





Final report dated 19.12.2022

# Motivations for Investment in Smart Technologies and Energy Efficiency

## The Case of Residential Buildings

	Option 1	Option 2
	<b>Photovoltaikanlage</b> 	<b>Energetische Verbesserung der Gebäudehülle</b> 
<b>Kosten</b>	40 CHF pro Monat	130 CHF pro Monat
<b>Nutzen: Einsparung von nicht erneuerbarer Energie und CO<sub>2</sub>-Emissionen</b>	40%	40%
<b>Finanzierung</b>	Ihr Vermieter	Ihr Vermieter
<b>Batteriespeicher</b>	Ohne	Ohne

Option 1                      Option 2                      Keine der beiden

Ihre Wahl:

Source: © UniNE & TEP



**Date:** 19.12.2022

**Location:** Bern

**Publisher:**

Swiss Federal Office of Energy SFOE  
Energy Research and Cleantech  
CH-3003 Bern  
[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

**Subsidy recipients:**

Université de Neuchâtel  
Rue A.-L. Breguet 2  
CH-2000 Neuchâtel

TEP Energy GmbH  
Rotbuchstr. 68  
CH-8037 Zürich  
[www.tep-energy.ch](http://www.tep-energy.ch)

**Authors:**

Mehdi Farsi, Université de Neuchâtel, [mehdi.farsi@unine.ch](mailto:mehdi.farsi@unine.ch)  
Martin Jakob, TEP Energy, [martin.jakob@tep-energy.ch](mailto:martin.jakob@tep-energy.ch)  
Sylvain Weber, University of Neuchâtel and University of applied science and arts Western  
Switzerland (HES-SO, HEG-Genève), [sylvain.weber@hesge.ch](mailto:sylvain.weber@hesge.ch)  
Benedikt Maciosek, University of Neuchâtel, [benedikt.maciosek@unine.ch](mailto:benedikt.maciosek@unine.ch)  
Jonas Müller, TEP Energy, [jonas.mueller@tep-energy.ch](mailto:jonas.mueller@tep-energy.ch)

**SFOE project coordinators:**

Anne-Kathrin Faust, [Anne-Kathrin.Faust@bfe.admin.ch](mailto:Anne-Kathrin.Faust@bfe.admin.ch)

**SFOE contract number:** SI/501966-01

The authors gratefully acknowledge funding of the SFOE and like to thank the members of the monitoring group, individual representatives of the cantonal energy and environmental agencies, the cantons for their cooperation and their support and contributions to the present project report.

**The authors bear the entire responsibility for the content of this report and for the conclusions drawn therefrom.**



## Zusammenfassung

Das Ziel dieses Projekts ist es, energiebezogene Investitionsentscheidungen im Gebäudebereich zu untersuchen. Es werden verschiedene Arten von potenziellen Investierenden berücksichtigt: Eigentümerinnen und Eigentümer von Wohnungen, Einfamilienhäusern, Mehrfamilienhäusern und Nichtwohngebäuden sowie Mieter. Weiter wird eine Vielzahl von Energieinvestitionen berücksichtigt, die für Bewohner relevant sein können: Energieeffizienzmaßnahmen, wie z. B. Wärmedämmung und Renovation, sowie Investitionen in erneuerbare Energien, z.B. Photovoltaikanlagen und Wärmepumpen. Um sowohl vergangene, bereits getroffene, als auch hypothetische, zukünftige Entscheidungen analysieren zu können, werden verschiedene Umfragen entworfen und durchgeführt.

Getätigte Investitionen und die aktuelle Situation der Gebäudehülle und des Heizsystems werden für eine Stichprobe von über 10'000 Gebäuden aus 19 Schweizer Kantonen erhoben. Dies ergibt ein umfassendes Bild über die Entwicklung des Schweizer Gebäudeparks inkl. den installierten Heizungsanlagen sowie durchgeführten Renovations- und Erneuerungstätigkeiten an der Gebäudehülle. Weiter können anhand des erhobenen Datensatzes Erneuerungsraten bestimmt werden sowie die Entwicklung der Erneuerungstätigkeit sowie die Wahl des Heizsystems nach Kantonen, geografischen, gebäudespezifischen und eigentümerspezifischen Variablen unterschieden werden. Die Erneuerungsraten an der Gebäudehülle unterscheiden sich stark nach Bauteil, Bauperiode sowie sozio-ökonomischen Variablen des Eigentümers. Weiter weisen auch energiepolitische Massnahmen wie Fördermittel und die CO<sub>2</sub>-Abgabe einen positiven Effekt auf die Erneuerungsraten auf. Bei den Heizsystemen stellen wir insbesondere fest, dass die zeitliche Entwicklung zwischen den Kantonen und Gebäudetypen relativ ähnlich ist, da Ölheizungen in Neubauten allmählich durch Gasheizungen und in jüngerer Zeit durch Wärmepumpen ersetzt werden. Das Niveau der Heizsystemanteile unterscheidet sich jedoch erheblich zwischen den Kantonen und Gebäudetypen. Gebäude in Bergregionen sind immer noch häufig mit Ölheizungen ausgestattet, aber auch die Anteile von Wärmepumpen und Holzheizungen sind in diesen Regionen überdurchschnittlich hoch. Dies lässt sich durch das Fehlen einer netzgebundenen Energieinfrastruktur (Gas und Fernwärme) erklären. So könnten Gasheizungen, die allgemein als attraktive Alternative zu Heizöl angesehen werden, tatsächlich den Übergang zur Nutzung erneuerbarer Energie zum Heizen verlangsamen.

Um die Motivationen für zukünftige Investitionen im Energiebereich zu untersuchen und die Präferenzen und Abwägungen zwischen den verschiedenen Investitionsoptionen zu analysieren, werden sogenannte Discrete-Choice-Experimente (DCE) durchgeführt. Dabei werden sowohl Eigentümer und Mieter, die bereits energiebezogene Investitionen getätigt haben, als auch solche, die (noch) nicht investiert haben, befragt. Dieser Ansatz ermöglicht es uns u.a., die Auswirkungen neuer Finanzierungsoptionen, wie z. B. Eigenverbrauchsgemeinschaften, und den Effekt der im DCE dargebotenen Informationen, beispielsweise über innovative politische Maßnahmen, zu untersuchen. Die Antwortstichprobe betrifft vor allem Eigentümer von Einfamilienhäusern und Wohnungen, Mieter, sowie einige private Eigentümer von Mehrfamilienhäusern.

Bei Stockwerkeigentümern und Eigentümern von Einfamilienhäusern stellen wir fest, dass sie eher an erneuerbarer Energie und weniger an Energieeffizienz interessiert sind, wobei sich eine Präferenz für Photovoltaik zeigt. Gemeinschaftliche Investitionen, Eigenverbrauchsgemeinschaften und Crowdfunding werden im Allgemeinen wenig geschätzt, was auf eine Präferenz für Investitionen von Einzelpersonen oder mit Miteigentümern im eigenen Gebäude, aber nicht in größeren Kreisen hindeutet. Bei Eigentümern von Einfamilienhäusern ist die Investitionsbereitschaft beträchtlich, nimmt aber mit der Zunahme der eingesparten Energie ab (marginale Abnahme des Nutzens). Dies bedeutet, dass diese Investierenden eher kleine als große Investitionsprojekte umsetzen, selbst wenn diese zu erheblichen Energieeinsparungen führen.

Im zweiten Experiment untersuchen wir die Auswirkungen von gemachten Erfahrungen und die Komplexität von energiebezogenen Investitionen bei Gebäudeeigentümern. Einigen Befragte dieses Experiments erhalten hypothetische Informationen über einen sogenannten One-Stop-Shop, der



durch die Übernahme aller wichtigen Verwaltungsformalitäten den Fördermittelantrag vereinfachen soll. Damit wird überprüft, inwiefern sich die Komplexität oder die Reduktion einer solchen auf die Investitionsentscheidungen auswirkt. Insgesamt zeigt diese Vereinfachungsmaßnahme kaum Auswirkungen bei den Befragten, die noch keine Erfahrungen mit Fördermitteln gemacht haben. Allerdings zeigen die Befragten mit vorheriger Investitionserfahrung eine leicht höhere (aber statistisch signifikante) Neigung, unter einer vereinfachten Regelung (erneut) zu investieren. Interessanterweise scheint die Erfahrung nicht bei allen Investitionsarten den gleichen Effekt zu haben. Befragte mit Erfahrung mit Photovoltaik sind eher (im Vergleich zu denen ohne Erfahrung) bereit, eine neue Investition zu tätigen, während diejenigen mit Erfahrung mit Hüllendämmung keinen signifikanten Unterschied zu denen ohne Erfahrung aufweisen.

Das letzte DCE widmet sich den Mietenden, die zwar die größte Bewohnergruppe in der Schweizer Bevölkerung darstellen, die aber aufgrund ihrer begrenzten Investitionsmöglichkeiten selten in Studien zu energiebezogenen Investitionen berücksichtigt werden. Durch aufkommende Investitionsmöglichkeiten (Crowd-Funding, Eigenverbrauchsgemeinschaften) wird es jedoch auch für Mietende einfacher zu investieren. Wie bereits die Eigentümer zeigen auch Mietende eine generelle Präferenz für erneuerbare Energie im Vergleich zu Energieeffizienzmaßnahmen. Auch sie zeigen eine deutliche Zurückhaltung gegenüber kollektiven Investitionen, obwohl dies angesichts ihrer Situation der einfachste Weg wäre, sich an energiebezogenen Investitionen zu beteiligen. Insgesamt scheinen sich die Präferenzen von Mietern und Eigentümern nicht grundlegend zu unterscheiden.

Insgesamt ergänzen und verstärken sich unsere Ergebnisse aus den verschiedenen Analysen in einer Reihe von Punkten gegenseitig. Erstens zeigen persönliche Merkmale ähnliche Auswirkungen auf Investitionsentscheidungen: Ein höheres Bildungsniveau erhöht tendenziell die Investitionswahrscheinlichkeit, möglicherweise aufgrund des oft damit einhergehenden höheren Einkommens, während sich das Alter negativ auswirkt, weil der kürzere Zeithorizont den Nutzen solcher Investition vermindert. Zweitens stellen wir fest, dass Subventionen sowohl in der Realität als auch in den Experimenten zu hohen Investitionsraten führen, was die entscheidende Rolle dieser Fördermaßnahmen als energiepolitische Instrumente unterstreicht. Obwohl wir in unseren Experimenten keine eindeutigen Auswirkungen der hypothetischen Informationen über Änderungen der politischen Maßnahmen identifizieren konnten, wird durch die Analyse der getätigten Investitionen klar, dass die Energiepreise und die CO<sub>2</sub>-Abgabe einen Effekt auf die Erneuerungstätigkeiten haben. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, jede Entscheidung in diesem Bereich sehr sorgfältig zu analysieren, bevor sie umgesetzt wird, da solche Maßnahmen langfristige Folgen haben können.

## Résumé

L'objectif de ce projet est d'étudier les décisions d'investissement liées à l'énergie dans les bâtiments résidentiels. Tous les types d'investisseurs potentiels sont pris en compte : les propriétaires d'appartements, de maisons individuelles et d'habitations multifamiliales, ainsi que les locataires. Une large palette d'investissements liés à l'énergie sont considérés, dans le domaine de l'efficacité énergétique, par exemple l'isolation et les rénovations, ou les énergies renouvelables, par exemple les panneaux solaires et les pompes à chaleur. Nous avons conçu et mis en œuvre une série d'enquêtes, afin de recueillir à la fois les décisions réelles prises dans le passé et les décisions qui seraient prises dans des situations hypothétiques.

Les décisions d'investissement passées et la situation actuelle de l'enveloppe du bâtiment et du système de chauffage sont collectées pour un échantillon de plus de 10'000 bâtiments provenant de 19 cantons suisses. Cela nous permet de fournir une image globale de l'évolution des caractéristiques des bâtiments. Nous sommes également capables de mesurer comment les taux de rénovation et les types de systèmes de chauffage diffèrent selon les cantons, les caractéristiques géographiques, les caractéristiques des bâtiments et les caractéristiques des propriétaires. Les taux de rénovation de l'enveloppe du bâtiment diffèrent fortement selon l'élément de construction, la période de construction



et les caractéristiques socio-économiques du propriétaire. En outre, les mesures de politique énergétique telles que les subventions et la taxe sur le CO<sub>2</sub> ont un effet positif sur les taux de rénovation. En ce qui concerne les systèmes de chauffage, on constate en particulier que l'évolution dans le temps est relativement similaire entre les cantons et les types de bâtiments, puisque les systèmes de chauffage au mazout dans les nouveaux bâtiments sont progressivement remplacés par des systèmes de chauffage au gaz et, plus récemment, par des pompes à chaleur.

Cependant, les niveaux des proportions des types de systèmes de chauffage diffèrent considérablement selon les cantons et les types de bâtiments. Il est intéressant de noter que les régions montagneuses sont toujours fortement équipées de systèmes de chauffage au mazout, mais les parts des pompes à chaleur et des systèmes à bois sont également supérieures à la moyenne dans ces régions. Cela s'explique par l'absence d'infrastructures énergétiques liées au réseau (gaz et chauffage urbain). Ainsi, les systèmes au gaz, généralement considérés comme une solution intéressante pour remplacer le mazout, pourraient en fait ralentir la transition vers des systèmes encore meilleurs et plus renouvelables.

Afin d'étudier les motivations à investir dans le domaine de l'énergie et analyser les préférences et les arbitrages entre les différentes catégories d'investissements, nous nous appuyons sur des expériences de choix discrets (DCE). Les DCE font partie des approches de préférences déclarées et offrent la possibilité de collecter des informations auprès de tous les résidents, non seulement auprès de ceux qui ont déjà investi dans des améliorations liées à l'énergie mais aussi auprès de ceux qui n'ont pas (encore) investi. Cette approche nous permet également d'étudier l'impact de nouvelles options de financement, telles que les communautés d'autoconsommation, et de divers traitements comprenant des politiques innovantes. Les principaux résultats du projet sont basés sur les propriétaires de maisons individuelles, les propriétaires d'appartements et les locataires ; les propriétaires d'habitations multifamiliales ne sont que marginalement représentés parmi les répondants.

Pour les propriétaires d'appartements et de maisons individuelles, nous constatons une préférence générale à investir dans les énergies renouvelables plutôt que dans l'efficacité énergétique, le photovoltaïque apparaissant comme un choix privilégié. Les investissements collectifs, les communautés d'autoconsommation et le *crowd-funding* ne sont généralement pas appréciés des investisseurs, ce qui révèle une préférence pour l'investissement individuel ou avec des copropriétaires dans son propre immeuble, mais pas dans des cercles plus larges. Pour les propriétaires de maisons individuelles, la volonté d'investir est considérable, mais diminue légèrement avec la quantité d'énergie économisée, ce qui implique que ces investisseurs pourraient être réticents à mettre en œuvre des investissements importants, même si ces projets permettent de réaliser des économies d'énergie importantes.

Dans un second DCE ciblant également les mêmes groupes de propriétaires, nous étudions l'impact de la complexité des investissements liés à l'énergie et de l'expérience déjà accumulée avec de tels investissements. Certains répondants à notre DCE se sont vus offrir la possibilité de bénéficier du soutien d'un hypothétique guichet unique qui simplifierait le processus de demande de subvention en centralisant toutes les informations pertinentes et en se chargeant de toutes les formalités administratives importantes. Dans l'ensemble, ce dispositif de simplification a peu d'effet sur les répondants qui n'ont pas déjà fait l'expérience d'une demande de subvention. Cependant, les personnes interrogées qui ont une expérience préalable en matière d'investissement montrent une propension légèrement mais significativement plus élevée à (ré)investir sous un régime simplifié. Il est intéressant de noter que l'expérience ne semble pas avoir le même effet pour tous les types d'investissements. Les répondants ayant une expérience avec le photovoltaïque sont plus susceptibles (par rapport à ceux qui n'ont pas d'expérience) de s'engager dans un nouvel investissement, alors que ceux qui ont une expérience avec l'isolation de l'enveloppe ne montrent pas de différence significative par rapport à ceux qui n'ont pas d'expérience.

Le dernier DCE est consacré aux locataires, qui constituent le plus grand groupe de résidents dans la population suisse mais qui sont généralement écartés des études sur les investissements liés à



l'énergie en raison de leurs possibilités limitées à investir. Compte tenu des formes d'investissement émergentes (*crowd-funding*, communautés d'autoconsommation), il devient néanmoins possible d'investir en tant que locataire. Pour ce groupe, tout comme pour les propriétaires, on observe une préférence générale pour les énergies renouvelables par rapport à l'efficacité énergétique. Mais les locataires montrent également une nette aversion pour les communautés d'autoconsommation et l'investissement collectif, qui constitueraient pourtant le moyen le plus facile de contribuer aux investissements liés à l'énergie compte tenu de leur situation. Globalement, les préférences des locataires et des propriétaires ne semblent donc pas radicalement différentes.

Dans l'ensemble, nos résultats issus des décisions révélées et des décisions déclarées se complètent et se renforcent mutuellement sur un certain nombre de points. Premièrement, plusieurs caractéristiques personnelles affectent les décisions d'investissement de manière similaire dans les deux analyses : un niveau d'éducation plus élevé tend à augmenter les probabilités d'investissement, peut-être en raison de son impact positif sur les revenus, tandis que l'âge a un impact négatif, certainement parce que l'horizon temporel sur lequel s'effectue un investissement est plus court pour les personnes plus âgées. Ensuite, et sans surprise, nous constatons que les subventions induisent des taux d'investissement importants, tant dans la réalité que dans les expériences, ce qui souligne le rôle crucial de ces dispositifs de soutien dans la transition énergétique. Enfin, même si nous n'avons pas été en mesure d'identifier des impacts clairs des traitements politiques dans nos expériences, il semble clair d'après les observations réelles que les prix de l'énergie et la taxe CO<sub>2</sub> exercent une influence sur les décisions d'investissement. Des prix de l'énergie et des taxes plus élevés entraînent une augmentation des rénovations, ce qui souligne la nécessité d'analyser très soigneusement toute décision dans ce domaine avant de la mettre en œuvre, de telles mesures pouvant avoir des conséquences à long terme.

## Summary

The objective of this project is to investigate energy-related investment decisions in residential buildings. Different types of potential investor categories are considered: owners of flat, single-family houses (SFH), multi-family houses (MFH), and non-residential buildings (NRB) as well as tenants. A range of energy-related investments is considered, both within energy efficiency, such as insulation or retrofits, and within renewable energy, such as solar panels or heat pumps. We design and implement a series of surveys, in order to collect both real decisions made in the past and stated decisions that would be made in hypothetical situations.

Past investment decisions and current situation of building envelope and heating system are collected for a sample of more than 10'000 buildings from 19 Swiss cantons. This allows us to provide a global picture of the evolution of the buildings' characteristics. We are also able to reveal how the renovation rates and the types of heating systems differ by cantons, geographical characteristics, building characteristics, and owner characteristics. The retrofit rates of the building envelope differ strongly by building element, construction period, and socio-economic characteristics of the owner. Furthermore, energy policy measures such as subsidies and the CO<sub>2</sub> tax have a positive effect on the retrofit rates. With regard to heating systems, we note in particular that the development over time is relatively similar between cantons and building types, as oil heating systems in new buildings are gradually being replaced by gas heating systems and, more recently, by heat pumps. However, the absolute levels of the shares of heating system types differ substantially across cantons and building types. Interestingly, it appears that mountainous regions are still heavily equipped with heating oil systems but the shares of heat pumps and wood systems are also above average in these regions. This is explained by the missing grid-bound energy infrastructure (gas and district heating). Thus, gas systems, usually considered as an interesting option to replace heating oil, may in fact prevent a faster transition towards even better and more renewable systems.



In order to investigate the motivations for energy-related investments and to analyse preferences and trade-offs between different categories of investments, we rely on discrete choice experiments (DCEs). DCEs belong to the stated preference approaches and offer the possibility to collect information from all residents, not only from those who already invested in energy-related improvements but also from those who have not (yet) invested. This approach also allows us to investigate the impact of new financing options, such as self-consumption communities, and other policy treatments. The main results of the project are based on single family house owners, flat owners and tenants; multi-family house owners are only marginally covered.

For flat and SFH owners, we find a general preference for investing in renewable energy as opposed to energy efficiency, with PV standing out as a very attractive choice. Collective investments, self-consumption communities, and crowd funding are generally disliked by investors, which reveals a preference for investing alone or with co-owners in one's own building but not in larger circles. For SFH owners, the estimated willingness-to-invest is considerable but marginally decreasing with the level of energy saved, which implies that these investors might be reluctant to implement large investments even though they deliver large energy savings.

In a second DCE targeting flat/SFH/MFH owners, we investigate the impact of the complexity of energy-related investments and of past experience with these investments. Some respondents to our DCE were offered the possibility to benefit from the support of a hypothetical one-stop shop that would simplify the subsidy application process by centralizing all relevant information and taking care of all the important paperwork. Overall, this simplifying device shows little effect for respondents who did not already experience subsidy application. However, respondents who do have prior investment experience show a slightly but significantly higher propensity to (re-)invest under the simplified regime. Interestingly, experience does not appear to have the same effect for all types of investments. Respondents with experience in PV are more likely (compared to those with no experience) to engage in another investment, whereas those with an experience in envelope insulation do not show any significant difference with those without experience.

The last DCE is dedicated to tenants, which constitute the largest group of residents in the Swiss population but is usually discarded from studies on energy-related investment because of their limited possibilities. Considering the emerging forms of investment (crowd funding, self-consumption communities), it is nevertheless becoming possible to invest as a tenant. For this group, like for owners, we observe a general preference for renewable energy as opposed to energy efficiency. Yet, tenants also show a clear aversion against self-consumption communities and crowd investment, which would however constitute the easiest way to contribute to energy-related investments considering their situation. Overall, tenants' and owners' preferences therefore do not appear radically different.

Overall, our results from the revealed and from the stated decisions complement and reinforce each other on a number of points. First, several personal characteristics are found to affect investment decisions similarly in both analyses: higher education tends to increase investment probabilities, possibly because of its positive impact on earnings, while age has a negative impact, certainly because time horizon is shorter for older people. Second, and unsurprisingly, we find that subsidies induce large investment rates both in reality and in choice experiments, emphasizing the crucial role of such support schemes in the energy transition. Finally, even though we were unable to identify clear impacts of policy treatments in the choice experiment, it seems clear from the real observations that the energy prices and the CO<sub>2</sub> levy exert an influence on investment decisions. Higher energy prices and higher taxes lead to more retrofit, which underscores the need to analyze any decision in this area very carefully before implementing it as it may have long-run consequences.



## Take-home messages

- Sowohl Eigentümer als auch Mieter sind bereit, in energiebezogene Projekte zu investieren. Wie die Mieter einbezogen werden können, ist jedoch deutlich weniger klar, da kollektive Investitionsformen nicht geschätzt werden.
- Fördermassnahmen spielen eine wichtige Rolle: zwischen Fördermassnahmen und der vergangenen Erneuerungsaktivität besteht ein Zusammenhang und Experimente zeigen, dass Subventionen manchmal höher bewertet werden als Kosteneinsparungen.
- Aufgrund der großen Heterogenität gibt es keine Einheitslösung: Geografische Lage, Alter des Gebäudes, Alter und Bildung der Investierenden sind wichtige Faktoren, die bei der Anpassung der Programme berücksichtigt werden sollten.
- Es ist nicht klar, ob der Ausbau eines Gasnetzes die Energiewende beschleunigt oder verlangsamt: In Regionen, in denen es eine Infrastruktur gibt, ist der Anteil Ölheizungen, aber auch der Anteil von Wärmepumpen geringer. Ohne Gasanschlussmöglichkeit würden die Investoren mutmaßlich direkt von einer Ölheizung auf eine Wärmepumpe oder eine Holzheizung umsteigen.

## Messages clés

- Tous les types de résidents, qu'ils soient propriétaires ou locataires, sont prêts à investir dans des projets liés à l'énergie ; la manière d'impliquer les locataires est cependant loin d'être évidente, car les formes d'investissement collectif ne sont pas appréciées.
- Les subventions représentent un instrument central de la transition énergétique : les données historiques montrent un lien clair entre les subventions et les taux de rénovation, et les expériences révèlent que les subventions sont parfois plus appréciées que les économies de coûts.
- En raison de l'hétérogénéité substantielle, il n'existe pas de politique unique : la situation géographique, l'âge du bâtiment, l'âge et l'éducation de l'investisseur sont des dimensions importantes qui pourraient être prises en compte pour adapter les programmes politiques.
- Il n'est pas clair si le développement d'un réseau de gaz accélère ou ralentit la transition énergétique : dans les régions où de tels réseaux existent, la part du système de chauffage au fioul est plus faible, mais la part des pompes à chaleur l'est également. Sans la possibilité d'installer un réseau de gaz, il est possible que les investisseurs passent directement des systèmes au fioul aux pompes à chaleur ou aux systèmes de chauffage au bois.

## Main findings

- All types of residents, both owners and tenants, are willing to invest in energy-related projects; how to involve tenants is however far from obvious since collective investment forms are not appreciated.
- Subsidies represent a central instrument of the energy transition: historical data suggest a link between subsidies and retrofit rates, and experiments reveals that subsidies are sometimes valued more than cost saving.
- Because of substantial heterogeneity, there is no one-size-fits-all policy: geographical location, building's age, and the investor's age and education are important dimensions that could be considered to tailor policy programs.





- It is not clear whether the development of a gas network accelerates or slows down the energy transition: in regions where such networks exist, the share of heating oil system is lower, but so is the share of heat pumps. Without the opportunity to install a gas system, it is possible that investors would switch directly from oil systems to heat pumps or wood heating systems.



# Contents

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>3</b>
<b>Résumé</b> .....	<b>4</b>
<b>Summary</b> .....	<b>6</b>
<b>Take-home messages</b> .....	<b>8</b>
<b>Messages clés</b> .....	<b>8</b>
<b>Main findings</b> .....	<b>8</b>
<b>Abbreviations</b> .....	<b>11</b>
<b>1 Introduction</b> .....	<b>12</b>
1.1 Background information and current situation.....	12
1.2 Purpose of the project .....	13
1.3 Objectives .....	13
<b>2 Methodology and Data</b> .....	<b>15</b>
<b>3 Description of facility</b> .....	<b>18</b>
3.1 Cantons survey.....	18
3.2 SHEDS .....	18
3.3 Pronovo Survey .....	18
<b>4 Policy Briefs</b> .....	<b>19</b>
4.1 Analysis of revealed investment decisions.....	19
4.1.1 Building envelope .....	19
4.1.2 Heating system.....	21
4.2 Analysis of investment decisions based on homeowners' stated preferences .....	23
4.2.1 Policy measures, smart technologies and financing options (Experiment 1) .....	24
4.2.2 Effects of complexity and experience (Experiment 2) .....	29
4.3 Analysis of tenants' stated preferences (Experiment 3) .....	33
<b>5 Conclusions</b> .....	<b>38</b>
5.1 Revealed preferences .....	38
5.2 Stated preferences .....	38
5.3 Overall policy implications .....	39
<b>6 Outlook and next steps</b> .....	<b>41</b>
<b>7 National and international cooperation</b> .....	<b>43</b>
<b>8 Publications</b> .....	<b>44</b>
<b>9 References</b> .....	<b>45</b>
<b>10 Appendix</b> .....	<b>47</b>



## Abbreviations

BDR	Building and dwelling registry
CREST	Competence Center for Research in Energy, Society and Transition
DCE	Discrete choice experiment
DSM	Demand side management
EE	Energy-efficiency
EI	Envelope insulation
KEV	Kostendeckende Einspeisevergütung
LEN	Local electricity network
MFH	Multi-family house
MISTEE	Motivations for Investment in Smart Technologies and Energy Efficiency
MuKE	Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (The cantons' energy related model code)
NEM	Net energy metering
NRB	Non-residential building
OSS	One-stop-shop
PV	Photovoltaics
R&D	Research and Development
RES	Renewable energy sources
RQ	Research question
SCC	Self-consumption collectives
SCCER	Swiss Competence Center for Energy Research
SFOE	Swiss Federal Office of Energy
SFH	Single-family house
SHEDS	Swiss Household Energy Demand Survey
ST	Smart technologies
SQ	Status quo
TEP	Technology Economics Policy
WTI	Willingness to invest
WTP	Willingness to pay



# 1 Introduction

The Project MISTEE (“Motivations for Investment in Smart Technologies and Energy Efficiency: The Case of Residential Buildings”) investigates energy-related investment decisions and seeks to identify motivations and barriers for such investments. A number of investment opportunities, targeting both energy efficiency and renewable energy production, are considered. The analyses are based on several surveys, eliciting both stated and revealed preferences, that were answered by respondents in various residential situations: owners / building administrations of flats, single-family and multi-family houses, and non-residential buildings are included, as well as tenants.

Each survey and the corresponding analyses conducted during project MISTEE are presented in a series of separate working papers. The present report provides a concise overview and discusses the most important results in a non-technical manner. For more details, the reader may refer to the corresponding working papers, which are attached to this report under the form of annexes.

## 1.1 Background information and current situation

Energy efficiency and renewable energy are considered as two pillars of the energy transition. Investments in energy efficiency, such as insulation of the building envelope, allow for a more effective and economic use of energy. Investments in renewable energy, such as solar panels or heat pumps, enable the substitution of fossil energy systems and allow a sustainable use of existing energy sources.

For both types of investments, recent technological and business innovations have the potential to cause a paradigm shift. Smart technologies, like batteries, which can render usage of produced renewable energy more flexible, and optimisation by means of load-management by the provider, can optimise energy consumption thereby making investments potentially more attractive. Business innovations, such as collective investment and crowd funding, offer households in various situations the possibility to participate in projects at relatively low costs. Self-consumption communities (SCC) and crowd investments can unleash a large pool of potential funds not only from owners but also from tenants, benefiting from economies of scale and other benefits. Policies such as feed-in tariffs are being replaced by one-time upfront subsidies and net-metering (NEM) possibilities offered by utilities, therefore also contributing to the changes affecting energy markets. Further adaptations of existing policies may be necessary to keep track in the evolving energy investment environment.

Renewable energy investment opportunities are expected to increase the number of ‘prosumers’. Yet, researchers like Sioshansi (2017) point out that the majority of households will remain mere consumers. There is still a great potential for energy efficiency, also due to continued low or even declining investment levels (IEA, 2020).

Investment possibilities depend fundamentally on the situation of the residents. While owners, especially those of single-family houses, are free to decide for themselves, the situation for owners of multi-family houses, flats and tenants is more complex. For that reason, the literature often focuses on individual resident groups, mostly single-family house owners, or specific investments. For instance, Banfi et al. (2012) investigate owners’ willingness-to-invest in energy-efficiency retrofits, Hille et al. (2018) investigate building integrated PV, and Kubli et al. (2018) investigate solar or flexible prosumers. Petrovich et al. (2018) consider both PV adoption and energy-efficiency roof retrofits. One of the few studies considering a wide range of potential energy investments for residential buildings is conducted by Ameli et al. (2015), who analyse the effect of different characteristics on investment behaviour and find that environmental attitude, financial means and ownership play important roles. According to their findings, tenants are less likely to invest. In general, only a few studies encompass tenants. Exceptions are Farsi (2010) and Reichardt (2014), who analyse tenants’ willingness-to-pay a rent premium in order to benefit from specific energy investments.



## 1.2 Purpose of the project

Both on the federal and on the cantonal level, Switzerland has been implementing several regulatory changes and energy policy measures of various forms to foster EE and RES investments. Examples are building retrofit subsidy programs (some few hundred million Swiss francs per year), tax incentives, and feed-in tariffs for RES (KEV fund). More recently and currently being introduced are the obligation to use at least 10% of renewable energy for heating and hot water in case of retrofits (also referred to as “Kleine Sanierungspflicht”) of the Energy related Model Code of the Cantons (MuKE), the possibility to create self-consumption collectives (SCC, “Eigenverbrauchsgemeinschaften”), the switch from feed-in tariffs to upfront subsidies or net electricity metering offers from utilities. Moreover, there are R&D initiatives, also supported by the SFOE, to bring down upfront investment costs, based on the working hypothesis that this would trigger a higher EE and RES investment rate.

Yet the impact of these approaches on building owners’ investment decisions remains unknown. Moreover, with respect to a massive scale-up, some of these measures might be adjusted in the future, for instance in terms of the concrete economic incentives. Last but not least some goals of the Swiss Energy Strategy are not yet endowed with policy instruments, or need regulatory adjustments, particularly regarding incentives to hourly load management and storage. Thus, more evidence about the responsiveness of building owners and about the sensitivity of the Incentives of these instruments is required for the development of well-defined policy measures and their implementation.

Yet, the impact and investment decisions of both owners and tenants of residential and non-residential buildings and the corresponding determinants are not sufficiently analysed. Insights are of interest for researchers, energy providers and very important for policymakers, especially in times of fundamental changes and when ambitious and important goals have to be fulfilled. Prosumer and consumer preferences might be induced by different motivations. Hence, they should be addressed by different policies. Therefore, policymakers have to be informed about the decision mechanisms and decisive factors of residents’ EE and RES investment decisions and related trade-offs. Therefore, the purpose of this project is a comprehensive analysis with revealed- and stated-preference approaches to study these investment behaviours.

In particular, we focus on the impact of different policies such as subsidies, feed-in tariffs, net metering and a higher CO<sub>2</sub>-tax. Effects of information nudges about investment behaviour of neighbours on investment decisions are also examined. We analyse the effectiveness of these instruments and the underlying motivations of individuals for various investments. We use econometric models that account for unobserved heterogeneity and latent categories of households.

## 1.3 Objectives

The main objective of this project is to identify motivations, barriers and the principal trade-offs in EE and RES investment decisions. In contrast to previous studies we focus on energy-related decisions from potential investors in various situations: single-family house (SFH) or flat owners, multi-family house (MFH) owners, tenants and owners of non-residential buildings.

