

Machbarkeit Ersatz von Elektrodirektheizungen durch Split-Klimageräte | 29. April 2024

Heizen mit Klimageräten



Autoren

Steffen Hepp, Topten GmbH

Eric Bush, Topten GmbH

Andrea Roscetti, Università della Svizzera italiana, Accademia di architettura

Auftraggeber

EnergieSchweiz und

Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ)

Für den Inhalt sind alleine die Autoren verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	6
Résumé	7
Riassunto	8
Summary	10
1. Einführung	11
1.1 Ausgangslage.....	11
1.2 Themenschwerpunkte	11
2. Methoden	13
2.1 Produktrecherchen	13
2.2 Fallbeispiele	13
3. Produktauswahl und Bewertung	14
3.1 Produktrecherche zu den am besten geeigneten Klimageräten zum Heizen	14
3.1.1 Auswahlkriterien	14
3.1.2 Produktüberblick.....	14
3.2 Energieeffizienz.....	15
3.2.1 Energieetikette	15
3.2.2 Jahresenergieverbrauch beim Heizen und Kühlen	17
3.3 Schallbelastung	17
3.3.1 Schallbelastung aussen	18
3.3.2 Schallbelastung innen	18
3.4 Kältemittel.....	18
3.5 Formvarianten des Innenteils	19
3.6 Spezielle Anforderungen für Klimageräte zum Heizen.....	20
3.7 Hersteller-Botschaften zum Heizen mit Klimageräten	21
3.8 Recherchen zu Optionen für die Warmwasserbereitung.....	21
4. Förderprogramme	23
4.1 Förderung von Luft-Luft-Wärmepumpen in deutschem Gebädeförderprogramm	23
4.2 Absichten von EKZ zur Lancierung eines Förderprogramms.....	24

5.	Fallstudien	25
5.1	Fallstudie Velowerkstatt (Werkstatt und Mensa) (SG)	25
5.2	Fallstudie Einfamilienhaus in der Region Lugano (TI).....	30
5.3	Fallstudie Tiny House in Riedstätt (BE).....	32
5.4	Fallstudie Mobilheim am Murtensee (FR)	36
5.5	Fallstudie Mobilhaus Nr. 2 am Murtensee (FR).....	39
5.6	Fallstudie Kunst-Atelier in Goldach am Bodensee (SG)	42
5.7	Fallstudie Ecocentro Melano (TI)	46
5.8	Fallstudie Einfamilienhaus in Cerentino (TI).....	49
5.9	Fallstudie Wohnhaus in Vacallo (TI).....	53
5.10	Fallstudie Rustico in Castaneda (GR)	57
5.11	Fallstudie Bergrestaurant Spalegna in Flims (GR).....	61
5.12	Fallstudie Walserhaus (GR)	64
6.	Fallbeispiele Offerten	69
6.1	Fallstudie Rustico in Pian San Giacomo (GR)	69
6.2	Fallstudie Ferienhaus in Valbella (GR).....	75
6.3	Fallstudie Künstleratelier in Walserhaus (GR)	78
7.	Diskussion und Erkenntnisse	81
7.1	Investitionskosten für wichtige Heizsysteme	81
7.2	Sparpotentiale beim Ersatz von Elektroheizungen.....	83
7.3	Energieeffizienz.....	83
7.4	Praxistauglichkeit	84
7.5	Empfehlungen zu Förderprogramm «Luft-Luft-Wärmepumpen»	85
8.	Handlungsempfehlungen	86
8.1	Vertiefte Untersuchungen.....	86
8.2	Etablierung von Förderprogrammen	86
8.3	Informationskampagnen.....	87
	Literaturverzeichnis	88
	Anhang	89

Abkürzungsverzeichnis

BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (Deutschland)
BFE	Bundesamt für Energie
COP	Coefficient of Performance
EFH	Einfamilienhaus
EKZ	Elektrizitätswerke des Kantons Zürich
EnFK	Energiefachstellenkonferenz
GWP	Treibhauspotential (Global Warming Potential)
HLK	Heizung, Lüftung, Klima (= HVAC)
HVAC	Heating, Ventilation, Air Conditioning
JAZ	Jahresarbeitszahl
LLWP	Luft-Luft-Wärmepumpe
LWWP	Luft-Wasser-Wärmepumpe
MFH	Mehrfamilienhaus
MuKE	Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich
PV	Photovoltaik
SCOP	Seasonal Coefficient of Performance Energieeffizienz Heizbetrieb
SEER	Seasonal Energy Efficiency Ratio Energieeffizienz Kühlbetrieb
SIA	Normengebender Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
UVEK	Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
VRF	Variable-Refrigerant-Flow Multisplit-Klimaanlage für gewerbliche Bauten

Zusammenfassung

Elektroheizungen verbrauchen in der Schweiz über 3 TWh Strom. Das Einsparpotential durch den Ersatz der Heizungen mit erneuerbaren Heizsystemen ist gross, insbesondere durch Wärmepumpen-Heizungen. Die Sparpotentiale sind gross, da Elektrodirektheizungen (kurz Elektroheizungen) für die gleiche Wärmeleistung gut 3mal mehr Elektrizität verbrauchen als Wärmepumpen-Heizungen. Die herkömmliche Wärmepumpe nutzt die Umgebungswärme (Luft, Sole, Wasser) und gibt sie an die zentrale Wärmeverteilung des Gebäudes weiter.

Elektroheizungen sind oft als Speicheröfen in den einzelnen Zimmern eines Gebäudes platziert und benötigen keine zentrale Wärmeversorgung. Beim Ersatz von Elektroheizungen ist daher meist die nachträgliche Installation einer zentralen Wärmeverteilung nötig, welche sehr teuer ist und damit die Austauschrate stark bremst.

Noch kaum bekannt ist die Option von Luft-Luft-Wärmepumpen, bei denen die Wärme direkt mit Einzelgeräten in die diversen Zimmer geführt wird. Dafür existiert bereits eine millionenfach bewährte und kostengünstige Technologie: Klimageräte, welche im Heizmodus betrieben werden. Auf diese Weise lassen sich die hohen Kosten für eine zentrale Wärmeverteilung einsparen. Mit dieser Studie wurden die Einsatzmöglichkeiten sowie die Stärken und Schwächen von Klimageräten zum Heizen untersucht. Hierzu wurden sowohl Marktrecherchen zu Klimageräten durchgeführt als auch Fallbeispiele von Gebäuden untersucht, welche bereits mit Klimageräten beheizt werden.

Die Auswertung von einem Dutzend Fallbeispielen ergab, dass die Nutzer ausnahmslos mit der Heizlösung mittels Klimageräten zufrieden waren. Insbesondere die Heizleistung, Behaglichkeit und geringe Schallemissionen wurden positiv bewertet. Zudem zeigte sich, dass diese Heizlösung nicht nur in Ferienhäusern, sondern auch in vielen anderen Bereichen erfolgreich eingesetzt wird, etwa in Einfamilienhäusern, Gewerberäumen, Minergie-Bauten und generell für temporäre Nutzungen. Klimageräte zum Heizen haben insbesondere bei Bauten mit geringem Heizenergiebedarf deutlich tiefere Investitionskosten als konventionelle Wärmepumpen, womit sich neue Anwendungsgebiete eröffnen. Die Baubewilligungen für die Klimageräte zum Heizen wurden in den Fallbeispielen analog behandelt wie bei konventionellen Wärmepumpen und erfolgten ohne Probleme.

Die Klimageräte können auch bei sehr tiefen Aussentemperaturen genügend Wärme erzeugen. Die Effizienz ist bei minus 20 °C noch rund 50% besser als bei Elektro-Direktheizungen. Im Jahresmittel ist die Effizienz rund 3mal höher. Ein allfälliger Mehrverbrauch im Sommer zum Kühlen ist 5 bis 10mal kleiner als die Einsparung im Winter und daher wenig relevant.

Die Resultate dieser Studie zeigen sehr grosse Sparpotentiale, welche mit Klimageräten zum Heizen noch brach liegen. Die Heizlösung mit Klimageräten wird zwar vereinzelt von Spezialisten bereits genutzt, die Lösung ist in der nationalen Fachwelt aber noch weitgehend unbekannt oder wird unterschätzt. Im Rahmen von Informationskampagnen sollte die Option Elektroheizungen durch Klimageräte zu ersetzen einer breiteren Öffentlichkeit vorgestellt werden. Zudem sollten Fachverbände, Planer, Installateure und Bauherren adressiert und mit dem Konzept bekannt gemacht werden.

Die Klimageräte zum Heizen stehen nicht in Konkurrenz zu konventionellen Wärmepumpen, vielmehr sind sie eine Ergänzung für Spezialfälle, z.B. Ersatz von Elektroheizungen ohne zentrale Wärmeverteilung, für temporäre Nutzungen oder Ferienhäuser.

Besonders wirkungsvoll könnte die Verbreitung von Luft-Luft-Wärmepumpen mit der Lancierung von Förderprogrammen beschleunigt werden. Die Förderbeiträge motivieren einerseits Gebäudebesitzer die nötigen Investitionen für einen Heizungsersatz vorzunehmen. Andererseits motivieren sie auch Anbieter, Planer und Installateure in die Entwicklung und Vermarktung der Luft-Luft-Wärmepumpen zu investieren. In Deutschland werden Klimageräte zum Heizen seit Anfang 2024 im Rahmen des Programms «Bundesförderung für effiziente Gebäude» gefördert.

Résumé

Les chauffages électriques consomment plus de 3 TWh d'électricité en Suisse. Le potentiel d'économie en remplaçant les chauffages par des systèmes renouvelables est important, notamment grâce aux chauffages par pompe à chaleur. Le potentiel d'économie est important, car les chauffages électriques directs (en abrégé chauffages électriques) consomment bien 3 fois plus d'électricité que les chauffages par pompe à chaleur pour la même puissance calorifique. La pompe à chaleur classique/traditionnelle utilise la chaleur ambiante (air, sol, eau) et la transmet à la distribution de chaleur centrale du bâtiment.

Les chauffages électriques sont généralement placés comme poêles à accumulation dans les différentes pièces d'un bâtiment et ne nécessitent pas de distribution de chaleur centrale. Lors du remplacement d'un chauffage électrique, il est donc généralement nécessaire d'installer ultérieurement une distribution de chaleur centrale, ce qui est très coûteux et freine donc fortement le taux de remplacement.

L'option des pompes à chaleur air-air, dans lesquelles la chaleur est directement acheminée dans les différentes pièces par des appareils individuels, est encore peu connue. Il existe déjà une technologie éprouvée des millions de fois et moins onéreuse : les climatiseurs fonctionnant en mode chauffage. De cette manière, il est possible d'économiser les coûts élevés d'une distribution centrale de chaleur. Cette étude a examiné les possibilités d'utilisation ainsi que les forces et les faiblesses des climatiseurs pour le chauffage. Pour ce faire, des études de marché sur les climatiseurs ont été menées et des exemples de bâtiments déjà chauffés par des climatiseurs ont été examinés.

L'évaluation de plus de dix exemples de cas a montré que les utilisateurs étaient tous satisfaits de la solution de chauffage par climatiseurs. La puissance de chauffage, le confort et les faibles émissions sonores ont notamment été évalués positivement. Il s'avère en outre que cette solution de chauffage n'est pas seulement utilisée avec succès dans les maisons de vacances, mais aussi dans de nombreux autres domaines, tels que les maisons individuelles, les locaux commerciaux, les bâtiments Minergie et, de manière générale, les utilisations temporaires. Les climatiseurs pour le chauffage ont des coûts d'investissement nettement inférieurs à ceux des pompes à chaleur conventionnelles, en particulier dans les bâtiments à faibles besoins en énergie de chauffage, ce qui ouvre de nouveaux domaines d'application. Dans les exemples de cas, les autorisations de construire pour les climatiseurs de chauffage ont été traitées de la même manière que pour les pompes à chaleur conventionnelles et se sont déroulées sans problème.

Les climatiseurs peuvent produire suffisamment de chaleur même lorsque les températures extérieures sont très basses. À moins 20 °C, l'efficacité est encore environ 50% meilleure que celle des chauffages électriques directs. En moyenne annuelle, l'efficacité est environ 3 fois supérieure. Une éventuelle surconsommation en été pour le refroidissement est 5 à 10 fois inférieure à l'économie réalisée en hiver et n'a donc que peu d'importance.

Les résultats de cette étude montrent de très grands potentiels d'économie, qui sont encore inexploités avec des climatiseurs pour le chauffage. La solution de chauffage par climatiseurs est certes déjà utilisée de manière isolée par des spécialistes, mais elle est encore largement méconnue ou sous-estimée dans le milieu professionnel national. L'option de remplacer le chauffage électrique par des climatiseurs devrait être présentée à un plus large public dans le cadre de campagnes d'information. En outre, les associations professionnelles, et les planificateurs devraient être contactés et familiarisés avec le concept.

Les climatiseurs pour le chauffage ne sont pas en concurrence avec les pompes à chaleur conventionnelles, ils sont plutôt un complément pour des cas spéciaux, p.e. le remplacement de chauffages électriques sans distribution centrale de chaleur ou pour des utilisations temporaires

La diffusion des pompes à chaleur air-air pourrait être accélérée de manière particulièrement efficace par le lancement de programmes de promotion. Les subventions incitent d'une part les propriétaires de bâtiments à effectuer les investissements nécessaires pour remplacer leur chauffage. D'autre part, elles incitent également les fournisseurs, les planificateurs et les installateurs à investir dans le développement et la commercialisation des pompes à chaleur air-air. En Allemagne, les climatiseurs pour le chauffage sont subventionnés depuis le début de l'année 2024 dans le cadre du programme «Bundesförderung für effiziente Gebäude».

Riassunto

I sistemi di riscaldamento elettrici consumano oltre 3 TWh di elettricità in Svizzera. Il potenziale di risparmio che si può ottenere sostituendo i sistemi di riscaldamento con sistemi rinnovabili è enorme, soprattutto per quanto riguarda i sistemi di riscaldamento a pompa di calore. Il potenziale di risparmio è enorme, poiché i sistemi di riscaldamento elettrici diretti (in breve, sistemi di riscaldamento elettrici) consumano ben 3 volte più elettricità dei sistemi di riscaldamento a pompa di calore a parità di potenza termica. La pompa di calore classica/convenzionale utilizza il calore dell'ambiente (aria, salamoia, acqua) e lo trasmette al sistema centrale di distribuzione del calore dell'edificio.

I riscaldatori elettrici sono solitamente installati come accumulatori nei singoli locali di un edificio e non richiedono una fornitura di calore centralizzata. Quando si sostituiscono i sistemi di riscaldamento elettrici, è quindi necessario installare un sistema di distribuzione centrale del calore, il che è molto costoso e rallenta notevolmente il tasso di sostituzione.

L'opzione delle pompe di calore aria-aria, in cui il calore viene convogliato direttamente nelle varie stanze utilizzando apparecchi individuali, è ancora poco conosciuta. Esiste già una tecnologia collaudata ed economicamente vantaggiosa per questo scopo, ovvero unità di condizionamento dell'aria che funzionano in modalità di riscaldamento. In questo modo si possono risparmiare gli alti costi della distribuzione centralizzata del calore. Questo studio ha analizzato le possibili applicazioni, nonché i punti di forza e di debolezza delle unità di climatizzazione per il riscaldamento. A tal fine, è stata condotta una ricerca di mercato sulle unità di condizionamento e sono stati analizzati casi studio di edifici già riscaldati con unità di condizionamento.

L'analisi di oltre dieci casi di studio ha dimostrato che gli utenti sono senza eccezioni soddisfatti della soluzione di riscaldamento fornita dai condizionatori. In particolare, sono stati valutati positivamente la potenza termica, il comfort e le basse emissioni acustiche. L'analisi dimostra inoltre che questa soluzione di riscaldamento non viene utilizzata con successo solo nelle case di vacanza, ma anche in molti altri ambiti, come case unifamiliari, locali commerciali, edifici Minergie e per uso temporaneo in generale.

Le unità di condizionamento per il riscaldamento hanno costi di investimento significativamente inferiori rispetto alle pompe di calore convenzionali, in particolare negli edifici con un basso fabbisogno energetico per il riscaldamento, il che apre nuove aree di applicazione. Nei casi di studio, l'autorizzazione alla costruzione di unità di condizionamento per il riscaldamento è stata gestita allo stesso modo delle pompe di calore tradizionali ed è stata concessa senza problemi.

Le unità di condizionamento possono generare calore sufficiente anche a temperature esterne molto basse. L'efficienza a meno 20 °C è ancora superiore di circa il 50% rispetto ai sistemi di riscaldamento elettrico diretto. Su una media annuale, l'efficienza è circa 3 volte superiore. L'eventuale consumo aggiuntivo in estate per il raffreddamento è da 5 a 10 volte inferiore al risparmio in inverno e quindi poco rilevante.

I risultati di questo studio mostrano un potenziale di risparmio molto elevato, ancora non realizzato con le unità di condizionamento per il riscaldamento. Sebbene la soluzione di riscaldamento con unità di condizionamento sia già utilizzata da alcuni specialisti, essa è ancora largamente sconosciuta o sottovalutata nella comunità nazionale degli specialisti. L'opzione di sostituire il riscaldamento elettrico con unità di condizionamento dovrebbe essere presentata a un pubblico più ampio nell'ambito di campagne informative. Inoltre, le associazioni di categoria, i progettisti, gli installatori e i proprietari di edifici dovrebbero essere coinvolti e familiarizzati con questo concetto.

Le unità di condizionamento per il riscaldamento non sono in concorrenza con le pompe di calore convenzionali, ma rappresentano piuttosto un'integrazione per casi particolari, ad esempio per la sostituzione di impianti di riscaldamento elettrici senza distribuzione centrale del calore, per l'uso temporaneo o per le case di vacanza.

La diffusione delle pompe di calore aria-aria potrebbe essere accelerata in modo particolarmente efficace con il lancio di programmi di sovvenzione. Da un lato, i programmi di sovvenzione motivano i proprietari

degli edifici a effettuare gli investimenti necessari per sostituire i sistemi di riscaldamento. Dall'altro, motivano fornitori, progettisti e installatori a investire nello sviluppo e nella commercializzazione delle pompe di calore aria-aria. In Germania, le unità di climatizzazione per il riscaldamento sono sovvenzionate dall'inizio del 2024 nell'ambito del programma «Bundesförderung für effiziente Gebäude».

Summary

Electric heating systems consume over 3 TWh of electricity in Switzerland. The potential for savings by replacing electric heating with renewable heating systems is huge, especially with heat pump heating systems. The savings potential is huge, as direct electric heating systems (in short: electric heating systems) consume a good 3 times more electricity than heat pump heating systems for the same heat output. The conventional heat pump utilises ambient heat (air, brine, water) and passes it on to the building's central heat distribution system.

Electric heaters are often installed as storage heaters in the individual rooms of a building and do not require a central heat supply. When replacing electric heating systems, it is therefore usually necessary to retrofit a central heat distribution system, which is very expensive and therefore significantly slows down the replacement rate.

The option of air-to-air heat pumps, in which the heat is delivered directly into the various rooms using individual appliances, is still little known. There is already a mass-market proven and cost-effective technology for this: air conditioning units that are operated in heating mode. In this way, the high costs of centralised heat distribution can be saved. This study analysed the possible applications as well as the strengths and weaknesses of air conditioning units for heating. To this end, market research was carried out on air conditioning units and case studies of buildings that are already heated with air conditioning units were analysed.

The analysis of a dozen case studies showed that users were without exception satisfied with the heating solution provided by air conditioning units. In particular, the heating output, comfort and low noise emissions were rated favourably. It also shows that this heating solution is not only used successfully in holiday homes, but also in many other areas, such as detached houses, commercial premises, Minergie buildings and for temporary use in general. Air conditioning units for heating have significantly lower investment costs than conventional heat pumps, particularly in buildings with low heating energy requirements, which opens up new areas of application. In the case studies, planning permission for air conditioning units for heating was handled in the same way as for conventional heat pumps and was granted without any problems.

The air conditioning units can generate sufficient heat even at very low outside temperatures. The efficiency at minus 20 °C is still around 50% better than with electric direct heating systems. On an annual average, the efficiency is around 3 times higher. Any additional consumption in summer for cooling is 5 to 10 times less than the savings in winter and therefore of little relevance.

The results of this study show very large potential savings that are still unrealised with air conditioning units for heating. Although the heating solution with air conditioning units is already being used by some specialists, the solution is still largely unknown or underestimated in the national specialist community. The option of replacing electric heating with air conditioning units should be presented to a wider public as part of information campaigns. In addition, trade associations, planners, installers and building owners should be addressed and familiarised with the concept.

The air conditioning units for heating are not in competition with conventional heat pumps, rather they are a supplement for special cases, e.g. replacement of electric heating systems without central heat distribution, for temporary use or holiday homes.

The spread of air-to-air heat pumps could be accelerated particularly effectively with the launch of subsidy programmes. On the one hand, the subsidy programmes motivate building owners to make the necessary investments to replace their heating systems. On the other hand, they also motivate suppliers, planners and installers to invest in the development and marketing of air-to-air heat pumps. In Germany, air conditioning units for heating have been subsidised since the beginning of 2024 as part of the programme «Bundesförderung für effiziente Gebäude».

1. Einführung

1.1 Ausgangslage

Im Februar 2022 hat das Bundesamt für Energie (BFE) den Bericht «Beschleunigung des Ersatzes von Elektroheizungen in der Schweiz» zuhanden des Bundesrats publiziert (BFE, 2022). Immer noch sind in der Schweiz und in ganz Europa viele ineffiziente Elektrodirektheizungen im Einsatz. Ihr Ersatz ist oft unverhältnismässig teuer, wenn ein zentrales Wärmeverteilsystem installiert werden muss. Der BFE-Bericht empfiehlt neben intelligenten Steuerungen für Zweitwohnungen auch andere Technologien auszutesten, welche Elektroheizungen ohne grössere bauliche Massnahmen ersetzen können, z.B. Split-Klimageräte oder Holzfeuerungen.

Gemäss BFE verbrauchen Elektroheizungen in der Schweiz über 3 TWh Strom. Das Einsparpotential durch den Ersatz der Heizungen mit erneuerbaren Heizsystemen ist gross. Derzeit ist davon auszugehen, dass dezentrale Elektroheizungen bei rund 13'000 Gebäuden und Wohnungen, die nicht als primärer Wohnsitz genutzt werden, installiert sind. Der Stromverbrauch für diese Heizungen beträgt pro Jahr knapp 200 GWh (BFE, 2022, S. 15). Für einen Teil dieser Gebäude und Wohnungen könnte es eine Option sein, die direkten Elektroheizungen durch Holzheizungen oder Raumklimageräte zu ersetzen.

Im Auftrag von EKZ hat Topten 2021 erste Untersuchungen zum Einsatz von Split-Klimageräten zum Heizen ausgeführt. Die Klimageräte im Heizbetrieb haben dank der integrierten Wärmepumpen einen wesentlich besseren Wirkungsgrad als Elektroheizungen (Grössenordnung 3mal mehr Wärme pro kWh Elektrizität). Klimageräte sind sowohl zum Kühlen als auch zum Heizen ein weltweit erprobtes Massenprodukt.

Beim Einsatz von Klimageräten zum Ersatz von Elektroheizungen stellen sich Fragen zu Effizienz, Wärmeverteilung, Komfort und Lärm. Derzeit scheint die Diskussion noch zu wenig mit Argumenten, sondern eher auf der Grundlage vorgefasster Meinungen oder Traditionen geführt zu werden. Interessant ist auch die Beliebtheit solcher Heizlösungen (Klimageräte oder Luft-Luft-Wärmepumpen) in Spanien, Portugal und Norwegen, während sie in vergleichbaren Ländern unpopulär sind. Mit einer faktenbasierten Untersuchung könnte viel getan werden, um möglicherweise ein grosses Effizienzpotenzial zu erschliessen. Dies ist das Ziel, welches mit diesem Projekt vorangetrieben werden soll.

Der Bundesrat hat das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) am 11. November 2020 beauftragt, Massnahmen für die Beschleunigung und die Ausweitung des Ersatzes von Elektroheizungen zu prüfen. In seinem Bericht vom 8. Februar 2022 empfiehlt das UVEK z.H. des Bundesrates u.a. den Ersatz von dezentralen Elektroheizungen durch andere Technologien wie Split-Klimageräte zu prüfen (BFE, 2022, S. 3).

1.2 Themenschwerpunkte

Mit dieser Studie sollen Einsatzmöglichkeiten sowie Stärken und Schwächen von Klimageräten zum Heizen untersucht werden. Dazu werden insbesondere die folgenden Fragestellungen bearbeitet:

- Welche Möglichkeiten und Potentiale ergeben sich durch Heizen mit Klimageräten?
- Ist es möglich, dezentrale elektrische Heizungen durch Klimageräte zu ersetzen?
- Bei welchen Gebäudetypen und unter welchen Bedingungen können Klimageräte zum Heizen geeignet sein (z.B. bei Zweitwohnungen / Ferienhäusern, Einfamilienhäusern, Niedrigenergiehäusern, Werkstätten, Gewerbeflächen, Büros, temporären Nutzungen)?

Das Projekt hat einen Fokus auf die Schweiz. Die Ergebnisse sind aber auch für EU-Länder interessant. Fallbeispiele werden auf folgende Schwerpunkte hin untersucht:

- Wirkungsgrad auf der Basis der normierten Deklarationen gemäss der Energieetikette und Produkt-Fiches (sowohl für milde als auch kalte Umgebungstemperaturen z.B. in den Bergen)
- Wärmeverteilung in den Zimmern
- Behaglichkeit

- Lärm (innen und aussen)
- Konstruktionslösungen für Aussen- und Innengeräte und Ästhetik (mit Bildmaterial)
- Fragen zur Baubewilligung, insbesondere da Vorschriften für Klimageräte für den Kühl- und nicht den Heizmodus ausgelegt sind
- Option, dass Klimageräte, die ohnehin zum Kühlen installiert sind, auch effizientes Heizen ermöglichen (als Ersatz für Elektrizität, Öl oder Gas)

2. Methoden

In diesem Projekt wurde mit zwei methodischen Ansätzen gearbeitet, nämlich mit Produktrecherchen und der Auswertung von Fallbeispielen.

Produktrecherchen

- Welche Produkte sind besonders gut zum Heizen geeignet?
- Interviews mit Händlern und Herstellern
- Erstellen einer Produktliste auf Topten.ch mit besten Modellen



Fallbeispiele

- Befragungen und Untersuchungen anhand von realisierten Fallbeispielen
- Vielfalt von Fällen hinsichtlich Klima und Haus-Typ (Ferienwohnung, Rustico, Erstwohnsitz, Büro, Gewerberaum)
- Auswertung von Stromrechnungen

Die Auswertung des Wirkungsgrades (Quotient aus Wärmeabgabe durch Elektrizitätsverbrauch pro Jahr) war bewusst nicht Gegenstand dieser Untersuchung. Dieser Wert wird schon auf der Energieetikette ausgewiesen, wird dort unter Normbedingungen gemessen und wird von nationalen Überwachungsbehörden kontrolliert (in der Schweiz vom Bundesamt für Energie). Soweit verfügbar wurden Stromrechnungen ausgewertet, um zu sehen, ob die Grössenordnung des Energieverbrauchs etwa dreimal kleiner war als mit einer konventionellen Heizung.

2.1 Produktrecherchen

Klimageräte zum Kühlen und Klimageräte zum Heizen sind keine unterschiedlichen Produktkategorien, meist nicht einmal unterschiedliche Produkte. Bei nahezu jedem heute verkauften Modell lässt sich der Kältekreislauf umkehren und somit zum Heizen und Kühlen verwenden. Dies erlaubt Topten auf bestehende Hersteller-Kontakte und Ressourcen bei der Produktrecherche zurückzugreifen.

Im Zuge der Produktrecherche wurde mit zahlreichen Herstellern, Händlern und Klimatechnik-Experten gesprochen und sich durch Internetrecherche ein Marktüberblick über die Modelle verschafft. Das Ergebnis sind Kriterien, die Produkte erfüllen müssen, um bei Topten gelistet und als besonders geeignet zum Heizeinsatz eingestuft zu werden.

2.2 Fallbeispiele

Die Fallbeispiele in diesem Bericht wurden vor Ort besichtigt und die Nutzer zu ihren Erfahrungen befragt. Aus Datenschutzgründen wird in diesem Bericht auf die Angabe der vollen Namen der Bewohner/Nutzer/Eigentümer und der exakten postalischen Adresse verzichtet. Diese Angaben können bei den Autoren dieses Berichts angefragt werden.

3. Produktauswahl und Bewertung

3.1 Produktrecherche zu den am besten geeigneten Klimageräten zum Heizen

3.1.1 Auswahlkriterien

Klimageräte zum Heizen müssen die folgenden Auswahlkriterien erfüllen, um bei Topten gelistet zu werden.

Effizienzkriterien		
	Typ	Effizienzklasse Heiz- / Kühlfunktion (mittleres Klima)
Wandgerä- te	Singlesplit-Geräte < 4.0 kW Kühlleistung	A+++/A+++
	Singlesplit-Geräte ab 4.0 kW Kühlleistung	A++/A++
	Multisplit für mehrere Räume	A++/A++
Truhengeräte	Singlesplit-Geräte	A++/A++
	Multisplit für mehrere Räume	A+/A+

Weitere Kriterien
Produkte, die ein Kältemittel mit einem GWP-Wert unter 700 verwenden, sind erlaubt (z.B. R32, R290)

Tabelle 1: Festgelegte Auswahlkriterien für Klimageräte zum primären Einsatz für das Heizen

Um der Marktrealität zu entsprechen werden mehrere Unterkategorien unterschieden. Damit ist sichergestellt, die jeweils effizientesten Geräte zu listen, ohne jedoch bestimmte Produkttypen auszuschliessen. So haben die am Markt befindlichen Multisplit-Geräte im Durchschnitt eine geringere Effizienz als Singlesplit-Geräte. Das gleiche lässt sich für Truhengeräte im Vergleich zu Wandgeräten beobachten.

3.1.2 Produktüberblick

Per 24. April 2024 waren 108 Modelle von 9 Marken auf Topten gelistet. Folgende Anbieter und Marken von Klimageräten zum Heizen waren auf Topten.ch vertreten:

- TCA (Daikin, Panasonic, Fujitsu)
- Meier Tobler (Mitsubishi)
- Bösch (Samsung)
- Roth Kippe (LG)
- Krueger (Toshiba)
- Charles-Hasler (Hitachi)
- Nettoshop (Sinclair)

Topten listet Klimaanlage immer in der Kombination eines Aussenteils plus einem oder mehreren Innenteilen. Klimaanlage mit Wandgeräten (93 Modelle) und Klimaanlage mit Truhengeräten (15 Modelle) können auf Topten mit der Filterfunktion getrennt betrachtet werden. Die Eigenschaften der jeweiligen Bauart von Innenteilen werden in Kapitel 3.5 erläutert.

Neben Angaben zur Effizienz und zum Energieverbrauch deklariert Topten auch den vom Hersteller garantierten Betriebsbereich des Aussenteils (bis zu welchen Minusgraden Aussentemperatur funktioniert der Heizbetrieb) und den Schalldruckpegel des Innenteils in der niedrigsten Betriebsstufe (häufig bezeichnet als Flüsterbetrieb, Nachtmodus oder Silent Mode). Beides sind Attribute, die Kaufinteressenten helfen, das für ihre Bedürfnisse geeignete Modell zu bestimmen.

Die Effizienzkriterien, die Topten für die Klimageräte anlegt, sind zum Teil sehr streng, sodass Produkte die höchste oder zweithöchste Effizienzklasse für eine Leistung erreichen müssen. Split-Klimaanlagen sind

Luft-Luft-Wärmepumpen. Im Vergleich mit den anderen Arten von Wärmepumpen (Luft-Wasser, Sole-Wasser, Luft-Luft) erreichen Luft-Luft-Wärmepumpen eine gute Effizienz. Dies liegt daran, dass keine Verluste beim Übergang auf ein anderes Medium (Erhitzen des Wassers) stattfinden und die Räumlichkeiten direkt erwärmt werden (statt indirekt wie bei einer Fussbodenheizung).

Topten.ch präsentiert über 100 qualifizierten Modelle in zwei Produktlisten und erläutert dort die wichtigsten Spezifikationen, vgl. Bilder im Anhang.

3.2 Energieeffizienz

3.2.1 Energieetikette

Auf der Energieetikette und in der Produkt-Fiche sind die wichtigsten Spezifikationen gemäss europäischen Verordnungen und internationalen Normen deklariert. Im Folgenden wird am Beispiel eines ausgewählten Modells die Bedeutung erläutert.

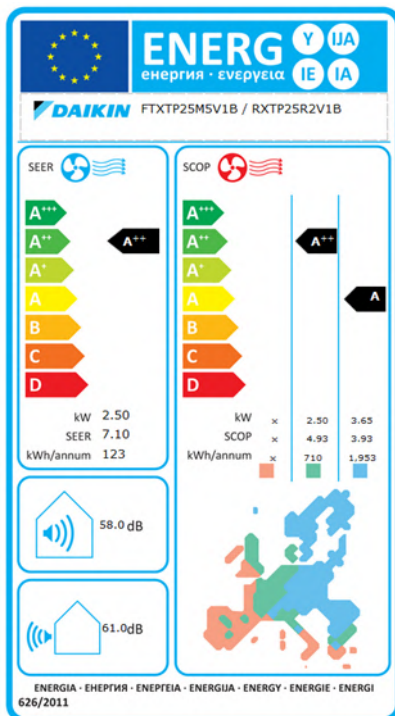


Abbildung 1: Beispiel Energielabel eines Daikin Modells. Quelle: Daikin¹

Die Energieetikette unterscheidet fürs Heizen zwischen drei Klimazonen:

- Rot: wärmere Klimazone (SCOP / W)
- Grün: mittlere Klimazone (SCOP / A)
- Blau: kältere Klimazone (SCOP / C)

Der Seasonal Coefficient of Performance (SCOP) wird aus vier verschiedenen Coefficients of Performance (COP) gebildet. Ein COP-Wert bezieht sich auf einen definierten fixen Zustand (Aussentemperatur, Innentemperatur etc.), während der SCOP ein aus den vier COP-Werten gewichteter Ganzjahreswert ist, welcher die Klimazone bestmöglich einbeziehen soll.

¹ Energielabel für Beispiel-Modell: https://energylabel.daikin.eu/de/de_DE/lot10/jcr:content/root/services.json/lot10/energylabel/pdf?product=FTXTP25M5V1B%20%20RXT25R2V1B&locale=de_DE (abgerufen: 19.04.2024)

Der übers Jahr gemittelte Wirkungsgrad fürs Heizen (SCOP) ist in der kalten Klimazone tiefer und der jährliche Energieverbrauch höher als in den wärmeren Klimazonen. Oft deklarieren die Hersteller nur für die Klimazone, in der das Gerät verkauft wird, in der Schweiz also für die mittlere Klimazone.

