



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE
Sektion Gebäude

Schlussbericht vom 30. September 2024

Energetische Erneuerungsraten im Gebäudebereich in der Periode von 2010 bis 2020

Synthesebericht zu Gebäudehülle und Heizungsanlagen für Wohngebäude und Nicht-Wohngebäude

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Auftragnehmer:

TEP Energy GmbH
Rotbuchstrasse 68, CH-8037 Zürich
www.tep-energy.ch
Telefon +41 43 500 71 71

Autoren:

Dr. Martin Jakob (Projektleitung), martin.jakob@tep-energy.ch
Davide Berti, davide.ber ti@tep-energy.ch
Dr. Giacomo Catenazzi, giacomo.catenazzi@tep-energy.ch

Begleitung

Roger Nufer, Bundesamt für Energie BFE
Gianna Battaglia, Bundesamt für Umwelt BAFU
Olivier Brenner, Konferenz Kantonalen Energiedirektoren EnDK
Adrian Grossenbacher, Bundesamt für Energie BFE

BFE-Vertragsnummer: SH/8100415-01-01-47

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

Bundesamt für Energie BFE

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

Zusammenfassung

Ausgangslage, Zielsetzung und Vorgehen

Verschiedene energie- und klimapolitische Massnahmen von Bund und Kantonen zielen darauf ab, die Rate der energetischen Gebäudeerneuerungen, auch bekannt als energetische Sanierungsrate, deutlich zu steigern. In diesem Zusammenhang und aus weiteren energie- und klimapolitischen Gründen stellt sich die Frage, wie sich die energetische Erneuerungsrate in den letzten Jahren entwickelt hat und wie hoch sie aktuell ist. Diese Informationen sind auch im Hinblick auf die Beurteilung der Wirkung von Massnahmen in den Bereichen Energieeffizienz, erneuerbare Energie und CO₂-Emissionen wichtig.

Weil zur energetischen Erneuerung nicht regelmässig repräsentativen Daten erhoben wurden und weil seit den letzten Erhebungen und der Synthese der Ergebnisse daraus rund zehn Jahre vergangen sind, wurden ab 2020 wieder Stichprobenerhebungen und Grundlagenarbeiten durchgeführt. Dies erfolgte im Zusammenhang mit dem Forschungsprojekt MISTEE¹ des Bundesamts für Energie und mit der Berichterstattung der Kantone zu den CO₂-Emissionen im Gebäudebereich.² Abgedeckt wurden 20 Kantone und die Stichprobengrösse umfasst knapp 12'000 Antworten von Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümern, die Angaben zu den durchgeführten Massnahmen der letzten dreissig Jahre im Bereich Gebäudehülle und Heizungsanlagen machten.

Die wichtigsten Auswertungen werden in diesem Bericht zusammengefasst, ergänzt durch Auswertungen von Verkaufszahlen von Heizsystemen. Mit Hilfe der erhobenen Daten und der daraus abgeleiteten Erneuerungsraten wird mit dem Gebäudeparkmodell die energetische Wirkung der durchgeführten Massnahmen berechnet. Damit werden die Erneuerungsrate und damit verbundene energetische Effizienzsteigerung konsistent zueinander dargelegt. Zudem wird die Entwicklung der Energienachfrage pro Energieträger und die damit verbundenen CO₂-Emissionen nachgezeichnet.

Energetische Erneuerung der Gebäudehülle

Über alle Gebäudetypen hinweg beträgt die energetische Erneuerungsrate im Bereich Gebäudehülle für die Periode 2011 bis 2020 rund 1.5% pro Jahr. Dies bezieht sich auf Gebäude mit Baujahr bis 2000, also ohne die neusten Gebäude mit mutmasslich geringem Erneuerungsbedarf. Die ermittelte energetische Erneuerungsrate ist also rund 40% bis 50% höher als in der vorhergehenden Dekade 2001 bis 2010 (gemäss den Auswertungen ist dieser Unterschied statistisch signifikant). Folgende Unterschiede sind zwischen den verschiedenen Elementen der Gebäudehülle festzustellen (siehe auch nachfolgende Abbildung):

- Der grösste Anteil an rein energetischen Erneuerungen ist bei den Fenstern und im Bereich Flachdach zu verzeichnen, eine Feststellung, die bereits in den früheren Erhebungen gemacht wurde. Zwischen 2011 und 2020 wurden bei den Wohngebäuden pro Jahr 2.4% bis 2.5% der Fenster erneuert und rund 2% bis 2.3% der Flachdächer. Bei den Nicht-Wohngebäuden ist die Rate um knapp ein Viertel tiefer als bei den Wohngebäuden.
- Bei der Fassade wurden ebenfalls energetisch wirksame Arbeiten durchgeführt, wenn auch deutlich weniger als bei den Fenstern und bei den Flachdächern. Im Vergleich zu den letzten Erhebungen werden aktuell im Verhältnis zueinander etwas weniger Massnahmen an EFH und etwas mehr an MFH durchgeführt.

¹ <https://www.aramis.admin.ch/Default?DocumentID=70006&Load=true>

² <https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/klima/externe-studien-berichte/kantonale-energiekennzahlen-und-co2-emissionen-im-gebaeudebereich.pdf.download.pdf/Kennzahlen-co2-Emissionen-Geb%C3%A4udebereich.pdf>

- Massnahmen bei Steil- und Flachdächern umfassen sowohl reine Energieeffizienzverbesserungsmassnahmen als auch kombinierte so genannte Energie- und Instandsetzungsmassnahmen. Die Rate der energetischen Verbesserungen beträgt bei den Steildächern der Wohngebäude mit Baujahr bis 1980 je nach Bauperiode rund 1.5 % bis 1.8% pro Jahr. Bei den Nicht-Wohngebäuden ist die Rate etwas tiefer, bei den jüngeren Gebäuden deutlich tiefer (0.5% bis 0.7% pro Jahr).
- Wie bereits in den früheren Erhebungen festgestellt, beinhalten Massnahmen an der Kellerdecke mehrheitlich energetische Verbesserungen, wobei hier der Anteil der energetischen Erneuerungen im Quervergleich zu den übrigen Bauteilen am tiefsten ist.

Folgende weitere Unterschiede sind festzuhalten: Die energetischen Erneuerungsraten der Nicht-Wohngebäude liegen rund 15% tiefer als die der Wohngebäude. Jüngere Gebäude Bauperiode ab 1980 weisen deutlich geringere Raten auf als ältere (bei der Bauperiode 1981 bis 2000 beträgt die Rate nur rund ein Drittel). Gebäude mit einem Gas-Heizsystemen haben die Gebäudehülle um 20% und die mit einem Fernwärme- oder Holz-Heizsystemen um 30% weniger häufig energetisch erneuert.

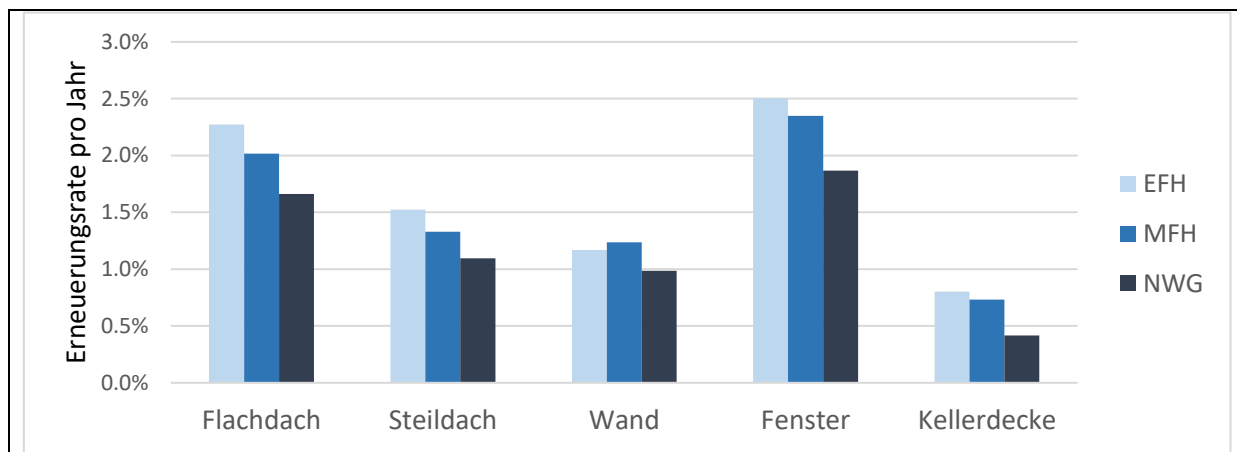


Abbildung Z.1: Energetische Erneuerungsrate pro Bauteil der Gebäudehülle und pro Gebäudetyp

Heizungsanlagen

Im Bereich Heizungsanlagen wird zwischen Instandsetzungsmassnahmen sowie Heizungsersatz mit Wirkungsgradverbesserung «ohne» und «mit» Energieträgerwechsel unterschieden. Insgesamt wurden je nach Heizungssystem pro fünf Jahre in 5% bis über 30% der Gebäude Massnahmen durchgeführt, d.h. 1% bis 6% pro Jahr. NB: Darin enthalten sind auch Instandsetzungsmassnahmen wie z.B. der Ersatz des Brenners. Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Heizsystemen sind gross: bei den Wärmepumpen (WP) und bei den Fernwärmeheizungen wurden kaum Massnahmen durchgeführt (rund 1% pro Jahr). Im Gegensatz dazu wurden bei den fossilen Anlagen jährlich bei gut 3% der gasbeheizten Gebäude und je nach Gebäudetyp bei 5% bis über 6% der ölbeheizten Gebäude Massnahmen durchgeführt. Bei Holzheizungen liegt die Rate der Massnahmen mit rund 2% pro Jahr im Mittelfeld.

Bei der Auswertung der Art der Massnahme ist festzustellen, dass bei Öl- und Gasheizungen häufig der Brenner gewechselt oder die ganze Anlage erneuert wird, wobei mehrheitlich der Energieträger beibehalten wird, besonders bei Gebäuden mit Gasheizungen. Bei Ölheizungen findet häufiger ein Wechsel statt, nämlich bei gut 40% der durchgeführten Massnahmen. Bei einem Viertel bis rund einem Drittel davon handelt es sich allerdings um einen Wechsel zum fossilen Energieträger Gas.

Umgerechnet ergeben sich Wechselraten weg vom Öl von rund 1.4 % pro Jahr. Die Rate hin zu Wärmepumpen beträgt je nach Gebäudetyp rund 0.8% bis knapp 1% pro Jahr, siehe Tabelle Z.1. Die Rate hin zur Fernwärme (FW) ist deutlich geringer, nämlich weniger als 0.5% pro Jahr. Bei den Gasheizungen ist insgesamt auch zwischen 2016 und 2020 immer noch ein leichter Zugang hin zu Gas zu verzeichnen. Diese Befunde gelten für die zwei Fünfjahresperioden 2011 bis 2015 bzw. 2016 bis 2020 jeweils im Durchschnitt (ältere oder neuere oder feiner aufgelöste Erhebungsdaten liegen nicht vor).

Tabelle Z.1 Nettowechsel der Heizsystemanteile zwischen 2015 und 2020 in %-Punkten (%P) pro Jahr. 100% = alle Gebäude des entsprechenden Gebäudetyps.
Lesebeispiel: der Anteil Ölheizungen bei den EFH nimmt um 0.9%-Punkte pro Jahr ab.

GebTyp	Heizöl	Gas	Fernwärme	Wärmepumpe	Holz	Andere	Summe
EFH	-0.9%P	0.1%P	0.0%P	1.0%P	0.0%P	-0.2%P	0%P
MFH	-1.3%P	0.2%P	0.3%P	1.1%P	-0.1%P	-0.2%P	0%P
NWG	-1.4%P	0.0%P	0.5%P	0.8%P	0.1%P	0.0%P	0%P

Quelle: Stichprobe Gebäude, Auswertung TEP Energy

Die Erneuerungs- und Ersatztätigkeit ist in folgender Abbildung als sogenanntes Sankey-Diagramm visualisiert, um aufzuzeigen, welche Heizsysteme wie häufig zu welchem Heizsystem wechseln, dies im Verhältnis zu allen durchgeführten Erneuerungs- und Ersatzmassnahmen in der betreffenden Periode. Augenfällig ist, dass bei den Heizsystemen Öl und Gas der Energieträger mehrheitlich nicht gewechselt hat. Stattdessen wurden mehrheitlich 1 zu 1 Ersatzmassnahmen durchgeführt (und Instandsetzungsmassnahmen, hier nicht dargestellt), besonders beim Gas, bei dem nur sehr wenig Weggänge zu verzeichnen sind. Insgesamt gibt es eine Bewegung hin zum Gas (von Öl) im Ausmass von rund 0.5% bis 1% pro Jahr und weg vom Gas (zu WP und FW), allerdings nur in geringem Ausmass von weniger als 0.5% pro Jahr. Beim Öl sind Weggänge häufiger und in diesen Fällen geht es Richtung Gas und WP.

Gut zu erkennen ist auch der Switch hin zu WP; diese gewinnen v.a. von Öl und Holz, jedoch kaum von Gas. FW wächst v.a. aufgrund von Zugängen vom Öl.

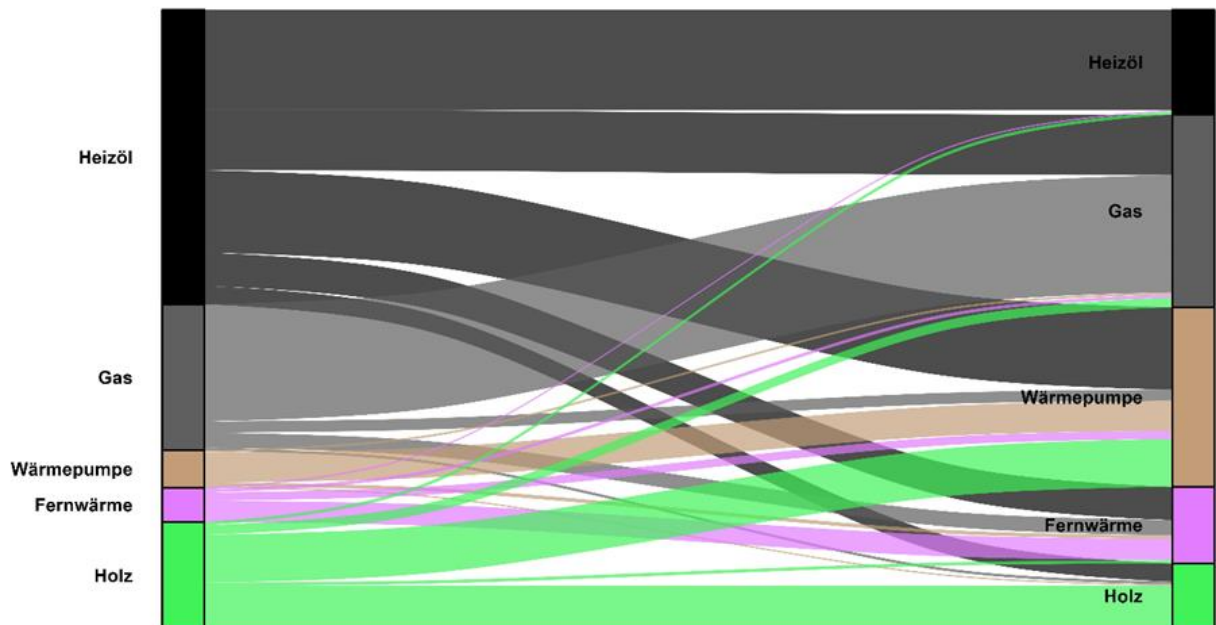


Abbildung Z.2: Sankey Diagramm der Wechsel-Beziehungen zwischen den verschiedenen Heizungsanlagen mit einer Erneuerungs- oder Ersatzmassnahme zwischen 2016 und 2020 (ohne Reparatur- und Instandsetzungsmassnahmen)

Betrachtet man ergänzend die jährlichen Verkaufszahlen der verschiedenen Energiesysteme, lässt sich feststellen, dass der Verkauf von Öl- und Gasheizungen stark abgenommen und der Verkauf von Wärmepumpen ab ca. 2018 stark zugenommen hat. Aus weiteren Datengrundlagen des Bundesamts für Statistik und des Bundesamts für Energie lässt sich folgern, dass für diese starke Zunahme der WP-Verkäufe nicht die Neubauten verantwortlich sind (dort war bereits vorher eine hohe Marktsättigung erreicht, v.a. bei den Einfamilienhäusern), sondern der Einbau von Wärmepumpen in den Gebäudebestand. Die jährliche Wechselrate hin zu Wärmepumpen hat sich zwischen 2018 und 2022 je nach Jahr um zwischen rund 5% und 20% pro Jahr gesteigert. Für das Jahr 2022 resultiert eine Wechselrate hin zu WP von 1%- bis 1.5%-Punkte pro Jahr, je nach Gebäudetyp etwas unterschiedlich.

Effekt auf Ebene Gebäudepark

Auf der Ebene des Gebäudeparks hat die energetische Erneuerung der Gebäudehülle und die Substitution der Energieträger zur Folge, dass die Energieeffizienz in den betrachteten zehn Jahren um rund 10% zugenommen. Zudem hat der fossile Endenergieverbrauch um weitere 11% abgenommen. Letzteres ist auf das Umsteigen auf andere Energieträger zurückzuführen. Insgesamt hat der fossile Energieverbrauch des Gebäudebestands (Baujahr bis 2000) in der betrachteten Zehnjahresperiode um 19% abgenommen (witterungsbereinigt). Die damit verbundene Reduktion der CO₂-Emissionen ist noch rund 1%-Punkt höher (wegen des teilweisen Umstiegs von Öl auf Gas), d.h. es resultiert eine Reduktion von rund 20%.

Fazit

In den letzten Jahren hat sich die Rate der energetische der Gebäudehüllenerneuerung deutlich erhöht im Vergleich zur Vorjahresdekade (um 40% bis 50%). Auch die Bewegung weg von den fossilen und der Einbau von Heizungsanlagen, die erneuerbare Energie nutzen, hat sich deutlich beschleunigt, vor allem in den letzten Jahren seit etwa 2018. Dennoch sind eine vollständige Umstellung des Gebäudesektors der Schweiz und eine umfassende Dekarbonisierung nach wie vor eine grosse Herausforderung, deren Bewältigung weiterhin mehrere Jahre beanspruchen wird.

Résumé

Contexte, objectif et démarche

Différentes mesures de politique énergétique ou climatique prises par la Confédération et les cantons visent à faire augmenter de façon notable les taux de rénovation énergétique des bâtiments, parfois aussi appelés « taux d'assainissement énergétique ». Dans ce contexte et au vu d'autres impératifs énergétiques ou climatiques, il s'agit de savoir comment ce taux a évolué ces dernières années et à combien il se monte actuellement. Ces informations sont également importantes pour pouvoir évaluer l'impact des mesures portant sur l'efficacité énergétique, sur les énergies renouvelables ou sur les émissions de CO₂.

Des enquêtes par échantillonnage et des travaux de fond ont recommencé en 2020, car il manquait de données représentatives concernant les rénovations énergétiques et recueillies régulièrement et parce que la synthèse des résultats des enquêtes effectuées précédemment datent de près de dix ans. Ces enquêtes et travaux ont été menés dans le cadre du projet de recherche MISTEE³ de l'Office fédéral de l'énergie et des rapports établis par les cantons sur les émissions de CO₂ dans le secteur du bâtiment⁴. Ils ont permis de couvrir 20 cantons et de récolter près de 12 000 réponses de propriétaires au sujet des mesures prises au niveau des enveloppes des bâtiments et des installations de chauffage durant les trente années précédentes.

Le présent rapport résume les principales évaluations que les travaux menés ont permis d'effectuer ainsi que les évaluations portant sur les chiffres de vente de systèmes de chauffage. L'impact énergétique des mesures prises est calculé au moyen des données récoltées, des taux de rénovation obtenus sur la base de ces données et en utilisant le modèle de parc immobilier. De cette manière, le taux de rénovation et l'amélioration de l'efficacité énergétique qu'il induit sont présentés de manière cohérente l'un par rapport à l'autre. Par ailleurs, l'évolution de la demande en énergie, par agent énergétique, et les émissions de CO₂ générées sont aussi déterminées.

Rénovation énergétique des enveloppes des bâtiments

De 2011 à 2020, et pour tous types de bâtiments confondus, le taux de rénovation énergétique des enveloppes des bâtiments est de quelque 1,5 % par an. Il concerne les bâtiments érigés jusqu'en l'an 2000 et ne tient donc pas compte des constructions plus récentes, dont on peut présumer que les besoins en rénovation sont minimes. Le taux de rénovation calculé enregistre une augmentation de 40 à 50 % environ par rapport au taux de la décennie précédente, qui s'étend de 2001 à 2010 (selon les évaluations, il s'agit d'un écart significatif sur le plan statistique). D'autres écarts ont été constatés entre les différents éléments des enveloppes d'un bâtiment (cf. illustration suivante) :

- La plus grande part des rénovations purement énergétiques concernent les fenêtres et les toits plats. Ce constat avait déjà été fait lors des enquêtes précédentes. De 2011 à 2020, 2,4 à 2,5 % des fenêtres et 2 à 2,3 % environ des toits plats, par an, ont fait l'objet d'une rénovation dans les bâtiments d'habitation. Le taux relatif aux bâtiments non résidentiels (BNR) est inférieur d'un quart à celui des bâtiments d'habitation.
- Des travaux visant à améliorer l'efficacité énergétique ont également été effectués sur les façades, même s'il y en a eu beaucoup moins que dans le cas des fenêtres et des toits plats. En comparaison avec les résultats des enquêtes précédentes, les mesures prises

³ <https://www.aramis.admin.ch/Default?DocumentID=70006&Load=true>, en anglais avec un résumé en français

⁴ <https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/klima/externe-studien-berichte/kantonale-energiekennzahlen-und-co2-emissionen-im-gebaeudebereich.pdf.download.pdf/Kennzahlen-co2-Emissionen-Geb%C3%A4udebereich.pdf>, en allemand

actuellement portent relativement un peu moins sur les maisons individuelles (MI) et un peu plus sur les immeubles collectifs (IC).

- Les rénovations effectuées sur des toits inclinés ou plats consistaient tantôt en travaux à visée énergétique uniquement, tantôt en travaux combinant des mesures d'efficacité énergétique et des mesures d'entretien du bâtiment. Le taux des améliorations énergétiques concernant les toits inclinés de bâtiments d'habitation érigés jusqu'en 1980 se situe dans une fourchette allant de 1,5 à 1,8 % environ par an et varie en fonction de la période de construction. Le taux relatif aux bâtiments non résidentiels est quelque peu inférieur et, pour ce qui est des constructions les plus récentes, notablement inférieur (de 0,5 à 0,7 % par an).
- Comme les enquêtes précédentes l'avaient montré, les mesures prises sur les plafonds de cave visaient principalement des gains en efficacité énergétique. À noter toutefois qu'en comparaison transversale avec les autres parties du bâtiment, le plafond de la cave enregistre le taux de rénovation le plus bas.

D'autres écarts ont encore été constatés. Les taux de rénovation énergétique relatifs aux bâtiments non résidentiels sont inférieurs de près de 15 % à ceux des bâtiments d'habitation. Les bâtiments plus récents, construits à partir de 1980, présentent des taux notablement plus bas (seulement à peu près un tiers pour la période 1980 à 2000) que les plus anciens. L'enveloppe des bâtiments chauffés au gaz est moins souvent rénovée (- 20 %), de même que celle des bâtiments chauffés par un chauffage à distance ou au bois (- 30 %), que celle des bâtiments disposant d'un système de chauffage autre que ces trois options.

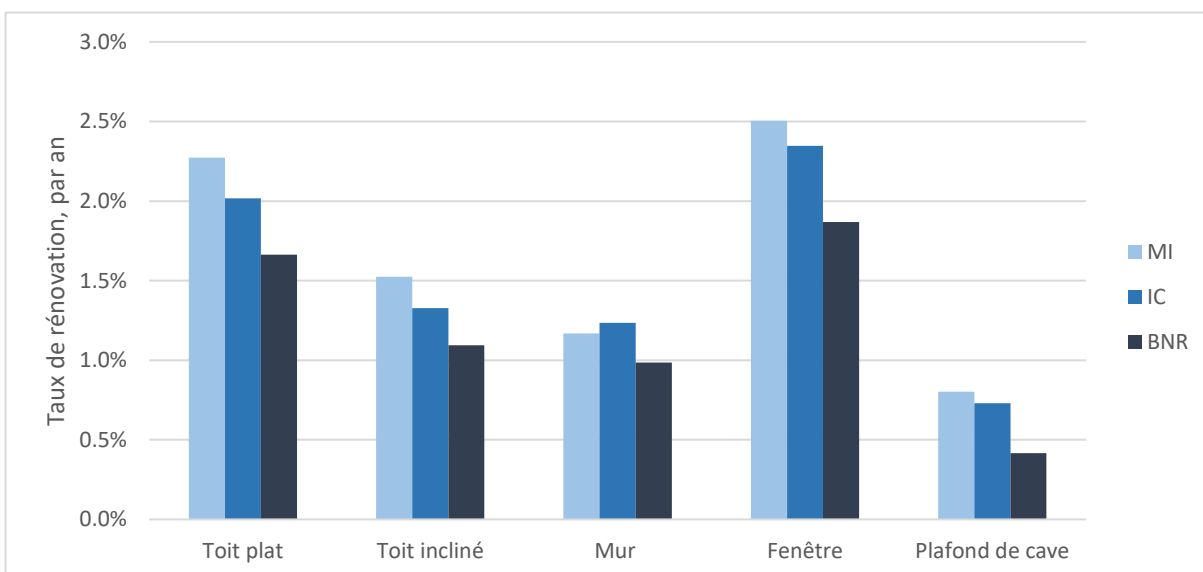


Illustration 1 du présent résumé : Taux de rénovation énergétique, par élément faisant partie de l'enveloppe du bâtiment et par type de bâtisse

Installations de chauffage

L'évaluation fait la distinction entre les mesures d'entretien prises pour les chauffages ainsi que les cas de remplacement de chauffages ayant un impact sur l'efficacité du chauffage, « avec changement d'agent énergétique » et « sans changement d'agent énergétique ». Dans l'ensemble, et par tranche de 5 ans, des mesures ont été prises dans 5 à 30 % des bâtiments, ce taux variant en fonction du système de chauffage, soit dans 1 à 6 % des bâtiments par an. NB : cela inclut des mesures de réparation telles que le remplacement de brûleur. De grandes différences apparaissent en fonction du système de chauffage. Très peu de mesures prises concernaient les pompes à chaleur ou les chauffages à distance (environ 1 % par an). En revanche, sur une base annuelle pour ce qui est des installations

fonctionnant aux énergies fossiles, des mesures ont été effectuées dans un peu plus de 3 % des bâtiments chauffés au gaz et, selon le type de bâtiment, dans 5 à 6 % des bâtiments chauffés au mazout. Pour les chauffages à bois, le taux de mesures réalisées atteint quelque 2 % par an, se situant ainsi au milieu du classement.

Il ressort de l'évaluation des types de mesures prises que pour ce qui concerne les chauffages à mazout ou à gaz, on a souvent procédé au changement du brûleur ou au remplacement de l'installation tout entière, et que dans la majorité des cas, on a conservé le même agent énergétique, en particulier dans les bâtiments chauffés au gaz. Dans un peu plus de 40 % des mesures concernant les chauffages à mazout, on a changé d'agent énergétique. Mais dans un quart à près d'un tiers des cas, on a opté pour une autre énergie fossile, à savoir le gaz.

Les taux de changement d'agent énergétique impliquant l'abandon du mazout que l'on peut ainsi déterminer se montent à un peu plus de 1.4 % par an. Selon le type de bâtiment, les taux concernant le passage à une pompe à chaleur se situent dans une fourchette d'environ 0,8 à quelque 1 % par an, cf. tableau 1 du présent résumé. Le taux de changement d'agent énergétique dans le cas du passage à un chauffage à distance est beaucoup plus faible, à savoir moins de 0,5 % par an. Dans le cas des chauffages à gaz, dans l'ensemble, la période allant de 2016 à 2020 connaît encore quelques passages au gaz en cas de changement d'agent énergétique. Ces constatations sont faites pour les deux tranches de cinq ans, de 2011 à 2015 et de 2016 à 2020, et se basent sur des moyennes pour chacune d'entre elles (il n'y a pas de données ressortant d'enquêtes antérieures ou plus récentes ou de données à résolution plus fine).

Tableau 1 du présent résumé : Changement net, en points de pourcentage (ppp) et par an, des systèmes de chauffage, de 2015 à 2020. 100% = tous les bâtiments de cette catégorie de bâtiments. Exemple : dans les maisons individuelles, le pourcentage de chauffages à mazout diminue de 0,9 point de pourcentage par an.

Type de bâtisse	Mazout	Gaz	Chauffage à distance	Pompe à chaleur	Bois	Autres	Somme
MI	-0,9	0,1	0,0	1,0	0,0	-0,2	0
IC	-1,3	0,2	0,3	1,1	-0,1	-0,2	0
BNR	-1,4	0,0	0,5	0,8	0,1	0,0	0

Source : Échantillon Bâtiments, évaluation par TEP Energy

Dans l'illustration ci-après, l'activité consistant à rénover ou à remplacer des systèmes de chauffage est représentée dans un diagramme de Sankey montrant quel système remplace un autre et à quelle fréquence compte tenu de toutes les mesures de rénovation ou de remplacement prises durant la période sous revue. Il en ressort clairement que dans le cas des systèmes de chauffage fonctionnant au mazout ou au gaz, l'agent énergétique demeure le plus souvent inchangé. Dans la majorité des cas, le nouveau système de chauffage, s'il est remplacé, reste le même (les mesures d'entretien ne sont pas représentées ici), en particulier en cas de recours au gaz, qui n'est que très rarement abandonné. Globalement, il y a une augmentation du gaz (depuis le mazout) de l'ordre de 0.5 à 1% par an, et une diminution du gaz (vers les pompes à chaleur et les chauffages à bois), mais dans une moindre mesure, de moins de 0,5% par an. L'abandon du mazout est, quant à lui, plus fréquent, et on opte alors pour le gaz ou une pompe à chaleur.

L'illustration permet aussi de voir clairement que le passage à une pompe à chaleur est principalement dû à l'abandon du mazout ou du bois, et rarement à celui du gaz. La croissance que connaît le chauffage à distance résulte avant tout de l'abandon du mazout.

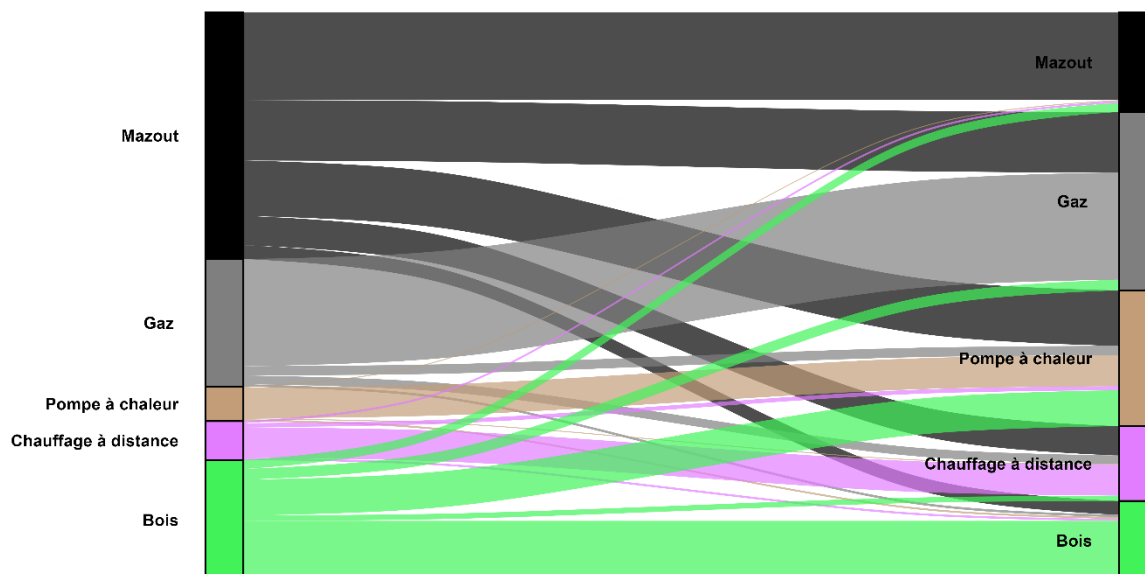


Illustration 2 du présent résumé : Diagramme de Sankey mettant en relation les passages d'un système de chauffage à un autre. Il ne présente que les installations de chauffage ayant fait l'objet de rénovations ou ayant été remplacées dans la période allant de 2016 à 2020.

Par ailleurs, si l'on considère les chiffres de vente annuels des différents systèmes d'énergie, il apparaît que les ventes de chauffages fonctionnant au mazout ou au gaz ont grandement diminué et qu'à partir de 2018, les ventes de pompe à chaleur ont connu une forte hausse. Sur la base d'autres données émanant de l'Office fédéral de la statistique et de l'Office fédéral de l'énergie, il est possible de conclure que cette envolée des ventes de pompes à chaleur n'est pas due aux nouvelles constructions (pour lesquelles le marché était déjà presque saturé, en particulier dans le cas des maisons individuelles), mais aux bâtiments existants que l'on a équipés de pompes à chaleur. De 2018 à 2022, le taux de remplacement d'un système de chauffage par une pompe à chaleur a enregistré chaque année une augmentation se situant dans une fourchette allant de 5 à 20 % par an environ. En 2022, les pompes à chaleur enregistrent une augmentation de 1 à 1,5 point de pourcentage, qui diffère quelque peu en fonction du type de bâtisse.

Effet au niveau du parc immobilier

Au niveau du parc immobilier, la rénovation énergétique des enveloppes des bâtiments et le passage à d'autres agents énergétiques, effectués durant les 10 années sous revue, ont fait augmenter de quelque 10 % l'efficacité énergétique. En plus, on constate une baisse de 11 % de la consommation finale d'énergie issue d'agents fossiles. Cette baisse résulte du passage à d'autres agents énergétiques. Dans l'ensemble, durant la décennie considérée, la consommation d'énergie issue d'agents fossiles dans les bâtiments existants (construits jusqu'en 2000) a reculé de 19 % (après correction des variations météorologiques). La réduction des émissions de CO₂ qui en découle est encore un peu plus importante (1 point de pourcentage de plus en raison du passage du mazout au gaz dans certains cas), et atteint 20 %.

Conclusion

Ces dernières années, le taux de rénovation des enveloppes de bâtiments a connu une forte hausse (40 à 50 %) par rapport à la décennie précédente. À partir de 2018 en particulier, une accélération s'est dessinée dans la renonciation aux agents énergétiques fossiles et la mise en place d'installations de chauffage fonctionnant aux énergies renouvelables. Il faudra toutefois des années pour finaliser la transition énergétique et la décarbonation dans le secteur du bâtiment en Suisse, celles-ci constituant encore et toujours des défis de taille.

Sintesi

Situazione iniziale, obiettivi e approccio

Svariate misure di politica energetica e climatica adottate dalla Confederazione e dai Cantoni mirano ad aumentare in modo significativo il tasso di rinnovo energetico degli edifici, noto anche come tasso di risanamento energetico. In tale contesto e per altre ragioni di politica energetica e climatica ci si chiede quale sia stato lo sviluppo del tasso di rinnovo energetico negli ultimi anni e quale sia il suo valore attuale. Queste informazioni sono importanti anche nell'ottica della valutazione dell'impatto delle misure adottate nei settori dell'efficienza energetica, delle energie rinnovabili e delle emissioni di CO₂.