Particularly, we Therefore, the purpose of this project is a comprehensive analysis with revealed- and stated-preference approaches to study these investment behaviours.

Particularly the objective is to answer the following four research questions (RQ):

- RQ1 focuses on the effect of past renovation activities and the impact of taxes and subsidy programs which have been implemented since 2005, on the investment behaviour of building owners. The working hypothesis is that the annual retrofit rate / adoption probability should show a gradual change along with various promotion policies that varied over time and across Cantons. It is particularly interesting to examine the trend variations across cantons and to identify cantons that have shown declining renovation rates and to identify the main triggering



factors and whether new instruments, technological options, and heating systems changed the envelope retrofit investment behaviour.

- RQ2 deals with the effects of experience and complexity on the owners' investment behavior and with the moderating effect of upfront costs and stringent policy rules in the trade-offs between EE and RES investments as well other investments.
- RQ3 is regarding the various trade-offs impacting the household's investment decisions (both tenants and owners) across different population segments. We focus on two main trade-offs: between EE and RE investments in buildings, and between individual investment and collective actions,
- RQ4 focuses on the relative effectiveness of various policy schemes as well as psychological levers on households' investments.



## 2 Methodology and Data

This research consists of four closely related analyses whose results are summarized in the subsequent policy briefs in Section 4. Analysis 1 addresses revealed preferences of homeowners and investigates the drivers on the past retrofit behaviour, covering technical, socio-economic and policy aspects. Adopting the methodology of Discrete Choice Experiments (DCE), analyses 2-3 and 4 focus on stated preferences of homeowners and tenants respectively. Each of the research questions mentioned above is addressed in one or the other analysis/experiment and data is gathered from different samples (see Table 1). A short description on the different samples is given in Section 3.

Table 1: Allocation of research questions to the corresponding analysis/experiment.

Analysis/experiment	Analysis/experiments	Sample
Analysis 1	Revealed preferences analysis of owners to address RQ1	Cantons
DC Experiment 1	Stated preferences analysis of owners to address RQ3 and RQ4.	SHEDS and Cantons
DC Experiment 2	Stated preferences analysis of owners to address RQ2.	SHEDS, Pronovo and Cantons
DC Experiment 3	Stated preferences analysis of tenants to address RQ3 and RQ4.	SHEDS and Cantons

The 1<sup>st</sup> analysis focuses on RQ1 by estimating the renovation rate of several buildings elements in the building stock and across several periods from 1991 to 2019. This gives us information about the energy efficiency measures implemented in the last 30 years. Additionally, the heating system distribution is analysed, differentiated according to factors such as building sector or construction period. This particularly illustrates how far the conversion to renewable heating systems has already taken place and by which factors the adoption probability is affected.

The renovation activities of building owners and managers are gathered in cooperation with surveys conducted as part of the cantonal CO<sub>2</sub> reporting (Jakob, Catenazzi, Sunarjo, Müller, & Weinberg, 2021) from 19 different cantons in Switzerland. For each 5-year period and element, the respondents could indicate which renovation activities they had implemented (e.g. façade painting, insulation of façade, others). The respondents are further surveyed regarding their heating system and regarding socio-economic variables that are particularly relevant for the econometric evaluations (age, type of owner, level of education, etc.). Further data used in the analysis (e.g. building specific data from the building and dwelling registry, data regarding subsidies and other attributes that are specific to municipalities or Cantons) is compiled subsequently and merged with the survey data.

The rates are analysed separately by four building elements (window, wall, roof, ceiling) and across cantons and building characteristics (i.e. building sector and construction period). The adopted methods are descriptive statistics and regression models (i.e. binary and multinomial logistic regression). The idea is to identify links between the historical developments of renovation rates and their cross-cantonal variations with the implemented policies since 2005, but also the various technological developments.



To further investigate energy investment decisions, we have implemented a series of discrete choice experiments (DCEs). DCEs belong to the stated preference approaches and make it possible to obtain information from all residents, not only from those who already invested in energy-related improvements but also those who have not (yet) invested. In our context, this is a major advantage, since those who have not invested so far are of particular interest to policymakers because policy



adaptions may get them involved, which seems important to reach climate goals (Gerarden, Newell, & Stavins, 2015).

Because the residents' groups differ substantially from each other in many respects, we conduct separate DCEs that are precisely tailored to each group. Possibilities and incentives for single-family house owners usually differ from those of multi-family house owners and tenants. Overall, we conduct two DCEs (Experiments 1 and 2 thereafter) for homeowners and one for tenants (Experiment 3 thereafter).

In all DCEs, respondents are submitted to a series of choice tasks, that is, hypothetical scenarios in which they are requested to make a choice between different alternatives. In each choice task, two energy-related investments and one outside option are offered (for simplicity, we talk about energy investments, even though some of the options like purchasing renewable heat or electricity are not really investments in a strict sense). Respondents answer four (Experiment 2) to six (Experiments 1 and 3) similar choice tasks and some complimentary questions that give us the possibility to analyse important attributes, preferences and trade-offs. An example of choice task (from Experiment 2) is displayed in Figure 1.

	Option 1	Option 2
	<b>Photovoltaikanlage</b> 	<b>Energetische Verbesserung der Gebäudehülle</b> 
<b>Kosten</b>	40 CHF pro Monat	130 CHF pro Monat
<b>Nutzen: Einsparung von nicht erneuerbarer Energie und CO<sub>2</sub>-Emissionen</b>	40%	40%
<b>Finanzierung</b>	Ihr Vermieter	Ihr Vermieter
<b>Batteriespeicher</b>	Ohne	Ohne

Option 1                      Option 2                      Keine der beiden

Ihre Wahl:                                                                 

Figure 1: An example of choice task

In Experiments 1 and 3, we introduce treatments after the second choice task to see how different policies and peer pressure affect investment decisions. Hence, these experiments rely on both within and between variation to identify treatment effects (Charness, Gneezy, & Kuhn, 2012). In Experiment 2, a one-stop-shop (OSS) treatment is introduced before the first choice task. The OSS is described as a program that would take care of all subsidy-related tasks, which significantly reduces the complexity and the effort for applicants. The treatment effect gives, amongst complementary questions regarding the perception of the subsidy application process, an indication of whether the procedure is perceived as complex and whether respondents would actually value such simplifications.





The energy investments considered in all our DCEs are the following: envelope reinstatement (e.g., painting) without real energy benefits, insulation of the building, overhaul of the fossil-fuel heating system, replacement of current heating system to renewable heating (e.g., in form of a heat pump), and installation of photovoltaic (PV) systems. It should also be emphasized that investment possibilities are tailored to the respondents' situation, so that irrelevant opportunities are systematically ruled out and all propositions make sense. For instance, respondents living in buildings that are recent or were recently renovated are not offered insulation nor envelope reinstatement alternatives. Respondents in buildings equipped with renewable heating systems are not offered heating system overhaul or renewable heating systems. In Experiments 1 and 3, purchasing renewable heat (district heating) and renewable electricity (e.g., from solar energy) is offered in some choice tasks. These growing energy sources may be especially interesting for tenants as purchasing is more flexible and often cheaper than investments, but also does not necessarily depend on ownership.

Because we want to see whether collective investment projects like self-consumption communities and crowd investment, as well as optimisation by means of batteries to store renewable electricity or load-management can potentially lead to a paradigm shift, they are included as attributes of the energy investments in Experiments 1 and 3. Otherwise, attributes like investment costs and resulting benefits are always part of the energy options.

For the econometric analysis, we apply conditional logit models. The estimated coefficients provide inference about preferences and aversions, and are used to investigate trade-offs and calculate willingness-to-pay for the energy investments and optimisation.<sup>1</sup>

All results from the analyses and experiments are described in the Section 4. More detailed information on the collection of the data and the econometric methods used can be found in the appendixes of this report. For each analysis a working paper describes the applied methodology and a detailed analysis and discussion of the results.

---

<sup>1</sup> For a detailed explanation of willingness-to-pay, see Working Paper 2 in the Appendix B.



## 3 Description of facility

In this section we provide a description of different data sources and surveys used to collect the data:

### 3.1 Cantons survey

The "Cantons' survey" was conducted in 19 different cantons (AG, AI, AR, BE, BL, GL, GR, LU, NE, NW, OW, SG, SO, SZ, TI, UR, VD, ZG, and ZH). This provides the sample for the Revealed analysis of investment decisions (Section 4.1) and additional data for the Analysis of investment decisions based on homeowners' stated preferences (Section 4.2). The focus is on owners. For the revealed analysis, data was collected for 10805 buildings. Of these, 4267 are single-family houses (SFH), 3978 are multi-family houses (MFH), and 2560 are non-residential buildings (NRB). Furthermore, the data sets for Sections 4.2.1 and 4.2.2 were supplemented by respondents from the cantons survey. For the Section on Policy measures, smart technologies and financing options (Choice experiment 2020) (Section 4.2.1), the cantons survey contributed 6150 observations from 88 flat owners and 937 SFH owners (an observation represents one choice task). The sample of the "Section on Effects of complexity and experience (Choice experiment 2021)" (Section 4.2.2) contains 568 observations from the cantons survey conducted in Zürich. These came from 35 MFH and 107 SFH owners.

### 3.2 SHEDS

Surveys for all stated preference analyses (Sections 4.2 and 4.3) were part of the Swiss Household Energy Demand Survey (SHEDS) waves in 2020 and 2021. SHEDS was developed for the Competence Center for Research in Energy, Society, and Transition (SCCER CREST). The objective is to analyse the energy-related behaviour of Swiss households. It has been conducted between 2016 and 2021 and had a rolling panel dataset of 5000 respondents each time. Thereof, certain shares were distributed to one of the surveys that have been part of the different waves.

In 2020, the surveys for "Policy measures, smart technologies and financing options (Choice experiment 2020)" (Section 4.2.1) and the "Analysis of tenants' stated preferences" (Section 4.3) were part of the SHEDS waves. In the end, data from 426 owners and 680 tenants was gathered. Out of the 426 owners, 120 are flat owners and 306 are SFH owners.

For the analysis of "Section on Effects of complexity and experience (Choice experiment 2021)" (Section 4.2.2), another survey was launched as part of SHEDS 2021. 6556 observations from 489 flat owners, 58 private MFH owners and 1092 SFH owners form the data set from this source and are complemented by observations from the Pronovo Survey.

### 3.3 Pronovo Survey

The Pronovo survey is named after the institution of the same name that handles the federal government's renewable energy support program. A share of their subscriber pool answered to our survey, which was largely similar to the survey which was part of SHEDS 2021. Thus, the respondents add to the ones from SHEDS 2021 and the Cantons Survey, which was conducted in Zurich in 2021 and serve to answer the questions about the effect of complexity and subsidies on energy investment decisions (Section 4.2.2). 9364 observations were gathered from the Pronovo Survey. They come from 31 flat owners, 138 private MFH owners and 2172 SFH owners. In comparison to the general population, more respondents from the Pronovo Survey are experienced when it comes to energy investments as most of them invested in PV before (99% of Pronovo respondents invested in PV compared to 14% of the SHEDS and Cantons Survey respondents).



## 4 Policy Briefs

This Section describes the main findings of the project in the form of policy briefs. Each policy brief summarizes the results of an underlying working paper. Policy brief 1 (Section 4.1) summarizes the results from the revealed analysis (Appendix A). Policy brief 2 (Section 4.2.1) summarizes the results from DC Experiment 1 (Maciosek, Farsi, Weber, & Jakob, 2022a), see Appendix B. Policy brief 3 (Section 4.2.2) summarizes the results from DC Experiment 2 (Maciosek, Farsi, Weber, & Jakob, 2022b), see Appendix C and Policy brief 4 (Section 4.3) summarizes the results from DC Experiment 4 (Maciosek, Farsi, Weber, & Jakob, 2022c), see Appendix D.

### 4.1 Analysis of revealed investment decisions

The first analysis of the project examines past dynamics and revealed preferences of building owners for retrofit (energy-related) and overhaul (not energy-related, only shown in descriptive statistics) measures of the building envelope and heating systems. From now on we will use the term “renovation period” to indicate the period in which a certain measure, either retrofit or overhaul, was implemented. For the data collection a survey is used, and descriptive and econometrics methods are used for the analysis.

The final sample (of owners) represents more than 10'000 buildings, of which 4267 are single-family houses (SFH), 3978 are multi-family houses (MFH), and 2560 are non-residential buildings (NRB). The sample differentiates between four construction periods (Table 2) and covers 19 different cantons (AG, AI, AR, BE, BL, GL, GR, LU, NE, NW, OW, SG, SO, SZ, TI, UR, VD, ZG, and ZH).

Table 2: Number of datasets in the final sample differentiated by building sector and construction period. The figures in parentheses indicate the shares in % per building sector

Construction period	Single-family house (SFH)	Multi-family house (MFH)	Non-Residential buildings (NRB)
Until 1945	1034 (24%)	1287 (32%)	867 (34%)
1946-1980	1387 (33%)	1322 (33%)	787 (31%)
1981-2000	1148 (27%)	719 (18%)	442 (17%)
From 2001	698 (16%)	650 (16%)	464 (18%)
<b>Total</b>	<b>4267 (100%)</b>	<b>3978 (100%)</b>	<b>2560 (100%)</b>

#### 4.1.1 Building envelope

For five 5-year and one 4-year renovation period (between 1991 and 2019), each respondent indicated which overhaul and retrofit activities they performed at a certain building envelope element (window, wall, steep roof, ceiling). The resulting renovation rates per year and renovation period are calculated separately for the different building components and types of measures (e.g. window replacement, window refurbishment). These rates represent average renovation rates over a 10-year period<sup>2</sup> (descriptive statistics) or 5-year period (econometric analyses).

The annual renovation rates for windows in residential buildings are illustrated in Figure 2. The green bars indicate energy-related measures (window replacements) and the blue bars illustrate overhaul measures. First, the figure shows that the retrofit rates of window replacements (energy-related measure) in residential buildings on average range from 2% to 3% per year over a 10-year period.

<sup>2</sup> Due to the number of cases, an exaggerated differentiation of the rates is not meaningful. Therefore, descriptive retrofit rates are aggregated to 10-year periods here. In the econometric analysis, 5-year periods are used.



Second, some retrofit rates increased from 1991 to 2019 (in AG, AR, BE, BL, GR, NE, NW, SG, SO and VD), while in other cantons, they stagnated or decreased (in AI, GL, SZ, UR, ZG, and ZH). Finally, the overhaul rate for window overhauls (blue bars) range from approximately 0.5% to 2.5% per year, depending on the canton and the renovation period.

Renovation rates are also calculated for other building elements (Appendix A) showing that retrofit activity varies considerably between different components. Compared to windows, retrofit rates for walls are about 1-1.5% per year, for pitched roofs about 1-2% per year, and for basement ceilings about 0.5-1% per year. The descriptive evaluations also indicate cantonal differences (in level and development), which is not surprising given the differences in terms of building stocks, geographical conditions, energy policies, and subsidy availability. A maximum of one renovation per 15-year period is counted in order not to consider partial renovations as total renovations. Nevertheless, double counting is possible.

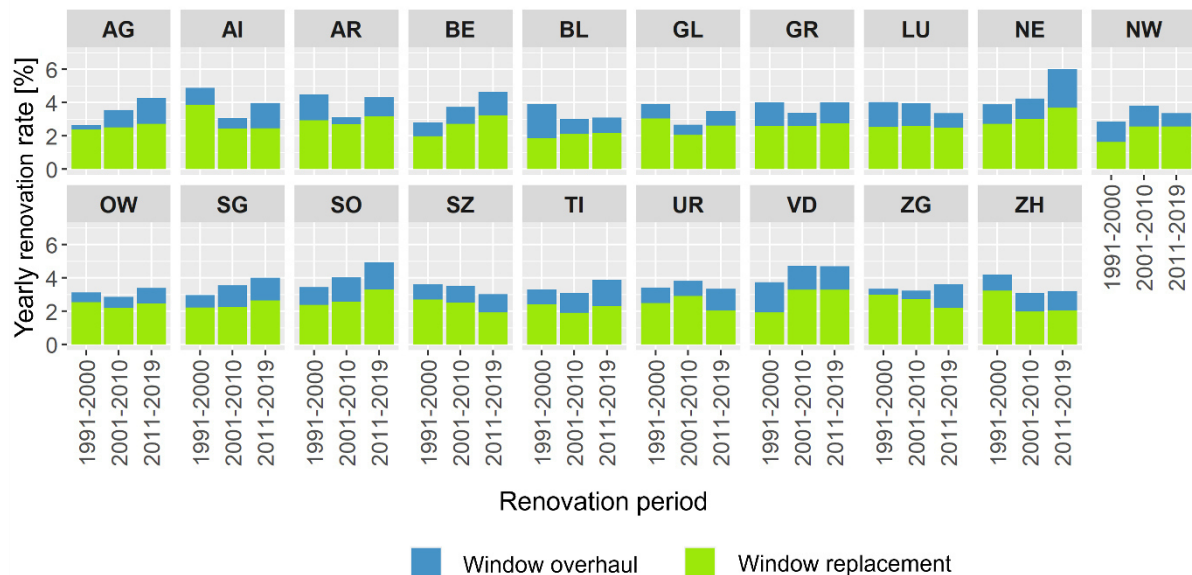


Figure 2: Renovation rates (% per year, separately for overhaul (blue) and retrofit (green), averaged for renovation periods with a duration of 10 years) for windows in residential buildings.

Binary logistic regression models are used to determine the probability of a retrofit based on the revealed preference panel data. The models contain multiple variables in order to determine the most relevant drivers that have an impact on the probabilities. Detailed methods and results are reported in WP1 (Appendix A); here we focus on the main findings:

1. *Retrofit rates in Switzerland are highly dependent on the building envelope element.* Window retrofits are carried out significantly more frequently than retrofits for the insulation of the facade, roof or basement ceiling. This is due to technical reasons and due to the fact that new windows yield significant and multiple benefits as compared to old ones. Thanks to the progress in window insulation, they improve noise protection and reduce air draughts, on top of being energy efficient. In general, retrofit rates have slightly increased since the 90s, which is in line with the descriptive results.
2. Some *cantons* have either significantly higher (AI, AR, LU) or lower (BL) retrofit rates than the average of other cantons. However, the municipality type (rural, periurban, urban allocated according to population density, employees and overnight stays according to Goebel et al. (2014), BFS (2017)) does not affect investments in energy efficiency; other factors are more relevant.



3. *Building-specific characteristics* are relevant. Buildings with construction years after 1980 have significantly lower retrofit probabilities than older buildings, and multi-family houses have significantly higher ones than single-family houses. This is also confirmed by a subsequent survey regarding the motivations for renovations. The majority of owners indicated that environmental/energy-related reasons or the structural condition of the building envelope element (worn out, reached service life) are the main motivation for a renovation. In contrast, having novel elements in the building is an obstacle for their retrofit (especially in the case of newer buildings). Finally, buildings with gas heating are retrofitted significantly less than buildings with oil heating, possibly driven by lower environmental concerns regarding a gas heating. No clear evidence can be drawn for other heating systems.
4. Furthermore, *characteristics of the building owners* affect the retrofit probabilities. First, owners above the age of 60 are attributed with significantly lower retrofit rates than younger ones, indicating that people in or near their retirement are less willing to invest in energy efficiency. A potential explanation is the shorter time horizon older people face, compared to the pay-off period for energy efficiency investments. Also, the income and the general financial situation is more constraint with elderly or retired persons. This explanation is indirectly supported by the second finding: higher retrofit rates correlate with a tertiary education. If education is assumed to be a representation of income, it shows that financial possibilities limit the retrofit of buildings. Finally, shared property and commercial ownerships (compared to private owners) go along with significantly lower retrofit rates. In our view, this points to the more complex decision-making process faced by shared property owners and the more challenging projects, commercial owners are faced with.
5. *Regarding policies*, the revealed preferences highlight the responsiveness of building owners towards the CO<sub>2</sub>-levy and higher energy prices. The higher the levies are, the more the owners tend to retrofit. In contrast, only a minority of respondents indicated that higher energy prices would be useful to foster investments in energy efficiency measures. Finally, there is a positive effect of subsidies on energy efficiency measures of the building envelope, showing the importance of these support schemes. This is in line with the stated preference of the owners towards future retrofits. More than 60% of the respondents think that subsidies increase the attractiveness of energy efficiency measures.

#### 4.1.2 Heating system

Although, data on energy sources are reported in the buildings and dwellings registry (BDR) by the Swiss Federal Statistical Office (FSO), it is not up to date anymore (for buildings in many municipalities and Cantons, the last available data is from the 2000 census). The construction authorities of the municipalities of the cantons only record construction, renovation or demolition projects which require a building permit. Hence, many substitutions of energy sources after 2000 are not updated in the BDR, leading to an incomplete picture. Hence, we also asked building owners about their current heating system and the last changes they made.

Figure 3 illustrates the heating system shares differentiated by construction period for SFH, MFH and NRB. Fossil fuel shares for SFH and MFH are comparable in terms of both level and trend. The share of oil-fired heating systems increased sharply, especially in the post-war years, and amounts to around 50% in residential buildings built between 1946 and 1980. A decline can be observed in buildings built after 1981, i.e., after the oil crisis. In buildings built after 2000, the shift away from fossil fuels increases, and the share of oil heating is at its lowest level.

In contrast, gas heating systems show a much more stable trend and are still widely spread in new buildings from the last 20 years. Gas heating systems in MFH and non-residential buildings are considerably more widespread than in SFH. In addition, newer buildings (non-residential buildings from 1981 on and SFH/MFH built from 2001 on) have higher shares of gas than oil heating. This finding is explained by the expansion of the gas infrastructure after the introduction of natural gas that displaced town gas from the 1980s.



District heating as a further grid-bound energy source occurs in about 20% of the non-residential buildings. The share is significantly lower in the case of residential buildings, with a strong increase in the share in new MFH buildings from 2001 onwards.

The share of wood heating is highest for old residential buildings built up to 1945 and clearly lower for buildings built between 1946 and 2000. For new buildings built from 2001 onwards, the shares of wood heating strongly increase again compared to the period 1981-2000 (+36% for SFH, +17% for MFH and +12% for non-residential buildings), due to the increasing shift away from fossil fuels in the last 20 years.

Heat pumps as another renewable heating system are already widespread, especially in residential buildings, and in newer buildings (SFH from the period 1981 to 2000, MFH from 2001). Heat pumps are also the first choice for NRB with a construction year after 2000, while for older NRB the share of heat pumps is only between 8-11%.

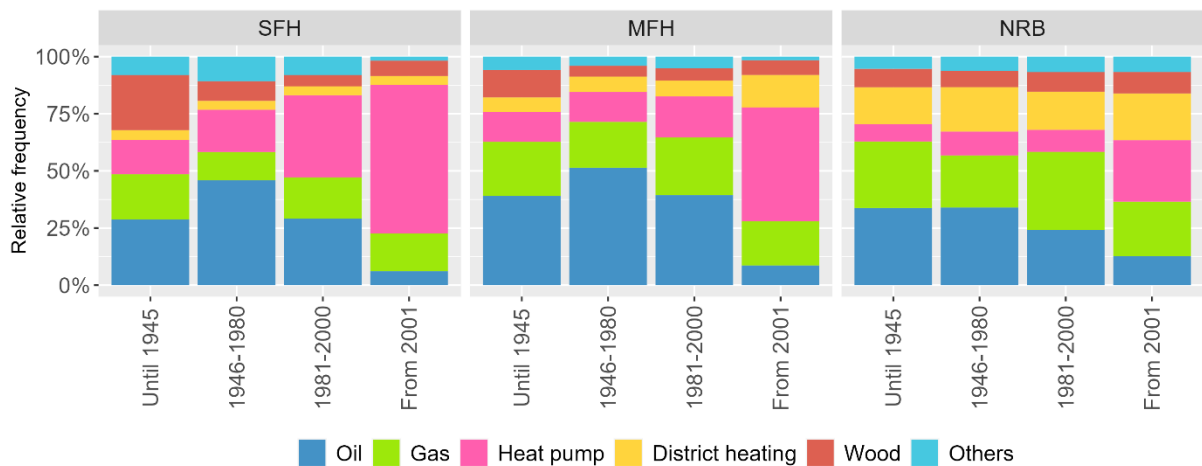


Figure 3: Descriptive evaluation of heating systems by building sector and construction period. Relative frequency related to 19 cantons and the sample (not weighted).

Due to the sample stratification by building sector and canton, smaller cantons are overweighted in Figure 3. Accordingly, Figure 4 illustrates the differences between cantons and building sectors. This is partly due to geographical conditions (rural/urban) and differences in gas supply. Cantons with little (GR) or no gas grid (NW, OW, UR) respectively show low or no shares in gas heating. These mountainous cantons (in Figure 4 highlighted in red) feature partly higher shares of oil heating. However, the total share of fossil-fuel heating systems is comparatively low in these cantons (except for GR). Instead, these cantons rely on an above-average number of heat pumps (NW, OW, UR) or wood heating systems (GR, NW, OW, UR). This raises the question whether gas heating systems only replace oil heating systems or whether they hinder the diffusion of renewable energy heating systems.

Furthermore, cantonal differences occur across all three building sectors, i.e. oil heating systems are more prevalent in MFH for the vast majority of cantons, heat pumps are more common in SFH in virtually all cantons, district heating shares are slightly higher for MFH and significantly higher in non-residential buildings.

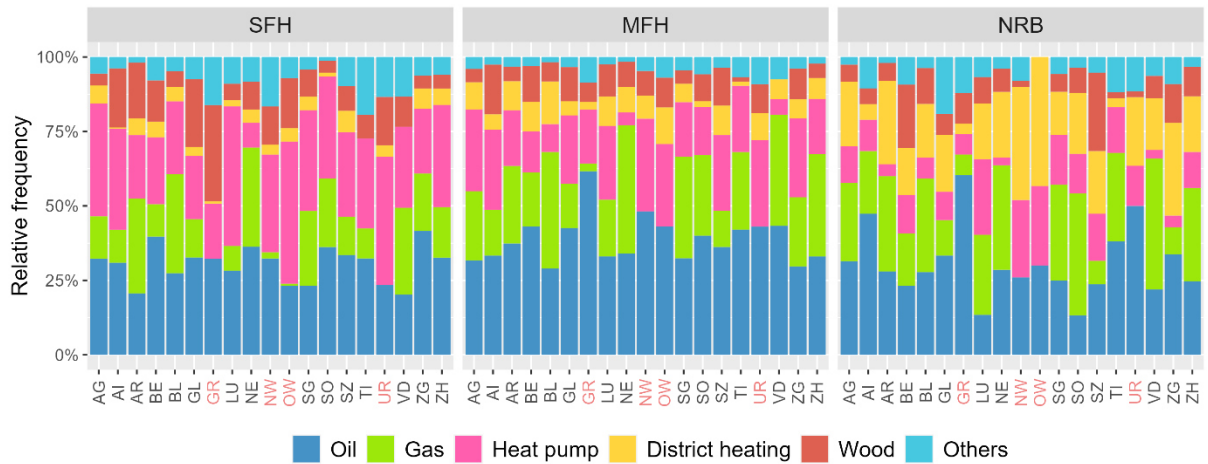


Figure 4: Descriptive evaluation of heating systems by building sector and canton.

To check further effects and other factors we apply a multinomial logistic regression model. Thereby, we can estimate the probabilities for the choice of the different heating systems. A detailed description of the model and the regression tables can be found in WP1 (Appendix A).

The main findings, are summarized as follows:

1. Heating system shares significantly vary across municipality types. Rural communities are about twice as likely as urban municipalities to have wood heating compared to oil heating. Furthermore, the more urban the municipality is, the higher the ratio of gas to oil heating is.
2. The pattern from the descriptive statistics regarding building sector and construction period is reflected in the regression results. Probabilities for heat pumps compared to oil heating systems are significantly lower for MFH and non-residential buildings compared to single family houses.
3. In new buildings (construction year > 2001), all heating systems other than oil heating systems are significantly more probable than in buildings with construction years up to 1945. This effect is especially observed in heat pumps and district heating. A subsequent motivation question regarding heating system retrofits points out reasons for these higher shares of fossil heating systems in older buildings. Owners who stick with fossil heating explain this by unfavourable conditions for renewables and/or higher investment costs. However, the main reason for choosing fossil-fuelled heating systems is a recommendation of the heating installer, heating supplier or planner which demonstrates the enormous responsibility of these professionals.
4. Only limited effects of the owner type (e.g. private person vs. commercial properties) are found. District heating compared to oil heating systems are more probable in shared properties compared to private owned buildings. Heat pumps and wood heating is less probable in shared properties compared to privately owned buildings.

## 4.2 Analysis of investment decisions based on homeowners' stated preferences

Energy investment behaviour is most frequently investigated for homeowners. These individuals are privileged in the literature because their decisions are relatively straightforward to understand: They can decide themselves on energy investments and are not only investors but also beneficiaries of such energy investments. Yet, some aspects deserve further research, especially against the



background of the fast-changing situation. While a number of studies have been implemented to investigate energy-related investment decisions, hardly any consider a broad range of potential investment options encompassing energy efficiency as well as renewable energy.

#### 4.2.1 Policy measures, smart technologies and financing options (Experiment 1)<sup>3</sup>

In Experiment 1, we focus on energy investment preferences of both flat owners and single-family house (SFH) owners, which may differ with respect to their discretion in energy investments. However, our exploratory analyses including additional interactions and separate regression for SFH owners (not reported in the final version of the report) suggest that including flat owners do not change the main results. We therefore conducted the analysis on a pooled sample combining the two groups. Thus, the final sample composed by 1,451 respondents, among which 208 flat owners and 1,243 SFH owners.

During the survey, we asked respondents how they would use an unexpected tax refund amounting to CHF 5,000 or CHF 10,000 to get a first impression about their preferences. The distribution of responses is displayed in Table 3 below. Note that 9 SFH owners did not respond to this question.

Table 3: Intended usage of unexpected tax refund (shares in %)

	<b>Flat owners</b>	<b>SFH owners</b>
<b>Invest in financial market</b>	11.1	7.9
<b>Save for retirement</b>	30.3	22.5
<b>Purchase new car</b>	1.4	1.5
<b>Spend for vacation</b>	6.3	5.1
<b>Buy energy-efficient appliances</b>	9.6	8.9
<b>Use it for my flat</b>	24.5	-
<b>Use it for my house</b>	-	44.0
<b>Other usage</b>	16.8	10.2
<b>Total</b>	100.0	100.0
<b>Number of respondents</b>	208	1,234

Both owner groups show a tendency for saving (30% of flat owners and 22% of house owners). A large share of respondents also indicates their willingness to spend it on their flat (25%) or house (44%). For these respondents, who state they would spend the money on their flat or house, a follow-up question was asked to get more information about intended usage. Responses are summarized in Table 4.

<sup>3</sup> This section is based on the Working Paper 2 provided in Appendix B.





Table 4: Intended usage for the accommodation (shares in %)

	Flat owners	SFH owners
Repair of facade or roof	3.9	14.8
Inside addition or renovation	58.8	36.0
Heating system	13.7	15.9
Solar panel	7.8	19.2
Other usage	15.7	14.1
Total	100.0	100.0
Number of respondents	51	541

Both flat and house owners mainly indicate they would use money for purposes inside their accommodation (59% and 36% respectively). In comparison to flat owners, house owners indicate more often their willingness to spend for energy related purposes such as solar panels. This gives a first idea about potential trade-offs between building-related expenses. The DCE itself is designed to get a deeper understanding of the investors' preferences and the trade-offs they operate when restricting the choice set to energy-related investments besides a generic non-energy-related outside option (which was presented as "none of the two" during the experiment and will be referred to as status-quo or SQ).

Figure 5 provides a descriptive presentation of the choices that were made during the DCE. It shows the selection probability for the different energy investments as a function of their costs. Overall, an expected negative trend is obtained: investment that entail larger costs are less frequently selected. At given cost levels, there are however differences across investment types and some specific types stand out as being particularly frequently selected. This is the case for investments in renewable energy such as buying renewable electricity or heat from the utility and PV installations. In contrast, energy efficiency investments such as heating overhaul and insulation are less often selected.

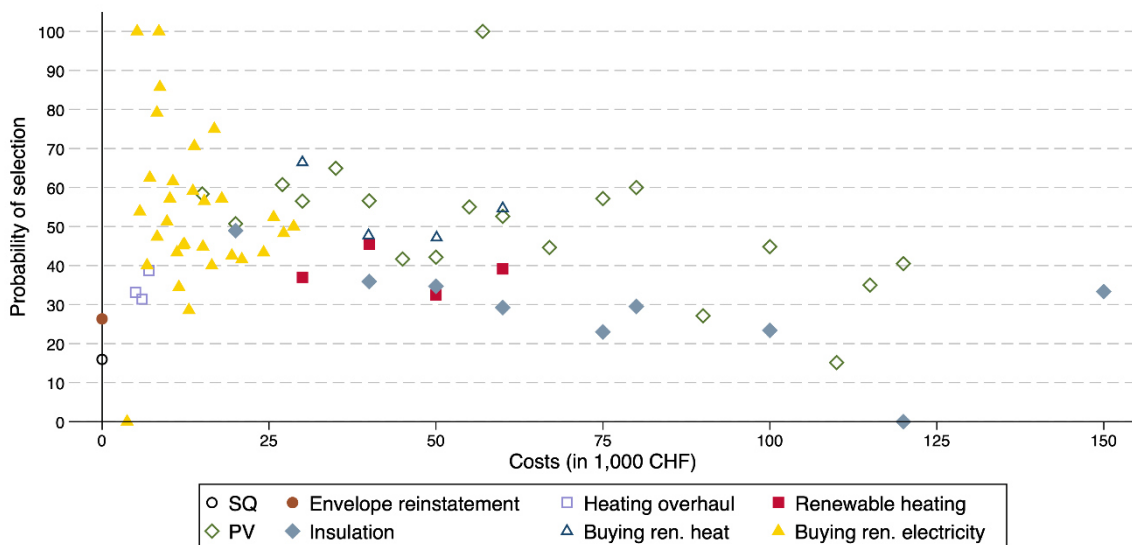


Figure 5: Selection probability of energy investments by costs (in 1'000 CHF)



As a preliminary analysis of trade-offs, we examine whether respondents choose various investment types across choice tasks or if they have clear and stable preferences for specific investments. Table 5 presents these choice patterns. Only a few respondents choose exclusively the status-quo option; in fact, most respondents never choose this option and therefore seem to be keen on investing in energy-related projects in general. Purchasing renewable energy (heat or electricity) from the utility is always chosen by a large part of the respondents when the corresponding option is available. On the other hand, energy efficiency (envelope reinstatement and insulation) and overhaul options are never chosen by a large proportion. This can be interpreted as a sign towards a general prosumer tendency, because insulation is only offered to owners of buildings that should require energy-efficiency improvements due to their age and lack of previous investments.

