



edelmann **energie**

Energie und Nachhaltigkeit am Bau

Energieberatung lohnt sich.



72%

Gebäude
energetisch
verbessert



- 450'000 Liter
Öl / Jahr



- 1200 Tonnen
CO₂ / Jahr



- 15%

Endenergie-
bedarf
/ Jahr



- 24%

Primärenergie
nicht
erneuerbar
/ Jahr



+ 1,7 Mio. kWh

Erneuerbare
Energie / Jahr



1/5

Gesamt-
sanierungen



- 24%

Kosten / Jahr

Infos zur Studie:

www.edelmann-energie.ch

Information zur Studie:

Im Rahmen des Studiengangs “MAS Energieingenieur Gebäude” der Hochschule Luzern wurde eine Masterarbeit zum Thema “Energieberatung. Wie weiter? Eine Erfolgskontrolle im Hinblick auf die Energiewende am Beispiel der Firma edelmann energie” erarbeitet. Die Masterarbeit wurde betreut von Roland Stulz (Roland Stulz GmbH).

Die vorliegende Studie, basierend auf der Masterarbeit von Annette Ginter, wurde von edelmann energie weiter vertieft und ergänzt.

Autoren:

Annette Ginter
Andreas Edelmann

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für beide Geschlechter.

Download als pdf: www.edelmann-energie.ch

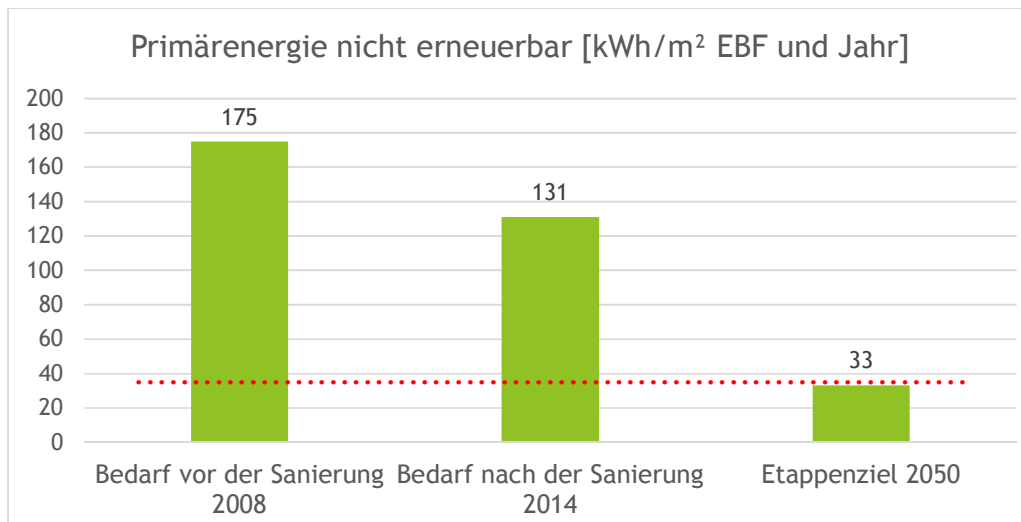
8. September, 2014

Inhalt

1. Zusammenfassung	4
2. Einleitung.....	6
2.1 Hintergrund	6
2.2 Ziel und Fragestellung.....	6
2.3 Beratungsangebot edelmann energie	7
2.4 Begriffe und Definitionen	9
3. Methodik.....	11
3.1 Methodische Grundlagen.....	11
3.2 Systemgrenze.....	13
3.3 Vorgehen	14
4. Das Portfolio vor der Sanierung	15
4.1 Kategorien und Regionen	15
4.2 Energiekennzahl Wärme	16
4.3 Endenergie	17
4.4 Vergleich Energiebedarf und effektiver Verbrauch	19
5. Übersicht Umfrageergebnis	20
5.1 Anzahl Sanierungen.....	20
5.2 Gründe für und gegen eine Sanierung	20
5.3 Kundenzufriedenheit	21
5.4 Umgesetzte Massnahmen	22
6. Das Portfolio nach der Sanierung	25
6.1 Energiekennzahl Wärme	25
6.2 Einsparung Endenergie	26
6.3 Einsparung Energiekosten.....	29
6.4 Einsparung Primärenergie nicht erneuerbar	31
6.5 Einsparung Treibhausgasemissionen.....	32
6.6 Einfluss der Massnahmen auf Einsparungen	33
7. Diskussion.....	35
7.1 Beitrag des sanierten Portfolios zur nationalen Zielsetzung.....	35
7.2 Ausblick	40
8. Verzeichnisse	41
9. Anhang	44

1. Zusammenfassung

Das Resultat der Erfolgskontrolle zeigt, dass das analysierte Gebäudeportfolio im Hinblick auf die Energiewende auf Kurs ist. 1/3 des Weges konnte innerhalb der letzten sechs Jahre bereits zurückgelegt werden, 2/3 sind bis zur Erreichung des Etappenziels im Jahre 2050 noch zu bewältigen, siehe Grafik.



Grafik 1: Absenkpfad Primärenergie nicht erneuerbar für Kategorie Wohnen Umbau¹

Im Rahmen dieser Masterarbeit wurde für 156 Gebäude und Anlagen (Gebäudeportfolio) eine Energiebilanz erstellt. Das Gebäudeportfolio besteht vorwiegend aus Ein- und Mehrfamilienhäusern in der Stadt Zürich und Umgebung. Für das Portfolio wurden Endenergiebedarf, Primärenergiebedarf und Treibhausgasemissionen zum Zeitpunkt der ersten Energieberatung (IST-Zustand) und nach der Ausführung von Sanierungsmassnahmen bestimmt. Um herauszufinden, welche Gebäudebesitzer und Immobilienverwalter (Kunden) nach einer Energieberatung eine oder mehrere der empfohlenen Massnahmen umgesetzt haben, wurde zunächst ein webbasierter Fragebogen erstellt und eine Umfrage durchgeführt.

Viele haben etwas gemacht, energetisch viel bewirkt haben nur Wenige:

Die Analyse hat ergeben, dass sehr viele Kunden (72%) einzelne Massnahmen ausgeführt haben. Als Hauptgründe für die energetische Optimierung ihrer Gebäude nannten sie Umweltbewusstsein und Komfortbedürfnisse. Förderbeiträge boten kaum Anreiz.

¹ Bedarf für Raumwärme und Warmwasser, Zielwert entsprechend korrigiert.

Bei der Gebäudehülle war der Ersatz der Fenster die häufigste Massnahme, bei den Heizsystemen haben die Anzahl Wärmepumpen, v.a. mit Erdsonden, und Solaranlagen stark zugenommen. Umfassende Sanierungen mit Einsparungen von 50% und mehr bei der Gebäudehülle machten rund 1/5 aller Sanierungen aus.

Fossile Energieträger bleiben dominant:

Der Anteil der fossilen Energieträger am Endenergiebedarf konnte um 10% reduziert werden. Erdgas ist der häufigste Energieträger, Heizöl ist um die Hälfte zurückgegangen. Der Anteil der erneuerbaren Energien ist auf 13% gestiegen, am stärksten zugenommen hat die Erdwärme. Etwas mehr als die Hälfte der erneuerbaren Energien werden am Standort selber produziert. Die Einsparungen betragen bei der Endenergie 15%, bei der Primärenergie nicht erneuerbar 24% und bei den Treibhausgasemissionen 25%. Allgemein lässt sich sagen, dass ein Trend in Richtung erneuerbare Energieproduktion und weg von fossilen Energieträgern erkennbar ist.

Energieberatung. Wie weiter?

Wie schafft das Portfolio die letzten zwei Drittel bis zum Etappenziel? Was es vermehrt braucht, sind umfassende Gesamtanierungen und ein weiterer Rückgang der fossilen Energieträger. Um das in der Praxis umzusetzen sind Energieexperten gefragt, die den Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft aufzeigen und das Wissen in der Praxis vermitteln. Der Informationsbedarf ist gross. Eine einmalige Energieberatung genügt oft nicht, um die anspruchsvollen Energieziele zu erreichen. Eine Begleitung der Kunden, über die erste Energieberatung hinaus, führt zu nachhaltigeren Lösungen. Die Analyse hat ergeben, dass diejenigen, die viel bewirkt haben, auch nach der Energieberatung unterstützt und bei der Umsetzung begleitet wurden.

Die Erfolgskontrolle im Hinblick auf die Energiewende zeigt, dass die ersten Schritte in die richtige Richtung gemacht sind. Gemeinsam gilt es, die weiteren in Angriff zu nehmen. Gefordert sind alle: Gebäudebesitzer, Energieberater und die Energiepolitik.

So, dass am Ende, Viele viel bewirken!

2. Einleitung

2.1 Hintergrund

“Bis ins Jahr 2050 soll die Bevölkerung in der Schweiz den Energieverbrauch um zwei Drittel senken, die Emissionen an Treibhausgasen sollen gar auf ein Viertel vermindert werden” (Faltblatt SIA-Effizienzpfad Energie, 2011: p. 1). Über 40% des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen fallen im Gebäudebereich an. Es besteht grosser Handlungsbedarf. Wer soll handeln und wie?

Angesprochen sind Gebäudebesitzer und Immobilienverwalter, gefordert werden ambitionierte Erneuerungsstandards, eine erhöhte Gebäudeerneuerungstätigkeit sowie ein Strukturwandel in Richtung erneuerbare Energien.

Zahlreiche Beratungsangebote werden von Bund und Kantonen angeboten. Unabhängige Energieexperten stehen für neutrale, umfassende und auf den Kunden ausgerichtete Energieberatungen zur Verfügung.

Energieberatung. Wie weiter? Was bewirken die Beratungen in der Praxis? Was bewegt Liegenschaftsbesitzer, ihre Gebäude zu sanieren? Welche Sanierungsmassnahmen werden effektiv umgesetzt und wieviel Energie kann dadurch eingespart werden?

Letztendlich stellt sich die Frage: Sind wir auf Kurs im Hinblick auf die Energiewende?

2.2 Ziel und Fragestellung

Das Ziel dieser Arbeit ist, die Energieberatungen der letzten sechs Jahre der Firma edelmann energie einer Erfolgskontrolle zu unterziehen und herauszufinden, wie sich das Gebäudeportfolio aus energetischer und klimapolitischer Sicht verändert hat. Die Veränderung soll der Energiestrategie 2050 des Bundes und deren Zielsetzung gegenübergestellt werden.

Die konkreten Fragestellungen sind:

1. Wieviele und welche der vorgeschlagenen Sanierungsmassnahmen wurden ausgeführt?
2. Was waren die Gründe für, beziehungsweise gegen eine Sanierung?
3. Welche Wechsel von Energieträgern haben stattgefunden?
4. Welche Eigenenergieproduktionen wurden umgesetzt?
5. Wie gross sind die Einsparungen an Endenergie, Primärenergie sowie an Treibhausgasemissionen durch die ausgeführten Sanierungsmassnahmen?
6. Wie und wann können die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft erreicht werden?

2.3 Beratungsangebot edelmann energie

Ziele einer Energieberatung sind, energetische Verbesserungen vorzuschlagen, um die ökologische und energetische Bilanz eines Gebäudes sowie die Behaglichkeit der Bewohner und Bewohnerinnen zu verbessern. Empfohlene Massnahmen umfassen die Bereiche:

1. Energie-Effizienz (Wärmebedarf für Heizung und Warmwasser): Durch die Sanierung der Gebäudehülle kann die Effizienz gesteigert werden.
2. Heizungsersatz (Energieträgerwechsel): Durch den Ersatz von fossilen mit erneuerbaren Energieträgern können Primärenergie und Treibhausgasemissionen gesenkt werden.
3. Eigenenergieproduktion (Solarwärme, Solarstrom, Erd- und Umweltwärme): Durch die Eigenproduktion an Wärme und Strom kann die gelieferte Endenergie reduziert werden.

Eine Vielzahl von Beratungsangeboten steht zur Verfügung. Tabelle 1 gibt einen Überblick über das Angebot der Firma edelmann energie.

Anbieter	Angebot	Kurze Beschreibung	Anzahl Berichte ²
Edelmann energie	Energiekonzept edelmann	Umfassendes Konzept. Beinhaltet Angaben zu Massnahmen, Variantenvergleich, Wirtschaftlichkeit, Investitionskosten, Energieeinsparungen und Fördermittel	43
	Energieberatung Rüti	Schriftlicher Bericht zur Begehung. Beinhaltet Angaben zur Bestandesaufnahme, Massnahmen für Gebäudehülle, Haustechnik und erneuerbare Energien	40
	Energieberatung Kilchberg ³	Schriftlicher Bericht zur Begehung. Beinhaltet GEAK oder GEAK Plus Auswertungen	1
Energie-Coaching Stadt Zürich	Coaching Gebäudecheck	Für die Einstiegsberatung. Gibt Überblick zum Potenzial der Liegenschaft, möglichen Massnahmen und Fördermitteln	2
	Coaching Heizsysteme	Bericht mit Empfehlungen zu Heizungsersatz und Energieträgermöglichkeiten	35
	Coaching Energetische Sanierung	Umfassender Bericht. Beinhaltet Gesamtstrategie für energetische Massnahmen der Gebäudehülle und Haustechnik	28
Energie Zukunft Schweiz	Gebäudemodernisierung	Geeignet für umfassende Sanierungen. Beinhaltet Angaben zu Massnahmen, Kosten- /Nutzen-Verhältnis, Investitionskosten, Energieeinsparungen und Fördermittel	34
	Gebäudecheck	Für die Einstiegsberatung. Gibt Überblick über zweckmässige Massnahmen an Gebäudehülle und Heizung	14
Konferenz Kantonalen Energiedirektoren (EnDK)	GEAK	Gebäudeenergieausweis der Kantone	44
	GEAK Plus	Beratungsbericht zum GEAK	4

Tabelle 1: Übersicht der Beratungsangebote der Firma edelmann energie

² Anzahl Berichte der Gebäude im betrachteten Portfolio. Pro Gebäude sind ein oder mehrere Berichte möglich.

³ Energieberatungen in Kilchberg werden erst seit Kurzem angeboten.

2.4 Begriffe und Definitionen

Kunden

Mit Kunden sind alle Auftraggeber und Auftraggeberinnen gemeint, die zwischen 2008 und Ende 2013 eine Energieberatung für eine Gebäudesanierung der Firma edelmann energie erhalten haben. Dies sind private Gebäudebesitzer und Gebäudebesitzerinnen, Immobilienverwalter und -verwalterinnen, Architekten und Architektinnen sowie die öffentliche Hand. Sie werden zusammengefasst als Kunden bezeichnet.

Gebäudeportfolio

Im Rahmen von Energieberatungen wurden in den letzten sechs Jahren 240 Gebäude und Anlagen besichtigt und betreffend ihrer Energiebilanz untersucht. Um herauszufinden, welche Kunden die empfohlenen Sanierungsmassnahmen umgesetzt haben, wurde eine Umfrage anhand eines Fragebogens durchgeführt. Die Sanierungen von 54 Gebäuden waren der Firma edelmann energie bereits bekannt. Diese und alle Gebäude mit einer Rückmeldung aus der Umfrage (102) flossen in die Auswertung mit ein. Die übrigen Objekte, ohne Rückmeldung, wurden nicht in die Berechnungen aufgenommen. Total ergibt das 156 Gebäude, welche zusammengefasst als Gebäudeportfolio, oder kurz Portfolio, bezeichnet werden.