Poiché sul rinnovo energetico non sono stati raccolti con regolarità dati rappresentativi e visto che sono trascorsi circa dieci anni dagli ultimi rilevamenti e dalla sintesi dei relativi risultati, a partire dal 2020 sono stati nuovamente condotti rilevamenti a campione e lavori preliminari. Tali lavori si sono svolti nel contesto del progetto di ricerca MISTEE (Motivations for Investment in Smart Technologies and Energy Efficiency)⁵ dell'Ufficio federale dell'energia (UFE) e dei rilevamenti cantonali sulle emissioni di CO₂ nel settore degli edifici⁶. Sono stati presi in considerazione 20 Cantoni con un campione comprendente quasi 12 000 risposte fornite da proprietari di immobili, con indicazioni sulle misure adottate negli ultimi trent'anni in relazione agli involucri edilizi e agli impianti di riscaldamento.

In questo rapporto sono riassunte le principali analisi, integrate da quelle dei dati sulle vendite di sistemi di riscaldamento. Sulla base dei dati raccolti e dei tassi di rinnovo energetico da essi ricavati, con l'ausilio del modello di parco immobiliare si calcola l'impatto energetico delle misure adottate. Viene così indicato con coerenza il rapporto tra il tasso di rinnovo e il conseguente incremento dell'efficienza energetica. Inoltre sono descritti lo sviluppo della domanda di energia per vettore energetico e le relative emissioni di CO₂.

Rinnovo energetico dell'involucro edilizio

Considerati tutti i tipi di edifici, per il periodo 2011–2020 il tasso di rinnovo energetico relativo all'involucro edilizio è di circa l'1,5 per cento all'anno. Questo dato si riferisce agli edifici con anno di costruzione fino al 2000, ad esclusione quindi degli edifici più recenti aventi un fabbisogno di rinnovo presumibilmente basso. Il tasso di rinnovo energetico calcolato è quindi di circa il 40–50 per cento più alto rispetto al periodo precedente 2001–2010 (secondo le analisi, questa differenza è statisticamente significativa). Tra i vari elementi dell'involucro edilizio si possono osservare le seguenti differenze (v. anche la fig. seg.).

- Come nei precedenti rilevamenti, la quota maggiore dei rinnovi meramente energetici riguarda le finestre e i tetti piani. Gli interventi di rinnovo negli edifici abitativi hanno interessato, tra il 2011 e il 2020, ogni anno il 2,4–2,5 per cento delle finestre e circa il 2–2,3 per cento dei tetti piani. Per contro, negli edifici non abitativi il tasso di rinnovo è inferiore di quasi un quarto.
- Anche sulle facciate sono stati eseguiti lavori con impatto sull'efficienza energetica, seppur in misura notevolmente inferiore rispetto agli interventi su finestre e tetti piani. Nel raffronto con gli ultimi rilevamenti, attualmente sono in numero lievemente inferiore le misure adottate in case unifamiliari e in numero leggermente maggiore quelle in case plurifamiliari.
- Le misure che interessano tetti a falde e tetti piani comprendono sia mere misure di miglioramento dell'efficienza energetica che misure combinate, le cosiddette misure energetiche e di

⁵ <https://www.aramis.admin.ch/Default?DocumentID=70006&Load=true> (in inglese)

⁶ <https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/klima/externe-studien-berichte/kantonale-energiekennzahlen-und-co2-emissionen-im-gebaeudebereich.pdf.download.pdf/Kennzahlen-co2-Emissionen-Geb%C3%A4udebereich.pdf> (in tedesco)

riparazione. Per i tetti a falde degli edifici abitativi con anno di costruzione fino al 1980, a seconda del periodo di costruzione, il tasso delle migliorie energetiche è di circa l'1,5–1,8 per cento all'anno, mentre è leggermente inferiore per gli edifici non abitativi e notevolmente inferiore per quelli di più recente costruzione (0,5–0,7 % all'anno).

- Come già osservato nei precedenti rilevamenti, le misure al soffitto delle cantine riguardano perlopiù migliorie energetiche, con la quota di rinnovi energetici più bassa nel confronto con gli altri elementi edili.

Inoltre occorre rilevare le seguenti ulteriori differenze: i tassi di rinnovo energetico degli edifici non abitativi sono di circa il 15 per cento inferiori rispetto a quelli degli edifici abitativi. Gli edifici più recenti con anno di costruzione dopo il 1980 presentano tassi significativamente più bassi rispetto a quelli più vecchi (negli anni di costruzione 1981–2000, il tasso era soltanto di un terzo circa). Negli edifici con un impianto di riscaldamento a gas la frequenza del rinnovo dell'involucro edilizio è stata inferiore del 20 per cento e in quelli con un sistema di teleriscaldamento o di riscaldamento a legna inferiore del 30 per cento.

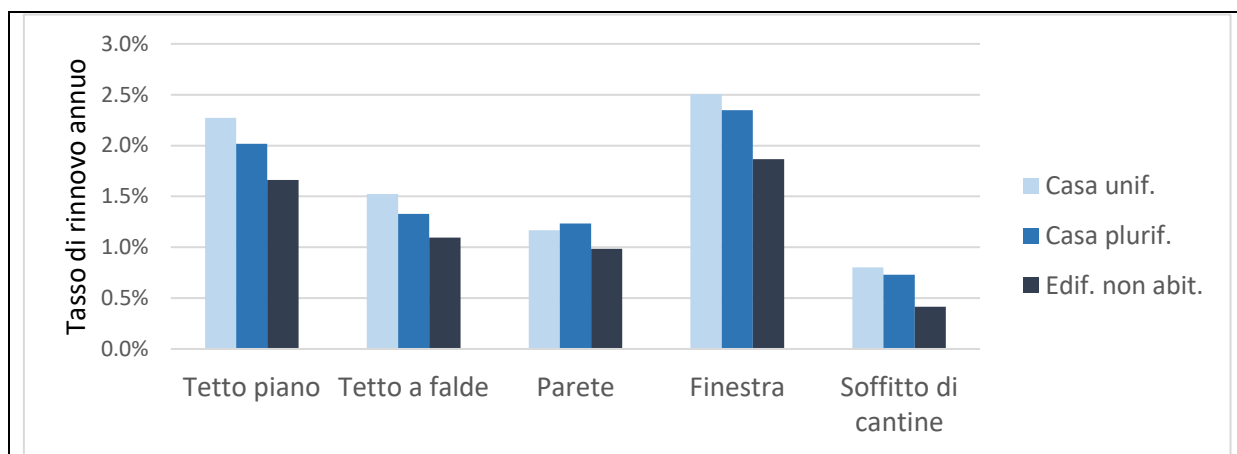


Figura. Z.1: Tasso di rinnovo energetico per elemento costruttivo dell'involucro edilizio e per tipo di edificio

Impianti di riscaldamento

Nel settore degli impianti di riscaldamento si opera una distinzione tra le misure di riparazione e la sostituzione dell'impianto con un miglioramento del grado di efficienza «senza» e «con» cambio del vettore energetico. Complessivamente, a seconda del sistema di riscaldamento, su un periodo di cinque anni sono state adottate misure in una quota di edifici compresa tra il 5 e oltre il 30 per cento, ovvero con un'incidenza dall'1 fino al 6 per cento all'anno. Va sottolineato che sono comprese anche misure di manutenzione come la sostituzione del bruciatore. Le differenze tra i diversi sistemi di riscaldamento sono notevoli: poche misure (ca. 1 % all'anno) hanno interessato le pompe di calore e gli impianti di teleriscaldamento. Invece, nel caso degli impianti fossili, sono state attuate annualmente misure in poco più del 3 per cento degli edifici con riscaldamento a gas e, a seconda del tipo di edificio, nel 5 fino a oltre il 6 per cento degli edifici con riscaldamento a olio. Nel caso degli impianti di riscaldamento a legna, il tasso delle misure si colloca nella fascia media con circa il 2 per cento all'anno.

Analizzando il tipo di misura si osserva che nel caso degli impianti di riscaldamento a olio e a gas viene spesso sostituito il bruciatore oppure rinnovato l'intero impianto, mantenendo però quasi sempre il vettore energetico, soprattutto quando si tratta di edifici con impianti di riscaldamento a gas. Un cambio di vettore energetico è più frequente per gli impianti di riscaldamento a olio e interessa oltre il

40 per cento delle misure adottate. Per una quota compresa tra un quarto e circa un terzo, si tratta tuttavia di un passaggio al vettore energetico fossile gas.

Il tasso di passaggio dal riscaldamento a olio ad altri impianti è dell'1,4 per cento all'anno circa. A seconda del tipo di edificio, il tasso di passaggio alle pompe di calore si attesta a un valore compreso tra circa lo 0,8 e poco meno dell'1 per cento all'anno (v. tab. Z.1). Il tasso di passaggio al teleriscaldamento è significativamente inferiore, ovvero pari a meno dello 0,5 per cento all'anno. Per quanto riguarda i riscaldamenti a gas, nel complesso anche tra il 2016 e il 2020 vi è stato un leggero spostamento verso il vettore gas. Questi dati medi si riferiscono ai due quinquenni 2011–2015 e 2016–2020 (non sono disponibili dati di rilevamento antecedenti, più recenti o più dettagliati).

Tabella Z.1 Passaggio netto delle quote per sistema di riscaldamento tra il 2015 e il 2020 in punti percentuali (p.p.) all'anno. 100 % = tutti gli edifici del tipo in questione.
Esempio di lettura: la quota di impianti di riscaldamento a olio nelle case unifamiliari diminuisce di 0,9 punti percentuali all'anno.

Tipo di edificio	Olio da riscaldamento	Gas	Teleriscaldamento	Pompa di calore	Legna	Altri	Somma
Casa unif.	-0,9	0,1	0,0	1,0	0,0	-0,2	0
Casa plurif.	-1,3	0,2	0,3	1,1	-0,1	-0,2	0
Edif. non abit.	-1,4	0,0	0,5	0,8	0,1	0,0	0

Fonte: Controllo a campione edifici, analisi TEP Energy
Unità di misura: punti percentuali

La figura qui appresso è un diagramma di Sankey e si riferisce agli interventi di rinnovo e di sostituzione: per ogni tipo di impianto di riscaldamento è indicata la frequenza del passaggio a un altro tipo di riscaldamento, e questo in relazione a tutte le misure di rinnovo e di sostituzione adottate nel periodo corrispondente. Risalta in modo inequivocabile che, in riferimento ai sistemi di riscaldamento a olio e a gas, nella maggior parte dei casi non interviene un cambio di vettore energetico, ma l'adozione di misure di sostituzione perlopiù integrale (e misure di riparazione, qui non visualizzate); soprattutto nel caso degli impianti a gas i passaggi a un altro vettore sono pochissimi. Nel complesso si sono registrati spostamenti al gas (dall'impianto a olio) nella misura di circa lo 0,5–1 per cento all'anno e spostamenti dal gas (alla pompa di calore e al teleriscaldamento), tuttavia soltanto in misura minore, ovvero inferiore allo 0,5 per cento all'anno. Nel caso del vettore energetico olio i passaggi a un altro vettore sono più frequenti, e la tendenza è verso il gas e la pompa di calore.

È chiaramente riconoscibile anche il passaggio alla pompa di calore soprattutto da impianti a olio e a legna, in misura minima da impianti a gas. La crescita del teleriscaldamento si spiega principalmente con l'abbandono degli impianti a olio.

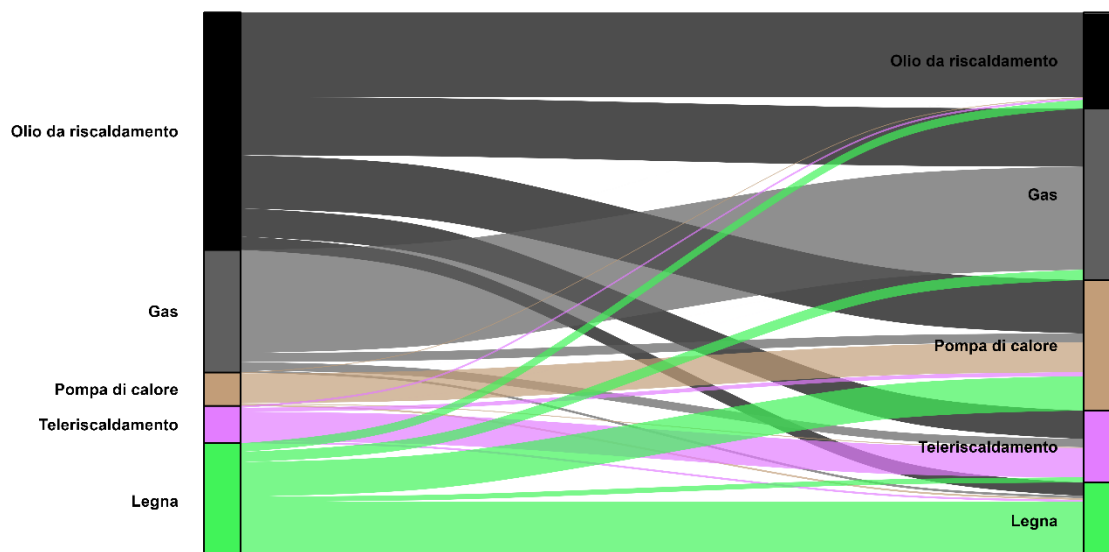


Figura Z.2: Diagramma di Sankey indicante le interazioni tra i diversi impianti di riscaldamento. Sono indicati soltanto gli impianti di riscaldamento per cui è stata adottata una misura di rinnovo o di sostituzione tra il 2016 e il 2020

Considerando anche i dati di vendita annuali dei vari sistemi energetici, si nota che le vendite degli impianti di riscaldamento a olio e a gas sono diminuite drasticamente, mentre quelle delle pompe di calore sono fortemente aumentate a partire dal 2018 circa. Da ulteriori basi di dati dell'Ufficio federale di statistica e dell'Ufficio federale dell'energia risulta che questo forte aumento delle vendite di pompe di calore non è riconducibile alle nuove costruzioni (dove il mercato aveva già raggiunto un alto livello di saturazione, soprattutto per le case unifamiliari), ma all'installazione di questi impianti negli edifici esistenti. Tra il 2018 e il 2022 il tasso annuo di passaggio alle pompe di calore è aumentato, a seconda dell'anno in esame, tra il 5 e il 20 per cento all'anno. Per il 2022 risulta un tasso di passaggio alle pompe di calore compreso tra 1 e 1,5 punti percentuali all'anno, con lievi variazioni a seconda del tipo di edificio.

Effetto a livello di parco immobiliare

A livello di parco immobiliare, il rinnovo energetico dell'involucro edilizio e la sostituzione del vettore energetico hanno come conseguenza che, nei dieci anni considerati, l'efficienza energetica è aumentata di circa il 10 per cento. Inoltre, il consumo finale di energia fossile è diminuito di un ulteriore 11 per cento. Quest'ultimo dato è riconducibile al passaggio ad altri vettori energetici. Complessivamente, nel decennio considerato il consumo energetico fossile del parco immobiliare (anno di costruzione fino al 2000) è diminuito del 19 per cento (corretto sulla base di fattori meteorologici). Le emissioni di CO₂ sono diminuite di circa un punto percentuale in più (a seguito del parziale passaggio dal vettore olio al gas) e risulta quindi una riduzione di circa il 20 per cento.

Bilancio

Negli ultimi anni il tasso di rinnovo energetico degli involucri edilizi è aumentato considerevolmente rispetto al decennio precedente (del 40–50 %). Anche l'abbandono delle energie fossili a favore dell'installazione di impianti di riscaldamento che utilizzano energie rinnovabili ha conosciuto una forte accelerazione, soprattutto negli ultimi anni, a partire dal 2018 circa. Nel settore degli edifici in Svizzera, il passaggio integrale a fonti energetiche rinnovabili e una decarbonizzazione completa restano comunque tuttora una grossa sfida che richiederà ancora svariati anni per essere risolta.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Résumé	7
Sintesi	11
Abkürzungsverzeichnis	16
1 Ausgangslage, Problemstellung und Zielsetzung	17
1.1 Ausgangslage, Problemstellung	17
1.2 Zielsetzung	17
2 Begrifflichkeiten und methodisches Vorgehen im Überblick	18
2.1 Begrifflichkeiten	18
2.2 Methodisches Vorgehen im Überblick	19
2.2.1 Aufarbeiten von verfügbaren Daten, Unterlagen und Studien	19
2.2.2 Energetische Wirkung	20
3 Gebäudehülle	22
3.1 Angaben zu den durchgeführten Instandsetzungs- und Erneuerungsarbeiten	22
3.1.1 Wohngebäude	22
3.1.2 Nicht-Wohngebäude	23
3.2 Vollflächige Erneuerungen versus teilflächige Erneuerungen	24
3.3 Jährliche Erneuerungsrate unter Berücksichtigung von teilweisen und teilflächigen Erneuerungen	25
4 Heizungsanlagen und Energieträger: Empirische Grundlagen und Modellergebnisse zur Erneuerungs- und Substitutionsrate	31
4.1 Auswertung Strichprobenerhebung	31
4.1.1 Einflussfaktoren auf das installierte Heizsystem	31
4.1.2 Nähere Betrachtung der Instandsetzungs- und Ersatztätigkeit im Bereich Heizungsanlagen	35
4.2 Ergänzende Erkenntnisse aus Daten zu Verkaufs- und Bestandszahlen von Heizsystemen	39
4.3 Auswertungen des Gebäudeparkmodells von TEP Energy	42
5 Aggregation und energetische Interpretation der Erneuerungsraten	44
5.1 Gebäudehülle	44
5.2 Gesamteffekt	46
6 Fazit	48
7 Literatur und Referenzen	50
8 Anhang	51
8.1 Übersicht über die verwendeten empirischen Grundlagen	51
8.1.1 Aktuelle Datengrundlage	51
8.1.2 Aktuelle Datengrundlage: Charakterisierung der Stichprobe	52
8.1.3 Aktuelle Datengrundlage: Vergleich der Stichprobe mit der Grundgesamtheit	54
8.1.4 Vergleichsbasis: frühere Erhebungen	55
8.2 Ergebnis ökonometrisches Modell Gebäudehülle	56
8.3 Energetische Erneuerungsrate im Vergleich zum letzten Synthesebericht: Wohn- und Nicht- Wohngebäude in der Übersicht	61
8.4 Auswertungen im Bereich Heizungsanlagen	62
8.4.1 Instandsetzungs- und Ersatztätigkeit im Bereich Heizungsanlagen	62
8.4.2 Sankey Heizungssystemmassnahmen: alternative Darstellung mit allen Arten von Massnahmen	63
8.4.3 Ergebnisse der statistischen Modelle im Bereich Heizungsanlagen	66
8.4.4 Nutzungsgrade Heizungsanlagen	68
8.5 Modellvalidierung	69

Abkürzungsverzeichnis

BAFU	Bundesamt für Umwelt
BFE	Bundesamt für Energie
BFS	Bundesamt für Statistik
CO ₂	Kohlendioxid
CRB	Centre suisse d'études pour la rationalisation de la construction
EBF	Energiebezugsfläche
EFH	Einfamilienhaus
EKZ	Energiekennzahl
EnDK	Konferenz Kantonaler Energiedirektoren
FW	Fernwärme
GBAUP	Gebäudebauperiode (gemäss Bezeichnung des GWR des BFS)
GKS	GebäudeKlima Schweiz
GPM	Gebäudeparkmodell
GWR	Gebäude- und Wohnungsregister
GWS	Gebäude- und Wohnungsstatistik Schweiz
HS	Heizungssystem
MFH	Mehrfamilienhaus
MISTEE	Motivations to Invest in Smart Technologies and Energy Efficiency
NWG	Nicht-Wohngebäude
OR	Odds Ratio
RRR	Relative Risk Ratio
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
TEP	Technology Economics Policy
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient
WP	Wärmepumpe

1 Ausgangslage, Problemstellung und Zielsetzung

1.1 Ausgangslage, Problemstellung

Verschiedene energie- und klimapolitische Massnahmen von Bund und Kantonen zielen darauf ab, die energetische Sanierungsrate deutlich zu steigern. In diesem Zusammenhang und aus weiteren energie- und klimapolitischen Gründen stellt sich die Frage, wie sich die energetische Erneuerungsrate in letzten Jahren entwickelt hat und wie hoch sie aktuell ist.

Zur vergangenen und aktuellen Erneuerungsrate kursieren diverse Daten und Angaben, dies jedoch häufig ohne Definition und/oder Quellenangabe. Ohne eine Definition, wie eine Erneuerungsrate inhaltlich und energetisch definiert ist, lässt die Interpretation jedoch einen hohen Spielraum offen. Bei dieser Ausgangslage ist auch die Abschätzung der bisherigen Wirkung der energetischen Erneuerungen nur mit hohen Unsicherheiten möglich.

Die Kenntnis der vergangenen und aktuellen Erneuerungsrate ist im Hinblick auf die Beurteilung der Wirkung von Massnahmen in den Bereichen Energieeffizienz und CO₂-Emissionen wichtig. Mit Hilfe der Erneuerungsraten und eines gut strukturierten Mengengerüsts des Gebäudeparks kann die Entwicklung der Energienachfrage und der CO₂-Emissionen nachgezeichnet werden.

Der Frage der energetischen Erneuerungsrate gingen Anfang der 2000er und 2010er Jahre empirische Erhebungen in einzelnen Kantonen nach (AG, BE, BL, TG und ZH) und die daraus abzuleitenden Erkenntnisse wurden in einem Synthesebericht durch TEP Energy zusammengefasst und vom Bundesamt für Energie (BFE) Anfang 2014 publiziert (Jakob et al. 2014). In diesem Synthesebericht wurde auch aufgezeigt, welche energetische Wirkung mit den energetischen Erneuerungen verbunden war. Die Erneuerungsraten der einzelnen Bauteile wurden so aggregiert, dass die energetische Erneuerungsrate und spezifische Wirkung kohärent zueinander sind.

Seit den letzten Erhebungen und der Synthese der Ergebnisse sind rund zehn Jahre vergangen und mittlerweile konnten weitere Erhebungen und Grundlagenarbeiten durchgeführt werden, dies unter anderem im Zusammenhang mit dem BFE-Forschungsprojekt MISTEE (Farsi et al. 2022, Jakob et al. 2022) und mit der Berichterstattung der Kantone zu den CO₂-Emissionen im Gebäudebereich (Jakob et al. 2024).

1.2 Zielsetzung

Die Zielsetzung des in diesem Bericht beschriebenen Projekts ist, verfügbare Grundlagen zu den Erneuerungsraten im Bereich Gebäudehülle und Heizungsanlagen bereit zu stellen. Insbesondere sollen:

1. verfügbare Unterlagen und Studien zum Thema allgemeine Instandsetzungs- und spezifische energetische Erneuerungsraten aufbereitet, dargestellt und erläutert werden.
2. die Einflussfaktoren auf die energetischen Erneuerungsraten aufgezeigt werden.
3. die mit der berechneten energetischen Erneuerungsrate verbundene energetische Wirkung und die damit verbundene Wirkung auf die CO₂-Emissionen berechnet werden.
4. ein Vergleich mit den im Synthesebericht 2014 publizierten Ergebnissen erstellt und allfällige Unterschiede erläutert und interpretiert werden.

Thematisch werden sowohl Arbeiten im Bereich Gebäudehülle als auch Arbeiten im Bereich Heizungsanlagen abgedeckt. Der Fokus liegt auf der Erneuerungsperiode 2010 bis Ende 2019, Anfang 2020 (mit einem Stützjahr dazwischen). Zur Periode 2020 bis 2022 soll, soweit es die gesicherte Datenlage zulässt, ein Ausblick gegeben werden. Differenziert wird nach grober Gebäudekategorie: Einfamilienhäuser (EFH), Mehrfamilienhäuser (MFH) und Nicht-Wohngebäude (NWG).

2 Begrifflichkeiten und methodisches Vorgehen im Überblick

2.1 Begrifflichkeiten

Um die in diesem Bericht dokumentierten Darstellungen und Ergebnisse einordnen zu können, wird zwischen energetischen Erneuerungsmassnahmen und (energetisch nicht wirksamen) Instandhaltungs- und Instandsetzungsmassnahmen unterschieden. In Anlehnung an die Norm SIA 469 Erhaltung von Bauwerken, an den Elementartenkatalog des CRB und an Ott, Jakob et al. (2013) kommen folgende Definitionen zur Anwendung, wobei energetische Erneuerungen als Thema und die energetische Erneuerungsrate (Einheit %/Jahr) im Fokus dieses Berichts stehen:

- **Energetische Erneuerung:** Erneuerungen, welche das Gebäude oder das betroffene Bauteil auf den Stand von heutigen Neubauten bzw. auf ein den Vorschriften entsprechendes Niveau bringen. Im Fall der Gebäudehülle beinhaltet dies die Verbesserung der Energieeffizienz (z.B. Fensterersatz, Ersatz der Verglasung, Fassaden- oder Dachwärmedämmung etc.) und im Fall der Heizungsanlagen den Einsatz von erneuerbaren Energien (nicht jedoch der Ersatz mit demselben Anlagentyp; dies wird je nach Eingriffstiefe als Erneuerung oder Instandsetzung bezeichnet).
- **Energetische Erneuerungsrate** (Einheit %/Jahr): siehe Definitionen «Rate» und «Energetische Erneuerung»
- **Instandhaltung:** Die Gebrauchstauglichkeit wird durch einfache und regelmässige Massnahmen aufrechterhalten. Beispiele im Bereich Gebäudehülle sind Reparaturen bei Fenstern (z.B. Ersatz oder Ausbesserungen von Dichtungen und Beschlägen), Ausbesserungen bei Aussenwänden/Fassaden/Türen, Reparatur schadhafter Stellen bei Dächern.
- **Instandsetzung:** Die Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit wird für eine festgelegte Dauer, in der Regel bis ans Ende der pro Bauelement erwarteten Lebensdauer, gemäss dem ursprünglichen Neubaustandard wiederhergestellt. Beispiele im Bereich Gebäudehülle: neuer Anstrich von Aussenwänden, Fassaden, Türen, neue Eindeckung bzw. neue Dichtung im Dachbereich.
- **Allgemeine Erneuerung:** Das Wiederherstellen eines gesamten Bauwerks oder von Bauteilen oder Anlagen in einen mit dem (heutigen) Neubaustandard vergleichbaren Zustand.
- **Rate (Einheit %/Jahr):** Die Rate, mit welcher ein Bauteil (z.B. Aussenwand, Fenster) oder eine Gebäudetechnikanwendung (z. B. Heizungsanlage) typischerweise instandgesetzt (Instandsetzungsrate) bzw. energetisch erneuert (energetische Erneuerungsrate) bzw. renoviert wird, angegeben in % pro Jahr. Bei den Heizungsanlagen wird unterschieden zwischen:
 - Netto-Substitutionen (z.B. um wieviel % nehmen Ölheizungen pro Jahr ab)
 - Brutto-Ersatz (wieviel Ölheizungen werden insgesamt ersetzt, entweder wieder durch eine Ölheizung oder durch ein anderes System).
- **Renovation:** Allgemeinsprachlicher Begriff der Massnahmen wie Instandhaltung, Instandsetzung, Erneuerungen, Modernisierungen und Umbauten umfasst) wird.
- **Odds-Ratio** (dt.: Chancenverhältnis): Mit dem Odds-Ratio (OR) wird das Verhältnis von zwei Chancen miteinander verglichen (z.B. die Chance, dass eine Aussenwand eines bestimmten Gebäudesegments in einem bestimmten Kanton wärmegeklämt wird mit der entsprechenden Chance in einem anderen Kanton). Der Odds-Ratio stellt also 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 (i.d.R. Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer), welche an der Erhebung teilgenommen resp. eine bestimmte Frage beantwortet haben.

Bei den verwendeten empirischen Grundlagen und im Rahmen dieses Syntheseberichts wird im Bereich der Gebäudehülle zwischen Instandhaltung und Instandsetzung auf der einen Seite und der energetischen Erneuerung auf der anderen Seite unterschieden, d.h. die Instandhaltung und Instandsetzung werden zusammengefasst. Bei den Heizungsanlagen wird nur punktuell zwischen Instandhaltung und Instandsetzung unterschieden, weil der Übergang fließend ist.

2.2 Methodisches Vorgehen im Überblick

Bezugnehmend auf die oben aufgeführten Begrifflichkeiten und die Zielsetzung des Projekts sowie die öffentlich und bei TEP Energy verfügbaren Grundlagen enthält das methodische Vorgehen folgende drei Arbeitsschritte (AS).

2.2.1 Aufarbeiten von verfügbaren Daten, Unterlagen und Studien

Dieser Arbeitsschritt umfasst zwei Teilbereiche: zum einen den Bereich Gebäudehülle und zum anderen den Bereich Heizungsanlagen.

Gebäudehülle

Im Bereich Gebäudehülle werden Daten einer Stichprobenerhebung von TEP Energy zu den durchgeführten Arbeiten im Bereich Gebäudehülle in 20 Kantonen ausgewertet und zu gesamtschweizerischen Erneuerungsraten zusammengefasst.⁷ Hierbei wird für die verschiedenen Elemente der Gebäudehülle zwischen nicht-energetischen Instandsetzungen und energetischen Erneuerungen unterschieden. Diese Unterscheidung ist zum einen für die Fragestellung der energetischen Wirkung sehr wichtig und zum anderen, weil nicht-energetische Instandsetzungen als Teil des Re-Investitionszyklus grundsätzlich eine gute Gelegenheit darstellen, energetische Erneuerungen zu fördern.

Das methodische Vorgehen ist konkret wie folgt:

1. Statistische Auswertung der in 20 Kantonen erhobenen Stichprobe (19 Kantone gemäss Jakob et al. 2022 plus Kanton BS, für den die Stichprobenerhebung im Jahr 2023 erfolgte) mit einem multi-nominalen Modell. Mittels Panelstruktur wird die gesamte Stichprobe ausgewertet. Die 2 möglichen Outcomes in der jeweiligen Renovationsperiode (1. nicht-energetische Instandsetzung, 2. energetisch Erneuerung) der abhängigen Variable werden erklärt durch eine Reihe von unabhängigen Variablen wie z.B. Gebäudetyp, Bauperiode, Renovationsperiode, gemeindespezifische Variablen etc.
2. Die festgestellten Einflussfaktoren werden erläutert und diskutiert.
3. Für die 6 nicht durch eine Erhebung abgedeckten Kantone wird mittels des statistischen Modells ein sogenanntes «predict» (Prognose) vorgenommen, d.h. die Wahrscheinlichkeit, dass eine energetische Erneuerung durchgeführt wurde, wird im Sinne einer Prognose geschätzt, d.h. das statistische Modell wird auf das Gebäude- und Wohnungsregister (GWR) angewandt.
4. Die Hochrechnung von der Stichprobe auf die Schweiz als Ganzes erfolgt, indem die prognostizierten Wahrscheinlichkeiten («predicts») aggregiert werden. Zur Berücksichtigung der Flächen gewichtung wird das GPM eingesetzt.

⁷ Die Stichprobenerhebung wurde in 18 Kantonen zwischen Ende 2019 und Mitte 2020 und in zwei weiteren Kantonen 2021 respektive 2023 durchgeführt. Die Antwortstichprobe umfasst ca. 11'700 Gebäude. Weitergehende Angabe zur Datengrundlage sind im Anhang dieses Berichts, im Schlussbericht des Projekts MISTEE (Jakob et al. 2022) und im Bericht zu den EKZ und den CO₂-Emissionen der Kantone (Jakob et al. 2024) aufgeführt.

Heizungsanlagen

Im Bereich Heizungsanlagen geht es darum, zum einen die Instandsetzungs- und Erneuerungstätigkeit und zum anderen die Substitutionsbewegungen der verschiedenen Heizsysteme nachzuzeichnen, also aufzuzeigen, wie stark die Anteile der Heizsysteme ab- bzw. zunehmen. Von Interesse sind zum einen die Netto-Substitutionen (z.B. um wieviel % nehmen Ölheizungen pro Jahr ab) und zum anderen die Brutto-Ersatzraten (wieviel Ölheizungen werden insgesamt ersetzt, entweder wieder durch Ölheizungen oder durch ein anderes System). Abgedeckt werden die Perioden 2011 bis 2015 und 2016 bis 2019. Zu diesem Zweck wird ein Differenzverfahren angewandt, welches folgende Schritte umfasst:

1. Die Daten der in 20 Kantonen erhobenen Stichprobe werden so codiert, dass für die drei Zeitpunkte 2010, 2015, und 2020 je ein Datensatz, mit dem zu diesem Zeitpunkt installierten Energieträger vorliegt. Hierbei wird bei den beiden letztgenannten Zeitpunkten bei jedem Gebäude der Stichprobe unterschieden, ob der Energieträger bereits zum vorherigen Zeitpunkt installiert war oder ob ein Ersatz stattfand. Dabei wird ein 1:1-Ersatz auch als Ersatz taxiert, was v.a. bei den Energieträgern Öl und Gas von besonderer Relevanz ist.
2. Für jeden der drei Zeitpunkte wird ein multi-nominales Modell geschätzt, um aufzuzeigen, wovon die Wahrscheinlichkeit einer Erneuerung für einen bestimmten Energieträger abhängt. Die festgestellten Einflussfaktoren werden erläutert und diskutiert.
3. Die so geschätzten Modelle werden auf das GWR angewandt, womit zum einen eine Gewichtung der Erhebungsergebnisse (die auf einer geschichteten Stichprobe beruhen) ermöglicht wird und zum anderen eine Hochrechnung auf die nicht durch eine Stichprobe abgedeckten Kantone.
4. Durch eine Differenzbildung der Ergebnisse zwischen den drei genannten Zeitpunkten wird die Matrix des Energieträgerersatzes (% des Gesamtbestands pro 5 Jahre bzw. umgerechnet pro Jahr) bestimmt (inkl. 1:1-Ersatz). Berücksichtigt werden nur die Bauperioden bis und mit Baujahr 2000 (Begründung: jüngere Gebäude haben noch kaum einen Energieträgerwechsel vollzogen, was auch dazu führt, dass die entsprechenden Fallzahlen zu gering für eine aussagekräftige Auswertung sind).

2.2.2 Energetische Wirkung

Um die Wirkung der Erneuerungsraten bzgl. ihrer energetischen Wirkung (und bzgl. ihrer Klimawirkung) beurteilen zu können, werden sie aggregiert und in den Kontext der Wirkung von weiteren Entwicklungen gestellt. Die Wirkung wird auf den Ebenen Nutz- und Endenergie sowie CO₂-Emissionen ausgewiesen. Betrachtet wird der Gebäudebestand bis und mit Baujahr 2000.

Gebäudehülle

In einem ersten Schritt werden die elementspezifischen Erneuerungsraten zu einer Gesamtgebäude-Erneuerungsraten aggregiert, um sie mit den häufig genannten „1% pro Jahr“ vergleichen zu können. Dies wird zum einen für die verschiedenen Elemente der Gebäudehülle (flächengewichtet) und zum anderen für Gebäudehülle aggregiert (gemäss Gleichung (1) in Jakob et al. (2014)).

