



Themenbereich Gebäude

Heizungersatz: Fallstudien zum Einsatz von Luft-Wasser- Wärmepumpen

Forschungsprojekt FP-2.8.1, Modul 2
Schlussbericht, Mai 2021

68

2011

2012

2013

2014

2015

2016

2017

2018

2019

2020

Auftraggeber

Energieforschung Stadt Zürich
Ein ewz-Beitrag zur 2000-Watt-Gesellschaft

Auftragnehmer

econcept AG, Gerechtigkeitsgasse 20, 8002 Zürich, www.econcept.ch
edelmann energie, Allmendstrasse 149, 8041 Zürich, www.edelmann-energie.ch
Energie Zukunft Schweiz, Konradstrasse 32, 8005 Zürich, www.ezs.ch
naef energietechnik, Jupiterstrasse 26, 8032 Zürich, www.naef-energie.ch
Amstein + Walthert AG, Andreasstrasse 5, 8050 Zürich, www.amstein-walthert.ch

Autorinnen und Autoren

Alexander Umbricht, econcept (Projektleitung)
Benjamin Buser, econcept
Meta Lehmann, econcept (bis Mai 2020)
Vanessa Bibic, econcept
Andreas Edelmann, edelmann energie
Markus Amrein, Energie Zukunft Schweiz
René Naef, naef energietechnik
Sybille Stemmler, naef energietechnik
Mario Bleisch, Amstein + Walthert AG

Begleitgruppe

Alex Martinovits, Stadtentwicklung Zürich (STEZ)
Alex Nietlisbach, AWEL Kanton Zürich
Dr. Annette Kern-Ulmer, ewz
Dorothee Dettbarn, Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (UGZ)
Matthias Veitinger, ewz
Dr. Silvia Banfi Frost, Energiebeauftragte der Stadt Zürich (DIB)
Dr. Urs Rey, Statistik Stadt Zürich (SSZ)
Yvonne Züger-Fürer, Amt für Hochbauten (AHB)

Das Projekt wurde durch Dorothee Dettbarn (UGZ) und Dr. Stefan Rieder als Projektpaten/innen betreut.

Zitierung

Umbricht A., Buser B., Lehmann M., Bibic V., Edelmann A., Amrein M, Naef R., Stemmler S., Bleisch M. 2021: Fallstudien zum Einsatz von Luft-Wasser-Wärmepumpen - Modul 2 im Vertiefungsprojekt zum Heizungsersatz. Energieforschung Stadt Zürich. Bericht Nr. 68, Forschungsprojekt FP-2.8.1

Für den Inhalt sind alleine die Autorinnen und Autoren verantwortlich. Der vollständige Bericht kann unter www.energieforschung-zuerich.ch bezogen werden.

Kontakt

Energieforschung Stadt Zürich
Geschäftsstelle
c/o econcept AG, Gerechtigkeitsgasse 20, 8002 Zürich
reto.dettli@econcept.ch 044 286 75 75

Titelbild

Luca Zanier, Zürich

Energieforschung Stadt Zürich

Ein ewz-Beitrag zur 2000-Watt-Gesellschaft

Energieforschung Stadt Zürich ist ein auf zehn Jahre angelegtes Programm und leistet einen Beitrag zur 2000-Watt-Gesellschaft. Dabei konzentriert sich Energieforschung Stadt Zürich auf Themenbereiche an der Nahtstelle von sozialwissenschaftlicher Forschung und der Anwendung von neuen oder bestehenden Effizienztechnologien, welche im städtischen Kontext besonders interessant sind.

Im Auftrag von ewz betreiben private Forschungs- und Beratungsunternehmen sowie Institute von Universität und ETH Zürich anwendungsorientierte Forschung für mehr Energieeffizienz und erneuerbare Energien. Die Forschungsergebnisse und -erkenntnisse sind grundsätzlich öffentlich verfügbar und stehen allen interessierten Kreisen zur Verfügung, damit Energieforschung Stadt Zürich eine möglichst grosse Wirkung entfaltet – auch ausserhalb der Stadt Zürich. Geforscht wird zurzeit in zwei Themenbereichen.

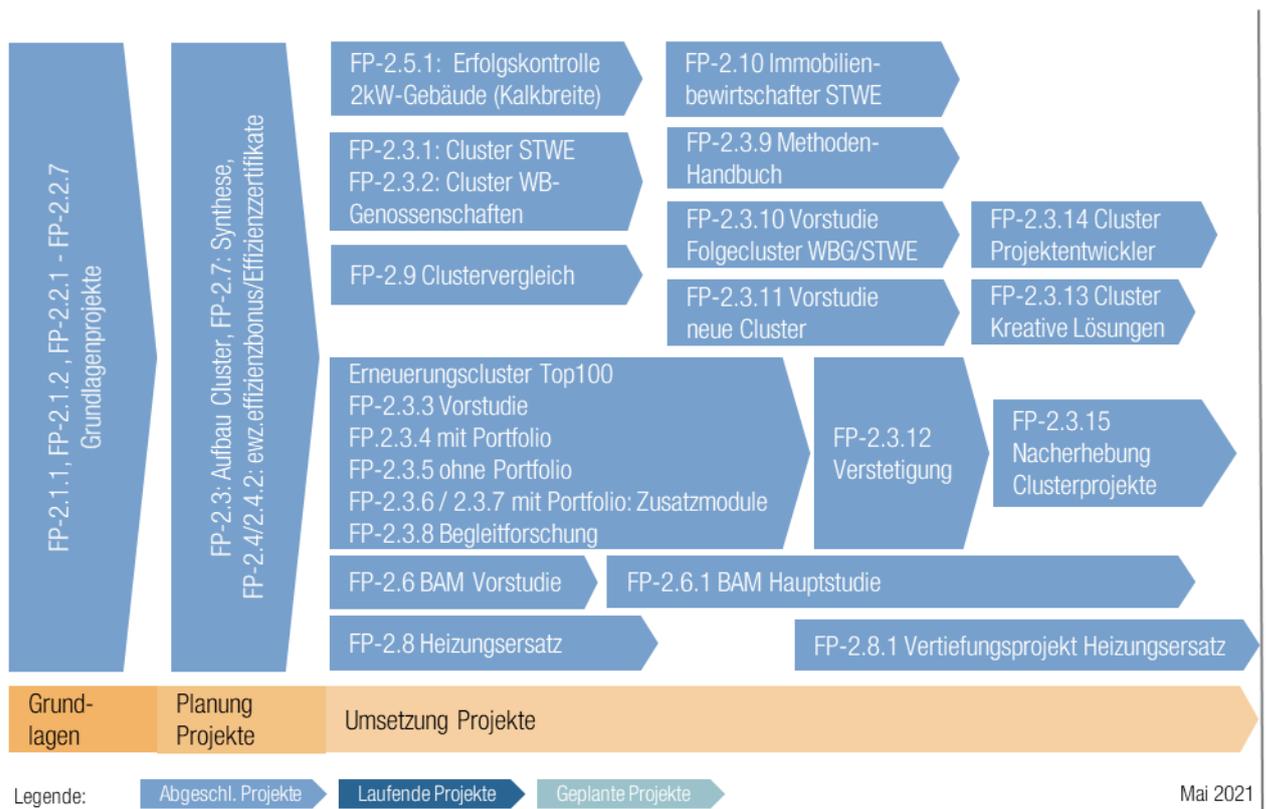
Themenbereich Haushalte

Der Themenbereich Haushalte setzt bei den Einwohnerinnen und Einwohnern der Stadt Zürich an, die zuhause, am Arbeitsplatz und unterwegs Energie konsumieren und als Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger in vielerlei Hinsicht eine zentrale Rolle bei der Umsetzung der 2000-Watt-Gesellschaft einnehmen. Dabei werden insbesondere sozialwissenschaftliche Aspekte untersucht, die einen bewussten Umgang mit Energie fördern oder verhindern. In Feldversuchen mit Stadtzürcher Haushalten wird untersucht, welche Hemmnisse in der Stadt Zürich im Alltag relevant sind und welche Massnahmen zu deren Überwindung dienen.

Themenbereich Gebäude

Der Themenbereich Gebäude setzt bei der Gebäudeinfrastruktur an, welche zurzeit für rund 70 Prozent des Endenergieverbrauchs der Stadt Zürich verantwortlich ist. In wissenschaftlich konzipierten und begleiteten Umsetzungsprojekten sollen zusammen mit den Eigentümerinnen und Eigentümern sowie weiteren Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträgern Sanierungsstrategien für Gebäude entwickelt und umgesetzt werden, um damit massgebend zur Sanierung und Erneuerung der Gebäudesubstanz in der Stadt Zürich beizutragen. Im Vordergrund stehen die Steigerung der Energieeffizienz im Wärmebereich und die Minimierung des Elektrizitätsbedarfs.

Übersicht und Einordnung der Forschungsprojekte (FP) im Themenbereich Gebäude



Inhalt

Zusammenfassung	i
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangslage	1
1.2 Forschungsfragen	1
1.3 Projektteam	2
1.4 Methodik	3
1.4.1 Auswahl der Fallstudien	4
1.4.2 Begleitungen	5
1.4.3 Befragungen	5
1.4.4 Stichprobenmessungen	6
1.4.5 Workshop	6
2 Anforderungen zum Einsatz von Luft-Wasser-Wärmepumpen	8
2.1 Einleitung	8
2.1.1 Begriffsdefinitionen: COP, SCOP, EER und SEER	9
2.1.2 Ausführungen zur Jahresarbeitszahl JAZ	10
2.1.3 Beurteilung der Effizienz einer Wärmepumpen-Anlage	11
2.2 Gebäude und Wärmeverteilung	13
2.2.1 Vorlauftemperatur	13
2.2.2 Heizleistung	15
2.2.3 Schall	16
2.2.4 Unterlagen, Hilfsmittel und Empfehlungen zu Gebäude und Wärmeverteilung	17
2.3 Wärmepumpe: Geräteauswahl	20
2.3.1 Technische Auswahlkriterien	20
2.3.2 Zusatzkosten	21
2.3.3 Unterlagen, Hilfsmittel und Empfehlungen zur Gerätewahl	22
2.4 Hydraulik, Regelung und Einbindung Warmwasser	24
2.4.1 Hydraulik und Regelung	24
2.4.2 Einbindung Warmwasser	25
2.4.3 Unterlagen, Hilfsmittel und Empfehlungen zur Hydraulik	25
2.5 Installation, Inbetriebnahme und Wartung	26
2.5.1 Allgemeine Hinweise	26
2.5.2 Performance Gap	26
2.5.3 Vorhandene Hilfsmittel	27
2.6 Diskussion des Vorschlags vom UGZ zu den Mindestanforderungen	27

2.6.1	Beurteilung erste Voraussetzung: ohne Zusatzheizung	27
2.6.2	Beurteilung zweite Voraussetzung: erneuerbarer Strom	28
2.6.3	Kennzahlen für die Erstberatung	29
3	Anforderungen an ein Bestandsgebäude für den Einsatz von Luft-Wasser-Wärmepumpen	30
4	Fallstudien	31
4.1	Überblick zu den Objekten	31
4.2	Im Rahmen der Fallstudien getätigte Abklärungen	32
4.2.1	Ordentliches Baubewilligungsverfahren	32
4.2.2	Keine Grenzabstände notwendig	33
4.3	Stichprobenmessungen	33
4.4	Fazit aus den Fallstudienbegleitungen	36
4.4.1	Fallstudie Nr. 1	36
4.4.2	Fallstudie Nr. 2	37
4.4.3	Fallstudie Nr. 3	38
4.4.4	Fallstudie Nr. 4	39
4.4.5	Fallstudie Nr. 5	40
4.4.6	Fallstudie Nr. 6	41
4.4.7	Fallstudie Nr. 7	42
4.4.8	Zusammenfassung der Erkenntnisse	42
5	Erkenntnisse aus der Zusatzbefragung	44
5.1	Beschreibung der Objekte und der Befragungssituation	44
5.2	Hemmnisse	44
5.2.1	Heizungsinstallateur/innen	44
5.2.2	Bewilligungsverfahren	45
5.2.3	Diverses	45
5.3	Erfahrungen mit der erneuerbaren Lösung	45
5.4	Fazit zur Zusatzbefragung	45
6	Beantwortung der Forschungsfragen	47
6.1	Anforderungen konkret	47
6.2	Zu erhebende Daten für die Erstbeurteilung	47
6.3	Geeignete Kriterien für die Kommunikation	48
6.4	Grundlagen zu Einsatzvoraussetzungen für Luft-Wasser-Wärmepumpe	48
6.5	Spezifische Herausforderungen	49

7	Empfehlungen für die Stadt Zürich	52
7.1	Vereinfachung Bewilligungsverfahren	52
7.2	Empfehlungen für Förderbeiträge	52
7.3	Weitere Empfehlungen	53
8	Merkblatt zuhanden von Energieberaternden	54
8.1	Merkblatt Teil 1: Optimale Vorlauftemperaturen und Schallschutz – das braucht es für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe	54
8.2	Merkblatt Teil 2: Wichtige Hinweise für die Beratung	61
9	Ausblick	65
	Anhang	66
A-1	Weiterführende Hinweise zur Geräteauswahl	66
A-1.1	Invertergesteuerte Wärmepumpen	66
A-1.2	Kältemittel	66
A-1.3	Kühlung mit Wärmepumpe	67
A-1.4	Smart-Grid-Ready	67
A-1.5	Wärmepumpen-Systemmodul	67
A-2	Sinnvolle Effizienzkriterien für die Erstberatung	69
A-2.1	Empfehlung: Vorlauftemperatur und SCOP	69
A-2.2	Nicht geeignet	70
A-3	Fallstudie Nr. 1	72
A-3.1	Kennzahlen	72
A-3.2	Ausgangslage	72
A-3.3	Spezifische Herausforderungen	73
A-3.4	Gewähltes System	74
A-3.5	Empfehlungen aus Sicht Bauherrschaft	74
A-3.6	Erkenntnisse aus der Fallstudienbegleitung	75
A-4	Fallstudie Nr. 2	76
A-4.1	Kennzahlen	76
A-4.2	Ausgangslage	76
A-4.3	Spezifische Herausforderungen	77
A-4.4	Gewähltes System	78
A-4.5	Empfehlungen aus Sicht Bauherrschaft	79

A-4.6	Erkenntnisse aus der Fallstudienbegleitung	79
A-5	Fallstudie Nr. 3	80
A-5.1	Kennzahlen	80
A-5.2	Ausgangslage	80
A-5.3	Spezifische Herausforderungen in Fallstudie 3	81
A-5.4	Gewähltes System	81
A-5.5	Empfehlungen aus Sicht Bauherrschaft	81
A-5.6	Erkenntnisse aus der Fallstudienbegleitung 3	81
A-6	Fallstudie Nr. 4	82
A-6.1	Kennzahlen	82
A-6.2	Ausgangslage	82
A-6.3	Spezifische Herausforderungen	83
A-6.4	Gewähltes System	84
A-6.5	Empfehlungen aus Sicht Bauherrschaft	84
A-6.6	Erkenntnisse aus der Fallstudienbegleitung	85
A-7	Fallstudie Nr. 5	87
A-7.1	Kennzahlen	87
A-7.2	Ausgangslage	87
A-7.3	Spezifische Herausforderungen	88
A-7.4	Gewähltes System	89
A-7.5	Empfehlungen aus Sicht Bauherrschaft	89
A-7.6	Erkenntnisse aus der Fallstudienbegleitung	90
A-8	Fallstudie Nr. 6	91
A-8.1	Kennzahlen	91
A-8.2	Ausgangslage	91
A-8.3	Spezifische Herausforderungen	92
A-8.4	Gewähltes System	93
A-8.5	Empfehlungen aus Sicht Bauherrschaft	93
A-8.6	Erkenntnisse aus der Fallstudienbegleitung	94
A-9	Fallstudie Nr. 7	95
A-9.1	Kennzahlen	95
A-9.2	Ausgangslage	95
A-9.3	Spezifische Herausforderungen	96
A-9.4	Gewähltes System	96
A-9.5	Empfehlungen aus Sicht Bauherrschaft	96

A-9.6	Erkenntnisse aus der Fallstudienbegleitung	96
A-10	Fragebogen Befragung (Beispiel Sonden-Wärmepumpe)	98
A-11	Fragebogen Zusatzbefragung (Beispiel Gasheizung)	104
A-12	Information zur Teilnahme am Forschungsprojekt zu Luft-Wasser-Wärmepumpen	111
A-13	Letter of Intent Teil 1	114
A-14	Letter of Intent Teil 2	119
	Literatur	125

Zusammenfassung

Ausgangslage

Der Bundesrat hat Netto-Null Treibhausgasemissionen bis im Jahr 2050 für die Schweiz zum Ziel erklärt. Hierfür ist der Ersatz von fossil betriebenen Heizungen durch Systeme mit erneuerbaren Energieträgern zwingend. Doch es besteht Handlungsbedarf: Die im Jahr 2017 in der Stadt Zürich durchgeführte Studie «Umstieg von fossilen auf erneuerbare Energieträger beim Heizungsersatz»¹ hat gezeigt, dass beim Heizungsersatz in der Stadt Zürich der Umstieg von fossilen auf erneuerbare Energieträger nach wie vor eine Ausnahme ist.

In Zürich Nord wird in grösseren Gebieten das Gasnetz zugunsten eines ausgebauten Fernwärmenetzes stillgelegt. Jedoch haben kleine und mittelgrosse Bestandesbauten häufig einen zu kleinen Leistungsbedarf, um zu wirtschaftlich attraktiven Konditionen an das Fernwärmenetz angeschlossen zu werden. Wenn also keine Möglichkeit zum Anschluss an das Fernwärmenetz besteht und wenn Erdsonden-Bohrungen nicht erlaubt oder im Verhältnis zu teuer sind, kommt für diese Bauten als erneuerbare Heizlösung manchmal nur die Luft-Wasser-Wärmepumpe in Frage.

Allerdings hat sich in einem Workshop mit Vertretern/innen der Stadt Zürich und ihren Energieversorgungsunternehmen gezeigt, dass das notwendige Wissen zu Luft-Wasser-Wärmepumpen und den Hemmnissen für ihren Einsatz teilweise fehlt und manchmal lückenhaft ist.

Deshalb ist es Ziel dieses Projekts, das bestehende Wissen zum energie- und klimapolitisch sinnvollen Einsatz von Luft-Wasser-Wärmepumpen zu beurteilen. Mit Fallstudien soll zudem geklärt werden, woran der Wechsel von fossil betriebenen Heizungen auf Luft-Wasser-Wärmepumpen im konkreten Fall scheitern kann.

Forschungsfragen

Um die oben beschriebenen Projektziele zu erreichen, wurden folgende Fragestellungen untersucht:

- 1 Welche Grundlagen sind bisher zu den Einsatzvoraussetzungen für eine aus energie- und klimapolitischer Sicht sinnvoll zu betreibende² Luft-Wasser-Wärmepumpe vorhanden? Wie sind diese Grundlagen aus Sicht der Praxis zu beurteilen?

¹ Lehmann M., Meyer M., Kaiser N., Ott W. 2017: Umstieg von fossilen auf erneuerbare Energieträger beim Heizungsersatz. Energieforschung Stadt Zürich, Bericht Nr. 37, Forschungsprojekt FP-2.8

² Wir definieren «energie- und klimapolitisch sinnvoll» wie im Dokument «Mindestanforderungen an die Effizienz von Luft-Wasser-Wärmepumpen» vom 2. November 2018.

- 2 Welche Anforderungen muss ein Bestandsgebäude (Gebäudehülle, Heizverteilung, Heizkörper, Optimierung Vorlauftemperatur etc.) erfüllen, damit Luft-Wasser-Wärmepumpen, wie im Gesetz³ gefordert, ohne elektrische Zusatzheizung funktionieren?
- 3 Welche Kennzahlen, Gebäudedaten und Systemalternativen müssen im Minimum erhoben/ermittelt werden, um beurteilen zu können, ob der Einsatz einer Luft-Wasser-Wärmepumpe energie- und klimapolitisch sinnvoll ist?
- 4 Bestätigen sich die Annahmen zu den minimalen Voraussetzungen im Monitoring der Fallstudien über ein bis zwei Betriebsjahre?
- 5 Welche Hemmnisse und Herausforderungen stellen sich Gebäudeeigentümerschaften, die beim Heizungsersatz eine Luft-Wasser-Wärmepumpe installieren möchten? Decken sich die Hemmnisse mit den Befürchtungen, welche die befragten Eigentümerschaften in der Vorstudie hatten, wie Anpassungs- oder Umbauaufwand, Bewilligungsaufwand, Abklärungsaufwand, Mangel an kompetenter Beratung?
- 6 Mit welchen Massnahmen liessen sich die Hemmnisse und Herausforderungen reduzieren (Art der Massnahmen, allfällige Kostenfolgen, Auswirkungen auf die Konkurrenzfähigkeit des Systems)?
- 7 Inwiefern eignen sich die von Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (UGZ) vorgeschlagenen Kennzahlen (im Dokument «Mindestanforderungen an die Effizienz von Luft-Wasser-Wärmepumpen» 2. November 2018), einen energie- und klimapolitisch sinnvollen Einsatz einer Luft-Wasser-Wärmepumpe beim Heizungsersatz im Kontext des konkret geplanten Gebäudetransformationsprozesses zu beschreiben?

Zusätzlich hat sich das Projektteam mit der Frage beschäftigt, welche Inhalte für ein Merkblatt als Entscheidungshilfe für Energieberater/innen und Heizungsinstallateure/innen zu folgender Frage notwendig sind: *Ist bei einem Bestandsbau⁴ eine Luft-Wasser-Wärmepumpe aus energie- und klimapolitischer Sicht empfehlenswert?* Da das Resultat – unser Vorschlag für ein Merkblatt – in sich schon eine Zusammenfassung ist, verweisen wir an dieser Stelle auf Kapitel 8, in welchem das Merkblatt vorgestellt wird.

Methodik und Vorgehen

Zur Beantwortung der Forschungsfragen und zur Erreichung der Projektziele ist eine Kombination von Methoden notwendig. Die angewandten Methoden sind in Tabelle 1 in der Reihenfolge des chronologischen Projektablaufs beschrieben.

³ §10 c im Energiegesetz (EnerG) 730.1 in Verbindung mit §45 a in der Besonderen Bauverordnung I (BBVI): «Ortsfeste elektrische Widerstandsheizungen zur Gebäudebeheizung dürfen nicht als Zusatzheizung eingesetzt werden. Notheizungen sind in begrenztem Umfang zulässig.» in Verbindung mit «Eine Heizung gilt als Zusatzheizung, wenn die Hauptheizung nicht den ganzen Leistungsbedarf decken kann. Bei Wärmepumpen dürfen ortsfeste elektrische Widerstandsheizungen als Notheizungen insbesondere bei Aussentemperaturen unter der Auslegetemperatur eingesetzt werden.

⁴ Kleinere Wohngebäude mit ein bis ca. sechs Wohneinheiten

Zweck	Methodik	Vorgehen
Sammlung und Beurteilung des bestehenden Wissens zu Luft-Wasser-Wärmepumpen	Literaturrecherche	Die Experten/innen aus dem Projektteam sammeln und sichten die vorhandenen Dokumente und Studien und fassen die Erkenntnisse zusammen.
Beleuchtung des Prozesses und insbesondere der Hemmnisse beim Wechsel von einer fossilen Heizung zu einer Luft-Wasser-Wärmepumpe	Fallstudienauswahl	Für die Fallstudien werden mindestens sechs Wohngebäude ⁵ mit 1 bis 6 Wohneinheiten in der Stadt Zürich ausgewählt. Die Gebäude erfüllen unter anderem folgende Kriterien: <ul style="list-style-type: none"> – Die fossile Heizung muss in absehbarer Zeit ersetzt werden. – Entweder ist bisher keine Abklärung über die Eignung verschiedener nicht-fossiler Heizsysteme erfolgt oder es ist bereits klar, dass eine Luft-Wasser-Wärmepumpe für den Heizungersatz geeignet wäre. – Eine nahe Begleitung und ein guter Austausch mit den Bauherrschaften sind möglich. <p><i>Die Objekte wurden in jedem Fall bis zum Systementscheid begleitet. Wurde jedoch keine Luft-Wasser-Wärmepumpe gewählt, entfielen die Begleitung von Installation, Inbetriebnahme und die Betriebsmessungen. Die Bauherrschaften verpflichteten sich mit einem Letter of Intent (LOI) zur Teilnahme am Projekt. Damit wurde die Planungssicherheit im Projekt erhöht.</i></p>
	Begleitung	Die Bauherrschaften der Fallstudien werden durch die Coaches, den Heizungsplaner/innen und den Lärmfachmann/-frau begleitet. Während der Begleitung werden die Erkenntnisse aus Gesprächen und Abklärungen in Checklisten festgehalten. <p><i>Bei den Fallstudien mit installierter Luft-Wasser-Wärmepumpe überprüfte der Heizungsplaner des Projektteams nach der Inbetriebnahme die Einstellungen und nahm die Messinstallationen in Betrieb.</i></p>
	Befragung	Die Bauherrschaften werden nach der Installation der Anlage telefonisch befragt. Die Befragung ist qualitativer Natur.
	Zusatzbefragung	Zur Ergänzung der begleiteten Fallstudien werden Bauherrschaften von ausgewählten Anlagen, die bereits in Betrieb sind, vor Ort besucht und vertieft zu Ihren Erfahrungen befragt.
Zwischenbilanz und interne Validierung der Erkenntnisse	Fachdiskussion	Das Projektteam diskutiert die Fragestellungen vor dem Hintergrund der im Projekt gewonnenen Erkenntnisse.
Beurteilung der Effizienz der installierten Anlagen	Stichprobenmessungen	Die Anlage-Effizienz ab Installation und bis zum Abschluss der Messphase wird gemessen und beurteilt. <p><i>Da die Winter 2018/2019 und 2019/2020⁶ mild waren, gibt es in den Fallstudien kaum Messpunkte bei kalten Temperaturen. Die Vorlauftemperaturen bei -8 °C Aussentemperatur mussten auf Basis der anderen Messpunkte extrapoliert werden. Aufgrund von verzögerten Inbetriebnahmen der Luft-Wasser-Wärmepumpen aus den Fallstudienbegleitungen verkürzte sich die Messperiode auf wenige Monate. Zusätzlich wurde der Projektverlauf durch die Corona-Pandemie beeinflusst: Bei Risikopersonen wurden keine Befragungen, Messungen oder Begehungen vor Ort durchgeführt.</i></p>
Validierung und Verständlichkeit der Merkblätter für die Heizungsbranche und für Energieberater/innen	Workshop	Die Erkenntnisse aus den Fallstudien sollen für die Heizungsbranche und Energieberater/innen verständlich aufbereitet werden und von diesen als zielführend beurteilt werden. Dazu wird ein Validierungsworkshop mit Vertretern/innen der verschiedenen Stakeholdergruppen organisiert, an welchem die Vorschläge des Projektteams für das Merkblatt diskutiert werden.

⁵ Schlussendlich wurden sieben Gebäude im Rahmen der Fallstudie untersucht.

Zweck	Methodik	Vorgehen
Zusammenfassung der Erkenntnisse aus dem Projekt	Synthese	Die Erkenntnisse aus der Bearbeitung der Fallstudien werden in einem Synthesebericht zusammengefasst, reflektiert und um Handlungsvorschläge zuhanden der Stadt Zürich ergänzt.

Tabelle 1: Methodik und Vorgehen im Rahmen der vorliegenden Studie.

Beantwortung der Forschungsfragen

Im Folgenden sind die Antworten zu den Forschungsfragen zusammengefasst. Die Themen Hemmnisse, Herausforderungen und mögliche Massnahmen aus den Forschungsfragen 5 und 6 werden aufgrund ihrer Relevanz zusätzlich als Schwerpunkt separat diskutiert.

Die dargelegten Erkenntnisse basieren auf der beispielhaften Analyse von bestehenden Hilfsmitteln, der Praxiserfahrung der im Projekt involvierten Experten/innen und einzelnen Stichprobenmessungen bei den Fallstudien.

Leider konnten aufgrund von Projektverzögerungen und des begrenzten Projektzeitraums die Fallstudienobjekte mit neu installierten Luft-Wasser-Wärmepumpen nur über wenige Monate beobachtet und gemessen werden. Zudem wurde in nur zwei Fallstudien tatsächlich eine Luft-Wasser-Wärmepumpe installiert. Deshalb können die Einschätzungen des Projektteams zu den Einsatzvoraussetzungen von Luft-Wasser-Wärmepumpen nicht mit belastbaren Messdaten unterlegt werden.

1 Welche Grundlagen sind bisher zu den Einsatzvoraussetzungen für eine aus energie- und klimapolitischer Sicht sinnvoll zu betreibende⁷ Luft-Wasser-Wärmepumpe vorhanden? Wie sind diese Grundlagen aus Sicht der Praxis zu beurteilen?

Die bestehenden Grundlagen, welche die Literaturanalyse hervorgebracht hat, sind nachfolgend thematisch aufgelistet und bewertet:

Gebäude und Wärmeverteilung

- Folgende Grundlagen wurden vom Projektteam bewertet:
 - Stadtverträgliche Luft-Wasser-Wärmepumpen als Hauptwärmeerzeuger (FHNW 2014)
 - Kriterien für eine stadtverträgliche Luft-Wasser-Wärmepumpe (OKI 2015)
 - Energie-Coaching Faktenblatt: Luft-Wasser-Wärmepumpen in der Stadt (Stadt Zürich 2017)
- Das Projektteam bewertet die Unterlagen wie folgt:

Die genannten Hilfsmittel machen Empfehlungen dazu, wie die Anlage im Idealfall auszulegen ist. Sie bieten kaum Anhaltspunkte für weniger ideale Fälle, in welchen das Mögliche und Sinnvolle auszulegen ist.

Die in der Studie von 2014 (FHNW 2014) formulierte maximale Vorlauftemperatur wurde nicht aus technischer Sicht gewählt, sondern basierte auf der gesetzlichen

⁷ Wir definieren «energie- und klimapolitischer sinnvoll» wie im Dokument «Mindestanforderungen an die Effizienz von Luft-Wasser-Wärmepumpen» vom 2. November 2018.

Grundlage der MuKE n2008 (Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich 2008). Offizielle Dokumente mit Anhaltspunkten dazu, welche Grenzen aus technischer oder klimapolitischer Sicht im Minimum einzuhalten sind, lagen für die Studie nicht vor.

Jedoch sollten, soweit dies technisch möglich ist, Luft-Wasser-Wärmepumpen auch bei Vorlauftemperaturen von mehr als 50 °C zum Einsatz kommen können und sich nicht einzig auf die gesetzliche Grundlage abstützen. Vorschläge für diese Grenzen werden deshalb im Rahmen dieser Studie im Merkblatt gemacht.

Geräteauswahl

- Folgende Grundlagen wurden vom Projektteam bewertet:
 - Kriterien für eine stadtverträgliche Luft-Wasser-Wärmepumpe (OKI 2015)
 - Integration von Luft-Wasser-Wärmepumpen im städtischen Kontext (FHNW 2018)
 - Energie-Coaching Faktenblatt: Luft-Wasser-Wärmepumpen in der Stadt (Stadt Zürich 2017)
 - Lärmrechtliche Beurteilung von Luft-Wasser-Wärmepumpen (Cercle Bruit 2018)

- Das Projektteam bewertet die Unterlagen wie folgt:
Die Auswahl der optimalen Wärmepumpe ist eine Herausforderung. Die kritischen Elemente sind die Schallemissionen, die Leistung sowie die Effizienz je nach benötigter Vorlauftemperatur. Hinzu kommt der Anspruch, dass in Zukunft vermehrt natürliche Kältemittel mit tieferem Treibhauspotenzial eingesetzt werden müssen.

Die genannten Hilfsmittel stellen einen guten Einstieg dar und helfen bei einfachen Standardfällen. In Nicht-Standardfällen wird der Beizung weiterer Spezialisten/innen empfohlen.

Teilweise müssen die Hilfsmittel an die neusten technischen und regulatorischen Entwicklungen angepasst werden. Die vorliegende Studie liefert dazu Hinweise.

Hydraulik

- Folgende Grundlagen wurden vom Projektteam bewertet:
 - STASCH - Standardschaltungen für Klein-Wärmepumpenanlagen (BFE 2002)
 - Wärmepumpen für die Instandsetzung – Systemevaluation für die Instandsetzung (Stadt Zürich 2014)

- Das Projektteam bewertet die Unterlagen wie folgt:
Heute ist es üblich, dass jeder/e Hersteller/in auf seine/ihre Wärmepumpen zugeschnittene Beispiele von Hydrauliklösungen bereitstellt. In der Regel empfiehlt sich die Verwendung dieser Lösungen, weil damit eine Garantie bei allfälligen Problemen vorhanden ist.

Installation, Inbetriebnahme und Wartung

- Folgende Grundlagen wurden vom Projektteam bewertet:
 - Leistungsgarantie Wärmepumpen (EnergieSchweiz 2020)
 - Wärmepumpen-Systemmodul (WpSystemModul 2020)

- Das Projektteam bewertet die Unterlagen wie folgt:

Die Inbetriebnahmen der Wärmepumpen erfolgen normalerweise anhand der Inbetriebnahme-Protokolle der Wärmepumpen-Lieferanten, die unterzeichnet sein müssen.

- 2 Welche Anforderungen muss ein Bestandsgebäude erfüllen, damit die Luft-Wasser-Wärmepumpe ohne elektrische Zusatzheizung funktioniert? Sind die Anforderungen anders, wenn später weitere Erneuerungsmassnahmen geplant sind?

Die Vorlauftemperatur ist die relevante Grösse zur Beurteilung, ob eine Luft-Wasser-Wärmepumpe zum Einsatz kommen kann. Wenn bei einer Aussentemperatur von -8 °C eine Heizvorlauftemperatur von maximal 55 °C ausreicht, dann kommt eine Luft-Wasser-Wärmepumpe in Frage. Bei höheren Vorlauftemperaturen ist beispielsweise mit einer gezielten Gebäudedämmung oder der Verwendung einer korrekten Heizkurve die notwendige Vorlauftemperatur auf maximal 55 °C ⁸ zu reduzieren.

Können die Vorlauftemperaturen nicht unter 55 °C gesenkt werden, sollte bei Vorlauftemperaturen bis 65 °C die Umsetzbarkeit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe geprüft werden. Bei Vorlauftemperaturen über 65 °C kommen Luft-Wasser-Wärmepumpen meist nur noch als ergänzendes Heizsystem zum Einsatz (Abbildung 1).

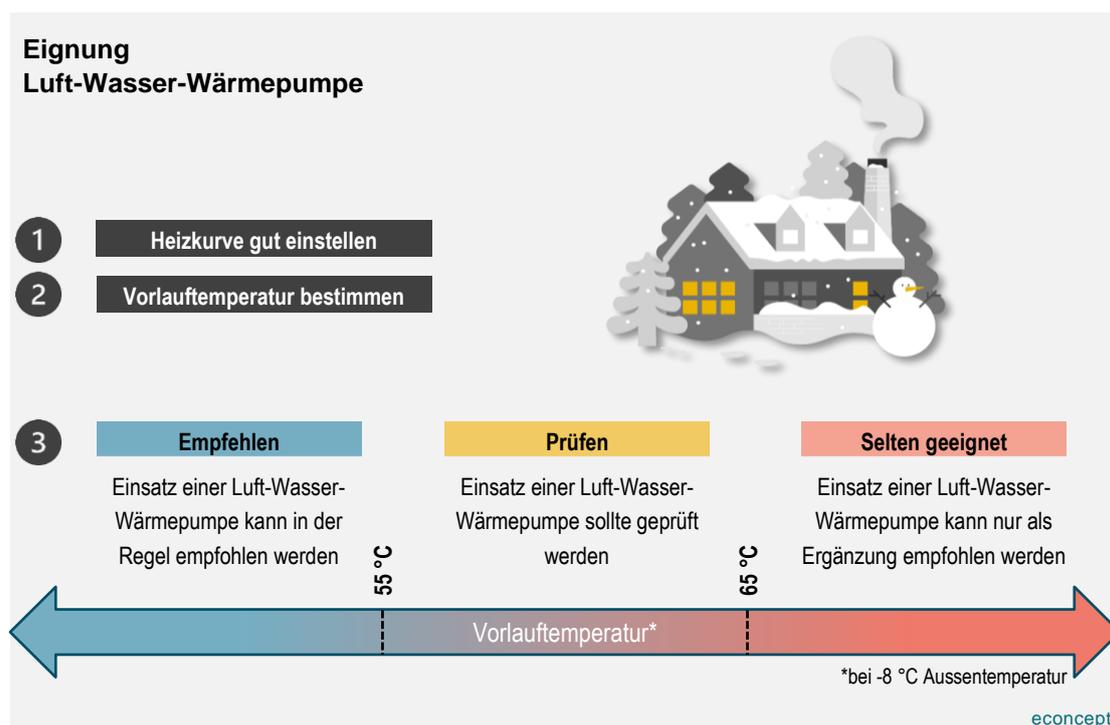


Abbildung 1: Schema zum Überprüfen der Eignung einer Luft-Wasser-Wärmepumpe anhand der Vorlauftemperatur.

Bezüglich Grösse der Anlage bzw. absolutem Leistungsbedarf oder Leistungsbedarf pro Quadratmeter gibt es aus Sicht des Projektteams keine feste Grenze. Zudem weisen wir darauf hin, dass kostengünstige und leise Standardanlagen auf dem Markt sind.

⁸ Mit gewissen Luft-Wasser-Wärmepumpen können Vorlauftemperaturen von 70 °C bei -8 °C Aussentemperatur erreicht werden. Die Reduktion der Vorlauftemperaturen ist dennoch sinnvoll, damit die Effizienz der Wärmepumpe steigt.

Wenn eine Standardanlage nicht ausreicht, sollte ein/e Heizungsplaner/in beigezogen werden. Diese/r kennt die Möglichkeiten von grösseren Spezialanlagen oder der Kaskadierung von mehreren kleinen Standardanlagen.

Eine Heizung muss den Bedarf des Gebäudes vom ersten Tag an decken. Deshalb gelten die Anforderungen an die Vorlauftemperatur auch bei Gebäuden, die in absehbarer Zeit energetisch erneuert werden. Mit den neuen, modulierenden Wärmepumpen (Inverter gesteuert) stellt eine spätere Reduktion des Heizleistungsbedarfs durch eine Sanierung kein Problem dar. Diese Wärmepumpen arbeiten auch im Teillastbetrieb effizient.

3 Welche Kennzahlen, Gebäudedaten und Systemalternativen müssen im Minimum erhoben/ermittelt werden, um beurteilen zu können, ob der Einsatz einer Luft-Wasser-Wärmepumpe energie- und klimapolitisch sinnvoll ist?

Wenn immer möglich sind Vorlauftemperatur an einem kalten Tag mit Temperaturen unter dem Gefrierpunkt, gekoppelt mit der bisherigen Heizungsleistung zu erheben. Dabei müssen alle zu heizenden Räume als genügend warm empfunden werden.

4 Bestätigen sich die Annahmen zu den minimalen Voraussetzungen im Monitoring der Fallstudien über ein bis zwei Betriebsjahre?

Diese Frage konnten wir aufgrund der zu kurzen Zeit im Monitoring nicht schlüssig beantworten.

5 Welche Hemmnisse und Herausforderungen stellen sich Gebäudeeigentümerschaften, die beim Heizungersatz eine Luft-Wasser-Wärmepumpe installieren möchten? Decken sich die Hemmnisse mit den Befürchtungen, welche die befragten Eigentümerschaften in der Vorstudie hatten, wie Anpassungs- oder Umbauaufwand, Bewilligungsaufwand, Abklärungsaufwand, Mangel an kompetenter Beratung?

Die erkannten Hemmnisse decken sich mit den Annahmen der Vorstudie. Ein Heizungersatz ohne Technologiewechsel ist bedeutend einfacher als der Umstieg von z. B. Gas zur Luft-Wasser-Wärmepumpe. Insbesondere der Bewilligungsaufwand wirkt hemmend. Dass ein Baubewilligungsgesuch bei der Stadt Zürich nicht vollständig digital eingereicht werden kann, ist für die Bauherrschaften wenig einsichtig. Zudem sind beim Technologiewechsel zusätzliche Abklärungen und Entscheide notwendig, welche den zeitlichen und finanziellen Aufwand erhöhen und die Attraktivität von Luft-Wasser-Wärmepumpen mindern.

6 Mit welchen Massnahmen liessen sich die Hemmnisse und Herausforderungen reduzieren (Art der Massnahmen, allfällige Kostenfolgen, Auswirkungen auf die Konkurrenzfähigkeit des Systems)?

In erster Linie müssen die Bewilligungsverfahren vereinfacht werden. Im besten Fall ist das Bewilligungsverfahren für ein erneuerbares Heizsystem mit sämtlichen Nachweisen einfacher als für den fossilen Heizungersatz.

Zum zweiten würden anschauliche und produktunabhängige Unterlagen und Checklisten, welche zumindest in Standardsituationen alle wesentlichen Fragen klären, unterstützend wirken.

7 Inwiefern eignen sich die vom UGZ vorgeschlagenen Kennzahlen (im Dokument «Mindestanforderungen an die Effizienz von Luft-Wasser-Wärmepumpen» 2. November 2018), einen energie- und klimapolitisch sinnvollen Einsatz einer Luft-Wasser-Wärmepumpe beim Heizungsersatz im Kontext des konkret geplanten Gebäudetransformationsprozesses zu beschreiben?

Die Vorlauftemperatur als gebäudeseitige Variable ist ein Hauptkriterium dafür, wie effizient eine Wärmepumpe im Betrieb läuft. Eine effizient laufende Wärmepumpe kann als energie- und klimapolitisch sinnvoll bezeichnet werden. Zudem kann für eine frühe Erstberatung die Minimalanforderung an den SCOP-Wert der FHNW-Studie von 2018⁹ als Anhaltspunkt dienen. Damit könnte bei der entsprechenden Vorlauftemperatur der zukünftig zu erwartende Stromverbrauch über den bisherigen Energieverbrauch abgeschätzt werden. Die Bauherrschaften sind häufig interessiert an den zu erwartenden Energiekosten.

Alternativ könnten für eine Einschätzung des zukünftigen Energieverbrauchs Jahresarbeitszahlen aus Feldmessungen verwendet werden. Dieser Energieverbrauch kann anschliessend über die Verrechnung mit den entsprechenden Gewichtungsfaktoren oder CO₂-Koeffizienten mit dem Verbrauch einer (bisherigen) fossilen Lösung verglichen werden.

Schwerpunkt 1: Hemmnisse für Luft-Wasser-Wärmepumpen

Es gibt verschiedene Hemmnisse und Herausforderungen, die Bauherrschaften beim Heizungsersatz davon abhalten können, künftig eine Luft-Wasser-Wärmepumpe zur Wärmeerzeugung zu nutzen.

Die nachfolgende Abbildung fasst die in der Fallstudienbegleitung und mit den Zusatzbefragungen ermittelten Hemmnisse auf dem Weg zu einer Luft-Wasser-Wärmepumpe qualitativ zusammen und Tabelle 2 beschreibt die dargestellten Hemmnisse genauer. Dargestellt werden Hemmnisse, die sich stellen, nachdem klar ist, dass eine Luft-Wasser-Wärmepumpe aus technischer Sicht in Frage kommt.

⁹ Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW (2018): Integration von Luft/Wasser-Wärmepumpen im städtischen Kontext, 8.11.2018.