Energieträger

In dieser Arbeit werden folgende Begriffe verwendet:

Endenergie	Einteilung	Energieträger	Verwendete Begriffe und Farben
Netto gelieferte Energie	fossil	Heizöl EL	Öl
	fossil	Erdgas	Gas
	fossil, nuklear, erneuerbar	Elektrizität: CH-Verbrauchermix	Strom-Mix
	erneuerbar	Elektrizität: Strom aus 100% erneuerbaren Energien produziert	Strom-Erneuerbar
	erneuerbar	Holzschnitzel / Stückholz	Holz
	erneuerbar	Pellets	Pellets
	erneuerbar	Fernwärme, KVA-Netze	Fernwärme
	erneuerbar	Biogas	Biogas
Eigenproduktion	erneuerbar	Umgebungswärme	Umgebungswärme
	erneuerbar	Erdwärme	Erdwärme
	erneuerbar	Solarwärme	Solarwärme
	erneuerbar	Elektrizität: aus Photovoltaik (PV)	Strom-PV

Tabelle 2: Energieträger: Einordnung und Begriffe

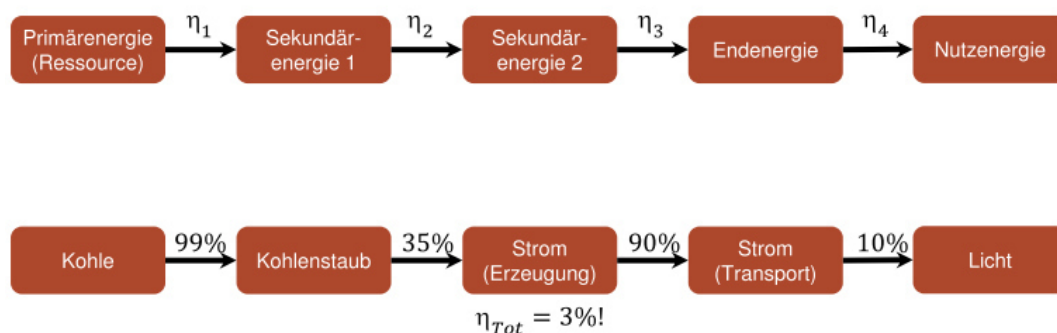
Bemerkung zum Energieträger Elektrizität: Diese Arbeit betrachtet ausschliesslich Raumwärme und Warmwasser, siehe auch Kapitel 5.2, Systemgrenze. Das heisst, alle Angaben zur Elektrizität (Strom-Mix, Strom-Erneuerbar, Strom-PV) beziehen sich ausschliesslich auf die Produktion von Wärme und nicht auf Elektrizität für Beleuchtung oder Betriebseinrichtungen.

3. Methodik

In diesem Kapitel werden zunächst die methodischen Grundlagen, das heisst der Energiefluss von der Primärenergie bis zur Nutzenergie, erläutert, danach die Systemgrenze und das methodische Vorgehen beschrieben.

3.1 Methodische Grundlagen

Grafik 2 zeigt den Energiefluss von der Primärenergie bis zur Nutzenergie, generisch und anhand des Beispiels Strom. Bei jeder Umwandlung geht ein Teil der Energie verloren (Nutzungsgrade η_1 - η_4).



Grafik 2: Von der Primärenergie zur Nutzenergie (Quelle: Amstein & Walthert, 2013; Grafik zur Verfügung gestellt von Andreas Baumgartner)

Primärenergie

„Primärenergie ist die Energie in der Form wie sie in der Natur anfällt, also vor jedem Transformationsprozess. Beispiele sind Erdöl unter der Nordsee, Gas im sibirischen Untergrund oder Uran in der Erzlagerstätte in Australien. Bis diese Energieträger als Heizöl, Erdgas oder Elektrizität an die Endverbraucher geliefert werden können, müssen sie gefördert, transportiert, aufbereitet und/oder umgewandelt werden. Dabei geht einiges an Energie verloren. Das Verhältnis der Primärenergienmenge (welche für eine bestimmte Menge Endenergie notwendig ist) zur Endenergiemenge nennen wir den Primärenergiefaktor, siehe Anhang A. Mit diesem lässt sich die Endenergie in Primärenergie umrechnen.“ (Dokumentation D 0216 SIA-Effizienzpfad Energie, 2006: p. 118).

Endenergie

Die Endenergie ist die Energie, die dem Verbraucher zur Umsetzung zur Verfügung steht. Dazu zählen die gelieferte Energie und die am Standort gewonnene und genutzte Energie (vgl. SIA 2031, 2009).

Die gelieferte Energie, z.B. Liter Heizöl, kg Holzpellets, kWh Strom, kann durch eine Verbrauchsmessung bestimmt werden (beispielsweise als Durchschnitt der gelieferten Holzpelletsmenge der letzten Jahre). Der effektive Energieinhalt der gelieferten Brennstoffe bemisst sich nach dem Brennwert (oberer Heizwert), siehe Anhang B.

Die Endenergie kann auch durch eine Berechnung bestimmt werden. Der berechnete Heizwärme- und Warmwasserbedarf (Nutzenergie) kann anhand der Nutzungsgrade, in Endenergie umgerechnet werden. Je nachdem, welches Heiztechniksystem zur Deckung des thermischen Energiebedarfs im Einsatz ist, unterscheiden sich die Nutzungsgrade, siehe Anhang C. Bei Wärmepumpen wird der Nutzungsgrad auch als Arbeitszahl bezeichnet. In den Beratungsberichten und Energiekonzepten sind oft beide Angaben vorhanden; die effektiven Verbrauchsdaten sowie der berechnete Bedarf gemäss Norm 380/1:2009 „Thermische Energie im Hochbau.“

Nutzenergie

Die Nutzenergie ist die thermische Energie, die dem Verbraucher unmittelbar zur Verfügung steht, z.B. als Wärme im Raum oder als Warmwasser an der Entnahmestelle (vgl. SIA Merkblatt 2040, 2011: p. 11).

Treibhausgasemissionen

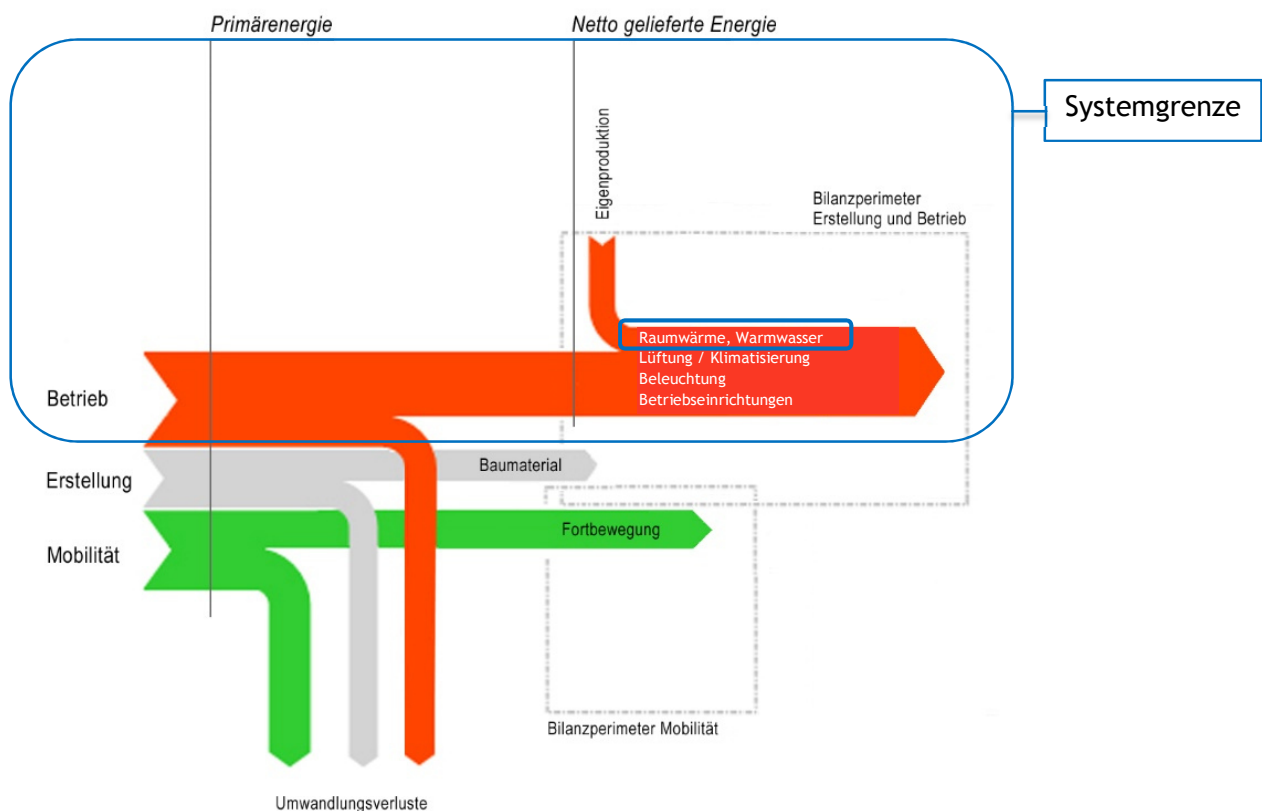
Treibhausgasemissionen sind die Summe aller Treibhausgase, welche durch die Nutzung der Energieträger entsteht und in die Atmosphäre gelangen. Die Treibhausgasemissionen werden gemessen in kg CO₂-Äquivalenten und umfassen vor allem CO₂, aber auch weitere Treibhausgase, welche entsprechend ihrer Treibhauswirkung in sogenannte CO₂-Äquivalente umgerechnet werden. Mit dem Treibhausgasemissions-Koeffizient lässt sich die Endenergie in CO₂-Äquivalente umrechnen (vgl. SIA Merkblatt 2040, 2011: p. 12).

3.2 Systemgrenze

In dieser Arbeit wird für das Gebäudeportfolio, Endenergie (netto gelieferte Energie und Eigenenergie-produktion am Standort), Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen vor der Sanierung und nach der Sanierung bestimmt und damit die Wirkung aller ausgeführten Sanierungsmassnahmen der letzten Jahre dargestellt.

Die energetische und klimapolitische Veränderung der Gebäudekategorie Wohnen wird anschliessend den Zielwerten für das Jahr 2050 gegenübergestellt. Die Zielwerte sind im SIA-Effizienzpfad Energie definiert, sie geben den methodischen Rahmen für die Definition von „2000-Watt-kompatiblen Gebäuden“ vor.

Die Systemgrenze dieser Arbeit beinhaltet den Energiefluss im Bereich Betrieb, siehe Grafik 3. Dieser ist unterteilt in die Verwendungszwecke Raumwärme und Warmwasser, Lüftung und Klimatisierung, Beleuchtung und Betriebseinrichtungen. Die Arbeit betrachtet ausschliesslich Raumwärme und Warmwasser.



Grafik 3: Systemgrenze (Quelle: SIA-Effizienzpfad Energie, 2011: p. 11, Grafik zur Verfügung gestellt von Katrin Pfäffli, Architekturbüro H.R. Preisig)

3.3 Vorgehen

Das methodische Vorgehen basiert auf der Analyse von Dokumenten und einer Befragung der Kunden mittels eines Fragebogens. Das Vorgehen besteht aus den folgenden Schritten:

1. Auswertung des Gebäudeportfolios vor der Sanierung (Kapitel 6)

Für die 156 Gebäude im Portfolio wurden in einem ersten Schritt Folgendes bestimmt:

- Gebäudekategorie, m² Energiebezugsfläche (EBF), Gebäude pro Region
- Energiekennzahl Wärme
- Eingesetzte Energieträger und Endenergiebedarf
- Eigenenergieproduktion an Solarstrom, Solar-, Umwelt- und Erdwärme

Die in den einzelnen Beratungsberichten enthaltenen Daten und Angaben zu: Gebäudekategorie, m² EBF, Heizwärmebedarf, Energieverbrauch und Energieträger wurden in einer Excel-Datei zusammengetragen und ausgewertet.

2. Erarbeitung eines Fragebogens und Durchführung der Umfrage

Speziell für diese Arbeit wurde ein Fragebogen erstellt und allen Kunden zugestellt (per Mail oder per Post). Es gab verschiedene Möglichkeiten, an der Umfrage teilzunehmen; via Link auf den online Fragebogen, via PDF oder Papierfragebogen. Der erste Umfragedurchlauf startete Ende Januar 2014, der zweite Durchlauf (Reminder) war ungefähr einen Monat später.

3. Auswertung der Umfrage (Kapitel 7)

Die erhaltenen Rückantworten wurden zusammengetragen und nach folgenden Themen ausgewertet:

- Anzahl Sanierungen
 - Gründe für und gegen eine Sanierung
 - Zufriedenheit der Kunden mit der Energieberatung
 - Anzahl umgesetzter Sanierungsmassnahmen

4. Auswertung des Gebäudeportfolios nach der Sanierung (Kapitel 8)

Für das sanierte Portfolio wurden bestimmt:

- Veränderung der Energiekennzahl Wärme
- Veränderung der Eigenenergieproduktion
- Einsparung an Endenergie, Primärenergie und Treibhausgasemissionen
- Einsparung Endenergiekosten

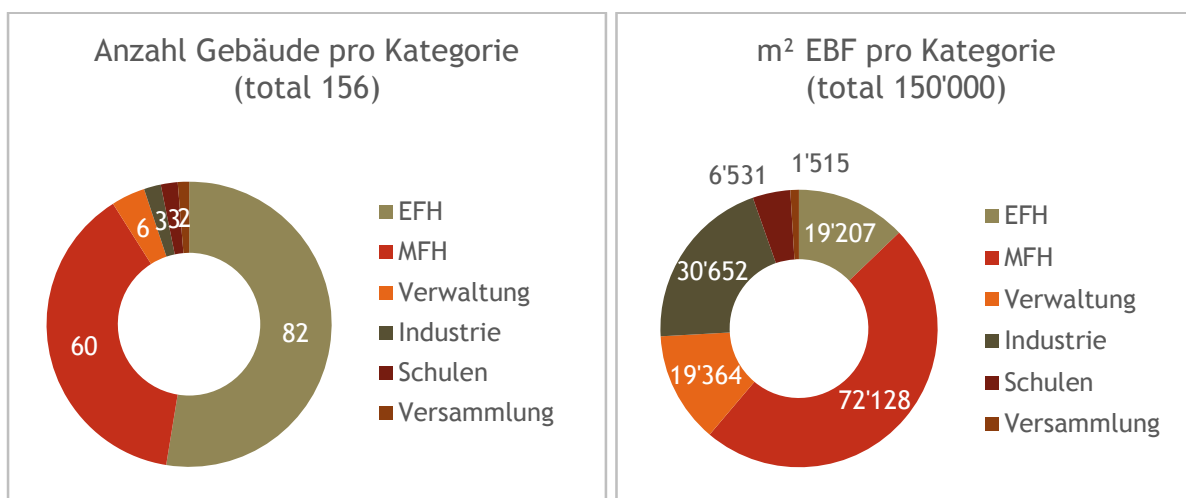
5. Diskussion der Resultate (Kapitel 9)

In der Diskussion wurden die Resultate der Auswertung und der Beitrag des sanierten Gebäudeportfolios zur nationalen Zielsetzung diskutiert.

