

Dekarbonisierung Wohnsiedlungen

Netto-Null – auf dem Weg zur
CO₂-neutralen Wärmeversorgung

Schlussbericht Umsetzungsstrategie

Impressum

Auftraggeber

Liegenschaften Stadt Zürich (LSZ)
Morgartenstrasse 29
Postfach, 8022 Zürich

und

Stadt Zürich
Amt für Hochbauten
Lindenhofstrasse 21
Postfach, 8021 Zürich

Beteiligte

Annette Aumann, AHB, Leiterin Fachstelle nachhaltiges Bauen
Annick Lalive d'Epinay, LSZ, Leiterin Portfolio Management
Roger Hartl, LSZ, Baukompetenz
Ian Jenkinson, AHB, Projektökonomie
Thomas Kessler, AHB, Fachstelle nachhaltiges Bauen
Hanspeter Wilhelm, UGZ, Energieverbunde
Yvonne Züger, LSZ, Portfoliomanagerin

Auftragnehmer

Lemon Consult AG
Sumatrastrasse 10
CH-8006 Zürich
Tel. +41 44 200 77 44

Autoren

Martin Ménard, Maurin Spiess

Dokument

LSZ_Dekarb_Schlussbericht_20210212.docx

Zürich, 12.02.2021

Inhalt

1. Das Wichtigste in Kürze	4
1.1. Ausgangslage	4
1.2. Zielsetzung	4
1.3. Begriffe und Indikatoren	4
1.4. Erkenntnisse	4
2. Grundlagen	8
2.1. Daten zu den Wohnsiedlungen	8
2.2. Standardwerte für Energie- und Leistungskennzahlen	10
2.3. Kostenkennwerte Wärmeerzeugersersatz	12
2.4. Wärmegestehungskosten und Investitionsbeiträge bei Wärmeverbunden (Contracting)	13
2.5. Energiepreise und Energiekosten	14
3. Controlling-Instrument	15
3.1. Eingabedaten	15
3.2. Auswertung	16
3.3. Siedlungsübersicht	17
3.4. Siedlungsübersicht Kennwerte	17
4. Ergebnisse	18
4.1. Mengengerüst	18
4.2. Wärmebedarf	19
4.3. CO ₂ -Emissionen am Gebäudestandort	19
4.4. Treibhausgasemissionen	20
4.5. Investitionskosten	20
4.6. Jährliche Energiekosten	21
5. Anhang	24
5.1. Abschätzung des Heizleistungsbedarfs gemäss prSIA 384/1	24
5.2. Grundlagen für die Berechnung von Energie- und Umweltindikatoren	25
5.3. Details zu den Kostenkennwerten für den Wärmeerzeugersersatz	31
5.4. Tarifmodell Fernwärme ERZ, Stand 2020	34
5.5. Wärmeschutzmassnahmen (Wärmedämmung)	35
6. Publikationen	37

1. Das Wichtigste in Kürze

1.1. Ausgangslage

Das Finanzdepartement der Stadt Zürich will, gemäss seiner strategischen Planung, bis 2030 die CO₂-neutrale Wärmeversorgung der städtischen Wohnsiedlungen umsetzen. Zürich hat klare Ziele bezüglich Nachhaltigkeit (2000-Watt-Gesellschaft) und setzt diese gemäss den Strategien Zürich 2035 und den Masterplänen Energie und Umwelt um.

Der Energieverbrauch der Wohnsiedlungen wird mit der Kantonalen Zielvereinbarung (KZV) seit 2007 bis heute mit einem Energie Monitoring über Heizung, Warmwasser und PV-Strom rapportiert und nach Möglichkeit optimiert. Der Anteil an fossilen Energieträgern ist nach wie vor sehr hoch und die damals gesetzten Ziele können zwar erreicht werden, sie sind aus heutiger Sicht aber zu wenig ambitioniert und entsprechen nicht mehr den übergeordneten städtischen Zielen.

1.2. Zielsetzung

Ziel der Studie ist es, für das Portfolio Wohnsiedlungen der Stadt Zürich einen konkreten Umsetzungsplan vorzulegen, wie

- die städtischen Wohnsiedlungen auf erneuerbare Wärmequellen, auch Fern- und Nahwärmenetze, umgestellt werden können und
- das Ziel der Dekarbonisierung der Wärmeversorgung aller städtischen Wohnsiedlungen erreicht werden kann.
- Siedlungsspezifisch soll aufgezeigt werden, welche Massnahmen zielführend und welche Investitionen in welchem Jahr (Grobkostenschätzung) notwendig sind
- sowie welche Auswirkungen auf die Heizkosten zu erwarten sind.

1.3. Begriffe und Indikatoren

Im Fokus der vorliegenden Studie steht die Reduktion der direkten CO₂-Emissionen aus der Verbrennung von Heizöl und Erdgas am Gebäudestandort. Die direkten CO₂-Emissionen sind der Teil in der Treibhausgasbilanz, den die LSZ (neben den Treibhausgasemissionen aus der Gebäudeerstellung) beeinflussen kann. Die direkten CO₂-Emissionen der Wohnsiedlungen werden in Übereinstimmung mit dem Territorialprinzip des CO₂-Gesetzes mit Emissionsfaktoren gemäss BAFU:2016 berechnet (siehe Kap. 5.2 und 6).

Die Entwicklung der vorgelagerten Emissionen und deren Reduktion oder Kompensation für die Netto-Null-Bilanz muss an anderer Stelle erfolgen, unter anderem durch die Betreiber von Fernwärmenetzen und Wärmeverbunden. Die gesamten Treibhausgasemissionen der Wärmeversorgung, inkl. der vorgelagerten Prozesse, werden in der vorliegenden Studie mit aktuellen Ökobilanzdaten gemäss KBOB:2016 berechnet. Sie zeigen die aktuelle Situation in Annäherung auf und sind daher eine wichtige Zusatzinformation.

1.4. Erkenntnisse

Die wichtigsten Erkenntnisse der Studie sind:

- Die Umstellung auf **erneuerbare Wärmequellen** bis 2030 ist technisch und wirtschaftlich **machbar**.
- Dadurch wird eine Reduktion der direkten **CO₂-Emissionen** aus der Verbrennung von Erdgas und Heizöl am Gebäudestandort von heute 8'300 t **auf null t im Jahr 2030 erreicht** (siehe Abb. 1).
- Die **Treibhausgasemissionen** enthalten neben der direkten CO₂-Emissionen am Gebäudestandort auch Emissionen von CO₂ und anderen klimawirksamen Gasen aus vorgelagerten Prozessstufen der Energieversorgung (siehe Abb. 2). Ab dem Jahr 2030 werden die Treibhausgasemissionen der Wohnsiedlungen primär durch den Bezug von Fernwärme und Wärme ab einem Wärmeverbund verursacht. Bei Beibehaltung der heutigen, weitgehend fossilen Spitzenlastdeckung, würden 2030 noch rund 3'500 t indirekte Treibhausgasemissionen verursacht. Die **vollständige Dekarbonisierung der Wärmeversorgung hängt somit von der zukünftigen Wahl der Spitzenlastsysteme** der Fernwärme- (ERZ) und Wärmeverbundbetreiber (ewz, Energie360°) ab.

Abb. 1: Fossile CO₂-Emissionen am Gebäudestandort gemäss BAFU:2019; dies entspricht dem Einflussbereich LSZ zur Netto-Null Zielerreichung (Betrachtung Energieträgerwahl am Standort auf Basis Endenergie)

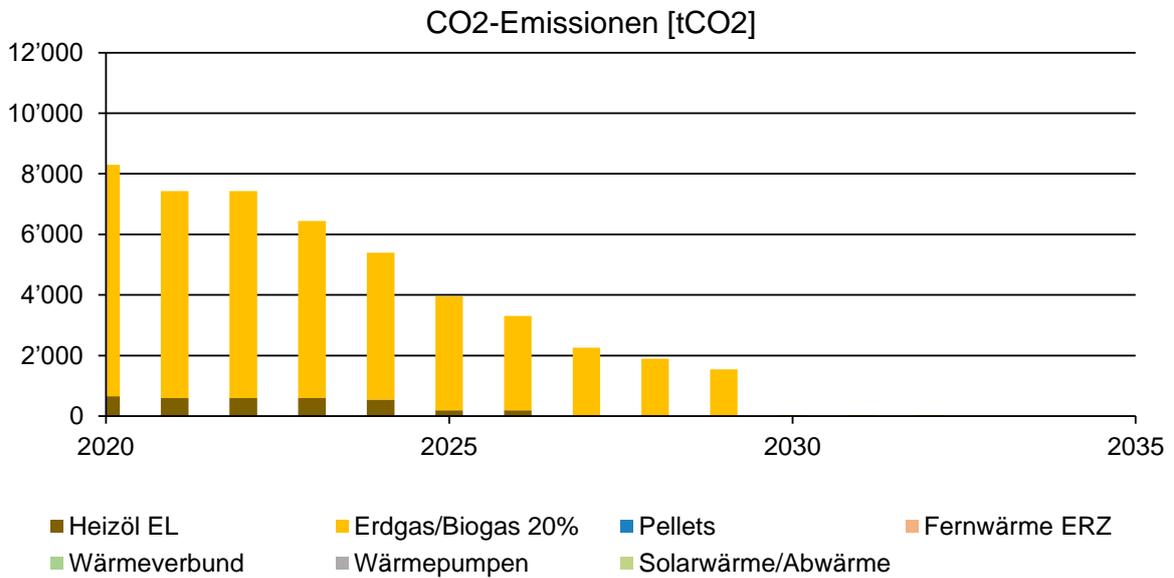


Abb. 2: Treibhausgasemissionen gemäss KBOB:2016¹; Betrachtung inkl. den vorgelagerten Emissionen der Energieversorgung

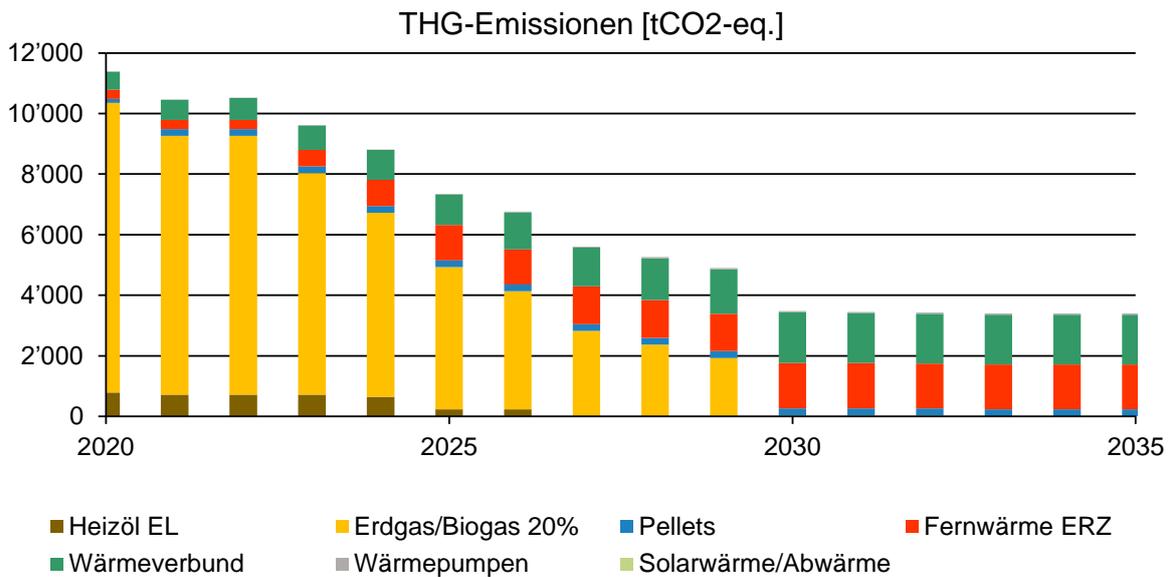
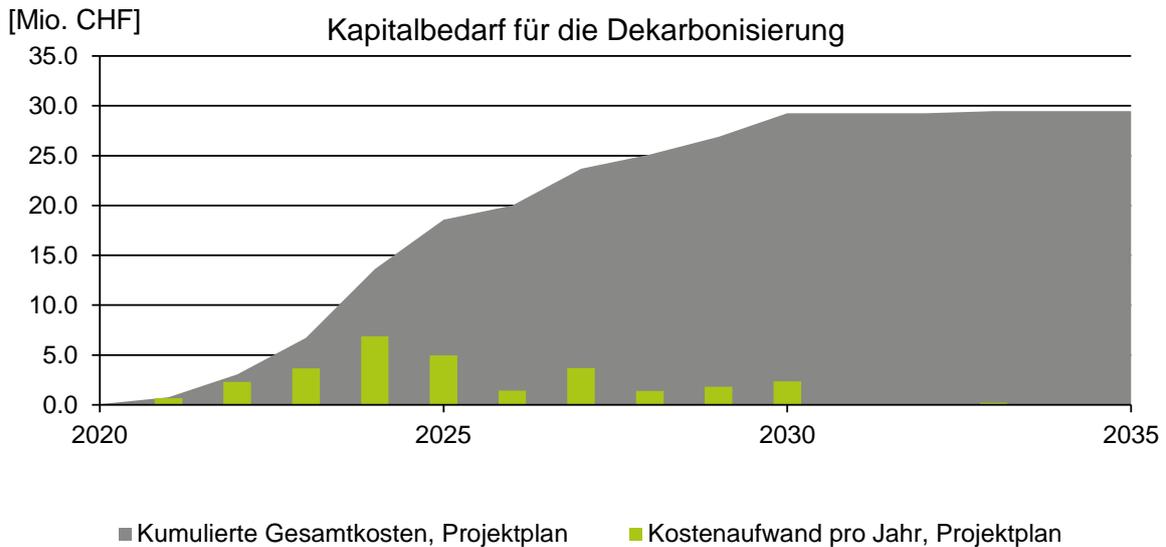


Abb. 3: Kapitalbedarf für die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung der Wohnsiedlungen bis 2030



- Der zusätzliche **Kapitalbedarf** für den Wechsel zu einer weitgehend erneuerbaren und klimaneutralen Wärmeversorgung bis 2030 beläuft sich auf **29 Millionen CHF**. Nicht eingerechnet sind darin die Kosten für eine neue Wärmeerzeugung bei Wohnsiedlungen mit bewilligtem Objektkredit bis und mit zum Jahr 2020 (11 Wohnsiedlungen).
- Der Kapitalbedarf fällt tiefer aus als erwartet, weil die meisten Wohnsiedlungen nach Rücksprache mit den zuständigen Projektentwicklern bis 2030 **an einen Wärmeverbund oder das Fernwärmenetz angeschlossen** werden können. Alle betroffenen Wärmenetze befinden sich bereits in Planung oder im Bau. Die Terminplanung für den Ersatz der bestehenden Wärmeerzeugung ist bereits mit der Erschliessungsplanung der Wärmenetze abgeglichen. Die Investitionskosten fallen dabei mehrheitlich bei den Erstellern der thermischen Netze und nicht bei der Gebäudeeigentümerin an.
- Auf der anderen Seite können besonders beim Anschluss an einen Wärmeverbund **die Heizkosten für die Mietenden spürbar steigen**. Betroffen sind insgesamt 16 Wohnsiedlungen bei denen die Heizkosten **im Durchschnitt um 60 CHF, in einem Fall sogar um bis zu 100 CHF pro Monat** steigen könnten. Um dies zu vermeiden, müsste sich die Stadt Zürich allenfalls mit Investitionsbeiträgen an der Finanzierung der Wärmeverbundnetze beteiligen. Gemäss einer ersten Abschätzung in Sinne eines Worst-Case Szenarios könnte sich dadurch der Kapitalbedarf für die Dekarbonisierung bis 2030 um maximal 25 Millionen, auf insgesamt 54 Millionen CHF erhöhen. Die Wohnsiedlungen unterliegen dem Reglement der Zürcher Kostenmiete. Aktuell liegt noch keine Lösung vor, wie diese Investitionsbeiträge mit dem Modell der Zürcher Kostenmiete kompatibel werden.

Weitere Ergebnisse der Studie sind:

- Von den bestehenden 54 Wohnsiedlungen werden bereits 20 mit weitgehend erneuerbarer Wärme versorgt. Bei elf weiteren Wohnsiedlungen ist bis ins Jahr 2020 der Objektkredit für den Wechsel zu einer erneuerbaren Wärmeversorgung bereits gesprochen. Bei 16 Wohnsiedlungen ist bis 2030 ein Anschluss an einen durch weitgehend erneuerbare Energie betriebenen Wärmeverbund und bei acht ein Anschluss an das Fernwärmenetz von ERZ möglich. Bei fünf Wohnsiedlungen (Manegg, Heuried, Kürberhang, Furtal, Au) erscheint die Erstellung einer eigenen Wärmepumpe mit Aussenluft, Erdsonden oder Grundwasser als primäre Wärmequelle möglich und sinnvoll.
- Lediglich bei zwei Wohnsiedlung (Luggweg, Sydefädeli) ist zur Unterstützung der Dekarbonisierung bis 2030 der Ersatz der bestehenden Gasfeuerung vor Erreichung deren technischen Lebensdauer von 20 Jahren notwendig.
- Sechs neue Wohnsiedlungen befinden sich zurzeit in Planung oder im Bau. Die Neubauten werden alle erneuerbar beheizt. Die Anzahl der Wohnsiedlungen steigt dadurch bis 2025 von 54 auf 60. Bei zwei Wohnsiedlungen (Heiligfeld I, Au) wird neben einer Gesamtinstandsetzung des Bestands zusätzlich ein Ersatzneubau realisiert. Die Energiebezugsfläche der städtischen Wohnsiedlungen steigt

durch die Neubauten und Ersatzneubauten von 670'000 m² auf 850'000 m² im Jahr 2030 und die Anzahl Wohnungen von 6'600 auf rund 8'400 an.

