
- Gebäudekategorie:	Wohnen MFH I		
- Klimastation (SIA 2028):	Bern-Liebefeld	Temp. Korrektur:	2%
- Art des Bauvorhabens:	Umbau		
- Wärmespeicherfähigkeit pro m ² EBF [kWh/m ² K]:	0.15	(schwer)	
- Regelungszuschlag $\Delta\theta$, [K]:	0	(Einzelraum-Temperaturregelung)	
Heizwärmebedarf Q_H [kWh/m²a]:		163.2	343% Anforderung nicht erfüllt
Grenz- und Zielwerte:			
Grenzwert $Q_{H,li, re}$ [kWh/m ² a] Umbau:	71.4	150%	
Zielwert $Q_{H,ta, re}$ [kWh/m ² a] Umbau:	47.6	100%	
			inkl. Zuschlag für Wärmebrücken [%]: 5
Energiebilanz:		Energiebezugsfläche EBF:	
1. Transmissionswärmeverluste Q_T [kWh/m²a]		Geschoss	
1.1 gegen Aussenluft [kWh/m ² a]	171.6	Erdgeschoss	
1.2 gegen unbeheizt und gegen Erdreich [kWh/m ² a]	41.3	Hochparterre	
2. Lüftungswärmeverluste Q_V [kWh/m²a]	21.1	Dachgeschoss	
	9%	Beheiztes Treppenhaus	
3. Genutzte Wärmeeinträge Q_{ug} [kWh/m²a]		Total EBF	
3.1 Interne Wärmeeinträge Q_i [kWh/m ² a]	27.3	296	
3.1.1 Personen [kWh/m ² a]	7.7		
3.1.2 Elektrizität [kWh/m ² a]	19.6		
3.2 Solarer Wärmeeintrag total Q_s [kWh/m ² a]	58.9		
Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne η_g [-]	0.30		
Zeitkonstante τ [h]	64		
4. Total Heizwärmebedarf Q_H [kWh/m²a]	163.2		
	100%		
Kennwerte:			
Fensterfläche [m ²]:	73	A_w / A_E [%] (Flächenanteil Fenster und Türen):	24.5
thermische Gebäudehüllfläche A_{th} [m ²]:	666	Gebäudehüllzahl A_{th} / A_E [-]:	2.25

0 Werte der Standardnutzung

Raumtemperatur [°C]	20	Basis QH,li0 [kWh/m2]	13
Personenfläche [m2/P]	40	Steigung ΔQH,li [kWh/m2]	15
Wärmeabgabe pro Person [W/P]	70	Referenzzeitkonstante für Ausnutzungsgrad [h]	15
Präsenzzeit pro Tag [h]	12	numerischer Parameter für Ausnutzungsgrad [-]	1
Elektrizitätsbedarf pro Jahr [kWh/m2]	28		
Reduktionsfaktor Elektrizitätsbedarf [-]	0.7		
Aussenluft-Volumenstrom [m3/hm2]	0.70	keine Fenster mit vorgelagerten Heizkörpern	
		keine Bauteilheizung	

1 Bauteile gegen Aussenklima

Bauteilheizung Heizkörper	1.1 Dächer	Wärmedämmung	Fläche A	U-Wert	Orientierung	QH	Nr.	Anteile					
		[cm]	[m2]	[W/m2K]	[-]	[kWh/m2a]	[-]	[%]					
	S	8	98	0.39		12.34	1	6%					
	N	8	101	0.39		12.79	2	6%					
	-												
	-												
	-												
	-												
	-												
	-												
Total			199				12%						
	1.2 Wände	Wärmedämmung	Fläche A	U-Wert	Orientierung	QH	Nr.	Anteile					
		[cm]	[m2]	[W/m2K]	[-]	[kWh/m2a]	[-]	[%]					
	Erdgeschoss	12	80	1.01		25.85	3	13%					
	Hochparterre	12	117	1.01		37.85	4	19%					
	Dachgeschoss	12	72	1.01		23.30	5	11%					
	-												
	-												
	-												
	-												
	-												
Total			269				43%						
	1.3 Fenster	O	Fläche A	U-Wert	g-Wert	F _F	fs1	fs2	fs3	fs3	QH	Nr.	Anteile
		[-]	[m2]	[W/m2K]	[-]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]	[kWh/m2a]	[-]	[%]
	Erdgeschoss	S	3	2.42	0.65	0.75	0.79				2.46	6	1%
	Erdgeschoss	N	1	2.42	0.65	0.75	0.99				0.93	7	0%
	-												
	Erdgeschoss	W	1	2.42	0.65	0.75	0.81				0.93	8	0%
	Hochparterre	S	5	2.42	0.65	0.75	0.89				3.88	9	2%
	Hochparterre	N	4	2.42	0.65	0.75	0.99				3.04	10	2%
	Hochparterre	O	6	2.42	0.65	0.75	1.00				4.30	11	2%
	Hochparterre	W	2	2.42	0.65	0.75	0.94				1.27	12	1%
Dachgeschoss	O	2	2.42	0.65	0.75	1.00				1.24	13	1%	
Dachgeschoss	W	2	2.42	0.65	0.75	1.00				1.24	14	1%	
Sanierte Fenster 2023 EG	S	12	0.90	0.60	0.75	0.96	38			3.35	15	2%	
Sanierte Fenster 2023 HochP	S	12	0.90	0.60	0.75	1.00				3.35	16	2%	
Sanierte Fenster 2023 HochP	W	3	0.90	0.60	0.75	0.94				0.83	17	0%	
-													
-													
-													
-													