4. Das Portfolio vor der Sanierung

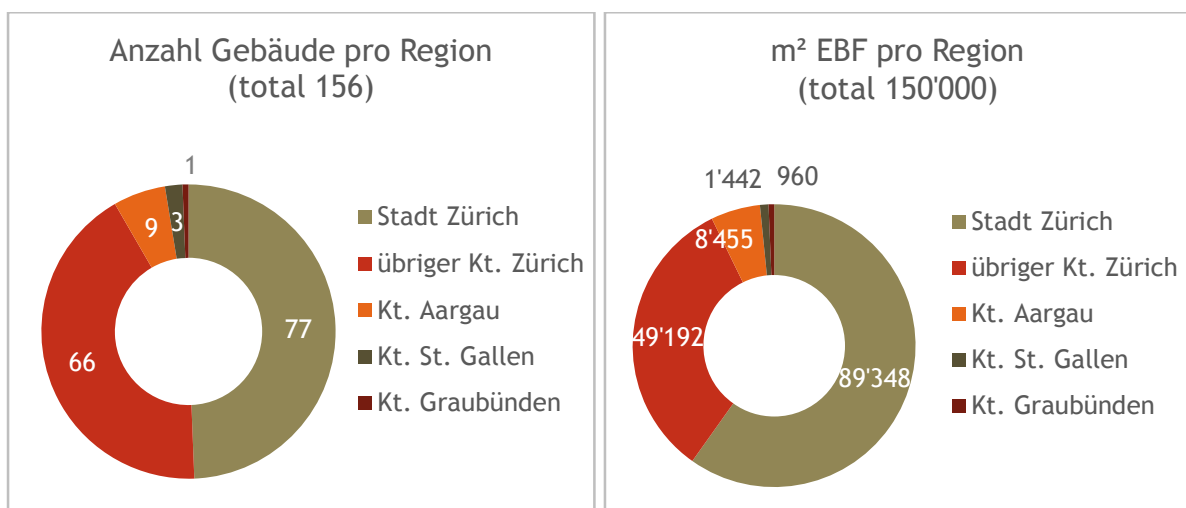
4.1 Kategorien und Regionen

Das Gebäudeportfolio besteht aus 82 Einfamilienhäusern (EFH) und 60 Mehrfamilienhäusern (MFH), sechs Verwaltungsgebäuden, drei Industriegebäuden, drei Schulen und zwei Versammlungsgebäuden, Grafik 4. Betrachtet man die Verteilung der Energiebezugsfläche (EBF) von knapp 150'000 m² so liegt der grösste Anteil bei den MFH, gefolgt von den drei grossen Industriegebäuden und den EFH.



Grafik 4: Anzahl Gebäude pro Gebäudekategorie und Verteilung der EBF

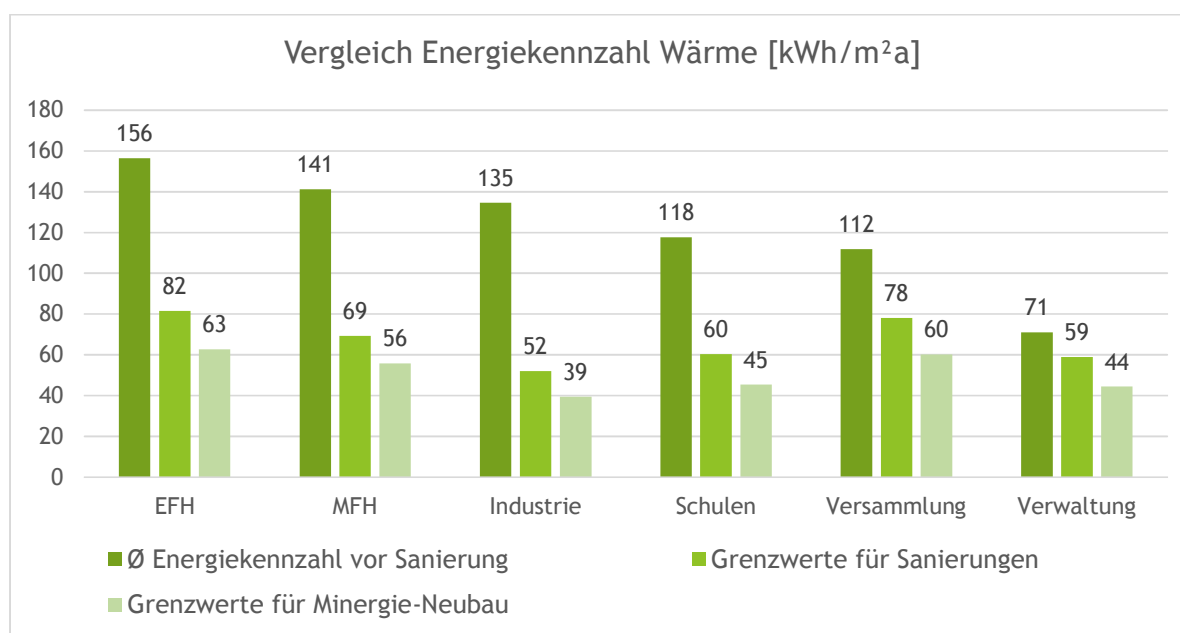
Die meisten Gebäude befinden sich in der Stadt Zürich, auch die Anzahl m² EBF ist am Grössten in der Stadt Zürich, gefolgt vom übrigen Kanton, siehe Grafik 5.



Grafik 5: Anzahl Gebäude pro Region und Verteilung der EBF

4.2 Energiekennzahl Wärme

Die Energiekennzahl Wärme (Raumwärme und Warmwasser) umfasst den Energieverbrauch eines Gebäudes pro m² EBF und Jahr [kWh/m²a]. Grafik 6 zeigt in einer Übersicht die durchschnittliche Energiekennzahl des Gebäudeportfolios vor der Sanierung, sowie die Grenzwerte für sanierte Gebäude und für Minergie-Neubau.⁴



Grafik 6: Übersicht der Energiekennzahl Wärme im Vergleich mit Grenzwerten

Betrachtet man die durchschnittlichen Energiekennzahlen des Portfolios, zeigt sich, dass bei allen Gebäudekategorien die Werte deutlich über dem Grenzwert für Sanierungen liegen.

Im Vergleich mit einem Minergie-Neubau benötigen die unsanierten Gebäude gar 2-3x soviel Energie pro Jahr für dieselbe Fläche.

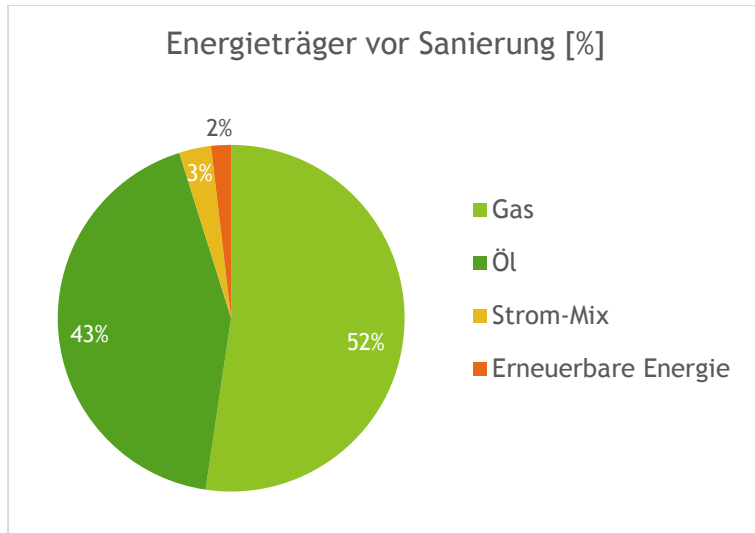
Das Potential für Optimierungen betreffend Effizienz ist riesig.

⁴ Grenzwerte gemäss SIA 2031, 2009: p. 40 (Grenzwerte SIA 380/1):

- Grenzwerte Sanierung = (Heizwärmebedarf * 1,25 + Standardwert Warmwasser) / EBF
- Grenzwerte Minergie-Neubau = (Heizwärmebedarf * 0.90 + Standardwert Warmwasser) / EBF

4.3 Endenergie

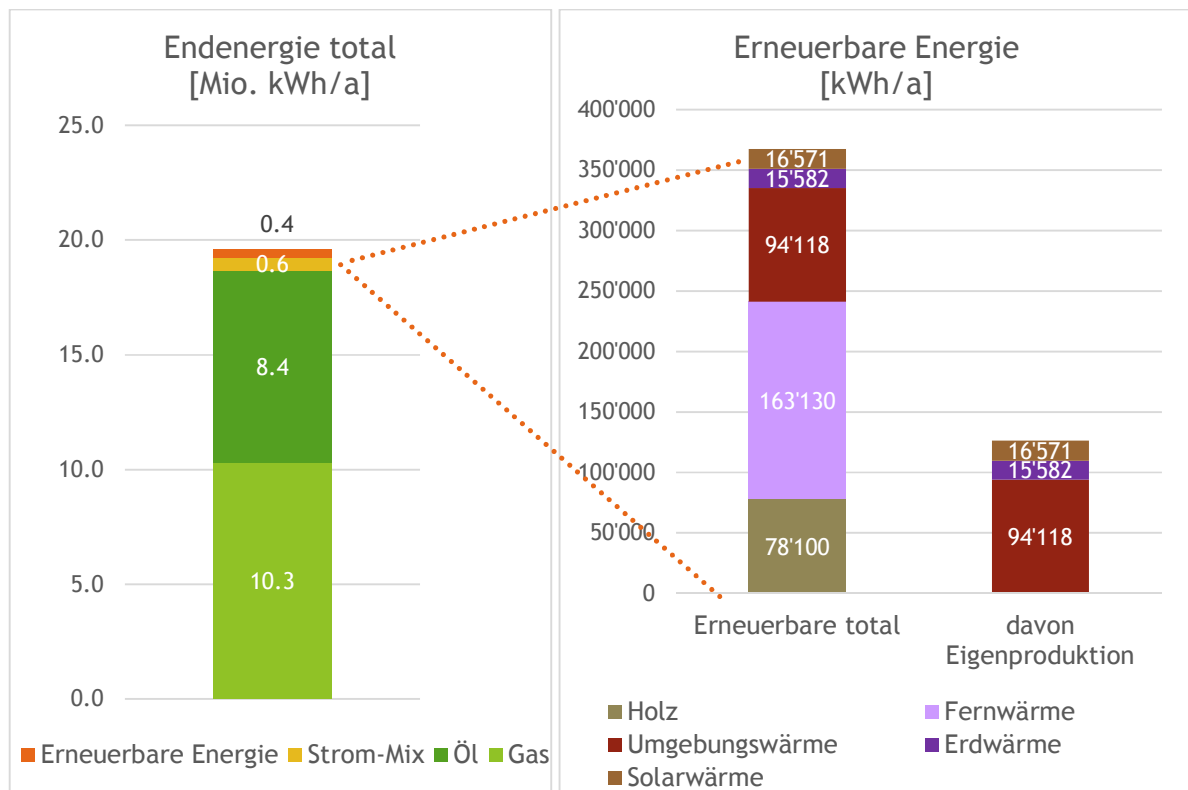
Der Anteil der einzelnen Energieträger am Endenergiebedarf ist in Grafik 7 dargestellt. Alle erneuerbaren Energieträger sind unter „Erneuerbare Energie“ zusammengefasst.



Grafik 7: Anteil der Energieträger am Endenergiebedarf, vor der Sanierung

Der Anteil der fossilen Energieträger, Öl und Gas, beträgt **95%**. Alle erneuerbaren Energien machen **2%** des Endenergiebedarfs aus, rund 400'000 kWh/Jahr, siehe nächste Grafiken.

Die beiden Grafiken zeigen den Endenergiebedarf des Portfolios in Mio. kWh/Jahr und die erneuerbaren Energien in kWh/Jahr.



Grafik 8: Endenergie total in Mio. kWh/Jahr und erneuerbare Energien in kWh/Jahr, vor der Sanierung

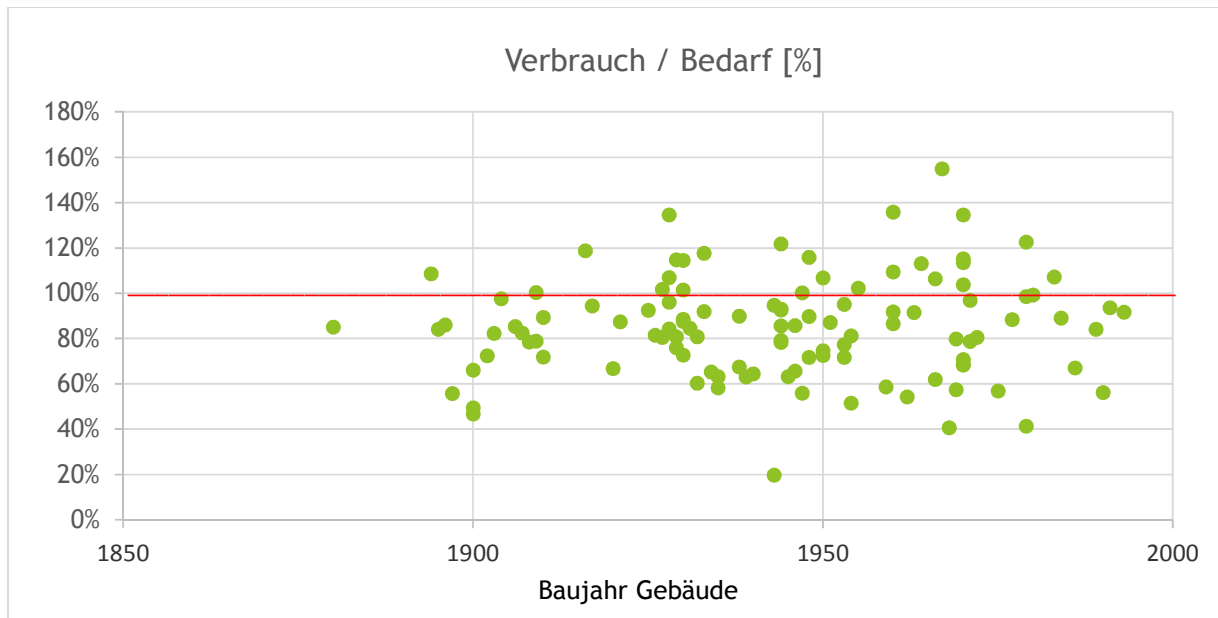
Der Endenergiebedarf beträgt knapp 20 Mio. kWh/Jahr. Die 400'000 kWh an erneuerbaren Energien setzen sich zum Grossteil aus Fernwärme, gefolgt von Umgebungswärme und Holz zusammen. Solar- und Erdwärme sind marginal. Pelletsheizungen und Photovoltaikanlagen sind im Portfolio vor der Sanierung noch nicht vorhanden.

Die Eigenenergieproduktion definiert die am Standort selber produzierte Energie aus erneuerbaren Energien innerhalb des Bilanzperimeters, siehe Kapitel 5.2., Systemgrenze, Grafik 4. Bei der Bilanzierung der Energieflüsse wird die Eigenenergieproduktion von der Endenergie subtrahiert. Sie verringert dadurch den Bedarf an netto gelieferter Endenergie und spielt somit bei der Energiebilanz eine wichtige Rolle.

Das Potential für die Nutzung erneuerbarer Energien ist riesig.