- Neu ist die Einschätzung, dass eine erneuerbare Wärmeversorgung nahezu aller Wohnsiedlungen ohne zusätzliche Wärmeschutzmassnahmen ausserhalb einer Gesamtinstandsetzung möglich ist. Dies liegt daran, dass der spezifische Wärmeverbrauch vieler Wohnsiedlung bereits heute verhältnismässig tief und bei den Objekten mit einem eher hohen Verbrauch bereits eine Gesamtinstandsetzung oder ein Ersatzneubau geplant ist. Nur bei der Wohnsiedlung Manegg sind voraussichtlich zusätzliche Massnahmen an der Wärmeabgabe erforderlich.

2. Grundlagen

2.1. Daten zu den Wohnsiedlungen

Tab. 1: Verfügbare Datenquellen

Dokumentbezeichnung	Quelle / Autor / Datum	Inhalt / verwendete Daten / Hinweise
200602_Daten_WS_2019	LSZ, Juni 2020	Mietfläche, Baujahr, Inventar, Stratusberichte (pro Gebäude), Ausnützungsziffer/-reserven, Anzahl Wohnungen, GVZ-Wert etc.
200609_LSZ_ENB_GI_bis2030	LSZ, Juni 2020	Ersatzneubauten und Gesamtinstandsetzungen (2011 bis +/- 2030)
21358_MO-Tool-Ligi_Auswertung_V19-22_6	Lemon, Juni 2020	Mietfläche, Baujahr, Energieverbrauch pro Energieträger
WS LSZ _ PV mit ewz	LSZ, Juli 2020	Potenzialschätzung LSZ, PV Anlagen auf bestehende Wohnsiedlungen
201015_LSZ BP_Report	LSZ, Oktober 2020	Bereits geplante Umsetzungsjahre von Gesamtinstandsetzungen, Ersatzneubauten sowie Wärmeerzeugersätze
www.stadt-zuerich.ch/energjis-pro	online	Baujahr und installierte Leistung der bestehenden Wärmeerzeugung, verfügbare Energieträger am Standort, inkl. zukünftig geplante Erweiterung des Fernwärmenetzes und geplante Energieverbunde
Daten LSZ_200716_UGZ_hag	UGZ, Juli 2020	GIS Auswertung des UGZ mit Energiebezugsflächen (Schätzung), Energieverbrauch (Hochrechnung), verfügbare Energieträger am Standort, inkl. zukünftig geplante Erweiterung des Fernwärmenetzes und geplante Energieverbunde
Wohnsiedlungen auf dem Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft	AHB, November 2013	Studie zur Methodik und mit umfangreichen Grundlagendaten zur nachhaltigen Entwicklung der städtischen Wohnsiedlungen, inkl. div. Beilagen
Auszug aus Projektcontrolling Wohnsiedlungen	AHB, Thomas Kessler, August 2020	Projektwerte aus den Energie- und Minergie-Nachweisen
ewz-Auswertung_Wohnsiedlungen_Zähler Liegi / ewz-Auswertung_Wohnsiedlungen gesamt Liegenschaft		Allgemeinstrom- und Gesamtstromverbrauch sowie PV-Stromproduktion der Wohnsiedlungen (die Daten zum Elektrizitätsverbrauch wurden im Rahmen der vorliegenden Studie nicht ausgewertet)

In der Tab. 2 sind die betrachteten Wohnsiedlungen aufgeführt. Bei einem Teil dieser Wohnsiedlungen wird während dem Betrachtungszeitraum eine Gesamtinstandsetzung oder ein Ersatzneubau umgesetzt. In zwei Wohnsiedlungen (Heiligfeld I, Au) sind zusätzlich zur Gesamtinstandsetzung der bestehenden Gebäude auch Ersatzneubauten vorgesehen. Um diese Fälle sauber zu unterscheiden, werden diese Liegenschaften auf zwei Zeilen dargestellt. Es handelt sich dabei um die Wohnsiedlungen Heiligfeld I und Au. In den nächsten Jahren werden einige Wohnsiedlungen neu erstellt. Diese sind im Anschluss an die bestehenden Liegenschaften aufgeführt und weisen noch keine Wirtschaftseinheit-Nr. auf.

Tab. 2: Übersicht Wohnsiedlungen

ID	Wirtschaftseinheit-Nr.	Siedlungsname	Adresse Standort	Heizzentrale	PLZ	Stadtkreis
1	50101	Selnau	Selnastr. 17		8001	1
2	50234	Manegg	Salomon Vögelinstr. 7		8038	2
3	50264	Paradies	Dangelstr. 36		8038	2
4	50278	Grossacker	Leimbachstr. 210		8041	2

De karbonisierung Wohnsiedlungen – Netto-Null - auf dem Weg zur CO₂-neutralen Wärmeversorgung

Wirtschafts-					
ID	einheit-Nr.	Siedlungsname	Adresse Standort Heizzentrale	PLZ	Stadtkreis
5	50306	Zurlinden	Badenerstrasse 291	8003	3
6	50310	Rebhügel	Haldenstr. 70a	8055	3
7	50318	Utohof	Uetlibergstr. 304	8045	3
8	50322	Heuried	Höfliweg 12	8055	3
9	50327	Heiligfeld I	Brahmstr.55	8003	3
9	50327	Heiligfeld I -Neubau	Brahmstr.55	8003	3
10	50328	Heiligfeld II	Badenerstr. 395	8003	3
11	50329	Heiligfeld III	Brahmstr. 72	8003	3
12	50360	Döltschihalde	Döltschihalde 55	8055	3
13	50390	Kehlhof	Kehlhofstr. 15	8003	3
14	50412	Sihlfeld	Bullingerstr. 39	8004	4
15	50420	Erismannhof	Erismannhof	8004	4
16	50424	Bullingerhof	Bullingerstr. 41	8004	4
17	50446	Lochergut	Seebahnstr. 175	8004	4
18	50452	Hardau I	Bullingerstr. 39	8004	4
19	50458	Hardau II	Bullingerstr. 39	8004	4
20	50460	Bienenstrasse	Bienenstrasse 11	8004	4
21	50502	Limmat I	Limmatstr. 181	8005	5
22	50582	Limmat II	Limmatstr. 186	8005	5
23	50604	Riedtli	Winterthurerstr. 45	8006	6
24	50616	Birkenhof	Im Birkenhof 1	8057	6
25	50786	Tobelhof	Tobelhofstr. 210	8044	7
26	50825	Tiefenbrunnen	Wildbachstrasse 70	8008	8
27	50932	Rautistrasse	Rautistr. 288	8048	9
28	50936	Farbhof	Hohlstr. 688	8048	9
29	50944	Luggweg	Luggwegstr. 125	8048	9
30	50950	Salzweg	Rautistr. 345	8048	9
31	50990	Werdwies	Grünauring 21	8064	9
32	50992	Würzgraben	Meierwiesenstr. 8	8064	9
33	51008	Nordstrasse	Dorfstrasse 26	8037	10
34	51074	Kürberghang	Appenzellerstr. 73	8049	10
35	51084	Sydefädeli	Hönggerstr. 119	8037	10
36	51130	Herbstweg	Herbstweg 92	8050	12
37	51137	Stiglenstrasse	Stiglenstr. 40	8052	11
38	51138	Leimgrübel	Leimgrübelstr. 21	8052	11
39	51139	Glaubten I	Glaubtenstr. 27	8046	11
40	51140	Glaubten II	Glaubtenstr. 97	8046	11
41	51141	Glaubten III	Glaubtenstr. 106	8046	11
42	51153	Unter-Affoltern I	Fronwaldstr.102	8046	11
43	51154	Unter-Affoltern II	Fronwaldstr.94	8046	11
44	51155	Unter-Affoltern III	Stöckenackerstrasse 22B	8046	11
45	51156	Heumatt	Schwandenholzstr. 24	8052	11
46	51168	Furttal	Georg Kempfstr. 57	8046	11
47	51226	Au	Aemmerliweg 6	8050	12
47	51226	Au - Neubau	Aemmerliweg 6	8050	12
48	51248	Luchswiese	Luchswiesenstr. 177	8051	12
49	51288	Wohnsiedlung Überland	Überlandstr. 387	8051	12
50	51294	Glatt I	Opfikonstr. 152	8050	12
51	51295	Glatt II	Opfikonstr. 153	8050	12
52	51298	Saatlenzelg	Saatlenzelg 25	8050	12
53	51260	Überlandstr. 477/483	Überlandstr. 477/483	8051	12

ID	Wirtschafts- einheit-Nr.	Siedlungsname	Adresse Standort Heizzentrale	PLZ	Stadtkreis
54	51200	Kronenwiese	Kornhastr. 12 -20, Nordstr. 71-	8006	6
55	51136	Eichrain	Glattalstrasse 80+82	8052	11
56	-	Leutschenbach	Leutschenbachstr./Riedgraben-	8050	12
57	50828	Hornbach	Hornbachstrasse	8008	8
58	-	Tramdepot Hard	Hardturmstrasse	8005	5
59	50459	Herdern	Herdernstrasse	8003	3
60	-	Letzi	Hohlstrasse	8048	9

2.2. Standardwerte für Energie- und Leistungskennzahlen

Um Datenlücken zu schliessen und zur Vereinheitlichung von Annahmen werden die folgenden Standardwerte und Umrechnungsfaktoren verwendet:

Energiebezugsfläche

Die Energie- und Emissionskennzahlen werden auf die Energiebezugsfläche (EBF) bezogen. Wo keine Angaben verfügbar sind, wird die EBF mit einem Umrechnungsfaktor aus der Netto-vermieteten-Fläche (NVF) abgeleitet:

$$NVF \cdot 1.3 = EBF$$

Quelle: Bericht zur Kantonalen Zielvereinbarung für die Wohnsiedlungen; eigene Auswertung.

Brenn- und Heizwerte von Energieträgern

Der Energiegehalt von Brennstoffen wird gemäss prSIA 380:2021 auf den Brennwert bezogen. Angaben zu Brennwert, Heizwert und Dichte pro Brennstoff finden sich in Kap. 5.2.

Wärmeerzeugung

Um anhand des Endenergieverbrauchs den tatsächlich benötigten Wärmebedarf für Heizung und Warmwasser zu berechnen, werden die untenstehenden Nutzungsgrade bzw. Jahresarbeitszahlen von Wärmeerzeugern verwendet. Bei einem Wärmeerzeugersersatz kann anhand der Nutzungsgrade und Jahresarbeitszahlen der Endenergiebedarf des neuen Energieträgers berechnet werden.

Die typische Lebensdauer der Wärmeerzeuger gemäss Tab. 3 wird verwendet, um ausgehend vom Baujahr den Zeitpunkt des nächsten Wärmeerzeugersatzes zu ermitteln. Ist das Baujahr der Feuerung 1995 oder jünger, wird angenommen, dass diese kondensierend umgesetzt wurde.

Tab. 3: Nutzungsgrad (bezogen auf den Brennwert), Jahresarbeitszahl und Lebensdauer der Wärmeerzeuger

	Heizung	Warmwasser	Lebensdauer	Energieträger
	-	-	Jahre	
Ölfeuerung	0.80	0.75	20	Heizöl EL
Ölfeuerung kondensierend	0.85	0.80	20	Heizöl EL
Gasfeuerung	0.80	0.75	20	Erdgas/Biogas 20%
Gasfeuerung kondensierend	0.85	0.80	20	Erdgas/Biogas 20%
Pelletfeuerung	0.80	0.85	20	Pellets
Fernwärme ERZ	1.00	1.00	40	Fernwärme ERZ
Wärmeverbund	1.00	1.00	40	Wärmeverbund
WP Aussenluft	2.30	2.30	20	ewz.pronatur
WP Erdsonden	3.10	2.70	30	ewz.pronatur
WP Grundwasser	2.70	2.70	30	ewz.pronatur
WP Oberflächenwasser	2.70	2.80	30	ewz.pronatur
Solarwärme/Abwärme	1.00	1.00	30	Solarwärme/Abwärme

Heizwärmebedarf (Q_h)

Als Grundlage für den Wärmebedarf dienen die Messwerte des Monitoring-Tools. Im Laufe des Betrachtungshorizonts werden Gebäudeinstandsetzungen sowie Ersatzneubauten realisiert. Im Rahmen dieser Massnahmen verändert sich der spezifische Heizwärmebedarf. Es wird angenommen, dass bei einer Gesamtinstandsetzung der Heizwärmebedarf um 50% bzw. minimal auf 40 kWh/m² reduziert wird. Handelt es sich um ein denkmalgeschütztes Gebäude, wird eine Reduktion des Heizwärmebedarfs um 20% angenommen. Bei Ersatzneubauten wird angenommen, dass sich der Heizwärmebedarf auf 25 kWh/m² reduziert.

Warmwasserbedarf (Q_h)

Vom Wärmeverbrauch für Heizung und Warmwasser Q_{hw} muss für die weitere Berechnung der Anteil für Warmwasser abgegrenzt werden. Als Standardwert wird der Wärmebedarf für Warmwasser der Gebäudekategorie Wohnen MFH gemäss SIA 380/1, Tabelle 27 verwendet:

$$Q_w = 21 \text{ kWh/m}^2$$

Zur Einordnung: die von im Rahmen von Messprojekten ermittelten Wärmebedarfswerte für Warmwasser von genossenschaftlichen und städtischen Wohnsiedlungen liegen im Bereich von 15 bis 30 kWh/m².

Rechengang:

Endenergiebedarf für Heizung und Warmwasser	E _{hw}	Messwert aus Monitoring
Nutzungsgrad der Wärmeerzeugung	η _{hw}	Standardwert gem. Tab. 3
Wärmebedarf für Heizung und Warmwasser	Q _{hw} = E _{hw} · η _{hw}	
Wärmebedarf für Warmwasser	Q _w	Standardwert, 21 kWh/m ²
Heizwärmebedarf	Q _h = Q _{hw} - Q _w	

Thermischer Leistungsbedarf

Der thermische Leistungsbedarf für Heizung und Warmwasser ist die massgebende Grösse, um die Machbarkeit und die Investitionskosten einer erneuerbaren Wärmeerzeugung abzuschätzen. Die Leistungsabschätzung erfolgt nach dem Vollbetriebsstunden-Verfahren gemäss prSIA 384/1:2020 (siehe Kap 5.1 für weitere Angaben). Bei Bestandsgebäuden liegen die Vollbetriebsstunden für Raumheizung nach diesem Berechnungsverfahren je nach Höhe des spezifischen Heizwärmebedarfs im Bereich von 2'000 bis 3'200 h/a. Bei energieeffizienten Neubauten sinken die Vollbetriebsstunden auf bis zu 1'400 h/a.

Das Verfahren von prSIA 384/1 ist neu und in der Praxis noch nicht abschliessend verifiziert. Es führt, gegenüber der Normheizlastberechnung gemäss SIA 384/2, die vor allem bei Neubauten und Gesamterneuerungen angewendet wird, tendenziell zu deutlich reduzierten Leistungsbedarfswerten, sprich die Leistungsreserven für besonders kalte und lange Kälteperioden sind knapp bemessen. Um eine angemessene Sicherheitsreserve zu wahren, wird daher der Leistungsbedarf gemäss SIA 384/1 bei allen Liegenschaften pauschal um 33,3 % erhöht.

Energieträger – Umweltkennzahlen und Preise

Die Berechnung der Energie- und Umweltkennzahlen sowie der Energiekosten erfolgt anhand des Verbrauchs der jeweiligen Energieträger auf Stufe Endenergie.

Die pro Energieträger verwendeten Energie- und Umweltkennzahlen, deren Brenn- und Heizwerte sowie die Energiepreise sind in Kap. 5.2 zusammenfassend dargestellt. Die Umweltkennzahlen beruhen auf den KBOB-Ökobilanzdaten, Ausgabe 2016. Die Gewichtungsfaktoren entsprechen den Vorgaben der Energiedirektoren Konferenz der Kantone (EnDK). Die Energiepreise entsprechen den aktuellen Tarifen der Werke der Stadt Zürich.

Bei der Fernwärme wird der Produktionsmix gemäss Angaben von ERZ berücksichtigt. Der fossile Anteil der Fernwärme ERZ lag im Jahr 2019 bei 24% (23% Erdgas, < 1% Heizöl, 13% Holz und 64% KVA).

Bei allen Wärmeverbundenanlagen wird pauschal angenommen, dass 20% der Energie durch Erdgas und 80% durch Grosswärmepumpen mit einer Jahresarbeitszahl von 3.0 gedeckt wird.