Ergänzend zur Energieetikette gibt es die Produkt-Fiche, welche zusätzliche Spezifikationen publiziert (gemäss einheitlicher Vorgaben der EU vom Anbieter zu deklarieren). Die nachfolgenden Bilder zeigen einen Auszug aus der Produkt-Fiche des Beispiel-Modells (identisches Modell wie im Beispiel zur Energieetikette).²

Erläuterungen anhand konkreten Beispiels (Daikin-Modell)

Das Beispiel-Modell erreicht in der mittleren Klimazone einen SCOP von 4.93 und in der kalten Klimazone einen SCOP von 3.93. Dies bedeutet, dass dieses Klimagerät im Jahresdurchschnitt rund 4- bis 5-mal mehr Wärme abgibt als eine elektrische Direktheizung bei gleichem Elektrizitätsverbrauch.

Weiter zeigt die Produkt-Fiche, dass bei einer Aussentemperatur von minus 10 Grad Celsius der COP bei 3.09 liegt (also mehr als dreimal so effizient wie eine Elektrodirektheizung) und dass bei minus 22 °C der COP bei 1.56 liegt, also immer noch über 50% effizienter als eine Elektrodirektheizung.

Außengerät	RXTP25R2V1B
Innengerät	FTXTP25M5V1B

Function	
Kühlung	Ja
Heizen	Ja

Heating season	
Average (mandatory)	Ja
Warmer (if designated)	Nein
Colder (if designated)	Ja

Angabe	Symbol	Value
Seasonal efficiency		
Kühlung	SEER	7.10
heating / Average	SCOP / A	4.93
heating / Warmer	SCOP / W	
heating / Colder	SCOP / C	3.93

² Energielabel für Beispiel-Modell: https://energylabel.daikin.eu/de/de_DE/lot10/jcr:content/root/services.json/lot10/energylabel/pdf?product=FTXTP25M5V1B%20/%20RXTP25R2V1B&locale=de_DE (abgerufen: 19.04.2024)

Declared coefficient of performance* / Average season, at indoor temperature 20 °C and outdoor temperature Tj			
Tj = -7 °C	COPd	3.40	
Tj = 2 °C	COPd	5.11	
Tj = 7 °C	COPd	6.06	
Tj = 12 °C	COPd	7.56	
Tj = Bivalent temperature	COPd	3.09	
Tj = operating limit	COPd	3.09	

Declared coefficient of performance* / Warmer season, at indoor temperature 20 °C and outdoor temperature Tj			
Tj = 2 °C	COPd		
Tj = 7 °C	COPd		
Tj = 12 °C	COPd		
Tj = Bivalent temperature	COPd		
Tj = operating limit	COPd		

Declared coefficient of performance* / Colder season, at indoor temperature 20 °C and outdoor temperature Tj			
Tj = -7 °C	COPd	3.40	
Tj = 2 °C	COPd	5.11	
Tj = 7 °C	COPd	6.06	
Tj = 12 °C	COPd	7.56	
Tj = Bivalent temperature	COPd	1.95	
Tj = operating limit	COPd	1.56	
Tj = -15 °C	COPd	1.95	

operating limit			
heating / Average	Tol	-10	°C
heating / Warmer	Tol		°C
heating / Colder	Tol	-22	°C

Abbildung 2: Auszug aus dem EU Product Fiche (technisches Datenblatt) für das Beispiel-Modell³

3.2.2 Jahresenergieverbrauch beim Heizen und Kühlen

Ein Gegenargument für die Anschaffung einer Klimaanlage zum Heizen ist die Befürchtung, dass sie zum Kühlen «missbraucht» wird und somit die Stromeinsparungen wieder zunichte gemacht werden. Diese Befürchtung ist nicht berechtigt, da die Einsparungen beim Heizen um ein Vielfaches höher sind als der Energieverbrauch beim Kühlen. In vielen Bauten besteht ohnehin kein Bedarf an Kühlung, z.B. Ferienhäuser in Skigebieten.

Die Energie zum Kühlen ist rund 10x kleiner als für das Heizen. Beim Kühlen wird die Innentemperatur nur um 3-4 °C gesenkt, während sie beim Heizen um mehr als 10-20 °C angehoben werden muss, um eine angenehme Innentemperatur zu erhalten. Auch die Nutzungsdauer im Kühlbetrieb ist deutlich geringer. Die Europäische Kommission rechnet in den Ökodesignrichtlinien mit 350 Std Kühlbetrieb und 1'400 Std Heizbetrieb pro Jahr. Der Gesamtverbrauch für das Kühlen ist sehr klein. Der auf der Energieetikette aus dem vorherigen Beispiel angegebene Jahresenergieverbrauch zum Kühlen beträgt 123 kWh und der für das Heizen 710 kWh. Selbst wenn im Sommer die Kühlfunktion voll genutzt wird, beträgt die Einsparung im mittleren Klima (SCOP 4.93) immer noch 2'668 kWh pro Jahr gegenüber einer Elektrodirektheizung (710 x 4.93 ./ 710 ./ 123 = 2'668 kWh). Entscheidend ist also das enorme Potential, dass man beim Heizen einspart.

3.3 Schallbelastung

Die Energieetikette deklariert die Lautstärke sowohl vom Innen- als auch vom Aussenteil des Klimagerätes.

³ Technisches Datenblatt für Beispiel Modell, https://energylabel.daikin.eu/ie/en_IE/lot10/jcr:content/root/services.json/lot10/datasheet/html?product=FTXTP25M5V1B%20%20RXT25R2V1B&locale=en_US (abgerufen: 19.04.2024)

3.3.1 Schallbelastung aussen

Für die Schallbelastung aussen ist bei Baugesuchen ein Lärmschutz-Nachweis notwendig. Die Planwerte müssen eingehalten werden. Es ist anzunehmen, dass für Luft-Luft-Wärmepumpen fürs Heizen die gleichen Anforderungen wie für Luft-Wasser-Wärmepumpen gelten. Die Anforderungen sind abhängig von der betroffenen Zone, die Anforderungen sind in Wohnzonen strenger als in Gewerbebezonen.

Die Schallbelastung kann durch bauliche Massnahmen (Abstand zu Nachbarn, Schutz durch Steinmauern) oder durch Schallschutzhauben reduziert werden. Standard-Schallschutzhauben reduzieren den Geräuschpegel um etwa 8.5 bis 10 dB. Hauben mit einer Reduktion von 20 dB sind teuer und haben ein grosses Gewicht von 200 bis 300 kg. Selbstverständlich müssen die Hauben eine gute Durchlässigkeit für Luft haben.

3.3.2 Schallbelastung innen

Die Kompressoren der Klimageräte haben heute Inverter, d.h. sie arbeiten nicht mehr im An-Aus-Modus, sondern regulieren die Heizleistung kontinuierlich. Damit entfallen die störenden Startgeräusche. Auch die Ventilatoren im Innenteil haben heute im Allgemeinen sogenannte EC-Ventilatoren und damit eine sehr gute Regelbarkeit durch eine stufenlose Drehzahlregelung (EC: electronically commutated = bürstenloser Gleichstrommotor).

Die Schallbelastung ist in der Aufheizphase am stärksten und im kontinuierlichen Betrieb deutlich ruhiger. Die Geräte haben meist einen Flüster-Modus damit die Störung in der Nacht auf ein Minimum reduziert werden kann. Zudem wird oft die Temperatur nachts tiefer eingestellt oder es kann in den Nachtstunden ganz auf das Heizen verzichtet werden bei hoher Lärmempfindlichkeit.

3.4 Kältemittel

Derzeit nutzen nahezu alle Klimaanlage das Kältemittel R32. Erste Hersteller haben bereits Modelle mit dem Kältemittel Propan (R290) auf den Markt gebracht, darunter Midea. Modelle mit Propan sind jedoch noch selten. Als weiterer Hersteller plant Daikin Ende 2024 Klimaanlage mit Propan zu lancieren.

Anders als bei Luft-Luft-Wärmepumpen (Split-Klimaanlagen) ist der Einsatz von Propan in Luft-Wasser-Wärmepumpen bereits deutlich verbreiteter. Bevor sich R32 durchgesetzt hat, nutzen Klimaanlage unter anderem R410A (Mischung aus R32 und R125) und R134a. R32 hat ein geringeres Treibhauspotential (GWP-Wert von 675).

Klimaanlagen mit den natürlichen Kältemitteln Ammoniak (R717) und Kohlendioxid (R744), die ein Treibhauspotential von 0 bzw. 3 aufweisen, sind noch nicht erhältlich. Dass sich dies in absehbarer Zeit ändert, ist nicht zu erwarten. Dies bezieht sich auf Split-Klimaanlagen für den Einsatz in häuslicher Umgebung mit weniger als 12 kW Heizleistung. Grössere Anlagen mit diesen Kältemitteln gibt es bereits.

Zunächst wird es Klimageräte unter Nutzung des Kältemittels Propan geben. Im Umgang mit Kältemitteln jeglicher Art ist aus Umwelt- und Sicherheitsaspekten sorgfältig vorzugehen. Kältetechniker haben in der Regel eine Aus- oder Weiterbildung für den richtigen Umgang. Kältetechniker haben in aller Regel eine Aus- oder Weiterbildung für den richtigen Umgang. Es handelt sich dabei um die vom UVEK vorgeschriebene «Fachbewilligung für den Umgang mit Kältemitteln». Die Fachbewilligung ist unabhängig davon, welches Kältemittel eingesetzt wird. Sie schreibt nur allgemein vor, dass die gängigen Kältemittel im Lehrplan behandelt werden. Dies bedeutet, dass in Zukunft auch verstärkt der Umgang mit Propan gelehrt wird. Experte Gabriele Maccini von der Klimatechnik-Firma TCA nennt einige Aspekte, die beim Umgang mit Propan, also dem Kältemittel, welches sich erst langsam etabliert, zu berücksichtigen sind: Beim Anschluss der Kältemittelleitungen trete immer ein wenig Kältemittel aus. Dies sei unvermeidlich. Es kann zwar keine Explosion, aber immerhin eine Stichflamme entstehen, wenn Raucher dabeistehen oder der Monteur statisch aufgeladene Kleidung hat. Aus dem Grund tragen Monteure Kleidung, die sich möglichst wenig auflädt und haben eine Erdung bei der Montage. Weiterhin ist bei der Verlegung zu beachten, dass Kältemittelleitungen nicht knicken, weil dies Turbulenzen erzeugt und sich das Kältemittel verflüssigt, wodurch die Effizienz leidet und der Wirkungsgrad sinkt. Die Kältemittelleitungen sind aus Kupfer und haben eine äussere Isolationsschicht aus Polyethylen. Sollte eine mit Propan gefüllte Kältemittelleitung später verletzt

werden, beispielsweise wenn aus Versehen ein Nagel in das Rohr geschlagen wird, besteht laut Herrn Maccini das Risiko einer Explosion. Diese Risiken sollten beim Einsatz von Propan bedacht werden. Propan sei besonders dort sinnvoll einzusetzen, wo das Kältemittel aussen bleibt und nur die Wärme (warme Luft/warmes Wasser) durch das Haus transportiert wird. In anderen Worten bei einer zentralen Kälteproduktion, wie zum Beispiel bei Gewerbe/Büro-Gebäuden oder Supermärkten.

Unter Nutzung von Propan sind mögliche Leckagen nicht mehr klimarelevant, dafür allerdings potentiell sicherheitsrelevant und deswegen weiterhin zu vermeiden. Heute werden zwei Arten von Wartung für Split-Klimageräte empfohlen. Zum einen kann der Nutzer selbst in einem Intervall von 1-2x pro Jahr die Innenteile von Staub, Pollen, und sonstigen Verschmutzungen reinigen. Zum anderen empfehlen die Hersteller eine jährliche Wartung der Innen- und Aussenteile durch einen Service-Techniker, wo auch die Dichtigkeit geprüft wird. Eine Dichtigkeitskontrolle ist bei typischen Split-Klimaanlagen mit weniger als 3 kg Füllmenge allerdings nicht verpflichtend.

Die EU F-Gas Richtlinie 2024/573 sieht folgenden schrittweisen Plan vor, um F-Gas (wie R32) auslaufen zu lassen. Dabei wird in drei Etappen das Inverkehrbringen von neuen Geräten mit bestimmten Kältemitteln verboten (Europäische Kommission, 2024, S. 56):

- Ab 1. Januar 2025: Singlesplit-Klimaanlagen mit weniger als 3 kg Kältemittel-Menge und einem GWP \geq 1500. Dies hat in der Praxis keine Implikation, da bereits alle heute verkauften Modelle das Kältemittel R32 mit einem GWP von 675 nutzen.
- Ab 1. Januar 2029: Singlesplit-/Multisplit-Klimaanlagen unter 12 kW Nennleistung mit GWP \geq 150. Das bedeutet, die Geräte werden kein R32 mehr nutzen.
- Ab 1. Januar 2035: Split-Klimaanlagen unter 12 kW mit F-Gas-Kältemittel. Das bedeutet, die Geräte nutzen keine F-Gase mehr, sondern nur noch natürliche Kältemittel, wie Propan.

3.5 Formvarianten des Innenteils

Wandgeräte

Im Normalfall werden Wandgeräte oben unter der Decke montiert. Klappen ermöglichen die Steuerung der Luftströme, die für eine gute Luftverteilung im Raum sorgen.



Abbildung 3: Beispiel Wandgeräte Daikin



Abbildung 4: Beispiel Wandgerät Toshiba Haori

Truhen- und Standgeräte

Obwohl Truhen- und Standgeräte wesentliche Vorteile haben, werden sie noch selten eingesetzt. Da warme Luft nach oben steigt ist der Luftauslass unten ideal, um den gesamten Raum gleichmässig zu erwärmen. Dies sollte auch für warme Füsse sorgen, da die Wärme nicht nur auf Kopfhöhe ist. Der Luftstrom von Truhengeräten ist geringer als bei Wandgeräten. Zudem kann das Standgerät allenfalls den

Platz nutzen, welcher früher für eine Elektroheizung gebraucht wurde. Andererseits beanspruchen Truhengeräte Platz an der Wand, welchen man möglicherweise anderweitig nutzen möchte.

Truhengeräte haben zwei Öffnungen für den Luftaustritt, eine oben und eine unten. Im Kühlbetrieb erfolgt der Luftaustritt nur aus der oberen Öffnung.



Abbildung 5: Truhengeräte (Quelle: links Daikin, rechts eigene Aufnahme)

3.6 Spezielle Anforderungen für Klimageräte zum Heizen

Aussengeräte müssen im Stande sein bei tiefen Temperaturen zu arbeiten

Bei der Auswahl eines Klimageräts ist zu berücksichtigen, wo das Gerät eingesetzt werden soll und welche klimatischen Bedingungen dort vorherrschen. Die Hersteller geben in den technischen Produktdatenblättern für das Aussengerät an, bei welchen Aussentemperaturen ein Heizbetrieb noch garantiert ist. Der typische Wert bei modernen Geräten ist -15 °C . Besonders für kalte, nördliche Klimazonen oder Höhenlagen in den Bergen ausgelegte Aussengeräte arbeiten noch bis zu -25 °C .

Sinken die Temperaturen unter den garantierten Betriebsbereich, reagieren die Geräte je nach Hersteller auf eine von zwei möglichen Weisen. Die Modelle von Daikin und Panasonic etwa arbeiten auch unterhalb des Betriebsbereichs weiter bis sie durch die Kälte zum Erliegen kommen. Der Wirkungsgrad ist dabei schlechter, die Geräte gehen aber nicht kaputt. Die andere Art wie Klimageräte damit umgehen, ist, dass sie sich ab einer bestimmten Temperatur einfach abschalten, um nicht kaputt zu gehen.

Da Aussenteile beim Heizen kälter als die Aussentemperatur selbst werden, kann es vorkommen, dass die Kühlrippen am Aussenteil vereisen. Manche Aussenteile haben daher einen Abtau-Mechanismus. Das bedeutet nichts anderes, als dass die Klimaanlage den Kältekreislauf umkehrt. Der Abtauvorgang dauert je nach Modell und Wetterbedingungen 5-10 Minuten. In der Zeit heizt das Innenteil nicht. Es schliesst alle Lamellen und schaltet sich quasi aus. Der Heizbetrieb und Abtaubetrieb wechseln sich je nach Bedarf automatisch und zyklisch ab. Geschwindigkeit und Effektivität des Abtauvorgangs beeinflussen den Effizienzgrad. Ziel ist es die Abtauzeiten zu minimieren.

Allen Fabrikaten ist gemeinsam, dass sich im Heizbetrieb an den Aussengeräten Kondenswasser bildet. Bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt kann das Kondenswasser gefrieren. Versickert das Wasser nicht schnell genug oder hat keine Möglichkeit abzulaufen, gefriert das Wasser und türmt sich stetig auf. Erreicht das Eis den Kältetauscher vom Aussengerät geht das Gerät häufig kaputt, es sei denn sie haben zusätzlich den beschriebenen Abtau-Mechanismus. Dem entgegenwirken lässt sich mit einer Wannenheizung, die unterhalb des Aussengeräts angebracht wird. Dabei handelt es sich um eine flache Schale, in der sich ein Heizkabel befindet, welches bei Minustemperaturen dafür sorgt, dass sich kein Eis bildet.

Regulierung von tiefen Innentemperaturen für Frostschutz

Für Nutzer von Klimaanlage zum Heizen kann es in bestimmten Szenarien empfehlenswert sein auf einen Frostschutz zu achten.

Steht ein Haus, eine Wohnung oder ein sonstiges Objekt längere Zeit im Winter leer, kann sich die Innentemperatur stark absenken. Beispielsweise, wenn ein Haus nur saisonal oder für Urlaube genutzt wird. In

vieler solcher Fälle machen die Bewohner/Besitzer das Objekt «winterfest» und leeren etwa die Wasserleitungen für das Trink- und Brauchwasser. Leitungen für eine Zentralheizung sind wahrscheinlich nicht vorhanden, da sonst nicht mit der Klimaanlage geheizt werden würde.

In anderen Fällen wird das Objekt bei Abwesenheit auf niedriger Temperatur weiter beheizt. Je nach Hersteller und Modell entscheidet sich, in welcher Form die Klimageräte dazu in der Lage sind.

Es gibt Modelle mit integriertem Frostschutz, die über einen Temperaturfühler registrieren, sobald eine bestimmte Temperatur unterschritten wird und dann automatisch anspringen um die Temperatur wieder anzuheben bzw. auf einer gewählten Temperatur konstant zu halten. Einige Toshiba Modelle haben einen Frostschutz bis +8 °C. Bei Daikin Modellen lässt sich eine minimale Zieltemperatur von +10 °C (und höher) einstellen, bei Panasonic Modellen sind es +16 °C und aufwärts. Eine tiefe einstellbare Temperatur bedeutet auch geringeren Stromverbrauch während der Abwesenheit. Um einen Frostschutz sicherzustellen dürften +5 °C genügen. Der Energiebedarf der Differenz von 5 °C bis hoch zu 16 °C ist unnötig und sehr gross.

Dimensionierung der Klimaanlage

Bei tiefen Aussentemperaturen ist sowohl bei konventionellen Wärmepumpen als auch bei Klimageräten der Wärmebedarf sehr hoch und gleichzeitig der Wirkungsgrad der Wärmepumpe tief. Klimaanlagen müssen so dimensioniert werden, dass sie bei den vorherrschenden, auch kalten, Temperaturen gut funktionieren. Die notwendige Heizleistung des Innenteils hängt von dem Wärmebedarf ab und kann mit den SIA-Normen 384 bestimmt werden. Zu den bestimmenden Faktoren gehören unter anderem die Zimmergrösse, Bauzustand und Isolierung. Gemäss Klima-Techniker Gabriele Maccini ist bei Split-Klimaanlagen, anders als bei anderen Elektro-Geräten, eine gewisse Überdimensionierung nicht problematisch, da grössere Wärmetauscher eine positive Wirkung auf den Wirkungsgrad haben können.

Hersteller und Anbieter verkaufen Klimaanlagen in der Regel in der Kombination aus Innen- und Aussenteil. Dabei stimmen die Hersteller Innenteil(e) und Aussenteil aufeinander ab, sodass sie kompatibel sind und gut zusammenarbeiten. Bei Multisplit-Anlagen können bis zu 5 Innenteile an ein Aussenteil angeschlossen werden.

3.7 Hersteller-Botschaften zum Heizen mit Klimageräten

Inzwischen präsentieren die Hersteller von Klimaanlagen ihre Modelle gleichberechtigt für den Einsatz zum Kühlen und zum Heizen. Eignung und Anwendbarkeit der Luft-Luft-Wärmepumpen als Heizlösung werden auf den Hersteller-Webseiten ausgiebig thematisiert und beschrieben. Diese Botschaft geht dabei von allen Herstellern aus, egal ob sie auch klassische Wärmepumpen (z.B. Luft-Wasser) vermarkten oder nicht. Screenshots von den Hersteller-Webseiten, die genau dies zeigen, finden sich im Anhang dieses Berichts.

Dass die gleichen Geräte aus der Vergangenheit nicht nur zusätzlich mit dem Prädikat «Heizen möglich» versehen wurden, zeigt sich an den diversen Optimierungen, die zum verbesserten Heizbetrieb an aktuellen Geräten vorgenommen wurden. Darunter fallen technische Anpassungen, wie Frostschutz, Abtau-Automatik oder Wannenheizungen, aber auch verschiedene Programme und Funktionen, die in der wohlklingenden Marketing-Sprache der Hersteller etwa lauten: «Heat Boost» (Daikin), «Hyper-Heating-Technologie» (Mitsubishi), «Optimised Heating 4» (Daikin), «Max Heat 2.0» (Samsung), «Fireplace-Modus» (Toshiba).

3.8 Recherchen zu Optionen für die Warmwasserbereitung

Die drei herkömmlichen Methoden zur Warmwasseraufbereitung sind:

- Durchlauferhitzer mit Strom (Elektroboiler)
- Durchlauferhitzer mit Gasverbrennung
- klassischer Wärmepumpenboiler (siehe topten.ch/waermepumpenboiler)

Wärmepumpenboiler sind Wassererwärmer, die über eine eingebaute Luft-Wasser-Wärmepumpe verfügen. Als Wärmequelle dient die Umgebungsluft. Mit dem Anschluss eines Luftkanals kann die als Wärmequelle dienende Luft (sie wird abgekühlt) aus einem Nachbarraum oder auch von ausserhalb des Hauses zu- und abgeführt werden.

Wenn man die Warmwasserbereitung und die Heizung getrennt voneinander betrachtet, bietet sich eine grosse Auswahlmöglichkeit von Wärmepumpen-Boilern und Klimaanlage. Bei Klimaanlage profitiert man von einer breiten Produktpalette und den günstigen Preisen eines Massenprodukts.

Eine interessante vierte Option ist die Kombination der Warmwasseraufbereitung mit der Luft-Luft-Wärmepumpe. Bei einer solchen Komplettlösung nutzt der Warmwasserspeicher/-tank das Aussenteil der Klimaanlage. Der Warmwasserbereiter selbst besitzt keine integrierte Wärmepumpe, sondern wird an das vorhandene Aussenteil der Luft-Luft-Wärmepumpe angeschlossen. Daikin bietet eine solche Lösung mit dem Konzept «Multi+» und Hitachi mit dem System «Multi + Yutampo». Andere derartige Lösungen sind auf dem Schweizer Markt noch nicht bekannt.

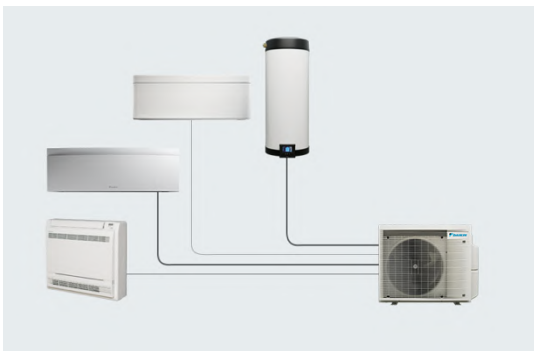


Abbildung 6: Daikin Multi+ Warmwasseraufbereitung.

Quelle: https://www.daikin.ch/de_ch/product-group/air-to-air-heat-pumps/multiplus.html (abgerufen am 19.04.2024)

4. Förderprogramme

4.1 Förderung von Luft-Luft-Wärmepumpen in deutschem Gebädeförderprogramm

In Deutschland werden Klimageräte zum Heizen seit Anfang 2024 bundesweit gefördert. Die Förderung ist eingebettet in das ganzheitliche Programm «Bundesförderung für effiziente Gebäude» (KfW, 2024a). Eine Massnahme in diesem Programm ist die Heizungsförderung. Bezuschusst wird der «Einbau von effizienten Heizungsanlagen» (KfW, 2024b). Das Ziel der Förderung ist es, «den Umstieg auf klimafreundliche Heizungen zu beschleunigen» (ibid.) Zum Katalog der förderfähigen Heizungstechnik gehören Wärmepumpen. Das umfasst explizit Luft-Luft-Wärmepumpen und andere Arten, wie Luft-Wasser, Sole-Wasser oder Wasser-Wasser (BMWK, 2023, S. 26).

Bei einem Einfamilienhaus in privater Hand können Investitionskosten bis zu einer Höhe von 30'000 Euro geltend gemacht werden. Der maximale Fördersatz beträgt 70% der Investitionskosten, also bis zu 21'000 Euro Fördersumme. Die Grundförderung beträgt 30%, also bis zu 9'000 Euro. Zu den förderfähigen Investitionskosten gehören neben den Anschaffungskosten für die Wärmepumpe selbst, die Anbindung an die Wärmepumpe, die Installation und die Inbetriebnahme (KfW, 2024c).

Einzelmassnahme	Grundförderung	Effizienzbonus	Klimageschwindigkeitsbonus	Einkommensbonus	Max. Total
Wärmepumpen	30%	5%	20%	30%	70%

Abbildung 7: Zusammensetzung des maximalen Fördersatzes (70%) für Wärmepumpen

Die Basisförderung für Wärmepumpen beträgt 30%. Der Fördersatz kann durch diverse Boni bis maximal 70% ansteigen. Verkürzt gesagt handelt es sich bei dem Effizienzbonus um die Förderung von Wärmepumpen mit einem natürlichen Kältemittel (z.B. R290 oder R744), bei dem Klimageschwindigkeitsbonus um einen Zuschuss für den vorzeitigen Ersatz von bestehenden und noch funktionstüchtigen Öl-, Kohle-, Gas-, und Elektroheizungen, und bei dem Einkommensbonus um einen Zuschuss für Haushalte mit geringem Einkommen (KfW, 2024c).

Die technischen Kriterien für die förderfähigen Klimageräte werden in der «Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude» spezifiziert (BMWK, 2023, S. 26). Die förderfähigen Wärmepumpen, die die technischen Auswahlkriterien erfüllen, sind in einer Produktliste aufgeführt, die vom BAFA fortlaufend aktualisiert wird (BAFA, 2023).

Die Förderung für Heizungen erfolgt in Deutschland zeitlich gestaffelt. Seit Februar 2024 können Privatpersonen, die Eigentümer von bestehenden Einfamilienhäusern sind und darin ihren Hauptwohnsitz haben, einen Förderantrag stellen. Im späteren Verlauf des Jahres 2024 können auch Förderanträge für nahezu alle anderen Arten von Objekten gestellt werden:

- Von Privatpersonen, von Kommunen, von Unternehmen
- Wohngebäude (z.B. für Eigentumswohnungen, Vermietung, Ein- und Mehrfamilienhäuser) und für Nichtwohngebäude (z.B. für Gewerbegebäude, kommunale Gebäude oder Krankenhäuser)

Die Antragsstellung in Deutschland ist aufwendig und kompliziert. Die Förderung unterliegt einer Vielzahl an Anforderungen und bedarf einer Reihe von Nachweisen. Dass das durch eine Privatperson kaum gestemmt werden kann, spiegelt sich in der Tatsache, dass grundsätzlich ein gelisteter Experte für Energieeffizienz oder ein registrierter Fachunternehmer beauftragt werden muss. Dieser erstellt Nachweise, wie die «Bestätigung zum Antrag (BzA)» oder eine «Fachunternehmererklärung» mit Angaben zu förderfähigen Gesamtkosten, Bestätigung der technischen Mindestanforderungen, oder einer Heizlastermittlung. Darüber hinaus sind diverse Versicherungsnachweise, Zahlungsnachweise, Prüfzertifikate und Hersteller-nachweise erforderlich (BMWK, 2023, S. 23ff).

Aus der Sicht von Topten fallen durch die Überreglementierung Bürokratie- und Planungskosten an, die nicht notwendig sind und die finanziellen Förderanreize des Antragsstellers wieder aufzehren. Diese Hürden gilt es bei der Implementierung eines Schweizer Förderprogramms von vornherein zu vermeiden.

4.2 Absichten von EKZ zur Lancierung eines Förderprogramms

Im Kanton Zürich sind mit einer Stückzahl von 10'000 immer noch sehr viele ineffiziente Elektroheizungen im Einsatz, welche pro Jahr etwa 140 GWh Elektrizität verbrauchen. Deren Ersatz ist oft unzumutbar teuer, wenn dazu ein zentrales Wärmeverteilsystem installiert werden muss. Hier drängen sich Luft-Luft-Wärmepumpen (Klimageräte im Heizmodus) auf, welche dank Wärmepumpentechnologie einen mindestens dreifach besseren Wirkungsgrad haben.

Die EKZ-Energieberatung beabsichtigt daher, in ihrem Versorgungsgebiet ein Förderprogramm für Heizlösungen mittels Luft-Luft-Wärmepumpen zu lancieren. EKZ rechnet mit einer hohen Wirkung von rund 200'000 kWh pro Gebäude während der Nutzungsdauer von 15 Jahren (Annahme Jahresverbrauch für Heizen 20'000 kWh). Bei einer Förderung von 2'000 CHF/Gebäude würde sich eine sehr hohe Fördereffizienz von 1.0 Rp./kWh ergeben.

Der Fokus bei der Gestaltung des Förderprogramms ist, die Kriterien so pragmatisch und einfach wie möglich zu halten. Alle unnötigen Kriterien sollen vermieden werden, um eine Reduktion der Wirkung zu vermeiden und den administrativen Aufwand sowohl auf Kundenseite als auch bei der Subventionsgeberin tief zu halten.

Geplante Förderkriterien:

- Fördergegenstand: Luft-Luft-Wärmepumpe (d.h. Klimagerät betriebsfertig installiert mit mindestens einem Aussen- und mindestens einem Innenteil)
- Pro Wohnung ist eine Förderung möglich
- Pauschal CHF 2'000 pro Gerät, maximal 30% der Investitionskosten
- Effizienzkriterium für Betrieb im Heizmodus: A++ (Ausnahme: Multisplit-Truhengeräte: A+)
- Installation im Versorgungsgebiet der EKZ

EKZ ist sich bewusst, dass es um ein Thema geht, bei dem klar kommuniziert werden muss. Es will sorgfältig aufzeigen, warum und in welchen Fällen Klimageräte ökonomisch, ökologisch und technisch sinnvoll sind. Insbesondere ist darauf zu achten, dass nicht der Vorwurf aufkommt, so «Kühlen durch die Hintertüre» zu fördern. Natürlich ist es denkbar, dass das Klimagerät im Hochsommer auch zum Kühlen genutzt wird. Zu beachten ist aber, dass die Energieeinsparung im Winter beim Heizen um ein Vielfaches grösser ist als ein allfälliger Mehrverbrauch im Sommer zum Kühlen. Dies ist ersichtlich auf den Energieetiketten, welche den jährlichen Energieverbrauch zum Heizen und Kühlen für die drei wichtigsten Klimazonen in Europa ausweisen. Zudem ist es plausibel, da die Temperaturdifferenzen zwischen Aussen- und Innenraum im Winter (ca. 20 °C) viel grösser sind als im Sommer (empfohlen sind 5 °C Differenz zur Aussen-temperatur). Zu beachten ist auch, dass im Winter Tag und Nacht geheizt werden muss, es im Sommer aber genügt, lediglich in den heissen Mittagsstunden zu kühlen.

5. Fallstudien

Im Rahmen dieses Projekts wurden zwölf Objekte untersucht, in denen Klimageräte zum Heizen eingesetzt wurden. Zudem wurden drei Offerten erstellt, um bisherige Elektroheizungen durch Klimageräte zu ersetzen. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über all diese Fälle.

Kapitel	Titel	Gebäudekategorie	Inst. Heizleistung (kW)	Raumnutzung / Betriebszeiten	Stichworte
Realisierte Fälle					
5.1	Velowerkstatt (SG)	IX	5.1	Arbeitszeiten	Einsatz und Eignung für temporäre Nutzung
5.2	EFH Lugano (TI)	II	22.0	Ganzjährig bewohnt	Lösung für EFH Erstnutzung, gehobener Standard, Deckenheizung
5.3	Tiny House (BE)	II	4.2	Ganzjährig bewohnt	Neubau, Minergie, gehobener Standard, Fussbodenheizung
5.4	Mobilheim Murtensee (FR)	II	5.2	Ganzjährig (neu: nur im Sommer)	Stil Ferienhaus, kostengünstiger Ersatz von Elektroheizung
5.5	Mobilheim Murtensee 2 (FR)	II	4.0	Ganzjährig bewohnt	Stil Ferienhaus, kostengünstiger Ersatz von Elektroheizung
5.6	Kunst-Atelier Goldach (SG)	III	6.2	Arbeitszeiten / Unregelmässig	Flinkes System und Ruhe im Vgl. Öl-Umluftheizung
5.7	Ecocentro Melano (TI)	IX	13.2	Unregelmässig	Neubau, Minergie-A, geringer Wärmebedarf, Gewerbe-Bau
5.8	EFH Cerentino (TI)	II	8.0	Ganzjährig bewohnt	Minergie, Baulich keine Nachrüstung Wassernetz mögl.
5.9	Wohnhaus Vacallo (TI)	II	15.0	Ganzjährig bewohnt	Minergie, typischer Fall Gesamtsanierung
5.10	Rustico Castaneda (GR)	II	5.0	Temporär	Ferienwohnungen, Steinhaus, Frostschutz möglich
5.11	Bergrestaurant (GR)	VI	k. A.	Saisonal	Klimageräten seit 8 Jahren, bewährte Heizung, Holzbau, unsaniert
5.12	Walsershaus (GR)	II	4.1	Ganzjährig bewohnt	Kurzfristig realisierter Heizungsersatz, Ästhetik Aussenteil
Offerten					
6.1	Rustico in S. Giacomo (GR)	II	5.0	Ganzjährig bewohnt	Ältere Generation, Investitionsbereitschaft, zukünftige Nutzung unklar
6.2	Ferienhaus in Valbella (GR)	II	10.5	Saisonal (14 Wochen/Jahr)	Hochwertiges Objekt, Gesamtsanierung, Entscheidung LLWP vs LWWP vs Erdsonde
6.3	Künstleratelier (GR)	III	4.0	Arbeitszeiten (Teilzeit)	Schneller Heizungsersatz möglich (1 Woche), zukünftige Nutzungsintensität offen

Tabelle 2: Übersicht der Fallstudien und der erstellten Offerten

Die Gebäudekategorien orientieren sich an der Nutzungszuordnung gemäss SIA 380/1. Kategorie II lautet «Wohnen EFH», Kategorie III «Verwaltung», Kategorie VI «Restaurants» und Kategorie IX «Industrie».