Table 5: Respondent (in %) who never, sometimes, or always select a specific investment type when it is offered

	Status Quo (None of the two)	Envelope Reinstatement	Heating Overhaul	Renewable Heating	PV	Insulation	Buying Renewable Heat	Buying Renewable Electricity
<b>Never</b>	66.6	67.6	38.4	40.2	22.8	46.7	36.4	45.9
<b>Sometimes</b>	28.1	10.6	50.5	33.8	49.8	43.0	14.2	11.4
<b>Always</b>	5.3	21.8	11.2	26.0	27.4	10.2	49.4	42.8
<b>Number of respondents</b>	1451	831	224	361	1449	1134	247	1022
<b>Number of offered choices</b>	8561	1348	993	1063	6503	5060	413	1742

Note: "Number of respondents" indicates how many respondents were displayed the investment type at least once during the choice experiment. "Number of offered choices" indicates how in how many alternatives the investment type was offered during the choice experiment.

The main results are obtained using conditional logit regressions that explain the choices in the DCE using the alternative characteristics. These results are not displayed but are coherent with the patterns presented in Figure 5. In particular, the results suggest that on average the respondents prefer investment in PV installation over envelop insulation. These results provide evidence showing that investors have an interest for becoming prosumers rather than remaining "just" consumers. Investment and purchasing costs are a negative impact on decisions: a more expensive alternative has a lower probability of being selected. Interestingly, our results indicate that purchasing costs have a more negative impact than upfront investment costs. This suggests that investment has a value per se, so that renewable energy has to be cheap in order to remain a competitive purchase option.

Our study also aims to find out whether collective investment opportunities can lead to a paradigm shift in residential energy investments. Yet, estimation results do not reveal evidence in favour of this hypothesis. Both flat owners and SFH owners show a preference for investing alone or with co-owners in their own building. Collective investments, self-consumption communities, and crowd funding are generally disliked by investors. Only for flat owners, we do not observe any clear preference between investing with co-owners or in the context of a self-consumption community. In fact, these two forms of investment should not make much difference to flat owners.



Batteries, which can be installed in combination with PV to store renewable electricity, show no significant impact on investment decisions. This might be explained by the fact that due to the fact that storage benefits are not widely experienced yet. Load-management is disliked by SFH owners, which implies a negative willingness-to-pay for this attribute. Said otherwise, SFH owners would require remuneration for the loss of control imposed by the external optimisation. However, we find that combinations of batteries and load-management is valued by SFH owners. This can be explained by the fact that these measures are complements. Households equipped with batteries can save money through optimisation and remain to a larger extent in control thanks to their batteries. Furthermore, batteries allow using electricity whenever it is cheap and feeding excessive electricity back into the grid whenever the prices are high. For flat owners, none of these attributes show significant effects.

In this experiment, a set of policies were considered and introduced as treatments, i.e., as messages that were displayed to randomly selected respondents. Among the policies considered, only two show a significant effect. An increase in CO<sub>2</sub> taxes leads flat owners to increase their likelihood of selecting energy-related investments. For SFH owners, a binding CO<sub>2</sub> cap per square-metre of the building that shows an effect. Although the estimates are statistically significant, the effects are very small and not sufficiently robust so that one should remain careful before drawing policy implications on this basis.

Finally, among personal characteristics, only age shows an effect on investment decisions. People above retirement age are less likely to choose PV or insulation options. This makes sense, considering the long period of time that is necessary to recoup the upfront costs associated with such important investments. Some of these respondents even stated explicitly that they do not want to invest because they do not know how long they will live there.

To get a better idea of their valuation of these investing and buying possibilities, the willingness-to-invest (WTI)<sup>4</sup> and willingness-to-pay (WTP) of SFH owners are estimated. The estimates of WTI to save 15 percentage points of energy consumed and WTP to purchase 15 percentage points of renewable energy are presented in Table 6. So, SFH owners are willing to invest CHF 36,100, for instance, for an insulation of their building which will result in 15% energy savings. At higher levels, for instance to increase energy savings from 45% to 60%, the willingness to invest is only CHF 17,400<sup>5</sup>. Because it is in reality more expensive to obtain the maximum benefits, this may indicate that the WTI is no longer high enough to achieve these efficiencies.<sup>6</sup>

Table 6: WTI and WTP for 15 percentage-points of benefits (in '000 CHF). Standard errors in parentheses. Significance levels \* p < 0.1, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01.

	<b>0-15%</b>	<b>15-30%</b>	<b>30-45%</b>	<b>45-60%</b>
<b>WTI</b>	36.1***	29.9***	23.6***	17.4***
	(7.6)	(5.7)	(4.0)	(2.7)
<b>WTP</b>	13.6***	11.2***	8.9***	6.5***
	(3.6)	(2.8)	(2.2)	(1.6)

WTI and WTP estimates for SFH owners are positive and significant, but marginally decreasing with increasing amount of benefits. Said otherwise, SFH owners are willing to spend money on energy investments, but this willingness is limited. For large investments that could bring energy consumption

<sup>4</sup> We talk about WTI whenever it is an investment in the true sense of the word (for instance, insulation or PV). WTP is used for the purchasing options (buying renewable heat or electricity). This is done to clarify that these are different types of expenses.

<sup>6</sup> For flat owners, WTI and WTP estimates are not significant and, therefore, are not presented here, but can be found in Working Paper 2.



very low and/or the share of renewable energy very high, WTI and WTP might not be sufficient to cover the costs. As a result, SFH owners may be rather willing to invest in “basic” installations or upgrades to reap some benefits such as energy savings or production of renewable energy, but they are not willing to get the best available solution to achieve the maximum benefit <sup>7</sup>

The main findings of this choice experiment can be summarized as follows:

1. We observe a general tendency toward renewables as opposed to energy efficiency investments.
2. There is however, a remarkably low willingness to participate in collective investment options such as self-consumption communities or joint neighbourhood projects.
3. There are mixed findings regarding smart technologies, namely storage and load management. Overall, load management in itself is not valued by the respondents. While SFH owners tend to appreciate a combination of storage and load management, flat owners do not show any significant valuation of these options.
4. Home owners (including flat owners) make significant trade-offs among various non-energy and energy-related investment options. The experiment's results identify three relatively distinctive groups:
  - An important cluster of respondents (about two thirds) know what they want, and do not make any marginal trade-offs. There is however, a significant heterogeneity among these respondents:
    - Slightly less than a third of respondents (27%) have systematically opted for PV investments, suggesting a considerable interest in PV as opposed to other options.
    - 40 to 50 percent of respondents systematically selected a renewable purchase option, when such an option was available to them.
    - About a third of owners living in relatively old buildings do not show any interest in energy investments, but are willing to overhaul their heating systems and/or building envelopes when it is needed.
  - A second cluster (about a third of respondents) are those who make marginal trade-offs between most options. Among this group, the interest for PV investments (adoption probability about 50%) and insulation (adoption probability about 34%) is relatively high as opposed to non-energy expenditures, with odds ratios of 1.8 and 1.2 respectively.
  - Finally, an important cluster of respondents (slightly more than a third) show a tendency to choose the non-energy investment option (status quo), even in cases where they are provided with relatively interesting energy investment options. This cluster overlaps with the 2<sup>nd</sup> cluster, hence not perfectly distinguishable, except for a small minority (about 5%) of respondents that are not interested in energy investment in their buildings (including overhaul) or any purchase of renewables. This group can be divided into two distinctive trade-off patterns based on their dwelling type:
    - SFH owners relatively favour non-energy investment in their buildings (e.g., inside addition or renovation) closely followed by saving (retirement or financial market).
    - Flat owners conversely favour saving options first, followed by non-energy investment in their flat.

---

<sup>7</sup> For flat owners, the results are not significant, which can be due to the smaller sample size.



5. We do not detect much significant effect for the policy treatments included in the study. This can be explained by the strong heterogeneity in respondents' preferences with a majority showing little or no marginal trade-off between investment options. Only the CO<sub>2</sub>-related policies show a statistically significant effect. While CO<sub>2</sub> taxation is deemed effective for flat owners, SFH owners are responsive to CO<sub>2</sub> cap regulations.
6. SFH owners show a significant willingness-to-pay for energy saving projects but also for the direct purchase of renewables, with a decreasing marginal valuation. Flat and SFH owners show an important propensity differential in choosing investment in their dwelling. The survey responses suggest that SFH owners are about twice more likely to use their money on energy investment.

#### 4.2.2 Effects of complexity and experience (Experiment 2)<sup>8</sup>

In Experiment 2, we investigate how complexity of energy-related investments and prior experience with energy-related investments matter for investment decisions. Indeed, while costs, benefits, and other characteristics of investments certainly play a role (as evidenced in Experiment 1), complexity and uncertainty can also discourage residents from undertaking energy investments for their buildings. Uncertainty is decreased by the learning effect that comes with past investment. Thus, experience may play an important role. Experienced households may be more willing to invest again in further energy-related improvements for their buildings. Thus, another focus in this study lies on the effect of experience on investment decisions.

Policies aimed at promoting energy investments are available in many countries like Switzerland. Support in form of subsidies for energy investments like PV installations are available. But even though subsidies are supposed to foster investments, the process for applying and obtaining subsidies can be difficult and discouraging. Resulting complexity can impede investments (de Vries, Rietkerk, & Kooger, 2020), especially because subsidies are often seen as a basic prerequisite for investments as they lower financial hurdles (Gillingham, Newell, & Palmer, 2009; Mundaca & Samahita, 2020). Lowering transaction costs resulting from bureaucratic hurdles can thus foster energy investments (Inderberg, Tews, & Turner, 2018). A "one-stop shop" (OSS) taking care of complex tasks can be a convenient solution by taking the burden off homeowners' shoulders (Pardalis, Mahapatra, Mainali, & Bravo, 2021). We investigate this research question by introducing an OSS treatment in our discrete choice experiment. Our objective is to determine whether homeowners appreciate the OSS concept, and if simplifications of the procedures bear potential to affect investment decisions positively.

To get a first insight of the perception of the current subsidy process and potential impacts of the OSS treatment on decision-making, we questioned home owners about their experience with the application process. Figure 6 displays the answers and shows that most respondents do not consider the subsidy application process as being too complicated. Yet, a non-negligible proportion of more than a quarter considers the process as complicated or extremely complicated.

---

<sup>8</sup> This section is based on the Working Paper 3 provided in Appendix C.

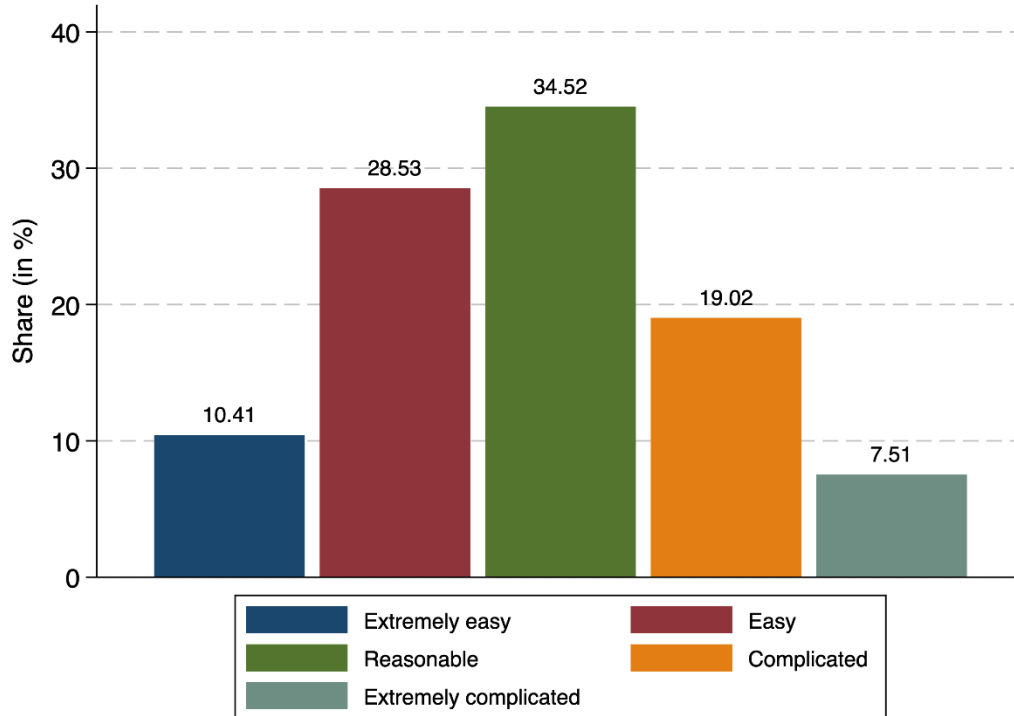
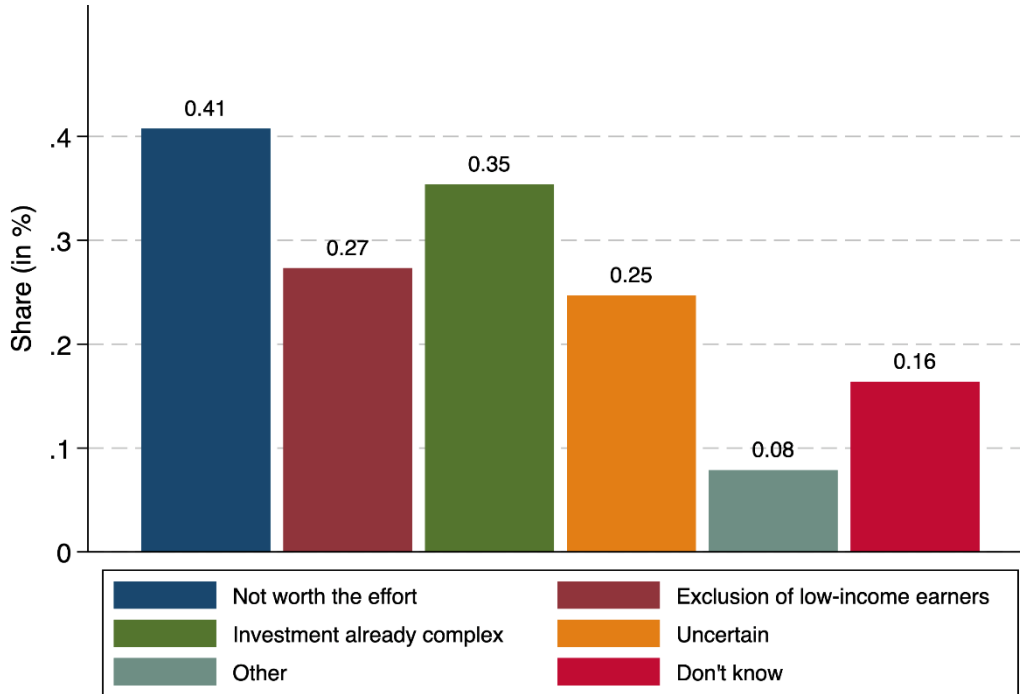


Figure 6: Perception of the subsidy application process

When asked what they consider to be the biggest problems with the application process (Figure 7), the most common responses are that applying for subsidies is not worth the effort, or that it renders an already complex investment process even more complicated. Uncertainty and exclusion of low-income households are also regularly mentioned. Thus, even though the overall impression of the existing system is not negative, homeowners seem to see room for improvement.



Note: It was possible to give several answers. The shares refer to all respondents of the survey.

Figure 7: Perceived problems due to complexity of the subsidy application

This experiment was also about finding out how owners choose between different energy investments and other expenses. As shown in Figure 8 and as in Experiment 1, a pattern is observed here, with renewable energy investments being often preferred. In particular, PV and renewable heating are frequently selected when the corresponding option is available. Insulation and overhaul options are chosen relatively rarely.

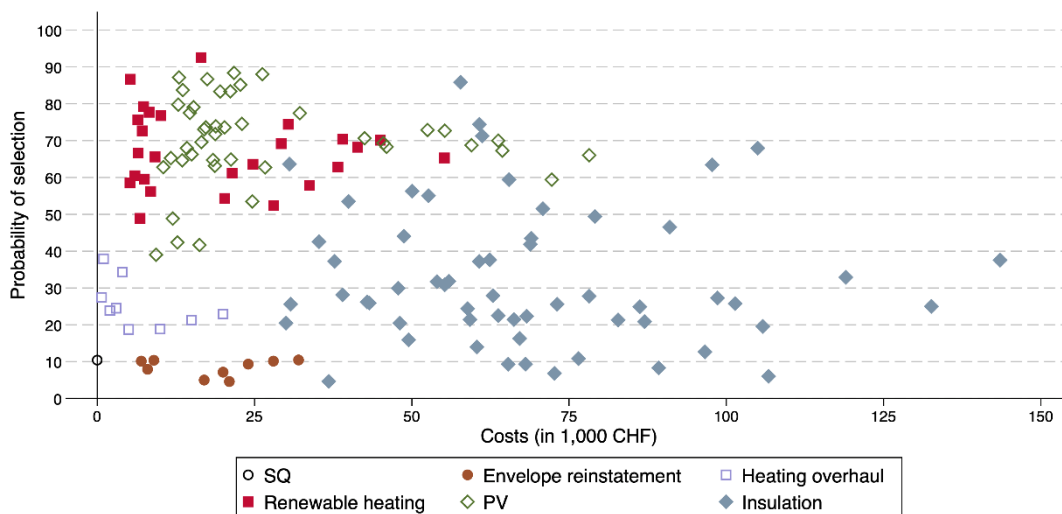


Figure 8: Selection probability of energy investment by costs



The estimation results are coherent with these descriptive statistics. Owners prefer PV, but renewable heating and insulation are also valued. Furthermore, results suggest that a given amount distributed as subsidies has a stronger impact than an equivalent cost reduction. Said otherwise, CHF 1 of subsidies is more important to respondents than CHF 1 of (lower) costs. Even though this deviates from rationality because net costs are the same in the end, it shows the importance of such policies for the diffusion of energy investments. This is especially the case for PV as such investments are hardly ever undertaken without subsidy support.

The OSS treatment shows a positive effect for those who have already made experience with energy investments and received subsidies for insulation investments, which shows that simplification of the subsidy procedure may have a positive impact. Yet, it has to be noted that the share of respondents who received subsidies for insulation investments is rather small, as such investments are often undertaken without subsidy support. On the other hand, virtually all PV investments are supported by subsidies and investors in this domain show no significant reaction to the OSS treatment. This is in line with the previously discussed perception of the application process. An OSS is not necessarily needed if the existing system is not seen as overly complicated and therefore a hindrance.<sup>9</sup>

Regarding the effect of experience on investment decisions, estimation results reveal that those who already invested in PV are more likely to choose PV investments again in the experiment. This suggests that experience can decrease the uncertainty and scepticism against such investments, which can otherwise act as a barrier.

Personal characteristics do also affect choices. Respondents with a university degree give more importance to energy benefits, although the difference is rather small. Older individuals are significantly less likely to choose costly energy investments, which is in line with the findings in Experiment 1.

We finally estimated the WTI, separating flat and SFH owners. In both groups, the WTI is positive but decreasing.<sup>10</sup> This shows that flat and SFH owners are willing to invest money for energy improvements on their building. Yet, this willingness is limited, and they may not be willing to exhaust feasible energy improvements. This can be seen from the fact that SFH owners are willing to pay CHF 21000 to insulate their building, for example, which gives them a 15% energy saving. However, when it comes to increasing the efficiency from 45 to 60%, the willingness to invest is lower at only CHF 10700. Since the cost of such an upgrade is usually higher than for simple insulation, this may indicate that SFH owners are unwilling to invest in the highest possible efficiency.

Table 7: WTI for 15 percentage-points of benefits (in '000 CHF). Standard errors in parentheses. Significance levels \*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ .

	<b>0-15%</b>	<b>15-30%</b>	<b>30-45%</b>	<b>45-60%</b>
<b>Flat owners</b>	18.0**	14.8**	11.6**	8.4**
	(8.3)	(6.6)	(4.9)	(3.5)
<b>SFH owners</b>	21.0***	17.5***	14.1***	10.7***
	(3.4)	(2.6)	(1.9)	(1.3)

<sup>9</sup> There is a negative effect treatment effect for MFH owners who invested in PV before and received subsidies for this purpose. Yet, this must be interpreted with care as the sample size is very small. For flat owners we do not detect a significant effect for the OSS treatment.

<sup>10</sup> WTI estimates for MFH owners are not significant, probably as a consequence of the small sample size, and therefore not reported. The estimates follow a similar pattern as for the other owner groups, although the levels are lower.





The main findings of this choice experiment can be summarized as follows:

1. Similar to Experiment 1, we observe a general tendency toward renewables as opposed to energy efficiency investments.
2. Subsidies have important effects inducing investments. Indeed, received subsidies are relatively more valued than mere cost saving. Such findings provide evidence of subsidies' attractiveness and their decisive role in energy investment decisions. The mere existence of subsidies is likely to trigger some investments and, therewith, they bear potential to promote energy investment behaviour in general.
3. Complexity: simplifying subsidy procedures do show little effect for respondents who did already not experience subsidy application. However, respondents who have had a prior investment experience show a slightly but significantly higher propensity to (re-)invest under a simplified regime (i.e. a one-stop shop). The effect is relatively more important for envelop insulation (EI) as opposed to PV installations, and for MFH owners compared to SFH and flat owners.
4. Experience effects: experience with investments shows a remarkably different effect for PV and EI investments. Respondents with PV experience are more likely (compared to those without experience) to engage in another investment, whereas those with EI experience do not show any significant difference compared to those without experience. This suggests that compared to EI investment, PV installations have given a more pleasant (or less annoying) experience with little or no regret. This difference could be partly related to the subsidy schemes that differ across investment types and seem to be too complicated for some respondents.
5. The respondents show a significant willingness-to-invest for energy saving projects, with a diminishing marginal value. Compared to flat owners, SFH owners show a slightly but not significantly higher average willingness-to-invest.

#### 4.3 Analysis of tenants' stated preferences (Experiment 3)<sup>11</sup>

The majority of Swiss households are tenants rather than home owners. Yet, investigations of the energy-related decisions by tenants are relatively scarce. Differently to owners, tenants' capacity to invest in energy-related projects is more limited and complex. Usually, the latter cannot decide by themselves on investments but rather depend on initiatives by the landlord. For tenants, it is less about investing and more about contributing to investments, hence the well-known split-incentive problem. Because the investor, in this case the landlord, and the investment's beneficiary, in this case the tenant, are two different agents, incentives to invest are diminished. This leads to a situation where substantial potential for energy-related improvements remains untapped. Tenants are also less attached to the building they live in compared to owners, and their incentives to contribute to energy investments may therefore differ from those of owners. Thus, for tenants, collective investment projects like crowd-investments may be more attractive, because benefits can be generated and investment is independent from their residency. Even after moving, such investments can be sustained. Furthermore, costs are lower and flexibility is enhanced, which can play an important role for tenants. Therefore, it is of interest which general tendencies in their investment decisions can be observed, but also which trade-offs between different investment options, other expenses but also financing options affect their choices. We also look at how tenants respond to optimising opportunities that can influence flexibility and reduce costs. Even though some policies do not directly target tenants, as they rather affect investors, it is of interest to investigate how tenants' decisions are influenced by such measures.

---

<sup>11</sup> This part is based on the Working Paper 4 provided in Appendix D.



To get a first impression of tenants' general spending preferences, we asked how they would spend an unexpected tax refund. Their responses (Figure 9) indicate their preference to spend for vacation, followed by savings. A share of 18% also state willingness to use funds for their flat or a potential residency upgrade. Thus, at least a share of them may be interested in energy investments, but that share is much lower than for owners (see Table 3). Conversely, the tendency to spend for vacation is much lower among owners than among tenants, which shows that investment behaviour is obviously different across the two groups and highlights the importance to investigate them separately.

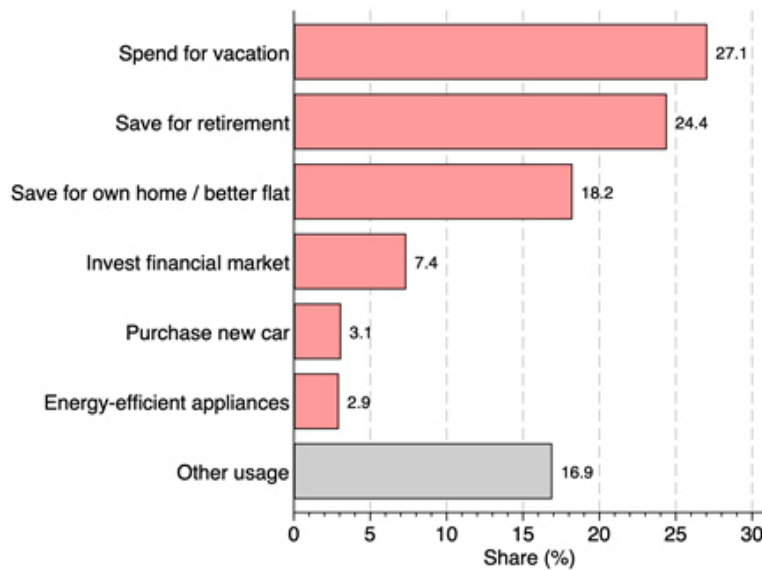


Figure 9: Preferred usage of unexpected tax refund

In the discrete choice experiment, tenants choose between multiple energy investment contributions which differ with respect to their attributes. An important difference in this DCE with respect to the ones implemented for the owners lies in how the costs are presented. Considering tenants' investment possibilities, it would not have been meaningful to offer them the opportunity to invest in major buildings' renovations or installations. Therefore, we formulate the costs incurring to tenants as monthly rent increases that would be passed through by their landlords in case of investment. All cost figures are therefore expressed in CHF per month in this experiment.

Figure 10 provides a descriptive overview of choices made in the DCE, and shows that tenants primarily choose renewable energy investments whenever available. In particular, the purchase of renewable electricity and contribution to investments in PV installations are often chosen. Also, it appears that cheaper options tend to be more often selected, although the relationship is not perfectly unambiguous.

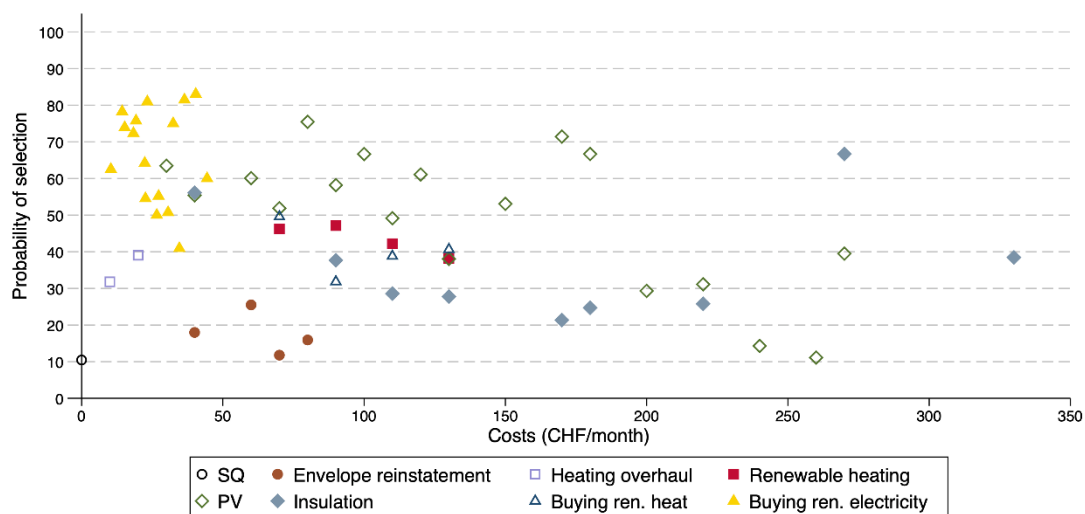


Figure 10: Selection probability of energy investments by costs

In this DCE, the aim was to find out whether tenants are interested in the offered energy investments, whether they have clear preferences for certain options, or whether they are willing to alter their choice based on changing attributes. Table 8 shows how often certain options were never, sometimes or always selected when they were available. It appears that only a few respondents are not interested in energy investments at all and systematically reject the energy-related options by always selecting the status quo (SQ). A large proportion (74%) even always choose one of the energy options. These respondents generally seem to be interested in energy investments and even changing attributes and investment options does not alter their choice towards the SQ option. In particular, purchasing renewable energy was selected by many respondents when it was offered. This may indicate that tenants are more interested in flexible and cheaper options. In contrast, envelope reinstatement and insulation, which are relatively burdensome and expensive, were often never selected. A number of respondents switch between different options, reacting to changes in attributes, so that trade-offs play a role and these are investigated using regression analyses.

Table 8: Respondents (in %) who never, sometimes, or always select a specific investment type when it is offered

	Status Quo (None of the two)	Envelope Reinstatement	Heating Overhaul	Renewable Heating	PV	Insulation	Buying Renewable Heat	Buying Renewable Electricity
<b>Never</b>	73.97	77.50	34.57	27.65	15.15	44.47	45.63	24.40
<b>Sometimes</b>	22.65	8.57	51.85	47.1	61.62	46.02	21.84	14.16
<b>Always</b>	3.38	13.93	13.58	25.26	23.24	9.51	32.52	61.44
<b>Number of respondents</b>	680	280	162	293	680	452	206	459
<b>Number of offered choices</b>	4080	458	787	906	3052	1854	335	768



The results obtained with conditional logit models establish more robustly what the descriptive statistics already partly reveal. In particular, we obtain a preference for renewable energy, especially purchasing renewable electricity option. Another aspect that estimations bring out is the attitude towards different contribution possibilities. Although self-consumption communities and crowd investment can be alternatives to pure participation in the landlord's investments, the respondents show a clear aversion to such projects. This implies that participation to investment by the tenant in the form of a rent increase is still the preferred way. There is no sign of a general trend towards new forms of collective investment.

Because smart technologies and optimisation are potential solutions to use energy more efficiently, some investment options in the experiment were accompanied either by a battery to store renewable electricity, load-management by the utility to optimise consumption, or a combination of both. Yet, these options do not really seem to affect tenants' choices significantly. One explanation for this result is that benefitting from energy storage is more difficult for tenants because using stored energy also depends on the behaviour of other tenants in the same building. If the stored energy is already used, then there is no benefit of such installation. Given this uncertainty, their lack of interest and willingness-to-pay for such devices is not surprising.

Furthermore, the estimation results reveal tenants' perception of policies. For the subsidies and net-metering treatment, we find a significant and positive effect. Respondents submitted to these treatments seem to be more sensitive to benefits. Thus, such policies may induce tenants to participate more willingly in energy investments.

Finally, we calculate tenants' willingness-to-pay for these energy investments. This gives indications of whether it would be sufficient to make such investments worthwhile for the landlord. The results can be seen in Table 9. The willingness-to-pay for contributions to investments is considerably higher compared to the willingness-to-pay for consuming renewable electricity. In general, there is a marginally decreasing willingness-to-pay for energy improvements. Yet, this can be sufficiently high to facilitate the investment or purchase of renewable energy. This is an important signal for landlords, as it may make investments on rental buildings worthwhile and, therewith, can help to overcome the split incentive problem. The results show that tenants would be willing to pay a rent premium of CHF 85 per month, for instance, to save 15% of energy. Yet, the results also show that this willingness to pay is decreasing, so that tenants would like to contribute to reap some benefits, but they may not be willing to spend a lot to gain the maximum benefits, which would require a greater investment.

Table 9: Willingness to pay for 15 percentage-points of additional benefits (in CHF/month)

	0-15%	15-30%	30-45%	45-60%
<b>WTP</b>	85***	74***	63***	52***
<b>(Contribution to investment)</b>	(17)	(13)	(10)	(8)
<b>WTP</b>	21***	18***	15***	13***
<b>(Buying renewable electricity)</b>	(8)	(7)	(6)	(5)

Standard errors in parentheses. Significance levels \*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ .

The main findings of this choice experiment can be summarized as follows:

1. We observe a general tendency toward renewables as opposed to energy efficiency investments.



2. There is however, a remarkably low tendency for collective investment options such as participation in self-consumption communities or crowd investments.
3. Tenants do not show much significant valuations for smart technologies, namely storage and load management. In particular, load management is not appreciated, but storage options are rather positively valued, though not statistically significant in both cases.
4. Like owners, tenants make significant trade-offs among various non-energy and energy-related investment options. Only a small fraction of respondents (3%) are not open to any investment options offered to them. The experiment's results identify three distinctive groups:
  - An important cluster of respondents (roughly about half) strongly favour purchasing renewable energy over all other options.
  - Another cluster (about a fourth) strongly prefer envelope insulation projects.
  - Finally, a third cluster (roughly about a fifth of respondents) are those who make marginal trade-offs between most options. Among this group, the interest for envelope insulation (adoption probability around 62%) and PV investments (adoption probability around 30%) is relatively high as opposed to non-energy expenditures (adoption probability of 23%).
5. We do not detect much significant effect for the policy treatments included in the study. This can be explained by the strong heterogeneity in respondents' preferences with a majority showing little or no marginal trade-off between their investment options. Only subsidies and net metering show a statistically significant effect.
6. The respondents show a significant willingness-to-pay for contributions in energy saving projects but also for the direct purchase of renewable electricity, both with a decreasing marginal valuation.