Die Einstufung der einzelnen Endenergieträger als erneuerbare bzw. nicht erneuerbare Energien erfolgt in Anlehnung an die Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien (siehe Tab. 5 im Anhang). Gemäss einer Empfehlung vom UGZ wird zudem davon ausgegangen, dass Elektrizität, Fernwärme und Wärmeverbunde in der Stadt Zürich bis im Jahr 2030 vollständig erneuerbar produziert bzw. betrieben werden.

2.3. Kostenkennwerte Wärmeerzeugersersatz

Die Kostenkennwerte beziehen sich auf die berechnete Heizleistung beim Ersatz des Wärmeerzeugers. Dabei werden die Kosten für die Heizungsinstallationen BKP 24 (Wärmeerzeugersersatz) und die Gesamtkosten inkl. aller Nebengewerke, Honorare und MWSt unterschieden. Die Kostenkennwerte gelten für den Wärmeerzeugersersatz, der im Rahmen eines separaten Einzelgewerk-Projektes und nicht im Zuge einer Gesamtinstandsetzung umgesetzt wird¹. Es wird eine Genauigkeit der Kostenprognose von +/- 25% angestrebt.

Die verwendeten Kostenkennwerte wurden im Rahmen des BFE-Projekts «LICS – Potentiale und Limitationen von Low-Invest-Cost Sanierungslösungen ...» erarbeitet. Sie beruhen auf dem Heizkostenvergleichsrechner der Hochschule Luzern, ergänzt um Kostenkennwerte für weitere Kostenpunkte wie Heizverteiler, Warmwassererzeugung, Demontage der bestehenden Heizungsanlagen. Berücksichtigt werden auch sämtliche Nebengewerke wie Elektro-, MSRL- und Sanitärarbeiten, Baumeister inkl. Baustelleneinrichtungen sowie Garten- bzw. Umgebungsarbeiten. Zudem werden die Honorare sowie die MWSt berücksichtigt. Bei Öl- und Pelletfeuerungen sind auch die baulichen Aufwendungen für die Erstellung des Brennstofflagers enthalten. Bei Gas und Fernwärme sind die Anschlusskosten für die Erstellung der Hauszuleitung inkl. aller Grab- und Umgebungsarbeiten enthalten. Bei den Wärmepumpen ist eine Verstärkung der Netzanschlussleitung sowie die Erweiterung der Elektro-Hauptverteilung enthalten.

Die LICS-Kostenkennwerte berücksichtigen auch standortspezifische Rahmenbedingungen, die je nach Ausgangslage zu tieferen oder eher höheren Investitionskosten führen können. Für die vorliegende Studie werden für alle Wärmeerzeugertypen Kostenkennwerte für Anlagen ab 100 kW Leistung und mittlere standortspezifische Rahmenbedingungen verwendet. Bei den Honoraren und Bewilligungsgebühren wird zur Berücksichtigung der spezifischen Rahmenbedingungen der Stadt Zürich von einem erhöhten Satz von 35% der Baukosten ausgegangen (Ausnahme: WP Erdsonden und WP Grundwasser mit 25%). In den Honoraren sind auch die baherenseitigen Kosten einkalkuliert.

Bei einem Wärmeverbund kann meist zwischen Verträgen mit und ohne Investitionskostenbeteiligung gewählt werden. Eine Zusammenfassung der Kostenkennwerte ist in der folgenden Tab. 4 und Abb. 4 wiedergegeben. Weitere Angaben zu den einzelnen Kostenpunkten je Wärmeerzeuger finden sich in Kap. 5.3.

Für die Zuordnung der Investitionskosten zu den SIA-Planungsphasen und deren Verteilung auf der Zeitachse wird angenommen, dass die Phasen 1 - 2.1 (Strategische Planung, Machbarkeitsstudie) 15 %, die Phasen 2.2 - 3 (Auswahlverfahren, Projektierung) 35 % und die Phasen 4 - 5 (Ausschreibung, Realisierung) 50 % der gesamten Kosten benötigen.

Kosten für die Anpassung der Wärmeverteilung und Wärmeabgabe in den einzelnen Gebäuden sind, mit Ausnahmen der Wohnsiedlung Manegg, nicht eingerechnet.

Tab. 4: Kostenkennwerte für den Wärmeerzeugersersatz mit Wechsel des Energieträgers; Anlagen > 100 kW

Wärmeerzeugung	Heizungsanlage (BKP 24)	Nebengewerke	Honorare, Bewilligung		MWSt.	Investitionsbeitrag	Gesamtkosten
	CHF/kW		CHF/kW	CHF/kW	%		
Gasfeuerung	700	220	320	35	100		1'340
Pelletfeuerung	970	530	530	35	160		2'190
Fernwärme ERZ *	940	190	400	35	120		1'650
Wärmeverbund **	500	200	250	35	70		1'020
Wärmeverbund mit Investitionsbeitrag **	500	200	250	35	70	3'000	4'020
WP Aussenluft	1'200	910	740	35	220		3'070
WP Erdsonden	2'930	1'150	1'020	25	390		5'490
WP Grundwasser	2'100	1'000	750	25	290		4'040

* Anschlussgebühren und bauseitige Anpassungskosten

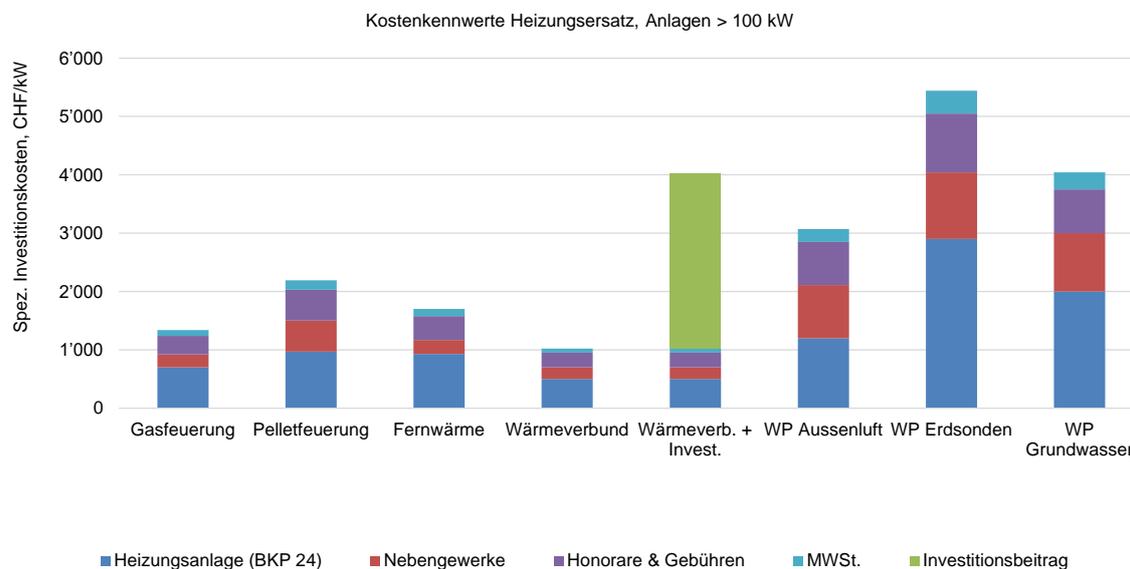
** nur bauseitige Anpassungskosten

Bei den thermischen Netzen wird aufgrund von unterschiedlichen Vertrags- und Preismodellen zwischen Fernwärme ERZ und Wärmeverbunden unterschieden:

¹ Bei einem Wärmeerzeugersersatz, der im Rahmen einer Gesamtinstandsetzung oder eines Ersatzneubaus umgesetzt wird, resultieren in der Regel tiefere Kostenkennwerte pro kW installierter Leistung.

- Fernwärme ERZ: diese entspricht dem Fernwärmenetz von Entsorgung und Recycling Zürich (ERZ), das als Hauptwärmequelle Abwärme der KVA Hagenholz nutzt und in den kommenden Jahren in mehreren Stadtkreisen (4, 5, 10, 11, 12) ausgebaut wird. Fernwärme ERZ wird im gesamten Versorgungsgebiet gemäss einem einheitlichen Tarifmodell angeboten (siehe Kap. 5.4). Die Anschlussgebühren können allerdings je nach Energiebedarf und Distanz zum nächsten Anschlusspunkt an das Fernwärmenetz massgeblich vom Tarifmodell abweichen.
- Wärmeverbund: als Wärmeverbund werden kleinere bis mittelgrosse Contractinganlagen auf Quartiersebene bezeichnet. Die meisten lokalen Wärmeverbunde werden durch die beiden Energieversorgungsunternehmen der Stadt Zürich, ewz und Energie360° geplant, finanziert und betrieben. Als Hauptenergiequellen dienen Umweltwärme (Seewasser, Grundwasser, Flusswasser, Erdwärme) oder Abwärme (ARA, Rechenzentren), deren Temperaturniveau mit Grosswärmepumpen auf 65 bis 70°C angehoben werden muss. Die Spitzenlastdeckung der Wärmeverbunde erfolgt aktuell meist mit Erdgas und Heizöl; sie soll bis 2030 vollständig durch erneuerbare Energie erfolgen. Aufgrund der aufwändigeren Wärmeerzeugung und den erhöhten Ertragsrisiken beim Aufbau neuer Wärmenetze sind die Wärmegestehungskosten der Wärmeverbunde im Vergleich zu Fernwärme ERZ in der Regel höher (siehe folgendes Kap. 2.4).

Abb. 4: **Kostenkennwerte für den Heizungsersatz mit Wechsel des Energieträgers; Anlagen > 100 kW; Kosten inkl. MWSt**



2.4. Wärmegestehungskosten und Investitionsbeiträge bei Wärmeverbunden (Contracting)

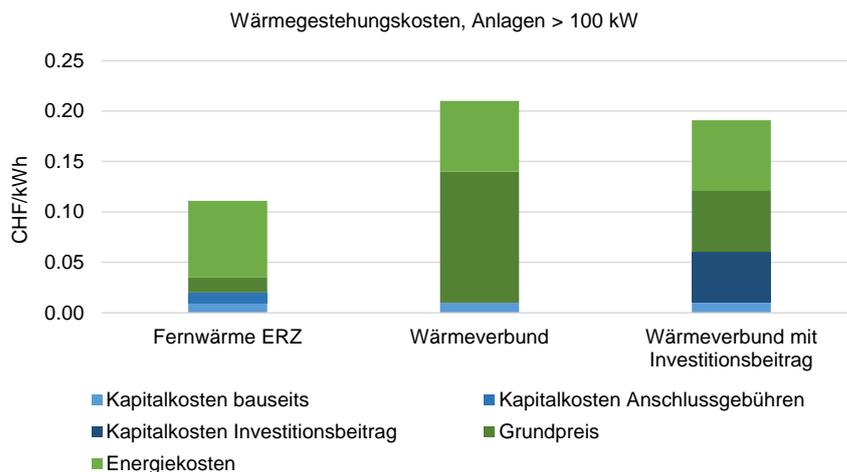
Bei Fernwärme und Wärmeverbunden wird ein Teil der Investitionskosten durch einen jährlichen Leistungs- oder Grundpreis abgegolten. Die bauseitigen Investitionskosten für die Demontage der bestehenden Heizungsanlage, bauliche Anpassungen an der Heizzentrale und der Ersatz der bestehenden Heizgruppen inkl. deren Steuerung trägt hingegen in der Regel die Gebäudeeigentümerin. Bei Wärmeverbunden, die meist durch Energiedienstleister im Contracting erstellt und finanziert werden, hat die Gebäudeeigentümerin in der Regel die Möglichkeit, einen Investitionsbeitrag an die Erstellungskosten zu leisten. Je höher der Investitionsbeitrag, desto tiefer fällt der jährliche Grundpreis aus. Die Wohnsiedlungen unterliegen dem Reglement der Zürcher Kostenmiete. Aktuell liegt noch keine Lösung vor, wie diese Investitionsbeiträge mit dem Modell der Zürcher Kostenmiete kompatibel werden.

In Abb. 5 sind durchschnittliche Wärmegestehungskosten sowie die Anteile der einzelnen Kostenkomponenten für Fernwärme und Wärmeverbunde im Contracting dargestellt. Bei den Wärmeverbunden wird zwischen Verträgen ohne und mit Investitionsbeitrag unterschieden. Die jährlich verrechneten Kostenkomponenten (Grundpreis, Leistungspreis, Energiekosten) werden üblicherweise via Heizkostenabrechnung den Mietenden belastet. Ohne Investitionsbeitrag liegen die mieterseitigen Heizkosten bei rund 20 Rp./kWh. Für eine 3.5-Zimmer Woh-

nung in einer bestehenden Wohnsiedlung ohne Wärmedämmung der Fassade ergibt dies im Durchschnitt jährliche Heizkosten von rund 2'000 CHF². Mit einem Investitionsbeitrag von 3'000 CHF/kW können die jährlichen Heizkosten auf rund 1'300 CHF reduziert werden.

Die Wärmegestehungskosten in Abb. 5 entsprechen den Durchschnittswerten aus insgesamt 30 ausgewerteten Wärmelieferverträgen von ERZ, ewz und Energie360. Die einzelnen Preiskomponenten variieren je nach Anbieter und Objekt stark. Die effektiven Vertragsbedingungen werden von den Durchschnittswerten abweichen. Wir gehen aber davon aus, dass die Durchschnittswerte für eine Betrachtung über alle Wohnsiedlungen die angestrebte Kostengenaugigkeit von +/- 25% gewährleisten.

Abb. 5: Typische Wärmegestehungskosten bei Fernwärme und Wärmeverbunde > 100 kW; Kosten inkl. MWSt



Wie hoch der Investitionskostenbeitrag je nach Liegenschaft ausfällt, wird letztlich ein Resultat von mietrechtlichen, regulatorischen (Kostenmiete), sozial- und finanzpolitischen Erwägungen sein. Um die Auswirkungen auf den Kapitalbedarf für die Dekarbonisierung der Wohnsiedlungen aufzuzeigen, werden die Investitionskosten der Wärmeverbunde im Sinne eines Best- und eines Worst-Case Szenarios je einmal ohne und mit Investitionsbeiträgen ausgewiesen (siehe Kap. 4.5). Analog werden für die beiden Szenarien auch die Auswirkungen auf die mieterseitigen Heizkosten ausgewiesen (siehe Kap. 4.6).

2.5. Energiepreise und Energiekosten

Die je Energieträger angenommenen Energiepreise können dem Kapitel 5.2 entnommen werden. Es wird keine zukünftige Steigerung der Energiepreise angenommen. Die Unterhaltskosten werden nicht berücksichtigt, da sie in der Grössenordnung untergeordnet und die Unterschiede zwischen verschiedenen Wärmeerzeugertypen gering sind. Die Entwicklung der Energiekosten als Teil der Nebenkosten der Mietenden wird pro Wohnsiedlung ausgewertet und dargestellt.

² **Annahmen:**

- Typische 3.5-Zimmer Wohnung: 100 m² Energiebezugsfläche, 100 kWh Wärmeverbrauch für Heizung und Warmwasser;
- Investitionsbeitrag von 3'000 CHF/kW an Wärmeverbund-Anlage, über 30 Jahre zu 1.5% verzinst: Annuitätsfaktor = 4.2%;
- Reduktion jährlicher Grundpreis um 5.8% des Investitionsbeitrags
- 2'500 Volllaststunden der Heizungsanlage;

3. Controlling-Instrument

3.1. Eingabedaten

Die Eingabedaten setzen sich aus den folgenden Modulen zusammen:

Modul 1 – Gebäudedaten, Umsetzungsplanung und IST-Werte Energie- und Leistungsbedarf

Als Grundlage für die Ermittlung der Energiebezugsflächen (EBF) dienen drei Varianten.

- Auszug aus dem Energienachweis der SIA 380/1
- Flächenangaben aus der Quelle «Daten LVZ_200716_hag» (Hochrechnung aus GIS-Daten)
- Schätzung der EBF anhand der Mietfläche der Quelle «200602_Daten_WS_2019» und Multiplikation mit dem Faktor 1.3, siehe Kapitel 2.2

Damit eine möglichst hohe Datenqualität erreicht werden kann, wird für die Weiterverwendung der EBF obige Reihenfolge verwendet. Falls ein Energienachweis vorhanden ist, kommt die deklarierte EBF anhand des Nachweises zum Einsatz. Fehlt diese, werden die Angaben aus den Daten der LSZ verwendet. Die Abschätzung mit dem Standardwert kommt erst zum Zuge, falls keine anderen Angaben vorhanden sind. Falls für die Wohnsiedlung eine Gesamtinstandsetzung oder ein Ersatzneubau geplant ist, wird die neue EBF manuell eingetragen. Diese ist idealerweise dem jeweiligen Energienachweis zu entnehmen. Die neue EBF ist ab dem Jahr des Ersatzes für die weitere Berechnung massgebend.

Für die Verbräuche der verschiedenen Energieträger der einzelnen Liegenschaften werden die Daten aus dem Energie-Monitoring verwendet. Die Aufteilung auf die einzelnen Energieträger erfolgt anhand des Energie-Monitorings. Um einzelne Peaks zu vermeiden, werden die Mittelwerte der Jahre 2016, 2017 und 2018 verwendet. Der Nutzungsgrad der bestehenden Wärmeerzeugungsanlagen wird über Standardwerte oder projektspezifische Eingaben berücksichtigt. Das Baujahr und die Nennleistung der Wärmeerzeugung wird aus EnergieGIS entnommen oder von LSZ zur Verfügung gestellt.