[illegible]

1.5 Böden	Wärmedämmung [cm]	Fläche A [m²]	U-Wert [W/m²K]	QH [kWh/m²a]	Nr.	Anteile [%]
-						
-						
-						
-						
-						
-						
-						
Total						

1.6 Türen	Typ	Fläche A	U-Wert	Orientierung	QH	Nr.	Anteile
	[-]	[m²]	[W/m²K]	[-]	[kWh/m²a]	[-]	[%]
Haustür bestehend		2	2.50		1.28	20	1%
Garagentore bestehend		15	4.00		19.49	21	10%
-							
Total		17					10%

2 Wärmebrücken gegen Aussenklima, Erdreich und unbeheizt

[illegible]

2.2 punktuelle Wärmebrücken	Typ [-]	Anzahl z [-]	Chi-Wert [W/K]	Reduktionsfaktor [-]	QH [kWh/m2a]	Nr. [-]	Anteile [%]
-							
-							
-							
-							

3 Bauteile gegen unbeheizte Räume und Erdreich

Bauteilbezeichnung/ Bauteiltyp	3.1 Dächer	Wärmedämmung	Fläche A	U-Wert	Reduktionsfaktor	QH	Nr.	Anteile
		[cm]	[m ²]	[W/m ² K]	[-]	[kWh/m ² a]	[-]	[%]
-								
-								
-								
-								
Total								

3.2 Wände	Wärmedämmung	Fläche A	U-Wert	Reduktionsfaktor	QH	Nr.	Anteile
	[cm]	[m ²]	[W/m ² K]	[-]	[kWh/m ² a]	[-]	[%]
Wände Erdgeschoss		26	1.61	0.75	10.20	22	5%
-							
-							
-							
-							
-							
-							
-							
Total		26					5%

3.3 Böden	Wärmedämmung	Fläche A	U-Wert	Reduktionsfaktor	QH	Nr.	Anteile
	[cm]	[m ²]	[W/m ² K]	[-]	[kWh/m ² a]	[-]	[%]
Erdgeschoss Wohnraum	6	41	1.10	0.60	8.67	23	4%
Erdgeschoss Keller	6	13	3.15	0.60	8.02	24	4%
Garagendecke	6	31	1.09	0.60	6.58	25	3%
Erdgeschoss Bastelraum	6	14	2.16	0.60	5.84	26	3%
-							
-							
-							
Total		100					14%

3.4 Türen	Typ	Fläche A	U-Wert	Reduktionsfaktor	QH	Nr.	Anteile
	[-]	[m ²]	[W/m ² K]	[-]	[kWh/m ² a]	[-]	[%]
-							
-							
-							
Total							

3.5 Fenster	Typ	Fläche A	U-Wert	Reduktionsfaktor	QH	Nr.	Anteile
	[-]	[m ²]	[W/m ² K]	[-]	[kWh/m ² a]	[-]	[%]
-							
-							
-							
-							
Total							

Auszug Excel-Berechnungstool Heizwärmebedarf Q_H SIA 380/1 (Energetisch saniert)

