



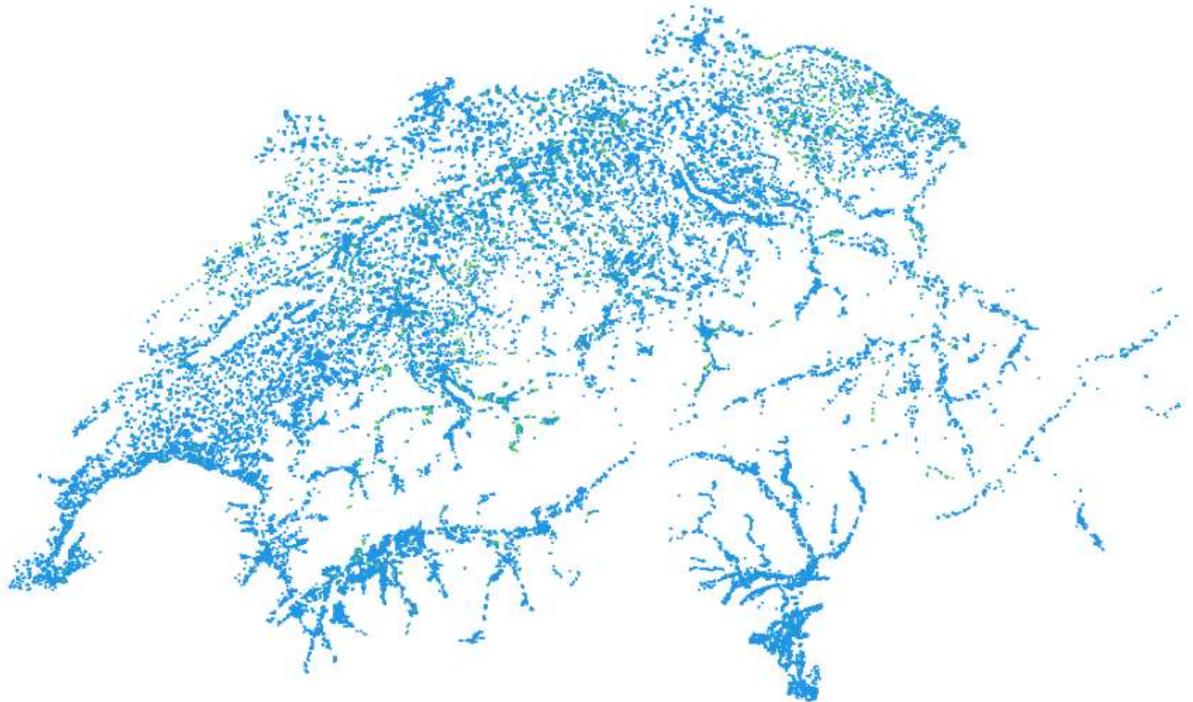
**Bericht vom 31. Januar 2022**

---

# Beschleunigung des Ersatzes von Elektroheizungen

Eine technisch-ökonomische Analyse

---



Quelle: Sebastian Teutloff, elektrisch beheizte Gebäude in der Schweiz, 2021



**Datum:** 31.01.2022

**Ort:** Zürich

**Auftraggeberin:**

Bundesamt für Energie BFE  
CH-3003 Bern  
[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

**Auftragnehmer/in:**

Lemon Consult AG  
Sumatrastrasse 10, 8006 Zürich  
[www.lemonconsult.ch](http://www.lemonconsult.ch)

**Autor/in:**

Sebastian Teutloff, Lemon Consult AG, [teutloff@lemonconsult.ch](mailto:teutloff@lemonconsult.ch)  
Martin Mühlebach-Burkart, Lemon Consult AG, [muehlebach@lemonconsult.ch](mailto:muehlebach@lemonconsult.ch)  
Thomas Murer, Lemon Consult AG, [murer@lemonconsult.ch](mailto:murer@lemonconsult.ch)  
Maurin Spiess, Lemon Consult AG, [spiess@lemonconsult.ch](mailto:spiess@lemonconsult.ch)

**BFE-Programmleitung:** Dr. Paul Stadler, [paul.stadler@bfe.admin.ch](mailto:paul.stadler@bfe.admin.ch)

**BFE-Vertragsnummer:** SI/402908-01

**Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.**

Beschleunigung des Ersatzes von Elektroheizungen

**Bundesamt für Energie BFE**

Pulverstrasse 13, CH-3063 Ittigen; Postadresse: Bundesamt für Energie BFE, CH-3003 Bern  
Tel. +41 58 462 56 11 · Fax +41 58 463 25 00 · [contact@bfe.admin.ch](mailto:contact@bfe.admin.ch) · [www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

# Inhaltsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Abkürzungsverzeichnis .....  | 6  |
| Zusammenfassung .....  | 7  |
| Résumé .....   | 8  |
| Riassunto.....   | 10 |
| 1 Einleitung .....   | 12 |
| 1.1 Ausgangslage .....   | 12 |
| 1.2 Zielsetzung.....   | 12 |
| 2 Repräsentative Gebäude .....   | 13 |
| 2.1 Untersuchte Parameter.....   | 14 |
| 2.2 Qualität der Daten .....   | 15 |
| 2.3 Bestimmung des Heizwärmebedarfs .....                              | 16 |
| 2.4 Bestimmung der Wärmebezugsfläche .....                             | 16 |
| 2.5 Verwendete Annahmen in Bezug auf die Isolation des Bestandes ..... | 17 |
| 2.6 Verifikation des Wärmebedarfs.....                                 | 17 |
| 2.7 Resultate .....  | 18 |
| 3 Gebäudekategorisierung.....  | 26 |
| 3.1 Kategorisierungsmöglichkeiten .....                                | 27 |
| 4 Ersatzvarianten EHZ.....   | 31 |
| 4.1 Gebäudesteckbrief.....   | 31 |
| 4.2 Klimazonen .....   | 32 |
| 4.3 Sanierungsvarianten .....  | 32 |
| 4.4 Resultate .....  | 36 |
| 4.5 Vergleich der jährlichen Kosten .....                              | 38 |
| 4.6 Kostenentwicklung .....  | 41 |
| 5 Marktanalyse.....  | 45 |
| 5.1 Verkaufszahlen .....   | 45 |
| 5.2 Angebot von Elektrospeicherheizungen .....                         | 46 |
| 5.3 Angebot von Infrartheizungen.....                                  | 47 |
| 5.4 Angebot in Bau- und Hobbymärkten.....                              | 49 |
| 5.5 Effizienz der angebotenen Produkte.....                            | 51 |
| 5.6 Wirtschaftliche Folgen für EHZ-Anbieter .....                      | 51 |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 5.7 | Fazit .....  | 52 |
| 6   | Schlussfolgerungen .....   | 53 |
| 7   | Literaturverzeichnis .....   | 55 |
| 8   | Anhang .....   | 56 |
| 8.1 | Vergleich elektr. Speicherheizung vs. direktelektrische Heizungen .....          | 56 |
| 8.2 | Heizleistungsbestimmung .....  | 57 |
| 8.3 | Anwesenheitsannahme .....  | 58 |
| 8.4 | Wirtschaftlichkeitsgrundlage .....   | 59 |
| 8.5 | Jährlicher CO <sub>2</sub> -Ausstoss .....                                       | 59 |
| 8.6 | Jährliche CO <sub>2</sub> -Einsparung .....                                      | 60 |
| 8.7 | Jährliche CO <sub>2</sub> -Einsparung gewichtet mit den Investitionskosten ..... | 61 |
| 8.8 | Resultate Dezentral (ohne Warmwasser) .....                                      | 62 |

## Abkürzungsverzeichnis

|       |  |
|-------|--|
| AP    | Arbeitspaket   |
| ARE   | Bundesamt für Raumentwicklung                                  |
| BFE   | Bundesamt für Energie  |
| DFH   | Dreifamilienhaus   |
| EFH   | Einfamilienhaus  |
| EHZ   | Ohmisch-elektrische Heizung (zentral wie auch dezentral)       |
| EWS   | Erdwärmesonde  |
| FAD1  | Gebäudekategorie: Ferien, Alpinregion, Dezentral mit WW        |
| FBD1  | Gebäudekategorie: Ferien, Bergregion, Dezentral mit WW         |
| FBD2  | Gebäudekategorie: Ferien, Bergregion, Dezentral ohne WW        |
| FBZ   | Gebäudekategorie: Ferien, Bergregion, Zentralheizung           |
| FMD1  | Gebäudekategorie: Ferien, Mittelland, Dezentral mit WW         |
| FMD2  | Gebäudekategorie: Ferien, Mittelland, Dezentral ohne WW        |
| FMZ   | Gebäudekategorie: Ferien, Mittelland, Zentralheizung           |
| WGBD1 | Gebäudekategorie: Wohnen, Gross, Bergregion, Dezentral mit WW  |
| WGBD2 | Gebäudekategorie: Wohnen, Gross, Bergregion, Dezentral ohne WW |
| WGBZ  | Gebäudekategorie: Wohnen, Gross, Bergregion, Zentralheizung    |
| WGMD1 | Gebäudekategorie: Wohnen, Gross, Mittelland, Dezentral mit WW  |
| WGMD2 | Gebäudekategorie: Wohnen, Gross, Mittelland, Dezentral ohne WW |
| WGMZ  | Gebäudekategorie: Wohnen, Gross, Mittelland, Zentralheizung    |
| WKAZ  | Gebäudekategorie: Wohnen, Klein, Alpinregion, Zentralheizung   |
| WKBD1 | Gebäudekategorie: Wohnen, Klein, Bergregion, Dezentral mit WW  |
| WKBD2 | Gebäudekategorie: Wohnen, Klein, Bergregion, Dezentral ohne WW |
| WKBZ  | Gebäudekategorie: Wohnen, Klein, Bergregion, Zentralheizung    |
| WKMD1 | Gebäudekategorie: Wohnen, Klein, Mittelland, Dezentral mit WW  |
| WKMD2 | Gebäudekategorie: Wohnen, Klein, Mittelland, Dezentral ohne WW |
| WKMZ  | Gebäudekategorie: Wohnen, Klein, Mittelland, Zentralheizung    |
| WP    | Wärmepumpe   |
| WW    | Warmwasser   |
| ZFH   | Zweifamilienhaus   |

## Zusammenfassung

Der jährliche Gesamtstromverbrauch verursacht durch Elektroheizungen (EHZ) wird auf rund 3 Terawattstunden (TWh) geschätzt. Dies entspricht 6.1 % des Schweizerischen Gesamtstromverbrauches [1]. Der Stromverbrauch fällt hauptsächlich in den Wintermonaten an, in welchen die Schweiz auf Stromimporte angewiesen ist. Eine konsequente Reduktion von Elektroheizungen kann dazu beitragen, dass diese Lücke zwischen Nachfrage und Produktion im Winterhalbjahr verkleinert werden kann. Ziel dieser Studie ist es, die Schweizerischen Gebäude mit EHZ zu charakterisieren und auf dieser Basis verschiedene Ersatzvarianten von Wärmeerzeuger und einer Wärmeverteilung zu prüfen. Als weiterer Schritt soll der Markt bezüglich Geräteabsatz von EHZ untersucht werden.

Aus den Daten des Eidgenössischen Gebäude- und Wohnungsregisters (GWR) ist ersichtlich, dass total 115'000 und 150'000 Wohnungen in der Schweiz mit Speicher-EHZ beheizt werden. Über 50 % der EHZ kommen in den Kantonen Tessin, Wallis, Waadt und Bern vor. Es sind grossmehrheitlich Ein- und Zweifamilienhäuser in welchen EHZ-Systeme zum Einsatz kommen. Sie machen rund 90 % aller elektrisch beheizten Gebäude in der Schweiz aus. Allerdings sind die Daten hier sehr lückenhaft. 45'000 der 115'000 Gebäude können bezüglich Grösse nicht zugeordnet werden. Bei den elektrisch beheizten Häusern kann je nach Datengrundlage ein Zweitwohnungsanteil von 17 % angenommen werden. Rund ein Fünftel der Häuser sind während der Heizperiode nur teilweise bewohnt, was auf die Ersatzvarianten der Wärmeerzeugung einen Einfluss haben wird.

Verschiedene Ersatzvarianten für Wärmeerzeuger wurden für die charakterisierten Gebäude betrachtet. Als Ersatzmöglichkeiten wurde der Anschluss an ein bestehendes Fernwärmenetz, ein Ersatz mit einer Pelletheizung, eine Aussenluft-Wärmepumpen, Erdsonden mit einer Wärmepumpe und der Einbau von Splitgeräten geprüft. Es zeigt sich, dass bei zentralen EHZ-System ein Anschluss an ein bestehendes Fernwärmenetz die beste Option in punkto Stromersparnisse darstellt. Regional bestehen grosse Unterschiede bezüglich Anschlusskosten und Wärmepreise, deshalb ist eine Aussage zu Anschlusskosten im Einzelfall zu prüfen. Ein Ersatz mit Pellets hat je nach Grösse des Gebäudes tiefere Investitionskosten, als eine Wärmepumpenlösung mit Sonde. Über 25 Betriebsjahre betrachtet sind Lösungen mit Erdwärmesonde oder Aussenluft Wärmepumpen kostenmässig aber bevorteilt.

Bei dezentralen EHZ-Systemen sind Varianten mit Splitgeräte mit Blick auf die Kosten sehr attraktiv. Sie weisen in Übergangszeiten einen höheren Wirkungsgrad als EHZ auf, sind aber bei kälteren Temperaturen sehr ineffizient und benötigen in diesen Zeiten sehr viel Strom. Weitere Ersatzvarianten für Wärmeerzeuger kommen einher mit der Installation einer Wärmeverteilung. Einbau von Wärmeverteilungen sind mit 300-350 CHF/m<sup>2</sup> verhältnismässig teuer und aufwendig, weshalb die absoluten Investitionskosten höher sind als bei zentralen Systemen.

Bei Zweitwohnungen, welche nur während wenigen Wochen im Jahr genutzt werden, lohnt es sich eine Heizungsfernsteuerung einzubauen. Die Rückzahldauer dieser Massnahme beträgt je nach Gebäudetyp weniger als drei Jahre und wird sehr empfohlen. In alpinen Regionen mit einer Auslegetemperatur von -18°C und einer Jahresdurchschnittstemperatur von 0°C fällt bei grösseren Gebäuden die Möglichkeit weg, eine Aussenluft Wärmepumpe zu installieren. Die Möglichkeit von Fernwärmeverbänden, welche in alpinen Regionen oft nicht vorhanden sind, und eine Lösung mit Erdsonde schneiden in diesen extremen Fällen am besten ab. Ebenfalls lohnt sich die Isolationen der Häuser als Effizienzmassnahme zur Senkung des Wärmeverbrauchs. Bei allen anderen untersuchten Gebäuden ist die Isolation bezogen auf die reinen Stromeinsparungen nicht zu rechtfertigen.

Bei einer heutigen Sanierung von Elektroheizungen, kann festgehalten werden, dass keines der eingesetzten Produkte von einer, in der Schweiz ansässigen Firma, produziert wird. Wie viele Speicher-EHZ jährlich ersetzt werden, kann nicht evaluiert werden. Gemäss dem Fachverband Elektroapparate für Haushalt und Gewerbe Schweiz (FEA) werden jährlich ca. 60'000 kleinere elektrische Heizgeräte über den Detailhandel verkauft [2]. Die Absatzzahlen sind seit 2017 rückläufig. Infrartheizungen sind bei der Marktanalyse vor allem aufgefallen. Diese Geräte sind oft mit Netzstecker einsetzbar, so kann eine Betriebsbewilligung umgangen werden. Wenn allerdings eine gesamte Wohnung so beheizt werden soll, dürfte die vorhandene Elektroinstallation häufig bezüglich Anschlussleistung (Sicherungsgruppen) überfordert sein. Somit werden diese Anwendungen wohl in den meisten Fällen zur Beheizung eines Nebenraumes oder im Bad- und Nasszellenbereich eingesetzt.

Es zeigt sich, dass nicht nur eine Massnahme benötigt wird, um den Ersatz von Speicher-EHZ zu beschleunigen. Massnahmen sollen regional differenziert werden um den Aspekten der verschiedenen Klimazonen gerecht zu werden. Um einen vorzeitigen Ersatz zu fördern, können die bisherigen Fördermittel erhöht und harmonisiert werden. Aus Sicht der Autoren ist neben dem Ersatz des Wärmeerzeugers auch der Einbau von Wärmeverteilungen verstärkt zu fördern. Im Zuge der Auswertung der verschiedenen Ersatzvarianten zeigt sich, dass jedes Gebäude individuell betrachtet werden muss. Impulsberatungen von Gebäudespezialisten sind daher zu begrüssen.

## Résumé

La consommation globale annuelle d'électricité due aux chauffages électriques (CE) est estimée à 3 TWh. Cela correspond à 6.1 % de la consommation globale d'électricité en Suisse [1]. Cette consommation d'électricité concerne essentiellement les mois d'hiver durant lesquels la Suisse est tributaire d'électricité importée. Une réduction systématique du nombre de chauffages électriques peut contribuer à réduire cette lacune qui existe entre la demande et la production d'électricité pendant le semestre d'hiver. L'objectif de la présente étude est de caractériser les immeubles suisses équipés de CE et d'analyser sur cette base différentes variantes de remplacement pour la production et la diffusion de chaleur. Une prochaine étape consistera à analyser le marché en ce qui concerne les ventes d'appareils de CE.

La consultation des données du Registre fédéral des Bâtiments et des Logements (RegBL) permet de constater qu'un total de 115'000 à 150'000 appartements en Suisse sont chauffés au moyen de CE à accumulation. Plus de 50 % des CE se trouvent dans les cantons du Tessin, Valais, Vaud et Berne. Les systèmes à base de CE se trouvent généralement dans les bâtiments comportant un ou deux logements. Ces derniers représentent environ 90 % de tous les bâtiments chauffés à l'électricité en Suisse. Cependant, les données y relatives sont très lacunaires. Pour 45'000 des 115'000 bâtiments, il n'est pas possible de les classer quant à leur taille. En ce qui concerne les bâtiments chauffés à l'électricité, il est possible d'évaluer la part des résidences secondaires à un chiffre situé 17 %, en fonction des données disponibles. Pendant la saison de chauffage, environ un cinquième des bâtiments n'est que partiellement habité, ce qui a une influence sur les variantes de remplacement de la production de chaleur.

Pour les immeubles pris en compte, différentes variantes de remplacement de la production de chaleur ont été évaluées. Les possibilités de remplacement sont les suivantes : raccordement à un réseau existant de chauffage à distance, remplacement au moyen d'une chaudière à pellets, d'une pompe à chaleur à air extérieur, d'une pompe à chaleur avec sonde géothermique et de l'installation d'appareils split. Il apparaît que pour les systèmes de CE centraux, un raccordement à un réseau existant de chauffage à distance constitue la meilleure option du point de vue des économies d'électricité. Au niveau régional, il subsiste de grandes différences en ce qui concerne les frais de raccordement et le prix de la chaleur, raison pour laquelle on ne peut se prononcer en matière de frais de raccordement qu'en fonction de chaque cas particulier. En fonction de la taille de l'immeuble, un remplacement au moyen d'un chauffage à pellets entraînerait des frais d'investissement plus bas que ce n'est le cas d'une solution prévoyant une pompe à chaleur avec sonde géothermique. Considérées sur une période d'exploitation de 20 ans, les solutions prévoyant une pompe à chaleur avec sonde géothermique ou à air extérieur seront toutefois plus avantageuses au niveau des coûts.

Pour les systèmes de CE décentralisés, les variantes relatives aux appareils split sont très attrayantes au niveau des coûts. Dans l'entre-saison, elles se distinguent par un degré d'efficacité plus élevé que ce n'est le cas des CE. Lorsque les températures sont très basses, elles sont toutefois très inefficaces et nécessitent beaucoup d'électricité. D'autres variantes de remplacement pour la production de chaleur exigent l'installation d'un système de diffusion de chaleur. Avec un prix de 300-350 CHF/m<sup>2</sup>, l'installation de systèmes de diffusion de chaleur est très coûteuse et complexe, raison pour laquelle les coûts d'investissement absolus sont plus élevés que ce n'est le cas avec les systèmes centralisés.

Pour les résidences secondaires qui ne sont utilisées que pendant quelques semaines par année, il vaut la peine d'installer une télécommande de chauffage. La durée d'amortissement de cette mesure dépend du type d'immeuble et représente moins de trois ans, raison pour laquelle cette télécommande est vivement recommandée. Dans les régions alpines avec une température admise de -18°C et une température annuelle moyenne de 0°C, il n'est pas possible d'installer une pompe à chaleur à air extérieur pour des immeubles de plus grande taille. Dans de tels cas extrêmes, la possibilité de raccordement à des réseaux de chauffage à distance et la pompe à chaleur à sonde géothermique constituent les deux meilleures solutions. Il vaut également la peine d'optimiser l'isolation des bâtiments de manière à accroître l'efficacité énergétique et à réduire les besoins de production de chaleur. Pour tous les autres bâtiments analysés, le coût d'une meilleure isolation ne peut se justifier par les pures économies de courant que cette dernière permettrait de réaliser.

En ce qui concerne un assainissement actuel des chauffages électriques, on peut retenir qu'aucun des dispositifs utilisés n'est produit par une entreprise domiciliée en Suisse. Il n'est pas possible d'évaluer le nombre de chauffages électriques à accumulateur qui sont remplacés chaque année. Selon l'Association professionnelle des appareils électriques pour les ménages et l'industrie suisses (FEA), environ 60'000 appareils de chauffage de petite taille sont vendus chaque année par le commerce de détail. Depuis 2017, ces ventes diminuent [2]. Dans le cadre de l'analyse de marché, ce sont avant tout les chauffages à infrarouge qui ont attiré l'attention. Ces appareils s'utilisent souvent avec des prises de réseau, ce qui permet de contourner l'obligation d'obtenir une autorisation d'exploitation. Cependant, s'il s'agit de chauffer tout un logement de cette manière, il est probable que cela risquera de surcharger l'installation électrique existante en ce qui concerne la puissance de raccordement (groupes de fusibles). Par conséquent, ces types de dispositifs sont sans doute utilisés dans la plupart des cas pour chauffer un local annexe, une salle de bains ou une autre pièce sanitaire.

Il apparaît qu'une seule mesure ne suffit pas à accélérer le remplacement des chauffages électriques à accumulation existants. Il convient de prendre des mesures différentes en fonction des régions afin de tenir compte des particularités propres aux diverses zones climatiques. Afin d'encourager les propriétaires à avancer le remplacement de leur ancien chauffage dans le temps, il serait possible d'augmenter et d'harmoniser les versements incitatifs existants. De l'avis des auteurs, il conviendrait non seulement d'encourager le remplacement du générateur de chaleur mais également de manière plus appuyée l'installation de systèmes de distribution de la chaleur. L'analyse des différentes variantes de remplacement fait apparaître qu'il faut prendre en compte chaque immeuble individuellement. Des entretiens de conseil incitatifs menés par des spécialistes de la construction seraient dès lors à saluer.

## Riassunto

Il consumo annuo totale di energia elettrica causato dai riscaldamenti elettrici (RE) è stimato a 3 TWh. Cifra che corrisponde al 6.1 % di consumo totale di energia elettrica svizzera [3]. Il consumo di energia elettrica si verifica principalmente nei mesi invernali, nei quali la Svizzera dipende da importazioni di energia elettrica. Una riduzione costante di riscaldamenti elettrici può contribuire a riuscire a ridurre questa lacuna tra la richiesta e la produzione nel semestre invernale. L'obiettivo di questo studio è di caratterizzare gli edifici svizzeri provvisti di RE e su questa base esaminare diverse varianti sostitutive dei produttori di calore e della distribuzione del calore. Come ulteriore passo si deve studiare il mercato riguardo allo smercio di apparecchi di RE.

Dai dati del Registro federale degli edifici e delle abitazioni (REA) emerge che in Svizzera gli edifici riscaldati con accumulatori RE sono complessivamente 115'000 da 150'000. Oltre il 50 % dei RE si trovano nei cantoni Ticino, Vallese, Vaud e Berna. I sistemi RE sono impiegati in larga maggioranza in case mono e bifamiliari. Esse costituiscono circa il 90 % di tutti gli edifici riscaldati elettricamente in Svizzera. Tuttavia qui i dati sono molto lacunosi. 45'000 dei 115'000 edifici non possono essere attribuiti per quanto concerne la grandezza. Nel caso delle case riscaldate elettricamente si può assumere, a seconda della base dei dati, una quota di secondi appartamenti al 17%. Circa un quinto delle case sono abitate soltanto parzialmente durante il periodo di riscaldamento, cosa che influirà sulle varianti sostitutive della produzione di calore.

Per gli edifici caratterizzati sono state esaminate diverse varianti sostitutive. Come possibilità di sostituzione è stato esaminato l'allaccio a una rete di teleriscaldamento esistente, una sostituzione con riscaldamento a pellet, pompe di calore ad aria, pompe di calore geotermiche con sonde verticali e l'installazione di condizionatori a split. Risulta che nel caso di sistemi RE centrali un allaccio a una rete di teleriscaldamento esistente risulta essere l'opzione migliore in termini di risparmi di energia elettrica. A livello regionale esistono grandi differenze riguardo alle spese di allacciamento e ai prezzi del calore, per cui si deve verificare nel singolo caso un'affermazione riguardo ai costi di allacciamento. A seconda della grandezza dell'edificio, una sostituzione con pellet ha costi di investimento più bassi rispetto a una soluzione con pompa di calore con sonda. Considerando 20 anni di esercizio, le soluzioni con sonda o pompe di calore ad aria sono però avvantaggiate in termini di costo.

Nel caso di sistemi di RE decentralizzati le varianti con condizionatori a split sono molto attraenti in termini di costi. Nei periodi transitori il loro rendimento risulta essere maggiore rispetto al RE, ma con le temperature più fredde sono molto inefficienti e necessitano in questi periodi di molta energia elettrica.