4.4 Vergleich Energiebedarf und effektiver Verbrauch

Wie bereits in Kapitel 3.1 Methodische Grundlagen erläutert, kann die Endenergie mittels der Verbrauchsmessung oder der Berechnung des Heizwärme- und Warmwasserbedarf auf Basis der Norm SIA 380/1 ermittelt werden. Grafik 9 stellt die beiden Grössen gegenüber.



Grafik 9: Vergleich effektiver Verbrauch eines Gebäudes versus berechneten Bedarf

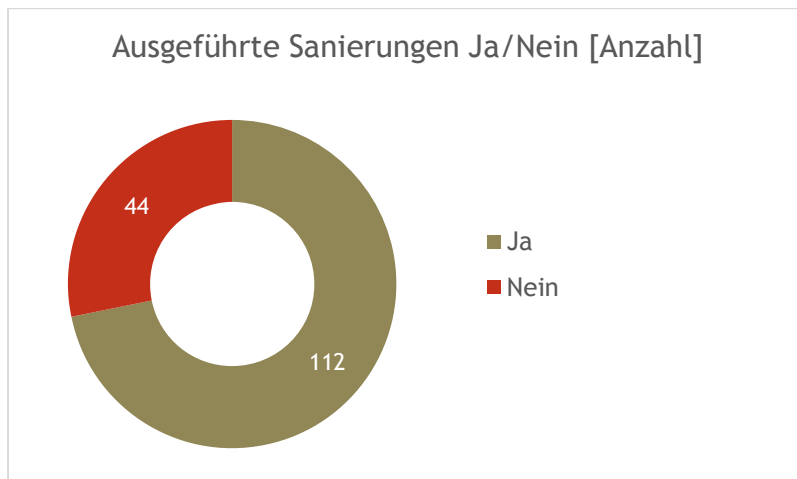
100% bedeutet, dass der gemessene Energieverbrauch eines Gebäudes exakt dem berechneten Bedarf entspricht. Die meisten Gebäude liegen unterhalb der 100%-Linie, das heisst, der Verbrauch ist geringer als der berechnete Bedarf. Dies zeigt sich deutlicher bei Gebäuden mit Baujahr bis 1950. Ab 1950 ist die Streuung leicht grösser.

Gründe dafür müssten genauer untersucht werden, die Erfahrung zeigt, dass ältere Bauten mit viel Speichermasse und trägem Wärmeverhalten tendenziell besser sind als die statische Berechnung nach SIA 380/1. Möglicherweise werden grosse Energieverluste im Berechnungsverfahren nach SIA 380/1 zu stark kumuliert, was in der Praxis nicht so stark ins Gewicht fällt (z.B. mehrfache Wirkung von schlechten Bauteilen, Wärmebrücken, Lüftungsverlusten). Teilweise sind auch tiefere Raumtemperaturen, nur teilbeheizte Gebäude, unterbelegte Wohnungen mit geringem Warmwasserbedarf, etc. ausschlaggebend für den tieferen Bedarf.

5. Übersicht Umfrageergebnis

5.1 Anzahl Sanierungen

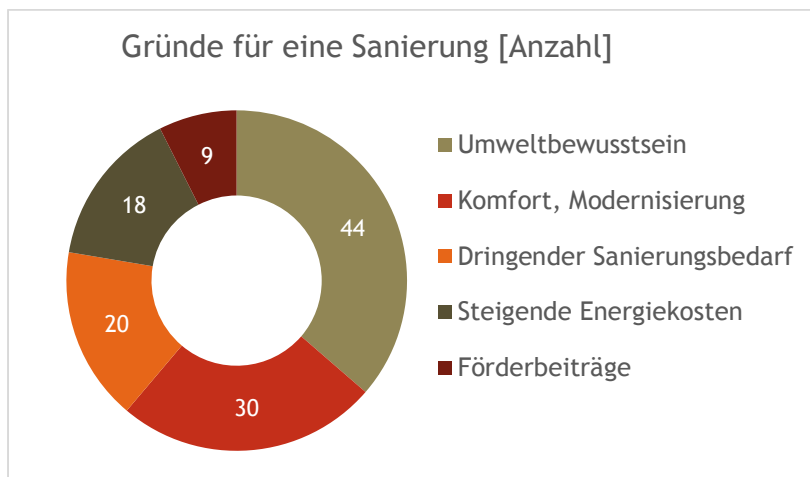
Die Rücklaufquote der Umfrage betrug 54%. Die Umfrageteilnehmenden haben mit Abstand am häufigsten den online Fragebogen ausgefüllt. Von den total 156 Gebäuden im Portfolio wurden 112 Gebäude energetisch optimiert (72%).



Grafik 10: Anzahl Sanierungen

5.2 Gründe für und gegen eine Sanierung

Grafik 11 zeigt die Gründe für eine Sanierung. Mehrfachnennungen waren möglich.



Grafik 11: Anzahl genannter Gründe für eine Sanierung

Umweltbewusstsein sowie Komfort und Modernisierung sind die am meisten genannten Gründe für eine Sanierung. Wenig genannt wurden Fördergelder als Anreiz für Sanierung, hier wäre eine vertiefte Analyse interessant.

Gründe, warum keine Sanierung gemacht wurde, konnten optional erfasst werden. Zusammengefasst wurde angegeben, dass das Gebäude energetisch noch in einem guten Zustand sei, die finanziellen Mittel fehlen oder einfach noch keine Entscheidung betreffend der Objektstrategie gefällt worden sei.

5.3 Kundenzufriedenheit

94% der Umfrageteilnehmenden waren mit der Energieberatung zufrieden bis sehr zufrieden. Es ist kein Zusammenhang ersichtlich zwischen dem Entscheid für oder gegen eine Sanierung und der Zufriedenheit. Viele, die keine Sanierung durchgeführt haben, gaben an, mit der Beratung sehr zufrieden gewesen zu sein.

5.4 Umgesetzte Massnahmen

Das Kapitel gibt einen Überblick über die ausgeführten Massnahmen. Die Anzahl setzt sich zusammen aus den Antworten aus der Umfrage und den Massnahmen der bereits bekannten Sanierungen.

Massnahmen Energieeffizienz

Eine Steigerung der Energieeffizienz kann erreicht werden, durch Verbesserungen an der Gebäudehülle, durch Wärmerückgewinnung, durch Reduktion von Verteilverlusten sowie einem Zubau an neuer Energiebezugsfläche in sehr gutem Energiestandard. Im Portfolio wurde Folgendes umgesetzt:

- Durch Anbau, Ausbau und Aufstockung hat sich die EBF um 2'571 m² leicht vergrössert (total 150'000 m² EBF).
- Sechs Kunden gaben an, eine Lüftung mit Wärmerückgewinnung installiert zu haben.
- Ausserdem wurden kleinere Sofortmassnahmen, wie das Anbringen oder Ersetzen von Leitungsdämmungen, Fenster- und Tüрдichtungen sowie Heizkörperthermostatventilen sehr häufig ausgeführt (25x):
- Die Massnahmen bei der Gebäudehülle sind in Tabelle 3 dargestellt. Der Fensterersatz mit 3-facher Isolierverglasung ist die häufigste Sanierungsmassnahme, gefolgt von der Fassaden- und Kellerdeckenrenovation.

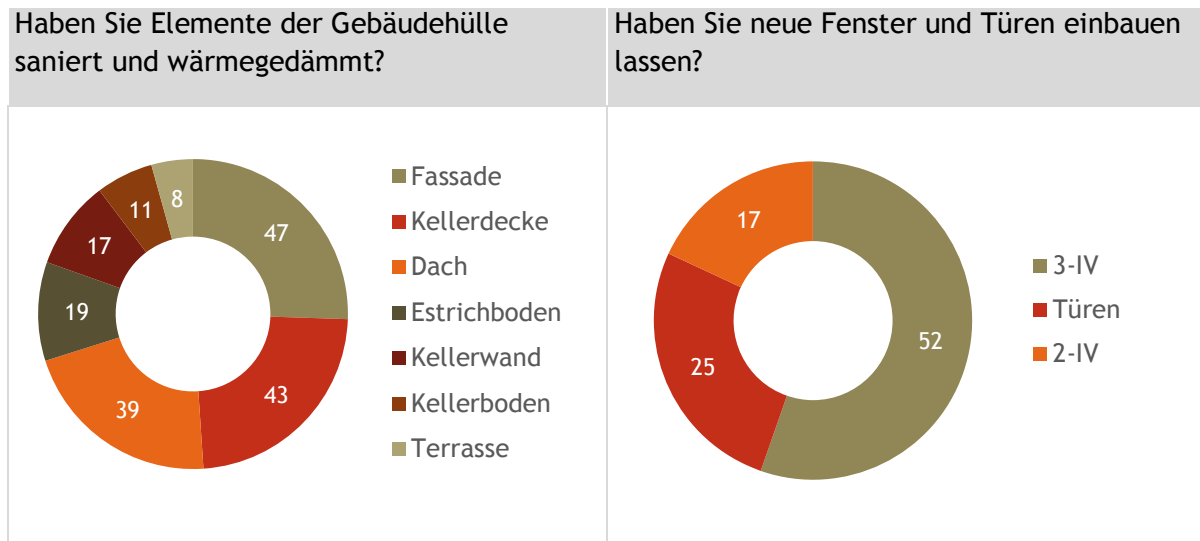


Tabelle 3: Umgesetzte Sanierungsmassnahmen bei der Gebäudehülle

Die Energieeinsparungen berechnen sich wie folgt:

- Die Wärmeverluste der sanierten Gebäudehüllelemente verringern sich um den, in den Energiekonzepten, ermittelten Betrag.
- Die sechs Komfortlüftungen mit WRG verringern den Heizwärmebedarf um je 10%.
- Die kleineren Sofortmassnahmen verringern die Verluste um je ca. 2-6%.

Massnahmen Energieträger

Im Portfolio wurde Folgendes umgesetzt:

- 26 neue Wärmepumpen waren der häufigste Heizungersatz, gefolgt von 22 neuen Gasheizungen.
- 14 Solarkollektoren und 13 Photovoltaikanlagen wurden installiert.

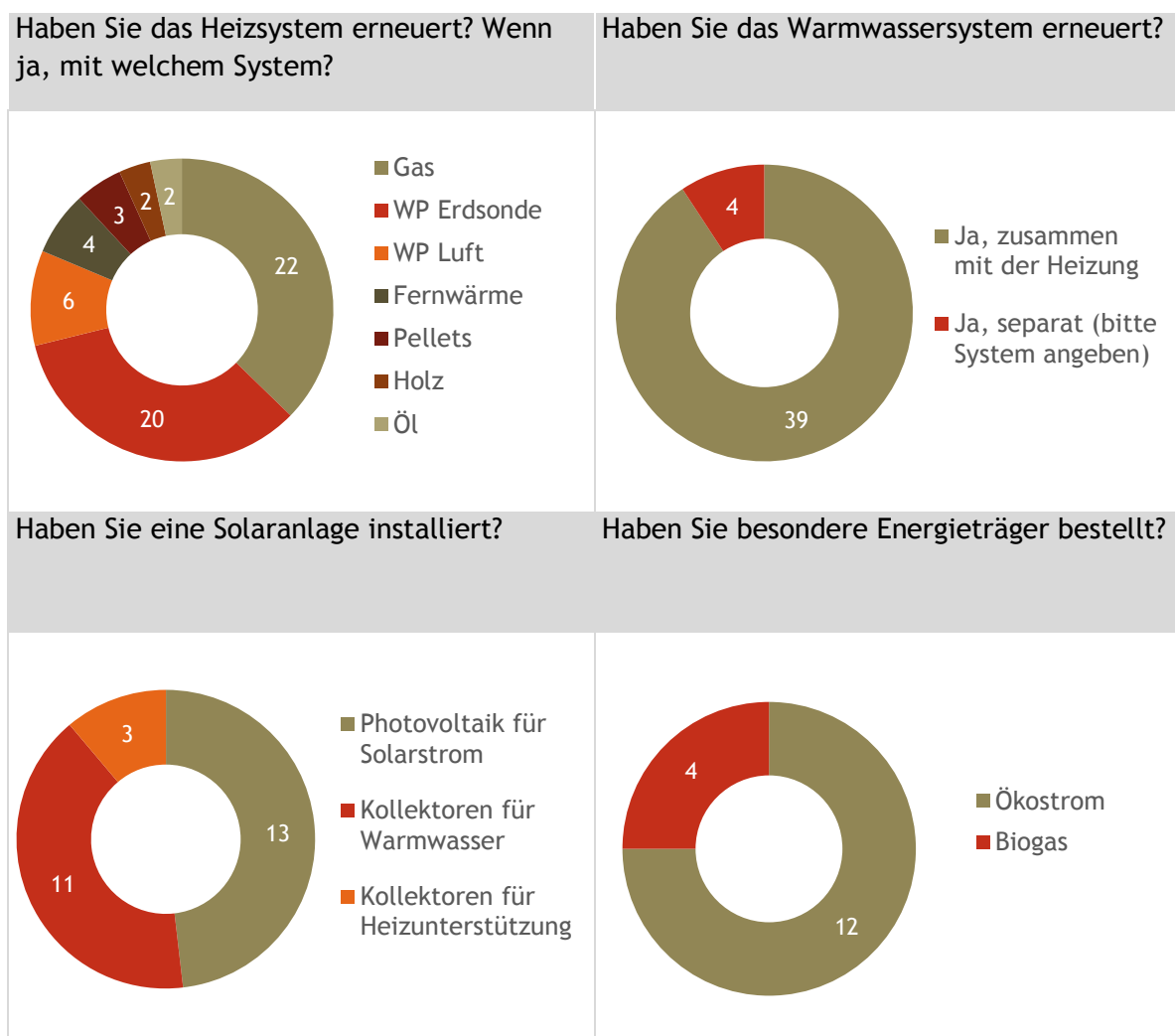


Tabelle 4: Umgesetzte Sanierungsmassnahmen bei den Energieträgern

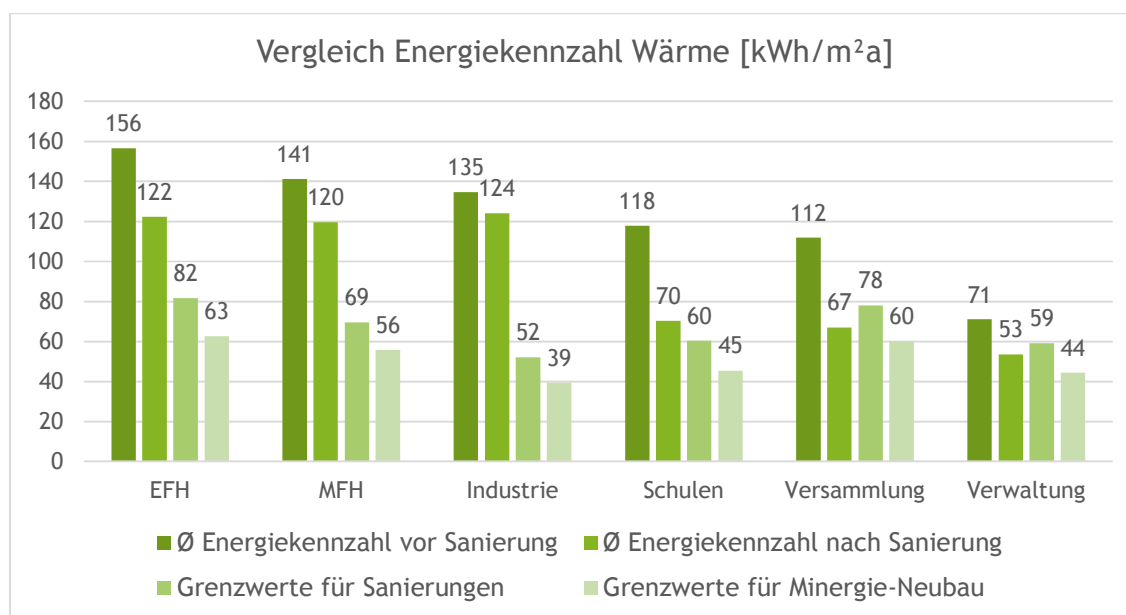
Die Energiegewinne berechnen sich wie folgt (vgl. SIA Merkblatt 2040, 2011: p. 18):

- Solarzellen zur Stromproduktion: 430 MJ Jahresertrag pro m² Modulfläche (auf Dächern): 120 kWh/m² oder 900 kWh/kWp.
- Thermische Solarkollektoren: 1600 MJ Jahresertrag pro m² Kollektorfläche bzw. 440 kWh/m².