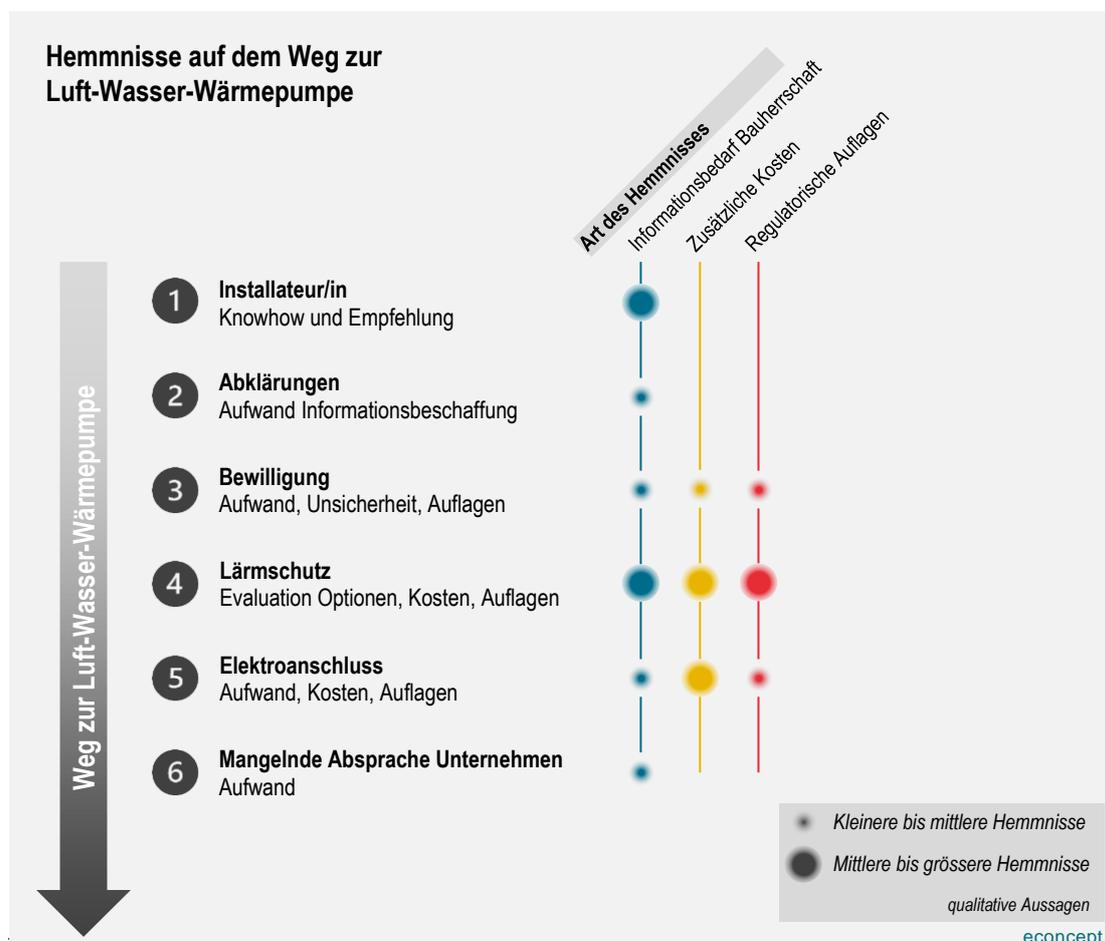


Abbildung 2: Zusammenfassung der Erkenntnisse bezüglich Hemmnisse auf dem Weg zu einer Luft-Wasser-Wärmepumpe. Je höher die Anzahl der Punkte und je grösser sie sind, umso relevanter ist das Hemmnis.

Leider kann auf Basis der sieben Fallstudien und vier Zusatzbefragungen keine empirisch belastbare Aussage zur Häufigkeit und Relevanz der Hemmnisse gemacht werden. Die Einschätzung zur Relevanz basiert deshalb auf einer Einschätzung des Projektteams.

Hemmnis	Beschrieb
Informationsbedarf Bauherrschafft	Die Bauherrschafft ist verständlicherweise in der Regel nicht besonders bewandert in Heizungsfragen und in erster Linie daran interessiert, in angenehm geheizten Räumen zu wohnen. Entsprechend muss sich die Bauherrschafft beim Heizungsersatz mit neuen Fragen beschäftigen und sich Informationen zu ungewohnten Themen beschaffen. Zudem unterscheiden sich die Informationen je nach Quelle und müssen eingeordnet werden. Dies führt zu einem Mehraufwand, der für die Bauherrschafft unerwünscht sein kann.
Zusätzliche Kosten	Wenn beim Heizungsersatz die zugrundeliegende Technologie ändert (z. B. von Gas auf Luft-Wasser-Wärmepumpe) können zusätzliche Anpassungen baulicher und organisatorischer Natur notwendig werden, welche – gegenüber dem Verbleib bei der bisherigen Technologie – zu Mehrkosten führen.
Regulatorische Auflagen	Wenn beim Heizungsersatz die zugrundeliegende Technologie ändert (z. B. von Gas auf Luft-Wasser-Wärmepumpe) werden allenfalls andere Gesetze, Verordnungen und Normen relevant. Die damit verbundenen Auflagen müssen erfüllt werden.

Hemmnis	Beschrieb
1 Installateur/in Knowhow und Empfehlung	<ul style="list-style-type: none"> – Bei der Installation von Luft-Wasser-Wärmepumpen ist üblicherweise kein/e Heizungsplaner/in dabei. Die Einsatzgrenzen einer Luft-Wasser-Wärmepumpe auszuloten braucht jedoch Fachwissen, das nicht alle Installateure/innen haben. – Lokale Anbieter/innen von Luft-Wasser-Wärmepumpen sind in der Regel mit dem lokalen Bewilligungsprozedere und den Behörden vertraut, auswärtige Anbieter/innen tendenziell weniger. – Installateure/innen sollten konsequent auf Förderbeiträge hinweisen.
2 Abklärungen Aufwand Informationsbeschaffung	Unsicherheiten, welche zusätzliche Abklärungen bedingen, sind abschreckend. Dabei geht es insbesondere um Lärmgutachten.
3 Bewilligung Aufwand, Unsicherheit, Auflagen	<p>Der Aufwand für die Baubewilligung kann von der Erwägung einer Luft-Wasser-Wärmepumpe abhalten:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Bauherrschaften wollen keine Anlagen, bei denen eine Bewilligung nötig ist und gegen die Nachbarn einsprechen können. – Das Bewilligungsverfahren erfordert zeitlichen und finanziellen Aufwand, wobei die fehlende Möglichkeit einer nicht vollständig digitalen Gesuchseinreichung mitberücksichtigt wird. – Die Anzahl einzureichender Formulare erhöht den Aufwand (z. B. Formular EN-3 bei Innenaufstellung).
4 Lärmschutz Evaluation Optionen, Kosten, Auflagen	<ul style="list-style-type: none"> – Im Fall einer Gebäudesanierung wird mehrheitlich eine Aussenaufstellung gewählt. Die Aufstellungsoptionen variierten von Fallstudie zu Fallstudie. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass eine Aussenaufstellung meistens anspruchsvoll ist, insbesondere auch im dicht bebauten städtischen Umfeld. Zum einen sollte die Aussenaufstellung in der Nähe eines Technikraums erfolgen, zum anderen aber genügend Abstand zu lärmempfindlichen Fenstern einhalten. Zusätzlich soll meist auch ein optisch passender Bereich¹⁰ zur Aufstellung gefunden werden. Falls aufgrund der Aufstellung lange Leitungen gelegt werden müssen, erhöhen sich die Kosten. – Bezüglich Lärm ist eine Innenaufstellung in der Regel einfacher, weil die Geräte leiser und die gängigen Schallschutzmassnahmen¹¹ einfacher umzusetzen sind. Zudem lassen sie sich optisch einfacher integrieren, beanspruchen jedoch knappe Innenraumflächen. Allerdings müssen die Luftzufuhr und der Fortluftauslass entweder mindestens 2 Meter voneinander entfernt liegen oder über die Gebäudedecke angeordnet sein, damit nicht wieder die bereits abgekühlte Fortluft angesaugt wird. – Werden zum Beispiel aus Platzgründen zusätzliche bauliche Anpassungsmassnahmen notwendig (beispielsweise an der Kellerdecke oder am Estrichboden), muss mit Verzögerungen für die notwendigen Abklärungen und mit Mehrkosten wegen Zusatzarbeiten gerechnet werden.
5 Elektroanschluss Aufwand, Kosten, Auflagen	<ul style="list-style-type: none"> – Im Idealfall kann die ermittelte Anschlussleistung von den Stromzuleitungen geliefert werden. Das EVU kennt die aktuell bestellte und die potenzielle Leistung des Anschlusses. Wenn die zurzeit bestellte Leistung nicht ausreicht, braucht es einen Antrag auf Verstärkung. Die für Planung zuständige Person beim EVU kann anschliessend Auskunft über die Kosten für die Verstärkung des Anschlusses geben. – Nebst der Verstärkung des Elektroanschlusses kann der Einsatz von Wärmepumpen eine Sanierung (z. B. wegen Asbest), Versetzung oder anderweitige Änderung des Elektroanschlusses verlangen.
6 Mangelnde Absprache Unternehmen Aufwand	– Die Absprache zwischen Installateur/in und übrigen Involvierten muss gut sein. Sonst werden Installationen potenziell fehlerhaft ausgeführt.

Tabelle 2: Hemmnisse auf dem Weg zu einer Luft-Wasser-Wärmepumpe.

¹⁰ d. h. lieber 'versteckt' und nicht beim Gartensitzplatz oder an einer 'repräsentativen' Fassade

¹¹ Insbesondere Schalldämpfer in der Aussenluftzuleitung und im Fortluftauslass

Schwerpunkt 2: Massnahmenvorschläge und Empfehlungen für die Stadt Zürich

Mit den nachfolgend skizzierten Massnahmen liessen sich einige der oben beschriebenen Hemmnisse und Herausforderungen reduzieren und der Einsatz von energie- und klimapolitisch sinnvollen Luft-Wasser-Wärmepumpen fördern.

Die Vorschläge berücksichtigen auch mögliche Szenarien für geänderte Rahmenbedingungen, z. B. die Umsetzung der MuKE 2014, die Einführung von Energiezonen in Fernwärmegebieten oder die Erhöhung der bestehenden Fördersätze.

Vereinfachung Bewilligungsverfahren

In erster Linie müssen die Bewilligungsverfahren einfacher werden. Im besten Fall ist das Bewilligungsverfahren für ein erneuerbares Heizsystem einfacher als für den fossilen Heizungersatz. Folgende Massnahmen könnten beispielweise das Bewilligungsverfahren vereinfachen:

- Bei innen aufgestellten Wärmepumpen Verzicht auf Energienachweis «Heizungs- und Warmwasseranlagen» (Formular EN-3). Nur Installationsattest einreichen.
- Bei Schalldruck Luft-Wasser-Wärmepumpe $LWA^{12} \leq 45$ dB(A) und nächstes Fenster mehr als 3 m entfernt Verzicht auf «Lärmschutznachweis» (LN 1a/1b). Nur Datenblatt Luft-Wasser-Wärmepumpe und Planskizze mit vermasster Entfernung zum nächsten Fenster einreichen.
- Für den reinen Heizungersatz mit einer Wärmepumpe sollte unabhängig von Innen- oder Aussenaufstellung ein «Anzeige-Verfahren» genügen.
- Im Zusammenhang mit einer Wärmepumpen-Installation sollte auch im Fall von Asbest im Elektrotabelleau keine Schadstoff-Sanierung verlangt werden.

Empfehlungen für Förderbeiträge

Förderbeiträge sind ein wichtiges Instrument um den fossilen Heizungersatz zu forcieren. In den folgenden Punkten sieht das Projektteam die relevanten Optimierungsmöglichkeiten.

Transparenz

Die Förderbeiträge (ewz 2000-Watt-Beiträge) sind transparent online beschrieben, für Laien aber teilweise schwer verständlich. Dies sollte geändert werden, um die Förderbeiträge nachvollziehbar und einheitlich bestimmen zu können.¹³

¹² Der Schalleistungspegel LWA ist eine Geräuschemissionskenngrösse und beschreibt die von einer Maschine pro Sekunde in die Umgebung abgegebene Schallenergie.

¹³ Im November 2020 wurden die Vorgaben für die Förderung geändert: Neu verdoppelt die Stadt den Beitrag des Kantons. Damit wurde die Vergabe der Förderbeiträge seitens der Stadt Zürich vereinfacht.

Weitere Empfehlungen

Zusätzlich empfiehlt das Projektteam der Stadt Zürich:

- Checklisten zu den notwendigen Abklärungen erstellen und mit wichtigen Hinweisen ergänzen
- Anschauliche Beispiele zum Einsatz von Luft-Wasser-Wärmepumpe sowie zur attraktiven Umnutzung von Kellerräumen zusammenstellen und für Gespräche bereithalten
- Beispiele von Luft-Wasser-Wärmepumpen im Quartier sichtbar machen und die Bewohner/innen beispielsweise einem *Tag der offenen Tür* unterstützen

Schlussfolgerungen und Ausblick

Technische Fortschritte machen Luft-Wasser-Wärmepumpen sowohl finanziell als auch ökologisch stetig attraktiver; auch in Gebäuden mit relativ hoher Vorlauftemperatur. Luft-Wasser-Wärmepumpen erzeugen klimafreundliche und primärenergieeffiziente Raum- und Brauchwasserwärme wenn sie, wie in Zürich, mit erneuerbarem Strom betrieben werden.

In Anbetracht des fortschreitenden Klimawandels und des daraus resultierenden Kühlbedarfs, insbesondere im Kontext städtischer Hitzeinseln, wird das Thema der Gebäudekühlung wichtiger. Hier kann die Luft-Wasser-Wärmepumpe unter bestimmten Umständen einen Beitrag leisten: Bei einer aktiven Kühlung wird der Verdichter der Wärmepumpe weiterhin verwendet und die Arbeitsrichtung einfach umgekehrt. Die Wärme wird nicht mehr der Umgebungsluft entzogen, sondern der Innenluft. Radiatoren sind allerdings für die Kühlung mit Wärmepumpen ungeeignet. Mit ihnen ist nur eine beschränkte Übertragung der kühlen Raumluft möglich und es besteht das Problem der Kondenswasserbildung. Geeignet sind hingegen Fussbodenheizungen, Wandflächenheizungen und Gebläseheizungen.

Das Potenzial der Luft-Wasser-Wärmepumpe (und der Erdsonden-Wärmepumpen) wird jedoch kaum ausgeschöpft. Denn der Umstieg von einer fossilen Heizung auf ein Wärmepumpen-System ist aufwändig, da nebst der Stärke des Stromanschlusses und den optischen und akustischen Effekten viele weitere Punkte abgeklärt werden müssen. Zudem muss ein – im Verhältnis zu fossilen Heizungen – kompliziertes Bewilligungsverfahren durchlaufen werden. Das hemmt Bauherrschaften, die oft vor allem eines wollen: einen unproblematischen Heizungsersatz hin zu einem zuverlässigen und günstigen Heizungssystem.

Häufig wird auch angeführt, dass die Investitionskosten für Wärmepumpensysteme unattraktiv seien. Die Fallstudien zeigen, dass die Kosten nur eines von mehreren Entscheidungskriterien sind. So haben die Bauherrschaften in vier von sieben Fällen die teurere Erdsonden-Wärmepumpe gewählt. Die Mehrkosten wurden durch eine Vermeidung von Lärm und potenziellen Einsparungen bzw. Nachbarschaftsstreitigkeiten und durch eine bessere Möglichkeit für die Gebäudekühlung aufgewogen. Erdsonden-Wärmepumpen sind somit für die Bauherrschaften nicht nur ein Beitrag zum Klimaschutz, sondern auch zur Klimaanpassung.

Sollen in der Stadt Zürich Luft-Wasser-Wärmepumpen vermehrt fossile Heizungen ersetzen, braucht es vor allem eines: Einen einfachen und gut verständlichen Planungs- und Bewilligungsprozess, mindestens so einfach und verständlich wie der Heizungsersatz fossil-fossil.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Der Ersatz von fossil betriebenen Heizungen durch Systeme mit erneuerbaren Energieträgern ist ein zentrales energie- und klimapolitisches Thema und eine der Voraussetzungen, um die CO₂-Emissionen auf das vom Bundesrat anvisierte Ziel Netto-Null bis 2050 zu reduzieren. Doch wies die Studie «Umstieg von fossilen auf erneuerbare Energieträger beim Heizungsersatz»¹⁴ im Jahr 2017 in der Stadt Zürich grossen Handlungsbedarf auf: Beim Heizungsersatz in der Stadt Zürich stellt der Umstieg von fossilen auf erneuerbare Energieträger nach wie vor die Ausnahme dar.

Unabhängig davon wird in Zürich Nord in grösseren Gebieten das Gasnetz zugunsten eines Ausbaus des Fernwärmenetzes stillgelegt. Jedoch haben kleine und mittelgrosse Bestandesbauten teilweise einen zu kleinen Leistungsbedarf, um zu wirtschaftlich attraktiven Konditionen an das Fernwärmenetz angeschlossen zu werden. Ohne die Möglichkeit eines Anschlusses an das Fernwärmenetz und wenn Erdsonden-Bohrungen nicht erlaubt oder im Verhältnis zu teuer sind, kommt für diese Bauten als erneuerbare Lösung manchmal nur die Luft-Wasser-Wärmepumpe in Frage.

Das notwendige Wissen zu Luft-Wasser-Wärmepumpen und den Hemmnissen für ihren Einsatz fehlt teilweise bzw. ist manchmal lückenhaft, wie sich im Rahmen eines Workshops mit Vertreter/innen der Stadt und der Energieversorgungsunternehmen zeigte. Mit Fallstudien soll deshalb geklärt werden, woran der Wechsel von fossil betriebenen Heizungen auf Luft-Wasser-Wärmepumpen im konkreten Fall scheitern kann.

1.2 Forschungsfragen

Es wurden folgende Fragestellungen untersucht:

- 1 Welche Grundlagen sind bisher zu den Einsatzvoraussetzungen für eine aus energie- und klimapolitischer Sicht sinnvoll zu betreibende¹⁵ Luft-Wasser-Wärmepumpe vorhanden? Wie sind diese Grundlagen aus Sicht der Praxis zu beurteilen?
- 2 Welche Anforderungen muss ein Bestandsgebäude (Gebäudehülle, Heizverteilung, Heizkörper, Optimierung Vorlauftemperatur etc.) erfüllen, damit Luft-Wasser-Wärmepumpen wie im Gesetz¹⁶ gefordert ohne elektrische Zusatzheizung funktionieren?

¹⁴ Lehmann M., Meyer M., Kaiser N., Ott W. 2017: Umstieg von fossilen auf erneuerbare Energieträger beim Heizungsersatz. Energieforschung Stadt Zürich, Bericht Nr. 37, Forschungsprojekt FP-2.8

¹⁵ Vorläufig wird «energie- und klimapolitisch sinnvoll» definiert wie im Dokument «Mindestanforderungen an die Effizienz von Luft-Wasser-Wärmepumpen» vom 2. November 2018 festgehalten.

¹⁶ §10 c im Energiegesetz (EnerG) 730.1 in Verbindung mit §45 a in der Besonderen Bauverordnung I (BBVI): «Ortsfeste elektrische Widerstandsheizungen zur Gebäudebeheizung dürfen nicht als Zusatzheizung eingesetzt werden. Notheizungen sind in begrenztem Umfang zulässig.» in Verbindung mit «Eine Heizung gilt als Zusatzheizung, wenn die Hauptheizung nicht den ganzen Leistungsbedarf decken kann. Bei Wärmepumpen dürfen ortsfeste elektrische Widerstandsheizungen als Notheizungen insbesondere bei Aussentemperaturen unter der Auslegetemperatur eingesetzt werden.

- 3 Welche Kennzahlen, Gebäudedaten und Systemalternativen müssen im Minimum erhoben/ermittelt werden, um beurteilen zu können, ob der Einsatz einer Luft-Wasser-Wärmepumpe energie- und klimapolitisch sinnvoll ist?
- 4 Bestätigen sich die Annahmen zu den minimalen Voraussetzungen im Monitoring der Fallstudien über ein bis zwei Betriebsjahre?
- 5 Welche Hemmnisse und Herausforderungen stellen sich Gebäudeeigentümerschaften, die beim Heizungsersatz eine Luft-Wasser-Wärmepumpe installieren möchten? Decken sich diese mit den Befürchtungen, die die befragten Eigentümerschaften in der Vorstudie hatten, wie Anpassungs- oder Umbauaufwand, Bewilligungsaufwand, Abklärungsaufwand, Mangel an kompetenter Beratung?
- 6 Mit welchen Massnahmen liessen sich die Hemmnisse und Herausforderungen reduzieren (Art der Massnahmen, allfällige Kostenfolgen, Auswirkungen auf die Konkurrenzfähigkeit des Systems)?
- 7 Inwiefern eignen sich die vom UGZ vorgeschlagenen Kennzahlen (im Dokument «Mindestanforderungen an die Effizienz von Luft-Wasser-Wärmepumpen» 2. November 2018), einen energie- und klimapolitisch sinnvollen Einsatz einer Luft-Wasser-Wärmepumpe beim Heizungsersatz im Kontext des konkret geplanten Gebäudetransformationsprozesses zu beschreiben?

Zusätzlich zum Synthesebericht wird ein Merkblatt zuhanden von Energieberatern/innen und Heizungsinstallateuren/innen erarbeitet, mit dessen Hilfe bei konkreten Bestandesbauten¹⁷ niederschwellig ermittelt werden kann, ob eine Luft-Wasser-Wärmepumpe aus energie- und klimapolitischer Sicht zu empfehlen ist. Dies als Ergänzung zur Klärung u. a. der wirtschaftlichen Aspekte aus Sicht der Eigentümerschaft.

1.3 Projektteam

Das Projektteam besteht aus der Arbeitsgemeinschaft folgender Partner/innen:

- *econcept* für die Projektleitung, das Konzept, die wissenschaftliche Begleitung der Fallstudien und die Berichterstattung
- *Andreas Edelmann*, edelmann energie, und *Markus Amrein*, Energie Zukunft Schweiz, zwei Architekten und Energie-Coachs der Stadt Zürich für die Begleitung der Fallstudien als Energieberatende
- *René Naef*, naef energietechnik, Heizungsplaner und ebenfalls Energie-Coach der Stadt Zürich für die Heizungsplanung und die Stichprobenmessung bei den Fallstudien
- *Mario Bleisch*, Amstein + Walthert, Akustikspezialist für die Beurteilung der Schallschutzfragen und den Lärmnachweis für die Fallstudien

¹⁷ kleinere Wohngebäude mit 1 bis circa 6 Wohneinheiten

1.4 Methodik

Die Methoden werden nachfolgend in der Reihenfolge des chronologischen Projektablaufs aufgelistet. Im Anschluss wird auf die Auswahl der Fallstudien, ihre Begleitung, die Befragungen, die Stichprobenmessungen und den Workshop vertieft eingegangen.

- **Literaturrecherche:** Die Experten/innen aus dem Projektteam sammeln und sichten die vorhandenen Dokumente und Studien und fassen die Erkenntnisse zusammen.
 - **Fallstudienauswahl:** Für die Fallstudien werden mindestens sechs Wohngebäude¹⁸ mit 1 bis 6 Wohneinheiten in der Stadt Zürich ausgewählt. Die Gebäude erfüllen unter anderem folgende Kriterien:
 - Die fossile Heizung muss in absehbarer Zeit ersetzt werden.
 - Entweder ist bisher keine Abklärung über die Eignung verschiedener nicht-fossiler Heizsysteme erfolgt oder es ist bereits klar, dass eine Luft-Wasser-Wärmepumpe für den Heizungsersatz geeignet wäre.
 - **Begleitung:** Die Bauherrschaften der Fallstudien werden durch die Coachs, den Heizungsplaner und den Lärmfachmann begleitet. Während der Begleitung werden die Erkenntnisse aus Gesprächen und Abklärungen in sogenannten Checklisten festgehalten.
 - **Befragung:** Die Bauherrschaften werden nach der Installation der Anlage telefonisch befragt.
 - **Zusatzbefragung:** Zur Ergänzung der begleiteten Fallstudien werden Bauherrschaften von ausgewählten Anlagen, die bereits in Betrieb sind, vor Ort besucht und vertieft zu Ihren Erfahrungen befragt.
 - **Fachdiskussion:** Die Experten/innen aus dem Projektteam diskutieren die Fragestellung vor dem Hintergrund der im Projekt gewonnenen Erkenntnisse.
 - **Stichprobenmessungen:** Die Anlage-Effizienz ab Installation und bis zum Abschluss der Messphase wird gemessen und beurteilt.
 - **Workshop:** Die Erkenntnisse aus den Fallstudien sollen für die Heizungsbranche und Energieberater/innen verständlich aufbereitet werden und von diesen als zielführend beurteilt werden. Dazu wird ein Validierungsworkshop mit Vertretern/innen der verschiedenen Stakeholdergruppen organisiert, an welchem die Vorschläge des Projektteams für das Merkblatt diskutiert werden.
 - **Synthese:** Die Erkenntnisse aus der Bearbeitung der Fallstudie werden in einem Synthesebericht zusammengefasst, reflektiert und um Handlungsvorschläge zuhanden der Stadt Zürich ergänzt.
-

1.4.1 Auswahl der Fallstudien

Das Projektziel gemäss Forschungsantrag war die Begleitung von mindestens sechs Fallstudienobjekten¹⁹. Die dazu notwendige Objektakquise erfolgte in erster Linie durch die beiden Energie-Coachs, welche dafür sowohl auf bereits betreute als auch auf neue Coaching-Objekte zurückgreifen konnten. Allen Objekten gemeinsam war, dass sich deren Besitzer/innen bzw. die Bauherrschaften im Verlauf des Entscheidungsprozesses an das Energie-Coaching der Stadt Zürich wandten.

Kriterien

Die Fallstudienobjekte sollten folgende Kriterien erfüllen:

- Wohngebäude in der Stadt Zürich mit 1 bis circa 6 Wohneinheiten
- Beheizt mit einer fossilen Heizung, die in absehbarer Zeit ersetzt werden muss
- Für das Objekt wurde noch nicht abgeklärt, welche nicht-fossilen Systeme als Alternativen in Frage kommen oder erste Abklärungen haben ergeben, dass eine Luft-Wasser-Wärmepumpe eine geeignete Option ist.

Nicht ausgeschlossen waren Objekte, bei denen allenfalls nach vertieften Abklärungen eine Luft-Wasser-Wärmepumpe aus energie- und klimapolitischer Sicht nicht empfohlen werden kann.

Zudem bestand die Möglichkeit, dass sich die Bauherrschaft im Verlauf der Begleitung gegen eine Luft-Wasser-Wärmepumpe entscheidet²⁰. Die Begleitung wurde in jedem Fall bis zum Systementscheid begleitet. Wurde jedoch keine Luft-Wasser-Wärmepumpe gewählt, entfiel die Begleitung der Installation, Inbetriebnahme und die Betriebsmessungen.

Informationsschreiben / Letter of Intent

Für die Fallstudienakquise wurde ein Informationsschreiben an die potenziellen Bauherrschaften erarbeitet. Das Schreiben findet sich im Anhang A-12. Dieses erläutert die Konditionen einer Teilnahme.

Die Bauherrschaften verpflichteten sich mit einem Letter of Intent (LOI) zur Teilnahme am Projekt. Die beiden LOI, einer für Teil 1 «Abklärungen zu geeigneten Heizsystemen» und einer für Teil 2 «Planung und Umsetzung» finden sich in den Anhängen A-13 und A-14.

Repräsentanz

Mit den ausgewählten Objekten sollten die konkreten Hemmnisse aus Sicht der Bauherrschaft ermittelt werden. Dazu musste eine nahe Begleitung und ein guter Austausch mit den Bauherrschaften möglich sein. Aufgrund dessen und aufgrund der geringen Anzahl von Objekten sind die Fallstudien nicht repräsentativ für alle Entscheidungsprozesse.

¹⁹ Schlussendlich wurden sieben Gebäude im Rahmen der Fallstudie untersucht.

²⁰ Was in mehreren Fällen auch passiert ist.

1.4.2 Begleitungen

Die Fallstudienbegleitung wurde von den beiden Energie-Coachs gestartet. Für die Begleitung konnten die Tools und Vorlagen des Energie-Coachings Stadt Zürich verwendet werden. In der Phase I der Begleitung erstellten die Coachs einen Heizsystemvergleich analog dem Coaching Heizungsersatz. Zur Vorbereitung der konkreten Heizungsprojektion installierten sie Datenlogger mit Messfühlern zur Ermittlung der Heizvorlauf- und Rücklauf-temperaturen. Die Bauherrschaften wurden instruiert, wie sie die Logger abzulesen und die Messpunkte festzuhalten hatten. Auf Basis der erhobenen Messpunkte konnte der Heizungsplaner die Heizkurve und die Vorlauftemperaturen bei bestimmten Aussentemperaturen ermitteln.

An dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass sowohl der Winter 2018/2019 als auch der Winter 2019/2020 ungewöhnlich mild waren. Der Winter 2019/2020 war sogar der mildeste Winter seit Messbeginn²¹. Tagsüber gab es kaum Minustemperaturen. Deshalb gab es in den Fallstudien kaum effektive Messpunkte bei kalten Temperaturen. Die Vorlauftemperaturen bei -8 C Aussentemperatur mussten auf Basis der anderen Messpunkte abgeschätzt werden.

In der Phase II unterstützte der Heizungsplaner die Entscheidungsfindung mit Detailabklärungen, Berechnungen zur Dimensionierung und konkreten Systemvorschlägen. Gleichzeitig beurteilte der Akustikexperte die vorgeschlagenen Modelle und möglichen Aufstellungsorte im Hinblick auf die Einhaltung der Schallschutzvorgaben. Bei den Fallstudien, die schliesslich eine Luft-Wasser-Wärmepumpe installierten, überprüfte der Heizungsplaner nach der Inbetriebnahme die Einstellungen und nahm die Messinstallationen in Betrieb. Ende 2020/Anfang 2021 las er die Messgeräte aus und überprüfte die Effizienz der Anlage, soweit dies auf Basis der kurzen Messdauer möglich war.

1.4.3 Befragungen

Fallstudien-Befragung nach Entscheid oder Installation

Nachdem der Entscheid für das neue Heizsystem gefallen war, führte econcept ein leitfadengestütztes Telefongespräch mit der Bauherrschaft. Bei den Bauherrschaften, die sich nicht für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe entschieden hatten, wurde das Gespräch möglichst kurz nach dem Systementscheid geführt. Bei den Bauherrschaften, die sich für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe entschieden hatten, fand das Gespräch nach der Inbetriebnahme statt.

Im Anhang A-10 «Fragebogen Befragung (Beispiel Sonden-Wärmepumpe)» findet sich ein Beispiel eines Gesprächsleitfadens.

Zusatzbefragung von Bauherrschaften ausserhalb der Fallstudien

Bereits in der Startphase des Projekts zeigte sich, dass eine vollständige Begleitung von den ersten Abklärungen bis ein Jahr nach Installation von sechs Fallstudien nicht möglich

²¹ https://www.meteoschweiz.admin.ch/content/dam/meteoswiss/de/Ungebundene-Seiten/Publikationen/Klimabulletin/doc/klimabulletin_winter_2019-2020_d.pdf (Stand: 30.3.2020)

sein würde. So haben sich mehrere Objekte verzögert, so dass auf die Messung verzichtet werden musste. Deshalb entschied das Projektteam, zusätzlich Anlagen einzubeziehen, die bereits in Betrieb sind. Darunter sollten auch Anlagen sein, bei denen trotz Möglichkeit zur Installation einer Luft-Wasser-Wärmepumpe eine fossile Lösung installiert wurde.

Diese Bauherrschaften wurden durch den Heizungsplaner und einen Coach besucht. Der Coach führte die mündliche Befragung anhand eines Gesprächsleitfadens durch. Der Heizungsplaner prüfte vor Ort die Einstellungen der Anlage und schlug bei Bedarf Optimierungen vor. Im Anhang A-11 «Fragebogen Zusatzbefragung (Beispiel Gasheizung)» findet sich ein Beispiel eines Gesprächsleitfadens.

1.4.4 Stichprobenmessungen

Ursprünglich war für die Fallstudien ein Monitoring über mindestens ein Jahr vorgesehen. Der Abschluss der Messungen sollte jedoch spätestens im Dezember 2020 erfolgen. Im Verlauf der Begleitung zeigte sich, dass die erste Luft-Wasser-Wärmepumpe erst im März 2020 in Betrieb ging. Damit verkürzte sich die Messperiode innerhalb einer Heizsaison auf wenige Monate. Die Erkenntnisse daraus werden in Kapitel 4.3 «Stichprobenmessungen» beschrieben.

1.4.5 Workshop

Mit dem Workshop haben wir die Erfahrungen aus der Praxis zum Thema Luft-Wasser-Wärmepumpen abgeholt sowie den Inhalt des Merkblatts mit den Stakeholdern diskutiert und verbessert. Am Workshop teilgenommen haben:

Name	Firma	Funktion	Expertise
Simon Gottschalk	Reich + Nievergelt AG	Geschäftsleitung Projektleiter	Elektronik Technik Wärmepumpen
Christian Meyer	Meyer & Meyer	Geschäftsführer	Erfahrungen mit Problemstellung Schallemissionen, Bewilligungsverfahren Wärmepumpen
Roger Kränzlin	Koster AG	Geschäftsleiter	Planung, Installation, Sanierung Wärmepumpen
Lukas Gasser	Alera energies AG	Geschäftsführung	Forschung und Entwicklung von Wärmepumpen und Kälteanlagen, Planung von Systemen
Simon Galliard	Hoval AG	Produktmanager Wärmepumpen	Luft-Wasser-Wärmepumpe
Thomas Feyer	AfB Helpline Bausachen	Berater	Beratung bei Schwierigkeiten Bauentscheide und Auflagen Wärmepumpen
Mario Bleisch	Amstein + Walthert AG	Leiter Bauphysik und Akustik	Lärm/ Lärmschutznachweis
Markus Amrein	Energie Zukunft Schweiz	Teamleiter Energie-Beratung am Bau	Energiecoaching Stadt Zürich
René Naef	naef energie	Geschäftsführer	Planung Haustechnik, mehr Erfahrung mit Erdsonden-Wärmepumpen aber auch Luft-Wasser-Wärmepumpen
Dorothee Dettbarn	Stadt Zürich UGZ	Projektleiterin 2000-Watt-Gesellschaft	EFZ-Patin des Projekts

Name	Firma	Funktion	Expertise
Vanessa Bibic	econcept AG	Studentische Mitarbeiterin	
Alexander Umbricht	econcept AG	Projektleiter Energie und Klima	
Benjamin Buser	econcept AG	Partner, Mitglied der Geschäftsleitung	

Tabelle 3: Teilnehmende Workshop.

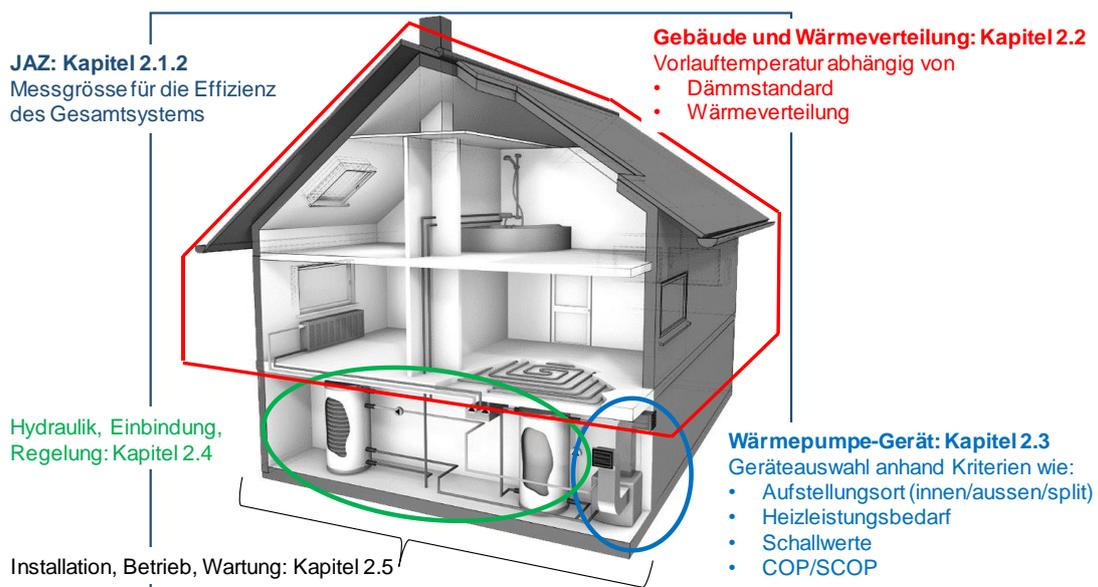
2 Anforderungen zum Einsatz von Luft-Wasser-Wärmepumpen

2.1 Einleitung

Damit eine Luft-Wasser-Wärmepumpe energieeffizient betrieben werden kann, sind vier Themenblöcke zu berücksichtigen:

1. Gebäude und Wärmeverteilung
2. Wärmepumpe: Geräteauswahl
3. Hydraulik / Einbindung Warmwasser / Regelung
4. Installation, Inbetriebnahme und Wartung

Den vier Themen wird anschliessend je ein Kapitel gewidmet. Die nachfolgende Illustration verortet die vier Themenblöcke und die für die Effizienz relevante JAZ (Jahresarbeitszahl) und verweist auf die relevanten Kapitel.



econcept, geändert vom Bundesverband der deutschen Heizungsindustrie

Abbildung 3: Gebäude mit Wärmepumpe, Übersicht zu den wichtigsten Begriffen und den jeweiligen Kapiteln; eigene Darstellung, Quelle Originalbild: Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie, <https://www.freie-waerme.de/moderne-heiztechnik/waermepumpen/> (Stand 25.2.2020)

In den Kapiteln 2.2 bis 2.5 werden jeweils ein Themenblock und die ihn betreffenden Herausforderungen vorgestellt. Anschliessend wird auf Hilfsmittel im Zusammenhang mit diesen Themen hingewiesen und es erfolgt eine kurze Einordnung der Hilfsmittel vor dem Hintergrund des Knowhows und der Erfahrungen aus dem Projektteam.

2.1.1 Begriffsdefinitionen: COP, SCOP, EER und SEER

Die Effizienz von Wärmepumpen und Wärmepumpen-Anlagen wird je nach Fragestellung mit folgenden Werten beschrieben: COP, SCOP für die Heizleistung, EER, SEER für die Kühlleistung und JAZ für die Gesamteffizienz. Nachfolgend werden die ersten vier Begriffe erläutert. Im nachfolgenden Kapitel wird auf die JAZ (Jahresarbeitszahl) eingegangen.

COP (Coefficient of Performance)

Diese Kennzahl bezeichnet das Verhältnis von nutzbarer Wärme- bzw. Kälteleistung zur eingesetzten elektrischen Leistung. Ein COP von 4.0 bedeutet, dass aus 1.0kW elektrischer Leistung 4.0 kW Heizleistung entstehen. Der COP variiert je nach Betriebspunkt bzw. Temperatur der Energiequelle und Vorlauftemperatur der Heizung. Bei Luft-Wasser-Wärmepumpen ist normalerweise standartmässig der COP für den Betrieb bei 2 °C Aussen-temperatur und 35 °C Vorlauftemperatur angegeben.

Die Angabe zum COP einer Wärmepumpe findet sich im zugehörigen Datenblatt. Der COP wird durch Prüfinstitute²² auf einem Messstand gemäss spezifizierten Testnormen ermittelt.

SCOP (Seasonal Coefficient of Performance)

Mit dieser neueren Kennzahl wird die Tatsache berücksichtigt, dass Wärmepumpen meistens im Teillastbetrieb laufen. Die Leistungsmessung erfolgt neu an vier Messpunkten der Aussentemperatur: bei 12 °C, 7 °C, 2 °C und -7 °C. Die Messpunkte werden unterschiedlich gewichtet. Die für die Schweiz relevante Gewichtung orientiert sich am Klima von Strassburg²³.

Die Angabe zum SCOP einer Wärmepumpe findet sich im jeweiligen Datenblatt. Der SCOP wird durch Prüfinstitute auf einem Messstand gemäss der Testnorm DIN EN 14825 gemessen.

EER (Energy Efficiency Ratio / Kälteleistungszahl)

Die EER beschreibt die Effizienz der Kälteleistung. Es handelt sich um das Verhältnis der erbrachten Kälteleistung zur eingesetzten elektrischen Leistung – in Abhängigkeit zu einer bestimmten Quelltemperatur und Vorlauftemperatur. Sie ist das Pendant zum COP für den Kühlfall.²⁴

SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio)

Analog zum SCOP wird mit dieser Leistungszahl berücksichtigt, dass Quelltemperatur und Vorlauftemperatur auch für den Kühlfall saisonal schwanken und die Wärmepumpe oft nur im Teillastbetrieb kühlt. Der SEER-Wert einer Wärmepumpe ist ein saisonal gemittelter Wert, der aus den gemessenen EER-Werten für Aussentemperaturen von 20 °C, 25 °C, 30 °C und 35 °C berechnet wird.

²² z. B. das Wärmepumpen-Testzentrum Buchs

²³ Die Strassburger Klimadaten bilden die Grundlage für die relevante Norm

²⁴ für EER und SEER: https://www.energie-lexikon.info/energy_efficiency_ratio.html (Stand 20.2.2020)

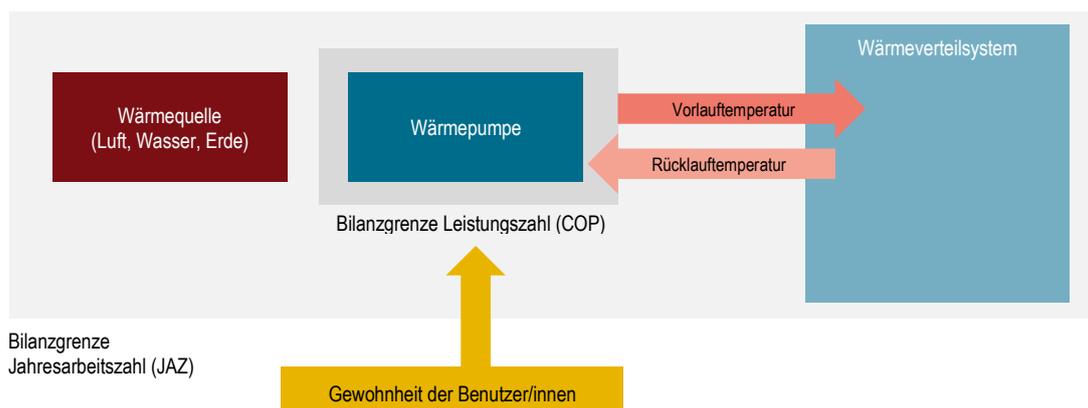
2.1.2 Ausführungen zur Jahresarbeitszahl JAZ

Die Jahresarbeitszahl (JAZ) ist definiert als das Verhältnis von jährlich erzeugter Wärmemenge zum dazu notwendigen Stromeinsatz. Sie ist die wichtigste Kennzahl für die Effizienz von Wärmepumpen-Systemen.

Systemgrenzen

Für die Berechnung der JAZ werden unterschiedliche Systemgrenzen verwendet. Diese definieren, welche Komponenten einer Anlage für die Berechnung berücksichtigt werden. Die unterschiedlichen Systemgrenzen werden z. B. in der FAWA-Studie (Erb et al. 2004) beschrieben. Daher ist bei Angaben zur JAZ immer zu definieren, welche Komponenten in die Berechnungen einbezogen werden.

Die nachfolgende Abbildung 4 zeigt den Unterschied zwischen Coefficient of Performance COP und JAZ. Der COP fokussiert auf die Wärmepumpe an sich. Die JAZ umfasst auch Interaktion von Verteilsystem und Wärmepumpe. Dieses Zusammenspiel wird beispielsweise beeinflusst durch die Einstellung der Heizkurve²⁵, durch die Benutzer/innen oder dadurch, wie stark die Bewohner/innen die Thermostatventile an den Heizkörpern aufdrehen.



econcept, nach einer Grafik von Dimplex²⁶

Abbildung 4: Vereinfachte Darstellung, um den Unterschied zwischen COP (SCOP) und JAZ zu veranschaulichen.

Wenn in der vorliegenden Studie von JAZ die Rede ist, dann bezieht sich diese auf das Gesamtsystem.