5.1 Fallstudie Velowerkstatt (Werkstatt und Mensa) (SG)

Ausgangslage

Diese Fallstudie wurde zusammen mit der Firma TCA Thermoclima vor Ort besichtigt und dokumentiert.

Die Rad9 GmbH in Rorschach am Bodensee verkauft und repariert Velos. Zum Gelände des Betriebs gehören vier Gebäude. Zwei davon - die Velowerkstatt und die Mensa - sind Containerbauten mit Singlesplit-Klimageräten. Die zwei anderen Gebäude dienen der Lagerung, dem Verkauf und dem Ausstellen der Velos.

Bei der Velowerkstatt und der Mensa handelt es sich um zwei separate Gebäude, die aber innerhalb einer Fallstudie behandelt werden. Die Velowerkstatt hat eine Fläche von rund 80 m². Die Werkstatt ist der einzige Raum. Die Mensa ist ein etwas kleineres Gebäude bestehend aus einem Raum mit einer Fläche von

rund 20 m². Beide Containerbauten entsprechen den regulären Bauvorschriften für Neubauten; Decke und Wände haben eine 20 cm dicke Dämmung. Beide Gebäude wurden im Jahr 2021 errichtet.

Die Velowerkstatt wird das ganze Jahr über an 5 Tagen die Woche genutzt, von 8.00 Uhr morgens bis 18.30 Uhr abends. Die Mensa dient als Pausen- und Aufenthaltsraum und wird in der Regel nach der Mittagspause nicht mehr genutzt.

Die Bauten befinden sich in Rorschach im Kanton St. Gallen auf 400 m ü. M. In Rorschach liegt die Jahresdurchschnittstemperatur bei 9.1 °C. Im Verlauf des Jahres bewegt sich die Temperatur in der Regel zwischen -2 °C und 24 °C und liegt selten unter -9 °C oder über 29 °C.⁴

Adresse: Rad9 GmbH, Tödistrasse 9, 9400 Rorschach

Heizlösung

Gleichzeitig mit der Aufstellung der Containerbauten im Jahr 2021 wurde in den Gebäuden je eine Single-split-Klimaanlage der Marke Daikin installiert.

- Gebäude 1 (Velowerkstatt): 1x Innenteil. 1x Aussenteil. Innen: Modell FTXM35N2V1B. 1x Aussenteil Modell RXM35N5V1B9.
- Gebäude 2 (Mensa/Aufenthaltsraum): 1x Innenteil Modell FTXF35C5V1B, 1x Aussenteil Modell RXF35C5V1B9

Die Aussenteile sind zwischen 0.5 und 1.5 m über dem Boden schwebend an der Aussenwand befestigt. Darunter befindet sich weitläufiges Kiesbett, das das Abfließen des Tauwassers ermöglicht.

Warmwasser wird für beide Gebäude vom Hauptgebäude (Verkauf und Showroom) mittels Rohrleitungen zur Verfügung gestellt. Dort wird eine grosse Luft-Wasser-Wärmepumpe zum Heizen und zur Warmwasseraufbereitung eingesetzt.

Der Prozess der Baubewilligung lag im üblichen Rahmen mit 2-3 Monaten bis zur Genehmigung. Teil des Antrags war der Energienachweis. Ein Punkt darin ist der Geräuschpegelnachweis für das Aussenteil. Dazu nutzte man die im Katalog angegebenen Schall-Werte und vermass die notwendigen Distanzen. Eine Geräuschmessung war nicht notwendig.

Es wurde festgestellt, dass in Bezug auf Geräusche der Klimaanlage die gleichen Bauvorschriften in einem Wohngebiet und einem Industriegebiet gelten. Das Gelände von Rad9 befindet sich in einem eher industrie-ähnlichen Gebiet und grenzt an eine Molkerei.

Zum Zeitpunkt des Antrags kannte die lokale Baubehörde die Lösung mit Klimageräten zum Heizen nicht. Sie reagierte daher zunächst mit «Unwissen und Skepsis» auf die Klimaanlage als Heizlösung. Laut Antragstellern war die Erarbeitung des Installationsgesuchs aufwendig. Ein befreundeter Umweltingenieur hat beim Antrag geholfen. Der Antrag wurde ohne Bemängelung oder Notwendigkeit für Anpassungen genehmigt.

⁴ <https://de.weatherspark.com/v/63662/Durchschnittswetter-in-Rorschach-Schweiz-das-ganze-Jahr-%C3%BCber> (abgerufen: 19.04.2024)



Abbildung 8: Gebäude 1 (Werkstatt). Die Klimaanlage wird bereits am Vorabend so programmiert, dass bei Arbeitsbeginn die gewünschte Innentemperatur vorherrscht.



Abbildung 9: Gebäude 1 (Werkstatt). Das Aussengerät befindet sich am Hintereingang zur Werkstatt. Mögliche Geräusche spielen auf dem Werksgelände keine Rolle.



Abbildung 10: Gebäude 2 (Mensa). Der Aufenthaltsraum für die Mitarbeiter wird nur nach Bedarf geheizt und nach der Mittagspause wieder abgestellt.



Abbildung 11: Rechts das Aussenteil für die Mensa. Links das Aussenteil für den angrenzende Werkstatt.

Nutzungsverhalten und Einstellungen

Gebäude 1 (Werkstatt): Im Winter wird die Anlage zwischen 2 und 4 Uhr morgens ferngesteuert angeschaltet, um die Werkstatt aufzuheizen. Der Raum soll ab 8 Uhr morgens warm sein. Die Zieltemperatur tagsüber liegt bei 18-19 °C. Beim morgendlichen Aufheizen läuft das Gerät auf voller Leistungsstufe. Die Dauer bis zur «vollständigen Behaglichkeit» liegt bei 3-4 Stunden. Dabei ist die gewünschte Lufttemperatur deutlich schneller erreicht. Behaglichkeit, also das Wärmeempfinden, ist neben der Lufttemperatur auch von der Summe der Umgebungstemperaturen abhängig. Der Raum hat eine geringe thermische Kapazität (kaum Gegenstände, die Wärme speichern) und kühlt daher nachts schnell ab. Der Vorteil der Luft-Luft-Wärmepumpe ist, dass es ein sehr flexibles und schnelles System ist und den Raum am Morgen schnell wieder aufheizen kann. Die Wärmeverluste in der Nacht können so minimiert werden. Die Klimaanlage wird bereits vor Feierabend komplett ausgestellt.

Nur bei zu erwartenden sehr kalten Wetteraussichten wird die Anlage nachts auf einer geringen Stufe weiterbetrieben. Der Raum soll sich in dem Fall nicht komplett abkühlen, sodass die Differenz zur Zieltemperatur (18-19 °C) und dadurch die Aufheizdauer nicht zu gross wird.

Die Klimaanlage wird über WLAN ferngesteuert. Genutzt wird ein Thermostat und eine Bedien-App vom Drittanbieter *tado*. Damit ist eine automatische Steuerung der Klimaanlage möglich, basierend auf Wetterdaten und Innentemperaturfühler. Die Nutzer bevorzugen die Einstellungen manuell zu programmieren, basierend auf Erfahrungswerten der vergangenen zwei Winter.

Gebäude 2 (Mensa): Die Klimaanlage im Aufenthaltsraum wird nicht jeden Tag genutzt. Sie wird hauptsächlich an kalten Tagen angeschaltet. An den Tagen, an denen sie zum Einsatz kommt, wird sie um 11 Uhr vormittags eingeschaltet und nach der Mittagspause bereits heruntergefahren für den Rest des Tages. Während des Aufheizens läuft das Gerät auf voller Leistungsstufe. Die Zieltemperatur liegt bei 18-19 °C. Die Klimaanlage ist an das WLAN-Netz gekoppelt und wird über eine Smartphone-App ferngesteuert.

Investitions- und Betriebskosten

Gebäude 1 (Werkstatt): Die Investitionskosten für die Anlage in der Velo-Werkstatt lagen bei 5'000 CHF. Die Kosten setzen sich zusammen aus dem Material (1 Innenteil, 1 Aussenteil) und der Installation und Montage - darunter auch das Verlegen der Leitungen. Die Installation wurde durch die MaxKlima GmbH durchgeführt.

Gemäss EU-Energieetikette hat das Gerät einen Jahresenergieverbrauch von 687 kWh beim Heizen (mittlere Klimazone), wobei der tatsächliche Verbrauch stark abhängig von der Nutzung ist. In diesem Fall ist es deutlich weniger, da die Nutzung nur an Arbeitstagen und nur tagsüber stattfindet. Die Nutzungsintensität fällt also erheblich geringer aus als die 1'400h Heizbetrieb und 350h Kühlbetrieb, die dem Verbrauch der EU-Energieetikette zugrunde liegen.

Gebäude 2 (Mensa): Die Investitionskosten für die Anlage in der Mensa lagen bei 4'500 CHF. Die Kosten setzen sich zusammen aus dem Material (1 Innenteil, 1 Aussenteil) und der Installation und Montage - darunter auch das Verlegen der Leitungen. Die Installation wurde durch die MaxKlima GmbH durchgeführt.

Gemäss EU-Energieetikette liegt der Jahresenergieverbrauch beim Heizen bei 885 kWh (mittlere Klimazone), wobei der tatsächliche Verbrauch stark abhängig von der Nutzung ist. In diesem Fall nur wenige Stunden am Tag und nur während der Arbeitswoche.

Die Betriebskosten der Klimaanlage in beiden Gebäuden umfassen nur die Stromkosten der Klimageräte. Der Strom von Rad9 wird zentral in nur einem Stromzähler für den gesamten Hof (umfasst vier Gebäude) erfasst und gleichzeitig mit der Eigenproduktion aus einer Photovoltaik-Anlage verrechnet. Aufgrund dieser Voraussetzungen sind keine Aussagen zu den Stromkosten der einzelnen Klimageräte und Gebäude möglich. Ein Vergleich der Betriebskosten mit einer vorherigen Heizlösung ist ebenfalls nicht möglich, da nie eine andere Heizung bestand und die Klimageräte von Anfang mit dem Ziel zu Heizen installiert wurden.

Die Investitionskosten für die Klimageräte im Vergleich zur Alternative Fussboden-Heizung (Luft-Wasser-Wärmepumpe) sind sehr gering. Die kompletten Investitionskosten für die Klimageräte einschliesslich Installation lagen für beide Gebäude zusammen bei 9'500 CHF. Die Fussbodenheizung in den zwei Containergebäuden hätte 30'000 CHF (15'000 CHF je Gebäude) gekostet – und das ohne die Luft-Wärmepumpe selbst. Für die Lösung mit einer Fussbodenheizung wären Leitungen verlegt worden um die beiden Gebäude an die bestehende Luft-Wasser-Wärmepumpe des Hauptgebäudes anzuschliessen.

Gesamteindruck und Fazit

Bereits vor Bau der zwei neuen Gebäude haben die Inhaber der Rad9 GmbH die verschiedenen Möglichkeiten zum Heizen abgewogen. Die Überlegung der Alternativen umfasste Klimageräte, Fussbodenheizung und Heizstrahler. Die Entscheidung fiel auf die Klimaanlage aufgrund ihrer Flexibilität, der geringen Kosten, und hohen Reaktivität.

- **Flexibilität.** Die Inhaber geben an: «Wir wissen nicht, ob die Gebäude in 10 Jahren noch stehen.» Man konnte die Klimaanlage schnell einbauen und könne sie genauso schnell wieder abbauen und veräussern bzw. woanders einsetzen. Nicht zuletzt haben auch die Containerbauten selbst ihren Zweck in der Flexibilität.
- **Kosten.** «Grosse Investition in eine Fussbodenheizung würden wir nicht in die Container einbauen. Klimaanlage haben den Vorteil, dass sie mobil sind und geringere Kosten haben», sagen die Inhaber. Die Investitionskosten für eine Fussboden-Heizung wären um ein Vielfaches höher gewesen.
- **Reaktivität.** Mit der Klimaanlage lässt sich schnell auf äussere Temperaturschwankungen reagieren. Bei plötzlichem Kälteeinbruch kann so weiterhin eine angenehme Innentemperatur von angestrebten

19 °C aufrechterhalten werden. Die Nutzer können einen unmittelbaren Vergleich ziehen, da ihr Hauptgebäude (mit Verkaufsstelle, Büro, Ausstellungsflächen) über eine Fussbodenheizung mit Luft-Wasser-Wärmepumpe geheizt wird: «Auch für den Winter gesehen, ist es super. Mit der Klimaanlage hast du die Wärme schneller. In unserem Hauptgebäude ist die Bodenheizung einfach träg.» Dies führe mitunter dazu, dass das Hauptgebäude einen Tag lang nur 16-17 °C erreicht, bevor die Bodenheizung ausreichend reagiert hat. «Das können wir [mit der Klimaanlage] viel universeller, flexibler anpassen.»

Die Erarbeitung des Bewilligungsverfahrens wurde als aufwendig wahrgenommen. Der Fall war neu für die Behörden, die das Verfahren aber konstruktiv und ohne Beanstandung durchgezogen haben. Die Planungsphase und Installation verliefen problemlos. Auch mit der Qualität der Geräte haben die Nutzer keine Probleme. Reparaturen waren bislang nicht nötig. Die Klimaanlage liefert ausreichend Wärme und schafft ein Raumklima, in dem die Mitarbeiter gerne zu arbeiten scheinen: «Das ist kein Wohnraum. Eine Wohnung muss man anders beurteilen, für uns zum Schaffen ist es perfekt». Ein starker Anstieg der Gesamtstromkosten konnte nicht verzeichnet werden. Details zu Verbräuchen heruntergebrochen auf Gebäude oder einzelne Verbraucher liegen leider nicht vor. Die Inhaber halten fest: «Am Anfang haben wir Angst gehabt, dass es Stromfresser sind. Die Geräte sind schon effizient. Der Stromverbrauch für das Heizen fällt nicht ins Gewicht». Gesamthaft sind sie mit der Lösung zufrieden. «Für unsere Ansprüche ist es perfekt. Wir hätten nicht gedacht, dass es so gut funktioniert.»



Abbildung 12: Gebäude 1 (Werkstatt). Das Innenteil der Marke Daikin verfügt über eine ausreichende Heizleistung, die Werkstatt mit einer Fläche von 80 m² zu erwärmen.



Abbildung 13: Gebäude 2 (Mensa). Der Aufenthaltsraum hat eine Grösse von 20 m² und verfügt neben Sofa und Esstisch über eine Küchenzeile mit Regalen, Kühlschrank, Herd, und Backofen.

5.2 Fallstudie Einfamilienhaus in der Region Lugano (TI)

Ausgangslage

Diese Fallstudie wurde vom Elektrizitätswerk Aziende Industriali di Lugano (AIL) SA bearbeitet und dokumentiert. Die AIL hat die Heizung mit Klimageräten installiert und ist der Stromversorger dieser Liegenschaft.

Die Bauten befinden sich im Kanton Tessin auf 380 m ü. M. Im Verlauf des Jahres bewegt sich die Temperatur in der Regel zwischen -2 °C und 27 °C und liegt selten unter -6 °C oder über 30 °C.

Die Liegenschaft wird von zwei Personen ganzjährig bewohnt. Das Haus hat 2 Stockwerke. Das Gebäude wurde im Jahr 1965 errichtet. Es handelt sich um ein Steinhaus. Dach, Keller und Wände haben keine Isolation. Ursprünglich wurde es mit Infrarot-Strahlern beheizt. Im Sommer 2022 wurde die Heizung durch Klimageräte ersetzt.

Adresse: kann bei den Autoren angefragt werden

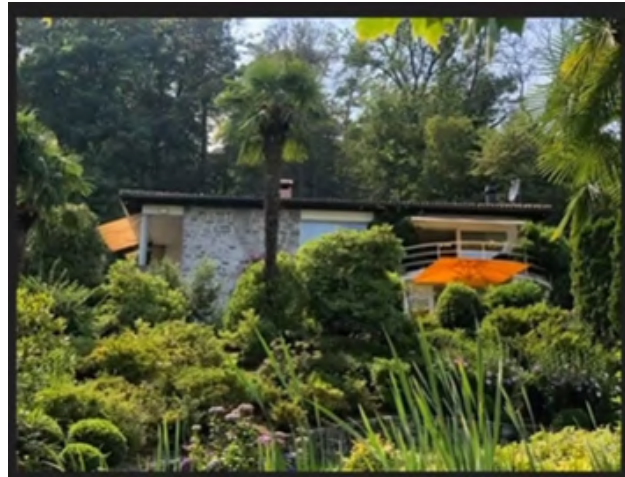


Abbildung 14: Ansichten der Liegenschaft

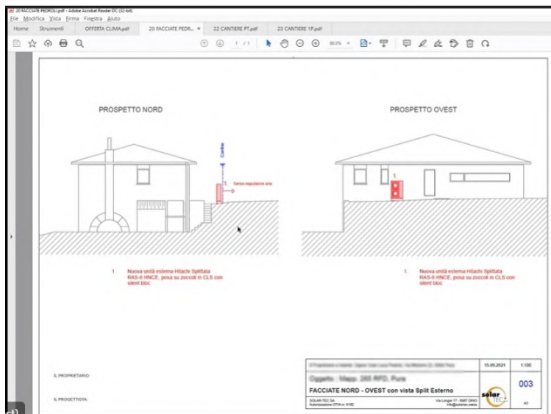


Abbildung 15: Aufriss

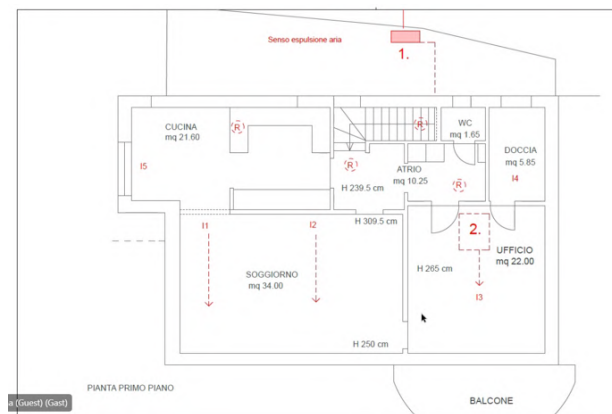


Abbildung 16: Grundriss vom Obergeschoss

Heizlösung

Die Klimaanlage besteht aus

- 1x Aussenteil Hitachi RAS8- HNCE
- 2 x Innenteile Hitachi RPI-3.0 FSN

Das Aussenteil befindet sich an der Westfassade des Hauses auf am Boden befestigten Stahlbetonsockeln. Die Innenteile sind Kanalgeräte, die in der Decke eingelassen sind. Ein Kanalgerät befindet sich im Erdgeschoss, das andere im ersten Stock. Die Warmluft wird durch die zwei Innenteile produziert und dann über nicht sichtbare Rohre in der Decke in alle beheizten Räume transportiert.

Der Prozess der Baubewilligung lag im üblichen Rahmen mit 2-3 Monaten bis zur Genehmigung. Teil des Antrags war der Energienachweis. Der Antrag wurde ohne Bemängelung oder Notwendigkeit für Anpassungen genehmigt.

Nutzungsverhalten und Einstellungen

Die Klimaanlage wird primär während der Wintermonate Oktober bis März betrieben. Im Sommer wird die Klimaanlage sporadisch zum Kühlen eingesetzt. Im Winter wird die Klimaanlage durchgehend zum Heizen eingesetzt. Andere Heizquellen gibt es nicht. Die Infrarotheizungen wurden alle abgebaut. Die Zieltemperatur beträgt im Winter 22 °C.

Investitions- und Betriebskosten

Die Gesamtkosten des Umbaus lagen bei 63'000 CHF. Dies umfasste alle Kosten einschliesslich der Gerätekosten, der Installation und baulichen Anpassungen. Darunter fällt die Installation der Innenteile unter

der Zimmerdecke und das Einziehen und Verschalen von Warmluft-Rohrleitungen von den Innenteilen in die verschiedenen Zimmer.

Die energetischen Sanierungsmassnahmen der letzten Jahre umfassten die Installation einer Photovoltaik-Anlage im Oktober 2020 und den Ersatz der Infrarotheizungen durch Klimageräte im Sommer 2022.

Die Sanierungsstrategie ist voll aufgegangen. Mit der PV-Anlage konnte der jährliche Gesamtstromverbrauch des Hauses von 29'000 kWh auf 13'000 kWh reduziert werden. Mit dem Heizungsersatz konnte der Verbrauch von 13'000 kWh auf 3'500 kWh gesenkt werden. Man kann davon ausgehen, dass die Klimageräte bei der Reduktion einen grossen Einfluss gehabt haben. Auf die Ermittlung weiterer Kennzahlen wird verzichtet, da die vorhandene Datenbasis ungenügend ist.

Jahr	Netto-Stromverbrauch	Beschreibung
2011-19	29,373	Heizen mit Elektroheizung
2020	n.a.	Installation PV-Anlage im Oktober 2020
2021	12,795	Heizen mit Elektroheizung
2022	5,736	Installation Klimageräte im Sommer 2022
2023	3,347	Heizen mit Klimageräten

Abbildung 17: Gesamtstromverbrauch des EFH zwischen 2011 und 2023

Die Verbrauchswerte unterliegen natürlichen Schwankungen, wie der Strenge der Winter und der Intensität der Sonneneinstrahlung im jeweiligen Jahr, sowie dem Nutzerverhalten. Der Verbrauch von rund 29'000 kWh ist der Durchschnitt der sehr konstanten Jahre 2011 bis 2019, während derer noch mit der Elektroheizung geheizt wurde. Der Verbrauch nach Einbau der PV-Anlage und Nutzung der Elektroheizung lag bei knapp 13'000 kWh. Dies ist ein 1-Jahres-Wert und die PV-Produktion ist abhängig vom Wetter. Im ersten vollen Jahr unter Nutzung der Klimageräte in 2023 lag der Gesamtverbrauch bei nur noch 3'500 kWh, eine weitere Reduktion um 9'500 kWh gegenüber 2021. Der Verbrauch in der Wintersaison ist von 2021 auf 2023 um 8'000 kWh zurückgegangen.

Gesamteindruck und Fazit

Die Eigentümer legten grossen Wert auf eine hochwertige Sanierung, die viel Komfort und Einsparungen erzielt. Die Investitionskosten für den Heizungsersatz waren vergleichsweise hoch, da die Eigentümer eine Luft-Luft-Wärmepumpe mit Wärmeverteilung gewählt haben und dadurch vergleichsweise viele bauliche Massnahmen durchgeführt werden mussten. Die erzielten Einsparungen sind dafür beträchtlich. Im Ergebnis sind die getroffenen Massnahmen erfolgreich.

5.3 Fallstudie Tiny House in Riedstätt (BE)

Ausgangslage

Diese Fallstudie wurde zusammen mit der Firma TCA Thermoclima vor Ort besichtigt und dokumentiert.

Das Haus in Riedstätt wurde im Jahr 2021 gebaut. Es handelt sich um ein modernes Holzhaus, das in Fertigbauweise (aus Modulen) errichtet wurde. Es ist gut isoliert und folgt Minergie-Standards (U-Wert 0.15). Verkauft und gebaut wurde das Haus von der Firma Polyloft.ch.

Mit einer Gesamtwohnfläche von 45 m² kann es als Tiny House bezeichnet werden. Es wird vermietet und wird ganzjährig von einer jungen Person bewohnt. Das Haus hat ein Erdgeschoss (40 m²) und eine darüberliegende offene Empore, die als Schlafzimmer genutzt wird (5 m²).

Eine Besonderheit des Objekts ist die Fussbodenheizung ohne zentrales Wasserverteilsystem mittels Luft-Luft-Wärmepumpe.

Das Haus befindet sich in Riedstätt bei Schwarzenburg im Kanton Bern auf 1'000 m ü. M. Es handelt sich um Voralpengebiet. Im Verlauf des Jahres bewegt sich die Temperatur in der Regel zwischen -5 °C und 22 °C und liegt selten unter -10 °C oder über 28 °C.⁵

Adresse: Riedstätt bei Schwarzenburg

Heizlösung

Die Multisplit-Klimaanlage zum Heizen wurde gleichzeitig mit Errichtung des Baus im Jahr 2021 installiert. Es handelt sich um eine Bodenheizung, die durch ein herkömmliches Wandgerät ergänzt wird.

Zum Einsatz kommen:

- 1x Aussenteil: Daikin 2MXM50N2V1B, 1x Innenteil (Kanalgerät): Daikin FDXM35F9, 1x Innenteil (Wandgerät): Daikin FTXM25R5V1B

Das Aussenteil befindet sich an der Haus-Rückseite und ist von einer Holzverschalung umgeben, mit dem Ziel der optischen Aufwertung und Anpassung an den Stil des Hauses.

Das Haus ist in Hanglage gebaut und daher auf Stelzen. Unterhalb des gesamten Fussbodens befindet sich ein grosser Hohlraum. Das Kanalgerät erhitzt die Luft in diesem Hohlraum. Die Wärme gelangt zum einen direkt über Luftschlitze in den Wohnraum, zum anderen indirekt über den Holz-Fussboden, der sich aufwärmt und die Wärme in den Innenraum abstrahlt.

Die Luftschlitze wurden nachträglich in den Boden eingelassen, damit die warme Luft besser aufsteigen und in den eigentlichen Wohnraum gelangen kann. Ohne die Schlitze funktionierte das Heizen nur mässig. Das Kanalgerät wurde stark beansprucht, da es unter Dauerbelastung grosse Luftmassen umwälzen musste. Die Fussbodenheizung wurde aufgrund des expliziten Wunsches des Architekten realisiert. Die Empfehlung der Klimatechniker von TCA Thermoclima war eine Heizlösung mit zwei üblichen Wandgeräten.

Das Kanalgerät ist in den Fussboden eingelassen und über eine circa 4 cm dicke Holz-Klappe zu erreichen. Das zweite Innenteil ist ein Wandgerät und auf der Empore/der Galerie, also direkt unter dem Dach, montiert.

Warmwasser wird über einen Wärmepumpenboiler mit 110-Liter-Speicher erzeugt. Dieser läuft ab 21 Uhr abends aufgrund eines günstigeren Stromtarifs und hält das Warmwasser für die Nutzung am nächsten Tag vor.

Der Baubewilligungs- und Genehmigungsprozess verlief nach Eigentümer und Bauherren Herrn und Frau K. reibungslos. Die Bewilligung im Hinblick auf den Geräuschpegel stellte kein Hindernis dar, da das Haus freisteht und in grosszügiger Entfernung von den Nachbargebäuden liegt.

⁵ <https://de.weatherspark.com/v/56037/Durchschnittswetter-in-Guggisberg-Schweiz-das-ganze-Jahr-%C3%BCber> (abgerufen: 19.04.2024)



Abbildung 18: Das Innenteil des Klimageräts, ein sog. Kanalgerät, ist in den Fussboden eingelassen und erwärmt die Luft im darunter befindlichen Hohlraum.



Abbildung 19: Durch die Hanglage ergibt sich ein Hohlraum unter dem Erdgeschoss, der als Bodenheizung fungiert.



Abbildung 20: Das zweite Innenteil befindet sich auf der Galerie, die auch als Schlafzimmer dient.



Abbildung 21: Das Aussenteil befindet sich an der Hausrückseite und ist mit Holz verkleidet.

Nutzungsverhalten und Einstellungen

Die Klimaanlage wird während der Winter- und Sommermonate betrieben.

Die Zieltemperatur im Winter liegt bei 21 °C. Der Bewohner schaltet die Anlage zwischen 22 Uhr und 8 Uhr morgens komplett aus. Trotz dessen nimmt die Raumtemperatur über Nacht nur um circa 1 °C ab. Die Bodenheizung ist die primäre Heizquelle. Das Wandgerät wird nur bei Bedarf unterstützend angeschaltet. Laut Bewohner geht Aufheizen und Erreichen der gewünschten Raumtemperatur «sehr schnell», wobei die Bodenheizung träger als das Wandgerät reagiert. Mit dem Kanalgerät allein (Fussbodenerwärmung/Luftschlitz) dauert es 1-2h um auf Wunschtemperatur zu kommen, in Kombination mit dem Wandgerät geht es in 15-30 min.

Die Klimaanlage wird im Sommer auch zum Kühlen verwendet. Durch eine grosse Glasfront und gute Dämmung wird es sehr warm im Inneren. Für das Kühlen kommt primär das Wandgerät zum Einsatz. Dieses befindet sich im Obergeschoss auf der Galerie, sodass die kalte Luft gut in das offene darunterliegende Erdgeschoss «fliessen» kann.

Investitions- und Betriebskosten

Die Baukosten für das komplette Haus (inklusive Leitungen, Streifenfundament, etc.) lagen bei rund 340'000 CHF. Der Bauherr entschied sich für die Klimageräte als Heizung, da im Gegensatz zu herkömmlichen Wärmepumpen die Wärmeverteilung wegfällt und die Tinyhäuser nach CH-Standard noch teurer

gewesen seien. Zu berücksichtigen ist, dass es sich mit der Bodenheizung um eine Speziallösung handelt. Eine Lösung mit zwei herkömmlichen Wandgeräten wäre rund 5'000 CHF günstiger gewesen. Dies sei jedoch vernachlässigbar im Vergleich zu den etwaigen Mehrkosten eines Wärmeverteilsystems.

Theoretisch wäre das Split-Gerät im Unterboden mit 3 kWh Heizleistung für den reinen Heizbetrieb vollkommen ausreichend gewesen. Mit dem zusätzlichen Wandgerät auf der Galerie wollte der Eigentümer eine Klimatisierung ermöglichen. Aus Bewohnersicht hat das Wandgerät im Winter den Vorteil, dass es die Aufheizdauer deutlich verkürzt.

Der jährliche Gesamtverbrauch beträgt etwa 3'200 kWh (800 CHF bei 0.25 Rp./kWh). Dies beinhaltet Hausstrom, Licht, Küche, Wärmepumpenboiler (der die Wärme aus der Raumluft nimmt), Waschmaschine / Tumbler und Split-Klimageräte. Der Eigentümer schätzt den auf die Klimageräte entfallenden Teil des Stromverbrauchs auf 800-1'000 kWh pro Jahr (Heizsaison).

Gesamteindruck und Fazit

Der Bewohner beurteilt die Lösung mit Fussbodenheizung und Wandgerät als «ideal». Er merkt an, dass es anfängliche Probleme bei der Bodenheizung gab. Diese konnten durch veränderte Einstellungen des Kanalgeräts und das nachträgliche Einlassen von Luftschlitzen in den Fussboden behoben werden. Sein abschliessendes Fazit lautet daher: «Jetzt ist es optimal!». Der Geräuschpegel der Innenteile störe den Bewohner nicht, er bemerke ihn nicht einmal. Nachts ist die Anlage ohnehin ausgeschaltet. Grundsätzlich arbeiten Kanalgeräte lauter als Wandgeräte. Dies hat in diesem Fall keine Konsequenzen, da das Kanalgerät im hinteren und wenig frequentierten Teil des Hauses liegt und zudem in den Boden eingelassen ist. Es gab weder Kommentare noch Beschwerden von den Nachbarn über die Geräusche des Aussenteils. Aus ästhetischen Gesichtspunkten ist eine versteckte Bodenheizung eleganter als ein sichtbares Wandgerät. Der Mieter war in den Bau- und Planungsprozess nicht eingebunden, gibt aber an, dass er keine Abneigung gegenüber der Optik von Wandgeräten empfindet. Der warme Fussboden wird als angenehm empfunden («Das Holz speichert die Wärme»). Das Luftklima angesprochen, gibt der Bewohner an: «Die Behaglichkeit ist sehr gut.»

Die Kosten für die Investition wurden vom Eigentümer getragen. Eine einfachere Lösung mit klassischen Wandgeräten hätte die Kosten senken können. Der Bewohner schätzt das schnelle Aufheizen der Wohnung. Die Klimaanlage sei bisher nie an ihre Leistungsgrenze gekommen, auch nicht bei den tiefsten in den letzten vier Jahren seit Bezug des Hauses verzeichneten Temperaturen von minus 7 °C. Gesamthaft ist der Mieter mit der Lösung sehr zufrieden. Auch die Eigentümer bewerten die Heizlösung als «insgesamt äusserst effizient und kostengünstig», insbesondere in Hinblick auf die Alternative Luft-Wasser-Wärmepumpe.

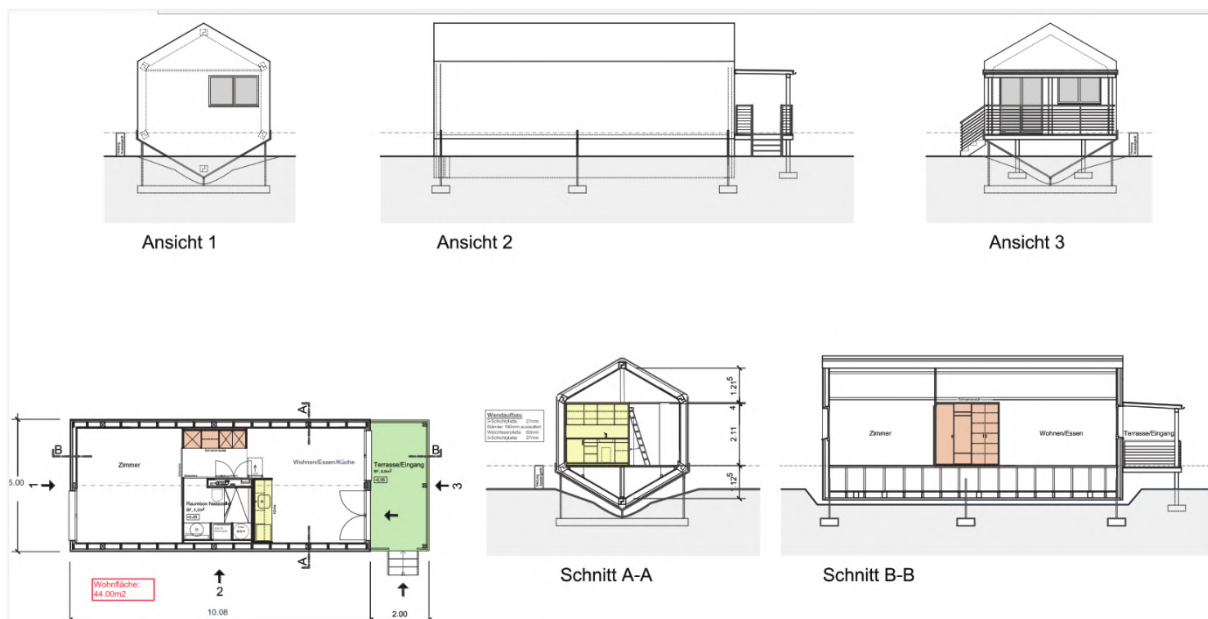


Abbildung 22: Grundsicht und Schnitte. In Schnitten A-A und B-B auszumachen, der Hohlraum unter dem Fussboden in der Form eines Prismas

5.4 Fallstudie Mobilheim am Murtensee (FR)

Ausgangslage

Diese Fallstudie wurde zusammen mit der Firma TCA Thermoclima vor Ort besichtigt und dokumentiert.

