

Bericht

Horw, 16. Juli 2025

Energieeinsparung bei Heizungersatz

**Mit Sanierung der Gebäudehülle vs.
Ohne Sanierung der Gebäudehülle**



Bild: Flumroc AG

Impressum

Auftraggeber

Flumroc AG
Céline Voser
Industriestrasse 8
8890 Flums

Auftragnehmer

Hochschule Luzern
Technik & Architektur
Institut für Gebäudetechnik und Energie IGE
Technikumstrasse 21
CH-6048 Horw

Verfasser

| | |
|----------------------|------|
| Monika Walch | HSLU |
| Gianrico Settembrini | HSLU |
| Reto von Euw | HSLU |

Verteiler

| | |
|--------------|------------|
| Damian Gort | Flumroc AG |
| Céline Voser | Flumroc AG |

Dateiname

d_250716_Kurzbericht Studie Flumroc_final.docx

Zusammenfassung

Der Gebäudesektor in der Schweiz spielt eine zentrale Rolle beim Energieverbrauch und den Treibhausgasemissionen. Ein Grossteil der Wohngebäude wird noch immer mit fossilen Heizsystemen wie Öl- und Gasheizungen beheizt, die im Jahr 2022 etwa 21,7 TWh Energie benötigten. (Kemmler & Trachsel, 2023) Diese fossilen Energieträger sind nicht nur ineffizient, sondern tragen erheblich zu den CO₂-Emissionen bei und verstärken die Abhängigkeit von Energieimporten, insbesondere im Winter. Die Transformation dieses Sektors hin zu einer klimafreundlicheren und effizienteren Energieversorgung ist somit entscheidend, um die nationalen Klimaziele zu erreichen und den Energiebedarf langfristig zu senken.

Die Flumroc AG vertritt die These, dass durch die Kombination aus energetischer Sanierung der Gebäudehülle und dem Ersatz fossiler Heizungen durch Wärmepumpen erhebliche Energieeinsparungen erzielt werden können.

Ziel dieser Studie ist die Überprüfung der These durch eine approximative Berechnung der potenziellen Einsparungen.

Im Fokus stehen Wohngebäude, die etwa zwei Drittel des Gebäudeparks und damit einen erheblichen Anteil am gesamten Energieverbrauch ausmachen. Die Analyse basiert auf zwei Szenarien, welche von der Flumroc AG entwickelt wurden: einem reinen Heizungsersatz durch Wärmepumpen (Szenario 1) sowie einer Kombination aus Heizungsersatz und energetischer Sanierung der Gebäudehülle nach unterschiedlichen Standards (Szenarien 2A–2C).

Das Bezugsjahr der Analyse ist 2022, da für dieses Jahr die meisten relevanten Daten vorliegen. Die Analyse wurde auf die thermische Endenergie für Raumwärme begrenzt. Andere Studien befassen sich explizit mit der *optimalen Dämmstärke* in Bezug auf die Amortisation der grauen Energie, die zur Herstellung von Dämmstoffen benötigt wird (Manz, Althaus, Zeyer, Wohlgemut, & von Gunten, 2015). In dieser Studie wurde deshalb bewusst auf die Betriebsenergie fokussiert und die graue Energie nicht berücksichtigt, obwohl sie je nach Dämmstoff und Herstellungsprozess einen unterschiedlichen und oftmals einen nicht unwesentlichen Umweltfaktor darstellen kann.

Da kein vollständiges Gebäudeparkmodell vorliegt, basieren die Ergebnisse dieser Studie auf einer Reihe von fundierten Annahmen. Diese betreffen unter anderem die Verteilung der Energiebezugsfläche (EBF) auf Gebäudetypen, die Energieverbräuche in Abhängigkeit von Bauperiode und Sanierungsstand, sowie die mittleren Jahresarbeitszahlen der Wärmepumpen in den Szenarien.

Diese Annahmen ermöglichen es, trotz einer begrenzten Datengrundlage eine solide Abschätzung des Einsparpotenzials zu liefern. Dennoch sollten die Ergebnisse als Näherungswerte betrachtet werden, die eine Grundlage für die Entwicklung weiterführender Analysen und Maßnahmen bilden können. Die gewählte Methodik zeigt, dass auch unter Unsicherheiten eine grobe Quantifizierung der Einsparpotenziale möglich ist.

Die Ergebnisse zeigen, dass eine Sanierung der Gebäudehülle den thermischen Endenergiebedarf für Raumwärme erheblich reduzieren kann.

Bei einer Umstellung aller fossilen und direkt-elektrischen Heizungsanlagen auf Wärmepumpen müssen von 24.0 TWh thermischen Endenergiebedarfs pro Jahr noch 9.6 TWh pro Jahr an Strom bereitgestellt werden.

Bei einer gleichzeitigen Sanierung der Gebäudehülle nach Szenario 2C kann dieser Bedarf an elektrischer Energie auf 4.4 TWh pro Jahr gesenkt werden.

Wird der gesamte Strombedarf für Raumwärme privater Haushalte berücksichtigt, inklusive der bereits bestehenden Wärmepumpen, so reduziert sich der jährliche Strombedarf in Szenario 2C auf 6.2 TWh gegenüber 11.5 TWh in Szenario 1.

Um auf die These der Flumroc AG zurückzukommen, lässt sich sagen, dass die Grössenordnung des Einsparpotentials durch den Ersatz sämtlicher fossiler und elektrisch-direkter Heizungen und die gleichzeitige Sanierung der Gebäudehülle bei Wohnbauten erheblich ist. Die Einsparungen bei Sanierungen nach Szenario 2C entsprechen 5.3 TWh jährlich.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| 1. Ausgangslage und Zielsetzung | 6 |
| 2. Vorgehen und Systemgrenzen | 6 |
| 3. Recherche | 8 |
| 3.1. Verteilung der Energiebezugsflächen nach Nutzung | 8 |
| 3.2. Energiebezugsflächen von Haushalten nach Anlagensystemen | 8 |
| 3.3. Energieverbrauch für Raumwärme | 9 |
| 3.4. Energieverbrauch für Warmwasser | 10 |
| 3.5. Bauperiode der Gebäude mit Wohnnutzung | 10 |
| 3.6. Sanierungsrate | 11 |
| 3.7. Energieverbrauch nach Bauperiode und GEAK-Klassen | 11 |
| 3.8. Wärmebedarf nach SIA-Norm | 12 |
| 3.9. Gebäudehüllzahlen | 13 |
| 3.10. Jahresarbeitszahlen von Wärmepumpen | 13 |
| 4. Annahmen und Unsicherheiten | 15 |
| 4.1. Verhältnis Gebäudeanzahl zu EBF | 15 |
| 4.2. Energieverbräuche nach Bauperiode und Sanierungsstand | 15 |
| 4.3. Energieverbrauch Trinkwarmwasser | 16 |
| 4.4. Verteilung EBF Wohnen auf Gebäudetypen | 16 |
| 4.5. Klima | 16 |
| 4.6. Jahresarbeitszahlen in den Szenarien | 16 |
| 4.7. Mittlere Gebäudehüllzahlen | 17 |
| 4.8. Einsparung bei erneuerbarer Energie bestehender Anlagen | 17 |
| 5. Berechnung | 18 |
| 5.1. Einsparung thermischer Endenergie durch Gebäudehüllensanierung | 19 |
| 5.2. Einsparung elektrischer Energie durch Heizungersatz | 20 |
| 5.2.1. Szenario 1: Heizungersatz ohne Sanierung der Gebäudehülle | 20 |
| 5.2.2. Szenario 2: Heizungersatz bei gleichzeitiger Sanierung der Gebäudehülle nach den Szenarien A, B und C | 20 |
| 6. Ergebnisse und Diskussion | 22 |
| 7. Fazit | 23 |
| 8. Literaturverzeichnis | 24 |

1. Ausgangslage und Zielsetzung

In der Schweiz ist die Reduktion von Treibhausgasemissionen und der Übergang zu erneuerbaren Energiequellen von zentraler Bedeutung, um die gesetzten Ziele im Bereich des Klimaschutzes zu erreichen. Das CO₂-Gesetz sowie die Energie- und Klimapolitik des Bundesrats zielen darauf ab, die Netto-Null-Emissionen bis zum Jahr 2050 zu erreichen, wie es auch das Pariser Abkommen fordert. Ein wesentlicher Bestandteil dieses Transformationsprozesses betrifft den Gebäudesektor, der in der Schweiz knapp die Hälfte des gesamten Endenergieverbrauchs (Köppel, 2019) und einen beträchtlichen Anteil an den CO₂-Emissionen ausmacht. Besonders die Heizung und Warmwasseraufbereitung in Wohngebäuden sind energieintensiv und basieren noch immer zu einem Großteil auf fossilen Energieträgern wie Öl und Gas. Zur Verringerung des Energieverbrauchs und der Emissionen im Gebäudebereich gibt es zwei primäre Ansätze: die Umstellung auf CO₂-neutrale Heiztechnologien und die Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden, insbesondere durch die Dämmung der Gebäudehülle.

Die energetische Ertüchtigung der Gebäudehülle, z. B. durch Dämmmassnahmen, stellt eine wesentliche Möglichkeit dar, um den Energieverbrauch erheblich zu reduzieren. Durch eine optimierte Dämmung kann der Wärmebedarf eines Gebäudes typischerweise um bis zu 50 % gesenkt werden. Gleichzeitig verbessert sich die Leistungszahl von Wärmepumpen, da die für die Beheizung erforderliche Vorlauftemperatur sinkt. So liesse sich der Stromverbrauch in solch energetisch sanierten Gebäuden weiter senken und die Abhängigkeit von zusätzlichen Stromquellen in den Wintermonaten reduzieren. Dieses Einsparpotenzial ist besonders relevant im Kontext der Schweiz, wo das Angebot an Winterstrom – also elektrischer Energie, die in den kalten Monaten bereitgestellt werden kann – begrenzt ist und derzeit teils durch Importe gedeckt werden muss.