Tools

In der Schweiz wird die JAZ oft mit dem kostenlos zugänglichen Exceltool «WPesti» berechnet. Die JAZ bildet sich dabei aus dem Zusammenspiel des jeweiligen Gebäudes, der gewählten Wärmepumpe und der gewählten Hydraulik. Sie muss somit für jedes Gebäude individuell berechnet werden. Dies setzt auch Informationen über die Gebäudehülle vo-

²⁵ Zur Heizkurve vgl. Kapitel 2.2.1 «Vorlauftemperatur»

²⁶ <http://www.dimplex.de/online-planer/jahresarbeitszahlrechner/Rechner.php?s=4152374387f371f94a3edade8ec258e4>
(Stand 24.11.2019)

raus. Bei einem bestehenden Gebäude mit Wärmepumpe kann – alternativ zu einer theoretischen Berechnung – die JAZ über den effektiven Strom- und Wärmeverbrauch berechnet werden.

Oft wird bei den Reglern der Wärmepumpen eine als JAZ bezeichnete Kennzahl angegeben, z. B. bei den Wärmepumpen von Viessman und Kermi. Diese JAZ ist oft eine aus Messwerten des Verdampfers und des Stromverbrauchs berechnete Zahl. Sie lässt sich nicht direkt mit der JAZ wie oben beschrieben vergleichen. Denn Peripheriegeräte wie beispielsweise Pumpen und Ventilatoren sind nicht eingerechnet. Die angegebene Zahl bezieht sich nur auf den Wärmepumpen-Prozess.

Vorgängige JAZ-Berechnung beim Altbau schwierig

Es gibt Ansätze, eine bestimmte JAZ für den Bezug von Fördergeldern zu verlangen. Basel-Stadt definiert Minimalanforderungen an die zu erreichende JAZ. Gemäss der Energieverordnung Basel-Stadt wird für die Erteilung einer Baubewilligung von Luft-Wasser-Wärmepumpen mit einer Leistung über 15 kW ein Planungswert der JAZ von 2.6 verlangt. Der Nachweis der JAZ wird über das «WPesti» geführt. Dazu muss die Vorlauftemperatur bekannt sein oder abgeschätzt werden. Dies setzt jedoch eine nachvollziehbare Berechnung des Heizwärmebedarfs voraus.

Die vorgängige Berechnung der JAZ für das Erhalten von Fördergeldern beim Heizungsersatz erachten wir aus den nachfolgenden Gründen nicht als zielführend:

- Für einen Altbau sind die Input-Parameter für die JAZ-Berechnung oft nicht bekannt, insbesondere wenn neben dem Heizungsersatz keine weiteren baulichen Massnahmen umgesetzt werden.
- Meistens liegt kein Systemnachweis nach SIA 380/1 vor und die benötigten Vorlauftemperaturen sind nicht bekannt bzw. werden nur annäherungsweise abgeschätzt.

Wird das Einhalten einer bestimmten, vorgängig zu berechnenden JAZ gefordert, bedeutet das einerseits einen zusätzlichen Berechnungsaufwand und damit Kosten für die Bauherrschaft. Andererseits ist es einfach, die JAZ «schön zu rechnen», ohne dass die zu optimistisch getroffenen Annahmen für die Bewilligungs- oder Förderbehörde mit vertretbarem Aufwand erkennbar sind.

2.1.3 Beurteilung der Effizienz einer Wärmepumpen-Anlage

Generell lässt sich sagen, dass Wärmepumpen für die Wärmeerzeugung effizienter arbeiten, je tiefer die benötigten Vorlauftemperaturen sind. Je effizienter eine Anlage läuft, desto höher ist die ermittelte JAZ.

Zur Beantwortung der Frage, ob eine Wärmepumpe bei einer bestimmten Vorlauftemperatur noch effizient läuft, muss zuerst definiert werden, was mit effizient im konkreten Fall gemeint ist. Das Projektteam stützt sich dabei auf die Definition im stadtinternen Dokument «Mindestanforderungen an die Effizienz von Luft-Wasser-Wärmepumpen» vom 2. November 2018, erarbeitet durch den Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (UGZ). Dort wird formuliert:

«Wenn keine energie- und klimapolitisch besseren Alternativen durch andere erneuerbare Systeme bestehen, gilt der Grundsatz, dass eine Luft-Wasser-Wärmepumpe betreffend Treibhausgasemissionen und Primärenergieverbrauch (PE) besser sein muss als eine mit Gas oder Öl betriebene Heizung.»

Exkurs

Unter dem Eindruck des IPCC-Spezialberichts von 2018 (IPCC 2018), den Klimademonstrationen und der daraus folgenden öffentlichen Diskussion hat der Bundesrat am 28. August 2019 bekanntgegeben, dass er das bisherige nationale Klimaziel verschärft: Die Schweiz soll bis 2050 nicht mehr Treibhausgase ausstossen, als natürliche und technische Speicher aufnehmen können. Dies bedeutet Netto-Null Emissionen bis zum Jahr 2050²⁷. Der Bundesrat schlägt vor, dieses Ziel in der Verfassung zu verankern.

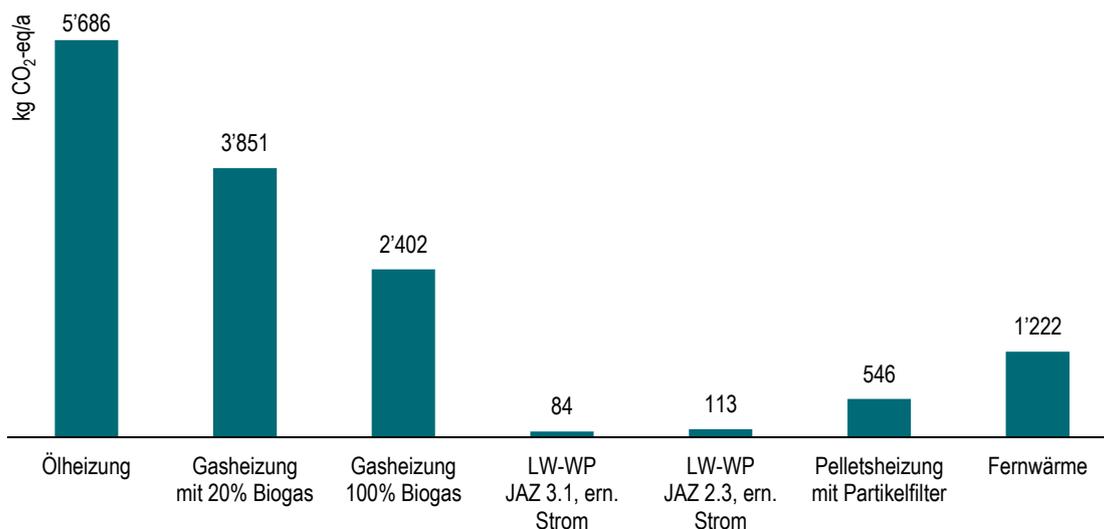
Dies führt möglicherweise in der Stadt Zürich dazu, dass sich der Fokus der Zielsetzungen in Bezug auf den Einsatz von Luft-Wasser-Wärmepumpe verstärkt auf die Reduktion der Treibhausgasemissionen verschiebt und der Primärenergiebedarf weniger relevant wird.

Höhere Effizienz bezüglich Treibhausgasen und Primärenergie

Mit der Verwendung von erneuerbarem Strom aus dem Netz, ist eine Luft-Wasser-Wärmepumpe in jedem Fall effizienter als fossile Heizungen bezüglich des Primärenergieverbrauchs und der Treibhausgas-Emissionen. Zwar reduzieren hohe Vorlauftemperaturen die Effizienz einer Wärmepumpen-Anlage, jedoch schneidet sie nicht nur bei tiefen Vorlauftemperaturen sondern selbst unter diesen Bedingungen gegenüber fossilen Alternativen energie- und klimapolitisch besser ab.

Die nachfolgende Abbildung illustriert die jährlichen Treibhausgasemissionen verschiedener Heizsysteme für ein Einfamilienhaus.

²⁷ <https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-76206.html> (Stand 14.10.2019).



econcept, Berechnungen naef energietechnik

Abbildung 5: Treibhausgas-Emissionen für ein EFH mit Jahresbedarf von 17'000 kWh für Heizung und Warmwasser; eigene Berechnungen, Datengrundlage: KBOB / eco-bau / IPB 2009/1:2016²⁸

Zu erwähnen sind noch die Leistungsspitzen: An kalten Tagen sind die Vorlauftemperaturen am höchsten und somit sinkt die Effizienz. Entsprechend beziehen die Wärmepumpen unter diesen Bedingungen am meisten Leistung aus dem Stromnetz. Dies kann es notwendig machen, das Stromnetz für mehr Leistung auszubauen.

2.2 Gebäude und Wärmeverteilung

2.2.1 Vorlauftemperatur

Gebäudeseitig stellt sich insbesondere die Frage nach den notwendigen Vorlauftemperaturen der Heizung, um die Räume auf das gewünschte Temperaturniveau zu erwärmen. Dieses beträgt in der Regel circa 21 °C (Auslegung nach SIA 384.201, bzw. alte Norm von 1982 SIA 384/2). Die neuste Generation der Wärmepumpen-Geräte erreicht Vorlauftemperaturen bis 70 °C (mit Kältemittel R290, Propan). Bisherige Standardanlagen erreichten 55 °C.

Die benötigte Vorlauftemperatur wird auch durch die Art der installierten Wärmeverteilung und deren Auslegung beeinflusst. Radiatoren erfordern für die gleiche Wärmeabgabewirkung eine höhere Vorlauftemperatur als Flächenheizungen wie Fussboden- oder Deckenheizungen.

Bei der Planung eines Heizungsersatzes sollte generell geprüft werden, inwiefern die Vorlauftemperaturen gesenkt werden können. Bei allen Heizsystemen kann mit einer Reduktion der Vorlauftemperatur Energie gespart werden.

²⁸ Var. Ölheizung: 100 % Heizöl EL, Wirkungsgrad = 0.90
 Var. Gasheizung: 80 % Erdgas und 20 % Biogas, Wirkungsgrad = 0.92
 Var. Gasheizung mit 100 % Biogas: Wirkungsgrad = 0.92
 Var. Luft-Wasser-Wärmepumpe: mit Stromprodukt 45.022 gemäss KBOB-Liste gerechnet, JAZ = 3.1
 Var. Pellets: 100 % Pelletheizung mit Partikelfilter (ohne Solaranteil), Wirkungsgrad = 0.85
 Var. Fernwärme: 64 % Kehrriechverbrennung, 12 % Heizkraftwerk Holz, 20 % Heizzentrale Gas, 4 % Wärmepumpe, Wirkungsgrad = 0.99

Heizkurve

Die Vorlauftemperatur wird, abhängig von der Aussentemperatur, durch die Heizkurve festgelegt. Die Heizkurve sollte so ausgelegt sein, dass alle Räume genügend warm werden. In der Praxis sind die Heizkurven oft zu hoch eingestellt, d. h. die Vorlauftemperaturen sind höher als nötig. Dadurch verliert das Heizsystem an Effizienz und es wird unnötig Energie verbraucht. Die Gründe für zu hoch eingestellte Heizkurven sind vielfältig, beispielsweise:

- Installateure/innen und Hauswarte/innen wollen das Risiko von Klagen von Bewohnern/innen über zu kalte Räume minimieren oder
- die Heizkurve wurde nicht angepasst, nachdem Dämmmaßnahmen am Gebäude stattgefunden hatten.

Die Heizkurve ist dann richtig eingestellt, wenn an kalten Tagen im exponiertesten Raum die Sollwärme von circa 21 °C durch maximales Öffnen der Thermostate erreicht wird. Erst mit einer optimal eingestellten Heizkurve kann ermittelt werden, welche Vorlauftemperaturen ein Gebäude wirklich benötigt.

In der Praxis wird das Potenzial zur Senkung der Vorlauftemperatur vor einem Heizungsersatz oft nicht ausgelotet. Stattdessen werden Heizsysteme und Heizleistungen installiert, die den Bedarf auf jeden Fall decken.

Je nach benötigter Vorlauftemperatur ist der Einsatz einer Luft-Wasser-Wärmepumpe unterschiedlich empfehlenswert (Abbildung 6):

Vorlauftemperatur bis 55 °C

Luft-Wasser-Wärmepumpen können bei Vorlauftemperatur von bis zu 55 °C bei -8 °C Aussentemperatur problemlos eingesetzt werden.

Vorlauftemperatur zwischen 55 °C und 65 °C

Bei benötigten Vorlauftemperaturen von über 55 °C sollten mit zusätzlichen Massnahmen oder der Optimierung der Einstellungen die Vorlauftemperaturen möglichst auf 55 °C gesenkt werden.

Falls die Vorlauftemperaturen nicht unter 55 °C gesenkt werden können, aber weniger als 65 °C notwendig sind, sollte die Umsetzbarkeit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe dennoch geprüft werden.

Vorlauftemperatur über 65 °C

Bei Vorlauftemperaturen über 65 °C kommen Luft-Wasser-Wärmepumpen meist nur noch als ergänzendes Heizsystem zum Einsatz.

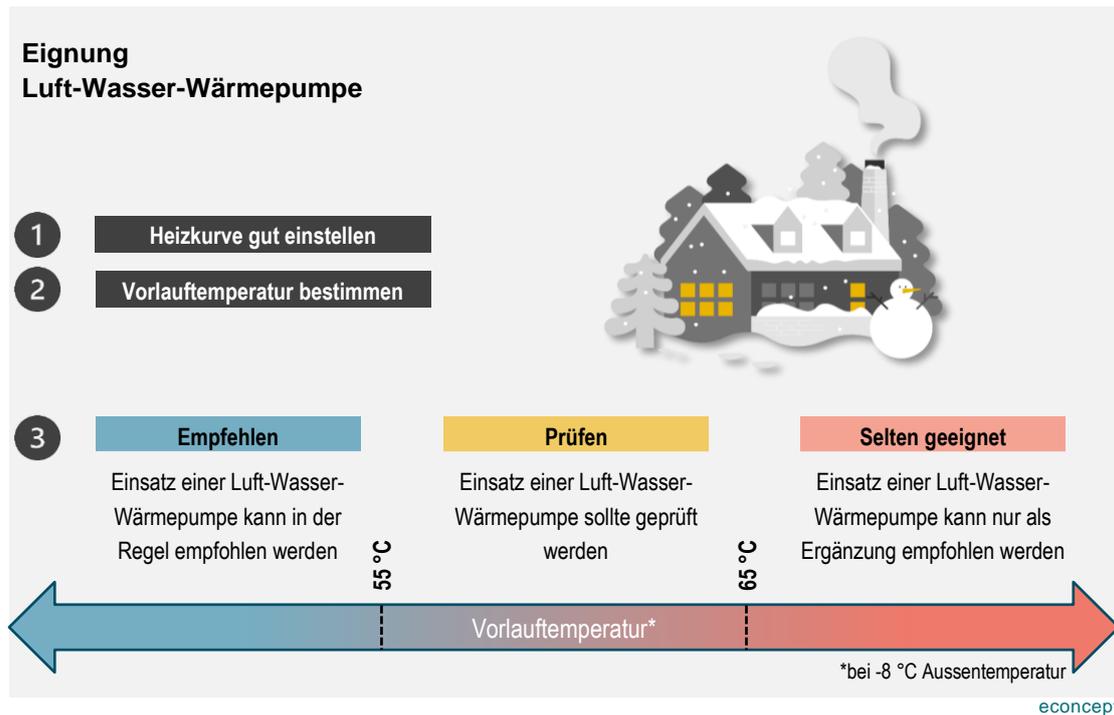


Abbildung 6: Schema zum Überprüfen der Eignung einer Luft-Wasser-Wärmepumpe anhand der Vorlauftemperatur.

Exkurs

Um eine Wärmepumpe für einen Heizungsersatz ohne Sanierung der Gebäudehülle richtig auslegen zu können, sollte die Vorlauftemperaturen an kalten Wintertagen vom Fachplaner oder von der Bauherrschaft gemessen werden. Und wenn die Vorlauftemperatur hoch ist, weil sonst beispielsweise ein einziger Eckraum nicht genügend warm wird, bieten sich zwei alternative Massnahmen an: Die gezielte Dämmung des Eckraums und die Vergrösserung der Wärmeabgabefläche im Eckraum.

2.2.2 Heizleistung

Bei einem Heizungsersatz ohne Sanierungsmassnahmen an der Gebäudehülle wird in der Regel keine raumweise Normheizlast nach SIA 384.201 berechnet. Oft fehlen dazu die nötigen Grundlagen wie beispielsweise Unterlagen zu den Bauteilen und der Aufwand für die Berechnung wird zu gross.

Die Ermittlung der benötigten Heizleistung im Bestand geschieht daher üblicherweise über den bisherigen Energieverbrauch und es werden Annahmen getroffen zu Volllastbetriebsstunden sowie dem Wirkungsgrad der alten Heizung. Entsprechend ist die Berechnung ungenau. In Standardfällen werden Volllastbetriebsstunden zwischen 2'000 h und 2'300 h²⁹ pro Jahr eingesetzt.

Ist die Zahl der angenommenen Volllaststunden tiefer als die effektiven Volllaststunden, resultiert eine etwas höhere Heizleistung als effektiv notwendig wäre. Bei modulierenden

²⁹ 2'000 h für gut gedämmte Gebäude mit hohem Glasanteil, 2'300 h für Gebäude mit kaum gedämmter Fassade.

Wärmepumpen, die auf allen Leistungsstufen effizient arbeiten, ist jedoch eine etwas zu gross gewählte Heizleistung kein Nachteil bezüglich Effizienz.

2.2.3 Schall

Innenlärm

Damit die Installation einer Luft-Wasser-Wärmepumpe die gesetzlichen Schallschutzanforderungen an den Innenlärm einhält (Lärmausbreitung im Innern des Gebäudes), ist sicherzustellen, dass der Gesamtwert für Geräusche haustechnischer Anlagen $L_{H,tot}$ folgende Anforderungen nach der Norm SIA 181 (Ausgabe 2020) einhält:

Lärmempfindlichkeit Raum	Mietwohnung / Nachbarnutzung	Eigentumswohnung / Nachbargebäude bei DEFH oder REFH
gering ³⁰ Nasszelle, Korridor, Kleinküche (< 10 m ²), Restaurant, Verkaufsräum, Warteraum, etc.	$L_{H,tot} \leq 33 \text{ dB(A)}$ ³¹	$L_{H,tot} \leq 29 \text{ dB(A)}$
mittel Wohn-, Schlafzimmer, Studio, Wohnküche, Schulzimmer, Büroräum, Hotelzimmer, etc.	$L_{H,tot} \leq 28 \text{ dB(A)}$	$L_{H,tot} \leq 25 \text{ dB(A)}$

Tabelle 4: Zulässiger Gesamtwert für Geräusche haustechnischer Anlagen $L_{H,tot}$ in angrenzenden lärmempfindlichen Räumen.

In den eigenen Räumen eines Einfamilienhauses, eines Doppel­einfamilienhauses und eines Reiheneinfamilienhauses gibt es für die Geräusche der eigenen Luft-Wasser-Wärmepumpe, die sich im Innern des Gebäudes übertragen, keine gesetzlichen Anforderungen.

Aussenlärm

Damit die Installation einer Luft-Wasser-Wärmepumpe die gesetzlichen Anforderungen an den Lärmschutz erfüllt (Lärmausbreitung im Freien), sind beispielsweise in der Stadt Zürich in der Empfindlichkeitsstufe II folgende Mindestabstände der Wärmepumpe (Schallquelle) zum kritischen Fenster/Raum (Empfänger) einzuhalten (unter Berücksichtigung des Vorsorgezuschlages³² von 3 dB):

³⁰ Räume der Kategorie «gering» (z. B. Nasszellen, Kleinküche) weisen eine geringere Lärmempfindlichkeit auf als übliche Wohnräume (z. B. Schlafzimmer, Wohnzimmer). Im Vergleich sind deshalb 5 dB höhere Schalldruckpegel zulässig.

³¹ dB = Dezibel = Einheit für den Schall(druck)pegel, dB(A) ist die übliche Einheit und berücksichtigt die unterschiedliche Empfindlichkeit des menschlichen Ohrs je nach Tonhöhe.

³² Gemäss dem Umweltschutzgesetz Art. 11 Abs. 2, resp. der Lärmschutzverordnung Art. 7 Abs. 1 lit. a sind die «[Lärm]Emissionen im Sinne der Vorsorge so weit zu begrenzen, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist.». Stadt und Kanton Zürich sehen bei Wärmepumpen dieses «Vorsorgeprinzip» als erfüllt an, wenn die geltenden Grenzwerte um 3 dB unterschritten werden. Dieser «Vorsorgezuschlag» von 3 dB ist in den entsprechenden Formularen für den Lärmschutznachweis (LN-1a und LN-1b) implementiert.

Heizleistung	Mindestabstand bei max. zulässigem Schalleistungspegel	Mindestabstand bei leisen Geräten der jeweiligen Kategorie
Innenanlagen		
≤ 10 kW	L _{WA} ≤ 59 dB(A) 11 bis 22 m	L _{WA} ≤ 49 dB(A) 3.5 bis 7 m
10 bis 15 kW	L _{WA} ≤ 59 dB(A) 11 bis 22 m	L _{WA} ≤ 50 dB(A) 4 bis 8 m
15 bis 20 kW	L _{WA} ≤ 60 dB(A) 12.5 bis 25 m	L _{WA} ≤ 58 dB(A) 10 bis 20 m
> 20 kW	L _{WA} ≤ 66 dB(A) 25 –50 m	L _{WA} ≤ 61 dB(A) 14 bis 28 m
Aussenanlagen / Splitgeräte		
≤ 10 kW	L _{WA} ≤ 59 dB(A) 11 bis 22.5 m	L _{WA} ≤ 52 dB(A) 5 bis 10 m
10 bis 15 kW	L _{WA} ≤ 61 dB(A) 14 bis 28 m	L _{WA} ≤ 54 dB(A) 6.5 bis 12.5 m
15 bis 20 kW	L _{WA} ≤ 63 dB(A) 18 bis 35.5 m	L _{WA} ≤ 54 dB(A) 6.5 bis 12.5 m
> 20 kW	L _{WA} ≤ 66 dB(A) 25 bis 50 m	L _{WA} ≤ 58 dB(A) 10 bis 20 m

Tabelle 5: Mindestabstände der Wärmepumpe zum kritischen Fenster / Raum; eigene Abstandsberechnungen anhand von Herstellerangaben.

Es ist zu berücksichtigen, dass die Mindestabstände auch für kritische Räume³³ des 'eigenen' Gebäudes gelten, für das die Wärmepumpe installiert wird. Erlaubt es die bauliche Situation nicht, die Mindestabstände je nach Empfindlichkeitsstufe einzuhalten, dann ist mit einem/r Akustik-Experten/in abzuklären, inwiefern Massnahmen zur Schallreduktion getroffen werden können und müssen. Im städtischen Kontext sind Lärmschutzmassnahmen, die nicht direkt an den Lärmemissionen der Wärmepumpe ansetzen, häufig schwierig umzusetzen oder eingeschränkt in ihrer Wirkung.

In Innenräumen können Schallschutzmassnahmen einfacher als bei Aussenanlagen ergriffen werden. Aber aufgrund der Platzverhältnisse und der hohen Luftvolumenströme (Druckverlust) sind erfahrungsgemäss insbesondere im Bestand häufig auch bei Innenanlagen knifflige Herausforderungen zu bewältigen.

2.2.4 Unterlagen, Hilfsmittel und Empfehlungen zu Gebäude und Wärmeverteilung

Vorhandene Hilfsmittel

Die Studie «Stadtverträgliche Luft-Wasser-Wärmepumpen als Hauptwärmeerzeuger» von 2014 (FHNW 2014) formuliert Einsatzgrenzen für Anlagen, die eine hohe Effizienz erreichen sollen, quasi «best practice»-Vorgaben. Sie empfiehlt für Luft-Wasser-Wärmepumpen als monovalente Wärmeerzeuger folgende Eckwerte:

³³ Folgende Fenster müssen betrachtet werden: Bei den Nachbargebäuden handelt es sich um alle Fenster der lärmempfindlichen Räume wie Wohn- und Schlafzimmer, Büros etc. Küchen, Nasszellen, Erschliessungsbereiche müssen nicht berücksichtigt werden. Beim «eigenen» Gebäude wird das «Lüftungsfenster» der lärmempfindlichen Räume angeschaut. Als «Lüftungsfenster» gilt das am wenigsten lärmbelastete Fenster eines lärmempfindlichen Raumes, z. B. das ruhigere Fenster eines Eckzimmers. Das Lüftungsfenster darf nicht durch andere Lärmarten über den Grenzwerten belastet sein.

- Gebäude mit maximal 1'200 m² Energiebezugsfläche
- Die Normheizlast beträgt weniger als 75 W/m².
Dies bedeutet, dass an der Gebäudehülle zumindest Erneuerungsmassnahmen geringerer Eingriffstiefe (wie Fensterersatz, Dämmung der Kellerdecke / Estrichboden) vorgenommen wurden.
- Die Vorlauftemperaturen betragen bei Flächenheizungen maximal 35 °C, bei Radiatoren maximal 50 °C.
Die Studie formuliert für Sanierungen eine abgeschwächte Anforderung für die Vorlauftemperatur: die Vorlauftemperatur soll höchstens 50 °C betragen – unabhängig von der Art der Wärmeverteilung.

Es ergibt sich somit eine maximale Heizleistung von 90 kW³⁴, die gemäss diesen Vorgaben durch Luft-Wasser-Wärmepumpen abgedeckt werden kann.

Die Empfehlung «Kriterien für eine stadtverträgliche Luft-Wasser-Wärmepumpe» Stand März 2015³⁵ der Organisation Kommunale Infrastruktur (OKI) hat die obigen Anforderungen bezüglich Normheizlast und Vorlauftemperaturen übernommen. Allerdings wird nicht zwischen Neubau und Sanierung unterschieden, sondern es gelten 35 °C Vorlauftemperatur für Flächenheizungen und 50 °C bei Radiatoren.

Das «Energie-Coaching Faktenblatt: Luft-Wasser-Wärmepumpen in der Stadt» (Stadt Zürich 2017) nimmt die Eckwerte aus der obigen Empfehlung auf.

Beurteilung der Hilfsmittel

Grundsätzlich ist zu sagen, dass die oben genannten Hilfsmittel jeweils Empfehlungen dazu machen, wie die Anlage im Idealfall auszulegen ist. Sie bieten kaum Anhaltspunkte für weniger ideale Fälle, in welchen das noch Mögliche und Sinnvolle auszuloten ist.

Aus unserer Sicht ist es sinnvoll, den Fokus gebäudeseitig auf die Vorlauftemperatur zu legen und Massnahmen zu fördern, die eine Senkung der Vorlauftemperatur bewirken. Ist die benötigte Vorlauftemperatur nicht bekannt, kann die Vorlauftemperatur in der nächsten Heizperiode abgelesen werden, sofern der Heizungsersatz nicht sofort erfolgen muss (vgl. auch Kapitel 2.2.1 «Vorlauftemperatur»).

Die in der Studie von 2014 (FHNW 2014) formulierte maximale Vorlauftemperatur wurde nicht aus technischer Sicht gewählt, sondern basierte auf der gesetzlichen Grundlage der MuKE n 2008 (Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich 2008). Diese verlangten, dass neue oder ersetzte Wärmeabgabesysteme eine Vorlauftemperatur von maximal 35 °C für Fussbodenheizungen und maximal 50 °C für Radiatoren bedienen dürfen³⁶.

In der Praxis ist es aus unserer Sicht nicht sinnvoll, für bestehende Gebäude höchstens 35 °C mit Flächenheizungen und 50 °C mit Radiatoren zu fordern. Technisch macht es für

³⁴ Energiebezugsfläche x Normheizlast = Heizleistung: 1200m² x 75W/m² = 90 kW

³⁵ Kommunale Infrastruktur und Stadt Zürich UGZ (Hrsg.) (2015): Kriterien für eine stadtverträgliche Luft Wasser Wärmepumpe, 20.3.2015

³⁶ Gemäss Auskunft von Dorothée Dettbarn, UGZ, werde durch die Bewilligungsbehörde in der Stadt Zürich grundsätzlich die Einhaltung dieser Vorgaben verlangt. Es erfolge jedoch eine Einzelfallprüfung, die Abweichungen zulässt.

die Wärmepumpe keinen Unterschied, ob sie 45 °C warmes Heizwasser für eine Radiatoren- oder Flächenheizung bereitstellt. Bei Altbauten liegen die Vorlauftemperaturen der Fussbodenheizung oft bei rund 45 °C. Damit würden sie oberhalb der Grenze liegen, welche die Empfehlung der OKI postuliert.

Des Weiteren stellt sich die Frage, ob für Luft-Wasser-Wärmepumpen auch Vorlauftemperaturen höher als 50 °C in Frage kommen – dies vor dem Hintergrund der Fortschritte, welche die Wärmepumpentechnologie macht. Es wäre selbstverständlich wünschenswert, dass zuerst Dämmmassnahmen zur Senkung der Vorlauftemperatur durchgeführt werden. Es braucht jedoch auch Lösungen für den Fall, dass die Bauherrschaft nur das Geld für den nötigen Heizungsersatz aufbringt oder aufbringen will, nicht aber für Massnahmen an der Gebäudehülle. Wenn die Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Strom aus erneuerbaren Energien betrieben wird, schneidet sie betreffend Treibhausgasemissionen auch bei höheren Vorlauftemperaturen besser ab als fossile Alternativen (siehe dazu Kap. 2.1.3 «Beurteilung der Effizienz einer Wärmepumpen-Anlage» und Kap. 2.6 «Diskussion des Vorschlags vom UGZ zu den Mindestanforderungen»). Soweit es technisch möglich ist, sollten Luft-Wasser-Wärmepumpe auch bei Vorlauftemperaturen von mehr als 50 °C zum Einsatz kommen können.

Als weiteres Kriterium wird die **Normheizlast** genannt, die für den Einsatz von Luft-Wasser-Wärmepumpen tiefer als 75 W/m² sein sollte. Normalerweise ist bei einem reinen Heizungsersatz die Normheizlast gemäss SIA 384.201 nicht bekannt: Die Heizlast lässt sich jedoch über den Energieverbrauch und die Volllastbetriebsstunden der Heizung abschätzen. Die Volllastbetriebsstunden sind dann bekannt, wenn ein Betriebsstundenzähler³⁷ installiert ist oder Messungen vorgenommen wurden. Ansonsten müssen sie abgeschätzt werden, idealerweise durch einen erfahrenen Planer oder eine erfahrene Planerin.

Folgende Hinweise bezüglich der Betriebsstunden erachten wir als relevant:

- In der Faustformel des Merkblattes «Ermittlung der Wärmeerzeugerleistung»³⁸ wird mit 2'700 Vollbetriebsstunden ein unserer Ansicht nach zu hoher Wert eingesetzt. Das Resultat wären zu klein dimensionierte Heizungen.
- Bei modulierenden Heizungen ist die Ermittlung der Betriebsstunden zwar gut als Kontrolle, jedoch wenig hilfreich für die Auslegung, weil auch der Betrieb in kleinen Teillasten gezählt wird. Die Normheizlast muss über den Jahreswärmebedarf oder einen Wärmebedarf an kalten Tagen ermittelt werden.

Aus unserer Sicht ist die Normheizlast kein zwingendes Kriterium beim Entscheid, ob eine Luft-Wasser-Wärmepumpe installiert werden kann. Die Vorlauftemperatur hängt – unter Berücksichtigung der Wärmeverteilung – von der Heizlast ab. Daher genügt aus unserer Sicht in der Praxis die Erfassung der Vorlauftemperatur. Damit lässt sich abschätzen, wie effizient eine Wärmepumpe betrieben werden kann³⁹.

³⁷ In der Regel gibt es einen Zähler für jede Betriebsstufe.

³⁸ EnergieSchweiz (2015): Ermittlung der Wärmeerzeugerleistung

³⁹ Gültig, solange die Vorlauftemperatur maximal 60 °C erreicht (bei -8 °C Aussentemperatur).

2.3 Wärmepumpe: Geräteauswahl

2.3.1 Technische Auswahlkriterien

Für die Geräteauswahl sind folgende Kriterien zentral:

- Aufstellungsort (innen oder aussen)
- Heizleistungsbedarf
- Hoher SCOP bei den geforderten Vorlauftemperaturen
- Einhaltung von Schallgrenzwerten

Es bestehen Einsatzgrenzen von Luft-Wasser-Wärmepumpen bezüglich

- Heizleistung:
Es gibt relativ wenige Seriengeräte im Leistungsbereich über 35 kW. Es können jedoch mehrere Geräte geringerer Leistung hintereinandergeschaltet werden. Innenaufstellungen sind ab einem Leistungsbedarf von 30 kW kaum noch sinnvoll. Die Luftzu- und Luftwegleitungsrohre werden zu gross. Bei 30 kW liegen die Aussenabmessungen der Rohre bei mehr als 1 m × 1 m.
- Vorlauftemperaturen:
Es gibt neue Luft-Wasser-Wärmepumpen, die Vorlauftemperaturen von 70 °C erreichen. Handelt es sich um ein Gebäude, das hohe Vorlauftemperaturen benötigt, muss die Wärmepumpe entsprechend gewählt werden. Alternativ kommen insbesondere bei grösseren Gebäuden bivalente Systeme in Frage, bei welchen die hohen Vorlauftemperaturen bei tiefen Aussentemperaturen beispielsweise durch einen zusätzlichen Gaskessel gedeckt werden. Bivalente Systeme stehen bei der vorliegenden Studie nicht im Vordergrund.
- Schalldruckpegel:
In den letzten Jahren sind ruhige Geräte auf den Markt gekommen. Eine ruhige Wärmepumpe⁴⁰ mit 8 kW Leistung erreicht aktuell einen Schalleitungspegel von 52 dB. Zusätzlich weisen so genannte modulierende oder Inverter-gesteuerte Wärmepumpen (Erklärung vgl. Anhang A-1 «Weiterführende Hinweise zur Geräteauswahl») im Teillastbetrieb teilweise tiefe Lärmemissionen auf.

Inverter-gesteuerte Wärmepumpen können die Heizleistung dem Bedarf anpassen, während konventionelle Wärmepumpen nur im Ein-Aus-Betrieb arbeiten. Durch den häufigen Teillastbetrieb wirken solche Modelle im effektiven Betrieb wesentlich weniger störend als konventionelle Wärmepumpen, da einerseits der Lärmpegel meist geringer ist und andererseits das Geräusch konstanter (kein permanentes «Ein-Aus»). Aktuell kann dieser Umstand (gleich, wie auch ein «Flüsterbetrieb» in der Nacht) im Lärm-schutznachweis nicht berücksichtigt werden⁴¹. Der Schalldruckpegel ist abhängig von

⁴⁰ z. B. Ochsner GMLW 9 Plus (Split-Gerät)

⁴¹ Gemäss aktueller Vollzugspraxis der Stadt Zürich erfolgt die Lärmbeurteilung immer für den lautest möglichen Betrieb. Da eine Inverter-gesteuerte Wärmepumpe auch einmal in der Nacht auf Volllast laufen kann, resp. ein nächtlicher Flüsterbetrieb durch einen Techniker nachträglich wieder ausgeschaltet werden kann, dürfen diese Aspekte bis anhin nicht berücksichtigt werden.

der Bauart: generell haben aussen aufgestellte Geräte einen höheren Schalldruckpegel als innen aufgestellte Geräte und Splitgeräte. Ausserdem sind leistungsstärkere Geräte tendenziell lauter. Der Schalldruckpegel von Geräten im Leistungsbereich grösser als 35 kW liegt bis über 70 dB gemäss der FHNW-Studie von 2018⁴².

Bis zu einer Leistung von etwa 30 kW sind Standard-Wärmepumpenmodelle im Angebot, welche leise arbeiten (Schalldruckpegel um 60 dB). Solange es sich um Standard-Geräte handelt, sind die Anlagen kostengünstig.

Wärmepumpenregelungen werden häufig mit Apps ausgerüstet, um z. B. Temperatur-Ab-senkungen von extern vorzunehmen, Energieverbrauchs-Auswertungen zu machen oder Betriebstemperaturen und Einstellungen zu überprüfen. Damit dieses Apps aufgeschaltet werden können, ist eine Internetverbindung am Aufstellungsort nötig. Bei Einfamilienhäusern ist es selten ein Problem, weil häufig ein WLAN vorhanden ist, welches bis in den Technikraum reicht. Bei Mehrfamilienhäusern (MFH) ist die Internet-Anbindung eher schwierig, weil ein zusätzlicher Internet-Anschluss benötigt wird, der für die Installation und anschliessend pro Monat zusätzlich kostet.

Im Anhang A-1 «Weiterführende Hinweise zur Geräteauswahl» werden folgende weitere Themen aufgeführt, welche bei der Planung zu beachten sind:

- Einsatz von Wärmepumpen mit Inverter, welche die Heizleistung dem Bedarf anpassen
- Wahl des Kältemittels
- Kältemittel-Menge
- Kühlung mit der Wärmepumpe
- Smart-Grid-Ready-Geräte
- Anwendung des Wärmepumpen-Systemmoduls

2.3.2 Zusatzkosten

Konkrete Aussagen zu den Kosten werden hier nicht gemacht. Nachfolgend wird jedoch auf relevante Kostenaspekte hingewiesen:

- Standardgeräte sind günstiger als Spezialanlagen. Bis zu circa 30 kW Leistung sind Standardgeräte verfügbar. Bei grösseren Anlagen ist es oft günstiger, mehrere Standardgeräte in Serie zu schalten als eine grosse Spezialanlage zu erstellen.

Zusatzkosten entstehen durch folgende Faktoren:

- Grosse Distanz zwischen Aussengerät und Technikraum, weil mehr Grabarbeiten anfallen.
- Wenn der Elektrohausanschluss für die Wärmepumpe nicht stark genug ist. Dies ist jedoch selten der Fall.
- Wenn die Elektrohauptverteilung auf einer asbesthaltigen Platte montiert ist. Das ist bei alten Tableaus häufig der Fall. Wenn die Anpassungen für den Wärmepumpenanschluss die alte Platte betreffen, muss diese fachgerecht entsorgt werden.

⁴² Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW (2018): Integration von Luft-Wasser-Wärmepumpen im städtischen Kontext, 8.11.2018

- Bei innen aufgestellten Wärmepumpen entstehen allenfalls Kosten für die baulichen Massnahmen wie Vergrösserung der Kellerfensteröffnungen oder Mauerdurchbrüche.
- Schallschutzmassnahmen bei innen aufgestellten Anlagen sind relativ einfach und günstig, indem Schalldämpfer in die Luftzu- und Luftwegleitung eingebaut werden.
- Schallschutzmassnahmen bei Aussenanlagen können aufwändig und kostspielig sein, beispielsweise wenn eine Schallschutzhaube über die Ausseneinheit gebaut werden muss.
- Lange Bewilligungsverfahren können nicht nur den zeitlichen Aufwand, sondern auch den finanziellen Aufwand erhöhen.

2.3.3 Unterlagen, Hilfsmittel und Empfehlungen zur Gerätewahl

Vorhandene Hilfsmittel

Das Merkblatt «Kriterien für eine stadtverträgliche Luft-Wasser-Wärmepumpe» mit Stand März 2015 hält fest, welcher minimale COP bei einer Aussenlufttemperatur von -7 °C und einer Vorlauftemperatur von 55 °C erreicht werden muss. Die Vorgabe beträgt 1.8. Die Vorgabe beruht auf den Ergebnissen der Studie «Stadtverträgliche Luft-Wasser-Wärmepumpen als Hauptwärmeerzeuger» (FHNW 2014). Die darin formulierten Anforderungen an den COP-Wert decken sich mit den Anforderungen, die topten.ch⁴³ stellt. Das Merkblatt versteht sich als Empfehlung für besonders stadtverträgliche und effiziente Geräte.

Die Studie «Integration von Luft-Wasser-Wärmepumpen im städtischen Kontext» von 2018⁴⁴ (FHNW 2018) wurde als Nachfolge-Studie zu FHNW 2014 konzipiert. Sie sollte überprüfen, ob sich die COP-Werte in den dazwischenliegenden Jahren verbessert hatten. Dies konnte aber nicht gezeigt werden. Unterdessen wird als Vergleichswert für die Effizienz von Wärmepumpen jedoch vermehrt der SCOP verwendet. Die Studie schlägt folgende Mindest-SCOP-Werte vor:

- SCOP 35 °C mindestens 3.9
- SCOP 55 °C mindestens 2.9

Die nachfolgende Tabelle fasst die verschiedenen SCOP und COP aus den genannten Studien zusammen.

⁴³ <https://www.topten.ch/private/selection-criteria/auswahlkriterien-warmepumpen>, Stand 4.10.2019.

⁴⁴ Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW (2018): Integration von Luft-Wasser-Wärmepumpen im städtischen Kontext, 8.11.2018

		ErP				OKI	FHNW 2018
Nieder- temperatur	COP A2 / W35	-	3.1	3.6	3.1	3.6	
	SCOP W35	3.2	3.5	-	-	-	3.9 ^b
Mittel- temperatur	COP	A-7 / W 55	-	-	1.8	1.7	1.8
		A7 / W55	-	-	2.6	2.6	2.6
	SCOP W55	2.8	(2.9) ^a	-	-	-	2.9 ^b

a Vorschlag, nicht umgesetzt

b durch die Studie vorgeschlagen für die Überarbeitung / Ergänzung der OKI-Werte

econcept

Abbildung 7: Energetische Minimal-Anforderungen an den COP und den SCOP von Luft-Wasser-Wärmepumpen gemäss verschiedenen Grundlagen. ErP=Energieetikette der Europäischen Union, Q=EHPA-Gütesiegel (European Quality Label for Heat Pumps), OKI=Kriterien gemäss Kommunale Infrastruktur und Stadt Zürich UGZ 2015. Datenquelle: FHNW 2018, eigene Darstellung.

Die Autoren der Studie FHNW 2018 untersuchten auch den Zusammenhang von COP- und SCOP-Werten. Dabei zeigte sich: Der COP bei A2/W35⁴⁵ **plus 0.3** entspricht ungefähr dem SCOP bei 35 °C. D. h. eine Wärmepumpe mit einem COP von 3.6 bei A2/W35 weist ungefähr einen SCOP von 3.9 bei 35 °C auf.

Beide Studien haben die Effizienz der Wärmepumpen im Kühlfall (beschrieben durch den EER-Wert / SEER-Wert) nicht berücksichtigt.

Das Faktenblatt «Luft-Wasser-Wärmepumpen in der Stadt» von 2017 wurde vom UGZ für das Energie-Coaching erstellt (Stadt Zürich 2017). In einer Kurzübersicht zeigt es auf, unter welchen Umständen eine Luft-Wasser-Wärmepumpe sinnvoll ist und worauf bei der Gerätewahl zu achten ist. Neben Hinweisen zur Eignung, der Effizienz sowie der Planung, Einbindung und Kontrolle thematisiert das Faktenblatt auch Fragen bezüglich der Einhaltung von Lärmschutzvorschriften, dem Einfluss des gewählten Stromprodukts sowie dem Baubewilligungsverfahren.

Die Vollzugshilfe 6.21 «Lärmrechtliche Beurteilung von Luft-Wasser-Wärmepumpen» von 2018 wurde vom Cercle Bruit als Informationsbroschüre für die Vollzugsbehörden erstellt. Die Vollzugshilfe erklärt die lärmrechtlichen Grundlagen und die lärmrechtliche Beurteilung von Luft-Wasser-Wärmepumpen. In den Anhängen werden ein Lärmschutznachweis für einfachere Situationen vorgestellt (Berechnungstool FWS), die Lärmreduktionswirkung diverser technischer Minderungsmaßnahmen quantifiziert sowie die Durchführungen von Schallmessungen erläutert.

Beurteilung der Hilfsmittel

Die Auswahl der optimalen Wärmepumpe ist eine Herausforderung. Die kritischen Elemente sind die Schallemissionen, die Leistung und die Effizienz je nach benötigter Vorlauftemperatur. Hinzu kommt der Anspruch, dass in Zukunft vermehrt natürliche Kältemittel mit tieferem Treibhauspotenzial eingesetzt werden müssen. Anstoss dazu geben entsprechende Gesetzesvorschriften (F-Gase-Verordnung in der EU, resp. ChemRRV in der

⁴⁵ A2/W35: Aussentemperatur 2 °C, Vorlauftemperatur 35 °C

Schweiz). Welche Kältemittel sich durchsetzen werden und welche Geräteeffizienz damit erreichbar ist, ist noch unklar (FHNW 2018).