6. Das Portfolio nach der Sanierung

6.1 Energiekennzahl Wärme

Grafik 12 zeigt in einer Übersicht die durchschnittlichen Energiekennzahlen vor und nach der Sanierung des Gebäudeportfolios, sowie die Grenzwerte für sanierte Gebäude und für einen Minergie-Neubau⁵.



Grafik 12: Vergleich der Energiekennzahl vor und nach der Sanierung mit Grenzwerten

Betrachtet man die durchschnittlichen Energiekennzahlen des Portfolios nach der Sanierung, zeigt sich, dass bei allen Gebäudekategorien eine Verbesserung stattgefunden hat. Besonders die Kategorien Versammlung und Verwaltung konnten die Energiekennzahlen deutlich reduzieren, sogar bis unter den Grenzwert für Sanierungen. Bei beiden Kategorien gibt es wenige Bauten, diese wurden gesamtsaniert.

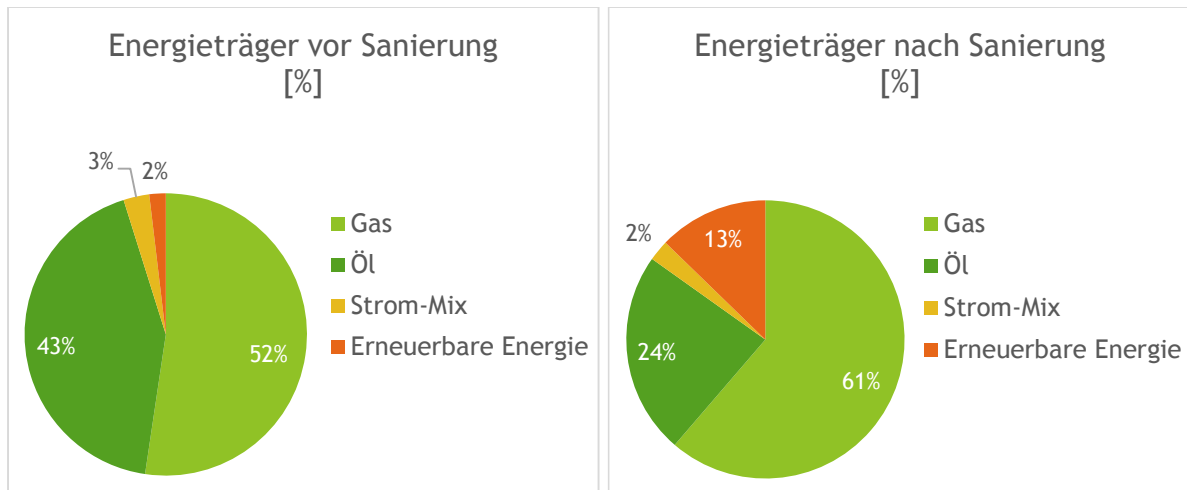
Das Potential für Verbesserungen der Energieeffizienz bleibt bei den Ein- und Mehrfamilienhäusern sowie den Industriegebäuden weiterhin gross.

⁵ Grenzwerte gemäss SIA 2031, 2009: p. 40 (Grenzwerte SIA 380/1):

- Grenzwerte Sanierung = (Heizwärmebedarf * 1,25 + Standardwert Warmwasser) / EBF
- Grenzwerte Minergie-Neubau = (Heizwärmebedarf * 0.90 + Standardwert Warmwasser) / EBF

6.2 Einsparung Endenergie

Die beiden Grafiken zeigen die Veränderung des Anteils der einzelnen Energieträger am Endenergiebedarf.

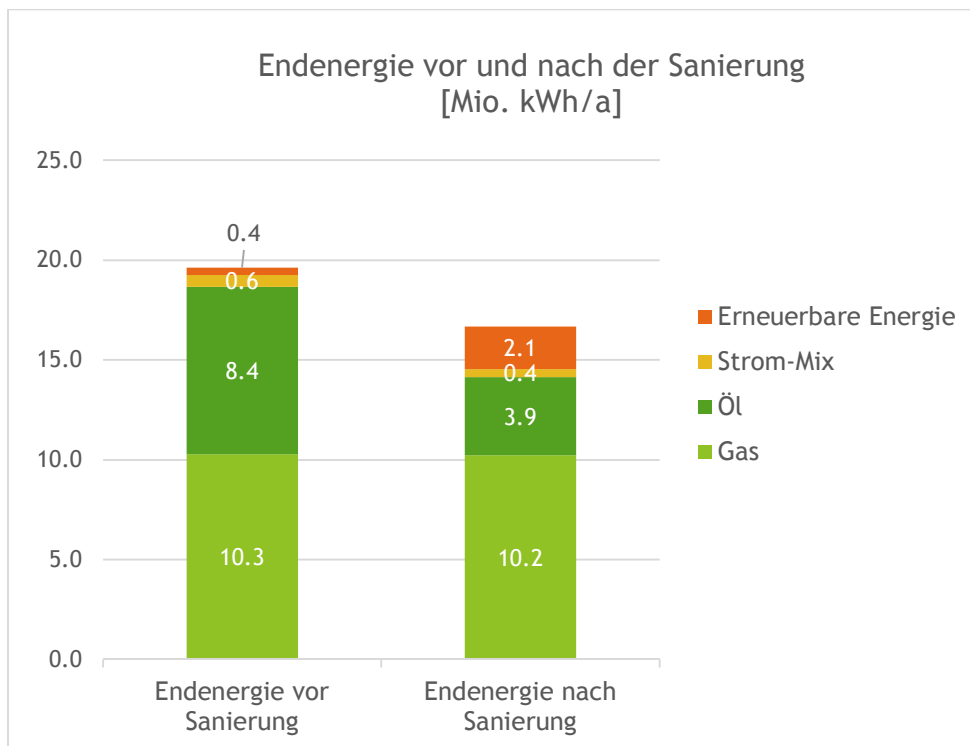


Grafik 13: Anteil der Energieträger am Endenergiebedarf, vor und nach der Sanierung

Der Anteil der fossilen Energieträger, Öl und Gas, konnte um 10% gesenkt werden und beträgt nach der Sanierung **85%**. Öl wurde besonders stark reduziert. Der Anteil an Gas ist gestiegen.

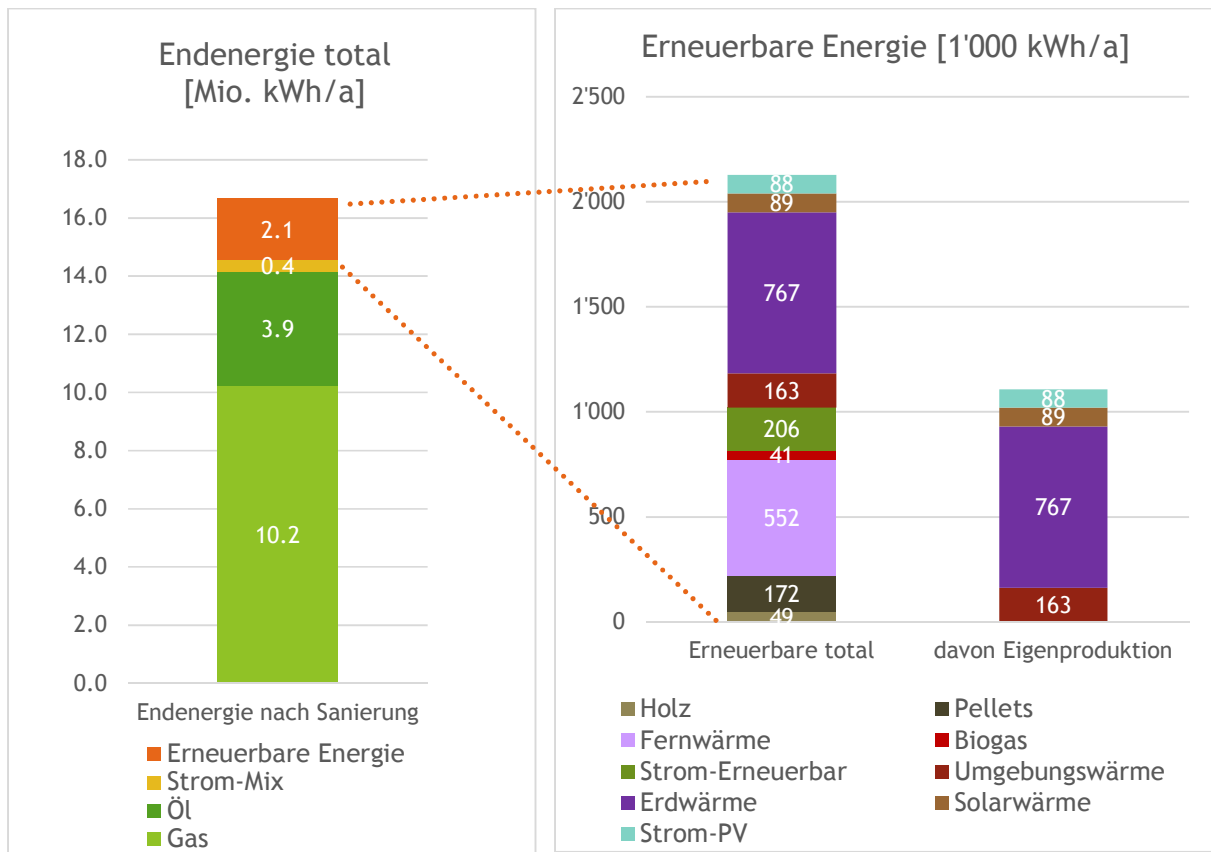
Alle erneuerbaren Energieträger zusammen machen nach der Sanierung **13%** des Endenergiebedarfs aus. Besonders die Eigenenergieproduktion ist stark gestiegen, 7% der total 13% ist am Standort selber produzierte Energie, siehe auch Grafik 15. Der Anteil des Strom-Mix ist um 1% gesunken. Elektrizität als Energieträger hat insgesamt leicht zugenommen, gestiegen sind aber der Anteil Strom aus 100% erneuerbaren Energien (Strom-Erneuerbar) und die Eigenproduktion mittels Photovoltaikanlagen (Strom-PV). Die Zunahme der Elektrizität ist auf die Zunahme der Wärmepumpen zurückzuführen.

Grafik 14 zeigt die Veränderung des Endenergiebedarfs in Mio. kWh/Jahr.



Grafik 14: Endenergiebedarf, vor und nach der Sanierung

Die Einsparung bei der Endenergie beträgt 15%, rund 3 Mio. kWh. Der Bedarf des Portfolios nach der Sanierung beträgt 16,7 Mio. kWh/Jahr. Diese Einsparung ist durch die Umsetzung der Effizienzmassnahmen zustande gekommen. Grafik 15 zeigt, wie sich die 2,1 Mio. kWh an erneuerbaren Energien zusammensetzen.



Grafik 15: Endenergie total in Mio. kWh/Jahr und erneuerbare Energien in kWh/Jahr, nach der Sanierung

Der Trend in Richtung erneuerbare Energieproduktion ist nach der Sanierung des Portfolios deutlich zu sehen. Ein Rückgang der fossilen Energieträger zeigt sich nur bei Öl.

6.3 Einsparung Energiekosten

Die Einsparungen beim Endenergiebedarf bewirken auch eine Senkung der jährlichen Energiekosten um **24%**. Die Senkung der Kosten ist vor allem auf die starke Reduktion des Öls zurückzuführen. Die Einsparung beträgt jährlich rund 436'000 Franken, siehe Tabelle 5.

Energieträger	Preis [Franken / kWh]	Energiekosten vor der Sanierung		Energiekosten nach der Sanierung	
		Bedarf [kWh]	Kosten pro Energieträger [Franken]	Bedarf [kWh]	Kosten pro Energieträger [Franken]
Strom-Erneuerbar	0.16	0	0	206'000	32'960
Biogas	0.18	0	0	41'000	7'380
Fernwärme	0.09	163'130	14'682	552'000	49'680
Pellets	0.08	0	0	172'000	13'760
Holz	0.05	781'000	39'050	49'000	2'450
Strommix	0.15	600'000	90'000	400'000	60'000
Öl	0.10	8'400'000	840'000	3'900'000	390'000
Gas	0.08	10'300'000	824'000	10'200'000	816'000
Total Energiekosten pro Jahr [Franken]			1'807'732		1'372'230

Tabelle 5: Energiekosten vor und nach der Sanierung

Die Berechnung umfasst die reinen Energiepreise, ohne Anschlussgebühren und Fixkosten, welche insbesondere bei der Fernwärme ins Gewicht fallen können.

Die Auswertung der jährlichen Energiekosten-Einsparungen ist natürlich nur die eine Seite der Medaille. Dem gegenüber stehen die Investitionen für die getroffenen Massnahmen, welche in dieser Studie nicht erfasst oder hochgerechnet wurden.

Ob die jeweiligen getroffenen Massnahmen auch wirtschaftlich interessant sind, ist sehr projektspezifisch und jeweils individuell zu prüfen und zu beurteilen. Dies ist oft im Rahmen der Energieberatung und den Energiekonzepten erfolgt und hat dazu beigetragen, die Investitionen auch auszulösen.