Bauvorhaben/Projekt:			
Auftragsnummer: _____			
Variante: _____			
Sachbearbeiter: _____			
Beteiligte:			
Ort/ Datum: _____			
Unterschrift: _____			
Berechnung Heizwärmebedarf Q_H nach SIA 380/1:2016			Vordimensionierung
Systemnachweis			
Gebäudekennwerte:			
- Gebäudekategorie:	Wohnen MFH I		
- Klimastation (SIA 2028):	Bern-Liebfeld	Temp. Korrektur:	2%
- Art des Bauvorhabens:	Umbau		
- Wärmespeicherfähigkeit pro m ² EBF [kWh/m ² K]:	0.15	(schwer)	
- Regelungszuschlag $\Delta\theta_i$ [K]:	0	(Einzelraum-Temperaturregelung)	
Heizwärmebedarf Q_H [kWh/m²a]:			
	36.4	76%	Anforderung erfüllt
Grenz- und Zielwerte:			
Grenzwert $Q_{H,li,re}$ [kWh/m ² a] Umbau:	71.4	150%	
Zielwert $Q_{H,ta,re}$ [kWh/m ² a] Umbau:	47.6	100%	
			inkl. Zuschlag für Wärmebrücken [%]: 5
Energiebilanz:		Energiebezugsfläche EBF:	
1. Transmissionswärmeverluste Q_T [kWh/m²a]	72.4	77%	Geschoss
1.1 gegen Aussenluft [kWh/m ² a]	58.2		Erdgeschoss
1.2 gegen unbeheizt und gegen Erdreich [kWh/m ² a]	14.2		Hochparterre
2. Lüftungswärmeverluste Q_V [kWh/m²a]	21.1	23%	Dachgeschoss
			Beheiztes Treppenhaus
3. Genutzte Wärmeeinträge Q_{ug} [kWh/m²a]	-57.1		
3.1 Interne Wärmeeinträge Q_i [kWh/m ² a]	27.3		
3.1.1 Personen [kWh/m ² a]	7.7		
3.1.2 Elektrizität [kWh/m ² a]	19.6		
3.2 Solarer Wärmeeintrag total Q_s [kWh/m ² a]	59.0		
Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne η_g [-]	0.61		
Zeitkonstante τ [h]	158		
4. Total Heizwärmebedarf Q_H [kWh/m²a]	36.4	100%	Total EBF
			296
Kennwerte:			
Fensterfläche [m ²]:	73	A_w / A_E [%] (Flächenanteil Fenster und Türen):	24.5
thermische Gebäudehüllfläche A_{th} [m ²]:	666	Gebäudehüllzahl A_{th} / A_E [-]:	2.25

0 Werte der Standardnutzung

Raumtemperatur [°C]	20	Basis QH,li0 [kWh/m2]	13
Personenfläche [m2/P]	40	Steigung ΔQH,li [kWh/m2]	15
Wärmeabgabe pro Person [W/P]	70	Referenzzeitkonstante für Ausnutzungsgrad [h]	15
Präsenzzeit pro Tag [h]	12	numerischer Parameter für Ausnutzungsgrad [-]	1
Elektrizitätsbedarf pro Jahr [kWh/m2]	28		
Reduktionsfaktor Elektrizitätsbedarf [-]	0.7		
Aussenluft-Volumenstrom [m3/hm2]	0.70	keine Fenster mit vorgelagerten Heizkörpern	
		keine Bauteilheizung	

1 Bauteile gegen Aussenklima

Bauteilnutzung Hochparter	1.1 Dächer		Wärmedämmung		Fläche A		U-Wert		Orientierung		QH	Nr.	Anteile		
			[cm]		[m2]		[W/m2K]		[-]		[kWh/m2a]	[-]	[%]		
	S		16		98		0.21				6.48	1	9%		
	N		16		101		0.21				6.72	2	10%		
	-														
	-														
	-														
	-														
	-														
	-														
Total			199										19%		
	1.2 Wände		Wärmedämmung		Fläche A		U-Wert		Orientierung		QH	Nr.	Anteile		
			[cm]		[m2]		[W/m2K]		[-]		[kWh/m2a]	[-]	[%]		
	Erdgeschoss		12		80		0.22				5.66	3	8%		
	Hochparterre		12		117		0.22				8.28	4	12%		
	Dachgeschoss		12		72		0.22				5.10	5	7%		
	-														
	-														
	-														
	-														
	-														
Total			269										28%		
	1.3 Fenster		O	Fläche A		U-Wert	g-Wert	F _r	fs1	fs2	fs3	fs3	QH	Nr.	Anteile
			[-]	[m2]	[W/m2K]	[-]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]	[°]	[kWh/m2a]	[-]	[%]
	Erdgeschoss		S	3	0.90	0.60	0.75	0.79					0.91	6	1%
	Erdgeschoss		N	1	0.90	0.60	0.75	0.99					0.35	7	1%
	-														
	Erdgeschoss		W	1	0.90	0.60	0.75	0.81					0.35	8	1%
	Hochparterre		S	5	0.90	0.60	0.75	0.89					1.44	9	2%
	Hochparterre		N	4	0.90	0.60	0.75	0.99					1.13	10	2%
	Hochparterre		O	6	0.90	0.60	0.75	1.00					1.60	11	2%
	Hochparterre		W	2	0.90	0.60	0.75	0.94					0.47	12	1%
Dachgeschoss		O	2	0.90	0.60	0.75	1.00					0.46	13	1%	
Dachgeschoss		W	2	0.90	0.60	0.75	1.00					0.46	14	1%	
Sanierte Fenster 2023 EG		S	12	0.90	0.60	0.75	0.96	1				3.35	15	5%	
Sanierte Fenster 2023 HochP		S	12	0.90	0.60	0.75	1.00					3.35	16	5%	
Sanierte Fenster 2023 HochP		W	3	0.90	0.60	0.75	0.94					0.83	17	1%	
-															
-															
-															
-															
-															
-															
Total			51										21%		