Bei dem Objekt handelt es sich um ein Mobilheim, das auf einem Areal mit vielen weiteren Mobilheimen angesiedelt ist. Der Campus «Camping Trois Lacs» umfasst insgesamt 440 Mobilheime, die von ihren Besitzern saisonal oder ganzjährig bewohnt werden. Es handelt sich dabei nicht um einen Campingplatz, denn die Mobilheime sind nicht wirklich mobil und werden nicht vermietet. In ihrer ursprünglichen Form haben die Mobilheime dennoch einen ähnlichen Charakter grosser Wohnwagen. Sie sind jedoch stationär und umfangreich modifiziert und umgebaut. Sie haben keine Zentralheizung und wurden ehemals mit Elektrodirekt- oder einer Öl-Umluftheizung beheizt.

Das besichtigte Mobilheim wird von einem berufstätigen Ehepaar seit 2021 bewohnt. Es hat eine 15 cm dicke Dämmung an Wänden, Dach und Boden. Die Fenster sind doppelverglast. Das Objekt ist rechteckig, einstöckig, hat eine beheizte Wohnfläche von 45 m², 3 Zimmer plus Bad. Der Hauptaufenthaltsraum umfasst 25 m² und dient als Wohn- und Esszimmer, sowie als Küche. Die anderen Zimmer sind bedeutend kleiner und liegen an den zwei gegenüberliegenden Enden des Hauptraums.

Das Mobilheim wurde im Jahr 2016 aufgestellt. Die Elektroheizung wurde direkt im folgenden Jahr 2017 durch eine Klimaanlage ersetzt.

Das Mobilheim befindet sich in der Nähe von Bern am Murtensee auf 433 m ü. M. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 9.7 °C. Im Verlauf des Jahres bewegt sich die Temperatur in der Regel zwischen -1 °C und 25 °C und liegt selten unter -6 °C oder über 30 °C.⁶

Adresse: 1786 Bas-Vully, Schweiz

⁶ <https://de.weatherspark.com/y/56102/Durchschnittswetter-in-Bas-Vully-Schweiz-das-ganze-Jahr-%C3%BCber> (abgerufen: 19.04.2024)



Abbildung 23: Vogelperspektive von der Liegenschaft, auf dem sich das Mobilheim befindet



Abbildung 24: Mobilheime sind kompakt. In Küche, Wohn- und Esszimmer wird sich die meiste Zeit aufgehalten

Heizlösung

Die Multisplit-Klimaanlage wurde ursprünglich im Jahr 2017 eingebaut und zuletzt im Herbst 2022 modernisiert. Sie besteht aus

- 1x Innenteil Panasonic CS-Z42XKEW (4.2 kW Kühlleistung, 5.3 kW Heizleistung)
- 2x Innenteil Panasonic CS-E7QKEW (2.05 kW Kühlleistung, 2.8 kW Nennheizleistung)
- 1x Aussenteil Panasonic CU-3E23SBE (6.8 kW Nennkühlleistung, 5.2 kW Nennheizleistung)

Das leistungsstärkere Innenteil befindet sich im Hauptaufenthaltsraum und verfügt über genug Leistung um die anderen Zimmer mitzuheizen. Die anderen beiden Innenteile kommen daher selten bis nie zum Einsatz. Dieses Innenteil wurde im Herbst 2022 eingebaut und ersetzt ein älteres und weniger leistungsstarkes Gerät. Die Installation dieses Innenteils wurde vom Eigentümer und Bewohner des Mobilheims eigenhändig durchgeführt. Als Mitarbeiter des Klimatechnik-Betriebs TCA Thermoclima ist er mit der Technik und den Installationsarbeiten vertraut.

Das Aussenteil steht auf Gummifüssen ohne Kontakt zur Hauswand um Geräusche durch Vibrationen zu vermeiden. Entstehendes Kondenswasser kann in das Kiesbett abfließen.

Warmwasser wird mit einem Gas-Durchlauferhitzer produziert.

Die Klimaanlage ersetzt eine Elektroheizung. Diese sind laut Bewohner in dem Kanton verboten.

Eine Baubewilligung war nicht notwendig. Klimaanlage sind seit vielen Jahren die Standardheizlösung auf dem Gelände.



Abbildung 25: Innenteil des Klimageräts



Abbildung 26: Aussenteil des Klimageräts

Nutzungsverhalten und Einstellungen

Die Klimaanlage wird während der Wintermonate betrieben. Im Sommer kommt die Anlage nur sehr selten zum Einsatz. Das Ehepaar bewohnt das Objekt zurzeit ganzjährig. In der Zukunft werden sie nur in den Sommermonaten dort leben, wodurch die Nutzung der Klimaanlage als Heizung wegfällt.

Es wird im Winter eine Temperatur von rund 21 °C angestrebt. Dies gilt für den Hauptaufenthaltsraum tagsüber. Nachts kann die Temperatur geringer sein. Die weiteren Zimmer werden kaum frequentiert und werden daher nicht aktiv beheizt. Die Türen zu den Zimmern werden entsprechend geschlossen gehalten und nur geöffnet, wenn man sie aufheizen möchte. Das Innenteil im Hauptraum wird nachts nicht komplett ausgeschaltet. Das Innenteil arbeitet dann im «Nacht-Modus» mit 19 dB(A). Die Bewohner vermerken: «Das Geräusch ist kein Störfaktor und kein Problem beim Schlafen.» Das Innenteil im Schlafzimmer selbst wird sehr selten verwendet, um den Geräuschpegel noch weiter zu senken. Auch tagsüber ist der Geräuschpegel sehr gering, da das Innenteil nur arbeitet, um die gewünschte Raum-Temperatur konstant aufrechtzuerhalten. Allein beim anfänglichen Aufheizvorgang, zum Beispiel morgens nach dem Aufstehen, läuft die Anlage auf höchster Betriebsstufe, sodass Geräusch und Luftzug deutlich spürbar sind. Die Aufheizdauer am Morgen beträgt üblicherweise 5-10 Minuten.

Das Panasonic-Innenteil verfügt über eine Funktion («nanoeX»), die laut Herstellerangaben die Raumluft sauber von Schadstoffen halten und für «angenehmeres Raumklima» sorgen soll. Diese Funktion kann man deaktivieren. Die Bewohner haben sich entschieden die Funktion dauerhaft aktiviert zu lassen.

Zusätzlich wird ein Luftbefeuchter- und Reiniger eingesetzt (Modell: Daikin MCK55W) und rund um die Uhr betrieben. Der Bewohner merkt an: «Der Nachteil von Luft-Luft-Wärmepumpen ist, dass man mehr Trockenheit als bei Radiatoren oder einer Bodenheizung hat.» Der Luftbefeuchter soll dem entgegenwirken.

Die Innenteile lassen sich mit einer normalen Fernbedienung und über eine Smartphone-App bedienen. Die App zeichnet ausserdem den Stromverbrauch der Klimaanlage auf.

Investitions- und Betriebskosten

Die Kosten für die Klimaanlage (1 Aussenteil, 3 Innenteile), als sie im Jahr 2017 eingebaut wurde, sind unbekannt, da das Mobilheim mittlerweile den Besitzer gewechselt hat. Der jetzige Eigentümer und TCA-Klimatechniker C. S. schätzt die angefallenen Kosten auf maximal 10'000 CHF.

Das neue Innenteil, welches das alte im Herbst 2022 ersetzte, kostete 1'300 CHF. Kosten für die Installationsarbeiten fielen nicht an, da die Arbeit vom Bewohner in Eigenregie durchgeführt wurde.

Für den Betrieb der Klimaanlage fallen im Winter zwischen 70 und 80 Franken monatlich an. Auch wenn die Klimaanlage über drei Innengeräte verfügt, wird meist nur eins, manchmal auch ein zweites genutzt. Dazu kommen die Stromkosten für den Luftbefeuchter, der einen Verbrauch von 0.065 kWh hat. Der Stromtarif in Sugiez lag im Jahr 2023 bei 29 Rp./Wh.

Monat	Stromverbrauch Klimaanlage (kWh)	Anmerkungen
Jan 23	314	
Feb 23	265	Weitgehend abwesend/unbewohnt
Mar 23	252	
Apr 23	151	

Tabelle 3: Stromverbrauch der Klimaanlage in den Wintermonaten

Eine Extrapolation führt zu einem ungefähren Jahres-Heizenergieverbrauch von knapp 2'000 kWh. Wir gehen davon aus, dass der Verbrauch für dieses Gebäude mit einer Elektroheizung bei 6'000 kWh liegen würde.

Gesamteindruck und Fazit

Als Verkäufer von Klima- und Heizungstechnik war die Heizlösung mittels Klimageräten für den Bewohner naheliegend. Als Gründe für eine Klimaanlage listet er auf, Verbot von Elektrodirektheizungen im Kanton (zumindest der Einbau neuer Geräte), Energieeffizienz und Kosteneinsparungen. Dieser Überlegung folgen im Wesentlichen alle Bewohner des Campus «Camping Trois Lac». Denn nahezu alle der über 400 Objekte werden mit Klimaanlagen beheizt.

Die Planung und die Bewilligung verliefen schnell und problemlos. Die Investitionskosten für die Klimaanlage waren sehr überschaubar und deutlich geringer als jede Alternative ohne Vorhandensein eines zentralen Wasserverteilsystems. Klimageräte von Panasonic liegen im mittleren Preissegment. Die Betriebskosten fürs Heizen sind mit monatlich 80 Franken als gering einzustufen. Die Möglichkeit Räume individuell zu Heizen senkt den Stromverbrauch. Der Geräuschpegel wird nicht als störend wahrgenommen. Weder der von den Innenteilen noch der von den Aussenteilen. Die Frage, ob im Freien nicht ein Grundrauschen im Winter zu hören ist, da die Mobilheime kompakt beieinanderstehen und nahezu alle mit der Klimaanlage heizen, wurde verneint. Das Luftklima wird als tendenziell trocken empfunden, weswegen ein Luftbefeuchter eingesetzt wird. Gesamthaft sind sie mit der Lösung zufrieden.

5.5 Fallstudie Mobilhaus Nr. 2 am Murtensee (FR)

Ausgangslage

Diese Fallstudie wurde zusammen mit der Firma TCA Thermoclima vor Ort besichtigt und dokumentiert.

Auf dem Campus «Camping Trois Lacs» werden nahezu alle der 440 Mobilheime mit einer Klimaanlage beheizt. Aus dem Grund wurden die Erfahrungen der Besitzer eines weiteren Mobilheims eingeholt. Dieses Mobilheims wird seit drei Jahrzehnten von einem Ehepaar bewohnt, das mittlerweile im Ruhestand ist. Es ist deren Erstwohnsitz und wird ganzjährig bewohnt. Die beheizte Wohnfläche ist 50 m². Es gibt einen grossen Hauptaufenthaltsraum (mit Küche, Wohn- und Esszimmer) und zwei weitere Räume.

Das Mobilheim wurde 1990 errichtet und im Jahr 2008 isoliert. Dabei wurde das Dach erneuert, Wände, Dach und Boden erhielten eine 15 cm dicke Dämmung.

Die Klimaanlage wurde 2021 eingebaut. Bis dahin wurde mit einer Öl-Umluftheizung geheizt, die in der Wohnung steht und ihre Wärme direkt darin hinein abgibt. Es gibt keine Zentralheizung.

Das Mobilheim befindet sich in der Nähe von Bern am Murtensee auf 433 m ü. M. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 9.7 °C. Im Verlauf des Jahres bewegt sich die Temperatur in der Regel zwischen -1 °C und 25 °C und liegt selten unter -6 °C oder über 30 °C.⁷

Adresse: 1786 Bas-Vully, Schweiz

Heizlösung

Die Singlesplit-Klimaanlage wurde im Jahr 2021 eingebaut. Sie umfasst

- 1x Innenteil Panasonic CS-Z35VKEW (3.5 kW Kühlleistung, 4.0 kW Heizleistung)
- 1x Aussenteil Panasonic CU-Z35VKE

Das Innenteil befindet sich im Hauptaufenthaltsraum und verfügt über genug Leistung um die anderen beiden Zimmer mit zu heizen.

Das Aussenteil steht auf Gummifüssen und ohne Kontakt zur Hauswand um Geräusche durch Vibrationen zu vermeiden. Das Kondenswasser kann in den Rasen und zwischen Rasengittersteinen abfließen. Warmwasser wird mit einem Gas-Durchlauferhitzer produziert.

Eine Baubewilligung war nicht notwendig. Klimaanlage sind seit vielen Jahren die Standardheizlösung auf dem Campus.



Abbildung 27: Seitenansicht Haus



Abbildung 28: Ansicht mit Aussengerät

Nutzungsverhalten und Einstellungen

Die Klimaanlage wird während der Wintermonate betrieben. Im Sommer kommt die Anlage nur selten zum Einsatz.

Die Temperatur im Winter wird nach Gefühl eingestellt. Eine fixe Zieltemperatur gibt es nicht. Primär wird der Hauptaufenthaltsraum beheizt. Die weiteren Zimmer werden nach Bedarf mitgeheizt durch Öffnen der Zimmertüren.

Nachts wird die Klimaanlage komplett ausgeschaltet, verursacht damit auch keine Geräusche. Morgens zwischen 4 und 5 Uhr wird die Klimaanlage eingeschaltet, damit es warm ist, sobald aufgestanden wird. Die Dauer, bis die Wohnung aufgeheizt ist, wird durch die Bewohner auf 30 Minuten geschätzt.

An der Zimmerdecke vor dem Wandgerät ist ein Deckenventilator angebracht. Dieser rotiert langsam und sorgt dafür, dass die warme Luft im Raum verteilt wird und nach unten gedrückt wird. Die Bewohner waren sich bewusst, dass es auch Stand-/Truhengeräte gibt, also Innenteile, die auf dem Boden an der

⁷ <https://de.weatherspark.com/y/56102/Durchschnittswetter-in-Bas-Vully-Schweiz-das-ganze-Jahr-%C3%BCber> (abgerufen: 19.04.2024)

Wand stehen und die warme Luft direkt bodennah abgeben. Dies nehme allerdings Platz (u.a. für Möbelstücke) weg, während die obere Wandfläche ohne Wandgerät ohnehin ungenutzt bliebe.

Investitions- und Betriebskosten

Die Gesamtkosten für die Klimaanlage (Gerätepreise, Installation durch Handwerker, Material) lagen bei 4'000 CHF.

Die Klimaanlage wird seit drei Wintern zum Heizen genutzt. Die Umluftheizung ist noch funktionstüchtig, der Öltank jedoch leer. Die Gesamtstromkosten vor Einbau der Klimaanlage betragen rund 900 CHF jährlich. Die Gesamtstromkosten seit Einbau der Klimaanlage (in 2021) lagen im Jahr 2021 und 2022 bei rund 1'000 CHF jährlich.

Die Heizkosten unter Nutzung der Öl-Umluftheizung betragen 350 CHF jährlich (500 Liter, 75 Rp/l).

Der Stromverbrauch hat sich mit der Klimaanlage als Heizung um 11% erhöht (+100 CHF) und die Öl-Kosten um 100% reduziert (-350 CHF). Rechnerisch sind die Einsparungen fürs Heizen damit 250 CHF pro Jahr.

Die Einsparungen mit aktuellen Ölpreisen (120 Rp/l laut Bewohner) sind entsprechend höher. Auf das erneute Befüllen des leeren Öltanks (1'000 l Fassungsvermögen) wurde bisher verzichtet, da es sich nicht rentiert.

Gemäss EU-Energieetikette hat das Gerät einen Jahresenergieverbrauch von 769 kWh beim Heizen. (mittlere Klimazone), wobei der tatsächliche Verbrauch stark abhängig von der Nutzung ist.

Gesamteindruck und Fazit

Die Klimaanlage wurde vor zwei Jahren angeschafft, um damit den Winter über zu heizen. Die Anschaffungskosten lagen bei 4'000 CHF und für den Heizbetrieb liegen die Kosten deutlich unter denen mit Öl-Umluftheizung. Im direkten Vergleich zur Umluftheizung wird angemerkt: «Mit Öl ist es eine andere Wärme. Das macht mir aber nichts aus.» Lärm des Innenteils wird durch die Bewohner nicht wahrgenommen. Nur «bei sehr kalten Temperaturen bläst es richtig bis die Wunschttemperatur erreicht ist». Danach wechselt das Innenteil in den ruhigen Auto-Modus (Temperatur-Halten) und ist nicht mehr wahrzunehmen.

Das Aussenteil wurde nie von Nachbarn beanstandet. Der Bewohner gibt an, keinen Lärm davon ausgehend wahrzunehmen. Die Bewohnerin sagt: «Das Aussenteil hört man schon mitunter, da es sich um ein älteres Modell handelt.»

Bisher sei die Klimaanlage nie an ihre Leistungsgrenze gekommen oder die Leistung bei niedrigen Temperaturen spürbar abgefallen. Es sei «immer schön warm» gewesen. Es besteht aktuell kein Plan, die alte Öl-Umluftheizung auszubauen. Sie wird zwar nicht mehr genutzt, man könnte aber im Zweifel als Backup darauf zurückgreifen. Alle Aspekte von Komfort, Kosten, über Qualität berücksichtigend wird beurteilt: «Wir sind zufrieden mit der Klimaanlage.»



Abbildung 29: Wandgerät der Klimaanlage im Vordergrund, alte Ölheizung im Hintergrund



Abbildung 30: Der Deckenventilator sorgt für bessere Wärmeverteilung im Raum.

5.6 Fallstudie Kunst-Atelier in Goldach am Bodensee (SG)

Ausgangslage

Diese Fallstudie wurde zusammen mit der Firma TCA Thermoclima vor Ort besichtigt und dokumentiert.

Das Atelier Goldach ist ein altes 1-stöckiges Gebäude mit Flachdach. Es wurde 1949 als Velowerkstatt erbaut. Jetzt dient es dem Kunstschaffenden Jonny Müller als Atelier und Präsentationsfläche. Es ist schlecht gedämmt und die grossen Glasfronten der Schaufenster sind einfach-verglast. Beheizt wird nur das Erdgeschoss. Das Erdgeschoss ist in zwei grosse Räume unterteilt. Der eine dient als Werkstatt und Ort, wo an den Bildern gearbeitet wird. Der andere fungiert als Ausstellungsraum für die Werke und kann von Besuchern aufgesucht werden. Die beheizte Fläche beträgt 87 m² (Grundriss siehe Abbildung 32).

Die Klimaanlage ersetzt eine defekte Öl-Umluftheizung. Ein System für eine Zentralheizung ist nicht vorhanden.

Das Haus befindet sich in Goldach SG am Bodensee auf 450 m ü. M. Die Jahresdurchschnittstemperatur liegt bei 9.1 °C. Im Verlauf des Jahres bewegt sich die Temperatur in der Regel zwischen -2 °C und 24 °C und liegt selten unter -9 °C oder über 29 °C.⁸

Adresse: St. Gallerstrasse 69, 9403 Goldach

Heizlösung

Die Multisplit-Klimaanlage wurde im September 2022 eingebaut.

- 1 Innenteil Daikin FTXM50M2V1B (Ausstellungsraum)
- 1x Innenteil Daikin FTXM71M2V1B (Atelier)
- 1x Aussenteil Daikin 4MXM80A2V1B

⁸ <https://de.weatherspark.com/y/63708/Durchschnittswetter-in-Goldach-SG-Schweiz-das-ganze-Jahr-%C3%BCber> (abgerufen: 19.04.2024)

Das Aussenteil befindet sich hinter dem Haus. Unterhalb des Aussenteils ist eine Abtauwanne unter mit Abtauschleife angebracht. Das Kondens- / Tauwasser wird in die Dole/Gully geleitet.

Der Besitzer und Künstler war in den Prozess der Planungs- und Bewilligungsverfahren nicht involviert. Die Peters Hildebrandt AG hat den Prozess gesamthaft abgewickelt. Der Besitzer hat lediglich eine Offerte eingeholt und den Auftrag erteilt und bewusst alles weitere den Fachleuten überlassen. Die Firma ist erfahren in der Einholung von Genehmigungen für Klimaanlage. Der Geräuschpegelnachweis für das Aussenteil stellte keine Hürde dar. Die im Katalog angegebenen Schall-Werte reichten aus, zumal kein Wohnhaus mit Schlafzimmer in Richtung der Platzierung vom Aussengerät steht. Nebenan befindet sich ein Spritzwerk, das alle potenziellen Geräusche des Aussengeräts übertönte.

Der Grund für den Austausch der Heizung war ein Defekt an der alten Öl-Umluftheizung. Die alte Heizung hat bei der Verbrennung kleine Partikel ausgestossen, die sich auf den Bildern im Atelier/Werkraum abgelegt haben. Eine Reparatur der Heizung habe sich nicht rentiert.

Die alte Heizung befand sich im Atelier und heizte vor allem dort. Der Ausstellungsraum nebenan konnte nur indirekt über eine Metall-Rohrleitung mit Warmluft versorgt werden. Dies funktionierte nur eingeschränkt. Der Künstler berichtet, dass er die Umluftheizung einen ganzen Tag durchgehend laufen lassen musste, damit der Ausstellungsraum für Besucher am nächsten Tag (nicht ausreichend) warm wurde. «Ich bin froh umgestiegen zu sein. Ich bin jetzt glücklicher.»

Warmwasser wird mit einem elektrischen Durchlauferhitzer produziert.

Das Aussenteil hat die Kapazität, um einen dritten Raum zu beheizen. Dies ist aktuell nicht notwendig und vorgesehen. Der dritte Raum ist klein und dient als Lager.



Abbildung 31: Aussensicht und Blick auf die Schau- fenster



Abbildung 32: Grundriss Erdgeschoss. Ausstellungsraum 36 m². Atelier 51 m²

Nutzungsverhalten und Einstellungen

Die Klimaanlage wurde bisher nur in den Wintermonaten eingesetzt. Sie wurde erst im Herbst 2022 installiert. An Werktagen wird eine Raumtemperatur von 20 °C im Atelier und 12 °C im Ausstellungsraum angestrebt. An Wochenende und nachts 15 °C im Atelier und 12 °C im Ausstellungsraum. Der Ausstellungsraum wird nur nach Bedarf aufgeheizt, wenn Kunden und Besuch erwartet werden.

Die Dauer, bis sich ein Raum von 10 °C auf 20 °C aufheizt, beträgt eine Stunde laut Herrn Müller.

Es gab bisher einen Wartungs- und Service-Fall. Durch einen Stromausfall hat sich die Elektronik der Klimaanlage aufgehängt. Die Klimaanlage musste per Reset neugestartet werden.

Investitions- und Betriebskosten

Die kompletten Kosten für den Heizungstausch beliefen sich auf 18'000 CHF. Der Verkauf, die Planung und Durchführung kamen aus einer Hand. Beauftragt war die Firma Peters Hildebrandt AG. Die Kosten umfassten auch den Abbau und die Entsorgung der alten Umluftheizung.

Es gibt nur wenige Verbraucher in dem Gebäude: Boiler Warmwasser, Heizung, Beleuchtung (Beleuchtung der Schaufenster auch nachts)

Gesamtstromverbrauch	kWh	Anmerkung
01.10.2021 – 31.12.2021:	516	Heizen mit Öl
01.01.2022 – 31.03.2022:	552	Heizen mit Öl
01.04.2022 – 30.06.2022:	465	Sommer
01.07.2022 – 30.09.2022:	249	Sommer
01.10.2022 – 31.12.2022:	1'613	Heizen Klimaanlage
01.01.2023 – 31.03.2023:	3'407	Heizen Klimaanlage
01.04.2023 – 30.06.2023:	561	Sommer
01.07.2023 – 30.09.2023:	165	Sommer
01.10.2023 – 31.12.2023:	1'768	Heizen Klimaanlage
01.01.2024 – 31.01.2024 (1 Monat):	1'258	Heizen Klimaanlage

Tabelle 4: Gesamtstromverbrauch des Gebäudes. Einbau der Klimaanlage im September 2022

Der durchschnittliche Grundverbrauch in der warmen Jahreshälfte beträgt 360 kWh pro Quartal. In der kalten Jahreshälfte erhöht sich der Grundverbrauch auf 530 kWh pro Quartal aufgrund kurzer Tage und längerer Schaufensterbeleuchtung (keine Nutzung von LEDs). Ein Gesamtverbrauch von 5'000 kWh in der Winterhälfte abzüglich eines Grundverbrauchs von 1'060 kWh ergibt einen Heizverbrauch von 3'940 kWh.

Der durchschnittliche Verbrauch für die Ölheizung in den Jahren 2018 bis 2022 lag bei 1'300 Litern Heizöl pro Jahr. 1'300 Liter Öl haben einen Energieinhalt von rund 13'000 kWh.

Der Energieverbrauch fürs Heizen ist damit um den Faktor 3.3 zurückgegangen (-70%). Die Heizkosten sind um 25% gesunken. Von 1'560 CHF (1'300l, 120 Rp./l) auf 1'047 CHF (3'490 kWh, 30 Rp./kWh).

Die oben genannten Einsparungen sind dabei konservativ. Die Öl-Umluftheizung war nicht im Stande den Ausstellungsraum ausreichend zu heizen. Es war daher meist zu kalt. Mit den Klimageräten kann und wird der Ausstellungsraum nun auf die gewünschte Temperatur gebracht. Die obigen Einsparungen kommen also zustande, obwohl nun mehr geheizt wird als vorher.

Gemäss EU-Energieetikette hat die Klimaanlage mit den zwei Innenteilen einen Jahresenergieverbrauch von 2'067 kWh beim Heizen (mittlere Klimazone). Der tatsächliche Verbrauch bei diesem Gebäude ist doppelt so hoch. Dies zeigt den enormen Unterschied eines Gebäudes ohne Dämmung mit riesigen ein-fachverglasten Schaufenstern gegenüber dem Durchschnittsobjekt.

Gesamteindruck und Fazit

Der Gesamteindruck für Herrn Müller im Vergleich zur alten Lösung ist sehr positiv. Hervorgehoben werden einige Aspekte:

- Geräuschpegel: «Für mich hervorragend. Die alte Umluftheizung hat durch den Brenner so einen Lärm gemacht und sich ständig lautstark eingeschaltet, ausgeschaltet, eingeschaltet, ausgeschaltet...» Das sei unangenehm gewesen. Insbesondere um kreativ zu arbeiten, wolle man «entweder Ruhe haben oder Musik hören.» Dies sei vorher nicht möglich gewesen. Der Geräuschpegel vom Aussengerät wird «überhaupt nicht» wahrgenommen. Strassenverkehr und ein angrenzendes Spritzwerk überdecken alle allfälligen Geräusche des Aussenteils.
- Flexibilität: Herr Müller schätzt, den Ausstellungsraum nun aktiv beheizen zu können. Die Temperaturen der zwei Räume können unabhängig voneinander programmiert werden. Vorher konnte der Ausstellungsraum nur indirekt und unzureichend geheizt werden.
- Die Betriebskosten stehen für den Künstler nicht im Mittelpunkt seiner Aufmerksamkeit. Die Investitionskosten lagen bei 18'000 CHF. Der Energieverbrauch mit den Klimageräten hat sich auf ein Drittel reduziert. Die Heizkosten sind um 25% gesunken. «Wenn es durch die Umstellung auch günstiger wird, bin ich umso glücklicher.»

Das Luftklima sei «gefühl besser». Dass die Luft etwas trockener als vorher ist, sei positiv für die gemalten Bilder.

Der Prozess des Bewilligungsverfahrens hat der Auftraggeber der Planungsfirma überlassen. Die Klimaanlage liefert ausreichend Wärme. Sie kam bisher nicht an ihre Leistungsgrenze. Der Klima-Fachmann von TCA schätzt ein, dass das Innenteil im Atelier sogar etwas überdimensioniert sei. Gesamthaft ist Herr Müller mit der neuen Heizung sehr zufrieden: «Die Lösung ist für mich zurzeit optimal.»



Abbildung 33: Innengerät im Atelier. Darunter stand bisher eine Öl-Umluftheizung.



Abbildung 34: Platzierung des Aussenteils im Hinterhof mit Schlauchführung für Kondenswasser in den Gully



Abbildung 35: Mit dem Innenteil ist erstmals ein aktives Heizen des Ausstellungsraums möglich. Zu sehen links vom Wandgerät die kleine Rohröffnung, welche früher Warmluft vom Nebenraum zugeführt hat.

5.7 Fallstudie Ecocentro Melano (TI)

Ausgangslage

Diese Fallstudie wurde von Andrea Roscetti mit Unterstützung der Gemeinde Melano (TI) dokumentiert. Melano ist ein kleines Dorf im Tessin, am südlichsten Ausläufer des Luganersees. Der kleine Ort liegt unterhalb des Monte Generoso, sodass die direkte Sonneneinstrahlung im Winter besonders am Vormittag sehr gering ausfällt.

Die Gemeinde Melano plante im Jahr 2019 den Bau eines neuen Recyclinghofs mit städtischem Depot. Als EnergieStadt sollte der Neubau mindestens eine Minergie-A-Zertifizierung erhalten.

In dem Hauptgebäude werden folgende Räumlichkeiten durch die Klimaanlage beheizt: ein Büro / Empfang, eine Reparaturwerkstatt, die Umkleiden/Garderoben und die Sanitäreinrichtungen (Duschen und Toiletten) für die Mitarbeiter. Im unbeheizten Bereich befindet sich im Erdgeschoss eine grosse Garage für die kommunalen Servicefahrzeuge. Im ersten Stock befindet sich eine unbeheizte Lagerhalle. Die Bauarbeiten wurden Anfang 2023 abgeschlossen.

Adresse: Via Guasto 2, CH-6818 Melano

Heizlösung

Die Anlage ist an vier Tagen in der Woche etwa 16 Stunden lang für die Öffentlichkeit geöffnet. Der Werkstattraum ist nur unregelmässig in Betrieb (je nach Bedarf) und wird auch nur dann beheizt. Die restlichen Räume (Umkleiden/Sanitarräume für die Arbeiter) werden von Montag bis Samstag genutzt.

Die Nutzungsintensität des Gebäudes variiert im Laufe der Woche stark. Diese unregelmässige Nutzung macht es schwerer ein effizientes Heizsystem zu finden. Um dennoch eine Minergie-A-Zertifizierung (Zertifizierungsnummer TI-A-150) zu erhalten, war es daher notwendig, auf besonders effiziente Systeme zurückzugreifen.

Die optimale Lösung des HLK-Planers für das Heizen und Kühlen des Gebäudes war von Anfang an ein Mini-VRF-System, das auf dem Flachdach in 8.2 Metern Höhe installiert ist. Ein VRF-System («variable refrigerant flow») ist ein Luft-Luft-Wärmepumpensystem für gewerbliche Bauten, das im Unterschied zu Multisplit-Klimaanlagen aus dem privaten Bereich über eine zentrale Leitung an das Aussengerät verfügt, von welcher die einzelnen Innengeräte mit einer Abzweigung zur Stammleitung versorgt werden. Statt

5-6 Inneneinheiten kann das Aussenteil auf dem Dach so bis zu 100 Inneneinheiten bedienen. Das Akronym VRF («variable refrigerant flow») lässt sich mit «variabler Kältemittelstrom» übersetzen und soll darauf hinweisen, dass mit der Anlage geheizt und gekühlt werden kann. Der Hersteller Daikin bezeichnete die von ihr entwickelte Technologie daher anfangs auch als «Multisplit-Klimaanlage für Gewerbegebäude». Die hier gewählte Ausseneinheit stammt von der Firma Clivet, die Wahl fiel auf das Modell MSAN-XMi 120T mit 13.2 kW Heizleistung. Im Inneren wurden je nach Raumgrösse und relativem Leistungsbedarf zum Heizen (und Kühlen) unterschiedliche Innengeräte installiert. Die Warmwasserbereitung erfolgt über einen separaten Wärmepumpenboiler (Hoval Combival 270).

Wie bei allen Minergie-Gebäuden ist die Dämmung der Gebäudehülle sehr gut. Die mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung (Zehnder Comfoair Q, 600 m³/h) sorgt für eine gute Luftqualität und reduziert den Strombedarf zusätzlich.

Die gesamte Anlage ist mit einem Stromzähler-System ausgestattet, das einzelne Verbraucher unterscheidet und deren Verbrauch individuell protokollieren kann (Heizung, Lüftung, Beleuchtung, Warmwasserbereitung, PV-Produktion, Aussenbeleuchtung, etc.).

Der Prozess zum Erhalt der Baugenehmigung verlief reibungslos und ohne zusätzliche Anfragen und dauerte insgesamt 3 Monate. Der problematischste Punkt für die technischen Systeme war in diesem Fall der Nachweis der Einhaltung der Bundeslärmschutz-Verordnung. Die installierten Anlagen sind hauptsächlich tagsüber in Betrieb. Der Abstand zwischen den Lärmquellen und den umliegenden Gebäuden mit Wohnnutzung ist ausreichend gross.