Die genannten Hilfsmittel stellen einen guten Einstieg dar und helfen bei einfachen Standardfällen. Teilweise müssten sie an die neusten technischen und regulatorischen Entwicklungen angepasst werden. Die vorliegende Studie generiert Hinweise für solche Überarbeitungen. Sobald jedoch einer der beiden Faktoren Vorlauftemperatur oder Schall bzw. Abstand zum nächsten Fenster in einem kritischen Bereich liegt, braucht es Spezialwissen. Wenn im Hinblick auf die städtischen und nationalen Klimaziele die äussersten Einsatzbereiche von Luft-Wasser-Wärmepumpen ausgelotet werden sollen, wird dies im konkreten Fall durch die Fachexperten/innen erfolgen müssen. Bei der Vollzugshilfe des Cercle Bruit handelt es sich bereits um ein Merkblatt zuhanden von Akustik-Experten/innen und nicht um ein Merkblatt für die Installationsbranche oder die Energieberatung.

Die effizienteste Lärmreduktion lässt sich in der Regel durch eine geschickte Wahl des Aufstellungsortes und die Wahl einer lärmarmen Wärmepumpe erzielen. Bei innen aufgestellten Geräten können die Lärmimmissionen über technische Massnahmen stärker reduziert werden als bei aussen aufgestellten Geräten (Cercle Bruit 2018).

Sicht Praxis

Aus Sicht der Praxis ist es für eine einfache Vorauswahl sinnvoll, bei den Wärmepumpen Minimalanforderungen in Bezug auf den zu erreichenden SCOP zu stellen.

Geht man davon aus, dass in Zukunft vermehrt mit Luft-Wasser-Wärmepumpen gekühlt wird, stellen sich aus unserer Sicht folgende Fragen:

- Welche Minimalanforderungen an EER-Werte/SEER-Werte der Wärmepumpen sind zu erwarten?
- Eine Kühlung mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe setzt voraus, dass das Gebäude einen automatisierten Sonnenschutz aufweist. Das bedeutet, dass im Bewilligungsverfahren das Formular EN-5 (Energienachweis Kühlung/Befeuchtung) durch die Behörden eingefordert werden muss.

Einerseits dürfte es in Altbauten eine Herausforderung sein, einen automatisierten Sonnenschutz anzubringen. Andererseits muss der Vollzug gewährleisten, dass dieser dennoch tatsächlich vorhanden ist. Denn sonst wird der Strombedarf für die Kühlung höher ausfallen. Ausserdem sind dann auch grössere Lärmimmissionen in den Sommermonaten zu erwarten, was meist heikler ist, als der Winterbetrieb. Bei warmem Wetter werden Aussenräume vermehrt genutzt und die Nachbarn schlafen häufiger bei geöffnetem Fenster.

2.4 Hydraulik, Regelung und Einbindung Warmwasser

2.4.1 Hydraulik und Regelung

Die Hydraulik einer Heizungsanlage definiert, wie die Wärmepumpe (als Wärmeerzeuger) mit den Wärmeverbrauchern (wie Heizflächen und Warmwasser-Speicher) verbunden ist. Die Hydraulik stellt einen Kreislauf zwischen Wärmeerzeugern und Wärmeverbrauchern

her. Zusammen mit der Regelung liefert sie die benötigte Wärme in der richtigen Menge in der richtigen Temperatur an den richtigen Ort. Zur Hydraulik gehören Elemente im Technikraum wie Speicher, Pumpen und Ventile. Die Regelung der Wärmepumpe organisiert das Zusammenspiel dieser Komponenten.

Die Wahl einer korrekt dimensionierten Wärmepumpe mit hohem COP ergibt noch nicht von selbst eine effiziente Gesamtanlage mit hoher JAZ. Damit eine Wärmepumpen-Anlage effizient funktioniert, muss die Hydraulik auf die Komponenten Erzeuger und Verbraucher abgestimmt sein. Dafür hält man sich in der Regel an die Angaben des Wärmepumpen-Lieferanten⁴⁶.

Die Hydraulik und die Wärmepumpen-Regelung müssen so ausgestaltet sein, dass die Wärmepumpe nicht in kurzen Intervallen ein- und wieder ausschaltet und so sogenannt taktet. Eine falsche Einstellung verringert ihre Lebensdauer stark.

2.4.2 Einbindung Warmwasser

Die Warmwasser-Erwärmung sollte zentral mit der Wärmepumpe erfolgen. Dabei ist darauf zu achten, dass das Warmwasser zur richtigen Zeit im Tagesverlauf geschieht. Bei einer Luft-Wasser-Wärmepumpe beispielsweise kann das Warmwasser am frühen Nachmittag und nach der Mittagsstrombezugsspitze erwärmt werden. Dann sind die Aussentemperaturen am höchsten und die Wärmepumpe arbeitet daher am effizientesten. Hat es eine PV-Anlage auf dem Gebäude, kann abhängig von anderen Stromverbrauchern der Eigenverbrauch des Stroms erhöht werden.

2.4.3 Unterlagen, Hilfsmittel und Empfehlungen zur Hydraulik

Vorhandene Hilfsmittel

Bezüglich der Hydraulik von Wärmepumpen-Anlagen existieren verschiedene Empfehlungen, beispielsweise:

- Kleine Anlagen bis 15 kW: «Wärmepumpen-System-Modul»,⁴⁷
- Kleinere Anlagen bis 25kW: «STASCH - Standardschaltungen für Klein-Wärmepumpenanlagen»,⁴⁸
- Grössere Anlagen: «Wärmepumpen für die Instandsetzung – Systemevaluation für die Instandsetzung»,⁴⁹

Heute ist es üblich, dass jeder Hersteller auf seine Wärmepumpen zugeschnittene Beispiele von Hydrauliklösungen bereitstellt. In der Regel empfiehlt sich die Verwendung dieser Lösungen, weil damit die Garantie bei allfälligen Problemen vorhanden ist.

⁴⁶ Wärmepumpen-Lieferanten liefern oft Muster-Hydraulik-Schemas, wie die Wärmepumpe eingebunden wird.

⁴⁷ WP System Modul (2020): Pflichtenheft.

⁴⁸ Bundesamt für Energie (2002): Standardschaltungen für Kleinwärmepumpenanlagen. Teil 1: STASCH-Planungshilfen und Teil 2: Grundlagen und Computersimulationen.

⁴⁹ Stadt Zürich, Amt für Hochbauten (2014): Wärmepumpen für die Instandsetzung. Systemevaluation für die Instandsetzung. Schlussbericht August 2014

2.5 Installation, Inbetriebnahme und Wartung

2.5.1 Allgemeine Hinweise

Die Aspekte der Installation, Inbetriebnahme und Wartung sind nicht Teil des Heizungsplanungsprozesses. Sie tragen jedoch massgeblich zur Effizienz einer Anlage bei:

- Eine korrekte, den Energievorschriften entsprechende Dämmung aller Heizleitungen, Armaturen und Speicheranschlüsse ist zwingend nötig.
- Die Heizkurve darf nicht zu hoch eingestellt sein⁵⁰ und sollte im Verlauf der ersten zwei Heizperioden eingeregelt werden.
- Oft wird mit einem Elektroheizeinsatz die periodische Erwärmung des Trinkwarmwassers auf 60 °C zur Legionellenschutz⁵¹ umgesetzt. Alternativ gibt es mittlerweile Luft-Wasser-Wärmepumpen, die eine Vorlauftemperatur von 60 °C erreichen. Diese Geräte können den Legionellenschutz ohne Elektroinsatz sicherstellen.

2.5.2 Performance Gap

Der Performance Gap (Lemon Consult et al. 2018) beschreibt die Feststellung, dass Anlagen, die nach dem ersten Betriebsjahr durch externe Fachpersonen – beispielsweise durch die Förderbewilligungsstelle – besucht und anschliessend bei Bedarf die Einstellungen optimiert wurden, effizienter laufen als nicht kontrollierte Anlagen.

Das zeigt: Um die Effizienz zu maximieren müsste die Bauherrschaft in den ersten Betriebsjahren Ablesungen der Vor- und Rücklauftemperaturen durchführen, gegebenenfalls die Heizkurve anpassen und sowohl den Stromverbrauch als auch den Wärmebezug messen. Dies setzt voraus, dass separate Zähler vorhanden sind und die Instrumentierung der Anlage vollständig ist. Mit diesen Grundlagen kann eine Fachperson in einer Nachkontrolle feststellen, ob die Anlage korrekt eingestellt ist und ob der Stromverbrauch den zu erwartenden Werten entspricht.

Exkurs

Aus Sicht des Klimaschutzes und der Reduktion der Primärenergie ist zu überlegen, welche Kosten die Bauherrschaft tragen soll. Eine JAZ-Berechnung zuhanden des Förderantrags bringt für die tatsächliche Effizienz deutlich weniger (vgl. Kapitel 2.1.2 «Ausführungen zur Jahresarbeitszahl JAZ») als eine nachträglichen Einstellungsoptimierung. Eine falsch eingestellte Wärmepumpe verfehlt im Betrieb über Jahre meist unbemerkt die erzielbare JAZ. Eine vorgängige JAZ-Berechnung hingegen hat auf den optimierten Betrieb keinen Einfluss⁵².

⁵⁰ Heizkurven sind häufig zu hoch eingestellt, weil bei Reklamationen der Mieterschaft zur Raumtemperatur die Heizkurve höher eingestellt oder sie von Beginn weg so hoch eingestellt wird, dass Reklamationen verhindert werden. Es wäre sinnvoll, die Heizkurve im Sommer zurückzustellen und erst ab Beginn der Heizsaison «von unten her» anzupassen. Das korrekte Einstellen der Heizkurve ist nicht einfach, es gibt dazu Anleitungen wie «Heizkurve richtig einstellen» von EnergieSchweiz.

⁵¹ Legionellen sind Bakterien, die sich im Wasser bei Temperaturen von ca. 25 bis 50 °C vermehren und für Menschen gefährlich sein können. Am besten vermehren sie sich zwischen 30 und 45 °C. Ab einer Temperatur von 50°C können sich Legionellen kaum noch vermehren, ab 55 °C gar nicht mehr. Wird das Wasser auf mindestens 60 °C erwärmt erfolgt die Abtötung der Legionellen innert weniger Minuten.

⁵² In der Stadt Zürich muss für Förderbeiträge seit Herbst 2019 keine JAZ-Berechnung mehr beigelegt werden.

2.5.3 Vorhandene Hilfsmittel

Die Inbetriebnahmen der Wärmepumpen erfolgen normalerweise anhand der Inbetriebnahme-Protokolle der Wärmepumpen-Lieferanten, die unterzeichnet sein müssen. Des Weiteren gibt es Vorlagen, z. B. die Leistungsgarantie Wärmepumpen⁵³ oder das Wärmepumpen-Systemmodul⁵⁴.

2.6 Diskussion des Vorschlags vom UGZ zu den Mindestanforderungen

Im stadtinternen Dokument «Mindestanforderungen an die Effizienz von Luft-Wasser-Wärmepumpen» Stadt Zürich, 2. November 2018, vom Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (UGZ) werden drei Voraussetzungen genannt, damit eine Luft-Wasser-Wärmepumpe als energie- und klimapolitisch besser gelten darf als fossile Alternativen:

- 1 Die Wärmepumpe soll bis zu einer Aussentemperatur von -8 °C ohne elektrische Zusatzheizung funktionieren.
- 2 Die Wärmepumpe muss mit erneuerbarer Energie betrieben werden.
- 3 Aus den Punkten 1 und 2 folgt, dass die Anlage betreffend Treibhausgasemissionen und Primärenergiebedarf besser abschneidet als eine Ölheizung oder eine Gasheizung, die mit dem Standardgasmix⁵⁵ von Energie 360° betrieben wird.

2.6.1 Beurteilung erste Voraussetzung: ohne Zusatzheizung

Die Wärmepumpe soll innerhalb der Auslegungstemperatur ohne elektrische Zusatzheizung funktionieren. In der Stadt Zürich beginnt die Auslegungstemperatur bei -8 °C Aussentemperatur⁵⁶ gemäss SIA 384.201.

Damit dies möglich ist, muss bei der Planung sichergestellt werden, dass die Heizleistung der Wärmepumpe ausreichend ist. Dabei besteht die Gefahr, dass aufgrund dieser Anforderung die Wärmepumpen überdimensioniert werden. Bei Inverter-Wärmepumpen ist dies technisch nicht problematisch, da eine Überdimensionierung nicht zum Takten⁵⁷ führt.

Zusätzlich muss bei der Installation darauf geachtet werden, dass der Elektroeingang durch die Steuerung nur für den Legionellenschutz⁵⁸ freigegeben wird oder wenn die Aussentemperaturen unter -8 °C fallen.

⁵³ Download unter: <https://www.energieschweiz.ch/page/de-ch/leistungsgarantien-gebaeudetechnik> (Stand 5.3.2020).

⁵⁴ Download unter: <https://www.wp-systemmodul.ch/de/page/InstallateurePlaner/Arbeitsunterlagen-und-Formulare-25> (Stand 5.3.2020).

⁵⁵ Referenzjahr 2018. Zum Zeitpunkt der Erstellung des UGZ-Dokuments betrug der Biogasanteil im Standardprodukt 10 %, im März 2020 betrug der Anteil bereits 15 %.

⁵⁶ -7 °C ist der Messpunkt für Wärmepumpen. Hingegen gilt in der Stadt Zürich, dass Heizungen bis -8 °C genügend Raumwärme bereitstellen müssen. In Davos beispielsweise liegt die Auslegungstemperatur bei -14 °C.

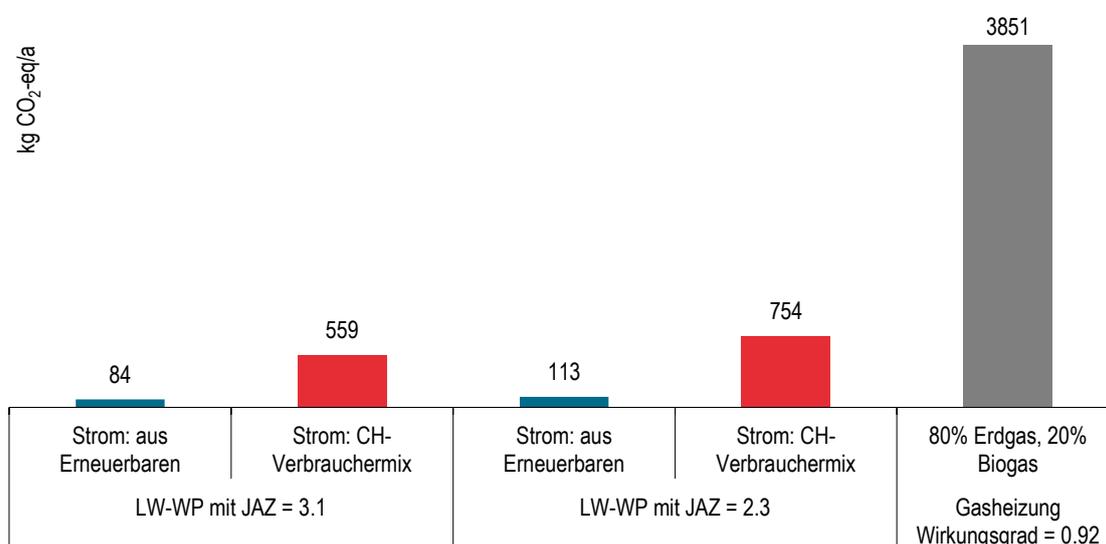
⁵⁷ Die Wärmepumpe schaltet sich in kurzen Intervallen ständig ein- und wieder aus. Dies verringert die Lebensdauer der Wärmepumpe.

⁵⁸ wenn die Wärmepumpe nicht selbst 60 °C warmes Wasser produzieren kann

2.6.2 Beurteilung zweite Voraussetzung: erneuerbarer Strom

Die Wärmepumpe muss mit erneuerbarer Energie betrieben werden. Wird die Wärmepumpe nicht mit Strom aus erneuerbaren Energien betrieben, verschlechtert sich die Bilanz der Treibhausgas-Emissionen (siehe Abbildung 8). Allerdings schneidet eine Wärmepumpe auch mit beispielsweise dem CH-Verbrauchermix besser ab als eine Gasheizung (siehe dazu auch Kap. 2.1.3 «Beurteilung der Effizienz einer Wärmepumpen-Anlage»).

Die Gasheizung im Rechenbeispiel mit einem Biogasanteil von 20 % emittiert rund 3'800 kg CO₂-eq pro Jahr, die Luft-Wasser-Wärmepumpe mit einer tiefen Effizienz (JAZ 2.3) und mit dem Schweizer Verbrauchermix betrieben verursacht rund 750 kg CO₂-eq pro Jahr – also 80 % weniger. Grund dafür ist, dass der Schweizer Verbraucherstrommix mit einem hohen Anteil Wasser- und Atomstrom pro Energieeinheit weniger Treibhausgas-Emissionen verursacht als Erdgas.

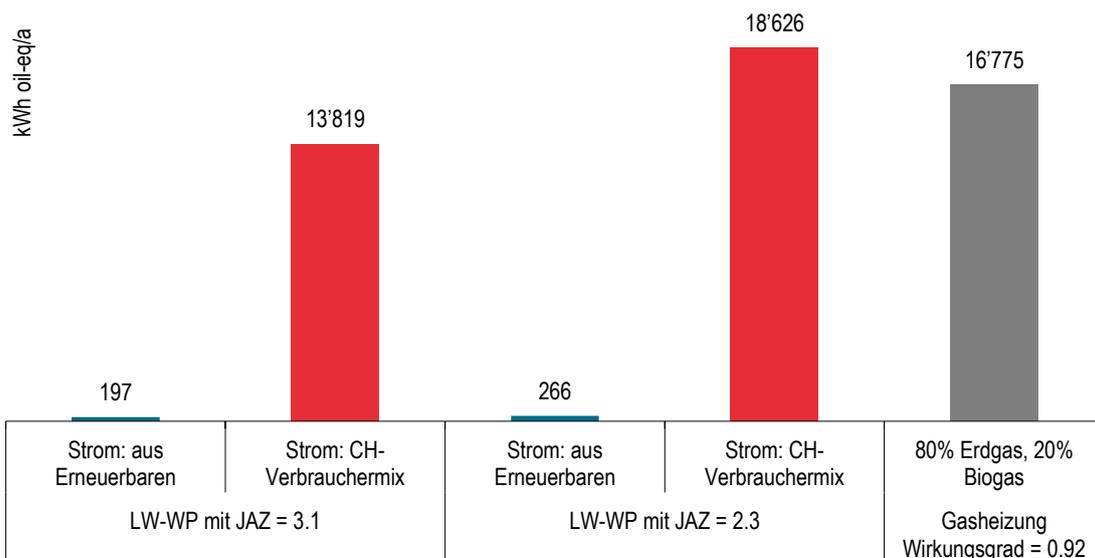


econcept

Abbildung 8: Treibhausgas-Emissionen für ein EFH mit Jahresbedarf von 17'000 kWh für Heizung und Warmwasser; eigene Berechnungen, Datengrundlage: KBOB / eco-bau / IPB 2009/1:2016

Betrachtet man die Primärenergie, hat die Wahl des Stromproduktes einen deutlich stärkeren negativen Effekt bei den Wärmepumpen (siehe Abbildung 9). Denn sie haben aus thermodynamischen Gründen einen hohen Primärenergiefaktor. Die Luft-Wasser-Wärmepumpe im Rechenbeispiel mit einer tiefen Effizienz (JAZ 2.3) und mit dem Schweizer Verbrauchermix betrieben bedingt pro Jahr rund 18'600 kWh oil-eq⁵⁹ an Primärenergie. Das ist gut 10 % mehr als wenn dasselbe Gebäude mit einer Gasheizung und einem Biogasanteil von 20 % betrieben würde.

⁵⁹ kWh in Öl-Äquivalenten ausgedrückt



econcept

Abbildung 9: Nicht-erneuerbarer Primärenergiebedarf eines EFHs mit einem Jahresverbrauch von 17'000 kWh im Jahr für Heizung und Warmwasser. eigene Berechnungen, Datengrundlage: KBOB / eco-bau / IPB 2009/1:2016

Aufgrund der obigen Berechnungen kann festgehalten werden: Aus rein klimapolitischer Sicht ist der Einsatz einer Luft-Wasser-Wärmepumpe auch bei relativ geringer Effizienz und beim Bezug von nicht zu 100 %-erneuerbarem Schweizer Verbrauchermix besser als eine fossile Lösung. Wenn jedoch die energiepolitischen Fragen des nicht-erneuerbaren Primärenergiebedarfs oder der Lastspitzen hinzukommen, muss die Luft-Wasser-Wärmepumpen-Lösung genauer analysiert werden. Bezüglich Primärenergiebedarf kann es sein, dass eine Anlage mit tiefer JAZ schlechter abschneidet als eine fossile Lösung. Die Frage der Lastspitzen im Stromnetz wird im vorliegenden Projekt nicht behandelt.

2.6.3 Kennzahlen für die Erstberatung

Der UGZ hat das Projektteam gebeten, in der Studie die Frage zu diskutieren, welche Effizienz-Kennzahlen oder -kriterien in Erstberatungen mit Bauherrschaften verwendet werden sollten. Das Projektteam empfiehlt aufgrund der obigen Ausführungen die Vorlauftemperatur und den SCOP sowohl für eine Ersteinschätzung als auch für die Kommunikation mit den Bauherrschaften. Ergänzend kann auch eine abgeschätzte JAZ eingesetzt werden.

Die Überlegungen des Projektteams zu dieser Frage finden sich in A-2 «Sinnvolle Effizienzkriterien für die Erstberatung».

3 Anforderungen an ein Bestandsgebäude für den Einsatz von Luft-Wasser-Wärmepumpen

Da sich nur zwei der sieben Fallstudien tatsächlich für eine Luft-Wasser-Wärmepumpen entschieden und sich in diesen wenigen Fällen die Installation verzögerte, konnten im begrenzten Projektzeitraum keine belastbaren Messdaten generiert werden. Dem Projektteam ist es deshalb nicht möglich ein datenbasiertes Fazit abzugeben.

Aufgrund unserer Erfahrungen können wir dennoch folgendes festhalten: Die Hauptanforderung an ein Bestandsgebäude ist die Vorlauftemperatur. Liegt sie bei einer gut eingestellten Heizkurve bei maximal 55 °C, kann in der Regel der Einsatz einer Luft-Wasser-Wärmepumpe empfohlen werden. Liegt die Vorlauftemperatur jedoch über 55 °C und soll eine Luft-Wasser-Wärmepumpe eingesetzt werden, muss beispielsweise Gebäude mindestens so gedämmt werden, dass die notwendige Vorlauftemperatur unter 55 °C sinkt.

Können die Vorlauftemperaturen nicht unter 55 °C gesenkt werden, betragen aber weniger als 65 °C, sollte der Einsatz einer Luft-Wasser-Wärmepumpe geprüft werden. Bei Vorlauftemperaturen über 65 °C kommt letztere meist nur noch als ergänzendes Heizsystem zum Einsatz.

4 Fallstudien

4.1 Überblick zu den Objekten

Fallstudienobjekte

Nr.	Typ	EBF	Baujahr	Energieeffizienz	Alte Heizung	Neue Heizung	Bemerkungen
1	EFH	140 m ²	1937	Gering <i>Dach gedämmt Fenster 10jährig</i>	Öl <i>Baujahr 1994, 17 kW Radiatoren</i>	Erdsonden-Wärmepumpe	Luft-Wasser-Wärmepumpe möglich, aber u. a. aus Furcht vor Bewilligungsprozess ⁶⁰ verworfen.
2	EFH	303 m ²	1925 Anbau 2014	Mittel im Altbau hoch im Anbau	Gas <i>Baujahr 1996, 21 kW Radiatoren, im Anbau Fussbodenheizung</i>	Erdsonden-Wärmepumpe mit Free-Cooling	Luft-Wasser-Wärmepumpe möglich, bewilligungsfähige Standorte wurden jedoch von Bauherrschaft als ungünstig eingeschätzt. Vorteil Erdsonde: Free-Cooling im Sommer, wenig teurer als Luft-Wasser-Wärmepumpe
3	EFH	122 m ²	1938	Gering <i>Dämmung Estrichboden und Kellerdecke</i>	Öl <i>Baujahr 1987, 26 kW</i>	Luft-Wasser-Wärmepumpe	Ausführung Luft-Wasser-Wärmepumpe im September 2020
4	EFH	200 m ²	1920	Mittel <i>teilweise saniert, ohne Fassaden-Dämmung</i>	Gas <i>Baujahr 1999, 18 kW, Radiatoren</i>	Erdsonden-WP	Luft-Wasser-Wärmepumpe möglich, aber Favorit war die Erdsonden-Wärmepumpe
5	EFH	195 m ²	1932	Mittel <i>teilweise saniert inkl. etwas Fassaden-Dämmung</i>	Öl <i>Baujahr 1984, 24 kW, Radiatoren</i>	Luft-Wasser-Wärmepumpe	Ausführung Luft-Wasser-Wärmepumpe im März 2020, hohe Kosten für Ertüchtigung Elektroanschluss, Aufstellung problemlos
6	MFH	1057 m ²	1957	Mittel <i>Gebäudehülle gedämmt</i>	Öl <i>Baujahr 2006 62 kW</i>	Erdsonden-Wärmepumpe	Luft-Wasser-Wärmepumpe wäre nur auf dem Dach und mit Schallschutzmassnahmen möglich gewesen. Sonden nicht viel teurer dank optimierter Dimensionierung
7	MFH	269 m ²	1907	Gering <i>Teilweise saniert, ohne Fassaden-Dämmung</i>	Gas <i>Baujahr 2002, 18 kW, Radiatoren</i>	Prozess sistiert	Es wurde entschieden, die Entwicklungsplanung der Nachbarliegenschaften abzuwarten, um allenfalls eine Gemeinschaftslösung zu realisieren.

Tabelle 6: Fallstudienobjekte im Überblick.
(blaugrün: Luft-Wasser-Wärmepumpe wurde installiert; hellrot: Erdsonden-Wärmepumpe wurde installiert; dunkelrot: Prozess sistiert)

Die Fallstudien werden in den Anhängen A-3 bis A-9 dokumentiert und vorgestellt.

⁶⁰ Garten und Gebäude sind geschützt

4.2 Im Rahmen der Fallstudien getätigte Abklärungen

4.2.1 Ordentliches Baubewilligungsverfahren

Die Informationen auf dem Merkblatt «Bewilligungsverfahren beim Heizungsersatz» vom September 2019 vom Umwelt- und Gesundheitsschutz Stadt Zürich (UGZ), einem Mailaustausch mit zwei Kreisarchitekten und der Antwort vom UGZ auf eine Anfrage, die der Heizungsplaner an den zuständigen Stadtrat gerichtet hat, lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Eine aussen aufgestellte Luft-Wasser-Wärmepumpe erfordert immer ein ordentliches Baubewilligungsverfahren mit Ausschreibung und Aussteckung. Es dauert je nach Quelle 80 Tage oder circa 8 Wochen (56 Tage).
- Die Eingabe erfolgt wie bei allen ordentlichen Baubewilligungsverfahren beim Amt für Baubewilligungen AfB und wird vom Kreisarchitekten an die Fachstellen wie beispielsweise die Lärmfachstelle im UGZ weitergegeben.
- Für innen aufgestellte Wärmepumpenanlagen genügt ein vereinfachtes Verfahren, die so genannte «Technische Baubewilligung» des UGZ. Wenn allerdings Anlagenteile nach aussen in Erscheinung treten, muss dies zusätzlich beim AfB überprüft werden. Die Rechte Dritter sind dann allenfalls zu berücksichtigen.

Für das ordentliche Verfahren sind folgende Unterlagen in bis zu 6-facher Ausführung auf Papier einzureichen:

- Baugesuchsformular A
- Kataster mit vermasseter Lage 1:500
- Lageplan und Fassadenansicht 1:100
- Ein Schallschutzgutachten oder Lärmschutznachweis. Was im konkreten Fall erforderlich ist, sollte gemäss Kreisarchitekt vorgängig mit dem Lärmschutz im UGZ abgesprochen werden.
- Fallweise weitere Unterlagen. Es empfiehlt sich, das konkrete Gesuch mit der/dem zuständigen Kreisarchitekten/in voraus zu besprechen.

Zum Vergleich: Der Ersatz einer Öl- oder Gasheizung muss einzig mit dem WTA-Formular «Gesuch/Installationsattest für die neue Heizungsanlage» der Feuerpolizei gemeldet werden.

Gemäss den getätigten Abklärungen ist sich der UGZ bewusst, dass das aufwändige Bewilligungsverfahren für Luft-Wasser-Wärmepumpe gegenüber dem Ablauf bei einem fossilen Ersatz die erneuerbare Lösung stark benachteiligt. Offenbar laufen Stadt intern Diskussionen, wie die Verfahren vereinfacht werden können. Genauere Informationen dazu lagen dem Projektteam⁶¹ nicht vor.

⁶¹ Stand 7. April 2020

4.2.2 Keine Grenzabstände notwendig

Im Zusammenhang mit den Fallstudien stellte sich die Frage, ob eine Ausseneinheit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe direkt an die Parzellengrenze gestellt werden darf oder ob Grenzabstände einzuhalten sind.

Die Abklärungen bei zwei verschiedenen Kreisarchitekten haben folgendes ergeben:

- Anforderungen des Lärmschutzes sowie der Gestaltung oder Einordnung und auch des Brandschutzes sind einzuhalten.
- Eine Ausseneinheit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe gilt nicht als Gebäude, sondern als Anlage, solange die Masse von 1.5 m Höhe und 2 m² Bodenfläche nicht überschritten werden.
- Anlagen dürfen in gewissen Fällen direkt an die Grundstücksgrenze gestellt werden. Es empfiehlt sich jedoch, vorgängig mit der Nachbarschaft Kontakt aufzunehmen.

Nicht eindeutig geklärt werden konnte die Frage, ob eine Ausseneinheit allenfalls in den Baulinienbereich einer Verkehrsbaulinie gestellt werden darf, wenn sie mit einem Beseitigungsrevers im Grundbuch eingetragen wird. Das würde bedeuten, dass bei Bedarf die Anlage auf behördliches Verlangen wieder entfernt werden müsste. Gemäss Kreisarchitekt müsste ein konkreter Fall mit dem Tiefbauamt geklärt werden⁶².

Die Kreisarchitekten weisen darauf hin, dass die freie Wahl des Standortes zudem wegen gestalterischen Erwägungen eingeschränkt werden kann, insbesondere in Kernzonen oder in der Nähe von Inventar- oder Schutzobjekten. Im Bereich von Garagenzufahrten oder Parkplätzen darf die Ausseneinheit die erforderlichen Sichtwinkel nicht beeinträchtigen.

4.3 Stichprobenmessungen

Aufgrund der kurzen Messdauer (Installation der Wärmepumpen kurz vor Projektende) mussten wir auf ein Monitoring verzichten und konnten nur Stichprobenmessungen durchführen.

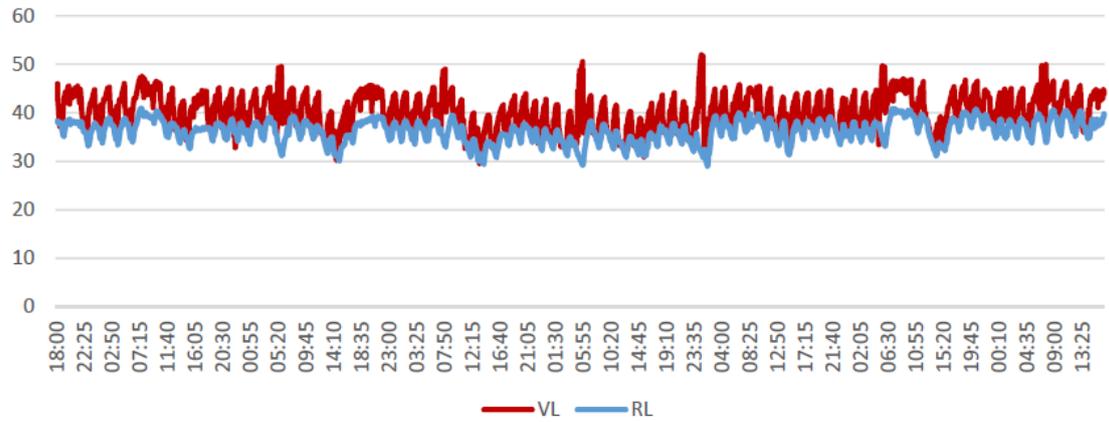
Die ursprüngliche Forschungsfrage betreffend Monitoring «Bestätigen sich die Annahmen zu den minimalen Voraussetzungen im Monitoring der 6 bis 10 Fallstudien über ein bis zwei Betriebsjahre?» kann nicht beantwortet werden. Die in den Fallstudien betreuten Bauherrschaften, welche schliesslich eine Luft-Wasser-Wärmepumpe installieren liessen, brauchten länger für den Entscheidungsprozess als bei der Projektplanung angenommen.

Dennoch präsentieren wir die vorhandenen Messdaten zu den beiden Fallstudien, bei denen im Laufe des Projektes eine Luft-Wasser-Wärmepumpe eingebaut wurde.

⁶² Mailaustausch von Sven Stulz, Kreisarchitekt, mit Markus Amrein vom Oktober 2019.

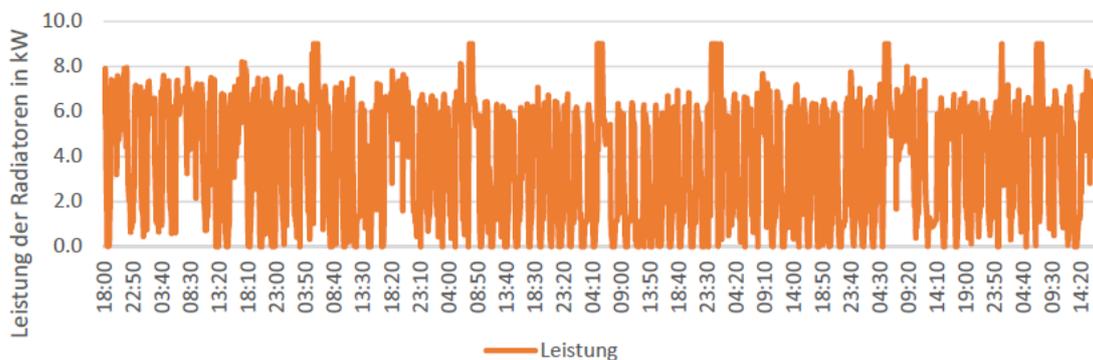
Fallstudie Nr. 3

Die Stichprobenmessung vom 18. bis zum 25. Januar zeigt, dass die Luft-Wasser-Wärmepumpe auch bei Aussentemperaturen unter dem Gefrierpunkt das Haus zufriedenstellend erwärmen kann.



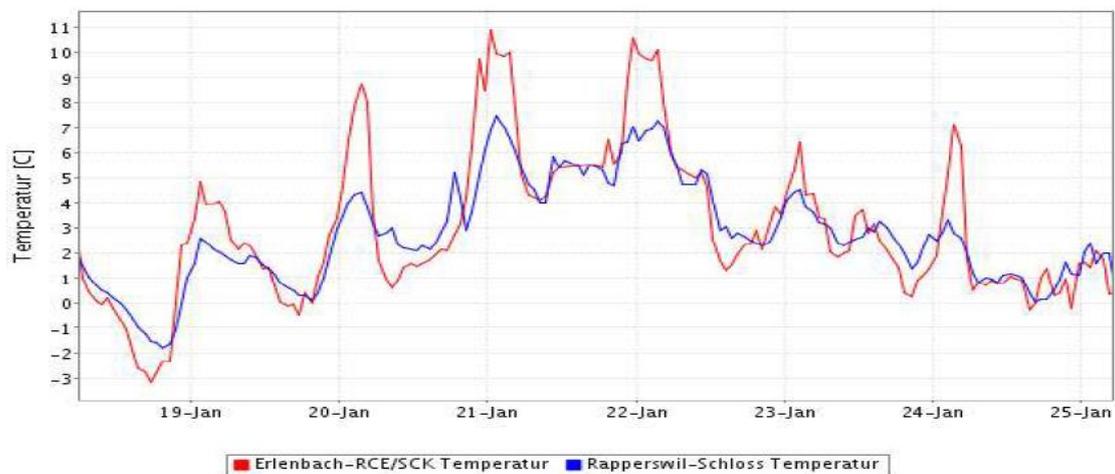
naef energietechnik

Abbildung 10: Vor- und Rücklauftemperatur der Heizgruppe mit der neuen Luft-Wasser-Wärmepumpe, gemessen vom 18. bis zum 25. Januar 2021



naef energietechnik

Abbildung 11: Leistungsabgabe auf die Radiatoren mit Durchfluss umgerechnete Heizleistung, gemessen vom 18. bis zum 25. Januar 2021



naef energietechnik

Abbildung 12: Aussentemperaturen von zwei Messstationen

Fallstudie Nr. 5

Die Stichprobenmessung vom 18. bis zum 25. Januar zeigt auch in dieser Fallstudie, dass die Luft-Wasser-Wärmepumpe auch bei Aussentemperaturen unter dem Gefrierpunkt das Haus zufriedenstellend erwärmen kann. Erste Messdaten zeigen, dass die angestrebte JAZ von 3.5 erreicht werden sollte.

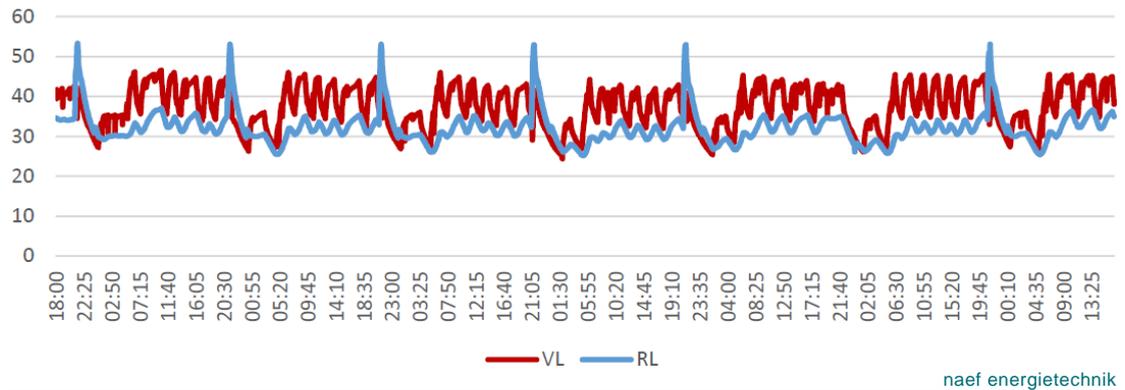


Abbildung 13: Vor- und Rücklauftemperatur der Heizgruppe mit der neuen Luft-Wasser-Wärmepumpe, gemessen vom 18. bis zum 25. Januar 2021

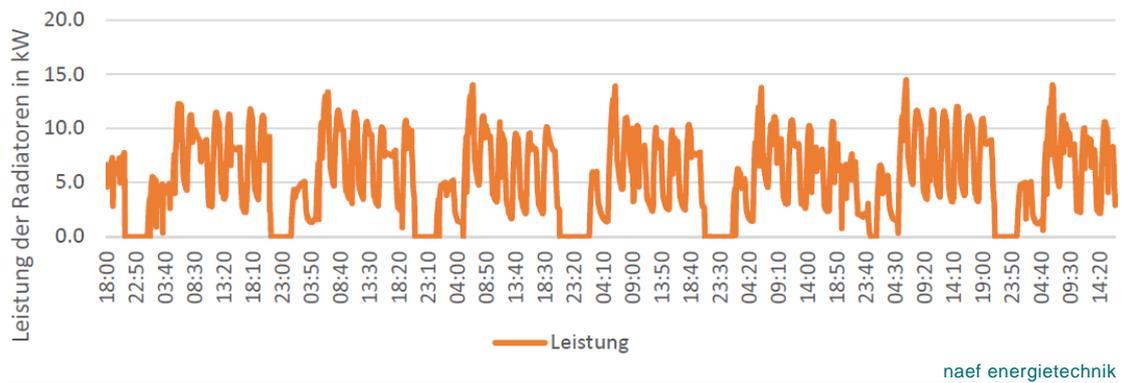


Abbildung 14: Leistungsabgabe auf die Radiatoren mit Durchfluss umgerechnete Heizleistung, gemessen vom 18. bis zum 25. Januar 2021

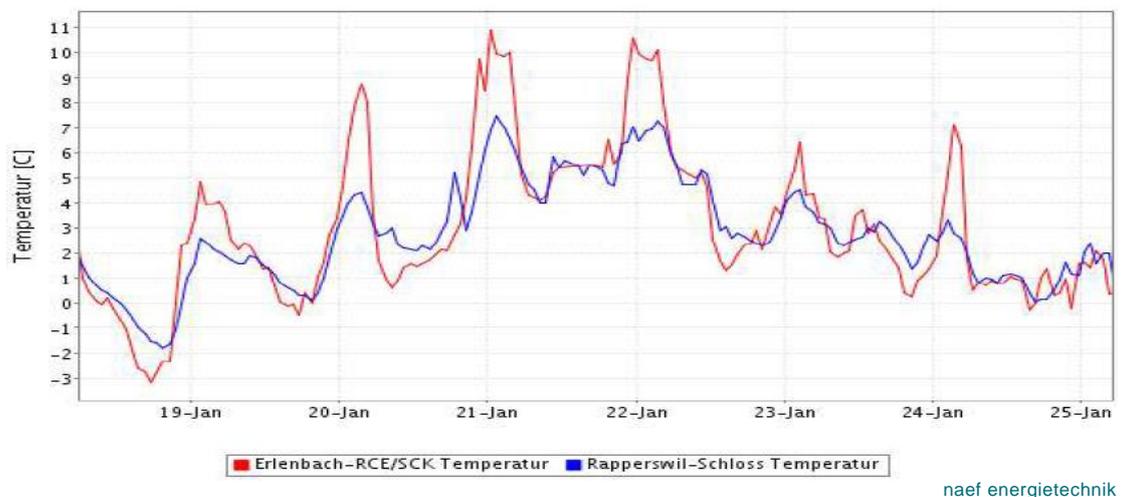


Abbildung 15: Aussentemperaturen von zwei Messstationen

4.4 Fazit aus den Fallstudienbegleitungen

4.4.1 Fallstudie Nr. 1

Allgemein

Die Erdsonde bot bei Mehrkosten von rund 10 % weniger Projektrisiken als eine Luft-Wasser-Wärmepumpe. Ein wichtiges Argument für die Erdsonde war, dass die Bohrungen heute nicht mehr so laut sind wie früher. Als Projektrisiken der Luft-Wasser-Wärmepumpe eingestuft wurden: Die Luft-Wasser-Wärmepumpen-Ausseneinheit sehe im Garten nicht schön aus, führe potenziell zu Lärmklagen und es bestehe das Risiko, dass sie wegen des Gartendenkmalschutzes nicht bewilligt würde.

Schwierigkeiten im Projektablauf

- Der als «vereinfachtes Verfahren» bezeichnete Bewilligungsprozess für die Erdsonden-Wärmepumpe dauerte zweieinhalb Monate und wurde von der Bauherrschaft als lang eingeschätzt.
- Die Berechnung und die Höhe der Fördergelder wurden als «Black-Box» bezeichnet. Es bleibe unklar, wieviel Geld man erhalte, bis alles entschieden sei.
- Die Fördergelder müsse man vorgängig beantragen, aber zu diesem Zeitpunkt seien die einzureichenden Details noch gar nicht fixiert. Das sei unverständlich.