Zu diesem Zweck und um die Erneuerungsraten interpretieren zu können, wird ihnen eine energetische Wirkung zugeordnet (energetisches Wirkungsäquivalent), dies in Anlehnung an Gleichung (2) in Jakob et al. (2014). Um die Wirkung nicht zu über- oder zu unterschätzen, werden die Erneuerungsraten mit einem gesamtschweizerischem Modell abgeschätzt. Verwendet wird die TEP-GPM-Modellversion, die auch im Projekt «Berichterstattung der CO₂-Emissionen des Gebäudebereichs der Kantone»

angewandt wird («TEP-Kantons-GPM»)⁸. Da bei diesem der Modellstart im Jahr 2016 liegt, wird die Periode 2011 bis 2016 mit einem vereinfachten Ansatz berechnet, indem auf der Inputseite Annahmen zeitlich zurück extrapoliert werden.

Für diese Modellierung werden die Erneuerungsraten auf die Kohorten des TEP-Kantons-Gebäudeparkmodell (GPM) angewandt (siehe Jakob et al. 2024). Pro Renovationsperiode werden diesen Wärmedurchgangskoeffizienten, so genannte U-Werte, vor und nach der energetischen Erneuerung zugeordnet. Dies erfolgt jeweils pro Bauelement und pro Bauperiode der Gebäude.

Heizungsanlagen (fossile Heizungsanlagen, Holzheizungen und Wärmepumpen)

Da die Nutzenergie in der Schweiz statistisch nicht erfasst bzw. berechnet wird, sondern «nur» die Ebene Endenergie (pro Energieträger) betrachtet wird, ist eine Betrachtung der Wirkung auf dieser Ebene erforderlich. Da die Entwicklung auf dieser Ebene zusätzlich von der strukturellen und technischen Entwicklung der Nutzungsgrade abhängt, ist diese ebenfalls abzuschätzen.

Für eine Abschätzung der Wirkung auf Ebene fossile Endenergie (wie im Kap. 5.2 von Jakob et al. 2014) ist eine Fortschreibung der in Abb. 9 aus Jakob et al. 2014 dargestellten Annahmen bis 2022 erforderlich.

Gesamteffekt

Zusätzlich zum Effekt der energetischen Erneuerungen (Kap.5.1) und zum Effekt der technischen Wirkungsgradverbesserung (siehe Anhang) reduziert sich der Verbrauch an fossilen Energieträgern aufgrund der Substitution von fossilen Heizungsanlagen durch erneuerbare inkl. Wärmepumpen. Zudem wird ein Teil des Gebäudebestandes abgerissen und durch Ersatzneubauten ersetzt. Die Gesamtwirkung wird im Kap. 5.2 dokumentiert.

Die Quantifizierung aller genannten Effekte erfolgt durch verschiedene Läufe mit dem TEP-Kantons-GPM, wobei die Wirkung einer bestimmten Einflussgrösse (z.B. Gebäudehüllenverbesserung) jeweils schrittweise zur Wirkung der vorangehenden Einflussgrössen akkumuliert wird. Es gilt folgende Reihenfolge.

1. Reduktion durch Abbruch
2. Gebäudehüllenverbesserung
3. Wirkungsgradverbesserung Heizungsanlagen
4. Substitutionsweggang von fossilen Heizträgern (d.h. Ersatz von fossilen Heizanlagen durch andere Anlagentypen).

Betrachtet wird die Wirkung für die Periode 2011 bis 2020, um eine Anschlussfähigkeit mit den Ergebnissen der Tabelle 12 in Jakob et al. (2014) zu gewährleisten, ergänzt mit einem Ausblick bis 2022. Da beim TEP-Kantons-GPM der Modellstart im Jahr 2016 liegt, wird die Periode 2011 bis 2016 wie oben erwähnt vereinfacht abgeschätzt.

Eine analoge Wirkungsberechnung wird für die CO₂-Emissionen des Gebäudebestands (bis und mit Baujahr 2000) vorgenommen.

⁸ Im Rahmen des erwähnten Projekts erfolgt auch ein Abgleich mit der tatsächlichen Entwicklung gemäss Energiestatistik (ähnlich wie in den BFE-Expost-Analysen).

3 Gebäudehülle

3.1 Angaben zu den durchgeführten Instandsetzungs- und Erneuerungsarbeiten

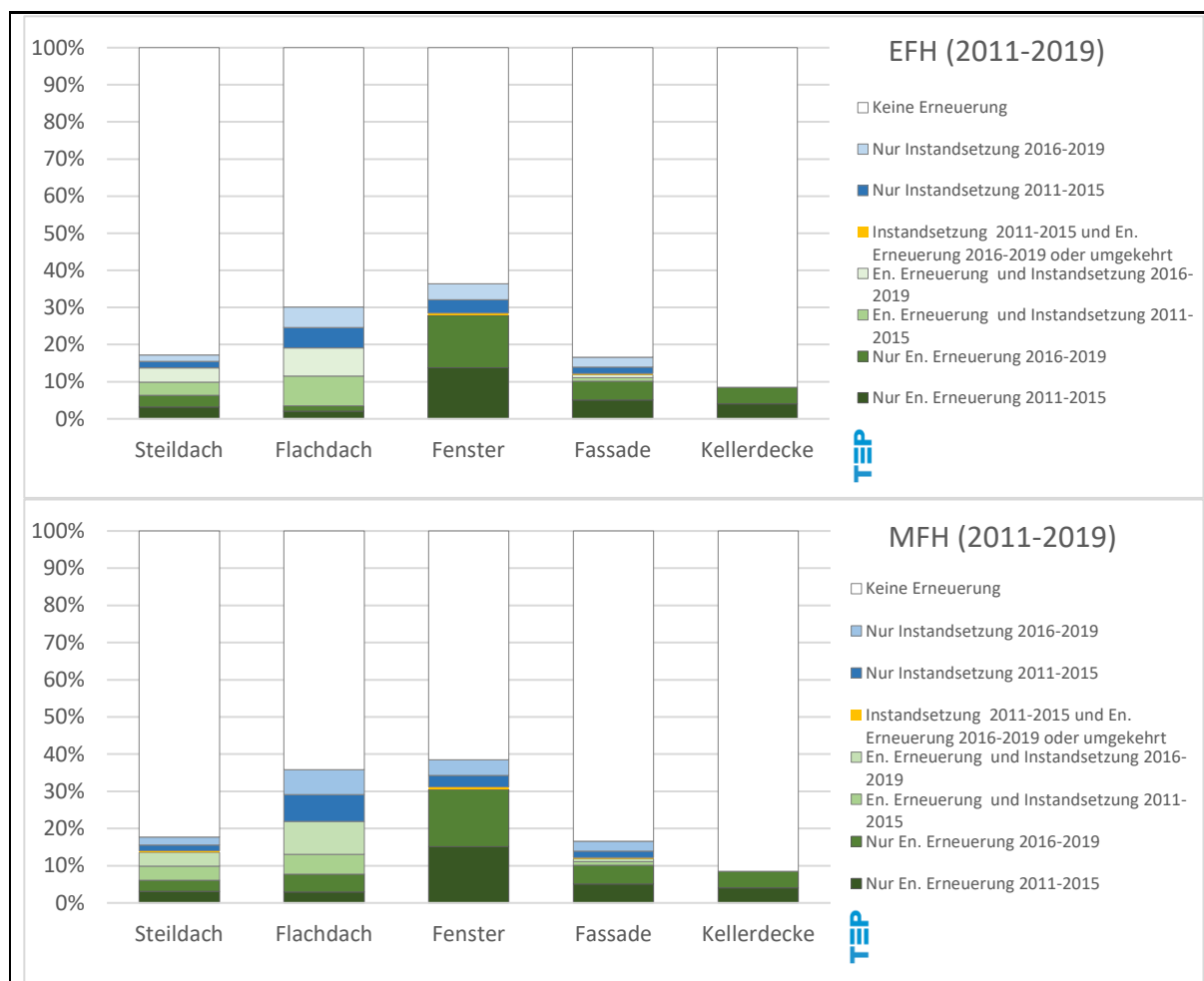
3.1.1 Wohngebäude

Zunächst werden in diesem Unterkapitel die Angaben der Befragten zu den durchgeführten Arbeiten dokumentiert. Die Auswertung basiert dabei auf der Anzahl Nennungen. Wenn innerhalb der betrachteten Zehnjahresperiode eine bestimmte Erneuerungsart in beiden Fünfjahresperioden genannt wurde, wird dies nur als 1 „Nennung“ gewertet. Zu den verschiedenen Bauteilen können folgende Ergebnisse festgehalten werden:

Bei allen Bauteilen ausser beim Flachdach wurden Instandsetzungen, also Reparatur, Anstrich und Verbesserung der Dichtigkeit, seltener durchgeführt als zu energetischen Verbesserungen (siehe Abbildung 1).

- Der grösste Anteil an rein energetischen Erneuerungen ist bei den Fenstern zu verzeichnen. Dies war bereits in den früheren Erhebungen der Fall (siehe Abbildung 1 in Jakob et al. 2014). Relativ gesprochen dominieren bei Massnahmen in Fensterbereich energetische Erneuerungen im Vergleich zu Instandsetzungen.
- Auch bei der Fassade wurde durch die Befragten mehrheitlich energetisch wirksame Arbeiten genannt, wenn auch deutlich weniger im Vergleich zu den Fenstern. Reine energetische Verbesserungen wurden in der Vergleichsperiode der früheren Erhebung bei den EFH etwas häufiger, bei den MFH etwa gleich häufig durchgeführt (unter Berücksichtigung der Länge der Periode). Unterschiedlich ist das Verhältnis zwischen Instandsetzung und energetischen Erneuerungen: Während in der Dekade 2011 bis 2020 energetische Erneuerungen etwas häufiger sind, war in den früheren Erhebungen die Instandsetzung relativ gesprochen häufiger. Dies wurde für die Renovationsperiode bis 2010 und auch bereits durch Jakob und Jochem (2003/2009) in Bezug auf die frühere Renovationsperiode 1986 bis 2000 festgestellt.
- Massnahmen bei Steil- und Flachdächern umfassen sowohl reine Energieeffizienzverbesserungsmassnahmen als auch kombiniert genannte Energie- und Instandsetzungsmassnahmen (es ist davon auszugehen, dass die Fragebogen-Wahrnehmung und das Antwortverhalten nicht bei allen Befragten identisch war). Bei Gebäuden mit Flachdach ist der Anteil der durchgeführten Massnahmen insgesamt und derjenige der Massnahmen mit energetischen Verbesserungen höher als bei Gebäuden mit Steildach.⁹
- Wie bereits in Jakob et al. (2014) festgestellt, beinhalten Massnahmen an der Kellerdecke mehrheitlich energetische Verbesserungen, wobei hier der Anteil der energetischen Erneuerungen im Quervergleich zu den übrigen Bauteilen am tiefsten ist.

⁹ Im Dachbereich war die Renovationspraxis gemäss Jakob et al. (2002) und auch gemäss Jakob und Jochem (2003/2009) recht unterschiedlich, vor allem im Bereich Steildach: Situationsbedingt wird entweder das ganze Dach erneuert, eine Wärmedämmung von oben oder von unten angebracht (letzteres vor allem im Fall von Ausbauten des Dachraums) oder es wurde der Estrichboden gedämmt. Im Vergleich zu Banfi, Farsi, Jakob et al. (2012) war der energetische Anteil im Dachbereich in der früheren Untersuchung (Jakob und Jochem 2003/2009) leicht höher. Aus fragebogentechnischen Gründen konnte die neuere Stichprobenerhebung diesen Detaillierungsgrad nicht abdecken, so dass diesbezüglich kein Quervergleich möglich ist.



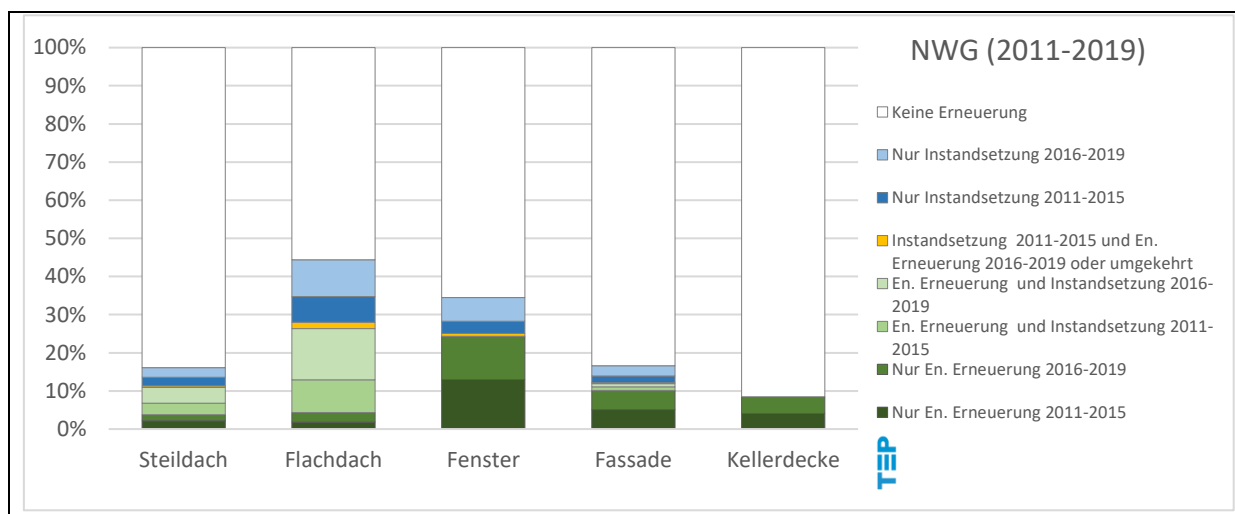
Quelle: Auswertungen TEP Energy

Abbildung 1: Anteil Nennungen durchgeführter Instandsetzungs- und Erneuerungsarbeiten der Gebäudeelemente Dach / Estrichboden, Flachdach, Fenster, Aussenwand (Fassade) und Kellerdecke bei Wohngebäuden.

3.1.2 Nicht-Wohngebäude

Bei den Nicht-Wohngebäuden ist der Anteil an Flachdachsaniierungen besonders hoch. Diese bestehen allerdings zu einem grossen Teil aus kombinierten Massnahmen (energetische Verbesserung und Instandsetzung innerhalb der Betrachtungsperiode), siehe Abbildung 2. In den Jahren zwischen 2011 und 2019 wurden rund 28% der Flachdächer entweder energetisch erneuert und/oder instandgesetzt (in den hellgrünen Flächen in Abbildung 2) und weitere gut 15% instandgesetzt (blaue Flächen). Insgesamt wurde damit bei den Flachdächern häufiger Massnahmen umgesetzt als bei den Fenstern. Bei Letzteren ist allerdings der Anteil der rein energetischen Erneuerungen deutlich höher als bei den Flachdächern. Der Anteil der Massnahmen, die (auch) eine energetische Verbesserung umfassen, liegt bei den übrigen Bauteilen in der Grössenordnung von 10%.

Beim Vergleich zur früheren Erhebung ist zu beachten, dass diese nur Bürogebäude in der Stadt Zürich abdeckte: Im Zeitraum 2000 bis 2012 wurde bei den Bürogebäuden in der Stadt Zürich bei 27% die Fassade, bei 36% die Fenster, bei 26% der Gebäude mit Steildach und bei 39% der Gebäude mit Flachdach das jeweilige Dach und bei 14% die Kellerdecke instandgesetzt oder energetisch erneuert (Ott, Jakob et al. (2014, siehe Abbildung 2). Bei der Fassade handelt es sich bei rund 40% der Arbeiten um energetische Verbesserungen. Bei den übrigen Bauteilen war der Anteil der energetischen Verbesserungen wesentlich höher, nämlich zwischen knapp 75% (Kellerdecke) bis zu 89% (Fenster).



Quelle: TEP Energy (dieses Projekt)

Abbildung 2: Anteil Nennungen durchgeführter Instandsetzungs- und Erneuerungsarbeiten der Gebäudeelemente Dach / Estrichboden, Flachdach, Fenster, Aussenwand (Fassade) und Kellerdecke bei Nicht-Wohngebäude.

3.2 Vollflächige Erneuerungen versus teilflächige Erneuerungen

Im Synthesebericht von 2014 wurde festgestellt, dass bei einem Grossteil der Gebäude jeweils nicht das ganze Bauteil energetisch instandgesetzt oder erneuert wurde. Die in Jakob et al. (2014) dokumentierten Auswertungen zeigen insbesondere, dass oftmals nicht alle Fenster, sondern nur ein Teil davon erneuert wurde. Besonders ausgeprägt ist dies in der letzten der betrachteten Bauperioden, was durchaus plausibel ist, weil aufgrund des Alters noch nicht von einem flächendeckenden Erneuerungsbedarf ausgegangen werden kann. Auch bei der Aussenwand wurde bei einem substantiellen Anteil der Fälle nur ein Teil der Fläche erneuert (siehe Tabelle 1, übernommen aus Tabelle 2 in Jakob et al. 2014). Bei den übrigen Gebäudehüllenelementen ist dies etwas weniger ausgeprägt der Fall.

Im Gegensatz zu den Erhebungen (Banfi, Ramseier et al. (2011); Banfi, Farsi, Jakob et al. (2012); Ott, Jakob et al. (2014)) wurde in der Erhebung 2019/2020 aus fragebogentechnischen Gründen nicht abgefragt, ob die Massnahmen jeweils das ganze Gebäudehüllenelement bzw. alle Fenster umfassen. Der Umstand der nur teilweisen Bauteilerneuerung kann jedoch teilweise trotzdem berücksichtigt werden, zumindest teilweise: wenn innerhalb von 30 Jahren ein Bauteil mehr als ein Mal genannt wurde, wurde es insgesamt als nur eine Erneuerung gezählt. Die Nennungen der einzelnen Renovationsperioden wurden proportional heruntergewichtet (für jedes Bauteil eines betroffenen Gebäudes separat).

Dies betrifft je nach Gebäudetyp, Bauteil und Bauperiode zwischen einigen wenigen Prozenten bis zu 20% (in einem Fall sogar 25%), siehe Tabelle 1. Dargestellt ist die Anzahl der Gebäude, bei denen das entsprechende Bauteil innerhalb der Periode 2011 bis 2019 mehr als ein Mal instandgesetzt bzw. energetisch erneuert wurde. Vor allem bei den Fenstern ist ein etappiertes Vorgehen häufig. Dies war bereits durch Jakob et al. (2014) festgestellt worden.

Der Vergleich mit Tabelle 2 in Jakob et al. (2014) zeigt auch auf, dass der Aspekt der teilflächigen Massnahmen mit der neueren Erhebung (mutmasslich) nur teilweise abgedeckt werden konnte (vorbehaltlich der Möglichkeit, dass sich das Instandsetzungs- und Erneuerungsverhalten grundlegend verändert hat, was eher unwahrscheinlich erscheint). Aus diesem Grund und um den Self-selection-bias wird die energetische Erneuerungsratenachfolgend pauschal reduziert, d.h. mit einem Faktor, der kleiner als 1 ist, multipliziert (der entsprechende Faktor ist jeweils angegeben).

Tabelle 1 Anteil mehrfache Instandsetzungen oder energetische Erneuerungen (innerhalb der Periode 2011 – 2019)

Bauteil	Bauperiode	Anteil mehrfache Instandsetzungen			Anteil mehrfache energetische Erneuerungen		
		EFH	MFH	NWG	EFH	MFH	NWG
Flachdach	Bis 1946	k.A.	27.3%	5.9%	k.A.	10.0%	6.7%
	1946 - 1970	4.3%	7.7%	8.3%	5.9%	0.0%	10.9%
	1971 - 1980	5.3%	3.3%	9.3%	0.0%	0.0%	4.9%
	1981 - 1990	0.0%	4.3%	4.0%	0.0%	0.0%	4.1%
Steildach	Bis 1946	0.7%	5.2%	3.7%	2.9%	5.5%	2.6%
	1946 - 1970	3.6%	2.7%	2.5%	9.6%	5.3%	2.6%
	1971 - 1980	0.0%	5.1%	0.0%	1.4%	6.7%	0.0%
	1981 - 1990	0.0%	3.4%	3.0%	5.8%	2.9%	0.0%
Aussenwand	Bis 1946	5.8%	12.0%	2.1%	8.8%	10.8%	7.9%
	1946 - 1970	0.0%	3.3%	10.5%	6.6%	6.1%	6.0%
	1971 - 1980	2.8%	4.5%	0.0%	5.5%	5.1%	5.1%
	1981 - 1990	5.1%	10.5%	2.9%	2.2%	7.0%	2.4%
Fenster	Bis 1946	10.8%	11.8%	13.8%	15.9%	18.7%	18.9%
	1946 - 1970	6.5%	10.3%	5.3%	14.3%	14.0%	17.1%
	1971 - 1980	8.8%	10.3%	23.8%	14.2%	14.9%	12.2%
	1981 - 1990	16.0%	18.2%	13.6%	6.6%	10.2%	7.1%
Kellerdecke	Bis 1946	k.A.	k.A.	k.A.	3.2%	3.8%	0.0%
	1946 - 1970	k.A.	k.A.	k.A.	5.9%	2.2%	0.0%
	1971 - 1980	k.A.	k.A.	k.A.	2.4%	0.0%	6.7%
	1981 - 1990	k.A.	k.A.	k.A.	0.0%	0.0%	0.0%

Quelle: Auswertung TEP Energy (dieses Projekt)

3.3 Jährliche Erneuerungsrate unter Berücksichtigung von teilweisen und teilflächigen Erneuerungen

Auf Basis der erhobenen Daten lassen sich mittels eines ökonomischen Modells diskreter Entscheidungen (Discrete Choice Model) die Einflussfaktoren auf die Wahrscheinlichkeit von durchgeführten Massnahmen schätzen. In Tabelle 19 und in Tabelle 20 im Anhang sind die Regressionsergebnisse zu den energetischen Erneuerungen dokumentiert und in

Tabelle 21 diejenigen zu Instandsetzungen.

Indem die Ergebnisse dieser statistischen Modelle auf die Grundgesamtheit angewendet werden, lassen sich sowohl die jährlichen Raten der Instandsetzungen als auch für energetische Erneuerungen berechnen. In Tabelle 2 ist das Resultat dieser Berechnungen aufgeführt, wobei das Niveau um 30% herunter skaliert ist (Faktor 0.7), um dem Umstand der teilflächigen Massnahmen und dem Self-selection-bias Rechnung zu tragen (gemäss Überlegungen im Kap. 3.2).

In Bezug auf den Einfluss der Bauperiode ist festzustellen, dass die energetische Erneuerungsrate bei der jüngsten der dargestellten Bauperioden generell am geringsten ist, die Unterschiede bei den übrigen Bauperioden jedoch gering sind. Des Weiteren lässt sich feststellen, dass die energetische Erneuerungsrate bei den Fenstern und den Flachdächern höher ist als bei den übrigen Bauteilen. Die energetische Erneuerungsrate dieser Bauelemente ist bei Steildächern leicht, bei Aussenwänden deutlich und bei der Kellerdecke ausgeprägt tiefer (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2 Rate der nicht-energetischen Instandsetzungen und der energetischen Erneuerungen bei Wohn- und Nicht-Wohngebäuden in den Jahren 2011 bis 2019 (inkl. Skalierungsfaktor 0.7). Berechnung der Instandsetzungs- und energetische Erneuerungsraten flächengewichtet mit dem GPM (basierend auf den kantonalen EBF gemäss Jakob et al. 2024).

	Bauperiode	Instandsetzungen			Energetische Erneuerungen		
		EFH	MFH	NWG	EFH	MFH	NWG
Flachdach	Bis 1946	2.9%	3.1%	2.7%	2.6%	2.5%	2.0%
	1946 - 1970	2.9%	2.7%	2.5%	2.7%	2.3%	1.9%
	1971 - 1980	2.5%	2.4%	2.3%	2.7%	2.3%	1.9%
	1981 - 2000	1.8%	1.8%	1.6%	1.0%	1.0%	0.8%
Steildach	Bis 1946	1.3%	1.3%	1.2%	1.8%	1.6%	1.3%
	1946 - 1970	1.2%	1.2%	1.1%	1.8%	1.5%	1.3%
	1971 - 1980	1.1%	1.0%	1.0%	1.8%	1.5%	1.3%
	1981 - 2000	0.8%	0.7%	0.7%	0.7%	0.6%	0.5%
Aussenwand	Bis 1946	0.8%	0.7%	0.6%	1.4%	1.4%	1.1%
	1946 - 1970	0.7%	0.7%	0.6%	1.4%	1.5%	1.2%
	1971 - 1980	0.7%	0.6%	0.5%	1.4%	1.5%	1.2%
	1981 - 2000	0.4%	0.4%	0.4%	0.5%	0.6%	0.5%
Fenster	Bis 1946	1.7%	1.5%	1.2%	3.0%	2.8%	2.3%
	1946 - 1970	1.6%	1.3%	1.1%	2.9%	2.7%	2.1%
	1971 - 1980	1.4%	1.2%	0.9%	2.9%	2.7%	2.1%
	1981 - 2000	1.0%	0.9%	0.7%	1.2%	1.1%	0.9%
Kellerdecke	Bis 1946	k.A.	k.A.	k.A.	1.0%	0.9%	0.5%
	1946 - 1970	k.A.	k.A.	k.A.	0.9%	0.8%	0.5%
	1971 - 1980	k.A.	k.A.	k.A.	0.9%	0.8%	0.5%
	1981 - 2000	k.A.	k.A.	k.A.	0.4%	0.3%	0.2%

Quelle: Auswertung TEP Energy (dieses Projekt)

Mittels des Ergebnisses des statistischen Modells (siehe Tabelle 19 im Anhang) lassen sich die Bestimmungsfaktoren aufzeigen, welche die energetische Erneuerungsrate beeinflussen. Aus Tabelle 3 wird ersichtlich, dass die energetische Erneuerungsrate im Dachbereich nur halb so hoch ist wie bei Fenstern (Faktor 0.5 in Tabelle 3 und beim Bauteil Aussenwand um den Faktor 0.39, d.h. um rund

60% tiefer ist, d.h. die oben aufgeführten Feststellungen lassen sich bestätigen. Dies gilt auch für den Einfluss der Periode. Diesbezüglich wird zudem ersichtlich, dass die jüngste Bauperiode (Baujahr ab 2001) eine nochmals tiefere energetische Erneuerungsrate aufweist (was inhaltlich sehr plausibel ist). Zudem lassen sich folgenden Feststellungen ableiten:

- Im Vergleich zur Erneuerungsperiode 2001-2005 ist die energetische Erneuerungsrate für die 1990er Jahren statistisch signifikant tiefer (um den Faktor 0.85 bzw. 0.6, d.h. um 15% bzw. 40%). Danach ist sie in jeder darauf folgenden Fünfjahresperiode höher als in der Vorperiode. Nimmt man die Periode 2001 bis 2010 zum Vergleich, ist die energetische Erneuerungsrate der beiden folgenden Periode um rund den Faktor 1.5 höher. Wie im Projekt MISTEE aufgezeigt, kann diese Steigerung nicht eindeutig ursächlich auf einen einzelnen Einflussfaktor zurückgeführt werden. Es ist vielmehr davon auszugehen, dass die Steigerung durch ein Zusammenspiel von verschiedenen Einflüssen zu erklären ist: deutliche Erhöhung der Förderbeiträge im Vergleich zur Vorjahresdekade, sukzessive Erhöhung der CO₂-Abgabe, generell bzw. meistens höhere Energiepreise und nicht zuletzt ein wachsendes Bewusstsein seitens der Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer bzgl. der Notwendigkeit, nicht-erneuerbare Ressourcen, Umwelt und Klima zu schützen.
- Nicht-Wohngebäude weisen generell eine rund 13% geringere energetische Erneuerungsrate auf im Vergleich zu Wohngebäuden (OR 0.87); die beiden Unterkategorien EFH und MFH unterscheiden sich hingegen kaum voneinander und sind nicht statistisch signifikant unterschiedlich.
- Ein Einfluss hat auch die Dachform des Gebäudes: Bei Gebäuden mit Flachdach ist nicht nur die energetische Erneuerungsrate im Dachbereich höher als bei Steildächern (um den Faktor 1.35, d.h. um 35%), sondern auch die der Aussenwände. Dies ist insofern plausibel, als dass der Anschluss Dach-Aussenwand einfacher erneuert werden kann, wenn Aussenwand und Dach gleichzeitig erneuert werden. Die Bauteile Fenster und Kellerdecke «kompensieren» dann die Erhöhung bei den anderen beiden Bauteilen in etwa (deren Faktoren sind statistisch signifikant tiefer als 1), so dass Fenster und Kellerdecke bei Gebäuden mit Flachdach in etwa gleich häufig energetisch erneuert werden wie bei Gebäuden mit Steildach.
- Zu guter Letzt sei darauf hingewiesen, dass auch der Heizungstyp einen Einfluss auf die energetische Erneuerung im Bereich Gebäudehülle hat: Gebäude mit einer Wärmepumpe (WP), einem Fernwärme- oder Gasanschluss weisen tiefere energetische Gebäudehüllen-Erneuerungsraten auf im Vergleich zu Gebäuden mit einer Öl- oder Holzheizung. Verschiedene Gründe kommen in Frage, um diesen Befund zu erklären. Möglicherweise handelt es sich um einen Kompensationseffekt («ich bin beim Energieträger umwelttechnisch gut aufgestellt, ergo ist die Notwendigkeit für Massnahmen an der Gebäudehülle geringer»), möglicherweise sind es wirtschaftliche Gründe und/oder technische (Gas- und FW kommen häufiger im städtischen Umfeld vor, wo Gebäudehüllensanierungen teilweise anspruchsvoller umzusetzen sind, z.B. bei Blockrandbebauungen).

Tabelle 3 Einflussfaktoren auf die Rate der energetischen Erneuerungen. Grundlage: Modellkoeffizienten gemäss Tabelle 20 (vereinfachte Modellvariante ohne Kanton als Erklärungsvariable).
Lesebeispiel: im Vergleich zur Basis-Kategorie «Fenster» ist die energetische Erneuerungsrate der Kellerdecke um den Faktor 0.28 tiefer. Signifikanzniveau (Sig.): *** 000.1, ** 0.01, *0.05, . 0.1

Im Vergleich zur Basis-Kategorie:	ist die energetische Erneuerungsrate von:	um den folgenden Faktor höher (wenn >1) bzw. tiefer (wenn <1):	Sig.
Fenster	Kellerdecke	0.28	***
	Aussenwand	0.39	***
	Dach	0.50	***
Erneuerungsperiode: 2001-2005	1991_1995	0.60	***
	1996_2000	0.85	**
	2006_2010	1.35	***
	2011_2015	1.69	***
	2016_2019	1.78	***
Bauperiode: Bis 1945	1946-1980	0.99	
	1981-2000	0.36	***
	ab 2001	0.16	***
Gebäudetyp: EFH	MFH	0.97	
	NWG	0.83	***
Heizsystem: Heizöl	Andere	0.93	*
	Fernwärme	0.71	***
	Gas	0.80	***
	Holz	1.05	.
	WP	0.70	***
	Weiss nicht	0.79	*
Gebäude mit SD	Fenster bei Gebäuden mit FD	0.90	**
	Kellerdecke bei Gebäuden mit FD	0.77	**
	Aussenwand bei Gebäuden mit FD	1.16	**
	Dach bei Gebäuden mit FD	1.35	***

Abkürzungen: SD: Steildach, FD: Flachdach

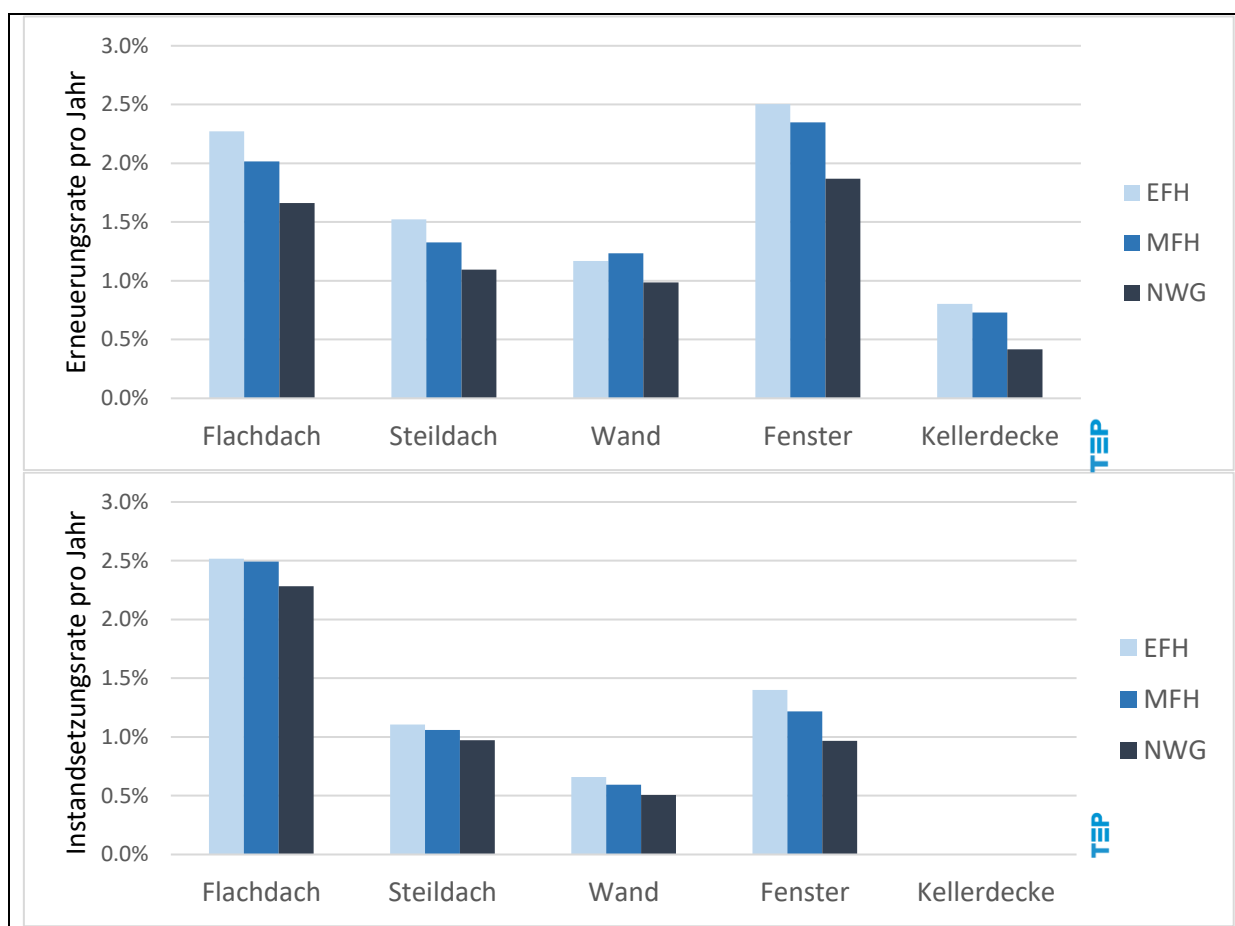
Quelle: Auswertung TEP Energy (dieses Projekt)

Tabelle 4 und Abbildung 3 zeigen die bereinigten Raten über die Gesamtschweiz flächengewichtet aggregiert über alle Bauperioden bis zum Baujahr 2000. Hierbei kommen die Flächenanteile des Gebäudemarkmodells zur Anwendung. Die bereinigte energetische Erneuerungsrate liegt beim Steildach je nach Gebäudetyp zwischen 1.1% und 1.5% pro Jahr und beim Flachdach zwischen 1.7% und 2.3% pro Jahr. Bei der Aussenwand liegt die Rate zwischen 1.0% (NWG) und rund 1.2% pro Jahr (EFH und MFH) und damit etwas tiefer. Beim Fenster liegt die Rate am höchsten, nämlich zwischen 1.9% und 2.5% pro Jahr und bei der Kellerdecke am tiefsten (zwischen 0.4% und 0.8% pro Jahr). Wie bereits im Zusammenhang mit Tabelle 3 erwähnt, weisen die Nicht-Wohngebäude generell die tiefsten energetischen Erneuerungsraten auf. Die Raten liegen bei den EFH und bei den MFH höher und im Quervergleich untereinander in einem ähnlichen Bereich.