Abbildung 36: Aussenansicht des Neubaus. Geheizt wird nur das Erdgeschoss

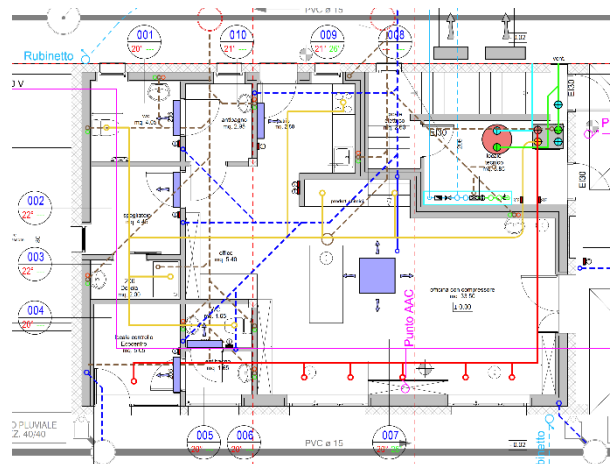


Abbildung 37: HLK-Plan der beheizten Fläche mit Anordnung der Inneneinheiten



Abbildung 38: Inneneinheit D17 (2.2 kW Heizleistung) in der Umkleidekabine



Abbildung 39: Inneneinheit D17 (2.2 kW Heizleistung) in Toilettenräumen

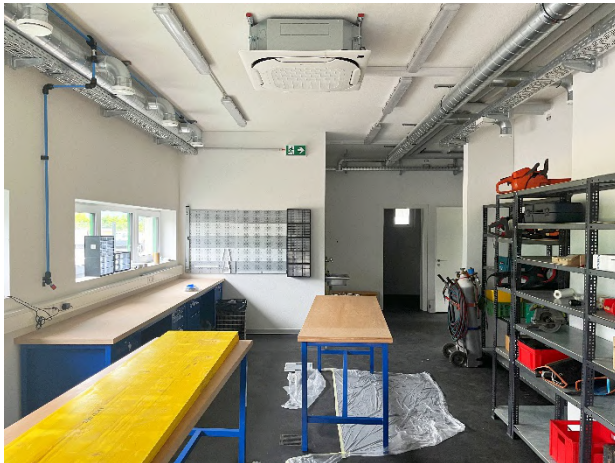


Abbildung 40: Werkstatt wird über Deckengerät beheizt. Noch fehlen einige Werkzeuge, da der Bau erst Anfang 2023 fertiggestellt wurde.



Abbildung 41: Innenteil in einem der Korridore

Nutzungsverhalten und Einstellungen

Im Gebäude gibt es mehrere unterschiedliche Temperaturzonen. Die Räume werden unterschiedlich häufig genutzt:

- Das Büro/Rezeption, geöffnet 4 Tage pro Woche für insgesamt ca. 20 Stunden
- Die Werkstatt, die ad-hoc und je nach Bedarf genutzt wird
- Die Garderobe/Duschen, jeden Werktag für einige Stunden geöffnet
- Die kleine Küche/Pausenraum, jeden Werktag für einige Stunden um die Mittagszeit geöffnet

Bei extrem niedrigen Temperaturen kann in der Garage eine Frostschutz-Inneneinheit aktiviert werden, um die Temperatur über 5 °C zu halten.

Die Klima- und Temperatur-Einstellungen für das Gebäude - mit Ausnahme der Werkstatt - werden zentral durch das technische Büro der Gemeinde vorgenommen. Dennoch kann jeder Raum bei Bedarf individuell angesteuert und die Temperatur darin angepasst werden (mit einem Thermostat).

Wegen der Innendämmung in dem Gebäude (circa 20 cm) ist die thermische Kapazität kaum nutzbar und es drängte sich hier ein reaktives und schnelles Heizungssystem auf. Dank der guten Dämmung des Gebäudes erfolgt ein Aufheizen relativ schnell. In weniger als einer Stunde ist es möglich, alle Räume auf die Solltemperatur zu erwärmen.

Investitions- und Betriebskosten

Die Anschaffungskosten für das VRF-System betragen rund 32'000 CHF. Die Installation (Verlegen von Leitungen/Rohren, Anbringung der Geräte, Inbetriebnahme) kostete rund 7'000 CHF.

Betrachtet man die Daten gemäss SIA 380/1:2016 und Minergie-Berechnung, so beträgt der erwartete Energiebedarf für die Heizung 25 kWh/m² pro Jahr: Insgesamt ergibt sich ein Endenergieverbrauch für die Heizung von 585 kWh/Jahr. Die beheizte Fläche beträgt 86 m² und der Gesamtstromverbrauch wird voraussichtlich weniger als 2'000 kWh/Jahr betragen, was einem Gesamtverbrauch von etwa 23 kWh/m² pro Jahr für Heizung, Kühlung, Lüftung, Beleuchtung und Gebäudetechnik entspricht.

Die Energieverbrauchsdaten werden über ein in der Hauptschaltanlage installiertes Überwachungssystem erfasst und analysiert. Es ist möglich, stündliche Verbrauchsdaten für jeden Endverbraucher einzeln zu protokollieren.

Gesamteindruck und Fazit

Das Ziel des HLK-Planers war von Anfang an, ein flexibles, schnelles und effizientes System zur Beheizung zu schaffen. Das Gebäude musste mit dem Minergie-A-Label zertifiziert werden. Das Hauptproblem bestand darin, den Grenzwert für ein so kleines Gebäude einzuhalten, trotz der sehr effizienten installierten Systeme und der sehr gut isolierten Gebäudehülle.

Das installierte Mini-VRF-System bot entscheidende Vorteile in Bezug auf:

- Einfache Steuerung und Handhabung
- Hohe Effizienz
- Niedrige Investitionskosten (im Vergleich zu einem Luft-Wasser-System, das bei Fussbodenheizung doppelt so teuer ist)
- Schnelle Reaktion bei der Bereitstellung angenehmer Temperaturen, im Falle einer kurzfristigen Aktivierung oder nach längerer Inaktivität (auch dank guter Dämmung)
- Steuerung der Wärmezonen mit individuellem Sollwert und individueller Regelung in jedem Raum

Insbesondere für ein Industriegebäude waren die Hauptanforderungen des Auftraggebers (einer kleinen öffentlichen Verwaltung) vor allem Zuverlässigkeit, einfache Bedienung, geringer Energieverbrauch und niedrige Wartungskosten. Zudem mussten die Gesamtkosten des Baus innerhalb des Gemeindehaushalts begrenzt bleiben.

Die Reaktionen der Nutzer sind tatsächlich sehr positiv. Niemand hatte einen derart hohen Komfort erwartet, die Möglichkeit zur Temperaturregelung und den niedrigen Geräuschpegel, insbesondere in dem kleinen Büroraum.

5.8 Fallstudie Einfamilienhaus in Cerentino (TI)

Ausgangslage

Diese Fallstudie konnte dank der Bereitschaft von Herrn L., dem Besitzer des Hauses in Cerentino, von Andrea Roscetti durchgeführt und dokumentiert werden.

Cerentino ist eine kleine Gemeinde mit 51 Einwohnern im Bezirk Vallemaggia auf einer Höhe von knapp 1'000 m über Meer. Das Klima ist typisch für ein tiefes, südliches Alpental: Die durchschnittliche Jahrestemperatur beträgt 7 °C. Das Minimum beträgt -13 °C, die Jahreszeiten dazwischen sind feucht; in den letzten Jahren gab es warme Sommer mit Temperaturen von bis zu 30 °C. Im Winter ist die direkte Sonneneinstrahlung trotz der umliegenden Berge für den Standort besonders günstig.

Das Gebäude wurde 2014 saniert und hat eine Minergie-Zertifizierung erhalten. Die Bauarbeiten zum Heizungersatz wurden Anfang 2018 abgeschlossen. Die beheizte Wohnfläche des Hauses befindet sich im Erdgeschoss. Darunter befinden sich ein Abstellraum, eine Garage und der Raum für die technischen Installationen.

Adresse: 6683 Cerentino

Heizlösung

Das Gebäude ist ein typisches Wohnhaus, mit zwei Schlafzimmern, einer Küche, einem grossen Wohnzimmer, einem kleinen Büro und zwei Toiletten. Es kann 4 Personen in den etwas mehr als 100 m² unterbringen.

Zum Verständnis der üblichen Nutzung: Das Gebäude wurde bis einschliesslich 2021 tagsüber wenig genutzt, seit 2022 aber ist der Eigentümer im Ruhestand und kann mehr Zeit zu Hause verbringen.

Zu Beginn des Sanierungsprojekts stand der Architekt vor der Herausforderung, eine ganzheitliche Lösung für das gesamte Gebäude und alle neuen Systeme zu finden. Das bestehende Gebäude befindet sich an einem Hang mit einem offiziell als durchschnittlich eingestuftem Risiko für Erdbeben (einige Meter unterhalb des Grundstücks gilt das Risiko bereits als hoch). Aus diesem Grund empfiehlt sich ein System mit einer leichten Struktur, also wenig Masse. Besonders schwer sind etwa Glas und Fussböden, besonders wenn darin eine Fussbodenheizung verbaut wäre. Das ehemalige Heizsystem bestand aus zwei Elektrodirektheizungen (Speicheröfen), einem offenen Cheminée und einem geschlossenen Holzherd (zum Kochen und Backen). Das Warmwasser wurde mit einem elektrischen Widerstandsboiler erzeugt.

Im Rahmen dieses Sanierungsprojekts wurden verschiedene Heizlösungen evaluiert und der Einbau einer Multisplit-Klimaanlage als beste Option beurteilt. Damit wurde sich auch gegen eine Radiatorenheizung entschieden und auf die teure Nachrüstung eines zentralen Wärmeverteilsystems verzichtet.

Das Aussengerät von Mitsubishi hat eine thermische Heizleistung von 8 kW und wurde an der Hauswand knapp unterhalb des Dachgiebels in Richtung Nord-Osten montiert. Die drei Innengeräte befinden sich im Flur zwischen den Schlafzimmern, im Wohnzimmer, und kaum sichtbar eingelassen oben in das Küchenmöbel. Im Wohnzimmer wurde ein neues, geschlossenes Cheminée eingebaut. In den beiden Toiletten sind elektrische Handtuchwärmer installiert.

Das Warmwasser wird mit einem Wärmepumpenboiler, Oertli DHW 300, erzeugt.

Wie bei allen Minergie-Gebäuden, auch bei solchen, die den Standard erst durch eine nachträgliche Sanierung erreicht haben, ist die Gebäudehülle von hoher energetischer Qualität aufgrund der neuen Dämmung. Die mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung sorgt für eine gute Luftqualität und reduziert den Heizenergiebedarf zusätzlich.

Das Gebäude ist ausserdem mit einer nach Südosten ausgerichteten PV-Anlage auf dem Dach ausgestattet, die etwa 10'000 kWh pro Jahr erzeugen kann.

Die Erteilung der Baugenehmigung für die Klimaanlage und die Einhaltung der Lärmschutz-Verordnung stellten kein Problem dar, da der Abstand zwischen der Lärmquelle (dem Aussengerät) und den umliegenden Häusern ausreichend gross ist.



Abbildung 42: Aussenansicht der Süd- u. Westfassade. Nur das Erdgeschoss - das obere Stockwerk - ist beheizt.

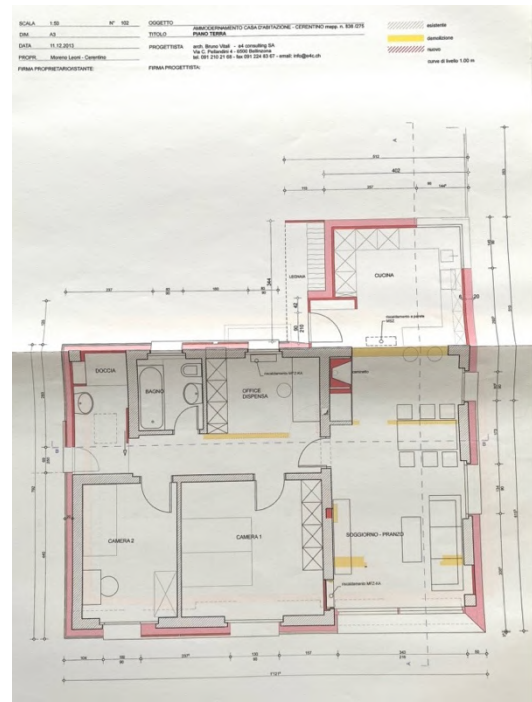


Abbildung 43: Grundriss mit Lageplan der Inneneinheiten



Abbildung 44: Aussenansicht, Nordfassade



Abbildung 45: Ansicht des Aussenteils



Abbildung 46: Inneneinheit nahe dem Hauseingang, welches kaum sichtbar in das Küchenmöbel integriert wurde



Abbildung 47: Inneneinheit (Wandgerät) im Flur bei den Schlafzimmern



Abbildung 48: Inneneinheit (Truhengerät) im Wohnzimmer



Abbildung 49: Wärmepumpenboiler zur Warmwasserproduktion im Keller

Nutzungsverhalten und Einstellungen

Im Gebäude wird die Temperatur für jede Inneneinheit separat geregelt. Die voreingestellte Zieltemperatur wird mittels Thermostat aufrechterhalten und nur selten manuell angepasst. Für den Flur mit den abgehenden Schlafzimmern sind 19 °C, für das Wohnzimmer, die Küche und den Eingangsbereich 20 °C eingestellt.

Das Heizsystem ist von November bis März in Betrieb und wird je nach Wünschen der Bewohner durch den geschlossenen Holzkamin ergänzt.

Dank der guten Dämmung des Gebäudes erfolgt ein Aufheizen relativ schnell. In weniger als einer Stunde ist es möglich, alle Räume auf die eingestellte Temperatur aufzuheizen.

Investitions- und Betriebskosten

Die Anschaffungskosten für die Klimaanlage betragen 8'500 CHF. Die Kosten für die Installation (Verlegen von Leitungen, Befestigung der Geräte, Inbetriebnahme) lagen bei rund 6'000 CHF. Die Gesamtkosten für die HLK-Installationen (einschliesslich des neuen Sanitärsystems, der Wärmepumpe für Warmwasser und der Lüftung) betragen etwas weniger als 60'000 CHF.

Vor der Sanierung lagen der Gesamtverbrauch und die Kosten für Strom in den Jahren 2013 und 2014 bei 8'100 kWh / 1'900 CHF pro Jahr (22 kWh pro Tag). Der durchschnittliche Jahresverbrauch nach der Sanierung liegt bei 4'100 kWh (etwas mehr als 11 kWh pro Tag) und die letzte Rechnung betrug 1'100 CHF, also etwa die Hälfte trotz des Anstiegs des Stromtarifs (CHF/kWh).

Der Holzverbrauch für den Kamin beträgt jetzt etwa 1.5-2 t pro Jahr, was einer Heizenergie von 750-1'000 kWh entspricht. Vor der Sanierung des Gebäudes war der Holzverbrauch wesentlich höher.

Anhand der monatlichen Verbrauchsdaten aus dem Jahr 2022 lässt sich der Energieverbrauch in der kalten Jahreszeit ableiten, der etwa 80% des gesamten Stromverbrauchs ausmacht. Die durchschnittlichen Kosten für Strom (brutto mit MwSt.) stiegen von 23 Rp./kWh im Jahr 2014 auf 30 Rp./kWh im Jahr 2023.

Jahr		kWh	CHF	CHF/kWh	kWh/Tag	CHF/Tag
2023	Jan-Mar	1'219	370	0.30	13.5	4.11
2022	Total	3'421	920	0.27	9.5	2.56
2022	Okt-Dez	1'117	284	0.25	12.4	3.16
	Jul-Sep	267	99	0.37	3.0	1.10
	Apr-Jun	443	138	0.31	4.9	1.53
	Jan-Mar	1'594	399	0.25	17.7	4.43
2021	Total	4'632	1'209	0.26	12.9	3.36
2020	Total	4'197	1'108	0.26	11.7	3.08
2019	Total	4'113	1'052	0.26	11.4	2.92
2018	Apr-Dez	2'298	553	0.24	9.6	2.30
2015	Jan-Mar	3'193	665.5	0.21	35.5	7.39
2014	Total	8'112	1'854	0.23	22.5	5.15

Tabelle 5: Gesamtstromverbrauch und Kosten

Gesamteindruck und Fazit

Das Ziel der Renovierung des bestehenden Hauses in Cerentino bestand hauptsächlich darin, den Komfort zu erhöhen und den Energieverbrauch zu senken. Die vorgelegten Zahlen und das Gespräch mit dem Eigentümer haben gezeigt, dass diese Zielsetzung zu einem vernünftigen Preis erreicht wurde.

Die Sanierungskonzept verfolgte auch die Idee, das Gesamtgewicht des Gebäudes wegen der möglichen Erdstutschgefahr zu reduzieren. Der Planer wollte ausserdem ein flexibles und schnelles System für die Beheizung des Minergie-Hauses schaffen.

Die Reaktionen der Nutzer sind sehr positiv in puncto Komfort und Bedienerfreundlichkeit.

Die Geräusche des Aussengeräts sind nur nachts wahrnehmbar, wenn der Abtauzyklus aktiv ist, stören aber überhaupt nicht. Die Innengeräte sind geräuschlos und können so programmiert werden, dass sie während der Nacht in einen speziellen «Schlafmodus» wechseln.

Die Idee, eine Klimaanlage zu installieren, war so erfolgreich, dass sie einige Jahre später von Familienmitgliedern in einem anderen Haus in der Nähe von Locarno nachgeahmt wurde, in dem nur das Heizungssystem ausgetauscht wurde.

5.9 Fallstudie Wohnhaus in Vacallo (TI)

Ausgangslage

Diese Fallstudie wurde von Andrea Roscetti dank der Bereitschaft von Herrn V., dem Eigentümer des Hauses in Vacallo, zusammengestellt und dokumentiert.

Vacallo ist eine der südlichsten Gemeinden der Schweiz. Sie hat 3'500 Einwohner und liegt im Bezirk Mendrisio, an der Grenze zu Italien in der Nähe von Chiasso, auf einer Höhe von 360 m. Das Klima ist typisch für eine südliche Voralpenregion: eine durchschnittliche Jahrestemperatur von 12 °C, ein Minimum von -7 °C, feuchte Zwischensaisonen und warme Sommer mit Temperaturen über 30 °C in den letzten Jahren. Im Winter profitiert die Lage von direkter und starker Sonneneinstrahlung.

Das Gebäude wurde ursprünglich 1950 erbaut. Später wurde es saniert und erhielt dafür eine Minergie-Zertifizierung. Im Zuge der Sanierung wurde das Haus in zwei Wohneinheiten unterteilt. Die Sanierungsarbeiten wurden 2015 abgeschlossen.

Im Erdgeschoss befindet sich eine kleine Wohnung (heute vermietet) und die Waschküche, die auch für technische Installationen und als Abstellraum genutzt wird. Im ersten und zweiten Stock befindet sich die Hauptwohnung.

Adresse: 6833 Vacallo

Heizlösung

Das Gebäude ist ein Wohnhaus mit zwei Wohnungen:

- Die Wohnung im Erdgeschoss besteht aus einem grossen Wohnzimmer mit Küche und zwei Schlafzimmern
- Die darüberliegende Wohnung (1. und 2. Stock) umfasst ein grosses Wohnzimmer mit Küche und zwei Schlafzimmer. Im zweiten Stock befindet sich ein Studio und ein weiteres Schlafzimmer.

Die gesamte beheizte Bruttofläche beträgt 309 m², davon entfallen 2/3 auf die grosse Wohnung.

Das Haus wird üblicherweise von zwei Familien bewohnt, so dass es tagsüber weniger genutzt wird und abends/nachts und am Wochenende voll ausgelastet ist.

Im Rahmen der Sanierung wurden verschiedene Heizlösungen evaluiert und der Einbau einer Klimaanlage als beste Option beurteilt. Gleichzeitig wurde sich damit gegen eine Radiatorenheizung entschieden. Vor allem, da man dadurch auf die teure Nachrüstung eines zentralen Wärmeverteilsystems verzichtet. Weiterhin wurde die alte Baustruktur dadurch nicht weiter belastet und die ursprüngliche Fussbodenhöhe konnte beibehalten werden. Man befürchtete auch die Innentreppe umbauen zu müssen, falls eine Fussbodenheizung eingebaut worden wäre und sich die Höhe des Unterlagbodens vergrössert hätte.

Bei den Aussenteilen der Klimaanlage handelt es sich um zwei Einheiten, die sich beide auf der Terrasse im ersten Stock befinden und nach Norden ausgerichtet sind:

- Das kleinere Aussenteil trägt die Modellbezeichnung MXZ-3D54VA (7 kW Heizleistung). Es wurde im Jahr 2020 durch das Modell MXZ-2E53VA (6.4 kW Heizleistung) ersetzt.
- Das grössere Aussenteil trägt die Bezeichnung MXZ-4D72VA (8.6 kW Heizleistung)
- Die 8 Inneneinheiten sind in den Haupträumen (zwei Wohnzimmer, ein Studio und fünf Schlafzimmer) installiert.
- In den beiden Badezimmern sind kleine elektrischen Handtuchwärmer installiert.

Das Warmwasser wird mit einem Wärmepumpenboiler von Mitsubishi erzeugt.

Wie bei allen Minergie-Gebäuden, auch bei solchen, die den Standard erst durch Sanierung erreicht haben, ist die Gebäudehülle von hoher energetischer Qualität aufgrund der neuen Dämmung. Die beiden separaten Systeme für die mechanische Lüftung (2 Helios KWL EC 200 W und EC 270 W) mit Wärmerückgewinnung sorgen für eine gute Luftqualität und tragen dazu bei den Heizenergiebedarf und Gesamtenergieverbrauch noch weiter zu reduzieren.

Das Gebäude verfügt über eine Photovoltaikanlage auf dem Dach, bestehend aus 12 Solarmodulen, die nach Süden und Osten ausgerichtet sind.

Die Erteilung der Baugenehmigung für die Klimaanlage und die Einhaltung der Lärmschutz-Verordnung stellten kein Problem dar, da die Lärmquellen, also die Aussengeräte, von den umliegenden Gebäuden ausreichend entfernt sind. Allerdings wurden die Aussengeräte in einem Gehäuse mit schallabsorbierender Oberfläche installiert. Die nächstgelegenen Fenster des Nachbargebäudes, das durch den Lärm potenziell gestört werden könnte, sind nur die der Toiletten und der Küche.



Abbildung 50: Gebäudeaussenansicht, Süd- und Ostfassade

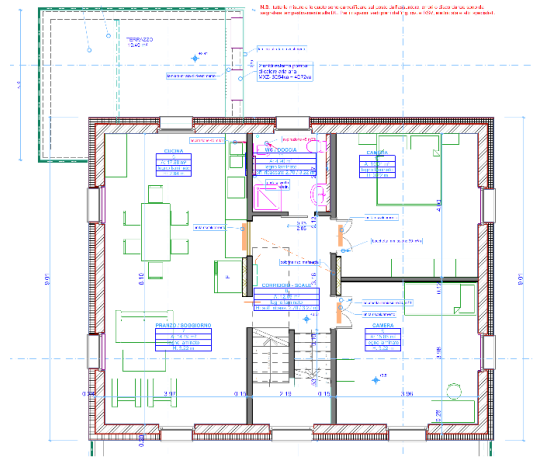


Abbildung 51: Grundriss 1. Stock mit beheizter Fläche



Abbildung 52: Gebäudeaussenansicht, Nordfassade



Abbildung 53: Anbringung des Aussenteils auf der Terrasse im 1. Stock in Richtung Nord-Osten



Abbildung 54: Innenteil (Modell MSZ) oberhalb der Küchenzeile



Abbildung 55: Innenteil (MSZ) im Schlafzimmer



Abbildung 56: Innenteil im zweiten Schlafzimmer



Abbildung 57: Innenteil im Studio unterhalb des Dachs

Nutzungsverhalten und Einstellungen

Im Gebäude wird die Temperatur für jeden Raum einzeln durch die jeweilige Inneneinheit der Klimaanlage geregelt. Die Einstellung ist auf 19 °C vorprogrammiert und wird mittels eines Thermostats aufrechterhalten. Für die Nacht oder bei Bedarf wird der Temperatursollwert manuell gesenkt. Die einzigen anderen Momente, in denen die Einstellungen der Klimaanlage verändert werden, sind der Beginn und das Ende der Heizsaison, um das System damit ein- bzw. auszuschalten.

Die Heizperiode in Vacallo beginnt Ende Oktober und endet im März.

Trotz der Lage (Südtessin, geringe Höhe) wird die Kühlfunktion der Klimaanlage nur für wenige Stunden im Jahr genutzt. Die massive Struktur des Gebäudes schützt vor den Höchsttemperaturen tagsüber, insbesondere am Nachmittag. Nachts kühlt sich das Haus dank umliegender grüner Hügellandschaft von selbst wieder ab.

Investitions- und Betriebskosten

Die Anschaffungskosten für die Klimaanlage betragen für beide Wohnungen zusammen 15'000 CHF. Hinzu kamen Installationskosten (Verlegen von Leitungen, Montage der Geräte, Inbetriebnahme) in Höhe von rund 10'000 CHF.

Der durchschnittliche Jahresverbrauch nach der Sanierung der grösseren Wohnung liegt bei 5'500 kWh (ca. 16 kWh pro Tag) und die durchschnittliche Jahresrechnung für Strom bei 1'400 CHF.

Aus den 3-monatlichen Verbrauchsdaten der grossen Wohnung während der Jahre 2020 bis 2022 lässt sich der Anteil des Energieverbrauchs während der kalten Jahreszeit für das Heizen ableiten: ca. 60% des Gesamt-Stromverbrauchs. Der Stromverbrauch für die Warmwasseraufbereitung, die Lüftung und alle anderen Haushaltsgeräte fällt das ganze Jahr über gleichbleibend an.

Der Heizenergiebedarf gemäss den Minergie-Grenzwerten für dieses Haus beträgt 50 kWh/m²/Jahr. Dies sind für die grosse Wohnung (200 m²) 10'000 kWh pro Jahr. Der Energiebedarf für das Heizen nach der Sanierung beträgt 3'300 kWh (= 5'500 kWh x 60%) bzw. 16.5 kWh/m²/Jahr. Daraus ergibt sich eine Jahresarbeitszahl für die Klimaanlage von 3 (10'000 / 3'300 = 3; bzw. 50 / 16.5 = 3).

Die durchschnittlichen Stromkosten (inkl. MwSt.) stiegen von 22 Rp. im Jahr 2020 auf 27 Rp. im Jahr 2023.

	Stromverbrauch (kWh)	CHF	kWh/Tag	kWh/m2
2020	5'859	1'354	16.3	29.3
Jan-Mar	2'140	480	23.8	
Apr-Jun	827	202	9.2	
Jul-Sep	470	126	5.2	
Okt-Dez	2'422	547	26.9	
2021	6'107	1'465	17.0	30.5
Jan-Mar	2'776	647	30.8	
Apr-Jun	729	185	8.1	
Jul-Sep	567	152	6.3	
Okt-Dez	2'035	481	22.6	
2022	5'319	1'334	14.8	26.6
Jan-Mar	2'156	523	24.0	
Apr-Jun	582	160	6.6	
Jul-Sep	554	156	6.2	
Okt-Dez	2'027	496	22.5	
2023	5'885	1'523	16.4	29.4
Jan-Mar	2'464	617	27.4	
Apr-Jun	760	206	8.4	
Jul-Sep	656	188	7.3	
Okt-Dez	2'005	512	22.3	

Tabelle 6: Gesamt-Stromverbrauch der oberen Wohnung (1. und 2. Stock)

Gesamteindruck und Fazit

Das Ziel der Sanierung des Hauses in Vacallo bestand darin, ein bestehendes und veraltetes Gebäude zu angemessenen Kosten wiederzubeleben und gleichzeitig Komfort und Umweltverträglichkeit zu gewährleisten. Die angegebenen Zahlen und das Interview mit dem Eigentümer zeigen, dass dieses Ziel zu einem angemessenen Preis erreicht worden ist.

Die Reaktionen der Nutzer (Eigentümer und Mieter) in puncto Komfort und Benutzerfreundlichkeit sind sehr positiv.

Der Lärm des Aussengeräts sei in kalten Nächten durchaus wahrnehmbar, insbesondere bei Aufenthalt auf der Terrasse. Dies störe aber überhaupt nicht, da die Nutzung der Terrasse in den kalten Nächten ohnehin nicht üblich ist. Die Inneneinheiten sind geräuschlos und können so programmiert werden, dass sie nachts in einen speziellen «Schlafmodus» fallen.

Die Idee, eine Klimaanlage zu installieren, hat sich als erfolgreich herausgestellt. Im Jahr 2020 hatte eines der Aussengeräte einen Defekt und wurde durch ein ähnliches Gerät mit neuen Funktionen, weniger Lärmemissionen und höherer Effizienz ersetzt. Der Eigentümer ist von dieser Heizlösung sehr überzeugt und würde sich zu keiner anderen Lösung mehr bewegen lassen.

5.10 Fallstudie Rustico in Castaneda (GR)

Ausgangslage

Diese Fallstudie wurde zusammen mit der Firma TCA Thermoclima durchgeführt und am 11.07.2023 hat eine Besichtigung vor Ort stattgefunden. Das Interview wurde mit der Eigentümerin geführt.

Das Rustico befindet sich in Castaneda 750 m ü. M. mit südlicher Ausrichtung im Calancatal in Graubünden.

Adresse: 6540 Castaneda.

Im nahegelegenen Santa Maria (955 m ü. M.) im Calancatal bewegt sich die Temperatur im Verlauf des Jahres in der Regel zwischen -6 °C und 23 °C und liegt selten unter -10 °C oder über 26 °C.⁹

⁹ <https://de.weatherspark.com/v/63425/Durchschnittswetter-in-Santa-Maria-in-Calanca-Schweiz-das-ganze-Jahr-%C3%BCber> (abgerufen: 19.04.2024)

Im dreigeschossigen Rustico sind eine Ferienwohnung im unteren und eine Ferienwohnung im oberen Stockwerk untergebracht, welche jährlich für einige Monate vermietet werden. Das Rustico ist im historischen Dorfkern gelegen, es hat nach Schätzung der Besitzerin ein Alter von über 200 Jahren.

Das Rustico umfasst insgesamt 4 Zimmer. Es existieren keine Gebäudepläne. Die beheizte Fläche beträgt ungefähr 95 m². Das Gebäude ist mittelmässig gedämmt. Ende der 60er-Jahre wurde nur das Dach zusätzlich gedämmt (eher geringfügig). Es existiert kein zentrales Wasserverteilsystem zum Heizen. Das Warmwasser wird mit einem 200-Liter-Elektroboiler erzeugt. Der Elektroboiler war vom 20.12.2022 bis zum 29.03.2023 ausgeschaltet, ansonsten immer in Betrieb.



Abbildung 58: Aussenansichten

Heizlösung

Vor der Heizungssanierung wurde in beiden Wohnungen (ausschliesslich) mit je einem Elektro-Speicherofen geheizt.

Die Multisplit-Klimaanlage mit einem Aussenteil und vier Innenteilen wurde im Jahr 2013 installiert. Lieferung und Installation erfolgte durch TCA Thermoclima. Der Auftraggeber war Herr N.W.

- 1 Aussengerät Daikin Multisplit 4MXS68F3V1B, Jahrgang 2013, Anschlussspannung 230 Volt. Kältemittel: 2.6 kg R410A
- 3 Innenteile Daikin FVXG-25K2V1B
- 1 Innenteil Daikin FVXG-35K2V1B



AIR CONDITIONER HEAT PUMP OUTDOOR UNIT <MULTI SPLIT>

MODEL	4MXS68F3V1B
SER. NO.	J005615
MFG. YEAR	2013
POWER SUPPLY	50Hz 220-240V ~
REFRIGERANT	R410A / 2.6 kg
NET WEIGHT	58 kg
PROTECTION	IPX4
FUSE AMP.	20 A
DESIGN PRESSURE(Hi/Lo)	4.17/2.5 MPa
MAXIMUM CURRENT	18.3 A

R410A CE

Contains fluorinated greenhouse gases covered by the Kyoto Protocol.

DAIKIN INDUSTRIES, L.T.D.
 Umeda Center Bldg., 2-4-12, Nakazaki-Nishi, Kita-Ku, Osaka,
 530-8323 Japan

MADE IN CZECH REPUBLIC 3S600025-5

Contains fluorinated greenhouse gases covered by the Kyoto Protocol.

R410A

① = [] kg
 ② = [] kg
 ① + ② = [] kg

3P201056-1B

Abbildung 59: Aussenteil der Klimaanlage





Abbildung 60: Innenteile der Klimaanlage der beiden Ferienwohnungen

Nutzungsverhalten und Einstellungen

Die Klimaanlage wird in den Winter- und Übergangsmonaten eingesetzt. Wenn keine Gäste beherbergt werden, wird die Anlage im Frostschutz-Modus betrieben.

Die Heizung ist ausserordentlich flink und benötigt zum Aufheizen von 10 °C auf 19 °C lediglich 2 Stunden. Die kleinen Zimmer können innerhalb von 15 Minuten aufgeheizt werden.

Die Filter sollten etwa alle 6 Monate von den Nutzern gereinigt werden, die Fernbedienung gibt entsprechende Hinweise nach Erreichen einer bestimmten Anzahl Betriebsstunden.

Der Betrieb heute funktioniert einwandfrei und die Besitzerin ist sehr zufrieden.

Die beiden Elektroboiler heizen das Wasser ganzjährig. Sofern für längere Zeit keine Gäste erwartet werden, wird der Boiler jedoch abgestellt.

Investitions- und Betriebskosten

Die gesamten Kosten für die Anlage (1 Aussengerät und 4 Innengeräte) inklusive Installation betragen CHF 21'500 für beide Wohnungen zusammen.

Die Baubewilligung für die Sanierung der Heizung verlief problemlos.

Gesamteindruck und Fazit

Die minimale Temperatur für den Frostschutz (welche das Klimagerät zulässt) beträgt 10 °C. Die Besitzerin hat eine tiefere Frostschutz-Temperatur gewünscht, um den Stromverbrauch zu reduzieren. Dies ist

aber bei dieser Anlage nicht möglich. Mit einer zusätzlichen Steuerung (Relais) wurde versucht, eine tiefere Einstellung der Frostschutz-Temperatur zu ermöglichen. Die technische Lösung hat aber nicht funktioniert und ist daher deaktiviert und die Temperatur wird immer über 10 °C gehalten.

Der Garantieservice hat gut und schnell funktioniert. Bei späteren Mängeln war die Besitzerin mit dem Service sehr unzufrieden. Die Besitzerin war irritiert, dass das Aussengerät tropft, sie war nicht informiert worden, dass dies bei feuchter Aussenluft normal ist und das Versickern oder Abführen des Wassers gewährleistet sein muss.

Gemäss Besitzerin ist das Truhen-Innenteil fragil. Der Luftauslass mit Lamellen an der Oberseite von Truhengeräten ist nicht für grössere Belastungen ausgelegt und beispielsweise nicht geeignet, um Kleider zu trocknen. Offenbar ist es nicht einfach, dies den Feriengästen (oft mit Kindern) zu vermitteln. Wandgeräte an der Decke würden diesbezüglich offensichtlich Vorteile bieten.

Die Luft ist eher trocken, was aber wegen der alten Mauern auch eher erwünscht ist. Bei Bedarf können die Wohnräume mit einem Luftbefeuchter befeuchtet werden.

Die Innenteile der Klimaanlage sind kaum hörbar und stören in keiner Weise. In der Nacht wird die Anlage im «Flüsterbetrieb» betrieben (die Wärmeabgabe erfolgt dann primär mit Abstrahlung und nicht über den Luftauslass). Eher hörbar sei das Aussenteil (aber nicht hörbar in den Innenräumen).