Erkenntnisse

- Dank den Messungen der Vorlauftemperaturen im Vorfeld der Anlagedimensionierung erkannte der Heizungsplaner, dass eine Erdsonde ausreicht. Deshalb reichte der bestehende Elektroanschluss für die Wärmepumpe aus und es konnte auf eine mit Kosten verbundene Verstärkung des Elektroanschlusses verzichtet werden.
 - Messen der Vorlauftemperatur ist für die Dimensionierung der Anlage wichtig.
- Zu den Erfahrungen mit den kontaktierten Installateuren/innen merkte die Bauherrschaft an, dass gewisse von ihnen – sie kamen von ausserhalb der Stadt Zürich – unerfahren im Umgang mit den Behörden schienen und unsicher waren betreffend Anforderungen der Vollzugsbehörde.
 - Installateure/innen mit Kenntnis der lokalen Abläufe und Prozesse können den Heizungsersatz vereinfachen.
- Die Bauherrschaft hat die produktunabhängige Beratung durch den Heizungsplaner und die daraus folgende Hilfestellung bei der Bestellung geschätzt.
 - Produkteunabhängige Beratung wird geschätzt.

4.4.2 Fallstudie Nr. 2

Allgemein

Die Bauherrschaft hätte einen Gas-Gas-Heizungersatz vorgenommen, wenn die Möglichkeit bestanden hätte. Aufgrund des geplanten Rückzugs des Gasnetzes an diesem Standort mussten anderen Optionen evaluiert werden.

Die Bauherrschaft entschied sich am Schluss zwischen der günstigsten Lösung Flüssiggas und der teuersten, einer Erdsonde mit Free-Cooling-Möglichkeit. Die Vorteile der Sondenlösung haben die geringen Mehrkosten gegenüber der Luft-Wasser-Wärmepumpe überwogen:

- Im Sommer kann mit der Erdsonde gekühlt werden
- Die Wärmepumpe mit Erdsonde hat einen besseren Wirkungsgrad als eine Luft-Wasser-Wärmepumpe
- Sie ist von aussen nicht sichtbar und verursacht keine Schallemissionen. Auch die Flüssiggaslösung hätte ein Tank im Garten benötigt.

Schwierigkeiten im Projektablauf

- Wegen den Schallschutzanforderungen beschränkten sich die Aufstellmöglichkeiten für die Ausseneinheit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe auf einen Standort neben dem Eingang. Doch auch dort wurde das Auftreten von Schallemissionen befürchtet.
- Die Möglichkeit von Fördergeldern, immerhin CHF 9'000, wurde erst am Schluss des Prozesses durch den Heizungsplaner erwähnt.

Erkenntnisse

- In der ersten Beurteilung ging man von zwei Sonden und entsprechenden Kosten aus. Mit den durchgeführten Messungen vor Ort konnte gezeigt werden, dass eine einzige Sonde ausreicht. Aufwand und Kosten konnten dadurch gesenkt werden.
 - Messen der Vorlauftemperatur ist für die Dimensionierung der Anlage wichtig.
- Bauherr und Bauherrin waren sich zuerst uneins über die Art des Heizungersatzes. Durch die produktunabhängige Beratung konnte die Situation vereinfacht werden, was seitens Bauherrschaft geschätzt wurde.
 - Produkteunabhängige Beratung wird geschätzt.

4.4.3 Fallstudie Nr. 3

Allgemein

Zu Beginn wurden sowohl eine Erdsondenlösung, unter anderem mit integriertem Wasserspeicher, sowie eine Luft-Wasser-Wärmepumpe in Betracht gezogen.

Die Kosten einer knapp ausgelegten Sonde überstiegen die Kosten einer Wärmepumpe insgesamt nur leicht. Die Lärmsituation der Sonde hingegen war deutlich vorteilhafter verglichen mit der Wärmepumpe.

Die Bauherrschaft entschied sich schliesslich für die Installation einer Luft-Wasser-Wärmepumpe. Man befürchtete bei der Installation der Sonde auf gespanntes Grundwasser stossen zu können und das Projekt abbrechen zu müssen.

Schwierigkeiten im Projektablauf

Die Installation der Luft-Wasser-Wärmepumpe verzögerte sich bis über den Projektzeitraum, da die notwendigen Dämmmassnahmen nicht zeitnah abgeschlossen wurden.

Erkenntnisse

- Gespanntes Grundwasser kann ein wichtiger Faktor für den Entscheid gegen eine Wärmepumpe mit Erdsonde und gegebenenfalls für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe sein.
- Mit der Dämmung der Kellerdecke und des Estrichbodens konnte benötigte Heizleistung um rund 3 kW gesenkt werden.

4.4.4 Fallstudie Nr. 4

Allgemein

Die Bauherrschaft hat ursprünglich eine Erdsondenlösung bevorzugt. Erste Abklärungen liessen darauf schliessen, dass die Sonde nicht bewilligungsfähig ist. Eine genaue Ausmessung und die konkrete Bewilligungsanfrage zeigten jedoch, dass die Erdsonde bewilligt wird.

Schwierigkeiten im Projektablauf

- Unklarheit über Bewilligungsfähigkeit einer Erdsonde
- Im Verlauf der Abklärungen stellten sich der Bauherrschaft Fragen, die nie durch die involvierten Fachpersonen angesprochen worden waren:
 - Wo trocknet man die Wäsche, wenn der Keller nicht mehr durch eine Feuerung trocken und warm ist?
 - Welche Vor- und Nachteile ergeben sich durch die Platzanforderungen der neuen Geräte? In gewissen Kellerräumen wird Platz frei, in anderen braucht es mehr davon.

Erkenntnisse

- Die Abklärungen für den erneuerbaren Heizungsersatz können zeitaufwändig sein. Dadurch besteht die Gefahr, dass die Bauherrschaft entnervt bei der bekannten und weniger aufwändigen fossilen Technologie bleibt.
 - Die Abklärungen für erneuerbare Systeme müssen vereinfacht und beschleunigt werden. Mögliche, möglichst anschaulich gestaltete Unterlagen könnten helfen: Platzbedarf der technischen Geräte, Kostenunterschiede je nach System, Kostentreibern je nach Situation, Kostenersparnisse durch beispielsweise Nachbarschaftslösungen oder Etappierungen.
- Die Auswirkungen auf die Nutzbarkeit von Kellerräumen wird in den bekannten Unterlagen/Broschüren nicht anschaulich dargestellt. Diese Auswirkungen können aber auch Kosten- und Energieeffekte haben, beispielsweise wenn nachträglich eine Trocknungsmaschine für den Wäschetrocknungsraum installiert werden muss.
 - Checklisten erstellen, mit den notwendigen Abklärungen pro System und Hinweisen darauf, was sonst noch zu bedenken ist.

4.4.5 Fallstudie Nr. 5

Allgemein

Die Bauherrschaft liess sich vom von der Stadt Zürich mitfinanzierte Energie-Coach beraten. Dieser zeigte auf, dass eine Luft-Wasser-Wärmepumpe im vorliegenden Gebäude eine sinnvolle Option darstelle.

Schwierigkeiten im Projektablauf

Die Luft-Wasser-Wärmepumpe löste die Erneuerung der Haupt- und Unterverteilung der Elektroinstallationen aus. Das asbesthaltige Elektrotabelleau musste ersetzt und fachgerecht entsorgt werden. Dies führte zu deutlichen Mehrkosten.

Da die Bauherrschaft aber davon ausging, dass die Erneuerung des Hausanschlusses ohnehin später hätte realisiert werden müssen, hielt sie trotz Mehrkosten an der Luft-Wasser-Wärmepumpe fest.

Erkenntnisse

- Ein Technologiewechsel, beispielsweise von einer Gasheizung auf eine Luft-Wasser-Wärmepumpe, erhöht den Bedarf an zusätzlichen und teilweise kostspieligen Anpassungsarbeiten.
 - Ein reiner Kostenvergleich aufgrund des Preises des Heizgerätes und der Energiekosten kann zu kurz greifen. Zusätzliche Anpassungsarbeiten sind zu berücksichtigen.
- Diese fachliche Unterstützung durch eine unabhängige Person mit Erfahrung beim Thema Heizungsersatz wurde von der Bauherrschaft geschätzt und gab ihr Sicherheit.
 - Produkteunabhängige Beratung wird geschätzt.

4.4.6 Fallstudie Nr. 6

Allgemein

Ursprünglich war eine Luft-Wasser-Wärmepumpe als Heizung vorgesehen. Ein Teil der Gerätschaften hätte aber auf dem Dach platziert werden müssen, zudem wären Schallschutzmassnahmen notwendig geworden. Deshalb hat sich die Bauherrschaft schlussendlich für die etwas teurere Erdsonden-Wärmepumpe entschieden.

Schwierigkeiten im Projektablauf

Es zeigten sich diverse Unsicherheiten. Diese manifestierten sich an drei Aspekten mit absteigender Relevanz:

- 1 Grosse Kostenunsicherheit beim Systemvergleich solange mit relativ groben Annahmen gerechnet wird.
- 2 Dimensionen einer Innenaufstellung der Luft-Wasser-Wärmepumpe
- 3 Auswirkungen der Bauphase für die Bohrungen einer Sonden-Wärmepumpe

Erkenntnisse

- Die Kostenunsicherheit ist für die Bauherrschaft problematisch. Es ist daher wichtig den Bauherrschaften aufzuzeigen, dass genaue Messungen und Berechnungen des Wärmebedarfs es ermöglichen, die Anlage präziser zu dimensionieren. Gerade bei erneuerbaren Systemen führt der Verzicht auf Reserven zu deutlich tieferen Investitionskosten. Der Reserveverzicht ist aber nur bei genauen Berechnungen zulässig.
 - Der Stellenwert von Ersteinschätzungen z. B. aus dem Heizungsvergleich soll klar kommuniziert werden.
 - Sobald sich der Heizungersatz konkretisiert, sollten genaue Berechnungen vorgenommen werden.
 - Es besteht die Gefahr, dass seitens Bauherrschaft das Gefühl entsteht, dass relevante Informationen erst mit der Zeit kommuniziert werden. Dabei geht es beispielsweise um die konkreten Dimensionen von Luftkanälen und deren Positionierung im Fall einer Innenaufstellung oder um die Baustellendauer bei Sondenbohrungen und deren kurz- und langfristigen Auswirkungen auf den Garten.
 - Der Bauherrschaft sollten zusätzlich zu den Kosten auch materielle und immaterielle Auswirkungen der verschiedenen Systeme früh aufgezeigt werden.
 - Den groben Kostenschätzungen sollten Erklärungen mitgeliefert werden, in welchen Fällen sich diese als falsch herausstellen könnten:
 - Zu hoch: wenn sich z. B. auf Grund einer Betriebsoptimierung zeigt, dass die Anlage kleiner dimensioniert werden kann und z. B. weniger Sonden notwendig sind.
 - Zu tief: wenn die Detailabklärungen zeigen, dass die angenommene Lösung nicht wie geplant umsetzbar ist; z. B. wenn ein anderer, aufwändigerer Standort aufgrund der Lärmschutzanforderungen notwendig wird.
- ⇒ Zudem sollte bei Mehrfamilienhäusern immer der Beizug eines Heizungsplaners empfohlen werden.

4.4.7 Fallstudie Nr. 7

Allgemein

Die Bauherrschaft dieser Fallstudie hat die Installation einer Luft-Wasser-Wärmepumpe in Betracht gezogen. Zuerst aber wollte sie die Option prüfen, mehrere angrenzende Liegenschaften zu verbinden. Das Projekt hat sich deshalb bis über den Projektzeitrahmen verzögert, sodass keine Aussagen möglich sind.

Schwierigkeiten im Projektablauf

Untersucht wurde das Objekt als Einzelgebäude mit eigener, autonomer Wärmeversorgung. Weil jedoch weitere Grundstücke derselben Bauherrschaft teilweise an die Parzelle angrenzen, kam im Verlauf der Begleitung eine Arealplanung ins Gespräch. Weil der Heizungersatz nicht dringend ist – die Heizung ist 18-jährig – wurden die Abklärungen dazu vorläufig sistiert. Die Bauherrschaft will zuerst die Projektentwicklung für das Areal konkretisieren, bevor die Frage der Wärmeversorgung wiederaufgenommen wird.

Erkenntnisse

Im vorliegenden Fall gehören mehrere benachbarte Liegenschaften derselben Bauherrschaft. Das ist eine Chance zur Nutzung von Synergien. Dennoch stand zu Beginn der Fallstudie eher eine Einzellösung im Fokus der Bauherrschaft, weil die Projektentwicklung des Areals noch weit weg schien. Dieser Fokus verschob sich im Verlauf der Begleitung. Dank der Tatsache, dass die betroffene Heizung noch nicht am Ende ihrer Lebensdauer angelangt ist, hat die Bauherrschaft genügend Zeit, die Entwicklungsplanung der übrigen Liegenschaften abzuwarten. Das Fallbeispiel zeigt, dass für Gemeinschaftslösungen der Zeitpunkt bzw. die Gleichzeitigkeit eines Ersatzbedarfs einen relevanten Faktor darstellt, welcher die Systemauswahl erweitert oder im ungünstigen Fall einschränkt.

4.4.8 Zusammenfassung der Erkenntnisse

In zwei Fallstudien wurde eine Luft-Wasser-Wärmepumpe installiert. In einem Fall war die Installation einer Luft-Wasser-Wärmepumpe mit weniger Unsicherheiten als andere Optionen verbunden. Die Bauherrschaft des zweiten Objekts liess sich nicht von den hohen Kosten für die notwendige Erneuerung des Hausanschlusses abschrecken.

Bei vier von sieben Fallstudienobjekten wurde eine Erdsonden-Lösung gewählt. Die Vorteile der Sondenlösung haben die relativ geringen Mehrkosten gegenüber der Luft-Wasser-Wärmepumpe überwogen. Darunter fallen beispielsweise ein geringer Eingriff in das äussere Erscheinungsbild, die geringere Lärmbelastung und folglich geringere Schallschutzanforderungen. Zudem kann der Einsatz von Wärmepumpen eine Sanierung, Verstärkung, Versetzung oder anderweitige Änderung des Elektrohausanschlusses verlangen. Im Allgemeinen könnte das Hemmnis der hohen Kosten über gezielte, möglichst frühe Hinweise zu Förderbeiträgen verringert werden.

Zusätzlich ist der Umstieg auf nicht-fossile Systeme mit Unsicherheit verbunden, die sich negativ auf ihren Ruf auswirken kann. Es zeigten sich diverse Unsicherheiten. Diese manifestierten sich an drei Aspekten mit absteigender Relevanz:

- 1 Grosse Kostenunsicherheit beim Systemvergleich solange mit relativ groben Annahmen gerechnet wird.
- 2 Dimensionen einer Innenaufstellung der Luft-Wasser-Wärmepumpe
- 3 Auswirkungen der Bauphase für die Bohrungen einer Sonden-Wärmepumpe

Die Abklärungen für erneuerbare Alternativen sind zudem oft langwierig. Bei nicht überdurchschnittlich an einer erneuerbaren Lösung interessierten Bauherrschaften kann dies zum Bevorzugen eines fossilen Ersatzes führen.

5 Erkenntnisse aus der Zusatzbefragung

5.1 Beschreibung der Objekte und der Befragungssituation

Zur Ergänzung der Fallstudien wurden von den Energiecoachs Leitfaden gestützte Befragungen von Bauherrschaften durchgeführt, die kürzlich die Heizung ersetzt haben. Damit sollen die Erfahrungen mit dem Heizungsersatz von Bauherrschaften über die Fallstudien hinaus ergänzt werden.

Neben den Objekten, bei denen kürzlich eine Luft-Wasser-Wärmepumpe installiert wurde, konnten zwei Bauherren befragt werden, die sich für eine Gasheizung entschieden haben. Bei beiden Objekten mit Gasheizung war in einer ersten Phase eine Luft-Wasser-Wärmepumpe im Gespräch. Bei den Objekten mit Luft-Wasser-Wärmepumpe war beim Gespräch vor Ort auch der Heizungsplaner aus dem Projektteam dabei. Dieser hat die Anlagen in Bezug auf die Einstellungen besichtigt und eine grobe Einschätzung zur Effizienz der Anlage gemacht.

Nr.	Gebäudekat.	Neue Heizung	Zentrale Erkenntnis
a	EFH	Luft-Wasser-Wärmepumpe	Schnittstellen und Koordination zwischen Installateur, Lieferanten und Elektriker war nicht befriedigend und diese Fachleute wurden als nicht kompetent genug wahrgenommen. Die Vorlauftemperatur ist auf 50 °C begrenzt. Das hat bisher gereicht (Winter 18/19 tiefste Temperatur ca. -5 °C aussen). Damit dürfte die Anlage effizient laufen.
b	EFH	Luft-Wasser-Wärmepumpe, inkl. PV mit Batterie	Elektroanschluss als grosse Herausforderung wegen Asbest im Tableau und wegen als übertrieben beurteilten Standardanforderungen des Elektrizitätswerkes. Hartnäckiges Verhandeln hat geholfen. Anlage mit interner «JAZ»-Berechnung von 4.5 → sehr effizient. Berechnung allerdings ohne Pumpenstrom und ohne Elektroersatz.
c	EFH	Gas kondensierend	Die verschiedenen Heizungs-Optionen (inkl. Luft-Wasser-Wärmepumpe) waren aus dem Energiecoaching Gebäudecheck bekannt. Der Installateur hat zu Gas geraten und hat Elektroboiler vorgeschlagen (WP-Boiler-Option hat er nie erwähnt). Die Anfangsinvestitionen für Luft-Wasser-Wärmepumpe wurden als zu hoch empfunden: Kapital stand nicht zur Verfügung.
d	MFH	Gas kondensierend	Sowohl für Sondenbohrung als auch für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe wären zusätzliche Abklärungen notwendig gewesen. Diese wollte man nicht auf sich nehmen.

Tabelle 7: Übersicht der Objekte aus der Zusatzbefragung.

5.2 Hemmnisse

Auf Grund der Befragungen von vier Bauherrschaften mit bereits installierten Heizungen konnten folgende Hemmnisse empirisch ermittelt werden:

5.2.1 Heizungsinstallateur/innen

Die Arbeit der Heizungsinstallateur/innen ist nicht hilfreich für den ökologischen Heizungsersatz, wenn sie

- zu Gas raten, auch wenn anderes möglich wäre,
- nicht auf Fördergelder hinweisen,
- Elektroboiler vorschlagen, ohne Wärmepumpenboiler zu erwähnen und wenn sie
- aus Unsicherheit bezüglich Einhaltung der Schallschutzanforderungen von einer Aus-senaufgestellten Wärmepumpe abraten.

5.2.2 Bewilligungsverfahren

Ein Bewilligungsverfahren ist für den ökologischen Heizungersatz nicht hilfreich, wenn es

- Angst macht:
 - Bauherrschaften wollten keine Anlagen, bei der eine Bewilligung nötig ist und gegen die Nachbarn einsprechen könnten.
- kostet
 - beispielsweise, wenn man Papier-Katasterpläne nur gegen Gebühr erhält.
- aufwändige Papiereingaben benötigt
 - Es sei unverständlich, dass Unterlagen und Eingaben nicht digital gemacht werden könnten.

5.2.3 Diverses

- Es können unerwartete Kosten entstehen, die auf den ersten Blick nicht direkt mit der Heizung zu tun haben. Beispiele dafür sind die allenfalls notwendige Verstärkung des Elektroanschlusses oder der fachgerechte Ersatz sowie Entsorgung eines asbesthaltigen Elektrotableaus.
 - Diese Kosten können dazu führen, dass das bisherige Heizsystem beibehalten wird.
- Unsicherheiten, deren Klärung zusätzliche Abklärungen bedingen, seien abschreckend. Dabei geht es insbesondere um die Abklärungen zum Thema Lärm und ob dieser die Bewilligung verunmöglicht und die Abklärung, ob Sondenbohrungen vorgenommen werden dürfen.
 - Anstelle von Abklärungen wählt man den einfachen Weg mit einer Gasheizung.

5.3 Erfahrungen mit der erneuerbaren Lösung

Die Bauherrschaften sind zufrieden, die Erwartungen wurden mehrheitlich erfüllt. Die Anlagen sind aus ihrer Sicht ruhig, Lärm ist kein Problem. In einem Fallbeispiel sind im Gebäude Vibrationen durch die Inneneinheit spürbar.

5.4 Fazit zur Zusatzbefragung

Gemäss Zusatzbefragungen würde sich primär folgendes lohnen: *Ein einfaches, schnelles und somit günstiges Bewilligungsverfahren*, zumindest in Standardsituationen. Das Verfahren sollte auch digital bewältigbar sein.

Zusätzlich von Vorteil wären:

- Anschauliche Unterlagen, sozusagen ein «Sorglospaket»:
 - Einfaches Merkblatt, das über Fördergelder spezifisch beim Heizungsersatz Auskunft gibt
 - Standardlösungen je nach Heizungstyp
- Wenn möglich: Verzicht auf Ausbau des Elektroanschlusses bzw. -zähler und den damit verbundenen Kosten.
- Kommunikation von günstigen Lösungen bei Asbest im Tableau.

6 Beantwortung der Forschungsfragen

Die nachfolgenden Kapitel beantworten auf Basis der Erkenntnisse aus den Fallstudien und den Befragungen die Fragestellungen, welche am Ausgangspunkt des Projektes standen.

6.1 Anforderungen konkret

Welche Anforderungen muss ein Gebäude erfüllen, damit die Luft-Wasser-Wärmepumpe ohne elektrische Zusatzheizung funktioniert? Sind die Anforderungen anders, wenn später weitere Erneuerungsmassnahmen geplant sind?

Die relevante Grösse zur Beurteilung, ob eine Luft-Wasser-Wärmepumpe zum Einsatz kommen kann, ist die **Vorlauftemperatur**. Wenn bis zu einer Aussentemperatur von -8 °C eine Heizvorlauftemperatur von 55 °C ausreicht, dann kommt eine Luft-Wasser-Wärmepumpe in Frage.

Bezüglich Grösse der Anlage bzw. absolutem Leistungsbedarf oder Leistungsbedarf pro m^2 gibt es aus Sicht des Projektteams keine feste Grenze. Es kann jedoch festgehalten werden, dass kostengünstige und leise Standardanlagen auf dem Markt sind. Wenn eine Standardanlage nicht ausreicht, sollte ein/e Heizungsplaner/in beigezogen werden. Diese/r kennt die Möglichkeiten von grösseren Spezialanlagen oder der Kombination von mehreren kleinen Standardanlagen.

Eine Heizung muss den Bedarf des Gebäudes vom ersten Tag an decken. Deshalb gelten die Anforderungen an die Vorlauftemperatur auch bei Gebäuden, die in absehbarer Zeit energetisch erneuert werden. Mit den neuen, modulierenden durch den Inverter gesteuerten Wärmepumpen stellt eine spätere Reduktion des Heizleistungsbedarfs durch eine Sanierung kein Problem dar. Diese Wärmepumpen arbeiten auch im Teillastbetrieb effizient.

6.2 Zu erhebende Daten für die Erstbeurteilung

Welche Kennzahlen, Gebäudedaten und Konkurrenzpotenziale müssen im Minimum erhoben werden, um beurteilen zu können, ob der Einsatz einer Luft-Wasser-Wärmepumpe energie- und klimapolitisch sinnvoll ist?

Zu erheben sind die Vorlauftemperatur an einem kalten Tag mit bestenfalls Temperaturen unter dem Gefrierpunkt, gekoppelt mit der bisherigen Heizungsleistung. Dabei müssen alle zu heizenden Räume als genügend warm empfunden werden.

6.3 Geeignete Kriterien für die Kommunikation

Welche Kriterien wären für die Kommunikation von Effizianzorderungen in frühen Beratungsphasen sinnvoll?

Aus unserer Sicht sind es zwei Kriterien:

- Die Vorlauftemperatur, da sie ein sehr einfach zu verstehendes Konzept ist und auch gut vermittelt werden kann, dass höhere Vorlauftemperaturen die Effizienz vermindern. Als gebäudeseitige Variable ist die Vorlauftemperatur ein Hauptkriterium dafür, wie effizient eine Wärmepumpe im Betrieb läuft.
- In einer Erstberatung kann mittels Minimalanforderung an den SCOP-Wert der FHNW-Studie von 2018 und dem bisherigen Energieverbrauch – bei der entsprechenden Vorlauftemperatur – der zu erwartende Stromverbrauch abgeschätzt werden. Damit lässt sich auch eine Aussage zu den zu erwartenden Energiekosten machen. Eine Aussage, die für die Bauherrschaft von relevantem Interesse ist.

6.4 Grundlagen zu Einsatzvoraussetzungen für Luft-Wasser-Wärmepumpe

Welche Grundlagen sind bisher zu den Einsatzvoraussetzungen für eine aus energie- und klimapolitischer Sicht sinnvoll zu betreibende⁶³ Luft-Wasser-Wärmepumpe vorhanden? Wie sind diese Grundlagen aus Sicht der Praxis zu beurteilen?

Im Kapitel 2 *Anforderungen zum Einsatz von Luft-Wasser-Wärmepumpen* sind diverse Grundlagen aufgeführt, welche Hilfestellungen bieten für die Prüfung und Planung einer Luft-Wasser-Wärmepumpe in Altbauten. Allerdings gehen die Empfehlungen in der Regel davon aus, dass das Ziel effiziente Anlagen ist. Offizielle Dokumente mit Anhaltspunkten dazu, welche Grenzen aus technischer oder klimapolitischer Sicht im Minimum einzuhalten sind, lagen für die Studie nicht vor. Vorschläge für diese Grenzen werden im Merkblatt in Kapitel 8 gemacht.

Inwiefern eignen sich die vom UGZ vorgeschlagenen Kennzahlen (im Dokument «Mindestanforderungen an die Effizienz von Luft-Wasser-Wärmepumpen» 2. November 2018), einen energie- und klimapolitisch sinnvollen Einsatz einer Luft-Wasser-Wärmepumpe beim Heizungersatz im Kontext des konkret geplanten Gebäudetransformationsprozesses zu beschreiben?

Die Vorlauftemperatur, also eine gebäudeseitige Variable, ist ein Hauptkriterium dafür, wie effizient eine Wärmepumpe im Betrieb läuft. Zudem kann für eine frühe Erstberatung die Minimalanforderung an den SCOP-Wert der FHNW-Studie von 2018⁶⁴ als Anhaltspunkt dienen. Damit könnte – über den bisherigen Energieverbrauch – bei der entsprechenden

⁶³ Vorläufig wird «energie- und klimapolitisch sinnvoll» definiert wie im Dokument «Mindestanforderungen an die Effizienz von Luft-Wasser-Wärmepumpen» vom 2. November 2018 festgehalten.

⁶⁴ Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW (2018): Integration von Luft-Wasser-Wärmepumpen im städtischen Kontext, 8.11.2018

Vorlauftemperatur der zukünftig zu erwartende Stromverbrauch abgeschätzt werden. Die Bauherrschaften sind häufig interessiert an den zu erwartenden Energiekosten.

Alternativ könnten für eine Einschätzung des zukünftigen Energieverbrauchs JAZ-Zahlen aus Feldmessungen verwendet werden.

6.5 Spezifische Herausforderungen

Es gibt verschiedene Hemmnisse und Herausforderungen, die Bauherrschaften beim Heizungersatz davon abhalten können, künftig eine Luft-Wasser-Wärmepumpe zur Wärmeerzeugung zu nutzen.

Die nachfolgende Abbildung fasst die in der Fallstudienbegleitung und mit den Zusatzbefragungen ermittelten Hemmnisse auf dem Weg zu einer Luft-Wasser-Wärmepumpe qualitativ zusammen und Tabelle 8 beschreibt die dargestellten Hemmnisse genauer. Dargestellt werden Hemmnisse, die sich stellen, nachdem klar ist, dass eine Luft-Wasser-Wärmepumpe aus technischer Sicht in Frage kommt.

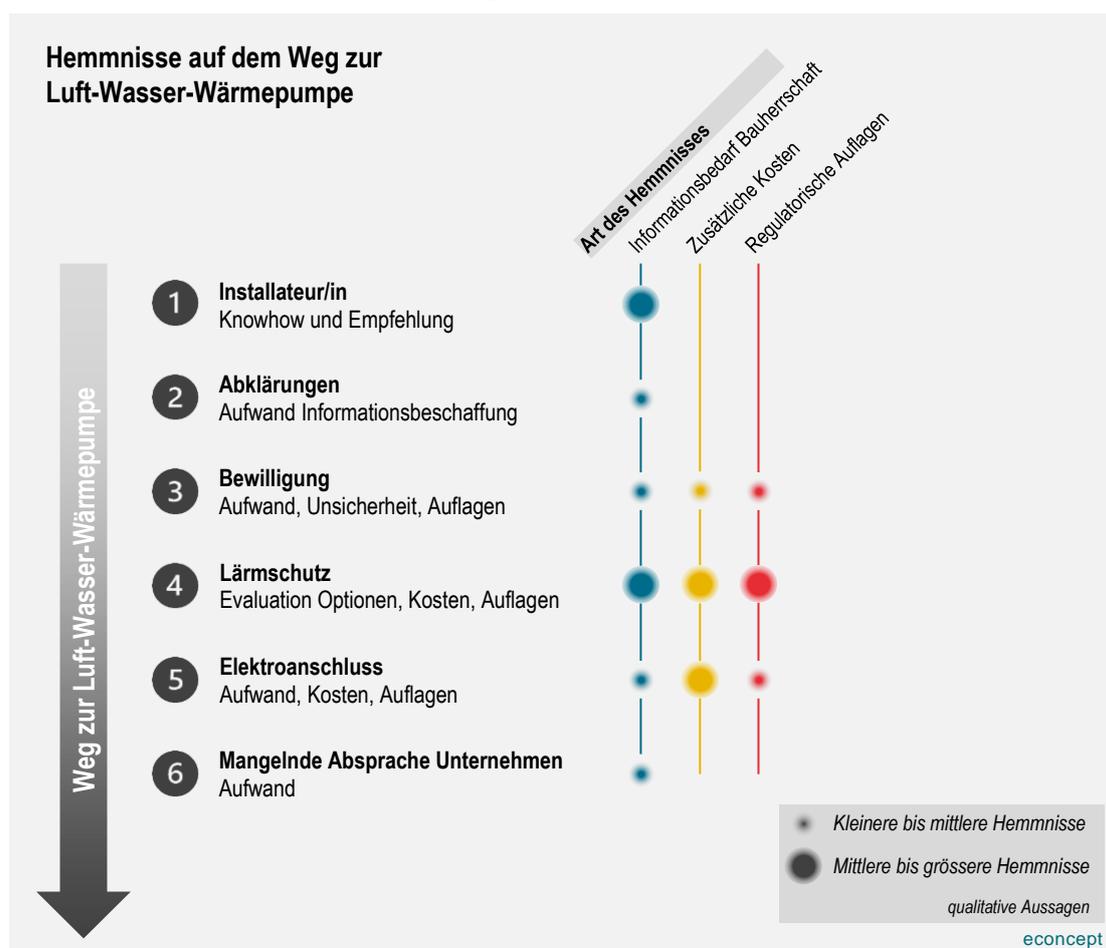


Abbildung 16: Zusammenfassung der Erkenntnisse bezüglich Hemmnisse auf dem Weg zu einer Luft-Wasser-Wärmepumpe. Je höher die Anzahl der Punkte und je grösser sie sind, umso relevanter ist das Hemmnis.

Leider kann auf Basis der sieben Fallstudien und vier Zusatzbefragungen keine empirisch belastbare Aussage zur Häufigkeit und Relevanz der Hemmnisse gemacht werden. Die Einschätzung zur Relevanz basiert deshalb auf einer Einschätzung des Projektteams.

Hemmnis	Beschrieb
Informationsbedarf Bauherrschaft	Die Bauherrschaft ist verständlicherweise in der Regel nicht besonders bewandert in Heizungsfragen und in erster Line daran interessiert, in angenehm geheizten Räumen zu wohnen. Entsprechend muss sich die Bauherrschaft beim Heizungsersatz mit neuen Fragen beschäftigen und sich Informationen zu ungewohnten Themen beschaffen. Zudem unterscheiden sich die Informationen je nach Quelle und müssen eingeordnet werden. Dies führt zu einem Mehraufwand, der für die Bauherrschaft unerwünscht sein kann.
Zusätzliche Kosten	Wenn beim Heizungsersatz die zugrundeliegende Technologie ändert (z. B. von Gas auf Luft-Wasser-Wärmepumpe) können zusätzliche Anpassungen baulicher und organisatorischer Natur notwendig werden, welche – gegenüber dem Verbleib bei der bisherigen Technologie – zu Mehrkosten führen.
Regulatorische Auflagen	Wenn beim Heizungsersatz die zugrundeliegende Technologie ändert (z. B. von Gas auf Luft-Wasser-Wärmepumpe) werden allenfalls andere Gesetze, Verordnungen und Normen relevant. Die damit verbundenen Auflagen müssen erfüllt werden.
1 Installateur/in Knowhow und Empfehlung	<ul style="list-style-type: none"> – Bei der Installation von Luft-Wasser-Wärmepumpen ist üblicherweise kein/e Heizungsplaner/in dabei. Die Einsatzgrenzen einer Luft-Wasser-Wärmepumpe auszuloten braucht jedoch Fachwissen, das nicht alle Installateure/innen haben. – Lokale Anbieter/innen von Luft-Wasser-Wärmepumpen sind in der Regel mit dem lokalen Bewilligungsprozedere und den Behörden vertraut, auswärtige Anbieter/innen tendenziell weniger. – Installateure/innen sollten konsequent auf Förderbeiträge hinweisen.
2 Abklärungen Aufwand Informationsbeschaffung	Unsicherheiten, welche zusätzliche Abklärungen bedingen, sind abschreckend. Dabei geht es insbesondere um Lärmgutachten.
3 Bewilligung Aufwand, Unsicherheit, Auflagen	Der Aufwand für die Baubewilligung kann von der Erwägung einer Luft-Wasser-Wärmepumpe abhalten: <ul style="list-style-type: none"> – Bauherrschaften wollen keine Anlagen, bei denen eine Bewilligung nötig ist und gegen die Nachbarn einsprechen können. – Das Bewilligungsverfahren erfordert zeitlichen und finanziellen Aufwand, wobei die fehlende Möglichkeit einer nicht vollständig digitalen Gesuchseinreichung mitberücksichtigt wird. – Die Anzahl einzureichender Formulare erhöht den Aufwand (z. B. Formular EN-3 bei Innenaufstellung).

Hemmnis	Beschrieb
<p>4 Lärmschutz Evaluation Optionen, Kosten, Auflagen</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Im Fall einer Gebäudesanierung wird mehrheitlich eine Aussenaufstellung gewählt. Die Aufstellungsoptionen variierten von Fallstudie zu Fallstudie. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass eine Aussenaufstellung meistens anspruchsvoll ist, insbesondere auch im dicht bebauten städtischen Umfeld. Zum einen sollte die Aussenaufstellung in der Nähe eines Technikraums erfolgen, zum anderen aber genügend Abstand zu lärmempfindlichen Fenstern einhalten. Zusätzlich soll meist auch ein optisch passender Bereich⁶⁵ zur Aufstellung gefunden werden. Falls aufgrund der Aufstellung lange Leitungen gelegt werden müssen, erhöhen sich die Kosten. – Bezüglich Lärm ist eine Innenaufstellung in der Regel einfacher, weil die Geräte leiser und die gängigen Schallschutzmassnahmen⁶⁶ einfacher umzusetzen sind. Zudem lassen sie sich optisch einfacher integrieren, beanspruchen jedoch knappe Innenraumflächen. Allerdings müssen die Luftzufuhr und der Fortluftauslass entweder mindestens 2 Meter voneinander entfernt liegen oder über die Gebäudeecke angeordnet sein, damit nicht wieder die bereits abgekühlte Fortluft angesaugt wird. – Werden zum Beispiel aus Platzgründen zusätzliche bauliche Anpassungsmassnahmen beispielsweise an der Kellerdecke oder am Estrichboden notwendig, muss mit Verzögerungen für die notwendigen Abklärungen und mit Mehrkosten wegen Zusatzarbeiten gerechnet werden.
<p>5 Elektroanschluss Aufwand, Kosten, Auflagen</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Im Idealfall kann die ermittelte Anschlussleistung von den Stromzuleitungen geliefert werden. Das EVU kennt die aktuell bestellte und die potenzielle Leistung des Anschlusses. Wenn die zurzeit bestellte Leistung nicht ausreicht, braucht es einen Antrag auf Verstärkung. Die für Planung zuständige Person beim EVU kann anschliessend Auskunft über die Kosten für die Verstärkung des Anschlusses geben. – Nebst der Verstärkung des Elektroanschlusses kann der Einsatz von Wärmepumpen eine Sanierung (z. B. wegen Asbest), Versetzung oder anderweitige Änderung des Elektroanschlusses verlangen.
<p>6 Mangelnde Absprache Unternehmen Aufwand</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Die Absprache zwischen Installateur/in und übrigen Involvierten muss gut sein. Sonst werden Installationen potenziell fehlerhaft ausgeführt.

Tabelle 8: Hemmnisse auf dem Weg zu einer Luft-Wasser-Wärmepumpe.

⁶⁵ d. h. lieber 'versteckt' und nicht beim Gartensitzplatz oder an einer 'repräsentativen' Fassade

⁶⁶ Insbesondere Schalldämpfer in der Aussenluftzuleitung und im Fortluftauslass

7 Empfehlungen für die Stadt Zürich

Mit diesen Massnahmen liessen sich die gefundenen Hemmnisse und Herausforderungen reduzieren und den Einsatz von energie- und klimapolitisch sinnvollen Luft-Wasser-Wärmepumpen fördern.

Die Vorschläge sollen auch mögliche Szenarien für geänderte Rahmenbedingungen berücksichtigen, z. B. die Umsetzung der MuKE 2014, die Einführung von Energiezonen in Fernwärmegebieten oder die Erhöhung der bestehenden Fördersätze.

7.1 Vereinfachung Bewilligungsverfahren

In erster Linie müssen die Bewilligungsverfahren einfacher werden. Im besten Fall ist das Bewilligungsverfahren für ein erneuerbares Heizsystem einfacher als für den fossilen Heizungersatz. Folgende Massnahmen könnten beispielweise das Bewilligungsverfahren vereinfachen:

- Bei innen aufgestellten Wärmepumpen Verzicht auf Energienachweis «Heizungs- und Warmwasseranlagen» (Formular EN-3). Nur Installationsattest einreichen
- Bei Schalldruck Luft-Wasser-Wärmepumpe $LWA^{67} \leq 45$ dB(A) und nächstes Fenster mehr als 3 m entfernt Verzicht auf «Lärmschutznachweis» (LN 1a/1b). Nur Datenblatt Luft-Wasser-Wärmepumpe und Planskizze mit vermasseter Entfernung zum nächsten Fenster einreichen
- Für den reinen Heizungersatz mit einer Wärmepumpe sollte unabhängig von Innen- oder Aussenaufstellung ein «Anzeige-Verfahren» genügen
- Im Fall von Asbest im Elektrotabelleau sollte, falls möglich, eine Schadstoff-Sanierung nicht zur Auflage gemacht werden
- Verzicht von Seiten Stadt Zürich / ewz, dass im Zusammenhang mit der Installation einer Wärmepumpe ein neuer Zählerkasten (ausser zugänglich oder Fernablesung) erstellt werden muss

7.2 Empfehlungen für Förderbeiträge

Transparenz

Die Förderbeiträge (ewz 2000-Watt-Beiträge) sind transparent online beschrieben, für Laien aber teilweise schwer verständlich. Dies sollte geändert werden, um die Förderbeiträge nachvollziehbar und einheitlich bestimmen zu können. ⁶⁸

⁶⁷ Der Schalleistungspegel LWA ist eine Geräuschemissionskenngrösse und beschreibt die von einer Maschine pro Sekunde in die Umgebung abgegebene Schallenergie.

⁶⁸ Im November 2020 wurden die Vorgaben für die Förderung geändert: Neu verdoppelt die Stadt den Beitrag des Kantons. Damit wurde die Vergabe der Förderbeiträge seitens der Stadt Zürich vereinfacht.

7.3 Weitere Empfehlungen

- Checklisten erstellen zu den notwendigen Abklärungen und mit wichtigen Hinweisen ergänzen
- Anschauliche Beispiele zum Einsatz von Luft-Wasser-Wärmepumpe sowie zur attraktiven Umnutzung von Kellerräumen zusammenstellen und für Gespräche bereithalten
- Beispiele von Luft-Wasser-Wärmepumpen im Quartier sichtbar machen und die Bewohner/innen beispielsweise einem *Tag der offenen Tür* unterstützen

8 Merkblatt zuhanden von Energieberatenden

Die konkrete, lesefreundliche und übersichtliche Darstellung der Inhalte auf einem attraktiv gelayouteten Flyer ist ein ebenso wichtiger Aspekt der Informationsvermittlung. Dieser wird mit dem vorliegenden Projekt nicht abgedeckt, sondern den Stellen überlassen, welche die Informationen für eigene Publikationen aufnehmen oder in eigene Publikationen integrieren.

8.1 Merkblatt Teil 1: Optimale Vorlauftemperaturen und Schallschutz – das braucht es für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe

Zielpublikum des Merkblatts sind Installateure/innen und Energieberater/innen. Das Merkblatt Teil 1 zeigt, auf welche zentralen Aspekte bei der Prüfung einer Luft-Wasser-Wärmepumpe für einen Heizungsersatz in der Stadt Zürich in einem Gebäude mit bis sechs Wohnungen bzw. bis zu einem Leistungsbedarf von ca. 35 kW zu achten ist.

Wir gehen davon aus, dass es sich bei der Zielgruppe des Merkblatts um Personen handelt, die mit der Wärmepumpentechnologie und dem Fachvokabular der Heizungstechnik vertraut sind.

Das Merkblatt gibt keine technischen Anleitungen für die Dimensionierung der Anlagen oder für konkrete Berechnungen u. ä. Die Anlagen sind nach den relevanten Normen zu planen. Allenfalls kann im Merkblatt auf weitere Dokumente verwiesen werden, welche die Projektierung unterstützen. Zu nennen ist neben den nachfolgend in den Fussnoten erwähnten Dokumente z. B. noch:

- *Projektierungs-Empfehlungen für Luft-Wasser-Wärmepumpen in kleinen und mittleren Mehrfamilienhäusern in Alera energies AG (2019): Gasser, L.: Luft/Wasser-Wärmepumpen im städtischen Bestand. Im Auftrag der Stadt Zürich, 07.2019*

Dieses Merkblatt soll ein Hilfsmittel bei der Beratung und Planung einer Luft-Wasser-Wärmepumpe sein. Das Vorgehen nach diesem Merkblatt garantiert jedoch keine Bewilligung der Luft/Wasser-Wärmepumpe.

Titel

Merkblatt für die Prüfung des Einsatzes von Luft-Wasser-Wärmepumpen beim Heizungsersatz in kleinen Wohngebäuden (bis ca. sechs Wohnungen oder ca. 35 kW Leistung)

Zentrale Grösse: Vorlauftemperatur

Der Einsatz einer Luft-Wasser-Wärmepumpe ist sinnvoll, wenn bei einer Aussentemperatur von -8 °C ⁶⁹ eine Vorlauftemperatur von 55 °C ausreicht. Bei höheren Vorlauftemperaturen ist beispielsweise mit einer gezielten Gebäudedämmung oder der Verwendung einer korrekten Heizkurve die notwendige Vorlauftemperatur auf maximal 55 °C ⁷⁰ zu reduzieren.

Können die Vorlauftemperaturen nicht unter 55 °C gesenkt werden, sollte bei Vorlauftemperaturen bis 65 °C die Umsetzbarkeit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe geprüft werden. Bei Vorlauftemperaturen über 65 °C kommen Luft-Wasser-Wärmepumpen meist nur noch als ergänzendes Heizsystem zum Einsatz (Abbildung 17).