Tabelle 4: Rate der nicht-energetischen Instandsetzungen und der energetischen Erneuerungen bei Wohn- und Nicht-Wohngebäuden für die Periode 2011 bis 2019 (inkl. Skalierungsfaktor 0.7). Berechnung analog zu Tabelle 2 zusätzlich über alle Bauperioden aggregiert. Anmerkung: Instandsetzungs- und energetische Erneuerungsraten dürfen nicht zusammengezählt werden, weil Mehrfachnennungen vorkommen können.

Bauteil	Bauperiode	Instandsetzungen			Energetische Erneuerungen		
		EFH	MFH	NWG	EFH	MFH	NWG
Flachdach	Bis 2000	2.5%	2.5%	2.3%	2.3%	2.0%	1.7%
Steildach	Bis 2000	1.1%	1.1%	1.0%	1.5%	1.3%	1.1%
Aussenwand	Bis 2000	0.7%	0.6%	0.5%	1.2%	1.2%	1.0%
Fenster	Bis 2000	1.4%	1.2%	1.0%	2.5%	2.3%	1.9%
Kellerdecke	Bis 2000	k.A.	k.A.	k.A.	0.8%	0.7%	0.4%

Quelle: Berechnungen TEP Energy



Quelle: Berechnungen TEP Energy

Abbildung 3: Rate der nicht-energetischen Instandsetzungen (unten) und der energetischen Erneuerungen (oben) bei Wohngebäuden und Nichtwohngebäuden des Dienstleistungssektors zw. 2011 und 2019 (inkl. Skalierungsfaktor 0.7).

Auf Basis der Rate der nicht-energetischen Instandsetzungen und der Rate der energetischen Erneuerungen lassen sich mittels der im GPM hinterlegten EBF- und Geometriedaten die instandgesetzte und energetisch erneuerte Bauteilflächen berechnen. Tabelle 5 und Abbildung 4 zeigen diese Fläche pro Bauteil für alle Gebäudekategorien in der Periode 2011 bis 2019. Bemerkenswerterweise ist die

energetisch erneuerte Fläche bei den Bauteilen Aussenwand, Steildach und Fenster, trotz unterschiedlicher Erneuerungsanteilen, ungefähr gleich gross. Zurückzuführen ist dies auf den vergleichsweise geringen Flächenanteil bei Fenstern und den vergleichsweise grossen Flächenanteil der Aussenwände.

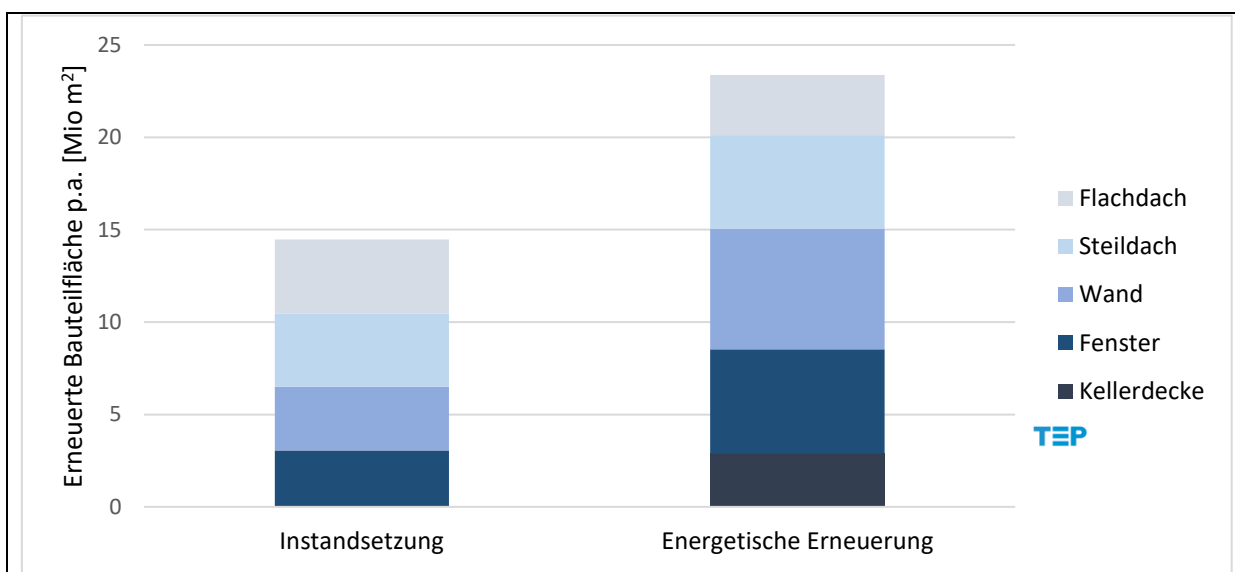
Hinweis: im Vergleich zu Jakob et al. (2014) sind die Flächen auch deshalb höher, weil in diesem Bericht alle NWG des Dienstleistungssektors einbezogen wurden (im Gegensatz zu Jakob et al. (2014)) und weil die geometrischen Verhältnisse im GPM zwischenzeitlich überarbeitet wurden.

Tabelle 5 Instandgesetzte und energetisch erneuerte Fläche pro Bauteil für alle Gebäudekategorien in der Periode 2011 bis 2019.

Bauteil	Bauperiode	Instandsetzung [Mio. m ²]				Energetische Erneuerung [Mio. m ²]			
		EFH	MFH	NWG	TOT	EFH	MFH	NWG	TOT
Flachdach	Bis 2000	1.6	0.9	1.5	4.0	1.4	0.7	1.1	3.3
Steildach	Bis 2000	1.4	2.0	0.6	4.0	1.9	2.5	0.7	5.1
Aussenwand	Bis 2000	1.9	1.1	0.5	3.4	3.3	2.2	1.0	6.5
Fenster	Bis 2000	1.7	1.1	0.3	3.1	3.1	2.0	0.5	5.7
Kellerdecke	Bis 2000	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	1.2	0.5	2.9

Quelle: Berechnungen TEP Energy

Ebenfalls bemerkenswert ist, dass in der Summe die energetisch erneuerte Bauteilfläche grösser ist als die instandgesetzte (Abbildung 4). Während bei Steil- und Flachdach die instandgesetzten und die energetisch erneuerten Flächen in etwa gleich gross sind, sind die energetisch erneuerten Flächen bei den übrigen Bauteilen deutlich grösser als die instandgesetzten.



Quelle: Berechnungen TEP Energy

Abbildung 4: Instandgesetzte und energetisch erneuerte Fläche pro Bauteil für alle Gebäudekategorien in der Periode 2011 bis 2019 (inkl. Skalierungsfaktor 0.7).

4 Heizungsanlagen und Energieträger: Empirische Grundlagen und Modellergebnisse zur Erneuerungs- und Substitutionsrate

In diesem Kapitel werden die für die Schweiz verfügbaren empirischen Grundlagen zu Instandsetzungen und Erneuerungen im Bereich Heizungsanlagen und Energieträger zusammenfassend dargestellt. Dies betrifft eine Stichprobe von EHF, MFH und NWG in 20 Kantonen, mit der die Heizsystemanteile für den Zeitpunkt der Erhebung (in der Regel Anfang bis Mitte 2020, in Ausnahmefällen Ende 2019) und die Veränderungsrate zwischen 2015 und Anfang/Mitte 2020 abgeschätzt werden (Kap. 4.1). In Ergänzung dazu wird anhand von Verkaufszahlen und Modelldaten des BFE aufgezeigt, wie sich der Trend in den letzten Jahren hin zu WP beschleunigt hat (Kap. 4.2). Zum Abschluss des Kapitels sind die Modellannahmen und -auswertungen dargestellt (Kap. 4.3).

4.1 Auswertung Strichprobenerhebung

4.1.1 Einflussfaktoren auf das installierte Heizsystem.

Mittels eines statistischen Modells (genauer: mit einem multi-nominalen logistischen Modell) wird untersucht, welche Faktoren die Wahrscheinlichkeit beeinflussen, dass ein bestimmtes Heizsystem installiert ist. Ausgewertet wird das Chancenverhältnis (Odds-ratio, abgekürzt OR). Dies ist das Verhältnis der Wahrscheinlichkeit für einen gewissen Einflussfaktor (z.B. MFH) zu den übrigen Wahrscheinlichkeiten (z.B. für EFH und MFH). Zur Veranschaulichung: bei einem Würfel ist das Chancenverhältnis, eine bestimmte Zahl zu würfeln, eins zu fünf und das Chancenverhältnis für eine gerade Zahl im Vergleich zu einer ungeraden eins zu eins. Aus Tabelle 6 wird folgendes ersichtlich.

- Fernwärme wird häufiger in gasversorgten Gemeinden genutzt (Koeffizient ist statistisch signifikant grösser als 1, allerdings nur auf dem 10%-Niveau). Umgekehrt kommt Gas in städtischen Gemeinden mit FW-Versorgung weniger häufiger vor als in solchen ohne (wobei auch hier das Signifikanz-Niveau nur bei 10% liegt). Auch Holz kommt in Gemeinden mit FW-Versorgung weniger häufig vor (Koeffizient signifikant kleiner als 1), siehe Tabelle 6. In ländlichen Gemeinden kommt Gas weniger häufig vor (hoch signifikant). Holz ist in ländlichen Gemeinden häufiger anzutreffen als in städtischen Gemeinden (Faktor 1.24). Umgekehrt ist Gas in ländlichen Gemeinden nur gut halb so wahrscheinlich (Faktor 0.61).
- Bzgl. der Gebäudebauperioden (siehe GBAUP in den Tabellen) ist ebenfalls ein Einfluss festzustellen. Bei der Gebäudekategorie 1946 bis 1980 beispielsweise sind alle Systeme weniger wahrscheinlich im Vergleich zu Öl (die Basis-Kategorie); wobei mehrere der Odd-Ratios signifikant tiefer als 1 liegen. Ab der Periode 1980 bis 2000 werden die WP zunehmend wahrscheinlicher und ab 2001 sind alle Systeme wahrscheinlicher im Vergleich zu Öl.
- Bzgl. der Gebäudetypen ist festzustellen, dass im Vergleich zur Basis-Kategorie EFH v.a. Fernwärme wahrscheinlicher ist als Öl (betrifft v.a. NWG und in geringerem Mass auch MFH). Weniger wahrscheinlich sind WP (sowohl bei den MFH als auch bei den NWG) sowie Holz und andere, dies ist jedoch nur bei den MFH statistisch signifikant.
- In vielen Fällen hat der Kanton, in dem sich die Wohnung befindet, einen zusätzlichen Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit, dass das Heizsystem installiert wird. Zum Beispiel ist Gas im Kanton BE weniger wahrscheinlich, im Kanton BS dagegen wahrscheinlicher. NB: Hierbei handelt es sich um zusätzliche Effekte im Vergleich zu dem bereits erwähnten Einfluss des Gemeindetyps. Der Einfluss dieser drei Kantone auf die Fernwärme ist noch stärker ausgeprägt.

Tabelle 6 Koeffizienten des statistischen Modells zur Schätzung der Anteile der Heizsysteme (HS) im Jahr 2020. Signifikanzniveau: *** 000.1, ** 0.01, *0.05, . 0.1

Variable	Gas	Fernwärme	Wärme- pumpe	Holz	Andere
Intercept	0.02***	0.02***	0.17***	0.08***	0.03***
Nicht mit FW versorgte Ge- meinde (Basis-Kategorie)					
Gemeinde mit FW-Versorgung	0.83.	2.27***	0.86	0.69**	0.9
Gemeinde ohne Gasversorgung (Basis-Kategorie)					
Gemeinde mit Gasversorgung	15.3***	1.28.	0.92	1.06	0.91
GBAUP Bis 1945 (Basis-Kategorie)					
GBAUP 1946-1980	0.7***	0.95	0.94	0.63***	0.86
GBAUP 1981-2000	1.02	1.19	1.55***	0.59***	1.07
GBAUP Ab 2001	1.56**	2.71***	5.38***	1.96***	1.44
EFH (Basis-Kategorie)					
MFH	1.02	1.42**	0.61***	0.57***	0.54***
NWG	1.48***	3.78***	0.61***	1.04	1.19
HS Heizöl GWR (Basis-Kategorie)					
HS Gas GWR	81.1***	7.03***	4.8***	5.35***	10.39***
HS Fernwärme GWR	5.34***	82.4***	3.3***	4.62***	7.29***
HS Wärmepumpe GWR	2.4***	1.61*	31.4***	2.53***	7.15***
HS Holz GWR	4.82***	5.72***	7.14***	104.02***	23.07***
HS Andere GWR	6.77***	6.83***	11.8***	21.5***	257.55***
HS WeissNicht GWR	0.72	0.34	0.29	5377	3534
Städtische Gemeinde (Basis-Kategorie)					
Ländliche Gemeinde	0.61***	1.12	1.05	1.24	1.31.
Periurbane Gemeinde	0.86	1.21	0.92	0.93	1.04
BE	0.64*	0.98	0.55**	0.78	0.64
BS	1.68*	2.61***	0.5*	1	1.37
ZH	0.92	1.78	1.58	0.01	2.95

Quelle: Stichprobe Gebäude, Auswertung TEP Energy

Mit Hilfe der in Tabelle 6 dargestellten Ergebnisse des statistischen Modells werden die Anteile der verschiedenen Heizsysteme für die verschiedenen Bauperioden und die drei Gebäudetypen berechnet. Das statistische Modell wird auf das gesamte GWR angewandt, d.h. für jedes Gebäude in der Schweiz werden die Wahrscheinlichkeiten für die verschiedenen Systeme geschätzt. Wenn aufgrund der Meta-Daten im GWR davon ausgegangen werden kann, dass es sich beim betreffenden Gebäude um verlässliche Daten handelt (gemäss Bedingungen in der Beschriftung der Tabelle 7), wird für dieses Gebäude direkt die Information des GWR übernommen. Dies bedeutet, dass das statistische Modell nur subsidiär zur Anwendung kommt (was allerdings häufig ist, weil das GWR in rund der Hälfte der Fälle nicht aktuell ist, siehe Bericht Jakob et al. 2024 zur CO₂-Berichterstattung der Kantone für weitere Details).

In Bezug auf die Bauperiode der Gebäude sind in Tabelle 7 folgende Muster festzustellen:

- Bei den EFH haben in der ersten Bauperiode Holz, in der nächsten Öl und danach WP die höchsten Anteile. Gas verteilt sich gleichmässig über die Bauperioden, was auf nachträgliche Anschlüsse zurückzuführen sein dürfte und nicht auf die Versorgung während der Errichtung der EFH. Ausser in der ersten Bauperiode haben die WP das Niveau der Gasanteile bereits erreicht oder deutlich überstiegen.
- Bei den MFH überwiegt, relativ gesehen, Öl bis zur Bauperiode 2000 und WP haben erst ab 2001 den höchsten Anteil. Gas verteilt sich ebenfalls relativ gleichmässig über die Bauperioden, wenn auch auf höherem Niveau im Vergleich zu den EFH. Demgegenüber liegen die WP bis zum Baujahr 2000 auf etwa halbem Niveau im Vergleich zu den EFH.
- Bei den Nicht-Wohngebäuden haben Öl und Gas bis 2000 in der ersten und in der dritten Bauperiode etwa dieselben Anteile; in der Hochkonjunktur bis Ende der 1970er Jahre, also im Wesentlichen bis zur Ablösung des Stadtgases durch Erdgas, dominiert Heizöl. Wie bei den MFH haben die WP ab 2001 «die Nase vorn», wenn auch mit weniger Vorsprung als bei den MFH oder gar den EFH.

Tabelle 7 Schätzung der Heizsystemanteile für Jahr 2020, entweder basierend auf dem statistischen Modell (Modellkoeffizienten siehe Tabelle 6) angewandt auf das GWR oder basierend auf dem GWR direkt gemäss folgenden Bedingungen: Gebäude mit Aktualisierungsdatum > 2015 oder Gebäude mit Baujahr ab 2001 oder Gebäude mit WP/FW, welche diesen Energieträger bereits bei der Volkszählung hatten (d.h. Aktualisierungsdatum vor 2002).

Gebäudetyp	Bauperiode	Heizöl	Gas	Fernwärme	Wärmepumpe	Holz	Andere
EFH	Bis 1945	29.6%	20.0%	3.4%	13.3%	25.4%	8.3%
EFH	1946-1980	49.6%	13.6%	3.3%	17.0%	8.2%	8.4%
EFH	1981-2000	30.5%	20.1%	4.0%	31.3%	5.5%	8.6%
EFH	Ab 2001	11.2%	17.5%	4.2%	59.8%	5.2%	2.1%
EFH	Alle	33.1%	17.5%	3.6%	26.7%	11.6%	7.4%
MFH	Bis 1945	36.3%	29.8%	6.4%	9.9%	13.4%	4.2%
MFH	1946-1980	53.9%	20.0%	8.0%	9.9%	4.8%	3.3%
MFH	1981-2000	37.5%	26.5%	7.5%	17.8%	6.1%	4.6%
MFH	Ab 2001	9.3%	22.2%	10.9%	49.1%	7.1%	1.4%
MFH	Alle	37.9%	24.9%	7.8%	17.4%	8.4%	3.6%
NWG	Bis 1945	27.7%	30.1%	14.0%	7.0%	15.1%	6.1%
NWG	1946-1980	36.3%	24.3%	17.5%	8.0%	8.6%	5.3%
NWG	1981-2000	31.5%	29.2%	15.1%	10.8%	7.2%	6.2%
NWG	Ab 2001	12.4%	24.0%	16.5%	30.5%	11.0%	5.7%
NWG	Alle	28.0%	27.1%	15.7%	12.3%	11.2%	5.8%

Quelle: Stichprobe Gebäude, GWR, Auswertung TEP Energy

Aus den Heizsystemanteilen des Jahres 2020 (siehe Tabelle 24 im Anhang) und des Jahres 2015 (siehe Tabelle 25 im Anhang) wird die Differenz der Anteile in %-Punkten berechnet (Tabelle 8). Die Veränderung ist so definiert, dass die Summe über alle Energieträger für eine bestimmte Zeile von Tabelle 8 jeweils 0% ergibt (gleichviel Weggang wie Zugang). Aus den berechneten Differenzen lässt sich folgendes festhalten:

- Beim Heizöl ist eine klare Abnahme bei allen Bauperioden zu erkennen, sie beträgt bei den Gebäuden mit Baujahr bis 2000 rund 3% bis 6% in der Fünf-Jahresperiode bedeutet dies eine Abnahme von gut 0.6%- bis 1.2% pro Jahr. Zum Vergleich: der Anteil beträgt 2020 je nach Bauperiode noch 30% bis 50%. Dies bedeutet, dass die Ersatzrate noch etwas zu beschleunigen ist, wenn bis 2050 ein fossilfreier Gebäudebestand erreicht werden soll.
- Bei den Gasheizungen ist die Veränderung zwischen 2015 und 2020 uneinheitlich, d.h. bei gewissen Bauperioden positiv, bei gewissen negativ. Das heisst, dass netto sowohl eine Bewegung hin zum Gas als auch weg vom Gas stattfand. Beim Gas ist also ein klarer Trendbruch erforderlich, wenn ein fossilfreier Gebäudebestand erreicht werden soll.
- Am klarsten positiv ist die Differenz bei den Wärmepumpen; über alle Bauperioden und Gebäudetypen ist ein Zuwachs zu verzeichnen. Bei den Wohngebäuden sind es 3% bis 4%-Punkte, d.h. 0.6%- bis 0.8%-Punkte pro Jahr. Bei den Nicht-Wohngebäuden sind es etwas weniger: 1.3%- bis 2.1%-Punkte, d.h. 0.3% bis 0.4%-Punkte pro Jahr. Da der Anteil 2020 erst zwischen 12% bei den NWG, 17% bei den MFH und 27% bei den EFH lag, liegt noch ein grosses Potenzial für weitere Wärmepumpensubstitutionen brach.
- Die Heizungssysteme Fernwärme und Holz verzeichnen in der Regel ebenfalls einen Zuwachs. Dieser beträgt in der Regel allerdings max. 1%, d.h. nur 0.2% pro Jahr. Eine Ausnahme stellen die FW-Systeme bei den NWG dar, hier liegt der Zuwachs bei den Gebäuden mit Baujahr bis 2000 bei 2.2% bis 2.6%, d.h. umgerechnet 0.4% bis 0.5% pro Jahr.

Tabelle 8 Differenz der Heizsystemanteile zwischen Ende 2015 und 2020 in %-Punkten pro Jahr.
Lesebeispiel: der Anteil Ölheizungen bei den EFH der Bauperiode bis 1945 nimmt um 0.7%-Punkte ab (innerhalb von rund 4.5 Jahren von gerundet 35%, siehe Tabelle 25, auf gerundet 31%, siehe Tabelle 25).

Gebäude-typ	Bauperi-ode	Heizöl	Gas	Fernwärme	Wärme-pumpe	Holz	Andere	Summe
EFH	Bis 1945	-0.7%	0.2%	0.1%	0.7%	0.1%	-0.4%	0%
EFH	1946-1980	-1.0%	0.2%	0.0%	0.8%	0.1%	-0.1%	0%
EFH	1981-2000	-0.8%	0.2%	0.1%	0.6%	0.1%	-0.2%	0%
EFH	Ab 2001	-0.4%	-0.5%	-0.1%	1.0%	0.0%	0.0%	0%
EFH	Alle	-0.9%	0.1%	0.0%	1.0%	0.0%	-0.2%	0%
MFH	Bis 1945	-1.0%	0.4%	0.3%	0.6%	-0.1%	-0.2%	0%
MFH	1946-1980	-1.2%	0.4%	0.3%	0.6%	0.0%	-0.1%	0%
MFH	1981-2000	-1.0%	0.3%	0.3%	0.6%	0.0%	-0.2%	0%
MFH	Ab 2001	-0.7%	-0.9%	0.1%	1.6%	-0.1%	0.0%	0%
MFH	Alle	-1.3%	0.2%	0.3%	1.1%	-0.1%	-0.2%	0%
NWG	Bis 1945	-1.2%	0.1%	0.5%	0.4%	0.1%	0.1%	0%
NWG	1946-1980	-1.5%	0.2%	0.6%	0.5%	0.1%	0.1%	0%
NWG	1981-2000	-1.2%	0.2%	0.5%	0.4%	0.1%	0.0%	0%
NWG	Ab 2001	-0.7%	-1.0%	0.3%	1.1%	0.2%	0.1%	0%
NWG	Alle	-1.4%	0.0%	0.5%	0.8%	0.1%	0.0%	0%

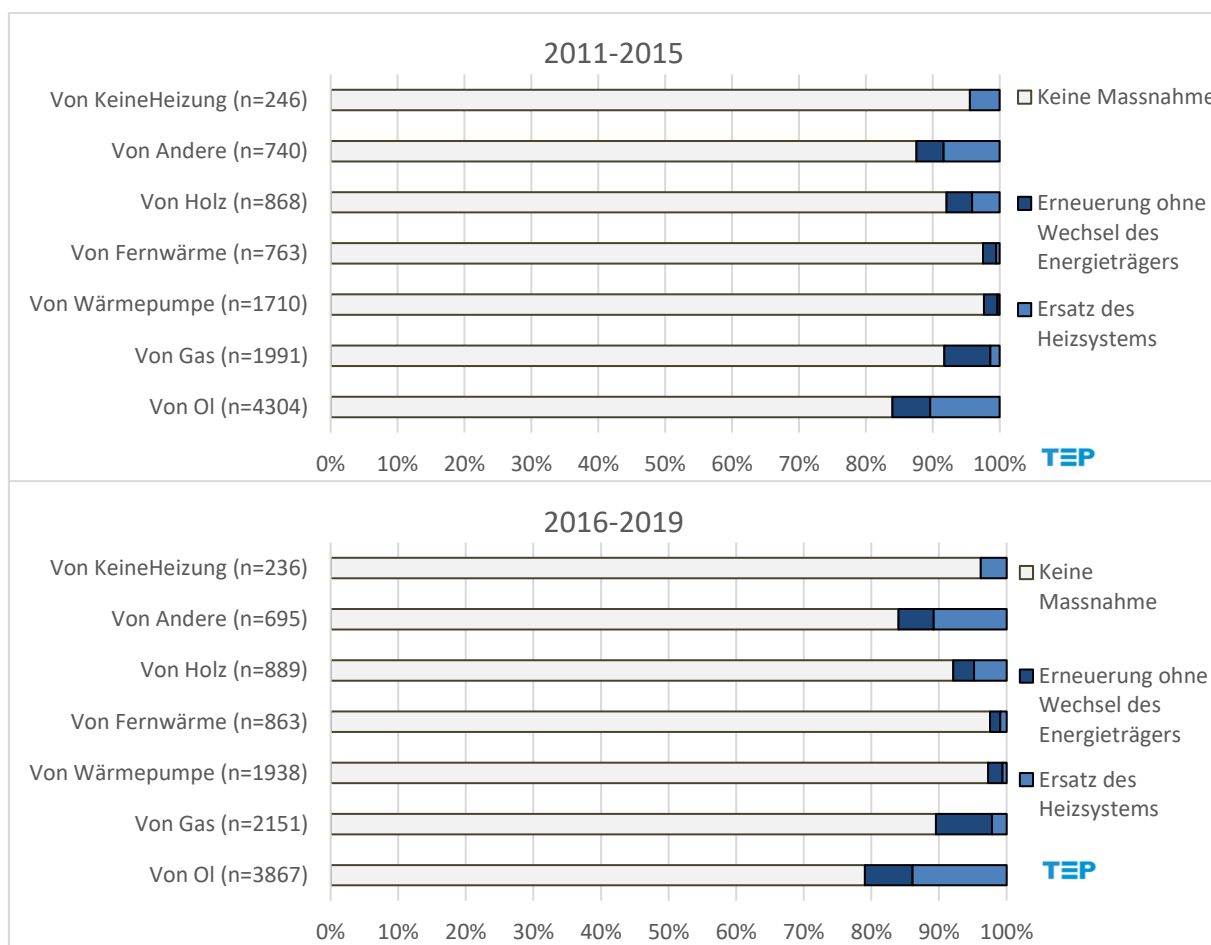
Quelle: Stichprobe Gebäude, Auswertung TEP Energy

4.1.2 Nähere Betrachtung der Instandsetzungs- und Ersatztätigkeit im Bereich Heizungsanlagen

Die Angaben der Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer werden nachfolgend weitergehend ausgewertet, um mehr Einblick in die Instandsetzungs- und Ersatztätigkeit im Bereich Heizungsanlagen zu erhalten. Es handelt sich nachfolgend um eine deskriptive Auswertung ohne Bildung von statistischen Regressionsmodellen, d.h. die dargestellten Anteile können von denjenigen des vorangehenden Kapitels leicht abweichen.

Innerhalb der Fünfjahresperiode 2011 bis 2015 wurde je nach Heizsysteme bei 5% bis 25% eine Massnahme ergriffen (siehe Abbildung 17 im Anhang). In der folgenden Fünfjahresperiode waren es im Fall des Energieträgers Öl sogar mehr als 30%. Darin enthalten sind allerdings Instandsetzungsmassnahmen wie Brennerersatz und der Wechsel der Heizung ohne Wechsel des Energieträgers (sog. 1:1-Ersatz). Diese Art von Massnahmen machen bei den Öl- und Gasheizungen etwa 15% bis 20%-Punkte der Fälle aus.

In Abbildung 5 ist die Massnahme Brennerersatz nicht enthalten. Auffällig ist, dass bei Ölheizungen in rund 10% der Gebäude (Periode 2011 bis 2015) bzw. in gut 15% der Fälle ein Energieträgerwechsel stattfand, dies beim ebenfalls fossilen Energieträger Gas jedoch kaum der Fall war. Auch bei den Heizsystemen Wärmepumpe und Fernwärme besteht eine geringe Wechselhäufigkeit (siehe Abbildung 5). Bei Holz halten sich Instandsetzung und 1:1-Ersatz und Wechsel zu einem anderen Energieträger in etwa die Waage (hellblaue und dunkelblaue Anteile ungefähr gleich gross).



Quelle: TEP Energy

Abbildung 5 Erneuerungs- und Ersatzmassnahmen (ohne Brennerersatz) zwischen 2011-2019 im Bereich Heizungsanlagen bei der Stichprobe, differenziert nach Heizsystem. 100% = alle Gebäude mit dem betreffenden Heizsystem.

Im Fall der Substitution durch ein neues Heizsystem ist aus energiepolitischer Sicht relevant, von welchem Heizsystem auf welches gewechselt wurde.

Falls Ölheizungen instandgesetzt, erneuert oder substituiert wurden, wurde bei knapp 60% entweder der Brenner ersetzt oder wieder eine Ölheizung eingesetzt (siehe Abbildung 16 im Anhang). Bezogen auf die Summe der Erneuerungs- und Ersatzmassnahmen (d.h. ohne Brennerersatz) wurde in rund 35% der Fälle wieder eine Ölheizung eingesetzt (siehe Abbildung 6 und Abbildung 7). Falls Ölheizungen durch einen anderen Energieträger substituiert wurden, wurde in der Periode 2011 bis 2015 zu etwa gleichen Teilen eine Gasheizung oder eine Wärmepumpe eingesetzt, währendem der Wechsel zu Fernwärme nur etwa halb so gross war. Gasheizungen werden zu rund 80% der Fälle wieder mit einer Gasheizung ersetzt und nur in 20% ersetzt. Falls ein Wechsel stattfand, dann zu etwa gleichen Teilen hin zu Wärmepumpe und Fernwärme. Wärmepumpen werden in der Regel wieder durch Wärmepumpen ersetzt und nur in etwa 10% der Fälle durch einen anderen Energieträger ersetzt (in etwa zu gleichen Teilen nach Holz und «Andere», seltener zu WP und Öl. Werden Holzheizungen ersetzt, dann knapp zur Hälfte wieder durch Holzheizungen ersetzt. Bei etwas über Hälfte fand jedoch ein Wechsel zu einem anderen Heizsystem statt, am häufigsten hin zu WP. Auch «Andere» (z.B. Elektroheizungen) wurden häufig durch WP ersetzt.

Das Muster der Instandsetzungs- und Wechseltätigkeit der Periode 2016 bis 2019 ist im grossen Ganzen in etwa vergleichbar mit derjenigen zur Vorperiode (vgl. Abbildung 7 mit Abbildung 6). Beim Öl ist der Wechsel zu Gas etwas tiefer und derjenige zu WP etwas höher. Bei den WP findet ein häufigerer Wechsel in Richtung WP statt (allerdings auf sehr tiefem Niveau, denn in den meisten Fällen wurde keine Massnahme getroffen, siehe Abbildung 5).

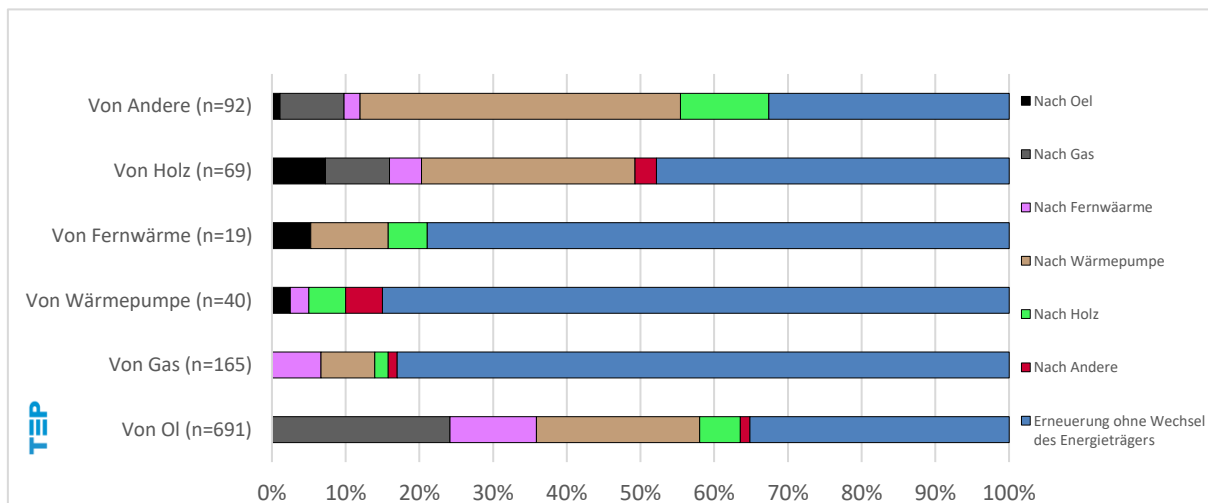


Abbildung 6 Erneuerungs- und Ersatzmassnahmen zwischen Ende 2011-2015 im Bereich Heizungsanlagen bei der Stichprobe, differenziert nach Heizsystem. 100% = nur Gebäude mit dem betreffenden Heizsystem, die in dieser 5-Jahresperiode eine Massnahme umgesetzt haben.

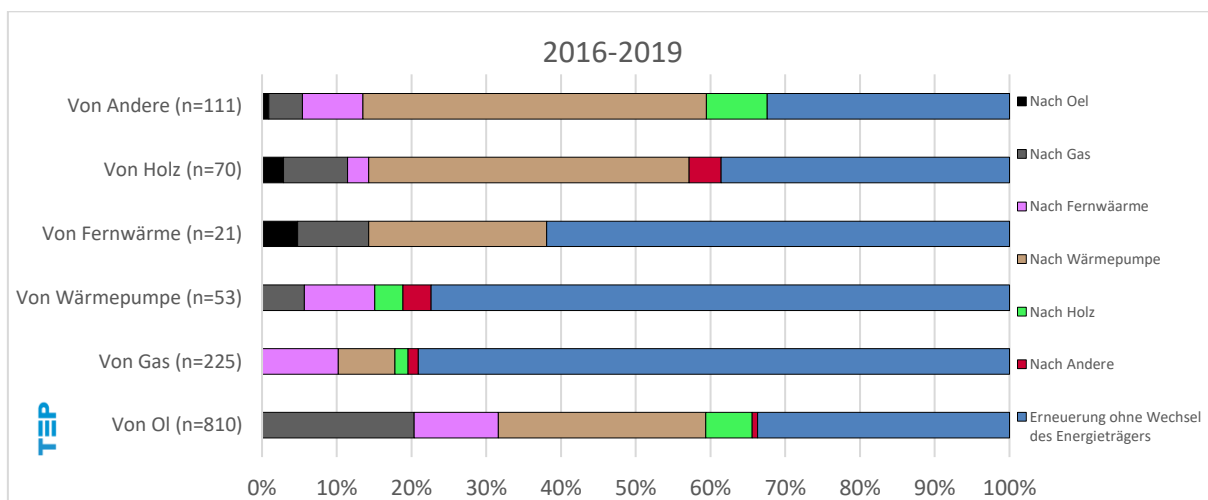


Abbildung 7 Erneuerungs- und Ersatzmassnahmen zwischen Ende 2016-2019 im Bereich Heizungsanlagen bei der Stichprobe, differenziert nach Heizsystem. 100% = nur Gebäude mit dem betreffenden Heizsystem, die in dieser 4-Jahresperiode eine Massnahme umgesetzt haben.