Der Gesamteindruck von der Eigentümerin Frau H. ist sehr positiv.

5.11 Fallstudie Bergrestaurant Spalegna in Flims (GR)

Ausgangslage

Für diese Fallstudie hat am 12.08.2023 eine Besichtigung vor Ort durch Topten stattgefunden. Das Interview wurde mit Frau W., der Pächterin des Bergrestaurants, geführt.

Das Bergrestaurant ist eines von vielen kleinen Berghütten der Region und befindet sich am Höhenweg oberhalb des Dorfes Flims auf einer Höhe von 1'329 m ü. M. mit südlicher Ausrichtung in Graubünden.

Adresse: Atelier Spalegna, 7017 Flims

Die Jahresdurchschnittstemperatur im nahegelegenen Flims-Dorf (1'082 m ü. M.) beträgt 3.0 °C. Im Verlauf des Jahres bewegt sich die Temperatur in der Regel zwischen -7 °C und 21 °C und liegt selten unter -12 °C oder über 26 °C. Der im Jahresverlauf wärmste Monat ist mit 12.7 °C im Mittel der Juli. Die Durchschnittstemperatur ist im Januar am niedrigsten und beträgt -7.2 °C.¹⁰

¹⁰ <https://meteoatlas.de/schweiz/flims-63828> (abgerufen: 19.04.2024)





Abbildung 61: Bergrestaurant Spalegna mit Klimaanlage zum Heizen

Das Restaurant wurde vor vielen Jahrzehnten erbaut und ist wärmetechnisch nicht saniert. Es ist ein Holzbau und hat ein Schindeldach. Das Restaurant war rund 7 Jahre geschlossen und wurde im Dezember 2022 wieder eröffnet.

Das Bergrestaurant ist jeweils von Donnerstag bis Sonntag von 10h00 bis 17h00 ganzjährig geöffnet (in der Zwischensaison geschlossen). Zusätzlich finden oft noch Abendveranstaltungen statt.

Das Bergrestaurant besteht aus einem Gästeraum und einer Küche. Die Fläche beträgt rund 25 m².

In der Küche werden die üblichen elektrischen Gastrogeräte genutzt, Kühl- und Gefrierschrank, Kochfelder, Kaffeemaschine und Geschirrspüler. Die Elektrizitätsversorgung erfolgt von der Nachbarliegenschaft (Ferienhaus / Besitzer des Bergrestaurants) von Flims Electric AG.

Heizlösung

Vor der Heizungssanierung wurde mit Holz, der Abwärme aus der Küche und mobilen Elektro-Öfen geheizt. Es existiert kein zentrales Wasserverteilsystem zum Heizen. Die Versorgung mit Warmwasser erfolgt von der Nachbarliegenschaft (Ferienhaus / seit etwa 4 Jahren Besitzer des Bergrestaurants).

Die Singlesplit-Klimaanlage zum Heizen mit einem Aussenteil (Panasonic, Inverter) und einem Innenteil (Panasonic) wurde vor etwa 8 Jahren im Jahr 2016 installiert. Lieferung und Installation erfolgte durch Engelhardt Kälte Klima GmbH aus Feuchtwangen in Deutschland. Auftraggeber waren die vormaligen Besitzer.

Nutzungsverhalten und Einstellungen

An den vielen sonnigen Tagen sind im Sommer und Winter die Gäste vorzugsweise auf der Terrasse. Die Türen zwischen Küche, Gästeraum und Terrasse sind dann weitgehend pausenlos offen. Im Winter wird der Gästeraum dann mit dem Klimagerät temperiert.

Bei Voll-Besetzung mit 16 Gästen im Raum muss die Klimaanlage rechtzeitig abgestellt werden, um Überhitzung zu vermeiden.

Die Heizung ist ausserordentlich flink und benötigt zum Aufheizen ausreichend wenig Zeit und kann die gewünschten 21 °C mühelos halten.

Das Innenteil der Klimaanlage ist unter einer Gäste-Sitzbank angebracht. Oft wird geheizt bevor dieser Platz besetzt ist, sonst sorgt es für warme Füsse oder die Klimaanlage kann dann auch vorübergehend abgestellt werden. Aus Sicht der Pächterin funktioniert das sehr gut. Eine Platzierung an der Wand oben oder an der Decke wäre aufgrund der sehr beschränkten Platzverhältnisse und der geringen Raumhöhe weniger geeignet.

Bei Betriebspausen (Nebensaison im Frühling und Herbst) wird die Klimaanlage komplett ausgeschaltet, das Bergrestaurant ist nicht Frost-gefährdet.

In der Nacht wird die Klimaanlage jeweils abgeschaltet.

Investitions- und Betriebskosten

Die Kosten für die Anlage (1 Aussengerät und 1 Innengerät) sind leider nicht bekannt, da keine Kontaktdaten zur ehemaligen Besizerschaft vorhanden sind.

Die Stromrechnungen sind nicht verfügbar und wären zudem nicht aussagekräftig, da der Verbrauch für das Bergrestaurant in der Rechnung für das angrenzende Ferienhaus inbegriffen ist.

Gesamteindruck und Fazit

Der zentrale Vorteil dieser Heizlösung ist aus Sicht der Pächterin, dass die Heizung äusserst flink reagiert und so die Temperatur trotz stark schwankenden Bedingungen schnell reguliert werden kann. Die Heizleistung kann sofort auf schnell eintreffende Änderungen reagieren, insbesondere auf Abwärme der Küche, Anzahl Gäste, offene/geschlossene Terrassentüre, Sonneneinstrahlung, Aussentemperatur. Gegenüber einer Elektrodirektheizung ist die grosse Elektrizitätskosteneinsparung wesentlich.

Die Klimaanlage ist sowohl innen als auch aussen kaum hörbar und stört in keiner Weise (Gäste und Küchenbetrieb übertönen die Klimaanlage bei weitem).

Der Betrieb der Klimaanlage funktioniert einwandfrei und die Pächterin ist sehr zufrieden.

5.12 Fallstudie Walserhaus (GR)

Ausgangslage

Für diese Fallstudie hat am 20.09.2023 eine Besichtigung vor Ort durch TCA und Topten stattgefunden. Das Interview wurde mit dem Besitzer des Wohnhauses geführt.

Das Walserhaus befindet sich auf einer Höhe von rund 1'200 m ü. M. mit südlicher Ausrichtung in Graubünden. Es wurde vor vielen Jahrzehnten erbaut und im Jahr 1985 umfangreich renoviert. Es ist ein Holzbau (Strickbau) und hat ein Blechdach.

Adresse: Kann bei Autoren angefragt werden.

Die Jahresdurchschnittstemperatur in einem vergleichbaren Ort (1'082 m ü. M.) beträgt 3.0 °C. Im Verlauf des Jahres bewegt sich die Temperatur in der Regel zwischen -7 °C und 21 °C und liegt selten unter -12 °C oder über 26 °C. Der im Jahresverlauf wärmste Monat ist mit 12.7 °C im Mittel der Juli. Die Durchschnittstemperatur ist im Januar am niedrigsten und beträgt -7.2 °C.¹¹

¹¹ <https://meteoatlas.de/schweiz/flims-63828> (abgerufen: 19.04.2024)



Abbildung 62: Innenteil des Klimagerätes



Abbildung 63: Aussenteil des Klimagerätes



Abbildung 64: Aussenteil links auf dem Balkon

Es handelt sich um ein Walserhaus mit Keller/Abstellraum, Erdgeschoss und Obergeschoss. Im Erdgeschoss befinden sich die Stube mit grossem Specksteinofen, die Küche sowie die Verkehrszone (mit Büroarbeitsplatz), im Obergeschoss sind Schlafzimmer, Gästezimmer und Bad. Die Dämmung ist eher bescheiden (12 cm) mit kleinen 2-fach-verglasten Fenstern. Die beheizte Fläche beträgt etwa 100 m² (Erd- und Obergeschoss zusammen). Das Haus wird ganzjährig von einem Ehepaar bewohnt.

Bisherige Heizlösung

Das Haus wird primär mit einem grossen Specksteinofen in der Stube (EG) geheizt. Öffnungen in der Wand und der Decke der Stube erlauben es, auch die Küche (EG) und das Schlafzimmer (OG) zu temperieren. In der Küche steht ein neuer Herd für Stückholz, der ebenfalls zum Heizen beiträgt. Die Verkehrszone mit Treppe wurde früher während der ganzen Heizperiode elektrisch mit einer Bodenheizung aufgewärmt. Die Bodenheizung hatte eine Leistung von 1.8 kW und war für 5 Stunden (4:00 bis 9:00 Uhr) in der Nacht eingeschaltet, was zu einem Elektrizitätsverbrauch von 9 kWh pro Tag führte. Die erzielte Raumtemperatur betrug je nach Witterung bis ca. 14 °C. Viel Wärme ging durch den Betonboden an den Keller verloren. Zudem temperiert die Wärme der Verkehrszone die drei Zimmer im OG (Schlafzimmer, Gästezimmer, Bad).

Das Warmwasser wird mit einem Elektroboiler im Keller aufbereitet (300 Liter auf 60 °C). Der Verbrauch beträgt rund 7 kWh pro Tag.

Der Stromtarif in 2023 betrug 25.2 Rp./kWh. Für 2024 wurde 26.8 Rp./kWh angekündigt.

Neue Heizlösung mit Klimageräten

Die Firma TCA Thermoclima hat der Eigentümerschaft eine Offerte unterbreitet, welche die Elektroheizung mit einem Klimagerät zum Heizen ersetzen würde. Im Folgenden sind die Eckpunkte des Angebots und die Reaktion der Eigentümerschaft beschrieben.

Es sind 1 Aussengerät und 1 Innengerät vorgesehen. Es handelt es sich bei der Inneneinheit um ein Truengerät. Die Energieeffizienzklasse erreicht zum Kühlen die Klasse A++ (SEER = 7.3) und zum Heizen die Klasse A+ (SCOP = 4.31).

- Nominale Leistungsaufnahme Heizen: 1.6 kW
- Nominale Heizleistung: 4.1 kW
- Schalldruckpegel innen für Heizen (Flüsterbetrieb / Niedrig / Hoch): 29/35/46 dB(A)
- Schalldruckpegel aussen für Heizen: 49 dB(A)
- Betriebsbereich für Heizen Umgebungstemperatur: -15 bis +18 °C

Die Eigentümerschaft prüft, ob sie den Elektroboiler durch einen Wärmepumpenboiler ersetzen möchte. Dabei ist die Höhe des zukünftigen WP-Boilers entscheidend, da die Raumhöhe im Keller gering ist. Der Elektroboiler würde mit Aussenluft gespeisen, da eine Auskühlung des Hauses weder im Winter noch im Sommer erwünscht ist. 200-Liter-WP-Boiler haben eine Höhe von etwa 165 cm, 250-Liter-Boiler von etwa 177 cm.

Die Tabelle stellt die angefallenen Kosten dar:

Position	Preise CHF
1 Aussen-Singlesplit-Gerät TCA-Daikin RXM-50R2V1B (Inverter)	2'500.-
1 Innen-Boden-Klimagerät (FVXM-50A3V1B9)	2'700.-
Installationsmaterial	700.-
Inbetriebnahme, Dokumentation, Einregulierung, Diverses (Kältemittelleitungen, Kabelkanäle, Kondenswasserpumpen etc.)	3'800.-
Total Heizsystem mit Klimagerät	9'700.-
Eigenleistung (Installation: insb. elektr. Anschlüsse und Wanddurchbruch)	40 Std.

Die Eigentümerschaft hat die Offerte angenommen und liess das Heizsystem im Dezember 2023 installieren. Der Eigentümer hat diverse Installationsarbeiten, insbesondere elektrische Anschlüsse und Wanddurchbruch selbst durchgeführt. Die Leitungen für das Kältemittel wurden vom Installateur verlegt. Die effektiven Kosten betragen 9'000 CHF für Geräte und Installation, 700 CHF für Installationsmaterial und rund 40 Stunden Eigenleistung. Der Betrag für Geräte und Installation wurde an die Installationsfirma bezahlt.

Neu wurde ein Energiemess-System eingerichtet, welches es aktuell erlaubt den Stromverbrauch für das Heizen und für das Warmwasser zu erfassen.

- Totaler Elektrizitätsverbrauch für Haus inkl. Atelier (Nebengebäude) im Jahr 2023: 7'388 kWh für 1'864 CHF.
- Elektrizitätsverbrauch für Heizen mit Elektroheizung: fix 9 kWh/Tag (in Heizperiode)
- Elektrizitätsverbrauch für Heizen mit Klimaanlage: im Mittel 7 kWh/Tag (in Heizperiode)
- Elektrizitätsverbrauch für Warmwasser: 7 kWh/Tag resp. 2'500 kWh/Jahr

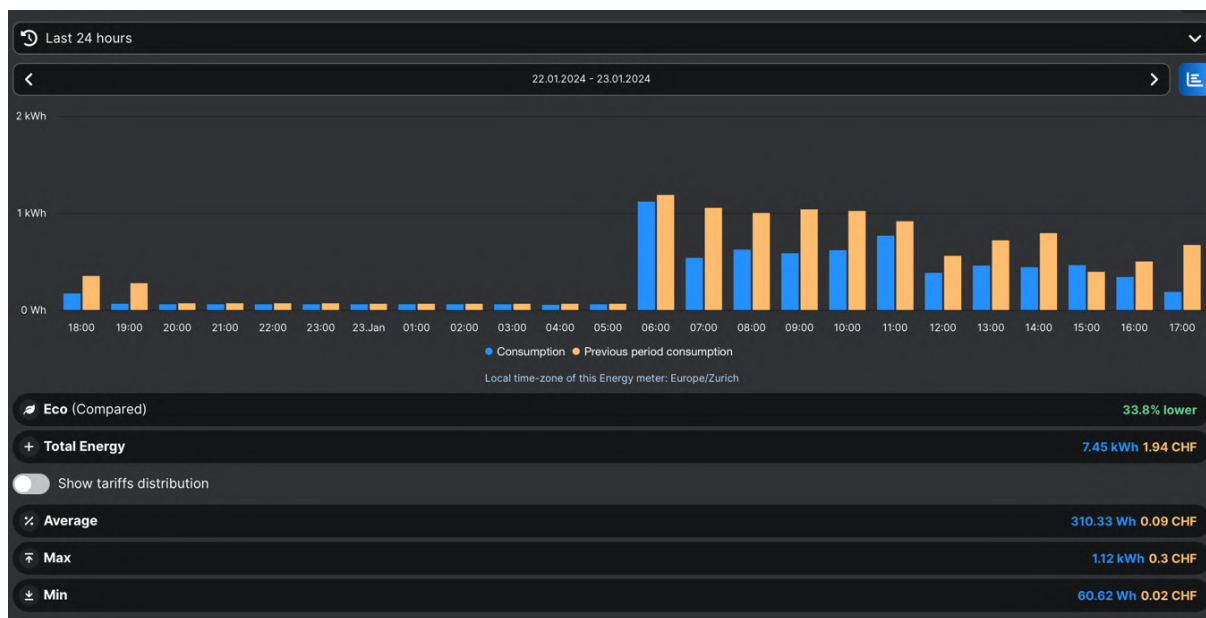


Abbildung 65: Elektrizitätsverbrauch über 24 Stunden mit Klimagerät, 22./23. Januar 2024 (blau) und Vortag (orange). Der Stromkonsum variiert abhängig von der Aussentemperatur. Die erzielte Raumtemperatur betrug ~19 °C. Die Heizung wird jeweils zwischen 20.00 und 6.00 Uhr ausgeschaltet. In diesem Zustand werden ~65 W konsumiert.

Gesamteindruck und Fazit der Eigentümerschaft

Der Geräuschpegel innen wird als sehr ruhig und nicht störend wahrgenommen. Der Geräuschpegel aussen wird im Normalbetrieb als sehr ruhig und nicht störend wahrgenommen. Er ist von den Schlafzimmern auch mit offenen Fenstern kaum zu hören. Nachbarn können das Gerät weder sehen noch hören. Es gab sehr kalte Nächte, während derer starke Brummgeräusche hörbar waren und sich Vibrationen in das Haus fortpflanzten. Das Treppengeländer hatte begonnen zu schwingen. Sofern das Problem im nächsten Winter erneut auftreten sollte, so wird es dann noch vertieft untersucht. Es war keine Lärmschutz-Abdeckung für das Aussenteil nötig. Das Gerät wird durch das Balkondach vor Regen und Schnee geschützt.

Erfahrungen zum optimalen Betrieb der Klimaanlage: Das Truhenmodell wärmt dank Abstrahlung, mit einem steuerbaren Luftauslass oben und einem Luftauslass unten am Gerät. Am Homeoffice-Arbeitsplatz, direkt neben dem Innenteil bewährt sich die Funktion «Fussboden», bei der nur der Luftausgang unten bei den Füßen sowie Konvektion genutzt wird. So verspürt man keinen Luftzug am Oberkörper. Im Modus «Heat Boost» kann der Raum nach dem Einschalten in sehr kurzer Zeit aufgeheizt werden.

Die Eigentümer streben im Winter eine Innentemperatur von 19 °C im EG und 14 °C im Obergeschoss an. Dies genügt in der Regel für die Verkehrszone. Das Gerät kann mühelos höhere Temperaturen erreichen. Im Moment ist es noch schwierig die korrekte Zieltemperatur zu justieren, bei einer Einstellung von 16 °C resultieren lokal 21 °C, diesbezüglich sind noch Abklärungen im Gange. Im Wohnzimmer und der Küche herrschen in der Regel Temperaturen über 20 °C, welche mit dem Specksteinofen und dem Holzherd erzeugt werden. Auch bei sehr tiefen Aussentemperaturen erreicht das Klimagerät die gewünschte Innentemperatur mühelos.

Die Luftfeuchtigkeit hat sich mit dem Heizungsersatz nicht verändert und ist weiterhin angenehm.

Die Eigentümerschaft legt viel Wert auf die Ästhetik der Klimaanlage im Innenbereich und im Aussenbereich. Sie ist mit der Lösung innen und aussen sehr zufrieden.

Zur Schlafenszeit in der Nacht treten laut Bewohner keine störenden Geräusche auf. Die Heizung wird nachts ohnehin nicht gebraucht und ist daher von 20 bis 6 Uhr abgestellt (programmierbare Betriebszeiten).

Zur Gesamtsituation zum Heizen mit Klimagerät urteilen die Bewohner:

- Die Planung und Installation war sehr kollegial und wurde effizient ausgeführt.
- Komfort, Behaglichkeit und Temperatur haben sich massiv verbessert.
- Die Bewohner sind zuversichtlich, mit gleichbleibendem oder sogar reduziertem Stromkonsum den verbesserten Wohnkomfort erreichen zu können.
- Gesamteindruck: der Eindruck über die ersten Monate ist sehr positiv.

Die wichtigsten Bedenken der Eigentümer vor dem Kauf und anschliessende Erfahrungen zu den Themen Planung, Installation, Technik, Energieeffizienz, Qualität, Behaglichkeit, Lärm, Zufriedenheit, Kosten, Wirtschaftlichkeit waren:

- Die optische Beeinträchtigung des Gebäudes sollte auf ein Minimum reduziert werden. Das Aussengerät direkt an der Fassade hätte gestört, weswegen es hinter dem Balkongeländer platziert wurde.
- Es war ihnen ein grosses Bedürfnis die Boden-Direktheizung zu ersetzen, da diese sehr ineffizient war und viel zu stark in den Kellerbereich heizte und im Wohnbereich den Komfort und die Temperatur nur minimal erhöhte.
- Der Grund, warum mit einer Ersatzlösung so lange gezögert wurde, war primär der teure Einbau einer Wasser-Wärmeverteilung. Dies konnte mit der aktuellen Lösung mit Warmluft ohne zu grosse bauliche Massnahmen umgesetzt werden.

6. Fallbeispiele Offerten

Im Rahmen dieses Projekts wurden vier Offerten für Objekte erstellt, um Elektroheizungen durch Klimageräte zu ersetzen. Die Fälle offenbaren die typischen Entscheidungsprozesse und -kriterien, mit denen Eigentümer konfrontiert sind, wenn es um den Heizungsersatz geht. Eine der Offerten zum Ersatz der Elektroheizungen durch Klimageräte wurde zwischen August und Dezember 2023 bereits realisiert. Es ist der Fall 5.12 «Walserhaus». Die im Folgenden beschriebenen drei Fälle wurden (noch) nicht realisiert.

6.1 Fallstudie Rustico in Pian San Giacomo (GR)

Ausgangslage

Diese Fallstudie wurde zusammen mit der Firma TCA Thermoclima durchgeführt, am 11.07.2023 hat eine Besichtigung vor Ort mit dem Besitzer und am 5. September 2023 eine zusätzliche Besprechung mit dem Sohn des Besitzers stattgefunden.

Das Rustico befindet sich in 6563 Pian San Giacomo (Gemeinde Mesocco) und liegt im Misox-Tal im Kanton Graubünden. Der Ort Pian San Giacomo liegt auf 1'100 m ü. M.

Monatliche Durchschnittstemperaturen sind im Dezember 0.4 °C, im Januar -0.1 °C im Februar 1.2 °C und im Juli 17.4 °C. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 7.9 °C.¹²

Es handelt sich um ein Ferienhaus, welches aber fast ganzjährig von den Eigentümern bewohnt wird. Das Baujahr ist 1992 und es wurde 1998 mit einem Anbau erweitert. Die Dämmung ist eher bescheiden mit 2-fach-Verglasung. Die beheizte Fläche des Hauses ist 150 m².

Die Gebäudepläne folgen im Kapitel «Option: Heizlösung mit Klimageräten».



Abbildung 66: Aussenansicht des Ferienhauses

¹² Wetterstation Pian San Giacomo, <https://www.meteopsq.ch/template/pages/station/climate.php?var=T> (abgerufen: 19.04.2024)



Abbildung 67: Schlaf- und Kinderzimmer mit Elektro-Heizkörpern



Abbildung 68: Mögliche Standorte für Aussenteile der Klimaanlage



Abbildung 69: Wohnraum mit Schvedenofen und Wohnküche mit Elektroheizkörper im unteren Geschoss

Bisherige Heizlösung

Das Haus hat einen Schvedenofen in der Stube und 7 Zimmer-Elektro-Öfen:

Raum	Installierte Leistung	Dimensionen
Stube	1100 W	100 x 60 cm ²
Wohnküche	1100 W	100 x 60 cm ²
Schlafzimmer Sohn	500 W	80 x 40 cm ²
Schlafzimmer Tochter	700 W	80 x 50 cm ²
Schlafzimmer Eltern	700 W	80 x 50 cm ²
Bad	500 W	80 x 40 cm ²
WC	250 W	60 x 35 cm ²

Tabelle 7: Installierte Leistung der Elektro-Öfen

Das Haus hat keine zentrale Wasserverteilung zum Heizen.

Das Warmwasser wird mit einem Elektroboiler erzeugt. Es handelt sich um das Modell Cipag ELM 200 mit einem Fassungsvermögen von 200 Litern und einem täglichen Leerlaufverlust von 1.6 kWh/24h.



Abbildung 70: Elektroboiler mit Typenschild welcher durch Wärmepumpenboiler ersetzt werden soll

Investitions- und Betriebskosten

Im Jahr 2022 betrug der gesamte Elektrizitätsverbrauch 10'993 kWh wofür 1'816 CHF verrechnet wurden. Der Stromtarif wurde auf 2023 um 70% erhöht. Im Durchschnitt wurden im Jahr 2022 16.5 Rp./kWh bezahlt.

Der Stromtarif (2022) ist stark degressiv. Ab einem Verbrauch von 1'500 kWh ist der Tarif 3 Rp./kWh günstiger, ab 9'000 kWh sogar 5.7 Rp./kWh günstiger als der Basisverbrauch bis zu 1'500 kWh pro Jahr.

Option: Heizlösung mit Klimageräten

Die Firma TCA Thermoclima hat der Eigentümerschaft eine Offerte unterbreitet, welche die Elektroheizung mit Klimageräten zum Heizen ersetzen würde. Im Folgenden sind die Eckpunkte des Angebots beschrieben und die Reaktion der Eigentümerschaft.

Es sind 2 Aussengeräte und 5 Innengeräte vorgesehen. Eines der Innengeräte ist ein Truhengerät, die anderen vier sind Wandgeräte.

Offerte 1. Version

Die offerierten Kosten setzen sich in der ersten Version wie folgt zusammen:

Position	Ungefähre Preise CHF
2 Aussen-Geräte TCA-Daikin 3MXM	8'000.-
5 Innen-Geräte (1x Truhe FVXM, 4x Wand FTXM)	7'000.-
Installation	8'000.-
Engineering, Inbetriebnahme, Dokumentation, CE-Etikette	2'000.-
Diverses (Kältemittelleitungen, Kabelkanäle, Kondenswasser-Pumpen etc.)	8'000.-
Total Heizsystem mit Klimageräten	33'000.-
Wärmepumpenboiler (inkl. Anschluss durch Sanitärinstallateur)	5'000.-

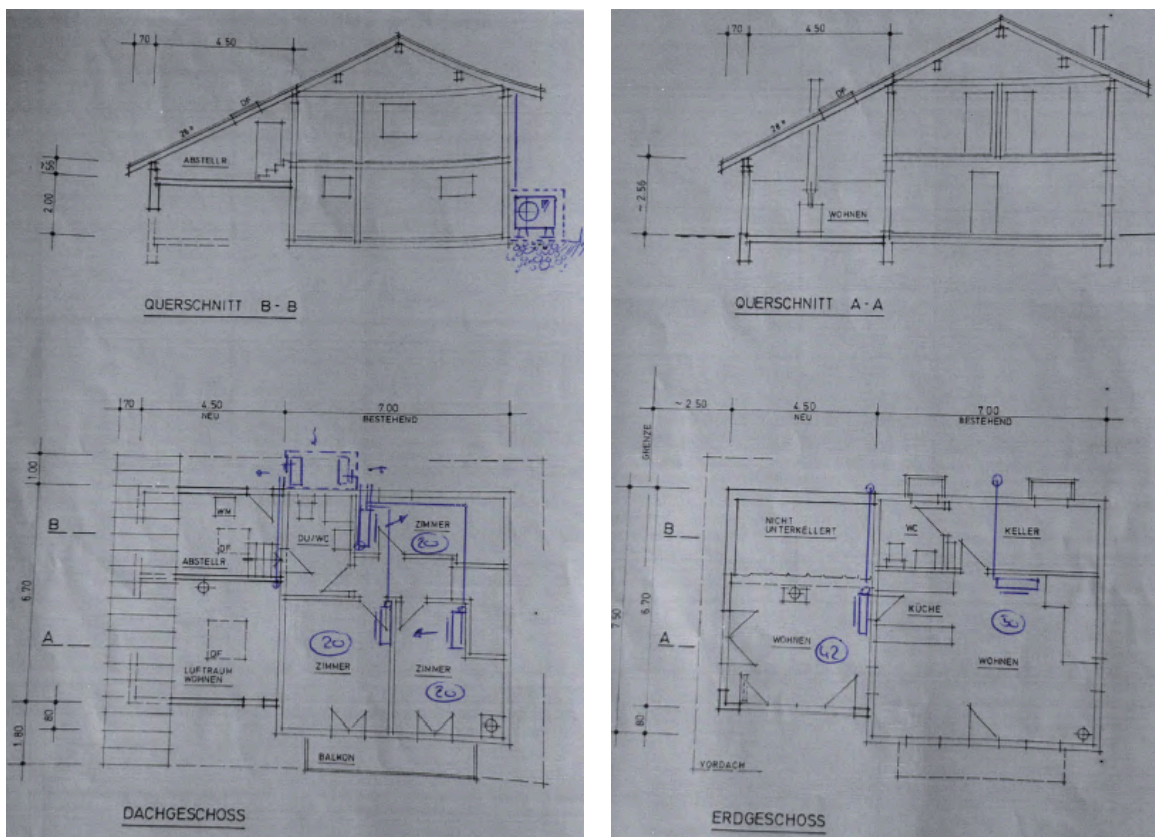


Abbildung 71: Pläne mit vorgesehenen Standorten für die Klimageräte

Fragen und Beurteilung der Eigentümerschaft zur Offerte

Dimensionierung und Reduktion auf ein Aussenteil

Primär wird die Heizung im unteren Geschoss benötigt, da hier die Hauptnutzung in den Wohnräumen ist. In den oberen Räumen sind lediglich Schlafzimmer, bei welchen eine reduzierte Temperatur erwünscht ist, welche auch durch Öffnen der Türen zum unteren Stockwerk hin erreicht werden kann. Aktuell liegt die Solltemperatur in den oberen Schlafzimmern bei lediglich 15 °C. Aus Sicht der Bauherrschaft wäre daher eine Klimaanlage mit nur einem Aussenteil ausreichend. Damit besteht die Hoffnung, die Kosten etwa halbieren zu können. Zudem besteht die Möglichkeit mit dem Schwedenofen zusätzlich zu heizen.

Revidierte Offerte (Heizung nur im unteren Geschoss mit einem Aussenteil)

Position	Ungefähre Preise CHF
1 Aussen-Gerät TCA-Daikin 4MXM-80A2V1B9	6'000.-
2 Innen-Geräte (Wand FTXM-50R2V1B und -42R2V1B)	3'000.-
Installation	5'000.-
Engineering, Inbetriebnahme, Dokumentation, CE-Etikette	1'000.-
Diverses (Kältemittelleitungen, Kabelkanäle, Kondenswasser-Pumpen etc.)	4'000.-
Total Heizsystem mit Klimageräten	19'000.-

Technische Frage zur Dimensionierung

Die Bauherrschaft fragt, warum die Auslegung in der ersten Offerte mit 7.4 kW nominaler Heizleistung so hoch ist. TCA informiert über Veränderung der Heizleistung bei verschiedenen vorherrschenden Aussen-temperaturen. Bewohnerschaft möchte ihre Ansprüche revidieren und wünscht nicht vollbeheizte Schlafzimmer im Obergeschoss. Infolgedessen wurde auf ein Aussenteil verzichtet, was die Heizleistung etwa halbiert.

Geräuschbelastung

Bauherrschaft: Wie stark ist die Geräuschbelastung durch die Innenteile? TCA: Die Belastung ist im Normalbetrieb sehr gering und im Flüsterbetrieb mit 19 bis 20 dB kaum hörbar.

Wärmepumpenboiler

Bauherrschaft: Braucht der Wärmepumpenboiler einen Anschluss nach aussen? TCA: Ja, der Wärmepumpenboiler hat einen Anschluss nach aussen. Je nach Situation kann die Luft (und damit die Wärme) entweder dem Haus oder der Aussenluft entzogen werden, dies kann einfach und jederzeit umgestellt werden.

Kältemittel

Besteht ein Risiko, dass das Kältemittel R32 verboten wird? Gemäss TCA ist R32 aktuell die beste Option, falls umweltschonendere Lösungen entwickelt werden, so wäre wohl in einem ersten Schritt nur der Verkauf von Neugeräten betroffen, aber nicht der Weiterbetrieb.

Fördergelder

Bauherrschaft: Gibt es für den Ersatz von Elektroheizungen Fördergelder? Aktuell gibt es noch keine Fördergelder. Die Amortisationsdauer dieser Massnahme wird ohne Fördergelder und gleichbleibender Nutzungsintensität auf 13-15 Jahre geschätzt.

Wirtschaftlichkeit

Die Bauherrschaft möchte eine Abschätzung zur Reduktion der Stromkosten erhalten, um die Wirtschaftlichkeit und Amortisationszeit besser zu kennen. Topten hat folgende Wirtschaftlichkeitsrechnung präsentiert.

Strompreise 2023:		
Netzabgabe:	4.8	Rp/kWh
Energie Hochtarif:	18.2	Rp/kWh
Energie Niedertarif:	10.4	Rp/kWh
Bundesabgabe:	2.3	Rp/kWh
Total:	25.3	Rp/kWh (Hochtarif) exkl. MWST
Total:	27.2	Rp/kWh (Hochtarif) inkl. MWST von 7.7%

Tabelle 8: Strompreise 2023 gemäss Reglement der Gemeinde Mesocco GR¹³

Voraussichtlich wird zum grössten Teil tagsüber mit Hochtarif geheizt.

Aufgrund dieser Tarifangaben wurde die Wirtschaftlichkeit mit einem Tarif von 25 und 30 Rp./kWh kalkuliert.

Totaler Verbrauch pro Jahr heute	11'000 kWh
Davon Haushaltsverbrauch inkl. Warmwasser	3'500 kWh
Verbrauch Elektro-Heizung	7'500 kWh pro Jahr
Einsparung mit Klimagerät (bei SCOP/JAZ von 3)	5'000 kWh pro Jahr
Einsparung pro Jahr bei 25 Rp./kWh	1'250 CHF/Jahr
Einsparung pro Jahr bei 30 Rp./kWh	1'500 CHF/Jahr
Einsparung über Nutzungsdauer von 20 Jahren bei 25 Rp./kWh	25'000 CHF
Einsparung über Nutzungsdauer von 20 Jahren bei 30 Rp./kWh	30'000 CHF
Payback bei 25 Rp./kWh	15.2 Jahre
Payback bei 30 Rp./kWh	12.7 Jahre

Tabelle 9: Wirtschaftlichkeitsrechnung bei verschiedenen Stromtarifen

Die Kalkulation beinhaltet folgende Annahmen und Unsicherheiten:

- In der Berechnung sind keine Service- oder allfällige Reparaturkosten einbezogen
- Annahme, dass das Haus zukünftig gleich häufig genutzt wird wie im Jahr 2022
- Annahme, dass gleich intensiv mit Holz nachgeheizt wird wie im Jahr 2022
- Der Wirkungsgrad (SCOP/JAZ) wurde mit nur 3 sehr konservativ angesetzt
- Die Prognose der Strompreise für die nächsten 20 Jahren (Lebensdauer Klimaanlage) sind sehr konservativ angenommen (praktisch keine Tarif-Erhöhungen).

Entscheid

Am 7. Oktober 2023 wurde der Entscheid der Eigentümerschaft per E-Mail mitgeteilt. Zusammengefasst lautet er wie folgt:

- Eigentümerschaft zweifelt an, ob eine Amortisationszeit von 13-15 Jahren überhaupt sinnvoll ist, wenn man von einer Lebensdauer der Anlage von 20 Jahren ausgeht.
- Sie hält diese Investition daher nicht für wirtschaftlich sinnvoll.
- Die Eltern sind nicht bereit, eine solche Investition zu tätigen, da sie unter Umständen den Payback-Zeitpunkt nicht erleben werden.
- Die Geschwister erwägen eine Investition in die Zukunft, aber nicht zum aktuellen Zeitpunkt. Sie planen, noch einige Jahre zu sparen. Sie hoffen darauf, dass sich die Technologie weiterentwickelt und günstiger wird, und darauf, dass der Ersatz von Elektroheizungen gefördert wird.