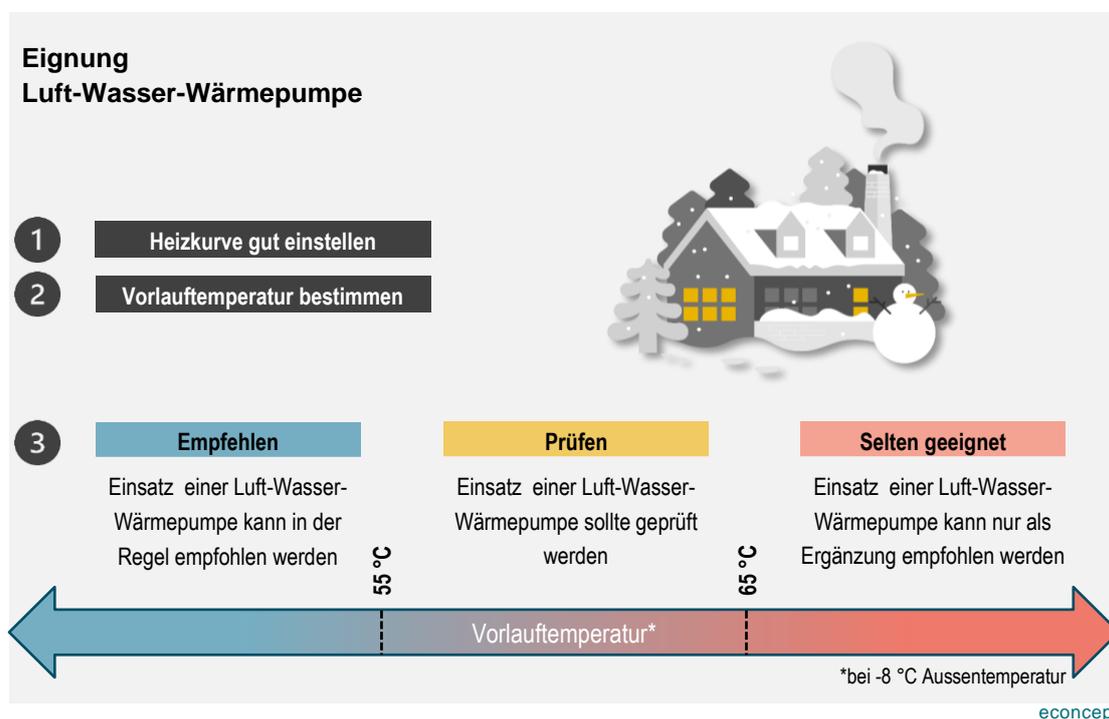


Abbildung 17: Schema zum überprüfen der Eignung einer Luft-Wasser-Wärmepumpe anhand der Vorlauftemperatur.

Ermittlung der Vorlauftemperatur bei -8 °C

Die Vorlauftemperatur sollte **während der Heizperiode** an mehreren kalten Tagen⁷¹ gemessen oder abgelesen werden. Dazu notiert die Bauherrschaft die Vorlauftemperaturen. Auf dieser Basis kann die beratende Fachperson die eingestellte Kennlinie – die Heizkurve⁷² – und die Vorlauftemperatur bei -8 °C Aussentemperatur ermitteln.

Ergänzend sollte an mehreren kalten Tagen in Folge jeweils zur gleichen Uhrzeit der Gaszähler oder der Betriebsstundenzähler des Ölbrenners abgelesen werden. Auch damit

⁶⁹ Gemäss Norm muss in Zürich eine Heizung auf -8 °C Aussentemperatur ausgelegt sein.

⁷⁰ Mit gewissen Luft-Wasser-Wärmepumpen können Vorlauftemperaturen von 70 °C bei -8 °C Aussentemperatur erreicht werden. Die Reduktion der Vorlauftemperaturen ist dennoch sinnvoll, damit die Effizienz der Wärmepumpe steigt.

⁷¹ Temperaturen unter dem Gefrierpunkt

⁷² Hinweise zur Anpassung der Heizkurve siehe z. B. Heizkurve richtig einstellen (Hrsg. EnergieSchweiz), 11.2019 oder Der Heizkompass für Hauswartinnen und Hauswarte (Hrsg. EnDK und EnergieSchweiz), 08.2012, S. 22

lässt sich die Kennlinie der benötigten Heizleistung des Gebäudes abhängig von der Aussentemperatur ermitteln und auf -8 °C Aussentemperatur extrapolieren.

Gleichzeitig sollte durch die Fachperson ermittelt werden,

- 1 ob die Vorlauftemperatur bei -8 °C dem entspricht, was man für die vorliegende Gebäudekategorie erwarten würde⁷³.
- 2 ob die Thermostat- oder Drehventile in den beheizten Räumen maximal geöffnet sind.
Falls nicht: Ventile öffnen und Vorlauftemperatur reduzieren. So wird die Heizkurve eingestellt.
- 3 ob bei kalten Temperaturen die Radiatoren in den Wohnungen ganzflächig warm sind.
Falls nicht: Die Vorlauftemperaturen sind allenfalls zu hoch. Wahrscheinlich schliesst das Thermostatventil und lässt so nur wenig Wasser durch. Dadurch wird nicht der ganze Radiator erwärmt. Wird die Vorlauftemperatur gesenkt, öffnet sich das Thermostatventil und es fliesst eine grössere Wassermenge durch den Radiator und erwärmt diesen grossflächig.
Alternativ kann auch ein fehlender hydraulischer Abgleich die Ursache sein. Dieser muss gegebenenfalls nachträglich vorgenommen werden.
- 4 ob es im Gebäude bei kalten Temperaturen tendenziell zu warm ist.
Falls ja: Die Vorlauftemperaturen sind möglicherweise zu hoch.
- 5 ob es einzelne Räume gibt, die bei kalten Temperaturen sehr stark beheizt werden müssen, um warm zu bleiben.
Falls ja: Die Vorlauftemperaturen sind möglicherweise nur wegen den exponierten Räumen hoch eingestellt sind. Wird in diesen Räumen die Wärmeabgabefläche (Radiator) vergrössert, kommt das Gebäude mit tieferen Vorlauftemperaturen aus.

Senkung der Vorlauftemperatur

Damit die Vorlauftemperaturen bei tieferen Aussentemperaturen nicht zu hoch eingestellt werden müssen, kann die Heizkurve angepasst werden. Dies geschieht über die Heizungssteuerung, entweder durch Senkung der Heizgrenze oder durch Veränderung der Steigung der Kurve.⁷³

Die Anpassung der Heizkurve soll nur im Austausch mit der Bauherrschaft erfolgen. Der Effekt der Anpassung muss über mehrere Wochen während der Heizsaison beobachtet werden. So kann erkannt werden, ob das Gebäude noch genügend beheizt wird.

Bei Mehrfamilienhäusern sollte die Anpassung aus psychologischen Gründen vor der Heizperiode erfolgen. Damit kann bei Bedarf später zusätzliche Wärme zugegeben werden und es wird nicht während der kalten Jahreszeit Wärme weggenommen.

⁷³ Siehe dazu « Heizkurve richtig einstellen » (Hrsg. EnergieSchweiz), 11.2019, Seite 3

Bauliche Massnahmen

Im Vorfeld der oder gleichzeitig mit dem Heizungersatz können sich folgende bauliche Massnahmen lohnen, um die Heizkurve bzw. die Vorlauftemperatur zu senken:

- Vergrössern der Radiatoren in exponierten Räumen, die auf die hohe Vorlauftemperatur angewiesen sind.
- Dämmen von allenfalls noch ungedämmten Heizleitungen gemäss Vorschrift.
- Punktuelle oder grossflächige energetische Verbesserung der Hülle: z. B. Kellerdecke oder Estrichboden dämmen, Fenster ersetzen, Luftdichtheit verbessern⁷⁴, evtl. Fassadendämmungen.

Aufstellungsarten: Grösse und maximale Heizleistung

Heizleistungsbedarf ⁷⁵	Aufstellung
bis 35 kW	Aussenaufstellung
bis 35 kW	Split-Lösung
bis 30 kW	Innenaufstellung

Tabelle 9: Übersicht typische Heizleistungen nach Aufstellungsart für Einzellösungen mit Standardgeräten (bis ca. 35 kW bei einer Vorlauftemperatur von 55 °C und einer Aussentemperatur von -7 °C)

- Bei einer Aussenaufstellung gilt es insbesondere gesetzliche Vorschriften zum Design einzuhalten, wie beispielsweise eine «befriedigende Einordnung in die Umgebung». Solche Vorgaben gilt es insbesondere bei Gebäuden unter Denkmalschutz zu beachten. Bei Split-Lösungen und Innenaufstellungen stellt sich zusätzlich die Frage nach Wahl und Betriebssicherheit des Kältemittels.
- Auch grosse Gebäude können mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe beheizt werden, sofern die benötigten Vorlauftemperaturen es erlauben und sofern ein lärmschutzkonformer Standort für die Aufstellung der Anlage gefunden wird.
- Bis zu einem Heizleistungsbedarf von 35 kW beim Arbeitspunkt der Wärmepumpe A-7/W55⁷⁶ gibt es auf dem Markt zahlreiche Standardgeräte. Bei einem höheren Bedarf werden als Standardlösung mehrere kleine Standardgeräte in Serie geschaltet und kaskadiert. Alternativ können auch Spezialanlagen zum Einsatz kommen. Zwei kleine Geräte sind in der Regel leiser als ein grösseres Gerät mit derselben Leistung. Meistens entscheidet die Situation für die Aufstellung, ob ein Gebäude mit hohem Leistungsbedarf mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe versorgt werden kann.
- Ab einem Heizleistungsbedarf von 30 kW kommen innen aufgestellte Wärmepumpen im Untergeschoss kaum noch in Frage. Die Luftkanäle (Zuluft und Fortluft), die durch den Keller geführt werden müssten, würden Aussenmasse von über 1 m × 1 m aufweisen.

⁷⁴ bei Haustüren, Storenkästen, Fensterrahmenanschlüssen u. ä.,

⁷⁵ bei A-7/W55

⁷⁶ Für die bessere Vergleichbarkeit wird von den Herstellern immer der Messpunkt bei -7° Aussentemperatur und 55° Wassertemperatur (=Vorlauftemperatur) angegeben.

Zentrale Rahmenbedingung: Einhaltung Lärm- und Schallschutzanforderungen

Jede Luft-Wasser-Wärmepumpen-Anlage – ob innen oder aussen aufgestellt – muss Lärm- und Schallschutzanforderungen⁷⁷ einhalten. Damit wird sichergestellt, dass weder die Nutzenden des eigenen Gebäudes noch die Nachbarn durch die Anlage gestört werden. Die Lärm- und Schallschutzanforderungen können nicht generalisiert werden, da sie vom jeweiligen Objekt sowie der Platzierung zu anderen Gebäuden abhängig ist.

Richtwerte

Die nachfolgende Tabelle zeigt exemplarisch für die Lärmschutzanforderungen an Zonen mit Empfindlichkeitsstufe ES II in der Stadt Zürich als Richtwert, wie viel Abstand die lärmverursachenden Elemente einer Anlage vom nächsten kritischen Raum bzw. von dessen Fenster ohne Schallschutzmassnahmen haben müssen. Diese Mindestabstände können durch Lärmschutzmassnahmen in den meisten Fällen reduziert werden (vgl. Optionen weiter unten).

Heizleistung	Richtwerte: Mindestabstand bei max. zulässigem SchalleLeistungspegel	Richtwerte: Mindestabstand bei leisen Geräten der jeweiligen Kategorie
Innenanlagen⁷⁸		
≤ 10 kW	L _{WA} ≤ 59 dB(A) 11 bis 22 m	L _{WA} ≤ 49 dB(A) 3.5 bis 7 m
10 bis 15 kW	L _{WA} ≤ 59 dB(A) 11 bis 22 m	L _{WA} ≤ 50 dB(A) 4 bis 8 m
15 bis 20 kW	L _{WA} ≤ 60 dB(A) 12.5 bis 25 m	L _{WA} ≤ 58 dB(A) 10 bis 20 m
> 20 kW	L _{WA} ≤ 66 dB(A) 25 –50 m	L _{WA} ≤ 61 dB(A) 14 bis 28 m
Aussenanlagen / Splitgeräte		
≤ 10 kW	L _{WA} ≤ 59 dB(A) 11 bis 22.5 m	L _{WA} ≤ 52 dB(A) 5 bis 10 m
10 bis 15 kW	L _{WA} ≤ 61 dB(A) 14 bis 28 m	L _{WA} ≤ 54 dB(A) 6.5 bis 12.5 m
15 bis 20 kW	L _{WA} ≤ 63 dB(A) 18 bis 35.5 m	L _{WA} ≤ 54 dB(A) 6.5 bis 12.5 m
> 20 kW	L _{WA} ≤ 66 dB(A) 25 bis 50 m	L _{WA} ≤ 58 dB(A) 10 bis 20 m

Tabelle 10: Richtwerte Mindestabstände der Wärmepumpe zum kritischen Fenster / Raum ohne Schallschutzmassnahmen; eigene Abstandsberechnungen anhand von Herstellerangaben. Achtung: Die Richtwerte versprechen keine Planungssicherheit.

Die Mindestabstände gelten auch für kritische Räume des «eigenen» Gebäudes.

Bei Innenanlagen gilt, wie das die Tabelle 2 zeigt, dass die notwendigen Abstände kritischer Fenster von den Luftein- und -auslässen pro Leistungsstufe tendenziell geringer sind

⁷⁷ Der Lärmschutz betrifft die Ausbreitung von Geräuschen im Freien, der Schallschutz die Ausbreitung von Geräuschen im Gebäude.

⁷⁸ In Innenräumen können Schallschutzmassnahmen einfacher als bei Aussenanlagen ergriffen werden. Aber aufgrund der Platzverhältnisse und der hohen Luftvolumenströme (Druckverlust) sind erfahrungsgemäss insbesondere im Bestand häufig auch bei Innenanlagen knifflige Herausforderungen zu bewältigen.

als in der obigen Tabelle für die Ausseneinheiten. Bei Innenanlagen können die Abstände mit Schalldämpfern in den Lüftungskanälen stark reduziert werden. Wichtig ist zu betonen, dass in den meisten Fällen Schalldämmkulissen eingebaut werden und viele aussen aufgestellte Anlagen mit Schallhutzen ausgestattet sind, um den Schalleistungspegel zu reduzieren. Dadurch werden zugleich auch die geforderten Abstände zu kritischen Fenstern / Räumen verringert.

Beizug von Akustiker/innen

Wenn die in Tabelle 8 angegebenen Abstände nicht eindeutig eingehalten werden können, sollte frühzeitig ein/e Akustiker/in für eine Einschätzung beigezogen werden. Dadurch wird verhindert, dass die Option Luft-Wasser-Wärmepumpe aufgrund von Vorbehalten in Bezug auf die Lärmschutzanforderungen unnötig verworfen wird. Zudem können unliebsame Überraschungen bei der Eingabe des Baugesuchs vermieden werden.

Die Schallschutzanforderungen im Gebäudeinnern können in der Regel eingehalten werden, wenn die Wärmepumpe gemäss Herstellervorgaben aufgestellt und montiert wird. Wird eine grössere Luft-Wasser-Wärmepumpe (ab 20 kW) direkt unter Wohnräumen aufgestellt, sollte ein/e Akustiker/in beigezogen werden, um allfällige Massnahmen zu definieren.

Optionen zur Verminderung der Lärm- und Schallemissionen

- Einsatz von mehreren kleinen Geräten statt einem grossen. Solche Kaskadenlösungen sind mit einem grösseren baulichen und finanziellen Aufwand verbunden, weisen aber eine höhere Betriebssicherheit auf.
- Die Wahl eines lärmärmeren, aber teureren Geräts.
- Zusätzlich können bauliche Massnahmen zur Dezibel-Reduktion beitragen. Mögliche Massnahmen sind Schopfaufstellung der Wärmepumpe, Abdeckung⁷⁹, Einsatz eines Schalldämpfers, Wahl eines Modells mit Schalldämmhutzen (bei Aussenaufstellung) oder Lösung der Problematik Körperschall beispielsweise durch eine Platzierung auf dem Flachdach oder Dachboden. Eine Körperschallentkopplung ist aber nicht in jedem Fall möglich, weshalb die Akustik-Planung essentiell ist.

Elektroanschluss

Luft-Wasser-Wärmepumpen brauchen in der Regel einen 3 x 400 Volt Anschluss mit einer eigenen Sicherung, plus einer separaten Sicherung für die Steuerung und den Elektroein-
satz im Warmwasser-Erwärmer. Es muss geprüft werden,

- ob der bestehende **Hausanschluss** (HAK) genügend Leistung hat, um den zusätzlichen Bedarf der Wärmepumpe zu decken. Bei ewz kann über netzkundenanliegen@ewz.ch angefragt werden, welche Leistung aktuell abonniert ist und wie viel Leistung der Anschluss potenziell liefern kann.
- ob es sich beim **Elektrotabelleau** um eine asbesthaltige Grundplatte handelt.

⁷⁹ Die Wärmepumpe wird dadurch nicht tatsächlich leiser, die Abdeckung lässt sie aber leiser wirken. Diese Massnahme kann im Nachweis nicht so angerechnet werden.

Es ist aufgrund der hohen Komplexität essentiell, dass der/die Elektriker/in frühzeitig in die Planung miteinbezogen wird. Er/sie trifft die notwendigen Abklärungen zum Hausanschluss, den Sicherungen sowie dem Platzbedarf. Findet er/sie Asbest bei den Sicherungskästen vor, muss dieser im Rahmen einer Sanierung entfernt werden. Die zusätzlichen Kosten sind zu berücksichtigen.

Bei Fragen erteilt die Abteilung Netzkundenanliegen der EWZ Auskunft. Sie ist per Mail erreichbar unter netzkundenanliegen@ewz.ch und per Telefon unter +41 58 319 47 00

Kontrolle der Effizienz

Ideal wäre, wenn an der Anlage ein Wärmezähler und ein separater Stromzähler für die Wärmepumpe sowie ein Betriebsstundenzähler für den Elektroheizstab bei Elektroeingang montiert würden. Auf dieser Basis kann die Effizienz der Wärmepumpe im Betrieb ausgewertet werden.

In den meisten Fällen kann und muss jedoch eine ungefähre Kontrolle der Effizienz ausreichen. Diese funktioniert wie folgt: Die beratende Fachperson rechnet über eine geschätzte JAZ einen zu erwartenden Jahresstromverbrauch der Anlage aus. Diesen kann die Bauherrschaft anhand der Stromabrechnungen ungefähr überprüfen, indem der Verbrauch vor der Installation der Anlage mit dem Verbrauch nach der Installation verglichen wird. Sollte sich zeigen, dass die Anlage deutlich mehr Strom verbraucht als aufgrund dieser Einschätzung erwartet, ist eine Betriebsoptimierung durch eine Fachperson angezeigt.

8.2 Merkblatt Teil 2: Wichtige Hinweise für die Beratung

Zielpublikum von Teil 2 des Merkblatts sind in erster Linie Energieberatende. Sie werden mit dem Merkblatt über die zentralen Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt bezüglich einer zielgerichteten Beratung informiert.

Titel

Merkblatt für die Beratung von privaten Bauherrschaften im Hinblick auf einen Wechsel zu einer Wärmepumpe beim Heizungsersatz

Idealtypischer Ablauf

Die Abklärungen zum Heizungsersatz beginnen idealerweise im Sommer des Vorjahres des geplanten Ersatzes⁸⁰. Nachfolgend wird ein möglicher Ablauf aus Sicht der Bauherrschaft beschrieben. Längere Wartezeiten für Baugesuche können vorkommen. Es empfiehlt sich eine frühzeitige Planung.

	Wann	Schritt	Resultat
1	Sommer Vorjahr	Heizungsvergleich durch unabhängige Energieberatung (z. B. Energie-Coaching)	Die möglichen System-Varianten inklusive grobem Kostenvergleich und Hinweise für die Umsetzung liegen vor. Der Einsatz einer Wärmepumpe (Luft-Wasser- und/oder Sonden-Wärmepumpe) kommt in Frage und soll weiter geprüft werden.
2	Sommer Vorjahr	Ablesungen (Gaszähler oder Betriebsstundenzähler Ölbrenner) an mehreren aufeinander folgenden Tagen im Sommer zur Ermittlung des Verbrauchs für die Warmwassererwärmung. ⁸¹	Vergleich hochgerechneter Verbrauch für Warmwasserbereitstellung mit Standardverbräuchen liegt vor. Warmwasser-Verbrauch kann von Energieverbrauch (Warmwasser und Heizung) abgezogen werden.
3	Herbst Vorjahr	Kontaktaufnahme Energieberatung, Heizungsplaner/in oder Heizungsinstallateur/in mit Planungserfahrung zur Begleitung der Heizungsersatzausschreibung (Heizungsprojekt)	Berater/ Planer/in ist ausgewählt und das Vorgehen für die Ausschreibung bestimmt. Analyse und Optimierung der Vorlauftemperaturen ist besprochen.
4	Herbst bis Dezember Vorjahr	Während Heizperiode: Mehrfache Ablesung und Notierung der Vorlauf- und Aussentemperaturen durch die Bauherrschaft. Nach Möglichkeit bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt. ⁸²	Es liegen 5 bis 10 Ablesungen von Vorlauf- und Aussentemperatur vor.
5	Winter Ersatzjahr	Allenfalls Betriebsoptimierung mit Energieberatung oder Heizungsplaner/in zur Senkung der Vorlauftemperaturen.	Die Vorlauftemperaturen wurden optimiert und haben sich im Betrieb an kalten Tagen bewährt.
6	Frühling Ersatzjahr	Energieberatung oder Heizungsplaner/in: Systemvergleich mit Kostenschätzung, Einbezug Lärmfachperson (Akustiker/in) falls Lärmsituation kritisch. Nach Systemscheid: Vorschlag technische Umsetzung, Definition System (z. B. Luft-Wasser: innen, aussen, Split), Einbindung, Planung	Produkteunabhängiger Systemvergleich liegt vor, Entscheid für System durch Bauherrschaft ist gefällt. Vorschlag technische Umsetzung für ein System inkl. Bestätigung Einhaltung Lärmschutz (bei Luft-Wasser-Wärmepumpe) liegt vor.

⁸⁰ Wir gehen davon aus, dass Angaben zum Energieverbrauch der Heizung (allenfalls inkl. Warmwasser) der letzten 2 bis 4 Jahre vorliegen.

⁸¹ Bei Anlagen, die auch das Warmwasser bereitstellen, sind Informationen zum Sommerverbrauch und damit dem Verbrauch für die Warmwasserbereitstellung hilfreich. Sie können mit Standardverbräuchen (z. B. ca. 3.3 kWh/Tag und Person inkl. ca. 10 % Verluste) verglichen werden. Sollten bereits Informationen zum Sommerverbrauch vorliegen, kann dieser Schritt übersprungen werden.

⁸² Sollten bereits Ablesungen der Vorlauftemperaturen bei tiefen Aussentemperaturen vorliegen, kann dieser Schritt übersprungen werden.

	Wann	Schritt	Resultat
7	Frühling Ersatzjahr	Ausschreibung der Anlage auf Basis der Unterlagen von Energieberatung oder Heizungsplaner/in	Zwei bis drei Installationsunternehmen sind angefragt und Offerten liegen vor.
8	Frühling Ersatzjahr	Beurteilung Offerten der Installateure/innen und Auswahl Installateur/in, allenfalls unterstützt durch Energieberatung/ Heizungsplaner/in	Installationsunternehmen ist mandatiert.
9	Frühling Ersatzjahr	Baueingabe durch Heizungsplaner/in (inkl. Energienachweis, Lärmschutznachweis) allenfalls unterstützt durch Lärmfachperson	Baueingabe ist erfolgt. Dauer bis Bewilligung: 2 bis 3 Monate. Baubewilligung und Baufreigabe liegen vor.
10	Spätsommer Ersatzjahr	Installation durch Installationsfirma, Einreichen Ausführungskontrolle zum Energienachweis und Lärmschutznachweis	Anlage steht.
11	Spätsommer Ersatzjahr	Inbetriebnahme und Instruktion durch Anlagengehersteller	Anlage ist in Betrieb, Bauherrschaft wurde über die Funktionsweise informiert.
12	Herbst Ersatzjahr	Kontrolle der Einstellungen durch Heizungsplaner/in, inklusive Hinweise auf Kontrolle der Effizienz und Stellschrauben für die Betriebsoptimierung	Die Anlage ist auf Basis der Erkenntnisse zu den Vorlauftemperaturen etc. optimal eingestellt. Die Bauherrschaft weiss, wie sie selbst die Effizienz beobachten und Betriebsoptimierungen vornehmen kann.

Tabelle 11: Möglicher Ablauf von Entscheidungsprozess bis Betrieb; gelb hinterlegt: Heizungsplaner/in involviert im Rahmen des Heizungsprojekts.

Der Systemscheid basiert – soweit rationale Überlegungen dafür verantwortlich sind – auf den Informationen zu vier Themenkomplexen:

- 1 Technische Machbarkeit: Sie muss gegeben sein und ist nicht Inhalt des vorliegenden Merkblatts
- 2 Kosten: in erster Linie die Investitionskosten, in zweiter Linie die Betriebs- und Lebenszykluskosten
- 3 Bauliche Auswirkungen
- 4 Ökologische Überlegungen, insbesondere CO₂-Emissionen

Nachfolgend finden sich Hinweise zu den Punkten 2 bis 4.

Hinweise zu den Kostenschätzungen

Wir gehen davon aus, dass die Energieberater/innen oder die Installateure/innen über eigene Tools oder über das Tool Coaching Heizungsersatz der Stadt Zürich verfügen, um erste grobe Kostenvergleiche zu machen. Der Vergleich soll nebst den Investitions- auch die Lebenszykluskosten berücksichtigen. Damit wird sichtbar, dass Wärmepumpensysteme in der Anschaffung zwar häufig teurer sind als fossile Systeme, dafür aber tiefere Betriebskosten aufweisen.

Werden Kostenschätzung oder Offerten beurteilt, sollte folgendes geprüft werden: wurde abgeklärt, ob mit Zusatzkosten zu rechnen ist und wurden sie bereits berücksichtigt. Mög-

liche Zusatzkosten sind beispielsweise Asbest im Elektrotabelleau, Verstärkung des Hausanschlusses, Lärmschutzmassnahmen oder baulicher Massnahmen bei einer Innenaufstellung.

Beizug Heizungsplaner/in für Detailvergleich mit Erdsonden-Wärmepumpe

Bei Erdsonden-Wärmepumpen kann viel Geld gespart werden, wenn die Anlage genau und ohne Reservezuschläge dimensioniert wird; beispielsweise wenn weniger Sonden gebohrt werden müssen. Deshalb empfiehlt sich der Beizug eines/r Heizungsplaners/in, wenn eine Erdsonden-Lösung vertieft geprüft werden soll. Diese sind dafür ausgebildet, den Bedarf des Gebäudes im Detail zu ermitteln und Anlagen genau auf den Bedarf zu dimensionieren.

Wenn sich die Mehrkosten einer Sondenlösung gegenüber einer Luft-Wasser-Wärmepumpe durch die präzise Dimensionierung reduzieren, kommen die anderen Vorteile⁸³ einer Sondenlösung beim Entscheid stärker zum Tragen.

Fördergelder

Die Berechnung der Förderbeiträge beim Kanton Zürich ist transparent und nachvollziehbar. Auch der Ablauf der Gesuchstellung beim Kanton ist einfach. Die Stadt Zürich verlangt keine eigene Prüfung und verdoppelt die Beiträge des Kantons bei Gesuchsbewilligung.

Bauliche Auswirkungen im Keller

Die Bauherrschaften wünschen anschauliche und konkrete Informationen dazu, welche Auswirkungen die verschiedenen Systeme auf ihre Gebäude zeigen:

- Dimensionen der Luftkanäle: Im Fall einer Innenaufstellung der Wärmepumpe im Keller wird die Luft über Luftkanäle zur Anlage gebracht. Die Fortluft muss an der Fassade mindestens 2 m von der Zuluft entfernt und idealerweise an einer anderen Gebäudeseite ausgelassen werden. Der Durchmesser der Luftkanäle hängt insbesondere von der Leistung der Anlage ab. Eine 8 kW Anlage braucht eine Zuluftleitung von mindestens 40 cm Durchmesser, bei einer 13 kW Anlage sind es bereits 80 cm, bei 30 kW betragen die Aussenmasse über 1 m x 1 m.
- Für die Platzierung ist zu bedenken, dass beim Fortluftauslass kalte Luft ausgeblasen wird.
- Es soll über die Grösse aller Innengeräte gesprochen werden. Wird das Gebäude über Radiatoren beheizt, wird je nach Wärmepumpe und Hersteller zudem ein Puffer-Speicher benötigt. Allgemein empfiehlt sich bei Luft-Wasser-Wärmepumpen, unabhängig von der Wärmeabgabe, zumindest ein technischer Speicher. Diesen kann die Anlage zum Abtauen benötigen. Allenfalls werden alte Anlageteile wie beispielsweise ein Öltank ausgebaut und lassen Raum für Neunutzungen des Kellers. Konkrete Beispiele attraktiver Neunutzungen solcher Kellerräume regen die Phantasie an.⁸⁴ Ersetzte Anlageteile müssen fachgerecht entsorgt und die Ausserbetriebnahme bei den entsprechenden Stellen gemeldet werden.

⁸³ z. B. kein Gerät im Garten, Möglichkeiten des Free-Cooling im Sommer

⁸⁴ Ein Falblatt o. ä. mit guten Beispielen wäre separat zu erarbeiten.

- Auf sich verändernde Nutzungsbedingungen im Keller soll hingewiesen werden. Beispielsweise müssen neue, energieeffiziente Lösungen für die Wäschetrocknung gefunden werden, wenn bisher die Wäsche vor allem dank der Abwärme von Öl- und Gasheizungen im Keller getrocknet werden konnte.

Bauliche Auswirkungen draussen

Neben den Lärmschutzanforderungen und den effektiv zu erwartenden Geräuschen sollte die optische Erscheinung der Ausseneinheit thematisiert werden:

- Aussenmasse der Aussengeräte und Optionen für eine allenfalls erwünschte Kaschierung des Aussengeräts.⁸⁵
- Die baulichen Massnahmen sowie deren Dauer und Auswirkungen müssen sowohl bei Luft-Wasser-Wärmepumpen als auch bei Sonden-Bohrungen explizit angesprochen werden:
 - Umfang der baulichen Eingriffe (z. B. Linienführung Verbindung von Ausseneinheit zu Keller, Umgebungsarbeiten und -anpassungen, Kernbohrungen für Leitungen durch ein Mauerwerk hindurch)
 - Dauer und Kosten des Bewilligungsverfahrens (für aussen aufgestellte Luft-Wasser-Wärmepumpen: 2 bis 3 Monate)
 - Dauer der baulichen Eingriffe
 - Konsequenzen für den Garten durch die Bauarbeiten (besonders relevant bei Sondenbohrungen) und durch allfällige Leitungen im Boden. Hinweise auf die Kosten für die Wiederinstandsetzung der Umgebung.

Vergleiche der Treibhausgasemissionen

Die Berechnung der Treibhausgasemissionen der verschiedenen Systeme sollte Teil der Beratung sein. Studien zeigen, dass ökologische Überlegungen das wichtigste Argument für die Wahl eines Heizsystems auf Basis von erneuerbaren Energieträgern sind. Für einfache Berechnungen bietet sich der Heizkostenvergleichsrechner an, welcher von EnergieSchweiz im Rahmen des Programms «erneuerbar heizen» entwickelt wurde⁸⁶. Den Energie-Coachs steht das Tool «Coaching Heizungsersatz» zur Verfügung. Die beratenden Fachpersonen können eigene Berechnungstools verwenden, sollten die getroffenen Annahmen und Grundlagen jedoch dokumentieren können.

In Zürich⁸⁷ schneidet eine Luft-Wasser-Wärmepumpe bezüglich Treibhausgasemissionen und Bedarf an nicht-erneuerbarer Primärenergie immer besser ab als eine fossile Lösung.

⁸⁵ Illustrationen zu Aussengeräten finden sich z. B. in der Studie «Integration von Luft/Wasser-Wärmepumpen im städtischen Kontext», FHNW 2018 oder «Städtevergleich: aktuelle Bewilligungspraxis von Luft-Wasser-Wärmepumpen und Optimierungsmöglichkeiten für den Kanton Basel-Stadt», Energie Zukunft Schweiz 2018.

⁸⁶ <https://www.erneuerbarheizen.ch/heizkostenrechner/> (Stand 27.5.2020).

⁸⁷ In der Stadt Zürich liefert die ewz all ihren Endkunden 100 % erneuerbaren Strom.

9 Ausblick

Die technischen Fortschritte machen die Luft-Wasser-Wärmepumpe sowohl finanziell als auch ökologisch attraktiver; auch in Fällen, bei denen die Vorlauftemperatur aufgrund des bisherigen Heizsystems bzw. Baustandards hoch ist. In Anbetracht des fortschreitenden Klimawandels und des daraus insbesondere im städtischen Bereich resultierenden Kühlbedarfs wird das Thema der Gebäudekühlung immer wichtiger. Hier kann die Luft-Wasser-Wärmepumpe einen Beitrag leisten.

Bei einer aktiven Kühlung wird der Verdichter der Wärmepumpe weiterhin verwendet und einfach die Arbeitsrichtung umkehrt. Die Wärme wird nicht mehr der Umgebungsluft entzogen, sondern der Innenluft. Radiatoren sind allerdings für die Kühlung mit Wärmepumpen ungeeignet. Mit ihnen ist nur eine beschränkte Übertragung der kühlen Raumluft möglich und es besteht das Problem der Kondenswasserbildung. Geeignet sind hingegen die Fussbodenheizungen, Wandflächenheizungen und die Gebläseheizungen. Die Lärmfrage stellt sich im Sommer gleich wie im Winter.

Anhang

A-1 Weiterführende Hinweise zur Geräteauswahl

Neben den in Kapitel 2 «Wärmepumpe: Geräteauswahl» erwähnten Kennzahlen sollten bei der Planung auch folgende Themen bedacht werden:

A-1.1 Invertergesteuerte Wärmepumpen

Es werden vermehrt invertergesteuerte Wärmepumpen auf dem Markt angeboten. Wärmepumpen mit Inverter können ihre Heizleistung dem Bedarf entsprechend modulieren. Produkte ohne Inverter arbeiten nur in einem ON/OFF-Modus.

Wärmepumpen werden so ausgelegt, dass sie auch bei tiefen Aussentemperaturen (in Zürich bei -8 °C) genug Heizleistung aufweisen um das Gebäude ohne elektrischen Heizstab zu beheizen. Das bedeutet, dass eine Wärmepumpe ohne Inverter an den meisten Tagen zu viel Heizleistung aufweist. Sie würde so genannt «takten», d. h. sich ständig ein- und wieder ausschalten.

Um die Taktrate zu senken, braucht es oft einen Pufferspeicher. Die Wärmepumpe läuft dann auf Volllast, lädt den Speicher, weil das Gebäude nicht alle Wärme benötigt, schaltet danach ab und die Wärme für die Heizung wird anschliessend aus dem Pufferspeicher entnommen.

Inverter-gesteuerte Wärmepumpen sind geeignet, um bei nicht überdurchschnittlich kalten Aussentemperaturen die Schallwerte möglichst tief zu halten. Denn sie laufen dann nur auf Teillastbetrieb. Zudem sind sie langlebiger, weil die Wärmepumpe seltener oft unter Volllast läuft als bei einem ON/OFF-System.

A-1.2 Kältemittel

Die heute gebräuchlichsten Kältemittel in Luft-Wasser-Wärmepumpen weisen relativ hohe Global-Warming-Potential-Werte⁸⁸ (GWP) auf. Die neue Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV) wird zu einer Umstellung der verwendeten Kältemittel führen.

Als synthetische Kältemittel wird aktuell die Gruppe der Hydrofluorolefine (HFOs) zur Marktreife entwickelt. Daneben existieren natürliche Kältemittel, die viel tiefere GWP-Werte aufweisen. Die meisten dieser Kältemittel sind jedoch leicht bis stark brennbar oder nur beschränkt einsetzbar.⁸⁹ So wird beispielsweise Propan (R290) bisher nur vereinzelt

⁸⁸ Global-Warming-Potential = Treibhausgaspotential. Dies ist ein Mass dafür, wie klimaschädlich ein Gas ist.

⁸⁹ Interstaatliche Hochschule für Technik Buch NTB (2019): Ausblick auf mögliche Entwicklungen von Wärmepumpen-Anlagen bis 2050

eingesetzt. Da Propan brennbar ist, sind gegebenenfalls bauliche Schutzmassnahmen nötig, wenn die Wärmepumpe im Innern des Gebäudes steht.

Weist eine Wärmepumpe mehr als 3 kg Kältemittel auf, unterliegt sie einer Meldepflicht und muss periodisch auf Dichtigkeit überprüft werden. Die Wärmepumpe erhält eine Vignette und muss nach 6 und 10 Jahren durch eine Fachperson geprüft werden. Anschliessend muss die Prüfung alle 2 Jahre erfolgen.

A-1.3 Kühlung mit Wärmepumpe

Unter den MuKE 2008 (Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich 2008) und den MuKE 2014 ist die Kühlung von Wohnbauten unter gewissen Voraussetzungen⁹⁰ zulässig. Es ist davon auszugehen, dass mittelfristig das Bedürfnis nach Kühlung in Wohnbauten auf Grund der wärmeren Sommer steigen wird.

Der Einsatz von Luft-Wasser-Wärmepumpen, die auch Kühlen können, sind in der Gesamtbetrachtung gegenüber dezentralen Klimageräten vorzuziehen, weil sie effizienter sind. Eine Kühlung mit einer reversiblen Luft-Wasser-Wärmepumpe (Heizen und Kühlen) ist nur möglich bei Objekten mit Flächenheizungen, d. h. mit Fussboden-, Decken- oder Wandheizung.

Über Radiatoren ist eine Kühlung wegen dem geringen Nutzen nicht empfehlenswert. Wegen der Gefahr von Kondenswasser können bei diesem Kälteabgabesystem keine tiefen Temperaturen erreicht werden. Falls mit der Wärmepumpe auch gekühlt werden soll, muss die Effizienz der Wärmepumpe im Kühlfall bei den Berechnungen zur Effizienz berücksichtigt werden.

A-1.4 Smart-Grid-Ready

Insbesondere wenn nebst einer Luft-Wasser-Wärmepumpe eine PV-Anlage installiert wird oder geplant ist, sollte eine Wärmepumpe gewählt werden, die das Smart-Grid-Ready-Label trägt. Das Label versichert, dass die Wärmepumpe die nötigen Schnittstellen aufweist, um in ein (kleines) Smart-Grid-System integriert zu werden.

A-1.5 Wärmepumpen-Systemmodul

Das Wärmepumpen-Systemmodul (WPSM) ist ein Schweizer Standard für die Planung und Erstellung von Wärmepumpenanlagen. Er umfasst Anlagen bis circa 15 kW Heizleistung.

⁹⁰ MuKE 2008: Liegt die spezifische elektrische Leistung zur Kälteerzeugung $\leq 7 \text{ W/m}^2$ klimatisierter Fläche (für Neubauten), bzw. $\leq 12 \text{ W/m}^2$ (für Altbauten), darf gekühlt werden - sofern ein automatisch gesteuerter Sonnenschutz vorhanden ist. Liegt die elektrische Leistung höher als diese Grenzwerte, muss die Kälteerzeugung technische Anforderungen erfüllen und die Wärmespeicherfähigkeit der Räume muss überprüft werden.

Wichtige Anforderungen dieses Labels sind:

- die Wärmepumpe muss Minimalanforderungen bezüglich COP erfüllen
- die Anlage besteht aus aufeinander abgestimmten Komponenten
- es gibt einen Anlagenordner und eine Nachkontrolle nach 2 Jahren.

Wie jeder Standard kann WPSM dazu beitragen, dass Vertrauen in die entsprechenden Produkte zu steigern, da Qualitätsmindestmasse eingehalten werden müssen.

A-2 Sinnvolle Effizienzkriterien für die Erstberatung

Der UGZ hat zuhanden des Projekts die Frage aufgeworfen, welche Kriterien in der Kommunikation mit Bauherrschaften in Erstberatungen geeignet sind. Als Varianten genannt wurden vom UGZ:

- SCOP, spezifische Normheizlast und maximale Vorlauftemperatur, wie im OKI-Merkblatt von 2015
- SCOP und GEAK-Klasse
- SCOP und JAZ

A-2.1 Empfehlung: Vorlauftemperatur und SCOP

Das Projektteam empfiehlt die Vorlauftemperatur und den SCOP als Ausgangskriterien. Die Vorlauftemperatur, also eine gebäudeseitige Variable, ist ein Hauptkriterium dafür, wie effizient eine Wärmepumpe im Betrieb läuft. Deshalb gilt es in der Erstberatung

- herauszufinden, was bisher die benötigten Vorlauftemperaturen bei tiefen Aussentemperaturen waren und
- zu klären, ob die bisherigen Vorlauftemperaturen dem effektiven Bedarf entsprochen haben oder allenfalls die Heizkurve (respektive Vorlauftemperatur) zu hoch eingestellt war.

Daraus lässt sich eine Einschätzung zur effektiv benötigten Vorlauftemperatur im aktuellen Gebäudezustand machen. Zudem kann für eine frühe Erstberatung die Minimalanforderung an den SCOP-Wert der FHNW-Studie von 2018⁹¹ als Anhaltspunkt dienen. Damit könnte – über den bisherigen Energieverbrauch – bei der entsprechenden Vorlauftemperatur der zukünftig zu erwartende Stromverbrauch abgeschätzt werden. Die Bauherrschaften sind häufig interessiert an den zu erwartenden Energiekosten.

Wird der SCOP in Erstberatungen verwendet, stellen sich folgende Herausforderungen:

- Es muss sichergestellt sein, dass die Warmwasser-Erwärmung ebenfalls in die Prognose des zukünftigen Energieverbrauchs einfließt. Dies unabhängig davon, wie das Warmwasser bisher bereitgestellt wurde.
- Die SCOP-Werte des «mittleren Klimas» gemäss Definition in der Berechnungs-Norm liegen für die Schweiz eher etwas zu hoch. Um das mittlere Klima zu modellieren, wurde für die DIN-Norm Strassburg als Modell genommen. Die Temperaturen im Schweizer Mittelland liegen etwas tiefer als in Strassburg. Für ein realistisches Bild müsste daher der Stromverbrauch bei einem gegebenen SCOP tendenziell nach oben korrigiert werden.

⁹¹ Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW (2018): Integration von Luft-Wasser-Wärmepumpen im städtischen Kontext, 8.11.2018

Alternativ könnten für eine Einschätzung des zukünftigen Energieverbrauchs JAZ-Zahlen aus Feldmessungen verwendet werden. So hat beispielsweise die Hochschule für Technik in Buchs (NTB 2019a) folgende gemessenen durchschnittlichen JAZ-Werte für das Jahr 2018 publiziert.

— Sanierung mit Vorlauf-Temperaturen von 40 bis 45 °C: JAZ = 3.1

— Altbau mit Vorlauf-Temperaturen von 50 bis 55 °C: JAZ = 2.8

Diese Zahlen beziehen sich nur auf Luft-Wasser-Wärmepumpen, die Heizung und Warmwasser bereitstellen.

A-2.2 Nicht geeignet

Die folgenden Beurteilungsgrössen betrachten wir für die Planung und für die Kommunikation als **nicht** sinnvoll:

A-2.2.1 GEAK-Klasse

Die Vorlauftemperatur lässt sich weder über die GEAK-Klasse «Effizienz Gebäudehülle» noch über die «Effizienz Gesamtenergie» sinnvoll abschätzen. Die GEAK-Berechnungen sind anfällig für Ungenauigkeiten⁹² und für zu optimistische Optimierungen. Wir erachten es als sinnvoller, sich auf klar definierte SIA-Berechnungen zu stützen.

A-2.2.2 Maximaler Nutzenergiebedarf

Der maximale spezifische Nutzenergiebedarf in kWh pro m² EBF im Jahr ergibt sich aus dem Heizwärmebedarf Q_H und dem Bedarf für das Warmwasser Q_{WW} . SIA hat für alle Gebäudekategorien ein typisches Q_{WW} definiert und es ist in den Berechnungen nicht beeinflussbar.