## 5 Conclusions

In this study, we investigate the motivations for investing in energy-related projects, which either improving energy efficiency in the investor's building or with increasing the share of renewable energy consumed. To this end, we deploy two complementary approaches. First, we analyse revealed preferences, i.e., real investment behaviour, by collecting data about past renovation activities (i.e., energy-related retrofits and overhaul measures) implemented by building owners in Switzerland over the last 30 years. Second, we elicit preferences of Swiss households (all types of owners and tenants) regarding a number of investment types using stated preference approaches.

### 5.1 Revealed preferences

Our survey of past renovations provides evidence in line with previous findings from the literature about relevant socio-economic and building-specific factors. Yet, our study brings further insights, e.g., by considering different building sectors and implemented policies. Our results reveal slightly increasing retrofit rates during the period 1991-2019, which confirms (and extends) trends observed by Banfi et al. (2011) for the period 1996-2009. This general trend is partly explained by improved subsidy conditions (i.e., increasing subsidies) and the gradual increase of energy prices and the CO<sub>2</sub>-levy, which show a significant positive effect on the retrofit activity.

We observe that retrofit rates differ substantially between owner types and the age or education of owners. Hence, we infer that strategies should be tailored to various social characteristics and specific groups of building owners. For instance, while it is relatively straightforward to design incentives for SFH owners, more sophisticated strategies, policies and business models that facilitate cooperation and coordination may be needed in order to effectively reach flat owners.

Because renovation cycles are slow and long lasting, it seems crucial to rapidly implement energy efficiency measures and shift to renewable energy technologies in buildings. Otherwise, national climate goals may be at risk. In this respect, support schemes can play a central role, and our study demonstrates that they continue to be widely appreciated by building owners.

The collected data shows that the distribution of heating systems differs considerably across construction periods and building sectors (among others). While newer buildings are frequently equipped with renewable heating systems, retrofitting older buildings remains a challenge and therefore needs to be promoted, possibly in combination with energy efficiency measures. In the context of such retrofit investment decisions, our analysis emphasizes the decisive role of heating installers, suppliers and planners. It is crucial that these actors are up to date concerning all aspects of energy saving options and renewable energy systems. Efforts in this direction are ongoing with the programme "Impulsberatung" (BFE, 2022; Suissetec, 2022). The results moreover reveal a still considerable amount of oil and gas heating systems in buildings built in the last 20 years and point towards the importance of information campaigns to foster the diffusion of renewable heating systems.

### 5.2 Stated preferences

Through a series of three discrete choice experiments, we investigate stated preferences regarding energy-related investment decisions by Swiss households (both owners and tenants). We observe a globally positive appreciation for the offered energy investment options, but also substantial heterogeneity across preferences from different groups of residents. Important differences for instance appear across tenants and owners regarding how they would spend an unexpected lump sum of money: Whilst a large share of owners would invest the money in their building, most tenants say they would rather spend it for vacation. Considering such differences implies that levers and strategies should be tailored to each group.



Overall, we find that SFH owners are ready to invest in energy-related projects. Contrarily, tenants and flat owners display a preference for simply purchasing renewable energy (i.e., paying a provider for delivering renewable electricity or district heating). PV installations stand out as the only system in which tenants seem ready to invest. The larger propensity of tenants and flat owners to purchase rather than invest is explained by the fact that cooperation and coordination, which are necessary for a joint investment decision by several agents, are always accompanied by direct or implicit transaction costs. This more complex situation certainly limits the attractiveness of energy-related projects. Purchasing options are therefore especially interesting for tenants, who are relatively less attached to their residential building. One could imagine a similar reasoning for collective investments, such as self-consumption communities or crowdfunding. However, we do not detect any appreciation for these novel forms of investments. Exploiting the potential of collective investments may be complicated in a purely private context, and some sort of institutional framework may be required to influence attitudes favourably. Also, such collective investment options might not yet be known well enough to the respondents.

Smart technologies are increasingly developed to automate load management and make optimal usage of batteries. However, our results reveal mixed findings about these: While SFH owners tend to appreciate a combination of storage and load management, flat owners do not show particular appreciation of these options. Moreover, load management alone is not appreciated by the respondents. Hence, incentives may have to be increased or the framework has to be adjusted to make investment in smart solutions more attractive.

Taken together, the results of the three choice experiments confirm a general tendency toward renewables as opposed to energy-efficiency investments. We also observe a relatively low inclination toward collective investments across all respondent types and little evidence of any considerable effect from technological advances such as smart load management and storage. Comparing preferences from MFH owners, SFH owners, flat owners and tenants, we obtain suggestive evidence of an overall pattern whereby transaction costs matter and more coordination could potentially penalize collaborative or joint investments as opposed to individual investments and purchases.

While a significant willingness to invest for energy saving investments is estimated for all respondent types (both owners and tenants), the results indicate strong heterogeneity in preferences and the resulting trade-offs. In this regard, home-owners who reside in their property constitute a special group. A majority of these households are relatively insensitive to marginal trade-off between various investments: They have rigid preferences concerning specific investment types and do not consider potential energy-related improvements as sufficient to affect their decisions.

For most policies, we are not able to establish clear impacts based on the discrete choice experiment. This might be attributed to the design chosen (treatment approach). Our findings nevertheless indicate a significant appreciation of subsidies across the board (even for tenants). These already well-established instruments keep playing an important role for promoting energy-related investments. Moreover, it appears that experienced investors do not consider administrative procedures associated with the subsidy application as too complicated. As a consequence, further simplifications (such as the establishment of a one-stop shop) would affect investment decisions only in marginally and for specific investments (e.g., envelop insulation) and contexts (e.g., MFH owners or those with prior experience in applying for subsidies).

### 5.3 Overall policy implications

Combining the results from revealed data and stated preferences, we can point to several policy implications. First and foremost, subsidies represent an important effect that is borne out in both analyses. While historical data indicate a link between improvements in subsidies and a significant growth in retrofit rates, all our experiments point to a general appreciation of subsidies among all related groups (including tenants).



Secondly, our study provides a mixed conclusion concerning CO<sub>2</sub> levy and its potential effects: While historical data show a positive correlation between gradual increases in CO<sub>2</sub> levy and the observed retrofit trends, the effect is not confirmed by stated-preference data. In fact, experimental data suggest that potential effects could be sought in stringent regulation such as CO<sub>2</sub> caps rather than taxation.

Last but not least, our analyses point to important heterogeneity among various investor categories. Not only building characteristics such as age and location matter, but also the investor's social characteristics such as age and education could have important effects on investment decisions. Effective policies should target specific needs for various groups of potential investors. It can be necessary to target SFH, MFH and flat owners differently, because their situation and influencing factors are different. As discussed, even tenants are affected by policies, even though it is rather the landlord who has to invest. Thus, targeting MFH owners may also increase the tenants' willingness to contribute to energy investments that are beneficial for them and the environment, which can also help to solve split-incentive problems.





## 6 Outlook and next steps

Combining the results from revealed data and stated preferences, we can point to several policy implications. First and foremost, a common finding in both types of analyses is that subsidies exert important impacts on investment decisions. Historical data indicate a positive and significant link between subsidies and retrofit rates, and all our experiments point to a general appreciation of subsidies among all related groups (including tenants). The current subsidy scheme displays good effectiveness and it does not seem necessary to develop it further.

Second, our study provides mixed conclusions concerning the CO<sub>2</sub> levy and its potential effects: While historical data show a positive correlation between gradual increases in CO<sub>2</sub> levy and the observed retrofit trends, the effect is not confirmed by stated-preference data. In fact, experimental data suggest that potential effects could come from more stringent regulation such as CO<sub>2</sub> caps rather than from taxation.

All our analyses then point to important heterogeneity across investors. Not only building characteristics such as age and location matter, but also the investor's socio-economic characteristics such as age and education affect investment decisions. Effective policies should target specific needs for various groups of potential investors. Particular attention should be placed on MFH residents (flat owners and tenants), who respond differently than SFH owners and are more complicated to engage in energy-related investment. Investments in MFH buildings indeed require cooperation and coordination across multiple stakeholders (several owners and tenants). The issue is most pronounced in the case of rental properties, where split incentives (owners bear investment costs; tenants bear energy costs) are known to lead to under investment and energy efficiency gap. Novel forms of collective investments (such as self-consumption communities or crowdfunding) could be expected facilitate shared investment, thus alleviating the problem. Our experimental results however suggest that technological and business innovations will not necessarily provide a panacea in solving suboptimal energy investments in the building sector. While such innovations have a theoretically great potential in fuelling investments toward energy savings, they face practical important challenges that hinder their diffusion. It seems more promising that utilities provide tenants with renewable energy which they can simply purchase. How to successfully involve the large group of tenants (more than 60% of the Swiss population) in energy-related investment remains a major challenge that deserves further research.

We also suggest that future work examines more closely specific cantons in Switzerland, especially due to the differences found in this study. Rural and urban cantons face radically different contexts, which of course affect how buildings are equipped for instance in terms of heating systems. The cantons are in different stages of their energy transition towards renewable heating systems, so that comparisons would deliver extremely valuable insights and would permit to establish best practices that could be followed by the least advanced. While we survey homeowners from 19 different cantons in this study, we cannot claim our sample is representative of the entire country, as we for instance miss most of the French-speaking region of Switzerland (GE, FR, VS, JU).

We moreover believe it would be valuable to update the results of this study periodically in the future, as this would allow a sustained investigation of (building envelope) retrofit activity and would provide reliable data for the definition and monitoring of targets (e.g. net-zero until 2050). Certain data (e.g. heating system type) could be gathered directly from the building registry, although it would require a constant updating of the registry, and more detailed complementary data (e.g., retrofit activities for several building elements) can be obtained using dedicated surveys as in this study.

We must finally acknowledge that while multi-family houses (MFH) are part of our study, we could not run all analyses separately for this group because the subsamples were sometimes too small to deliver robust results. We therefore plan to focus on this very important group in a follow-up project. Specific research focusing on MFH owners is warranted for several reasons. First, this is an heterogeneous group, composed by private and institutional owners, which is therefore challenging to



address. Second and maybe even more importantly, the majority of the population lives in MFHs. The energy transition can certainly not be successfully accomplished without accurately understanding the MFH owners.



## 7 National and international cooperation

The MISTEE choice experiment was undertaken as a part of the Swiss Household Energy Demand Survey (SHEDS) which is the result of an intensive national cooperation. Moreover, the MISTEE project was implemented in close collaboration with the project “Kantonale Energiekennzahlen und CO<sub>2</sub>-Emissionen im Gebäudebereich” (Jakob et al., 2021) which allowed to increase the sample size for the DCE and to elicit energy retrofit rates.



## 8 Publications

Within the MISTEE project, the following publications were generated:

- Working paper 1: Erneuerungstätigkeiten im Schweizer Gebäudepark: eine empirische Analyse (Jakob, Müller, Farsi, Weber, & Maciosek, 2022), see Appendix A.
- Working paper 2: Analysis of investment decisions based on homeowners' stated preferences: Policy measures, smart technologies and financing options (Maciosek et al., 2022a), see Appendix B.
- Impact of complexity and experience on energy investment decisions for residential buildings (Maciosek et al., 2022b), see Appendix C.
- The role of tenants in the transition towards more sustainable energy consumption (Maciosek et al., 2022c), see Appendix D.

Conference contributions included:

- Presentation at the Brenet Status-Seminar in Aarau in September 2022 (Müller, Jakob, Farsi, Weber, & Maciosek, 2022)
- Presentation at 13<sup>th</sup> Student Chapter Workshop by SAEE in October 2021 (Swiss Association for Energy Economics) (Maciosek, Farsi, & Weber, 2021a)
- Presentation at CUSO in Fribourg in September 2021 (Maciosek, Farsi, & Weber, 2021b)



## 9 References

- Ameli, N., & Brandt, N. (2015). *Determinants of households' investment in energy efficiency and renewables: evidence from the OECD survey on household environmental behaviour and attitudes*. {IOP} Publishing. *Environmental Research Letters*, 10(4), 44015. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/4/044015>
- Banfi, S., Farsi, M., Jakob, M., Häberli, A., Karydas, K., Manser, J., & Volkart, K. (2012). *An Analysis of Investment Decision for Energy-Efficient Renovation of Multi-Family Buildings*. Centre for Energy Policy and Economics (CEPE) ETH Zürich und TEP Energy i.A. Bundesamt für Energie (BFE). Zürich.
- BFE. (2022). *Impulsberatung «erneuerbar heizen» ab sofort kostenlos*. Retrieved from <https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-87815.html>
- BFS. (2017). *Gemeindetypologie und Stadt/Land-Typologie 2012*. Neuchâtel.
- Charness, G., Gneezy, U., & Kuhn, M. A. (2012). *Experimental methods: Between-subject and within-subject design*. North-Holland. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 81(1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/J.JEBO.2011.08.009>
- de Vries, G., Rietkerk, M., & Kooger, R. (2020). *The Hassle Factor as a Psychological Barrier to a Green Home*. *Journal of Consumer Policy*, 43(2), 345–352. <https://doi.org/10.1007/s10603-019-09410-7>
- Farsi, M. (2010). *Risk aversion and willingness to pay for energy efficient systems in rental apartments*. Elsevier. *Energy Policy*, 38(6), 3078–3088. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.01.048>
- Gerarden, T., Newell, R., & Stavins, R. (2015). *Addressing the Energy- Efficiency Gap*. HKS Faculty Research Working Paper Series.
- Gillingham, K., Newell, R. G., & Palmer, K. (2009). *Energy Efficiency Economics and Policy*. Annual Reviews. *Annual Review of Resource Economics*, 1(1), 597–620. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV.RESOURCE.102308.124234>
- Goebel, V., & Kohler, F. (2014). *Raum mit städtischem Charakter 2012 (Erläuterungsbericht)*. BFS. Neuchâtel.
- Hille, S. L., Curtius, H. C., & Wüstenhagen, R. (2018). *Red is the new blue – The role of color, building integration and country-of-origin in homeowners' preferences for residential photovoltaics*. Elsevier B.V. *Energy and Buildings*, 162, 21–31. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.11.070>
- IEA. (2020). *Energy Efficiency 2020*. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2020>
- Inderberg, T. H. J., Tews, K., & Turner, B. (2018). *Is there a Prosumer Pathway? Exploring household solar energy development in Germany, Norway, and the United Kingdom*. Elsevier. *Energy Research & Social Science*, 42, 258–269. <https://doi.org/10.1016/J.ERSS.2018.04.006>
- Jakob, M., Catenazzi, G., Sunarjo, B., Müller, J., & Weinberg, L. (2021). *Kantonale Energiekennzahlen und CO2-Emissionen im Gebäudebereich*. TEP Energy i.A. BAFU, KVU und EnFK. Zürich.
- Jakob, M., Müller, J., Farsi, M., Weber, S., & Maciosek, B. (2022). *Erneuerungstätigkeit im Schweizer Gebäudepark: eine empirische Analyse (in press)*. TEP Energy und Universität Neuenberg i.A. BFE. Zürich, Neuchâtel, Bern.
- Kubli, M. (2018). *Squaring the sunny circle? On balancing distributive justice of power grid costs and incentives for solar prosumers*. Elsevier Ltd. *Energy Policy*, 114(November 2017), 173–188. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.11.054>



- Maciosek, B., Farsi, M., & Weber, S. (2021a). *Analysis of homeowners' energy investment decisions with consideration of emerging opportunities (Presentation at 13th Student Chapter Workshop of SAEF)*. Zurich.
- Maciosek, B., Farsi, M., & Weber, S. (2021b). *Effects of simplifications on energy investment choice behaviour (Presentation at CUSO Fribourg)*. Fribourg.
- Maciosek, B., Farsi, M., Weber, S., & Jakob, M. (2022a). *Analysis of investment decisions based on homeowners' stated preferences: Policy measures, smart technologies and financing options..* IRENE Working Papers (forthcoming), IRENE Institute of Economic Research.
- Maciosek, B., Farsi, M., Weber, S., & Jakob, M. (2022b). *Impact of complexity and experience on energy investment decisions for residential buildings..* IRENE Working Papers (forthcoming), IRENE Institute of Economic Research.
- Maciosek, B., Farsi, M., Weber, S., & Jakob, M. (2022c). *The role of tenants in the transition towards more sustainable energy consumption..* IRENE Working Papers (forthcoming), IRENE Institute of Economic Research.
- Müller, J., Jakob, M., Farsi, M., Weber, S., & Maciosek, B. (2022). *Einflussfaktoren auf die Erneuerungsaktivität im Gebäudebereich in der Schweiz in den letzten 30 Jahren (Präsentation am Brenet Status-Seminar)*. Aarau.
- Mundaca, L., & Samahita, M. (2020). *What drives home solar PV uptake? Subsidies, peer effects and visibility in Sweden*. Elsevier. *Energy Research & Social Science*, 60, 101319. <https://doi.org/10.1016/J.ERSS.2019.101319>
- Pardalis, G., Mahapatra, K., Mainali, B., & Bravo, G. (2021). *Future Energy-Related House Renovations in Sweden: One-Stop-Shop as a Shortcut to the Decision-Making Journey BT - Emerging Research in Sustainable Energy and Buildings for a Low-Carbon Future*. Springer Singapore. In R. J. Howlett, J. R. Littlewood, & L. C. Jain (Eds.) (pp. 37–52). Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-8775-7\\_4](https://doi.org/10.1007/978-981-15-8775-7_4)
- Petrovich, B., Hille, S. L., & Wüstenhagen, R. (2018). *Beauty and the budget: homeowners' motives for adopting solar panels in a post-grid parity world*, (June), 1–28.
- Reichardt, A. (2014). *Operating Expenses and the Rent Premium of Energy Star and LEED Certified Buildings in the Central and Eastern U.S.* *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 49(3), 413–433. <https://doi.org/10.1007/s11146-013-9442-z>
- Sioshansi, F. P. (2017). *Innovation and Disruption at the Grid's Edge*. Academic Press. *Innovation and Disruption at the Grid's Edge: How Distributed Energy Resources Are Disrupting the Utility Business Model*, 1–22. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811758-3.00001-2>
- Suissetec. (2022). *Anmeldung Qualifikationskurse Impulsberater/in «erneuerbar heizen»*. Retrieved from <https://suissetec.ch/de/erfassung-impulsberater.html>



## 10 Appendix

Appendix A: Erneuerungstätigkeiten im Schweizer Gebäudepark: eine empirische Analyse

Appendix B: Analysis of investment decisions based on homeowners' stated preferences: Policy measures, smart technologies and financing options

<https://ideas.repec.org/p/irn/wpaper/22-06.html>

Appendix C: Impact of complexity and experience on energy investment decisions for residential buildings

<https://ideas.repec.org/p/irn/wpaper/22-07.html>

Appendix D: The role of tenants in the transition towards more sustainable energy consumption

<https://ideas.repec.org/p/irn/wpaper/22-08.html>

# **Motivations for Investment in Smart Technologies and Energy Efficiency (MISTEE)**

---

## **Appendix A**

---

### **Energetische Erneuerungstätigkeiten im Schweizer Gebäudepark: eine empirische Analyse**

---

19. Dezember 2022





UNIVERSITÉ DE  
NEUCHÂTEL

**Datum:** 19. Dezember 2022

**Ort:** Bern

**Subventionsgeberin:**

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

**Subventionsempfänger/innen:**

TEP Energy GmbH  
Rotbuchstrasse 68, 8037 Zürich  
[www.tep-energy.ch](http://www.tep-energy.ch)

Institut de recherches économiques (IRENE), Université de Neuchâtel  
Rue A.-L. Breguet 2  
2000 Neuchâtel

**Autor/in:**

Martin Jakob, TEP Energy GmbH, [martin.jakob@tep-energy.ch](mailto:martin.jakob@tep-energy.ch)  
Jonas Müller, TEP Energy GmbH, [jonas.mueller@tep-energy.ch](mailto:jonas.mueller@tep-energy.ch)  
Mehdi Farsi, IRENE, [mehdi.farsi@unine.ch](mailto:mehdi.farsi@unine.ch)  
Sylvain Weber, IRENE, [sylvain.weber@unine.ch](mailto:sylvain.weber@unine.ch)  
Benedikt Maciosek, IRENE, [benedikt.maciosek@unine.ch](mailto:benedikt.maciosek@unine.ch)

**BFE-Projektbegleitung:**

Anne-Kathrin Faust, [Anne-Kathrin.Fast@bfe.admin.ch](mailto:Anne-Kathrin.Fast@bfe.admin.ch)

**BFE-Vertragsnummer:** SI/501966-01

Die Autoren danken dem BFE für die Finanzierung dieser Arbeiten im Rahmen des MISTEE Projektes und den Mitgliedern der Begleitgruppe, einzelnen Vertretern der KVU, der EnFK und der kantonalen Energie- und Umweltfachstellen sowie den Kantonen für ihre Mitarbeit und ihre Unterstützung und Beiträge zum vorliegenden Projektbericht.

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich. Darin geäusserte Meinungen, Erkenntnisse, Schlussfolgerungen oder Empfehlungen stammen von den Autoren und reflektieren nicht gezwungenermassen die Sichtweise der Subventionsgeberin.

# Zusammenfassung

---

## AUSGANGSLAGE UND ZIELSETZUNG

Die Zielsetzungen der Energie- und Klimapolitik erfordern eine beschleunigte Reduktion der Treibhausgasemissionen im Gebäudebereich. Dazu sind nebst dem Heizungsersatz mit einem erneuerbaren Heizsystem insbesondere Gebäudehüllenerneuerungen notwendig. Verschiedene energiepolitische Massnahmen (z.B. Förderprogramme, CO<sub>2</sub>-Abgabe) wurden in der Vergangenheit eingeführt, um die Erneuerungsraten im Gebäudebereich zu erhöhen. Zur Untersuchung der Wirksamkeit solcher Instrumente ist eine Bestandesaufnahme vergangener Investitionen in Energieeffizienz und erneuerbare Energien unverzichtbar und die Kenntnis einzelner Einflussfaktoren (z.B. gebäude- oder eigentümerspezifisch) von hoher Wichtigkeit.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es entsprechend, die vergangenen Erneuerungstätigkeiten zu erheben und davon sogenannte Erneuerungsraten abzuleiten. Weiter sollen die bestimmenden Faktoren identifiziert sowie die Motivationen und Hemmnisse für Erneuerungstätigkeiten im Gebäudebereich näher beleuchtet werden.

## METHODIK UND VORGEHEN

Die Erhebung des Erneuerungsverhaltens erfolgt durch einen bewährten fragebogengestützten Ansatz, der seit 2019 im Rahmen der CO<sub>2</sub>-Berichtersattung (Jakob, Catenazzi, Sunarjo, Müller, & Weinberg, 2021b) im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) bereits in 19 Kantonen zur Anwendung kam und in Zusammenarbeit mit dem Projekt MISTEE entwickelt wurde. Die Gebäudeeigentümer werden dabei zu getätigten Erneuerungsarbeiten in der Periode von 1991-2019 befragt.

Die Analyse erfolgt getrennt für die Gebäudehülle sowie die Heizsysteme. Die erhobenen Daten werden dabei sowohl deskriptiv als auch anhand statistischer Modelle ausgewertet. Erstere erlauben eine einfache und intuitive Übersicht zu den Daten in der Antwortstichprobe. Die statistischen Modelle lassen schliesslich eine genauere Analyse von möglichen exogenen Grössen zu, um statistisch signifikante Grössen von nicht-signifikanten Grössen zu unterscheiden. Dabei werden die Effekte von einer grossen Anzahl Faktoren auf (gebäude-, standort- und eigentümerspezifische Faktoren sowie auch energiepolitische Massnahmen) die Wahl des Heizsystems resp. die Erneuerungsraten an der Gebäudehülle untersucht.

## RESULTATE

Basierend auf den ermittelten Erneuerungsraten aus dieser Arbeit zeigt sich, dass diese je nach Kanton, Erneuerungsperiode sowie Bauteil zwischen 0.5-1% (Kellerdecke) bis 2-3% (Fenster) betragen. Weiter zeigen sich signifikante Unterschiede bzgl. Bauperiode und Gebäudesektor: Jüngere Gebäude und Mehrfamilienhäuser weisen signifikant höhere Erneuerungschancen auf. Weitere Effekte zeigen sich beim Alter der Eigentümer (negativer Effekt auf die Erneuerungschance) sowie beim Eigentübertyp (Privatpersonen mit höheren Erneuerungschance) und dem Bildungsgrad (höhere Erneuerungschancen mit Hochschulabschluss). Schliesslich weisen die statistischen Modelle auf einen signifikanten Einfluss der Fördersätze sowie der CO<sub>2</sub>-Abgabe hin, was die Wichtigkeit dieser Instrumente unterstreicht.

Bezüglich Heizsystemwahl zeigt sich, dass in neueren Gebäuden erneuerbare Heizsysteme weit verbreitet sind. Bei älteren Gebäuden ist dies jedoch weit weniger der Fall. Im Hinblick auf energie- und klimapolitische Ziele sollen erneuerbare Energien weiter gefördert werden, idealerweise in Kombination mit Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz. Im Zusammenhang mit solchen Investitionsentscheidungen für das Umrüsten von Heizungsanlagen weist die Umfrage auch auf die entscheidende Rolle von Heizungsinstallateuren, -lieferanten und -planern bei der Investitionsentscheidung hin.

Der Anteil der Heizsysteme variiert zudem erheblich zwischen den Gemeindetypen. In ländlichen Gemeinden ist die Wahrscheinlichkeit, mit Holz zu heizen, etwa doppelt so hoch wie in städtischen Gemeinden, verglichen mit Öl. Die Wahrscheinlichkeiten für Wärmepumpen im Vergleich zu Ölheizungen sind bei MFH und Nichtwohngebäuden signifikant niedriger als bei Einfamilienhäusern. Weiter weisen der Gemeindetyp, der Eigentübertyp, sowie ob die Gemeinde gasversorgt ist oder nicht signifikante Effekte auf die Heizsystemwahl auf.

### SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK

Obwohl die Erneuerungsraten an der Gebäudehülle in den letzten 30 Jahren tendenziell leicht angestiegen sind, weisen die Werte darauf hin, dass ein vollständiger Erneuerungszyklus, verglichen zum Stand heute, bis 2050 nur bei den Fenstern möglich ist. Insbesondere die Rate der wichtigen Aussenwandwärmedämmungen sollten in Zukunft gesteigert werden. Förderprogramme können dabei eine zentrale Rolle spielen, und die Ergebnisse aus dieser Arbeit zeigen auch, dass Förderinstrumente für Energieeffizienzmaßnahmen an der Gebäudehülle nach wie vor eine wichtige Rolle spielen und laut der Erhebung auch in Zukunft erwünscht sind. Der Anteil erneuerbarer Heizsysteme soll in Zukunft insbesondere bei älteren Bauten und bei Mehrfamilienhäusern und Nichtwohngebäuden gesteigert werden. Förderinstrumente sollen dabei spezifische Eigentümergruppen ansprechen.

Aufgrund der langen Renovationszyklen sowie den klima- und energiepolitischen Zielen (Netto-Null bis 2050) des Bundes sind rasche Investitionen in Energieeffizienz (Gebäudehülle) und die Umstellung auf erneuerbare Heizsysteme notwendig. Entsprechend wichtig ist die Kenntnis über das Erneuerungsverhalten für planerische Zwecke bei Bund, Kantonen und Gemeinden sowie der Energiewirtschaft. Die gewonnenen Daten und Erkenntnisse dieser Arbeit sollen bei der Konzipierung und Auswahl von geeigneten energiepolitischen Massnahmen dienen und damit die Dekarbonisierung des schweizerischen Gebäudeparks unterstützen.

# Résumé

---

## SITUATION DE DÉPART ET OBJECTIF

Les objectifs de la politique énergétique et climatique exigent une réduction accélérée des émissions de gaz à effet de serre dans le secteur du bâtiment. Dans ce but, le remplacement du chauffage par un système de chauffage renouvelable est notamment aussi nécessaire que de rénover l'enveloppe des bâtiments. Au passé, différentes mesures de la politique énergétique ont été introduites (p. ex. des programmes d'encouragement, des taxes sur le CO<sub>2</sub>) afin d'augmenter les taux de rénovation dans le secteur du bâtiment. Pour étudier l'efficacité de ces instruments, il est indispensable d'établir un inventaire des investissements d'efficacité énergétique et d'énergies renouvelables passés et de connaître les différents facteurs d'influence (p. ex. ces spécifiques aux bâtiments ou aux propriétaires).

L'objectif du présent travail est donc de recenser les activités de rénovation passées et d'en déduire les taux de rénovation. Il s'agit également d'identifier les facteurs déterminants et d'éclairer plus en détail les motivations et les obstacles aux activités de rénovation dans le secteur du bâtiment.

## MÉTHODOLOGIE ET PROCÉDURE

L'enquête sur le comportement des propriétaires envers les rénovations est réalisée à l'aide d'une approche éprouvée basée sur des questionnaires, qui, depuis 2019, a déjà été utilisée dans 19 cantons dans le cadre du rapport sur le CO<sub>2</sub> (Jakob et al., 2021b) sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) et qui a été développée en collaboration avec le projet MISTEE. Les propriétaires de bâtiments sont interrogés sur les travaux de rénovation effectués au cours de la période 1991-2019.

L'analyse est effectuée séparément pour l'enveloppe du bâtiment et les systèmes de chauffage. Les données collectées sont analysées de manière descriptive et à l'aide de modèles statistiques. Les premiers permettent un aperçu simple et intuitif des données de l'échantillon de réponses. Les modèles statistiques permettent enfin une analyse plus précise des grandeurs exogènes possibles afin de distinguer les grandeurs statistiquement significatives des grandeurs non significatives. Les effets d'un grand nombre de facteurs (facteurs spécifiques au bâtiment, au site et au propriétaire ainsi que mesures de la politique énergétique) sur le choix du système de chauffage ou les taux de rénovation de l'enveloppe du bâtiment sont examinés.

## RÉSULTATS

Sur la base des taux de rénovation calculés dans le cadre de ce travail, il apparaît que ceux-ci varient selon le cas du canton, de la période de rénovation et de l'élément de construction entre 0,5-1% (plafond de cave) et 2-3% (fenêtres). De plus, des différences significatives apparaissent en fonction de la période de construction et du secteur du bâtiment : les bâtiments plus jeunes et les immeubles collectifs présentent des chances de rénovation significativement plus élevées. D'autres effets apparaissent en fonction de l'âge du propriétaire (effet négatif sur les chances de rénovation), du type de propriétaire (des personnes privées disposant des chances de rénovation plus élevées) et du niveau de formation (chances de rénovation plus élevées avec un diplôme universitaire). Enfin, les

modèles statistiques indiquent une influence significative des taux d'subvention et de la taxe sur le CO<sub>2</sub>, ce qui souligne l'importance de ces instruments.

En ce qui concerne le choix du système de chauffage, il apparaît que les systèmes de chauffage renouvelables sont largement répandus dans les bâtiments récents, mais que la mise à niveau des bâtiments plus anciens reste un défi et doit davantage être encouragée, éventuellement en combinaison avec des mesures visant à améliorer l'efficacité énergétique. Dans le cadre de ces décisions d'investissement pour la mise à niveau des systèmes de chauffage, l'enquête souligne également le rôle crucial des installateurs, des fournisseurs et des planificateurs de chauffage dans les décisions d'investissement pour la mise à niveau, lorsqu'ils sont consultés par les propriétaires de bâtiments.

En outre, la proportion de systèmes de chauffage varie considérablement entre les types de municipalités. Dans les communautés rurales, la probabilité de se chauffer au bois est environ deux fois plus élevée que dans les communautés urbaines, comparée à celle de se chauffer au fioul. Les probabilités d'utiliser des pompes à chaleur par rapport au chauffage au mazout sont significativement plus faibles pour les bâtiments collectifs et non résidentiels que pour les maisons individuelles. De plus, le type de commune, le type de propriétaire ainsi que le fait que la commune soit alimentée ou non en gaz ont une forte influence sur le choix du système de chauffage.

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Bien que les taux de rénovation de l'enveloppe des bâtiments aient eu tendance à augmenter légèrement au cours des 30 dernières années, les valeurs indiquent qu'un cycle complet de rénovation n'est possible que pour les fenêtres jusqu'en 2050, par rapport à la situation actuelle. L'isolation thermique des murs extérieurs, particulièrement importante, devrait être augmentée à l'avenir. Les programmes de promotion peuvent jouer un rôle central à cet égard, et les résultats de ce travail montrent également que les instruments qui promeuvent des mesures d'efficacité énergétique de l'enveloppe des bâtiments continuent de jouer un rôle important et, selon l'enquête, sont également souhaitables à l'avenir. La part des systèmes de chauffage renouvelables doit être augmentée à l'avenir, en particulier dans les bâtiments plus anciens, les immeubles collectifs et les bâtiments non résidentiels. Les instruments de promotion doivent s'adresser à des groupes de propriétaires spécifiques.

En raison des longs cycles de rénovation et des objectifs de la Confédération en matière de politique climatique et énergétique (zéro net d'ici 2050), des investissements rapides dans l'efficacité énergétique (enveloppe du bâtiment) et le passage à des systèmes de chauffage renouvelables sont nécessaires. Il est donc important que la Confédération, les cantons et les communes, ainsi que le secteur de l'énergie, connaissent le comportement des propriétaires en ce qui concerne les rénovations à des fins de planification. Les données et les connaissances acquises dans le cadre de ce travail doivent servir à la conception et au choix de mesures de politique énergétique appropriées et soutenir ainsi la décarbonisation du parc immobilier suisse.