Der Gesamtwärmebedarf (Q_{hw}) wird ermittelt, indem die Energieverbräuche je Energieträger mit den jeweiligen Nutzungsgraden der Wärmeerzeuger multipliziert und anschliessend addiert werden. Um den Heizwärmebedarf (Q_h) zu erhalten, wird vom Gesamtwärmebedarf der Warmwasserwärmebedarf (Q_w) subtrahiert. Dieser wird aus dem Standardwert (siehe Kap. 2.2) und der jeweiligen EBF berechnet.

Abweichungen zum Energie-Monitoring:

Die Wohnsiedlung Unter-Affoltern III wurde im Jahr 2019 an einen Wärmeverbund angeschlossen. Die Wohnsiedlung Stiglenstrasse wurde im Jahr 2019 an die Fernwärme ERZ angeschlossen. Weil dies im Energie-Monitoring noch nicht dargestellt ist, wurde mit dem Energieverbrauch der einzelnen Energieträger und deren Standardnutzungsgrad der Energiebedarf des neuen Wärmeverbundes bzw. der Fernwärme ERZ berechnet. Die Wohnsiedlung Kronenwiese weist im Energie-Monitoring einen negativen Heizenergiebedarf auf, weil die Produktion der PV-Anlagen vom Stromverbrauch der Wärmepumpen abgezogen wurde. Der aktuelle Heizwärmebedarf wird daher auf Basis von Messungen vor Ort manuell mit 20 kWh/m² überschrieben. Für die Heizleistung (P_h) wird die Berechnung gemäss Kap. 5.1 verwendet.

Modul 2 – Wärmebedarf und Wärmeschutzmassnahmen

Die Jahreszahlen für die geplanten Gesamtinstandsetzungen sowie Ersatzneubauten werden der Quelle «200609_LSZ_ENB_GI_bis2030» entnommen und in Zusammenarbeit mit LSZ ergänzt. Die zukünftige Entwicklung des Heizwärmebedarfs kann aufgrund der geplanten Wärmeschutzmassnahmen abgebildet werden. Für den Heizwärmebedarf nach den Gesamtinstandsetzungen und Ersatzneubauten werden die Kennwerte aus Kap. 2.2 verwendet. Im Jahr der Wärmeschutzmassnahmen wird der bestehende Heizwärmebedarf durch den neuen Heizwärmebedarf ersetzt. Identisch wird mit dem Heizleistungsbedarf vorgegangen, welcher die Grundlage für die Kostenberechnung bildet.

Modul 3 – Energieplanung und Massnahmen Wärmeerzeugung

Der Ersatz der bestehenden Heizungsanlagen kann hier entsprechend der Umsetzungsplanung festgelegt werden. Je nach eingesetzter Technologie und Umsetzungsjahr wird die Entwicklung der Energieverbräuche pro Siedlung und Energieträger über die Zeitachse abgebildet. Es können auch bivalente und trivalente Anlagen

sowie unterschiedliche Wärmeverbundlösungen berücksichtigt werden. Bei den Szenarien wird die Energieplanung anhand eines Workshops, welcher zusammen mit dem UGZ durchgeführt wurde, umgesetzt. Es wird aufgezeigt, bei welchen Wohnsiedlungen in Zukunft noch eine eigene Zentrale notwendig sein wird oder an welchem Wärmeverbund (inkl. zuständigem Contractor) angeschlossen werden kann. Um den Zeitpunkt des Wärmeerzeugersatzes festzulegen, werden die in Tab. 3 beschriebenen Standardwerte der Lebensdauer verwendet. Befindet sich das Baujahr der bestehenden Wärmeerzeugung zwischen 1995 und 2000 wird ein Wärmeerzeugersatz nach 25 Jahren respektive wenn das Baujahr zwischen 1990 und 1995 ist nach 30 Jahren umgesetzt. Falls kein Baujahr angegeben ist, wird ein Wärmeerzeugersatz im Jahr 2025 vorgesehen. Für die frühestmögliche Umsetzung eines Wärmeerzeugersatzes wird das Jahr 2024 angenommen. So ist es möglich, im Jahr 2021 das Budget für die erste Planungsphase im Jahr 2022 zu beantragen. Wird eine Gesamtinstandsetzung oder ein Ersatzneubau vor einem zeitlich begründeten Wärmeerzeugersatz umgesetzt, ist das Jahr dieser Massnahme massgebend. Aufgrund dieser Planung kann die Zielerreichung der CO₂-neutralen Versorgung bis 2030 nicht vollständig realisiert werden. Daher wird bei den zwei Wohnsiedlungen Luggweg und Sydefädeli zur Unterstützung der Zielerreichung bis 2030 ein vorzeitiger Ersatz der bestehenden Gasfeuerungen durch erneuerbare Energieträger eingeplant.

Der Typ der Wärmeerzeugung wird gemäss der Energieplanung ausgewählt oder kann mittels Drop-Down-Auswahl definiert werden. Im Anschluss werden der Energieträger sowie die Nutzungsgrade automatisch ausgefüllt. Es wird davon ausgegangen, dass die Wärme nach einem Wärmeerzeugersatz in der Regel mit einem monovalenten System gelöst wird.

Sollten bei bivalenten oder trivalenten Heizungsanlagen unterschiedliche Wärmeerzeuger zum Einsatz kommen, muss den entsprechenden Wärmeerzeugern noch der erbrachte Deckungsgrad zugewiesen werden. Über alle Wärmeerzeuger muss der Deckungsgrad der Heizung sowie jener des Warmwassers 1.0 ergeben.

Modul 4 - Szenarien Kosten und Finanzierung

Die Kostenberechnung konzentriert sich auf die Investitionskosten für den Wärmeerzeugersatz. Die Investitionskosten werden je Wohnsiedlung über die Zeitachse dargestellt. Damit sich die Kosten für einen Wärmeerzeugersatz wie bei der Projektbearbeitung auf mehrere Jahre verteilen, wird bei einem reinen Wärmeerzeugersatz von drei Jahren Projektdauer von der in Kap. 2.3 beschriebenen Aufteilung ausgegangen. Dabei wird das Jahr des Wärmeerzeugersatzes aufgrund der Lebensdauer als Abschlussjahr angenommen. Befinden sich die Kosten für einen Wärmeerzeugersatz innerhalb einer Gesamtinstandsetzung oder eines Ersatzneubaus, werden die Jahreszahlen der Projektierung aus der Datei «201015_LSZ BP_Report» entnommen.

Die Berechnung erfolgt anhand der benötigten thermischen Leistung der Heizungsanlage, multipliziert mit den Kostenkennwerten gemäss Tab. 4. Bei Wohnsiedlungen, die im Jahr 2020 bereits erneuerbar betrieben werden oder wenn für eine Gesamtinstandsetzung bzw. ein Ersatzneubau ein Objektkredit bewilligt ist, werden die Kosten für einen allfälligen Wärmeerzeugersatz nicht einkalkuliert. Für diese Wohnsiedlungen werden somit keine Mehrkosten für die Dekarbonisierung ausgewiesen.

3.2. Auswertung

In der Auswertung werden die wichtigsten Kenndaten jeweils in einem Diagramm dargestellt. Vier Diagramme lassen sich durch eine Drop-Down-Auswahl verändern. Bei allen Diagrammen ist das Jahr 2030 durch einen Balken hervorgehoben. Dieser Balken zeigt das Emissionsziel für eine CO₂-neutrale Wärmeversorgung der Wohnsiedlungen auf.

Das **erste Diagramm** zeigt den Verlauf des Endenergiebedarfs jedes einzelnen Energieträgers. Mit der Drop-Down-Auswahl lässt sich der zu betrachtende Energieträger auswählen.

Das **zweite Diagramm** lässt sich ebenfalls durch eine Drop-Down-Auswahl verändern. Dabei lassen sich die Entwicklung des Gesamtwärmebedarfs Q_{hw} , die Entwicklung der Endenergie ungewichtet, die Entwicklung der Endenergie gewichtet, die Entwicklung der Primärenergie gesamt sowie die Entwicklung der Primärenergie nicht erneuerbar darstellen.

Im **dritten Diagramm** lässt sich die Zusammensetzung der Wärmeerzeuger über alle Wohnsiedlungen betrachtet via Drop-Down-Auswahl veranschaulichen. Es kann zwischen den Energiekosten, der versorgten Energiebezugsfläche sowie dem prozentualen Anteil am Endenergiebedarf ausgewählt werden. Der Verlauf des mittleren spezifischen Endenergiebedarfes über die Zeitachse ist im **vierten Diagramm** ersichtlich.

Im **fünften Diagramm** lässt sich durch eine Drop-Down-Auswahl die Entwicklung der Emissionen darstellen. Dabei kann zwischen der Entwicklung der CO₂-Emissionen (tCO₂), der Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen (tCO₂-eq.) sowie der Entwicklung der Umweltbelastungspunkte (tUBP) ausgewählt werden. Mit grauen Farben sind diejenigen Emissionen dargestellt, welche nicht direkt durch Massnahmen seitens der LSZ beeinflusst werden können.

Der Kapitalbedarf für die Dekarbonisierung der Wohnsiedlungen anhand des Projektplans wird im **sechsten Diagramm** dargestellt. Dabei sind die jährlichen Kosten wie auch die bis zu dem jeweiligen Jahr aufsummierten Gesamtkosten ersichtlich.

Das **siebte Diagramm** zeigt die Entwicklung der Wohnsiedlungszusammensetzung auf. Es lässt sich erkennen, dass bestehende Siedlungen instandgesetzt werden und neue Wohnsiedlungen dazukommen.

Das **achte Diagramm** zeigt die Entwicklung des Anteils erneuerbarer Energie am Endenergiebedarf zur Deckung von Heizwärme und Warmwasser.

3.3. Siedlungsübersicht

Auf dem Arbeitsblatt «Siedlungsübersicht» liegt der Schwerpunkt auf der geplanten Massnahme mit den dazugehörigen Kosten und dem Zeitplan.

Beide Siedlungsübersichten weisen die wichtigsten Informationen auf über die einzelnen Wohnsiedlungen wie: Name der Wohnsiedlung, die ID-Nr., der Stadtkreis sowie das Baujahr der Wärmeerzeugung. Die Energiebezugsfläche und die Wärmeerzeugung sind in den drei Stichjahren 2020, 2030 und 2040 dargestellt. Es lässt sich zudem erkennen, an welchem Wärmeverbund die jeweilige Wohnsiedlung angeschlossen ist und in welchem Jahr welche Massnahme geplant ist. Die Wohnsiedlungen sind anhand der jeweiligen Komplexität farblich differenziert. Die Komplexität ist folgendermassen definiert: 1 = im Jahr 2020 bereits mehrheitlich erneuerbar, 2 = Baukredit für erneuerbare Wärmeerzeugung bereits im Jahr 2020 gesprochen, 3 = Wärmeerzeugerersatz einfach machbar, 4 = Wärmeerzeugerersatz anspruchsvoll. Das Arbeitsblatt «Siedlungsübersicht» weist zudem noch den Kostenaufwand für den Wärmeerzeugerersatz, aufgeteilt in drei Phasen, sowie den Zeitplan für die Umsetzung der geplanten Massnahmen auf.

3.4. Siedlungsübersicht Kennwerte

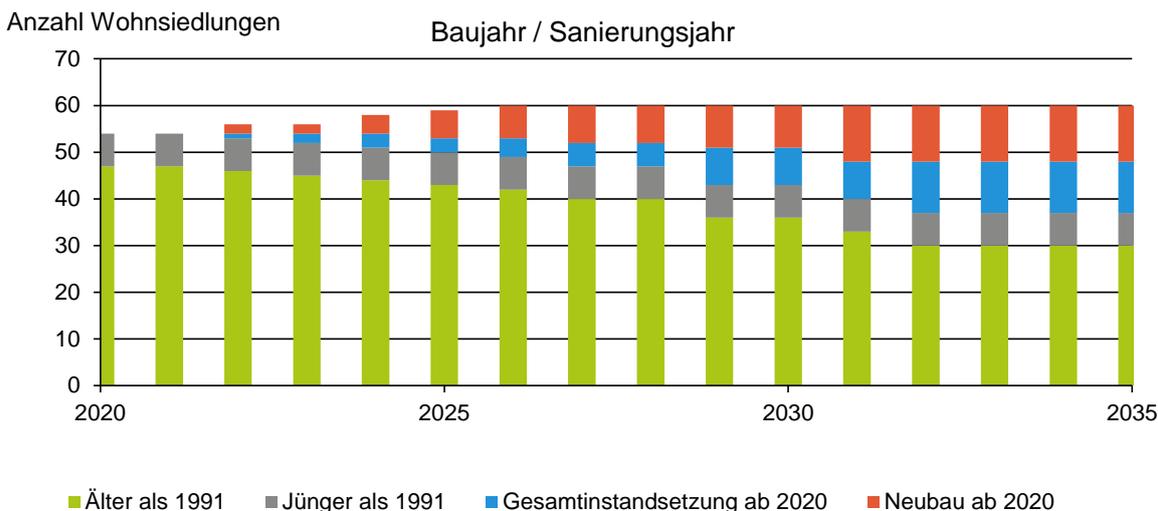
Das Arbeitsblatt «Siedlungsübersicht_Kennwerte» zeigt die Energie- und Emissionskennwerte sowie die Entwicklung der Heizkostenentwicklung für die Mieter, jeweils bezogen auf die Energiebezugsfläche. Beide Arbeitsblätter enthalten einen vorbereiteten Filter. Dieser ermöglicht es beispielsweise, nach gewünschten Kriterien wie der Komplexität oder dem Endenergieverbrauch zu filtern.

4. Ergebnisse

4.1. Mengengerüst

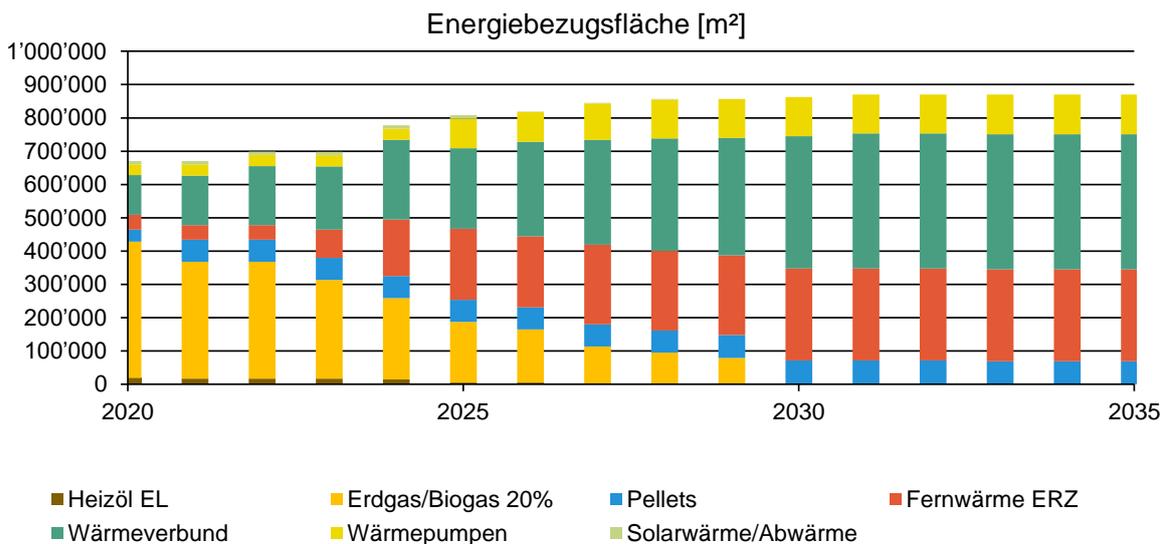
Die Anzahl der Wohnsiedlungen wird in den kommenden zehn Jahren von 54 auf 60 ansteigen (siehe Abb. 6). Im Jahr 2020 sind nur 6 der 54 Wohnsiedlung jünger 30 Jahre. Im Jahr 2035 wird sich das Portfolio aus 14 Neubauten bzw. Ersatzneubauten, 11 instandgesetzten Wohnsiedlungen, 6 unsanierten mit Baujahr nach 1991 und 30 mit Baujahr vor 1991 zusammensetzen.

Abb. 6: Entwicklung der Anzahl Wohnsiedlung mit Gesamtinstandsetzung und Neubauten bis 2035



Die Energiebezugsfläche wird bis 2035 von 670'000 auf 850'000 m² steigen (siehe Abb. 7). Die Anzahl Wohnungen wird im gleichen Zeitraum von 6'600 auf rund 8'500 zunehmen.