Der Heizwärmebedarf Q_H wird mit einem Systemnachweis gemäss SIA 380/1 mit einer Raumtemperatur von 20 °C berechnet. Daraus lässt sich nicht direkt eine Vorlauftemperatur abschätzen, da diese auch davon abhängig ist, ob und wie grosse Flächenheizungen vorhanden sind oder ob mit kleinen/grossen Heizkörpern geheizt wird. Zudem bedeutet die Berechnung eines Systemnachweises einen grossen Aufwand, wenn es nur um einen Heizungersatz geht.

A-2.2.3 Maximaler Leistungsbedarf pro m² EBF

Diese Grösse lässt sich aus unserer Sicht auf zwei Arten bestimmen:

- 1 Raumweise Normheizlast gemäss SIA 384.201: diese Grösse wird bei Neubauten berechnet sowie auch bei Sanierungen, wenn Wärmeverteilsysteme (Flächenheizungen oder Heizkörper) verändert werden. Daraus lässt sich in Abhängigkeit vom Wärmeverteilsystem eine Vorlauftemperatur berechnen.

⁹² z. B. Gebäudewizard: Online-Tool des GEAKs, das eine (stark) vereinfachte Berechnung der Gebäudehülle erlaubt.

Bei einem Heizungsersatz ohne Gebäudehüllen-Sanierung wird jedoch üblicherweise auf eine Berechnung nach SIA 384.201 verzichtet und die Vorlauftemperaturen werden nicht berechnet. Die Berechnung der Normheizlast setzt Angaben über die Gebäudehülle voraus, die oft nicht vorliegen.

- 2 Vereinfacht lässt sich die Heizlast abschätzen, indem die **Heizleistung** durch die **EBF (Energiebezugsfläche)** dividiert wird. Damit erhält man einen gemittelten Wert über alle Räume.
 - a. Die EBF lässt sich für jedes Gebäude relativ einfach ermitteln. Allerdings umfasst die EBF auch unbeheizte Flächen wie z. B. Treppenhäuser oder Réduits. Dies würde bedeuten, dass die eigentliche Heizlast pro m² der beheizten Flächen höher ist als über die EBF berechnet.
 - b. Die Heizleistung kann mit einer groben Flächenberechnung der relevanten Bauteile (Aussenwand, Fenster, Dach, Kellerdecke, etc.) und den dazu geschätzten U-Werten abgeschätzt werden. Weiter muss noch der Warmwasserverbrauch gemäss Nutzungsart berücksichtigt werden.

Allerdings muss in Eckräumen die Vorlauftemperatur oft höher sein als in den übrigen Räumen. Die von der Heizung bereitgestellte Vorlauftemperatur und damit die notwendige Heizleistung muss auf diese Räume angepasst sein. Dadurch kann der effektive Leistungsbedarf deutlich vom durchschnittlichen Bedarf abweichen. Deshalb sehen wir die Verwendung der durchschnittlichen Heizleistung als Kennzahl nicht als zielführend an.

A-2.2.4 Berechnete JAZ

Die Jahresarbeitszahl lässt sich, wie in Kapitel 2.1.2 «Ausführungen zur Jahresarbeitszahl JAZ» beschrieben, nur schwer im Voraus bestimmen. Eine anzustrebende JAZ kann hingegen als Zielgrösse dienen. Es wäre wichtig, dass die JAZ in den ersten Betriebsjahren und dann periodisch berechnet und mit den Erwartungen verglichen wird.

A-3 Fallstudie Nr. 1

A-3.1 Kennzahlen

Gebäudekategorie	EFH, einseitig angebaut
Anzahl Wohnungen:	1
Baujahr:	1937
Energiebezugsfläche:	140 m ²
Wärmeabgabe:	Radiatoren
Heizwärmebedarf:	128 kWh/m ²
Baukulturelle Auflagen:	Ja, Gebäude und Garten unter Schutz.
Altes Heizsystem:	Ölfeuerung
Baujahr Heizung:	1994
Leistung:	17 kW
Warmwassererzeugung	ganzjährig an Ölheizung gekoppelt
Baujahr Warmwassererzeugung	1994

Tabelle 12: Kennzahlen Fallstudie Nr. 1

A-3.2 Ausgangslage



Abbildung 18: Fallstudie Nr. 1

Die Liegenschaft wurde 1937 als Doppel-Einfamilienhaus erbaut und befindet sich im Inventar der kunst- und kulturhistorischen Schutzobjekte der Stadt Zürich.

Die Fassade ist ungedämmt mit dem Baujahr entsprechend hohen Energieverlusten. Das gesamte Pultdach sowie der Estrichboden wurden 2001 modernisiert und umfassend gedämmt. Die Holzfenster bestehen aus 2-fach-Wärmeschutzverglasungen aus den Jahren 2001

und 2008 sowie 3-fach-Wärmeschutzverglasungen aus dem Jahr 2018. Der Keller ist teilbeheizt. Die beheizten Räume sind energetisch gesehen ungenügend von den unbeheizten Räumen abgetrennt.

Das Gebäude wird über eine Ölheizung mit 17 kW Heizleistung aus dem Jahr 1994 beheizt. Das Brauchwarmwasser wird ganzjährig mit der Heizung bereitgestellt. Die Bausubstanz der Gebäudehülle ist in einem guten Zustand.

Vorlauftemperaturen

Die Ablesung der Datenlogger für die Vorlauftemperaturen erfolgte durch die Bauherrschaft. Der Messfühler war jedoch suboptimal montiert, weshalb von einer ungenauen Angabe ausgegangen werden muss. Ermittelt wurden circa 55 °C Vorlauftemperatur bei -8 °C Aussentemperatur bzw. circa 50 °C Vorlauf bei 0 °C Aussentemperatur.

Empfehlungen aus dem Heizsystemvergleich

Die Ölheizung hat ihre Lebensdauer erreicht und muss in absehbarer Zeit ersetzt werden. Der Liegenschaftsbesitzer hat bei drei Installateuren eine Offerte für einen Heizungsersatz angefordert. Er machte keine Vorgaben zur Technologie oder dem Energieträger. Teilweise wurden die Offerten ohne eine Besichtigung des Gebäudes und ohne mit der Bauherrschaft zu sprechen erstellt. Zwei Installateure haben eine Luft-Wasser-Wärmepumpe offeriert, ein Installateur eine Ölheizung.

Da die Bauherrschaft verunsichert war und die Offerten nicht vergleichen konnte, hat er einen Heizsystemvergleich durch einen Energie-Coach der Stadt Zürich erstellen lassen. Auf Basis des Heizsystemvergleichs formulierte der Energie-Coach folgende Empfehlungen:

- Dämmen der Innenwände gegen unbeheizte Räume sowie Dämmen der Heizleitungen und Anbringen von Türdichtungen im Keller
- Im Zusammenhang mit dem Heizungsersatz sollte die Kellerdecke im Heizungsraum umfassend gedämmt werden.
- Dämmung der innenliegenden Rollladenkästen
- Ersatz der Ölheizung durch eine effiziente Wärmepumpe (Luft/Wasser oder Erdsonde) und Prüfung einer Vergrösserung der Heizkörper.

Die Bauherrschaft hat sich auf dieser Basis entschieden, die Variante mit Luft-Wasser-Wärmepumpe vertieft prüfen zu lassen.

A-3.3 Spezifische Herausforderungen

Die Wohnsiedlung, in welcher sich das EFH befindet, wurde in Anlehnung an das Gartenstadtmodell errichtet. Die Gebäude und Gartenanlagen befinden sich unter Schutz.

Bei den Abklärungen zu den Lärmschutzanforderungen für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe zeigte sich, dass trotz der Doppel-Einfamilienhaus-Situation eine Aussenaufstellung möglich wäre. Die gemäss diesen Abklärungen bewilligungsfähigen Standorte hätten sich auf der Nordostseite neben dem Eingang befunden. Ein Standort wäre unter dem Küchenfenster, der andere schräg unterhalb des Toiletten-Fensters gewesen.

Der Energiecoach wies darauf hin, dass im Zusammenhang mit der neuen Heizung Anpassungen an den Installationen im Decken- und evtl. Wandbereich notwendig werden. Diese müssten mit der empfohlenen Dämmung der Kellerdecke koordiniert werden.

A-3.4 Gewähltes System

Die Bauherrschaft hat sich auf Basis der Beratung für eine Erdsonden-Lösung entschieden. Die Berechnungen auf Grundlage der Messung der Vor- und Rücklauftemperaturen im Winter 2018/2019 hatten ergeben, dass eine einzelne, relativ kurze Sonde als Wärmequelle für eine Wärmepumpe ausreicht. Beim Vergleich von Luft-Wasser-Wärmepumpe zur Sondenlösung fiel auf, dass die Sonde nur wenig (gemäss Bauherrschaft rund 10 %) teurer würde als die Luft-Wasser-Wärmepumpe. Dies hatte unter anderem damit zu tun, dass für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe eine Verstärkung des Elektroanschlusses nötig geworden wäre. Dank der Lösung mit nur einer Sonde kann darauf verzichtet werden⁹³. Anpassungen am Elektroanschluss wären auch wegen dem alten, asbestbelasteten Elektrotabelleau kostspielig geworden.

Bei einer Luft-Wasser-Wärmepumpe schätzte die Bauherrschaft zudem das Risiko für Lärmreklamationen durch die Nachbarn als hoch ein und hatte ästhetische Vorbehalte gegenüber der Aufstellung neben dem Hauseingang.

A-3.5 Empfehlungen aus Sicht Bauherrschaft

Erkenntnisse aus dem Leitfadengestützten Interview mit der Bauherrschaft:

- Wenn man ohne genauere Vorstellungen bei Unternehmern Offerten für Luft-Wasser-Wärmepumpenlösungen bestellt, erhält man unterschiedliche, schwer vergleichbare Offerten.
- Auch wenn die Anbieter technisch kompetent sind, sind sie mit den Ansprüchen der lokalen Bewilligungsbehörde nicht vertraut – insbesondere wenn es Anbieter von ausserhalb des Kantons sind.
- Die Furcht vor reklamierenden Nachbarn bei einer aussen aufgestellten Luft-Wasser-Wärmepumpe reduziert die Attraktivität dieser Lösung stark – auch wenn die Anlage allenfalls bewilligungsfähig wäre.
- Hinzu kommt die Furcht vor schwierigen Verhandlungen mit der Bewilligungsbehörde – insbesondere weil es sich um eine Siedlung unter Denkmalschutz handelt.
- Der Heizungsplaner konnte die Vor- und Nachteile inklusive der Risiken von verschiedenen Systemen abschätzen und aufzeigen. Dabei werden auch Bewilligungsrisiken und Zusatzkosten wie für den Elektroanschluss einbezogen. Dies ermöglichte, nochmals einen Schritt zurück zu treten, und zwar die etwas teurere aber einfachere Lösung zu erkennen.
- Die Bauherrschaft ist erstaunt, dass auch ein Bewilligungsverfahren, das als «abgekürztes Verfahren» bezeichnete wird, 2.5 Monate dauert.

⁹³ Für die Sonde reicht der bestehende 230 Volt-Anschluss. Für die Lösung mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe hätte es einen dreimal 400 Volt-Anschluss gebraucht.

Empfehlung der Bauherrschaft

- Eine unabhängige Beratung als Einstieg und für die Beurteilung von Offerten in Anspruch nehmen. Das ermöglicht erst eine kompetente Bestellung und Beurteilung und spart Zeit.
- Die Bewilligungsverfahren sollten beschleunigt werden, insbesondere wenn im gleichen Quartier bereits mehrere Bohrungen durchgeführt wurden, ist es nicht verständlich, weshalb der Prozess so lange dauert.

A-3.6 Erkenntnisse aus der Fallstudienbegleitung

Wenn Erdsonden-Bohrungen möglich sind, ist es in gewissen Fällen – mit tiefem Leistungsbedarf – günstiger, eine Erdsonden-Wärmepumpe zu erstellen. Dadurch entfallen die Kosten für die Verstärkung des Elektroanschlusses und/oder heikle Anpassungen an einem asbesthaltigen Elektrotabelleau.

A-4 Fallstudie Nr. 2

A-4.1 Kennzahlen

Gebäudekategorie	EFH, einseitig angebaut
Anzahl Wohnungen:	1
Baujahr:	1925, Anbau 2014
Energiebezugsfläche:	303 m ²
Wärmeabgabe:	Radiatoren, Im Anbau Fussbodenheizung
Heizwärmebedarf:	69 kWh/m ²
Baukulturelle Auflagen:	nein
Heizsystem	Gasfeuerung kondensierend
Baujahr Heizung:	1996
Leistung:	21 kW
Warmwassererzeugung:	Elektroboiler
Baujahr Warmwassererzeugung	1996

Tabelle 13: Kennzahlen Fallstudie Nr. 2

A-4.2 Ausgangslage



Abbildung 19: Fallstudie Nr. 2

Das zweigeschossige Doppelhaus wurde 1925 erbaut und 2014 mit einem Anbau erweitert.

Im ursprünglichen Teil von 1925 sind die Fassaden ungedämmt mit dem Baujahr entsprechend hohen Energieverlusten. Das Steildach ist mit 12 cm zwischen den Sparren gedämmt. Die Holzfenster im Altbau bestehen aus 2-fach-Wärme-schutzverglasungen aus dem Jahr 1996.

Im Jahr 2014 wurde das Unter- sowie Erdgeschoss mit einem Anbau mit Flachdach erweitert und die Energiebezugsfläche damit um circa 120 m² vergrößert. Der Anbau erfüllt die aktuell gültigen Energievorschriften; die Bauteile sind entsprechen gut gedämmt.

Das Gebäude wird über eine kondensierende Gasheizung mit 21 kW Heizleistung aus dem Jahr 1996 beheizt. Das Brauchwarmwasser wird mit einem Elektroboiler bereitgestellt. Das Gebäude ist grundsätzlich energetisch in einem guten Zustand.

Vorlauftemperaturen

Die Vorlauftemperaturen wurden von der Bauherrschaft am installierten Datenlogger abgelesen. Der Fühler war jedoch nicht unter der Dämmung platziert, was die Messung ungenau macht. Es wurde eine Vorlauftemperatur von 54 °C bei -8 °C Aussentemperatur ermittelt und 49 °C bei 0 °C Aussentemperatur.

Empfehlungen aus dem Heizsystemvergleich

Die Liegenschaft befindet sich im Gasrückzugsgebiet Zürich-Nord, das eine etappenweise Stilllegung der Erdgas-Leitungen im Fernwärmegebiet Zürich-Nord bis 2021 vorsieht. Deshalb muss ein Ersatz für die bestehende Erdgasheizung gefunden werden.

Die Liegenschaft befindet sich im Prioritätsgebiet Fernwärme. Ein Anschluss an die Fernwärme kann allerdings auf Grund der notwendigen Anschlusslänge nicht wirtschaftlich betrieben werden. Daher steht diese Option der Bauherrschaft nicht zur Verfügung.

Auf Grund der engen Platzverhältnisse und der dichten Bebauungsstruktur hatte die Bauherrschaft wegen möglichen Lärmemissionen starke Vorbehalte gegenüber einer Luft-Wasser-Wärmepumpe. In der Nachbarschaft haben sich einige Bauherren für eine Lösung mit Flüssiggas entschieden, weshalb auch diese Option im Gespräch war und abgeklärt wurde.

Am Standort sind Erdsonden-Bohrungen zulässig.

Um die Möglichkeiten und Alternativen zu Flüssiggas abzuklären, hat die Bauherrschaft einen Heizsystemvergleich durch einen Energie-Coach der Stadt Zürich erstellen lassen. Auf Basis des Heizsystemvergleichs formulierte der Energie-Coach folgende Empfehlungen:

- Möglichkeiten einer Gemeinschaftslösung mit der Nachbarschaft abklären
- Ersatz der Gasheizung durch eine Luft-Wasser-Wärmepumpe
- Installation von Thermostaten an den Radiatoren
- Prüfung einer Vergrößerung der Wärmeabgabeflächen (Vergrößerung Radiatoren, evtl. zusätzliche Radiatoren) im Altbau.

Die Bauherrschaft hat sich auf dieser Basis entschieden, die Lösung mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe vertieft prüfen zu lassen.

A-4.3 Spezifische Herausforderungen

Mit dem Anbau wurde die maximal mögliche Ausnützung der Parzelle realisiert. Der Raum für die Bohrung allfälliger Erdsonden oder die Platzierung einer Wärmepumpe im Aussenbereich ist damit stark eingeschränkt. Für Bohrungen gibt es vor Ort eine Längenbeschränkung auf 175 m.

Wegen der engen Platzverhältnisse und der dichten Bebauung in der Umgebung war es für den Energie-Coach und für die Bauherrschaft schwierig in einer frühen Phase abzuschätzen, ob die Lärmemissionen einer Luft-Wasser-Wärmepumpe eingehalten werden können.

Bei den vertieften Abklärungen zu den Lärmschutzanforderungen für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe zeigte sich, dass es kaum möglich war, einen Standort zu finden, welcher sich sowohl aus lärmtechnischer Sicht, wie auch von der Gebäudetechnik und den Vorstellungen der Bauherrschaft her als geeignet erwies. Aus lärmtechnischer Sicht wären Standorte an der Nordost- oder Südwestecke des Sitzplatzes, ein Standort bei der Strasse neben dem Containerplatz oder eine Innenaufstellung in Frage gekommen. Bei der Innenaufstellung wären die Aussenluftzufuhr und der Fortluftauslass über die Aussenwände des Untergeschosses oder über Lichtschächte erfolgt. Die Standorte beim Sitzplatz kamen aus optischen Gründen nicht in Frage. Der Standort bei der Strasse war weit vom Technikraum entfernt. Das hätte bedeutende Grabarbeiten und eine lange Leitungsführung durch das ganze Untergeschoss hindurch zur gegenüberliegenden Gebäudeseite (Position Technikraum) notwendig gemacht.

Der Elektroanschluss hätte auch für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe kein Problem dargestellt. Das Elektrotableau war neu und es musste nur eine separate Sicherung für die Wärmepumpe eingebaut werden.

A-4.4 Gewähltes System

Die Bauherrschaft entschied sich nach den vertieften Abklärungen durch den Heizungsplaner und den Lärmexperten für eine Erdsondenlösung. Für die Erdsondenlösung sprachen folgende Aspekte:

- Mit der Sonden-Lösung ist im Sommer im Anbau auch Free-Cooling möglich; d. h. es wird kaltes Heizwasser durch die Bodenheizungsrohre geführt. Die dabei aufgenommene Wärme wird an die Sondenflüssigkeit abgegeben. Vorteile dieser Lösung sind erstens die angenehm kühlen Temperaturen im Anbau im Sommer und zweitens kann mit dem Free-Cooling das Erdreich um die Sonde um bis zu 15 % regeneriert werden.
- Vor Ort darf man Sonden bis 175 m Tiefe bohren. Damit reicht im konkreten Fall eine einzige Sonde mit einer Wärmepumpe von 10 kW Leistung. Ohne Free-Cooling wäre gemäss den Berechnungen diese Auslegung knapp gewesen. Weil die Bauherrschaft das Free-Cooling wegen des zusätzlichen Sommerkomforts gewünscht hat, kann man nun davon ausgehen, dass die eine Sonde ausreichen wird. Ohne Free-Cooling hätte die Anlage 3'000.- bis 4'000.- weniger gekostet.
- Bei der Sonden-Lösung entstehen keine Schallemissionen. Eine Luft-Wasser-Wärmepumpe wäre zwar sowohl bezüglich notwendiger Leistung als auch im Hinblick auf die Schallschutzanforderungen möglich gewesen. Die Standorte für die Aufstellungen der Ausseneinheit, welche den Schallschutzanforderungen genügt hätten, wurden von der

Bauherrschaft als ungünstig beurteilt. Ein möglicher Standort wäre zu nah bei Sitzplatz gewesen, ein weiterer zu weit vom Technikraum.

A-4.5 Empfehlungen aus Sicht Bauherrschaft

Erkenntnisse aus dem Leitfaden gestützten Interview mit der Bauherrschaft

Eine unabhängige Beratung hilft, wenn die Bauherrschaft uneins ist betreffend Lösung.

Der Entscheid fiel schliesslich zwischen der günstigsten Lösung (Flüssiggas) und der teuersten (Erdsonde). Die Vorteile einer Sondenlösung gegenüber der Luft-Wasser-Wärmepumpe haben schliesslich die relativ geringen Mehrkosten überwogen:

- Im Sommer kann mit der Sondenlösung gekühlt werden
- Sie hat einen besseren Wirkungsgrad
- Die Sondenlösung ist von aussen nicht sichtbar und verursacht keine Schallemissionen.

Die durchgeführten Messungen vor Ort waren sinnvoll, weil dadurch ermittelt werden konnte, dass eine Sonde ausreichen würde.

A-4.6 Erkenntnisse aus der Fallstudienbegleitung

Auch wenn von den Schallschutzanforderungen Aufstellungen der Ausseneinheit möglich wären, nimmt die Ausseneinheit Platz ein – räumlich und optisch. Zudem wird von den Bauherrschaften gefürchtet, dass die Geräusche der Einheit, wenn auch im Schallschutzkonformen Bereich, dennoch stören.

A-5 Fallstudie Nr. 3

A-5.1 Kennzahlen

Gebäudekategorie	EFH
Anzahl Wohnungen:	1
Baujahr:	1938
Energiebezugsfläche:	122 m ²
Wärmeabgabe:	Radiatoren
Heizwärmebedarf:	167.2 kWh/m ² a
Baukulturelle Auflagen:	nein
Heizsystem	Ölheizung,
Baujahr Heizung:	1987 (Brenner 1999)
Leistung:	26 kW
Warmwassererzeugung:	ganzjährig an Heizung gekoppelt
Baujahr Warmwassererzeugung	1987 (Brenner 1999)

A-5.2 Ausgangslage



Abbildung 20: Fallstudie Nr. 3

Das freistehende, zweigeschossige Einfamilienhaus wurde 1938 erbaut und wird aktuell von einer Person bewohnt. Die Liegenschaft ist insgesamt schlecht gedämmt: Die Fassade stammt aus dem Baujahr und ist ungedämmt. Die Kellerdecke und der Estrichboden sind ebenfalls ungedämmt. Die Fenster wurden im Jahr 1998 durch zweifach Wärmeschutzverglasungen ersetzt.

Beheizt wird das Gebäude über eine konventionelle Ölheizung mit 26 kW Heizleistung aus dem Jahr 1987. Der

Brenner stammt aus dem Jahr 1999. Das Brauchwarmwasser wird ebenfalls über die Heizung bereitgestellt. Die Gesamteffizienz des Gebäudes ist als ungenügend zu beurteilen.

Vorlauftemperaturen

Über den installierten Datenlogger wurden Vorlauftemperaturen von über 60°C bei -8 °C Aussentemperatur abgelesen. Vorlauftemperaturen bei 0 °C Aussentemperatur wurden nicht ermittelt. Die Vorlauftemperaturen konnten vor dem Heizungersatz durch einfache Massnahmen mit gutem Kosten/Nutzen-Verhältnis gesenkt werden. Der Estrichboden und

die Kellerdecke werden gedämmt. Diese Massnahmen wurden durch den Familien-Architekt geplant und durchgeführt.

Empfehlungen aus dem Heizsystemvergleich

Die Bauherrschaft hat einen Heizsystemvergleich durch einen Energie-Coach der Stadt Zürich erstellen lassen. Dieser empfahl den Ersatz der Ölheizung durch eine Luft-Wasser-Wärmepumpe in Kombination mit der Dämmung des Estrichbodens und der Kellerdecke. Die Platzierung der Wärmepumpe im Garten sollte möglich sein. Alternativ wäre auch eine Erdsonden-Wärmepumpe möglich und sinnvoll. Diese könnte insbesondere für einen späteren Ersatzneubau wiederverwendet werden und ca. eine Wohnfläche von 350 m² beheizen.

A-5.3 Spezifische Herausforderungen in Fallstudie 3

- Die Dämmung von Kellerdecke und Estrichboden wurde nicht zeitnah umgesetzt und verzögerte die Installation der Luft-Wasser-Wärmepumpe bis über den Projektzeitraum hinaus.
- Lärm: Zwar sind die Nachbarn weit weg. Doch die Lärmvorschriften gelten auch für das eigene Gebäude. Somit stellte sich die Frage der Aufstellung bzw. der Schallschutzmassnahmen: Reichte eine Haube oder brauchte es Schallschutzwände.
- Die Bauherrschaft hatte ein begrenztes Interesse, sich mit den anstehenden Fragen auseinanderzusetzen.

A-5.4 Gewähltes System

Die Bauherrschaft entschied sich für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe. Im Vergleich zur ebenfalls in Betracht gezogenen Erdsondenlösung versprach eine Luft-Wasser-Wärmepumpe mehr Planungssicherheit. Im ersten Fall bestand die Gefahr, auf gespanntes Grundwasser zu stossen und das Projekt abbrechen zu müssen.

A-5.5 Empfehlungen aus Sicht Bauherrschaft

keine

A-5.6 Erkenntnisse aus der Fallstudienbegleitung 3

Die gesetzlichen Vorgaben schützen auch die Bauherrschaft bzw. Eigentümer/innen vor den potenziellen Lärmemissionen einer eigenen Luft-Wasser-Wärmepumpe. Das heisst, das selbst dann der Lärmschutz eingehalten werden muss, wenn die Bauherrschaft bzw. Eigentümer/innen die Emissionen bewusst in Kauf nehmen würden.

A-6 Fallstudie Nr. 4

A-6.1 Kennzahlen

Gebäudekategorie	EFH, einseitig angebaut
Anzahl Wohnungen:	1
Baujahr:	1907
Energiebezugsfläche:	200 m ²
Wärmeabgabe:	Radiatoren
Heizwärmebedarf:	73 kWh/m ²
Baukulturelle Auflagen:	Nein
Altes Heizsystem:	Gasheizung
Baujahr Heizung:	1999
Leistung:	18 kW
Warmwassererzeugung	Elektroboiler
Baujahr Warmwassererzeugung	k. A.

Tabelle 14: Kennzahlen Fallstudie Nr. 4

A-6.2 Ausgangslage

Das 2-geschossige Doppelhaus wurde zu Beginn des 20. Jahrhunderts erbaut. In diversen späteren Bauetappen wurde das Dach ausgebaut und gedämmt, der Wintergarten angebaut und die Gebäudehülle teilsaniert, inkl. Dämmung der Kellerdecke. Im Jahr 2019 wurden als Vorbereitung für den Heizungs-Ersatz die Fenster mit neuen 3-fach-Isolierglasfenstern ersetzt. An der Gebäudehülle wurden damit alle Elemente ausser der Fassade energetisch verbessert.

Das Gebäude wird über eine Gasheizung mit 18 kW Heizleistung aus dem Jahr 1999 beheizt. Das Brauchwarmwasser wird mit einem Elektroboiler bereitgestellt. Das Gebäude ist grundsätzlich energetisch in einem guten Zustand. Die Verbrauchsdaten mit einem Durchschnitt von circa 17'000 kWh Gas für die Heizung (exkl. Warmwasser) liegen tiefer als man in Anbetracht des Gebäudebaujahrs und den durchgeführten Sanierungen erwarten würde. Mit dem Fenster-Ersatz werden nochmals circa 10 % Energieeinsparung ermöglicht.

Vorlauftemperaturen

Die Vorlauftemperaturen wurden am Datenlogger durch die Bauherrschaft abgelesen. Auf dieser Basis wurde eine Vorlauftemperatur von 62 °C bei einer Aussentemperatur von - 8 °C ermittelt bzw. 52 °C bei 0 °C Aussentemperatur.

Der Heizungsplaner ging auf Grund der Begehung davon aus, dass die Vorlauftemperatur ohne Komforteinbussen um circa 3 °C reduziert werden kann, da die Heizkurve nach den umgesetzten Dämmmassnahmen nicht angepasst wurde.

Im Heizungsvergleich geprüfte Systeme

Die Bauherrschaft war motiviert, eine energetisch vorbildliche Lösung für den Heizungsersatz zu finden. Im Vordergrund stand dabei eine Erdsonden-Wärmepumpe. Zudem sollte insbesondere im Winter ein Teil der Wärme über einen Cheminée-Ofen erzeugt werden. Grundsätzlich wären Sonden-Bohrungen auf der Parzelle möglich. Allerdings befindet sich das Grundstück nahe an einem unterirdischen Tunnel. In einem ersten Schritt ging die Bauherrschaft davon aus, dass deshalb eine Bohrung nicht bewilligt würde.

Mit dem Heizungsvergleich wurden folgende mögliche Systeme untersucht und beurteilt:

- Ersatz mit Gas-Heizung (Variante mit 100 % Biogas statt 10 %)
- Wärmepumpe mit Aussenluft (Split-Gerät oder Aussenaufstellung)
- Wärmepumpe mit Naturwärmespeicher (Aufstellung hinter oder neben dem Haus)

Aus wirtschaftlichen und energetischen Gründen wurde empfohlen, die Variante Wärmepumpe mit Aussenluft weiter zu verfolgen. Die Lösung mit dem Naturwärmespeicher (Wasservolumen im Erdreich im Garten) wurde geprüft. Schlussendlich wurde es nicht weiterverfolgt, da die Bauherrschaft den Eindruck hatte, das Produkt sei zu wenig ausgereift und stecke in der Prototyp-Phase.

A-6.3 Spezifische Herausforderungen

Diverse Fragestellungen wurden beim Projekt aufgeworfen und diskutiert:

- Soll das Warmwasser, das bisher mit einem Elektroboiler erhitzt wurde, auch an das Heizsystem angeschlossen werden? Die Platzverhältnisse für Boiler und zusätzliche Leitungsverbindungen sind knapp. Die Verbindung von Warmwasser und Heizsystem würde zu Mehrkosten und zu einer energetisch besseren Lösung führen, weil ein separater Wärmepumpenboiler das teilbeheizte Untergeschoss abkühlen würde.
- Ist eine Sonden-Bohrung trotz vorgegebenem Abstand zum Tunnel möglich? Unter welchen Auflagen oder Bedingungen könnte eine Bewilligung erteilt werden?
- Wie weit nützt der Betrieb des Holz-Cheminée-Ofens einer Wärmepumpe, wenn im Winter damit die Spitzenlast abgedeckt wird?
- Die Genossenschafts-Wohnsiedlung in der direkten Nachbarschaft wird in den nächsten Jahren durch Neubauten ersetzt. Der genaue Zeitpunkt ist noch offen. Es bestünde allenfalls die Möglichkeit, dass sich benachbarte Gebäude an das dort geplante Wärmerversorgungssystem anschliessen. Deshalb wäre das Abwarten der Entwicklung in der Nachbarschaft eine Option, im Falle, dass die Gasheizung so lange weiterläuft.
- Die Luft-Wasser-Wärmepumpe liesse sich an mehreren Orten aufstellen: Im Garten an der Südostecke des Gebäudes wäre eine Aufstellung mit einer leisen Wärmepumpe oder mit einer Schallschutzhaube realisierbar. Eine Aufstellung an der Nordfassade unter dem Küchenfenster resp. eine Innenaufstellung wären aus Sicht des Lärmschutzes vorzuziehen.

A-6.4 Gewähltes System

Die Bauherrschaft favorisierte aus folgenden Gründen eine Sondenlösung:

- Langfristig gesehen ist es günstigste Variante
- Die Luft-Wasser-Wärmepumpe wäre zu laut
- Aus ästhetischen Gründen
- Bei Bedarf könnte in Zukunft mit einer Erdsondenlösung gekühlt werden.

Die Ausmessung der Pläne durch den Heizungsplaner zeigten, dass eine Sonde möglicherweise trotz Tunnel bewilligt werden könnte. Um die Bewilligungsfähigkeit der Sondenbohrung trotz Tunnel zu klären, wurde ein Bohrgesuch eingereicht. Dieses wurde bewilligt unter dem Vorbehalt, dass die Bohrung mit Messungen begleitet werden. Diese Messungen überprüfen, ob die Bohrung wie geplant senkrecht in den Grund führt, oder ob und wie stark der Bohrer seitlich abgedrängt wird. Die Messungen würden es erlauben, die Bohrung rechtzeitig zu stoppen, sollte sie dem Tunnel-Mindestabstand zu nahe kommen.

Die Umsetzung der von der Bauherrschaft favorisierten Lösung stellte sich damit als machbar heraus. Der bestehende 230 Volt-Elektro-Hausanschluss würde für den Betrieb einer kleinen Erdsonden-Wärmepumpe ausreichen. Die Bauherrschaft ist willens, an überdurchschnittlich kalten Wintertagen die Heizung mit dem Einfeuern des Holz-Cheminée-Ofens zu unterstützen. Durch diese Spitzenlastdeckung kann die Erdsonden-Wärmepumpe etwas kleiner dimensioniert werden. Zum Zeitpunkt des Abschlusses der Fallstudienbegleitung war noch nicht entschieden, ob auf diese Variante gesetzt wird oder ob eine grössere Wärmepumpe und eine Verstärkung des Elektrohausanschlusses realisiert werden.

A-6.5 Empfehlungen aus Sicht Bauherrschaft

Erkenntnisse aus dem Leitfaden gestützten Interview mit der Bauherrschaft

Die Abklärungen waren gemäss dem Empfinden langwierig und es tauchten immer wieder neue Aspekte auf, die es ebenfalls zu berücksichtigen galt. Beispielsweise stellte sich die Frage, wo in Zukunft die Wäsche getrocknet werden kann, wenn der Kellerraum nicht mehr durch die Gasfeuerung leicht erwärmt und getrocknet wird. Offenbar erhielt die Bauherrschaft keine anschaulichen Informationen dazu, wie gross die zukünftigen technischen Installationen je nach System effektiv sein werden – z. B. eine Wärmepumpe, ein Boiler oder notwendige Wanddurchbrüche.

Auf der anderen Seite vermissten sie Positivbeispiele dafür, was man mit dem allenfalls freiwerdenden Raum machen könnte (z. B. Reduits des alten Boilers, Tankraum). Sie vermissten Hinweise auf Möglichkeiten, wie ein Heizungsersatz etappiert erfolgen kann, um ihn dank Steuerersparnissen finanziell besser tragbar zu machen. Es fehlten auch gut aufbereitete Informationen dazu, welche finanziellen Vorteile es hat, wenn sich mehrere Parteien in der Nachbarschaft für die Wärmeversorgung zusammenschliessen.

Empfehlung der Bauherrschaft

- Es braucht eine Checkliste, die alles aufzählt, was zu klären oder zu bedenken ist – inkl. Hinweise auf veränderte Nutzungsbedingungen im Keller etc.
- Es braucht eine starke Vereinfachung für die Abklärungen. Durchschnittlich interessierte Bauherrschaften wollen sich nicht über Monate bis Jahre mit einem Heizungsersatz beschäftigen müssen.
- Es braucht Bildmaterial und Grössenangaben, damit man sich die Veränderungen im Keller vorstellen kann. Gewünscht wurden gute, inspirierende Beispiele für andere Nutzungsformen der Kellerräume.
- Es braucht ein Merkblatt mit Kostenunterschieden (und ökologischen Kennzahlen) je nach System (für prototypische Lösungen und Situationen) und Hinweisen auf Kosteneffekt bei Nachbarschaftslösungen.

Wer sich für alternative Lösungen interessiert, hat zu viele Alternativen. Das überfordert. Beispielsweise reicht es nicht, sich für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe zu entscheiden. Anschliessend muss man die zahlreichen Pros und Contras der verschiedenen möglichen Aufstellungsorte gegeneinander abwägen, die ästhetische Einbindung etc. Weniger neutrale Information und mehr auf Erfahrung basierte Empfehlungen der Beratenden würde hier aus ihrer Sicht helfen.

Sie empfehlen zudem, die Vorbilder – die Bauherrschaften, welche bereits ein erneuerbares System installiert haben – zugänglich zu machen. Vorbilder aus dem Bekanntenkreis oder der Nachbarschaft beeinflussen die Entscheidungen stark.

A-6.6 Erkenntnisse aus der Fallstudienbegleitung

Das Objekt wäre geeignet gewesen für eine Luft-Wärmepumpe, insbesondere dank bisher tiefem Verbrauch und dem bereits vorbereiteten Zusatzsystem Cheminée-Ofen. Auch die technische Machbarkeit und das Einhalten der Schallschutzanforderungen wären für eine Aussenaufstellung gegeben gewesen. Eine Luft-Wasser-Wärmepumpe hatte jedoch bei der Bauherrschaft keine Priorität. Favorit war von Beginn weg eine Erdsonden-Wärmepumpe.

Die Fallstudie zeigt folgendes:

- Es lohnt sich zu insistieren. Erst dank Detailabklärungen und einem konkreten Bewilligungsgesuch zeigte sich, dass die favorisierte Sonden-Lösung am Standort möglich ist.
- Der Umstieg auf ein alternatives System hat bezüglich Nutzbarkeit von Keller und Garten Auswirkungen, welche für die Bewohnenden relevant sind. Von den Installateuren und Heizungsplanern werden sie jedoch nicht systematisch berücksichtigt oder thematisiert.

- Es fehlen leicht zugängliche Checklisten und Anschauungsbeispiele, welche die Entscheidungsfindung unterstützen.

A-7 Fallstudie Nr. 5

A-7.1 Kennzahlen

Gebäudekategorie	EFH, einseitig angebaut
Anzahl Wohnungen:	1
Baujahr:	1932
Energiebezugsfläche:	196 m ²
Wärmeabgabe:	Radiatoren
Heizwärmebedarf:	70 kWh /m ²
Baukulturelle Auflagen:	Nein
Altes Heizsystem:	Ölheizung
Baujahr Heizung:	1984
Leistung:	24 kW
Warmwassererzeugung	Mit Heizung

Tabelle 15: Kennzahlen Fallstudie Nr. 5

A-7.2 Ausgangslage



Abbildung 21: Fallstudie Nr. 5

Das Doppelhaus wurde 1932 erbaut.

Seither wurde in mehreren Bauetappen die Gebäudehülle teilsaniert. Auch die Fassade hat seit 1980 eine minimale Dämmung von circa 2 cm und eine neue Verkleidung.

Der mittlere Verbrauch an Heizöl lag seit dem Einbau neuer Fenster im Jahr 2008 bei rund 1'900 Liter pro Jahr. Dieser Verbrauch ist tiefer als

gemäss Gebäudebaujahr und bisherigen Sanierungen zu erwarten wäre. Dies könnte teilweise daran liegen, dass die kleine Einlieger-Wohnung im Untergeschoss nicht mehr bewohnt und deshalb nicht mehr beheizt wird.

Das Gebäude wird über eine Ölheizung mit 24 kW Heizleistung aus dem Jahr 1984 beheizt. Die Ölheizung erzeugt auch das Brauchwarmwasser.

Vorlauftemperaturen

Die Fallstudie 5 wurde nicht ganz von Anfang an begleitet. Deshalb fehlen Informationen zu den Vorlauftemperaturen vor dem Ersatz.

Im Heizungsvergleich geprüfte Systeme

An der Gebäudehülle sind im Moment keine weiteren Massnahmen vorgesehen. Der Heizungsvergleich basierte auf dem Ist-Zustand mit dem durchschnittlichen tiefen Energieverbrauch seit 2008. Der Heizungsvergleich hat die folgenden möglichen Systeme untersucht und beurteilt:

- Wärmepumpe mit Aussenluft, Platzierung ausserhalb Gebäude
- Wärmepumpe mit Erdsonde, Sondenbohrung auf Strassenniveau mit Verbindungsleitung zum Gebäude
- Anschluss an Entsorgung- und Recycling Zürich-Fernwärme als Einzelanschluss, idealerweise aber gemeinsam mit dem Nachbarhaus.

Bezüglich Umweltbelastung sind die Wärmepumpen zu bevorzugen. Ein Fernwärmeanschluss würde jedoch ebenfalls eine markante Verbesserung gegenüber der heutigen Öl-Heizung ergeben. Der geringste Umsetzungsaufwand wäre mit dem Fernwärme-Anschluss zu erwarten. Dieser generiert zudem den geringsten Unterhaltsaufwand. Ein Fernwärme-Anschluss wäre jedoch nur zusammen mit dem Nachbarhaus sinnvoll. Denn als Einzelanschluss käme dieser teuer.

A-7.3 Spezifische Herausforderungen

Die Bauherrschaft favorisierte den Anschluss an die Fernwärme. Die Offerte von Entsorgung- und Recycling Zürich war jedoch wegen der notwendigen Anschlussleitung mit rund CHF 200'000 so hoch, dass diese Option verworfen wurde.

Nachdem der Entscheid für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe gefallen war, lag die grösste Herausforderung bei den Elektroinstallationen. Das Gebäude ist mit einer elektrischen Freileitung erschlossen. Der Hausanschluss sowie die Haupt- und Unterverteilungen waren nicht mehr zeitgemäss und nicht genügend gross dimensioniert für den Anschluss einer Wärmepumpe. Deshalb musste für circa CHF 15'000.- eine Erneuerung der Elektro-Installationen vorgenommen werden. Gleichzeitig erfolgte von ewz eine Leistungserhöhung von bisher 25 A auf neu 63 A. Weiter hatte das bisherige Elektrotabelleau asbesthaltige Platten. Diese mussten fachgerecht entsorgt werden. Die Bauherrschaft betrachtete diese bedeutenden Investitionen als Vorinvestitionen für eine ohnehin einmal anstehende Erneuerung der Elektroinstallationen.

Der Zeitraum von der Baueingabe bis zur Bewilligung dauerte circa 2 Monate. Die Bereinigung der Auflagen, insbesondere das Entsorgungskonzept für die asbesthaltigen Platten, nochmals circa 2 Monate. Die Bereinigung der Auflagen dauerte länger als üblich, weil die zuständige Installationsfirma Ende Jahr ein zu grosses Auftragsvolumen zu bewältigen hatte. Der Lärmschutz-Nachweis konnte mit dem Standard-Formular erbracht werden.

A-7.4 Gewähltes System

Als erste Priorität wurde von der Bauherrschaft die Lösung mit Fernwärme definiert. Die Anfrage bei der Nachbarschaft ergab, dass eine Gemeinschaftslösung nicht gewünscht wird, die Durchleitung der Fernwärme-Leitung über das Nachbargrundstück aber akzeptiert würde. Die Prüfung vor Ort durch ERZ und die anschliessende Offerte zeigten, dass diese Lösung zu teuer geworden wäre.

Das Gebäude steht an einem steilen Hang. Die strassenseitig erschlossene Garage ist nicht mit dem Gebäude verbunden. Die Lösung mit Erdsonden wäre auf Grund der Topografie aufwändig geworden. Vor diesem Hintergrund entschied man sich für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe. Eine Innenaufstellung im Keller war auf Grund der Platzverhältnisse nicht möglich. Deshalb wurde eine Aussenaufstellung gewählt.

A-7.5 Empfehlungen aus Sicht Bauherrschaft

Ohne den Coach wäre die Bauherrschaft nicht auf die Idee gekommen, dass eine Luft-Wasser-Wärmepumpe für ihr Objekt in Frage kommt. Die Gesamteinschätzung des Coachs zum Zustand des Gebäudes und die Umrechnung des durchschnittlichen Verbrauchs auf die Energiebezugsfläche führten dazu, dass diese Lösung vertieft geprüft wurde.

Die Bauherrschaft war generell froh über die fachliche Unterstützung durch den Energie-Coach. Dieser wurde zuerst für den Heizungsvergleich und später wieder für die Begleitung der Umsetzung beigezogen. Der Kontakt mit einer unabhängigen Fachperson gab der Bauherrschaft Sicherheit. Der Coach kannte die Behörden und konnte auf diverse Aspekte rund um den Heizungsersatz hinweisen und Auskunft geben.

Obwohl bereits im Heizungsvergleich auf die hohen Kosten eines Fernwärmeanschlusses für ein einzelnen EFH hingewiesen wurde, wollte die Bauherrschaft diese Variante weiterverfolgen. Die konkrete Offerte für einen Anschluss zeigte jedoch, dass es sich dabei um eine unverhältnismässig teure Variante handelt.

Die Realisierung der Luft-Wasser-Wärmepumpe erfolgte anschliessend jedoch problemlos. Es war ein geeigneter Standort ohne Schallschutzproblematik vorhanden. Die notwendige Erneuerung der Elektroverteilung hätte aus Sicht der Bauherrschaft ohnehin einmal erfolgen müssen.