Altre varianti sostitutive per i produttori di calore vanno di pari passo con l'installazione di una distribuzione di calore. Con un costo di 300-350 CHF/m<sup>2</sup> l'installazione di distribuzioni di calore è molto costosa e oneroso, per cui i costi di investimento assoluti sono maggiori rispetto ai sistemi centralizzati.

Per i secondi appartamenti, utilizzati soltanto per poche settimane l'anno, vale la pena installare un telecomando per il riscaldamento. L'ammortamento di questa misura ammonta, a seconda del tipo di dispositivo, a meno di tre anni ed è molto consigliata. Per gli edifici più grandi, nelle regioni alpine con una temperatura esterna di -18°C e una temperatura media annua di 0°C viene a mancare la possibilità di installare una pompa di calore ad aria. In questi casi estremi i risultati migliori si ottengono con la possibilità di associazioni di teleriscaldamento e una soluzione con pompe di calore geotermiche con sonde verticali. Vale anche la pena l'isolamento degli edifici come misura di efficienza in termini di riduzione del consumo di calore. In tutti gli altri edifici esaminati, l'isolamento riferito ai puri risparmi di energia elettrica non è giustificabile.

Nel caso di un risanamento odierno di riscaldamenti elettrici si può affermare che nessuno dei prodotti impiegati viene prodotto da una ditta domiciliata in Svizzera. Non è possibile stabilire quanti RE ad accumulo sono sostituiti ogni anno. Secondo il Fachverband Elektroapparate für Haushalt und Gewerbe Schweiz (FEA) ogni anno tramite il commercio al dettaglio si vendono ca. 60'000 piccoli dispositivi di riscaldamento elettrici. Le cifre relative alla vendita sono in diminuzione dal 2017. Durante l'analisi di mercato a farsi notare sono stati soprattutto i dispositivi di riscaldamento a raggi infrarossi. Questi dispositivi sono spesso utilizzabili tramite la presa di corrente, riuscendo così ad aggirare un permesso di esercizio. Se tuttavia a questo modo deve essere riscaldato un intero appartamento, l'installazione elettrica esistente potrebbe essere sovraccaricata in termini di prestazione di allaccio (gruppi di fusibili). Di conseguenza questi dispositivi sono impiegati nella maggior parte dei casi per il riscaldamento di un locale secondario o nell'ambito del bagno o dei servizi igienici.

Risulta che soltanto una misura non è sufficiente per accelerare la sostituzione di riscaldatori elettrici ad accumulo. Le misure devono essere differenziate a livello regionale, per soddisfare gli aspetti delle varie zone climatiche. Per incentivare una sostituzione prematura, si possono aumentare e armonizzare gli incentivi offerti finora. Dal punto di vista degli autori, oltre alla sostituzione del generatore di calore deve essere ulteriormente incentivata anche l'installazione di distribuzioni di calore. Durante la valutazione delle diverse varianti di sostituzione risulta che ogni edificio deve essere considerato individualmente. Le consultazioni d'impulso da parte di specialisti dell'edilizia sono quindi benvenute.

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangslage

Im Jahre 2009 wurde eine grössere Studie hinsichtlich Elektroheizungen [3] in der Schweiz abgeschlossen. In dieser Aufnahme wurde auf Basis von bisherigen Untersuchungen, Datenbanken sowie zwei Befragungen ein damaliges Bild bezüglich der Elektroheizungen in der Schweiz aufgezeigt. Laut den Verbrauchszahlen 2019 machen Elektroheizungen 6.1 % des Schweizerischen Stromverbrauches aus [1].

Der Strombedarf von Elektroheizungen fällt vermehrt im Winterhalbjahr an. Damit fällt der Verbrauch mehrheitlich in die Monate, in welcher die Schweiz zur Nettoimporteurin von Strom wird. Neben dem Ausbau von erneuerbaren Energien ist eine effizientere Nutzung des Stromes anzustreben. Ein Ansatzpunkt ist der Ersatz von bestehenden Elektroheizungen auf effizientere Systeme. Als Folgeprojekt der Studie «Elektroheizungen» [3] wird die vorliegende Arbeit vorgeschlagen, die sich mit alternativen Wärmeerzeugungssysteme für Elektroheizungen (EHZ) auseinandersetzt.

## 1.2 Zielsetzung

Dieses Projekt hat zum Ziel, die Auswirkungen von Förder- und Verbotsmaßnahmen für EHZ an repräsentativen Gebäude des Schweizer Gebäudebestandes zu modellieren und anschließend zu analysieren. Folgende Schritte dienen dieser Analyse:

1. Die Identifizierung von repräsentativen Gebäuden, welche im Schweizer Gebäudebestand mit EHZ ausgerüstet sind, vorzunehmen.
2. Eine systematische technisch-ökonomische Analyse zur Prüfung von Ersatzvarianten der unter 1 identifizierten Gebäude.
3. Eine erste Auswertung des Schweizer Marktes für die verschiedenen Arten von EHZ in Bezug auf den Jahresabsatz um allfällige Auswirkungen eines Verbotes zu quantifizieren.

## 2 Repräsentative Gebäude

Im folgenden Kapitel werden die repräsentativen Gebäude in der Schweiz mit EHZ identifiziert. Diese Identifizierung kann in erster Linie auf den vorhandenen Attributen und Klassifizierungen des Eidgenössischen Gebäude- und Wohnungsregisters (GWR) basieren, wie z. B. der Bauperiode, der Wohnungsfläche bzw. Gebäudefläche und der geografischen Lage. Abschließend werden die Ergebnisse mit den, vom BFE veröffentlichten, Analysen des Energieverbrauchs des nationalen Gebäudebestands verglichen.

Es ist wichtig zu beachten, dass sich die Studie auf elektrische Systeme konzentriert, welche für die Raumheizung oder für Raumheizung und Warmwasseraufbereitung (gemischte Systeme) verwendet werden. Elektroboiler, die nur für die Warmwasserversorgung verwendet werden, werden nicht berücksichtigt.

Zusätzlich wird eine Unterscheidung zwischen Hauptwohnsitz und Zweit- oder Ferienwohnungen in die Identifizierung repräsentativer Gebäude einbezogen.

Das vorliegende Kapitel beantwortet die folgenden Forschungsfragen:

1. Was sind die technischen und physikalischen Merkmale (z.B. Bauperiode oder Kategorie) eines Gebäudes mit EHZ?
2. Wie ist die Einstufung der Gebäude aus Frage 1 im GWR?
3. Wie verhält sich die Schätzung der repräsentativen Gebäude im Kontext bisheriger BFE-Studien (z.B. jährliche Ex-Post-Analysen)?

Spezifischere Fälle, wie ein Anbau, welcher mit einer EHZ beheizt wird, erfordern jedoch eine zusätzliche Datenbasis oder Annahme. Mittels einer Sensitivitäts-Analyse wurde diese Datengrundlage geschaffen (siehe Kap. 2.7.8).

## 2.1 Untersuchte Parameter

Für die vorliegende Auswertung wurden folgende Parameter aus dem GWR verwendet.

Tabelle 1: Verwendete Parameter aus dem GWR, 2019

| Parameter                            | Kürzel   | Verwendung  |
|--------------------------------------|----------|---|
| E-Gebäudekoordinate                  | GKODE    | Erstellen der Schweizerkarten.  |
| N-Gebäudekoordinate                  | GKODN    | Erstellen der Schweizerkarten.  |
| Gebäudekategorie                     | GKLAS    | Unterteilung in Wohngebäude und andere Gebäuden.  |
| Bauperiode                           | GBAUP    | Für die Ermittlung des Isolationswertes wurde die Bauperiode herangezogen, da das Baujahr bei über 60 % der Gebäude nicht bekannt ist.                |
| Wohnungsfläche                       | WAREA    | Bestimmung der Energiebezugsfläche.   |
| Gebäudefläche                        | GAREA    | Verwendet für die Bestimmung der Energiebezugsfläche, sofern die Wohnfläche nicht bekannt ist.<br>Gebäudefläche ist identisch zur Gebäudegrundfläche. |
| Anzahl Geschosse                     | GASTW    | Bestimmung der Energiebezugsfläche zusammen mit der Gebäudefläche.  |
| Wärmeerzeugung Heizung               | GWAERZH1 | Kategorisierung des Heizungstyps.   |
| Wärmeerzeugung Warmwasser            | GWAERZW1 | Zur Bestimmung verwendet, bei welchen Gebäuden das WW ebenfalls elektrisch erzeugt wird.  |
| Nutzungsart der Wohnung              | WNART    | Bestimmung, ob Erst- oder Zweitwohnung. Bei gemischter Nutzung in einem Gebäude zählt der grösste Anteil.   |
| Eidgenössischer Gebäudeidentifikator | EGID     | Zuordnung vom Wohnungsregister zum Gebäuderegister.   |
| Gemeindename                         | GDENAME  | Bestimmung der Höhe Meter über Meer (m ü. M) für den Spezialfall Kanton Tessin.   |

## 2.2 Qualität der Daten

Zunächst muss gesagt werden, dass das Gebäude- und Wohnungsregister ein sehr guter Startpunkt für die Untersuchung bietet, hingegen sind oft grosse Datenlücken anzutreffen. Somit war es unumgänglich gewisse Annahmen zu treffen bzw. andere Quellen herbeizuziehen. Um einige Beispiele zu nennen:

- Generell ist die Heizungsart nicht differenziert erfasst: Ein Unterschied von zentralen und dezentralen Speicherheizungen ist nicht möglich
- Das Baujahr ist über die gesamte Schweiz nur im beschränkten Umfang bekannt
- Im Kanton Wallis sind keine Informationen über die Wohnungsfläche (WAREA) im GWR hinterlegt
- Im Kanton Bern sind nur teilweise Informationen über die Wohnungsfläche im GWR hinterlegt

Als Beispiel der unvollständigen Datenlage sind in Abbildung 1 die Gebäude mit Elektroheizungen aufgezeigt. Bei allen Datenpunkten in grün ist die Wohnungsfläche nicht bekannt.

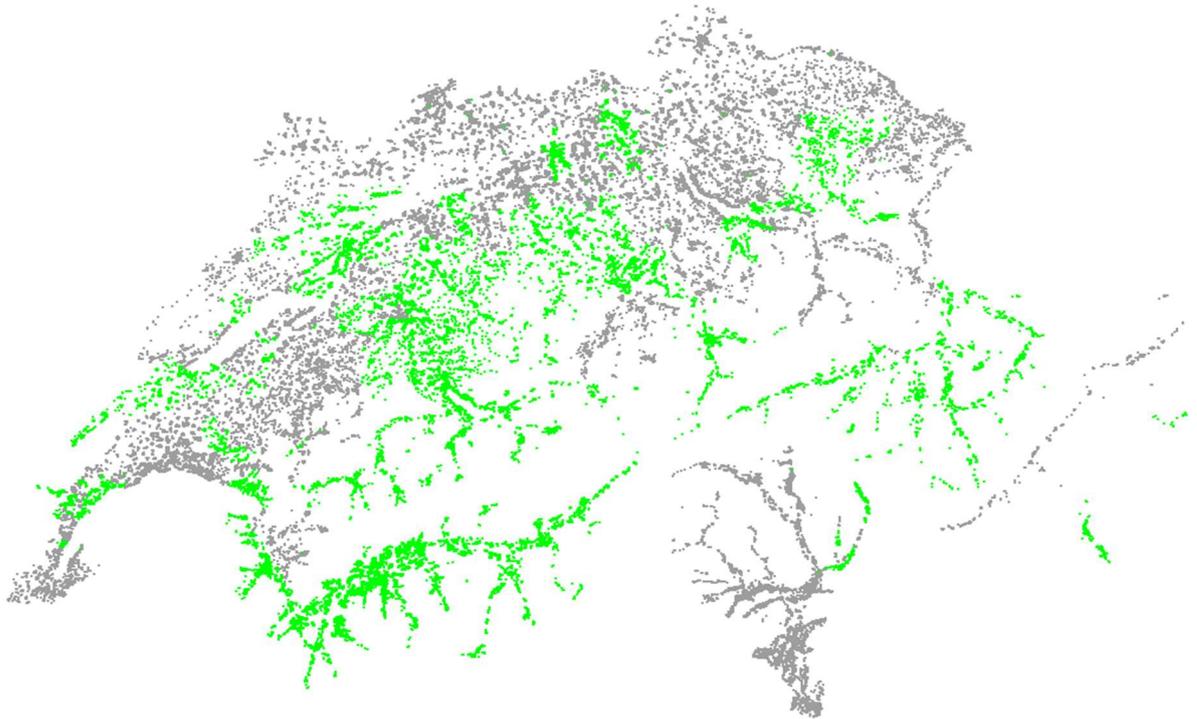


Abbildung 1: Wohnungen und Haushalte mit Elektroheizungen: mit Wohnungsflächenangabe grau, ohne Angabe grün

## 2.3 Bestimmung des Heizwärmebedarfs

Der Heizwärmebedarf wird typischerweise mittels dem jährlichen Energiebedarf pro Fläche der Wohneinheit bestimmt. Diese wird auch in diesem Bericht als Grundlage herangezogen. Die Abschätzung erfolgt mit folgender Formel:

$$Q \approx A_{WBF} \dot{q}_{WF}(U)$$

wobei  $Q$  der benötigte Energieverbrauch ist,  $A_{WBF}$  die Wärmebezugsfläche und  $\dot{q}_{WF}(U)$  der gemittelte Energiebedarf pro Fläche, wobei dieser vom  $U$  - Wert (Isolationswert) abhängig ist. Da es sich hier lediglich, um eine Kategorisierung handelt ist, sind weiterführende Untersuchungen (Gebäudeform, Verhältnis zwischen Wärmebezugs- und Gebäudehüllenfläche, usw.) vernachlässigt.

## 2.4 Bestimmung der Wärmebezugsfläche

Bei der Bestimmung des Wärmebedarfs ist die Wärmebezugsfläche ein wichtiger Parameter. Hierfür kann auf verschiedene Quellen im GWR zurück gegriffen werden (siehe Tabelle 2):

Tabelle 2: Parameter zur Bestimmung der Wärmebezugsfläche

| Bezeichnung            | Anzahl Einträge für EHZ | Prozentualer Anteil |
|------------------------|-------------------------|---------------------|
| Anzahl Gebäude mit EHZ | 116'989                 | 100%                |
| Wohnungsfläche         | 63'080                  | 39.6 %              |
| Gebäudefläche          | 110'497                 | 94.4%               |
| Anzahl Stockwerke      | 116'981                 | 99.99%              |
| Wärmebezugsfläche      | 312                     | 0.2%                |

Die Wärmebezugsfläche ist als Grösse im GWR oft nicht vorhanden. Wenn dies der Falls ist, wird auf die Wohnfläche referenziert. Diese ist in den meisten Kantonen sehr gut abgebildet (mit Ausnahme vom Kanton Wallis, Teile von Bern und in der Romandie). Für nicht enthaltene Flächen wurden die Daten in drei Schritten angenähert:

1. Aufbereitung Wohnfläche: Die Wohnfläche wird für die EGID im Wohnregister aufsummiert und in das Gebäuderegister übertragen.
2. Berechnung Gebäudefläche: Für alle nicht bekannten Gebäude wird die Gebäudefläche multipliziert mit der Anzahl Stockwerke als Wohnfläche verwendet. Hierbei wird angenommen, dass sich Gebäude nicht nach oben verzüngen.
3. Mittlere Wohnungsfläche: Für den verbleibenden Teil der Gebäude wird die mittlere Wohnungsfläche (Median: 120 m<sup>2</sup>) zugeordnet.

## 2.5 Verwendete Annahmen in Bezug auf die Isolation des Bestandes

Wie schon im Schlussbericht zu Solardach.ch [3] festgestellt wurde, ist die Qualität bezüglich des Baujahres im GWR lückenhaft. Daher wird auf die Bauperiode zurückgegriffen. Des Weiteren werden für die Verschiedenen Bauperioden die folgenden spezifischen Energiebedarfswerte aus [3] angenommen.

Tabelle 3: Energiebedarf nach Bauperiode

| Bauperiode    | Spezifischer Energiebedarf Heizung- und Warmwasser | Spezifischer Energiebedarf Brauchwassererwärmung (Mittelwert aus EFH und MFH) | Spezifischer Energiebedarf Heizung |
|---------------|--|---|------------------------------------|
| Vor 1919      | 130 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr                       | 28 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr   | 102 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr       |
| 1919 bis 1945 | 161 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr                       | 28 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr   | 133 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr       |
| 1946 bis 1960 | 161 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr                       | 28 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr   | 133 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr       |
| 1961 bis 1970 | 159 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr                       | 28 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr   | 131 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr       |
| 1971 bis 1980 | 159 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr                       | 28 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr   | 131 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr       |
| 1981 bis 1985 | 120 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr                       | 28 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr   | 92 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr        |
| 1986 bis 1990 | 120 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr                       | 28 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr   | 92 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr        |
| 1991 bis 1995 | 88 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr                        | 28 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr   | 60 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr        |
| 1996 bis 2000 | 88 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr                        | 28 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr   | 60 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr        |
| 2001 bis 2005 | 76 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr                        | 28 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr   | 48 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr        |
| 2006 bis 2010 | 76 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr                        | 28 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr   | 48 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr        |
| 2011 bis 2015 | 28 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr                        | 28 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr   | 38 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr        |

## 2.6 Verifikation des Wärmebedarfs

Zur Verifikation des Gesamt-Energiebedarfs der EHZ wurde die Studie «Expost» [1] herbeigezogen. Hierbei wurde der jährliche elektrische Energiebedarf für die EHZ miteinander verglichen (Tabelle 4).

Tabelle 4: Verifikation mit der Expost-Analyse [1]

| Energiebedarf EHZ, Expost-Analyse (2019) | Energiebedarf EHZ, Bee-Ate (2022) |
|--|-----------------------------------|
| 9.1 PJ entspricht 2.53 TWh               | 9.16 PJ entspricht 2.54 TWh       |

9.1 PJ sind 4.4 % am schweizerischen Gesamtenergieverbrauch (205.9 PJ, 2019). Die Abweichung der beiden Werte ist sehr gering. Grössere Fehler in den Annahmen der Gebäudeauswahl können somit ausgeschlossen werden.

## 2.7 Resultate

Dieses Kapitel zeigt die Resultate der statistischen Auswertung des GWR in Kombination mit dem ARE-Register auf.

### 2.7.1 Anzahl elektrisch beheizte Gebäude

Die GWR Daten zeigen auf, dass total 115'000 Gebäude in der Schweiz mit Speicher-EHZ beheizt werden.

Zunächst ist ersichtlich, dass es in den Kantonen Tessin, Wallis, Waadt und Bern die meisten elektrisch beheizten Gebäude gibt.

Bezüglich der Unterteilung zwischen Erst- (Wohnen) und Zweitwohnungen (Ferien) zeigt sich, dass rund 10 % der Gebäude mit EHZ gemäss GWR als Zweitwohnung genutzt werden. Dieser Wert ist vermutlich etwas unterschätzt (siehe ARE-Daten: 17 %), da für die Kantone Wallis und Graubünden, beide mit einem hohen Anteil an Zweitwohnungen, nur wenig Angaben über die Nutzung der Gebäude im GWR hinterlegt sind.

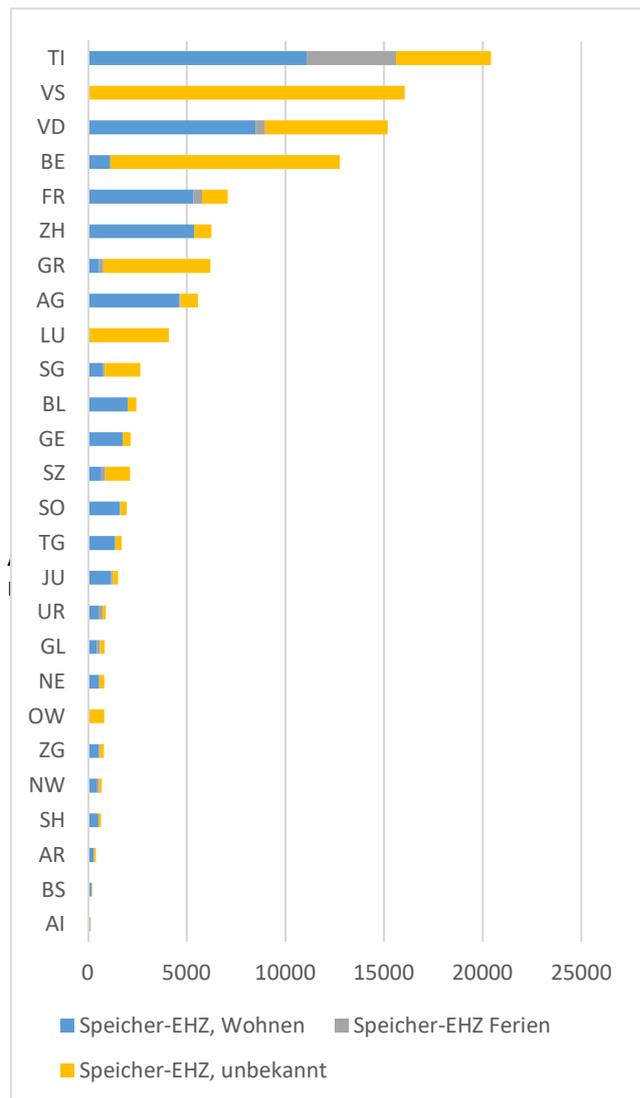


Abbildung 2: Anzahl EHZ pro Kanton

### 2.7.2 Relativer Anteil an elektrisch beheizten Gebäude

Folgend ist der kantonale, relative Bestand an elektrisch beheizten Gebäuden mit identischer Kategorisierung dargestellt.

Es zeigt sich, dass sich vor allem in Bergregionen sowie in der Romandie Elektroheizungen grosser Beliebtheit erfahren. Gründe hierfür könnte sein, dass in Bergregionen in der Regel kein Gasnetz vorhanden ist und es in den Bergregionen einen höheren Zweitwohnungsanteil gibt.

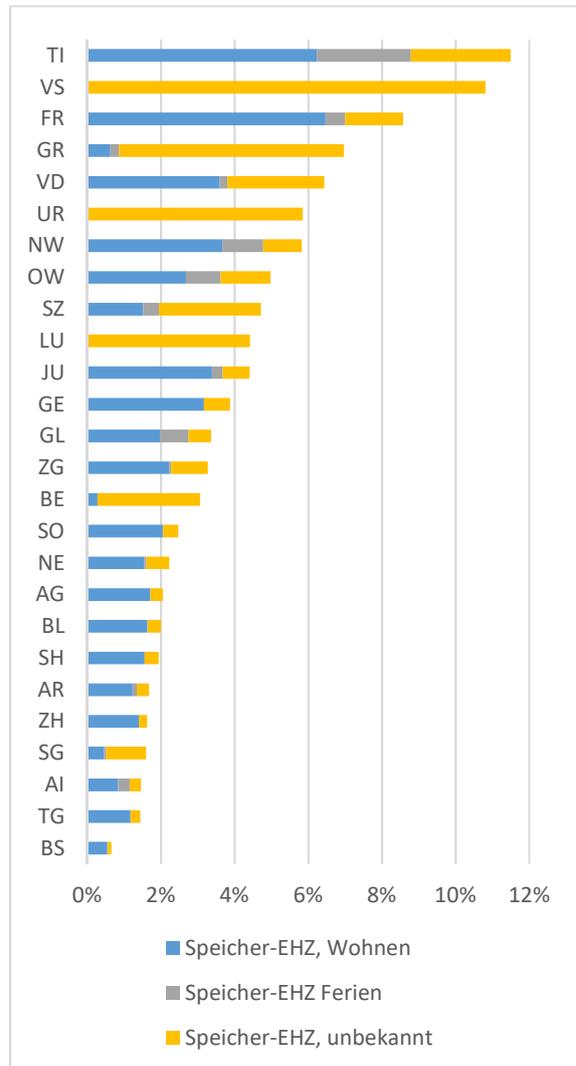


Abbildung 3: Relativer Anteil von EHZ nach Kantone

### 2.7.3 Abgleich mit ARE-Inventar

Im den folgenden Abbildungen 4 und 5 ist das ARE-Inventar nach Kantonen aufgeschlüsselt dargestellt. Bei dieser Datenbank sind alle Wohnungen in der Schweiz – unabhängig von der Heizart – nach der Nutzung Erst- oder Zweitwohnung aufgeteilt. Betrachtet man den Anteil elektrisch beheizten Wohnungen, welche auch einen Nutzungseintrag aufweisen, ist dies ein Anteil von 13.6 %. Das ARE-Inventar kommt hingegen auf einen schweizweiten Mittelwert von 17 %. Somit kann gesagt werden, dass die Grössenordnung in etwa stimmt und dass der GWR den Anteil von Zweit- / Feriengebäuden unterschätzt.