# Summary

---

## STARTING POINT AND OBJECTIVES

The objectives of energy and climate policy require an accelerated reduction of greenhouse gas emissions in the building sector. In addition to the replacement of heating systems with renewable heating systems, this requires in particular the renovation of building envelopes. Various energy policy instruments (e.g. subsidy programs, CO<sub>2</sub> tax) have been introduced in the past to increase the retrofit rates in the building sector. To investigate the effectiveness of such instruments, an analysis of past investments in energy efficiency and renewable energies is indispensable and the knowledge about the influencing variables (e.g. building- or owner-specific variables) is crucial.

Accordingly, the goal of this work is to survey past retrofit activities and to derive so-called retrofit rates from them. Furthermore, the determining factors are to be identified and the motivations and obstacles for retrofit activities in the building sector are to be examined more closely.

## METHODOLOGY AND APPROACH

The survey on retrofit activities is based on a proven questionnaire-based approach that has already been used in 19 cantons since 2019 as part of the CO<sub>2</sub> reporting survey (Jakob et al., 2021b) commissioned by the Federal Office for the Environment (FOEN) and developed in collaboration with the MISTEE project. The building owners are asked about the retrofit and overhaul work carried out during the period 1991-2019.

The analysis is accomplished separately for the building envelope and the heating systems. The data collected is analysed both descriptively and using statistical models. The former allows a simple and intuitive overview of the data in the response sample. The latter allow a more detailed analysis of possible exogenous variables to distinguish statistically significant variables from non-significant variables. The effects of different variables (building-, site- and owner-specific factors as well as energy policy measures) on the choice of heating system and the retrofit rates of the building envelope are explored.

## RESULTS

The retrofit rates determined in this study range from 0.5-1% (ceiling) to 2-3% (windows) depending on the canton, the retrofit period, and the building element. Furthermore, there are significant differences regarding construction period and building sector: younger buildings and multi-family houses show significantly higher retrofit chances. The retrofit rate is further affected by the owner's age (negative effect on the retrofit chance), the owner type (private individuals with higher retrofit chance) and the level of education (higher retrofit chance with a university degree). Finally, the statistical models indicate a significant influence of the subsidy rates and the CO<sub>2</sub> tax, which underlines the importance of these instruments.

In terms of heating systems, the results show that renewable heating systems are widely used in newer buildings, but replacement of heating systems in older buildings remains a challenge and should be further encouraged, possibly in combination with energy efficiency measures. In the context of such heating system retrofit investment decisions, the survey also points to the crucial role of heating installers and suppliers in the retrofit investment decision.

The share of heating systems also varies considerably between community types. In rural communities, the probability of heating with wood compared to oil is about twice as high as in urban communities. The probabilities for heat pumps compared to oil heating are significantly lower for MFH and non-residential buildings than for single-family houses. Furthermore, the type of municipality, the type of owner and whether the municipality is supplied with gas or not have significant effects on the choice of heating system.

## CONCLUSION AND OUTLOOK

Although the retrofit rates of the building envelope increased slightly over the last 30 years, the results of this work show that a complete retrofit cycle by 2050, compared to today's status, is only possible for windows. In particular, heat insulation of external walls ought to be increased in the future. Subsidy schemes can play a central role in this, and the results from this work also show that subsidy instruments for energy efficiency measures on the building envelope still play an important role and, according to the survey, are also desired in the future. The share of renewable heating systems should be increased in the future, especially in older buildings and in multi-family houses and non-residential buildings. Subsidy instruments should thereby address specific owner groups.

Due to long retrofit cycles and the climate and energy policy goals (net zero by 2050) of the federal government, rapid investments in energy efficiency (building envelope) and the transition towards renewable heating systems are necessary. Knowledge about the retrofit behaviour is therefore important for planning purposes at the federal, cantonal, and municipal levels, as well as for the whole energy sector. The data and findings obtained in this work can be used in the design and selection of suitable energy policy measures and thus further support the decarbonisation of the Swiss building stock.

# Inhalt

<b>Zusammenfassung</b>	<b>3</b>
<b>Résumé</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>7</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>11</b>
<b>Glossar</b>	<b>12</b>
<b>1 Ausgangslage und Zielsetzung</b>	<b>13</b>
1.1 Ausgangslage	13
1.2 Zielsetzung	14
<b>2 Methodik und Vorgehen</b>	<b>15</b>
2.1 Stichprobenerhebung	15
2.2 Gebäudehülle: Deskriptive Auswertung und ökonomische Analyse der Erneuerungstätigkeit	16
2.2.1 Deskriptive Auswertungen	16
2.2.2 Ökonomische Analyse	16
2.3 Heizsysteme: Deskriptive und ökonomische Auswertung der Anteile	21
2.3.1 Ökonomische Analyse	21
<b>3 Charakterisierung der Stichprobe</b>	<b>23</b>
<b>4 Gebäudehülle</b>	<b>24</b>
4.1 Deskriptive Auswertung der Instandsetzungs- und Erneuerungsraten	24
4.2 Ökonomische Analyse der energetischen Erneuerungsraten und bestimmender Faktoren	25
4.3 Motivation und Hemmnisse für Gebäudehüllenerneuerungen	30
<b>5 Heizsysteme</b>	<b>33</b>
5.1 Deskriptive Auswertung	33
5.2 Bestimmende Faktoren der Heizsystemanteile	35
5.3 Motivationen für Heizungsersatz	38
<b>6 Zusammenfassung und abschliessende Beurteilung</b>	<b>39</b>
6.1 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse	39
6.2 Abschliessende Beurteilung	40



<b>7</b>	<b>Verzeichnisse</b>	<b>42</b>
7.1	Literaturverzeichnis	42
7.2	Abbildungsverzeichnis	44
7.3	Tabellenverzeichnis	46
<b>Anhang</b>		<b>47</b>

## Abkürzungsverzeichnis

---

BAFU	Bundesamt für Umwelt
BFE	Bundesamt für Energie
BAUP	Bauperiode
BFS	Bundesamt für Statistik
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
EE	Energieeffizienz
EFH	Einfamilienhaus
EKZ	Energiekennzahl
GWR	Gebäude- und Wohnungsregister
GWS	Gebäude- und Wohnungsstatistik
IRENE	Institut de recherches économiques Neuchâtel
MFH	Mehrfamilienhaus
NWG	Nichtwohngebäude
OR	Odds Ratio
RRR	Relative Risk Ratio
STWEG	Stockwerkeigentümergeinschaft
TEP	Technology Economics Policy

## Glossar

---

### Energetische Erneuerungsrate (Einheit %/Jahr)

Rate, mit welcher ein Bauteil (z.B. Wand, Fenster) oder eine Gebäudetechnikanwendung (z. B. Heizanlage) typischerweise energetisch erneuert (z.B. Fensterersatz, Wärmedämmung) wird, angegeben in % pro Jahr.

### Renovationsrate (Einheit %/Jahr)

Rate, mit welcher ein Bauteil (z.B. Wand, Fenster) oder eine Gebäudetechnikanwendung (z. B. Heizanlage) typischerweise renoviert (Allgemeinsprachlicher Begriff der Massnahmen wie Instandhaltung, Instandsetzung, Erneuerungen, Modernisierungen und Umbauten umfasst.) wird, angegeben in % pro Jahr.

### Odds-Ratio (dt.: Chancenverhältnis)

Mit dem Odds-Ratio wird das Verhältnis von zwei Chancen miteinander verglichen (z.B. die Chance, dass eine Aussenwand eines bestimmten Gebäudesegments in einem bestimmten Kanton wärmegeklämmt wird mit der entsprechenden Chance in einem anderen Kanton). Das Odds-Ratio stellt entsprechend ein statistisches Mass dar, das etwas über die Stärke eines Zusammenhangs von zwei Merkmalen aussagt.

### Stichprobengrösse (Symbol $n$ )

Die Stichprobengrösse bezieht sich hier auf die Antwortstichprobe. Das heisst, die Anzahl Personen, welche an der Erhebung teilgenommen resp. eine bestimmte Frage beantwortet haben.

# 1 Ausgangslage und Zielsetzung

---

## 1.1 Ausgangslage

---

In der Schweiz fallen knapp 40% des Endenergiebedarfs sowie 25% der Treibhausgasemissionen auf den Sektor der Gebäude. Die Dekarbonisierung des Gebäudesektors ist entsprechend von hoher Wichtigkeit und wird sowohl auf Bundes- als auch auf kantonaler und kommunaler Ebene mit energiepolitischen Maßnahmen verschiedenster Art zur Förderung von Investitionen in Energieeffizienz und erneuerbare Energien gefördert. Beispiele sind Subventionsprogramme für die Gebäudesanierung (mehrere hundert Millionen pro Jahr), Lenkungsabgaben (CO<sub>2</sub>-Abgabe), steuerliche Anreize, und Einspeisetarife für erneuerbare Energien. Zur Untersuchung der Wirksamkeit obengenannter Instrumente ist eine Bestandesaufnahme vergangener Investitionen in Energieeffizienz und erneuerbare Energien unverzichtbar.

Das Erneuerungsverhalten im Bereich Gebäudehülle wurde anhand einer quantitativen Erhebung in einer früheren Studie für fünf Kantone in der Schweiz analysiert. Dabei wurden die realisierten Erneuerungen in der Periode 1985-2000 bei Wohngebäuden erhoben und eine Antwortstichprobe von über 2000 Teilnehmern untersucht (Jakob & Jochem, 2009). Die Studie zeigt auf, dass Instandsetzungsarbeiten ohne energetischen Nutzen deutlich häufiger realisiert werden als solche mit energetischem Nutzen, und gleichzeitig das Potenzial für energetische Erneuerungstätigkeiten nicht ausgeschöpft wird. Dies obwohl Wärmedämmmaßnahmen sowohl aus Sicht des Klimaschutzes aber auch aufgrund der Rentabilität, die in den meisten Fällen gegeben ist (Jakob, Jochem, & Christen, 2002), sinnvoll sind. Das Investitionsverhalten bei Einfamilienhäusern wurde von Banfi et al. (2011) für die Periode 1996-2009 mit einer Antwortstichprobe von ca. 1500 Fragebögen aus 5 Kantonen untersucht. Weiter untersuchten Banfi et al. (2012) anhand einer Antwortstichprobe von 1700 Gebäudeeigentümern speziell die Investitionsbereitschaft in Energieeffizienz bei Mehrfamilienhäusern (MFH) für die Periode 1996-2010. Dabei wurden insbesondere gebäude- und sozio-ökonomische Variablen mit einem möglichen Einfluss auf die energetischen Erneuerungstätigkeiten untersucht.

Motivationen und Hemmnisse für Investitionen in Energieeffizienz bei Wohngebäuden wurden ebenfalls in einer früheren Studie untersucht (W. Ott, Jakob, Baur, Kaufmann, & Ott, 2005). Die Studienresultate weisen auf Erneuerungsdefizite aufgrund von mangelndem Problembewusstsein hin und zeigen, dass Erneuerungstätigkeiten oft erst mit steigenden Komfortansprüchen realisiert werden. Energiespar- und Umweltschutzüberlegungen werden sowohl als hemmende (guter Bauzustand und Wärmedämmung vorhanden, Erneuerung nicht notwendig) als auch begünstigende Faktoren eruiert. Schliesslich schlagen die Autoren eine Strategie zur Mobilisierung energetischer Erneuerungspotenziale vor.

Im Bereich politischer Massnahmen wurde der Einfluss der CO<sub>2</sub>-Abgabe auf kurzfristige Veränderungen des Heizwärmeverbrauchs und damit das Konsumverhalten untersucht (L. Ott & Weber, 2022). Die ökonomischen Analysen mit Daten aus dem Haushaltspanel SHEDS konnten keine unmittelbaren Effekte durch den Anstieg der CO<sub>2</sub>-Abgabe auf den Heizwärmeverbrauch identifizieren. Die Studie von Alberini, Banfi, & Ramseier (2013) zeigt weiter, dass Gebäudeeigentümer auf die mit Erneuerungstätigkeiten verbundenen Faktoren wie

hohe Investitionskosten, Förderbeiträge, Einsparmöglichkeiten beim Energieverbrauch aber auch Komfortsteigerungen reagieren.

Diese früheren Studien fokussierten vorwiegend auf einzelne Aspekte und grösstenteils auf Wohngebäude und bestimmte Regionen (Kantone). Die Auswirkungen von energiepolitischen Massnahmen auf die Investitionsentscheidungen von Gebäudeeigentümern auf Ebene der Gesamtschweiz und für verschiedene Gebäudesektoren sind jedoch weitgehend unbekannt. Zudem könnten einige dieser Massnahmen im Hinblick auf eine massive Ausweitung in Zukunft angepasst werden, um die wirtschaftlichen Anreize für Eigentümer zu erhöhen.

Entsprechend besteht ein Bedürfnis, die vergangenen Investitionen in Energieeffizienz (Erneuerungstätigkeiten an der Gebäudehülle) sowie erneuerbare Energien (Wechsel des Heizsystems) breit segmentiert (verschiedene Gebäudesektoren und Bauperioden) zu erfassen und zu quantifizieren. Darauf aufbauend sollen anhand ökonomischer Analysen die Auswirkungen von politischen Massnahmen, sozio-ökonomischen Charakteristiken der Gebäudeeigentümer und gebäudespezifischen Merkmalen auf die Investitionsentscheidungen über die Zeit (Renovations- oder Erneuerungsperioden) und räumlichen Strukturen (Kantone, Regionen, Gemeindetypen etc.) untersucht werden.

## 1.2 Zielsetzung

---

Im Rahmen der ersten Forschungsfrage (RQ<sub>1</sub>) des Projekts MISTEE werden die Auswirkungen vergangener Regulierungen und Subventionsprogramme seit 2005 implementiert wurden, auf das Investitionsverhalten von Gebäudeeigentümern untersucht.

In Zusammenarbeit mit der CO<sub>2</sub>-Berichterstattung der Kantone (Jakob, Catenazzi, Sunarjo, Müller, & Weinberg, 2021a) werden die Instandsetzungs- und Erneuerungstätigkeiten bei Gebäudeeigentümern und -verwaltern erhoben. Ziel ist es, mittels der erhobenen Daten Instandsetzungs- und Erneuerungsraten und ihre Entwicklung über die letzten dreissig Jahre abzuleiten, dies jeweils differenziert nach den vier Gebäudebauteilen Fenster, Aussenwand, Dach und Kellerdecke.

Obwohl es sich um eine explorative Analyse handelt, liefert uns die Entwicklung der Erneuerungsrate einen Ausgangspunkt für die Auswirkungen von Regulierungs- und Anreizmechanismen, die auf die Förderung der von Erneuerungstätigkeiten an der Gebäudehülle abzielen. Die Arbeitshypothese lautet, dass die jährliche Erneuerungsrate eine allmähliche Veränderung in Verbindung mit verschiedenen Fördermassnahmen aufweisen sollte, die im Laufe der Zeit und in den einzelnen Kantonen variieren. Weiter ist insbesondere auch ein Ziel, die Kantonzugehörigkeit als wichtigen Proxy für den energiepolitischen Fortschritt und damit als begünstigendes Umfeld für Erneuerungstätigkeiten zu untersuchen. Ziel der Arbeit ist zudem, energiepolitische Instrumente wie die CO<sub>2</sub>-Abgabe und Fördermittel sowie deren Zusammenhang mit den durchgeführten Erneuerungstätigkeiten näher zu beleuchten. Schliesslich soll neben politischen Instrumenten auch der Einfluss von gebäude- und eigentümerspezifischen Einflussfaktoren untersucht werden.

## 2 Methodik und Vorgehen

---

Das Vorgehen zur Analyse der Erneuerungstätigkeiten im schweizerischen Gebäudebestand wird konkret in folgende Arbeitsschritte strukturiert, auf welche nachfolgend näher eingegangen wird:

- Stichprobenerhebung zur vergangenen Instandsetzungs- und energetischen Erneuerungstätigkeit im Bereich Gebäudehülle und Heizanlagen
- Gebäudehülle: Deskriptive und ökonomische Auswertungen zur Erneuerungstätigkeit
- Heizsysteme: Analyse der Heizsystemverteilung anhand verschiedener Variablen

### 2.1 Stichprobenerhebung

---

Die Erhebung des Erneuerungsverhaltens erfolgt durch einen bewährten fragebogengestützten Ansatz, der seit 2019 im Rahmen der CO<sub>2</sub>-Berichtersattung (Jakob et al., 2021a) im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) bereits in 19 Kantonen zur Anwendung kam und in Zusammenarbeit mit dem Projekt MISTEE entwickelt wurde.

Der Ansatz besteht darin, eine geschichtete Stichprobe von Gebäudeeigentümern zu den durchgeführten Instandsetzung- und energetischen Erneuerungsarbeiten in den letzten 30 Jahren zu befragen. Die Schichtung betrifft die drei groben Gebäudekategorien (im Folgenden als Gebäudesektoren benannt) Einfamilienhäuser (EFH), Mehrfamilienhäuser (MFH) sowie Nichtwohngebäude (NWG). Die Stichprobenziehung wurde entweder durch die kantonale Energiefachstelle, der kantonalen Gebäudeversicherung oder durch TEP Energy vorgenommen, wobei eine zufällige Stichprobe aus mutmasslich beheizten Gebäuden aus dem eidgenössischen Gebäude- und Wohnungsregister (GWR) vom Bundesamt für Statistik oder aus Datenbanken der kantonalen Gebäudeversicherungen gezogen wurde.

Dies erfolgt insbesondere für die wichtigsten Elemente der Gebäudehülle (Fenster, Aussenwand, Steildach, Kellerdecke) sowie für den Bereich Heizanlagen. Den Befragten werden pro Element einige wenige Arten von Arbeiten zur Auswahl gegeben (z.B. Fassadenanstrich, Fassadenwärmedämmung, keine Arbeiten). Für die Arbeiten geben sie zudem an, wann diese durchgeführt wurden, u.a. in Bezug auf vorgegebene 5-jährige Renovationsperioden. Die Befragten werden weiter zum aktuellen Heizsystem, dem letzten Wechsel des Heizsystems, zum vorherigen Heizsystem sowie zu weiteren insbesondere für die ökonomischen Auswertungen relevanten sozio-ökonomischen Variablen (Alter, Eigentübertyp, Bildungsgrad etc.) befragt. Weitere gebäudespezifische Daten (z.B. Bauperiode, Gebäudesektor) zu den Objekten liegen durch das GWR vor.

Die geschichtete (nach Kanton und Gebäudesektor) Zufallsstichprobe an Gebäudeeigentümern wurde mittels Postversand angeschrieben und motiviert an der Online-Erhebung teilzunehmen.

## 2.2 Gebäudehülle: Deskriptive Auswertung und ökonomische Analyse der Erneuerungstätigkeit

---

Die durch den Fragebogen erhobenen Daten werden zum einen mittels deskriptiver Statistik und zum anderen mittels statistischer Modelle ausgewertet.

### 2.2.1 Deskriptive Auswertungen

---

Bei der Auswertung mittels deskriptiver Statistik werden die Instandsetzungs- und Erneuerungsraten graphisch dargestellt und jeweils pro Renovationsperiode (und ggf. pro Jahr) ausgewiesen. Die Raten werden für die verschiedenen Bauteile separat berechnet und sind definiert als Anzahl Massnahmen (am entsprechenden Bauteil) dividiert durch die Anzahl Gebäude in der Stichprobe (wobei nur Renovationsperioden ausgewertet werden, während derer die Befragten das Gebäude besaßen oder verwalteten). Um Doppelzählungen zu vermeiden, wird bei Angabe von mehreren Arten von Erneuerungsarbeiten am selben Bauteil in derselben Renovationsperiode jeweils nur die «energetisch dominante» Erneuerungstätigkeit gezählt. Beispielsweise wird bei gleichzeitiger Nennung von «Fensterinstandhaltung» und «Fensterersatz» nur letzterer gezählt. Weiter wird pro 15-Jahresperiode maximal eine Renovation gezählt, um Teilrenovationen nicht als Gesamtrenovationen zu betrachten, was wiederum zu Doppelzählungen führen würde.

Bezugnehmend auf die Erfahrung aus früheren Projekten dieser Art erfolgen die deskriptiven Auswertungen differenziert nach verschiedenen Merkmalen. Typischerweise nach den Gebäudesektoren Einfamilienhaus (EFH), Mehrfamilienhaus (MFH) und Nichtwohngebäude (NWG) und nach groben Bauperioden.

### 2.2.2 Ökonometrische Analyse

---

Nebst den deskriptiven Auswertungen zu den durchgeführten Instandsetzungs- und Erneuerungstätigkeiten werden die Erneuerungsraten anhand einer ökonometrischen Analyse näher untersucht. Dies mit dem Ziel, die statistisch relevanten Einflussfaktoren zu identifizieren sowie den Einfluss energiepolitischer Massnahmen im Gebäudebereich wie Fördermittel und CO<sub>2</sub>-Abgabe zu untersuchen. Konkret kann damit auch eruiert werden, ob sich die energetischen Erneuerungsraten zwischen den verschiedenen Bauteilen, Gebäudesektoren, Bauperioden, Kantonen etc. unterscheiden (und zwar bereinigt um die weiteren einbezogenen Einflussfaktoren).

Mit der Auswertung anhand des Logit-Ansatzes wird die Wahrscheinlichkeit, dass eine bestimmte energetische Erneuerung an einem bestimmten Bauteil (Fenster, Aussenwand, Steildach, Kellerdecke) durchgeführt wurde, als Funktion verschiedener Einflussfaktoren (Merkmale wie Gebäudesektor, Gebäudealter, Eigentümertyp, Standort etc.) geschätzt. Instandsetzungen ohne energetische Auswirkung werden gleichbehandelt wie Nichts-tun.<sup>1</sup> Mit diesem Ansatz wird es entsprechend möglich, Aussagen zu treffen, welche Merkmale einen

---

<sup>1</sup> Dies stellt eine gewisse Vereinfachung dar. Alternativ kann ein multinomiales Modell mit drei Outcomes spezifiziert werden (energetische Erneuerung, Instandsetzung, Nichts-tun)

statistisch relevanten Einfluss haben und welche nicht. Die Wahrscheinlichkeit ergibt sich durch die logistische Funktion:

$$p(X) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_p X_p}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_p X_p}} \quad (1)$$

Wobei  $X_1, \dots, X_p$  die exogenen Grössen (z.B. gebäude- oder eigentümerspezifische Variablen) und  $\beta_0, \dots, \beta_p$  die zu schätzenden Koeffizienten darstellen.

Sämtliche exogenen Grössen, welche in den ökonometrischen Analysen verwendet werden, sind in Tabelle 1 aufgeführt. Bei den nominalen und ordinalen Variablen werden im Modell alle Stufen als Dummy Variablen codiert (1, wenn zutreffend, 0, wenn nicht). Eine Übersicht zu den Minimal- und Maximalwerten, den Mittelwerten sowie speziellen Quantilen der kontinuierlichen Variablen ist in Tabelle 6 aufgeführt.

Insbesondere die zeitliche Entwicklung der Erneuerungsraten ist von Interesse, entsprechend wird für die Untersuchung ein Paneldatensatz erstellt, wobei pro Gebäude und Bauteil für jede Erneuerungsperiode vermerkt wird, ob eine Erneuerungstätigkeit durchgeführt wurde (1) oder nicht (0). Bei 4 Bauteilen und 6 Erneuerungsperioden ergeben sich pro Gebäude mit gleicher ID theoretisch 32 Einträge. Gründe, weshalb sich die Anzahl verringert, betreffen:

- Der Eigentümer besitzt das Gebäude nicht während der gesamten Periode 1991-2019. In diesem Fall werden im Panel nur die Erneuerungsperioden während der Besitzdauer berücksichtigt.
- Das Gebäude wurde erst nach dem Beginn der betrachteten Erneuerungsperiode (1990) erstellt. In diesem Fall werden im Panel nur die Erneuerungsperioden nach dem Gebäudebaujahr berücksichtigt.
- Ein Gebäude-Bauteil wird nur so lange betrachtet, bis es erneuert wurde, und anschliessend ausgeschlossen, um den vermeintlich starken Einfluss des Proxys „bereits erneuert“ aus dem Modell auszuschliessen.

Die Variablen „Kanton“, „Bauperiode“ und „Gebäudesektor“ sind bekannte Grössen aus dem Gebäude- und Wohnungsregister (GWR). Die Variablen „Bauteil“, „Erneuerungsperiode“, „Heizsystem“, „Eigentübertyp“, „Alter“, „Ausbildungsgrad“ ergeben sich aus der Befragung. Für die Variable „Gemeindetyp“ wird die letzte Gemeindetypologie von 2012 verwendet und auf drei Kategorien aggregiert (BFS, 2022b). Die Variable „Gasversorgt“ gibt Aufschluss darüber, ob die Standortgemeinde gasversorgt ist (Quelle: VSG).

Die beiden Variablen Energiegesetz und CO<sub>2</sub>-Gesetz widerspiegeln den kantonalen Ja-Wähleranteil zu diesen beiden Gesetzesvorlagen, welche für eine progressive Energiepolitik stehen und den Umstieg auf erneuerbare Energien begünstigen sollen. Gegen das nationale Energiegesetz (EnG) wurde 2016 das Referendum ergriffen. Im Jahr 2017 wurde das neue Gesetz von den Stimmberechtigten mit über 58% angenommen und wurde per 1. Januar 2018 in Kraft gesetzt (BFS, 2022a). Auch gegen das CO<sub>2</sub>-Gesetz zur Verminderung der Treibhausgasemissionen wurde das Referendum ergriffen, und die Stimmberechtigten lehnten das Gesetz im Juni 2021 mit einer knappen Mehrheit von 51.6% ab (BFS, 2022a). Die Hypothese lautet, dass Kantone mit höherer Zustimmung zu diesen Gesetzen tendenziell eine progressivere Energiepolitik pflegen, was sich wiederum positiv auf die Erneuerungsraten auswirken sollte.



Für die Variable „Grünwähleranteil“ werden sämtliche Ergebnisse bei Nationalratswahlen aus den Jahren 1991-2019 berücksichtigt (BFS, 2022a) und nach Kanton differenziert. Pro Periode wird jeweils der mittlere Wähleranteil der Parteien Grüne, SP und GLP ermittelt, welche in der Schweiz der energiepolitisch progressiven Politik zuzuordnen sind. Auch hier lautet die Hypothese, dass sich höhere Grünwähleranteile positiv auf die Erneuerungstätigkeit auswirken.

Die Fördersätze pro Bauteil werden aus früheren Studien zusammengetragen (siehe letzter Bericht Sigrist & Kessler, 2017), und als gemittelter Wert pro Erneuerungsperiode ins Modell aufgenommen. Die spezifischen Fördervolumen werden aus den ausbezahlten Förderbeiträgen der Kantone (hier werden nur Gebäudehüllenmassnahmen berücksichtigt) sowie den Jahresstatistiken des Gebäudeprogramms (BFE, 2022a) ermittelt und mit den Bevölkerungszahlen des Bundesamts für Statistik (BFS, 2022b) kombiniert.

Für die Energiepreise der fossilen Energieträger werden auch gemittelte Werte pro Erneuerungsperiode (nominal) aus der Gesamtenergiestatistik (BFE, 2021) verwendet. Die Energiepreise der fossilen Energieträger haben sich zwischen dem Ende der 1990er Jahre und dem Jahr 2010 stetig erhöht und fluktuierten danach stark. Die Schwankungen beim Heizöl deutlich höher ausgefallen sind. Die CO<sub>2</sub>-Abgabe wurde in der Schweiz 2008 eingeführt und wird auf fossile Brennstoffe erhoben. Wenn die in der CO<sub>2</sub>-Verordnung festgelegten Emissionsziele (Zwischenziele) nicht erreicht werden, wird die Lenkungsabgabe automatisch erhöht. Für den betrachteten Zeitraum der Analyse wurde die Abgabe zuletzt 2018 auf 96 CHF/tCO<sub>2</sub> erhöht (BAFU, 2020a). Mit einem Drittel der Einnahmen aus der Lenkungsabgabe werden energetische Sanierungen und erneuerbare Heizsysteme im Rahmen des Gebäudeprogramms unterstützt. Rund zwei Drittel der Abgabe wird an Bevölkerung und Wirtschaft zurückverteilt. Mit diesem Ansatz werden Konsumenten mit geringem fossilem Energieverbrauch begünstigt (BAFU, 2020b). Abbildung 1 illustriert die Zeitreihen für die totalen Treibhausgasemissionen in der Schweiz seit 1991 (BAFU, 2022), die Einführung der CO<sub>2</sub>-Abgabe ab 2008 und der darauffolgende stetige Anstieg sowie die Energiepreise für die fossilen Energieträger Heizöl und Erdgas (BFE, 2021).

Tabelle 1: Variablen und deren Stufen (falls kategorisch) resp. Einheit (falls kontinuierlich), welche in den ökonomischen Analysen zur Gebäudehülle verwendet werden.

Variablenname	Variablentyp	Stufen (kategorisch) / Erklärung und Einheit (kontinuierlich)
Kanton	Nominal	AG, AI, AR, BE, BL, GL, GR, LU, NE, NW, OW, SG, SO, SZ, TU, UR, VD, ZG, ZH
Bauteil	Nominal	Fenster, Aussenwand, Steildach, Kellerdecke
Bauperiode	Ordinal	Bis 1945, 1946-1981, 1981-2000, ab 2001
Erneuerungsperiode	Ordinal	1991-1995, 1996-2000, 2001-2005, 2006-2010, 2011-2015, 2016-2019
Gebäudesektor	Nominal	EFH, MFH, NWG
Heizsystem	Nominal	Heizöl, Erdgas, Wärmepumpe, Holz, Fernwärme, Andere, k.A.
Eigentüمرتyp	Nominal	Privatperson, Private Gemeinschaft, Versicherung/ Pensionskasse /Firma, Genossenschaft, Öffentliche Hand, STWEG, Weitere/k.A.
Alter	Ordinal	<60, >=60, k.A./indifferent
Ausbildungsgrad	Ordinal	Tertiärstufe, keine Tertiärstufe, k.A./indifferent
Gemeindetyp	Ordinal	Ländlich, periurban, städtisch
Gasversorgt	Binär	Dummy Variable auf Gemeindeebene (1 falls gasversorgt, 0 falls nicht)
Energiegesetz	Kontinuierlich	Ja-Anteil Energiegesetz (skaliert zwischen 0 und 1, pro Kanton)
CO <sub>2</sub> -Gesetz	Kontinuierlich	Ja-Anteil CO <sub>2</sub> -Gesetz (skaliert zwischen 0 und 1, pro Kanton)
Grünwähleranteil	Kontinuierlich	Wähleranteil der politischen Parteien «Grüne», «SP» und «GLP» an nationalen Wahlen (skaliert zwischen 0 und 1, pro Kanton).
Fördersatz	Kontinuierlich	Fördersätze pro Bauteil und Erneuerungsperiode [CHF/ m <sup>2</sup> ]
Fördervolumen	Kontinuierlich	Fördervolumen pro Kanton und Einwohner und Erneuerungsperiode [CHF/Einwohner]
Energiepreise	Kontinuierlich	Energiepreise der fossilen Energieträger nach Erneuerungsperiode [Rp./kWh]
CO <sub>2</sub> -Abgabe	Kontinuierlich	CO <sub>2</sub> -Abgabe [CHF/t <sub>CO2</sub> ]

Quelle: TEP Energy

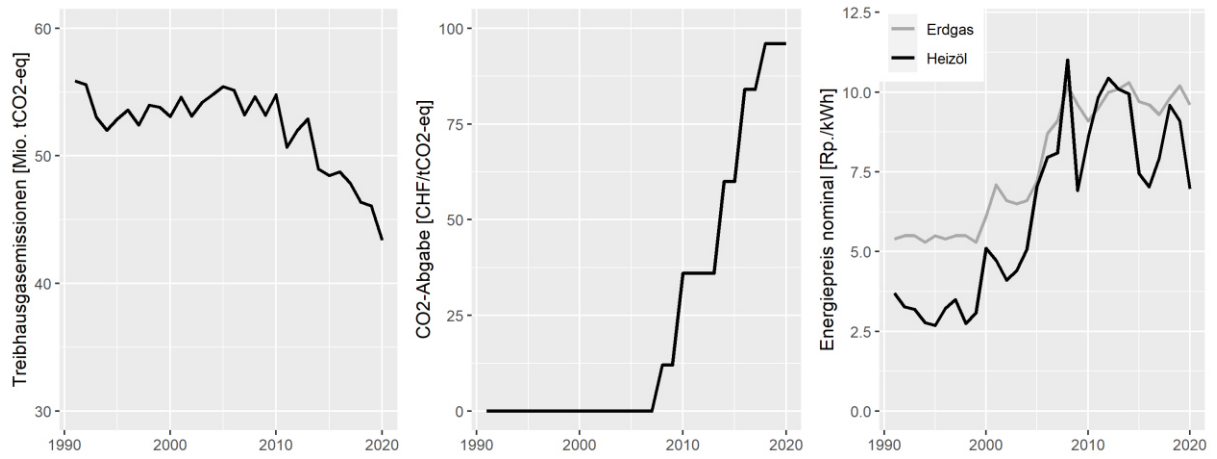


Abbildung 1: Totale Treibhausgasemissionen (inländische Emissionen) gemäss CO<sub>2</sub>-Gesetz und Kyoto Protokoll in der Schweiz (links), CO<sub>2</sub>-Abgabe (Mitte) und Energiepreise für fossile Energieträger (rechts) seit 1991.

## 2.3 Heizsysteme: Deskriptive und ökonomische Auswertung der Anteile

Bei der deskriptiven Auswertung der Heizsysteme sind insbesondere die Verteilungen pro Kanton von Interesse. Weiter werden die Verteilungen nach Bauperiode und grobem Gebäudesektor differenziert. Aufgrund der Fallzahlen werden die Grafiken jeweils nur nach 2 der 3 Variablen gleichzeitig differenziert. Die ökonomischen Analysen erlauben dann eine differenziertere Betrachtung.