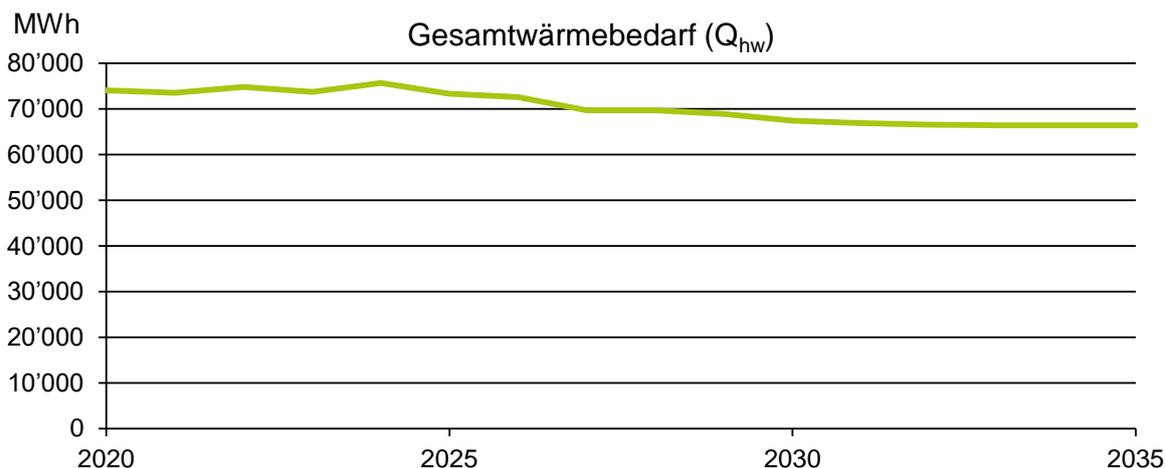
Abb. 7: Entwicklung der Energiebezugsfläche bis 2035 inkl. anteilmässige Fläche pro Energieträger



4.2. Wärmebedarf

Der jährliche Wärmebedarf für Heizwärme und Warmwasser nimmt aufgrund der Erweiterung des Portfolios um 6 neue Wohnsiedlungen bis 2024 auf rund 76'000 MWh zu (siehe Abb. 8). Infolge Ersatzneubauten und Gesamtinstandsetzungen wird der Wärmebedarf danach bis 2035 auf etwa 67'000 MWh abnehmen. Der Wärmebedarf bleibt im Betrachtungszeitraum insgesamt auf hohem Niveau nahezu stabil, weil in den bestehenden Wohnsiedlungen, bei denen keine Gesamtinstandsetzung geplant ist, keine Wärmeschutzmassnahmen an der Gebäudehülle vorgesehen sind (siehe auch Kap. 5.5).

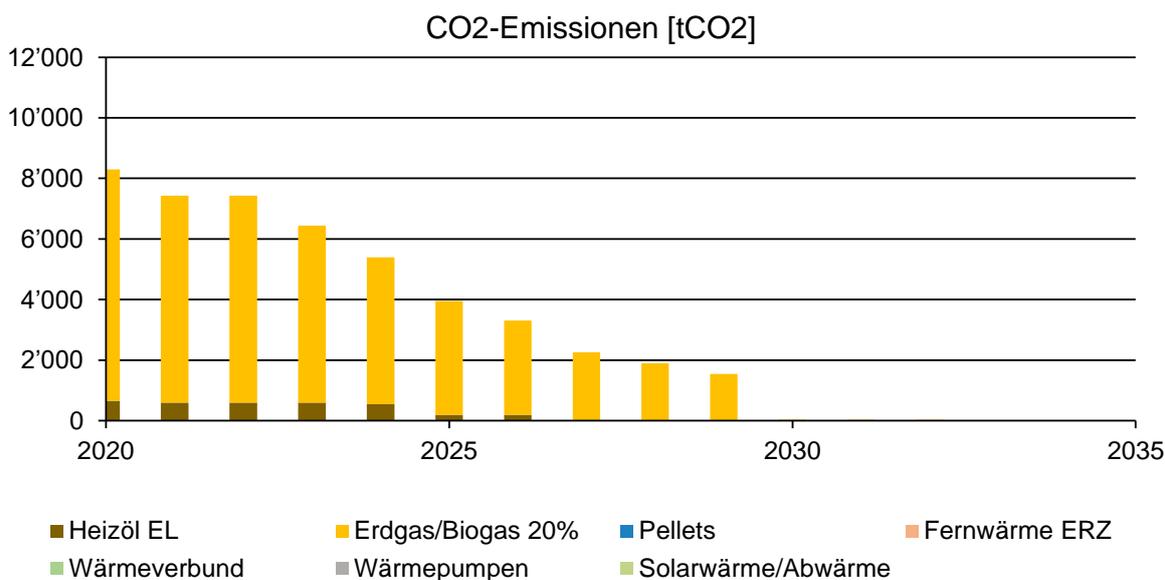
Abb. 8: Entwicklung des Gesamtwärmebedarfs für Heizung und Warmwasser bis 2035



4.3. CO₂-Emissionen am Gebäudestandort

Dank der Umstellung aller Heizungsanlagen auf erneuerbare Energiequellen, Fernwärme und Wärmeverbunde werden die CO₂-Emissionen aus der Verbrennung von Erdgas und Heizöl am Gebäudestandort von heute 8'300 t auf 0 t im Jahr 2030 reduziert. Die LSZ kann damit in ihrem direkten Einflussbereich einen massgebenden Beitrag zur Erreichung des Netto-Null-Ziels der Stadt Zürich leisten.

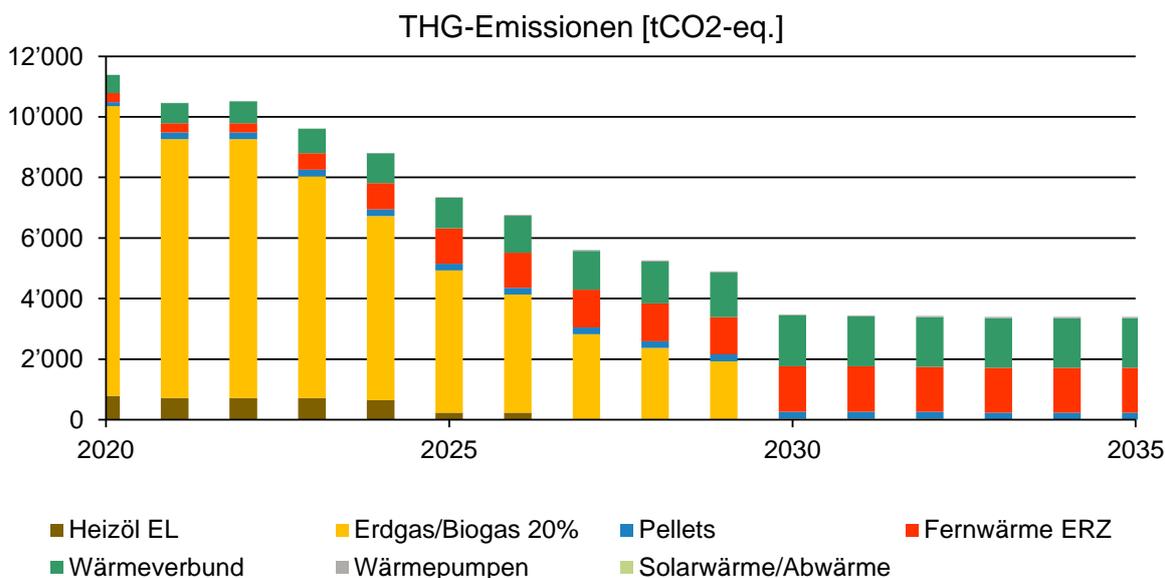
Abb. 9: Fossile CO₂-Emissionen aus der Wärmeerzeugung am Gebäudestandort gemäss BAFU:2019; dies entspricht dem Einflussbereich LSZ zur Netto-Null Zielerreichung (Betrachtung Energieträgerwahl am Standort auf Basis Endenergie)



4.4. Treibhausgasemissionen

Das Netto-Null-Ziel der Stadt Zürich bezieht sich auf alle Treibhausgase, inklusive der Emissionen aus vorgelegerten Prozessen zur Bereitstellung der Energieträger, Konsumgüter und Infrastrukturen (in Abb. 10). Ab dem Jahr 2030 werden Treibhausgasemissionen primär durch den Bezug von Fernwärme und Wärme ab einem Wärmeverbund verursacht. Bei Beibehaltung der heutigen, weitgehend fossilen Spitzenlastdeckung der thermischen Netze, würden durch die Wohnsiedlungen 2030 noch rund 3'500 t indirekte Treibhausgasemissionen verursacht. Die vollständige Dekarbonisierung der Wärmeversorgung der Wohnsiedlungen hängt somit von der zukünftigen Wahl der Spitzenlastsysteme der Fernwärme- (ERZ) und Wärmeverbundbetreiber (ewz, Energie360°) ab.

Abb. 10: Treibhausgasemissionen gemäss KBOB:2016; Betrachtung inkl. vorgelagerten Emissionen der Energieversorgung



4.5. Investitionskosten

Der zusätzliche Kapitalbedarf für den Wechsel zu einer weitgehend erneuerbaren Wärmeversorgung bis 2030 beläuft sich auf 29 Millionen CHF (siehe Abb. 11). Nicht eingerechnet sind darin die Kosten für eine neue Wärmeerzeugung bei Wohnsiedlungen mit bewilligtem Objektkredit bis und mit zum Jahr 2020 (11 Wohnsiedlungen). Der Kapitalbedarf fällt tiefer aus als erwartet. Dies weil die meisten Wohnsiedlungen voraussichtlich an einen Wärmeverbund oder das Fernwärmenetz angeschlossen werden können. Dabei fallen die Investitionskosten mehrheitlich bei den Erstellern der thermischen Netze und nicht bei der Gebäudeeigentümerin an.

Auf der anderen Seite können beim Anschluss an einen Wärmeverbund die Heizkosten für die Mietenden um bis zu 100% steigen. Um dies zu vermeiden, müsste sich die Stadt Zürich mit Investitionsbeiträgen an der Finanzierung der Wärmeverbundnetze beteiligen. Gemäss einer ersten Abschätzung im Sinne eines Worst-Case Szenarios könnte sich dadurch der Kapitalbedarf für die Dekarbonisierung bis 2030 um rund 25 Millionen, auf insgesamt rund 54 Millionen CHF erhöhen (siehe Abb. 12). Die Wohnsiedlungen unterliegen dem Reglement der Zürcher Kostenmiete. Aktuell liegt noch keine Lösung vor, wie diese Investitionsbeiträge mit dem Modell der Zürcher Kostenmiete kompatibel werden.

Abb. 11: Kapitalbedarf für die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung - ohne Investitionsbeiträge für Wärmeverbunde

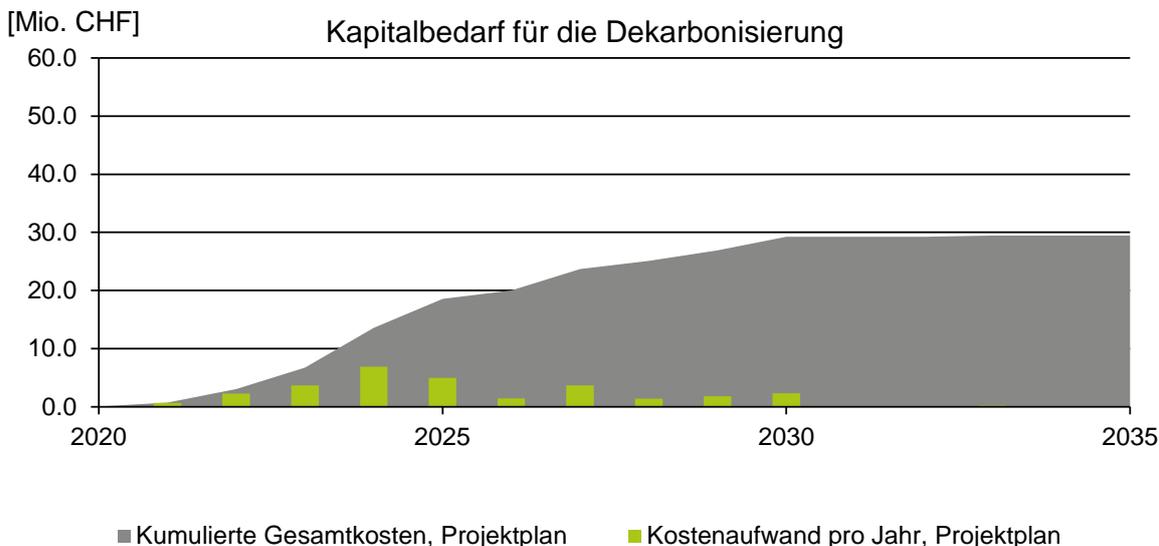
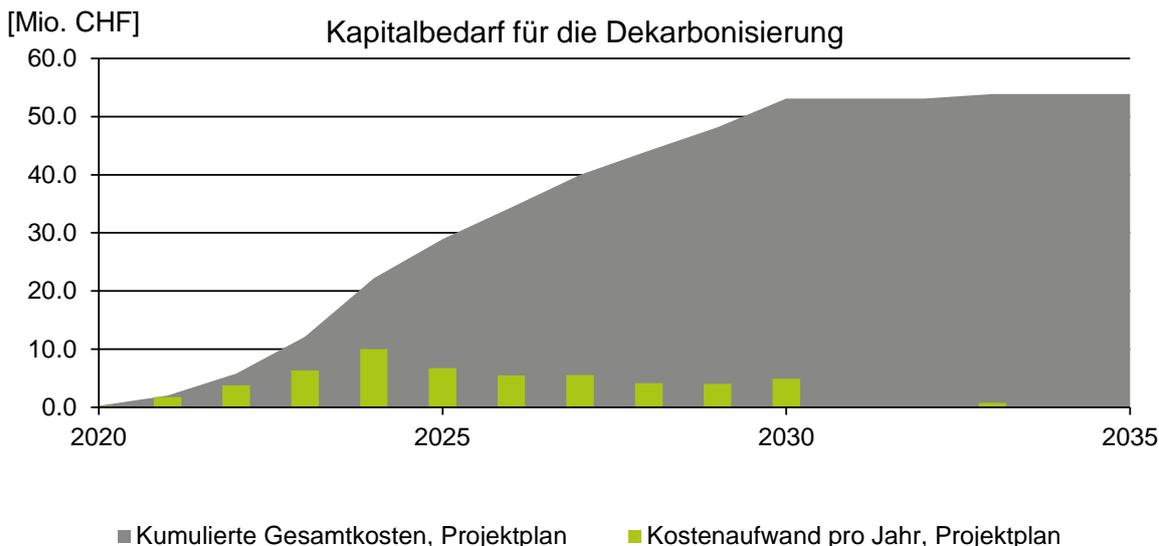


Abb. 12: Kapitalbedarf für die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung - mit Investitionsbeiträgen für Wärmeverbunde



4.6. Jährliche Energiekosten

Die jährlichen Kosten für Heizung und Warmwasser, welche den Mietenden über die Nebenkostenabrechnung weiterverrechnet werden, steigen bis 2030 von rund 8.7 auf 10.7 Millionen CHF (siehe Abb. 13). Auffallend ist dabei die überproportionale Kostensteigerung bei den Wärmeverbunden. Diese wird durch die relativ hohen durchschnittlichen Wärmegestehungskosten von rund 20 Rp./kWh verursacht (siehe Kap. 2.4). Bei einzelnen Wohnsiedlungen könnten sich die jährlichen Energiekosten durch den Anschluss an einen Wärmeverbund nahezu verdoppeln.

Um dies zu vermeiden, müsste sich die Stadt Zürich z.B. mit Investitionsbeiträgen an der Finanzierung der Wärmeverbundnetze beteiligen. Die Energiekosten der Wohnsiedlungen würden mit Investitionsbeiträgen bis 2030 nur geringfügig steigen und danach wieder auf rund 8 Millionen CHF pro Jahr sinken (siehe Abb. 13).