Im Auftrag der Firma Flumroc AG untersucht die vorliegende Studie das Energiesparpotenzial durch eine Kombination von Gebäudehüllen- und Heizungssanierung. Dabei wird die These überprüft, dass durch die Kombination der beiden Massnahmen beträchtliche Energieeinsparungen möglich sind.

Dazu wurden von der Firma Flumroc AG zwei Szenarien beschrieben, welche nachfolgend betrachtet werden: einen reinen Heizungsersatz durch Wärmepumpen in unsanierten Gebäuden und eine Kombination aus Heizungs- und Gebäudehüllensanierung. Die Analyse dient als Grundlage für die Entwicklung konkreter Massnahmen im Gebäudebereich und als Beitrag zur öffentlichen Diskussion über die Effizienz und die ökologische Nachhaltigkeit energetischer Sanierungen. Ziel ist es, anhand vorhandener Statistiken die Grössenordnung dieser möglichen Einsparungen in einer approximativen Berechnung zu quantifizieren.

2. Vorgehen und Systemgrenzen

Da kein vollständiges Gebäudeparkmodell vorliegt, das präzise Zahlen für die Berechnungen liefert, wurde zunächst eine umfassende Recherche durchgeführt, bei der relevante Statistiken verschiedener Bundesämter sowie einschlägige Studien herangezogen wurden.

Für Parameter, zu denen keine offiziellen Daten in den herangezogenen Statistiken verfügbar waren, wurden fundierte Annahmen getroffen. Diese basieren auf der Auswertung verschiedener Studien aus den letzten Jahren, die als ergänzende Informationsquellen dienten.

Als Systemgrenze wurde an der Projektstartsituation gemeinsam festgelegt, sich auf die Gebäudekategorie Wohnen zu konzentrieren, wobei ausschließlich private Haushalte betrachtet wurden, da hierfür die umfangreichsten und zuverlässigsten Daten vorliegen.

Des Weiteren wurde bestimmt, sich in dieser Studie auf die Betriebsenergie für Raumwärme zu beschränken. Eine Betrachtung der Grauen Energie für die Herstellung von Dämmstoffen oder Gebäudetechnikelementen wird nicht gemacht.

Der Raumwärmeverbrauch bezeichnet die tatsächlich gemessene oder erfasste Energiemenge, die zur Beheizung der Innenräume eines Gebäudes benötigt wird. Diese Energie wird genutzt, um Wärmeverluste eines Gebäudes auszugleichen und eine angenehme Raumtemperatur zu gewährleisten.

Der Raumwärmeverbrauch umfasst:

- Heizenergiebedarf: Energie, die notwendig ist, um Wärmeverluste durch die Gebäudehülle (Wände, Fenster, Dach) und Lüftung auszugleichen.
- Systemverluste: Verluste, die bei der Wärmeerzeugung, -speicherung und -verteilung auftreten (z. B. in Heizkesseln, Rohrleitungen oder Heizkörpern).

Der Wärmebedarf für die Bereitstellung von Trinkwarmwasser ist darin nicht enthalten.

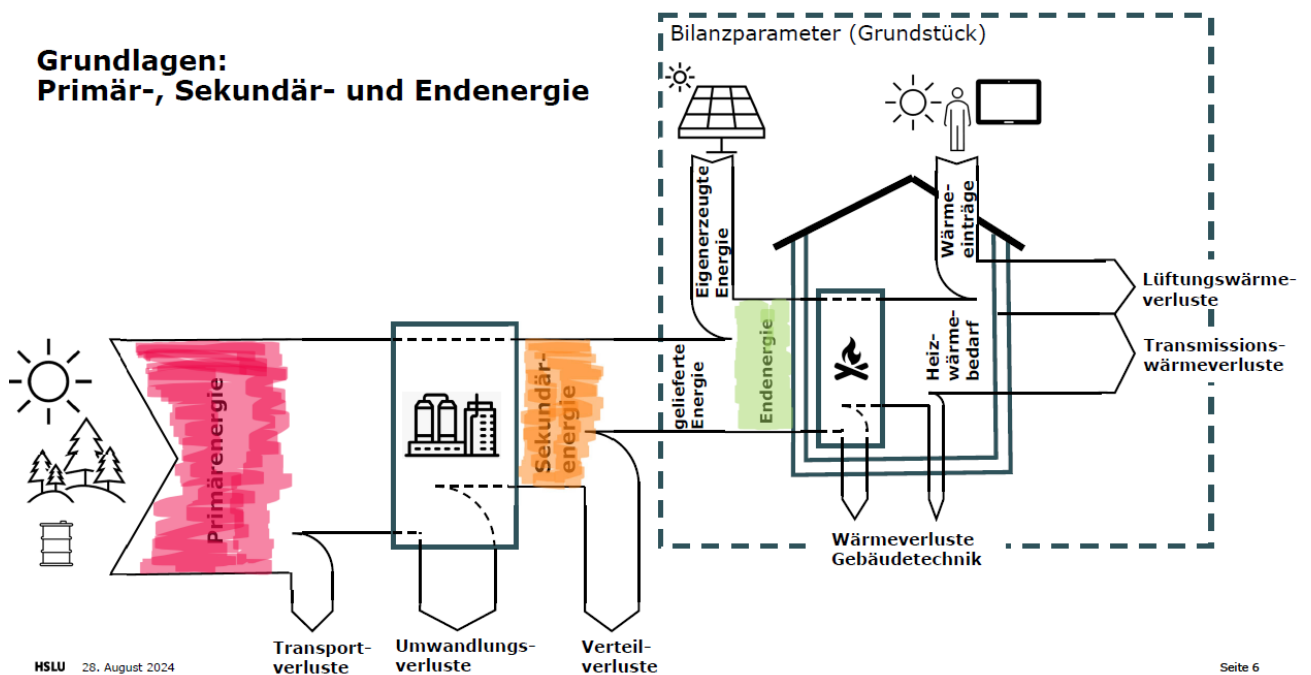


Abbildung 1 Definition von Primär-, Sekundär- und Endenergie aus einer Präsentation zum Thema Gebäudesanierung mit Wärmepumpe (von Euw, 2024)

Der Raumwärmeverbrauch wird als thermische Energie angegeben. Zu unterscheiden ist davon die elektrische Energie für den Betrieb von Wärmepumpen, da sie unterschiedliche physikalische Formen von Energie darstellen, mit unterschiedlichen Wirkungsgraden bei der Umwandlung und unterschiedlichen Nutzungsmöglichkeiten. In dieser Studie bezieht sich die Systemgrenze auf die gelieferte Energie und berücksichtigt nicht eigenerzeugte Energie. Die Endenergie ist somit gleich der gelieferten Energie.

Als Bezugsjahr wurde 2022 festgelegt, da für dieses Jahr eine Vielzahl an Daten verfügbar sind und es im Vergleich zu 2021 eine bessere Kontinuität in den betrachteten Datensätzen gewährleistet.

3. Recherche

In der Recherche wurden verschiedene Statistiken, Berichte und Analysen herangezogen, welche den Energieverbrauch, die Flächenverteilung und weitere Faktoren erfassen. Im Folgenden werden die wichtigsten Daten und Quellen dargestellt.

3.1. Verteilung der Energiebezugsflächen nach Nutzung

Im Auftrag des BFE werden jährlich die Energiebezugsflächen des Schweizer Gebäudeparks ermittelt. Die Verteilung im Jahr 2022 nach Nutzung wird in folgender Tabelle dargestellt:

Tabelle 1 Verteilung der Energiebezugsflächen (EBF) der Gebäude im Schweizer Gebäudepark (BFE W. P., 2024)

| Nutzung | Fläche EBF in Mio m ² | Prozentualer Anteil |
|---|----------------------------------|---------------------|
| EBF private Haushalte (2022) | 530.9 | 67% |
| EBF Dienstleistung DL | 169.4 | 21% |
| EBF Industrie | 95.0 | 12% |
| EBF gesamt | 795.3 | 100% |
| EBF private Haushalte (2022) ohne Ferienwohnungen* | 503.6 | 63% |

*Ferienhäuser und Zweitwohnungen sind in der Verbrauchsstudie des BFE im Sektor Dienstleistungen ausgewiesen. (Kemmler & Trachsel, 2023)

Tabelle 2 zeigt die Verteilung der 530.9 Mio m² EBF der Wohnungen auf verschiedene Gebäudetypen. (Stand 2022)

Tabelle 2 Verteilung der EBF Wohnen auf Gebäudetypen

| Gebäudetyp | Fläche EBF in Mio m ² | Prozentualer Anteil |
|-------------------|----------------------------------|---------------------|
| EFH | 168.4 | 32% |
| MFH | 258.3 | 49% |
| Sonstige* | 104.3 | 19% |
| EBF gesamt | 531.0 | 100% |

* EBF für Wohnen in sonstigen Gebäuden mit Wohnungen (Mischnutzungen)

3.2. Energiebezugsflächen von Haushalten nach Anlagensystemen

In der «Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000-2022 nach Verwendungszwecken» (Kemmler & Trachsel, 2023) wird die Energiebezugsfläche der privaten Haushalte nach Anlagensystemen aufgeteilt.