### 2.3.1 Ökonometrische Analyse

Zur Auswertung der Heizsystemanteile wird auf ein multinomiales logistisches Regressionsmodell abgestützt, anhand dessen die Wahrscheinlichkeiten für die Wahl der unterschiedlichen Heizsysteme abgeschätzt werden können. Dies erfolgt basierend auf einer Vielzahl von erklärenden Variablen (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Variablen und deren Stufen (falls kategorisch) resp. Einheit (falls kontinuierlich), welche in den ökonometrischen Analysen zu den Heizsystemen verwendet werden.

Variablenname	Variablentyp	Stufen (kategorisch) / Erklärung und Einheit (kontinuierlich)
Heizsystem	Nominal	Heizöl, Erdgas, Wärmepumpe, Holz, Fernwärme, Andere
Kanton	Nominal	AG, AI, AR, BE, BL, GL, GR, LU, NE, NW, OW, SG, SO, SZ, TU, UR, VD, ZG, ZH
Bauperiode	Ordinal	Bis 1945, 1946-1981, 1981-2000, ab 2001
Gebäudesektor	Nominal	EFH, MFH, NWG
Eigentübertyp	Nominal	Privatperson, Private Gemeinschaft, Versicherung/ Pensionskasse /Firma, Genossenschaft, Öffentliche Hand, STWEG, Weitere/k.A.
Ausbildungsgrad	Ordinal	Tertiärstufe, keine Tertiärstufe, k.A./indifferent
Gemeindetyp	Ordinal	Ländlich, periurban, städtisch
Gasversorgt	Binär	Dummy Variable auf Gemeindeebene (1 falls gasversorgt, 0 falls nicht)

Quelle: TEP Energy

Mit diesem Ansatz kann aufgezeigt werden, welche Merkmale einen statistisch relevanten Einfluss auf die Heizsystemanteile haben und welche nicht. Im Gegensatz zum binären logistischen Modell (siehe Kap. 2.2.2) können damit Klassifizierungen (hier Heizsysteme) mit mehr als 2 Klassen ( $K > 2$ ) durchgeführt werden.

Als Basiskategorie K werden die Ölheizungen (hohe Anteile) ausgewählt und die Wahrscheinlichkeit der Ölheizungen ergibt sich durch:

$$\Pr(Y = K|X = x) = \frac{1}{1 + \sum_{l=1}^{K-1} e^{\beta_{l0} + \beta_{l1}x_1 + \dots + \beta_{lp}x_p}} \quad (2)$$

Für die übrigen Heizsysteme  $k = 1, \dots, K-1$  ergibt sich die Wahrscheinlichkeit mit:

$$\Pr(Y = k|X = x) = \frac{e^{\beta_{k0} + \beta_{k1}x_1 + \dots + \beta_{kp}x_p}}{1 + \sum_{l=1}^{K-1} e^{\beta_{l0} + \beta_{l1}x_1 + \dots + \beta_{lp}x_p}} \quad (3)$$

Wobei  $x_1, \dots, x_p$  die exogenen Grössen (z.B. gebäude- oder eigentümerspezifische Variablen) und  $\beta_{k0}, \dots, \beta_{kp}$  die zu schätzenden Koeffizienten pro Klasse  $k$  darstellen (James, Witten, Hastie, & Tibshirani, 2021). Eine Übersicht zu den verwendeten Variablen ist in Tabelle 2 aufgeführt.

Alternativ bietet sich auch die Fractional Regression an, bei der die Datensätzen aus der Erhebung zu Heizsystemanteilen aggregiert werden, differenziert nach gewissen Merkmalen (z.B. nach Kanton, Gebäudesektor (EFH, MFH, NWG) und Bauperiode (BAUP)). Der Einfluss dieser Differenzierungsmerkmale auf die Heizsystemanteile kann dann statistisch geschätzt werden. Da die Datenaggregation für jede Spezifikationsänderung anzupassen ist, ist dieser Ansatz relativ aufwändig. Deshalb (d.h. aus praktischen Gründen) und um die resultierenden Datensätze mit genügenden Beobachtungen zu hinterlegen, bedingt dieser Ansatz eine relativ schlanke Modellspezifikationen. Im Vergleich dazu sind multinomiale Regressionen zum Testen verschiedener Modellspezifikationen deutlich flexibler. Ein Vergleich der beiden Modelle ist in Tabelle 7 aufgeführt. Nur die berechneten p-Werte sowie die Konklusion über statistisch signifikante Unterschiede können direkt verglichen werden, nicht aber die geschätzten Koeffizienten. Insgesamt unterscheiden sich die Erkenntnisse aus den beiden Modellen nur geringfügig. Aufgrund der flexibleren Handhabung wird nachfolgend auf das multinomiale Modell fokussiert.

### 3 Charakterisierung der Stichprobe

Die tatsächlich erreichte Rücklaufquote pro Kanton ist in Tabelle 6 aufgeführt. Die Rücklaufquote kann als mittel bis hoch bezeichnet werden und beträgt je nach Kanton zwischen 25% und 49% (Abbildung 2). Die Rücklaufquote ist damit in allen Kantonen höher als im Minimum erwartet wurde (20%), was sich positiv auf den Stichprobenfehler bzw. auf die Standardfehler von Regressionsmodellen auswirkt.

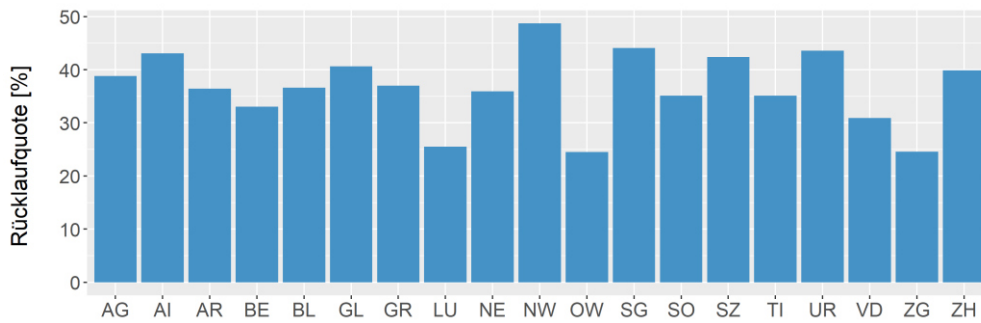


Abbildung 2: Netto-Rücklaufquote bei der Erhebung "Gebäudeinstandsetzungen und -erneuerungen"

Anhand der Online-Umfrage wurden Angaben zu über 11'000 Gebäuden in der Schweiz gemacht, welche sich auf die groben Gebäudesektoren EFH (4275), MFH (3991) und NWG (2759) aufteilen lassen. Abbildung 3 zeigt die Verteilung der Gebäude über die vier analysierten Bauperioden, wobei die Daten der Erhebung strukturell jenen aus dem GWR ähneln. Insbesondere bei den Wohngebäuden (EFH und MFH) sind zwischen der Stichprobe (Erhebung) und der Grundgesamtheit (GWR) kaum Unterschiede zu erkennen. Bei den NWG sind in der Stichprobe leicht mehr ältere Gebäude zu finden.

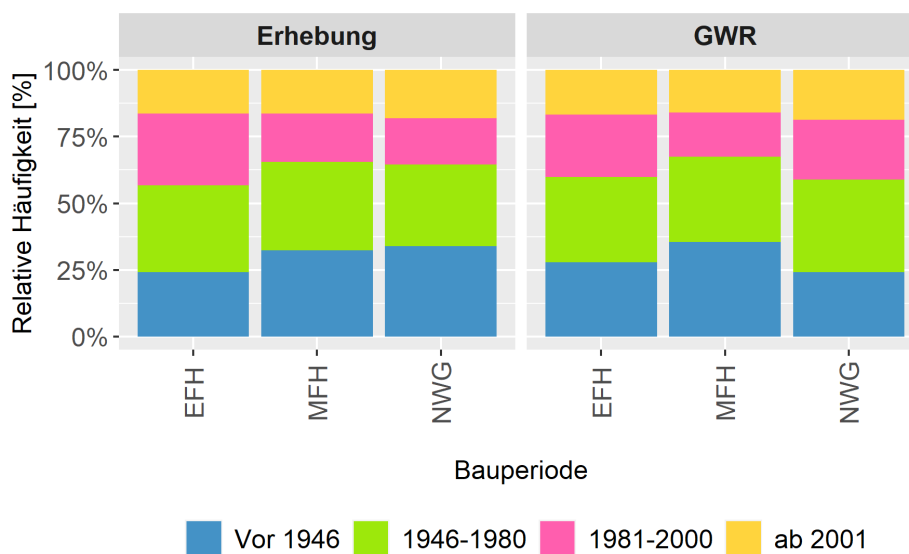


Abbildung 3: Relative Verteilung der Gebäude in der Stichprobe auf vier grobe Bauperioden differenziert nach den groben Gebäudesektoren EFH, MFH und NWG.

## 4 Gebäudehülle

### 4.1 Deskriptive Auswertung der Instandsetzungs- und Erneuerungsraten

Aus den Angaben zu den durchgeführten Arbeiten an der Gebäudehülle werden die jährlichen Instandsetzungs- und Erneuerungsraten pro Renovationsperiode berechnet. Diese Raten werden für die verschiedenen Bauteile und Arten von Massnahmen separat berechnet und stellen eine durchschnittliche Renovationsrate über 10-Jahres-Perioden dar.

Mit Verweis auf die vorliegenden Fallzahlen pro Zelle<sup>2</sup> sind die Daten bei der Auswertung zusammenzufassen, z.B. die Renovationsperiode auf 10 Jahre und die beiden Gebäudesektoren EFH und MFH zusammen (Abbildung 4). Die Erneuerungsraten (energetisch, blaue Balken) von Fenstern (Fensterersatz) in Wohngebäuden bewegen sich (ausser bei einigen kleinen Kantonen) zwischen rund 2% bis 3% pro Jahr (Mittelwert über 10-Jahresperiode). Die Dynamik zeigt für 6 von 19 Kantonen steigende Erneuerungsraten, bei einzelnen Kantonen stagnierten die Erneuerungsraten oder nahmen sogar leicht ab (vgl. Abbildung 4). Die Renovationsrate für die Fensterinstandhaltung beträgt je nach Kanton und Erneuerungsperiode zwischen ungefähr 0,5-2,5 % pro Jahr.

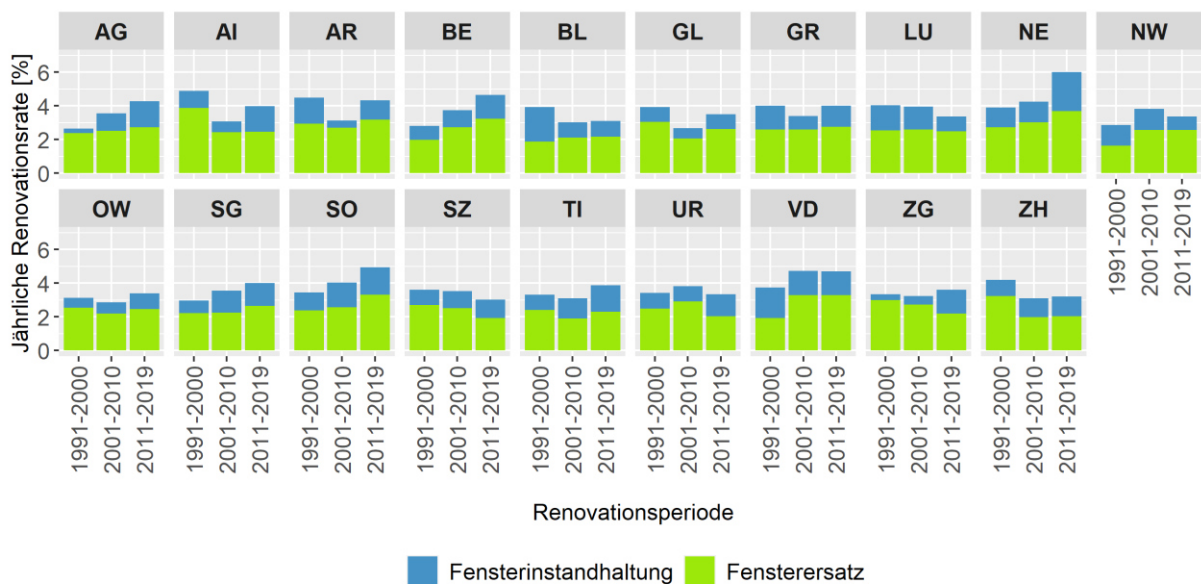


Abbildung 4: Renovationsrate (% pro Jahr, separat für Instandhaltung und Erneuerung, gemittelt für Renovationsperioden mit einer Dauer von 10 Jahren) für Fenster bei Wohngebäuden (deskriptive Auswertung).

Die Renovationsraten an den Aussenwänden betragen je nach Erneuerungsperiode und Kanton rund 3-6 % pro Jahr. Betrachtet man nur die energetischen Erneuerungsraten (d.h.

<sup>2</sup> Die Zelle beinhaltet die Fallzahlen für eine bestimmte Differenzierung (z.B. Fensterinstandhaltungen pro Gebäudesektor, Renovationsperiode und Kanton).

die Wärmedämmung) betragen diese je nach Kanton ca. 1-1.5 % pro Jahr (bei einigen kleineren Kantonen leicht darüber oder darunter). Trotz den methodischen Überlegungen bzgl. Teilrenovationen (siehe Kapitel 2.2.1) kann es zu Doppelzählungen kommen. Entgegen den Renovationsraten bei den Fenstern sind bei der Aussenwand keine klaren Trends in der zeitlichen Dynamik zu erkennen. Zwischen den Kantonen sind teilweise grosse Unterschiede, sowohl im zeitlichen Verlauf als auch im Niveau der Erneuerungsraten zu erkennen. Ob und welche dieser Unterscheidungen statistisch signifikant sind, wird in Kap. 4.2 aufgezeigt. Weitere deskriptive Auswertungen für Steildächer sowie Kellerdecken sind in Abbildung 14 und Abbildung 15 im Anhang zu finden.

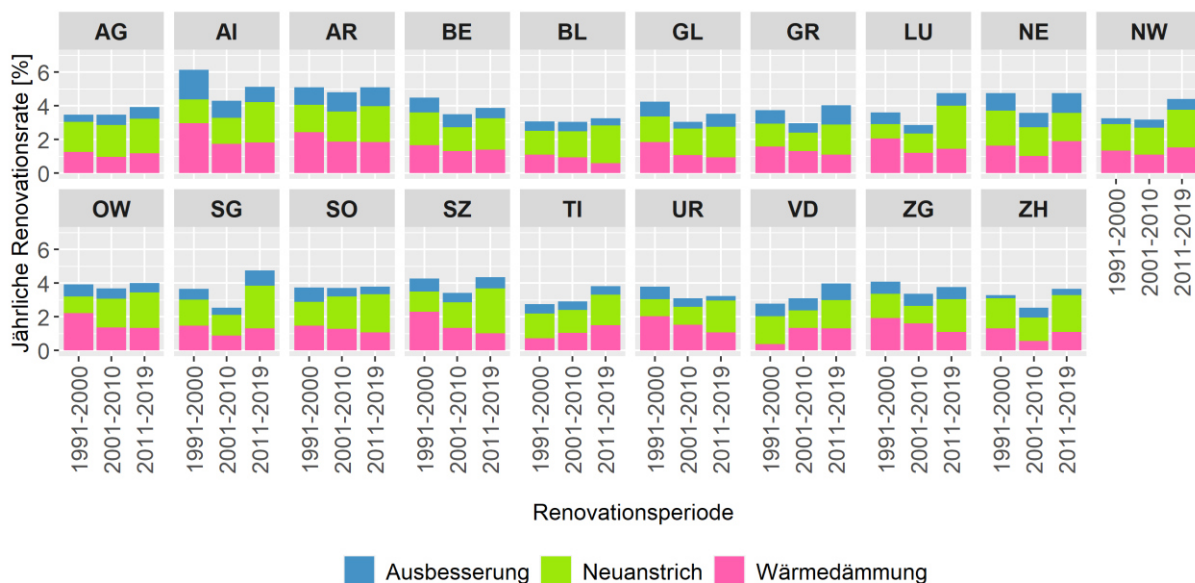


Abbildung 5: Renovationsraten (% pro Jahr, separat für Instandhaltung und Erneuerung, gemittelt für Renovationsperioden mit einer Dauer von 10 Jahren) für Aussenwände bei Wohngebäuden (deskriptive Auswertung).

## 4.2 Ökonometrische Analyse der energetischen Erneuerungsraten und bestimmender Faktoren

Die im vorherigen Kapitel beobachteten Trends zu den energetischen Erneuerungen (Fensterersatz und Wärmedämmungen) sollen anhand von Regressionsanalysen bzgl. statistischen Unterschieden untersucht werden. Dazu wird mittels Paneldatensatz ein logistisches Regressionsmodell geschätzt, um die Effekte der Variablen aus Tabelle 1 auf die Erneuerungsraten zu beleuchten. Die gleichzeitige Betrachtung sämtlicher energiepolitischer Variablen macht im vorliegenden Fall aus modelltechnischer Sicht wenig Sinn, da die einzelnen Variablen teilweise hohe Korrelationen aufweisen (siehe Pearson Korrelation in Abbildung 6). Die Überlagerung der Effekte erlaubt in einem solchen Fall keine sinnvolle Interpretation bzgl. der Beiträge der einzelnen Effekte. Der Fokus wird deshalb auf die Fördermittel sowie die CO<sub>2</sub>-Abgabe gesetzt. Weiter werden auch der Grünwähleranteil sowie der Energiepreis, deren Korrelationen zu den anderen exogenen Variablen ohnehin sehr gering sind, in den Modellen miteinbezogen.



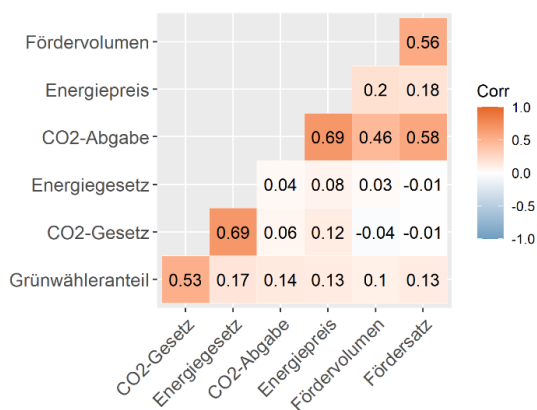


Abbildung 6: Korrelationsmatrix (Pearson Korrelation) der exogenen Variablen.

Zum besseren Verständnis der Variablen wurden verschiedenste Modellspezifikationen getestet. In Tabelle 3 sind vier sogenannte «Full models» abgebildet, d.h. Modelle mit möglichst allen verfügbaren, relevanten Variablen, um die einzelnen Effekte zu prüfen. Der einzige Unterschied in der Modellspezifikation betrifft die verschiedenen politischen Massnahmen sowie die Erneuerungsperioden, welche nur im ersten Modell berücksichtigt werden. Diese Modellspezifikationen sollen Aufschluss über die Effekte geben und sind nicht primär als Schätzmodell gedacht, wo Modellvereinfachungen (z.B. durch Ausschiessen nicht signifikanter Variablen) zu bevorzugen wären. Kantone, welche keine signifikant unterschiedlichen Erneuerungsraten aufweisen, werden in der Basiskategorie «Rest» zusammengefasst.

Die geschätzten Modelle (gemäss Gleichung 1) mit den Chancenverhältnissen (Odds-Ratio = OR) der Variablen sind in Tabelle 3 dargestellt. Im Gegensatz zu den Koeffizienten erlauben die Chancenverhältnisse eine sinnvolle Interpretation. Die geschätzten Koeffizienten ergeben sich durch den natürlichen Logarithmus der OR. Das Lesebeispiel zeigt, dass beispielsweise die Chance für eine energetische Massnahme (und damit energetische Erneuerungsraten) im Kanton AI um den Faktor 1.4 höher liegt als in der Basiskategorie «Rest» (verbleibenden Kantonen). Auch im Kanton Appenzell Ausserrhoden sowie im Kanton Luzern liegt die durchschnittliche Erneuerungsraten höher als in den verbleibenden Kantonen. Der Kanton BL hingegen weist leicht tiefere Erneuerungsraten auf.

Bezüglich den weiteren Variablen zeigt sich:

- Die energetischen Erneuerungsraten unterscheiden sich stark zwischen den Bauteilen. Die visuellen Unterschiede aus den deskriptiven Auswertungen (vgl. Abbildungen 4-5 sowie 14-15) werden bestätigt: Aussenwand, Steildach und Kellerdecke weisen im Vergleich zur Basiskategorie Fenster signifikant tiefere Erneuerungsraten auf (die entsprechenden «Odds-Ratio» sind kleiner als 1).
- Die Erneuerungstätigkeit war in den 60er Jahren tendenziell etwas tiefer, und stieg in der Erneuerungsperiode ab 2006 und insbesondere ab 2010 an. Die Bauperiode hat vor allem bei Gebäuden mit Baujahr ab 1981 und insbesondere bei den Neubauten ab 2001 einen signifikant negativen Effekt auf die Erneuerungswahrscheinlichkeit. Dies ist zu erwarten, da es zeigt, dass Neubauten noch weit seltener energetisch zu erneuern sind als der Altbestand (bis 1945).

- Die MFH weisen die höchsten Erneuerungsraten auf, während die NWG leicht tiefere, wenn auch nicht signifikant unterschiedliche Erneuerungsraten zu den EFH aufweisen.
- Bezüglich des Einflusses der Heizsysteme zeigt sich, dass insbesondere in gasbeheizten Gebäuden die Erneuerungstätigkeit signifikant tiefer ausfällt und die Gebäudeeigentümer nach einem Wechsel auf Gas weniger zu energetischen Verbesserungen an der Gebäudehülle tendieren. Modell 1 zeigt, dass die Erneuerungstätigkeit auch bei Gebäuden mit Wärmepumpen signifikant niedriger ist, was auf den Trade-off zwischen Investitionen in Energieeffizienz und den Einsatz erneuerbarer Energien hindeutet.
- Die Modellresultate bzgl. Eigentübertyp zeigen, dass Privatpersonen im Vergleich zu allen anderen Eigentübertypen öfter erneuern. Dies deutet auf erschwerte oder anders motivierte Entscheidungsfindung hin, die sich bei Gebäuden in kommerziellem oder anderweitig gemeinschaftlich organisiertem Besitz ergibt. Einzig Genossenschaften weisen keine unterschiedlichen Erneuerungsraten im Vergleich zu den Privatpersonen auf. D.h. bei direktem privatem Bezug ist die Erneuerungsrate erhöht, wobei sie sonst evtl. ökonomisch getrieben ist.
- Das Alter der Eigentümer zeigt weitere wichtige Erkenntnisse auf. In allen Modellen liegen die Chancen für Erneuerungstätigkeiten bei Gebäudeeigentümern unter 60 Jahren um rund 20% höher als bei Gebäudeeigentümern mit einem Alter von 60 Jahren oder darüber. Dies zeigt die Hemmnisse für Investitionstätigkeiten in Energieeffizienz bei älteren Eigentümern aufgrund ihrer verkürzten verbleibenden Lebenserwartung verglichen zur erwarteten Lebensdauer der energetischen Massnahme, insbesondere wenn die Amortisationszeit die erwarteten verbleibenden Lebensjahre übersteigt. Dies ist bei jüngeren Eigentümern, die zudem im Erwerbsleben stehen, weniger der Fall. Diese Erkenntnis konnte auch in früheren Untersuchungen für EFH (Banfi et al., 2011) und MFH (Banfi et al., 2012) nachgewiesen werden.
- Eigentümer mit einem tertiären Bildungsabschluss weisen signifikant höhere Erneuerungstätigkeiten auf. Diese Variable stellt ein Proxy für das Einkommen dar und zeigt Unterschiede hinsichtlich der Investitionsmöglichkeiten auf. Das Ergebnis weist auf die Wichtigkeit von Fördermitteln zur Dämpfung der Investitionskosten bei Gebäudehüllmassnahmen für die übrigen Einkommensklassen hin.
- Der Gemeindetyp ist in den vorliegenden Modellen nicht signifikant. Dies stützt die Resultate einer früheren Untersuchung im Bereich der Einfamilienhäuser (Banfi et al., 2011). Der Gemeindetyp weist jedoch gewisse Zusammenhänge mit dem Heizsystem auf. Holzheizungen und Wärmepumpen haben sich besonders in den weniger dicht bebauten ländlichen Regionen vermehrt durchgesetzt. Gasheizungen, bedingt durch die Netzabdeckung, vermehrt in urbanen Gemeinden.
- Der kantonale Grünwähleranteil zeigt einen erwarteten positiven, teils signifikanten Effekt auf die Erneuerungstätigkeit, wobei die Chancenverhältnisse je nach Modellspezifikation zwischen 1.12-1.3 ausfallen. Kantone mit einem 10% höheren Grünwähleranteil weisen demnach eine rund 1-3% höhere Erneuerungschance auf.
- Die bauteilspezifischen Fördersätze weisen einen stark signifikanten Koeffizienten auf, was auf die Wirksamkeit des ab 2008 gestarteten Gebäudeprogramms hinweist (bei Erhöhung der Fördersätze um 10 CHF/m<sup>2</sup> erhöht sich die Erneuerungschance um ca. 11%).

- Der positiv signifikante Koeffizient für den Energiepreis weist darauf hin, dass die Gebäudeeigentümer auch sensitiv auf erhöhte Brennstoffpreise reagieren.
- Auch die CO<sub>2</sub>-Abgabe hat einen stark signifikanten Effekt. Das Odds-Ratio von 1.005 zeigt, dass bei einer Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Abgabe um 100 CHF / t<sub>CO<sub>2</sub></sub> die Erneuerungschance um rund 50% zunimmt (bei Konstanthaltung sämtlicher weiterer Variablen).
- Generell zeigt sich, dass die oben beschriebenen Erkenntnisse sehr robust und in der Regel bei allen verschiedenen Modellspezifikationen beobachtbar sind (siehe OR und Log-Likelihood).

Tabelle 3: Modelloutput zur Schätzung der Wahrscheinlichkeit einer durchgeführten energetischen Massnahme (erstgenannte Kategorie entspricht jeweils der Basiskategorie, Signifikanzniveau: \*\*\* 0.001, \*\* 0.01, \*0.05).

Variable	Einheit	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
		OR	OR	OR	OR
Intercept	-	0.294 ***	0.207 ***	0.302 ***	0.309 ***
Rest	-				
AI	-	1.397 ***	1.408 ***	1.429 ***	1.430 ***
AR	-	1.373 ***	1.376 ***	1.387 ***	1.389 ***
BL	-	0.888 *	0.886 *	0.876 **	0.876 **
LU	-	1.258 ***	1.257 ***	1.251 ***	1.251 ***
Fenster	-				
Kellerdecke	-	0.195 ***	0.221 ***	0.198 ***	0.198 ***
Aussenwand	-	0.367 ***	0.403 ***	0.372 ***	0.372 ***
Steildach	-	0.411 ***	0.451 ***	0.415 ***	0.416 ***
Erneuerung_2001_2005	-				
Erneuerung_1991_1995	-	0.798 ***			
Erneuerung_1996_2000	-	0.960			
Erneuerung_2006_2010	-	1.305 ***			
Erneuerung_2011_2015	-	1.530 ***			
Erneuerung_2016_2019	-	1.528 ***			
BAUP_bis1945	-				
BAUP_1946_1980	-	0.980	0.981	0.983	0.984
BAUP_1981_2000	-	0.262 ***	0.265 ***	0.275 ***	0.276 ***
BAUP_ab2001	-	0.052 ***	0.053 ***	0.058 ***	0.058 ***
EFH	-				
MFH	-	1.063 *	1.064 *	1.068 *	1.068 *
NWG	-	0.961	0.964	0.969	0.969
HS_Heizöl	-				
HS_Andere	-	0.909 *	1.248 **	1.068	1.043
HS_Fernwärme	-	0.806 ***	1.110	0.969	0.947
HS_Gas	-	0.824 ***	0.777 ***	0.828 ***	0.830 ***
HS_Holz	-	1.003	1.375 ***	1.174 ***	1.147 **
HS_Wärmepumpe	-	0.847 ***	1.186 *	1.053	1.028
HS_k.A.	-	0.887	1.223	1.049	1.025
Eigentum_Privatperson	-				
Eigentum>Weitere/k.A.	-	0.474 ***	0.469 ***	0.470 ***	0.471 ***
Eigentum_Private Gemeinschaft	-	0.775 ***	0.773 ***	0.767 ***	0.766 ***
Eigentum_Versich./PK/Firma	-	0.640 ***	0.634 ***	0.628 ***	0.627 ***
Eigentum_Genossenschaft	-	0.782 .	0.771 .	0.746 *	0.744 *
Eigentum_Öffentliche Hand	-	0.467 ***	0.460 ***	0.446 ***	0.445 ***
Eigentümer_STWEG	-	0.798 ***	0.796 ***	0.793 ***	0.793 ***
Alter_<60	-				
Alter_>=60	-	0.819 ***	0.813 ***	0.779 ***	0.775 ***
Alter_k.A./indifferent	-	0.875	0.874	0.853 .	0.850 .
Ausbildung_NichtTertiärstufe	-				
Ausbildung_k.A./indifferent	-	1.274 *	1.276 *	1.277 *	1.276 *
Ausbildung_Tertiärstufe	-	1.138 ***	1.138 ***	1.141 ***	1.142 ***
Städtische Gemeinde	-				
LändlicheGemeinde	-	1.035	1.036	1.042	1.042
PeriurbaneGemeinde	-	1.043	1.044	1.045	1.045
Grünwähleranteil	-	1.122	1.157	1.299 **	1.311 **
Fördersatz	CHF/m <sup>2</sup>		1.011 ***		
Energiepreis_Fossil	Rp./kWh		1.045 ***		
CO <sub>2</sub> -Abgabe	CHF/t <sub>CO<sub>2</sub></sub>			1.005 ***	
CO <sub>2</sub> -Abgabe:Schwellenwert30	-				1.004 ***
Log-Likelihood		-27211	-27231	-27320	-27328

## 4.3 Motivation und Hemmnisse für Gebäudehüllen-erneuerungen

Erkenntnisse über die Motivationen und Hemmnisse für Erneuerungstätigkeiten sind für öffentliche Stellen aber auch für private Firmen von Interesse. Entsprechend wurde dies auch in der Erhebung berücksichtigt.

Motivationen für Erneuerungsarbeiten an den Aussenwänden, welche bei Gebäuden in der Periode 1996-2019 vorgenommen wurden, sind in Abbildung 7 dargestellt (differenziert nach Bauperiode). Je nach Bauperiode geben zwischen 21% (Neubauten ab 2001) bis 62% (Gebäude mit Baujahr zwischen 1946-1980) der Antwortenden an, die Erneuerungstätigkeiten aus Umwelt- und/oder Energiesparüberlegungen vorgenommen zu haben (siehe Abbildung 7). Speziell bei den schlecht gedämmten Gebäuden aus den 1950er bis 1970er Jahren (Bauperiode 1946-1980) scheinen umwelt- und/oder energietechnische Gründe vermehrt im Vordergrund zu stehen. Technische Gründe wie ein abgenutztes Bauteil oder Bauschäden werden als zweithäufigster Grund genannt (47% über alle Bauperioden). Entgegen den Erwartungen wird diese Antwort auch bei neueren Gebäuden häufig genannt. Weiter sind ästhetische Gründe oder Möglichkeiten zur Attraktivitätssteigerung oft genannte Gründe, wobei dies bei älteren Gebäuden öfters genannt wird.

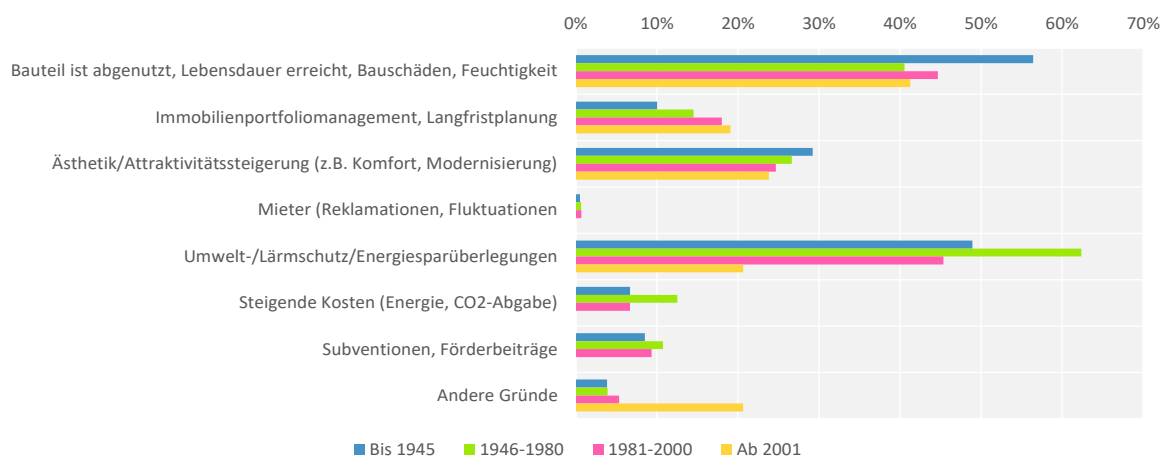


Abbildung 7: Motivationen für Erneuerungstätigkeiten in der Periode 1996-2019 an der Aussenwand, n = 1674. Mehrfachnennungen waren möglich.

Die Resultate eines Chi-Quadrat-Tests (Tabelle 4) zeigen, dass die beobachteten Unterschiede bzgl. Bauperioden auch statistisch signifikant sind. Der sehr tiefe p-Wert weist darauf hin, dass die Nullhypothese von vollständiger Unabhängigkeit der Antworten und der Bauperioden nicht gegeben ist.

Tabelle 4: Chi-Quadrat-Test zur Analyse der Motivationen für Renovationsmassnahmen.