Abb. 13: Jährliche Kosten für Raumheizung und Warmwasser - ohne Investitionsbeiträge an die Wärmeverbunde

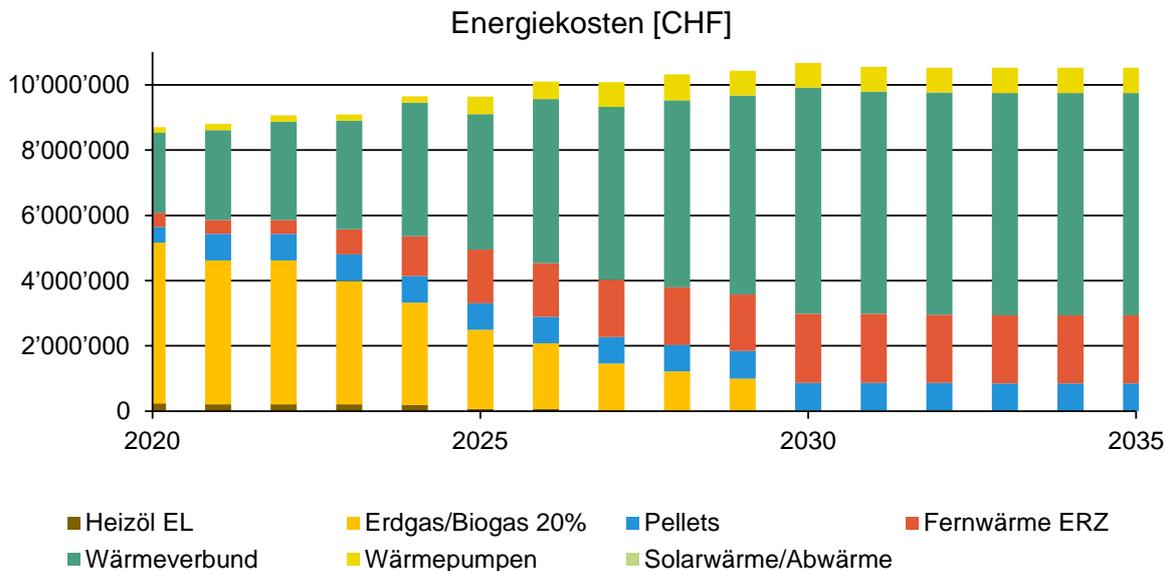
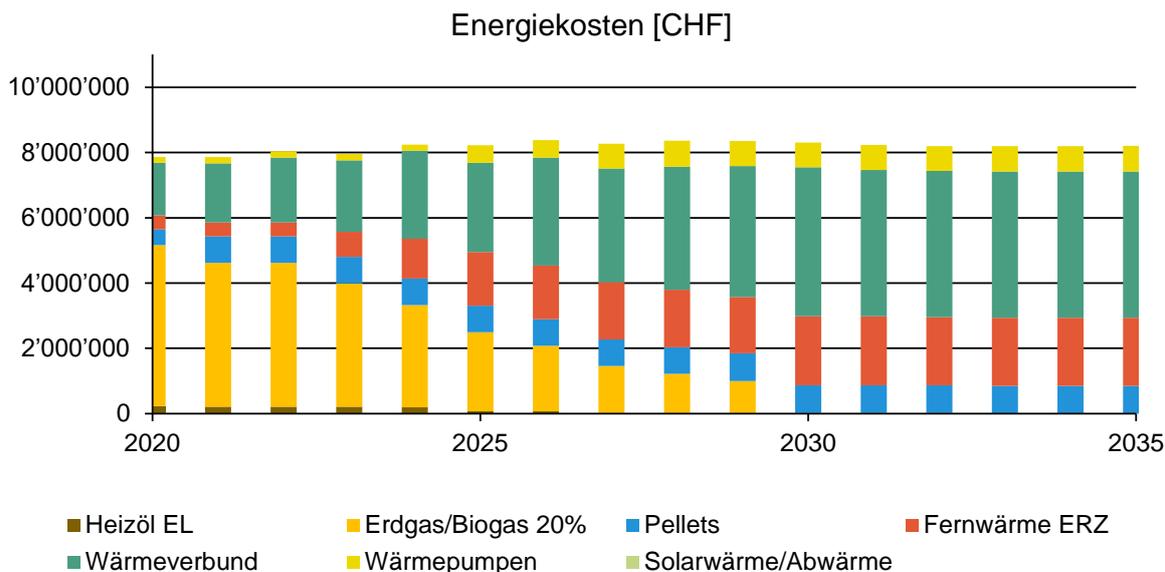
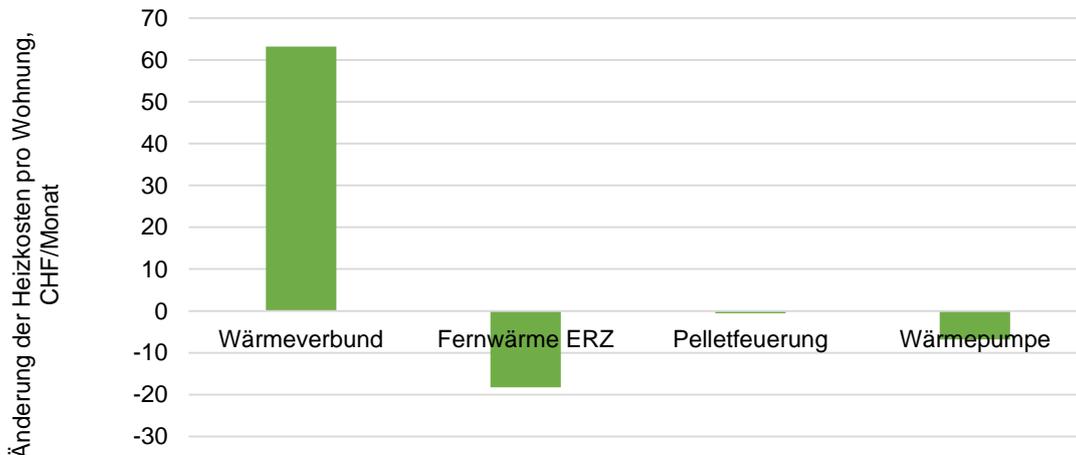


Abb. 14: Jährliche Kosten für Raumheizung und Warmwasser - mit Investitionsbeiträgen an die Wärmeverbunde



Die zu erwartende Zunahme der Energiekosten ohne Investitionsbeiträge ist insbesondere deshalb problematisch, weil sie je nach Energieträgerwahl sehr unterschiedlich ausfällt (siehe Abb. 15). In den 16 Wohnsiedlungen, die an einen Wärmeverbund angeschlossen werden, steigen die Kosten für Heizung und Warmwasser im Durchschnitt um mehr als 60 CHF pro Monat. Dagegen sinken die Energiekosten oder sie bleiben zumindest konstant, wenn ein Fernwärmeanschluss (8 Siedlungen), eine Pelletfeuerung (2 Siedlungen) oder eine eigene Wärmepumpenanlage (5 Siedlungen) realisiert wird.

Abb. 15: Durchschnittliche Änderung der monatlichen Energiekosten für Heizung und Warmwasser je nach Energieträger bzw. Energieversorger



Die Energiepreise der Wärmeverbunde von ewz und Energie360° sind, zumindest bei den aktuellen Tarifmodellen, deutlich höher, als der Energiepreis der Fernwärme von ERZ. Das hängt vermutlich damit zusammen, dass der Ausbau der Wärmeverbunde sowohl hohe Investitionen in die erneuerbare Wärmeerzeugung als auch in die thermischen Netze benötigt. Zudem müssen die Investitionen über die Dauer der Wärmelieferverträge von meist 30 Jahren amortisiert werden, obwohl viele Anlagenteile wie Erdsonden, Grundwasserfassungen, Gebäude der Energiezentrale, Rohrleitungen etc. eine technische Lebensdauer von mindestens 50 Jahren haben. Weiter führt die Unsicherheit bezüglich dem tatsächlichen Wärmeabsatz während und nach Abschluss des Netzausbaus zu einem Risikozuschlag. Diese Faktoren führen in der Summe zu den vergleichsweise hohen Energiepreisen, was wiederum die Bereitschaft zum Anschluss an einen Wärmeverbund deutlich hemmen kann, bzw. im Falle der Wohnsiedlungen im Eigentum der Stadt Zürich zu Ablehnung und Härtefällen auf Seite der Mieterschaft führen kann.

Damit die geplanten Wärmeverbunde den ihnen zugedachten wichtigen Beitrag zu Dekarbonisierung der Gebäude tatsächlich leisten können, wäre es daher wünschenswert, dass die Energiepreise durch geeignete Massnahmen (Risikogarantien, zinsfreie Darlehen, etc.) durch die Stadt Zürich aktiv mitgestaltet werden.

5. Anhang

5.1. Abschätzung des Heizleistungsbedarfs gemäss prSIA 384/1

Der thermische Leistungsbedarf für die Heizung und das Warmwasser ist die massgebende Grösse, um die Machbarkeit und die Investitionskosten einer erneuerbaren Wärmeerzeugung abzuschätzen. Die Leistungsabschätzung erfolgt gemäss prSIA 384/1:2020, Ziffer 4.2.7.8. Die Vollbetriebsstunden der Raumheizung werden anhand des gemessenen bzw. aus Messwerten abgeleiteten Heizwärmebedarfs, bezogen auf die Energiebezugsfläche, ermittelt. Bei Bestandsgebäuden liegen die jährlichen Vollbetriebsstunden im Bereich von 2'000 bis 3'200 h/a. Der Wärmeleistungsbedarf für die Warmwassererzeugung wird zusätzlich pauschal mit 3 W/m² berücksichtigt.

Abb. 16: Abschätzung des Heizleistungsbedarfs gemäss SIA 384/1

Mit dem jährlichen Heizenergiebedarf für die Raumheizung $Q_{H,gen,out,an}$, dem jährlichen Vollbetriebsstundenkoeffizienten $t_{an,\Delta\theta}$ und den massgebenden Auslegungstemperaturen kann der mittlere Heizleistungsbedarf $\Phi_{H,avg}$ ermittelt werden.

$$\Phi_{H,avg} = \frac{Q_{H,gen,out,an}}{t_{an,\Delta\theta} \cdot (\theta_{i,0} - \theta_{e,cor})} \quad (9)$$

$\Phi_{H,avg}$ mittlerer Heizleistungsbedarf, in kW

$Q_{H,gen,out,an}$ jährlicher Nutzenergiebedarf für die Raumheizung, in kWh/a

$t_{an,\Delta\theta}$ Vollbetriebsstundenkoeffizient gemäss Figur 1, in h/(K·a)

$\theta_{i,0}$ Norm-Innentemperatur, in °C

$\theta_{e,cor}$ Norm-Aussentemperatur höhenkorrigiert, in °C

Liegt der Gebäudestandort über der gewählten Klimastation, kann die Norm-Aussentemperatur $\theta_{e,0}$ um die Überhöhe korrigiert werden.

$$\theta_{e,cor} = \theta_e + [-0,005 \cdot (h_b - h_{ctm})] \quad (10)$$

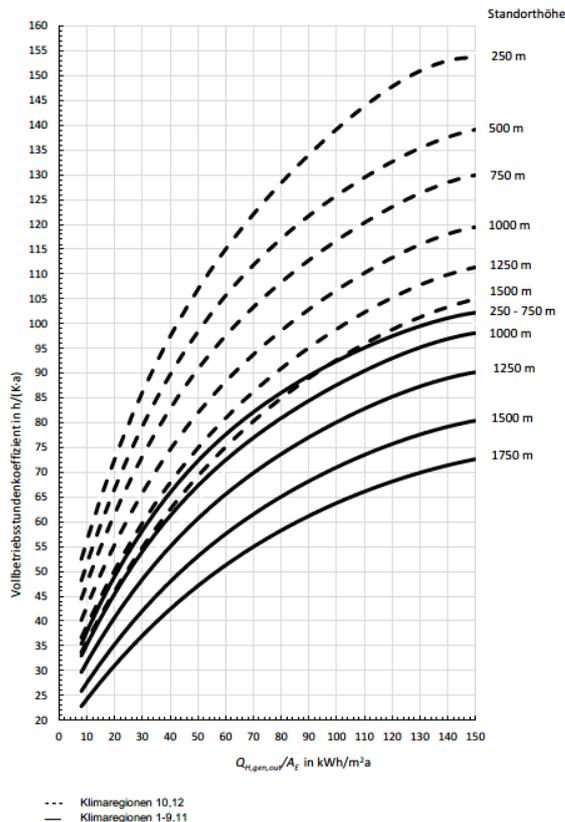
Die berechnete Korrektur ist auf ganze Zahlen zu runden.

h_b Höhe Gebäudestandort, in m ü.M.

h_{ctm} Höhe Klimastation, in m ü.M.

$\theta_{e,0}$ Norm-Aussentemperatur, in °C

Figur 1 Vollbetriebsstundenkoeffizient $t_{an,\Delta\theta}$



5.2. Grundlagen für die Berechnung von Energie- und Umweltindikatoren

Tab. 5: Gewichtungsfaktoren, Emissionskoeffizienten, physikalische Eigenschaften und Energiepreise pro Energieträger

Energieträger	Endenergie		Primärenergie			Emissionen		UBP	Energiegehalt			Preis		
	Begriff	Erneuerbarer Energiefaktor (ZH 2030)	Nationaler Gewichtungsfaktor	Primärenergiefaktor gesamt	Primärenergiefaktor nicht erneuerbar	Primärenergiefaktor erneuerbar	Treibhausgasemissionskoeffizient	CO ₂ -Emissionsfaktor	Umweltbelastungskoeffizient	Einheit	Dichte	Brennwert	Heizwert	Energiepreis (Mittelarif inkl. MWSt)
Symbol	f_{nr}	f_{CH}	f_P	$f_{P,ni}$	$f_{P,ren}$	k_{GHG}	f_{CO2}	k_{env}						
Quelle	UGZ	EnDK	KBOB:2016	KBOB:2016	KBOB:2016	KBOB:2016	BAFU	KBOB:2016		prSIA 380:2021	prSIA 380:2021	prSIA 380:2021		
	kWh/kWh	kWh/kWh	kWh/kWh	kWh/kWh	kWh/kWh	kg/kWh	kg/kWh	UBP/kWh		kg/m ³	kWh/...	kWh/...	CHF/kWh	
Energieträger														
Heizöl EL *	1.0	1.0	1.239	1.230	0.009	0.301	0.250	234	Liter	840	10.5	9.9	0.080	
Erdgas *	1.0	1.0	1.064	1.060	0.004	0.228	0.182	137	m ³	0.8	11.2	10.1	0.083	
Pellets *	0.0	0.7	1.200	0.160	1.040	0.027	0.000	81.1	kg		5.5		0.080	
Biogas CH Durchschnitt *	0.0	1.0	0.331	0.299	0.032	0.130	0.000	109	m ³	0.8	11.2	10.1	0.130	
CH-Fernwärme	0.0	0.6	0.716	0.452	0.264	0.089	0.000	75.5					0.120	
CH-Verbraucher mix	0.0	2.0	3.008	2.520	0.488	0.102	0.000	347					0.208	
Werke Stadt Zürich - Energie360°, ewz, ERZ														
Erdgas mit 20% Biogas	0.80	1.0	0.903	0.892	0.011	0.198	0.158	121					0.092	
Biogas Energie360° (naturemade star)	0.0	1.0	0.259	0.221	0.038	0.077	0.000	57.7					0.153	
Strom ewz.econatur	0.0	2.0	1.120	0.040	1.080	0.0144	0.000	48.3					0.247	
Strom ewz.natur	0.0	2.0	1.130	0.040	1.090	0.015	0.000	49.5					0.251	
Strom ewz.pronatur	0.0	2.0	1.150	0.040	1.110	0.0125	0.000	46.7					0.265	
Fernwärme Stadt Zürich (ERZ)	0.0	0.4	0.633	0.402	0.231	0.068	0.000	69					0.091	
Wärmeverbund	0.0	0.4	0.514	0.223	0.291	0.050	0.000	41					0.200	
Solarwärme/Abwärme	0.0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0					0.000	

* Energiegehalt von Brennstoffen bezogen auf den Brennwert!

Tab. 6: Verwendung der Indikatoren

	Vorhanden im Controlling-Instrument	Verwendet im Schlussbericht
Endenergie (ungewichtet)	x	
Erneuerbare Energie	x	
Anteil erneuerbare Energie	x	
Nationale Energie-Kennzahl	x	
Primärenergie gesamt	x	
Primärenergie nicht erneuerbar	x	
Primärenergie erneuerbar		
Treibhausgasemissionen	x	x
CO ₂ -Emissionen	x	x
Umweltbelastungspunkte	x	

Tab. 7: Begriffe

Begriff, Symbol, Einheit	Definition	Quelle	Kommentar
Endenergie			
Gewichteter Energiebedarf bzw.-verbrauch E kWh	Gewichtete zugeführte Energie minus gewichtete abgeführte Energie.	prSIA 380:2021, 1.1.5.1	
Energiegewichtungsfaktor	Faktor für Energieträger, mit welchem die zugeführte Energie nach wissenschaftlichen Kriterien gewichtet (Primärenergiefaktor, Treibhausgasemissions-Koeffizient, Umweltbelastungsfaktor) oder nach politischen Überlegungen bewertet (nationaler Gewichtungsfaktor) wird.	prSIA 380:2021, 1.1.5.2	
Nationaler Gewichtungsfaktor f_{CH}	Von der nationalen Energiepolitik festgesetzter Bewertungsfaktor.	prSIA 380:2021, 1.1.5.10; www.endk.ch	
(Nationale) Energie-Kennzahl EP_{CH} kWh/m ²	Mit nationalen Energiegewichtungsfaktoren gewichteter Energiebedarf bzw. -verbrauch, während eines Jahres, bezogen auf die Energiebezugsfläche	prSIA 380:2021, 1.1.6.5	Anforderungen an die Energie-Kennzahl von Gebäuden werden in MuKE n 2014 bzw. den kantonalen Energiegesetzen gestellt.
Erneuerbare Energie	Summe der als erneuerbare Energie bewerteten Energieträger. Als erneuerbar gelten lokal verfügbare Abwärme (z.B. aus Kehrlichtverbrennung oder technischen Prozessen), Umweltwärme (Erdreich, Aussenluft, Grund- und Seewasser) mittels Wärmepumpen mit erneuerbarem Strom, Solarthermie und Holz sowie 100% Biogas.	Leitkonzept 2000WG, Energie Schweiz:2020	
Erneuerbarer Energiefaktor f_{ren}	Bewertungsfaktor zur Festlegung des erneuerbaren Energieanteils der Energieträger.	Siehe Tab. 5	Definition UGZ gemäss E-Mail von Yvonne Züger vom 10.11.2020. Annahme für eine einfachere Abschätzung: Fernwärme und Strom sind bis 2030 zu 100% erneuerbar.
Anteil erneuerbare Energie	Anteil des als erneuerbare Energie bewerteten Endenergiebedarfs- bzw. -verbrauchs am gesamten Endenergiebedarf bzw. -verbrauch.		Der Anteil erneuerbarer Energie wird im Leitkonzept 2000-Watt-Gesellschaft neben Primärenergie und Treibhausgasemissionen als zusätzlicher Indikator für die Überwachung der Netto-Null-Zielerreichung vorgeschlagen.