Tabelle 19: Energiebezugsflächen von Privaten Haushalten nach AnlagensystemenEntwicklung* von 2000 bis 2023, in Mio. m²

| Anlagensystem | 2000 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | Δ '00-'23 |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Heizöl | 229.2 | 179.6 | 172.5 | 165.1 | 156.8 | 148.3 | 139.5 | 130.3 | -43.1% |
| Erdgas | 68.8 | 124.9 | 128.9 | 132.2 | 135.3 | 137.0 | 137.6 | 135.9 | +97.5% |
| El. Widerstandsheizungen | 26.3 | 27.6 | 27.8 | 27.9 | 27.9 | 27.9 | 27.9 | 27.5 | +4.3% |
| El. Wärmepumpen | 13.6 | 77.7 | 84.7 | 92.0 | 100.8 | 110.7 | 121.7 | 136.3 | +902.7% |
| Holz | 32.3 | 40.9 | 42.1 | 43.3 | 44.4 | 45.6 | 46.8 | 47.4 | +46.8% |
| Kohle | 0.77 | 0.27 | 0.25 | 0.24 | 0.22 | 0.21 | 0.20 | 0.22 | -71.8% |
| Fernwärme | 11.2 | 22.4 | 23.7 | 25.0 | 26.4 | 27.9 | 29.5 | 31.3 | +179.7% |
| Sonstige | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | +22.0% |
| Total | 382.4 | 473.5 | 480.2 | 486.2 | 492.1 | 497.9 | 503.6 | 509.2 | +33.2% |

* inklusive Leerwohnungen, ohne Zweit- und Ferienwohnungen

El.: Elektrisch

Abbildung 2: Tabelle aus Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000-2023 (Kemmler & Trachsel, 2023)

3.3. Energieverbrauch für Raumwärme

Der totale Schweizer Energieverbrauch für Raumwärme betrug 200.5 PJ (55.7 TWh) im Jahr 2022. Davon entfielen 131.8 PJ (36.6 TWh) auf den Bereich der Privaten Haushalte, 58.7 PJ (13.3 TWh) auf den Dienstleistungssektor und 9.8 PJ (2.7 TWh) auf die Industrie. (Kemmler & Trachsel, 2023)

Abbildung 3 zeigt den Energieverbrauch für Raumwärme in Privaten Haushalten aufgeteilt nach Anlagensystem. Von den im Jahr 2022 131.8 PJ (36.6 TWh) verbrauchter Energie für Raumwärme sind 78 PJ (21.7 TWh) Anlagensystemen mit fossilen Energieträgern zugeordnet. Für Elektrische Widerstandsheizungen liegt der Verbrauch bei 2.4 TWh und der elektrische Anteil der Wärmepumpen liegt bei 1.9 TWh pro Jahr. 10.7 TWh werden aus Fernwärme und erneuerbaren Energien gewonnen (Solar, Umweltwärme, Holz).

Tabelle 20: Energieverbrauch für Raumwärme in Privaten Haushalten

Entwicklung von 2000 bis 2023 nach Anlagensystem, in PJ

| Anlagensystem | 2000 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | Δ '00 – '23 |
|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Heizöl | 103.0 | 67.5 | 58.6 | 56.9 | 50.3 | 56.2 | 41.7 | 40.9 | -60.3% |
| Erdgas | 28.6 | 41.4 | 38.5 | 40.1 | 38.2 | 45.6 | 36.2 | 35.0 | +22.5% |
| El. Widerstandsheizungen | 11.2 | 10.4 | 9.5 | 9.6 | 9.0 | 10.6 | 8.5 | 8.8 | -21.5% |
| El. Wärmepumpen ¹⁾ | 1.5 | 5.3 | 5.2 | 5.7 | 5.9 | 7.7 | 6.8 | 8.2 | +460.8% |
| Holz | 18.0 | 17.6 | 16.5 | 17.1 | 16.3 | 19.7 | 15.9 | 17.0 | -5.7% |
| Kohle | 0.4 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | -87.7% |
| Fernwärme | 4.3 | 6.9 | 6.5 | 7.0 | 6.8 | 8.4 | 7.0 | 7.6 | +77.4% |
| Umweltwärme | 2.6 | 11.4 | 11.3 | 12.5 | 12.9 | 17.0 | 15.0 | 18.3 | +598.2% |
| Solar | 0.0 | 0.8 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.9 | 0.7 | 0.8 | +1891.4% |
| Total | 169.7 | 161.3 | 147.0 | 149.8 | 140.1 | 166.2 | 131.8 | 136.8 | -19.4% |
| witterungsbereinigt | 189.5 | 177.2 | 176.0 | 174.9 | 174.1 | 174.5 | 173.9 | 170.1 | -10.2% |

El.: Elektrisch. Der Elektrizitätsverbrauch ist aufgeteilt auf elektrische Widerstandsheizungen und elektrische Wärmepumpen.

1) nur Elektrizitätsverbrauch, die genutzte Umgebungswärme ist unter Umweltwärme berücksichtigt

Abbildung 3: Tabelle aus Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000-2023 (Kemmler & Trachsel, 2023)

3.4. Energieverbrauch für Warmwasser

Tabelle 17 der Studie von (Kemmler & Trachsel, 2023) gibt den Energieverbrauch für die Warmwasserbereitstellung in privaten Haushalten im Jahr 2022 mit 32.5 PJ (9.03TWh) an.

3.5. Bauperiode der Gebäude mit Wohnnutzung

Zu den Bauperioden gibt es keine Daten mit Bezug auf die Energiebezugsflächen, daher wurde eine Statistik herangezogen, welche die Anzahl der Gebäude mit Wohnnutzung auf die Bauperioden verteilt. Die Daten werden vom Bundesamt für Statistik erhoben und sind in Tabellenform auf der Website des BFS abrufbar.

Tabelle 3 Bauperiode der Gebäude mit Wohnnutzung (BFS, Gebäude nach Gebäudekategorie sowie Bauperiode und Geschoszahl, 2024)

| Bauperiode | Anzahl Gebäude | Prozentualer Anteil |
|--------------------------|------------------|---------------------|
| Baujahr vor 2000 | 1'464'290 | 82% |
| Baujahr 2000-2011 | 166'503 | 9% |
| Baujahr 2011-2022 | 154'528 | 9% |
| Total | 1'785'321 | 100% |

Das BFS erfasst auch Gebäude nach Bauperiode und Energieträger der Heizung. (BFS, STAT-TAB – interaktive Tabellen, 2024) Die Daten stammen aus den Gebäude- und Wohnungserhebungen und erfassen nur die Gebäude mit Wohnnutzung. Von insgesamt 1'295'369 erfassten Gebäuden im Jahr 2000 wurden 748'771 Gebäude (58 %) mit Heizöl beheizt und 189'202 Gebäude (15 %) mit Gas. Insgesamt wurden also im Jahr 2000 über 73 % der Wohngebäude mit fossilen Energieträgern beheizt.

3.6. Sanierungsrate

In der BFE Studie «Energetische Erneuerungsraten im Gebäudebereich in der Periode von 2010 bis 2020» (Jakob, Berti, & Catenazzi, 2024) wird die Sanierungsrate des Schweizer Gebäudeparks über verschiedene Bauteile und Bauperioden analysiert. Hierbei wurden die energetischen Erneuerungen von Fenstern, Dächern, Fassaden und Kellerdecken berücksichtigt. Inklusiv eines Korrekturfaktors zur Berücksichtigung der teilweisen Erneuerung beträgt die Sanierungsrate der Gebäudehüllen bei Wohn- und Dienstleistungsgebäuden in der Periode 2010-2020 rund 1.5% pro Jahr (Abbildung 4).

In den Jahren 2001-2010 betrug die Sanierungsrate laut derselben Studie etwa 1 % pro Jahr.

| | Erneuerungsrate (%/Jahr) | Erneuerte EBF (Mio. m ²) | Erneuerungserfolg bzgl. Heizwärmebedarf Qh (kWh/m ² _{EBFa}) |
|-----------------------------|-----------------------------|---|--|
| Einfamilienhäuser (EFH) | 1.5% | 2.3 | -71 |
| Mehrfamilienhäuser (MFH) | 1.6% | 4.8 | -42 |
| Dienstleistungsgebäude | 1.1% | 1.6 | -76 |
| Wohn- und Nicht-Wohngebäude | 1.5% | 8.7 | -58 |

Quelle: Berechnungen TEP Energy

Abbildung 4 Sanierungsrate und damit verbundene energetische Verbesserung in der Periode 2010-2020 (Jakob, Berti, & Catenazzi, 2024)

3.7. Energieverbrauch nach Bauperiode und GEAK-Klassen

(Cozza, Chambers, & Patel, 2020) untersuchen in einer Studie die Diskrepanz zwischen dem theoretischen und dem tatsächlichen Energieverbrauch von Wohngebäuden in der Schweiz und analysierten deren Ausmass anhand von Daten des Schweizer Gebäudeenergieausweises. Dazu wurden die theoretischen und tatsächlichen Energieverbräuche von über 30'000 Gebäuden nach GEAK-Klassen und nach Bauperioden ausgewertet. In diesen Zahlen ist der Energieverbrauch für Raumwärme und Trinkwarmwasser berücksichtigt.

Tabelle 4 Energieverbrauch nach GEAK-Klasse (Cozza, Chambers, & Patel, 2020)

| Klasse | Anteil EBF | Mittlerer theoretischer Energieverbrauch in kWh/m ² a | Mittlerer tatsächlicher Energieverbrauch in kWh/m ² a |
|--------|------------|--|--|
| A | 0.4% | 39.4 | 37.1 |
| B | 11% | 41.9 | 50.2 |
| C | 30% | 78.9 | 84.5 |
| D | 32% | 121 | 116 |
| E | 16% | 164 | 137 |
| F | 6% | 202 | 151 |
| G | 5% | 308 | 174 |

Tabelle 5 Energieverbrauch nach Bauperiode

| Periode | Anzahl Gebäude | Theoretischer Verbrauch Medianwert [kWh/(m ² a)] | Tatsächlicher Verbrauch Medianwert [kWh/(m ² a)] |
|-----------|----------------|---|---|
| bis 1919 | 5355 | 154 | 121 |
| 1919-1945 | 3142 | 168 | 133 |
| 1945-1960 | 4613 | 169 | 135 |
| 1960-1970 | 4724 | 162 | 137 |
| 1970-1980 | 5845 | 142 | 122 |
| 1980-1990 | 5513 | 103 | 96.2 |
| 1990-2000 | 2705 | 90.9 | 87.6 |
| 2000-2010 | 2308 | 61.6 | 69.8 |
| Nach 2010 | 611 | 38.3 | 42.5 |

3.8. Wärmebedarf nach SIA-Norm

In der Norm SIA 380/1 sind die Berechnungsweise und die Grenzwerte des Heizwärmebedarfes für Neu- und Umbauten festgelegt. (SIA, 380/1, 2016)

Der Grenzwert ist abhängig von der Gebäudehüllzahl (Verhältnis von Gebäudehüllfläche zu Energiebezugsfläche) und mit einem Korrekturfaktor für die Jahresdurchschnittstemperatur versehen. Für verschiedene Gebäudekategorien (Nutzungen) gelten verschiedene Grenzwerte. Seit der Erstveröffentlichung 1988 wurde die Norm mehrmals überarbeitet und die Grenzwerte für den Heizwärmebedarf bei jeder Änderung verschärft.