	Teststatistik $\chi^2$	df	p-Wert
Pearson Chi-Quadrat	971.5	24	<2e-16

Die Resultate zeigen bei den Fenstern und Dächern ein sehr ähnliches Bild (siehe Anhang, Abbildung 16 und Abbildung 17), mit zwei grossen Unterschieden; Erstens sind ästhetische Gründe weit weniger wichtig. Nur 20% der Befragten (Fenster) resp. 16% der Befragten (Dächer) sehen ästhetische/attraktivitätssteigernde Gründe als Motivation für Renovationstätigkeiten (im Vergleich zu 28% bei den Aussenwänden, jeweils über alle Bauperioden). Da bei den Aussenwänden Wärmedämmungen in der Regel auch mit einem Fassadenanstrich oder im Zusammenhang mit einer hinterlüfteten Fassade erfolgen, können damit energetische Verbesserungen zumindest teilweise auch durch ästhetische Gründe motiviert sein. Zweitens ist insbesondere bei den Fenstern für die Gebäude der Bauperiode 1946-1980 keine erhöhte Motivation bzgl. Umwelt- und/oder Energiesparüberlegungen zu erkennen. Dies kann vermutlich damit erklärt werden, dass die Fenster bereits einmal gewechselt wurden.

Befragte, welche seit 1996 keine Renovationstätigkeiten durchgeführt haben wurden nach den Gründen befragt. Die unterschiedlichen Hemmnisse, diesmal für Instandsetzungs- und/oder Erneuerungsarbeiten an Aussenwänden sind in Abbildung 8 dargestellt (differenziert nach Bauperiode). Eine Mehrheit der Teilnehmer in der Befragung gibt an, in der Periode 1996-2019 keine Erneuerungstätigkeiten durchgeführt zu haben. Als Hauptgrund wird auf den Zustand der jeweiligen Bauteile verwiesen, die gemäss den Befragten für die vorliegenden Gebäude nicht erneuerungsbedürftig waren. Alle anderen Gründe werden deutlich weniger oft genannt. Bei der Differenzierung nach Bauperiode zeigen sich bei diesen Gebäuden allerdings grosse Unterschiede. Für Altbauten mit Baujahr bis 1980 werden die finanziellen Gründe (fehlende Investitionsmittel; Mietzinserhöhungen könnten am Markt nicht durchgesetzt werden) sowie gebäudespezifische Gründe (geplanter Abbruch; Verkauf/Vererbung; geplante Erneuerung) deutlich öfter genannt. In Abbildung 18 und Abbildung 19 sind dieselben Resultate für die Fenster und Dächer illustriert.

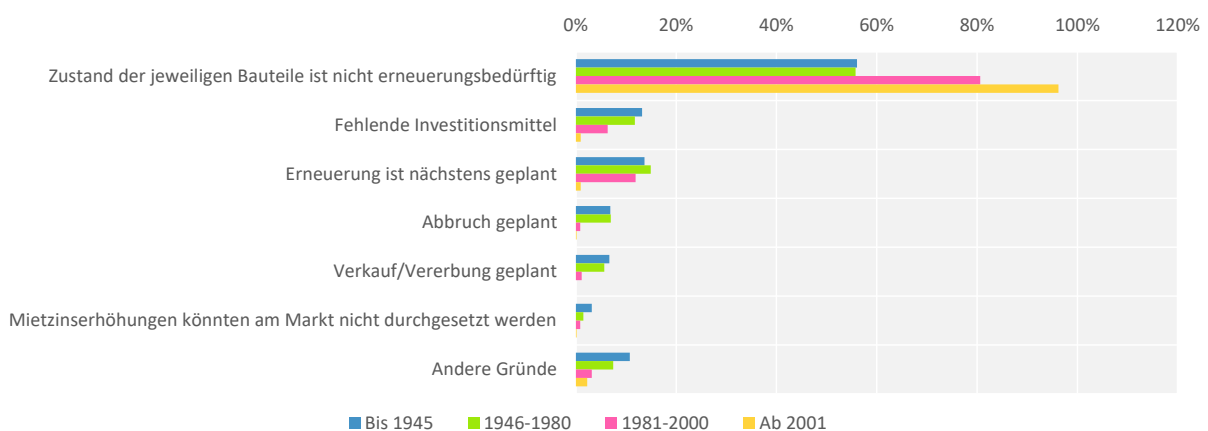


Abbildung 8: Hemmnisse, weshalb in der Periode 1996-2019 keine Renovationstätigkeiten an der Aussenwand durchgeführt wurden, n = 4484. Mehrfachnennungen waren möglich.

Weitere interessante Erkenntnisse liefert die Auswertung in Abbildung 9. Die Gebäudeeigentümer gaben an, welche Voraussetzungen gegeben sein müssen, bzw. welche Anreize geschaffen werden müssten, um künftig Erneuerungstätigkeiten attraktiver zu machen. Diese Fragen wurde sämtlichen Teilnehmern gestellt, entsprechend grösser ist die Antwortstichprobe. Steuerabzüge (> 50%) und Subventionen/Förderbeiträge (> 60%) sind die meistgenannten Punkte. Auch der am dritthäufigsten genannte Grund, die Erhöhung der zu überwälzbaren Investitionen, betrifft einen rein finanziellen Anreiz. Dies zeigt auf, dass bevorstehende Erneuerungen umso mehr von finanziellen Gründen abhängen, als dies bei bisherigen (vgl. Angaben der Eigentümer in Abbildung 9) der Fall war und deutet darauf hin, dass Fördermittel und andere finanzielle Anreize auch in Zukunft wichtige und erwünschte Instrumente darstellen. Umweltbezogene Gründe oder Attraktivitätssteigerungen sind höchstwahrscheinlich auch in Zukunft wichtig, jedoch müssten dafür die Voraussetzungen attraktiv sein (vgl. Voraussetzungen und Anreize aus Abbildung 9). Mietgesetzänderungen wird nur von rund 5% angegeben, wobei bei den MFH 9% diese Antwort auswählen.

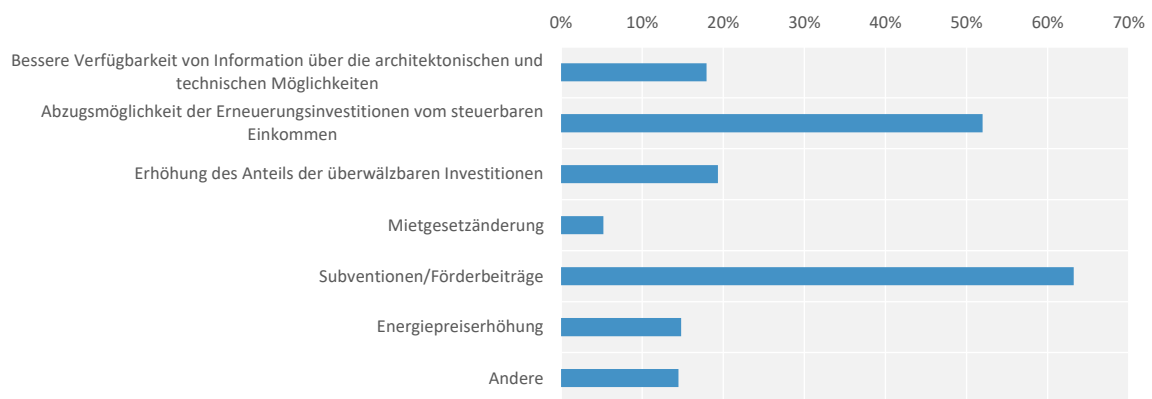


Abbildung 9: Antworten zur Frage: "Welche Voraussetzungen müssten gegeben sein, bzw. welche Anreize müssten geschaffen werden, um künftig Erneuerungstätigkeiten attraktiver zu machen?». n = 9116. Mehrfachnennungen waren möglich.

## 5 Heizsysteme

---

### 5.1 Deskriptive Auswertung

---

Flächendeckend wurden Energieträger bzw. Heizsystemangaben letztmals im Rahmen der Gebäude- und Wohnungszählung 2000 durch das Bundesamt für Statistik (BFS) vollumfänglich und schweizweit erhoben. Seit dem Erstellen des Gebäude- und Wohnungsregisters (GWR) werden diese Angaben meist nur bei der Ersterfassung der Gebäude im GWR registriert, also typischerweise im Fall der Neubauten seit dem Jahr 2001. Nachträgliche Energieträgerwechsel im Gebäudebestand werden im Rahmen der vorgesehenen Aktualisierungsprozesse jedoch meist nur von einem Teil der Gemeinden im GWR aktualisiert.

Aus diesem Grund wurden bei der erwähnten Stichprobenerhebung bei Gebäudeeigentümern Heizsystem und Energieträger miteinbezogen. Die Erhebung und die ausgewerteten Heizsystemanteile stehen für die 19 Kantone AG, AI, AR, BE, BL, GL, GR, LU, NE, NW, OW, SG, SO, SZ, TI, UR, VD, ZG und ZH zur Verfügung.

Die Heizsystemanteile nach Gebäudesektor und Bauperiode sind in Abbildung 10 illustriert. Die fossilen Anteile sind sowohl im Niveau als auch im Verlauf im grossen Ganzen zwischen EFH und MFH vergleichbar. Der Anteil der Ölheizungen hat insbesondere in den Nachkriegsjahren stark zugenommen und beträgt bei den Wohngebäuden mit Baujahr zwischen 1946 und 1980 rund 50%. Ein Rückgang ist bei den Gebäuden mit Baujahr ab 1981, d.h. nach der Ölkrise, zu beobachten. Dies meistens zugunsten von WP bei den EFH und Gas bei den MFH. Bei Gebäuden mit Baujahr ab 2000 verstärkt sich die Abkehr von fossilen Energieträgern, und in der neusten Bauperiode sind die Anteile der Ölheizungen auf dem tiefsten Stand.

Demgegenüber weisen die Gasheizungen einen deutlich stabileren Verlauf auf und sind auch bei Neubauten mit Baujahr ab 2001 immer noch sehr verbreitet, wobei die Anteile bei den MFH und insbesondere bei den NWG deutlich höher liegen. Ausserdem weisen neuere Gebäude (NWG ab 1981 und EFH/MFH ab 2001) höhere Anteile an Gas- verglichen zu Ölheizungen auf.

Fernwärme als weiterer leitungsgebundener Energieträger kommt bei den NWG in rund 20% der Gebäude vor. Bei den EFH und MFH ist der Anteil deutlich geringer, wobei der Anteil bei Neubauten von MFH ab 2001 stark zugenommen hat.

Der Anteil Holzheizungen ist bei alten Wohngebäuden mit Baujahr bis 1945 am höchsten und deutlich tiefer bei Gebäuden mit Baujahr zwischen 1946 und 2000. Bei Neubauten mit Baujahr ab 2001 steigen die Anteile der Holzheizungen im Vergleich zur Periode 1981-2000 wieder stark an (+36% bei EFH, +17% bei MFH und +12% bei NWG), gegeben durch die zunehmende Abkehr von fossilen Energieträgern in den letzten 20 Jahren.

Wärmepumpen als weiteres erneuerbares Heizsystem sind insbesondere bei Wohngebäuden bereits stark verbreitet und bei neueren Gebäuden (EFH ab 1981, MFH ab 2001) der meistverbreitete Wärmeerzeuger. Auch bei neuen NWG sind Wärmepumpen ab 2001 knapp die erste Wahl, während bei älteren NWG der Wärmepumpenanteil jeweils nur zwischen 8-11% beträgt.



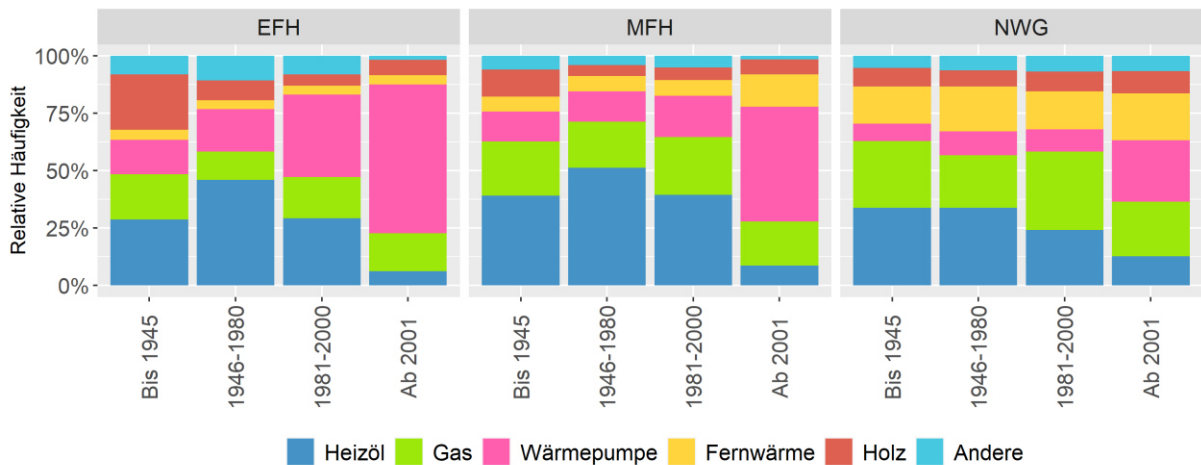


Abbildung 10: Deskriptive Auswertung der Heizsysteme nach Gebäudesektor und Bauperiode. Relative Häufigkeit bezogen auf 19 Kantone und die Stichprobe.

Aufgrund der Schichtung (nach Kanton und Gebäudesektor) sind kleinere Kantone in Abbildung 10 übergewichtet, entsprechend illustriert Abbildung 11 die Anteile nach Kanton und Gebäudesektor. Nebst den strukturellen Unterschieden bzgl. Baujahr und Gebäudesektor sind auch auf Kantonebene teilweise deutliche Unterschiede zu erkennen (Abbildung 11). Dies ergibt sich teilweise aufgrund geografischer Gegebenheiten (ländlich/städtisch) und der unterschiedlichen Gasversorgung. Kantone mit wenigen (GR) oder keinen Gasnetzen (NW, OW, UR) weisen entsprechend tiefe oder keine Anteile bei den Gasheizungen auf. Bei diesen Bergkantonen (rot hervorgehoben in Abbildung 11) zeigen sich teilweise höhere Anteile bei den Ölheizungen. Der totale Anteil der fossilen Heizsysteme ist in diesen Kantonen (abgesehen von GR) jedoch vergleichsweise tief. Stattdessen wird in diesen Kantonen auf überdurchschnittlich viele Wärmepumpen (NW, OW, UR) oder Holzheizungen (GR, NW, OW, UR) gesetzt.

Generell gesprochen zeigen sich die kantonalen Unterschiede in der Regel über alle drei Gebäudesektoren, d.h. Ölheizungen sind für die allermeisten Kantone bei den MFH höher, Wärmepumpen sind in praktisch allen Kantonen bei den EFH mehr verbreitet, die Fernwärmeanteile sind bei den MFH leicht höher und bei den NWG deutlich höher als bei den EFH.

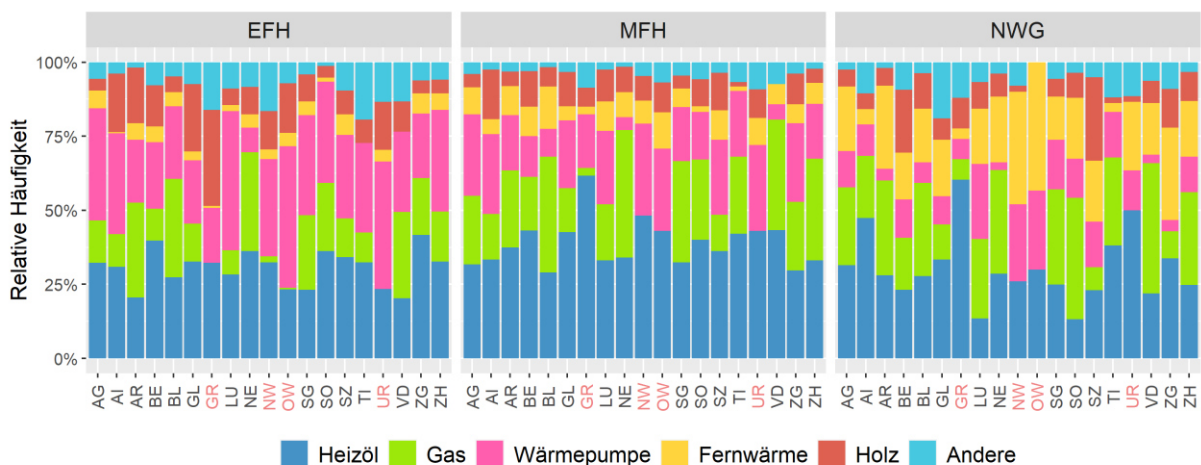


Abbildung 11: Deskriptive Auswertung der Heizsysteme nach Gebäudesektor und Kanton.

Die Heizsystemanteile pro Kanton und Bauperiode sind in Abbildung 12 aggregiert über alle Gebäudetypen dargestellt. Die beschriebene Dynamik mit einem Maximum der Ölheizungen für Gebäude mit Bauperiode 1946-1980 (wie in Abbildung 10) ist in praktisch allen Kantonen beobachtbar, sowie auch die stabilen Gasanteile in den meisten Kantonen, welche über eine Gasversorgung verfügen. Demgegenüber stehen die tiefen Gas- und Fernwärmeanteile bei den ländlichen Kantone AI, GR, NW, OW und UR mit wenig bis kaum Gasversorgung. In diesen Kantonen sind dafür die Wärmepumpenanteile bei älteren Gebäuden schon überdurchschnittlich hoch.

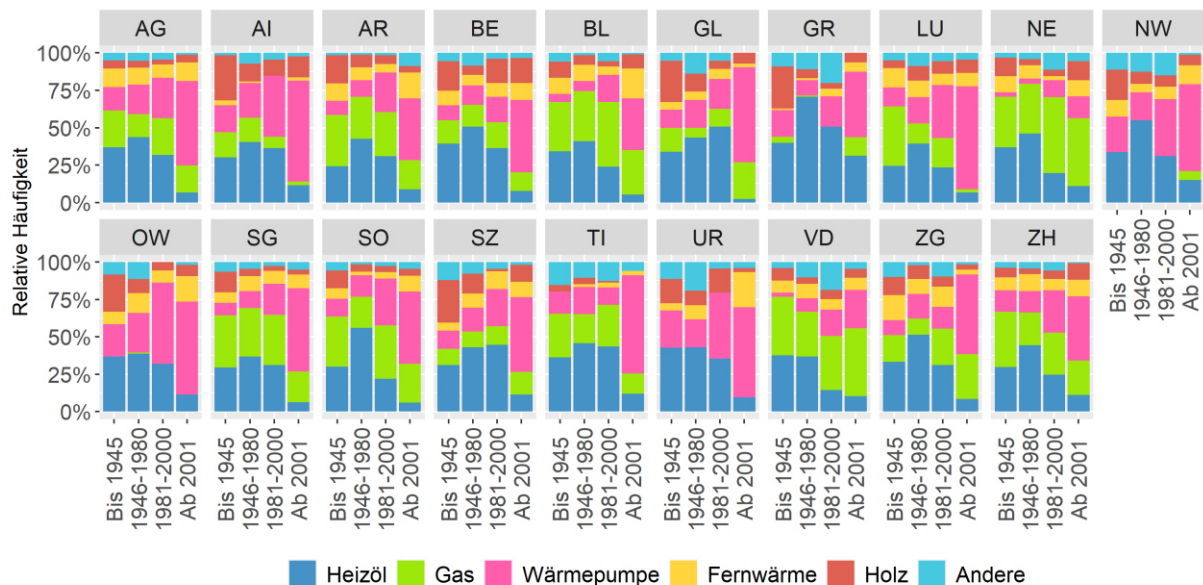


Abbildung 12: Deskriptive Auswertung der Heizsysteme nach Bauperiode und Kanton.

Die deskriptiven Auswertungen zeigen diverse Unterschiede auf, so dass eine differenzierte Betrachtung der Heizsysteme nach Gebäudesektor und Bauperiode aber auch nach Kanton immer einer eindimensionalen Betrachtung vorzuziehen ist. Inwieweit die Unterschiede statistisch signifikant sind, kann mit rein deskriptiven Auswertungen nicht auf eine einfache Art und Weise eruiert werden. Aus diesem Grund wird im nächsten Kapitel anhand ökonomischer Methoden darauf eingegangen.

## 5.2 Bestimmende Faktoren der Heizsystemanteile

Der Modelloutput aus dem multinomalen logistischen Regressionsmodell mit den Relative Risk Ratios (RRR) ist in Tabelle 5 dargestellt. Während die Sterne auf die Signifikanz hinweisen, dienen die RRR insbesondere der Interpretation der Effekte. Die RRR beziehen sich immer auf die Basiskategorie. Hierbei handelt es sich um das relative Risikoverhältnis zwischen dem genannten Level und der Basiskategorie, wenn die anderen Variablen im Modell konstant gehalten werden. Das RRR von 2.08 zeigt beispielsweise, dass die Wahrscheinlichkeit für den Einsatz von Holz- verglichen mit Ölheizungen in ländlichen Gemeinden ungefähr doppelt so gross ist wie in städtischen (ceteris paribus, d.h. bei Konstanthaltung sämtlicher weiterer Variablen).

Die Modellresultate zeigen weiter:

- Gasheizungen kommen im Vergleich zur Basiskategorie (Ölheizungen) sowohl in ländlichen (-42%) als auch periurbanen (-19%) Gemeinden weniger oft vor wie in städtischen Gemeinden. Gasversorgte Gemeinden weisen neben Gas auch für Fernwärme ein  $RRR > 1$  auf, während Holz signifikant negativ ist.
- Die Differenzierung nach Gebäudesektor zeigt, dass das Wahrscheinlichkeitsverhältnis von Wärmepumpen und Ölheizungen bei MFH und NWG deutlich tiefer liegt als bei EFH. Ab 1946 hat im Vergleich zu anderen Heizsystemen der Anteil an Ölheizungen stark zugenommen. Bei Gebäuden mit Baujahr ab 1981 und somit im Wesentlichen nach der Ölkrise wurden im Gegensatz zu älteren Gebäuden mehr Wärmepumpen und weniger Holzheizungen im Vergleich zu Ölheizungen verbaut. Bei den anderen Heizsystemen sind keine signifikanten Unterschiede im Vergleich zur Bauperiode bis 1945 feststellbar. Neubauten mit Baujahr ab 2001 weisen für sämtliche Heizsysteme (im Vergleich zu den Ölheizungen) höhere Anteile auf als Altbauten mit Baujahr bis 1945.
- Bei den eigentümerspezifischen Effekten sind deutlich weniger Unterschiede erkennbar. Im Vergleich zu den Privatpersonen ist das Wahrscheinlichkeitsverhältnis von Wärmepumpen und Ölheizungen bei den STWEG um ca. 50% und bei den privaten Gemeinschaften sogar um ca. 65% tiefer. Auch für Holzheizungen sind negativ signifikante Effekte bei den STWEG, Versicherungen, Pensionskassen und weiteren Firmen beobachtbar (immer im Vergleich zu Privatpersonen).
- Die Differenzierung nach Kantonen zeigt etliche signifikante Unterschiede bei den Heizsystemen auf. Einige Kantone (Be, BL, GL, GR, NE, SZ, VD und ZG) weisen ein deutlich kleineres Wahrscheinlichkeitsverhältnis von Wärmepumpen zu Heizöl im Vergleich zum Kanton AG (Basiskategorie) auf. Demgegenüber weist ein Grossteil der Kantone ein deutlich höheres Verhältnis von Holz- und Ölheizungen im Vergleich zum Kanton AG auf.

Tabelle 5: Relative Risk Ratios (RRR) von der Schätzung der Heizsystemanteile (Basiskategorien (erstgenannte Kategorie entspricht jeweils der Basiskategorie, Signifikanzniveau: \*\*\* 0.001, \*\* 0.01, \*0.05).

Variable	Gas	WP	FW	Holz	Andere
Intercept	0.045 ***	0.644 **	0.093 ***	0.243 ***	0.180 ***
Städtische Gemeinde					
Ländliche Gemeinde	0.582 ***	1.024	1.120	2.082 ***	1.400 *
Periurbane Gemeinde	0.814 *	1.023	1.168	1.052	0.831
Nicht gasversorgt					
Gasversorgt	30.160 ***	0.979	1.319 **	0.794 *	0.925
EFH					
MFH	0.996	0.707 ***	1.007	0.645 ***	0.453 ***
NWG	1.177	0.533 ***	1.671 ***	1.000	0.766 .
BAUP_bis1945					
BAUP_1946_1980	0.501 ***	0.846 *	0.690 ***	0.378 ***	0.821 .
BAUP_1981_2000	1.164 .	2.020 ***	0.961	0.428 ***	1.105
BAUP_ab2001	2.688 ***	18.091 ***	4.420 ***	2.466 ***	1.967 ***
Eigentum_Privatperson					
Eigentum_STWEG	1.179	0.497 ***	1.689 *	0.396 ***	0.816
Eigentum_Private Gemeinschaft	1.024	0.343 ***	1.158	0.749	1.092
Eigentum_Versich./PK/Firma	1.028	0.739	1.594	0.471 *	0.800
Eigentum_Genossenschaft	1.280	0.748	2.020	0.695	0.864
Eigentum_Öffentliche Hand	1.367	1.333	6.266 ***	1.469	1.264
Eigentum>Weitere/k.A.	0.950	0.682	1.758	0.454 *	0.733
Ausbildung_NichtTertiärstufe					
Ausbildung_Tertiärstufe	1.200 *	1.258 **	1.214	0.861 .	0.942
Ausbildung_k.A./indifferent	1.172	0.738	1.533	0.928	1.097
AG					
AI	0.486 ***	1.014	0.262 **	3.195 ***	0.756
AR	1.845 **	0.741	1.627 *	2.577 ***	0.596
BE	0.701 *	0.599 **	0.709 .	2.448 ***	1.281
BL	1.651 ***	0.549 ***	1.422 .	2.336 ***	0.955
GL	0.589 **	0.696 *	0.557 *	2.375 ***	1.312
GR	0.317 **	0.564 ***	0.236 ***	1.865 **	1.868 **
LU	1.086	1.434 *	1.031	2.068 **	1.760 *
NE	1.216	0.192 ***	0.795	1.939 **	1.260
NW	0.762	0.881	1.102	2.090 **	2.477 ***
OW	0.334	1.282	1.937 **	1.984 **	1.346
SG	1.399 **	1.000	0.690 *	1.570 *	1.356
SO	1.266	0.760	0.609 .	1.575 .	0.993
SZ	0.467 ***	0.668 *	1.144	2.900 ***	1.576 .
TI	0.689 *	0.927	0.105 ***	0.904	3.046 ***
UR	0.000	1.087	1.162	1.732 *	2.177 ***
VD	1.452 *	0.413 ***	0.539 **	1.441	2.254 ***
ZG	0.650 *	0.638 *	1.086	2.538 ***	1.666 .
ZH	1.003	0.905	0.857	2.007 **	0.990

## 5.3 Motivationen für Heizungsersatz

Eigentümer, welche sich beim letzten Heizungsersatz für eine fossile Heizung entschieden haben, weisen insbesondere auf die Empfehlung des Heizungsinstallateurs, Lieferanten oder Planers hin (siehe Abbildung 13). Entsprechend wichtig ist die Schulung dieser Experten, wobei in diesem Bereich Anstrengungen unternommen werden, namentlich mit dem Programm «Impulsberatung» von EnergieSchweiz (BFE, 2022b; Suissetec, 2022). Bei älteren Gebäuden mit Baujahr bis 2000 werden auch bei knapp 40% der Fälle die Investitionskosten als Grund für den Heizungsersatz angegeben. Als weiterer wichtiger Grund werden ungünstige Voraussetzungen für Erneuerbare aufgeführt. Auch dieser Punkt wird öfters bei älteren Gebäuden genannt.

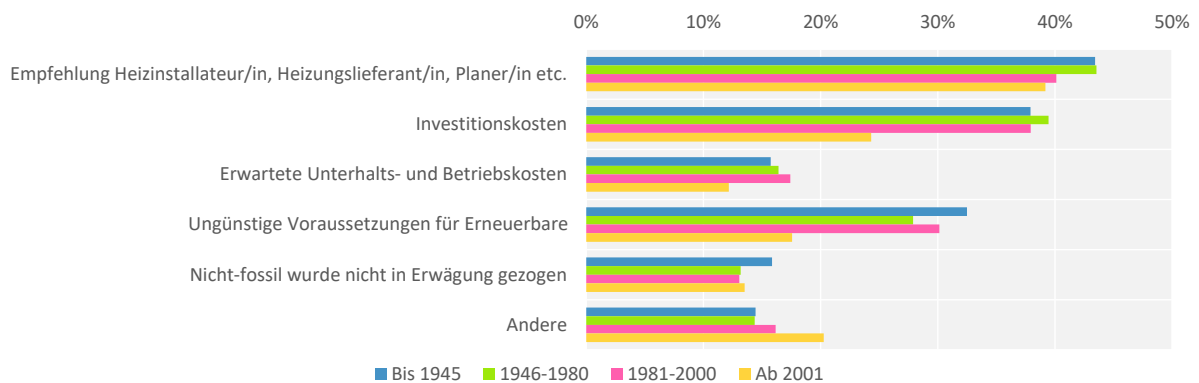


Abbildung 13: Gründe, weshalb beim Heizungsersatz eine fossile Lösung bevorzugt wurde, n = 2798.

## 6 Zusammenfassung und abschliessende Beurteilung

---

### 6.1 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

---

Die Energieträger- resp. Heizsystemwahl sowie das Erneuerungsverhalten bei der Gebäudehülle (namentlich der Fensterersatz und Wärmedämmungen) haben einen erheblichen Einfluss auf den Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen des Gebäudeparks. Aufgrund der genannten Gründe, den langen Renovationszyklen sowie den klima- und energiepolitischen Zielen (Netto-Null bis 2050) des Bundes ist die Berücksichtigung von energetischen Kriterien bei Erneuerungstätigkeiten im Gebäudebestand von essentieller Bedeutung. Entsprechend wichtig ist die Kenntnis über das Erneuerungsverhalten für planerische Zwecke bei Bund, Kantonen und Gemeinden sowie der Energiewirtschaft.

Im Rahmen eines fragebogengestützten Ansatzes konnten wichtige Informationen zur Renovations- und Erneuerungstätigkeit sowie der Heizsystemwahl in Wohn- und Nichtwohngebäuden erhoben und damit die Datenlage diesbezüglich verbessert werden. Speziell wurde auch die Motivationen und Hemmnisse für Renovationstätigkeiten untersucht.

Basierend auf den erhobenen Daten wurden Renovations- und Erneuerungsraten (% pro Jahr) für die unterschiedlichen Bauteilflächen an der Gebäudehülle berechnet, wobei sich zeigt, dass die Erneuerungstätigkeit stark nach Bauteil variiert. Bei Wohngebäuden betragen die Erneuerungsraten für die Fenster in den letzten 30 Jahren rund 2-3 % p.a., für die Aussenwände rund 1-1.5 % p.a., für die Steildächer rund 1-2 % p.a. und für die Kellerdecken rund 0.5-1 % p.a. Die deskriptiven Auswertungen weisen auch auf kantonale Unterschiede hin, was aufgrund der unterschiedlichen Bausubstanz, der geografischen Gegebenheiten sowie auch den unterschiedlichen Förderbedingungen in den einzelnen Kantonen nicht überraschend ist.

Die strukturellen Unterschiede (Kantone, Gebäudesektor und Bauperiode), welche durch die deskriptiven Auswertungen sichtbar gemacht werden konnten, weisen auch bei den ökonomischen Analysen auf veränderte Erneuerungstätigkeiten hin.

Als weitere erklärende Variablen zeigt sich der Eigentübertyp, wobei sämtliche gemeinschaftlich organisierten Eigentümerformen (STWEG, Andere private Gesellschaften, Firmen, Pensionskassen, öffentliche Hand), wo die Investitionsentscheidung mutmasslich komplexer ist, auch signifikant tiefere (zwischen 20-55%) Erneuerungsraten aufweisen als Privatpersonen. Weiter ist die Erneuerungschance bei älteren Gebäudeeigentümern (>60 Jahre) um mehr als 20% tiefer, verglichen zu jüngeren Gebäudeeigentümern (<= 60 Jahre). Zudem erhöht sich die Erneuerungschance mit einem tertiären Bildungsabschluss. Diese Erkenntnisse können hilfreich sein bei der Ausarbeitung von zukünftigen Förderinstrumenten, um diese zielgruppengerecht zu konzipieren.

Weiter zeigen auch der Grünwähleranteil, die Energiepreise sowie die CO<sub>2</sub>-Abgabe signifikant positive Effekte auf das Erneuerungsverhalten.

Auch die deskriptiven Auswertungen bei den Heizsystemen zeigen kantonale Unterschiede auf. Gasheizungen und Fernwärme sind vor allem in den städtischen Kantonen und Gebieten mit hohen Wärmeverbrauchsichten verbreitet. Gebäudeeigentümer in ländlicheren Kanto-

nen steigen vermehrt von Ölheizungen auf Wärmepumpen um. Bei Holzheizungen ist der Anteil am höchsten bei den Altbauten mit Baujahr bis 1945. Die bauperiodenspezifische Auswertung zeigt wie mit der Verbreitung der fossilen Heizsysteme in der Nachkriegszeit die Holzheizungen stark an Bedeutung verloren haben. Erst bei neueren Gebäuden mit Baujahr ab 2001, wo energie- und klimarelevante Überlegungen mutmasslich stärker in die Heizsystemwahl einfließen, scheinen die Holzheizungen, relativ gesprochen wieder vermehrt Anwendung zu finden. Die rasche Verbreitung von Ölheizungen hat im Zuge der Ölkrise in den 1970er Jahren abgenommen. Ölbeheizte Gebäude machen jedoch in der Baualtersklasse zwischen 1981 und 2000 immer noch den grössten Anteil aus (trotz der hohen Ölpreise Anfang der 1980er Jahre).