Dieser Fall zeigt eine typische Situation. Die meist älteren Eigentümer von Häusern oder Wohnungen sind tendenziell weniger bereit Investitionen in ihre Immobilie zu tätigen, insbesondere wenn die Payback-Zeit

¹³ https://www.mesocco.swiss/images/Comuni/Mesocco/Regolamento-tasse-e-tariffe-AEC-dal-01.01.23-approvato-da-CC-3.4.2023_8e286.pdf (abgerufen: 19.04.2024)

hoch ist. Obwohl isolierte wirtschaftliche Investitionen mit kurzer Amortisation normalerweise direkt umgesetzt werden, werden grundlegende Entscheidungen wie eine Gesamtsanierung oft zu einem späteren Zeitpunkt getroffen. Dies ist der Fall, solange der Vater das Haus noch als primären Wohnsitz nutzt und die zukünftige Nutzung des Hauses nicht klar definiert ist (z.B. weiterhin ganzjährig oder nur saisonal). Der optimale Zeitpunkt für grössere Investitionen ist, sobald ein Erbe geregelt ist und feststeht, wie das Objekt in Zukunft genutzt wird. Der Heizungsersatz, wie im vorliegenden Beispiel, sollte eigentlich als isolierter Einzelschritt betrachtet werden und nicht als Teil einer umfassenden Sanierung. Dennoch ist die Amortisationszeit von 15 Jahren zu lang. Durch Fördermittel könnte diese Zeit erheblich verkürzt werden, wodurch die Investition auch zum aktuellen Zeitpunkt tragbar wäre.

6.2 Fallstudie Ferienhaus in Valbella (GR)

Ausgangslage

Diese Fallstudie wurde zusammen mit der Firma TCA Thermoclima durchgeführt und am 11.07.2023 hat eine Besichtigung vor Ort stattgefunden.

Das Ferienhaus liegt in 7077 Valbella (Teil der Gemeinde Vaz/Oberbaz) im Kanton Graubünden. Das Haus liegt 1'650 m ü. M.

Monatliche Durchschnittstemperaturen sind im Dezember $-7.0\text{ }^{\circ}\text{C}$, im Januar $-8.2\text{ }^{\circ}\text{C}$, im Februar $-6.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ und im Juli $12.3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt $2.3\text{ }^{\circ}\text{C}$.¹⁴

Es handelt sich um ein Ferienhaus mit 2 Ferienwohnungen, welche von den Besitzern für Ferien genutzt und gelegentlich an externe Gäste vermietet werden (Sommer und Winter). Die obere Wohnung umfasst 3 Zimmer mit 4 Betten und wird etwa 20 Wochen pro Jahr genutzt, die untere Wohnung umfasst 2 Zimmer mit 4 Betten und wird etwa 14 Wochen pro Jahr genutzt. Das Baujahr ist 1967. Die Dämmung ist eher bescheiden mit 2-fach-verglasteten Fenstern. Die beheizte Fläche der oberen Wohnung beträgt 60 m^2 , jene der unteren Wohnung 45 m^2 .

Die Gebäudepläne folgen im Kapitel «Option: Heizlösung mit Klimageräten».



¹⁴ <https://de.climate-data.org/europa/schweiz/graubuenden/valbella-162630/#climate-table> (abgerufen: 19.04.2024)



Abbildung 72: Bilder des Ferienhauses in Valbella



Abbildung 73: Stube und Schlafzimmer im Obergeschoss

Bisherige Heizlösung

Das Haus hat zwei Ölofen. Der erste, ein Zimmer-Ölofen, befindet sich in der unteren Wohnung und beheizt diese (Wohnzimmer, Schlafzimmer, Gang, Küche und Bad). Da diese Heizung ferngesteuert werden kann (nur Ein / Aus), kann sie auch zum Vorheizen des ganzen Hauses verwendet werden. Der zweite, ein Ölofen mit Kachelofen, befindet sich in der oberen Wohnung und beheizt diese (Wohnzimmer, Küche, Eingangsbereich, Bad und 2 Schlafzimmer).

In folgenden Räumen sind zusätzlich Zimmer-Elektro-Öfen eingebaut: Obere Wohnung in beiden Schlafzimmern, in Bad und Küche; in der unteren Wohnung im Schlafzimmer, in der Küche und im Bad.

Zusätzlich steht im oberen Wohnzimmer ein offenes Holz-Cheminée. Dies wird zum forcierten Aufheizen der oberen Wohnung oder zum Reduzieren des Ölverbrauchs verwendet. Einfeuern über Nacht ist aus Sicherheitsgründen nicht erlaubt. Da das Cheminée offen ist und auch kein Umluftsystem eingebaut ist, ist die Wärmeausnützung eher klein.

In den Monaten Oktober bis März (oder nach Temperaturvorhersage) werden die 2 Bäder und die 2 Küchen zum Frostschutz elektrisch auf 3 °C geheizt. Wenn das Haus nicht bewohnt ist, wird die Ölheizung grundsätzlich abgeschaltet.

Die Eigentümer- und Nutzerschaft ist der Auffassung, dass das Haus prinzipiell auch sehr gut ohne die Elektro-Öfen bewohnt werden kann. In den Bädern werden sie für besseren Komfort genutzt, und zusätzlich für den Frostschutz. In den Schlafzimmern sind sie im Normalfall nicht nötig. Die installierte Leistung in den 2 grossen Schlafzimmern sei massiv überdimensioniert.

Das Haus hat keine zentrale Wasserverteilung zum Heizen.

Das Warmwasser wird mit zwei Elektroboilern erzeugt. Sie sind in der oberen und unteren Wohnung jeweils in der Küche eingebaut. Bei längeren Abwesenheiten werden die Boiler ausgeschaltet.

Investitions- und Betriebskosten

Im Jahr 2022 betrug der gesamte Elektrizitätsverbrauch 4'100 kWh. Im Durchschnitt wurden 23 Rp./kWh bezahlt. Der Stromtarife sind in den Jahren 2023 und 2024 gestiegen.

Der Ölverbrauch betrug in der Heizsaison 2022/23 1'100 Liter. Im Jahr zuvor waren es 1'300 Liter.

Für das offene Cheminée wurden noch rund 1 Ster Holz verfeuert, welche für die Heizung des Hauses aber wenig relevant ist.

Option: Heizlösung mit Klimageräten

Die Firma TCA Thermoclima hat der Eigentümerschaft eine verbindliche Offerte unterbreitet, welche die 2 Ölheizungen sowie die Elektroheizungen mit Klimageräten zum Heizen ersetzen würde. Im Folgenden sind die Eckpunkte des Angebots und eine Reaktion der Eigentümerschaft beschrieben.

Es sind 2 Aussengeräte und 5 Innengeräte vorgesehen. Bei den 5 Innengeräten handelt es sich um Wandgeräte.

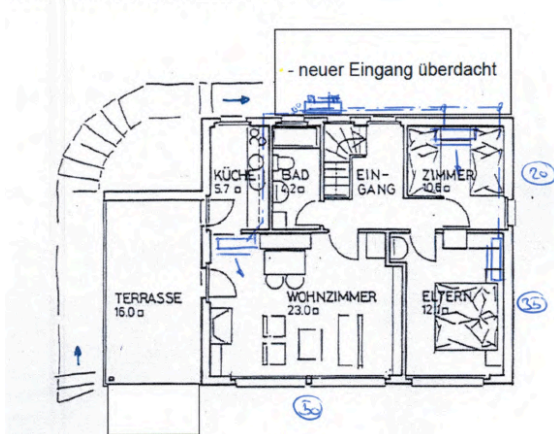
Zusätzlich ist der Ersatz der beiden Elektroboiler in den Küchen durch zwei 270-Liter-Wärmepumpenboiler PAW-DHW270F offeriert. Denkbar ist auch, dass nur der Boiler in der oberen (häufiger genutzten) Wohnung ersetzt wird.

Gemäss der Eigentümerschaft ist es aber wahrscheinlich nicht möglich, den Einbauboiler in der Küche durch einen WP-Boiler zu ersetzen. Wenn, dann kann ein WP-Boiler im Keller zentral installiert werden (anstelle der Öltanks hat es Platz). Dann müsste jedoch die Warmwasser-Verteilung erweitert werden.

Die offerierten Kosten setzen sich wie folgt zusammen:

Position	Ungefähre Preise CHF
2 Aussen-Geräte Multisplit TCA-Daikin 3MXM	9'000.-
5 Innen-Wand-Klimageräte (Wand FTXM)	6'000.-
Installation	8'000.-
Engineering, Inbetriebnahme, Dokumentation, CE-Etikette	2'000.-
Diverses (Kältemittelleitungen, Kabelkanäle, Kondenswasser-Pumpen etc.)	8'000.-
Total Heizsystem mit Klimageräten	33'000.-
2 Wärmepumpenboiler (inkl. Anschluss durch Sanitärinstallateur)	10'000.-

OBERGESCHOSS, 3 - Zimmerwohnung



ERDGESCHOSS, 2 - Zimmerwohnung

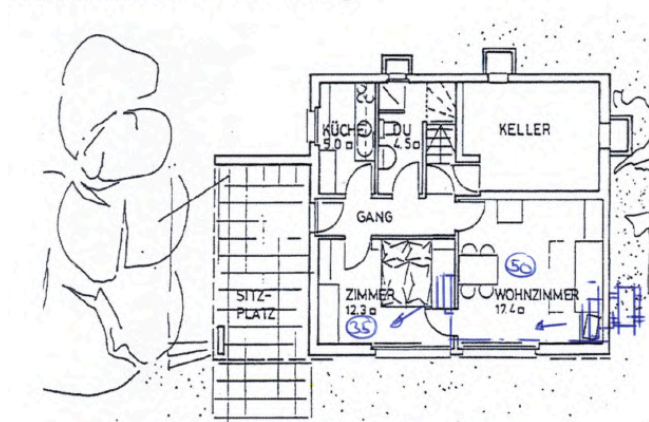


Abbildung 74: Pläne mit vorgesehenen Standorten für die Klimageräte

Fragen und Beurteilung der Eigentümerschaft zur Offerte

Ausgangslage

Die Eigentümerschaft hatte bereits eine Erneuerungsstrategie für das Ferienhaus erstellt. Eckpunkte davon sind der Ersatz der Zweifach- durch gut dämmende Dreifachverglasung, Ersatz der Aussentüren, Neuanstrich der Fassaden und eventuell zusätzliche Optimierung mit Dämmputz, Dachertüchtigung mit Dämmung, Heizungserneuerung, Warmwassererneuerung und Raumanpassungen. Zusätzlich wird erwogen eine Solaranlage zur Stromerzeugung zu installieren. Die Sanierungsschritte sollen sinnvoll über die nächsten Jahre etappiert werden.

Für die Heizungssanierung geht die Erneuerungsstrategie von folgenden Kosten aus:

Position	Ungefähre Preise CHF
Wärmepumpe mit Erdsonde (günstigere Option: Luft-Wasser-Wärmepumpe)	45'000.-
Zentrales Wärmeverteilsystem	20'000.-
Einbau Bodenheizung (ca. 60 m ²), keine Bodenheizung in Korridoren und Küche, (günstigere Option: Radiatoren unterhalb der Fenster an Süd-Fassade statt Bodenheizung)	20'000.-
Engineering, Inbetriebnahme, Diverses	10'000.-
Total Heiz- und Warmwassersystem mit Erdsonden-Wärmepumpe und Bodenheizung	95'000.-

Die Bauherrschaft hat zum Vergleich 2 Offerten für die Heizungserneuerung (inkl. Wärmeverteilung und Bodenheizung resp. Radiatoren) eingeholt. Es bestehen Sparpotentiale zum einen, wenn auf die Bodenheizung verzichtet wird, und zum anderen, wenn eine Luft-Wasser-WP statt einer Erdsonde-WP eingebaut wird. Zu berücksichtigen ist aber, dass eine Luft-Wasser-Wärmepumpe im Kanton Graubünden auf dieser Höhenlage keine Fördergelder erhalten würde.

Folgende Fragestellungen haben die Bauherrschaft beschäftigt.

- Geräuschpegel bei der Verwendung von Klimageräten, beim Aufheizen der Wohnungen, im Normalbetrieb, im Nachtmodus.
- Stromverbrauch der Geräte gegenüber der 2 anderen WP-Typen (Sole-Wasser oder Luft-Wasser) jährlich bei einer typischen Belegung.
- Luftstrom in den Schlafzimmern (Normalbetrieb und Nachtmodus).
- Könnte Frostschutz mit den Klimageräten bewerkstelligt werden, auch wenn die Innenteile nicht in den Bädern montiert sind (Türen müssen geöffnet sein zu Küchen und Bädern)?
- Gibt es ästhetisch ansprechende Varianten von Klimageräten, insbesondere im Innenbereich?
- Wie lange ist die Lebensdauer eines Klimageräts?
- Welche Kosten fallen für den Service und die Wartung der Klimageräte an?
- WP-Boiler: Wie viel Energie kann bei einer typischen Belegung in etwa jährlich eingespart werden?

Aus Sicht des Bauherrn sind alle drei Varianten interessant (Luft-Luft-WP, Sole-Wasser-WP, LW-WP). Der Entscheid muss aufgrund der Detailplanung getroffen werden.

6.3 Fallstudie Künstleratelier in Walserhaus (GR)

Ausgangslage

Für diese Fallstudie hat am 20.09.2023 eine Besichtigung vor Ort durch TCA und Topten stattgefunden. Das Interview wurde mit dem Besitzer des Ateliers geführt.

Das Walserhaus (Strickbau) befindet sich auf einer Höhe von rund 1'200 m ü. M. mit südlicher Ausrichtung in Graubünden. Es wurde vor vielen Jahrzehnten erbaut. Es ist ein Holzbau und hat ein Blechdach.

Adresse: Kann bei Autoren angefragt werden



Abbildung 75: Atelier mit Elektro-Speicherofen (vorne links)



Abbildung 76: Rechts oben von Türe: Mögliche Platzierung Innenteil



Abbildung 77: Aussenteil in gut durchlüftetem Lagerraum

Die Jahresdurchschnittstemperatur in einem vergleichbaren Ort (1'082 m ü. M.) beträgt 3.0 °C. Im Verlauf des Jahres bewegt sich die Temperatur in der Regel zwischen -7 °C und 21 °C und liegt selten unter -12 °C oder über 26 °C. Der im Jahresverlauf wärmste Monat ist mit 12.7 °C im Mittel der Juli. Die Durchschnittstemperatur ist im Januar am niedrigsten und beträgt -7.2 °C.¹⁵

Es handelt sich um einen Stall mit einem unbeheizten Atelier im Erdgeschoss und einem beheizten Atelier/Büro im Obergeschoss. Der ehemalige (unbeheizte) Heustock wird als Lager- und Abstellraum genutzt. Die Dämmung ist eher bescheiden mit 2-fach-verglasten Fenstern. Die beheizte Fläche des oberen (beheizten) Ateliers beträgt etwa 50 m². Es gibt keine Gebäudepläne.

Bisherige Heizlösung

Das Haus verfügt im Obergeschoss über einen Elektro-Speicherofen und wird im Wesentlichen während der ganzen Heizperiode beheizt.

Das Atelier hat keinen eigenen Stromzähler. Gemäss Schätzung beträgt der Elektrizitätsverbrauch 4'000 kWh mit Kosten von 1'000 CHF pro Jahr. Der Stromtarif im Jahr 2023 lag bei 25.2 Rp./kWh. Für 2024 wurde 26.8 Rp./kWh angekündigt. Im Atelier steht kein Warmwasser zur Verfügung.

¹⁵ <https://meteoatlas.de/schweiz/flims-63828> (abgerufen: 19.04.2024)

Option: Heizlösung mit Klimageräten

Die Firma TCA Thermoclima hat der Eigentümerschaft eine verbindliche Offerte unterbreitet, welche die Speicher-Elektroheizung im Obergeschoss mit einem Klimagerät zum Heizen ersetzen würde. Im Folgenden sind die Eckpunkte des Angebots und eine erste Reaktion der Eigentümerschaft beschrieben.

Vorgesehen sind 1 Aussengerät und 1 Innengerät. Bei dem Innenteil handelt es sich um ein Wandgerät. Die Energieeffizienzklasse erreicht zum Kühlen als auch zum Heizen A++. Der durchschnittliche jährliche Wirkungsgrad zum Heizen (SCOP) beträgt 4.71. Die Heizleistung beträgt maximal 6 kW.

Die offerierten Kosten setzen sich wie folgt zusammen:

Position	Ungefähre Preise CHF
1 Aussen-Splitgerät TCA-Daikin RXM-42R2V1B (Inverter)	2'200.-
1 Innen-Wand-Klimagerät (FTXM-42R2V1B)	1'200.-
Installation	1'800.-
Inbetriebnahme, Dokumentation, Einregulierung	500.-
Diverses (Kältemittelleitungen, Kabelkanäle, Kondenswasser-Pumpen etc.)	1'300.-
Total Heizsystem mit Klimagerät	7'000.-

Beurteilung (aus Sicht der Bauherrschaft)

Pro Klimagerät:

Dem Eigentümer war die Möglichkeit mit Klimageräten zu heizen bis anhin nicht bekannt. Die Chance die Stromkosten zum Heizen auf einen Drittel zu reduzieren ist das entscheidende Argument zum Ersatz der Elektroheizung. Ein klassischer Ersatz mit konventioneller Wärmepumpe mit Wasser zur Wärmeverteilung wäre unverhältnismässig teuer und kommt nicht in Betracht.

Für die Option Kühlen besteht in dieser Höhenlage kein Bedarf. Die Fernbedienung und die Smartphone-App sind zwar praktisch, aber da der Besitzer im Nachbarhaus wohnt, besteht keine dringende Notwendigkeit dafür.

Folgende Punkte, bei denen noch Unsicherheiten seitens der Bauherrschaft bestanden, wurden diskutiert:

- Ästhetik: Das Innenteil ist unauffällig und wird nicht als störend empfunden. Das Aussenteil befindet sich in einem wenig genutzten Lagerraum und daher kaum sichtbar.
- Geräusche: Das Innenteil arbeitet leise und kann bei Bedarf im Flüsterbetrieb betrieben werden. Es kann auch während Arbeitspausen intensiv vorgeheizt werden. Das Aussenteil im Lagerraum ist im Aussenbereich kaum hörbar.
- Service: Die Installation würde durch einen erfahrenen lokalen Klima-Installateur erfolgen, der dann auch einen guten Service vor Ort bieten kann.

Geplantes Vorgehen

Die Eigentümerschaft hält die vorgeschlagene Lösung für sinnvoll und bewertet die Offerte positiv. Die Installation könnte innerhalb einer Woche durchgeführt werden. Allerdings wurde der Auftrag noch nicht erteilt, da noch Unklarheiten zur Nutzungsintensität in den nächsten Jahren bestehen. Die Eigentümerschaft liess sich gleichzeitig eine analoge Lösung mit Klimagerät für das angrenzende Wohnhaus (Walserhaus) offerieren und hat die neue Heizung im Walserhaus in der Zwischenzeit (Dezember 2023) zur vollsten Zufriedenheit in Betrieb genommen, vgl. Kapitel 5.12).

7. Diskussion und Erkenntnisse

Zu Beginn dieses Projekts rechnete Topten damit, dass alle Fallstudien gleichermaßen in vollem Umfang von A bis Z beschrieben und dokumentiert werden könnten. Jedoch gestaltet sich die Datensuche in der realen Welt anders als von der Methodik vorhergesehen und die Datenlage ist teilweise unvollständig. Topten steht dahinter, dass einzelne Fälle nicht vollumfassend dargestellt sind, aber die Gesamtheit der Fälle ein komplettes, aussagekräftiges Bild zeichnet.

Eine weitere Annahme hat sich als überholt herausgestellt. Der ursprüngliche Fokus der Studie lag auf Zweitwohnungen und Ferienhäusern. In der Praxis hat sich gezeigt, dass die Bandbreite der Einsatzbereiche, in denen Klimageräte zum Heizen eingesetzt werden, bedeutend grösser ist. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Klimageräte zum Heizen heute schon überall dort eingesetzt werden, wo kein Wasserverteilnetz vorliegt und eine Alternative zu Elektroheizungen gefragt ist. Diese Praxis deckt sich mit den Empfehlungen von EnergieSchweiz (2024): «Wenn Sie einen aufwändigen Umbau und die Installation eines Wärmeverteilsystems umgehen wollen, dann bleibt als Möglichkeit zum Beispiel eine Luft-Luft-Wärmepumpe. Bei diesem System geben ein oder mehrere Innengeräte die Wärme mit einem Ventilator an die Raumluft ab.»

Zudem wurde beim Projektstart angenommen, dass die Baubewilligungsverfahren kompliziert sein könnten. Dies aufgrund der Befürchtung, dass im Bewilligungsprozess die Kühl- statt die Heizfunktion der Klimageräte beurteilt würde. Bei allen untersuchten Fallbeispielen haben die Behörden aber anerkannt, dass es sich um Luft-Luft-Wärmepumpen handelt und diese gemäss den Anforderungen von konventionellen Wärmepumpen zum Heizen beurteilt.

Eingesetzt werden Klimageräte in Ferienhäusern, Minergie-Bauten, Einfamilienhäusern, Büro- und Gewerbebauten, Künstlerateliers, Restaurants und Arztpraxen. Dabei kommen sie bei Bestandsbauten nach Sanierungen zum Einsatz, sind aber vielfach auch bei Neubauten die erste Wahl. Weiterhin sind Klimageräte bei Containerbauten jeglicher Art die bevorzugte Lösung. Das sind etwa Schulgebäude, Kitas, Flüchtlingsunterkünfte, Personalräume, Aufenthaltsräume oder Unterbringungen auf Baustellen. Auch als Übergangslösung für temporäre Nutzungen werden die Klimageräte vielfach eingesetzt. Der Vorteil liegt in den geringen Kosten und der schnellen Installation bzw. De-Installation. Die Geräte können also später wieder abgebaut und veräussert werden. Nicht zuletzt werden Luft-Luft-Wärmepumpen auch in modernen Elektro-Fahrzeugen eingesetzt, weil sie im Vergleich zu Elektroautos mit einer klassischen elektrischen Heizung die Reichweite bis zu 20 Prozent vergrössern (EnBW, 2022). Tesla fing im Jahr 2021 daher als einer der ersten Hersteller an Wärmepumpen in sein Model Y zu verbauen und tut dies inzwischen in der gesamten Modellpalette (Tesla, 2023).

7.1 Investitionskosten für wichtige Heizsysteme

Im Folgenden wird versucht typische Investitionskosten für wichtige Heizsysteme abzuschätzen. Die Herausforderung ist, dass die Situationen und Einsatzbereiche von Elektroheizungen äusserst unterschiedlich sind. Vielfältige Randbedingungen können ausschlaggebend sein, welche Heizsysteme sinnvoll sind und wie hoch die Investitionen ausfallen (Raum für zentrale Heizung, Komplexität, um Leitungen zu installieren für Kältemittel oder Heizungskörper, Raumhöhe genügend für Bodenheizung etc.). Der Weiterbetrieb der Elektroheizung verursacht in der Regel hohe Stromkosten aber sehr wenig Betriebs- und Reparaturkosten. Die Stromkosten sind primär von der Intensität der Nutzung und vom Dämmstandard abhängig.

Bei den nun folgenden Kostenschätzungen sind alle Kostenträger enthalten (Planung, Baugesuch, Installation, Inbetriebnahme, Diverses). Die Schätzungen basieren auf den Informationen eines Planungsbüros und dem Heizkostenrechner auf der Webseite erneuerbarheizen.ch.

Bei Wärmepumpen ist die Aufbereitung des Warmwassers oft integriert, bei Klimageräten ist dies unüblich. Für einen Ersatz eines Elektroboilers durch einen Wärmepumpenboiler rechnen wir mit 6'000 CHF. Eine Wärmepumpe, welche die Warmwasseraufbereitung beinhaltet, verursacht etwa die gleichen Mehrkosten von 6'000 CHF.

Ferienhaus (Heizungersatz)

Die Ausgangslage ist ein Rustico oder Chalet mit Elektroheizungen in allen Zimmern. Klein bedeutet, dass 1 Innenteil oder Heizkörper ausreicht, mittel bedeutet, dass 2 bis 3 Innenteile benötigt werden und gross, dass 4 oder 5 Innenteile nötig sind. Lösungen mit 2 Aussenteilen sind rund 10'000 CHF teurer.

Für typische Rusticos oder Chalets genügt üblicherweise ein Aussengerät. In vielen Fällen ist es nicht erforderlich, in jedem Zimmer ein Innengerät zu installieren. Beispielsweise wird in Schlafzimmern oft weniger geheizt, und die Wärme aus den benachbarten Zimmern kann ausreichen. Die maximale Anzahl von Innengeräten pro Aussengerät beträgt 5, was in den meisten Situationen ausreichend sein sollte.

Variante Klimagerät

Kleines Ferienhaus	1 Aussengerät mit 1 Innengerät	8'000 CHF
Mittleres Ferienhaus	1 Aussengerät mit 2 Innengeräten	20'000 CHF
Grosses Ferienhaus	1 Aussengerät mit 4 Innengeräten	25'000 CHF
Einfamilienhaus	2 Aussengeräte mit 5 Innengeräten	35'000 CHF
Eventuell zusätzlich Wärmepumpen-Boiler	400 Liter	6'000 CHF

Variante Luft-Wasser-Wärmepumpe

Kleine Wärmepumpe	65'000
Kleine Wärmepumpe 7 kW (rund 1'800 Liter Ölverbrauch) inkl. 400-Liter-Boiler	
Wärmepumpe	42'500
Wärmeverteilung	15'000
3 Radiatoren	7'500

Mittlere Wärmepumpe	75'000 CHF
Mittlere Wärmepumpe 10 kW (rund 2'800 Liter Ölverbrauch) inkl. 400 Liter Boiler, schlüsselfertig erstellt nach WPSM	
Wärmepumpe	50'000 CHF
Wärmeverteilung	15'000 CHF
4 Radiatoren	10'000 CHF

Grosse Wärmepumpe	90'000 CHF
Grosse Wärmepumpe ca. 18 kW (rund 5'000 Liter Ölverbrauch), inkl. 600 Liter Boiler, schlüsselfertig erstellt nach WPSM	
Wärmepumpe	55'000 CHF
Wärmeverteilung	20'000 CHF
6 Radiatoren	15'000 CHF

Zusatzkosten für Erdsonde

Kleines Haus	Sondenlänge 150 m	25'000 CHF
Mittleres Haus	Sondenlänge 250 m	30'000 CHF
Grosses Haus	Sondenlänge 2 x 250 m	50'000 CHF

Tabelle 10: Investitionskosten für die Heizsysteme Klimageräte und Luft-Wasser-Wärmepumpen (einschliesslich der Zusatz-Option Erdsonde-Wasser)

Für temporär genutzte Ferienhäuser und Gebäude sind aufgrund der hohen Initialkosten klassische Wärmepumpen-Heizungen finanziell kaum und nur selten sinnvoll. Klimageräte zum Heizen, welche hingegen finanziell tragbar sind, sind eine kostengünstige Alternative insbesondere auch für temporäre Nutzungen.

7.2 Sparpotentiale beim Ersatz von Elektroheizungen

Gemäss dem BFE-Bericht «Beschleunigung des Ersatzes von Elektroheizungen in der Schweiz» verbrauchen die Elektroheizungen in 13'000 Zweitwohnungen in der Schweiz 200 Millionen kWh (BFE, 2022, S. 15). Der durchschnittliche Stromverbrauch beträgt also 15'000 kWh (was ungefähr 1'500 Liter Öl entspricht).

Die naheliegende Vermutung, dass die Mehrheit der Elektroheizungen in Zweitwohnungen in Gebrauch ist, unterschätzt die weiteren Einsatzgebiete der Elektroheizungen wohl um ein Vielfaches. Allein im Versorgungsgebiet der Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ) sind rund 10'000 Elektroheizungen mit einem Energieverbrauch von rund 140 Millionen kWh in Betrieb (Stand 2020).¹⁶ Im Kanton Zürich werden auch sehr viele Einfamilienhäuser (Erstwohnungen) mit elektrischen Speicherheizungen beheizt. Ein weiterer wichtiger Faktor sind mobile Elektroheizungen, welche in obigen Statistiken fehlen aber ebenfalls energetisch eine grosse Bedeutung haben dürften.

Ferienhaus Typ	Verbrauch	Verbrauch	Einsparung	Einsparung	Einsparung
Stromverbrauch	<i>kWh/a</i>	<i>CHF/a</i>	<i>kWh/a</i>	<i>CHF/a</i>	<i>CHF in 15 Jahren</i>
sehr hoch	30'000	9'000	20'000	6'000	90'000
hoch	20'000	6'000	13'300	4'000	60'000
mittel	15'000	4'500	10'000	3'000	45'000
tief	10'000	3'000	6'700	2'000	30'000
sehr tief	5'000	1'500	3'300	1'000	15'000

Tabelle 11: Kosten und Einsparungen bei einem Stromtarif von 30 Rp./kWh und einer JAZ von 3

Im konkreten Fall kann aufgrund von bisherigen Stromrechnungen die Einsparung einfach abgeschätzt werden. Die wichtigsten Faktoren sind die Gebäudehülle und die Anzahl der Heiztage (mit Anwesenheit).

Wirtschaftlichkeit des Ersatzes von Elektroheizungen

Der Vergleich der Investitionskosten mit den Einsparungen zeigt, dass in vielen Fällen der Ersatz der Elektroheizung mit Klimageräten wirtschaftlich sein dürfte. Besonders bei einfachen Häusern mit hoher Belegung und Auslastung des Ferienhauses im Winter ist die Wirtschaftlichkeit günstig, während sie bei komplexen Bauten mit geringer Belegung eher schlecht ausfällt.

Bei einem Ersatz der Elektroheizung durch eine Luft-Wasser-Wärmepumpe sind die Investitionskosten deutlich höher und die Wirtschaftlichkeit entsprechend geringer.

Die Zusatzkosten für eine Erdsonde erhöhen die Einsparungen etwas, die Zusatzkosten dürften aber kaum lohnend sein, sofern das Ferienhaus nur temporär genutzt wird. In gewissen Situationen/Kantonen sind jedoch nur Erdwärme-Wärmepumpen förderberechtigt.

7.3 Energieeffizienz

Die Energieeffizienz von Klimageräten als Luft-Luft-Wärmepumpen erweist sich als sehr hoch, sowohl im Heiz- als auch im Kühlbetrieb.

¹⁶ EKZ kennt die Anzahl der installierten Anlagen (Stand 2020) und die installierte Leistung. Es leitet daraus den Energieverbrauch ab unter der Annahme einer jährlichen Betriebszeit von 1'500h bei 2/3 der Nennleistung.

Stiftung Warentest hat die Klimaanlage als die effizienteste Art des Heizens mit Strom bestätigt, nachdem sie fünf verschiedene Methoden untersucht hat: Heizdecke, Heizlüfter, Infrarotheizung, Klimageräte, und Konvektor/Radiator (Stiftung Warentest, 2022). Selbst unter den verschiedenen Typen von Wärmepumpen - Luft-Wasser, Sole-Wasser, Luft-Luft - weisen letztere die höchste Effizienz auf, da keine Übertragungsverluste auftreten. Während Luft-Luft-Wärmepumpen sehr reaktiv und schnell sind, ist Wasser naturgemäß das überlegenere Träger-/Speichermedium für Wärme. Pauschal kann man damit rechnen, dass Klimageräte 3- bis 5-mal weniger Strom verbrauchen als elektrische Direktheizungen. Die Effizienzwerte fürs Heizen (SCOP) gemäss der europäischen Energieetikette liegen bei Singlesplit-Klimageräten zwischen 5.1 und 5.9 in der besten Effizienzklasse A+++ , zwischen 4.6 und 4.9 in der Klasse A++ , zwischen 4.0 und 4.4 in Klasse A+ und selbst in der vierthöchsten Klasse A noch bei rund 3.8.

7.4 Praxistauglichkeit

Ein Schwerpunkt dieser Studie war es die Erfahrungen - subjektive und objektive - von den Nutzern einzuholen und auszuwerten. Nahezu alle Vorurteile über Klimageräte haben sich nicht bestätigt.

- Es lag kein Fall vor, in dem die Nutzer angaben, die Klimaanlage habe nicht die gewünschte Temperatur erreicht und ihnen sei kalt gewesen. Die Leistungsgrenze der Geräte wurde nie erreicht. Die Geräte waren offenbar in allen Fällen richtig ausgewählt und dimensioniert. Mit der richtigen Planung unter Berücksichtigung von Wärmebedarf und klimatischen Bedingungen können Klimageräte folglich in den unterschiedlichsten Szenarien erfolgreich eingesetzt werden.
- In keinem der untersuchten Fälle war das Thema Baubewilligung ein Hindernis oder eine Hürde. Die Bauvorschriften, deren kritischstes Element wohl der Lärmschutz von Nachbargebäuden ist, konnte problemlos eingehalten werden.
- Es ist bezeichnend, dass das Thema Lärm in den Innenräumen in keinem Fall proaktiv angesprochen wurde. In der Beurteilung ist allen Fällen gemein, dass der Geräuschpegel der Innenteile keine Rolle spielt. Nachts wurden die Klimageräte in fast allen Fällen ausgeschaltet.
- Auch das Thema Luftzug ist mehr ein theoretisches Hemmnis, als dass es in der Praxis eine Rolle spielt. Die übereinstimmende Aussage der Nutzer ist, dass ein Luftzug lediglich während der Aufheizphase zu spüren sei.

Die Themen Lärm und Luftzug sind vermutlich beides ehemalige Phänomene, die vor allem in den Köpfen derjenigen existieren, die keine Klimageräte verwenden. Dies lässt sich leicht erklären. In der Vergangenheit besaßen Klimageräte keine Inverter und drehzahlgesteuerten Kompressoren. Die Geräte haben immer in Vollast oder gar nicht gearbeitet. Sie sind lautstark angesprungen, haben viel warme Luft im Innenraum bewegt und sich anschliessend wieder ausgeschaltet. Im Gegensatz dazu zeigten die untersuchten Fälle, dass Klimageräte heute einen Innenraum einmalig aufheizen und danach nur noch die Temperatur halten. Dies tun sie in Teillast und dadurch deutlich effizienter und geräuscharm.