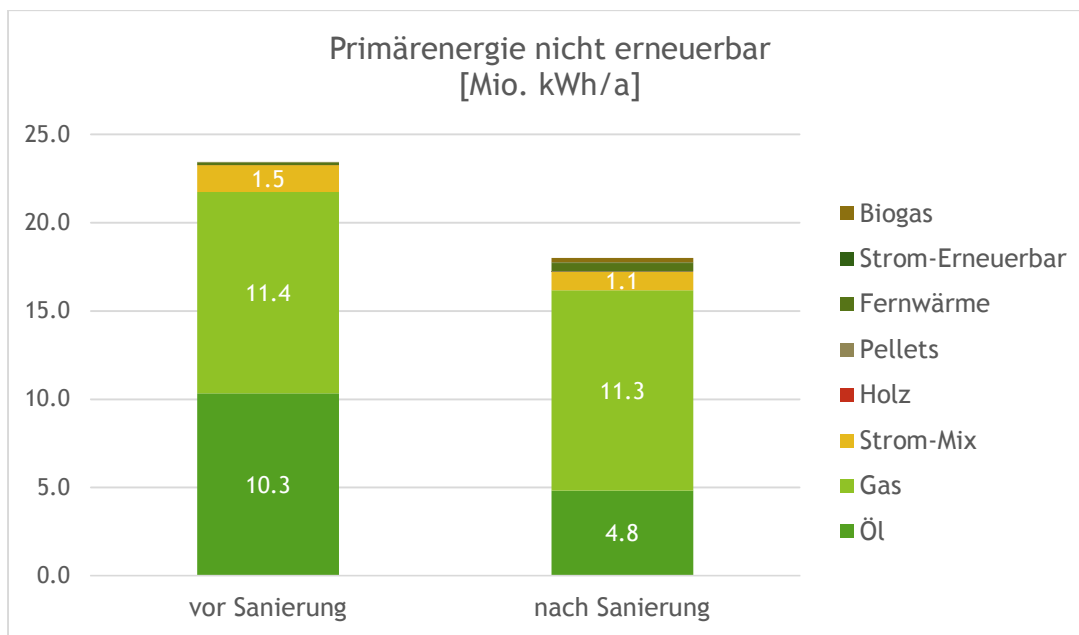
Die Wirtschaftlichkeit hängt von vielen Elementen ab, zu allererst von den teilweise sehr volatilen Energiepreisen, v.a. bei fossilen Energieträgern. Angemessene Energiepreis-Steigerungen für die Lebensdauer der Investitionen von 20 bis 40 Jahren zu beziffern ist recht

mutig. Genau so, den Zinssatz für Hypotheken auf lange Dauer zu bestimmen, resp. auch die alternativen Anlagemöglichkeiten zu beachten. Aktuell scheint auch ohne nachgewiesene Wirtschaftlichkeit die Attraktivität von Investitionen in Immobilien gegeben, weil andere zuverlässige und rentable Anlagemöglichkeiten fehlen.

6.4 Einsparung Primärenergie nicht erneuerbar

Die Primärenergie setzt sich zusammen aus der erneuerbaren und der nicht erneuerbaren Primärenergie. Der SIA-Effizienzpfad Energie verzichtet auf die Bilanzierung der erneuerbaren Primärenergie.

Die Werte der Primärenergie nicht erneuerbar verstehen sich ohne die Eigenenergieproduktion am Standort. Grafik 16 zeigt den Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, vor und nach der Sanierung.



Grafik 16: Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, vor und nach Sanierung

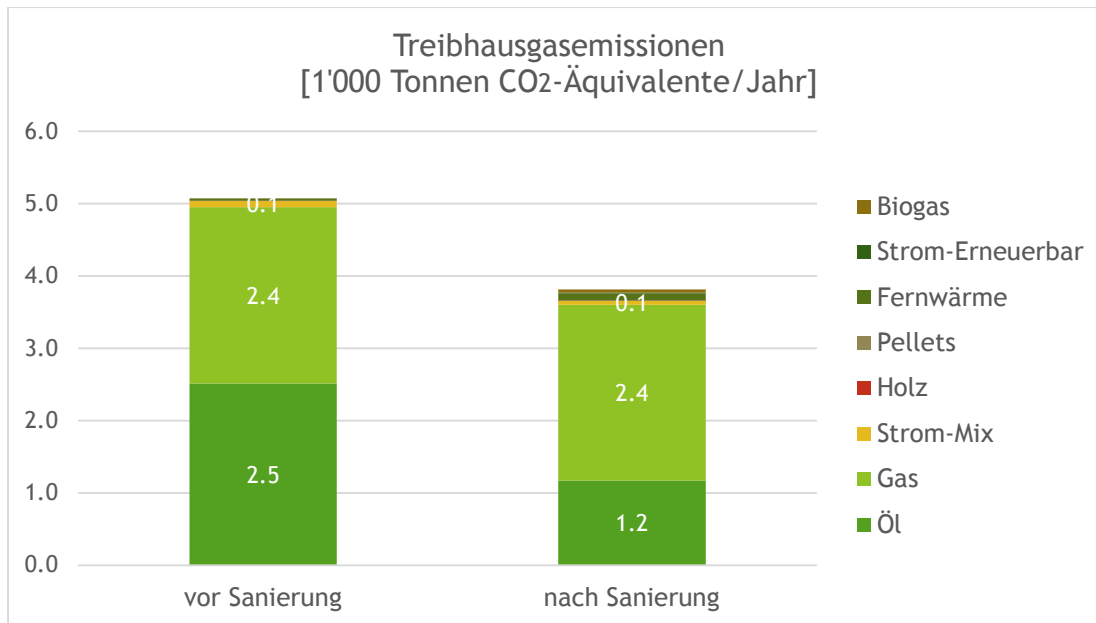
Die Einsparung an Primärenergie nicht erneuerbar beträgt 24%. Der Bedarf konnte von 23 Mio. auf 18 Mio. kWh/Jahr gesenkt werden.

Dazu beigetragen haben:

- Die Einsparung an Endenergie durch die ausgeführten Effizienzmassnahmen (3 Mio. kWh/Jahr).
- Die Zunahme der Eigenenergieproduktion (1 Mio. kWh/Jahr), die für die Bilanzierung von der Endenergie subtrahiert wird (u.a. Erdwärme, Umgebungswärme, Solarwärme, Strom-PV).
- Der Wechsel von fossilen Energieträgern auf erneuerbare (u.a. Holz, Pellets, Fernwärme).
- Die starke Reduktion des Energieträgers Öl mit einem sehr schlechten Primärenergiefaktor.

6.5 Einsparung Treibhausgasemissionen

Wie bei der Primärenergie nicht erneuerbar verstehen sich die Werte der Treibhausgasemissionen ohne die Eigenenergieproduktion am Standort. Grafik 17 zeigt die Treibhausgasemissionen des Portfolios, vor und nach der Sanierung.



Grafik 17: Treibhausgasemissionen, vor und nach der Sanierung

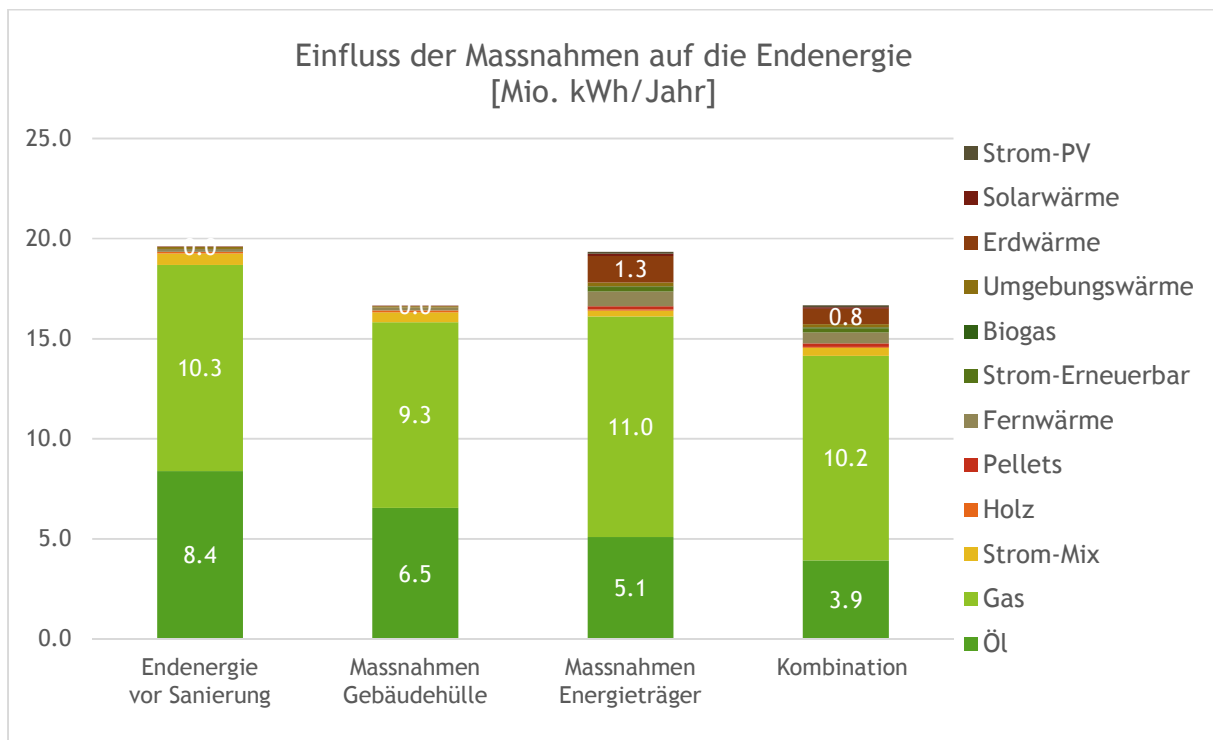
Die Einsparung der Treibhausgasemissionen beträgt 25%. Der Bedarf konnte von 5'000 Tonnen auf 3'800 Tonnen CO₂-Äquivalenten pro Jahr gesenkt werden.

Dazu beigetragen haben:

- Die Einsparung an Endenergie durch die ausgeführten Effizienzmassnahmen (3 Mio. kWh/Jahr).
- Die Zunahme der Eigenenergieproduktion (1 Mio. kWh/Jahr), die für die Bilanzierung von der Endenergie subtrahiert wird (u.a. Erdwärme, Umgebungswärme, Solarwärme, Strom-PV).
- Der Wechsel von fossilen Energieträgern auf erneuerbare (u.a. Holz, Pellets, Fernwärme).
- Die starke Reduktion des Energieträgers Öl mit einem sehr schlechten Treibhausgasemissions-Koeffizienten.

6.6 Einfluss der Massnahmen auf Einsparungen

Die folgenden drei Grafiken zeigen den Einfluss der Massnahmen auf die Einsparungen an Endenergie, Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen. Sie zeigen die Wirkung der Energieeffizienz-Massnahmen (Gebäudehülle) und die Wirkung der Energieträgerwechsel sowie die Kombination.

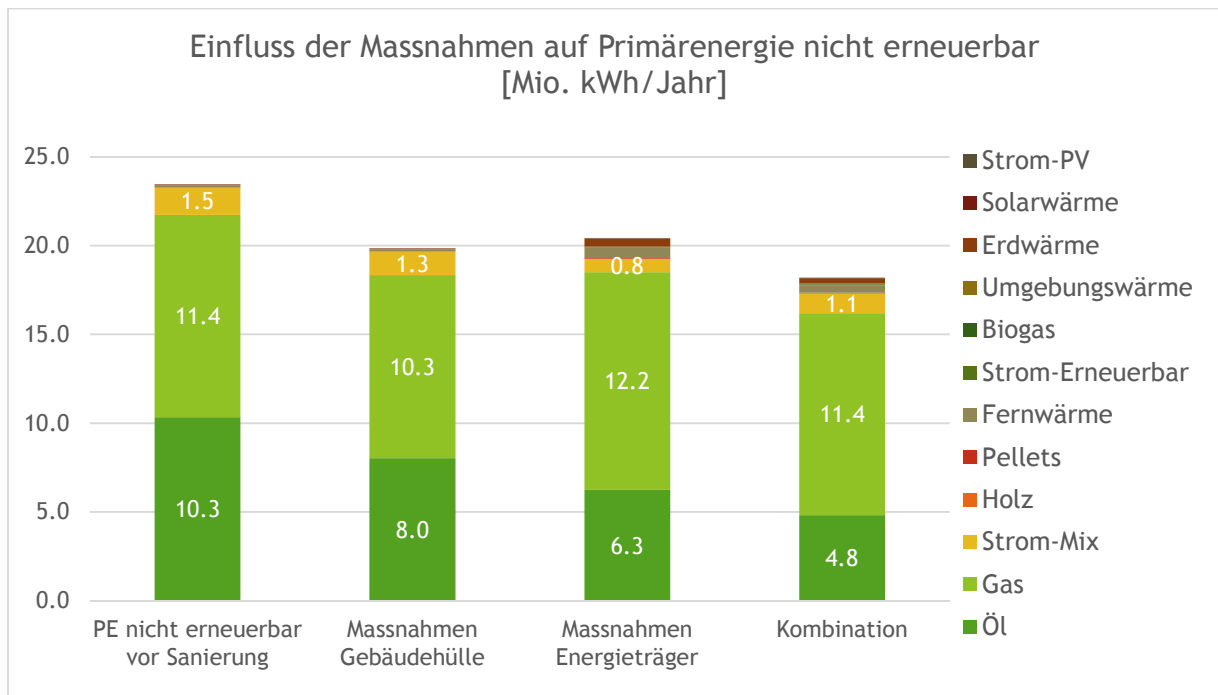


Grafik 18: Einfluss der Gebäudehüll- und Gebäudetechnik-Massnahmen auf die Einsparungen an Endenergie

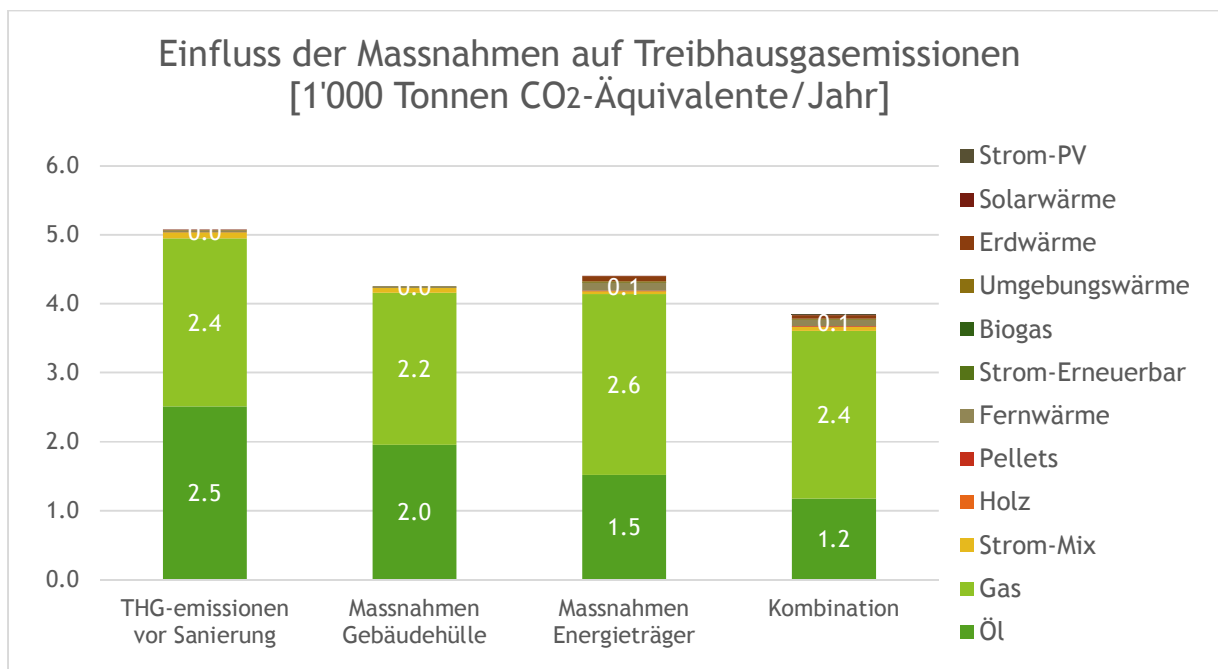
Die Einsparungen bei der Endenergie sind vorwiegend auf die Massnahmen bei der Gebäudehülle zurückzuführen, im kleinen Rahmen auch auf Optimierungen bei der Haustechnik (z.B. Leitungsdämmungen).