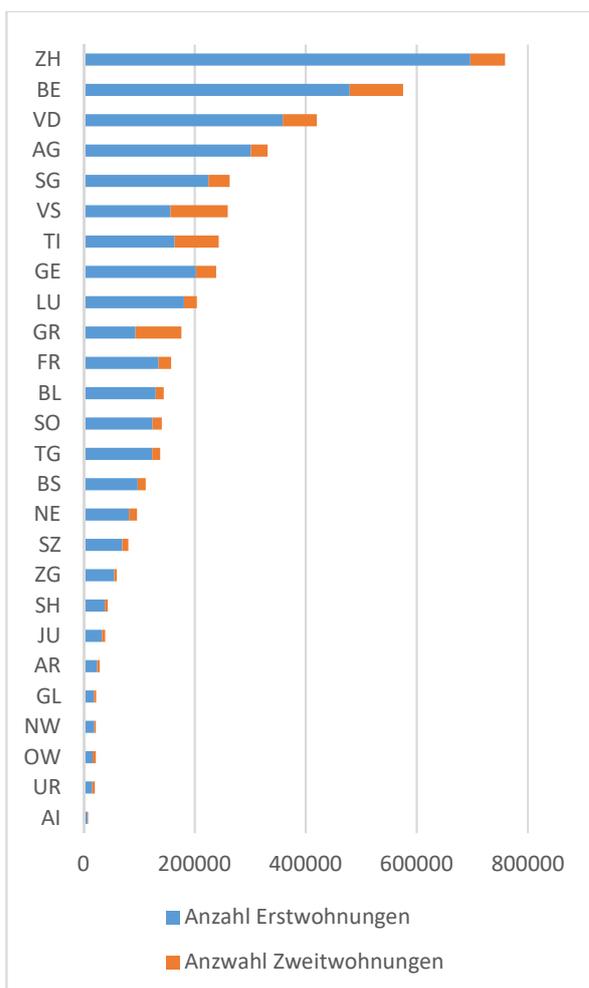


Abbildung 4: Anzahl an Erst- und Zweitwohnungen nach Kantonen

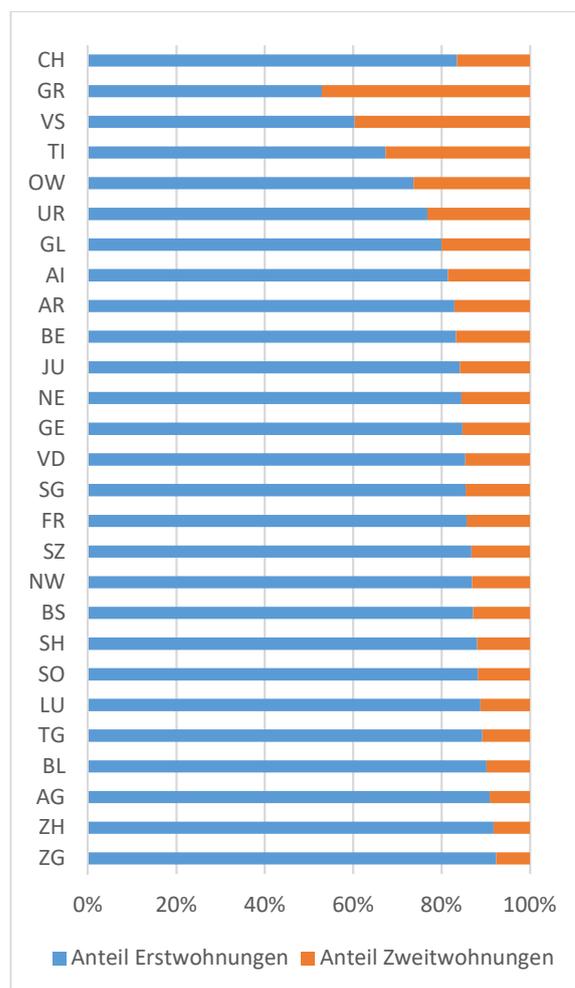


Abbildung 5: Anteil an Erst- und Zweitwohnungen nach Kantonen

### 2.7.4 Anzahl Wohnungen in elektrisch beheizten Gebäuden

Betrachtet man die Art der Gebäude (siehe Abbildung 6) fällt auf, dass vor allem bei Ein- und Zweifamilienhäuser EHZ-Systeme zum Einsatz kommen. Sie machen rund 90 % aller elektrisch beheizten Gebäude in der Schweiz aus.

Hingegen zeigt sich hier, dass ein grosser Teil ca. 45'000 von rund 117'000 Gebäude die Anzahl Wohnungen nicht zugeordnet werden können. Hier wird angenommen, dass die übrigen Gebäude dieselbe Verteilung aufweisen. Somit muss die Aussage getroffen werden, dass der Fokus bei der Kategorisierung auf Ein- und Zweifamilienhäuser gelegt werden kann.

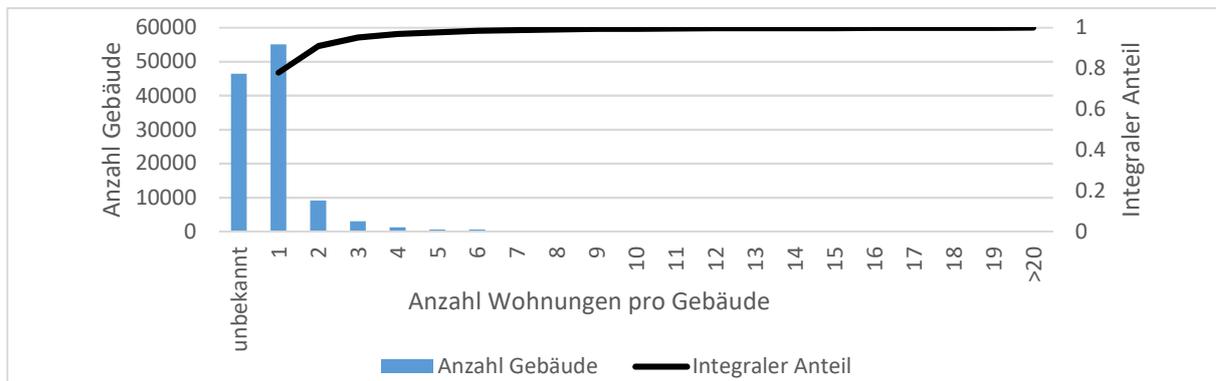


Abbildung 6: Anzahl Wohnungen in elektrisch beheizten Gebäuden

### 2.7.5 Verteilung Heizenergiebedarf

Generell lässt sich bereits aufzeigen, dass elektrisch beheizte Gebäude, verglichen mit heutigen Standards, einen hohen Energieverbrauch aufweisen. Dies liegt in erster Linie daran, dass der grosse Trend Elektroheizungen zu verbauen in die Zeit fiel, in welcher auch die Isolationsanforderungen und der Baustandard niedriger war [2].

Die Streuung des Energiebedarfs ist sehr gross, so kann zum Beispiel aufgezeigt werden, dass es mehr Einfamilienhäuser mit einem Energiebedarf mit 37'500 bis 42'500 kWh / a gibt als Dreifamilienhäuser mit dem gleichen Verbrauch.

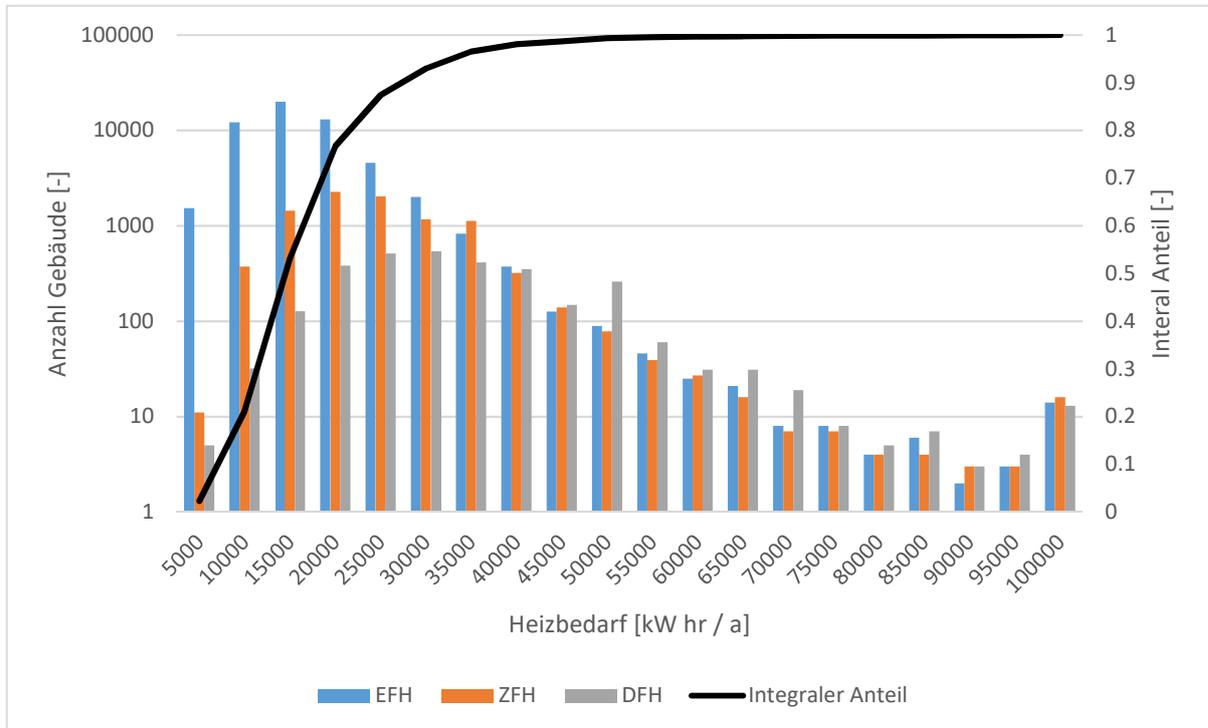


Abbildung 7: Verteilung des Energiebedarfs von elektrisch beheizten Gebäuden

In der folgenden Tabelle sind der Median sowie der Mittelwert des Energieverbrauchs dargestellt. Es zeigt sich, dass das typische elektrisch beheizte Gebäude einen Energieverbrauch von 15'982 kWh/a besitzt. Dieser Wert ist zugleich auch der Medianwert (50%) aller Gebäude und somit ein guter Startwert für die Kategorisierung. Als ein zweiter Energieverbrauch wird bei Gebäude mit einem Energieverbrauch bis 33'000 kWh angesetzt (Abdeckung von > 90%).

Tabelle 5: Median und Mittelwert nach Gebäudeart

| Kategorie                  | Einheit | Einfamilienhaus | Zweifamilienhaus | Dreifamilienhaus | Total  |
|----------------------------|---------|-----------------|------------------|------------------|--------|
| Energiebedarf (Median)     | kWh/a   | 13'260          | 21'160           | 28'595           | 15'982 |
| Energiebedarf (Mittelwert) | kWh/a   | 14'392          | 22'682           | 31'291           | 20'622 |

### 2.7.6 Aufteilung Berg- und Mittelland-Region

Um eine Abschätzung über die Anzahl elektrisch beheizter Gebäude in der Bergregion zu machen wurden die Bergkantone Wallis, Graubünden, Uri, Glarus sowie Tessin betrachtet. Da hingegen das Tessin neben Bergklima auch mediterranes Klima aufweist, wurden hier tief- und hochgelegene Gebiete unterschieden. Hierzu wurde jeder Gemeinde und somit jedem Gebäude eine Höhe über Meer zugewiesen.

Die folgende Grafik zeigt das Histogramm mit den Anzahl Gebäude über die Höhe über Meer für das Tessin. 73 % des Bestandes liegen auf einer Höhe von 200 bis 250 m ü. M. Die Abgrenzung zwischen Bergregion und Flachland wurde auf 500 m ü. M. gesetzt (farbliche Unterteilung in Abb. 8).

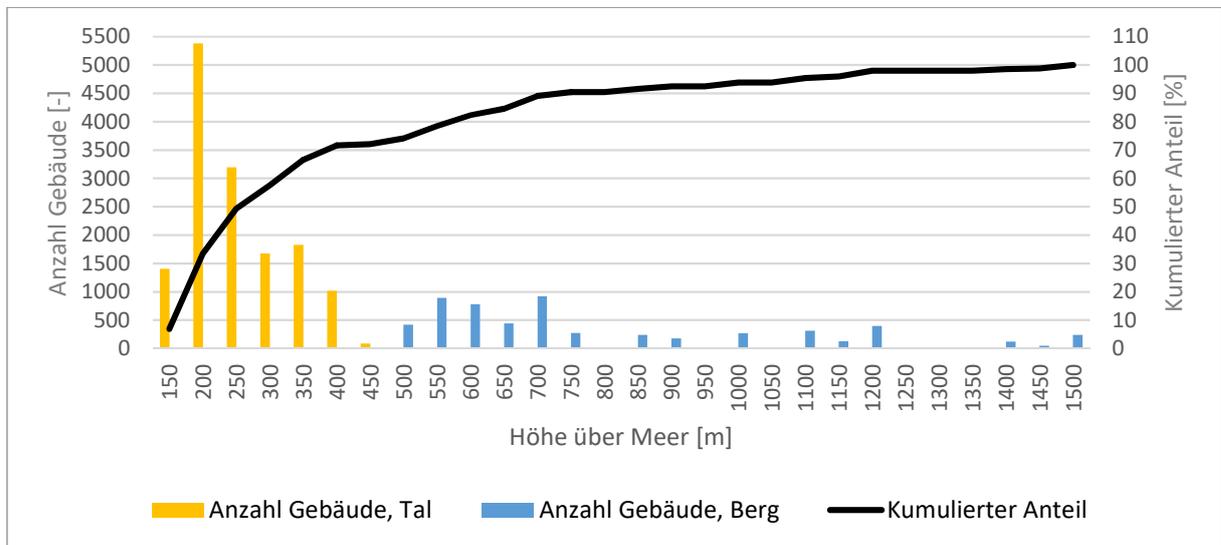


Abbildung 8: Verteilung der Anzahl elektrisch beheizten Gebäude über die Höhe (m ü. M.) für das Tessin

Die folgenden beiden Diagramme zeigen die Aufteilung der Gebäude im Mittelland und in der Bergregion. Zum einen beträgt die Anzahl der Gebäude in der Bergregion rund 22 % am Schweizerischen Bestand. Bei dem geschätzten Energiebedarf sind es hingegen rund 30 %.

Für die Abschätzung des Energieverbrauches mussten Annahmen bezüglich Energieverbrauch nach der Klimazone und des herrschenden Klimas getroffen werden. Gemäss Schätzungen aus SIA 380/1 [4] verbraucht ein Gebäude 8% mehr Energie im Jahr, wenn die Jahresmitteltemperatur um ein Kelvin niedriger ist. Als Basis wird eine Jahresmitteltemperatur von 8.5°C verwendet. Für das Klima wurde in den Bergregionen eine Jahresmitteltemperatur von 5°C angenommen (Beispiele: Davos: 3.6°C, Engelberg: 6.4, Glarus: 8.8°C, Arosa: 3.6°C). Für die Mittellandregion wird 10°C angenommen, als Beispiele können Basel: 10.5 °C oder Zürich: 9.5°C genannt werden. Bei den Alpinregionen wurde 0°C angenommen.

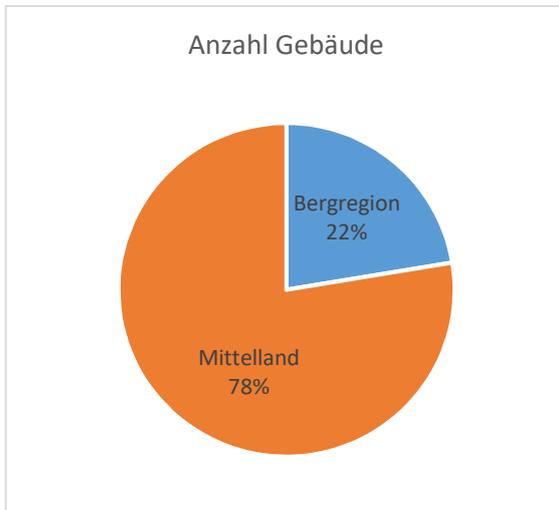


Abbildung 9: Anzahl / Anteil an elektrisch beheizten Gebäuden nach Klimazone

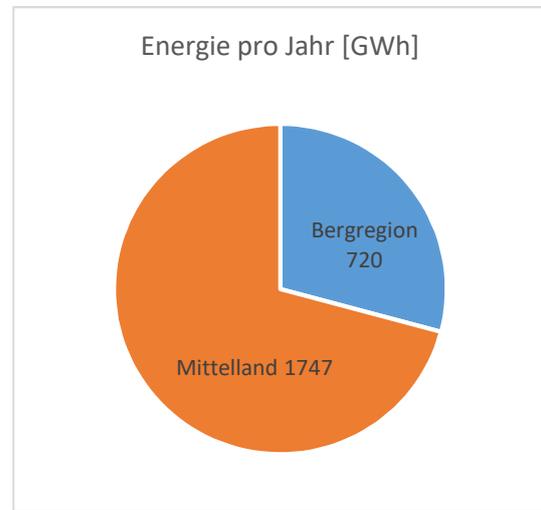


Abbildung 10: Anteil an Energiebedarf in elektrisch beheizten Gebäuden nach Klimazone

### 2.7.7 Warmwasser-Bereitstellung

Wenn die Heizungsanlage einmal ersetzt wird, ist es im Zuge dessen, auch von Interesse die Bereitstellung von Warmwasser (WW) in diesen Gebäuden zu betrachten. In der folgenden Grafik ist die Art der WW-Bereitstellung von elektrisch beheizten Gebäude dargestellt. Hier zeigt sich ein eindeutiger Trend: Wenn das Gebäude elektrisch beheizt wird, wird auch das WW elektrisch bereitgestellt.

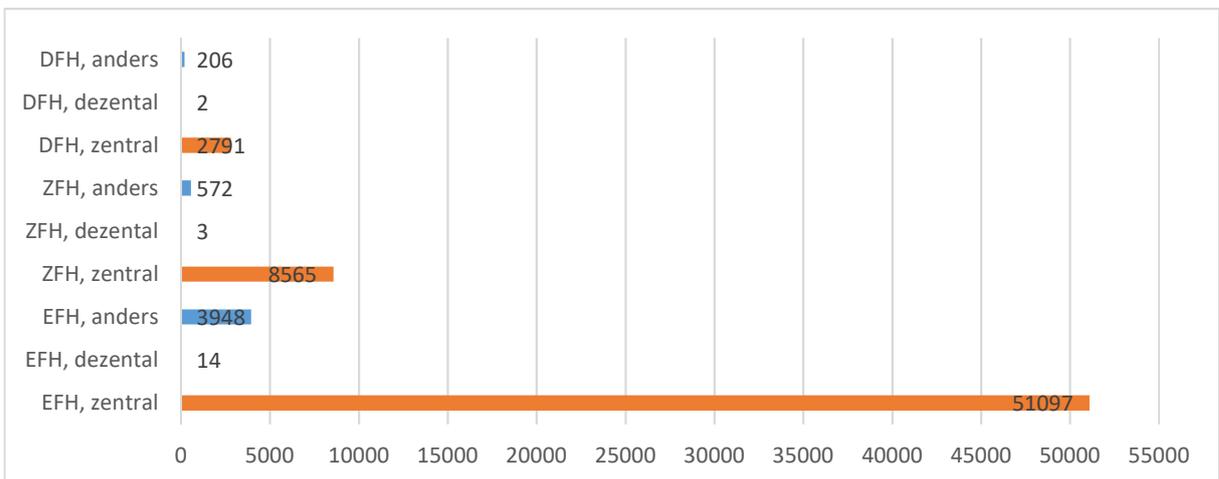


Abbildung 11: Anteil und Art der WW-Bereitstellung in elektrisch beheizten Gebäuden

## 2.7.8 Elektrisch beheizte Nebenräume

Um den nicht betrachteten Verbrauch von elektrisch beheizten Nebenräumen oder «Hobbyräumen» abzuschätzen wird eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Als Beispiele werden ein elektrisch beheizter Wintergarten sowie ein Hobbykeller mit folgenden Annahmen herangezogen:

Tabelle 6: Beispiele für die Sensitivitäts-Analyse inkl. getroffenen Annahmen

| <b>Eigenschaft / Annahme</b>   | <b>Hobbykeller</b>                         | <b>Wintergarten</b>                       |
|--|--|---|
| Aufwärmung   | 10 °C → 20 °C                              | 3 °C → 23 °C                              |
| Häufigkeit der Nutzung   | 1 mal die Woche                            | 1 mal die Woche                           |
| Nutzungsdauer  | 4 Stunden                                  | 8 Stunden                                 |
| Anteil an Wohnungen mit einen Hobbykeller oder Wintergarten, welcher elektrisch beheizt ist. | 5 %  | 2 %                                       |
| Raumgrösse   | 20 m <sup>2</sup>                          | 20 m <sup>2</sup>                         |
| Isolationswert (U-Wert)  | 1 $\frac{W}{m^2 K}$<br>(blankes Mauerwerk) | 1 $\frac{W}{m^2 K}$<br>(Doppelverglasung) |

Die folgende Tabelle zeigt die wichtigsten Resultate dieser Sensitivitätsanalyse. Der Energieverbrauch von 12.2 GWh bzw. 40.4 GWh wirkt zunächst sehr hoch. Wenn dies hingegen mit den Schweizer Stromverbrauch verglichen wird, machen diese beiden Beispiele zusammen unter ein Promille des elektrischen Energieverbrauchs aus. Zudem ist die Erreichbarkeit für eine Sanierung z. B. installieren eines Radiators eher gering. Somit wird hier von einer weiteren Analyse abgesehen.

Tabelle 7: Resultate der Sensitivitäts-Analyse

|  | <b>Hobbykeller</b> | <b>Wintergarten</b> |
|--|--------------------|---------------------|
| Anzahl   | 170'000            | 68'000              |
| Energieverbrauch   | 12.2 GWh           | 40.4 GWh            |
| Relativer Energieverbrauch im Vergleich zu den EHZ                         | 0.48 %             | 1.6 %               |
| Relativer Energieverbrauch im Vergleich zum Schweizerischen Stromverbrauch | 0.02 %             | 0.07 %              |

### 3 Gebäudekategorisierung

Für die Kategorisierung der repräsentativen Gebäude können auch im Abgleich mit der Begleitgruppe folgende Attribute verwendet werden:

- die Bauart: Ein-, Zwei- oder Dreifamilienhaus
- die Art der Nutzung: z. B. Erst- oder Zweitwohnung
- Klimazone: Mittelland oder Bergregion
- Energieverbrauch

Hierzu werden einige Punkte in diesem Kapitel diskutiert, Schlussfolgerungen daraus gezogen und eine Gebäudekategorisierung daraus abgeleitet:

#### 1. Bauart / Energiebedarf

Wie im vorherigen Kapitel ersichtlich ist, sind elektrisch beheizten Gebäude mehrheitlich kleinere Bauten mit einer bis drei Wohnungen. Hingegen ist auch aufgezeigt worden, dass der Energieverbrauch sehr streut und es Gebäude gibt, die in die Kategorie Einfamilienhaus fallen, aber mehr Energie verbrauchen als ein Gebäude mit drei Wohneinheiten. Im Allgemeinen kann gesagt werden, dass die zu installierende maximale Heizleistung in etwa proportional mit dem benötigten Energiebedarf pro Jahr ist. Die maximale Heizleistung wiederum ist auch der Kostentreiber und somit die benötigte Förderungshöhe verbunden. Somit ist eine Kategorisierung nach Energieverbrauch sinnvoller als über die Art des Gebäudes.

#### 2. Nutzung

Bei einem Ferienhaus muss das Gebäude nicht die gesamte Heizperiode auf Komforttemperatur beheizt werden. Bei Leerstand reicht es, das Gebäude nur minimal zu beheizen, so dass die Leitungen nicht einfrieren. Bei der Auslegung der Heizung ist somit die Abwägung zwischen Investitionskosten und Betriebskosten zu machen.

#### 3. Warmwasser

Ein weiterer wichtiger Punkt ist, ob neben der Heizung auch gleichzeitig WW bereitgestellt werden soll. Hier ist die Proportionalität zwischen Energiebereitstellung für WW und Heizen weniger gegeben. Bei «kleineren» Heizungen wie sie hier zum Einsatz kommen, werden oft Kombigeräte angeboten, welche WW und Heizung gleichermaßen bedienen. Die Auswertung des GWR zeigt, dass es in der Schweiz nur rund zwei Duzend elektrisch beheizte Gebäude eingetragen sind, welche über eine direkt elektrische WW-Bereitstellung verfügen. Bei den anderen Energiequellen liegt der Anteil bei rund 7 %. Dieser Aspekt, direktelektrisch und andere Energiequellen, wird in der Folge nicht weiter untersucht.

### 3.1 Kategorisierungsmöglichkeiten

Die nachfolgende Grafik zeigt die möglichen Kombinationen. Diese ist in Heizung, BWW, Nutzungsdauer und Klimazone unterteilt. Für die Fallunterscheidung beim Heizen wurde der Energiebedarf pro Jahr als Parameter gewählt. Somit sind 90 % aller Haushalte in die Untersuchung eingeschlossen. Zudem wird bei der Verteilung die Unterscheidung in zentral- und dezentrale Heizungen unterschieden.

Die Untersuchungen bezüglich WW hat gezeigt, dass der grösste Teil der elektrisch beheizten Gebäude auch das WW elektrisch bereitgestellt wird (93%). Zudem geschieht dies fast ausnahmslos zentral. Somit kann in der Kategorisierung auf die dezentrale WW-Bereitstellung verzichtet werden. Des Weiteren ist bei einem Ersatz einer Zentralheizung die WW-Bereitstellung ebenfalls direkt einzubinden. Die Nutzung und die Lage bezüglich Klimazonen sind, wie erwähnt, Attribute, welche ebenfalls in die Untersuchungen miteinbezogen werden müssen.

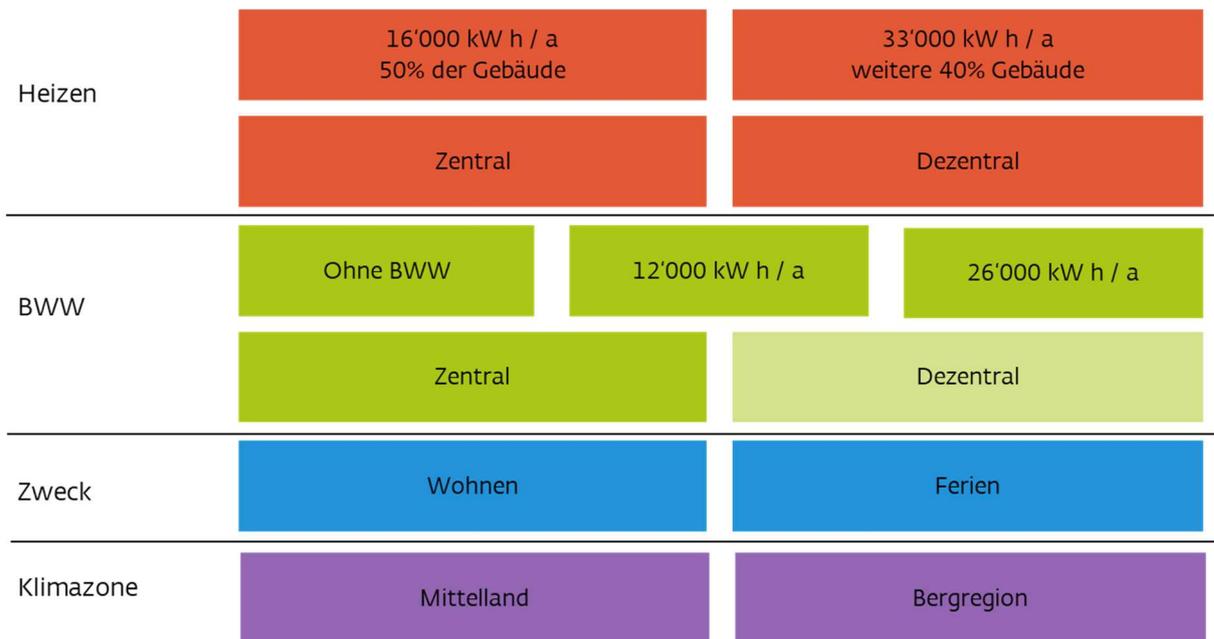


Abbildung 12: Kategorisierungsmöglichkeiten

### 3.1.1 Wohnen – Klein

Die folgende Grafik zeigt die Aufteilung für elektrisch beheizte, kleinen Wohngebäude. Diese Kategorie repräsentiert den medianen Energieverbrauch aller elektrisch beheizten Gebäude in der Schweiz. Zudem zeigt die Grafik, die zu betrachtende energetische Sanierungen, welche zu untersuchen sind.