Bauteilheizung/
Mischkessel-Formen

1.41.0

2 Wärmebrücken gegen Aussenklima, Erdreich und unbeheizt

2.2.

3.1 Dächer	Wärmedämmung [cm]	Fläche A [m²]	U-Wert [W/m²K]	Reduktionsfaktor [-]	QH [kWh/m²a]	Nr. [-]	Anteile [%]
-							
-							
-							
-							
Total							

3.5 Fenster	Typ [-]	Fläche A [m ²]	U-Wert [W/m ² K]	Reduktionsfaktor [-]	QH [kWh/m ² a]	Nr. [-]	Anteile [%]
-							
-							
-							
-							
-							
Total							

Auszug Berechnung zur Dimensionierung der Sole/Wasser Wärmepumpe mit Excel WPesti basierend auf SIA 384/1

Wärmepumpen-Berechnungsblatt WPesti

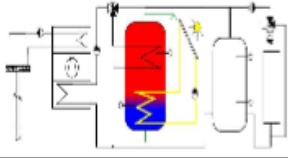
WPesti / V 8.3.36 / 16.09.2025
gültig bis 31.12.2026

Projekt:

Gebäudedaten

Klimastation			Bern-Liebelfeld
Gebäudekategorie			MFH
Energiebezugsfläche EBF	A_E	m^2	206
Heizwärmebedarf nach SIA 380/1	$Q_{h,eff}$	kWh/m^2a	36
Transmissionswärmeverluste nach SIA 380/1	Q_T	kWh/m^2a	69
Lüftungswärmeverluste nach SIA 380/1	Q_V	kWh/m^2a	21
Heizung: Zusätzliche Verteilverluste		%	3%
Sperrzeiten für Wärmepumpe		h/d	0
Heizleistungsbedarf ohne Warmwasser bei -7°C	Vorschlagswert: 7.7	kW	7.7
Warmwasserbedarf nach SIA 380/1	Q_{ww}	kWh/m^2a	24.0
Warmwasser: Zusätzliche Speicher- und Verteilverluste		%	15%

Wärmepumpen-Anlage

Name und Typ der Wärmepumpe:			Typ:		LW 12.05 kW WPE-I 12 HIK) 230 Premium	
Wärmequelle:			Erdsonden-Wärmepumpe einstufig			
Einsatz (Heizung oder Warmwasser):			Heizung + Warmwasser			
Heizungsspeicher			mit Heizungs - Speicher			
Betriebsweise der Wärmepumpen-Anlage:			monovalenter Betrieb Heizung			
Quellentemperatur (Verdampfer-Eintritt):		°C			0	
Rechenwerte bei TVL=35°C(Qh/COP):		°C			12.1kW / 5.0	
Elektrische Leistungsaufnahme Solepumpe:		Rechenwert ohne Verdampfer		0	W	87
Erdsensoren:		Anzahl:	1	Länge:	m	200
Auslegungs-Sondentemperatur (optional, aus externer Berechnung in Beilage)			1.2	°C	1.2	
Grösse Heizungsspeicher				Liter	200	
Solltemperatur wärmster Raum (z.B. Badezimmer)			Ti,soll	°C	22	
Vorlauftemperatur der Heizung: (Ta = -8°C)			T VL	°C	55	
Rücklauftemperatur der Heizung: (Ta = -8°C)			T RL	°C	45	
Differenz Speichertemperatur - Vorlauftemperatur Heizung			dT Speicher	°C	5	
elektrische Zusatzheizung Warmwasser:		wöchentliche Legionellenschaltung				
garantierte Warmwassertemperatur ohne Elektroheizstab:				°C	55	
Warmwasser-Zirkulation / Begleitheizband		Nicht vorhanden				