Ab der SIA 380/1 Version 2001 wird der Grenzwert des Heizwärmebedarfes anhand einer Formel gerechnet, welche die Gebäudehüllzahl mitberücksichtigt. (SIA, 380/1, 2001)

Formel 1 Grenzwerte des Heizwärmebedarfs für Neubauten (SIA, 380/1, 2016)

$$Q_{H,li} = [Q_{H,li0} + \Delta Q_{H,li} (A_{th}/A_E)] \cdot f_{cor} \quad (3)$$

$Q_{H,li}$ Grenzwert für Neubauten, in kWh/m²; dient als Basis für den Grenzwert Umbau und die Zielwerte; der Grenzwert wird auf eine Kommastelle gerundet

$Q_{H,li0}$ Basiswert gemäss Tabelle 6, in kWh/m²

$\Delta Q_{H,li}$ Steigung gemäss Tabelle 6, in kWh/m²

A_{th} thermische Gebäudehüllfläche, in m²

A_E Energiebezugsfläche EBF, in m²

f_{cor} Temperaturkorrektur gemäss 2.3.9

Bei einer Jahresmitteltemperatur von 9.4°C beträgt der Temperaturkorrekturfaktor $f_{cor} = 1$.

Die Werte für $Q_{h,li0}$ und $\Delta Q_{h,li}$ sind je Gebäudekategorie in Tabelle 6 festgehalten.

Tabelle 6 Entwicklung der Basiswerte zur Berechnung des Grenzwertes des Heizwärmebedarfs nach SIA 380/1 in den Jahren 1988 bis 2016 (SIA, 380/1, 1988) (SIA, 380/1, 2001) (SIA, 380/1, 2007) (SIA, 380/1, 2009) (SIA, 380/1, 2016)

| | 1988* | 2001 | | 2007 | | 2009 | | 2016** | |
|-----|---------------------------------|-----------------------------------|---|-----------------------------------|---|-----------------------------------|---|------------------------------------|--|
| | Grenzwert [MJ/m ² a] | $Q_{h,li0}$ [MJ/m ² a] | $\Delta Q_{h,li}$ [MJ/m ² a] | $Q_{h,li0}$ [MJ/m ² a] | $\Delta Q_{h,li}$ [MJ/m ² a] | $Q_{h,li0}$ [MJ/m ² a] | $\Delta Q_{h,li}$ [MJ/m ² a] | $Q_{h,li0}$ [kWh/m ² a] | $\Delta Q_{h,li}$ [kWh/m ² a] |
| EFH | 330 | 90 | 90 | 90 | 90 | 65 | 65 | 16 (58 MJ) | 15 (54 MJ) |
| MFH | 300 | 80 | 90 | 80 | 90 | 55 | 65 | 13 (47 MJ) | 15 (54 MJ) |

*In der SIA380/1:1988 werden Grenzwerte und Zielwerte direkt angegeben.

**Ab der SIA380/1:2016 ist die verwendete Einheit kWh/m²a statt MJ/m²a.

Die Grenzwerte sind abhängig von der Jahresmitteltemperatur des Standortes. Grundsätzlich gilt hier: Je kälter der Standort, desto höher der Grenzwert.

Der genormte Energieverbrauch für die Warmwasseraufbereitung ist darin nicht enthalten. Er beträgt gemäss SIA 380/1:2016 20.8 kWh/m²a für MFH und 13.9 kWh/m²a für EFH. Dieser Wert hat sich seit der Version SIA 380/1:2001 nicht verändert.

3.9. Gebäudehüllzahlen

Für das Gebäudeparkmodell wurden die durchschnittlichen Gebäudehüllzahlen der Gebäude verschiedener Gebäudekategorien je Bauperiode dokumentiert. In der nachfolgenden Tabelle werden die Gebäudehüllzahlen von Mehr- und Einfamilienhäusern in verschiedenen Bauperioden dargestellt. (Wallbaum, Heeren, Jakob, & Martius, 2010)

Tabelle 7 Gebäudehüllzahl von EFH und MFH nach Bauperiode

| Bauperiode | A_{th}/A_E EFH | A_{th}/A_E MFH |
|------------|------------------|------------------|
| vor 1947 | 2.06 | 1.99 |
| 1947-75 | 1.96 | 1.53 |
| 1976-1990 | 1.90 | 1.43 |
| 1991-2005 | 1.93 | 1.43 |
| Ab 2006 | Keine Daten | Keine Daten |

3.10. Jahresarbeitszahlen von Wärmepumpen

Die Jahresarbeitszahl (kurz JAZ) von Wärmepumpen gibt das Verhältnis von eingesetzter Strommenge und ausgehender Wärmemenge über das gesamte Jahr hinweg wieder. Die JAZ bildet damit die Leistungszahl und somit die Effizienz einer Wärmepumpe ab.

Abbildung 5 stellt die aktuellen, typischen Jahreszahlen von verschiedenen Wärmepumpensystemen dar.

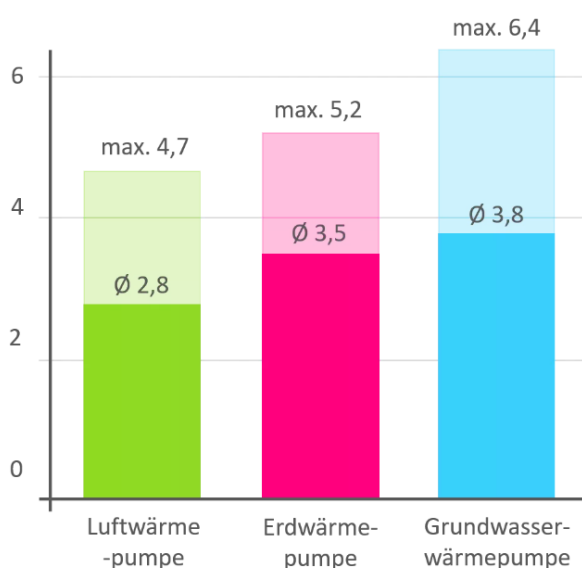


Abbildung 5 Typische Jahresarbeitszahlen von Wärmepumpen nach Wärmequelle (www.energieexperten.org, 2024)

Neben der Wärmequelle spielt auch die Vorlauftemperatur eine Rolle. Je kleiner die Differenz zwischen Vorlauftemperatur und Wärmequelle, desto höher ist Leistungszahl der Wärmepumpe.

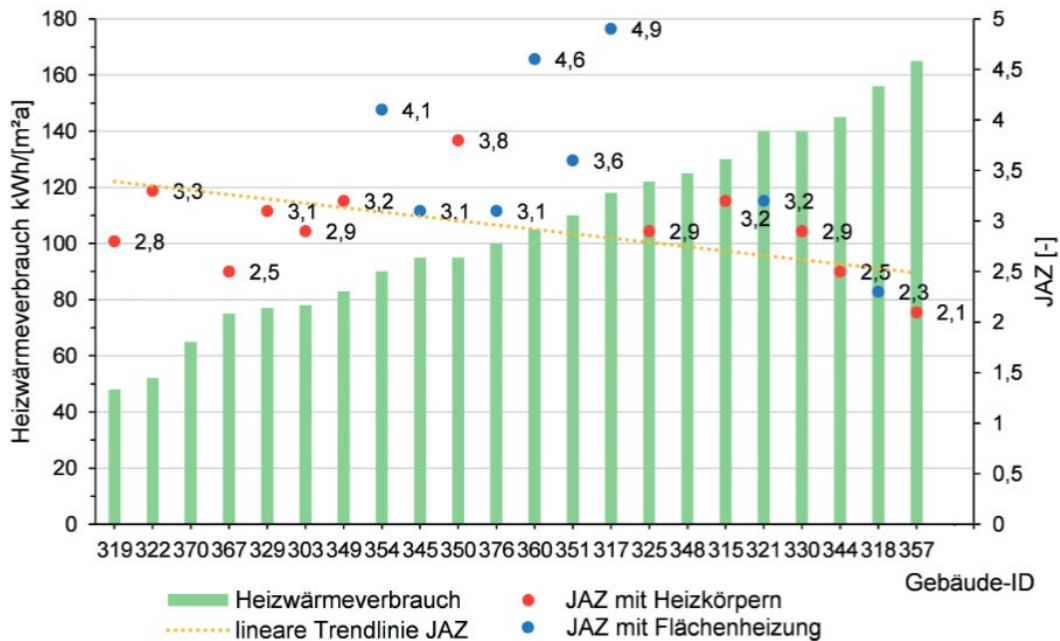


Abbildung 6 Jahresarbeitszahlen in Abhängigkeit der Heizwärmeverbräuche für Aussenluft-Wärmepumpen (Döring & Richter, 2024)

(Lämmle, et al., 2019) stellen die Jahresarbeitszahl in Abhängigkeit der Heizkreistemperaturen dar (siehe Tabelle 8)

Tabelle 8 Jahresarbeitszahl in Abhängigkeit der Heizkreistemperaturen

| Art WP | Temperatur VL/RL [°C] | JAZ Raumwärme |
|---------|-----------------------|---------------|
| Luft-WP | 70/55 | 2.7 |
| | 65/50 | 2.9 |
| | 60/50 | 3 |
| | 55/45 | 3.3 |
| Erd-WP | 70/55 | 3.2 |
| | 65/50 | 3.6 |
| | 60/50 | 3.8 |
| | 55/45 | 4.1 |

4. Annahmen und Unsicherheiten

In den folgenden Abschnitten, werden die Annahmen beschrieben, welche aufgrund der vorhandenen Datenlage getroffen werden. Die Genauigkeit der Ergebnisse der Untersuchungen hängen direkt von der Qualität der Daten und den damit möglichen Annahmen ab. Sie sind mit entsprechender Unsicherheit behaftet.