Zunächst wird zwischen Mittelland und Bergregion unterschieden. Gefolgt von der zentralen und dezentralen Wärmebereitstellung für das Heizen. Da die meisten elektrisch beheizten Gebäude eine elektrische WW-Bereitstellung aufweisen, werden bei den Zentralheizungen die WW-Bereitstellung mit einbezogen. Im Falle, einer installierten dezentralen Heizung wird geprüft, ob sich eine Zentralisierung der WW-Bereitstellung lohnt.



Abbildung 13: Kategorien sowie Sanierungsvarianten für Wohngebäude - Klein

### 3.1.2 Wohnen – Gross

Gleichermassen wie bei «Wohnen – Klein» ist die Kombinatorik in der unteren Grafik ersichtlich.

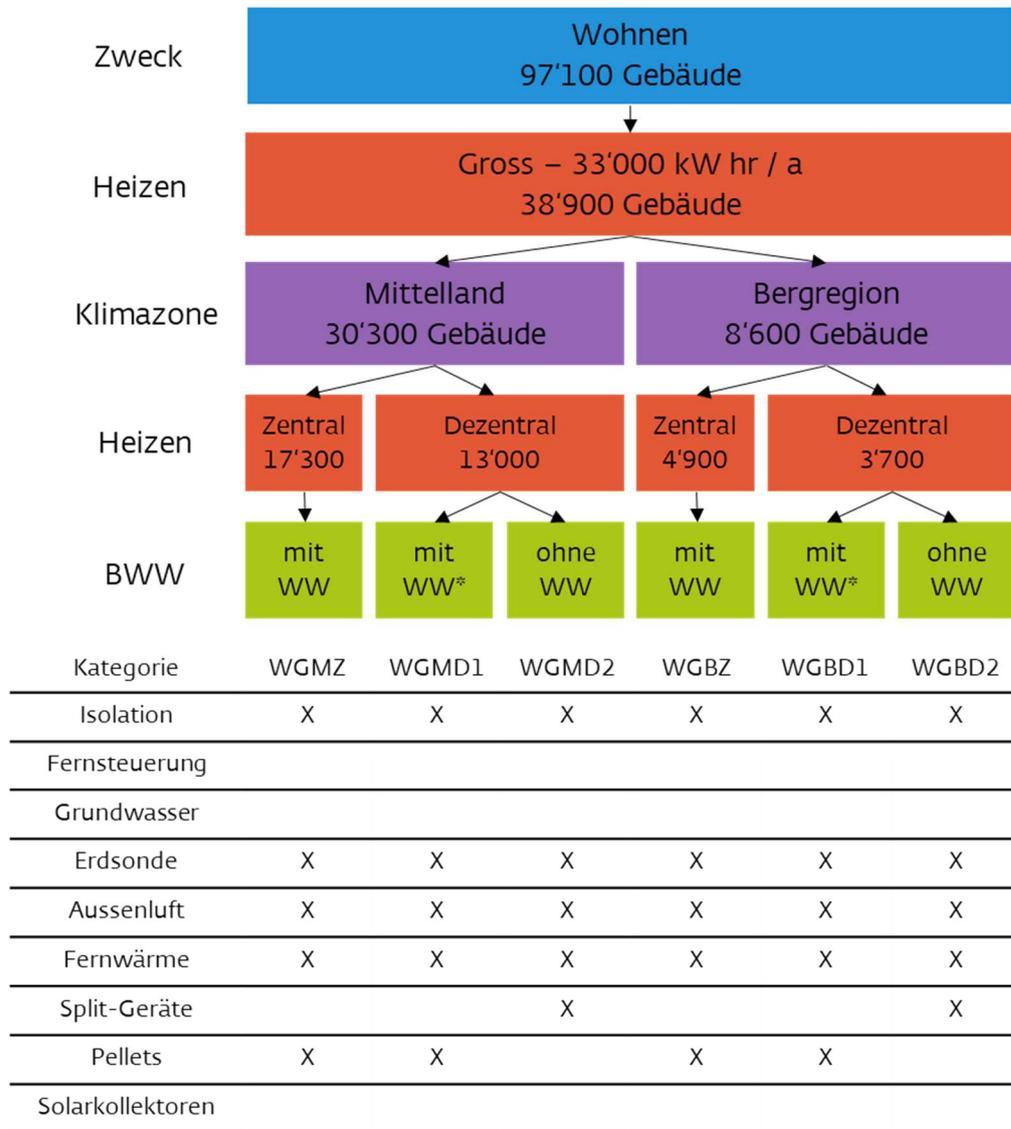
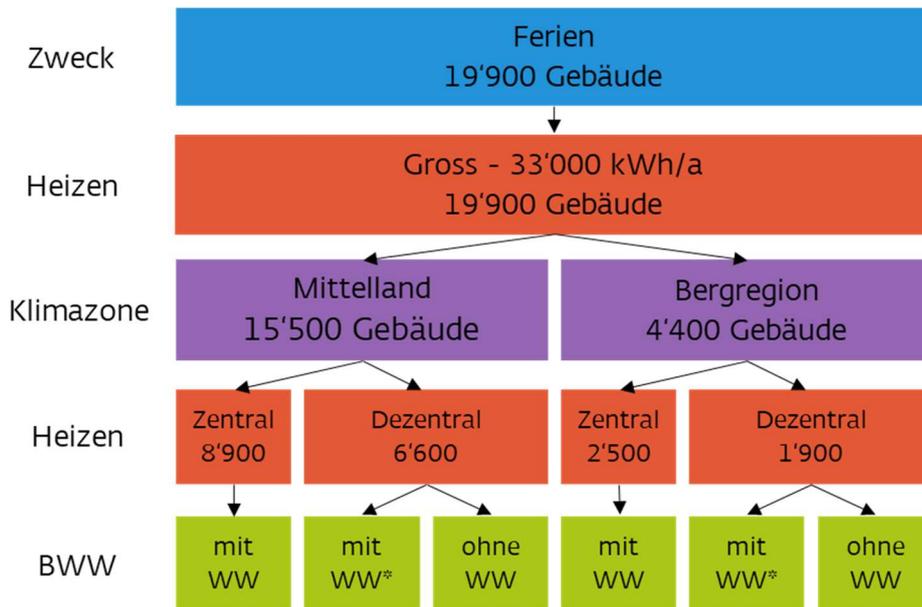


Abbildung 14: Kategorien sowie Sanierungsvarianten für Wohngebäude - Gross

### 3.1.3 Zweitwohnungen

In der folgenden Grafik ist die Kombinatorik und Kategorisierung für die Zweit- bzw. Ferienwohnungen ersichtlich. Entgegen der Wohngebäude ist hier die Fernsteuerung sowie die Fernwärme von hohem Interesse (niedrige Investitionskosten).

Durch die Fernsteuerung kann der Energieverbrauch massiv reduziert werden, da die Gebäude nicht auf Komforttemperatur (bzw. reduzierter Komforttemperatur) über die gesamte Heizperiode beheizt werden müssen. Die Fernwärme, falls vorhanden, ist zudem eine sehr interessante Variante, da die Investitionskosten niedrig sind.



| Kategorie        | FMZ | FMD1 | FMD2 | FBZ | FBD1 | FBD2 |
|------------------|-----|------|------|-----|------|------|
| Isolation        | X   | X    | X    | X   | X    | X    |
| Fernsteuerung    | X   | X    | X    | X   | X    | X    |
| Grundwasser      |     |      |      |     |      |      |
| Erdsonde         | X   | X    | X    | X   | X    | X    |
| Aussenluft       | X   | X    | X    | X   | X    | X    |
| Fernwärme        | X   | X    | X    | X   | X    | X    |
| Split-Geräte     |     |      | X    |     |      | X    |
| Pellets          | X   | X    |      | X   | X    |      |
| Solarkollektoren |     |      |      |     |      |      |

Abbildung 15: Kategorien sowie Sanierungsvarianten für Feriengebäude – Gross

## 4 Ersatzvarianten EHZ

Die verschiedenen Ersatzvarianten für Speicher-EHZ werden in diesem Kapitel energetisch und monetär bewertet. Die einzelnen Annahmen in den Sanierungsvarianten werden beschrieben und mittels Ermittlung der Investitions-, Betriebs- und Energiekosten für kommende 25 Betriebsjahre kann ein Vergleich über die verschiedenen Wärmeerzeugungssysteme gezogen werden.

### 4.1 Gebäudesteckbrief

Die beiden Gebäude, siehe Tabelle 8: Gebäudesteckbrief der Varianten klein und gross wurden als beispielhafte Gebäude für den Variantenvergleich verwendet.

Tabelle 8: Gebäudesteckbrief der Varianten klein und gross

|                          | <b>Variante Klein</b>   | <b>Variante Gross</b>   |
|--------------------------|---|---|
| Heizleistung, Mittelland | 4 kW  | 9 kW  |
| Heizleistung, Bergregion | 5 kW  | 11 kW   |
| Leistungsbedarf WW       | 2.5 kW  | 5 kW  |
| Energiebezugsfläche EBF  | 120 m <sup>2</sup>  | 240 m <sup>2</sup>  |
| Anzahl Wohnungen         | 1 Wohnung   | 2 Wohnungen   |
| Grundfläche              | 60 m <sup>2</sup>   | 120 m <sup>2</sup>  |
| Anzahl Etagen            | 2 Etagen  | 2 Etagen  |
| Bauperiode               | 70er- und 80er-Jahre  | 70er- und 80er-Jahre  |
| Wärmeabgabe              | Radiatoren / Einzelheizungen  | Radiatoren / Einzelheizungen  |
| Anzahl Heizelemente      | 6 (1 Stk./20m <sup>2</sup> )  | 12 (1 Stk./20m <sup>2</sup> )   |
| Symbolbild               |  |  |

## 4.2 Klimazonen

Um die Heizleistung zu bestimmen wurden drei Referenzstationen verwendet.

Tabelle 9: Jahresmittel- und Auslegetemperatur für die drei Referenzklimastationen

|                                      | Mittelland      | Bergregion | Alpin   |
|--------------------------------------|-----------------|------------|---------|
| Referenzklimastation (gem. SIA 2028) | Zürich / Kloten | Scuol      | Samedan |
| Jahresmitteltemperatur               | 10°C            | 5°C        | 0°C     |
| Auslegetemperatur                    | -8°C            | -12°C      | -18°C   |

Wie in Kapitel 2.7.6 beschrieben, wurden die Energieverbräuche der beiden Gebäudevarianten bei einer Jahresmitteltemperatur von 8.5°C ermittelt. Die tatsächlich benötigten Energieverbräuche in den jeweiligen Klimazonen wurden mit 8%/°C Abweichung der Jahresmitteltemperatur angepasst.

## 4.3 Sanierungsvarianten

Die Kostenzusammenstellungen für jede Ersatzvarianten sind nachfolgend aufgeführt. Bewusst werden unterschiedliche Heizleistungen für die Varianten gewählt. Dies zeigt, das für die verschiedenen Wohngrößen Abstufungen in der Heizleistung vorgenommen wurden. Es wurde ohne Förderbeiträge und Rabatte von Unternehmern kalkuliert, da dies von Fall zu Fall unterschiedlich beurteilt wird.

### 4.3.1 Wärmepumpe mit Erdsonde

Mittels der Erdwärme und einer eingesetzten Wärmepumpe kann Heizwärme zur Verfügung gestellt werden. Für den Ersatz einer zentralen Elektroheizung ist somit nur die Wärmeerzeugung zu tauschen. Beim Ersatz einer dezentralen Elektroheizung ist zudem die Wärmeverteilung (Radiatoren, Rohre sowie Kernbohrungen) eingerechnet. Abbildung 16 zeigt die Kosten einer EWS-Wärmepumpe für eine Heizleistung von 6 kW.

| Position        | System / Arbeitsgattung  | Bezugseinheit | Einheitsmenge | Einheitspreis |
|-----------------|--|---------------|---------------|---------------|
| Energiequelle   | Erdwärmesonden (Berechnet)                                       | m             | 135           | 100           |
| Energiequelle   | Gartenarbeit   | Stk.          | 1             | 5'000         |
| Wärmeerzeugung  | Wärmepumpe (Hoval Thermalia Comfort (8), COP B0/W50=3.1)         | Stk.          | 1             | 11'800        |
| Wärmeerzeugung  | Heizungsspeicher (Hoval EnerVal (300))                           | Stk.          | 1             | 1'100         |
| Wärmeerzeugung  | Brauchwarmwasserspeicher (Hoval CombiVal ER (300))               | Stk.          | 1             | 1'600         |
| Wärmeerzeugung  | Expansionsanlage (Schätzung)                                     | Stk.          | 1             | 3'500         |
| Wärmeverteilung | Warmwasseranschluss (Schätzung)                                  | Stk.          | 1             | 2'000         |
| Wärmeverteilung | Heizgruppe (Schätzung)   | Stk.          | 1             | 5'000         |
| Wärmeverteilung | Elektroinstallationen (Schätzung)                                | Stk.          | 1             | 5'000         |
| Wärmeverteilung | Wärmeabgabe, 1 Radiator pro 20m2 EBF                             | Stk.          | 6             | 1'000         |
| Wärmeverteilung | Rohrleitungen (2 Steigzonen x6m, Leitungsführung Keller, 5m      | m             | 34            | 80            |
| Wärmeverteilung | Kernbohrungen der Geschossdecken (2x pro Steigzone)              | Stk.          | 4             | 2'500         |
| Honorar         | Montage Heizungsinstallationen (20% von Apparatkosten, ohne EWS) | Stk.          | 1             | 11'421        |
| Demontage       | Rückbau bestehender Anlage                                       | Stk.          | 1             | 2'000         |

Abbildung 16: Kostenzusammenstellung Erdwärmesonden für eine Heizleistung von 6 kW und Warmwasseraufbereitung inkl. Einbau Wärmeverteilung

### 4.3.2 Luft-Wasser-Wärmepumpe

Bei der Luft-Wasser-Wärmepumpe wird die Wärme der Umgebungsluft für die Erzeugung der benötigten Heizenergie verwendet. Konkret saugt ein Ventilator aktiv die Umgebungsluft an und überträgt sie auf einen in der Wärmepumpe eingebauten Wärmetauscher (Verdampfer). Mittels Verdichter wird das Kältemittel der Wärmepumpe komprimiert um eine Temperatur zu erhalten, welche für Heizung und Warmwasser benötigt wird.

| Position        | System / Arbeitsgattung                                     | Bezugseinheit | Einheitsmenge | Einheitspreis |
|-----------------|---|---------------|---------------|---------------|
| Energiequelle   | Ausseneinheitenaufstellung und Verbindungsleitung           | Stk.          | 1             | 3'700         |
| Wärmeerzeugung  | Wärmepumpe (Hoval Belaria Eco (1.8), COP A-7/W50=2.5)       | Stk.          | 1             | 15'500        |
| Wärmeerzeugung  | Heizungsspeicher (Hoval EnerVal (300))                      | Stk.          | 1             | 1'100         |
| Wärmeerzeugung  | Brauchwarmwasserspeicher (Hoval CombiVal ER (300))          | Stk.          | 1             | 1'600         |
| Wärmeerzeugung  | Expansionsanlage (Schätzung)                                | Stk.          | 1             | 2'500         |
| Wärmeverteilung | Warmwasseranschluss (Schätzung)                             | Stk.          | 1             | 2'000         |
| Wärmeverteilung | Heizgruppe (Schätzung)                                      | Stk.          | 1             | 5'000         |
| Wärmeverteilung | Elektroinstallationen (Schätzung)                           | Stk.          | 1             | 5'000         |
| Wärmeverteilung | Wärmeabgabe, 1 Radiator pro 20m <sup>2</sup> EBF            | Stk.          | 6             | 1'200         |
| Wärmeverteilung | Rohrleitungen (2 Steigzonen x6m, Leitungsführung Keller, 5m | m             | 34            | 80            |
| Wärmeverteilung | Kernbohrungen der Geschosdecken (2x pro Steigzone)          | Stk.          | 4             | 2'500         |
| Honorar         | Montage Heizungsinstallationen (20% von Apparatekosten)     | Stk.          | 1             | 7'280         |
| Demontage       | Rückbau bestehender Anlage                                  | Stk.          | 1             | 2'000         |

Abbildung 17: Kostenzusammenstellung Luft-Wasser Wärmepumpe für eine Heizleistung von 10 kW und Warmwasseraufbereitung inkl. Einbau Wärmeverteilung

### 4.3.3 Anschluss an Fernwärmenetz

Bei der Fernwärme wird eine kommunale Wärmequelle oder Industrieabwärme genutzt. Hierzu wird über einen Wärmetauscher die Wärme zum Heizen und WW-Bereitstellung dem Fernwärmenetz entnommen. Für die Betrachtung wurden gemittelte Anschlussgebühren von 20 Fernwärmeverbänden der Schweiz verwendet:

|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| Anschlusspreis (einmalig, CHF/kW) | CHF 620.- |
| Grundgebühr (pro kW Heizleistung) | CHF 165.- |
| Energiepreis (CHF/MWh)            | CHF 94.-  |

Die Preise variieren zwischen den einzelnen Betreiber der Wärmeverbände sehr stark. Gewiss Betriebe erlassen den Kunden den Anschlusspreis und berechnen dafür einen höheren Grund- und Energiepreis. Für die vorliegende Studie wurde ein Querschnitt der Preise verwendet. Für dezentrale Systeme wurde ebenfalls eine Wärmeverteilung mitberücksichtigt.

#### 4.3.4 Pelletsheizung

Die entstehende Wärme beim Verbrennen von Holz-Pellets kann zum Heizen sowie der WW-Bereitstellung genutzt werden. Wie bei den Erdsondenlösungen wurde die Wärmeverteilung bei dezentralen beheizten Gebäuden in die Betrachtung einbezogen.

| Position        | System / Arbeitsgattung                                       | Bezugseinheit | Einheitsmenge | Einheitspreis |
|-----------------|---|---------------|---------------|---------------|
| Energiequelle   | Pelletslagerraum (Hoval Pellet- Gewebesilo, 2.9x2.9x2.6m)     | Stk.          | 1             | 5'600         |
| Wärmeerzeugung  | Pelletsessel (Hoval BioLyt (23))                              | Stk.          | 1             | 15'000        |
| Wärmeerzeugung  | Heizungsspeicher (Hoval EnerVal (800))                        | Stk.          | 1             | 1'900         |
| Wärmeerzeugung  | Brauchwarmwasserspeicher (Hoval CombiVal ER (500))            | Stk.          | 1             | 2'300         |
| Wärmeerzeugung  | Expansionsanlage (Schätzung)                                  | Stk.          | 1             | 3'500         |
| Wärmeerzeugung  | Abgasanlage (Hoval zu TopGas comfort (12-30), aussen geführt) | Stk.          | 1             | 4'000         |
| Wärmeverteilung | Warmwasseranschluss (Schätzung)                               | Stk.          | 1             | 2'000         |
| Wärmeverteilung | Heizgruppe (Schätzung)  | Stk.          | 1             | 6'000         |
| Wärmeverteilung | Elektroinstallationen (Schätzung)                             | Stk.          | 1             | 3'000         |
| Wärmeverteilung | Wärmeabgabe, 1 Radiator pro 20m2 EBF                          | Stk.          | 12            | 1'300         |
| Wärmeverteilung | Rohrleitungen (4 Steigzonen x6m, Leitungsführung Keller, 10m) | m             | 58            | 80            |
| Wärmeverteilung | Kernbohrungen der Geschosdecken (2x pro Steigzone)            | Stk.          | 8             | 2'500         |
| Honorar         | Montage Heizungsinstallationen (20% von Apparatkosten)        | Stk.          | 1             | 16'708        |
| Demontage       | Rückbau bestehender Anlage                                    | Stk.          | 1             | 3'000         |

Abbildung 18: Kostenzusammenstellung Pelletsfeuerung für eine Heizleistung von 19 kW und Warmwasseraufbereitung inkl. Einbau Wärmeverteilung

#### 4.3.5 Splitgeräte

Splitgeräte sind grundsätzlich herkömmliche Klimaanlage, welche umgeschaltet werden können. Ein Einsatz zum Kühlen, wie auch zum Heizen eines Gebäudes ist damit möglich. Sie können dezentral errichtet werden und stellen in diesem Bericht somit bei dezentral-beheizten Gebäuden eine mögliche Variante dar.

| Position        | System / Arbeitsgattung  | Bezugseinheit | Einheitsmenge | Einheitspreis |
|-----------------|--|---------------|---------------|---------------|
| Energiequelle   | Kernbohrung für Wandlöcher                                       | Stk.          | 6             | 2'000         |
| Wärmeerzeugung  | Splitgerät (Unico Inverter 9 HP 2.7), COP Annahme 2.2            | Stk.          | 6             | 2'090         |
| Wärmeerzeugung  | Heizungsspeicher (wird nicht benötigt)                           | Stk.          | 0             | 0             |
| Wärmeerzeugung  | Warmwasser-Wärmepumpe (NUOS Extra 600)                           | Stk.          | 0             | 0             |
| Wärmeerzeugung  | Expansionsanlage (wird nicht benötigt)                           | Stk.          | 0             | 0             |
| Wärmeverteilung | Warmwasseranschluss (Schätzung)                                  | Stk.          | 0             | 0             |
| Wärmeverteilung | Heizgruppe (wird nicht benötigt)                                 | Stk.          | 0             | 0             |
| Wärmeverteilung | Elektroinstallationen (Schätzung)                                | Stk.          | 1             | 3'000         |
| Honorar         | Montage Heizungsinstallationen (20% von Apparatkosten, ohne EWS) | Stk.          | 1             | 5'508         |
| Demontage       | Rückbau bestehender Anlage                                       | Stk.          | 1             | 3'000         |

Abbildung 19: Kostenzusammenstellung Splitgeräte für eine Heizleistung von 9 kW ohne Warmwasseraufbereitung

#### 4.3.6 Fernsteuerung

Besonders bei Zweitwohnungen ist eine Heizungs-Fernsteuerung interessant. So kann die Solltemperatur während Leerstandszeiten gesenkt und vor dem Aufenthalt aus der Ferne wieder erhöht werden. Für die vorliegende Studie haben die Autoren zwei Offerten für Fernsteuerung eingeholt. Die folgenden beiden Tabellen zeigen deren Kosten auf.

Tabelle 10: Kostenzusammenstellung Fernsteuerung für ein zentrales Heizungs- und Warmwasseraufbereitungssystem

| Position   | Preis in CHF |
|--|--------------|
| Zwei Hauptgeräte                                   | 1'380        |
| Interface zur Kommunikation                        | 260          |
| Umrüstung der Thermostatventile an den Heizkörpern | 1'140        |
| Konfiguration über Portal                          | 400          |
| Installation                                       | 1'000        |
| Betriebskosten ABO (jährlich)                      | 60           |
| Total (ohne Betriebskosten)                        | 4'180        |

Tabelle 11: Kostenzusammenstellung Fernsteuerung für ein dezentrales Heizungs- und Warmwasseraufbereitungssystem

| Position                                     | Preis in CHF |
|--|--------------|
| Zwei Hauptgeräte                             | 1'580        |
| Funkrelais zur Reduktion Wärmeabgabe         | 960          |
| Funkrelais zur Reduktion des Wassererwärmers | 370          |
| Konfiguration über Portal                    | 200          |
| Installation                                 | 1'000        |
| Betriebskosten ABO (jährlich)                | 60           |
| Total (ohne Betriebskosten)                  | 4'110        |

#### 4.3.7 Isolation als Effizienzmassnahme

Da die meisten elektrisch beheizten Gebäude aus den 70er und 80er Jahre stammen, wurden diese in einer Zeit gebaut, in welcher der Isolationsstandart eher bescheiden war. So kann mittels einer Vollisolation – Wände, Keller, Fenster und Dach – erheblich Energie gespart werden. In dieser Untersuchung wird immer eine vollständige Isolation des Gebäudes angenommen.

| Position         | System / Arbeitsgattung                                    | Bezugseinheit  | Einheitsmenge | Einheitspreis |
|------------------|--|----------------|---------------|---------------|
| Gebäudesanierung | Dach (Verbesserung U-Wert von 0.6W/m2K zu 0.2W/m2K)        | m <sup>2</sup> | 170           | 300           |
| Gebäudesanierung | Aussenwände (Verbesserung U-Wert von 0.9W/m2K zu 0.2W/m2K) | m <sup>2</sup> | 234           | 225           |
| Gebäudesanierung | Fenster (Verbesserung U-Wert von 1.5 W/m2K zu 1.0 W/m2K)   | m <sup>2</sup> | 78            | 850           |
| Gebäudesanierung | Keller (Verbesserung U-Wert von 1.0 W/m2K zu 0.25 W/m2K)   | m <sup>2</sup> | 120           | 100           |

Abbildung 20: Preise Gebäudeisolation pro m<sup>2</sup>

## 4.4 Resultate

Im folgenden Kapitel sind die Resultate der technischen Analyse aufgeführt. Für jede beschriebene Variante in Kapitel 3 werden die Kosten sowie die Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparungen aufgezeigt.