Solaranlage

	Keine Solaranlage

Resultate

		0.0%		
Elektro-Direkt-Anteil für das Warmwasser	$\epsilon =$	1.6%	$kWh =$	118
Verluste im Heizbetrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		4%	$\epsilon_{ah} =$	96%
Verluste im WW-Betrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		6%	$\epsilon_{aw} =$	94%
Laufzeit der Wärmepumpe			$h/a =$	1'605
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für die Heizung	$\epsilon =$	100.0%	$JAZ_h =$	3.20
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für Warmwasser	$\epsilon =$	98.4%	$JAZ_{ww} =$	3.12
Jahresarbeitszahl Heizung + Warmwasser JAZh+ww:	exkl. el. Zusatz		-	3.17

WPesti_de_Berechnung_JAZ_WP_Sole/Wasser / WP / 27.10.2025

Berechnung Lastkurve

WPent / V 8.3.36 / 16.09.2025

gültig bis 31.12.2026

Klima und Lastprofil:

Wetterstation:	Bern-Liebelfeld
Heizwärmebedarf:	10'745 kWh
freie Wärme:	15'913 kWh
*Solaranteil:	60%
Bedarf WW:	0.81 kW
Laufzeit WP:	1'605 h/a
Strombedarf WP:	5'689 kWh

Energiebedarf:

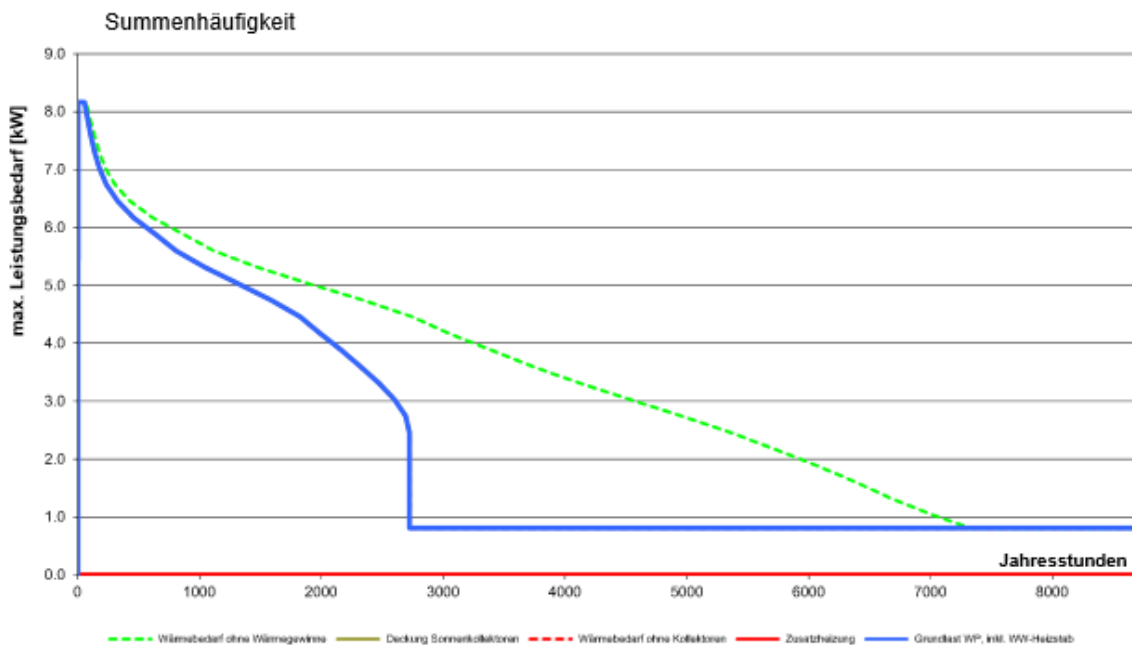
Heizwärmebedarf:	10'745 kWh
Verteilung Heizung:	322 kWh
Warmwasserbedarf:	6'167 kWh
Verteilung WW:	925 kWh
Bedarf total:	18'159 kWh

Bedarfsdeckung und Arbeitszahlen:

Deckungsgrad solar (Heizung)	0.0%
Deckungsgrad solar (WW)	0.0%
Deckungsgrad WP (Heizung)	100.0%
Deckungsgrad WP (WW)	98.4%
JAZ Wärmepumpe (Heizung)	3.20
JAZ Wärmepumpe (WW)	3.12

Heizleistungsbedarf (ohne WW)

Vorschlag bei -7°C	7.7 kW
Rechenwert bei -7°C	7.7 kW
Rechenwert bei -8°C:	8.0 kW



Abkürzungen: WP = Wärmepumpe; WW = Warmwasser; h = Wirkungsgrad; JAZ = Jahresarbeitszahl (ohne Zusatzheizung / ohne Heizstäbe)