4.1. Verhältnis Gebäudeanzahl zu EBF

Grundsätzlich erfolgen die Berechnungen dieser Studie anhand der Energiebezugsflächen. In der Statistik zu den Bauperioden (Kapitel 3.5) wird jedoch nur die Anzahl der Gebäude den jeweiligen Bauperioden zugeordnet. Die weiteren Berechnungen beruhen auf der Annahme, dass sich das Verhältnis der Gebäude auf die EBF übertragen lässt. Dabei wird eine allfällige Entwicklung der Gebäudegrößen oder des Anteils an MFH und EFH vernachlässigt.

Tabelle 9 Verteilung der EBF von Privaten Haushalten auf Bauperioden

| Bauperiode | Anzahl Gebäude (gem. Tabelle 3) | Prozentualer Anteil (gem. Tabelle 3) | EBF in Mio m ² |
|-------------------|------------------------------------|---|---------------------------|
| Baujahr vor 2000 | 1'464'290 | 82% | 413.0 |
| Baujahr 2000-2011 | 166'503 | 9% | 45.3 |
| Baujahr 2011-2022 | 154'528 | 9% | 45.3 |
| Total | 1'785'321 | 100% | 503.6¹⁾ |

¹⁾ gem. Abbildung 3

4.2. Energieverbräuche nach Bauperiode und Sanierungsstand

Der Zustand der Gebäudehüllen sowie der Heizwärmebedarf der Wohngebäude wurden anhand der Bau- und Sanierungsperioden bewertet. Den einzelnen Perioden wurden dabei GEAK-Klassen mit den entsprechenden gemessenen Energieverbräuchen gemäß Kapitel 3.7 zugeordnet, um eine möglichst realitätsnahe Einschätzung zu ermöglichen.

Tabelle 10 Zuordnung von durchschnittlichen Energieverbräuchen zu den Bau- und Sanierungsstandards ab 2000

| Standard | Zugeordnete GEAK-Klasse | Durchschnittlicher Energieverbrauch Raumwärme und Trinkwarmwasser [kWh/m ² a] | Durchschnittlicher Energieverbrauch Raumwärme ohne Trinkwarmwasser [kWh/m ² a] ¹⁾ |
|------------------------------------|----------------------------|--|---|
| Standard 2000-2011 (Neubau) | Klasse B/C | 67.35 | 49.4 |
| Standard 2000-2011 (Umbau) | Klasse C/D | 100.25 | 82.3 |
| Standard ab 2011 (Neubau) | Klasse B | 50.2 | 32.3 |
| Standard ab 2011 (Umbau) | Klasse B/C | 67.35 | 49.4 |

¹⁾ gem. Kapitel 4.3, Energieverbrauch für Trinkwarmwasser von 17.9 kWh/m²a

Die angenommenen Werte unterschreiten die jeweiligen Grenzwerte nach SIA 380/1 meist um etwa 30%. Eine gewisse Unterschreitung ist plausibel, da die gesetzlichen Grenzwerte als Mindestanforderungen definiert sind und tatsächliche Gebäude in der Regel energetisch bessere Werte aufweisen.

Zudem muss der sogenannte Energy Performance Gap berücksichtigt werden, wie er auch in der Studie von (Cozza, Chambers, & Patel, 2020) beschrieben wird. Dieser beschreibt die oft signifikante Abweichung zwischen den theoretisch berechneten Bedarfswerten und den tatsächlich gemessenen Verbrauchswerten,

die durch Faktoren wie Nutzerverhalten, Betriebsweise der Heizsysteme und vereinfachte Annahmen in den Berechnungsmodellen verursacht werden können.

Tabelle 11 Grenzwerte des Heizwärmebedarfes nach SIA 380/1. (Berechnung gemäss Kapitel 3.8) Es wird ein Mittelwert zwischen den Grenzwerten von MFH und EFH gebildet, welcher die Anteile der Gebäudekategorien an der gesamten EBF gemäss Annahme in Kapitel 4.4 berücksichtigt.

| Grenzwert | SIA 380/1:2001 in kWh/m ² a | SIA 380/1:2009 in kWh/m ² a |
|------------------|---|---|
| Gemittelt Neubau | 66.0 | 47.1 |
| Gemittelt Umbau | 99.0 | 70.7 |

4.3. Energieverbrauch Trinkwarmwasser

Gemäss Kapitel 3.4 betrug der Energieverbrauch für Trinkwarmwasser im Jahr 2022 9.03 TWh. Für die weiteren Berechnungen wird angenommen, dass sich dieser gleichmässig auf die totale Energiebezugsfläche für private Haushalte verteilt (503.6 Mio m²).

Damit ergibt sich ein Energieverbrauch für Trinkwarmwasser von 17.9 kWh/m²a.

Angesichts des genormten Energiebedarfs für Trinkwarmwasser (MFH 20.8 kWh/m²a; EFH 13.9 kWh/m²a) gemäss SIA 380/1 (Kapitel 3.8) scheint dieser Wert plausibel.

Eine Differenzierung zu Gebäuden verschiedener Bauperioden und Sanierungsstandards wird nicht gemacht.

4.4. Verteilung EBF Wohnen auf Gebäudetypen

Für die Verteilung der Energiebezugsfläche (EBF) im Bereich Wohnen auf verschiedene Gebäudetypen wurde angenommen, dass das Verhältnis von Einfamilienhäusern (EFH) zu Mehrfamilienhäusern (MFH) bei Zweitwohnungen und Ferienwohnungen gleich ist wie beim allgemeinen Verhältnis. Außerdem wurden Wohnungen in Gebäuden mit Mischnutzung den Mehrfamilienhäusern zugeordnet.

Basierend auf Tabelle 1 und Tabelle 2 wird ein Anteil von **32 % Einfamilienhäusern** und **68 % Mehrfamilienhäusern** angenommen.

4.5. Klima

Die Berechnung der Grenzwerte gemäß SIA 380/1 berücksichtigt den klimatischen Standort des Gebäudes, um den spezifischen Heizwärmebedarf an die lokalen klimatischen Bedingungen anzupassen. Dabei wird der Grenzwert in Abhängigkeit von der Klimastation des Standorts leicht angepasst: Er fällt an kälteren Standorten höher aus, während er an wärmeren Standorten tiefer ist. Ein Temperaturkorrekturfaktor wird verwendet, um diese Anpassung vorzunehmen. Eine Jahresdurchschnittstemperatur von 9,4 °C stellt eine vereinfachte Grundlage dar, um die energetische Bewertung nach SIA 380/1 zu standardisieren. Bei dieser Temperatur ist der Temperaturkorrekturfaktor 1.0. Dieser wird in nachfolgenden Berechnungen verwendet.

Der Einfluss des Klimawandels wird ausser Acht gelassen. Gemäss der Studie KlimaBau wird sich der Heizwärmebedarf bis zur Periode 2060 um 20-30% reduzieren. (Settembrini, et al., 2017)

4.6. Jahresarbeitszahlen in den Szenarien

In Tabelle 12 werden die zur Berechnung angenommenen Werte der Jahresarbeitszahlen dargestellt.

Die Jahresarbeitszahl (JAZ) ist abhängig von der Art der Wärmepumpe und der Temperaturen von Wärmequelle und Heizkreis. Daher müssen verschiedene durchschnittliche Jahresarbeitszahlen für die verschiedenen Szenarien angenommen werden, welche sich durch die verschiedene Qualität der Gebäudehülle auch in ihrer Vorlauftemperatur unterscheiden.

Um die Sensibilität der Ergebnisse auf die Variation der JAZ zu verdeutlichen, steht in der Tabelle jeweils eine alternative ebenfalls plausible Jahresarbeitszahl für dasselbe Szenario. In der rechten Spalte steht jeweils die Abweichung des gesamten Ergebnisses (Benötigte elektrische Energie bei Einsatz der Wärmepumpen) bei der Verwendung der alternativen JAZ in Prozent und in TWh.

Tabelle 12 Die für die verschiedenen Szenarien dargestellten Jahresarbeitszahlen

| Szenario | Verwendete JAZ | Alternative JAZ | Abweichung im Ergebnis |
|--|----------------|-----------------|------------------------|
| Szenario 1 keine Sanierung | 2.5 | 2.8 | 11 % (0.93 TWh) |
| Szenario 2a Sanierung nach Umbau Grenzwert | 3.0 | 3.5 | 14 % (0.97 TWh) |
| Szenario 2b Sanierung nach Neubau Grenzwert | 3.8 | 4.3 | 12 % (0.51 TWh) |
| Szenario 2c Sanierung auf 50% des Heizwärmebedarfs | 3.5 | 4.0 | 13 % (0.62 TWh) |

4.7. Mittlere Gebäudehüllzahlen

Aus Gründen der Vereinfachung wird jeweils für die Gebäudekategorie MFH und EFH eine mittlere Gebäudehüllzahl angenommen. Aufgrund der Daten aus Tabelle 7 beträgt die angenommene mittlere Gebäudehüllzahl für **EFH $A_{th}/A_E=1.96$** ; Die angenommene mittlere Gebäudehüllzahl für **MFH $A_{th}/A_E=1.60$** .