### 4.4.1 Investitionskosten

Tabelle 12 gibt eine Übersicht der Investitionskosten (exkl. MwSt.) für die verschiedenen Gebäudetypen, deren Nutzung, der Klimazonen sowie der Sanierungsmassnahmen. Isolation ist unabhängig vom Gebäudetyp am teuersten und sehr kapitalintensiv. Eine Erdsonden-WP ist investitionsmässig teurer als eine Lösung mit einer Aussenluft-WP. Pelletsheizungen weisen ähnliche Investitionskosten wie die Aussenluft-WP auf. Fernwärmelösungen und Splitgeräte (ausschliesslich für dezentrale Systeme gerechnet) sind kostengünstige Lösungen. Eine Fernsteuerung für die Kategorie Ferien schneidet investitionsmässig am besten ab.

Tabelle 12: Investitionskosten in CHF für alle Sanierungsvarianten

|       | Isolation  | Erdsonde   | Aussenluft | Fernwärme  | Splitgeräte | Pellets    | Fernsteuerung |
|-------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|---------------|
| WKMZ  | 104'700.00 | 58'200.00  | 43'400.00  | 28'500.00  |             | 48'200.00  |               |
| WKMD1 | 104'700.00 | 80'700.00  | 65'900.00  | 51'000.00  |             | 70'700.00  |               |
| WKMD2 | 104'700.00 | 70'800.00  | 61'500.00  | 46'700.00  | 20'300.00   |            |               |
| WKBZ  | 104'700.00 | 61'600.00  | 43'400.00  | 29'200.00  |             | 48'900.00  |               |
| WKBD1 | 104'700.00 | 85'500.00  | 67'300.00  | 53'100.00  |             | 72'800.00  |               |
| WKBD2 | 104'700.00 | 75'400.00  | 63'000.00  | 48'800.00  | 20'300.00   |            |               |
| WGMZ  | 182'000.00 | 89'800.00  | 57'400.00  | 38'000.00  |             | 55'000.00  |               |
| WGMD1 | 182'000.00 | 133'800.00 | 101'300.00 | 81'900.00  |             | 98'900.00  |               |
| WGMD2 | 182'000.00 | 110'400.00 | 87'400.00  | 76'800.00  | 36'000.00   |            |               |
| WGBZ  | 182'000.00 | 97'400.00  | 57'400.00  | 39'300.00  |             | 55'000.00  |               |
| WGBD1 | 182'000.00 | 144'300.00 | 104'200.00 | 86'100.00  |             | 101'800.00 |               |
| WGBD2 | 182'000.00 | 123'000.00 | 92'700.00  | 81'000.00  | 40'900.00   |            |               |
| FMZ   | 182'000.00 | 89'800.00  | 57'400.00  | 38'000.00  |             | 55'000.00  | 4'200.00      |
| FMD1  | 182'000.00 | 133'800.00 | 101'300.00 | 81'900.00  |             | 98'900.00  | 4'100.00      |
| FMD2  | 182'000.00 | 110'400.00 | 87'400.00  | 76'800.00  | 36'000.00   |            | 3'700.00      |
| FBZ   | 182'000.00 | 97'400.00  | 57'400.00  | 39'300.00  |             | 56'500.00  | 4'200.00      |
| FBD1  | 182'000.00 | 144'300.00 | 104'200.00 | 100'700.00 |             | 101'800.00 | 4'100.00      |
| FBD2  | 182'000.00 | 123'000.00 | 92'700.00  | 81'000.00  | 40'900.00   |            | 3'700.00      |

### 4.4.2 Jährliche elektrische Energieeinsparung

In Tabelle 13 ist die jährlich eingesparte elektrische Energie pro Variante in kWh aufgelistet. Als Referenz dient ein vollständig elektrisch beheiztes Gebäude. Bei Fernwärme wurde nur der Verbrauch im Gebäude eingerechnet, der elektrische Energieverbrauch bei der Wärmeerzeugung wurde nicht berücksichtigt.

Eine Pelletlösung und ein Anschluss an die Fernwärme erzeugt die grösste Wirkung, wenn es darum geht elektrische Energie einzusparen. Gerade in den Bergregionen sind auch die Lösungen mit Wärmepumpenlösungen sehr effektive, wenn es darum geht Stromeinsparungen zu erzielen. Isolation und Fernsteuerung hingegen sind keine Massnahmen welche für sich alleine stehen können. Es sind bestenfalls Ergänzungen zu Ersatzmassnahmen.

Tabelle 13: Stromeinsparung in kWh pro Jahr

|       | Isolation | Erdsonde | Aussenluft | Fernwärme | Splittergeräte | Pellets | Fernsteuerung |
|-------|-----------|----------|------------|-----------|----------------|---------|---------------|
| WKMZ  | 7'360     | 17'705   | 15'681     | 25'870    |                | 25'870  |               |
| WKMD1 | 7'360     | 17'705   | 15'681     | 25'870    |                | 25'870  |               |
| WKMD2 | 7'360     | 9'558    | 8'466      | 13'844    | 7'696          |         |               |
| WKBZ  | 10'705    | 22'049   | 19'529     | 32'283    |                | 32'283  |               |
| WKBD1 | 10'705    | 22'049   | 19'529     | 32'283    |                | 32'283  |               |
| WKBD2 | 10'705    | 13'903   | 12'314     | 20'258    | 11'195         |         |               |
| WGMZ  | 15'283    | 38'443   | 32'175     | 54'891    |                | 54'891  |               |
| WGMD1 | 15'283    | 38'443   | 32'175     | 54'891    |                | 54'891  |               |
| WGMD2 | 15'283    | 20'283   | 17'461     | 28'836    | 15'874         |         |               |
| WGBZ  | 22'231    | 47'015   | 39'891     | 68'119    |                | 68'119  |               |
| WGBD1 | 22'231    | 47'015   | 39'891     | 68'119    |                | 68'119  |               |
| WGBD2 | 22'231    | 29'503   | 25'398     | 42'064    | 23'089         |         |               |
| FMZ   | 17'161    | 22'422   | 18'750     | 31'948    |                | -       | 11'356        |
| FMD1  | 17'161    | 22'422   | 18'750     | 31'948    |                | -       | 11'356        |
| FMD2  | 17'262    | 20'283   | 17'461     | 28'836    | 15'874         |         | 11'456        |
| FBZ   | 23'442    | 31'210   | 26'466     | 45'177    |                | -       | 14'168        |
| FBD1  | 23'442    | 31'642   | 26'466     | 45'177    |                | -       | 14'168        |
| FBD2  | 23'542    | 29'503   | 25'398     | 42'064    | 23'089         |         | 14'268        |

#### 4.4.3 Eingesparte elektrische Energie pro Jahr und Investitionssumme

In der nachfolgenden Tabelle sind die eingesparten elektrischen Energiemengen pro CHF 1'000.- Investitionssumme aufgeführt. Die Fernsteuerung als kostengünstige Massnahme schneidet hier zusammen mit der Fernwärme sehr gut ab. Pellets als komplette Substitution von Strom zu Holz ist spezifisch gesehen ebenfalls eine gute Massnahme. Erdsondenlösungen sind spezifisch betrachtet aufgrund der höheren Investitionen und einem Restverbrauch an Strom im Nachteil.

Tabelle 14: Spezifische Stromeinsparung pro investierten Franken in kWh/1000 CHF

|       | Isolation | Erdsonde | Aussenluft | Fernwärme | Splittergeräte | Pellets | Fernsteuerung |
|-------|-----------|----------|------------|-----------|----------------|---------|---------------|
| WKMZ  | 70        | 304      | 361        | 908       |                | 537     |               |
| WKMD1 | 70        | 219      | 238        | 507       |                | 366     |               |
| WKMD2 | 70        | 135      | 138        | 296       | 379            |         |               |
| WKBZ  | 102       | 358      | 450        | 1'106     |                | 660     |               |
| WKBD1 | 102       | 258      | 290        | 608       |                | 443     |               |
| WKBD2 | 102       | 184      | 195        | 415       | 551            |         |               |
| WGMZ  | 84        | 428      | 561        | 1'445     |                | 998     |               |
| WGMD1 | 84        | 287      | 318        | 670       |                | 555     |               |
| WGMD2 | 84        | 184      | 200        | 375       | 441            |         |               |
| WGBZ  | 122       | 483      | 695        | 1'733     |                | 1'239   |               |
| WGBD1 | 122       | 326      | 383        | 791       |                | 669     |               |
| WGBD2 | 122       | 240      | 274        | 519       | 565            |         |               |
| FMZ   | 94        | 250      | 327        | 841       |                |         | 2'704         |
| FMD1  | 94        | 168      | 185        | 390       |                |         | 2'770         |
| FMD2  | 95        | 184      | 200        | 375       | 441            |         | 3'096         |
| FBZ   | 129       | 320      | 461        | 1'150     |                |         | 3'373         |
| FBD1  | 129       | 219      | 254        | 449       |                |         | 3'456         |
| FBD2  | 129       | 240      | 274        | 519       | 565            |         | 3'856         |

## 4.5 Vergleich der jährlichen Kosten

Nach dem die Investitionskosten betrachtet wurden, werden nachfolgend die jährlichen Kosten pro Variante aufgezeigt. Diese setzen sich aus der Abschreibung der Investition, den Energiekosten sowie Unterhaltskosten zusammen. Die Betrachtungsdauer ist hierbei 25 Jahre, die Isolation wird über 50 Jahre diskontiert.

### 4.5.1 Wohnen Klein

In den Abbildungen 21 bis 24 ist die Auflistung für Wohnen Klein aufgezeigt. Die Varianten Mittelland und Bergregion, sowie zentrale und dezentrale Erzeugung sind dargestellt. Die dezentrale Erzeugung ohne Warmwasser ist im Anhang ersichtlich.

Es zeigt sich, dass über eine Betrachtungsdauer von 25 Jahren die Erdsondenlösungen bei allen Varianten sehr gut abschneiden. Nach einer hohen Startinvestition haben diese Varianten niedrige Betriebskosten zur Folge, da sie sehr effizient sind. Die Lösungen mit der Aussenluft-WP schneiden bei den Kapitalkosten leicht besser ab, wobei sich der Kostenmix leicht unterscheidet. Pellets sind in dieser Betrachtung nach der Fernwärme die teuerste Option. Die Kosten für Ersatzvarianten sind in den Bergregionen absolut höher, da mehr Energie benötigt wird, um das Gebäude zu heizen. Sprich höhere Energiekosten sowie höhere Investitionskosten aufgrund grösserem Leistungsbedarf. Relativ unterscheiden sich die Varianten aber kaum voneinander.

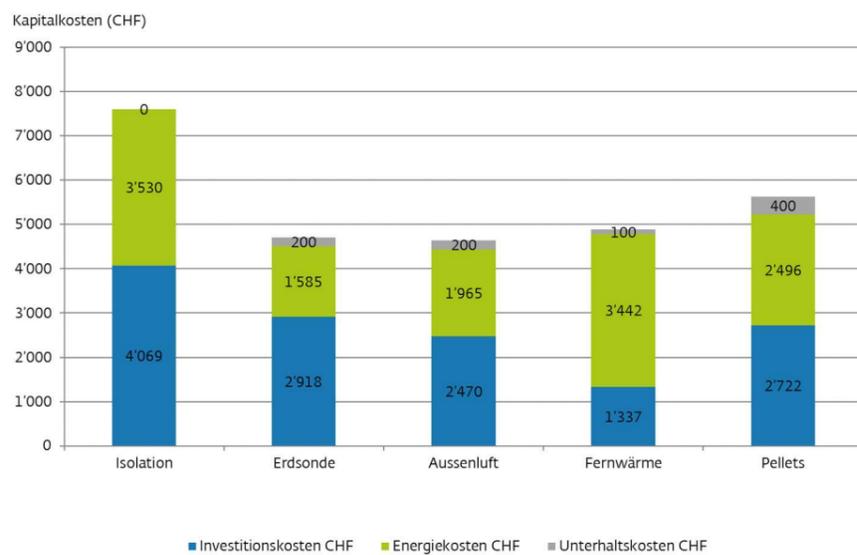


Abbildung 21: WKMZ – Wohnen, Klein, Mittelland, Zentralheizung

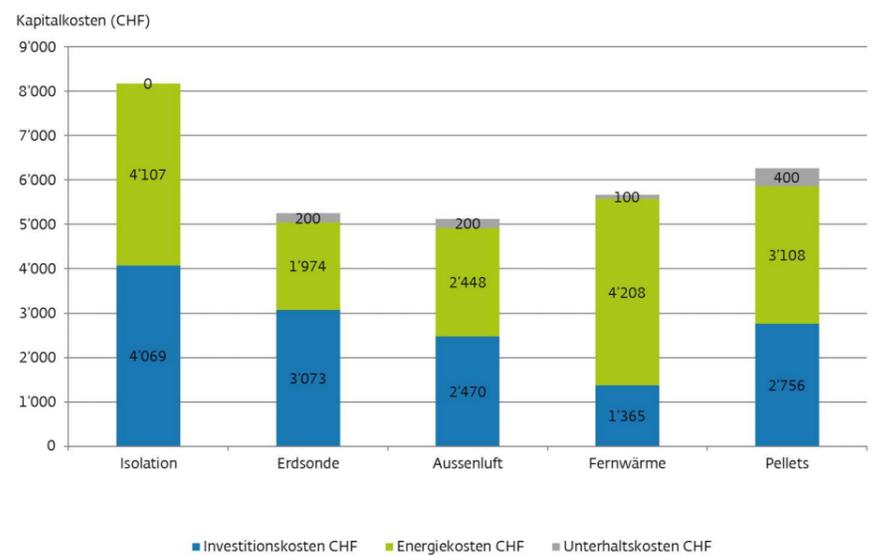


Abbildung 22: WKBZ- Wohnen, Klein, Bergregion, Zentralheizung

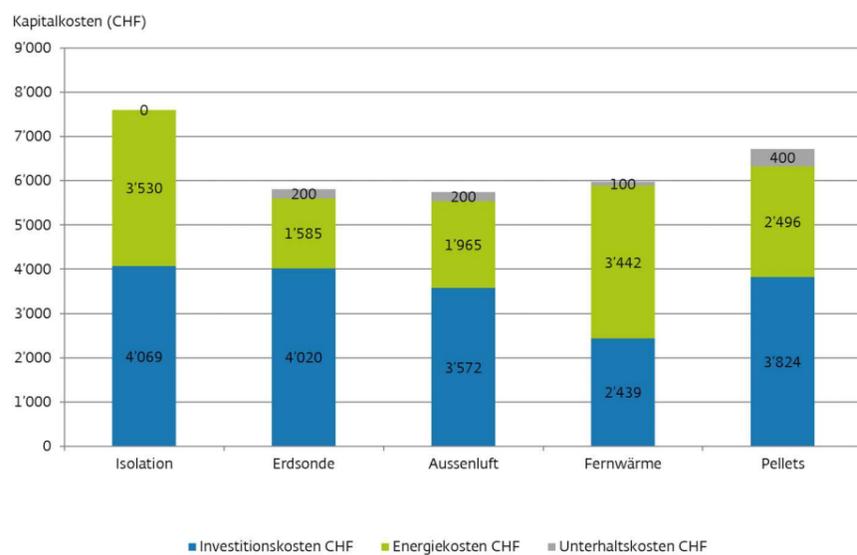


Abbildung 23: WKMD1 – Wohnen, Klein, Mittelland, Dezentral mit WW

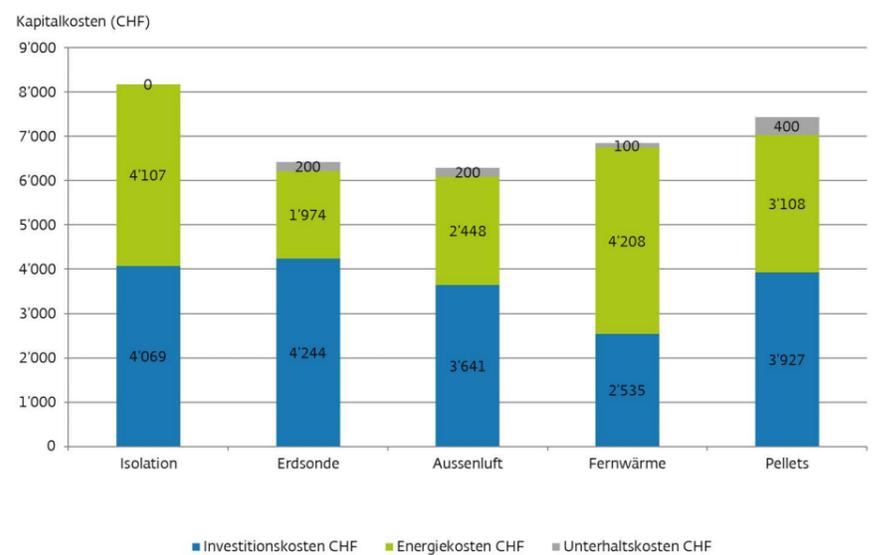


Abbildung 24: WKBD1 – Wohnen, Klein, Bergregion, Dezentral mit WW

### 4.5.2 Wohnen Gross

In den Abbildungen 25 bis 28 ist die Auflistung von Wohnen Gross aufgezeigt. Die Kosten sind absolut höher, wie bei der betrachteten Variante Wohnen klein. Auch hier ist ersichtlich, dass die beiden Wärmepumpenlösungen sehr gut abschneiden. Die Erdsondenlösung schneidet leicht besser ab, als die Variante mit Aussenluft. Im Unterschied zu Wohnen klein schneidet die Pelletsheizung hier besser ab als der Fernwärmeanschluss. Dies hat mit den höheren Energiekosten der Fernwärme zu tun.

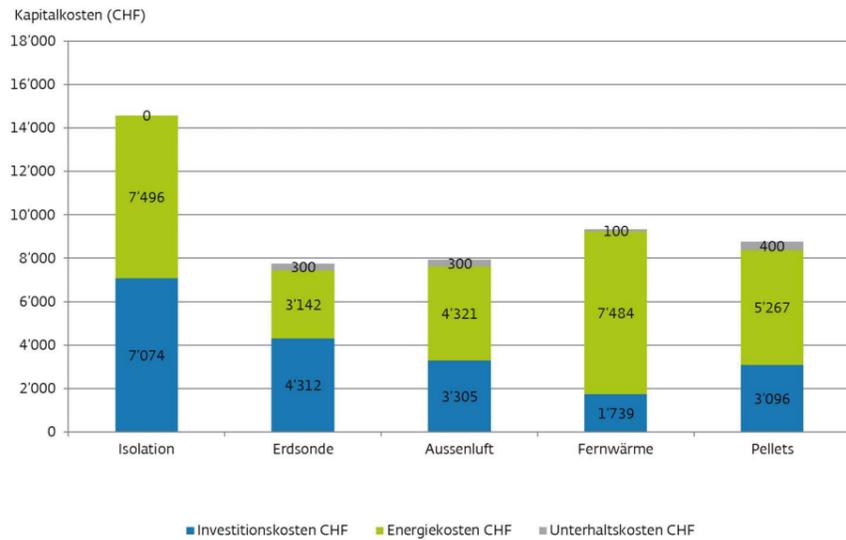


Abbildung 25: WMZ – Wohnen, Gross, Mittelland, Zentralheizung

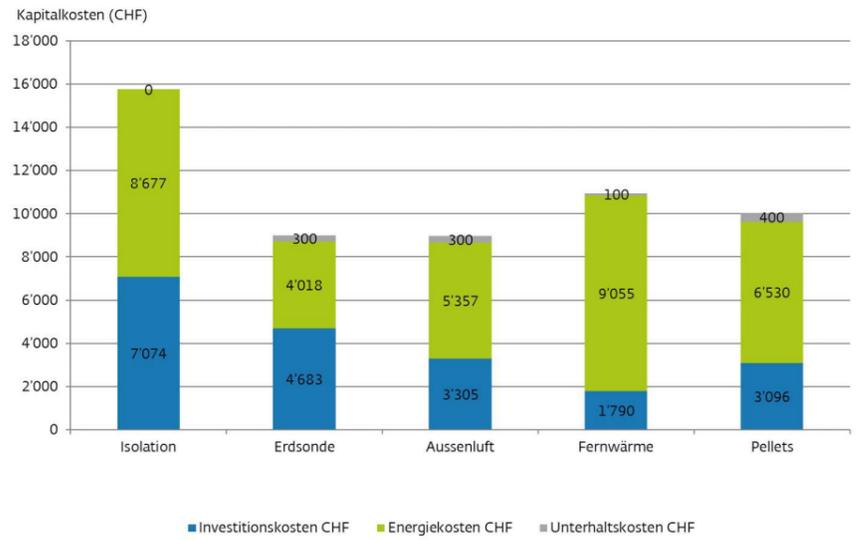


Abbildung 26: WGBZ, Wohnen, Gross, Bergregion, Zentralheizung

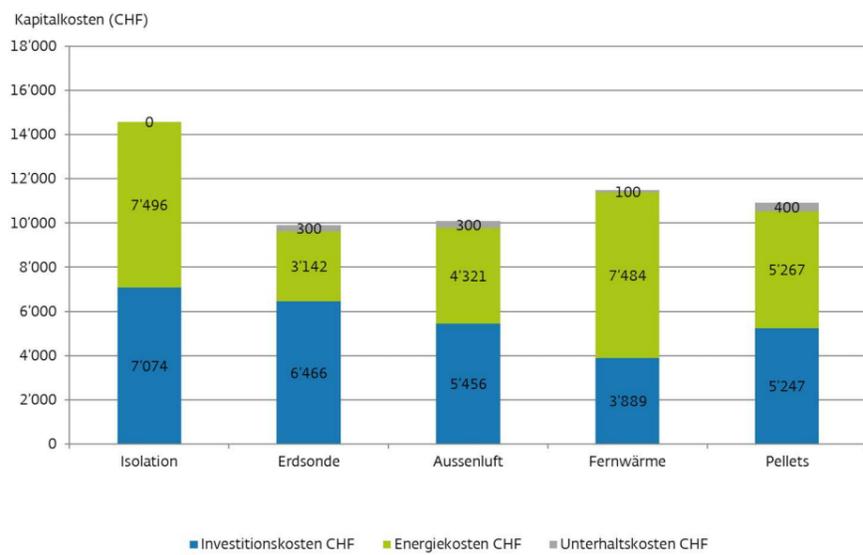


Abbildung 27: WMGD1 – Wohnen, Gross, Mittelland, Dezentral mit WW

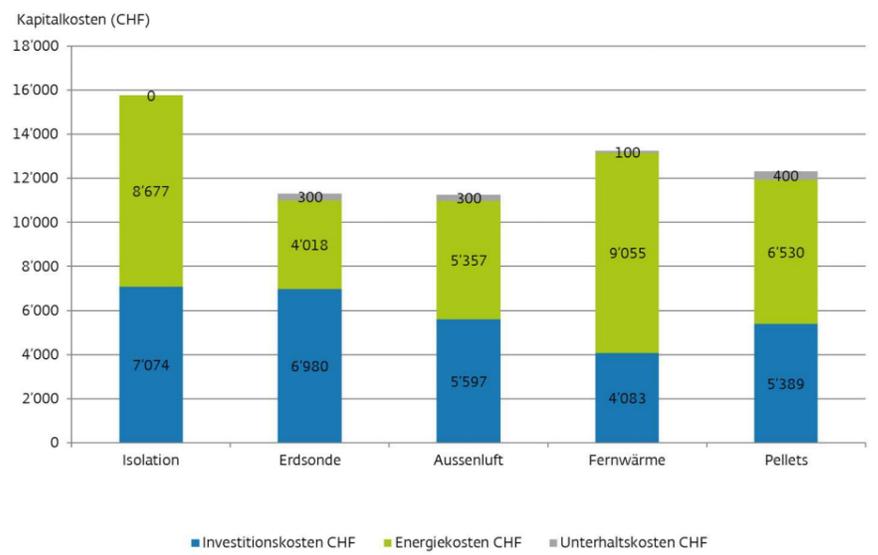


Abbildung 28: WGBD1, Wohnen, Gross, Bergregion, Dezentral mit WW

### 4.5.3 Ferien

In der Kategorie Ferien in Abbildungen 29 bis 32 zeigt sich, dass die Effizienzmassnahme Fernsteuerung über 25 Jahre die beste Variante darstellt. Vor allem bei der dezentralen Erzeugung schneidet diese Lösung klar am besten ab. Die Aussenluft Wärmepumpenlösung ist trotz der höheren Energiekosten während der Lebensdauer gegenüber einer Erdsondenlösung bevorteilt. Dies ist dadurch zu begründen, dass das Gebäude weniger Tage beheizt wird, und somit weniger Energie benötigt wird. Somit fällt der Vorteil der effizienten Wärmeerzeugung im Vergleich zu den anderen Kategorien weniger stark ins Gewicht.