Mit dem Ziel einer rascheren und anschaulicheren visuellen Erfassung sind die Daten der Instandsetzungs-, Erneuerungs- und Substitutionsmassnahmen in Form eines Sankey-Diagramms darstellt (siehe Abbildung 8 für die Periode 2011-2015 und Abbildung 9 für 2016-2019/2020). Augenfällig ist bei Öl und Gas, dass hohe Anteile den Energieträger nicht wechselten (obwohl Massnahmen ergriffen wurden). Findet ein Weggang statt, geht es beim Öl in Richtung Gas und WP, wobei Gas in der ersten Periode der Favorit ist und WP in den nächsten.

Gut zu erkennen ist auch der Switch insgesamt hin zu WP; diese gewinnen v.a. von Öl und Holz (jedoch kaum von Gas). Auch FW wächst v.a. aufgrund von Zugängen vom Öl, v.a. in der ersten Betrachtungsperiode (in der zweiten Periode ist der Zuwachs von Gas etwas grösser als in der ersten).

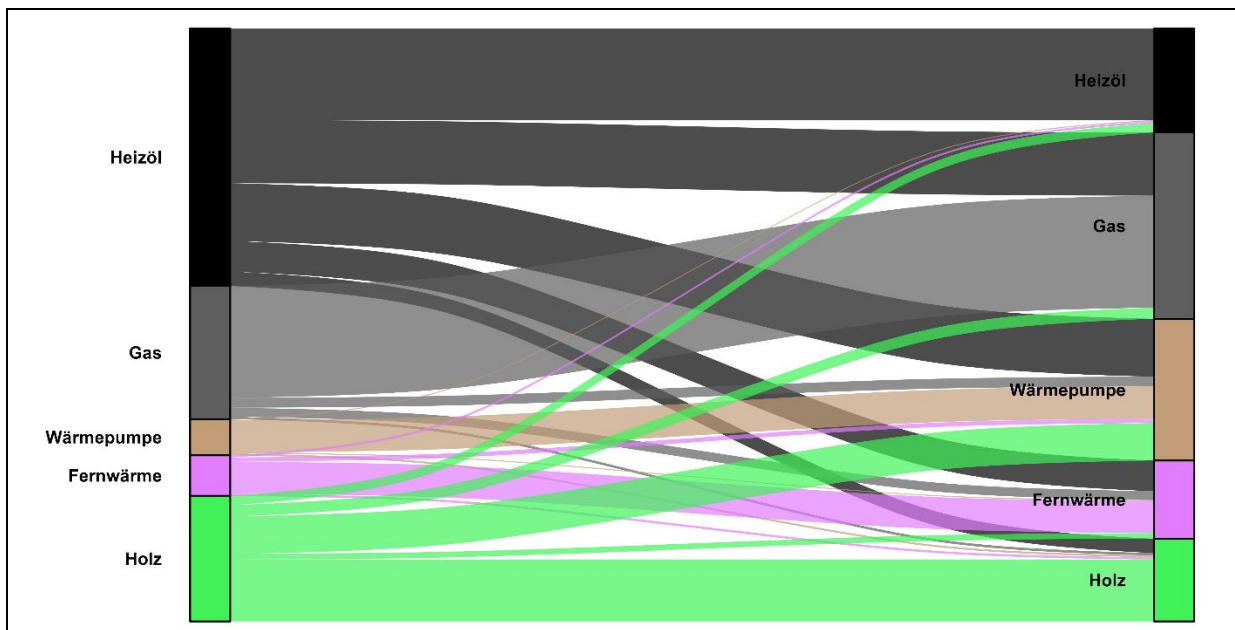


Abbildung 8 Sankey-Diagramm der Wechsel-Beziehungen zwischen den verschiedenen Heizungssystemen. Dargestellt sind die Anteile der Heizanlagen, die zwischen 2011 und 2015 eine Erneuerungs- oder Ersatzmassnahme ergriffen (blau formatiert in Abbildung 5). Es handelt sich um eine alternative Darstellung der in Abbildung 6 dargestellten Daten.

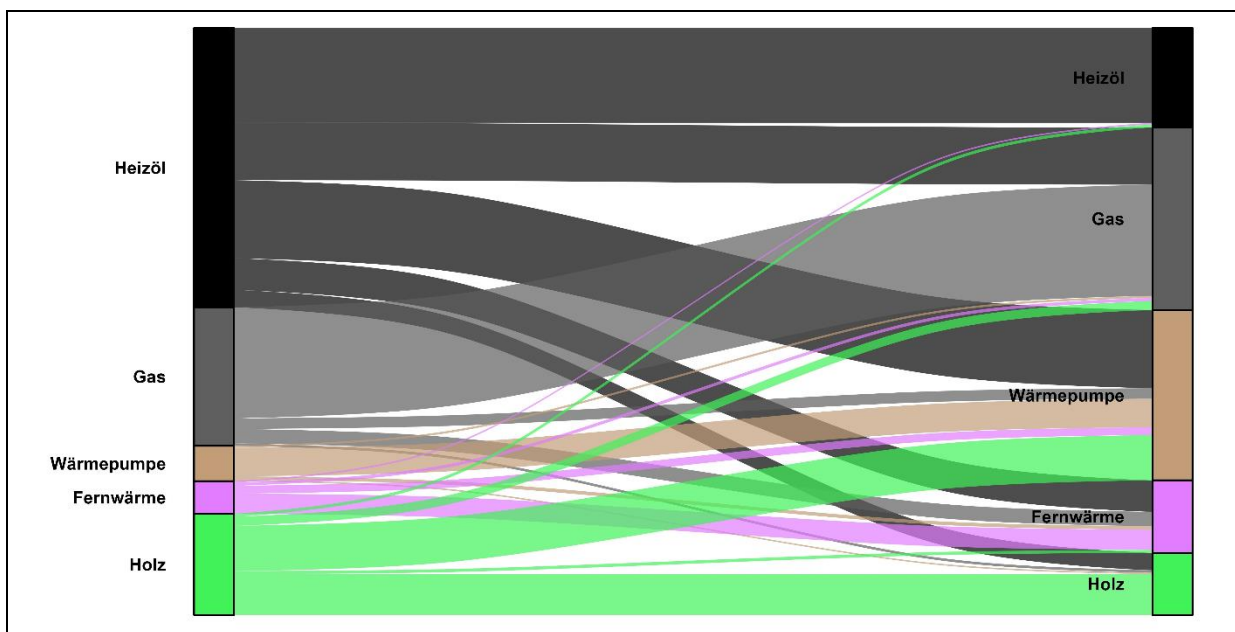


Abbildung 9 Sankey Diagramm der Wechsel-Beziehungen zwischen den verschiedenen Heizungssystemen. Dargestellt sind die Anteile der Heizanlagen, die zwischen 2016 und 2019 eine Erneuerungs- oder Ersatzmassnahme ergriffen (blau formatiert in Abbildung 5). Es handelt sich um eine alternative Darstellung der in Abbildung 7 dargestellten Daten.

4.2 Ergänzende Erkenntnisse aus Daten zu Verkaufs- und Bestandszahlen von Heizsystemen

Anhaltspunkte über jährliche Veränderungen bei der Wahl der Heizsysteme geben die Verkaufszahlen der Heizsysteme im Allgemeinen und der WP im Besonderen. Zu den WP steht eine weitere Datenquelle zur Verfügung: Die (vom BFE modellierte) Bestandsentwicklung wird in der Elektrizitätsstatistik publiziert. Deshalb und wegen ihrer hohen Bedeutung in Bezug auf die Substitution der fossilen Heizsysteme Öl und Gas wird nachfolgend auf eine Analyse der WP fokussiert. Aus dem Zusammenhang der verschiedenen Datenquellen und der Datenanalyse, die im Rahmen der Berichterstattung der Kantone zu den CO₂-Emissionen durchgeführt wurde (Jakob et al. 2024), lassen sich folgende Erkenntnisse gewinnen:

- Der Einbau von WP in neue Gebäude (dunkelrote Kurve in Abbildung 10, mit N bezeichnet), kann durch eine Auswertung des GWR ermittelt werden. Dadurch kann der jährliche Einbau in bestehende Gebäude (in der Abbildung 10 dunkelblau, Kennzeichen EB) durch Differenzbildung abgeschätzt werden kann.
- Die verkauften Wärmepumpen (hellblaue Kurve, mit V bezeichnet) werden zum einen in Neubauten eingebaut (N: Neubau); hier ist aufgrund der Auswertung von GWR-Daten eine Sättigung festzustellen. Zum anderen werden sie in bestehende Gebäude eingebaut. Dabei ersetzen sie früher eingebaute WP nach Ablauf ihrer Lebensdauer (S: hellgrüne Kurve), was allerdings ab ca. 2017/2018 im Vergleich zur Substitution von untergeordneter Bedeutung ist. Ab ca. 2017/2018 nimmt der Bestand von WP im Gebäudebestand stark zu (dargestellt ist mit der rosa Kurve I die jährliche Zunahme von WP). Als Konsequenz davon nimmt der Ersatz von anderen, v.a. fossilen Systemen stark zu (EB: dunkelblaue Kurve).

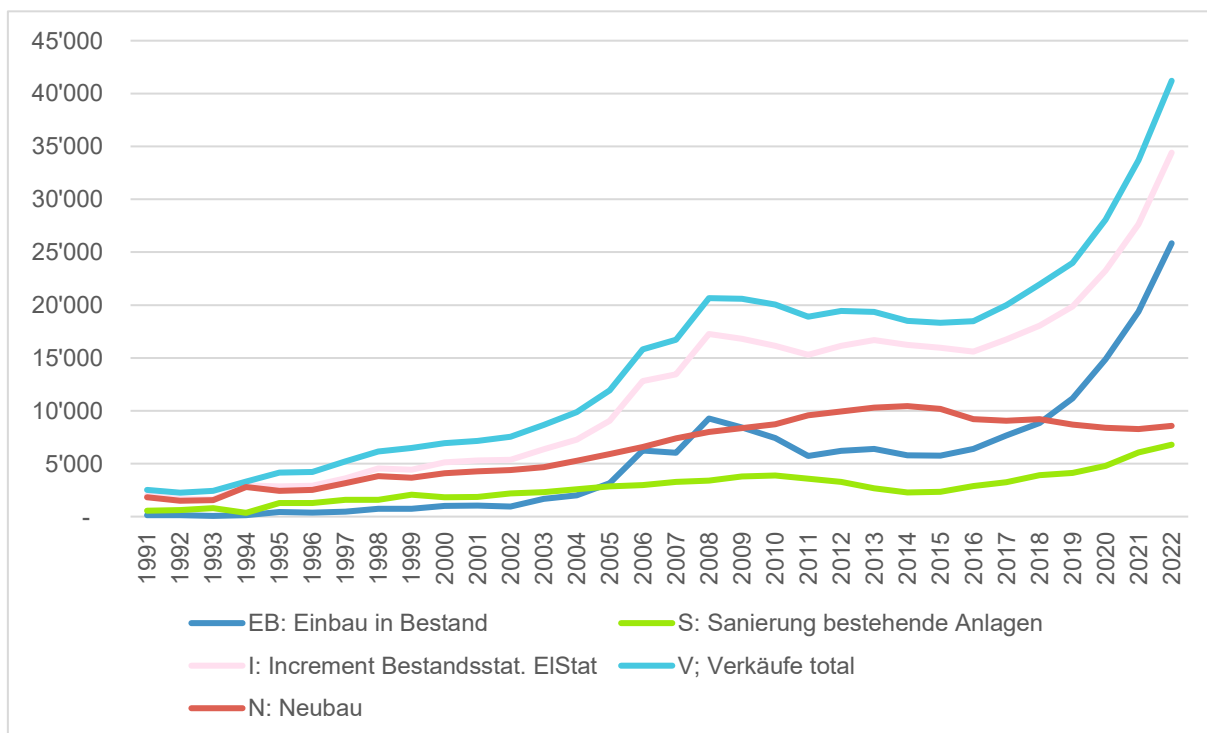
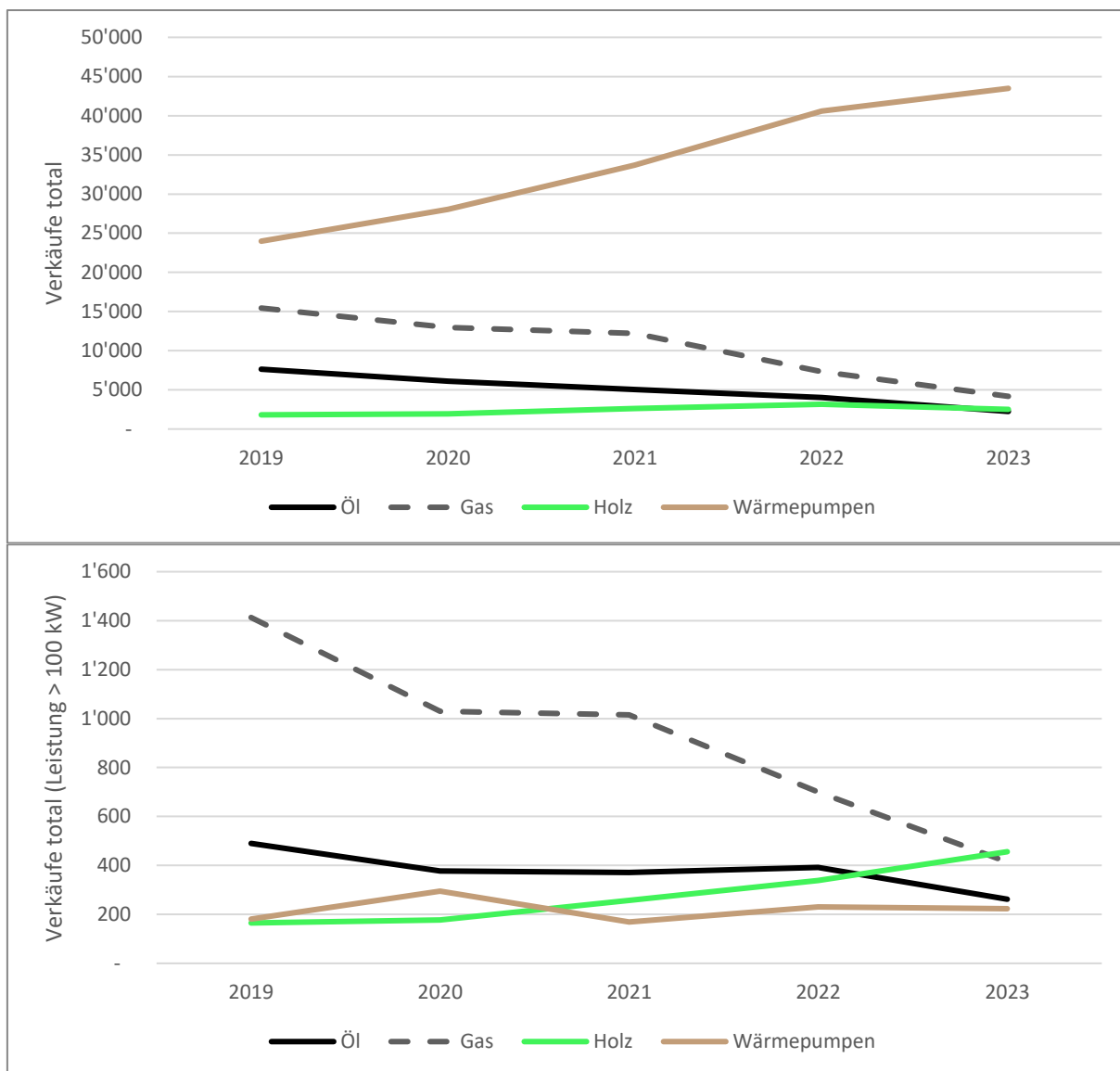


Abbildung 10 Verkaufszahlen und Bestandsentwicklung von Wärmepumpen. Quelle: FWS, BFE-Elektrizitätsstatistik, GWR, Auswertungen und Berechnungen TEP Energy.

Aus diesen Betrachtungen lässt sich ableiten, dass sich der Ersatz von fossilen Heizungsanlagen im Vergleich zum Durchschnitt der Periode 2016 bis 2020 ab Mitte dieser Periode und darüber hinausgehend stark beschleunigt hat. Dies wird in den nachfolgenden energetischen Berechnungen mit dem GPM berücksichtigt.

Ergänzend zu den obigen Analysen werden nachfolgend auch die Absatzzahlen feuerungsbasierten Heizungsanlagen für den Zeitraum 2019 bis 2023 ausgewertet (siehe Darstellung in Abbildung 11):

- Die obere Abbildung zeigt die absoluten Verkaufszahlen (Summe über alle Leistungsklassen), die untere Abbildung die Zahlen der Anlagen mit einer Leistung von mehr als 100 kW zeigt.
- Wie aus der ersten Abbildung hervorgeht, sind Wärmepumpen bei Betrachtung aller Leistungsklassen die vorherrschende Technologie, während bei den fossilen Systemen ein rascher Rückgang zu verzeichnen ist. Bei Heizungsanlagen mit einer Leistung von mehr als 100 kW waren Gasheizungen Anfang der 2020er Jahre die vorherrschende Technologie war, aber die Verkäufe gingen dann bis 2023 um mehr als zwei Drittel zurück. Im Gegensatz dazu haben grössere Holzheizungen ab 100 kW in den letzten Jahren an Popularität gewonnen und sind im Jahr 2023 der meist verkaufte Anlagentyp in dieser Grössenklasse. Wärmepumpen mit mehr als 100 kW dagegen stagnieren im Betrachtungszeitraum (bei etwa 200 Stück pro Jahr).

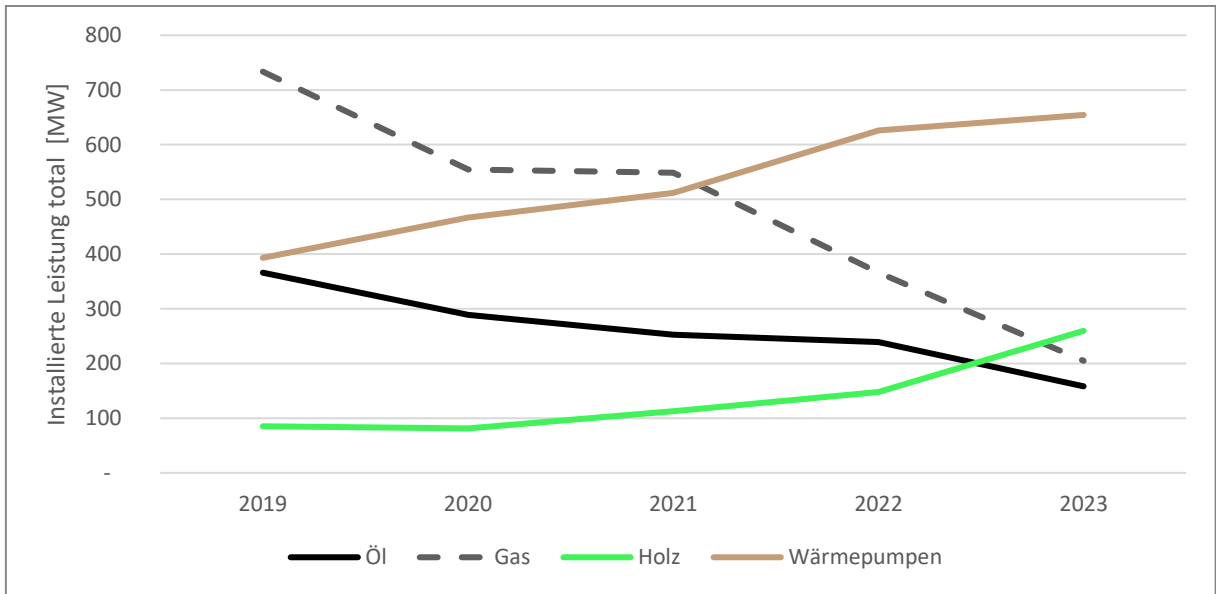


Quelle: Statistik GKS, Auswertung TEP Energy

Abbildung 11 Verkaufszahlen von Öl, Gas, Holz und Wärmepumpen.

Weil die Leistung ein entscheidender Faktor für die energetische Relevanz ist, wird in Abbildung 12 die installierte Gesamtleistung in MW im Zeitraum 2019-2023 dargestellt. In dem untersuchten Zeitraum hat sich die jährlich installierte Leistung von Ölheizungen halbiert, während die jährlich installierte Leistung von Gasheizungen sogar um etwa das Dreifache gesunken ist; die Leistung beim Gas startete allerdings von einem deutlich höheren Niveau. Im Jahr 2023 haben sich die verkauften Leistungen zwischen Öl und Gas beinahe angeglichen.

Dagegen sind Wärmepumpen und holzbefeuerte Anlagen auch leistungsmässig deutlich auf dem Vormarsch, wie die Abbildung 12 zeigt. Wärmepumpen-Verkäufe machten im Jahr 2023 leistungsmässig gleich viel aus wie die Summe der drei anderen betrachteten Systemtypen (zur Leistung von FW-Übergabestationen standen zum Zeitpunkt der Berichtslegung keine vergleichbaren Daten vor).



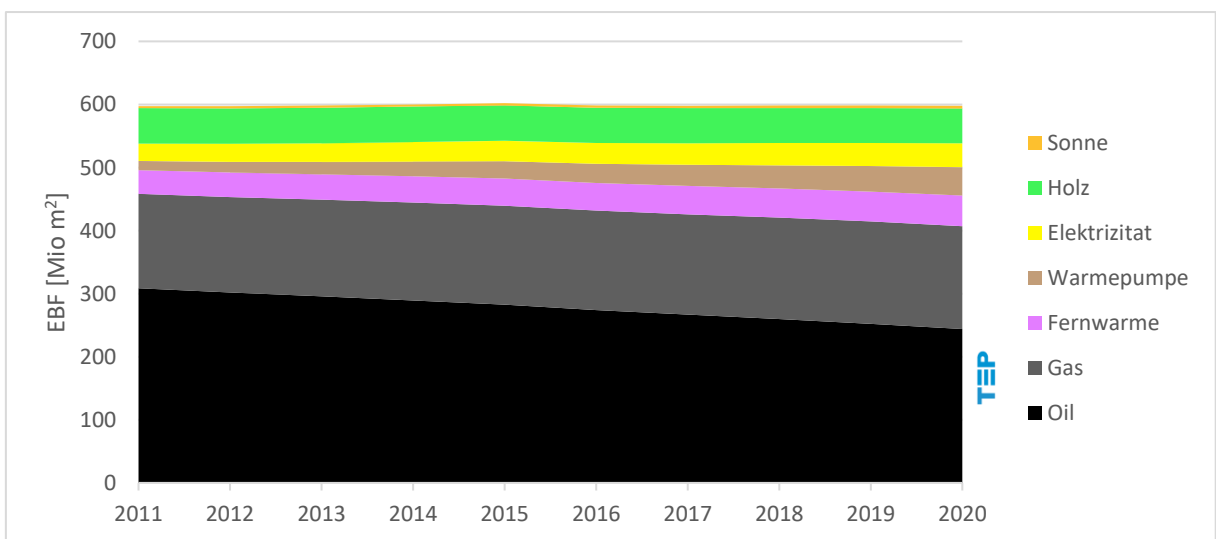
Quelle: Statistik GKS

Abbildung 12 Verkaufszahlen in Bezug auf die installierte Leistung von Öl, Gas, Holz und Wärmepumpen

4.3 Auswertungen des Gebäudeparkmodells von TEP Energy

Als Ergänzung zu den oben dokumentierten Auswertungen von empirischen Grundlagen werden Ergebnisdaten von Berechnungen mit dem Gebäudeparkmodell (GPM) ausgewertet.

Basierend auf den Ersatz- und Substitutionsanteilen ergibt sich in Bezug auf die Beheizung der Energiebezugsfläche die Entwicklung gemäss Abbildung 13. Ersichtlich hierbei ist, dass der Anteil von Ölheizungen zurück geht. Ungefähr konstant sind die Anteile Elektroheizungen und FW, währenddem alle übrigen Heizsysteme zunehmen. Die EBF der Gebäude mit Baujahr bis und mit 2000 bleibt in der Periode von 2011 bis 2020 ungefähr konstant bei 600 Mio. m², d.h. abgerissene Gebäude werden durch Ausbauten (z.B. im Dachbereich), Anbauten und Aufstockungen ungefähr kompensiert.



Quelle: TEP Energy

Abbildung 13 Entwicklung der EBF-spezifischen Beheizungsstruktur gemäss Auswertungen des Gebäudeparkmodells, bis 2000

Tabelle 9 Entwicklung der EBF-spezifischen Beheizungsstruktur gemäss Auswertungen des Gebäudeparckmodells für die Jahre 2011 und 2020, Bauperiode bis 2000

Energieträger	Gebäudetyp	EBF 2011 [Mi. m ²]	EBF 2020 [Mi. m ²]	Relative Veränderung
Heizöl	EFH	75.3	60.3	-20%
	MFH	166.9	134.6	-19%
	NWG	66.4	49.0	-26%
Gas	EFH	30.0	31.7	6%
	MFH	77.0	85.6	11%
	NWG	42.8	45.8	7%
Fernwärme	EFH	4.9	5.2	6%
	MFH	17.2	23.1	34%
	NWG	15.4	20.4	32%
Wärmepumpe	EFH	8.2	18.3	123%
	MFH	4.2	19.5	361%
	NWG	2.0	7.2	251%
Elektrizität	EFH	15.8	17.9	13%
	MFH	8.0	13.9	73%
	NWG	3.9	6.1	58%
Holz	EFH	19.4	19.1	-2%
	MFH	24.6	22.6	-8%
	NWG	12.3	13.3	9%
Sonne	EFH	0.4	0.5	26%
	MFH	2.3	3.1	35%
	NWG	0.4	0.5	13%

Quelle: GPM-Berechnungen TEP Energy

5 Aggregation und energetische Interpretation der Erneuerungsraten

5.1 Gebäudehülle

Die Erneuerungsanteile pro Bauteil werden mit dem entsprechenden gesamtschweizerischen Flächenbestand auf die Gebäudeebene aggregiert. Die Annahmen bzgl. Flächenproportionen stützen sich auf Auswertungen des 3D-Modells ab (siehe Jakob et al. 2021). Die auf die Gebäudeebene aggregierte Erneuerungsrate ergibt sich, für jeden Gebäudetyp und für jede Bauperiode separat, flächengewichtet gemäss Formel (1). In der Berechnung werden in einem ersten Schritt alle erneuerten Gebäudeflächen berechnet (ergibt sich aus der Erneuerungsrate pro Bauteil multipliziert mit der gesamten Bauteilfläche). Die erneuerten Flächen aller Bauteile werden folgend summiert und ergeben die gesamte erneuerte Bauteilfläche. Die gesamte erneuerte Bauteilfläche wird durch die gesamte Bauteilfläche (erneuert und nicht erneuert) geteilt, dies ergibt die aggregierte Erneuerungsrate. Hierbei ist berücksichtigt, dass bei einer Minderheit der Gebäude nicht das vollständige Bauteil, sondern nur ein Teil davon energetisch verbessert wurde (bei den Fenstern z.B. nur eine Fassadenorientierung oder nur ein Teil der Stockwerke).

$$Erneuerungsrate = \frac{\sum_{Bauteil=1}^n (Fläche_{Bauteil} * Erneuerungsrate_{Bauteil})}{\sum_{Bauteil=1}^n (Fläche_{Bauteil})} \quad (1)$$

Analog wurde die energetische Wirkung der energetischen Erneuerungen ermittelt, wobei sich diese nur auf die erneuerte Bauteilfläche bzw. die erneuerte EBF bezieht (siehe Formel 2). Diese energetische Wirkung der Erneuerungen wurde mit dem SIA 380/1-Modul des GPM berechnet, dem dieselben Flächenanteile zugrunde liegen. In die Berechnung fliessen Annahmen zu den U-Werten der Bauelemente vor und nach der Erneuerung sowie zu den Wärmebrücken ein. Diese Kennwerte sind differenziert nach Bauperiode und Gebäudetyp und basieren auf empirischen Umfragen, gesetzlichen Richtlinien (z.B. MuKE) und bauphysikalischen und technischen Eigenschaften der Bauteile (siehe auch Wallbaum et al. (2009 und (2010), Jakob et al. (2010) und Ott et al. (2011) und Jakob et al. 2021). Zudem wurde angenommen, dass die Innenraumtemperatur nach der energetischen Erneuerung tendenziell etwas höher liegt als vor der Erneuerung.

$$Erneuerungserfolg = \frac{\sum_{Bauteil=1}^n (Fläche_{Bauteil} * Erneuerungsrate_{Bauteil} * Erneuerungswirkung \text{ pro Bauteil})}{\sum_{Bauteil=1}^n (Fläche_{Bauteil} * Erneuerungsrate_{Bauteil} * (Fläche_{Bauteil} / EBF))} \quad (2)$$

Das Ergebnis der flächenbasierten Aggregation der energetischen Erneuerungsraten und des Erneuerungserfolges ist in Tabelle 10 dargestellt. Für die EFH der Bauperiode wird der Berechnungsgang exemplarisch erläutert: Werden die energetischen Erneuerungsraten mit den jeweiligen gesamtschweizerischen Flächenanteilen gewichtet, ergibt dies je nach Bauperiode eine Erneuerungsrate von 0.8% bis gut 2% der Bauteilfläche pro Jahr. Wird mit diesen Flächenanteilen und den Flächenverhältnisse pro EBF sowie U-Wert-Annahmen vor und nach der Erneuerung eine energetische Heizwärmebedarfsberechnung gemäss SIA 380/1 durchgeführt, ergibt sich eine Reduktionswirkung von rund 25 bis knapp 80 kWh/(m²_{EBFa}) bezogen auf die erneuerte Energiebezugsfläche. Diese aggregierten Resultate sind also synthetische Werte, welche **nicht** der Erneuerungsrate- bzw. dem Erneuerungserfolg von Vollsanierungsäquivalenten entsprechen, denn die einzelnen Bauteile werden zu

unterschiedlichen Anteilen erneuert. Erneuerungsrate und Erneuerungserfolg sind jedoch kompatibel zueinander, was eine der Hauptzielsetzungen dieses Syntheseberichts war.

Die flächenaggregierte Erneuerungsrate bewegt sich bei der Gebäudekohorte der Bauperioden bis und mit 1980 in der Regel zwischen 1.3% und 1.9% pro Jahr, wobei die tieferen Werte für NWG des Dienstleistungssektors gelten, siehe Tabelle 10. Bei den Gebäudekohorten der nachfolgenden Bauperiode liegt die Erneuerungsrate deutlich tiefer (bei 0.6% bis 0.7% pro Jahr).

Die zu den dargestellten Erneuerungsraten kompatible energetische Wirkung liegt je nach Bauperiode zwischen gut 30 kWh/m²_{EBFA} und gut 90 kWh/m²_{EBFA}, je nach Gebäudetyp und je nach Bauperiode, welche von den geometrischen Verhältnissen und der Energieeffizienz der Gebäude in der Ausgangslage bestimmt werden. Im Fall der EFH der Bauperioden bis und mit 2000 bewirkt eine gesamtschweizerisch repräsentative energetische Verbesserung eine Reduktion des Heizwärmebedarfs von rund 70 kWh/m²_{EBFA}.

Tabelle 10 Aggregierte Rate der energetischen Verbesserungen und damit verbundene energetische Wirkung (Reduktion Heizwärmebedarf) bei Wohn- und Dienstleistungsgebäuden für die Erneuerungsperiode 2011 bis 2020, differenziert nach Bauperiode. Der Korrekturfaktor für zur Berücksichtigung der teilweisen Erneuerungen beträgt 30%.

		Flächenaggregierte Erneuerungsrate pro Jahr	Erneuerungserfolg (kWh/m ² _{EBFA})
EFH	Bis 1946	1.9%	-57
	1946 - 1970	1.8%	-74
	1971 - 1980	1.8%	-65
	1981 - 2000	0.7%	-85
MFH	Bis 1946	1.9%	-46
	1946 - 1970	1.8%	-38
	1971 - 1980	1.8%	-33
	1981 - 2000	0.7%	-46
DL	Bis 1946	1.3%	-78
	1946 - 1970	1.4%	-62
	1971 - 1980	1.3%	-61
	1981 - 2000	0.6%	-95

Quelle: Berechnungen TEP Energy mit dem Gebäudeparkmodell

Über alle Bauperioden gesehen ergeben sich im Bereich Gebäudehülle die energetischen Erneuerungsraten gemäss Tabelle 11 (alle Bauperioden bis und mit 2000 aggregiert, ohne Bauperiode ab 2001). Diese bewegen sich zwischen knapp 1.1% und knapp 1.6% pro Jahr. Im Mittel über alle Gebäudetypen kommen wir mit den vorliegenden empirischen Daten zum Schluss, dass der landläufig bekannte Faustwert von rund 1% pro Jahr für die energetische Erneuerungsrate der Gebäudehülle nicht mehr gilt, sondern dass von einem höheren Wert auszugehen ist. Allerdings ist zu betonen, dass sich diese Rate auf den Gebäudebestand bis und mit Baujahr 2000 bezieht. Bezogen auf den gesamten Gebäudebestand liegt die Rate etwas tiefer, weil die Bezugsgrösse inkl. der neusten Gebäude grösser ist (und weil diese kaum energetisch erneuert werden).

Mit jeder dieser synthetischen Erneuerung ist ein energetischer Erneuerungserfolg von gut 40 kWh/m²a bis über 70 kWh/m²a verbunden. Über alle Gebäudetypen gewichtet gemittelt ergibt sich eine Erneuerungsrate von rund 1.5% pro Jahr und ein Erneuerungserfolg von knapp 60 kWh/m²a pro aggregierte (synthetische) Erneuerung. Letzterer Wert bezieht sich auf die erneuerte Fläche und beinhaltet die Reduktion der thermischen Energie durch eine gesenkte Luftwechselrate nicht (z.B. durch Installation

einer Lüftungsanlage oder durch dichtere Fenster). Dieser Effekt ist jedoch im nachfolgenden Gesamtergebnis berücksichtigt, siehe Tabelle 12. Die genannte Erneuerungsrate bezieht sich dabei auf die energetisch erneuerte Bauteilfläche gegenüber der gesamten Bauteilfläche im Gebäudepark. Der Anteil der Gebäude, welche durch energetische Erneuerungen betroffen sind, weicht von diesem Anteil nach oben ab, weil sich die Erneuerungen aufgrund von Teilsanierungen auf mehr Gebäude verteilen.

Tabelle 11 Aggregierte Rate der energetischen Verbesserungen und damit verbundene energetische Wirkung aufgrund Gebäudehüllenerneuerungen (Reduktion Heizwärmebedarf) bei Wohn- und Dienstleistungsgebäuden. Der Korrekturfaktor für zur Berücksichtigung der teilweisen Erneuerungen beträgt 30 %.