Begriff, Symbol, Einheit	Definition	Quelle	Kommentar
Primärenergie			
Primärenergie	Form der Rohenergie, die noch keiner Umsetzung oder Umwandlung und keinem Transport unterworfen worden ist. Beispiele sind: Rohöl, Erdgas, Uran oder Kohle in der Erde, Holz im Stand, Solarstrahlung, potenzielle Energie des Wassers, kinetische Energie des Windes. Man unterscheidet erneuerbare und nicht erneuerbare Primärenergie.	prSIA 380:2021, 1.1.5.3 und D.3.2.1	
Erneuerbare Primärenergie	Energie, die aus einer Quelle gewonnen wird, die durch Nutzung nicht erschöpft wird, z.B. die (thermische und photovoltaische) Sonnenenergie, Windenergie, Umgebungswärme, hydraulische Energie und Biomasse aus nachhaltiger Land- und Forstwirtschaft.	prSIA 380:2021, 1.1.5.4	
Nicht erneuerbare Primärenergie	Energie, die aus einer Quelle gewonnen wird, die durch Nutzung erschöpft wird (z.B. Uran, Rohöl, Kohle, Holz aus Kahlschlag von Primärwäldern).	prSIA 380:2021, 1.1.5.5	
Primärenergiefaktor $f_P, f_{P,nr}, f_{P,ren}$	Gesamte Primärenergiemenge, die erforderlich ist, um dem Gebäude eine bestimmte Energiemenge zuzuführen, bezogen auf diese Menge. Dieser Faktor berücksichtigt die Energie, die erforderlich ist, um die Energie zu gewinnen, umzuwandeln, zu raffinieren, zu lagern, zu transportieren und zu verteilen, sowie alle Vorgänge, die erforderlich sind, um die Energie dem Gebäude zuzuführen, das sie verbraucht. Der Primärenergiefaktor wird auch separat für die nicht erneuerbare und die erneuerbare Primärenergie ausgewiesen.		
Primärenergie-Kennzahl EP_P kWh/m ²	Mit Primärenergiefaktoren gewichteter Energiebedarf bzw. -verbrauch während eines Jahres, bezogen auf die Energiebezugsfläche.	prSIA 380:2021, 1.1.6.2	

Begriff, Symbol, Einheit	Definition	Quelle	Kommentar
Emissionen			
Treibhausgasemissionen <i>M_{GHG}</i> kg	Treibhausgase, die als Folge des Primärenergiebedarfs bzw. -verbrauchs in die Atmosphäre emittiert werden, inkl. der vorgelagerten Prozesse.	prSIA 380:2021, 1.1.5.7	Diese Definition entspricht den Systemgrenzen der bestehenden Treibhausgasbilanzierung der Stadt Zürich.
Treibhausgasemissions-Koeffizient <i>k_{GHG}</i> g/kWh, g/kg	Menge der Treibhausgase (CO ₂ , Methan, Lachgas und weitere klimawirksame Gase), die pro verwendete Energieeinheit emittiert wird. Sie wird als äquivalente CO ₂ -Emissionsmenge ausgedrückt, die denselben Treibhauseffekt hat wie die Gesamtheit der Treibhausgasemissionen.	prSIA 380:2021, 1.1.5.8; Ökobilanzdaten im Baubereich, KBOB:2016	
Treibhausgasemissions-Kennzahl <i>EP_{GHG}</i> kg/m ²	Mit Treibhausgasemissions-Koeffizienten gewichteter Energiebedarf bzw. -verbrauch, während eines Jahres, bezogen auf die Energiebezugsfläche.	prSIA 380:2021, 1.1.6.3	Anforderungen an die Treibhausgasemissions-Kennzahl von Gebäuden werden in SIA 2040 definiert.
(Fossile) CO ₂ -Emissionen <i>M_{CO2}</i> kg	CO ₂ -Emissionen, welche durch die stationäre Verbrennung von Brennstoffen in Wohn- und Dienstleistungsgebäuden verursacht werden. Diese Definition beinhaltet hauptsächlich die CO ₂ -Emissionen, welche durch die Verbrennung von Heizöl oder Erdgas direkt am Gebäude anfallen. Der Verbrauch von Strom, Fern- und Abwärme in Gebäuden generiert keine direkten CO ₂ -Emissionen. Allfällige Emissionen fallen bei der Strom- oder Wärmeproduktion an und müssen im Treibhausgasinventar der Energieversorgung und nicht den Gebäuden angerechnet werden.	Faktenblatt CO ₂ -Emissionsfaktoren für die Berichterstattung der Kantone BAFU:2018, R071-1222	Dem Gebäudebereich werden gemäss Definition BAFU nur die fossilen CO ₂ -Emissionen am Gebäudestandort zugeordnet (Territorialprinzip). Diese können auch als direkte Emissionen entsprechend dem «Scope 1» gemäss GPC (Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories) bezeichnet werden.
CO ₂ -Emissionsfaktor <i>f_{CO2}</i> kg/kWh	Menge an fossilem CO ₂ , das pro verwendete Energieeinheit emittiert wird.	BAFU:2019	Die CO ₂ -Emissionsfaktoren entsprechen denen des nationalen Treibhausgasinventars 2019.
CO ₂ -Emissions-Kennzahl <i>EP_{GHG}</i> kg/m ²	Mit Treibhausgasemissions-Koeffizienten gewichteter Energiebedarf bzw. -verbrauch, während eines Jahres, bezogen auf die Energiebezugsfläche.	prSIA 380:2021, 1.1.6.3	Gemäss Totalrevision des CO ₂ -Gesetzes sollen neu Anforderungen an die CO ₂ -Emissions-Kennzahl beim Heizungsersatz gestellt werden (ab 2023: max. 20 kg/m ²).

Begriff, Symbol, Einheit	Definition	Quelle	Kommentar
Umweltbelastungs- punkte			
Umweltbelastungs-Koeffi- zient k_{env} UBP/kWh, UBP/kg	Umwelteinwirkungen, ermittelt nach der Methode der öko- logischen Knappheit, ausgedrückt in Umweltbelastungs- punkten, pro verwendete Energieeinheit.	prSIA 380:2021, 1.1.5.9	
Umweltbelastung-Kenn- zahl EP_{env} UBP/m ²	Mit Umweltbelastungspunkten gewichteter Energiebedarf bzw. -verbrauch, während eines Jahres, bezogen auf die Energiebezugsfläche.	prSIA 380:2021, 1.1.6.3	

Tab. 8: Energieträger (Stufe Endenergie) und deren Klassierung in (nicht) erneuerbar und Abwärme/Abfall ³

		Energie	Energieträger auf Stufe Endenergie
Endenergie	nicht erneuerbar	fossil	Erdgas, CNG, Propan, Butan
			Heizöl, Schweröl
			Diesel, Benzin, Kerosin
			Kohle (Koks, Brikett, Steinkohle, Braunkohle)
			Wasserstoff aus fossilem Strom
			Fernwärme aus fossilen Energiequellen
		nuklear	Atomstrom; Wasserstoff aus Atomstrom
			Wasserstoff aus nicht erneuerbarer Elektrizität
			Fernwärme aus Kernkraftwerken
	erneuerbar	Hydro	Wasserkraft
		Biomasse	Holz (Stückholz, Holzschnitzel, Pellets)
			Biogas, CNG aus landwirtschaftlichem Anbau (z.B. Mais)
			Ethanol aus landwirtschaftlichem Anbau (z.B. Mais)
		Neue Erneuerbare	Windkraft
			Photovoltaik, Solarthermie
			Umweltwärme (Luft, Oberflächen- und Grundwasser, Geothermie)
			Wasserstoff (aus erneuerbarer Elektrizität)
Fernwärme aus erneuerbaren Energiequellen			
Abfall, Abwärme		Biogas aus Abfällen (Grüngut, Gülle, Klärschlamm in Vergärungsanlage)	
	aus Abfall gewonnene Wärme/Strom aus KVA		
	(industrielle) Abwärme		

³ Auszug aus dem Leitkonzept_2000WG_v2020-07-09_Langfassung; basierend auf «Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien»: <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/teilstatistiken.html>

5.3. Details zu den Kostenkennwerten für den Wärmeerzeugersatz

Tab. 9: Kostenschätzung für einen Fernwärmeanschluss, 100 kW

Wärmeerzeuger		Fernwärme					
Wärmeleistung		100		kW			
Position	BKP	Situation	Kommentar / Begründung	CHF	CHF/kW		
1	242	Übergabestation	mittel	Durchschnittspreis	14'000	140	
2	242	Armaturen & Apparate	mittel	Durchschnittspreis	5'500		
3	242	Montage	mittel	Durchschnittspreis	10'000		
4	241	Anschlussgebühren	mittel	mittellange Anschlussleitung, in Quartierstr	46'000		
5	243	Heizverteiler	mittel	Durchschnittspreis	8'000		
6	242	Warmwasserspeicher	mittel	Durchschnittspreis	5'200		
7	240	Demontage	mittel	Durchschnittspreis	5'000		
8			mittel				
9			mittel				
10			mittel				
11			mittel				
12		Total Heizungsanlagen			93'700	937	
13							
14	232	Erschliessung Elektro	mittel	einfache Erschliessung	8'900		
15	254	Erschliessung Sanitär	mittel	einfache Erschliessung	3'000		
16	236	GA (Steuerung und Messung)	mittel	einfache Erschliessung	4'000		
17	247	Sicherheitsanlagen	mittel	keine Sicherheitsanlagen notwendig			
18	272	Lärmschutzmassnahmen	mittel	keine Lärmschutzmassnahmen notwendig			
19	211	Baumeister	mittel	einfache Arbeiten	3'000		
20	421	Gartenarbeiten	mittel	Gartenarbeiten in Anschlussgebühren			
21			mittel				
22			mittel				
23		Total weitere Kosten			18'900	189	
24							
25	294, 29	Honorare, Bewilligungsgebühren	aufwändig	35%	39'410	394	
26		MWSt			11'705	117	
27		Gesamtkosten inkl. Honorar und MWSt			163'715	1'637	

Erläuterungen zu Tab. 9:

- Kostenschätzung für einen Anschluss an das Fernwärmenetz von ERZ
- Bestellte Anschlussleistung: 100 kW
- Die Anschlussgebühren entsprechen dem Tarifmodell von ERZ (siehe Kap. 5.4)
- Die übrigen Kostenpunkte entsprechen den «bauseitigen» Kosten
- Sicherheitsanlagen und Lärmschutzmassnahmen sind nicht notwendig
- Baustelleneinrichtungen, Abschränkungen und Gartenarbeiten zur Wiederherstellung der Umgebung sind mit den Anschlussgebühren abgegolten
- In den Honoraren sind auch die Gesamtprojektleitung, die Leistungen der Bauherrenvertretung und die Baubewilligungsgebühren enthalten

Tab. 10: Kostenschätzung für eine Luft/Wasser-Wärmepumpe, 100 kW

Wärmeerzeuger		WP (L/W)			
Wärmeleistung		100		kW	
BKP		Situation	Kommentar / Begründung	CHF	CHF/kW
242	Wärmepumpe	mittel	Durchschnittspreis	79'000	790
242	Armaturen & Apparate	mittel	Durchschnittspreis	5'000	
242	Heizungsspeicher	mittel	Durchschnittspreis	3'000	
244	Luftkanal	mittel	kein Luftkanal da Split/Aussenaufstellung		
242	Montage	mittel	Durchschnittspreis	12'000	
243	Heizverteiler	mittel	Durchschnittspreis	9'000	
242	Warmwasserspeicher	mittel	Durchschnittspreis	6'000	
240	Demontage	mittel	Durchschnittspreis	5'000	
		mittel			
		mittel			
		mittel			
24	Total Heizungsanlagen			119'000	1'190
232	Erschliessung Elektro	mittel	einfache Erschliessung	11'520	
231	Anpassung Elektro-Hauptverteilung	mittel	einfache Anpassung HV	3'000	
231	Anschlussgebühren	mittel	einfache Erschliessung	19'000	
254	Erschliessung Sanitär	mittel	einfache Erschliessung	3'000	
236	GA (Steuerung und Messung)	mittel	einfache Erschliessung	7'000	
247	Sicherheitsanlagen	mittel	einfache Sicherheitsanlagen, ab 100 kW	2'000	
272	Lärmschutzmassnahmen	mittel	einfache Lärmschutzmassnahmen	10'500	
211	Baumeister	mittel	einfache Arbeiten	30'000	
421	Gartenarbeiten	mittel	einfache Arbeiten	6'000	
	Total weitere Kosten			92'020	920
294, 29	Honorare, Bewilligungsgebühren	aufwändig	35%	73'857	739
	MWSt			21'936	219
	Gesamtkosten inkl. Honorar und MWSt			306'813	3'068

Erläuterungen zu Tab. 10

- Kostenschätzung für eine Luft/Wasser-Wärmepumpe mit Aussenaufstellung des Verdampfers im Garten
- Heizleistung der Wärmepumpe bei A-7/W55: 100 kW
- Die Elektroarbeiten umfassen auch eine Erweiterung der Elektro-Hauptverteilung sowie eine Verstärkung der Hausanschlussleitung bis zum Heizraum
- Als Sicherheitsanlagen ist eine mechanische Belüftung des Heizraums bei Austritt von Kältemittel enthalten
- Als Lärmschutzmassnahme ist eine Lärmschutzwand auf der Luftauslassseite der Ausseneinheit der Wärmepumpe enthalten
- Die Baumeisterarbeiten enthalten neben Grabarbeiten, Fundamenten für die Ausseneinheit der Wärmepumpe, Sickerkoffer zur Versickerung von Kondensat auch Baustelleneinrichtungen und Abschrankungen
- Die Gartenarbeiten berücksichtigen die Wiederherstellung der Umgebung beim Aufstellungsort der Ausseneinheit der Wärmepumpe und des Gartens entlang der Verbindungsleitung bis zum Hauseintritt
- In den Honoraren sind auch die Gesamtprojektleitung, die Leistungen der Bauherrenvertretung und die Baubewilligungsgebühren enthalten

Tab. 11: Kostenschätzung für eine Erdsonden-Wärmepumpe, 100 kW

Wärmeerzeuger		WP (S/W)					
Wärmeleistung		100		kW			
BKP		Situation	Kommentar / Begründung	CHF	CHF/kW		
242	Wärmepumpe	mittel	Durchschnittspreis	61'000	610		
242	Armaturen & Apparate	mittel	Durchschnittspreis	5'500			
242	Heizungsspeicher	mittel	Durchschnittspreis	3'600			
241	Erdsondenbohrungen	mittel	durchschnittlicher Bohrgrund	195'000	1'950		
242	Montage	mittel	Durchschnittspreis	10'000			
243	Heizverteiler	mittel	Durchschnittspreis	8'000			
242	Warmwasserspeicher	mittel	Durchschnittspreis	5'200			
240	Demontage	mittel	Durchschnittspreis	5'000			
		mittel					
		mittel					
		mittel					
24	Total Heizungsanlagen			293'300	2'933		
232	Erschliessung Elektro	mittel	einfache Erschliessung	14'400			
231	Anpassung Elektro-Hauptverteilung	mittel	einfache Anpassung HV	2'250			
231	Anschlussgebühren	mittel	einfache Erschliessung	20'800			
254	Erschliessung Sanitär	mittel	einfache Erschliessung	3'000			
236	GA (Steuerung und Messung)	mittel	einfache Erschliessung	4'000			
247	Sicherheitsanlagen	mittel	einfache Sicherheitsanlagen, ab 100 kW	2'000			
272	Lärmschutzmassnahmen	mittel	einfache Lärmschutzmassnahmen	3'000			
211	Baumeister	mittel	einfache Arbeiten	35'000			
421	Gartenarbeiten	mittel	einfache Arbeiten	30'000			
	Total weitere Kosten			114'450	1'145		
294, 29	Honorare, Bewilligungsgebühren	aufwändig	25%	101'938	1'019		
	MWSt			39'246	392		
	Gesamtkosten inkl. Honorar und MWSt			548'933	5'489		

Erläuterungen zu Tab. 11

- Kostenschätzung für eine Erdsonden-Wärmepumpe
- Heizleistung der Wärmepumpe bei B0/W55: 100 kW
- Die Kosten der Erdsondenbohrungen enthalten auch sämtlich Baustelleinrichtungen des Bohrunternehmers, Erdsondensammler, Bentonit-Hinterfüllung und Schlamm Entsorgung, Befüllung der Erdsonden mit Wasser-Glykol
- Die Elektroarbeiten umfassen auch eine Erweiterung der Elektro-Hauptverteilung sowie eine Verstärkung der Elektro-Hausanschlussleitung bis zum Heizraum
- Als Lärmschutzmassnahme sind Massnahmen zur Vermeidung von Körperschallübertragung von der Wärmepumpe und der Solepumpe berücksichtigt
- Die Baumeisterarbeiten enthalten neben Grabarbeiten für die Verbindungsleitungen, Lichtschacht für den Erdsondensammler, Kernbohrungen und Durchbrüche auch Baustelleinrichtungen und Abschränkungen
- Die Gartenarbeiten berücksichtigen die Wiederherstellung der Umgebung nach Abschluss der Bohrarbeiten
- In den Honoraren sind auch die Gesamtprojektleitung, die Leistungen der Bauherrenvertretung und die Baubewilligungsgebühren enthalten

5.4. Tarifmodell Fernwärme ERZ, Stand 2020

Tarif Zürich Wärme

Ausgabe Juli 2020

Gestaltung des Tarifs für Zürich Wärme

Der Tarif für Zürich Wärme besteht aus dem Arbeitspreis P₁, dem Leistungspreis P₂ sowie der Anschlussgebühr P₃. Über eine Bindung an den Ölpreis werden mit dem Arbeitspreis die bezogene Wärmemenge und die brennstoffabhängigen Kosten abgegolten. Der Leistungspreis ist abhängig von der abonnierten maximalen Heizleistung und deckt die brennstoffunabhängigen Betriebskosten. Mit einer einmaligen Anschlussgebühr wird ein Deckungsbeitrag an die Erstellungskosten des neuen Anschlusses ans Wärmenetz von Zürich Wärme geleistet.