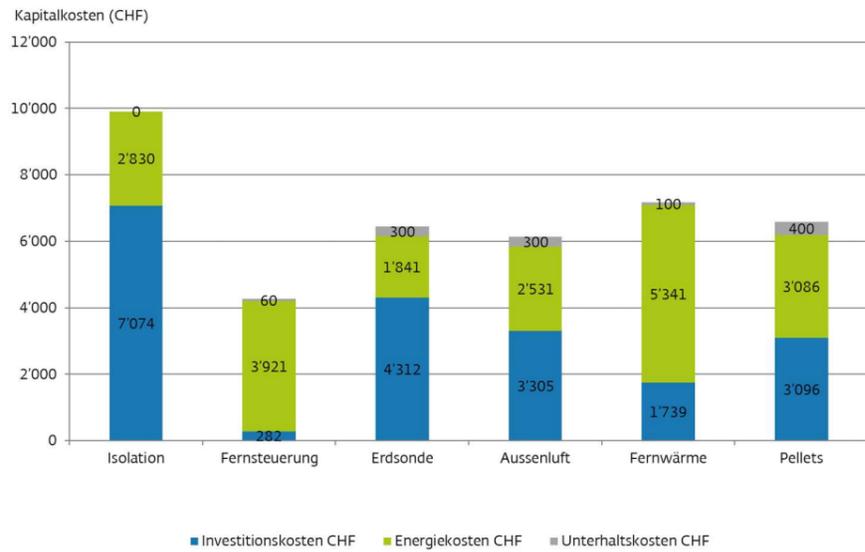


Abbildung 29: FMZ – Ferien, Mittelland, Zentralheizung

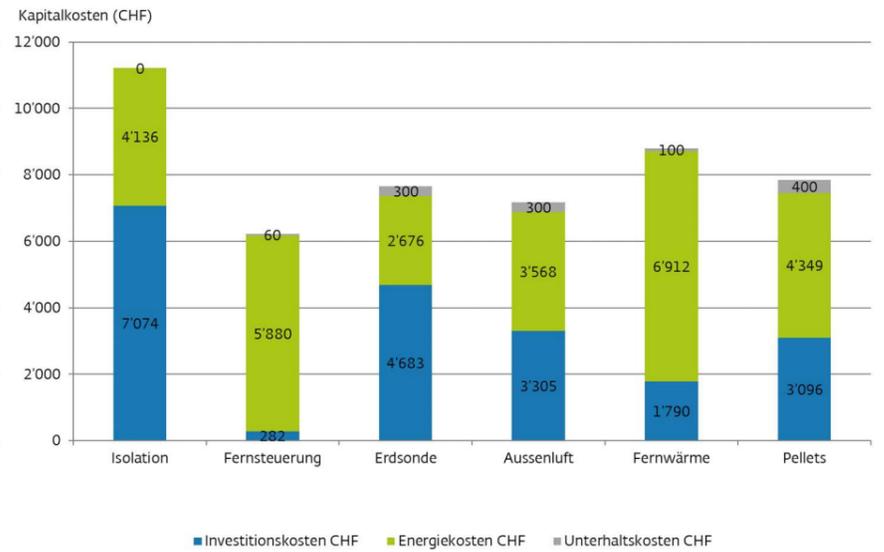


Abbildung 30: FBZ – Ferien, Bergregion, Zentralheizung

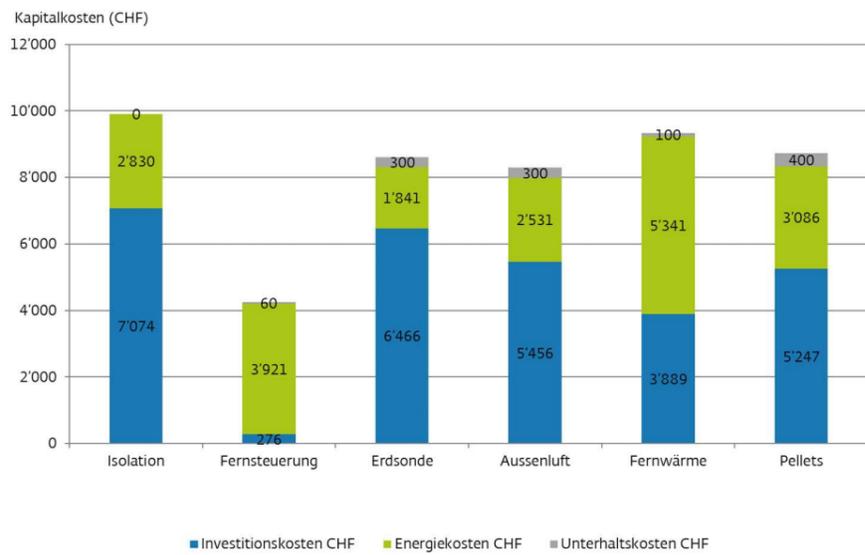


Abbildung 31: FMD1 – Ferien, Mittelland, Dezentral mit WW

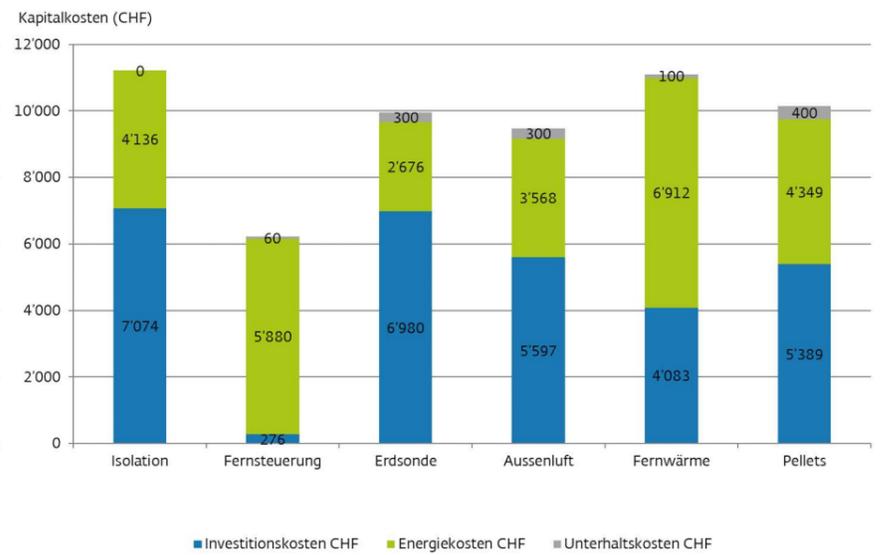


Abbildung 32: FBD1 – Ferien, Bergregion, Dezentral mit WW

## 4.6 Kostenentwicklung

In diesem Kapitel sind die Entwicklungen der Betriebskosten für alle Varianten ersichtlich. Der Startpunkt im Jahre 2022 ergibt sich aus den Investitionskosten. Die Steigung stellt die aufsummierten Kosten für Energie und den Betrieb dar.

### 4.6.1 Wohnen Klein

Zunächst ist die Auflistung für die Kategorie Wohnen Klein aufgezeigt. Einzig die Erdsondenvarianten wird über die Jahre durch die niedrigen Energiekosten kostengünstiger als die Pelletsheizung. Vorteile dank tiefen Investitionskosten weist die Lösung mit der Fernwärme auf. Die restlichen Varianten sind, wie in Kapitel 4.5 diskutiert gleichbleibend.

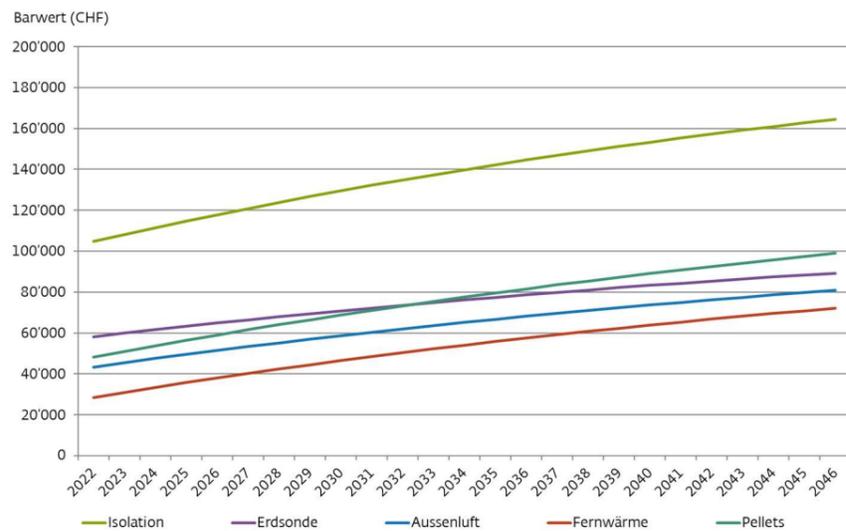


Abbildung 33: WKMZ – Wohnen, Klein, Mittelland, Zentralheizung

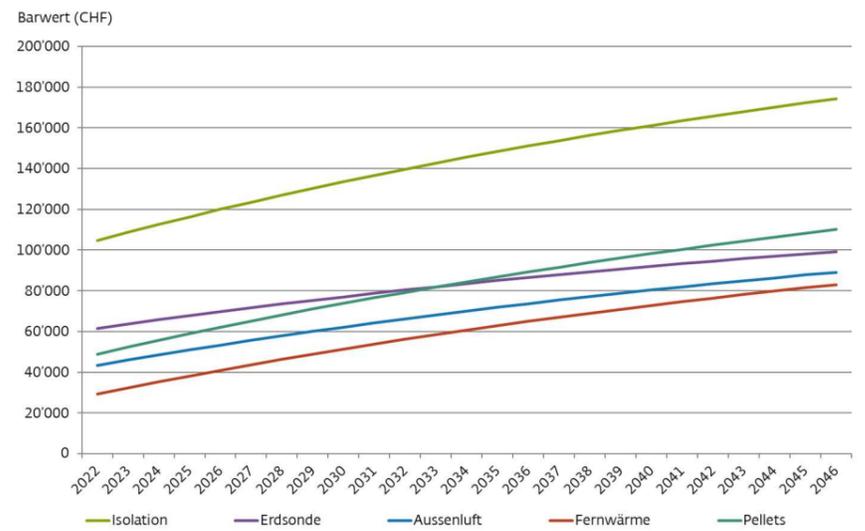


Abbildung 34: WKBZ – Wohnen, Klein, Bergregion, Zentralheizung

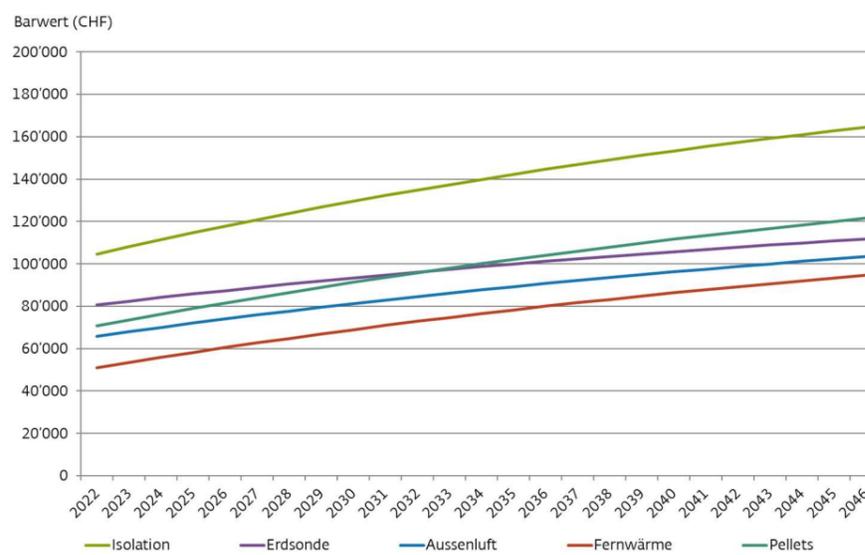


Abbildung 35: WKMD1 – Wohnen, Klein, Mittelland, Dezentral mit WW

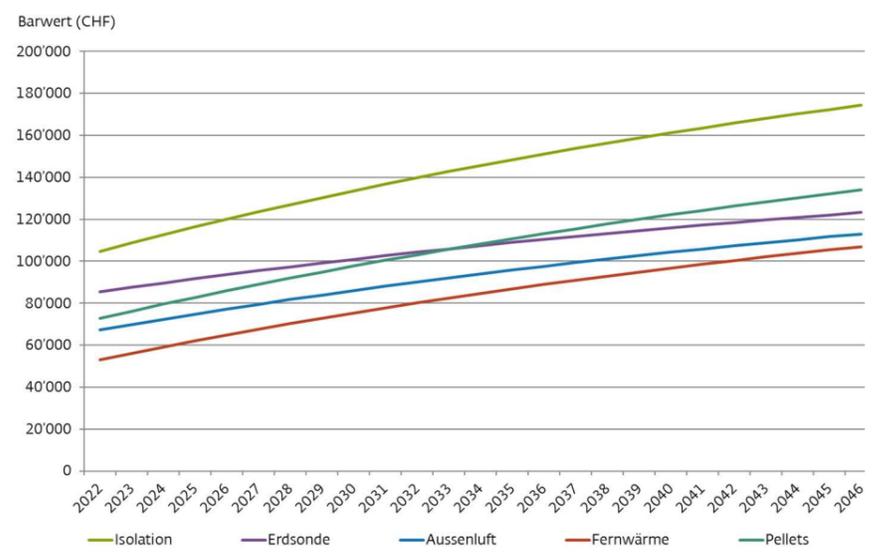


Abbildung 36: WKBD1 – Wohnen, Klein, Bergregion, Dezentral mit WW

### 4.6.2 Wohnen Gross

Die Abbildungen 37 bis 40 zeigen die Kostenentwicklungen der Varianten. Alle Ersatzvarianten sind sehr nahe beisammen. Vorteile haben dank tiefen Investitionskosten Fernwärmelösungen oder Aussenluft-Wärmepumpen. Absolut sind die Kosten höher als bei kleineren Gebäuden.

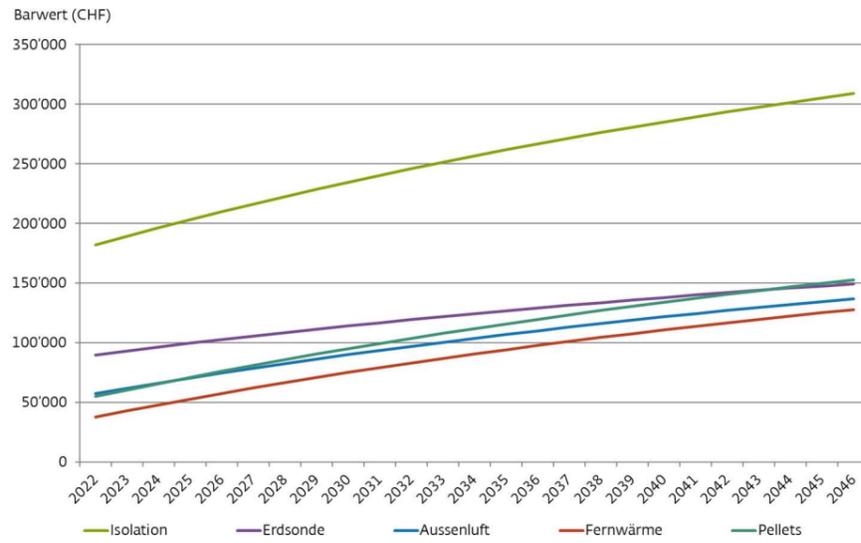


Abbildung 37: WGMZ – Wohnen, Gross, Mittelland, Zentralheizung

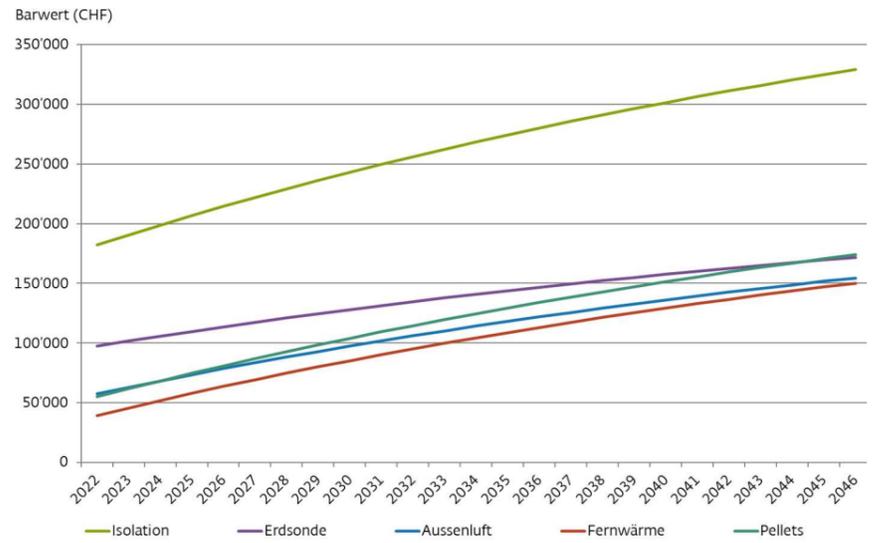


Abbildung 38: WGBZ – Wohnen, Gross, Bergregion, Zentralheizung

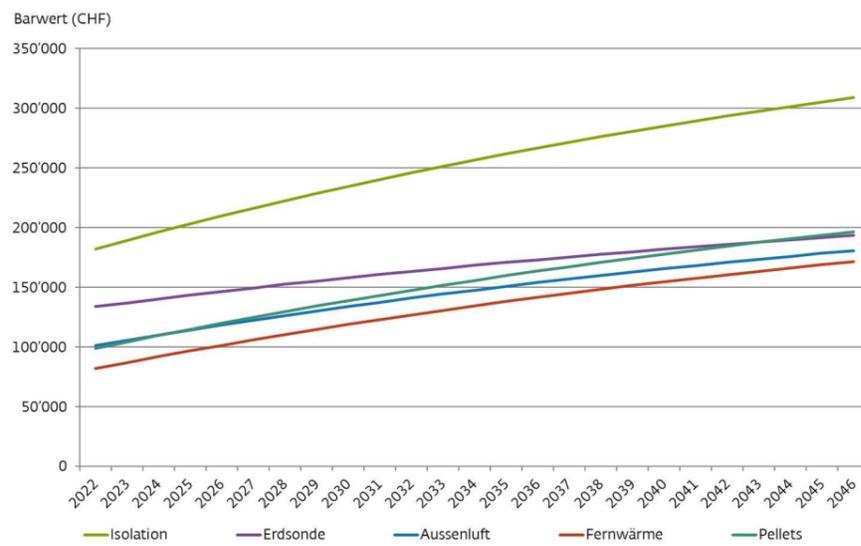


Abbildung 39: WGM D1 – Wohnen, Gross, Mittelland, Dezentral mit WW

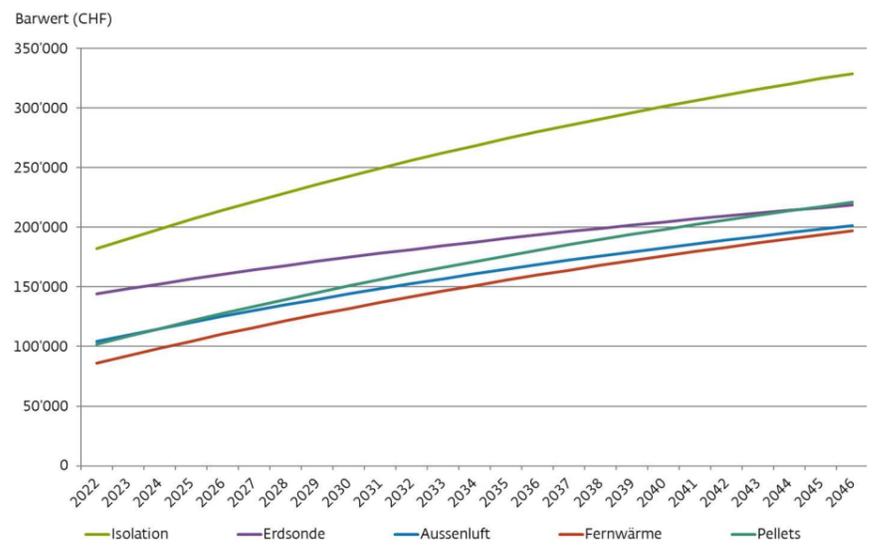


Abbildung 40: WGB D1 – Wohnen, Gross, Bergregion, Dezentral mit WW

### 4.6.3 Ferien

Die Abbildungen 41 bis 44 zeigen die Kostenentwicklungen für die Kategorie Ferien. Die Fernsteuerung ist hier auch trotz den höheren Energiekosten die kostengünstigste Lösung. Bei den Ersatzvarianten schneidet die Fernwärme und die Aussenluft Wärmepumpe ebenfalls sehr gut ab.

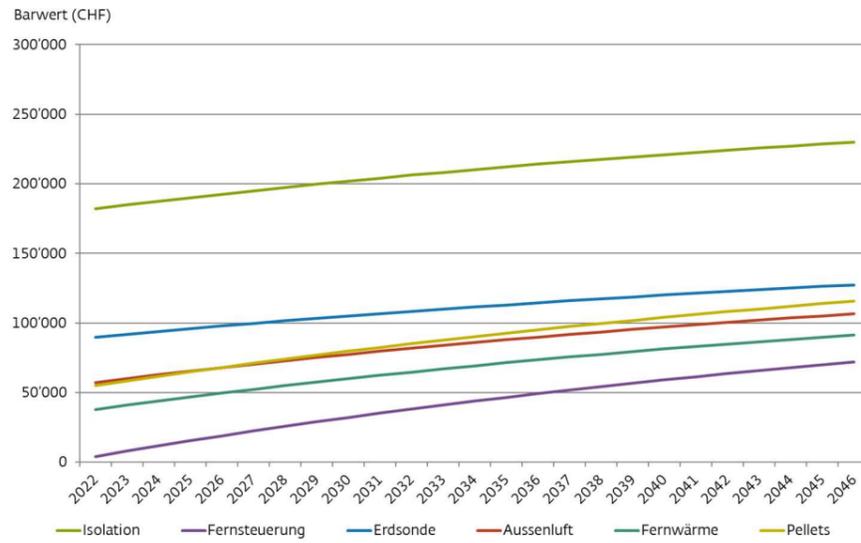


Abbildung 41: FMZ – Ferien, Mittelland, Zentralheizung

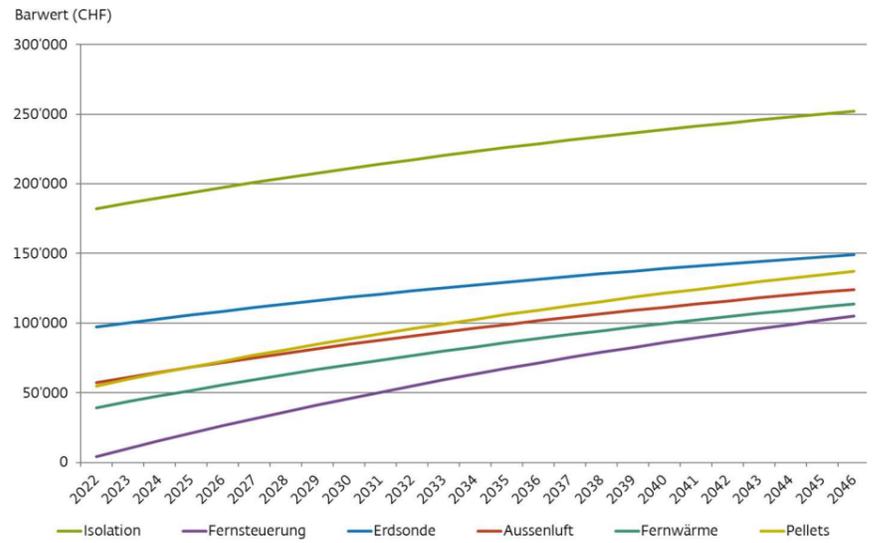


Abbildung 42: FBZ – Ferien, Bergregion, Zentralheizung

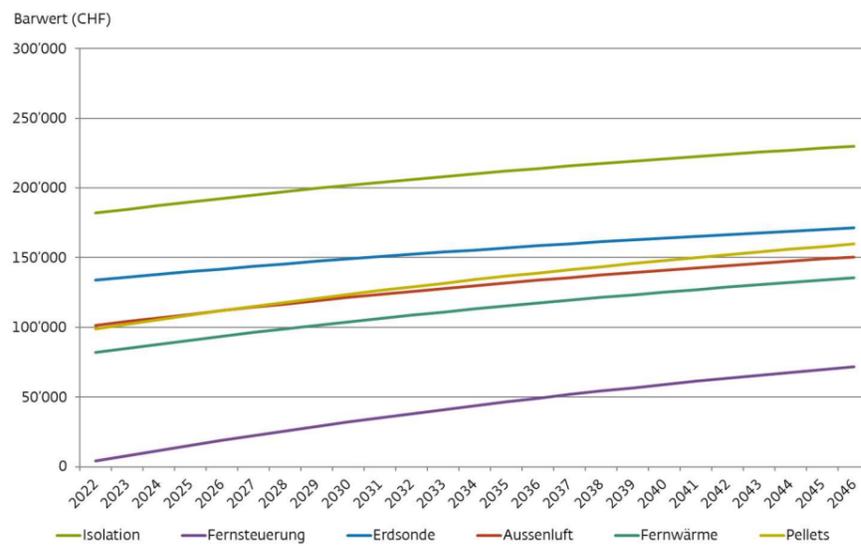


Abbildung 43: FMD1 – Ferien, Mittelland, Dezentral mit WW

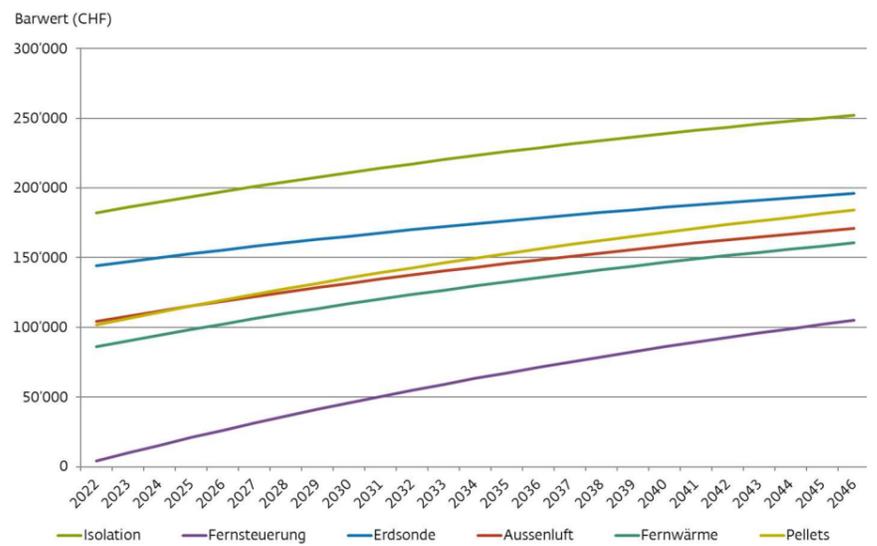


Abbildung 44: FBD1 – Ferien, Bergregion, Dezentral mit WW

#### 4.6.4 Alpine Regionen

Da Elektroheizungen auch im alpinen Raum Verbreitung finden, wurden für zwei Fälle die Sanierungsvarianten im alpinen Raum berechnet. Eine Aussenluft Wärmepumpe ist für grössere Gebäude in dieser Klimazone nicht erhältlich. Die geforderte Heizleistung kann nicht erbracht werden.