- Um den Komfort weiter zu verbessern, wurde in zwei Fällen auf ergänzende Massnahmen zurückgegriffen. In einem Fall wird ein Luftbefeuchter eingesetzt, weil die Luft als trocken wahrgenommen wurde. In einem anderen Fall wird ein Deckenventilator genutzt, um die nach oben steigende Warmluft nach unten zu drücken und besser im Raum zu verteilen.
- Es entstand der Eindruck, dass die Regulierung auf eine bestimmte Soll-Temperatur in mehreren Fällen Probleme gemacht hat. Grundsätzlich lässt sich auf der Fernbedienung für die Inneneinheit eine Soll-Temperatur einstellen. Nicht immer wurde die Temperatur eingehalten, sodass basierend auf Erfahrungswerten hoch oder runter geregelt werden musste. Die Frage, wo der Temperaturfühler platziert ist und wo die Temperatur gemessen wird, spielt dabei mit Sicherheit eine Rolle. Die Umsetzung ist verbesserungswürdig.
- In den Fällen, wo die Klimageräte zum Frostschutz genutzt wurden, wurde gewünscht, eine möglichst niedrige (Plus-) Temperatur einstellen zu können. Bei den eingesetzten Geräten war die einstellbare Mindesttemperatur zu hoch.
- Insgesamt äusserten die Bewohner und Nutzer der untersuchten Fälle hohe Zufriedenheit mit ihrer Heizlösung. In einigen Fällen wurde das Heizkonzept mit Klimageräten auch weiterempfohlen.

7.5 Empfehlungen zu Förderprogramm «Luft-Luft-Wärmepumpen»

Im Kanton Zürich sind mit einer Stückzahl von 10'000 immer noch sehr viele ineffiziente Elektroheizungen im Einsatz, welche pro Jahr etwa 140 GWh Elektrizität verbrauchen. Deren Ersatz ist oft unzumutbar teuer, wenn dazu ein zentrales Wärmeverteilsystem installiert werden muss. Hier drängen sich Luft-Luft-Wärmepumpen (Klimageräte im Heizmodus) auf, welche dank Wärmepumpentechnologie einen mindestens dreifach besseren Wirkungsgrad haben.

Ein Förderprogramm hätte eine ausgesprochen hohe Wirkung von rund 200'000 kWh pro Gebäude während der Nutzungsdauer von 15 Jahren (Annahme Jahresverbrauch für Heizen 20'000 kWh).

Bei einer Förderung von 2'000 CHF/Gebäude würde sich eine sehr hohe Fördereffizienz von 1.0 Rp./kWh ergeben.

Vorschlag für Förderkriterien:

- Fördergegenstand: Luft-Luft-Wärmepumpe (d.h. Klimagerät betriebsfertig installiert mit mindestens einem Aussen- und mindestens einem Innenteil)
- Pauschal CHF 2'000.-, max. 20%
- Pro Wohnung ist nur eine Förderung möglich
- Effizienzkriterium für Betrieb im Heizmodus: A++ (Ausnahme: Multisplit-Truhengeräte: A+)
- Installation im Versorgungsgebiet

Fragen und Antworten (FAQ)

- Die Hauptempfehlung ist, die Kriterien so pragmatisch und einfach wie möglich zu halten. Alle unnötigen Kriterien reduzieren die Wirkung und erhöhen den administrativen Aufwand sowohl auf Kundenseite als auch bei der Subventionsgeberin
- Eine Abstufung des Förderbeitrags nach Sparwirkung oder Grösse der Anlage, wäre schön, erhöht aber die Komplexität der Gesuche stark und kann auch zu nicht nachvollziehbaren Ungerechtigkeiten führen. Warum sollen schlecht isolierte Gebäude mehr Förderung erhalten als gut isolierte? Sollen Luxus-Lösungen mit unnötig vielen Innenteilen mehr Förderung erhalten?
- Neue Heizlösungen sollten identisch gefördert werden wie der Heizungsersatz. Die Sparwirkung ist ebenfalls identisch
- Braucht es überhaupt Förderbeiträge, da Luft-Luft-Wärmepumpen bereits ausreichend kostengünstig sind? Elektro-Direktheizungen und Luft-Luft-Wärmepumpen werden oft für temporäre Nutzungen eingesetzt – sei es nicht ganzjährig, mit unbekannter zukünftiger Nutzung, oder Provisorien wie Container-Bauten für Schulzimmer, Ferienhäuser oder auch Gewerbebetriebe, wo der langjährige Fortbestand oder Standort nicht gesichert ist. Mit einer Förderung steigt die Chance, dass auch bei Provisorien energieeffiziente Lösungen bevorzugt werden
- Besteht das Risiko, dass so «Kühlen durch die Hintertüre» gefördert wird? Natürlich ist es denkbar, dass das Klimagerät im Hochsommer auch zum Kühlen genutzt wird. Zu beachten ist aber, dass die Energieeinsparung im Winter beim Heizen um ein Vielfaches grösser ist als ein allfälliger Mehrverbrauch im Sommer zum Kühlen. Dies ist ersichtlich auf den Energieetiketten, welche den jährlichen Energieverbrauch zum Heizen und Kühlen für die drei wichtigsten Klimazonen in Europa ausweisen. Zudem ist es plausibel, da die Temperaturdifferenzen zwischen Aussen- und Innenraum im Winter (ca. 20 °C) viel grösser sind als im Sommer (empfohlen sind 5 °C Differenz zur Aussentemperatur). Zudem muss im Winter Tag und Nacht geheizt werden, im Sommer genügt es meist in den heissen Mittagsstunden zu kühlen.

8. Handlungsempfehlungen

In der Konsequenz aus diesem Bericht regt Topten die folgenden nächsten Schritte an

- Vertiefte Untersuchungen
- Etablierung von Förderprogrammen
- Informationskampagne

8.1 Vertiefte Untersuchungen

In dieser Studie konnten ein Dutzend Fallbeispiele betrachtet werden, um die Eignung von Klimageräten zum Heizen zu untersuchen. Ursprünglich wurde davon ausgegangen, dass insbesondere Ferienhäuser geeignet sind, um Elektroheizungen durch Klimageräte zu ersetzen. Die Recherchen haben gezeigt, dass die Einsatzbereiche viel breiter sind und die entsprechenden Sparpotentiale um ein Vielfaches grösser sind.

Nutzungsbereiche für Klimageräte zum Heizen:

- Einfamilienhäuser mit Elektrospeicherheizungen
- Minergiebauten
- Gewerberäume
- Ferien- oder Freizeithäuser
- Temporäre Nutzungen

Wir empfehlen, weitere Fallbeispiele zu untersuchen, um die Eignung von Klimageräten in diversen Nutzungsbereichen vertieft abzuklären.

Bei vielen Nutzungen sind flinke Heizsysteme von grossem Vorteil und ermöglichen grosse Einsparungen. Dies gilt insbesondere bei oft variierenden Anforderungen an die Raumtemperatur (z.B. wegen unregelmässiger oder variierender Nutzung) oder aufgrund von stark variierenden solaren Wärmegeinnen bei Gebäuden mit grossen Glasfenstern oder Glasfassaden. Häufig wird in solchen Fällen mit träger Bodenheizung auch im Winter der Sonnenschutz/Storen aktiviert, um zu hohe Temperaturen zu verhindern. Damit gehen die solaren Gewinne verloren. Diese Effekte sollten vertieft untersucht werden.

Die Entwicklung und Gestaltung von Klimageräten hat in der Regel den Fokus auf die Kühlfunktion. Wir vermuten, dass für den Heizbetrieb noch wesentliche Optimierungen der Klimaanlage möglich wären. Die Regulierung von Solltemperaturen scheint oft nicht optimal gelöst zu sein. Ebenfalls dürften Optimierungen bei der Frostschutzfunktion (Gewährleistung einer Minimaltemperatur des Gebäudes auf beispielsweise +5 °C) möglich sein. In Zusammenarbeit mit Anbietern, Planern und Installateuren wären hier vertiefte Untersuchungen sinnvoll.

8.2 Etablierung von Förderprogrammen

Die Resultate dieser Studie zeigen sehr grosse Sparpotentiale, welche mit Klimageräten zum Heizen noch brach liegen. Die Heizlösung mit Klimageräten wird zwar vereinzelt von Spezialisten bereits genutzt, die Lösung ist aber in der nationalen Fachwelt noch weitgehend unbekannt oder wird unterschätzt. Beispielsweise werden in der 32-seitigen Broschüre der Energie-Direktorenkonferenz und EnergieSchweiz «Ersatz der Elektroheizung in Wohnbauten» aus dem Jahr 2022 Klimageräte zum Heizen noch gar nicht erwähnt (EnergieSchweiz, 2022). Auf der EnergieSchweiz-Seite «Strom ist zu wertvoll, um ihn für ineffiziente Elektroheizungen zu verschwenden» wird die Option von Luft-Luft-Wärmepumpen bereits kurz erwähnt (EnergieSchweiz, 2024).

Mit der Lancierung von Förderprogrammen könnte die Verbreitung äusserst wirkungsvoll beschleunigt werden:

- Die Förderbeiträge motivieren dazu die nötigen Investitionen für einen Heizungsersatz vorzunehmen
- Förderprogramme setzen ein klares Zeichen, dass die Programmträger diese Lösung empfehlen

- Mit Förderprogrammen lohnen sich auch Investitionen von Anbietern, Planern und Installateuren in Entwicklung und Vermarktung besser

In Deutschland werden Klimageräte zum Heizen seit Anfang 2024 bundesweit gefördert. Die Förderung ist eingebettet in das ganzheitliche Programm «Bundesförderung für effiziente Gebäude» (KfW, 2024a). Bei Einfamilienhäusern können Investitionskosten bis zu einer Höhe von 30'000 Euro geltend gemacht werden. Der maximale Fördersatz beträgt 70% der Investitionskosten, also bis zu 21'000 Euro Fördersumme. Die Grundförderung beträgt 30%, also bis zu 9'000 Euro.

Erste Erfahrungen mit Förderprogrammen in der Schweiz können durch lokale Programme von Elektrizitätswerken, Städten oder Kantonen kurzfristig erzielt werden. Viel wirkungsvoller ist natürlich die Lancierung eines nationalen Förderprogramms zum Ersatz von Elektrodirektheizungen durch Klimageräte, sei dies im Rahmen eines Programms zum Ersatz von Elektroheizungen oder mittels Förderung durch ProKilowatt. So können enorme Stromsparerpotentiale zielgerichtet und wirksam ausgeschöpft werden.

Im obigen Kapitel wurden erste Empfehlungen zur Gestaltung von Förderprogrammen aufgezeigt. Insbesondere für ein nationales Programm erscheint es uns lohnend, Empfehlungen zur Programmgestaltung zu vertiefen.

8.3 Informationskampagnen

Im Rahmen von Informationskampagnen sollte das Konzept mit Klimageräten zum Heizen und Elektroheizungen zu ersetzen einer breiteren Öffentlichkeit vorgestellt werden. Dabei sollten insbesondere Fachverbände, Planer, Installateure und Bauherren adressiert und mit dem Konzept bekannt gemacht werden.

Minergie und die Energiefachstellenkonferenz sollten Luft-Luft-Wärmepumpen als bewährten Ersatz für Elektroheizungen thematisieren und in den Katalog anerkannter Heizlösungen aufnehmen. Das gleiche gilt für die Anrechnung im Mantelerlass zur Stromeffizienz als Standardmassnahme.

Die Liste mit sämtlichen Wärmeerzeugungsarten, aus denen im Minergie-Nachweis gewählt werden kann, umfasst Luft-Wasser, Erdsonde-Wasser, Wasser-Wasser, nicht jedoch Luft-Luft-Wärmepumpen trotz ihrer hohen Effizienz (Minergie, 2024, S. 60-61). Minergie sollte Luft-Luft-Wärmepumpen mit einem Standardwert von 4.0 (SCOP) in die Liste der Wärmeerzeugungsarten aufnehmen. Diese Standardwerte werden für die Berechnung des Minergie-Nachweises herangezogen.

Analog bedarf es einer Anpassung der «Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich» (MuKE) und die Aufnahme von Klimageräten in den in den Katalog der «Standardlöskombinationen» der Energienachweise EN-101 und EN-120 (EnDK, 2024). Derzeit umfasst die «Standardlösung Nr. 3» die Wärmepumpen-Typen Luft-Wasser, Erdsonde-Wasser, Wasser-Wasser, nicht aber Luft-Luft-Wärmepumpen. Diese sollten mit einem Default-Wert von 4.0 (SCOP) in die Standardlösung 3 aufgenommen werden (EnFK, 2020, S. 5-6).

Zu den Empfehlungen an die Hersteller gehört, einen Frostschutz-Modus bei 5 °C einzuführen, um Energie zu sparen und die Räumlichkeiten nicht mehr als nötig aufzuheizen. Die Voraussetzung dafür ist eine genaue Erfassung der Innentemperatur und das entsprechende Reagieren, um diese Temperatur zu erreichen und zu halten. Bei einigen der untersuchten Fälle war das Eingreifen und Gegensteuern der Nutzer notwendig, was in Abwesenheit dieser jedoch zuverlässig und eigenständig durch das Klimagerät geschehen muss.

Literaturverzeichnis

- BAFA. (27. Oktober 2023). *Liste der förderfähigen Wärmepumpenanlagen*. Von Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle:
https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/beg_waermepumpen_anlagenliste.html?nn=1464972 abgerufen
- BFE. (08. Februar 2022). *Beschleunigung des Ersatzes von Elektroheizungen in der Schweiz - Bericht zu Handen des Bundesrats*. Bundesamt für Energie. Abgerufen am 12. März 2024 von <https://www.news.admin.ch/news/message/attachments/70292.pdf>
- BMWK. (21. Dezember 2023). *Richtlinien zur Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)*. Von KfW:
[https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/Richtlinie_-BEG_Einzelma%C3%9Fnahmen.pdf?redirect=770048](https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/Richtlinie_-BEG_Einzelma%C3%9Fnahmen.pdf?redirect=770048) abgerufen
- EnBW. (14. März 2022). Abgerufen am 12. März 2024 von E-Auto mit Wärmepumpe: Alles Wissenswerte:
<https://www.enbw.com/blog/elektromobilitaet/laden/e-auto-mit-waermepumpe-alles-wissenswert/>
- EnDK. (Februar 2024). *EN-100 bis EN-142 (MuKE n 2014)*. Abgerufen am 12. März 2024 von <https://www.endk.ch/de/fachleute-1/energienachweis/EN-101%20bis%20EN-141>
- EnergieSchweiz. (2022). *Ersatz der Elektroheizung in Wohnbauten*. Abgerufen am 12. März 2024 von <https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/8059>
- EnergieSchweiz. (2024). *Häufige Fragen Elektroheizungen*. Abgerufen am 12. März 2024 von <https://www.energieschweiz.ch/stories/haeufige-fragen-elektroheizungen/>
- EnFK. (Februar 2020). *EN-120d Vollzugshilfe*. Abgerufen am 12. März 2024 von https://www.endk.ch/de/fachleute-1/vollzugshilfen/muken-2014/ftw-simplelayout-filelistingblock/EN-120-d_20191231_Erneuerbare%20Waerme%20Waermeerzeugerersatz_2020Jan.pdf/view
- Europäische Kommission. (11. März 2024). Abgerufen am 04. April 2024 von Verordnung (EU) 2024/573 über fluoridierte Treibhausgase: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202400573
- KfW. (2024a). *Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)*. Abgerufen am 15. 03 2024 von KfW:
<https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Bundesf%C3%B6rderung-f%C3%BCr-effiziente-Geb%C3%A4ude/>
- KfW. (2024b). *Aktuelle Informationen zur Heizungsförderung*. Abgerufen am 15. März 2024 von KfW:
<https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Heizungsf%C3%B6rderung/>
- KfW. (2024c). *Heizungsförderung für Privatpersonen – Wohngebäude*. Abgerufen am 15. März 2024 von KfW: [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestehende-Immobilie/F%C3%B6rderprodukte/Heizungsf%C3%B6rderung-f%C3%BCr-Privatpersonen-Wohngeb%C3%A4ude-\(458\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestehende-Immobilie/F%C3%B6rderprodukte/Heizungsf%C3%B6rderung-f%C3%BCr-Privatpersonen-Wohngeb%C3%A4ude-(458)/)
- Minergie. (Januar 2024). *Anwendungshilfe zu den Gebäudestandards Version 2024.1*. Abgerufen am 12. März 2024 von <https://storage.googleapis.com/sonat-prod-document-export/efbc5d5c-3b69-4da6-9684-33fd9bde66b3/1823c5e6-00f2-4063-afee-47f5f3d69beb/3537aeb2-25b0-4aee-a780-85a5db7a4f8c/de/export/Anwendungshilfe%20Geb%C3%A4udestandards%20Minergie.pdf>
- Stiftung Warentest. (05. Oktober 2022). *Elektrisch heizen - Strom statt Gas, teurer Spaß*. Abgerufen am 12. März 2024 von <https://www.test.de/Elektrisch-heizen-Strom-statt-Gas-teurer-Spass-5920210-0/>
- Tesla. (20. Januar 2023). *Tesla Heat Pump. More Range in Cold Weather*. Abgerufen am 12. März 2024 von <https://www.youtube.com/watch?v=DyGgrkeds5U>

Anhang

Energieeffiziente Klimageräte zum Heizen

Home > Haus > Energieeffiziente Klimageräte zum Heizen


★ Energieeffiziente Klimageräte zum Heizen Auswahlkriterien Klimageräte zum Heizen

Marke: Optionen auswählen .
 Leistung kühlen (kW): 2, 5.3, 2.5, 6.8
 Leistung heizen (kW):
 Gerätetyp: Optionen auswählen ..
 Bauform Inneneinheit: Optionen auswählen .
 Einsatzbereich (°C): Optionen auswählen ..
 Sortieren nach: SCOP (Heizen) ▾ a ▾

Insgesamt 21 Einträge.

	Marke & Modell	Energie	Typ	Technische Daten	Kosten (CHF)	Preisvergleich
	Daikin zum Händler Innenmodell: FTXZ25N Aussenmodell: RXZ25N	Leistung kühlen (kW): 2.5 Leistung heizen (kW): 3.6 Effizienz (Kühlen): A+++ Effizienz (Heizen): A+++ SEER (Kühlen): 9.5 SCOP (Heizen): 5.9	Single-Split	Flüsterbetrieb dBA: 19 Einsatzbereich (°C): -20	Strom in 10 J.: 2'769	CHF 7'237
	Sinclair Innenmodell: ASH-09BIS2WE Aussenmodell: ASH-09BIS2	Leistung kühlen (kW): 2.7 Leistung heizen (kW): 3.5 Effizienz (Kühlen): A+++ Effizienz (Heizen): A+++ SEER (Kühlen): 8.5 SCOP (Heizen): 5.1	Single-Split	Flüsterbetrieb dBA: 18 Einsatzbereich (°C): -22	Strom in 10 J.: 3'706	CHF 1'699
	Toshiba Innenmodell: RAS-B10J2KVSG-E Aussenmodell: RAS-2M10U2AVG-E	Leistung kühlen (kW): 3.3 Leistung heizen (kW): 4.0 Effizienz (Kühlen): A++ Effizienz (Heizen): A++ SEER (Kühlen): 6.7 SCOP (Heizen): 4.6	Multi-Split	Flüsterbetrieb dBA: 19 Einsatzbereich (°C): -20	Strom in 10 J.: 2'982	CHF 4'006

Abbildung 78: Auszug aus Übersichtsliste von Topten



Effizienzklasse

A+++ A+++

◀ Zurück zur Produktliste

Daikin

Produktdetails

Marke	Daikin
zum Link	zum Händler
Innenmodell	FTXZ25N
Aussenmodell	RXZ25N
Leistung kühlen (kW)	2.5
Leistung heizen (kW)	3.6
Effizienz (Kühlen)	A+++
Effizienz (Heizen)	A+++
SEER (Kühlen)	9.5
SCOP (Heizen)	5.9
Energie Kühlen (kWh/Jahr)	92
Energie Heizen (kWh/Jahr)	831
Gerätetyp	Single-Split
Bauform Inneneinheit	Wandgerät
Kältemittel	R32
Geräusch aussen (dB)	59
Geräusch innen (dB)	54
GWP	675
Flüsterbetrieb dBA	19
Einsatzbereich (°C)	-20
Masse Innengerät (HxBxT mm)	295x798x372
Masse Aussengerät (HxBxT mm)	693x795x300
Anzahl Innengeräte	1
Link zum Hersteller	https://www.daikin.ch/de_ch/products/ftxz-n.html
Strom in 10 J.	CHF 2'769
Kaufpreis	7'237

Abbildung 79: Detail-Ansicht eines Klimageräts zum Heizen auf Topten.ch

Screenshots von Hersteller-Botschaften zum Thema Heizen mit Klimageräten

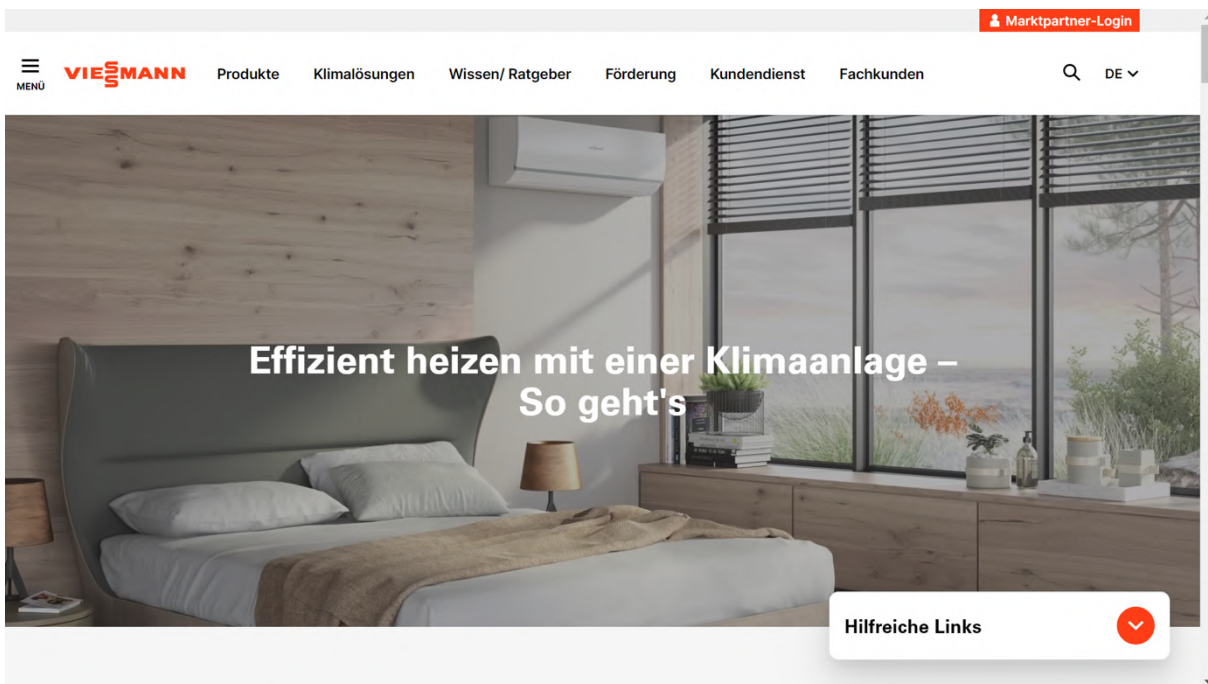


Abbildung 80: Viessmann. Quelle: <https://www.viessmann.ch/de/wissen/technik-und-systeme/klimaanlage/heizen-mit-klimaanlage.html>

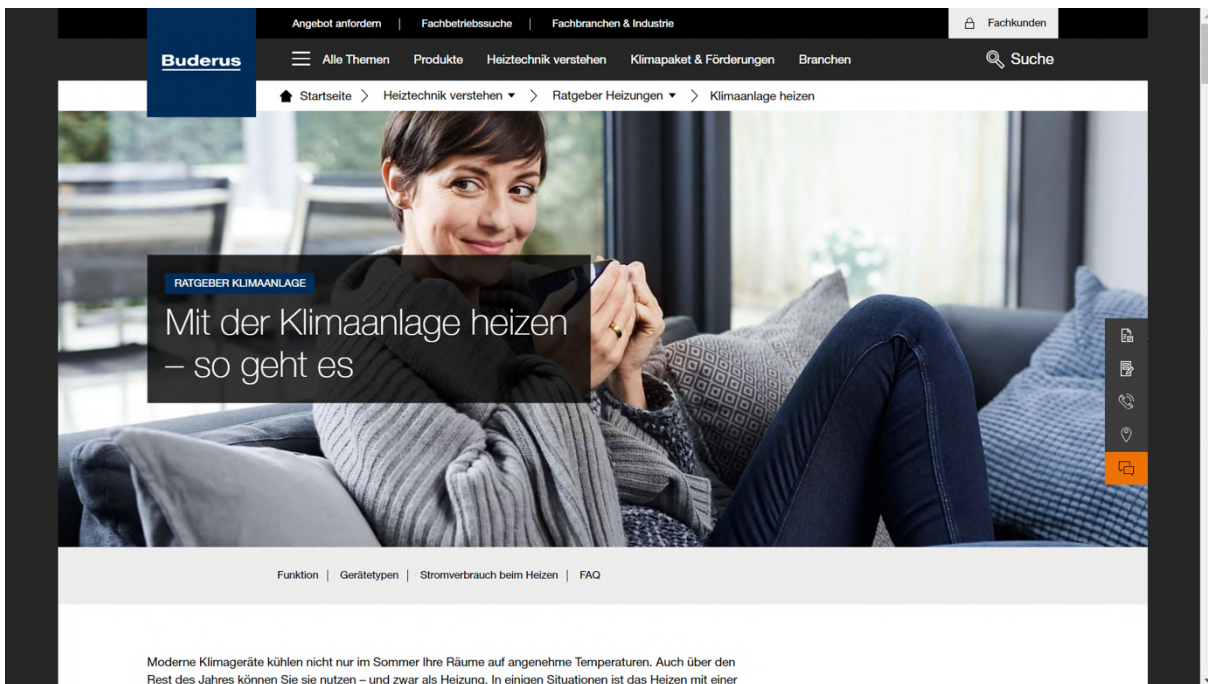


Abbildung 81: Buderus Heizen mit Klimageräten. Quelle: <https://www.buderus.de/de/klimaanlage/heizen>



Abbildung 82: Heizen mit Klimageräten. Quelle: https://www.aircon.panasonic.eu/CH_de/ranges/domestic/

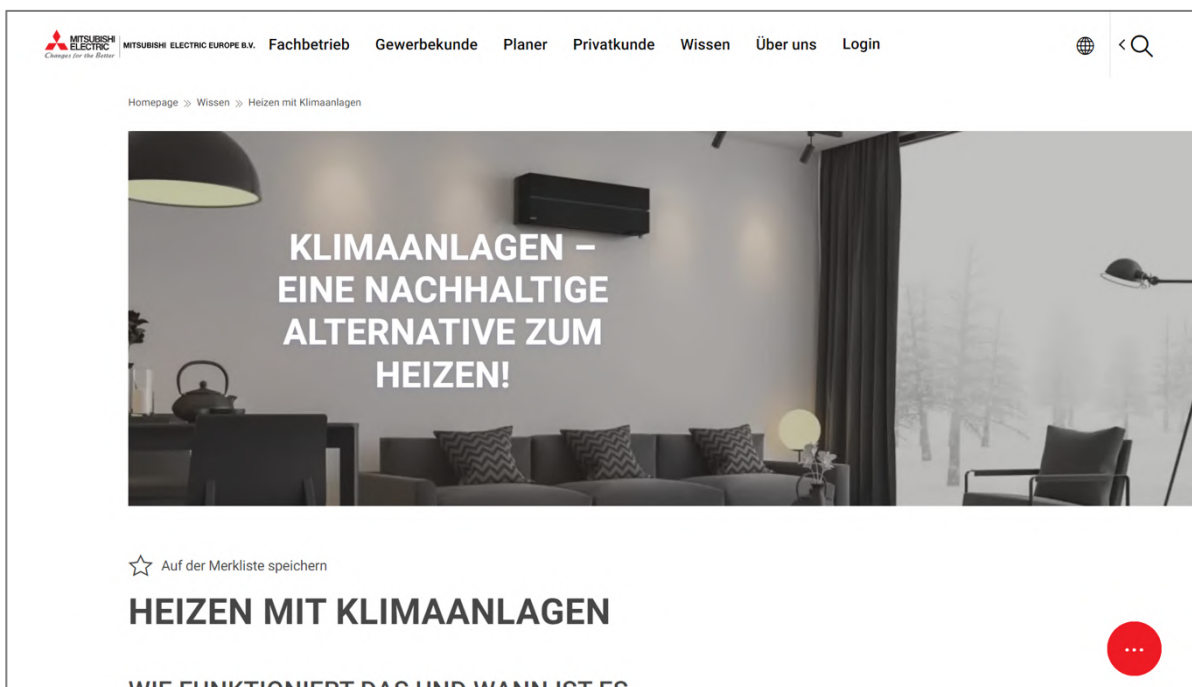


Abbildung 83: Mitsubishi. Quelle: <https://www.mitsubishi-les.com/de-de/wissen/heizen-mit-klimaanlagen-6400.html>

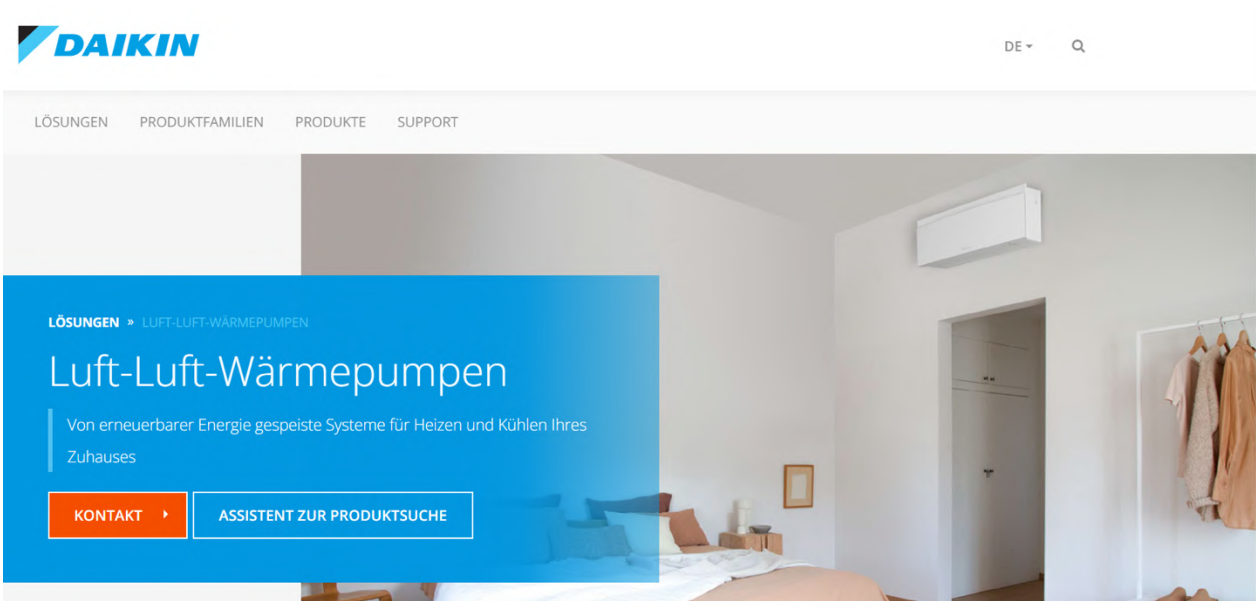


Abbildung 84: Daikin. Quelle: https://www.daikin.ch/de_ch/product-group/air-to-air-heat-pumps.html

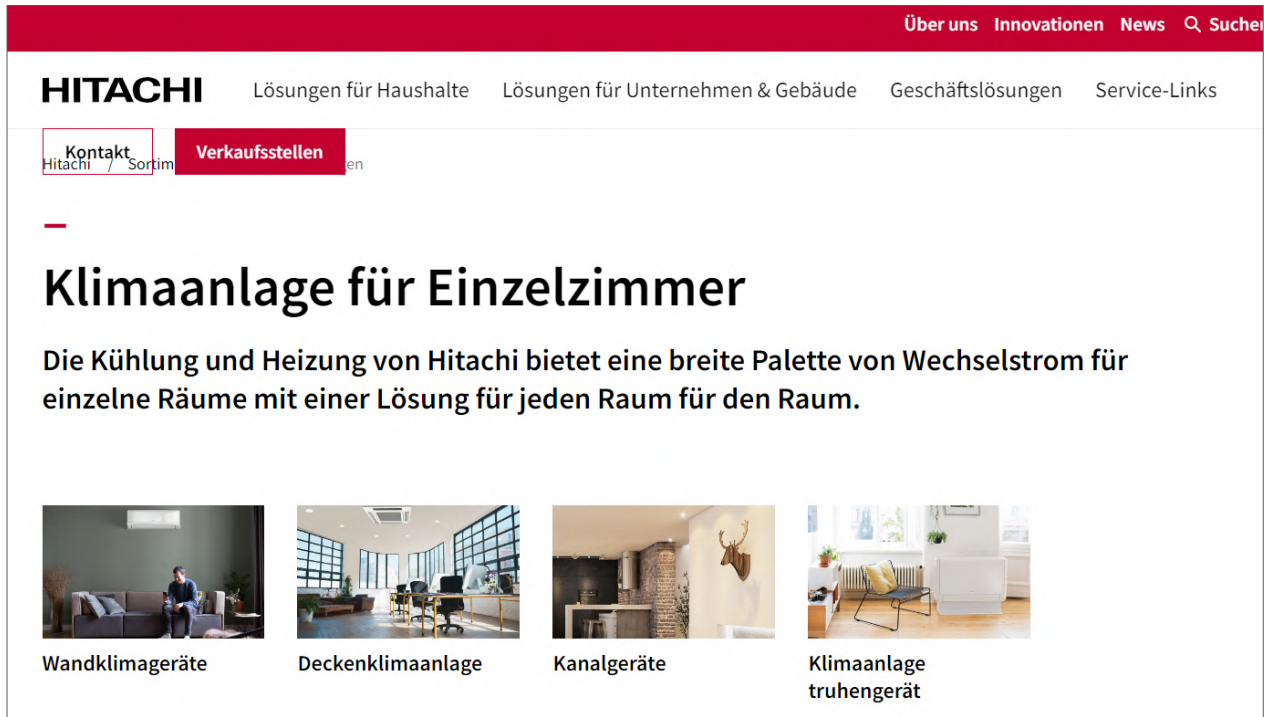


Abbildung 85: Hitachi. Quelle: <https://www.hitachiaircon.com/de/de/sortiment/split-klimaanlagen>

Abbildungen der Innen- und Aussenteile der Klimaanlage und des Wärmepumpenboilers aus den Offerten in den Kapiteln 6.1 bis 6.3



Abbildung 86: Innen-Geräte (Truhe FVXM-50 und Wand FTXM-42) sowie Fernbedienung und App für Smartphone



Abbildung 87: Aussen-Gerät Daikin 3MXM



Abbildung 88: Wärmepumpenboiler PAW-DHW270F