4.8. Einsparung bei erneuerbarer Energie bestehender Anlagen

Im Falle einer Sanierung aller Gebäudehüllen, welche vor dem Jahr 2000 gebaut wurden und seit 2000 auch nicht energetisch erneuert wurden, werden auch Gebäudehüllen von Gebäuden saniert, welche nicht durch fossile Energieträger beheizt werden. Bereits bei der Gebäude- und Wohnungszählung im Jahr 2000 waren ca. 28 % der erfassten Gebäude nicht fossil beheizt. Bis 2022 dürfte dieser Anteil noch gestiegen sein. Die durch Gebäudehüllensanierung eingesparte thermische Energie wird gemäss dieser Annahme zu 30 % den Gebäuden mit Heizungsanlagen aus erneuerbarer Energie zugeordnet und zu 70 % den fossil und direkt-elektrisch beheizten Gebäuden.

Bei den bereits mit Wärmepumpe beheizten Gebäuden, wird angenommen, dass der Standard der Gebäudehülle bereits sehr hoch ist. Für nur 20% des elektrischen Energiebedarfs für Wärmepumpen wird angenommen, dass er sich durch eine Verbesserung der JAZ bei zusätzlicher Dämmung der Gebäudehülle verringert.

5. Berechnung

Gemäss Abbildung 3 betrug der totale Heizwärmeverbrauch für Wohngebäude in der Schweiz (ohne Ferien- und Zweitwohnungen im Jahr 2022 131.8 PJ (36.61 TWh). Dieser verteilt sich auf 503.6 Mio. m² Energiebezugsfläche für Wohngebäude (Abbildung 2).

Mithilfe der Daten zur Verteilung der Energiebezugsflächen auf die verschiedenen Bauperioden aus Tabelle 9 und der Angaben zu den Sanierungsraten aus Kapitel 3.6 wurde die gesamte Energiebezugsflächen Wohnen (ohne Ferienhäuser und Zweitwohnungen) von 503.6 Mio m² den jeweiligen Bau-/Sanierungsstandards zugeteilt.

Tabelle 13 Aufteilung EBF in Bau-/Sanierungsstandards

| Standard | Fläche EBF in Mio m ² | Prozentualer Anteil | Kommentar zur Berechnung |
|------------------------------------|----------------------------------|---------------------|--|
| EBF Standard älter als 2000 | 274.5 | 55 % | Rest |
| Standard 2000-2011 (Neubau) | 45.3 | 9 % | Aus Abschnitt 4.1, Tabelle 9 |
| Standard 2000-2011 (Umbau) | 55.4 | 11 % | Da Sanierungsrate 2000-2011 1% (Abschnitt 3.6) |
| Standard ab 2011 (Neubau) | 45.3 | 9 % | Aus Abschnitt 4.1, Tabelle 9 |
| Standard ab 2011 (Umbau) | 83.1 | 17 % | Da Sanierungsrate 2012-2022 1.5% (Abschnitt 3.6) |
| Total | 503.6 | 100 % | |

Um die Verteilung der Energieverbräuche für Raumwärme auf die Gebäude nach Bauperiode und Sanierungsstand zu berechnen, wurde dem durchschnittlichen Energieverbrauch gemäss GEAK-Klassen (Annahme 4.2) der Energieverbrauch das Trinkwarmwasser abgezogen.

Dazu wurde der durchschnittliche Wert von 17.9 kWh/m²a aus Annahme 4.3 verwendet.

Tabelle 14 zeigt die Energieverbräuche für Raumwärme nach GEAK-Klassen.

Tabelle 14 Durchschnittliche Energieverbräuche nach Sanierungsstandard

| Standard | Zugeordnete GEAK-Klasse | Durchschnittlicher Energieverbrauch Raumwärme und Trinkwarmwasser [kWh/m ² a] | Durchschnittlicher Energieverbrauch Raumwärme (ohne WW) [kWh/m ² a] |
|------------------------------------|-------------------------|--|--|
| Standard 2000-2011 (Neubau) | Klasse B/C | 67.35 | 49.4 |
| Standard 2000-2011 (Umbau) | Klasse C/D | 100.25 | 82.3 |
| Standard ab 2011 (Neubau) | Klasse B | 50.2 | 32.3 |
| Standard ab 2011 (Umbau) | Klasse B/C | 67.35 | 49.4 |

Um den durchschnittlichen Energieverbrauch aller übrigen Gebäude zu berechnen, welche vor dem Jahr 2000 gebaut wurden und seit 2000 auch nicht energetisch erneuert wurden, werden die in Tabelle 13 zugeordneten Energiebezugsflächen, mit den jeweiligen durchschnittlichen Energieverbräuchen aus Tabelle 14 multipliziert. Die so berechneten totalen Energieverbräuche nach Standard werden addiert und vom totalen Heizwärmeverbrauch 36.61 TWh abgezogen. Der restliche totale Energieverbrauch von 24.2 TWh wird nun auf die restliche EBF von 274.5 Mio m² verteilt. Dadurch ergibt sich ein auf die EBF bezogener Energieverbrauch von **88.3 kWh/m²a** für die unsanierten, alten Gebäude.

5.1. Einsparung thermischer Endenergie durch Gebäudehüllensanierung

Um die potenzielle Einsparung durch Gebäudehüllensanierung zu berechnen, werden 3 Szenarien definiert. Im ersten Szenario werden alle Gebäude, welche vor dem Jahr 2000 gebaut wurden und seit 2000 auch nicht energetisch erneuert wurden, mit einer Gebäudehülle versehen, die den Umbauanforderungen nach MuKE n 2014 entspricht (also nach SIA 380/1:2016).

In einem weiteren Szenario werden diese Gebäude mit einer Gebäudehülle versehen, die den Neubauanforderungen nach MuKE n 2014 entspricht (also nach SIA 380/1:2016), während ein drittes Szenario mit einem gemeinsam bestimmten Maximalwert einer Einsparung von 50 % des Heizwärmeverbrauchs rechnet.

Tabelle 15 Übersicht der Sanierungsszenarien

| Szenario | Beschreibung |
|-------------------|--|
| Szenario A | Sanierung nach MuKE n 2014 (Umbaugrenzwert) |
| Szenario B | Sanierung nach MuKE n 2014 (Neubaugrenzwert) |
| Szenario C | Sanierung auf halben Heizenergieverbrauch |

Da die Grenzwerte nach SIA380/1:2016 nach Gebäudehüllzahl und klimatischem Standort variieren, wird je ein mittlerer Neubau-Grenzwert anhand der Annahmen in Abschnitt 4.5 (klimatischen Bedingungen) und 4.7 (mittlere Gebäudehüllzahlen) nach der Formel gemäss SIA 380/1 für die Gebäudekategorien EFH und MFH berechnet.

$$\begin{aligned}
 Q_{H,li} (EFH) &= [Q_{H,li0} (EFH) + \Delta Q_{H,li0} (EFH) * (A_{th}/A_E)_{EFH}] * f_{cor} = \\
 &= [16 \text{ kWh/m}^2\text{a} + 15 \text{ kWh/m}^2\text{a} * 1.96] * 1 = 45.4 \text{ kWh/m}^2\text{a}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{H,li} (MFH) &= [Q_{H,li0} (MFH) + \Delta Q_{H,li0} (MFH) * (A_{th}/A_E)_{MFH}] * f_{cor} = \\
 &= [13 \text{ kWh/m}^2\text{a} + 15 \text{ kWh/m}^2\text{a} * 1.60] * 1 = 37.0 \text{ kWh/m}^2\text{a}
 \end{aligned}$$

$Q_{H,li}$: Grenzwert für Neubauten, in kWh/m²a

$Q_{H,li0}$: Basiswert gemäss Tabelle aus SIA 380/1 (siehe Kapitel 3.8)

$\Delta Q_{H,li0}$: Steigung gemäss Tabelle aus SIA 380/1

A_{th}/A_E : Gebäudehüllzahl

f_{cor} : Temperaturkorrektur abhängig der Lage

Der Umbaugrenzwert entspricht jeweils 150% des Neubaugrenzwertes, somit ergeben sich anhand der Anteile an EFH und MFH gemäss Annahme 4.4 die gemittelten Grenzwerte folgender Tabelle.

Tabelle 16 Berechnung gemittelter Grenzwerte für Heizwärmebedarf nach SIA 380/1:2016. Die Grenzwerte gelten mit der MuKE n 2014 (Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich), welche den Energiestandard im Gebäudebereich festlegt.

| Grenzwert | SIA 380/1:2016 [kWh/m ² a] | Berechnung |
|--|---------------------------------------|---|
| EFH GW Neubau $Q_{H,li} (EFH)$ | 45.4 | Siehe Formel oben |
| EFH GW Umbau | 68.1 | EFH GW Neubau * 150 % |
| MFH GW Neubau $Q_{H,li} (MFH)$ | 37.0 | Siehe Formel oben |
| MFH GW Umbau | 55.5 | MFH GW Neubau * 150 % |
| GW Gemittelt Neubau | 39.7 | $Q_{H,li} (EFH) * 0.32 + Q_{H,li} (MFH) * 0.68$ |
| GW Gemittelt Umbau | 59.5 | GW Gemittelt Neubau * 150 % |

Hieraus ergeben sich je Szenario unterschiedliche Werte für den totalen Raumwärmebedarf und die damit einhergehende Einsparung, welche in Tabelle 17 dargestellt sind. In Szenario 2A wird der Raumwärmebedarf anhand des Umbau-Grenzwertes errechnet, in Szenario 2B anhand des Neubau-Grenzwertes. Hierfür wird die EBF von 274.5 Mio m² gemäss Tabelle 13 Aufteilung EBF in Bau-/Sanierungsstandards Tabelle 13 multipliziert mit dem jeweiligen Grenzwert aus Tabelle 16.