Es zeigt sich, dass aufgrund der hohen Energiemenge zum Heizen eine Isolation als Effizienzmassnahme zur Möglichkeit wird. Gerade bei grösseren Gebäude ist dies eine sehr gute Massnahme (Abb. 46). Ansonsten sind die Kosten der Ersatzmassnahmen absolut gesehen höher. Es wird in beiden Varianten Wohnen klein und Ferien mehr Heizleistung benötigt und dies erfordert grössere Erzeugungsgeräte sowie tiefere Erdsonden. Fernwärme ist hier als Massnahme sehr effizient. Sowohl bei Ferien wie auch bei Wohnen klein. In alpinen Regionen, wie beispielsweise dem Engadin sind Wärmeverbünde sehr zu empfehlen. Eine Pelletslösung ist zwar bei den Investitionen attraktiv, auf 25 Jahre gesehen eine teure Ersatzmassnahme.

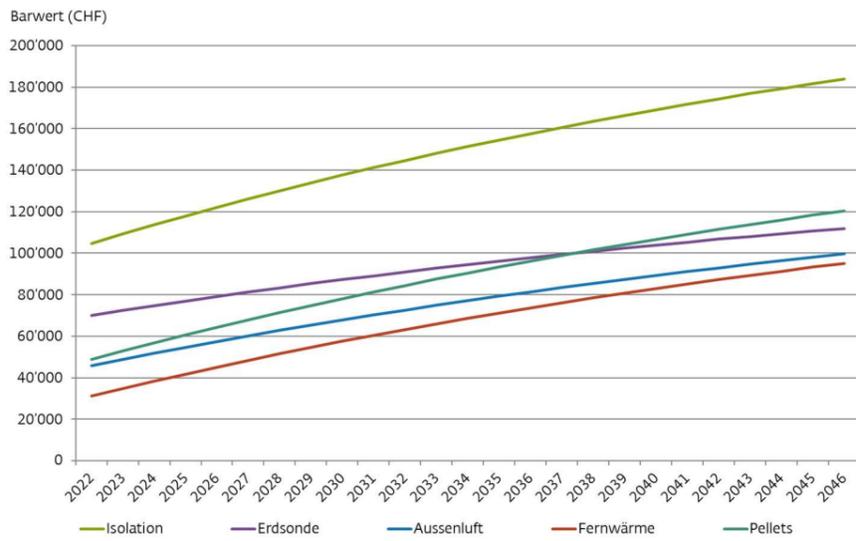


Abbildung 45: WKAZ – Wohnen, Klein, Alpin, Zentral

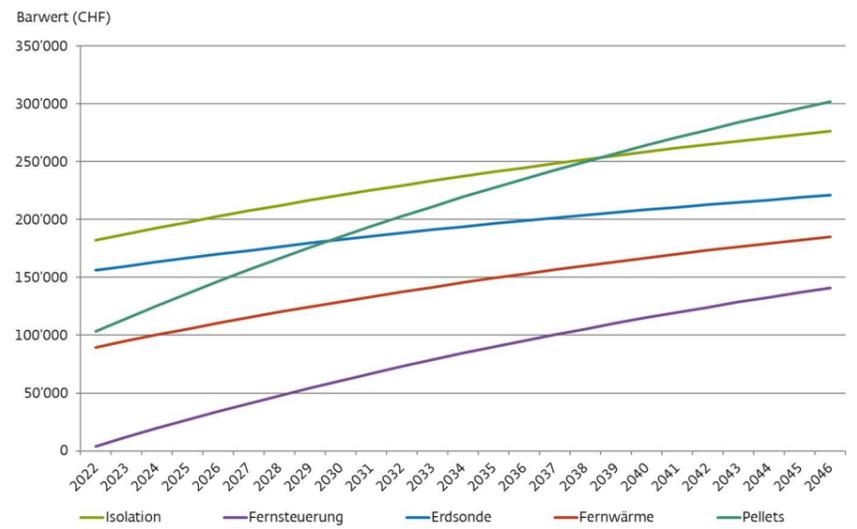


Abbildung 46: FAD1 – Ferien Alpin, Dezentral mit Warmwasser



## 5 Marktanalyse

Im Kapitel Marktanalyse wird eine grobe Schätzung der verschiedenen Typen von EHZ, die derzeit auf dem Schweizer Markt angeboten werden, und der ungefähren Anzahl der pro Jahr verkauften Systeme vorgenommen. Es werden nur Systeme betrachtet, welche für die Raumheizung verwendet werden. Anschließend erfolgt eine erste grobe Abschätzung der wirtschaftlichen Folgen für die EHZ-Lieferanten und EHZ-Anbieter im Falle eines schnelleren Nachfragerückgangs sowie eine Identifikation von potentiellen Märkten, die im Gegenzug entstehen könnten.

Folgende Fragen sollen beantwortet werden:

1. Wie groß ist der Markt von EHZ in der Schweiz?
2. Welche Art von EHZ werden am wahrscheinlichsten derzeit in den identifizierten repräsentativen Gebäuden (siehe Kapitel 2.4) installiert?
3. Wie effizient sind die in der Schweiz verkauften EHZ in Bezug auf die Mindestanforderungen Energieeffizienzverordnung (EnEV)?
4. Welche wirtschaftlichen Folgen würde es für die EHZ-Anbieter geben, wenn die Nachfrage schneller als erwartet reduziert werden kann und welche anderen Märkte könnten im Gegenzug entstehen?

### 5.1 Verkaufszahlen

Neue zentrale Anlagen mit wasserführenden Systemen werden laut Aussage eines Experten der Begleitgruppe schon seit längerem nicht mehr eingebaut. Für den Ersatz und Sanierungen von bestehenden EHZ existieren nach Recherche der Autoren keine Zahlen für den Schweizer Markt. Weder die Hersteller, noch die Installateure geben entsprechende Informationen preis. Gemäss dem Fachverband Elektroapparate für Haushalt und Gewerbe Schweiz (FEA) werden jährlich ca. 60'000 elektrische Heizgeräte verkauft. Die Tendenz ist dabei in den letzten Jahren rückläufig (siehe Tabelle 15).

Tabelle 15: Verkaufszahlen elektrische Heizgeräte in der Schweiz [5]

| Jahr | Anzahl verkaufte Elektroheizgeräte |
|------|------------------------------------|
| 2020 | 54'645                             |
| 2019 | 58'470                             |
| 2018 | 75'066                             |
| 2017 | 85'651                             |

## 5.2 Angebot von Elektrospeicherheizungen

Zur Analyse des bestehenden Angebots an elektrisch betriebenen Speicherheizungen wurde mit fünf ausgewählten Heizungsunternehmer ein Telefongespräch geführt. Keines der Unternehmen wollte namentlich genannt werden. Aufgrund der erhaltenen Auskünfte sind hier drei Marken von Elektrospeicherheizungen ausgewählt. Keines der vorgestellten Produkte wird von einem Unternehmen mit Hauptsitz in der Schweiz produziert.

### 5.2.1 VFE

Der Quantum VFE Wärmespeicher (siehe Abbildung 47) von Dimplex (DE) wird in Varianten von 2-7 kW Nennleistung angeboten. Je nach Grösse kann der Speicher bis zu 56 kWh Energie speichern. Der VFE hat einen integrierten elektronischen Raumtemperatur- und Aufladeregler, sowie ein Tages- und Wochenprogramm um Komfort- und Absenkezeiten der Raumtemperatur zu definieren. Eine Angabe des Wirkungsgrades fehlt in den Dokumentationen.



Abbildung 47: VFE 40 Wärmespeicher [11]

### 5.2.2 WSP

Die Wärmespeicherserie von WSP (siehe Abbildung 48) ist ein Produkt der Firma AEG Haustechnik (DE). Die niedrig Energiespeicher gibt es mit einer Nennanschlussleistung von 1 bis 3.5 kW. Die Produkte haben elektronische Raumtemperaturkontrolle und Wochentagsregelung. Eine Angabe zum Wirkungsgrad des Gerätes fehlt im Produktdatenblatt.



Abbildung 48: Niedrig-Wärmespeicher WSP 5011 N [11]

### 5.2.3 ETS

Die dynamischen Raumheizspeicher ETS von Stiebel Eltron (DE) gibt es mit einer Nennanschlussleistung von 2 bis 5 kW. Spezielle Formsteine mit hohem Wärmeaufnahmevermögen bilden den Speicherkern der dynamischen Einzelspeicher. Mittels Widerstandselementen wird elektrische Energie in Wärme umgewandelt und in diesem Kern gespeichert. Die Abgabe der Wärme erfolgt zu einem Teil durch Strahlung und zum andern durch natürliche Konvektion. Eine Angabe zum Wirkungsgrad des Gerätes fehlt im Produktdatenblatt.

## 5.3 Angebot von Infrarotheizungen

Bei der Internetrecherche sind verschiedene Anbieter von Infrarotheizungen (IR-Heizungen) aufgefallen. Es wird oft auf die zahlreichen Vorteile der IR-Heizungen verwiesen: «IR-Heizungen werden mit elektrischer Energie betrieben. Anders als bei herkömmlichen Heizkörpern funktioniert die Infrarotheizung nicht nach dem Konvektionsprinzip, sondern erwärmt Objekte direkt mit Strahlungswärme. Schnelle Vorlaufzeiten, hübsche Designs, platzsparende Installation sprechen durchaus für IR-Heizungen [6] ». Da es Schweizer Hersteller von IR-Heizungen gibt, wird das Angebot hier ebenfalls aufgeführt.

### 5.3.1 ZenSwiss

Die ZenSwiss aus Nidau stellt Niedrigenergie-Infrartheizungen her. Laut eigener Aussage erzeugen die IR-Heizungen eine äusserst behagliche Infrarotwärme, vergleichbar mit einem Kachelofen, dabei werden alle Objekte (Wände, Möbel, Bewohnende), welche sich vor der ZenSwiss Heizung befinden angenehm erwärmt [6].

Die ZenSwiss Niedrigenergie-Infrartheizungen werden zu 100% in der Schweiz entwickelt und hergestellt, dabei werden ausschliesslich qualitativ hochwertige Materialien verwendet. Aus den obengenannten Gründen sind Niedrigenergie-Infrartheizungen 30 bis 50% effizienter, bzw. sparsamer gegenüber herkömmlichen Infrartheizungen. Die Energieeffizienz wird mit 72 % angegeben.



Abbildung 49: ZenSwiss Niedrigenergie Infrartheizungen [10]

### 5.3.2 Schurter Infrarot

Die Hildebrand GmbH aus Theilingen bietet neben Wärmepumpenboiler auch Oekoswiss Niedrigenergie Glasheizelemente an. Laut eigenen Aussagen sei die Effizienz der Produkte rund 30% besser als herkömmliche IR-Heizungen auf dem Markt. Im Portfolio gibt es Paneele von 300 bis 890 Watt Leistung. Alle Modelle können mit Thermostat und intelligenter Regelung bestellt werden.

### 5.3.3 HeatWell

HeatWell IR-Heizung der Firma MRB Services GmbH aus Bünzen steht für High-tech und Qualität aus der Schweiz. Wie Schurter Infrarot operieren sie mit Glaspaneelen von 310 bis 1360 Watt Leistung. Alle Paneele sind mit Funkthermostaten erhältlich.

## 5.4 Angebot in Bau- und Hobbymärkten

Zum Angebot von Heizlüfter und IR-Heizungen gehören auch die bekannten Baumärkte. Die beiden meist verkauften Produkte im Segment Elektroheizungen pro Baumarkt sind in Tabelle 16 aufgeführt.

Tabelle 16: Beliebteste Elektro-Heizungsprodukte in Schweizer Baumärkten

| Bau- und Hobbymarkt | Produkt                   | Bild  |
|---------------------|---------------------------|---|
| Coop Bau und Hobby  | Infrarot-Heizplatte       |    |
|                     | Keramik Heizlüfter        |   |
| Do it Garden        | Garden Keramik-Heizlüfter |  |
|                     | Glas-Konvektor            |  |

|          |                         |   |
|----------|-------------------------|---|
| Hornbach | Heizlüfter              |    |
|          | Konvektor               |    |
| Jumbo    | Infrarot-Heizung        |   |
|          | Glaspanel-Heizkörper    |  |
| OBI      | Konvektorheizer         |  |
|          | Glaskonvektor-Heizgerät |  |

Die aufgeführten Elektroheizungen verfügen allesamt über einen Thermostat und die meisten sind mehrstufige Heizungen. Die Effizienzangaben sind bei keiner der aufgeführten Heizung ersichtlich. Es zeigt sich, dass IR-Heizungen und Konvektoren im Handel beliebt sind.

## 5.5 Effizienz der angebotenen Produkte

Die Schweiz stützt sich bei Luftheizapparaten auf die EU Verordnung: EU 2015/1188. Ab dem 1. Januar 2021 darf der Raumheizungs-Jahresnutzungsgrad von Luftheizungsprodukten einen Wert von 31% nicht unterschreiten. Davor galt der Wert 30 % als Schwelle.

Es zeigt sich, dass der Jahresnutzungsgrad in den Angaben oft fehlt. Jedoch kann festgehalten werden, dass die untersuchten Produkte die minimalen Standards einhalten. Die Speicherheizungen und IR-Paneele haben alle integrierte Thermostaten und programmierbare Laufzeiten. Sie sind in der Umwandlung von Strom in Wärme etwa acht- bis zehnmals schlechter verglichen mit dem COP von Wärmepumpenanlagen.

## 5.6 Wirtschaftliche Folgen für EHZ-Anbieter

Falls der Ersatz von elektrischen Speicherheizungen verboten würde, wird dies keine negativen wirtschaftlichen Folgen für die Installateure haben. Wärmepumpen oder Wärmeerzeuger mit Holz sind installationstechnisch aufwendiger und die Marge für den Heizungsunternehmer ist höher als bei elektrischen Speicherheizungen. Bei der Recherche und während den Telefonaten mit Unternehmer sind folgende Firmen in der Deutschschweiz aufgefallen, welche alle elektrische Heizsysteme installieren oder vertreiben. Die Aufzählung ist nicht vollständig, zeigt aber, dass die Firmen noch weitere Angebote im Heizungs- oder Warmwasserbereich haben.

- Haustechnik und Heizungssysteme GmbH in Zug vertreibt neben Flächenspeicherheizungen auch Badheizungen und Handtuchrockner
- Apitec AG in Meggen installiert neben Heizungsanlagen auch Klimageräte
- MRB Services in Bünzen vertreibt auch weitere Produkte wie Elektroroller
- Accum Wärmetechnik GmbH in Gossau ZH hat neben elektrischen Heizungen auch Wärmepumpenboiler im Angebot
- Störi AG in Wollerau macht einen Grossteil des Umsatzes mit Wärmepumpen und Warmwassererzeuger

Zudem zeigt sich in Kapitel 5.2, dass die elektrischen Speicherheizungen nicht in der Schweiz hergestellt werden und nur vereinzelte Infrarotpaneelle aus der Schweiz stammen. Vertreiber von elektrischen Speicherheizungen, werden ein Verbot spüren. Alle untersuchten Unternehmen haben noch alternative Produkte im Angebot.

## 5.7 Fazit

Die schwierige Datenlage zeigt sich auch in der Marktanalyse. Absatz- oder Verkaufszahlen zu EHZ fehlen. Bei den eingesetzten Produkten, kann festgehalten werden, dass keines von einer, in der Schweiz ansässigen Firma, produziert wird. Kleingeräte wie Heizlüfter oder elektrische Öfen verzeichnen einen Rückgang der Absatzzahlen seit 2017.

Neben verschiedenen Geräten mit Widerstandsheizung wie Schuh-Wärmer, Küchentuch-Trockner, Fussmatten, welche bezüglich Energieverbrauch kaum ins Gewicht fallen, sind bei der Internetrecherche vor allem Infrarotheizungen aufgefallen. Diese Geräte sind oft mit Netzstecker einsetzbar, so kann eine Betriebsbewilligung umgangen werden. Wenn allerdings eine gesamte Wohnung so beheizt werden soll, dürfte die vorhandene Elektroinstallation häufig bezüglich Anschlussleistung (Sicherungsgruppen) überfordert sein. Somit werden diese Anwendungen wohl in den meisten Fällen zur Beheizung eines Bastel- und Hobbykellers oder im Bad- und Nasszellenbereich eingesetzt werden.

## 6 Schlussfolgerungen

Die Daten des Eidgenössischen Gebäude- und Wohnungsregisters zeigen auf, dass total 115'000 Gebäude in der Schweiz mit Speicher-EHZ beheizt werden. Es ist davon auszugehen, dass mit bestehenden Datenlücken die Zahl zwischen 115'000 und 150'000 Wohnungen liegen wird. Es zeigt sich, dass sich vor allem in Bergregionen sowie in der Romandie Elektroheizungen nach wie vor grosser Beliebtheit erfahren.

Verschiedene Ersatzvarianten für Wärmerzeuger wurden für charakterisierte Gebäude betrachtet. Als Ersatzmöglichkeiten wurde der Anschluss an ein bestehendes Fernwärmenetz, ein Ersatz mit einer Pelletheizung, eine Aussenluft-Wärmepumpen, Erdsonden mit einer Wärmepumpe und der Einbau von Splitgeräten geprüft. Es zeigt sich, dass bei zentralen EHZ-System ein Anschluss an ein bestehendes Fernwärmenetz die beste Option in punkto Stromersparnisse darstellt. Regional bestehen grosse Unterschiede bezüglich Anschlusskosten und Wärmepreise, deshalb ist eine Aussage zu Anschlusskosten im Einzelfall zu prüfen. Ein Ersatz mit Pellets hat je nach Grösse des Gebäudes tiefere Investitionskosten, als eine Wärmepumpenlösung mit Sonde. Über 25 Betriebsjahre betrachtet sind Lösungen mit Erdwärmesonde oder Aussenluft Wärmepumpen kostenmässig aber bevorteilt.

Bei dezentralen EHZ-Systemen sind Varianten mit Splitgeräte mit Blick auf die Kosten sehr attraktiv. Sie weisen in Übergangszeiten einen höheren Wirkungsgrad als EHZ auf, sind aber bei kälteren Temperaturen sehr ineffizient und benötigen in diesen Zeiten sehr viel Strom. Weitere Ersatzvarianten für Wärmeerzeuger kommen einher mit der Installation einer Wärmeverteilung. Einbau von Wärmeverteilungen sind mit 300-350 CHF/m<sup>2</sup> verhältnismässig teuer und aufwendig, weshalb die absoluten Investitionskosten höher sind als bei zentralen Systemen.

Bei Zweitwohnungen, welche nur während wenigen Wochen im Jahr genutzt werden, lohnt es sich eine Heizungsfernsteuerung einzubauen. Die Rückzahldauer dieser Massnahme beträgt je nach Gebäudetyp weniger als drei Jahre und wird sehr empfohlen. In alpinen Regionen mit einer Auslegetemperatur von -18°C und einer Jahresdurchschnittstemperatur von 0°C fällt bei grösseren Gebäuden die Möglichkeit weg, eine Aussenluft Wärmepumpe zu installieren. Die Möglichkeit von Fernwärmeverbänden, welche in alpinen Regionen oft nicht vorhanden sind, und eine Lösung mit Erdsonde schneiden in diesen extremen Fällen am besten ab. Ebenfalls lohnt sich die Isolationen der Häuser als Effizienzmassnahme zur Senkung des Wärmeverbrauchs. Bei allen anderen untersuchten Gebäuden ist die Isolation bezogen auf die reinen Stromeinsparungen nicht zu rechtfertigen.

Bei einer heutigen Sanierung von Elektroheizungen, kann festgehalten werden, dass keines der eingesetzten Produkte von einer, in der Schweiz ansässigen Firma, produziert wird. Wie viele Speicher-EHZ jährlich ersetzt werden, kann nicht evaluiert werden. Gemäss dem Fachverband Elektroapparate für Haushalt und Gewerbe Schweiz (FEA) werden jährlich ca. 60'000 kleinere elektrische Heizgeräte über den Detailhandel verkauft [2]. Die Absatzzahlen sind seit 2017 rückläufig. Infrarotheizungen sind bei der Marktanalyse vor allem aufgefallen. Diese Geräte sind oft mit Netzstecker einsetzbar, so kann eine Betriebsbewilligung umgangen werden. Wenn allerdings eine gesamte Wohnung so beheizt werden soll, dürfte die vorhandene Elektroinstallation häufig bezüglich Anschlussleistung (Sicherungsgruppen) überfordert sein. Somit werden diese Anwendungen wohl in den meisten Fällen zur Beheizung eines Nebenraumes oder im Bad- und Nasszellenbereich eingesetzt.

Es zeigt sich, dass nicht nur eine Massnahme benötigt wird, um den Ersatz von Speicher-Elektroheizungen zu beschleunigen. Massnahmen sollen regional differenziert werden um den Aspekten der verschiedenen Klimazonen gerecht zu werden. Um einen vorzeitigen Ersatz zu fördern, können die bisherigen Fördermittel erhöht und harmonisiert werden. Aus Sicht der Autoren ist neben dem Ersatz des Wärmeerzeugers auch der Einbau von Wärmeverteilsystemen verstärkt zu fördern. Im Zuge der Auswertung der verschiedenen Ersatzvarianten zeigt sich, dass jedes Gebäude individuell betrachtet werden muss. Impulsberatungen von Gebäudespezialisten sind daher zu begrüssen.

## 7 Literaturverzeichnis

- [1] A. Kemmler, „Analyse des Schweizerischen Energieverbrauchs 2000-2019 nach Verwendungszweck,“ 2020.
- [2] E. a. Jürg Nipkow, „Elektroheizungen - Massnahmen und Vorgehensoptionen zur Reduktion des Stromverbrauchs,“ 2009.
- [3] Stettler, Sandra, „Sonnendach.ch,“ Feldmeilen, 2016.
- [4] „SIA 380/1,“ 2009.
- [5] FEA, „Fachverband Elektroapparate für Haushalt und Gewerbe Schweiz, Verkaufszahlen,“ 2021. [Online]. Available: <https://fea.ch/de/markt/marktstatistik/>.
- [6] ZenSwiss, 2021. [Online]. Available: [https://ecofort.ch/de/infrartheizungen/1249-zenswiss.html?channable=01ffca696400313234395f313331383913&gclid=Cj0KCQiAweaNBhDEARIsAJ5hwbe8TL\\_pfxmtv2rzQlpUP661nl3GZ1Ak9NF2fJYVNwVkihvlc-06Zz0aAtwAEALw\\_wcB#/leistung\\_grosse-550w\\_54\\_cm\\_x\\_118\\_cm/farbe-matt\\_weis](https://ecofort.ch/de/infrartheizungen/1249-zenswiss.html?channable=01ffca696400313234395f313331383913&gclid=Cj0KCQiAweaNBhDEARIsAJ5hwbe8TL_pfxmtv2rzQlpUP661nl3GZ1Ak9NF2fJYVNwVkihvlc-06Zz0aAtwAEALw_wcB#/leistung_grosse-550w_54_cm_x_118_cm/farbe-matt_weis).
- [7] B. f. S. - S. G. u. Wohnungen, „Merkmalskatalog - Eidgenössisches Gebäude- und Wohnungsregister,“ Neuenburg, 2018.
- [8] W. Geäudetechnik, 2021. [Online]. Available: [www.wirth-geaedetechnik.ch/heizungssanierungen/infrartheizung](http://www.wirth-geaedetechnik.ch/heizungssanierungen/infrartheizung).
- [9] ETS, 2021. [Online]. Available: <https://www.stiebel-eltron.ch/de/home/produkte-loesungen/raumheizung/speicherheizung/alle-produkte.html>.
- [10] Klimastar, „Klimastar,“ 2021. [Online]. Available: [https://ecofort.ch/de/hybridradiatoren/1471-climastar-avant-touch.html#/leistung\\_grosse-800\\_w\\_50\\_x\\_50\\_cm/farbe-white\\_slate](https://ecofort.ch/de/hybridradiatoren/1471-climastar-avant-touch.html#/leistung_grosse-800_w_50_x_50_cm/farbe-white_slate).
- [11] WSP, „Niedrig-Wärmespeicher,“ 2021. [Online]. Available: : [https://www.megabad.com/hersteller-aeg-waermespeicher-niedrig-baureihe-wsp-a-586906.htm?ref=FrgArt\\_586906\\_586906&ll=ch&gclid=Cj0KCQiAweaNBhDEARIsAJ5hwbd6AniUrqyFMwUMvpvL1Vx\\_s0i7oZNH\\_KmWCP\\_esrZ9tNrD7-Cd7cUaAkEgEALw\\_wcB](https://www.megabad.com/hersteller-aeg-waermespeicher-niedrig-baureihe-wsp-a-586906.htm?ref=FrgArt_586906_586906&ll=ch&gclid=Cj0KCQiAweaNBhDEARIsAJ5hwbd6AniUrqyFMwUMvpvL1Vx_s0i7oZNH_KmWCP_esrZ9tNrD7-Cd7cUaAkEgEALw_wcB).
- [12] Klarstein, „Wanderwall Air 72,“ 2021. [Online]. Available: [https://www.klarstein.ch/Heizen/Infrartheizungen/Infrartheizungen-Wand-Decke/Wanderwall-Air-72-Infrartheizung-120x60cm-720W-Wandinstallation-Fernbedienung-120-x-60-cm.html?gclid=Cj0KCQiAweaNBhDEARIsAJ5hwberc\\_MLz6-4WSw5j3Pm9o2B0WbXPSS9hIUqUIhIS20ebfHYX3](https://www.klarstein.ch/Heizen/Infrartheizungen/Infrartheizungen-Wand-Decke/Wanderwall-Air-72-Infrartheizung-120x60cm-720W-Wandinstallation-Fernbedienung-120-x-60-cm.html?gclid=Cj0KCQiAweaNBhDEARIsAJ5hwberc_MLz6-4WSw5j3Pm9o2B0WbXPSS9hIUqUIhIS20ebfHYX3).