Die Grafiken 19 und 20 zeigen, dass der Einfluss der Effizienzmassnahmen und die Massnahmen der Energieträger ungefähr den gleichen Einfluss auf die Einsparung an Primärenergie und Treibhausgas-Emissionen haben.

Daraus kann geschlossen werden, dass die Energieberatung beide Aspekte mindestens gleichwertig beachten und bewerten muss. Im Idealfall erfolgt jedoch die Kombination der beiden Massnahmenpakete mit maximaler ökologischer Wirkung.



Grafik 19: Einfluss der Gebäudehüll- und Gebäudetechnik-Massnahmen auf die Einsparungen an Primärenergie nicht erneuerbar



Grafik 20: Einfluss der Gebäudehüll- und Gebäudetechnik-Massnahmen auf die Einsparungen an Treibhausgasemissionen

7. Diskussion

Die umgesetzten Effizienzmassnahmen, die Wechsel der Energieträger sowie die Zunahme der Eigenenergieproduktion haben energetisch und klimapolitisch eine Verbesserung des Gebäudeportfolios bewirkt. Aber können die anspruchsvollen Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft damit erreicht werden?

7.1 Beitrag des sanierten Portfolios zur nationalen Zielsetzung

Im SIA Energieleitbild Bau fordert der Schweizerische Ingenieur- und Architektenverein SIA, den Gebäudepark Schweiz konsequent auf ein nachhaltiges Fundament zu stellen und mit der Ressource Energie intelligent umzugehen. Sämtliche Bauwerke der Schweiz sollen so erneuert oder neu erstellt werden, dass sich deren Verbrauch an fossiler Energie und Emissionen von Treibhausgasen minimieren. Zusätzlich soll der Einsatz von erneuerbaren Energien erweitert werden. Basis für die Umsetzung bildet der SIA-Effizienzpfad Energie, der Zielwerte festlegt und den Weg zum Bauen im Sinne der 2000-Watt-Gesellschaft aufzeigt (vgl. SIA Energieleitbild Bau, 2009: p. 1ff).

Tabelle 6 zeigt die Zielwerte des im Jahr 2050 durchschnittlich zulässigen Bedarfs an nicht erneuerbarer Primärenergie und die Zielwerte für die Treibhausgasemissionen von Wohngebäuden⁶. Blau markiert sind die für diese Arbeit relevanten Zielwerte des Bereichs Betrieb und Umbau.

	Primärenergie nicht erneuerbar MJ/m ²		Treibhausgasemissionen kg/m ²	
	Neubau	Umbau	Neubau	Umbau
Wohnen				
Richtwert Erstellung	110	60	8,5	5,0
Richtwert Betrieb	200	250	2,5	5,0
Richtwert Mobilität	130	130	5,5	5,5
Zielwerte	440		16,5	15,5

Tabelle 6: Zielwerte für die Gebäudekategorie Wohnen (Quelle: SIA Merkblatt 2040, 2011: p. 19)

Da diese Arbeit nur die Verwendungszwecke Raumwärme und Warmwasser betrachtet, sind beide Zielwerte entsprechend angepasst⁷:

⁶ Die Gebäudekategorie Wohnen umfasst MFH, Alterssiedlungen und -wohnungen sowie EFH, Zweifamilien- und Reiheneinfamilienhäuser (SIA Merkblatt 2040, 2011: p. 9)

⁷ Angaben gemäss Merkblatt 2040, 2011: p. 17

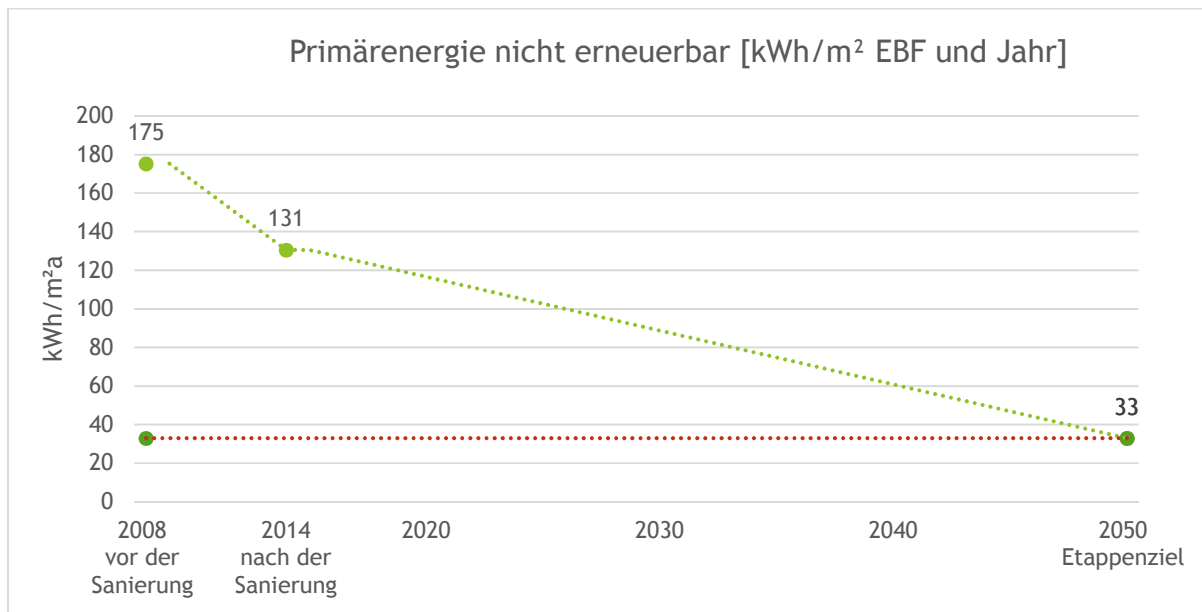
Korrektur des Zielwertes für Primärenergie nicht erneuerbar von 250 MJ/m^2 :

- Die Primärenergie nicht erneuerbar für Lüftung, Klimatisierung, Hilfsenergie beträgt: $32 \text{ MJ/m}^2\text{a}$
 - Die Primärenergie nicht erneuerbar für Licht und Apparate beträgt: $98 \text{ MJ/m}^2\text{a}$
- ⇒ korrigierter Zielwert = $250 \text{ MJ/m}^2\text{a} - 130 \text{ MJ/m}^2\text{a} = 120 \text{ MJ/m}^2\text{a} = \mathbf{33 \text{ kWh/m}^2\text{a}}$

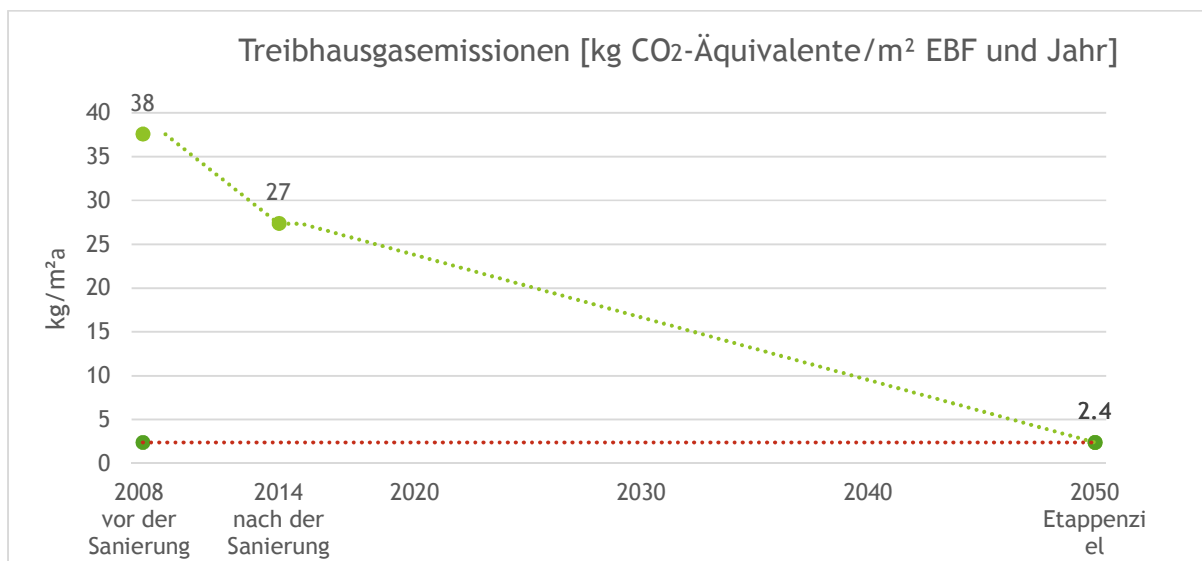
Korrektur des Zielwertes der Treibhausgasemissionen von 5 kg/m^2 (gleiches Reduktionsverhältnis wie bei Primärenergie nicht erneuerbar):

⇒ korrigierter Zielwert = 48% von $5 \text{ kg/m}^2\text{a} = \mathbf{2,4 \text{ kg/m}^2\text{a}}$

Die nachfolgenden Grafiken 21 und 22 zeigen die Absenkpfade bei der Primärenergie nicht erneuerbar und den Treibhausgasemissionen sowie die anzustrebenden Zielwerte im Jahre 2050.



Grafik 21: Absenkpfad Primärenergie nicht erneuerbar für Gebäudekategorie Wohnen, Umbau



Grafik 22: Absenkpfad Treibhausgasemissionen für Gebäudekategorie Wohnen, Umbau

Bei der Primärenergie nicht erneuerbar konnten pro m² EBF und Jahr 44 kWh eingespart werden. Die Treibhausgasemissionen wurden um 11 kg CO₂-Äquivalente pro m² EBF und Jahr gesenkt. Angenommen, die Absenkung würde im gleichen Tempo weitergehen, wären beide Zielwerte bereits vor 2030 erreicht.

Die hohe Sanierungsrate des Gebäudeportfolios von 72% hat zu Einsparungen an Energie und Treibhausgasen geführt. Bei 112 Gebäuden, von insgesamt 156, wurde eine energetische oder klimarelevante Optimierung ausgeführt. Die Einsparungen bei der Endenergie betragen 15%, bei der Primärenergie nicht erneuerbar 24% und bei den Treibhausgasemissionen 25%.

Der Anteil der erneuerbaren Energieträger am Endenergiebedarf konnte von 2% auf 13% gesteigert werden. Die Erdwärme, mit 21 neuen Erdsonden Wärmepumpen, hat besonders stark zugenommen und macht nach der Sanierung den grössten Teil der erneuerbaren Energien aus, gefolgt von der Fernwärme, die sich vervierfacht hat. Überdurchschnittlich gut bei der nicht erneuerbaren Primärenergie, wie auch bei den Treibhausgasemissionen schliessen die Energieträger Holzschnittel und Pellets ab (vgl. SIA-Effizienzpfad Energie, 2011: p. 29). Pelletsheizungen haben im Portfolio zwar zugenommen, der Anteil am Endenergiebedarf ist aber verschwindend klein (0,01%).

Der Anteil der fossilen Brennstoffe, Öl und Gas, am Endenergiebedarf konnte um 10% reduziert werden. Die Reduktion von Öl, mit hohem Primärenergiefaktor und Treibhausgasemissions-Koeffizient, wirkte sich auf die Einsparungen besonders positiv aus.

Und trotzdem bleibt die Erreichung des Etappenziels der 2000-Watt-Gesellschaft anspruchsvoll. Denn bis ins Jahr 2050 müssten dieselben Gebäude weitere 100 kWh/m²a an Primärenergie nicht erneuerbar einsparen, also noch einmal mehr als doppelt so viel, wie bis anhin. Bei den Treibhausgasemissionen sind es weitere 24,6 kg CO₂-Äquivalente pro m² und Jahr. Wenn man bedenkt, dass bereits 72% der Gebäude eine energetische Sanierung durchgeführt haben, scheint das Ziel fast unerreichbar zu sein.

Betrachtet man jedoch die ausgeführten Massnahmen genauer, stellt man fest, dass etwa 1/5 aller Gebäude mit Gebäudehüllmassnahmen, Einsparungen von mehr als 50% erzielt haben, durch umfassende Sanierungen. Diese bewirkten den Grossteil der Einsparungen. Die vielen kleinen Massnahmen, wie z.B. Fensterersatz oder Leitungsdämmungen, sind sinnvoll, bringen energetisch aber wenig. Auch beim Energieträgerwechsel bleibt das Potential für weitere Einsparungen gross. Denn von allen, die ein Heizsystem ersetzt haben, sind rund 40% bei fossilen Energieträgern geblieben. In 17 Fällen wurde von Öl auf Gas gewechselt. Gasheizungen sind zwar in allen Kategorien besser als Ölheizungen (Effizienz, Primärenergiefaktor, CO₂-Ausstoss, Feinstaub, UBP), bleiben aber Heizsysteme mit vorwiegend fossilen Energieträgern. Ein Umstieg auf Biogas ist zu empfehlen.

Die fossilen Energieträger bleiben auch nach der Sanierung des Portfolios dominant. Sie verursachen überproportional hohe Treibhausgasemissionen und verunmöglichen die Zielerreichung (vgl. SIA-Effizienzpfad Energie, 2011: p. 29).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass trotz hoher Sanierungsrate, bisher nur Wenige energetisch viel bewirkt haben und das Potential für weitere Optimierungen in allen Bereichen (Effizienz, Energieträger und Eigenenergieproduktion) gross bleibt. Wird dieses in den kommenden Jahren ausgeschöpft, ist die Zielerreichung im Jahre 2050 als realistisch zu bewerten.

Zusammengefasst, die Erkenntnisse:

1. Ein breites Interesse der Kunden an energetischen Sanierungen ist vorhanden. Viele führen einzelne Massnahmen aus. Gesamtsanierungen gibt es wenig.
2. Diejenigen, welche umfassende Sanierungen ausgeführt haben, wurden Grösstenteils von der Firma edelmann energie bei der Umsetzung begleitet und weiterhin beraten.
3. Generell gibt es eine grosse Zufriedenheit mit der Energieberatung der Firma edelmann energie.
4. Die Gründe für eine Gebäudesanierung sind Umweltbewusstsein sowie Komfortbedürfnisse & Modernisierung.
5. Auch nach der Sanierung sind die fossilen Energieträger dominant.
6. Die Erdwärme (Erdsonden Wärmepumpen) hat bei den erneuerbaren Energien am meisten zugelegt.

Fazit:

Das Resultat der Erfolgskontrolle zeigt, dass das analysierte Gebäudeportfolio im Hinblick auf die Energiewende auf Kurs ist. 1/3 des Weges konnte innerhalb der letzten sechs Jahre bereits zurückgelegt werden, 2/3 sind bis zur Erreichung des Etappenziels im Jahre 2050 noch zu bewältigen.

Was es vermehrt braucht, sind umfassende Gesamtsanierungen und ein weiterer Rückgang der fossilen Energieträger. Um dies in der Praxis umzusetzen, sind Energieexperten gefragt, die den Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft aufzeigen und das Wissen in der Praxis vermitteln. Der Informationsbedarf ist gross. Eine einmalige Energieberatung genügt nicht, um die anspruchsvollen Energieziele zu erreichen. Das Beratungsangebot ist entsprechend zu ergänzen oder weiter auszubauen.