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

Quelle: Berechnungen TEP Energy

Die Effizienzsteigerung durch Gebäudehüllenerneuerung beträgt in der Periode 2011 bis 2020 bezogen auf den gesamten thermischen Energiebedarf bei Wohn und Dienstleistungsgebäuden mit Baujahr bis 2000 rund 8% (siehe Tabelle 12, inkl. der Reduktion von Verlusten im Bereich thermischer Luftwechsel).

Tabelle 12 Aggregierte energetischen Verbesserung der Wohn- und Dienstleistungsgebäude mit Baujahr bis 1990 bezogen auf den gesamten Nutzenergiebedarf für Raumwärme und Warmwasser für die Periode 2011-2020. Der Korrekturfaktor für zur Berücksichtigung der teilweisen Erneuerungen beträgt 30 %.

	Aggregierter Erneuerungserfolg 2011 - 2020
Wohngebäude	-8.0%
Dienstleistungsgebäude	-8.2%
Wohn- und Nicht-Wohngebäude	-8.1%

Quelle: Berechnungen TEP Energy

5.2 Gesamteffekt

Die Effizienzsteigerung der Wohn- und Dienstleistungsgebäude mit Bauperiode bis 2000 zwischen 2011 bis 2020 aufgrund von Gebäudehüllen- und Heizungsanlagenerneuerung beträgt rund 10%. Die Steigerung des Wirkungsgrades der Heizsysteme hat einen relativen Anteil von rund 20% (rund 2% Punkte, siehe Anhang) und die Steigerung durch Gebäudehüllenerneuerung einen solchen von knapp 80% (8%-Punkte im Vergleich zu 10%-Punkten). Zusätzlich reduzierte sich der Verbrauch an fossilen Energieträgern in dieser Periode um rund 11%-Punkte, dies aufgrund der Substitution von fossilen Energieträgern durch erneuerbare Energieträger und durch Wärmepumpen.

Damit ergibt sich für die betrachtete Zehnjahresperiode zwischen 2011 und 2020 bei den Wohn- und Dienstleistungsgebäuden eine Reduktion des Verbrauchs an fossilen Energieträgern von rund 19% (siehe Tabelle 11). Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Witterung und unter Einbezug der Neubauten ab Bauperiode 2001 ist dieser Wert in etwa kompatibel mit der Gesamtenergiestatistik für

die beiden Sektoren Haushalte und Dienstleistungen, wie die im Anhang aufgeführte Modellvalidierung zeigt (siehe Abbildung 23 und Abbildung 24).

Tabelle 13: Reduktion des fossilen Endenergieverbrauchs der Wohn- und Dienstleistungsgebäude mit Baujahr bis 2000 zwischen 2011 und 2020, aufgeteilt nach Ursache der Reduktion. Der Korrekturfaktor zur Berücksichtigung der teilweisen Erneuerungen beträgt 30 %.

	Reduktion Endenergie
Gebäudehüllenverbesserung	-8.4%
Wirkungsgradverbesserung Heizungsanlagen	-2.2%
Substitutionsweggang von fossilen Heizträgern	-11.1%
Veränderung durch Abbruch und Ausbauten	0.5%
Reduktion fossiler Endenergie (Total)	-18.7%
Reduktion CO ₂ -Emissionen	-20.3%
NB: Diese Reduktionswirkung ist nicht ohne weiteres auf die folgenden Jahre übertragbar.	

Quelle: Berechnungen TEP Energy

Die fossilen Energieträger Öl und Gas haben im Jahr 2010 einen Anteil von mehr als zwei Dritteln am Total des Energieverbrauchs der Gebäude mit Bauperiode bis 2000. Der fossile Verbrauch hat sich in der Periode 2011 bis 2020 relativ um rund 19% reduziert, also um gut 15%-Punkte. An dieser Reduktion haben die Gebäudehüllenerneuerungen und die Energieträgersubstitutionen einen massgeblichen Anteil, die Verbesserung der Nutzungsgrade von fossilen Systemen einen geringeren.

Aufgrund der in diesem Bericht dargestellten Synthese der verfügbaren empirischen Grundlagen zu Erneuerungs-, Ersatz und Substitutionsmassnahmen im Bereich Gebäudehülle und Heizungsanlagen sowie aufgrund der durchgeführten datenseitigen Modellanpassungen und –auswertungen konnte ein in sich kohärentes Gefüge von Erneuerungsraten auf der einen Seite und ihrer energetischen Interpretation auf der anderen Seite geschaffen werden. Die ermittelten Erneuerungsraten sowie die dazu passenden spezifischen energetischen Wirkungen sind hierbei kompatibel mit der beobachteten aggregierten Entwicklung gemäss Gesamtenergiestatistik (Sektoren Wohnen und Dienstleistungen).

6 Fazit

In diesem Bericht werden die in der Schweiz verfügbaren und relevanten Daten, Informationen und Auswertungen zusammengetragen, um die Instandsetzungs- und Erneuerungstätigkeit im Bereich Gebäudehülle und Heizungsanlagen seit 2010 zu charakterisieren. Zum einen wird die energetische Erneuerungsrate (oft als Sanierungsrate bezeichnet) für die verschiedene Bauteile dargestellt und zum anderen wird der Ersatz von fossilen Heizungsanlagen hin zu erneuerbaren Heizungsanlagen aufgezeigt. Beide Effekte werden auf den Gebäudesektor als Ganzes aggregiert, um den Gesamteffekt und die relativen Beiträge aufzuzeigen.

Die Ergebnisse im **Bereich Gebäudehülle** werden wie folgt zusammengefasst:

- Die energetischen Erneuerungen haben zwischen 2011 und 2020 im Vergleich zur Vorperiode 2001 bis 2010 zugenommen. Die Zunahme lässt sich sowohl innerhalb der 2019/2020 erhobenen Stichprobe feststellen (sie beträgt rund 40% bis 50% und ist statistisch signifikant) als auch im Vergleich zum Synthesebericht von 2014 (wobei dort die Datenbasis auf nur fünf Kantonen beruht); damals war v.a. die Erneuerungsrate bei den EFH tiefer.
- Der grösste Anteil an rein energetischen Erneuerungen ist bei den Fenstern und im Bereich Flachdach zu verzeichnen, eine Feststellung, die bereits in den früheren Erhebungen gemacht wurde. Die jährliche energetische Erneuerungsrate zwischen 2011 und 2020 beträgt bei den Wohngebäuden bis Baujahr 1980 beim Flachdach zwischen 2.3% bis 2.7%; bei den Fenstern liegt sie mit 2.7% bis 3% leicht höher. Die Erneuerungsrate bei jüngeren Gebäuden ist erwartungsgemäss tiefer (rund 1%-Punkt pro Jahr für die Bauperiode 1980 bis 2000). Bei den Nicht-Wohngebäuden ist die energetische Erneuerungsrate generell knapp ein Viertel tiefer.
- Bei der Fassade wurden ebenfalls energetisch wirksame Arbeiten durchgeführt (wie z.B. die Dämmung der Aussenwand), wenn auch deutlich weniger im Vergleich zu den Fenstern (ca. 60% weniger häufig). Auch in der Vorperiode ist die Rate bei der Fassade tiefer im Vergleich zu Fenstererneuerungen.
- Die Rate der energetische Massnahmen bei Steildächern liegt etwa um die Hälfte tiefer im Vergleich zu den Fenstern und wie bereits in den früheren Erhebungen festgestellt, ist die energetische Erneuerungsrate bei der Kellerdecke im Quervergleich zu den übrigen Bauteilen am tiefsten.

Im **Bereich Heizungsanlagen** wird zwischen zwei Aspekten unterschieden, nämlich zwischen der Massnahmenhäufigkeit (alle Arten von Massnahmen) und der Art der Massnahmen:

- Massnahmenhäufigkeit, illustriert durch Abbildung 5 und Abbildung 17 im Anhang: die Unterschiede zwischen den verschiedenen Heizsystemen gross: bei den Wärmepumpen und bei den Fernwärmeheizungen wurden kaum Massnahmen durchgeführt (rund 1% pro Jahr), bei den fossilen Anlagen deutlich mehr. Konkret werden jährlich bei gut 2% der gasbeheizten Gebäude und bei 2.5% bis über 3% der ölbeheizten Gebäude Erneuerungs- oder Heizungsersatz-Massnahmen durchgeführt (je nach Gebäudetyp unterschiedlich). Bei Holzheizungen liegt die Rate der Massnahmen mit knapp 2% pro Jahr im Mittelfeld.
- Die Massnahmenart wird durch Abbildung 6 und Abbildung 7 als Anteilsgrafik und durch Abbildung 8 und Abbildung 9 als Sankey-Diagramm illustriert. Bei Erneuerungs- und Ersatzmassnahmen wurde mehrheitlich der Energieträger beibehalten, also ein 1 zu 1 Ersatz durchgeführt. Im Vergleich zu Gasheizungen findet bei Ölheizungen häufiger ein Energieträgerwechsel statt, nämlich bei gut 40% der durchgeführten Massnahmen. Bei gut einem Viertel bis einem Drittel der Energieträgerwechsel bei Ölheizungen handelt es sich allerdings um einen Wechsel zum fossilen

Energieträger Gas. Zwischen 2011 und 2020 wurde bei Öl- und Gasheizungen zudem häufig der Brenner gewechselt (siehe Abbildung 18 und Abbildung 19 im Anhang).

Umgerechnet ergeben sich Wechselraten weg vom Öl von rund gut 2% pro Jahr und weg vom Gas (hin zu Wärmepumpen und Fernwärme) von weniger als 0.5% pro Jahr, siehe Tabelle 8. Die Rate hin zu Wärmepumpen beträgt je nach Gebäudetyp rund 0.3% bis knapp 1% pro Jahr (wobei es sich meistens um Wechsel weg vom Öl handelt) und die hin zu Fernwärme deutlich weniger als 0.5% pro Jahr. Bei den Gasheizungen gab es eine Bewegung hin zum Gas (von Öl) im Ausmass von rund 0.5% bis 1% pro Jahr. Insgesamt ist auch zwischen 2016 und 2020 immer noch ein leichter Zugang hin zu Gas zu verzeichnen. Diese Befunde gelten für die zwei Fünfjahresperioden 2011 bis 2015 bzw. 2016 bis 2020 jeweils im Durchschnitt (neuere oder feiner aufgelöste Erhebungsdaten liegen nicht vor).

Betrachtet man ergänzend die **jährlichen Verkaufszahlen**, lässt sich feststellen, dass der Verkauf von Öl- und Gasheizungen stark abgenommen und der Verkauf von Wärmepumpen ab ca. 2018 stark zugenommen hat. Für die starke Zunahme der WP-Verkäufe sind nicht primär die Neubauten verantwortlich sind (bei diesen ist schon eine hohe Sättigung erreicht), sondern v.a. der Einbau von Wärmepumpen in den Gebäudebestand (siehe Abbildung 10). Die jährliche Wechselrate hin zu Wärmepumpen hat sich zwischen 2018 und 2022 um rund 5% bis 20% pro Jahr gesteigert. Für das Jahr 2022 resultiert eine Wechselrate hin zu Wärmepumpen von 1% bis 1.5% pro Jahr, je nach Gebäudetyp.

Auf der **Ebene des Gebäudeparks** hat die Energieeffizienz in den betrachteten zehn Jahren um gut 10% zugenommen, d.h. die Nachfrage ist entsprechend gesunken. Der fossile Endenergieverbrauch hat wegen des Umsteigens auf andere Energieträger um weitere 11% abgenommen. Insgesamt hat der fossile Energieverbrauch des Gebäudebestands (bis Baujahr 2000) in der betrachteten Zehnjahresperiode um 19% und die CO₂-Emissionen um rund 20% abgenommen (siehe Tabelle 13).

Als Fazit lässt sich festhalten: Auch wenn sich die Bewegung weg von den fossilen Energieträgern der Einbau von erneuerbaren Heizungsanlagen in den letzten Jahren und deutlich beschleunigt hat, ist eine **vollständige Umstellung des Gebäudesektors der Schweiz immer noch eine grosse Herausforderung**, deren Bewältigung mehrere Jahre beanspruchen wird. Das heisst: es besteht immer noch ein grosses Potenzial, die Gebäudehülle zu verbessern (nicht unbedingt bei den Fenstern, aber bei den übrigen Bauteilen) und fossile Heizungsanlagen zu ersetzen, vor allem auch bei den MFH und bei NWG.

7 Literatur und Referenzen

- Banfi S., Farsi M., Jakob M. (2012). An Analysis of Investment Decisions for Energy-Efficient Renovation of Multi-Family Buildings. CEPE, ETH Zürich und TEP Energy on behalf of CCEM, Swiss Federal Office of Energy (SFOE), the Swiss cantons of BL, TG and ZH, the City of Zurich. Zurich, April.
- 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 im Auftrag des Bundesamts für Energie.
- Catenazzi G. Jakob M. (2022). Ex-Post Analyse des Energieverbrauchs 2000-2021 in den Sektoren Dienstleistungen und Landwirtschaft nach Bestimmungsfaktoren. TEP Energy i.A. Bundesamt für Energie.
- Farsi M., Jakob M., Müller J., Weber S., Maciosek B. (2022). Motivations for Investment in Smart Technologies and Energy Efficiency - The Case of Residential Buildings. TEP Energy und Universität Neuenburg i.A. BFE.
- Jakob M, Berti D., Catenazzi G., Müller J., (2024, in Vorbereitung, Veröffentlichung geplant). Berichterstattung zu Energiekennzahlen und CO₂-Emissionen der Kantone im Gebäudebereich. TEP Energy i.A. KVV.
- Jakob M., Müller J., Farsi M., Weber S., Maciosek B. (2022). Erneuerungstätigkeit im Schweizer Gebäudepark: eine empirische Analyse In: Motivations for Investment in Smart Technologies and Energy Efficiency - The Case of Residential Buildings. TEP Energy und Universität Neuenburg i.A. BFE.
- Jakob M., Catenazzi G., Sunarjo B., Müller J., Weinberg L. (2021). Kantonale Energiekennzahlen und CO₂-Emissionen im Gebäudebereich. TEP Energy i.A. BAFU, KVV und EnFK.
- Jakob M., Martius G., Catenazzi G., Berleth H. (2014). Energetische Erneuerungsraten im Gebäudebereich – Synthesebericht zu Gebäudehülle und Heizanlagen. TEP Energy i.A. Bundesamt für Energie.
- Jakob M., Unterhollenberg S. (2013). Analyse der Erneuerung und Instandsetzung von Ein- und Mehrfamilienhaus- Gebäuden im Kanton Basel-Landschaft. TEP Energy im Auftrag des Kantons Basellandschaft, Juli.
- Jakob M., Gross N. et al. (2010). Energetische Gebäudeerneuerungen – Wirtschaftlichkeit und CO₂-Vermeidungskosten. Eine Auswertung des Gebäudeprogramms der Stiftung Klimarappen. TEP Energy, Meier+Steinauer und HSLU i.A. Stiftung Klimarappen. Zürich, Juni.
- Jakob (2006). Struktur und Umfang des Instandsetzungs- und Erneuerungsmarktes im Bereich Gebäudehülle – eine Grobabschätzung. CEPE Working paper No. 52. Dezember.
- Jakob M., Jochem E. (2003, redaktionelle Anpassungen 2009). Quantitative Erhebung des Erneuerungsverhaltens im Bereich Wohngebäude. CEPE, ETH Zürich i.A. BFE, BWO, Kt. AG, BE, BL, TG, ZH.
- Ott W., Jakob M. et al. (2014). Erneuerungstätigkeit und Erneuerungsmotive bei Wohn- und Bürobauteilen. Forschungsprojekt 2.2.4. Energieforschung Stadt Zürich – Ein EWZ-Beitrag zur 2000-Watt-Gesellschaft.
- Ott W., Jakob M., Baur M., Kaufmann Y., Ott A. (2005). Mobilisierung der energetischen Erneuerungspotenziale im Wohnbaubestand. Bundesamt für Energie, Bern 2005.

8 Anhang

8.1 Übersicht über die verwendeten empirischen Grundlagen

Nachfolgend wird zwischen zwei verschiedenen Datengrundlagen unterschieden, nämlich zwischen den aktuellen, die im Fokus dieses Berichts stehen, und den früher erhobenen Daten, die als Vergleichsbasis dienen.

8.1.1 Aktuelle Datengrundlage

Die Erhebung der Daten erfolgte durch einen bewährten fragebogengestützten Ansatz, der seit 2019 im Rahmen der CO₂-Berichtersattung (Jakob et al., 2021a) im Auftrag der Kantone zur Anwendung kam und in Zusammenarbeit mit dem BFE-Forschungsprojekt Projekt MISTEE entwickelt wurde.

Die Gebäudeeigentümer wurden zu den durchgeführten Instandsetzung- und energetischen Erneuerungsarbeiten in den letzten 30 Jahren zu befragt. Abgedeckt sind die wichtigsten Elemente der Gebäudehülle Fenster, Aussenwand, Steildach, Kellerdecke so wieder Bereich Heizungsanlagen. Den Befragten werden pro Element einige wenige Arten von Arbeiten zur Auswahl gegeben (z.B. Fassadenanstrich, Fassadenwärmedämmung, keine Arbeiten). Für die Arbeiten gaben sie zudem an, wann diese durchgeführt wurden, dies mit Bezug auf vorgegebene 5-jährige Renovationsperioden. Weitere gebäudespezifische Daten (z.B. Bauperiode, Gebäudekategorie oder -klasse) zu den Gebäuden wurden aus dem GWR übernommen, falls die Befragten einer entsprechenden Verknüpfung zustimmten.

Abgefragt wurden zudem Angaben zum aktuellen Heizsystem, zu den durchgeführten Instandsetzungs- und Erneuerungsarbeiten. Von besonderem Interesse war der letzte Wechsel des Heizsystems und das vor diesem Wechsel vorhandene Heizsystem.

Am Ende wurden weitere, insbesondere für die ökonomischen Auswertungen relevante sozio-ökonomischen Daten (z.B. Alter, Eigentübertyp, Bildungsgrad etc.) abgefragt. Weitere Daten wurden über die PLZ des Gebäudestandorts zu den Beobachtungen hinzugefügt. Tabelle 14 enthält eine Übersicht über die zur Verfügung stehenden unabhängigen Variablen.

Tabelle 14: 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
Gebäudetyp	Nominal	EFH, MFH, NWG
Heizsystem	Nominal	Heizöl, Erdgas, Wärmepumpe, Holz, Fernwärme, Andere, k.A.
Eigentübertyp	Nominal	Privatperson, Private Gemeinschaft, Versicherung/ Pensionskasse /Firma, Genossenschaft, Öffentliche Hand, Stockwerkeigentümergeinschaft, 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 ₂ -Gesetz	Kontinuierlich	Ja-Anteil CO ₂ -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 ²]
Fördervolumen	Kontinuierlich	Fördervolumen pro Kanton und Einwohner und Erneuerungsperiode [CHF/Einwohner]
Energiepreise	Kontinuierlich	Energiepreise der fossilen Energieträger nach Erneuerungsperiode [Rp./kWh]
CO ₂ -Abgabe	Kontinuierlich	CO ₂ -Abgabe [CHF/tCO ₂]

Quelle: TEP Energy (übernommen aus Schlussbericht BFE-Projekt MISTEE)

8.1.2 Aktuelle Datengrundlage: Charakterisierung der Stichprobe

Basis bildet eine geschichtete Stichprobe von Gebäudeeigentübertern, welche 20 Kantone abdeckt. Die Schichtung betrifft die drei groben Gebäudekategorien (im Folgenden als Gebäudetypen 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 pro Schicht (Kanton, Gebäudetyp) 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. Die Gebäudeeigentübertern der (nach Kanton und Gebäudetyp) geschichteten Zufallsstichprobe wurden mittels Postversand angeschrieben und motiviert an der Online-Erhebung teilzunehmen. Dieser Einladung kamen je nach Kanton zwischen 25% und 49% der Befragten nach. Die erreichte Rücklaufquote pro Kanton ist in Abbildung 14 aufgeführt. Diese Rücklaufquoten können als mittel bis hoch bezeichnet werden. 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.

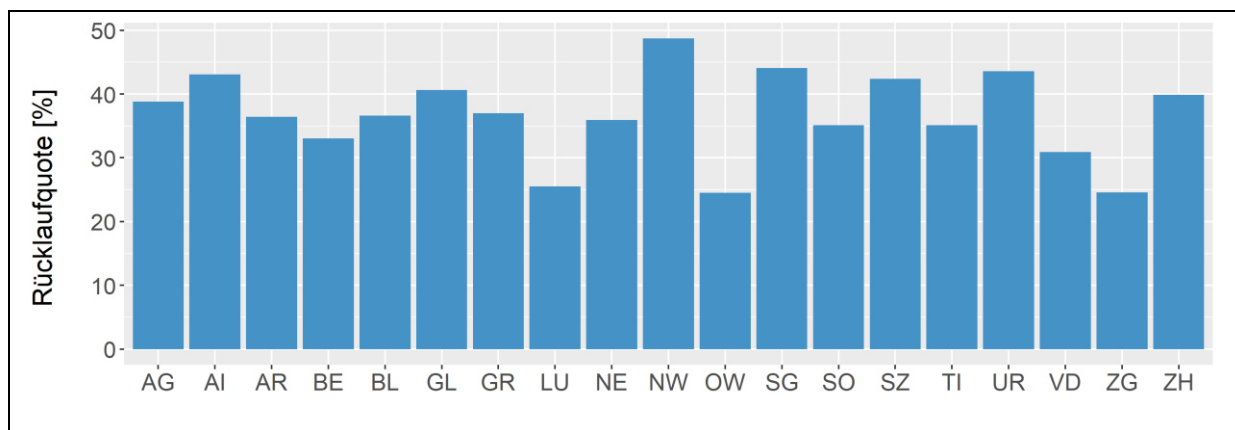


Abbildung 14: Netto-Rücklaufquote bei der Erhebung "Gebäudeinstandsetzungen und -erneuerungen".
Quelle: übernommen aus dem Schlussbericht des BFE-Projekts MISTEE

Anhand der Online-Umfrage wurden Angaben zu über 11'700 Gebäuden in der Schweiz gemacht, welche sich wie folgt auf die groben Gebäudetypen EFH: rund 4700, MFH (4300) und NWG (2750). Aus Tabelle 15 wird ersichtlich, dass sich einige Kantone für eine grössere Stichprobe entschieden haben, z.B. der Kanton AG und der Kanton SG. Tabelle 16 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. Dies ergibt einen Hinweis darauf, dass die Stichprobe bzgl. Baualterstruktur der Gebäude als repräsentativ zu betrachten ist. Das heisst, es gibt bzgl. alter oder junger Gebäude keinen Self-selection bias.

Tabelle 15 Grösse der realisierten Stichprobe im Bereich Wohn- und Nicht-Wohngebäude

	EFH	MFH	NWG	Total
AG	513	436	370	1'319
AI	273	79	22	374
AR	161	130	52	343
BE	276	302	205	783
BL	397	353	244	994
BS	287	194	136	617
GL	358	263	102	723
GR	137	238	61	436
LU	149	122	147	418
NE	205	191	86	482
NW	247	201	56	504
OW	163	140	30	333
SG	268	297	337	902
SO	157	161	89	407
SZ	210	227	47	484
TI	148	218	226	592
UR	187	196	56	439
VD	159	138	201	498
ZG	163	159	83	405
ZH	240	233	200	673
Total	4'698	4'278	2'750	11'726

Quelle: TEP Energy

8.1.3 Aktuelle Datengrundlage: Vergleich der Stichprobe mit der Grundgesamtheit

Tabelle 16 Struktur der Stichprobe pro Kanton (Schichtkriterium), pro Gebäudetyp (EFH, MFH, NWG) (Schichtkriterium) und pro Bauperiode. Der p-Wert bezieht sich auf den Chi2-Test, mit dem die Stichprobenstruktur mit der Struktur der Grundgesamtheit (GWR) verglichen wird.

	EFH					MFH					NWG				
	Vor 1945	1946-1980	1981-2000	Ab 2001	p-value	Vor 1945	1946-1980	1981-2000	Ab 2001	p-value	Vor 1945	1946-1980	1981-2000	Ab 2001	p-value
AG	21%	34%	26%	18%	0.679	33%	24%	20%	22%	0.380	32%	31%	19%	18%	0.000
AI	32%	26%	27%	14%	0.000	41%	34%	18%	8%	0.051	50%	23%	23%	5%	0.309
AR	43%	29%	21%	7%	0.077	38%	18%	22%	22%	0.000	46%	29%	12%	13%	0.011
BE	27%	37%	18%	18%	0.291	48%	32%	12%	8%	0.159	43%	29%	16%	12%	0.000
BL	17%	33%	33%	17%	0.004	18%	34%	19%	29%	0.000	35%	31%	19%	15%	0.000
BS	67%	24%	6%	3%	0.195	65%	23%	7%	5%	0.000	57%	25%	10%	7%	0.000
GL	43%	26%	20%	11%	0.023	44%	24%	19%	13%	0.737	32%	30%	26%	11%	0.000
GR	45%	36%	17%	2%	0.000	35%	38%	22%	5%	0.000	67%	25%	7%	2%	0.000
LU	5%	35%	36%	24%	0.000	24%	33%	27%	16%	0.408	33%	27%	16%	23%	0.064
NE	29%	35%	23%	13%	0.289	52%	31%	9%	8%	0.657	51%	21%	8%	20%	0.001
NW	16%	43%	24%	16%	0.096	19%	37%	28%	16%	0.225	29%	23%	20%	29%	0.369
OW	26%	31%	26%	17%	0.150	30%	34%	23%	14%	0.301	23%	43%	13%	20%	0.033
SG	24%	31%	24%	22%	0.083	29%	28%	22%	21%	0.008	26%	32%	18%	24%	0.000
SO	15%	36%	30%	19%	0.275	52%	34%	9%	5%	0.000	28%	18%	17%	37%	0.001
SZ	12%	32%	39%	16%	0.010	20%	35%	19%	26%	0.039	23%	17%	19%	40%	0.051
TI	33%	33%	20%	14%	0.240	33%	44%	13%	10%	0.210	33%	35%	19%	12%	0.000
UR	21%	28%	31%	19%	0.004	24%	44%	16%	15%	0.072	45%	23%	9%	23%	0.034
VD	19%	25%	31%	26%	0.003	43%	33%	10%	13%	0.254	32%	31%	19%	17%	0.835
ZG	15%	33%	38%	14%	0.083	26%	31%	20%	23%	0.545	34%	49%	13%	4%	0.000
ZH	25%	30%	31%	14%	0.207	22%	43%	15%	20%	0.003	24%	37%	19%	21%	0.523

Tabelle 17 Vergleich der Stichprobe mit dem GWR (relative Abweichung: Stichprobe [%] / GWR [%])

	EFH				MFH				NWG			
	Vor 1945	1946-1980	1981-2000	Ab 2001	Vor 1945	1946-1980	1981-2000	Ab 2001	Vor 1945	1946-1980	1981-2000	Ab 2001
AG	1.03	1.06	0.94	0.95	1.09	0.88	1.03	1.00	2.07	0.91	0.69	0.78
AI	0.71	1.18	1.61	0.94	1.01	1.39	1.03	0.42	0.86	1.55	1.60	0.34
AR	0.85	1.23	1.27	0.74	0.70	0.96	1.57	1.81	1.67	0.95	0.43	0.89
BE	0.94	1.08	0.83	1.17	1.13	0.97	0.83	0.78	1.50	0.89	0.74	0.69
BL	0.90	0.84	1.28	1.06	0.58	0.93	1.16	1.81	2.05	0.76	0.82	0.79
BS	1.08	0.88	1.08	0.58	1.27	0.61	1.02	1.13	1.48	0.60	0.91	0.90
GL	0.86	1.04	1.27	1.22	0.95	1.00	1.15	1.00	2.02	1.31	0.60	0.64
GR	1.21	1.27	0.85	0.15	1.17	1.21	0.97	0.32	1.88	1.10	0.38	0.07
LU	0.26	1.26	1.22	1.09	0.85	1.09	1.21	0.83	1.32	1.05	0.71	0.90
NE	0.98	1.13	1.07	0.74	0.94	1.14	0.90	1.04	1.63	0.83	0.57	0.68
NW	0.72	1.11	1.10	0.98	0.89	1.08	1.17	0.78	1.13	0.70	0.97	1.33
OW	0.81	0.97	1.32	1.05	1.06	1.13	1.03	0.68	0.60	1.94	0.63	1.12
SG	0.84	0.97	0.99	1.33	0.77	1.01	1.23	1.25	0.80	1.12	0.82	1.45
SO	0.72	1.04	1.17	1.02	1.28	1.12	0.58	0.37	1.87	0.61	0.68	1.21
SZ	0.64	1.07	1.26	0.83	0.80	1.25	0.82	1.08	0.80	0.62	1.00	1.69
TI	0.82	1.02	1.25	1.23	1.23	0.94	0.92	0.81	2.85	0.57	1.12	1.42
UR	0.68	0.96	1.41	1.12	0.89	1.18	0.73	1.18	1.41	0.59	0.72	1.39
VD	0.69	0.82	1.45	1.21	1.00	1.24	0.74	0.83	1.09	0.96	0.92	1.01
ZG	0.75	0.97	1.29	0.85	1.19	1.03	0.87	0.92	1.29	1.96	0.50	0.16
ZH	0.89	0.95	1.23	0.92	0.68	1.27	0.97	1.11	0.94	1.14	0.87	0.98

8.1.4 Vergleichsbasis: frühere Erhebungen

Die empirischen Grundlagen, die der Vergleichsbasis zugrunde liegen, betreffen verschiedene Erhebungen, die verschiedene Perioden abdecken. Die Periode 1986 bis 2000 ist in (Jakob und Jochem 2003) beschrieben und deckt sowohl EFH wie MFH ab. In der Folge wurden die EFH und die MFH in separaten Studien untersucht. Banfi, Ramseier et al. (2011) beinhalten die Einfamilienhäusern und decken die Periode 1996 bis 2009 ab. Banfi, Farsi, Jakob et al. (2012) umfassen die Mehrfamilienhäuser. In diesen Studien wurden die Erneuerungsanteile pro Bauteil und pro Baualtersperiode mittels Daten bestimmt, die in umfangreichen Erhebungen bei EFH- und MFH-Eigentümern abgefragt wurden. Basis bildeten Stichproben mit Gebäudestandorten in den Kantonen AG, BE, BL, TG, ZH. Die Stichprobengrösse umfasst jeweils rund 1000 bzw. 1700 Gebäude (siehe Tabelle 18 für Details). Für die Kantone BL, TG und ZH liegen nebst den in Tabelle 18 angegebenen Berichten zusätzlich noch je 1 Kantonsbericht vor (Jakob und Unterhollenberg 2013).

Wie in Jakob et al. (2014 festgestellt, ist die empirische Grundlage zur energetischen Erneuerungstätigkeit bei Nicht-Wohngebäuden im Vergleich zu den Wohngebäuden weit weniger breit abgestützt. In Ott, Jakob et al. (2014) wurde die vergangene energetische Erneuerungstätigkeit (und weitere Attribute) von rund 370 Bürogebäuden in der Stadt Zürich erhoben.

Tabelle 18 Übersicht über die verwendeten empirischen Grundlagen zu energetischen Erneuerungen im Bereich Wohn- und Nicht-Wohngebäude

Referenz	Titel	Gebäudetypen	Stichpro- bengrösse	Betrachtete Periode	Gebiet der Umfrage
Ott, Jakob et al. (2014)	Erneuerungstätigkeit u. Erneuerungsmotive bei Wohn- und Bürogebäuden	Bürogebäude	370	2000-2012	Stadt Zürich
Banfi, Farsi, Jakob et al. (2012)	An Analysis of Investment Decisions for Energy - Efficient Renovation of Multi-Family Buildings	MFH	1'700	2001-2010	Kantone AG, BE, BL, TG, ZH
Banfi, Ramseier et al. (2011)	Erneuerung von Einfamilienhäusern	EFH	1'600	1996-2010	Kantone AG, BE, BL, TG, ZH
Jakob und Jochem (2003)	Erneuerungsverhalten im Bereich Wohngebäude – eine quantitative Erhebung	EFH, MFH	Je rund 1'000	1986-2000	Kantone AG, BE, BL, TG, ZH

Quelle: Darstellung TEP Energy, übernommen aus Jakob et al. (2014)

8.2 Ergebnis ökonometrisches Modell Gebäudehülle

Tabelle 19: Energetische Erneuerungen der Elemente der Gebäudehülle: Ergebnisse des statistischen Modells. Pro Bauteil wird jede Erneuerung pro Renovierungsperiode (z.B. 1991_1995) als 1 gültige Beobachtung gewertet. Quelle: übernommen aus Jakob et al. (2024).