## 8 Anhang

### 8.1 Vergleich elektr. Speicherheizung vs. direktelektrische Heizungen

Laut der Studie «Elektroheizungen» [2] sind deutlich mehr direktelektrische Heizungen in der Schweiz verbaut, als im GWR erfasst. In dieser Untersuchung wurden die Elektrizitätswerke der Schweiz befragt. Die Resultate ergaben, dass das Verhältnis zwischen direkt elektrisch zu Elektrospeicherheizungen bei 3:4 liegt. Eine Expost-Studie [1] kommt auf das Verhältnis 2:1 Elektrospeicherheizungen zu elektrisch direkt.

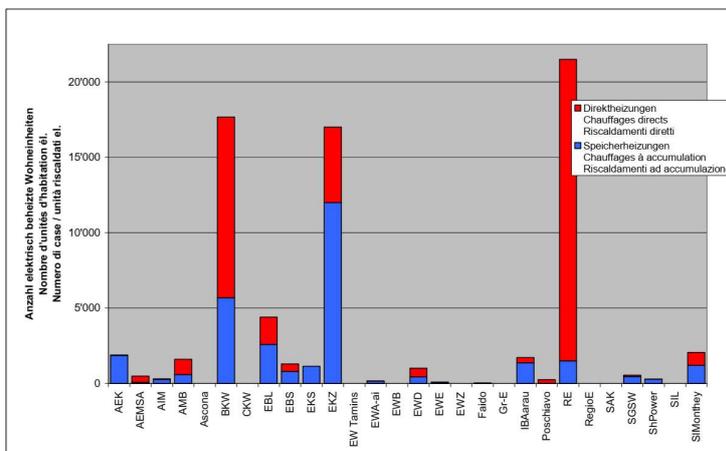


Abbildung 50: Anteile an Direkt- und Speicher-Elektroheizungen, gemäss EW-Umfrage [2]

Die Umfrage bei Liegenschaftsbesitzer zeigte eine ähnliche Tendenz auf. Die folgende Darstellung zeigt zudem, dass in den verschiedenen Regionen der Schweiz unterschiedliche Typen von Elektroheizungen favorisiert sind.

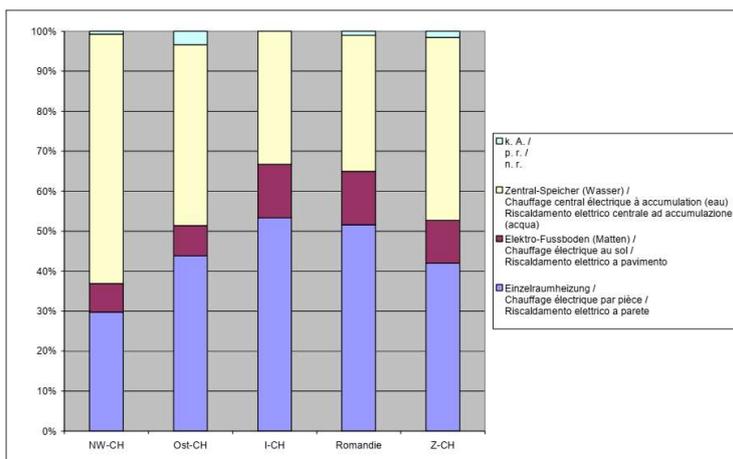


Abbildung 51: Anteil an elektrischen Zentral-, Fussboden- und Zentralheizungen, Umfrage Eigentümer [2]

## 8.2 Heizleistungsbestimmung

Zur Ermittlung der Heizleistung aus dem Jahresenergieverbrauch wurden zwei unterschiedliche Berechnungsmethoden verwendet, welche sich in der Praxis bewährt haben (SIA384/1 und SIA384/3). Die ermittelten Leistungen pro Gebäudetyp sind in diesem Kapitel dargestellt.

### 8.2.1 Wohnen klein

Tabelle 17: Bestimmung Heizleistung

|  | <b>Mittelland</b> | <b>Bergregion</b> |
|--|-------------------|-------------------|
| Energieverbrauch                                       | 14'080 kWh / a    | 20'480 kWh / a    |
| Heizleistung nach SIA384/1:<br>spezifischer Heizbedarf | 4 kW              | 6 kW              |
| Heizleistung nach SIA384/3:<br>Summenhäufigkeit        | 4 kW              | 6 kW              |
| Gewählte Heizleistung                                  | 4 kW              | 6 kW              |
| Warmwasserbereitstellung                               | 2.5 kW            | 2.5 kW            |

### 8.2.2 Wohnen gross

Tabelle 18: Bestimmung Heizleistung

|   | <b>Mittelland</b> | <b>Bergregion</b> |
|---|-------------------|-------------------|
| Energieverbrauch  | 29'040 kWh / a    | 42'240 kWh / a    |
| Heizleistung nach SIA384/1:<br>spezifischer Heizwärmebedarf | 9 kW              | 12 kW             |
| Heizleistung nach SIA384/3:<br>Summenhäufigkeit             | 9 kW              | 11 kW             |
| Gewählte Heizleistung                                       | 9 kW              | 11 kW             |
| Warmwasserbereitstellung                                    | 5 kW              | 5 kW              |

### 8.2.3 Energiebedarf bei reduzierter Raumtemperatur

Zur Bestimmung der Heizleistung für die Fernsteuerung wurden folgende Parameter verwendet.

Tabelle 19: Parameter Heizleistung

|                  | Normalbetrieb<br>Mittelland | Normalbetrieb<br>Bergregion | Reduzierter<br>Betrieb, Mittelland | Reduzierter<br>Betrieb, Bergregion |
|------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Raumtemperatur   | 21 °C                       | 21 °C                       | 15 °C                              | 15 °C                              |
| Heizgrenze       | 15 °C                       | 15 °C                       | 10 °C                              | 10 °C                              |
| Energieverbrauch | 29'040 kWh / a              | 42'240 kWh / a              | 16'000 kWh / a                     | 26'000 kWh / a                     |

### 8.3 Anwesenheitsannahme

Folgende Parameter wurden verwendet, um den Jahresenergiebedarf zu bestimmen.

Tabelle 20: Herleitung Energieverbrauch Ferien

| Parameter                          | Wert                    |
|------------------------------------|-------------------------|
| Anwesenheitsdauer                  | 36 Tage                 |
| Durchschnittliche Aufenthaltsdauer | 3 Tage                  |
| Aufheiztage                        | 12 Tage                 |
| Total Heiztage                     | 45 Tage (Anteil: 12 %)  |
| Niedertemperaturtage               | 320 Tage (Anteil: 88 %) |
| Heizenergie Mittelland             | 17'608 kWh / a (- 39 %) |
| Heizenergie Bergregion             | 28'002 kWh / a (- 33 %) |
| Warmwasser                         | 3'206 kWh (- 88%)       |

## 8.4 Wirtschaftlichkeitsgrundlage

Folgend ist die Auflistung für die Wirtschaftlichkeitsanalyse ersichtlich:

Tabelle 21: Kennzahlen Wirtschaftlichkeit

| Berechnungsgrösse        | Wert     |
|--------------------------|----------|
| Kalkulationszinssatz     | 3%       |
| Allgemeine Teuerungsrate | 2%       |
| Investition ab Jahr      | 2022     |
| Betrachtungsdauer        | 25 Jahre |

## 8.5 Jährlicher CO<sub>2</sub>-Ausstoss

Folgend ist der jährliche CO<sub>2</sub>-Ausstoss pro Jahr in kgCO<sub>2</sub> für alle Varianten dargestellt.

Tabelle 22: CO<sub>2</sub>-Ausstoss in kg pro Jahr

|       | Isolation | Erdsonde | Aussenluft | Fernwärme | Splitgeräte | Pelets   | Fernsteuerung |
|-------|-----------|----------|------------|-----------|-------------|----------|---------------|
| WKMZ  | 1'911.07  | 858.12   | 1'064.06   | 2'816.64  |             | 762.77   |               |
| WKMD1 | 1'911.07  | 858.12   | 1'064.06   | 2'816.64  |             | 762.77   |               |
| WKMD2 | 687.07    | 463.28   | 574.46     | 1'520.64  | 652.80      |          |               |
| WKBZ  | 2'223.40  | 1'068.70 | 1'325.18   | 3'507.84  |             | 949.95   |               |
| WKBD1 | 2'223.40  | 1'068.70 | 1'325.18   | 3'507.84  |             | 949.95   |               |
| WKBD2 | 999.40    | 673.86   | 835.58     | 2'211.84  | 949.53      |          |               |
| WGMZ  | 4'058.48  | 1'701.24 | 2'339.20   | 5'944.32  |             | 1'609.77 |               |
| WGMD1 | 4'058.48  | 1'701.24 | 2'339.20   | 5'944.32  |             | 1'609.77 |               |
| WGMD2 | 1'406.48  | 897.60   | 1'184.83   | 3'136.32  | 1'346.40    |          |               |
| WGBZ  | 4'697.71  | 2'175.15 | 2'900.20   | 7'369.92  |             | 1'995.84 |               |
| WGBD1 | 4'697.71  | 2'175.15 | 2'900.20   | 7'369.92  |             | 1'995.84 |               |
| WGBD2 | 2'045.71  | 1'305.60 | 1'723.39   | 4'561.92  | 1'958.40    |          |               |
| FMZ   | 1'532.14  | 996.69   | 1'370.46   | 3'482.57  |             | 943.11   | 2'123.03      |
| FMD1  | 1'532.14  | 996.69   | 1'370.46   | 3'482.57  |             | 943.11   | 2'123.03      |
| FMD2  | 1'205.13  | 897.60   | 1'184.83   | 3'136.32  | 1'346.40    |          | 1'796.02      |
| FBZ   | 2'239.31  | 1'448.59 | 1'931.46   | 4'908.17  |             | 1'329.17 | 3'183.22      |
| FBD1  | 2'239.31  | 1'448.59 | 1'931.46   | 4'908.17  |             | 1'329.17 | 3'183.22      |
| FBD2  | 1'912.30  | 1'305.60 | 1'723.39   | 4'561.92  | 1'958.40    |          | 2'856.20      |

## 8.6 Jährliche CO<sub>2</sub>-Einsparung

Folgend sind die eingesparten CO<sub>2</sub>-Emissionen dargestellt. Als Referenz diente eine elektrische Heizung.

Tabelle 23: Jährlich CO<sub>2</sub>-Einsparung in kg

|       | Isolation | Erdsonde | Aussenluft | Fernwärme | Splitgeräte | Pelets   | Fernsteuerung |
|-------|-----------|----------|------------|-----------|-------------|----------|---------------|
| WKMZ  | 749.09    | 1'802.04 | 1'596.10   | -156.48   |             | 1'897.39 |               |
| WKMD1 | 749.09    | 1'802.04 | 1'596.10   | -156.48   |             | 1'897.39 |               |
| WKMD2 | 749.09    | 972.88   | 861.70     | -84.48    | 783.36      |          |               |
| WKBZ  | 1'089.56  | 2'244.26 | 1'987.78   | -194.88   |             | 2'363.01 |               |
| WKBD1 | 1'089.56  | 2'244.26 | 1'987.78   | -194.88   |             | 2'363.01 |               |
| WKBD2 | 1'089.56  | 1'415.10 | 1'253.38   | -122.88   | 1'139.43    |          |               |
| WGMZ  | 1'555.60  | 3'912.84 | 3'274.88   | -330.24   |             | 4'004.31 |               |
| WGMD1 | 1'555.60  | 3'912.84 | 3'274.88   | -330.24   |             | 4'004.31 |               |
| WGMD2 | 1'555.60  | 2'064.48 | 1'777.25   | -174.24   | 1'615.68    |          |               |
| WGBZ  | 2'262.77  | 4'785.33 | 4'060.28   | -409.44   |             | 4'964.64 |               |
| WGBD1 | 2'262.77  | 4'785.33 | 4'060.28   | -409.44   |             | 4'964.64 |               |
| WGBD2 | 2'262.77  | 3'002.88 | 2'585.09   | -253.44   | 2'350.08    |          |               |
| FMZ   | 1'746.75  | 2'282.20 | 1'908.44   | -203.68   |             | 2'335.78 | 1'155.86      |
| FMD1  | 1'746.75  | 2'282.20 | 1'908.44   | -203.68   |             | 2'335.78 | 1'155.86      |
| FMD2  | 1'756.95  | 2'064.48 | 1'777.25   | -174.24   | 1'615.68    |          | 1'166.06      |
| FBZ   | 2'385.98  | 3'176.70 | 2'693.84   | -282.88   |             | 3'296.12 | 1'442.08      |
| FBD1  | 2'385.98  | 3'176.70 | 2'693.84   | -282.88   |             | 3'296.12 | 1'442.08      |
| FBD2  | 2'396.18  | 3'002.88 | 2'585.09   | -253.44   | 2'350.08    |          | 1'452.28      |

## 8.7 Jährliche CO<sub>2</sub>-Einsparung gewichtet mit den Investitionskosten

Unter diesem Punkt ist ersichtlich, mit welcher Investition am günstigsten CO<sub>2</sub> eingespart werden kann. Hierzu ist unten die Menge an eingesparten CO<sub>2</sub> in kgCO<sub>2</sub> pro CHF 1000.- Investitionskosten und Jahr aufgelistet  $\left[ \frac{kgCO_2}{a \cdot CHF 1000.-} \right]$ . Mit einer Fernsteuerung kann z.B. bis zu 130 kg CO<sub>2</sub> pro Jahr und investierten CHF 1000.- eingespart werden.

Tabelle 24: Spezifische CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten

|       | Isolation | Erdsonde | Aussenluft | Fernwärme | Splitgeräte | Pelets | Fernsteuerung |
|-------|-----------|----------|------------|-----------|-------------|--------|---------------|
| WKMZ  | 7.15      | 30.96    | 36.78      | -5.49     |             | 39.36  |               |
| WKMD1 | 7.15      | 22.33    | 24.22      | -3.07     |             | 26.84  |               |
| WKMD2 | 7.15      | 13.74    | 14.01      | -1.81     | 38.59       |        |               |
| WKBZ  | 10.41     | 36.43    | 45.80      | -6.67     |             | 48.32  |               |
| WKBD1 | 10.41     | 26.25    | 29.54      | -3.67     |             | 32.46  |               |
| WKBD2 | 10.41     | 18.77    | 19.89      | -2.52     | 56.13       |        |               |
| WGMZ  | 8.55      | 43.57    | 57.05      | -8.69     |             | 72.81  |               |
| WGMD1 | 8.55      | 29.24    | 32.33      | -4.03     |             | 40.49  |               |
| WGMD2 | 8.55      | 18.70    | 20.33      | -2.27     | 44.88       |        |               |
| WGBZ  | 12.43     | 49.13    | 70.74      | -10.42    |             | 90.27  |               |
| WGBD1 | 12.43     | 33.16    | 38.97      | -4.76     |             | 48.77  |               |
| WGBD2 | 12.43     | 24.41    | 27.89      | -3.13     | 57.46       |        |               |
| FMZ   | 9.60      | 25.41    | 33.25      | -5.36     |             | 42.47  | 275.21        |
| FMD1  | 9.60      | 17.06    | 18.84      | -2.49     |             | 23.62  | 281.92        |
| FMD2  | 9.65      | 18.70    | 20.33      | -2.27     | 44.88       |        | 315.15        |
| FBZ   | 13.11     | 32.61    | 46.93      | -7.20     |             | 58.34  | 343.35        |
| FBD1  | 13.11     | 22.01    | 25.85      | -2.81     |             | 32.38  | 351.73        |
| FBD2  | 13.17     | 24.41    | 27.89      | -3.13     | 57.46       |        | 392.51        |

## 8.8 Resultate Dezentral (ohne Warmwasser)

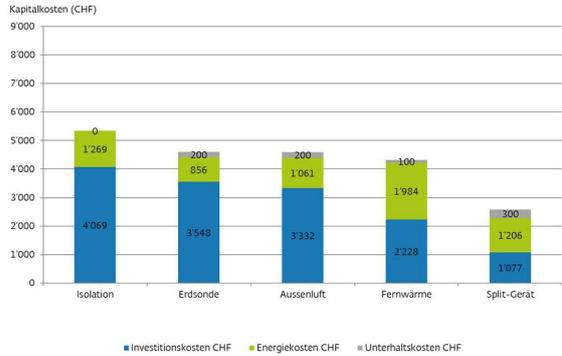


Abbildung 52: WKMD2 – Wohnen, Klein, Mittelland, Dezentral ohne WW

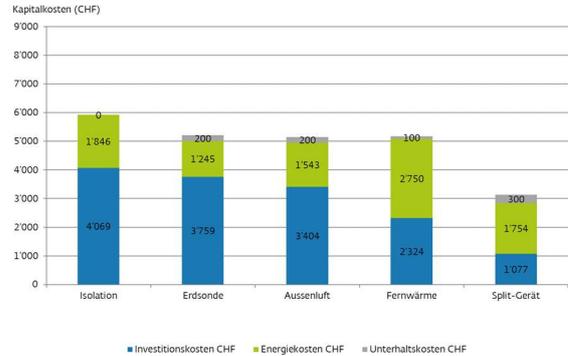


Abbildung 53: WKBD2 – Wohnen, Klein, Bergregion, Dezentral ohne WW

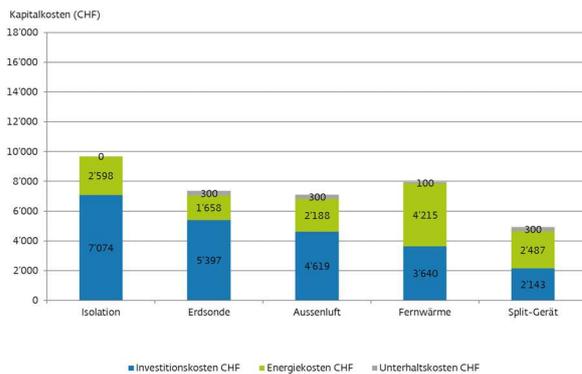


Abbildung 54: WGMD2 – Wohnen, Gross, Mittelland, Dezentral ohne WW

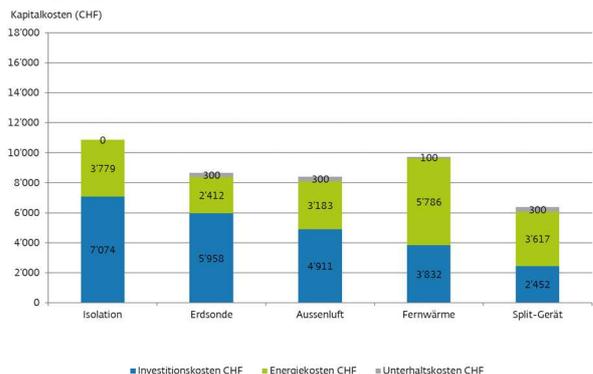


Abbildung 55: WGBD2 – Wohnen, Gross, Bergregion, Dezentral ohne WW

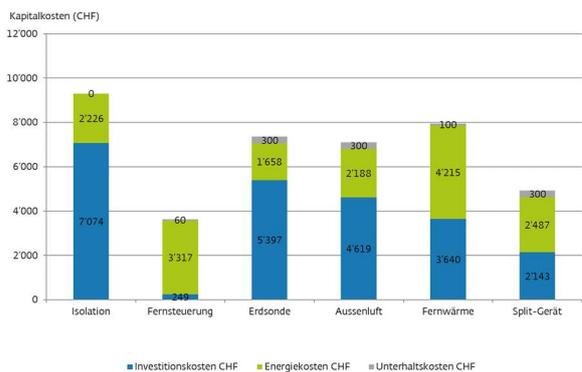


Abbildung 56: FMD2 – Ferien, Mittelland, Dezentral ohne WW

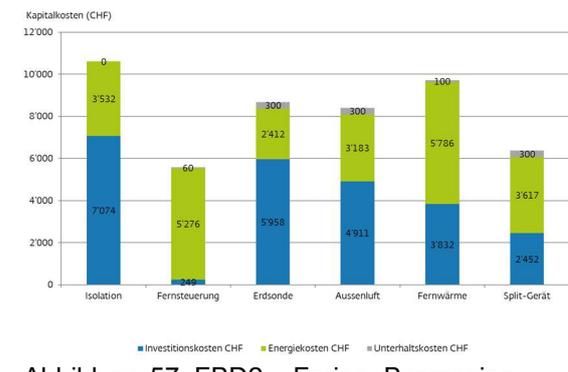


Abbildung 57: FBD2 – Ferien, Bergregion, Dezentral ohne WW

Beschleunigung des Ersatzes von Elektroheizungen

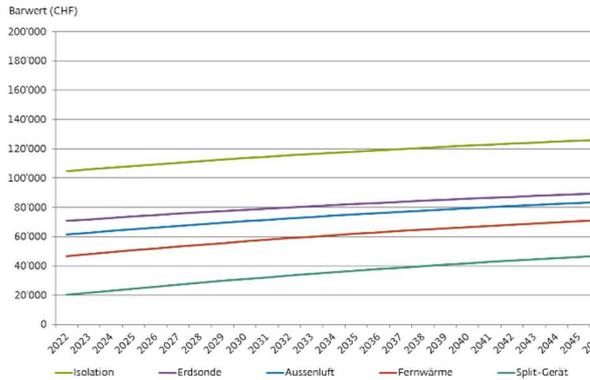


Abbildung 58: WKMD2 – Wohnen, Klein, Mittelland, Dezentral ohne WW

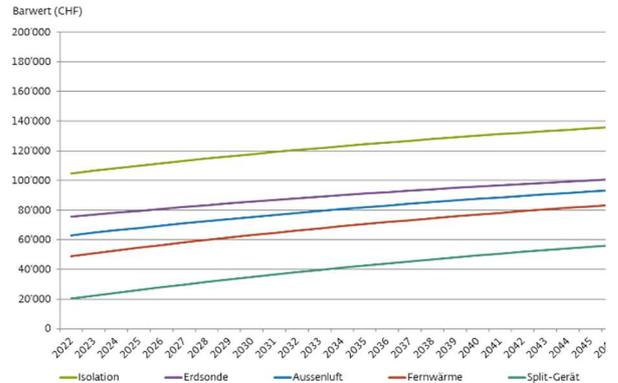


Abbildung 59: WKBD2 – Wohnen, Klein, Bergregion ohne WW

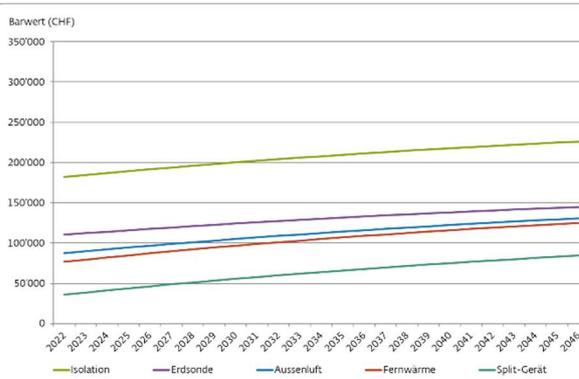


Abbildung 60: WGMD2 – Wohnen, Gross, Mittelland, Dezentral ohne WW

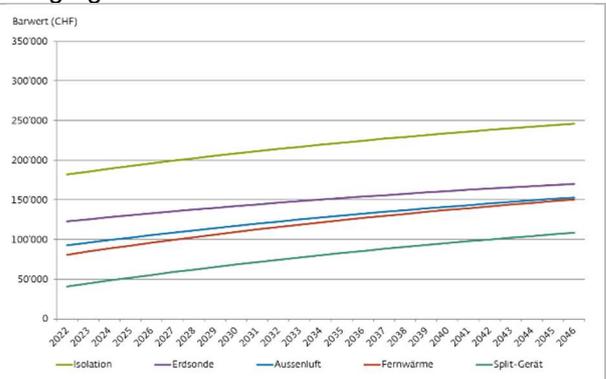


Abbildung 61: WGBD2 – Wohnen, Gross, Bergregion, Dezentral ohne WW

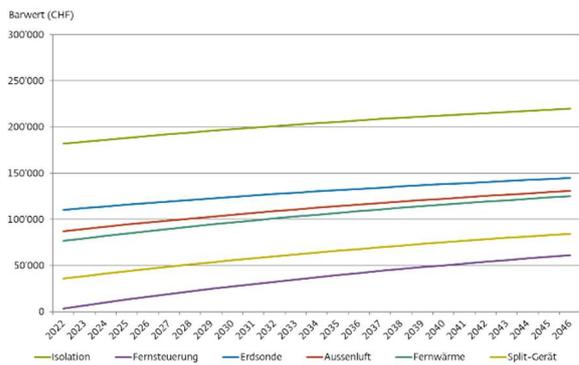


Abbildung 62: FMD2 – Ferien, Mittelland, Dezentral ohne WW

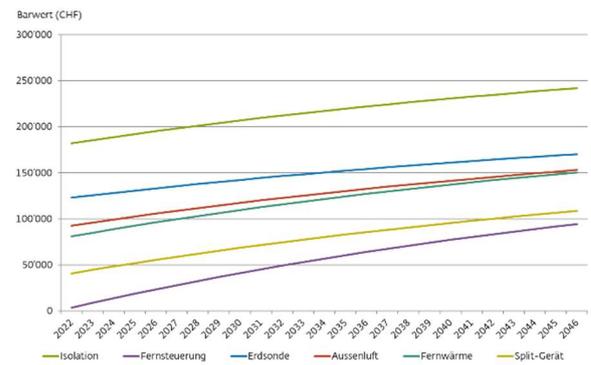


Abbildung 63: FBD2 – Ferien, Bergregion, Dezentral ohne WW