Tabelle 17 Berechnung der Einsparung thermischer Energie in verschiedenen Sanierungsszenarien anhand des errechneten Energiebedarfs der verschiedenen Szenarien.

| Szenario | Jährlicher Energieverbrauch alter Gebäude un-saniert in TWh | Jährlicher Energiebedarf alter Gebäude saniert in TWh | Jährliche Einsparung thermischer Energie in TWh |
|-------------------------------------|--|--|--|
| Szenario A (Umbau-GW) | 24.2 | 16.3 | 7.9 |
| Szenario B (Neubau-GW) | 24.2 | 10.9 | 13.3 |
| Szenario C (Einsparung 50 %) | 24.2 | 12.1 | 12.1 |

5.2. Einsparung elektrischer Energie durch Heizungsersatz

Während die thermische Energie, den Wärmebedarf beschreibt, der direkt für die Beheizung von Gebäuden benötigt wird, wird die elektrische Energie (Endenergie) für den Betrieb der Wärmepumpen eingesetzt. Wärmepumpen nutzen dabei die elektrische Energie, um einen Grossteil der benötigten Wärme aus der Umgebung (z. B. Luft, Wasser oder Erdreich) zu gewinnen. Dies führt dazu, dass der Bedarf an elektrischer Energie deutlich geringer ist als der thermische Energiebedarf, da Wärmepumpen mit einer Leistungszahl arbeiten, der durch die Jahresarbeitszahl beschrieben wird.

5.2.1. Szenario 1: Heizungsersatz ohne Sanierung der Gebäudehülle

Die durch fossile und direkt-elektrische Anlagen (elektrische Widerstandsheizungen) bereitgestellte thermische Energie beträgt gemäss Kapitel 3.3 rund 24.0 TWh/a.

Szenario 1 beschreibt einen Heizungsersatz aller fossilen und direkt-elektrischen Heizungen mit einer Wärmepumpe.

Dabei wird eine durchschnittliche Jahresarbeitszahl von 2.5 angenommen. (Siehe Annahme 4.6)

Für die Bereitstellung der 24.0 TWh thermischer Energie sind also nur 9.6 TWh elektrischer Energie notwendig ($24.0 \text{ TWh} \div 2.5$). Dazu kommen die 1.9 TWh an elektrischer Energie, welche bereits für Wärmepumpen aufgewendet werden. In diesem Szenario sind für den Raumwärmebedarf für private Haushalte also etwa $9.6 \text{ TWh} + 1.9 \text{ TWh} = 11.5 \text{ TWh}$ an elektrischer Energie notwendig.

5.2.2. Szenario 2: Heizungsersatz bei gleichzeitiger Sanierung der Gebäudehülle nach den Szenarien A, B und C

Durch die Sanierung der Gebäudehüllen alter Gebäude können schweizweit beträchtliche Mengen an thermischer Energie eingespart werden (siehe Tabelle 17).

Der thermische Energiebedarf für Raumwärme reduziert sich von 36.61 TWh auf die Werte in nachfolgender Tabelle. Bereits jetzt werden 10.7 TWh thermischer Energie aus erneuerbaren Energiequellen gewonnen (siehe Kapitel 3.3)

Kann diese Energie gemäss der Aufteilung gemäss Kapitel 4.8 genutzt werden, muss in den verschiedenen Szenarien jeweils ein unterschiedlicher Energiebedarf von neuen Wärmepumpen gedeckt werden.

Tabelle 18 Jährlicher Energieverbrauch der Szenarien aufgeteilt in erneuerbarer und weiterer thermischer Energie

| Szenario | Energieverbrauch aller Gebäude zusammen in TWh (36.61 TWh – Einsparung) | davon bereits erneuerbar oder als WP-Strom vorhanden in TWh (12.6 TWh – Einsparung*0.3) | Noch nötige thermische erneuerbare Energie in TWh |
|--------------------------------------|--|--|---|
| Szenario 2A (Umbau-GW) | 28.7 | 10.5 | 18.5 |
| Szenario 2B (Neubau-GW) | 23.3 | 8.6 | 14.7 |
| Szenario 2C (Einsparung 50 %) | 24.5 | 9.0 | 15.5 |

Diese noch nötige thermische Energie soll nun mittels Wärmepumpen bereitgestellt werden. Dafür werden die Jahresarbeitszahlen je Szenario gemäss Annahme 4.6. herangezogen.

Tabelle 19 Jahresarbeitszahlen und benötigte elektrische Energie bei Heizungsersatz je Szenario

| Szenario | Thermische Energie in TWh/a | JAZ | Elektrische Energie (gelieferte Energie) in TWh/a |
|--------------------------------------|-----------------------------|-----|---|
| Szenario 1 (ohne Sanierung) | 24.0 | 2.5 | 9.6 |
| Szenario 2A (Umbau-GW) | 18.5 | 3.0 | 6.2 |
| Szenario 2B (Neubau-GW) | 14.7 | 3.8 | 3.9 |
| Szenario 2C (Einsparung 50 %) | 15.5 | 3.5 | 4.4 |

Hinzuzufügen ist diesen Werten noch die elektrische Energie, die bereits für Wärmepumpenstrom aufgewendet wird, um den gesamten Bedarf an elektrischer Energie für die Raumwärme der verschiedenen Szenarien zu berechnen. In Szenario 1 beträgt der Wert 1.9 TWh. In den Szenarien 2A-2C ist der Wert abhängig von den angenommenen Jahresarbeitszahlen im sanierten Zustand (Kapitel 4.6), welcher für 20% dieser elektrischen Energie angenommen wird (Annahme Kapitel 4.8).

Tabelle 20 Energiebedarf für bestehende Wärmepumpen und Gesamte für Raumwärme benötigte elektrische Energie bei Heizungsersatz je Szenario

| Szenario | Energiebedarf für bestehende WP in TWh/a | Elektrische Energie für Raumwärme Privater Haushalte in der Schweiz in TWh/a |
|--------------------------------------|--|--|
| Szenario 1 (ohne Sanierung) | 1.9 | 11.5 |
| Szenario 2A (Umbau-GW) | 1.84 | 8.0 |
| Szenario 2B (Neubau-GW) | 1.77 | 5.6 |
| Szenario 2C (Einsparung 50 %) | 1.79 | 6.2 |

6. Ergebnisse und Diskussion

Die anhand der vorangehend beschriebenen Annahmen berechneten Einsparungen an thermischer und elektrischer Energie werden in den folgenden Tabellen dargestellt.

Tabelle 21 Einsparung an thermischer Energie für Raumwärme im Bereich der Wohngebäude in den verschiedenen Szenarien in Bezug auf den Bestand 2022

| Szenario | Thermischer Energie in TWh/a Aller Haushalte | Jährliche Einsparung der thermischen Energie | |
|--------------------------------------|---|--|--------------|
| Bestand 2022 | 36.6 | | |
| Szenario 1 (ohne Sanierung) | 36.6 | 0 TWh | ± 0 % |
| Szenario 2A (Umbau-GW) | 28.7 | 7.9 TWh | -22 % |
| Szenario 2B (Neubau-GW) | 23.3 | 13.34 TWh | -36 % |
| Szenario 2C (Einsparung 50 %) | 24.5 | 12.11 TWh | -33 % |

Die Einsparungen thermischer Energie durch die Verbesserung der Gebäudehüllen sind bedeutend (siehe Tabelle 21). In Szenario A, bei der Sanierung der alten Gebäude nach MuKE, werden knapp 8 TWh thermischer Energie eingespart, fast ein Viertel der gesamten Raumwärmeenergie für Haushalte. Unter den getroffenen Annahmen erscheint die Grössenordnung der in der Tabelle angegebenen Einsparungspotenziale plausibel, wobei einige Aspekte ausgeklammert oder stark vereinfacht wurden. Diese in Kapitel 4 beschriebenen Annahmen müssten für präzisere Ergebnisse vertieft analysiert werden.

Besonders interessant ist die potenzielle Einsparung an elektrischer Energie, welche bei einem Heizungsersatz bei gleichzeitiger Sanierung der Gebäudehülle möglich ist. Würde in allen bisher fossil oder direkt elektrisch beheizten Gebäuden die bestehende Heizungsanlage durch eine Wärmepumpe ersetzt, wären in Szenario 2C mit den getroffenen Annahmen Einsparungen von etwa 46% gegenüber Szenario 1 möglich. Da diese Werte auf Grundlage einer durchschnittlichen Jahresarbeitszahl von Wärmepumpen errechnet wurden (Annahme Abschnitt 4.6) können diese Werte beim Einsatz effizienterer oder weniger effizienterer Wärmepumpen variieren.

Tabelle 22 Jährliche Einsparung an elektrischer Energie bei Heizungsersatz mit gleichzeitiger Sanierung der Gebäudehülle

| Szenario | Elektrische Energie (gelieferte Energie) in TWh Aller privaten Haushalte | Einsparung an elektrischer Energie je Szenario | |
|--------------------------------------|---|--|--------------|
| Szenario 1 (ohne Sanierung) | 11.5 | 0 TWh | ± 0 % |
| Szenario 2A (Umbau-GW) | 8.0 | 3.5 TWh | -30 % |
| Szenario 2B (Neubau-GW) | 5.6 | 5.9 TWh | -51 % |
| Szenario 2C (Einsparung 50 %) | 6.2 | 5.3 TWh | -46 % |

Die Einsparung an elektrischer Energie bei Heizungsersatz wirkt in absoluten Zahlen gering (3.5 - 5.9 TWh), da schon bei schlechteren Bedingungen im ungedämmten Zustand, mehr als zwei Drittel der benötigten thermischen Energie aus der Umgebung gewonnen werden kann.