Signifikanzniveau: *** 000.1, ** 0.01, *0.05, . 0.1

Variable	Basis-Kategorie	estimate	std.error	statistic	p.value	Sign.	Odds Ratio
Intercept		-1.6989	0.061	-27.8394	0	***	0.18
AI (n= 8540)	Rest (n= 107128)	0.2906	0.144	2.0177	0.0436	*	1.34
AR (n= 8664)		0.1779	0.1665	1.068	0.2855		1.19
BL (n= 22536)		-0.0587	0.1207	-0.4859	0.6271		0.94
BS (n= 14324)		0.1737	0.1315	1.3207	0.1866		1.19
GL (n= 16352)		0.1374	0.115	1.1945	0.2323		1.15
NW (n= 11896)		-0.1087	0.1572	-0.6913	0.4894		0.90
OW (n= 7572)		0.2838	0.1677	1.6921	0.0906	.	1.33
SZ (n= 12640)		0.1711	0.1477	1.1591	0.2464		1.19
TI (n= 12892)		-0.4528	0.1632	-2.7751	0.0055	**	0.64
UR (n= 10272)		0.0993	0.1506	0.6592	0.5098		1.10
VD (n= 10944)		-0.0411	0.1604	-0.2565	0.7975		0.96
ZG (n= 9348)		0.349	0.1362	2.5629	0.0104	*	1.42
ZH (n= 15540)		-0.2249	0.1452	-1.5487	0.1214		0.80
Kellerdecke (n= 67162)	Fenster (n= 67162)	-1.3381	0.0949	-14.1018	0	***	0.26
Wand (n= 67162)		-0.9306	0.0868	-10.7157	0	***	0.39
Dach (n= 67162)		-0.642	0.0805	-7.9781	0	***	0.53
Renov 1991-1995 (n= 44716)	2001-2005 (n= 44756)	-0.1134	0.0988	-1.1471	0.2513		0.89
Renov 1996-2000 (n= 44716)		-0.0493	0.0897	-0.5494	0.5827		0.95
Renov 2006-2010 (n= 44784)		0.1333	0.0791	1.6855	0.0919	.	1.14
Renov 2011-2015 (n= 44816)		0.4042	0.0747	5.4117	0	***	1.50
Renov 2016-2019 (n= 44860)		0.3413	0.0733	4.6544	0	***	1.41
GBAUP 1946-1980 (n= 84284)	Bis 1945 (n= 82812)	-0.0457	0.0199	-2.2962	0.0217	*	0.96
GBAUP 1981-2000 (n= 55088)		-1.0088	0.0338	-29.89	0	***	0.36
GBAUP ab 2001 (n= 41712)		-2.5285	0.1138	-22.2131	0	***	0.08
MFH (n= 98384)	EFH (n= 106852)	-0.0678	0.0268	-2.5257	0.0115	*	0.93
NWG (n= 61612)		-0.2776	0.0358	-7.7466	0	***	0.76
ET Andere (n= 19576)	Heizöl (n= 114436)	-0.0235	0.036	-0.6543	0.5129		0.98
ET Fernwärme (n= 19816)		-0.3455	0.0443	-7.7998	0	***	0.71
ET Gas (n= 49700)		-0.213	0.0279	-7.6346	0	***	0.81
ET Holz (n= 22036)		0.035	0.0332	1.0527	0.2925		1.04
ET Wärmepumpe (n= 40028)		-0.2278	0.039	-5.8415	0	***	0.80
ET WeissNicht (n= 3056)		-0.1356	0.1363	-0.9948	0.3198		0.87
Fenster:Flachdach (n= 12442)		-0.0413	0.0408	-1.012	0.3115		0.96
Kellerd.:Flachdach (n= 12442)		-0.2029	0.0939	-2.1606	0.0307	*	0.82
Wand:Flachdach (n= 12442)		0.2847	0.061	4.6667	0	***	1.33
Dach:Flachdach (n= 12442)		0.4919	0.0501	9.8265	0	***	1.64
Fenster:K.A. (n= 3878)		0.0612	0.0533	1.1485	0.2508		1.06
Kellerdecke:K.A. (n= 3878)		-0.0974	0.1175	-0.8284	0.4074		0.91
Wand:K.A. (n= 3878)		0.1113	0.0969	1.1491	0.2505		1.12
Kellerdecke:1991_1995 (n= 11179)		0.4429	0.1453	3.0482	0.0023	**	1.56
Wand:1991_1995 (n= 11179)		0.3475	0.1363	2.5504	0.0108	*	1.42
Dach:1991_1995 (n= 11179)		0.1416	0.1323	1.0706	0.2843		1.15
Kellerdecke:1996_2000 (n= 11179)		0.2238	0.1344	1.6656	0.0958	.	1.25
Wand:1996_2000 (n= 11179)		0.1813	0.1243	1.4579	0.1449		1.20
Dach:1996_2000 (n= 11179)		0.1233	0.118	1.0446	0.2962		1.13
Kellerdecke:2006_2010 (n= 11196)		0.2566	0.1178	2.1777	0.0294	*	1.29
Wand:2006_2010 (n= 11196)		0.0215	0.1103	0.1953	0.8452		1.02
Dach:2006_2010 (n= 11196)		0.1186	0.1031	1.15	0.2502		1.13
Kellerdecke:2011_2015 (n= 11204)		0.1563	0.1131	1.3819	0.167		1.17
Wand:2011_2015 (n= 11204)		0.0755	0.1038	0.7281	0.4666		1.08
Dach:2011_2015 (n= 11204)		0.0252	0.0983	0.2559	0.798		1.03
Kellerdecke:2016_2019 (n= 11215)		0.0178	0.1125	0.1586	0.874		1.02
Wand:2016_2019 (n= 11215)		-0.0062	0.1023	-0.0611	0.9513		0.99
Dach:2016_2019 (n= 11215)		0.0915	0.0958	0.9556	0.3393		1.10
Kellerdecke:MFH (n= 24596)		-0.0056	0.0605	-0.093	0.9259		0.99
Wand:MFH (n= 24596)		0.1067	0.0554	1.925	0.0542	.	1.11
Dach:MFH (n= 24596)		-0.08	0.0497	-1.6085	0.1077		0.92

Energetische Erneuerungsraten im Gebäudebereich in der Periode von 2010 bis 2020

Kellerdecke:NWG (n= 15403)	-0.3018	0.0882	-3.4206	0.0006	***	0.74
Wand:NWG (n= 15403)	0.0665	0.0698	0.9539	0.3401		1.07
Dach:NWG (n= 15403)	-0.0333	0.0629	-0.53	0.5961		0.97
AI:1991_1995 (n= 1420)	0.1293	0.2433	0.5315	0.5951		1.14
AI:1996_2000 (n= 1420)	0.4401	0.2127	2.0688	0.0386	*	1.55
AI:2006_2010 (n= 1424)	-0.0382	0.1968	-0.194	0.8461		0.96
AI:2011_2015 (n= 1424)	-0.1467	0.1863	-0.7874	0.4311		0.86
AI:2016_2019 (n= 1432)	-0.441	0.1914	-2.3035	0.0212	*	0.64
AR:1991_1995 (n= 1440)	-1.0432	0.3609	-2.8906	0.0038	**	0.35
AR:1996_2000 (n= 1440)	0.3797	0.2418	1.57	0.1164		1.46
AR:2006_2010 (n= 1444)	0.4639	0.2095	2.2145	0.0268	*	1.59
AR:2011_2015 (n= 1448)	-0.1231	0.2106	-0.5846	0.5588		0.88
AR:2016_2019 (n= 1448)	0.009	0.2044	0.0439	0.965		1.01
BL:1991_1995 (n= 3752)	-0.4025	0.2254	-1.7859	0.0741	.	0.67
BL:1996_2000 (n= 3752)	-0.007	0.1901	-0.0366	0.9708		0.99
BL:2006_2010 (n= 3756)	-0.0099	0.165	-0.0599	0.9522		0.99
BL:2011_2015 (n= 3760)	-0.231	0.1567	-1.4744	0.1404		0.79
BL:2016_2019 (n= 3760)	-0.1362	0.1527	-0.8925	0.3721		0.87
BS:1991_1995 (n= 2384)	-0.2674	0.235	-1.1382	0.255		0.77
BS:1996_2000 (n= 2384)	-0.1583	0.2085	-0.7589	0.4479		0.85
BS:2006_2010 (n= 2384)	0.0137	0.1777	0.0769	0.9387		1.01
BS:2011_2015 (n= 2388)	-0.2385	0.1698	-1.4048	0.1601		0.79
BS:2016_2019 (n= 2400)	-0.3456	0.171	-2.0219	0.0432	*	0.71
GL:1991_1995 (n= 2720)	0.1498	0.1844	0.8121	0.4167		1.16
GL:1996_2000 (n= 2720)	-0.234	0.1851	-1.2638	0.2063		0.79
GL:2006_2010 (n= 2724)	-0.5058	0.1692	-2.9898	0.0028	**	0.60
GL:2011_2015 (n= 2732)	-0.2067	0.1488	-1.3893	0.1647		0.81
GL:2016_2019 (n= 2736)	-0.4237	0.1513	-2.8001	0.0051	**	0.65
NW:1991_1995 (n= 1980)	-0.802	0.3355	-2.3904	0.0168	*	0.45
NW:1996_2000 (n= 1980)	-0.0029	0.2446	-0.012	0.9904		1.00
NW:2006_2010 (n= 1984)	0.3687	0.203	1.8164	0.0693	.	1.45
NW:2011_2015 (n= 1984)	0.3308	0.1925	1.7185	0.0857	.	1.39
NW:2016_2019 (n= 1984)	0.1627	0.1914	0.8501	0.3953		1.18
OW:1991_1995 (n= 1260)	0.152	0.2715	0.5599	0.5756		1.16
OW:1996_2000 (n= 1260)	-0.1624	0.2694	-0.6027	0.5467		0.85
OW:2006_2010 (n= 1264)	-0.2032	0.2322	-0.8752	0.3815		0.82
OW:2011_2015 (n= 1264)	-0.5123	0.229	-2.2376	0.0252	*	0.60
OW:2016_2019 (n= 1264)	-0.3547	0.2174	-1.6315	0.1028		0.70
SZ:1991_1995 (n= 2104)	0.2695	0.2489	1.0828	0.2789		1.31
SZ:1996_2000 (n= 2104)	-0.2198	0.2465	-0.8915	0.3727		0.80
SZ:2006_2010 (n= 2108)	-0.0456	0.207	-0.2203	0.8256		0.96
SZ:2011_2015 (n= 2108)	-0.6686	0.2044	-3.2714	0.0011	**	0.51
SZ:2016_2019 (n= 2108)	-0.2436	0.1916	-1.2715	0.2036		0.78
TI:1991_1995 (n= 2144)	-0.0224	0.2617	-0.0854	0.9319		0.98
TI:1996_2000 (n= 2144)	0.1987	0.2349	0.8459	0.3976		1.22
TI:2006_2010 (n= 2152)	0.4191	0.2068	2.0265	0.0427	*	1.52
TI:2011_2015 (n= 2152)	0.191	0.2011	0.9499	0.3421		1.21
TI:2016_2019 (n= 2152)	0.4418	0.1954	2.2602	0.0238	*	1.56
UR:1991_1995 (n= 1708)	-0.1796	0.2667	-0.6735	0.5007		0.84
UR:1996_2000 (n= 1708)	0.0575	0.2313	0.2486	0.8037		1.06
UR:2006_2010 (n= 1712)	-0.0156	0.2069	-0.0752	0.9401		0.98
UR:2011_2015 (n= 1716)	-0.4537	0.2007	-2.2604	0.0238	*	0.64
UR:2016_2019 (n= 1716)	-0.3656	0.1985	-1.8421	0.0655	.	0.69
VD:1991_1995 (n= 1824)	-0.8353	0.3254	-2.5668	0.0103	*	0.43
VD:1996_2000 (n= 1824)	-0.406	0.2669	-1.5209	0.1283		0.67
VD:2006_2010 (n= 1824)	0.3877	0.2088	1.8566	0.0634	.	1.47
VD:2011_2015 (n= 1824)	-0.2324	0.2117	-1.0982	0.2721		0.79
VD:2016_2019 (n= 1824)	0.2506	0.1983	1.2638	0.2063		1.28
ZG:1991_1995 (n= 1552)	-0.2571	0.2378	-1.0811	0.2796		0.77
ZG:1996_2000 (n= 1552)	-0.0747	0.2172	-0.3439	0.7309		0.93
ZG:2006_2010 (n= 1560)	-0.4394	0.2024	-2.1714	0.0299	*	0.64
ZG:2011_2015 (n= 1564)	-0.5043	0.1912	-2.6378	0.0083	**	0.60
ZG:2016_2019 (n= 1564)	-0.5247	0.1884	-2.7855	0.0053	**	0.59
ZH:1991_1995 (n= 2588)	0.2943	0.2253	1.3065	0.1914		1.34
ZH:1996_2000 (n= 2588)	0.4589	0.208	2.2062	0.0274	*	1.58
ZH:2006_2010 (n= 2592)	-0.0005	0.1985	-0.0026	0.9979		1.00
ZH:2011_2015 (n= 2592)	-0.0169	0.1848	-0.0917	0.9269		0.98
ZH:2016_2019 (n= 2592)	0.1412	0.1817	0.7771	0.4371		1.15

Tabelle 20: Energetische Erneuerungen der Elemente der Gebäudehülle: Ergebnisse des statistischen Modells (Variante ohne Kantonsvariablen). Pro Bauteil wird jede Erneuerung pro Renovierungsperiode (z.B. 1991_1995) als 1 gültige Beobachtung gewertet.

Signifikanzniveau: *** 0.00.1, ** 0.01, *0.05, . 0.1

Variable	Basis-Kategorie	estimate	std.error	statistic	p.value	Sign.	Odds Ratio
Intercept		-2.0145	0.0416	-48.4093	0	***	0.1334
Kellerdecke (n= 67162)	Fenster (n= 67162)	-1.285	0.0847	-15.1711	0	***	0.2767
Wand (n= 67162)		-0.9491	0.0765	-12.3994	0	***	0.3871
Dach (n= 67162)		-0.698	0.0718	-9.7203	0	***	0.4976
Renov 1991_1995 (n= 44716)	2001-2005 (n= 44756)	-0.5154	0.0628	-8.2042	0	***	0.5973
Renov 1996_2000 (n= 44716)		-0.1605	0.0576	-2.7888	0.0053	**	0.8517
Renov 2006_2010 (n= 44784)		0.3011	0.0532	5.6579	0	***	1.3514
Renov 2011_2015 (n= 44816)		0.5263	0.0519	10.1377	0	***	1.6927
Renov 2016_2019 (n= 44860)		0.5788	0.0518	11.1803	0	***	1.7839
GBAUP 1946-1980 (n= 84284)	Bis 1945 (n= 82812)	-0.0132	0.017	-0.7756	0.438		0.9869
GBAUP 1981-2000 (n= 55088)		-1.0238	0.0298	-34.413	0	***	0.3592
GBAUP ab 2001 (n= 41712)		-1.8384	0.0578	-31.8085	0	***	0.1591
MFH (n= 98384)	EFH (n= 106852)	-0.0285	0.0218	-1.3069	0.1913		0.9719
NWG (n= 61612)		-0.1924	0.0314	-6.1293	0	***	0.825
ET Andere (n= 19576)	Heizöl (n= 114436)	-0.0687	0.0313	-2.1996	0.0278	*	0.9336
ET Fernwärme (n= 19816)		-0.3385	0.0386	-8.7786	0	***	0.7128
ET Gas (n= 49700)		-0.2246	0.0232	-9.6803	0	***	0.7988
ET Holz (n= 22036)		0.0498	0.0284	1.7513	0.0799	.	1.051
ET Wärmepumpe (n= 40028)		-0.353	0.0365	-9.6714	0	***	0.7026
ET WeissNicht (n= 3056)		-0.2348	0.1007	-2.3318	0.0197	*	0.7908
Fenster:Flachdach (n= 12442)		-0.1101	0.0349	-3.1514	0.0016	**	0.8958
Kellerdecke:Flachdach (n= 12442)		-0.2638	0.0813	-3.2462	0.0012	**	0.7681
Wand:Flachdach (n= 12442)		0.1468	0.0546	2.6895	0.0072	**	1.1581
Dach:Flachdach (n= 12442)		0.3029	0.0455	6.6517	0	***	1.3538
Fenster:K.A. (n= 3878)		0.0213	0.0452	0.4706	0.6379		1.0215
Kellerdecke:K.A. (n= 3878)		-0.1907	0.1096	-1.7404	0.0818	.	0.8264
Wand:K.A. (n= 3878)		0.0783	0.0858	0.9128	0.3614		1.0815
Kellerdecke:1991_1995 (n= 11179)		0.4702	0.1195	3.9345	0.0001	***	1.6003
Wand:1991_1995 (n= 11179)		0.3318	0.1102	3.0122	0.0026	**	1.3935
Dach:1991_1995 (n= 11179)		0.2941	0.1061	2.772	0.0056	**	1.3419
Kellerdecke:1996_2000 (n= 11179)		0.1883	0.1154	1.6317	0.1027		1.2071
Wand:1996_2000 (n= 11179)		0.1026	0.1049	0.9786	0.3278		1.1081
Dach:1996_2000 (n= 11179)		0.0641	0.1007	0.6367	0.5243		1.0662
Kellerdecke:2006_2010 (n= 11196)		0.2465	0.105	2.3479	0.0189	*	1.2795
Wand:2006_2010 (n= 11196)		-0.0061	0.0969	-0.0628	0.9499		0.9939
Dach:2006_2010 (n= 11196)		0.1149	0.092	1.2498	0.2114		1.1218
Kellerdecke:2011_2015 (n= 11204)		0.1252	0.1033	1.2117	0.2256		1.1334
Wand:2011_2015 (n= 11204)		0.0584	0.0935	0.6248	0.5321		1.0602
Dach:2011_2015 (n= 11204)		0.068	0.0897	0.7582	0.4483		1.0704
Kellerdecke:2016_2019 (n= 11215)		-0.0008	0.1042	-0.0078	0.9938		0.9992
Wand:2016_2019 (n= 11215)		0.0077	0.0936	0.0819	0.9347		1.0077
Dach:2016_2019 (n= 11215)		0.1504	0.0888	1.6942	0.0902	.	1.1623
Kellerdecke:MFH (n= 24596)		-0.0621	0.0531	-1.169	0.2424		0.9398
Wand:MFH (n= 24596)		0.1243	0.0485	2.562	0.0104	*	1.1324
Dach:MFH (n= 24596)		-0.0729	0.0433	-1.6833	0.0923	.	0.9297
Kellerdecke:NWG (n= 15403)		-0.2993	0.0792	-3.7793	0.0002	***	0.7413
Wand:NWG (n= 15403)		0.1501	0.0625	2.4008	0.0164	*	1.162
Dach:NWG (n= 15403)		0.0065	0.0566	0.1146	0.9087		1.0065

Tabelle 21: Instandsetzung der Elemente der Gebäudehülle: Ergebnisse des statistischen Modells. Pro Bauteil wird jede Erneuerung pro Renovierungsperiode (z.B. 1991_1995) als gültige Beobachtung gewertet.

Variable	Basis-Kategorie	estimate	std.error	statistic	p.value	Sign.	Odds Ratio
Intercept		-2.7516	0.112	-24.562	0	***	0.0638
AI (n= 2479)	Rest (n= 29192)	-0.2694	0.2962	-0.9096	0.363		0.7638
AR (n= 2243)		0.2997	0.2565	1.1684	0.2426		1.3495
BL (n= 6048)		0.1149	0.1744	0.6586	0.5102		1.1217
BS (n= 3707)		0.332	0.1943	1.7082	0.0876		1.3937
GL (n= 5191)		0.0223	0.1864	0.1198	0.9046		1.0226
NW (n= 3157)		0.2146	0.2233	0.9611	0.3365		1.2394
OW (n= 2049)		0.3532	0.2572	1.3735	0.1696		1.4237
SZ (n= 2845)		0.1308	0.2386	0.5482	0.5836		1.1397
TI (n= 4346)		-0.2789	0.2293	-1.2165	0.2238		0.7566
UR (n= 2861)		-0.3751	0.2915	-1.2869	0.1981		0.6872
VD (n= 3154)		-0.2677	0.2629	-1.0184	0.3085		0.7651
ZG (n= 2814)		0.0755	0.2326	0.3248	0.7453		1.0785
ZH (n= 4137)		0.012	0.2061	0.0583	0.9535		1.0121
Wand (n= 26194)		Roof (n= 29184)	-0.555	0.138	-4.0211	0.0001	***
Dach (n= 29184)	-0.06		0.1162	-0.5161	0.6058		0.9418
Renov 1991_1995 (n= 5644)	2001-2005 (n= 11797)	-0.2795	0.2016	-1.3861	0.1657		0.7562
Renov 1996_2000 (n= 8283)		0.17	0.156	1.0899	0.2757		1.1853
Renov 2006_2010 (n= 13756)		0.4146	0.1376	3.0139	0.0026	**	1.5137
Renov 2011_2015 (n= 16108)		0.5559	0.1302	4.2699	0	***	1.7435
Renov 2016_2019 (n= 18635)		0.8369	0.1245	6.7228	0	***	2.3091
GBAUP 1946-1980 (n= 17002)	Bis 1945 (n= 27786)	-0.0834	0.0377	-2.2108	0.0271	*	0.92
GBAUP 1981-2000 (n= 10150)		-0.2064	0.0467	-4.4207	0	***	0.8135
GBAUP ab 2001 (n= 19285)		-0.5668	0.043	-13.1695	0	***	0.5673
MFH (n= 25904)	EFH (n= 29649)	-0.1288	0.0638	-2.0167	0.0437	*	0.8792
NWG (n= 18670)		-0.332	0.0749	-4.4316	0	***	0.7175
Andere (n= 6035)	Heizöl (n= 35557)	0.0038	0.0569	0.0661	0.9473		1.0038
Fernwärme (n= 5105)		-0.1434	0.0624	-2.2984	0.0215	*	0.8664
Gas (n= 13921)		-0.142	0.0422	-3.3686	0.0008	***	0.8676
Holz (n= 6283)		0.0756	0.0541	1.3967	0.1625		1.0785
Wärmepumpe (n= 6767)		-0.1292	0.0595	-2.1728	0.0298	*	0.8788
WeissNicht (n= 555)		-0.2583	0.2035	-1.2694	0.2043		0.7724
Fenster:Flachdach (n= 2602)		-0.1307	0.0954	-1.3698	0.1708		0.8775
Wand:Flachdach (n= 3453)	0.1708	0.0991	1.7226	0.085		1.1862	
Dach:Flachdach (n= 4059)	0.9692	0.0459	21.1374	0	***	2.6358	
Fenster:K.A. (n= 1048)	0.0164	0.117	0.1401	0.8886		1.0165	
Wand:K.A. (n= 1442)	0.0533	0.143	0.3726	0.7094		1.0547	
Wand:1991_1995 (n= 2016)	0.4341	0.2415	1.798	0.0722		1.5436	
Dach:1991_1995 (n= 2292)	0.7183	0.2066	3.4771	0.0005	***	2.051	
Wand:1996_2000 (n= 2917)	0.0011	0.1958	0.0054	0.9957		1.0011	
Dach:1996_2000 (n= 3347)	0.0427	0.1661	0.2571	0.7971		1.0436	
Wand:2006_2010 (n= 4839)	-0.2491	0.1724	-1.4449	0.1485		0.7795	
Dach:2006_2010 (n= 5401)	-0.1018	0.1444	-0.7052	0.4807		0.9032	
Wand:2011_2015 (n= 5697)	-0.2059	0.1632	-1.2615	0.2071		0.8139	
Dach:2011_2015 (n= 6300)	-0.1073	0.1381	-0.7767	0.4373		0.8983	
Wand:2016_2019 (n= 6607)	-0.3236	0.1554	-2.0832	0.0372	*	0.7235	
Dach:2016_2019 (n= 7209)	-0.2735	0.1315	-2.0793	0.0376	*	0.7607	
Wand:MFH (n= 9202)	0.0118	0.0973	0.1217	0.9031		1.0119	
Dach:MFH (n= 10443)	0.0904	0.0778	1.1612	0.2456		1.0946	
Wand:NWG (n= 6630)	0.0513	0.1146	0.4476	0.6545		1.0526	
Dach:NWG (n= 6859)	0.2287	0.0899	2.544	0.011	*	1.257	
AI:1991_1995 (n= 158)	0.6271	0.434	1.445	0.1485		1.8722	
AI:1996_2000 (n= 170)	-2.5912	1.0477	-2.4732	0.0134	*	0.0749	
AI:2006_2010 (n= 395)	-0.9814	0.3809	-2.5762	0.01	**	0.3748	
AI:2011_2015 (n= 302)	-0.5861	0.3641	-1.6097	0.1075		0.5565	
AI:2016_2019 (n= 434)	0.2532	0.2819	0.8981	0.3691		1.2881	
AR:1991_1995 (n= 207)	-0.6987	0.4632	-1.5084	0.1314		0.4972	
AR:1996_2000 (n= 141)	-1.1073	0.583	-1.8994	0.0575		0.3305	
AR:2006_2010 (n= 153)	0.1571	0.4124	0.3809	0.7033		1.1701	
AR:2011_2015 (n= 375)	-0.2037	0.3763	-0.5415	0.5882		0.8157	
AR:2016_2019 (n= 206)	-0.0229	0.4777	-0.048	0.9617		0.9773	
BL:1991_1995 (n= 269)	-0.1885	0.4259	-0.4426	0.658		0.8282	
BL:1996_2000 (n= 224)	-0.0848	0.3783	-0.2241	0.8227		0.9187	
BL:2006_2010 (n= 338)	-0.3679	0.3645	-1.0093	0.3128		0.6922	
BL:2011_2015 (n= 244)	0.7123	0.3996	1.7822	0.0747		2.0386	
BL:2016_2019 (n= 236)	0.09	0.3742	0.2405	0.8099		1.0942	
BS:1991_1995 (n= 612)	0.0801	0.2628	0.3048	0.7605		1.0834	
BS:1996_2000 (n= 421)	-0.1136	0.2998	-0.379	0.7047		0.8926	
BS:2006_2010 (n= 588)	-0.2145	0.2874	-0.7465	0.4554		0.8069	
BS:2011_2015 (n= 336)	-1.0103	0.4405	-2.2937	0.0218	*	0.3641	
BS:2016_2019 (n= 215)	0.1414	0.3798	0.3722	0.7098		1.1518	
GL:1991_1995 (n= 279)	-0.2178	0.3861	-0.564	0.5727		0.8043	
GL:1996_2000 (n= 548)	0.1632	0.3216	0.5075	0.6118		1.1773	
GL:2006_2010 (n= 311)	0.619	0.3882	1.5947	0.1108		1.8571	
GL:2011_2015 (n= 373)	0.3342	0.3639	0.9184	0.3584		1.3968	
GL:2016_2019 (n= 323)	-0.1302	0.3597	-0.3621	0.7173		0.8779	

Energetische Erneuerungsraten im Gebäudebereich in der Periode von 2010 bis 2020

NW:1991_1995 (n= 482)	-0.5123	0.3479	-1.4725	0.1409		0.5991
NW:1996_2000 (n= 479)	0.248	0.368	0.674	0.5003		1.2815
NW:2006_2010 (n= 401)	-0.3962	0.3544	-1.1179	0.2636		0.6729
NW:2011_2015 (n= 1126)	-0.1193	0.2332	-0.5115	0.609		0.8876
NW:2016_2019 (n= 671)	-0.3166	0.2714	-1.1664	0.2434		0.7287
OW:1991_1995 (n= 960)	-0.3987	0.2611	-1.527	0.1268		0.6712
OW:1996_2000 (n= 597)	-0.2321	0.3034	-0.7648	0.4444		0.7929
OW:2006_2010 (n= 392)	-0.6723	0.3748	-1.7937	0.0729		0.5106
OW:2011_2015 (n= 541)	-0.2438	0.3279	-0.7436	0.4571		0.7836
OW:2016_2019 (n= 808)	0.513	0.2789	1.8393	0.0659		1.6703
SZ:1991_1995 (n= 539)	-0.2578	0.3966	-0.6502	0.5156		0.7727
SZ:1996_2000 (n= 592)	0.5451	0.3208	1.6989	0.0893		1.7247
SZ:2006_2010 (n= 520)	-0.256	0.3267	-0.7834	0.4334		0.7742
SZ:2011_2015 (n= 771)	-0.1453	0.2796	-0.5199	0.6031		0.8647
SZ:2016_2019 (n= 565)	0.2026	0.3529	0.5741	0.5659		1.2246
Ti:1991_1995 (n= 509)	-0.5732	0.3415	-1.6785	0.0932		0.5637
Ti:1996_2000 (n= 1347)	-0.6131	0.2341	-2.6184	0.0088	**	0.5417
Ti:2006_2010 (n= 808)	-0.1003	0.245	-0.4093	0.6823		0.9046
Ti:2011_2015 (n= 1142)	-0.1469	0.2364	-0.6215	0.5343		0.8634
Ti:2016_2019 (n= 699)	-0.2195	0.2864	-0.7667	0.4433		0.8029
UR:1991_1995 (n= 455)	-0.9056	0.3635	-2.4912	0.0127	*	0.4043
UR:1996_2000 (n= 656)	-0.3128	0.3112	-1.0052	0.3148		0.7314
UR:2006_2010 (n= 927)	0.2371	0.2743	0.8644	0.3874		1.2676
UR:2011_2015 (n= 637)	0.0176	0.3584	0.0492	0.9607		1.0178
UR:2016_2019 (n= 658)	0.2845	0.3173	0.8967	0.3699		1.3291
VD:1991_1995 (n= 589)	-0.3862	0.314	-1.2299	0.2187		0.6797
VD:1996_2000 (n= 868)	-0.3096	0.2707	-1.1438	0.2527		0.7337
VD:2006_2010 (n= 636)	0.1229	0.3473	0.3538	0.7235		1.1308
VD:2011_2015 (n= 603)	-0.294	0.311	-0.9453	0.3445		0.7453
VD:2016_2019 (n= 1595)	-0.2854	0.2137	-1.3359	0.1816		0.7517
ZG:1991_1995 (n= 931)	-0.2639	0.2382	-1.1076	0.268		0.7681
ZG:1996_2000 (n= 1220)	-0.4788	0.2354	-2.0336	0.042	*	0.6196
ZG:2006_2010 (n= 807)	-0.2962	0.2756	-1.0748	0.2825		0.7437
ZG:2011_2015 (n= 533)	-0.6019	0.3299	-1.8248	0.068		0.5478
ZG:2016_2019 (n= 743)	-0.4929	0.2999	-1.6437	0.1002		0.6108
ZH:1991_1995 (n= 1019)	0.2976	0.2668	1.1154	0.2647		1.3466
ZH:1996_2000 (n= 710)	0.1803	0.3394	0.5313	0.5952		1.1976
ZH:2006_2010 (n= 754)	0.4591	0.3031	1.5144	0.1299		1.5826
ZH:2011_2015 (n= 675)	0.0742	0.2794	0.2654	0.7907		1.077
ZH:2016_2019 (n= 979)	-0.4289	0.2627	-1.6328	0.1025		0.6512

8.3 Energetische Erneuerungsrate im Vergleich zum letzten Synthesebericht: Wohn- und Nicht-Wohngebäude in der Übersicht

In Tabelle 22 sind die Angaben zu den Wohn- und Nicht-Wohngebäuden in der Übersicht zusammengestellt. Zwischen den Bauelementen, Bauperioden und Gebäudetypen sind gewisse Ähnlichkeiten, aber zum Teil auch deutliche Unterschiede zu erkennen:

- Beim Fenster ergibt sich gemäss Jakob und Unterhollenberg (2013) bei den MFH eine durchschnittliche Erneuerungsrate von rund 4% pro Jahr für die Periode 1996 bis 2010 (ohne Heruntergewichtung der teilweise und teilflächig erneuerten Gebäudeelemente). Bei den EFH liegt die entsprechende Rate leicht tiefer für die Periode 1996 bis 2009. Zu betonen ist, dass diese Werte nicht den gesamten Wohngebäudebestand, sondern nur die Bauperioden bis und mit 1990 betrifft.
- Bei den Fassaden beträgt die analog definierte mittlere energetische Jahreserneuerungsrate bei den MFH (Periode 1996 bis 2010) und bei den DL-Gebäuden (Periode 2000 bis 2012) rund 1.0%/a, bei den EFH bei 0.6% pro Jahr. (für die Periode 1996 bis 2009).
- Bei der Kellerdecke ist sie bei den MFH mit 1.1%/Jahr ähnlich hoch, bei den EFH wiederum deutlich tiefer in den oben genannten.
- Wesentlich höher ist sie jedoch bei den Steildächern (MFH: 1.8%/a, EFH 1.2%/a, DL: rund 2%/a) und vor allem bei den Flachdächern (MFH: 2.4%/a).

Tabelle 22 Rate der energetischen Verbesserungen bei Wohn- und Dienstleistungsgebäuden in den Jahren 2001 bis 2010 (Links: Summe der Nennungen, teilweise und teilflächig erneuerte Bauelemente gleich vollständig erneuerte Bauelemente gezählt, siehe Tabelle X in Jakob et al. 2014). Rechts: Ohne Heruntergewichtung von Mehrfachnennungen gemäss Tabelle 1, jedoch mit Skalierung mit Faktor 0.7 (=–30%).

Gebäudeelement	Bauperiode	Bericht 2014 (Jakob et al. 2014) (ZH, BL, TG, BE, AG)		Dieser Bericht (nur Kantone ZH, BL, TG, BE, AG)	
		EFH	MFH	EFH	MFH
Flachdach	Bis 1946	k.A.	k.A.	2.0%	1.8%
	1946 - 1970	0.5%	1.7%	2.3%	1.6%
	1971 - 1980	0.9%	3.0%	1.8%	1.4%
	1981 - 1990	0.9%	2.2%	1.3%	0.8%
Steildach	Bis 1946	0.5%	1.5%	1.4%	1.1%
	1946 - 1970	0.7%	1.3%	1.5%	1.1%
	1971 - 1980	0.7%	2.1%	1.3%	1.0%
	1981 - 1990	0.3%	1.2%	0.7%	0.5%
Aussenwand	Bis 1946	0.4%	0.6%	0.9%	0.9%
	1946 - 1970	0.5%	0.4%	1.0%	0.9%
	1971 - 1980	0.5%	1.1%	0.8%	0.9%
	1981 - 1990	0.5%	0.6%	0.5%	0.4%
Fenster	Bis 1946	2.1%	2.8%	2.3%	2.0%
	1946 - 1970	2.2%	2.9%	2.4%	1.9%
	1971 - 1980	2.2%	3.8%	2.1%	1.7%
	1981 - 1990	1.7%	2.7%	1.3%	1.0%
Kellerdecke	Bis 1946	0.3%	0.7%	0.7%	0.6%
	1946 - 1970	0.3%	1.1%	0.7%	0.6%
	1971 - 1980	0.3%	1.2%	0.6%	0.5%
	1981 - 1990	0.4%	0.5%	0.3%	0.3%

Quelle: Jakob et al (2014), dieser Bericht. Darstellung TEP Energy

8.4 Auswertungen im Bereich Heizungsanlagen

8.4.1 Instandsetzungs- und Ersatztätigkeit im Bereich Heizungsanlagen

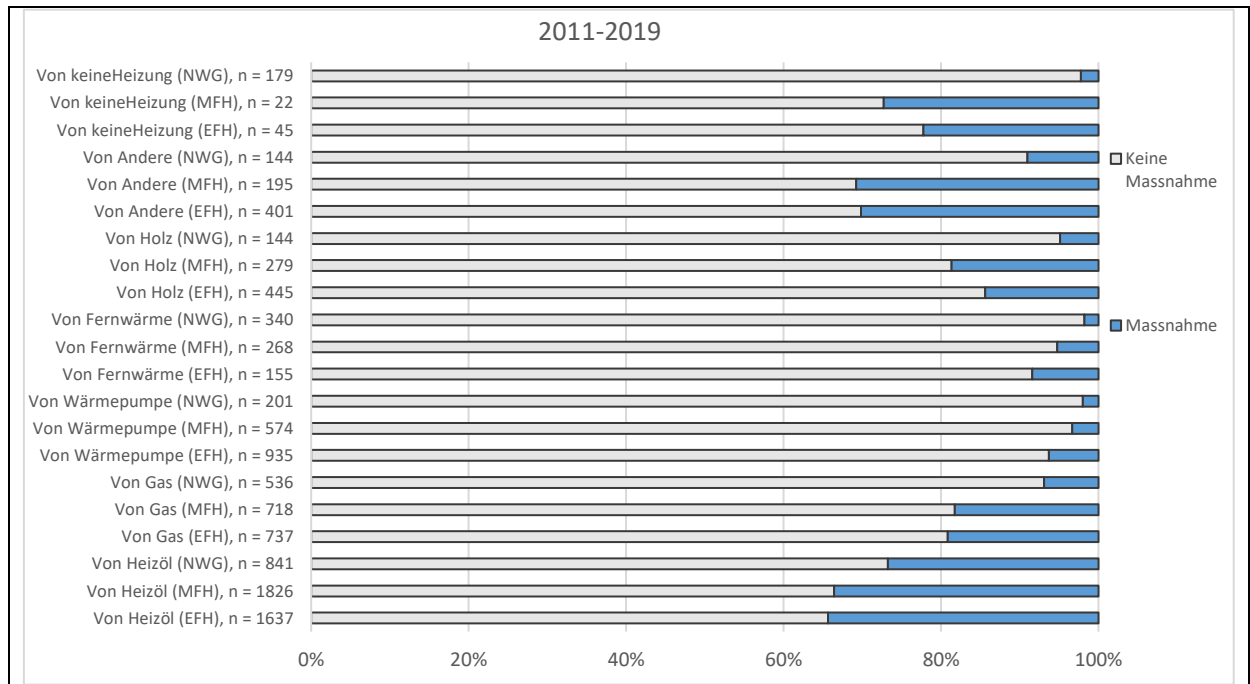


Abbildung 15 Massnahmen zwischen 2011-2019 im Bereich Heizungsanlagen (ohne Massnahme «Brennerersatz»), Auswertung der Stichprobe, differenziert nach Heizsystem. 100% = alle Gebäude mit dem betreffenden Heizsystem (deskriptive Statistik der Stichprobe, ohne Gewichtung und ohne Regressionsmodell).