7.2 Ausblick

Datengrundlagen zur Überprüfung von Energiezielen

Ein Mikrozensus dient dazu, die im Rahmen von umfassenden Studien (Gesamtstatistiken) erhobenen Daten im Kleinen zu prüfen und gegebenenfalls zu korrigieren. Der Mikrozensus liefert wichtige Datengrundlagen für eine zukünftige Planung. In dieser Analyse bildete die Umfrage zur Gebäudesanierung des Portfolios der Firma edelmann energie die Grundlage eines Mikrozensus. Die gewonnenen Erkenntnisse aus der Praxis können einen Beitrag bei der Überprüfung der Energieziele liefern, in dem sie getroffene Massnahmen der Energiepolitik bestätigen oder widerlegen. In dieser Arbeit wurde die energetische und klimapolitische Veränderung des Gebäudeportfolios den nationalen Zielen gegenübergestellt und eine Aussage darüber gemacht, ob und wie das Etappenziel im Jahr 2050 zu erreichen ist und wie die Veränderung des Portfolios zu bewerten ist. Weitere Studien aus der Praxis und vertiefte Analysen wären interessant und sinnvoll.

Systemgrenze erweitern

Generell kann die Ökologie eines Bauwerkes nur in einem Lebenszyklus betrachtet werden, wo alle Energie- und Stoffflüsse von der Erstellung über den Betrieb bis zum Rückbau zu planen und erfassen sind. In dieser Arbeit wurde nur die Betriebsenergie betrachtet. Bis heute war dies die relevante energetische Grösse über die Lebensdauer einer Immobilie. Unterdessen werden Bauten erstellt, die kaum noch Wärme im Betrieb benötigen, respektive durch Eigenenergieproduktionen zu Plus-Energiebauten werden. Aus diesem Grund sind in Zukunft weitere Bereiche zu erfassen und als Thema zu etablieren, wie z.B. Erstellung, Strombedarf oder Mobilität.

Vergleich der Erkenntnisse mit themenverwandten Forschungsstudien

Ein Vergleich der gewonnenen Erkenntnisse aus der Praxis mit Erkenntnissen aus bestehenden, themenverwandten Forschungsstudien, bietet sich an⁸:

- Erfolgsfaktoren erfolgreicher Gebäudesanierungen, ewz Energieforschung Stadt Zürich
- Lösungsansätze zum Abbau von Hemmnissen für energetische Erneuerungen von Gebäuden, Energieforschung Stadt Zürich
- Anreize und Hemmnisse für energetische Sanierungen, Energieforschung Stadt Zürich
- Evaluation Energie-Coaching, Umwelt- und Gesundheitsschutz, Stadt Zürich
- Grundlagen zu einem Suffizienzpfad Energie, Das Beispiel Wohnen, Amt für Hochbauten, Fachstelle nachhaltiges Bauen
- Nutzerverhalten beim Wohnen, Amt für Hochbauten, Fachstelle nachhaltiges Bauen

⁸ Aufzählung nicht abschliessend.

8. Verzeichnisse

Verwendete Hilfsmittel

Survey Monkey, www.surveymonkey.com: Softwaretool für selbständiges Erstellen von webbasierten Umfragen.

Literatur- und Quellenangaben

Amt für Hochbauten der Stadt Zürich (AHB) 2011: Schlussbericht Nutzerverhalten beim Wohnen, Analyse, Relevanz und Potential von Massnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs

Amt für Hochbauten der Stadt Zürich (AHB) 2010: Gebäudeparkmodell - Vorstudie zur Erreichbarkeit der Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft für den Gebäudepark der Stadt Zürich, Schlussbericht, Juni 2010, Zürich

Bundesamt für Energie 2012: Erste Massnahmen Energiestrategie 2050, 2012, Bern

Energieforschung Stadt Zürich 2013: Erfolgsfaktoren erfolgreicher Gebäudesanierungen, Forschungsbericht FP-2.2.6, Ein ewz Beitrag zu 2000-Watt-Gesellschaft

Energieforschung Stadt Zürich 2013: Erneuerungstätigkeit und Erneuerungsmotive bei Wohn- und Bürobauten, Forschungsprojekt FP-2.2.1, Dezember 2013, Zürich

Energieforschung Stadt Zürich 2013: Lösungsansätze zum Abbau von Hemmnissen für energetische Erneuerungen von Gebäuden, Forschungsprojekt FP-2.2.4, März 2013, Zürich

EnergieSchweiz 2008: Mehrfamilienhäuser energetisch richtig erneuern. Empfehlungen zur strategischen Gebäudeerneuerung

EnergieSchweiz 2014: Gebäude erneuern - Energieverbrauch halbieren. Wie mit gezielten Massnahmen der Energieverbrauch im Einfamilienhaus auf die Hälfte reduziert wird, EnergieSchweiz, Ausgabe 01.14

ESU-services GmbH 2012: Primärenergiefaktoren von Energiesystemen, Version 2.2, Juli 2012, Zürich

Stadt Luzern 2008: Bericht zur Evaluation des Energiecoachings für den Zeitraum März 2006 bis November 2007; 5. März 2008, Luzern

Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA) 2011: Merkblatt 2040, SIA-Effizienzpfad Energie, Ausgabe 2011, Zürich

Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA) 2009: Norm SIA 380/1:2009, Thermische Energie im Hochbau, 2009, Zürich

Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA) 2007: Norm SIA 416/1:2007, Kennzahlen für die Gebäudetechnik, 2007, Zürich.

Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA) 2009: Merkblatt 2031, Energienachweis für Gebäude, Ausgabe 2009, Zürich

SIA Effizienzpfad Energie 2006: Dokumentation D 0216 SIA Effizienzpfad Energie

SIA Effizienzpfad Energie 2011: Dokumentation D 0216 SIA Effizienzpfad Energie, Ergänzungen und Fallbeispiele zum Merkblatt 2040

SIA Energieleitbild Bau 2009: Die Ziele des SIA für den Umgang mit Energie im Gebäudepark
Schweiz, Positionspapier

SIA Faltblatt Effizienzpfad 2009: SIA Effizienzpfad Energie

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der Beratungsangebote der Firma edelmann energie	8
Tabelle 2: Energieträger: Einordnung und Begriffe	10
Tabelle 3: Umgesetzte Sanierungsmassnahmen bei der Gebäudehülle	22
Tabelle 4: Umgesetzte Sanierungsmassnahmen bei den Energieträgern	23
Tabelle 5: Energiekosten vor und nach der Sanierung	29
Tabelle 6: Zielwerte für die Gebäudekategorie Wohnen (Quelle: SIA Merkblatt 2040, 2011: p. 19)	35

Grafikverzeichnis

Grafik 1: Absenkpfad Primärenergie nicht erneuerbar für Kategorie Wohnen Umbau	4
Grafik 2: Von der Primärenergie zur Nutzenergie (Quelle: Amstein & Walthert, 2013; Grafik zur Verfügung gestellt von Andreas Baumgartner)	11
Grafik 3: Systemgrenze (Quelle: SIA-Effizienzpfad Energie, 2011: p. 11, Grafik zur Verfügung gestellt von Katrin Pfäffli, Architekturbüro H.R. Preisig)	13
Grafik 4: Anzahl Gebäude pro Gebäudekategorie und Verteilung der EBF	15
Grafik 5: Anzahl Gebäude pro Region und Verteilung der EBF	15
Grafik 6: Übersicht der Energiekennzahl Wärme im Vergleich mit Grenzwerten	16
Grafik 7: Anteil der Energieträger am Endenergiebedarf, vor der Sanierung	17
Grafik 8: Endenergie total in Mio. kWh/Jahr und erneuerbare Energien in kWh/Jahr, vor der Sanierung	18
Grafik 9: Vergleich effektiver Verbrauch eines Gebäudes versus berechneten Bedarf	19
Grafik 10: Anzahl Sanierungen	20
Grafik 11: Anzahl genannter Gründe für eine Sanierung	20
Grafik 12: Vergleich der Energiekennzahl vor und nach der Sanierung mit Grenzwerten	25
Grafik 13: Anteil der Energieträger am Endenergiebedarf, vor und nach der Sanierung	26

Grafik 14: Endenergiebedarf, vor und nach der Sanierung	27
Grafik 15: Endenergie total in Mio. kWh/Jahr und erneuerbare Energien in kWh/Jahr, nach der Sanierung	28
Grafik 16: Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, vor und nach Sanierung	31
Grafik 17: Treibhausgasemissionen, vor und nach der Sanierung.....	32
Grafik 18: Einfluss der Gebäudehüll- und Gebäudetechnik-Massnahmen auf die Einsparungen an Endenergie	33
Grafik 19: Einfluss der Gebäudehüll- und Gebäudetechnik-Massnahmen auf die Einsparungen an Primärenergie nicht erneuerbar	34
Grafik 20: Einfluss der Gebäudehüll- und Gebäudetechnik-Massnahmen auf die Einsparungen an Treibhausgasemissionen	34
Grafik 21: Absenkpfad Primärenergie nicht erneuerbar für Gebäudekategorie Wohnen, Umbau	37
Grafik 22: Absenkpfad Treibhausgasemissionen für Gebäudekategorie Wohnen, Umbau.....	37

9. Anhang

Anhang A: Primärenergiefaktoren und Treibhausgasemissions-Koeffizienten

Energieträger	PE-Faktor total	PE-Faktor nicht erneuerbar	Treibhausgas-koeffizienten	
[Einheit]	[-]	[-]	[kg/MJ]	[kg/kWh]
Öl	1,24	1,23	0,083	0,299
Gas	1,12	1,11	0,066	0,238
CH-Verbrauchermix	3,05	2,64	0,041	0,148
Holz (Schnitzel & Stückholz)	1,1	0,055	0,0035	0,013
Pellets	1,22	0,21	0,01	0,036
Fernwärme Nutzung Kehrichtwärme	0,81	0,8	0,045	0,162
Solarwärme	1,62	0,15	0,012	0,043
Umgebungswärme	1,74	0,19	0,023	0,083
Erdwärme	1,55	0,35	0,016	0,058
PV-Strom	1,43	0,26	0,023	0,083
Biogas	0,37	0,37	0,045	0,162
Elektrizität aus Wasserkraft	1,22	0,04	0,004	0,014

 = Quelle SIA Merkblatt 2040, 2011: p. 24ff

 = Quelle ESU-Services, 2012: Primärenergiefaktoren von Energiesystemen: p. 3ff

Anhang B: Brenn- und Heizwerte der Energieträger

Verwendete Brenn- und Heizwerte der Energieträger (Quelle: SIA 416/1:2007: Kennzahlen der Gebäudetechnik: p.35)

Energieträger		Dichte kg/l	Heizwert NCV MJ/kg kWh/kg		Brennwert GCV MJ/kg kWh/kg		NCV/GCV
Erdölprodukte							
– Heizöl extraleicht		0,84	42,6	11,8	45,0	12,5	0,94
– Propan (flüssig)		0,51	46,3	12,9	50,3	14,0	0,92
– Butan (flüssig)		0,58	45,7	12,7	49,5	13,8	0,92
– Benzin		0,74	42,5	11,8	45,8	12,7	0,93
– Diesel		0,84	42,8	11,9	45,7	12,7	0,94
– Flugtreibstoffe		0,82	43,0	11,9	45,7	12,7	0,94
Kohle							
– Steinkohle			28,1	7,8	29,3	8,1	0,96
– Braunkohle			20,1	5,6	20,9	5,8	0,96
		kg/m ³ ²⁾	MJ/kg	kWh/kg	MJ/kg	kWh/kg	
Holz ¹⁾	u						
– Stückholz (Weich-)	20%	540	15,7	4,4	17,0	4,7	0,92
– Stückholz (Hart-)	20%	780	15,0	4,2	16,3	4,5	0,92
– Holzschnitzel (Weich-)	50%	675	12,4	3,4	13,6	3,8	0,91
– Holzschnitzel (Hart-)	50%	975	11,6	3,2	13,1	3,6	0,89
– Holzkohle	5–35%	250	30,0	8,3	31,0	8,6	0,96
– Pellets	8–11%	1200	16,7	4,6	18,3	5,1	0,91
Abfall							
– Kehrlichtverbrennung			11,9	3,3			
		kg/m ³	MJ/m ³	kWh/m ³	MJ/m ³	kWh/m ³	
Gase ³⁾							
– Erdgas		0,76	36,3	10,1	40,3	11,2	0,90
– Biogas (40–75% Methan)		1,01–1,46	14,4–27,0	4,0–7,5	15,9–29,9	4,4–8,3	0,90
– Methan		0,72	35,9	10,0	39,8	11,1	0,90
– Propan		2,01	93,1	25,9	101,2	28,1	0,92
– Butan		2,70	117,8	32,7	125,9	35,0	0,94

¹⁾ Alle Angaben sind bezogen auf kg feuchtes Holz, sie variieren je nach Holzart, Dichte und Holzfeuchte; Holzfeuchte u = Masse Wasser zu Masse trockenes Holz: Angabe in %

²⁾ Pro Fest-Kubikmeter (Holzschnitzel: 1 Fest-Kubikmeter = 2,8 Schnitzel-Kubikmeter; Pellets: 1 Fest-Kubikmeter = 1,8 Schütt-Kubikmeter)

³⁾ Pro Norm-Kubikmeter (0 °C, 1013 mbar)

Quellen: Schweiz. Energiestatistik; Recknagel/Sprenger/Schramek; Holzenergie Schweiz; Erdölvereinigung; Ecoinvent; VDI Wärmeatlas

Anhang C: Nutzungsgrade und Arbeitszahlen

Verwendete Nutzungsgrade und Arbeitszahlen (Quelle: SIA Merkblatt 2040, 2011: p.16)

Tabelle 3 Standard-Nutzungsgrade und -Arbeitszahlen für Heizungsanlagen inklusive Speicher- und Verteilverluste

	Heizung	
	$\eta_{per,H}$	$E_{SPF,H}$
Öl- und Gasfeuerung kondensierend	0,90	
Holzschnitzel, Pellets	0,75	
Stückholz	0,70	
Fernwärme	0,95	
Wärmepumpe (Luft/Wasser)		3,3
Wärmepumpe (Sole/Wasser)		3,9
Wärmepumpe (Wasser/Wasser)		4,1

Warmwasser

Der jährliche Wärmebedarf für Warmwasser berechnet sich gemäss Norm SIA 385/2⁸.

In den Phasen Vorstudien und Vorprojekt sind für den Wärmebedarf Warmwasser die folgenden Werte einzusetzen:

Gebäudekategorie Wohnen		50 MJ/m ²
Gebäudekategorie Büro		5 MJ/m ²
Gebäudekategorie Schulen	ohne Turnhalle	10 MJ/m ²
	mit Turnhalle	20 MJ/m ²

In den Phasen Vorstudien und Vorprojekt sind für den Nutzungsgrad Wassererwärmung die Werte von Tabelle 4 einzusetzen.⁹

Tabelle 4 Standard-Nutzungsgrade und -Arbeitszahlen für Warmwasseranlagen inklusive Speicher- und Verteilverluste

	Wassererwärmung	
	$\eta_{per,W}$	$E_{SPF,W}$
Öl- und Gasfeuerung kondensierend	0,65	
Holzschnitzel, Pellets	0,50	
Stückholz	0,45	
Fernwärme	0,65	
Wärmepumpe (Luft/Wasser)		1,80
Wärmepumpe (Sole/Wasser)		2,00
Wärmepumpe (Wasser/Wasser)		2,20
Kompakter WP-Wassererwärmer		2,20
Elektro-Wassererwärmer dezentral	0,85	