Betrachtet man diese Zahlen jedoch im Vergleich mit den bisher aufgewendeten fossilen Energien, so sind die Vorteile des Heizungsersatzes und der Sanierung der Gebäudehülle klar zu erkennen. Statt 24 TWh pro Jahr fossiler Energie sind in Szenario 2C nur noch 4.4 TWh pro Jahr elektrischer Energie notwendig, um den Wärmebedarf dieser vorher fossil beheizten Gebäude zu decken. Dies ist v.a. bei einer Betrachtung von CO₂-Emissionen relevant, auf welche hier nicht genauer eingegangen wird.

Tabelle 23 Jährliche elektrische Energie für Wärmepumpen der verschiedenen Szenarien in Bezug auf fossile Energie, welche 2022 für Energie für Raumwärme im Bereich der Wohngebäude und in den Szenarien durch Wärmepumpen ersetzt wird.

| Szenario | Elektrische Energie für WP in Bezug auf fossile Energie vor Heizungsersatz Aller Haushalte, die vorher fossil oder direkt-elektrisch beheizt waren | |
|--------------------------------------|--|-------------------------|
| Bestand 2022 | 24.0 TWh_{fossil und direkt elektrisch} | |
| Szenario 1 (ohne Sanierung) | 9.6 TWh _{elektrisch} | -14.2 TWh - 60 % |
| Szenario 2A (Umbau-GW) | 6.2 TWh _{elektrisch} | -17.9 TWh - 74 % |
| Szenario 2B (Neubau-GW) | 3.9 TWh _{elektrisch} | -20.2 TWh - 84 % |
| Szenario 2C (Einsparung 50 %) | 4.4 TWh _{elektrisch} | -19.6 TWh - 82 % |

Um genaue Energieberechnungen durchzuführen und belastbare Zahlen zu erhalten, wäre ein detailliertes Gebäudeparkmodell nötig. Dieses würde auch eine Skalierung der Berechnungen auf den gesamten Gebäudepark ermöglichen. Anhand vorliegender Daten und Annahmen kann die Einsparungen in den Gebäudekategorien der Dienstleistungen jedoch geschätzt werden:

Der Energiebedarf für Raumwärme von Wohngebäuden betrug 2022 gemäss Kapitel 3.3 rund zwei Drittel des gesamten Raumwärmebedarfs. Der Dienstleistungsbereich benötigte knapp 30 %. Im Bereich der Dienstleistungsgebäude sind durch Wärmedämmung ähnliche Einsparungen möglich, wie im Wohnbereich. Bei einer Einsparung der thermischen Energie um 30 %, wird der Energiebedarf für Raumwärme von 13.3 TWh um 4 TWh reduziert.

Unbedingt zu berücksichtigen sind auch die Graue Energie für die Herstellung der Dämmstoffe, welche in dieser Studie ausgeklammert wurden. Der Aufwand für die Erstellung der Dämmstoffe darf bei diesen Betrachtungen nicht unterschätzt werden. (Manz, Althaus, Zeyer, Wohlgemut, & von Gunten, 2015) befassen sich in ihrer Studie mit den optimalen Dämmstärken bei Wohngebäuden, um Umweltbelastungen zu minimieren. Diese Studie wurde von (Manz H., 2024) im Auftrag der Flumroc AG aktualisiert.

7. Fazit

Die Ergebnisse der Studie unterstreichen das erhebliche Einsparpotenzial im Gebäudesektor durch eine Kombination aus energetischer Sanierung der Gebäudehülle und der Umstellung auf CO₂-neutrale Heiztechnologien. Die Sanierung der Gebäudehülle reduziert nicht nur den Energiebedarf, sondern verbessert auch die Effizienz von Wärmepumpen und senkt den Stromverbrauch in den Wintermonaten signifikant. Dies ist besonders relevant für die Schweiz, deren Winterstromangebot begrenzt ist.

Um auf die These des Flumroc AG zurückzukommen, lässt sich sagen, dass im Wohnungssektor bei einem Ersatz aller fossilen Heizungen durch Wärmepumpen und die gleichzeitige Sanierung der Gebäudehülle Einsparungen an elektrischer Energie möglich sind, die in der Grössenordnung zwischen 3.5 und 5.9 TWh je nach Sanierungsstandard liegen.

Eine detailliertere Analyse auf Basis eines vollständigen Gebäudeparkmodells würde die Aussagekraft der Ergebnisse erhöhen. Auch die Berücksichtigung der grauen Energie könnte helfen, ein ganzheitlicheres Bild der ökologischen Auswirkungen energetischer Sanierungen zu zeichnen. Dennoch bietet die vorliegende Studie eine fundierte Grundlage, um konkrete Massnahmen im Gebäudebereich zu entwickeln und die öffentliche Diskussion über die Effizienz und Nachhaltigkeit energetischer Sanierungen voranzutreiben.

8. Literaturverzeichnis

- BFE, W. P. (2024). *Energiebezugsfläche*. Von www.indikatoren.admin.ch:
<https://www.indikatoren.admin.ch/Public/AemDetail?ind=QU048&Ing=de> abgerufen
- BFE, W. P. (2024). *Entwicklung Energiebezugsflächen EBF 1990-2025, jährliches Update*. Von www.bfe.admin.ch: <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/energieverbrauch-nach-verwendungszweck.html/> abgerufen
- BFS. (2024). *Energiebereich: Gebäude nach Kanton, Gebäudekategorie, Bauperiode, Heizungsart und Warmwasserversorgung sowie deren Energieträger, 1970, 1980, 1990, 2000*. Von STAT-TAB – interaktive Tabellen (BFS): https://www.pxweb.bfs.admin.ch/pxweb/de/px-x-0902020100_122/-/px-x-0902020100_122.px/ abgerufen
- BFS. (2024). *Gebäude nach Gebäudekategorie sowie Bauperiode und Geschosshöhe*. Von www.bfs.admin.ch: <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bau-wohnungswesen/gebäude/kategorie.assetdetail.32329494.html> abgerufen
- BFS. (2024). *STAT-TAB – interaktive Tabellen*. Von Energiebereich: Gebäude nach Kanton, Gebäudekategorie, Bauperiode, Heizungsart und Warmwasserversorgung sowie deren Energieträger, 1970, 1980, 1990, 2000: https://www.pxweb.bfs.admin.ch/pxweb/de/px-x-0902020100_122/px-x-0902020100_122/px-x-0902020100_122.px/ abgerufen
- Cozza, S., Chambers, J., & Patel, M. (2020). Measuring the thermal energy performance gap of labelled residential buildings in Switzerland. *OXFORD: Elsevier Ltd. - Energy policy, 2020-02, Vol.137, p.111085, Article 111085*.
- Döring, F., & Richter, T. (2024). Auswirkungen des Austausches einer Gasheizung gegen eine Außenluft-Wärmepumpe im EFH. *Bauphysik Volume 46, Issue 2, S. 61-116*; <https://doi.org/10.1002/bapi.202400004>.
- Jakob, M., Berti, D., & Catenazzi, G. (2024). *Energetische Erneuerungsraten im Gebäudebereich in der Periode von 2010 bis 2020*. BFE.
- Kemmler, A., & Trachsel, T. (2023). *Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000–2022*. Bern: BFE.
- Köppel, S. (2019). www.energie-experten.ch. Von <https://www.energie-experten.ch/de/wohnen/detail/energiebedarf-fuer-gebäude-halbjahren.html> abgerufen
- Lämmle, M., Wapler, J., Kropp, M., Hess, S., Hahn, D., David, G., & Herkel, S. (2019). *Gezielter Heizkörper-Austausch in Wärmepumpen-Heizungsanlagen*. Fraunhofer.
- Manz, H. (2024). *Optimale Dämmstärken bei Wohngebäuden bezüglich Minimierung der Umweltbelastung – Aktualisierung, Bericht im Auftrag der Flumroc AG*.
- Manz, H., Althaus, H.-J., Zeyer, C., Wohlgemut, D., & von Gunten, D. (2015). *Optimale Dämmstärke bei Wohngebäuden bezüglich Minimierung der Umweltbelastung*. Hochschule Luzern.
- Settembrini, G., Domingo-Irigoyen, S., Heim, T., Zakovorotnyi, A., Seerig, A., Zweifel, G., & Menti, U.-P. (2017). *ClimaBau – Planen angesichts des Klimawandels. Energiebedarf und Behaglichkeit heutiger Wohnbauten bis ins Jahr 2100*. BFE.
- SIA. (1988). 380/1. *Energie im Hochbau*.
- SIA. (2001). 380/1. *Thermische Energie im Hochbau*.
- SIA. (2007). 380/1. *Thermische Energie im Hochbau*.
- SIA. (2009). 380/1. *Thermische Energie im Hochbau*.
- SIA. (2016). 380/1. *Heizwärmebedarf*.
- von Euw, R. (2024). *Gebäudesanierung mit Wärmepumpe (Präsentation)*. HSLU.
- Wallbaum, H., Heeren, N., Jakob, M., & Martius, G. (2010). *Gebäudeparkmodell Büro-, Schul- und Wohngebäude. Vorstudie zur Erreichbarkeit der Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft für den Gebäudepark der Stadt Zürich*. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000113514>: ETH Zürich.
- www.energie-experten.org. (2024). *Jahresarbeitszahl von Wärmepumpen: Kennzahlen & Berechnung*. Von www.energie-experten.org: <https://www.energie-experten.org/heizung/waermepumpe/leistung/jahresarbeitszahl> abgerufen

www.nuklearforum.ch. (28. 11 2024). *Medienmitteilung Swissnuclear*. Von Schweizer Kernkraftwerke produzierten im letzten Jahr 23,5 Terawattstunden Strom:
<https://www.nuklearforum.ch/de/news/schweizer-kernkraftwerke-produzierten-im-letzten-jahr-235-terawattstunden-strom/> abgerufen