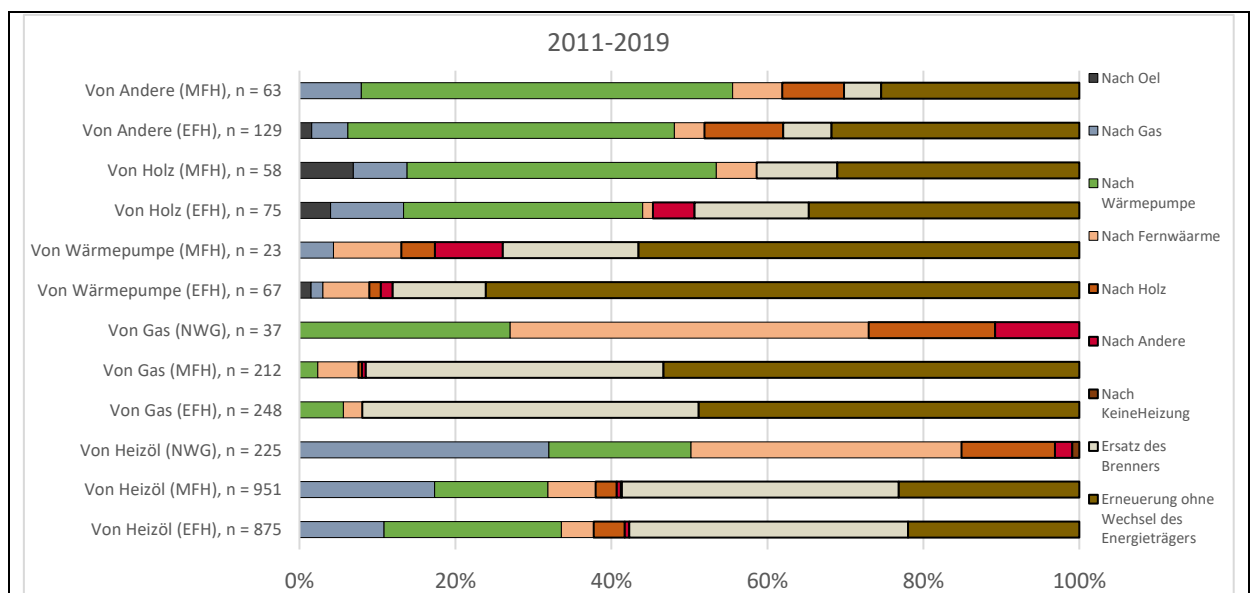


Abbildung 16 Massnahmen zwischen 2011-2019 im Bereich Heizungsanlagen Auswertung der Stichprobe, differenziert nach Heizsystem. 100% = nur Gebäude mit dem betreffenden Heizsystem, die in der jeweiligen 9-Jahresperiode eine Massnahme umgesetzt haben (deskriptive Statistik der Stichprobe, ohne Gewichtung und ohne Regressionsmodell).

8.4.2 Sankey Heizungssystemmassnahmen: alternative Darstellung mit allen Arten von Massnahmen

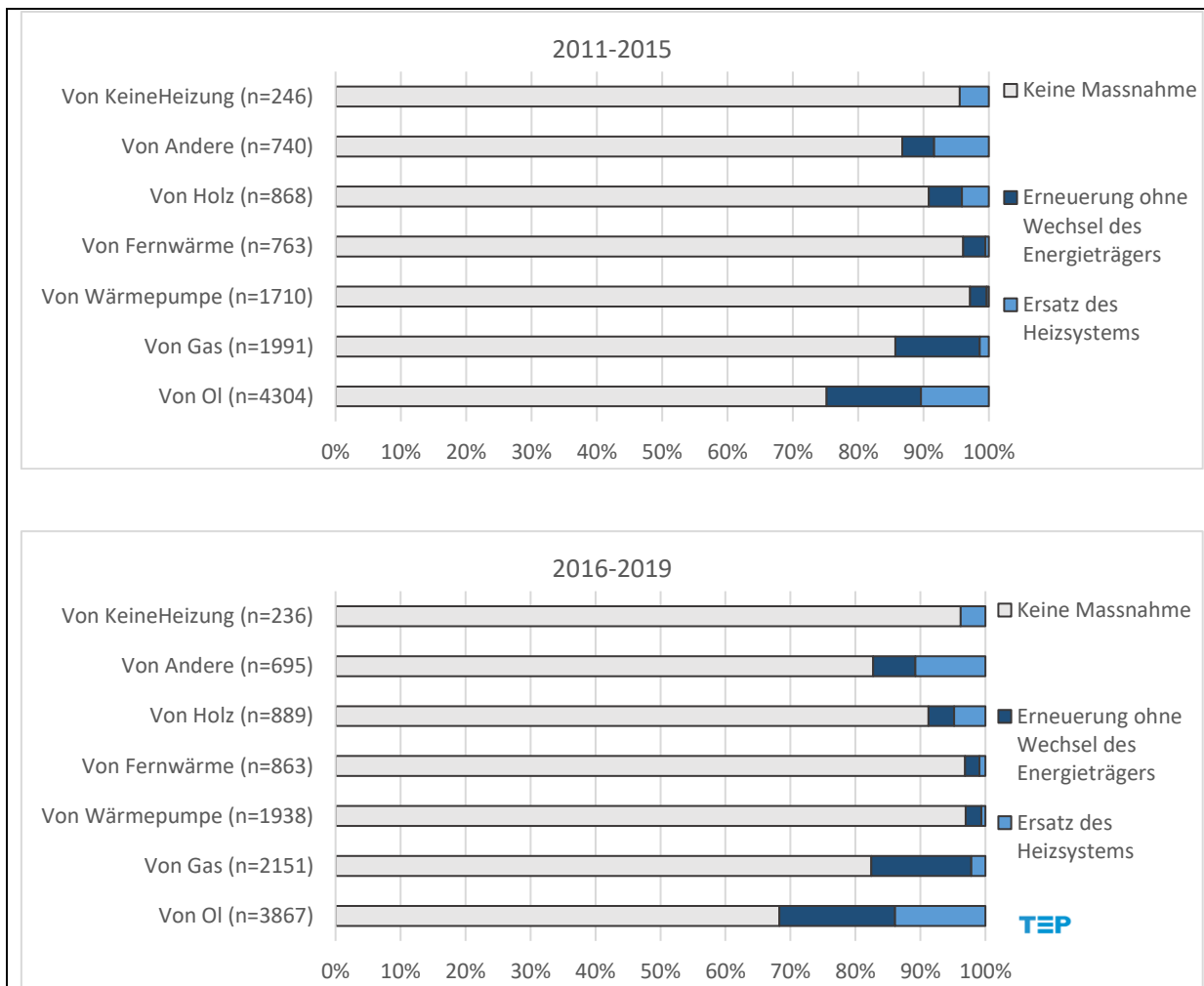


Abbildung 17 Massnahmen zwischen 2011-2019 im Bereich Heizungsanlagen (inkl. Brennersatz) bei der Stichprobe, differenziert nach Heizsystem. 100% = alle Gebäude mit dem betreffenden Heizsystem.

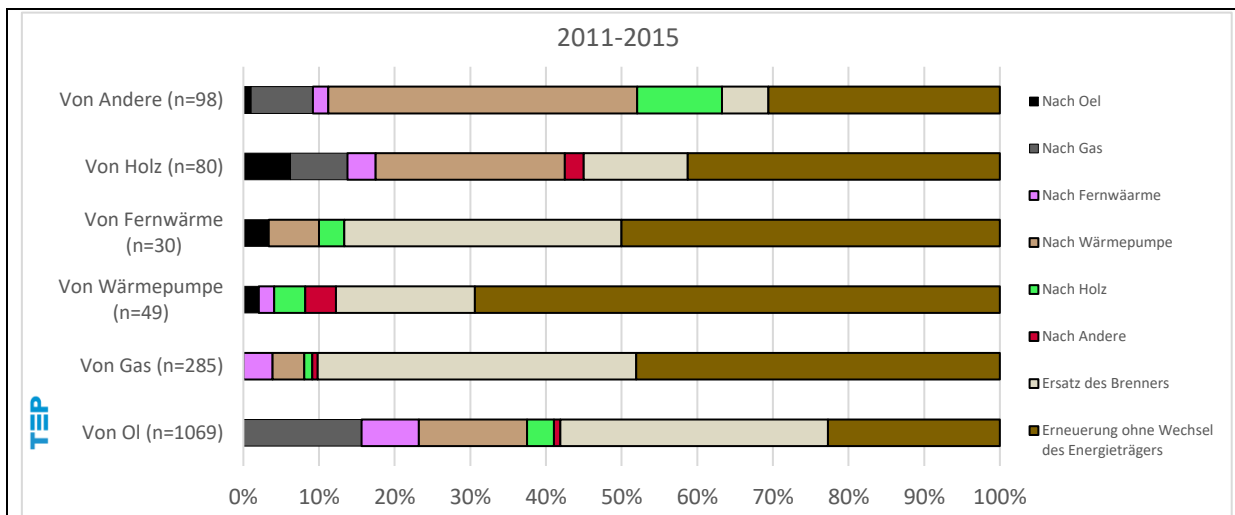


Abbildung 18 Massnahmen zwischen 2011-2015 im Bereich Heizungsanlagen bei der Stichprobe, differenziert nach Heizsystem. 100% = nur Gebäude mit dem betreffenden Heizsystem, die in dieser 5-Jahresperiode eine Massnahme umgesetzt haben.

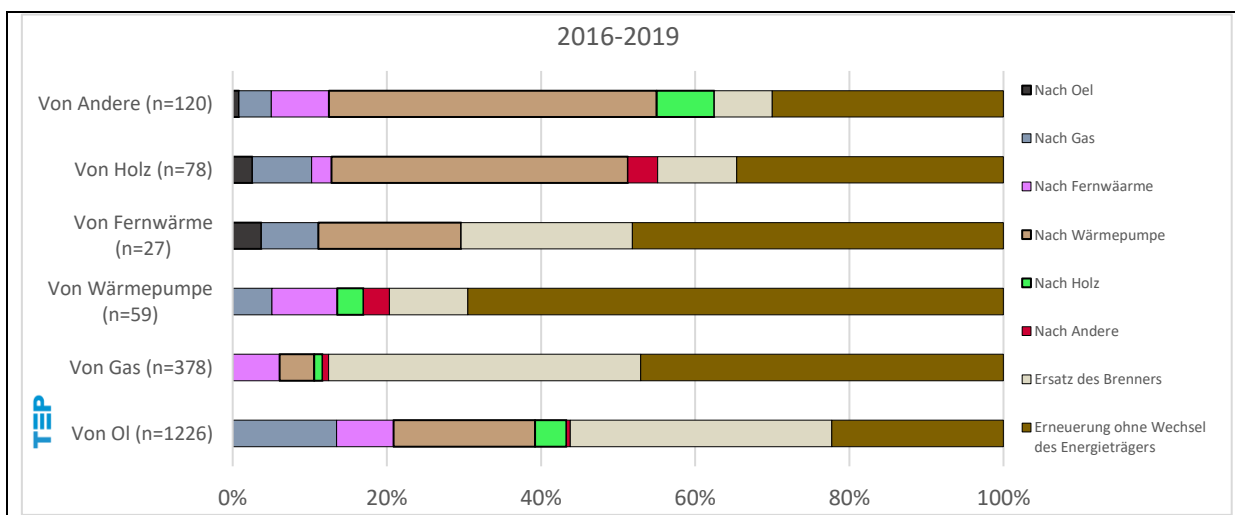


Abbildung 19 Massnahmen zwischen 2016-2019 im Bereich Heizungsanlagen bei der Stichprobe, differenziert nach Heizsystem. 100% = nur Gebäude mit dem betreffenden Heizsystem, die in dieser 4-Jahresperiode eine Massnahme umgesetzt haben.

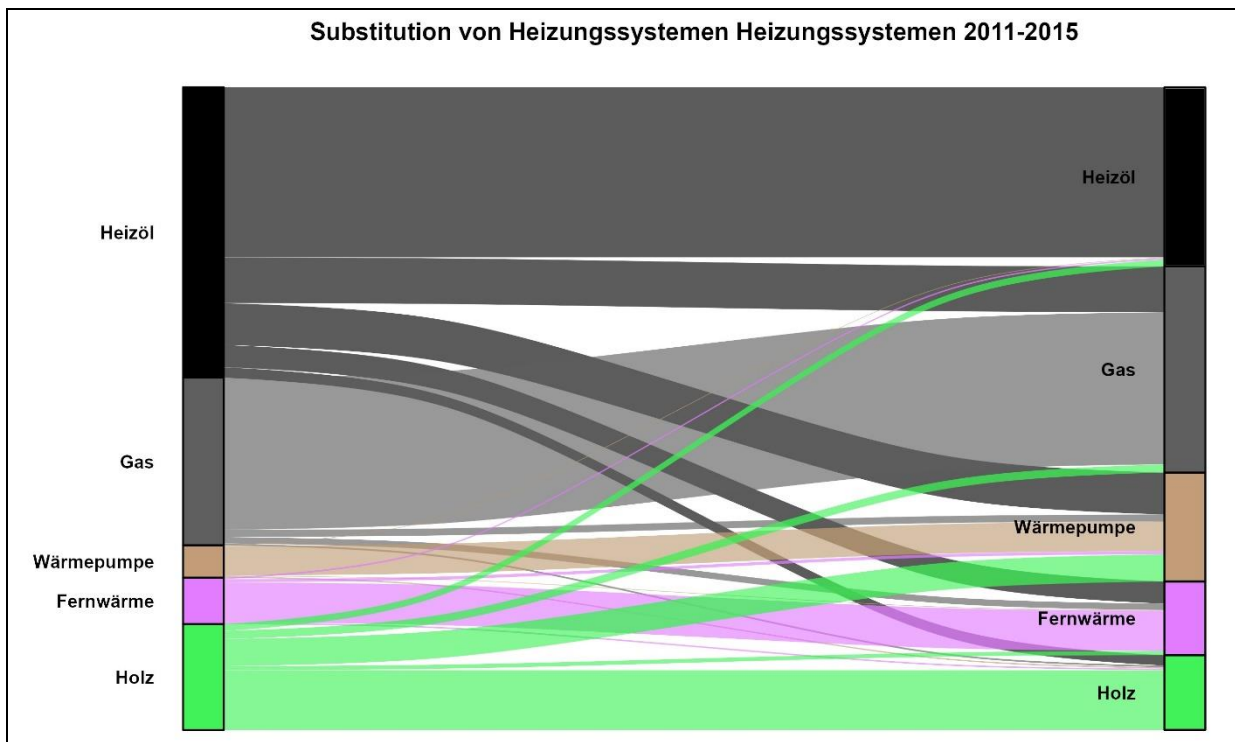


Abbildung 20 Sankey-Diagramm der Wechsel-Beziehungen zwischen den verschiedenen Heizungssystemen. Dargestellt sind die Anteile der Heizanlagen, die zwischen 2011 und 2015 eine Massnahme ergriffen (blau formatiert in Abbildung 16). Es handelt sich um eine alternative Darstellung der in Abbildung 18 dargestellten Daten.

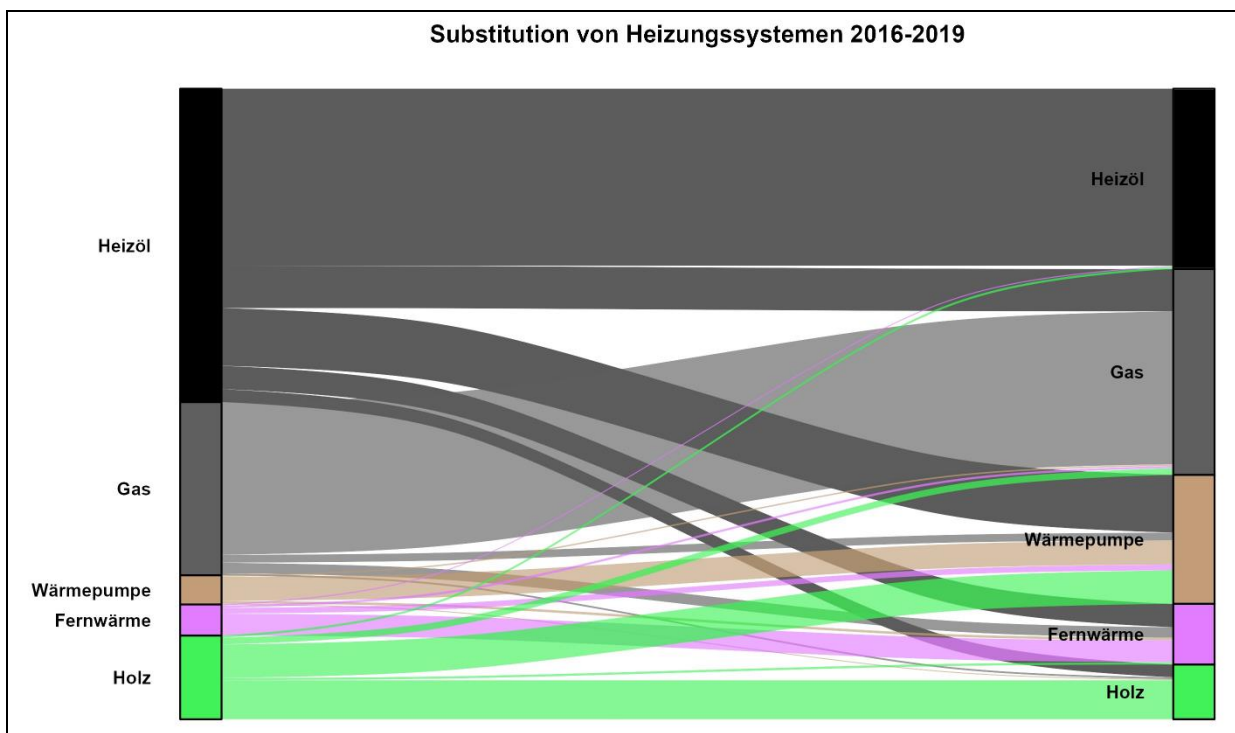


Abbildung 21 Sankey Diagramm der Wechsel-Beziehungen zwischen den verschiedenen Heizungssystemen. Dargestellt sind die Anteile der Heizanlagen, die zwischen 2016 und 2019 eine Massnahme ergriffen (blau formatiert in Abbildung 17). Es handelt sich um eine alternative Darstellung der in Abbildung 19 dargestellten Daten.

8.4.3 Ergebnisse der statistischen Modelle im Bereich Heizungsanlagen

Tabelle 23: Koeffizienten des statistischen Modells zur Schätzung der Energieträgeranteile im Jahr 2015

Variable	Gas	Fernwärme	Wärmepumpe	Holz	Andere
Intercept	0.02***	0.03***	0.13***	0.06***	0.03***
Gemeinde nicht FW versorgt (Basis-Kategorie)					
Gemeinde mit FW versorgt	0.8.	1.82***	0.86	0.69**	0.98
Gemeinde nicht Gas versorgte (Basis-Kategorie)					
Gemeinde mit Gasversorgung	14.27***	1.2	0.88	1.17	0.92
GBAUP Bis 1945 (Basis-Kategorie)					
GBAUP 1946-1980	0.7**	0.97	0.92	0.6***	0.78.
GBAUP 1981-2000	1.09	1.24	1.76***	0.54***	0.95
GBAUP Ab 2001	2.17***	3.73***	7.33***	1.93**	1.17
EFH (Basis-Kategorie)					
MFH	0.93	1.17	0.57***	0.65***	0.54***
NWG	1.27.	2.75***	0.55***	0.86	0.91
HS Heizöl GWR (Basis-Kategorie)					
HS Gas GWR	46.56***	3.8***	2.5***	3.93***	6.32***
HS Fernwärme GWR	3.79***	47.39***	1.67.	3.75***	4.82***
HS Wärmepumpe GWR	2.27***	1.1	26.79***	2.53***	7.69***
HS Holz GWR	4.68***	5.09***	6.19***	96.65***	19.03***
HS Andere GWR	6.8***	4.72***	13.19***	23.53***	284.54***
HS WeissNicht GWR	0.48	0.1	0.11	28.44*	35.52*
Städtische Gemeinde (Basis-Kategorie)					
Ländliche Gemeinde	0.65**	0.96	1.03	1.45*	1.51*
Periurbane Gemeinde	0.76*	0.94	0.9	0.92	1.24
BE	0.81	0.82	0.49**	0.66	0.69
BS	2.55***	3.21***	0.55	0.72	1.3
ZH	1.28	1.79	0.4	0.01	1.26

Tabelle 24 Prognose der Heizungssystemanteile des statistischen Modells (OHNE Einbezug GWR-Daten zum Heizungssystem im Fall von neuen Gebäuden, nur Prognosewerte). (20 Kantone) (Jahr 2020). NB Tabelle dient nur als Vergleichsbasis.

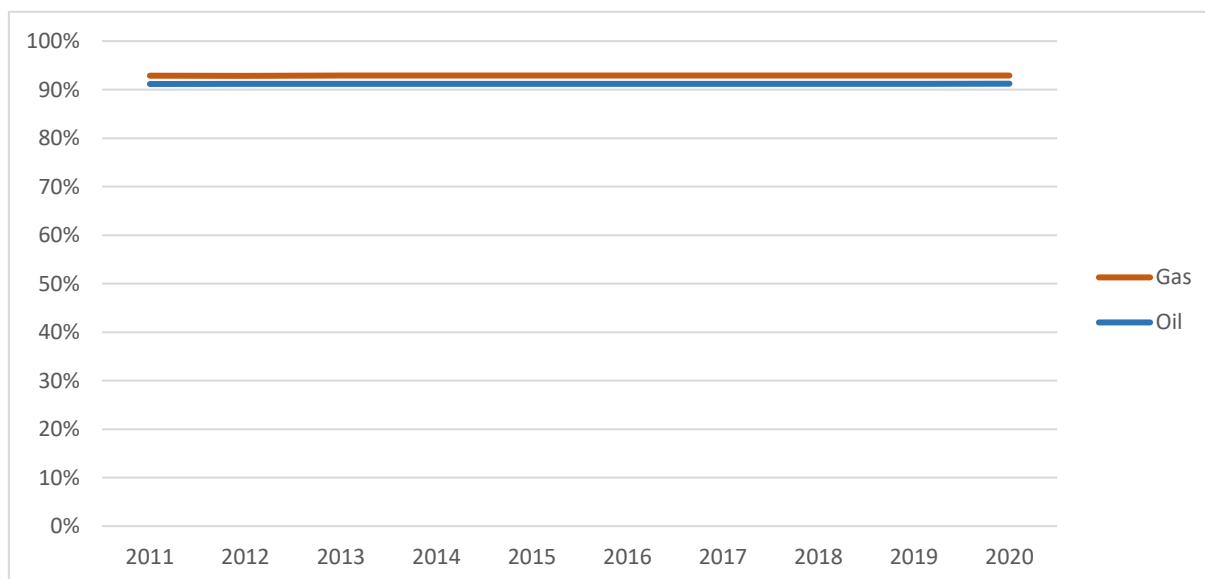
GebTyp	GBAUP	Heizöl	Gas	Fernwärme	Wärmepumpe	Holz	Andere
EFH	Bis 1945	31.8%	19.7%	3.2%	10.2%	24.7%	10.4%
EFH	1946-1980	51.8%	13.7%	3.4%	13.1%	8.1%	10.0%
EFH	1981-2000	34.2%	20.3%	3.5%	26.4%	5.3%	10.3%
EFH	Ab 2001	10.0%	19.0%	4.5%	58.4%	5.6%	2.6%
EFH	Alle	35.8%	17.7%	3.5%	22.2%	11.6%	9.1%
MFH	Bis 1945	40.1%	28.7%	5.9%	6.6%	13.0%	5.7%
MFH	1946-1980	57.3%	19.6%	7.3%	6.8%	4.7%	4.3%
MFH	1981-2000	42.3%	26.1%	6.5%	14.2%	5.3%	5.7%
MFH	Ab 2001	12.5%	26.8%	10.6%	42.1%	6.3%	1.8%
MFH	Alle	43.0%	25.0%	7.0%	12.2%	8.0%	4.8%
NWG	Bis 1945	30.5%	30.3%	14.1%	4.6%	13.5%	7.0%
NWG	1946-1980	39.1%	24.7%	17.9%	5.3%	7.1%	5.9%
NWG	1981-2000	33.2%	30.0%	15.3%	9.2%	5.6%	6.6%
NWG	Ab 2001	11.5%	28.5%	19.7%	26.9%	8.9%	4.4%
NWG	Alle	30.9%	28.2%	16.3%	8.8%	9.6%	6.2%

Tabelle 25 Prognose der Heizungssystemanteile des statistischen Modells OHNE Einbezug GWR-Daten zum Heizungssystem im Fall von neuen Gebäuden, nur Prognosewerte. (20 Kantone) (Jahr 2015). NB Tabelle dient nur als Vergleichsbasis.

GebTyp	GBAUP	Heizöl	Gas	Fernwärme	Wärmepumpe	Holz	Andere
EFH	Bis 1945	28.5%	20.7%	3.5%	13.2%	25.0%	9.2%
EFH	1946-1980	47.4%	14.7%	3.6%	16.6%	8.6%	9.1%
EFH	1981-2000	30.8%	20.9%	3.8%	29.3%	5.7%	9.5%
EFH	Ab 2001	8.2%	16.6%	4.2%	62.7%	5.7%	2.5%
EFH	Alle	31.7%	18.1%	3.7%	26.6%	11.8%	8.1%
MFH	Bis 1945	35.5%	30.5%	7.2%	9.4%	12.4%	4.9%
MFH	1946-1980	52.0%	21.4%	8.5%	9.6%	4.5%	3.9%
MFH	1981-2000	37.7%	27.4%	7.6%	16.9%	5.2%	5.2%
MFH	Ab 2001	9.4%	22.7%	11.2%	49.4%	5.6%	1.8%
MFH	Alle	37.1%	25.8%	8.3%	17.0%	7.6%	4.2%
NWG	Bis 1945	25.0%	30.9%	16.4%	6.6%	14.1%	7.0%
NWG	1946-1980	32.4%	25.7%	20.5%	7.5%	7.7%	6.3%
NWG	1981-2000	27.7%	30.8%	17.5%	10.9%	6.3%	6.9%
NWG	Ab 2001	8.4%	24.2%	21.0%	31.6%	9.7%	5.0%
NWG	Alle	24.5%	28.1%	18.6%	12.2%	10.2%	6.4%

8.4.4 Nutzungsgrade Heizungsanlagen

Nebst der Gebäudehülle werden energetische Verbesserungen auch im Bereich Heizungsanlagen erzielt. Der autonome technische Fortschritt bei Öl- und Gasheizungen, namentlich die Einführung der Kondensationstechnik, führt zu einer Erhöhung des Wirkungsgrades. Dieser Fortschritt war in der Zeitspanne von 10 Jahren zwischen 2001 bis 2010 nicht zu vernachlässigen: Im Mittel hat sich der Wirkungsgrad des gesamten Anlagenbestand um rund 6% bis 7%-Punkte erhöht. Dies ergibt einen Beitrag an die gesamte Effizienzverbesserung von 0.5% pro Jahr. Darin enthalten ist, dass neu installierte Heizkessel in der Regel besser dimensioniert sind, was ebenfalls zur Reduktion des Endenergiebedarfs beiträgt. Dieser Effekt reduziert sich ab 2011 stark, auch weil weniger fossile Systeme eingesetzt werden, so dass sich der Durchschnitt stabilisiert. Die Entwicklung des Wirkungsgrades ist in Abbildung 22 abgebildet.



Quelle: TEP Energy, Gebäudeparkmodell und Ex-post Modell TEP Tertiary

Abbildung 22: Entwicklung des durchschnittlichen Wirkungsgrades von Öl- und Gasheizungen im Zeitablauf zwischen 2011 und 2020. Der durchschnittliche Wirkungsgrad bezieht sich auf den gesamten Gebäudeparks des jeweiligen Zeitschrittes.

Die aggregierte Wirkung der Effizienzsteigerung aller Heizsysteme zwischen 2011 und 2020 beträgt in Bezug auf den gesamten thermischen Nutzenergiebedarf bei Wohn- und Dienstleistungsgebäuden mit Baujahr bis 2000 rund 2 bis 3 % (siehe Tabelle 26). Bezogen auf das typische Energieverbrauchsniveau ergibt sich damit eine Verbesserung von 3 bis 4 kWh/m²_{EBFa}. Die ist deutlich weniger im Vergleich zur Gebäudehülle.

Tabelle 26: Aggregierte energetischen Verbesserung durch die Verbesserung des Wirkungsgrades von Heizsystemen von Wohn- und Dienstleistungsgebäude mit Baujahr bis 1990 bezogen auf den gesamten Endenergiebedarf (inkl. Umweltwärme) für Raumwärme und Warmwasser für die Periode 2011-2020. Der Korrekturfaktor für die Verzerrung beträgt 0.85.

	Aggregierte Wirkung aufgrund Wirkungsgradverbesserung Heizungen	Erneuerungserfolg (kWh/m ² _{EBF})
Wohngebäude	-2.8%	3.5
Dienstleistungsgebäude	-1.9%	3.2
Wohn- und Nicht-Wohngebäude	-2.5%	3.5

Quelle: Berechnungen TEP Energy

8.5 Modellvalidierung

Im Sinne einer Validierung werden die Modellergebnisse mit dem Endenergieverbrauch gemäss Schweizerischen Gesamtenergiestatistik (GEST) verglichen. Das Modell vermag sowohl das Niveau der Summe von Öl und Gas wie auch den Verlauf des Endenergieverbrauchs gut abzubilden. Abbildung 23 zeigt den Verlauf des Brennstoffverbrauchs (Öl- und Gas) der GEST und die witterungskorrigierten Modellresultate.

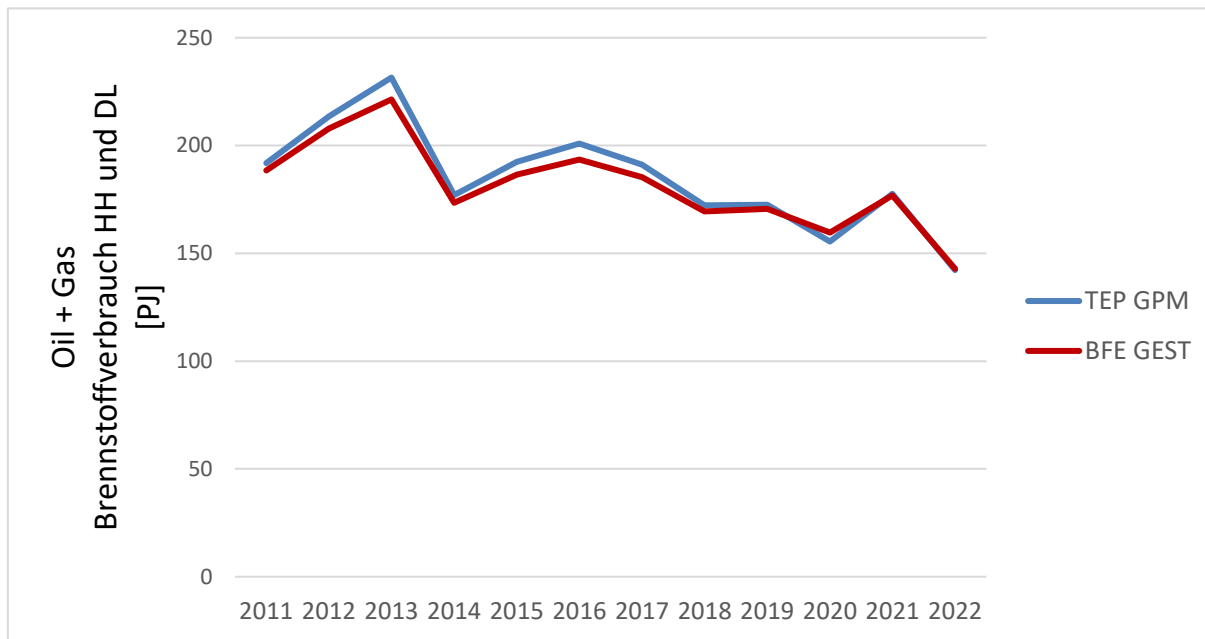


Abbildung 23: Vergleich zwischen den Modellrechnungen und der BFE-Gesamtenergiestatistik zwischen 2011 und 2022 für die Summe der Energieträger Öl und Gas.

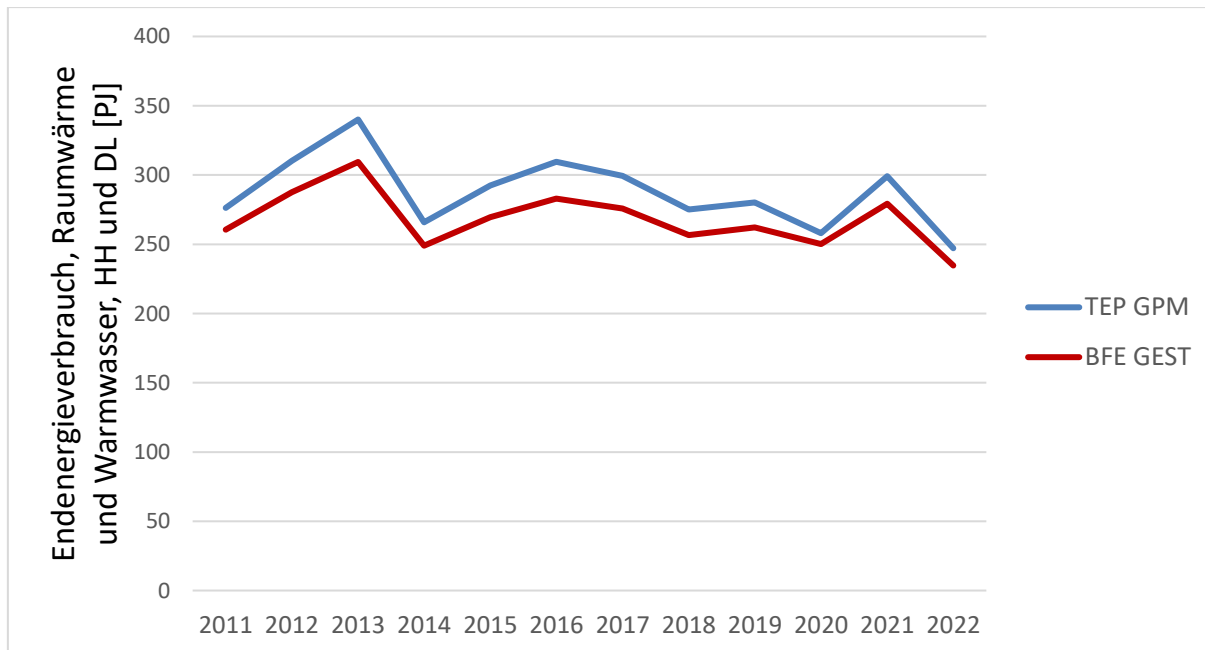


Abbildung 24: Endenergieverbrauch (ohne Elektrizität), Vergleich zwischen den Modellrechnungen (Raumwärme und Warmwasser) und der BFE-Gesamtenergiestatistik zwischen 2011 und 2022.