Arbeitspreis P₁ (CHF/MWh plus CO₂-Anteil EHS und MwSt.)

$P_{\alpha} = 30 - 45 \text{ CHF/100 Liter (1)}$

$P_1 = 1.40 \times P_{\alpha}$

$P_{\alpha} < 30 \text{ CHF/100 Liter (2)}$

$P_1 = 1.40 \times 30 \text{ CHF/100l} - (30 \text{ CHF/100l} - P_{\alpha}) \times 0.5$

$P_{\alpha} > 45 \text{ CHF/100 Liter (3)}$

$P_1 = 1.40 \times 45 \text{ CHF/100l} + (P_{\alpha} - 45 \text{ CHF/100l}) \times 0.5$

Leistungspreis P₂ (CHF/Jahr)

$P_2 = F \times \sqrt{L}$ plus MwSt.

Anschlussgebühr P₃ (einmalige Gebühr in CHF)

Neubau:

$P_3 = (12\,000 + 125\,000 \times L) \times \text{Index}$ plus MwSt. für $L \leq 1 \text{ MW}$

$P_3 = (52\,000 + 85\,000 \times L) \times \text{Index}$ plus MwSt. für $L > 1 \text{ MW}$

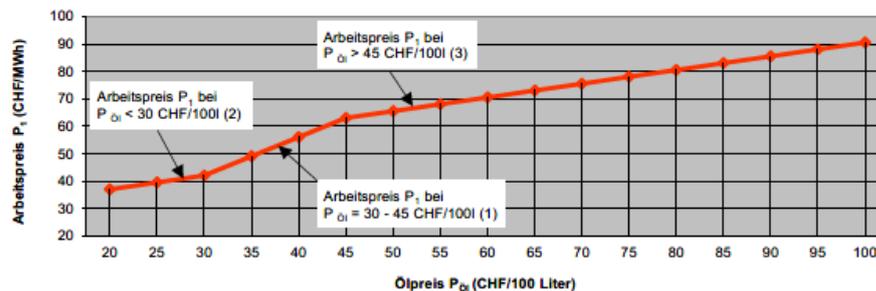
Bestehender Bau:

$P_3 = (12\,000 + 85\,000 \times L) \times \text{Index}$ plus MwSt.

Verdichtungsgebiete: Für Neukunden sind zur Erreichung eines hohen Anschlussgrades Sondervereinbarungen möglich.

ERZ Entsorgung + Recycling Zürich erstellt Anschlüsse dann, wenn die Wirtschaftlichkeitsprüfung einen positiven Deckungsbeitrag ergibt und die erforderliche Wärmeleistung zur Verfügung gestellt werden kann. Kunden können freiwillig eine höhere Anschlussgebühr bezahlen, um in den Bereich des positiven Deckungsbeitrags zu gelangen.

Verlauf Arbeitspreis P₁ bei unterschiedlichen Ölpreisen



Erläuterungen

P_α Das arithmetische Mittel der während einer Fakturierungsperiode monatlich veröffentlichten Preise in CHF pro 100 Liter Heizöl extraleicht (exkl. MwSt. und CO₂-Abgabe) für Lieferungen in Mengen von 6001 - 9000 Liter.
Quelle: Statistik Stadt Zürich.

P₁ 1.40 = Arbeitspreis-Faktor bei Ölpreisbasis in CHF/100 Liter
0.5 = Dämpfungsfaktor entsprechend dem mehrjährigen Anteil Wärme aus Kehricht

F Der Leistungspreis-Faktor (fixkostenabhängige Grundgebühr) bezieht sich auf den Landesindex der Konsumentenpreise (Basis Mai 2000 = 100). Der Basisfaktor beträgt 9800, bezogen auf den Stand Oktober 2000 von 100.6 Punkten. Indexstand November 2019: 108.5 Punkte. Daraus resultiert ein Faktor von 10'570. ERZ kann den Leistungspreis-Faktor jeweils auf den 1. Januar nach Massgabe des Indexstandes vom November des Vorjahres an die Teuerung anpassen.

L Abonnierte Heizleistung in MW

P₃ Der Anschlussbeitrag wird mit dem Zürcher Index der Wohnbaupreise der Statistik Stadt Zürich, Kostenart «Heizungs-, Lüftungs-, Klima- und Kälteanlagen» indiziert, d.h. er wird mit einem Indexfaktor multipliziert, der dem Verhältnis des letztbekannten Indexwertes zum Indexwert am 1.4.1977 (=100 Punkte) entspricht. Indexstand per 1.4.2020: 210.1 Punkte. Ändert sich der Wohnbaupreisindex zwischen Vertragsabschluss und Rechnungsstellung, wird der zum Zeitpunkt der Rechnungsstellung gültige Index verrechnet.

CO₂ Der CO₂-Anteil Emissionshandelssystem (EHS) wird anhand der Zuteilung von Emissionszertifikaten und der Primärenergie-Anteile berechnet und pro MWh fakturiert.

MwSt. Es wird die jeweils gültige Mehrwertsteuer fakturiert.



Stadt Zürich
Entsorgung + Recycling

Stadt Zürich
ERZ Entsorgung + Recycling Zürich
Fernwärme

Hagenholzstrasse 110
Postfach, 8050 Zürich
Tel. +41 44 645 88 88
Fax +41 44 645 88 89
www.erez.ch/zuerichwaerme

Eine Dienstabteilung des Tiefbau- und Entsorgungsdepartements

5.5. Wärmeschutzmassnahmen (Wärmedämmung)

Im Rahmen der vorliegenden Studie galt es unter anderem zu prüfen, bei welchen Wohnsiedlungen der Wechsel zu einem erneuerbaren Heizsystem erst nach vorgängigen Massnahmen zur Verbesserung des Wärmeschutzes der Gebäudehülle und/oder der Vergrösserung der Wärmeabgabefläche möglich ist.

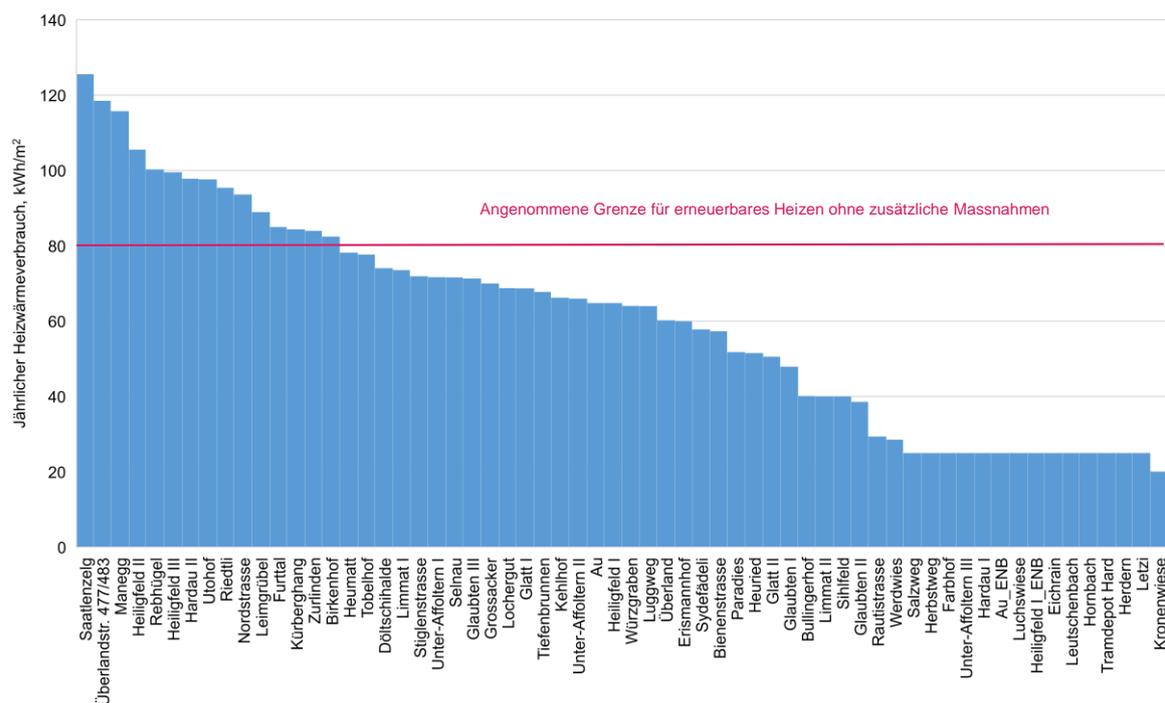
Als Entscheidungskriterium wird ein (gemessener) Heizwärmebedarf von 80 kWh/m² verwendet:

- Liegt der Heizwärmebedarf unter 80 kWh/m², ist der Einsatz einer Wärmepumpe mit Vorlauftemperaturen von maximal 55°C ohne zusätzliche Massnahmen meist möglich.
- Liegt der Heizwärmebedarf über 80 kWh/m², sind in der Regel Massnahmen an der Gebäudehülle oder an der Wärmeabgabe notwendig, um eine maximale Vorlauftemperatur von 55°C einzuhalten.

Viele realisierte Umbauten zeigen, dass der Einsatz von Wärmepumpen mit Vorlauftemperaturen unter 55°C auch ohne umfassende Wärmedämmung der Fassade und ohne Vergrösserung der Wärmeabgabeflächen mit einer Jahresarbeitszahl von 3.0 möglich ist.

In der folgenden Abb. 17 ist der Heizwärmeverbrauch pro Energiebezugsfläche der Wohnsiedlungen dargestellt. Die Werte wurden anhand des gemessenen Endenergieverbrauchs für Heizzwecke, dem angenommenen Nutzungsgrad der Wärmeerzeugung und dem SIA-Standardwert für den Wärmebedarf für Warmwasser von Mehrfamilienhäusern von 21 kWh/m² berechnet. Da die städtischen Wohnsiedlungen aufgrund der hohen Belegungsdichte einen eher höheren Wärmebedarf für Warmwasser aufweisen, sind die tatsächlichen Heizwärmeverbrauchswerte vermutlich sogar leicht tiefer. Ein Viertel der Wohnsiedlungen liegt zum Zeitpunkt des geplanten Wechsels zu einer erneuerbaren Wärmerversorgung über 80 kWh/m², d.h. gemäss dem definierten Entscheidungskriterium wären bei diesen Objekten vor einem erneuerbaren Wärmeerzeugersersatz weitergehende Wärmeschutzmassnahmen oder eine Vergrösserung der Wärmeabgabeflächen notwendig.

Abb. 17: Heizwärmeverbrauch der 60 Wohnsiedlungen zum Zeitpunkt des Wärmeerzeugersatzes

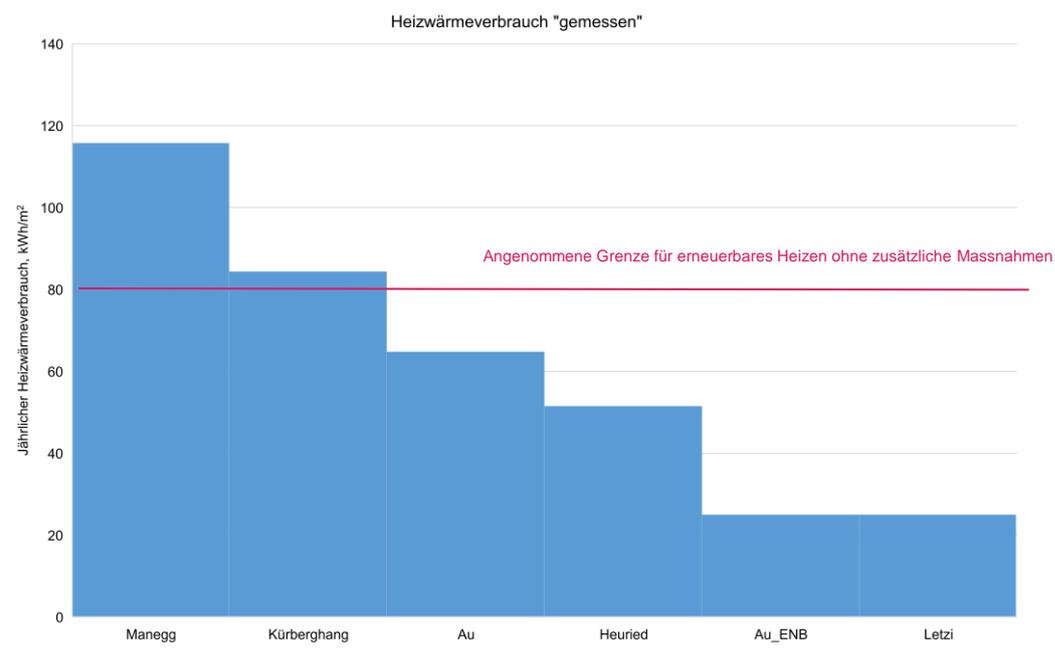


In der folgenden Abb. 18 sind nur noch jene Wohnsiedlungen dargestellt, bei denen die Wärmeerzeugung in Zukunft mit einer Wärmepumpe erfolgen soll. Alle übrigen Siedlungen werden durch Fernwärme, einen Wärmeverbund oder einer Pelletfeuerung versorgt oder sie verfügen bereits über eine Wärmepumpenanlage. Bei Fernwärme, Wärmeverbunden und Pelletfeuerungen sind Vorlauftemperaturen von 65°C oder höher üblich, da die Warmwassererzeugung auf diesem Temperaturniveau erfolgt.

Bei den sechs Wohnsiedlung von Abb. 18 sollten hingegen Vorlauftemperaturen im Heizbetrieb von maximal 55°C eingehalten werden, um eine Jahresarbeitszahl der Wärmepumpen von mindestens 3.0 erreichen zu können. Nur der Heizwärmeverbrauch der Wohnsiedlung Manegg liegt deutlich über 80 kWh/m². Überlegungen zu möglichen Massnahmen zur Reduktion der Vorlauftemperatur sind im folgenden Abschnitt 0 beschrieben.

Der Heizwärmeverbrauch der Wohnsiedlung Kürberghang liegt zwar auch über 80 kWh/m², aber nur ganz knapp. Die Beschränkung der maximalen Heiz-Vorlauftemperatur auf 55°C dürfte daher auch ohne zusätzliche Massnahmen möglich sein. Analoges gilt für die Wohnsiedlungen Au und Heuried, die dank dem tiefen Heizwärmeverbrauch problemlos mit einer Wärmepumpe beheizt werden können. Die beiden Wohnsiedlungen Au_ENB und Letzi entsprechen einem Ersatzneubau und einem Neubau, die beide mit einer Fussbodenheizung ausgerüstet werden und daher Heiz-Vorlauftemperaturen von nur 35°C aufweisen werden.

Abb. 18: Heizwärmeverbrauch der 6 Wohnsiedlungen, bei denen die Wärmeerzeugung in Zukunft mit einer Wärmepumpe erfolgt



6. Publikationen

BAFU:2018	Faktenblatt CO ₂ -Emissionsfaktoren für die Berichterstattung der Kantone, R071-1222
BAFU:2019	Faktenblatt CO ₂ -Emissionsfaktoren des Treibhausgasinventars der Schweiz
Infras/Quantis:2020	Netto-Null Treibhausgasemissionen Stadt Zürich, Grundlagenbericht, September 2020
KBOB:2016	KBOB Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2016
Energie Schweiz:2020	Leitkonzept für die 2000-Watt-Gesellschaft, Langfassung, Fachstelle 2000-Watt-Gesellschaft, Energie Schweiz, Oktober 2020
prSIA 380:2021	Grundlagen für energetische Berechnung, Vernehmlassungsentwurf, Januar 2021
prSIA 384/1:2020	Heizungsanlagen in Gebäuden – Grundlagen und Anforderungen, Vernehmlassungsentwurf, Februar 2020