Wärmepumpen haben in der Vergangenheit insbesondere mit dem technologischen Fortschritt und mutmasslich dem wachsenden Umweltbewusstsein an Bedeutung gewonnen und machen bei Gebäuden mit Baujahr ab 2001 (MFH und NWG) oder ab 1981 (EFH) den grössten Anteil aus. Beim Vergleich der Gebäudesektoren zeigt sich zudem der generell bereits frühere Wechsel hin zu erneuerbaren Heizsystemen bei den Einfamilienhäusern, wo bei Gebäuden mit Baujahr 1981-2000 der Wärmepumpenanteil bei EFH um den Faktor 2 resp. 3.7 höher liegt wie bei den MFH resp. NWG. Demgegenüber fallen in MFH und NWG die Anteile bei den leitungsgebundenen Energieträgern Erdgas und Fernwärme bei allen Bauperioden deutlich höher aus.

Auch bei der Heizsystemwahl werden die deskriptiven Auswertungen durch die ökonometrischen Modelle gestützt. Weiter zeigt die Variable «Gemeindetyp» das markant tiefere Niveau der Gasheizungen im Vergleich zu Ölheizungen in ländlichen Gemeinden verglichen zu städtischen Gemeinden. Demgegenüber ist die Wahrscheinlichkeit für eine Holzheizung, verglichen zu einer Ölheizung, in ländlichen Gemeinden rund doppelt so hoch wie in städtischen Gemeinden. Auch bei der Heizsystemwahl zeigen sich grosse Unterschiede bzgl. Eigentübertyp, wobei die Wahrscheinlichkeit für ein Wärmepumpen verglichen zu einer Ölheizung bei STWEG und anderen privaten Gemeinschaften um den Faktor 2 resp. 3 tiefer liegt wie bei Privatpersonen.

## 6.2 Abschliessende Beurteilung

---

Basierend auf den Erkenntnissen aus dieser Studie zeigt sich, dass sich die Erneuerungsraten während der letzten 30 Jahre leicht erhöht haben. Dies bestätigt (und erweitert) Trends, die in einer früheren Studie über Einfamilienhäuser beobachtet wurden, die ebenfalls steigende Renovationsraten im Zeitraum von 1996 bis 2009 ergab (Banfi et al., 2011). Unseren Ergebnissen zufolge sind die Renovationsraten auch danach gestiegen. Wir können diesen allgemeinen Trend zumindest teilweise durch die verbesserten Förderbedingungen (d.h. steigende Fördersätze) und die schrittweise Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Abgabe erklären, die beide einen positiven signifikanten positiven Effekt auf die Renovationsaktivität zeigen. Diese Erkenntnis soll auch dem zukünftigen Design von Förderinstrumenten dienen.

Basierend auf den ermittelten Erneuerungsraten aus dieser Arbeit zeigt sich, dass diese je nach Kanton, Erneuerungsperiode sowie Bauteil zwischen 0.5-1% (Kellerdecke) bis 2-3% (Fenster) betragen. Obwohl die Raten in den letzten 30 Jahren tendenziell leicht angestiegen sind, weisen die Werte darauf hin, dass ein vollständiger Erneuerungszyklus, verglichen zum Stand heute, bis 2050 nur bei den Fenstern möglich ist. Insbesondere die wichtigen Aussen-

wandwärmeeinsparungen sollten in Zukunft gesteigert werden. Förderprogramme können dabei eine zentrale Rolle spielen, und diese Ergebnisse aus dieser Arbeit zeigen auch, dass Förderinstrumente für Energieeffizienzmaßnahmen von Gebäudeeigentümern nach wie vor eine wichtige Rolle spielen und laut der Erhebung auch in Zukunft erwünscht sind.

Bezüglich Heizsystemwahl zeigt sich, dass in neueren Gebäuden erneuerbare Heizsysteme weit verbreitet sind, die Nachrüstung bei älteren Gebäuden jedoch nach wie vor eine Herausforderung darstellt und weiter gefördert werden soll, möglicherweise in Kombination mit Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz. Im Zusammenhang mit solchen Investitionsentscheidungen für die Nachrüstung von Heizungsanlagen weist die Umfrage auch auf die entscheidende Rolle von Heizungsinstallateuren, -lieferanten und -planern bei der Investitionsentscheidung für die Nachrüstung hin, wenn sie von Gebäudeeigentümern konsultiert werden. Entsprechend wichtig ist die Schulung und Unterstützung der genannten Berufsgruppen. Anstrengungen in diese Richtung werden auch im Rahmen der Impulsberatung „erneuerbar heizen“ durch EnergieSchweiz unternommen (BFE, 2022b; Suissetec, 2022).

Im Rahmen zukünftiger Analysen im Bereich der Erneuerungstätigkeiten im Schweizer Gebäudepark sehen die Autoren insbesondere für folgende Punkte weiteren Untersuchungs- und Forschungsbedarf:

- Zukünftige Arbeiten könnten bei der Analyse der Heizsysteme den Einfluss von Fördermitteln berücksichtigen. Dazu wären diese idealerweise pro Kanton aufzuschlüsseln und zeitlich differenziert zu betrachten.
- Analyse der Flachdächer
- Berücksichtigung weiterer Kantone, da es trotz Berücksichtigung der vielen Effekte immer noch Kantone gibt, die sich signifikant von anderen unterscheiden.
- Schliesslich ist es auch wichtig, die zukünftigen Erneuerungstätigkeiten zu erheben und die Ergebnisse dieser Studie zu aktualisieren, idealerweise im Rahmen eines periodischen Monitoringprozesses. Auf diese Weise kann die Erneuerungstätigkeit im Bereich der Gebäudehüllen weiter untersucht werden, und es würden zuverlässige Daten zur Verfügung stehen, die für die Definition von Zielen (z. B. Netto-Null bis 2050) und deren Monitoring relevant sind.
- Entwicklung neuer Instrumente, die direkter auf bestimmte Gruppen von Gebäudeeigentümern abzielen (z.B. ältere Leute mit Investitionshemmnissen). Dies ist von entscheidender Bedeutung, um weitere Investitionstätigkeiten zu begünstigen.



## 7 Verzeichnisse

---

### 7.1 Literaturverzeichnis

---

- Alberini, A., Banfi, S., & Ramseier, C. (2013). *Energy efficiency investments in the home: Swiss homeowners and expectations about future energy prices*. International Association for Energy Economics. *Energy Journal*, 34(1), 49–86.  
<https://doi.org/10.5547/01956574.34.1.3>
- BAFU. (2020a). *Erhebung der CO<sub>2</sub>-Abgabe auf Brennstoffe*. Retrieved from <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/fachinformationen/verminderungsmassnahmen/co2-abgabe/erhebung.html>
- BAFU. (2020b). *Rückverteilung der CO<sub>2</sub>-Abgabe*. Retrieved from <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/fachinformationen/verminderungsmassnahmen/co2-abgabe/rueckverteilung.html>
- BAFU. (2022). *Emissionen von Treibhausgasen nach CO<sub>2</sub>-Gesetz und Kyoto-Protokoll, 2. Verpflichtungsperiode (2013–2020)*.
- Banfi, S., Farsi, M., Jakob, M., Häberli, A., Karydas, K., Manser, J., & Volkart, K. (2012). *An Analysis of Investment Decision for Energy-Efficient Renovation of Multi-Family Buildings*. Centre for Energy Policy and Economics (CEPE) ETH Zürich und TEP Energy i.A. Bundesamt für Energie (BFE). Zürich.
- Banfi, S., Ramseier, C., Filippini, M., Alberini, A., Jakob, M., & Knellwolf-Pióro, D. (2011). *Erneuerung von Einfamilienhäusern – Eine mikroökonomische Analyse für ausgewählte Schweizer Kantone*. Studie des CEPE der ETH Zürich i.A. Bundesamt für Energie.
- BFE. (2021). *Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2020*.
- BFE. (2022a). *Das Gebäudeprogramm. Statistische Auswertungen*. Retrieved from <https://www.dasgebaeudeprogramm.ch/de/>
- BFE. (2022b). *Impulsberatung «erneuerbar heizen» ab sofort kostenlos*. Retrieved from <https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-87815.html>
- BFS. (2022a). *Politischer Atlas der Schweiz*. Retrieved from [https://www.atlas.bfs.admin.ch/maps/12/de/16772\\_16617\\_15863\\_259/26112.html](https://www.atlas.bfs.admin.ch/maps/12/de/16772_16617_15863_259/26112.html)
- BFS. (2022b). *Statistischer Atlas der Schweiz*. Retrieved from [https://www.atlas.bfs.admin.ch/maps/13/de/16756\\_5882\\_5872\\_4801/26085.html](https://www.atlas.bfs.admin.ch/maps/13/de/16756_5882_5872_4801/26085.html)
- Jakob, M., Catenazzi, G., Sunarjo, B., Müller, J., & Weinberg, L. (2021a). *Kantonale Energiekennzahlen und CO<sub>2</sub>-Emissionen im Gebäudebereich*. TEP Energy i.A. BAFU, KVV und EnFK. Zürich.
- Jakob, M., Catenazzi, G., Sunarjo, B., Müller, J., & Weinberg, L. (2021b). *Kantonale Energiekennzahlen und CO<sub>2</sub>-Emissionen im Gebäudebereich*. TEP Energy i.A. BAFU. Zürich.
- Jakob, M., & Jochem, E. (2009). *Erneuerungsverhalten im Bereich Wohngebäude - eine quantitative Erhebung*. CEPE, ETH Zürich i.A. Bundesamt für Energie (BFE), Bundesamt für Wohnungswesen (BWO). Kantone ZH, AG, TG, BL und BE.
- Jakob, M., Jochem, E., & Christen, K. (2002). *Grenzkosten bei forcierten Energie-effizienz-mass-nahmen bei Wohngebäuden*. CEPE, HBT, ETH Zürich i.A. Studie im Auftrag des Forschungs-pro-gramms EWG des Bundesamts für Energie (BFE). Bern.

- James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2021). *Introduction to Statistical Learning*.
- Ott, L., & Weber, S. (2022). *How effective is carbon taxation on residential heating demand? A household-level analysis*. Elsevier Ltd. *Energy Policy*, 160, 112698. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112698>
- Ott, W., Jakob, M., Baur, M., Kaufmann, Y., & Ott, A. (2005). *Mobilisierung der energetischen Erneuerungspotenziale im Wohnbaubestand*. Econcept und CEPE, ETH Zürich i.A. Bundesamt für Energie. Bern.
- Sigrist, D., & Kessler, S. (2017). *Globalbeiträge an die Kantone nach Art. 15 Eng. Wirkungsanalyse kantonaler Förderprogramme. Ergebnisse der Erhebung 2016*. Infrac i.A. Bundesamt für Energie. Bern.
- Suissetec. (2022). *Anmeldung Qualifikationskurse Impulsberater/in «erneuerbar heizen»*. Retrieved from <https://suissetec.ch/de/erfassung-impulsberater.html>

## 7.2 Abbildungsverzeichnis

---

Abbildung 1: Totale Treibhausgasemissionen (inländische Emissionen) gemäss CO <sub>2</sub> -Gesetz und Kyoto Protokoll in der Schweiz (links), CO <sub>2</sub> -Abgabe (Mitte) und Energiepreise für fossile Energieträger (rechts) seit 1991.	20
Abbildung 2: Netto-Rücklaufquote bei der Erhebung "Gebäudeinstandsetzungen und -erneuerungen"	23
Abbildung 3: Relative Verteilung der Gebäude in der Stichprobe auf vier grobe Bauperioden differenziert nach den groben Gebäudesektoren EFH, MFH und NWG.	23
Abbildung 4: Renovationsrate (% pro Jahr, separat für Instandhaltung und Erneuerung, gemittelt für Renovationsperioden mit einer Dauer von 10 Jahren) für Fenster bei Wohngebäuden (deskriptive Auswertung).	24
Abbildung 5: Renovationsraten (% pro Jahr, separat für Instandhaltung und Erneuerung, gemittelt für Renovationsperioden mit einer Dauer von 10 Jahren) für Aussenwände bei Wohngebäuden (deskriptive Auswertung).	25
Abbildung 6: Korrelationsmatrix (Pearson Korrelation) der exogenen Variablen.	26
Abbildung 7: Motivationen für Erneuerungstätigkeiten in der Periode 1996-2019 an der Aussenwand, n = 1674. Mehrfachnennungen waren möglich.	30
Abbildung 8: Hemmnisse, weshalb in der Periode 1996-2019 keine Renovationstätigkeiten an der Aussenwand durchgeführt wurden, n = 4484. Mehrfachnennungen waren möglich.	31
Abbildung 9: Antworten zur Frage: "Welche Voraussetzungen müssten gegeben sein, bzw. welche Anreize müssten geschaffen werden, um künftig Erneuerungstätigkeiten attraktiver zu machen?». n = 9116. Mehrfachnennungen waren möglich.	32
Abbildung 10: Deskriptive Auswertung der Heizsysteme nach Gebäudesektor und Bauperiode. Relative Häufigkeit bezogen auf 19 Kantone und die Stichprobe.	34
Abbildung 11: Deskriptive Auswertung der Heizsysteme nach Gebäudesektor und Kanton.	34
Abbildung 12: Deskriptive Auswertung der Heizsysteme nach Bauperiode und Kanton.	35
Abbildung 13: Gründe, weshalb beim Heizungersatz eine fossile Lösung bevorzugt wurde, n = 2798.	38
Abbildung 14: Renovationsraten (% pro Jahr, separat für Instandhaltung und Erneuerung, gemittelt für Renovationsperioden mit einer Dauer von 10 Jahren) bei Steildächern für Wohngebäude (deskriptive Auswertung).	47
Abbildung 15: Renovationsraten (% pro Jahr für Erneuerungen, gemittelt für Renovationsperioden mit einer Dauer von 10 Jahren) bei Kellerdecken von Wohngebäude (deskriptive Auswertung).	48
Abbildung 16: Motivationen für Renovationsmassnahmen zwischen 1996-2019 an Fenstern, n = 4287. Mehrfachnennungen waren möglich.	50
Abbildung 17: Motivationen für Renovationsmassnahmen zwischen 1996-2019 an Steildächern, n = 1565. Mehrfachnennungen waren möglich.	50
Abbildung 18: Hemmnisse, weshalb in der Periode 1996-2019 keine Renovationstätigkeiten an Fenstern durchgeführt wurden, n = 4848. Mehrfachnennungen waren möglich.	51

Abbildung 19: Hemmnisse, weshalb in der Periode 1996-2019 keine Renovationstätigkeiten an Steildächern durchgeführt wurden, n = 3792. Mehrfachnennungen waren möglich.

51

## 7.3 Tabellenverzeichnis

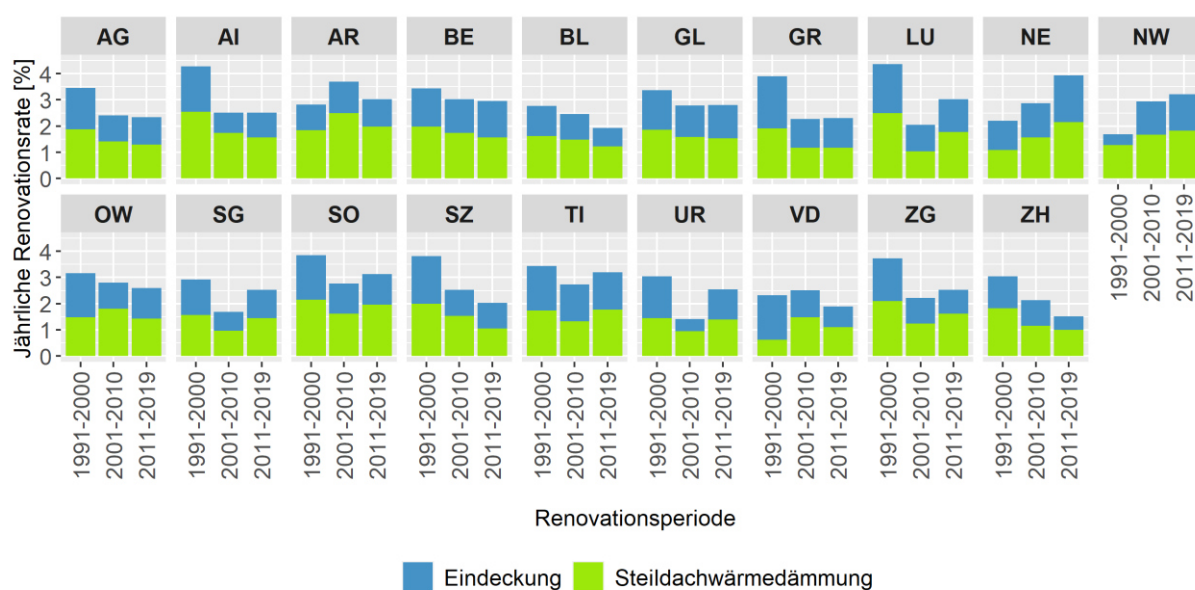
---

Tabelle 1: Variablen und deren Stufen (falls kategorisch) resp. Einheit (falls kontinuierlich), welche in den ökonometrischen Analysen zur Gebäudehülle verwendet werden.	19
Tabelle 2: Variablen und deren Stufen (falls kategorisch) resp. Einheit (falls kontinuierlich), welche in den ökonometrischen Analysen zu den Heizsystemen verwendet werden.	21
Tabelle 3: Modelloutput zur Schätzung der Wahrscheinlichkeit einer durchgeführten energetischen Massnahme (erstgenannte Kategorie entspricht jeweils der Basiskategorie, Signifikanzniveau: *** 0.001, ** 0.01, *0.05).	29
Tabelle 4: Chi-Quadrat-Test zur Analyse der Motivationen für Renovationsmassnahmen.	31
Tabelle 5: Relative Risk Ratios (RRR) von der Schätzung der Heizsystemanteile (Basiskategorien (erstgenannte Kategorie entspricht jeweils der Basiskategorie, Signifikanzniveau: *** 0.001, ** 0.01, *0.05).	37
Tabelle 6: Minimal- und Maximalwerte sowie Mittelwert und spezielle Quantile der kontinuierlichen Variablen.	47
Tabelle 7: Geschätzte Koeffizienten und p-Werte der Heizsystemanteile (Basiskategorien: Heizöl, Städtische Gemeinde, Nicht gasversorgt, EFH, BAUP_bis1945, Eigentum_Privatperson, Ausbildung_nichtTertiärstufe, AG). Signifikanzniveaus: *** 0.001, ** 0.01, *0.05, .0.1.	49

## Anhang

Tabelle 6: Minimal- und Maximalwerte sowie Mittelwert und spezielle Quantile der kontinuierlichen Variablen.

	Min.	1st Qu.	Median	Mittelwert	3rd Qu.	Max.
Grünwähleranteil	0.000	0.198	0.272	0.265	0.341	0.852
Fördervolumen	0.000	0.000	11.395	37.256	68.953	141.428
Fördersatz	0.000	3.600	10.600	15.287	30.000	37.500
Energiegesetz	0.437	0.506	0.534	0.542	0.568	0.735
CO <sub>2</sub> -Gesetz	0.345	0.425	0.440	0.445	0.477	0.554
Energiepreis	0.000	0.000	5.071	4.781	8.510	9.920
CO <sub>2</sub> -Abgabe	0.000	0.000	0.000	20.744	45.600	90.000



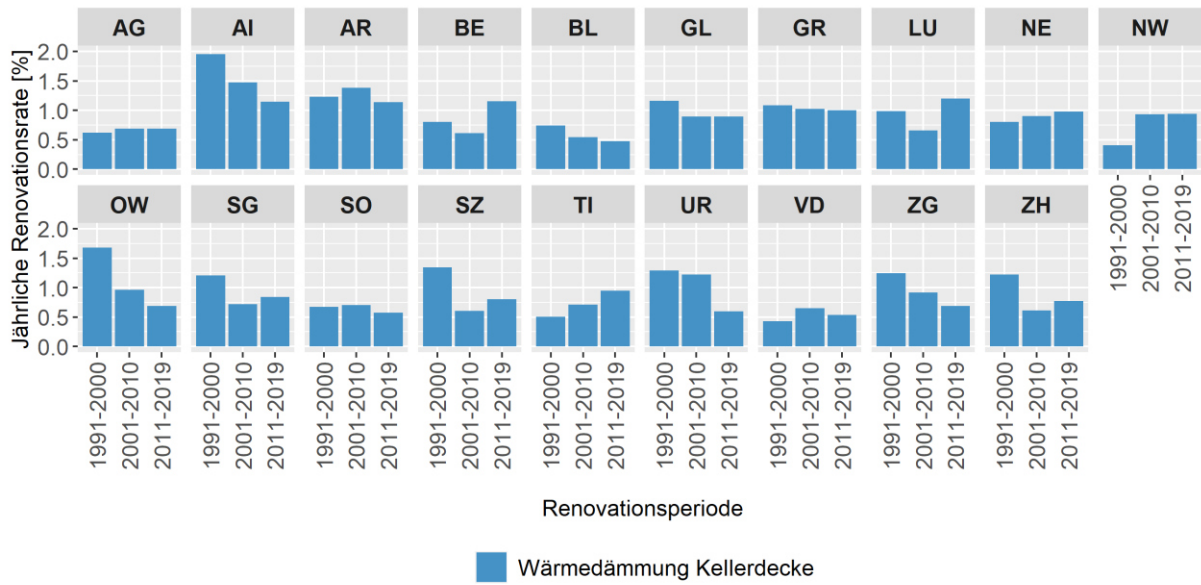


Abbildung 15: Renovationsraten (% pro Jahr für Erneuerungen, gemittelt für Renovationsperioden mit einer Dauer von 10 Jahren) bei Kellerdecken von Wohngebäude (deskriptive Auswertung).

Tabelle 7: Geschätzte Koeffizienten und p-Werte der Heizsystemanteile (Basiskategorien: Heizöl, Städtische Gemeinde, Nicht gasversorgt, EFH, BAUP\_bis1945, Eigentum\_Privatperson, Ausbildung\_nichtTertiärstufe, AG). Signifikanzniveaus: \*\*\* 0.001, \*\* 0.01, \*0.05, .0.1.

Variable	Fractional Regression		Multinomiale Regression	
	Koeff.	p-Wert	Koeff.	p-Wert
Intercept	-0.373	0.003 **		
Andere	-1.865	0.000 ***	-1.386	0.000 ***
Fernwärme	-2.860	0.000 ***	-2.092	0.000 ***
Gas	-3.300	0.000 ***	-3.061	0.000 ***
Holz	-1.285	0.000 ***	-0.813	0.000 ***
Wärmepumpe	-1.023	0.000 ***	-0.660	0.000 ***
Ländliche Gemeinde : Heizöl	-0.073	0.469		
Ländliche Gemeinde : Andere	0.335	0.055 .	0.364	0.002 **
Ländliche Gemeinde : Fernwärme	-0.146	0.198	-0.155	0.147
Ländliche Gemeinde : Gas	-0.828	0.000 ***	-0.701	0.000 ***
Ländliche Gemeinde : Holz	0.719	0.000 ***	0.778	0.000 ***
Ländliche Gemeinde : Wärmepumpe	0.287	0.008 **	0.195	0.014 *
Periurbane Gemeinde : Heizöl	-0.038	0.725		
Periurbane Gemeinde : Andere	0.043	0.811	0.008	0.948
Periurbane Gemeinde : Fernwärme	0.092	0.471	-0.149	0.125
Periurbane Gemeinde : Gas	-0.474	0.000 ***	-0.448	0.000 ***
Periurbane Gemeinde : Holz	0.039	0.755	0.020	0.863
Periurbane Gemeinde : Wärmepumpe	0.353	0.002 **	0.112	0.146
Heizöl : Gasversorgt	-0.620	0.000 ***		
Andere: Gasversorgt	-0.540	0.000 ***	-0.269	0.006 **
Fernwärme : Gasversorgt	-0.415	0.000 ***	0.144	0.099 .
Gas: Gasversorgt	3.406	0.000 ***	3.596	0.000 ***
Holz : Gasversorgt	-0.628	0.000 ***	-0.208	0.015 *
Wärmepumpe : Gasversorgt	-0.612	0.000 ***	-0.129	0.047 *
Heizöl : MFH	0.463	0.000 ***		
Andere : MFH	-0.564	0.000 ***	-0.786	0.000 ***
Fernwärme : MFH	0.797	0.000 ***	0.416	0.000 ***
Gas : MFH	0.223	0.019 *	0.023	0.751
Holz : MFH	-0.439	0.001 **	-0.672	0.000 ***
Wärmepumpe : MFH	-0.525	0.000 ***	-0.645	0.000 ***
Heizöl : NWG	0.037	0.753		
Andere : NWG	-0.166	0.331	-0.149	0.195
Fernwärme : NWG	1.816	0.000 ***	1.484	0.000 ***
Gas : NWG	0.468	0.000 ***	0.360	0.000 ***
Holz : NWG	-0.054	0.736	-0.287	0.006 **
Wärmepumpe : NWG	-1.308	0.000 ***	-0.909	0.000 ***
Heizöl : BAUP_1946_1980	0.393	0.000 ***		
Andere : BAUP_1946_1980	-0.021	0.910	-0.173	0.107
Fernwärme : BAUP_1946_1980	0.095	0.425	-0.224	0.025 *
Gas : BAUP_1946_1980	-0.481	0.000 ***	-0.671	0.000 ***
Holz : BAUP_1946_1980	-0.817	0.000 ***	-1.033	0.000 ***
Wärmepumpe : BAUP_1946_1980	0.266	0.051 .	-0.141	0.086 .
Heizöl : BAUP_1981_2000	-0.246	0.037 *		
Andere : BAUP_1981_2000	-0.140	0.404	0.086	0.484
Fernwärme : BAUP_1981_2000	0.109	0.398	0.067	0.570
Gas : BAUP_1981_2000	0.071	0.535	0.162	0.057 .
Holz : BAUP_1981_2000	-0.701	0.000 ***	-0.908	0.000 ***
Wärmepumpe : BAUP_1981_2000	0.809	0.000 ***	0.723	0.000 ***
Heizöl : BAUP_ab2001	-1.715	0.000 ***		
Andere:BAUP_ab2001	-0.812	0.001 **	0.613	0.001 ***
Fernwärme : BAUP_ab2001	0.523	0.000 ***	1.679	0.000 ***
Gas : BAUP_ab2001	-0.304	0.003 **	1.089	0.000 ***
Holz : BAUP_ab2001	-0.659	0.000 ***	0.690	0.000 ***
Wärmepumpe : BAUP_ab2001	2.023	0.000 ***	2.813	0.000 ***



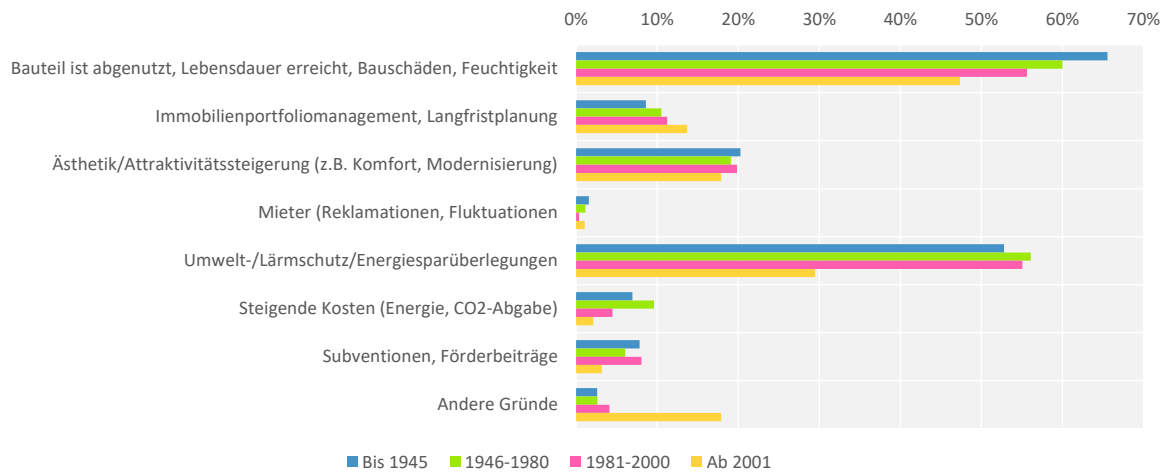


Abbildung 16: Motivationen für Renovationsmassnahmen zwischen 1996-2019 an Fenstern, n = 4287. Mehrfachnennungen waren möglich.

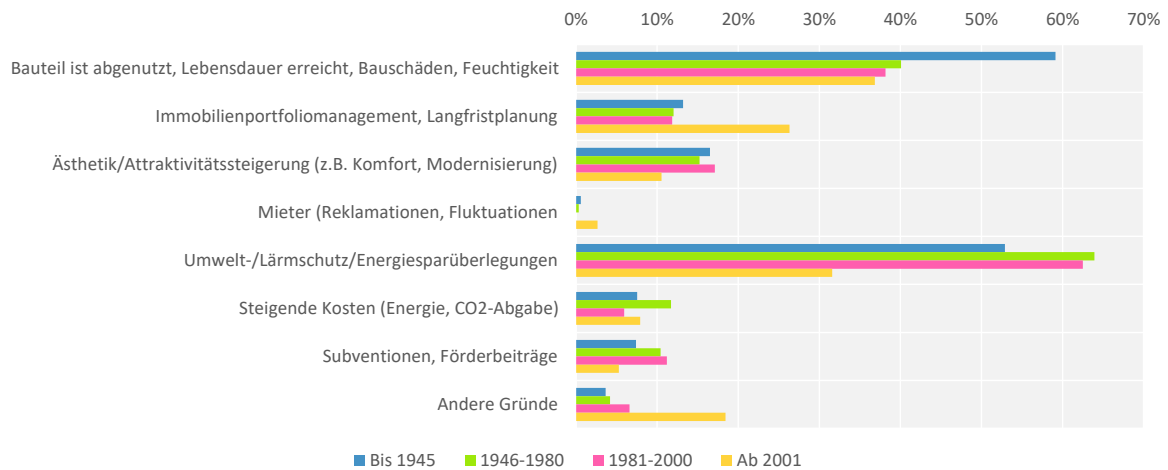


Abbildung 17: Motivationen für Renovationsmassnahmen zwischen 1996-2019 an Steildächern, n = 1565. Mehrfachnennungen waren möglich.

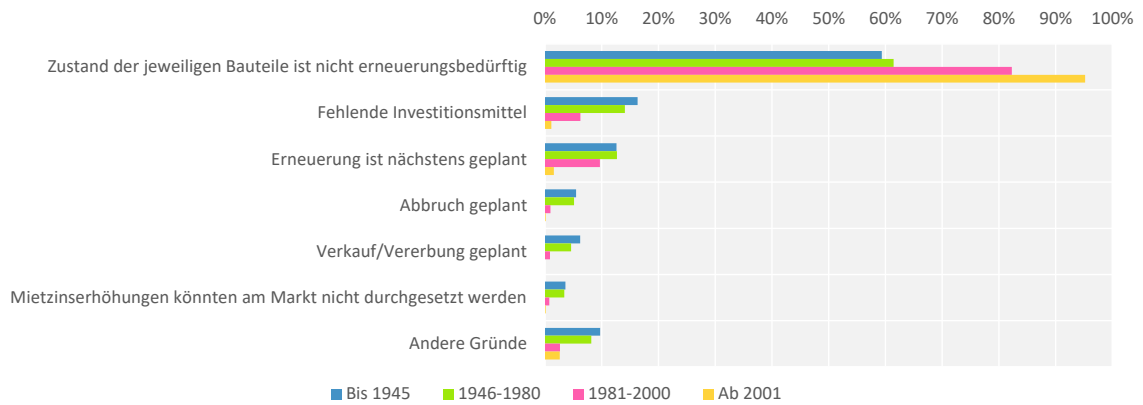


Abbildung 18: Hemmnisse, weshalb in der Periode 1996-2019 keine Renovationstätigkeiten an Fenstern durchgeführt wurden, n = 4848. Mehrfachnennungen waren möglich.

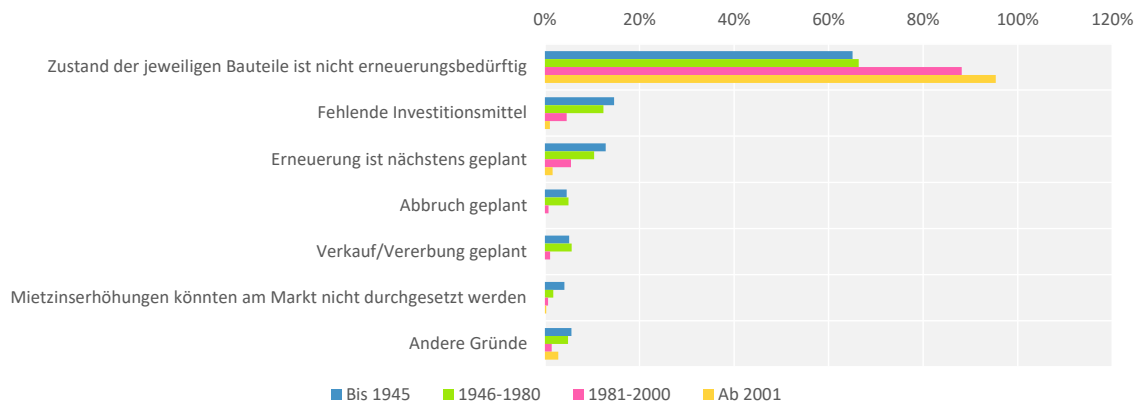


Abbildung 19: Hemmnisse, weshalb in der Periode 1996-2019 keine Renovationstätigkeiten an Steildächern durchgeführt wurden, n = 3792. Mehrfachnennungen waren möglich.