Die Bauherrschaft war zufrieden mit den involvierten Unternehmern, insbesondere mit dem Heizungs- und dem Elektro-Installateur. Der Bauherr weist jedoch darauf hin, dass es wichtig sei, während den Arbeiten möglichst in der Nähe zu sein. Das erlaube es, bei Bedarf umgehend korrigierend einzugreifen oder Fragen der Handwerker zeitnah zu klären.

A-7.6 Erkenntnisse aus der Fallstudienbegleitung

Die hohen Kosten für die Ertüchtigung des elektrischen Hausanschlusses inkl. Haupt- und Unterverteilung wegen der Wärmepumpe als neuen Strombezüger hätten in dieser Fallstudie dazu führen können, dass man wieder von einer Luft-Wasser-Wärmepumpe absieht. Glücklicherweise wurde die Wärmepumpe von der Bauherrschaft als Auslöser gesehen für eine Erneuerung, die ohnehin einmal anstehen würde. Es empfiehlt sich dennoch, in einer frühen Phase der Abklärungen den Zustand und die Kapazität des Elektroanschlusses zu prüfen:

- Die Anfrage zur Kapazität des aktuellen Anschlusses kann an netzkundenanliegen@ewz.ch⁹⁴ bei ewz gerichtet werden.

Wenn der bestehende Hausanschluss nicht unverändert für die Wärmepumpe genutzt werden kann, sollten die Kosten für eine Verstärkung oder Erneuerung des Anschlusses beim Heizkostenvergleich berücksichtigt werden.

Das Angebot der Energie-Coachs für den Heizungsersatz erwies sich in dieser Fallstudie als ausschlaggebend dafür, dass eine Luft-Wasser-Wärmepumpe in Betracht gezogen wurde. Zudem gab der Coach der Bauherrschaft die notwendige Sicherheit durch den gesamten Entscheidungs- und Realisierungsprozess.

⁹⁴ Gemäss Auskunft von Thomas Urfer von ewz (Email vom 9.4.2020) ist wie folgt vorzugehen:

- Der Elektroplaner des Antragsstellers rechnet die total benötigte Leistung in Ampère aus > Email an netzkundenanliegen@ewz.ch
- ewz gibt Auskunft über die zurzeit bestellte Leistung (in Ampère) sowie die potentielle Leistung des Kabels.
- Wenn die zurzeit bestellte Leistung nicht ausreicht, braucht es einen Antrag auf Verstärkung über www.ewz.ch/anschluss. Der bei ewz zuständige Planer wird mit dem Antragsteller Kontakt aufnehmen und auch Auskunft über die Kosten geben können.

A-8 Fallstudie Nr. 6

A-8.1 Kennzahlen

Gebäudekategorie	MFH, einseitig angebaut
Anzahl Wohnungen:	7
Baujahr:	1957
Energiebezugsfläche:	1'057 m ²
Wärmeabgabe:	Radiatoren
Heizwärmebedarf:	60 kWh/m ²
Baukulturelle Auflagen:	Nein
Altes Heizsystem:	Ölheizung
Baujahr Heizung:	2006
Leistung:	62 kW
Warmwassererzeugung	Mit Heizung

Tabelle 16: Kennzahlen Fallstudie Nr. 6

A-8.2 Ausgangslage



Abbildung 22: Fallstudie Nr. 6

Das Mehrfamilienhaus wurde 1957 erbaut. Ungefähr im Jahr 1980 wurde es gesanert und 2018 mit einer Aufstockung ergänzt. Es ist in gutem Zustand.

An der Gebäudehülle wurden alle Elemente inklusive Fassade energetisch verbessert. Nur die Aussenwände des Ateliers im Untergeschoss blieben ungedämmt. Der Verbrauch von circa 10'300 Liter Heizöl entspricht den Erwartungen ge-

gemäss Baujahr und bisherigen Sanierungen. Das Gebäude wird über eine Ölheizung mit 62 kW Heizleistung aus dem Jahr 2006 beheizt. Die Heizung erzeugt auch das Brauchwarmwasser.

Vorlauftemperaturen

Die Beobachtung der Anlage im Rahmen der Begleitung zeigte, dass die Vorlauftemperatur bei einer Aussentemperatur von -8 °C auf fast 70 °C eingestellt war. Damit lagen die Vorlauftemperaturen in einem kritischen Bereich für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe. Bei der

Begehung durch den Heizungsplaner zeigte sich, dass die Heizkurve unnötig hoch eingestellt war. Hinweise darauf gaben u. a. die Radiatoren in den beim Rundgang besuchten Wohnungen. Diese waren trotz kühler Aussentemperatur nur im obersten Bereich warm. Im Absprache mit der Bauherrschaft wurde die Kurve gesenkt auf 55 °C Vorlauf bei -8 °C Aussentemperatur und auf 46 °C bei 0 °C. Im Winter 2019/2020 reichte dies für den Heizwärmebedarf problemlos. Allerdings war es ein warmer Winter. Dennoch kann davon ausgegangen werden, dass eine Luft-Wasser-Wärmepumpe in diesem Gebäude zum Einsatz kommen kann.

Im Heizungsvergleich geprüfte Systeme

Der Heizungsvergleich hat die folgenden möglichen Systeme untersucht und beurteilt:

- Wärmepumpe mit Aussenluft. Wegen der Grösse der benötigten Heizleistung wären wahrscheinlich zwei Geräte nötig. Für die Platzierung wären eine Split-Lösung oder eine Aussenaufstellung möglich.
- Wärmepumpe mit Erdsonde. Die Setzung von mehreren Sonden im Abstand von mind. 8 m wäre um das Gebäude möglich. Die Installationen würden vorübergehend zu einer Baustelle im ganzen Garten führen. Die Möglichkeiten für die Zufahrt müssten abgeklärt werden.

Aus wirtschaftlichen und energetischen Gründen wurde im Heizungsvergleich empfohlen, die Variante Wärmepumpe mit Aussenluft weiter zu verfolgen.

Die Bauherrschaft war motiviert, eine energetisch gute Lösung für den Heizungsersatz zu finden. Erste Priorität hatte eine Erdsonden-Wärmepumpe, wenn die Anfangsinvestitionen nicht markant höher liegen als bei einer Luft-Wasser-Wärmepumpe und die Wirtschaftlichkeit aufgezeigt werden kann. Allerdings ergab die erste Kostenschätzung doppelt so hohe Investitionskosten für die Sonden-Lösung wie für die Luft-Wasser-Wärmepumpe.

A-8.3 Spezifische Herausforderungen

Das Objekt hat keine eigene Zufahrt, sondern lediglich einen Fussweg, der zu schmal für ein Bohrfahrzeug ist. Der Abstand zur Strasse ist zu gross, um ein Bohrgerät mit einem Pneukran von aussen auf das Grundstück zu heben. Es braucht daher eine Zufahrt über ein Nachbargrundstück. Falls die Zufahrt über das Nachbargrundstück möglich ist, sind Sonden-Bohrungen im Garten resp. flachen Rasen um das Gebäude problemlos zu erstellen.

Es erwies sich als anspruchsvoll, einen aus Sicht des Lärmschutzes geeigneten Standort für ein Wärmepumpen-Aussengerät zu finden, der gleichzeitig nicht zu weit vom Gebäudetechnikraum entfernt ist. Es kam nur eine Aufstellung auf dem Dach in Frage. Zur Einhaltung der Schallschutz-Bestimmungen gegenüber der Dachwohnung müsste dort eine Lärmschutzwand erstellt werden.

Bei einer Innenaufstellung könnten zwar einfach Lärmschutzmassnahmen mit Schalldämpfern bei der Aussenluftzuleitung und dem Fortluftauslass getroffen werden. Allerdings

würde die Innenaufstellung massive Zu- und Fortlufröhren mit Aussenmassen von mehr als 1 m auf 1 m bedingen. Weil die Zuluft nicht an derselben Fassade wie die Fortluft angebracht sein sollte, bedeutete dies zwei voluminöse Leitungen durch grosse Teile des Kellers.

A-8.4 Gewähltes System

Dank der Anpassung der Heizkurve und der damit erreichten Reduktion der Vorlauftemperaturen reduzierte sich der ermittelte Heizleistungsbedarf. Die Berechnungen des Heizungsplaners ergaben, dass deshalb drei Sonden à 250 m ausreichen. Zum Zeitpunkt des Heizungsvergleichs – vor der Optimierung der Vorlauftemperaturen – war man noch von fünf Sonden ausgegangen. Dadurch reduzierten sich die Kosten der Sondenlösung deutlich gegenüber der Erstschätzung. Zum Zeitpunkt des Abschlusses der Begleitung (16. April 2020) war der Systemscheid noch nicht definitiv gefällt. Die Bauherrschaft wollte jedoch die Sonden-Lösung weiterverfolgen. Geprüft werden soll dabei zusätzlich eine Gemeinschaftslösung mit dem baugleichen Nachbarhaus.

Der Entscheid, dass keine Luft-Wasser-Wärmepumpe installiert wird, sei jedoch definitiv. Denn die Aufstellung auf dem Dach komme für die Bauherrschaft nicht in Frage. Man wolle keinen zusätzlichen Lärm für die Dachwohnung und die Wohnungen generell riskieren. Die Luft-Wasser-Wärmepumpe auf dem Dach hätte auch zu deutlich mehr Kosten als in der Erstschätzung für die Luft-Wasser-Wärmepumpe bedeutet.

A-8.5 Empfehlungen aus Sicht Bauherrschaft

Erkenntnisse aus dem telefonischen Abschlussgespräch mit der Bauherrschaft

Die Bauherrschaft war irritiert, dass die erste Kostenschätzung im Heizungsvergleich stark von der Kostenschätzung abwich, die der Heizungsplaner auf Grund von mehr Informationen in der anschliessenden Begleitung erstellte. Zwar konnten die Abweichungen erklärt werden: Der Heizungsplaner verfügte über viel genauere Informationen zum Bedarf des Gebäudes und zu den Anforderungen für die Aufstellung der Luft-Wasser-Wärmepumpe.

Das Beispiel zeigt, wie wichtig die Kommunikation ist. Sie muss Vertrauen schaffen und das Verständnis für die Unterschiede der Systeme. Beides ist wichtig für einen Entscheid zu Gunsten einer erneuerbaren Lösung.

Es zeigte sich auch, dass in Bezug auf die Innenaufstellung einer Luft-Wasser-Wärmepumpe bereits in einer frühen Phase konkrete Informationen zu den Dimensionen der dazu notwendigen Installationen wichtig sind. Bei der Innenaufstellung werden nicht nur ein paar Rohre verlegt, die einem Rohr, wie man es sich üblicherweise vorstellt, entsprechen. Es handelt sich um eigentliche Luftkanäle, die je nach Situation grosse Teile des Kellers durchqueren müssen. In einem Mehrfamilienhaus sind dabei potenziell die Kellerabteile der Bewohner/innen betroffen.

Die Bauherrschaft erwähnte auch, dass ihr erst spät in der Begleitung klar wurde, dass bei einer Bohrung nicht nur eine Bohrmaschine in den Garten gestellt wird. Bei mehreren Sonden bedingen die Bohrungen auch, dass die Rohre mit einem Raupenfahrzeug zu den Bohrlöchern gebracht werden. Entsprechend stark wird der Aussenraum beansprucht und muss anschliessend wiederhergestellt werden. Die Bauherrschaft hätte eine frühere und klarere Kommunikation zu diesen Implikationen gewünscht.

Empfehlungen der Bauherrschaft

Bereits zum Zeitpunkt des Heizungsvergleichs sollten die Implikationen der verschiedenen Lösungen – über die Kosten hinaus – explizit vermittelt werden. Dazu gehören die Aussenmasse von Installationen im Keller und die Auswirkungen der Bohrung der Erdwärmesonden mit Bauzeit, Platzbedarf und Beanspruchung des Gartens.

A-8.6 Erkenntnisse aus der Fallstudienbegleitung

Bei Mehrfamilienhäuser mit mehr als 30 kW Heizleistungsbedarf sind die Möglichkeiten für Luft-Wasser-Wärmepumpen eingeschränkt. Einerseits fällt wegen der Dimensionen der Luftkanäle eine Innenaufstellung als Option in der Regel weg. Andererseits braucht es vermehrt Schallschutzmassnahmen bei den Ausseneinheiten, weil die Mindestabstände zu den relevanten Fenstern nicht eingehalten werden können: je grösser der Leistungsbedarf der Anlage, desto lauter ist sie und desto mehr Abstand ist nötig.

Zudem zeigten sich die Risiken von Kostenberechnungen auf Grund von relativ groben Annahmen: In der ersten Kostenschätzung auf Basis der Verbrauchsinformationen vor der Optimierung der Vorlauftemperaturen war das System Erdsonden-Wärmepumpe doppelt so teuer wie das System Luft-Wasser-Wärmepumpe.

Dank der Beratung durch den Heizungsplaner konnten die Vorlauftemperaturen gesenkt werden, was für die Dimensionierung der Anlage eine neue Ausgangslage schuf. Die kleiner dimensionierte Sonden-Lösung wurde deutlich günstiger, weil weniger Bohrungen zu realisieren sind. Bei der Luft-Wasser-Wärmepumpe zeigte sich auf Basis der Analyse durch den Akustiker, dass nur eine Lösung mit Schallschutzmassnahmen auf dem Dach in Frage kommt. Diese wiederum war teurer als die im ersten Schritt berechnete Standardlösung mit Aufstellung im Garten. Dadurch reduzierte sich die Investitionskostendifferenz zwischen den beiden Systemen auf wenige Prozente.

Die kleine Kostendifferenz machte einerseits die Sonden-Lösung für die Bauherrschaft attraktiv. Andererseits führte die grosse Diskrepanz zwischen erster und zweiter Kostenschätzung zu Misstrauen auf Seiten Bauherrschaft gegenüber der Belastbarkeit der erhaltenen Informationen.

A-9 Fallstudie Nr. 7

A-9.1 Kennzahlen

Gebäudekategorie	MFH, einseitig angebaut
Anzahl Wohnungen:	3
Baujahr:	1907
Energiebezugsfläche:	269 m ²
Wärmeabgabe:	Radiatoren
Heizwärmebedarf:	115 kWh/m ²
Baukulturelle Auflagen:	Nein
Altes Heizsystem:	Gasheizung
Baujahr Heizung:	2002
Leistung:	19 kW
Warmwassererzeugung	Mit Heizung

Tabelle 17: Kennzahlen Fallstudie 7

A-9.2 Ausgangslage

Das Mehrfamilienhaus wurde 1907 erbaut, 2002 gesamtsaniert und ist in gutem Zustand. Die Verbrauchsdaten (circa 44'000 kWh/a im Durchschnitt der letzten Jahre) entsprechen den Erwartungen gemäss Baujahr und bisheriger Sanierung. An der Gebäudehülle wurden alle Elemente ausser der Fassade energetisch verbessert. Eine Dämmung ist in absehbarer Zeit nicht geplant.

Das Gebäude wird über eine Gasheizung mit 18 kW Heizleistung aus dem Jahr 2002 beheizt. Die Gasheizung erzeugt auch das Brauchwarmwasser.

Vorlauftemperaturen

Die Ablesung der Vorlauftemperaturen zu mehreren Zeitpunkten während der Heizsaison erfolgte durch die Bauherrschaft. Auf Grund der Daten kann gemäss Einschätzung des Heizungsplaners von einer gut eingestellten Anlage ausgegangen werden. Für -8 °C Aussen-temperatur wurde eine Vorlauftemperatur von 61 °C ermittelt, bei 0 °C eine von 55 °.

Im Heizungsvergleich geprüfte Systeme

Der Heizungsvergleich hat die folgenden möglichen Systeme untersucht und beurteilt:

- Wärmepumpe mit Aussenluft: Platzierung ausserhalb Gebäude
- Wärmepumpe mit Erdsonde: Sonden-Bohrungen hinter dem Haus
- Anschluss an ERZ-Fernwärme: Das Gebäude liegt grundsätzlich im Fernwärmegebiet, die Zuleitung via Schaffhauserstrasse ist möglich.

Aus wirtschaftlichen und energetischen Gründen wurde im Heizungsvergleich empfohlen, die Variante Wärmepumpe mit Aussenluft weiter zu verfolgen.

A-9.3 Spezifische Herausforderungen

Untersucht wurde das Objekt als Einzelgebäude mit eigener, autonomer Wärmeversorgung. Weil jedoch weitere Grundstücke derselben Bauherrschaft teilweise an die Parzelle angrenzen, kam im Verlauf der Begleitung eine Arealplanung ins Gespräch. Weil der Heizungsersatz nicht dringend ist – die Heizung ist 18-jährig – wurden die Abklärungen dazu vorläufig sistiert. Die Bauherrschaft will zuerst die Projektentwicklung für das Areal konkretisieren, bevor die Frage der Wärmeversorgung wiederaufgenommen wird.

Das Objekt liegt an einer viel befahrenen Strasse in einer viergeschossigen Wohnzone W4 mit mindestens 50 % Wohnanteil. Diese Zone ist der Empfindlichkeitsstufe ES III zugeordnet, weshalb vor Ort höhere Lärmgrenzwerte gelten als in Zonen mit höherem Wohnanteil.

In der Begleitung wurden deshalb mehrere Standorte gefunden, die aus Sicht des Lärmschutzes für eine Aussenaufstellung einer Luft-Wasser-Wärmepumpe in Frage kommen. Sinnvoll wäre eine Aufstellung in der Südecke des Gebäudes zur lärmigen Strasse hin. Die anderen Standorte wären zwar rechnerisch bezüglich Lärm unkritischer. Allerdings würde an den anderen Standorten der vom Strassenlärm abgewandte Garten durch die Wärmepumpe beschallt.

Eine Innenaufstellung wäre ebenfalls denkbar, weil dort problemlos Lärmschutzmassnahmen umgesetzt werden können.

A-9.4 Gewähltes System

Die Bauherrschaft hat den Entscheid zum zukünftigen Heizsystem sistiert. Der Heizungsersatz ist nicht dringlich. Zuerst soll die bauliche Entwicklung der Grundstücke konkretisiert werden.

A-9.5 Empfehlungen aus Sicht Bauherrschaft

Da das Projekt sistiert wurde, gibt es auch keine Empfehlungen aus der Sicht der Bauherrschaft.

A-9.6 Erkenntnisse aus der Fallstudienbegleitung

In vielen Fällen zeigen Gemeinschaftslösungen für mehrere benachbarte Liegenschaften wirtschaftlich und energetisch bessere Resultate als Einzellösungen. Weil dabei meist mehrere Bauherrschaften involviert sind, sind solche Lösungen anspruchsvoll zu realisieren. Oft werden Gemeinschaftslösungen gar nicht geprüft, weil bei der Bauherrschaft das Einzelobjekt im Fokus steht.

Im vorliegenden Fall gehören mehrere benachbarte Liegenschaften derselben Bauherrschaft. Das ist eine Chance zur Nutzung von Synergien. Dennoch stand zu Beginn der

Fallstudie 7 eher eine Einzellösung im Fokus der Bauherrschaft, weil die Projektentwicklung des Areals noch weit weg schien. Dieser Fokus verschob sich im Verlauf der Begleitung. Dank der Tatsache, dass die betroffene Heizung noch nicht am Ende ihrer Lebensdauer angelangt ist, hat die Bauherrschaft genügend Zeit, die Entwicklungsplanung der übrigen Liegenschaften abzuwarten. Das Fallbeispiel zeigt, dass für Gemeinschaftslösungen der Zeitpunkt bzw. die Gleichzeitigkeit eines Ersatzbedarfs einen relevanten Faktor darstellt, welcher die Systemauswahl erweitert oder im ungünstigen Fall einschränkt.

A-10 Fragebogen Befragung (Beispiel Sonden-Wärmepumpe)

Interviewleitfaden für Zusatzbefragung nach abgeschlossenem Heizungsersatz

Name:

Adresse des Gebäudes:

Art der neuen Heizung: **Erdsonden-Wärmepumpe**

Datum und Uhrzeit: xx.yy.2019, xx:yy

Interview geführt von:

Vorgehen

Die Eigentümerschaft wird von econcept telefonisch kontaktiert für eine kurze Befragung (Installation muss nicht abgewartet werden). Der Heizungsplaner kündigt der Eigentümerschaft den Anruf an.

Vorinformation zu den Zielen des Gesprächs

- Ermittlung der Herausforderungen auf dem Weg zu erneuerbaren Heizungen beim Heizungsersatz, insbesondere zu Luft-Wasser-Wärmepumpen.
- Ermitteln, was zum Entscheid gegen eine Luft-Wasser-Wärmepumpe führen kann oder geführt hat.
- Hinweise von Eigentümerseite, was den Weg zu Luft-Wasser-Wärmepumpen vereinfachen könnte.

Situation vor dem Ersatz und Vorabklärungen

1 Wenn Sie zurückdenken an Ihre Situation bevor Sie die Abklärungen zur neuen Heizung gestartet haben. Wie waren Sie damals gegenüber einer **Erdsonden-Wärmepumpe** eingestellt?

- eher positiv
- neutral
- eher skeptisch
- Sie kannten diese Variante noch gar nicht.

Kommentar: _____

2 Wie waren Sie vor den Abklärungen gegenüber einer **Luft-Wasser-Wärmepumpe** eingestellt?:

- eher dafür
- neutral
- eher skeptisch
- Sie kannten diese Variante noch gar nicht.

Kommentar: _____

3 Wie stark interessieren Sie sich für technische Fragen rund um ihre Heizung?

- Überdurchschnittlich
- Durchschnittlich
- Wenig

Kommentar: _____

4 Welche Heizungsoptionen haben Sie im Verlauf der Abklärungen für die neue Heizung vertieft geprüft oder prüfen lassen?

- keine
- folgende (bitte angeben):

5 Warum haben Sie sich schliesslich für eine **Erdsonden-Wärmepumpe** entschieden?

Stichworte notieren zu den Argumenten

(z. B. Installationskosten, Unterhalt, ökologische Überlegungen etc.)

Pro:

Contra:

Abklärungsprozess

6 Die Abklärungen für ein alternatives Heizsystem sind mit Aufwand verbunden. Entsprech Ihrer zeitlicher Abklärungsaufwand Ihren Erwartungen oder war der Abklärungsprozess viel aufwändiger oder weniger aufwändig als erwartet? War er:

- Viel aufwändiger als erwartet
- Etwas aufwändiger als erwartet
- Entsprech den Erwartungen
- Weniger aufwändig als erwartet

Kommentar: _____

7 Wie beurteilen sie den finanziellen Aufwand für die Abklärungen? (für Beratung, evtl. Lärmgutachten u. ä.)

- Lagen die Kosten höher als erwartet?
- Entsprachen sie Ihren Erwartungen?
- Lagen sie unter Ihren Erwartungen?

Kommentar: _____

Sie haben sich schliesslich gegen eine LWWP entschieden.

8 Was waren die wichtigsten Gründe, die gegen eine Luft-Wasser-Wärmepumpe sprachen?

Nun haben wir noch ein paar spezifische Fragen zur den Abklärungen für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe:

9 *Falls das bei der Beantwortung der vorherigen Fragen nicht schon angesprochen wurde:* Wären für eine Luft-Wasser-Wärmepumpen **bauliche** Anpassungsmassnahmen notwendig gewesen? Falls ja, welche?

- Nein
- Ja (bitte bauliche Anpassungsmassnahmen ausführen)

10 und in welcher Grössenordnung hätten sich die **Kosten** dafür bewegt?

- ggf. ungefähre Höhe der Kosten:

11 Waren diese Kosten ausschlaggebend für den Entscheid gegen eine Luft-Wasser-Wärmepumpe?

- Ja
- Nein

12 War der notwendige **Elektroanschluss** ein Thema bei den Abklärungen oder Anpassungen für die neue Anlage?

13 Waren die Lärmschutzanforderungen ein kritischer Faktor im Hinblick auf eine Luft-Wasser-Wärmepumpe?

- Ja
- Nein

Falls ja:

13.1 Wären daraus Zusatzkosten entstanden? Falls ja, wieviel ungefähr und wofür?

13.2 Falls ja: Waren die Kosten für die Lärmschutzanforderungen ausschlaggebend für den Verzicht auf eine Luft-Wasser-Wärmepumpe?

- Ja
- nein

Kommentar: _____

14 Welche Aufstellmöglichkeiten für die Aufstellung/Platzierung der Luft-Wasser-Wärmepumpe-Anlageteile hätte es gegeben?

15 Waren Einschränkungen bei den Aufstellungsoptionen ausschlaggebend für den Verzicht auf eine Luft-Wasser-Wärmepumpe?

16 Welche zusätzlichen Fachpersonen haben Sie bisher beigezogen – ausser dem Energie-Coach, dem Heizungsplaner und dem Lärmexperten?

- Heizungsinstallateur
- Elektriker
- Baumeister
- Gärtner
- Bauspengler
- Weitere?

Kommentar: _____

17 Hatten Sie den Eindruck, die oben genannten Fachpersonen oder Unternehmer/innen waren kompetent? Wo sehen Sie Verbesserungspotenzial betreffend Beratung oder Begleitung durch diese Fachpersonen?

Zentrale Fragen: Was können wir von Ihrem Beispiel lernen

18 Gibt es etwas, was Sie anders machen würden, wenn Sie den Heizungsersatz nochmals von vorne starten würden? Wenn ja: was?

19 Aus Ihrer nun gemachten Erfahrung: welche Unterstützung oder welche Hilfestellungen würden es Hauseigentümerschaften erleichtern, sich für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe oder für ein anderes erneuerbares System zu entscheiden?

Feedback zur Begleitung

20 Wie beurteilen Sie die Beratung und die Inputs durch den Energie-Coach, den Heizungsplaner und den Lärmexperten? Haben Sie Vorschläge für eine Verbesserung der Begleitung/Unterstützung?

21 Möchten Sie dem Projektteam oder der Stadt Zürich als Auftraggeberin noch andere Rückmeldungen machen?

Vielen Dank für das Interview!

A-11 Fragebogen Zusatzbefragung (Beispiel Gasheizung)

Interviewleitfaden für Zusatzbefragung bei abgeschlossenem Heizungersatz

Name:

Adresse des Gebäudes:

Art der neuen Heizung: **Gasheizung**

Datum und Uhrzeit: xx.yy.2019, xx:yy

Interview geführt von:

Vorinformation zu den Zielen des Gesprächs:

- Ermittlung der Herausforderungen auf dem Weg zu erneuerbaren Heizungen beim Heizungersatz, insbesondere zu Luft-Wasser-Wärmepumpen.
- Ermitteln, was zum Entscheid gegen eine Luft-Wasser-Wärmepumpe führen kann oder geführt hat.
- Hinweise von Eigentümerseite, was den Weg zu Luft-Wasser-Wärmepumpen vereinfachen könnte.
- Kurzbeurteilung zu den Steuerungseinstellungen der neuen Heizung im Hinblick auf Einsparpotenzial.

Beurteilung der Anlage durch Heizungsplaner

- Art des Geräts: _____
- Leistung: _____ kW
- Anzahl Betriebsstunden: _____
- Anzahl Tagen seit der Inbetriebnahme: _____
- Beurteilung zum Verhältnis von Betriebsstunden zu Zeit seit Inbetriebnahme:

- Vorlauftemperatur: _____
- Rücklauftemperatur: _____
- Beurteilung zu den Temperaturen und der Differenz: _____

- Implementierte Legionellenschaltung: _____

— An Anlage direkt umgesetzte Anpassungen: _____

— Empfehlungen an die Eigentümerschaft: _____

Zum Einstieg: Wie läuft der Betrieb?

- 1 Wie zufrieden sind Sie mit Ihrer Gasheizungs-Anlage? Gab es bisher Schwierigkeiten im Betrieb? Falls ja, welche?

Kommentare: _____

Situation vor dem Ersatz und Vorabklärungen

- 2 Wurden damals im Verlauf der Abklärungen für die neue Heizung neben der Gasheizung andere Heizungsoptionen vertieft geprüft? Wenn ja: welche?

- Nein
- Ja (bitte Optionen angeben):

- 3 Wenn Sie zurückdenken an Ihre Situation bevor Sie die Abklärungen zur neuen Heizung gestartet haben. Wie waren Sie damals gegenüber einer **Luft-Wasser-Wärmepumpe** eingestellt:

- eher dafür
- neutral
- eher skeptisch
- Sie kannten diese Variante noch gar nicht.

Kommentar: _____

- 4 Auf Grund von welchen Argumenten haben Sie sich schliesslich für eine Gasheizung entschieden?

Stichworte notieren zu den Argumenten (z. B. Installationskosten, Unterhalt, ökologische Überlegungen, etc.)

- 5 Wie stark interessieren Sie sich für technische Fragen rund um ihre Heizung?

- Überdurchschnittlich
- Durchschnittlich
- Wenig

Kommentar: _____

Abklärungsprozess

- 6 Falls Abklärungen für Alternativen zu Gas gemacht wurden: Die Abklärungen für ein alternatives Heizsystem sind mit Aufwand verbunden. Inwiefern entsprach Ihr zeitlicher Abklärungsaufwand Ihren Erwartungen? War er:

- Viel aufwändiger als erwartet
- Etwas aufwändiger als erwartet
- Entsprach den Erwartungen
- Weniger aufwändig als erwartet

Kommentar: _____

- 7 Wie beurteilen sie den finanziellen Aufwand für die Abklärungen?
(für Beratung, evtl. Lärmgutachten u. ä.)

- Lagen die Kosten höher als erwartet?
- Entsprachen sie Ihren Erwartungen?
- Lagen sie unter Ihren Erwartungen?

Kommentar: _____

- 8 Welche Fachpersonen oder Unternehmer/innen haben Sie im Zusammenhang mit dem Heizungsersatz kontaktiert? (Heizungsinstallateur/in, Lieferanten/in, Energie-Coach etc.) bitte auflisten:

- 9 Hatten Sie das Gefühl, die kontaktierten Fachpersonen oder Unternehmer/innen waren kompetent? Falls nein, wer (welche Funktion) war in Bezug auf welche Fragen eher nicht so kompetent wie gewünscht? Wo sehen Sie Verbesserungspotenzial betreffend der Beratung oder Begleitung durch die Fachpersonen?

- 10 Inwiefern war der Elektroanschluss, den es für eine Wärmepumpe gebraucht hätte, ein Thema bei den Abklärungen für die neue Anlage?

- 11 Waren die Lärmschutzanforderungen ein kritischer Faktor bei den Abklärungen zu einer Luft-Wasser-Wärmepumpe?

- Ja
- Nein

Falls ja:

- 11.1 Wären daraus Zusatzkosten entstanden? Falls ja, wieviel ungefähr und wofür?

- 11.2 Waren die Lärmschutzanforderungen ausschlaggebend für den Entscheid gegen eine Luft-Wasser-Wärmepumpe?

- Ja
- Nein

Kommentar: _____

12 Hätte es überhaupt geeignete Aufstellmöglichkeiten für die Platzierung der Luft-Wasser-Wärmepumpe-Anlageteile gegeben?

- Ja
- Nein

Falls ja:

12.1 Wo wäre es möglich gewesen?

12.2 Wären diese Aufstellorte mit gewichtigen Nachteilen verbunden gewesen?

Bewilligungsverfahren

13 Mussten Sie für die neue Gasheizung Bewilligungen bei den Behörden beantragen?
Falls ja, welche?

14 Welche positiven oder negativen Erfahrungen haben Sie mit dem Bewilligungsprozess für die neue Anlage gemacht?

15 Haben Sie Fördergelder beantragt und erhalten? Falls ja: Für was genau und welchen Betrag ungefähr?

- Nein (bitte weiter bei Frage 22)
- Ja (bitte angeben)
 - Förderung für _____ ungefährer Betrag _____ CHF
 - Förderung für _____ ungefährer Betrag _____ CHF
 - Förderung für _____ ungefährer Betrag _____ CHF
 - Förderung für _____ ungefährer Betrag _____ CHF

16 Wie aufwändig beurteilen Sie die Gesuchsformalitäten?

- Grosser Aufwand im Verhältnis zum Förderbeitrag
- Vernünftiger Aufwand im Verhältnis zum Förderbeitrag
- Geringer Aufwand im Verhältnis zum Förderbeitrag

Kommentar: _____

17 Falls nein: Weshalb haben Sie keine Förderung beantragt oder keine erhalten?

Bauliche Umsetzung

18 Welche positiven oder negativen Erfahrungen haben Sie mit dem Bau / der Installation der Anlage gemacht?

19 Welche zusätzlichen Arbeitsgattungen (neben der Heizung) wurden auch noch benötigt?

- Elektriker
- Baumeister
- Gärtner
- Bauspengler
- Weitere?

Kommentar: _____

Zusätzliche Fragen für Personen, welche sich für eine fossile Lösung entschieden haben

20 Aus welchen Gründen haben Sie sich **gegen** die Luft-Wasser-Wärme-Pumpe bzw. überhaupt gegen eine nicht-fossile Lösung entschieden?

21 Gibt es etwas, was Sie anders machen würden, wenn Sie den Heizungsersatz nochmals von vorne starten würden? Wenn ja: was?

22 Aus Ihrer nun gemachten Erfahrung: welche Massnahmen oder welche Hilfestellungen würden es den Hauseigentümerschaften erleichtern, sich für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe zu entscheiden?

Vielen Dank für das Interview!

A-12 Information zur Teilnahme am Forschungsprojekt zu Luft-Wasser-Wärmepumpen

**ENERGIEFORSCHUNG
STADT ZÜRICH
EIN ewz-BEITRAG
ZUR 2000-WATT-
GESELLSCHAFT**

Energieforschung Stadt Zürich
Elektrizitätswerk der Stadt Zürich

www.energieforschung-zuerich.ch

Zürich, 29. November 2018

Information zur Teilnahme am Forschungsprojekt zu Luft-Wasser-Wärmepumpen

Ausgangslage und Ziele

Luft-Wasser-Wärmepumpen sind oft entweder aus finanziellen Gründen oder weil es vor Ort keine Alternativen gibt die einzige Möglichkeit, ein Gebäude mit erneuerbarer Energie anstatt mit Erdgas oder Erdöl zu beheizen. Weil die Stadt Zürich den Einsatz von erneuerbaren Energieträgern fördern möchte, finanziert Energieforschung Stadt Zürich das Projekt "Vertiefungsprojekt zum Heizungsersatz: Städtevergleich und Einsatz Luft-Wasser-Wärmepumpen".

Der Projektteil zu den Luft-Wasser-Wärmepumpen verfolgt folgende Ziele:

- Durch eine enge Begleitung von Gebäudeeigentümerschaften soll der Weg von den ersten Abklärungen bis zum Betrieb einer neuen Luft-Wasser-Wärmepumpe im Detail nachgezeichnet werden.
- Wenn auf diesem Weg Hindernisse oder Herausforderungen auftreten, werden die Eigentümerschaften unterstützt und die Herausforderungen werden dokumentiert.
- Anschliessend kann sich die Stadt Zürich gezielter darum bemühen, solche Hindernisse zu beseitigen, soweit dies im Einflussbereich der Stadt liegt.
- Zudem soll durch ein Monitoring der neuen Anlage überprüft werden, ob die Luft-Wasser-Wärmepumpe die an sie gestellten Erwartungen bezüglich Funktion und Energieeffizienz erfüllt.

Kriterien für die Teilnahme

Für die Durchführung des Forschungsprojekts werden Fallstudien-Gebäude gesucht. Die Gebäude sollten folgende Kriterien erfüllen:

- Wohngebäude in der Stadt Zürich mit 1 bis ca. 6 Wohneinheiten.
- Beheizt mit einer fossilen Heizung, die in absehbarer Zeit ersetzt werden muss.
- Es wurde noch nicht abgeklärt, welche nicht fossilen Systeme als Alternativen in Frage kommen **oder** erste Abklärungen haben ergeben, dass eine Luft-Wasser-Wärmepumpe eine geeignete Option ist.

Vorteile einer Teilnahme

Als Eigentümerschaft profitieren Sie von folgenden Vorteilen, wenn Sie bei den Fallstudien mitmachen:

- Begleitung durch **erfahrene Energie-Coachs der Stadt Zürich**
- **Professionelle Abklärungen zur Machbarkeit von Heizsystemen mit erneuerbarer Energie**
- **Finanzielle Beteiligung der Stadt Zürich**

: ENERGIEFORSCHUNG
 : STADT ZÜRICH
 : EIN ewz-BEITRAG
 : ZUR 2000-WATT-
 : GESELLSCHAFT

2/3

- **Verbrauchsmonitoring und effiziente Wärmepumpen-Anlage**
- **Jederzeit die volle Wahlfreiheit: wenn Sie sich entscheiden, doch keine Luft-Wasser-Wärmepumpe zu installieren, können Sie sich aus dem Projekt zurückziehen.**

Sie werden von einem erfahrenen Energie-Coach bei den Abklärungen, dem Entscheid und den Vorbereitungen für Ihre neue Heizung begleitet. Er unterstützt Sie in allen Belangen von der Klärung der Machbarkeit eines alternativen Heizungssystems über die Planung, den Einbezug von Fachpersonen und den Vergleich von Anbieterofferten etc. Zudem erhalten Sie Unterstützung von einem erfahrenen Heizungsplaner. Das garantiert Ihnen eine richtig ausgelegte Heizung und erleichtert Ihnen die Offertanfragen bei den Installationsfirmen. Der Heizungsplaner stellt nach der Inbetriebnahme auch sicher, dass ihre Wärmepumpe effizient läuft. Die Situation vor Ort wird zudem von einer Lärmfachperson beurteilt, welche Ihnen auch den für die Bewilligung notwendigen Lärnmachweis erstellt.

Ihr finanzieller Beitrag und Ihre finanziellen Vorteile

Die umfassende Unterstützung kostet Sie sehr wenig. Nachfolgend stellen wir Ihnen zusammen, welche finanziellen Vorteile gegenüber einem normalen Coaching vom Energie-Coaching der Stadt Zürich Sie durch die Teilnahme am Forschungsprojekt haben:

- Das Energie-Coaching "Heizungersersatz" für CHF 400.- anstatt CHF 800.- (Gesamtwert CHF 2'000.-). Sollte bereits ein Coaching "Heizungersersatz" durchgeführt worden sein, werden zusätzlich CHF 400.- beim nachfolgenden Punkt abgezogen.
- Das Energie-Coaching "Baubegleitung" für CHF 1'000.- anstatt CHF 2'000.- (Gesamtwert CHF 3'100.-).
- Ein Lärmgutachten, welches Sie für die Bewilligung einer Luft-Wasser-Wärmepumpe benötigen, erhalten sie bei einer Teilnahme für pauschal CHF 1'000.- anstatt für ca. CHF 1'600.- bei Standard-Lärmsituationen bis über CHF 2'500.- bei komplexeren Situationen. In den CHF 1'000.- enthalten sind auch die von der Behörde geforderte private Projektkontrolle sowie die private Ausführungskontrolle für den Teil Lärm.

Je nach Installationsort der Wärmepumpe oder wenn noch weitere bauliche Massnahmen gleichzeitig realisiert werden, kann eine Baubewilligung notwendig sein. Die Kosten dafür sind in der obigen Aufstellung nicht enthalten und würden zusätzlich anfallen.

Sie kommen zudem in den Genuss von nachfolgenden kostenlosen Zusatzleistungen, welche Sie ohne Teilnahme am Forschungsprojekt separat finanzieren müssten:

- Berechnung der notwendigen Wärmepumpenleistung und Vorschlag für ein geeignetes Modell, welches die Lärmschutzanforderungen erfüllt. Mit diesen Ausschreibungsunterlagen können Sie anschliessend Offerten für die Anlage bei Heizungsinstallateuren/innen einholen.
- Installationsattest und Energienachweis für die Bewilligung der Wärmepumpe und die von der Behörde geforderte Ausführungskontrolle durch die Private Kontrolle für Heizungen.

ENERGIEFORSCHUNG
STADT ZÜRICH
EIN ewz-BEITRAG
ZUR 2000-WATT-
GESELLSCHAFT

3/3

- Wenn Sie sich bereit erklären, Ihre Anlage mit Messgeräten ausstatten zu lassen, welche es erlauben, die Effizienz der Anlage zu beobachten und damit gezielter eine Betriebsoptimierung durchzuführen, werden die Kosten für die notwendigen Messgeräte übernommen (Preis ca. CHF 1'000.-).
- Einregulierung der Wärmepumpe für einen energieeffizienten Betrieb.

Diese Rundumbegleitung durch die Fachpersonen aus dem Forschungsprojekt inklusive einem grossen Teil der notwendigen Planungs- und Bewilligungsunterlagen kostet Sie also total nur **CHF 2'400.-** (bzw. CHF 1'600.-, wenn das Coaching "Heizungersatz" bereits durchgeführt wurde oder CHF 2'000, wenn auf Grund von bereits erfolgten Abklärungen, z. B. Beratung "Ersatz Erdgas", auf die Evaluation der in Frage kommenden Systeme verzichtet werden kann). Dies bei einem **Gegenwert von mindestens CHF 10'000.-**, wenn Sie diese Leistungen sonst beziehen würden.

Ihr Engagement

Bei einer Teilnahme am Forschungsprojekt wird von Ihnen folgendes erwartet:

- Sie sind grundsätzlich offen dafür, die Heizung in Ihrem Gebäude mit einem erneuerbaren System zu ersetzen, wenn Ihnen dadurch keine massgeblichen finanziellen Nachteile entstehen. Sollte sich im Verlauf der Abklärungen zeigen, dass eine Luft-Wasser-Wärmepumpe in Ihrem Gebäude keinen Sinn macht oder Sie eine solche nach eingehenden Überlegungen nicht wünschen, können Sie selbstverständlich aus dem Projekt aussteigen.
- Sie stellen dem Energie-Coach und dem Heizungsplaner die für die Abklärungen notwendigen Unterlagen zu Ihrem Gebäude und Ihrer bisherigen Heizungsanlage zur Verfügung.
- Sie sind dazu bereit, im Verlauf der Abklärungen und der Begleitung durch den Energie-Coach zweimal an einer kurzen Befragung rund um den geplanten oder durchgeführten Heizungersatz teilzunehmen. Der Zeitaufwand für Sie umfasst dabei zweimal ca. 15 Minuten.
- Sie sind offen dafür, dass die Verbrauchs- und Funktionsdaten Ihrer neuen Heizung während zwei bis vier Heizperioden abgelesen und für die Forschung anonymisiert ausgewertet werden.
- Die Daten zu Ihrem Gebäude und Ihre Antworten in den beiden Befragungen dürfen **anonymisiert** im Rahmen der Forschungsarbeit von Energieforschung Stadt Zürich verwendet und publiziert werden.
- Die Kosten für die eigentliche Installation der neuen Heizung und die Kosten für allfällige weitere bauliche Massnahmen übernehmen Sie als Eigentümerschaft. Selbstverständlich wird Ihr Energie-Coach Sie darauf hinweisen, wenn es für diese Investitionen Fördergelder gibt. Er wird Sie auch bei der Beantragung dieser Fördergelder unterstützen.

Die Anzahl an Gebäuden, die im Rahmen des Forschungsprojekts begleitet werden können, ist beschränkt. Die Anmeldungen werden in der Reihenfolge ihres Eingangs berücksichtigt.

A-13 Letter of Intent Teil 1

ENERGIEFORSCHUNG STADT ZÜRICH EIN ewz-BEITRAG ZUR 2000-WATT- GESELLSCHAFT

Energieforschung Stadt Zürich
Elektrizitätswerk der Stadt Zürich

www.energieforschung-zuerich.ch

Zürich, 29. November 2018

Information zur Teilnahme am Forschungsprojekt zu Luft-Wasser-Wärmepumpen

Ausgangslage und Ziele

Luft-Wasser-Wärmepumpen sind oft entweder aus finanziellen Gründen oder weil es vor Ort keine Alternativen gibt die einzige Möglichkeit, ein Gebäude mit erneuerbarer Energie anstatt mit Erdgas oder Erdöl zu beheizen. Weil die Stadt Zürich den Einsatz von erneuerbaren Energieträgern fördern möchte, finanziert Energieforschung Stadt Zürich das Projekt "Vertiefungsprojekt zum Heizungsersatz: Städtevergleich und Einsatz Luft-Wasser-Wärmepumpen".

Der Projektteil zu den Luft-Wasser-Wärmepumpen verfolgt folgende Ziele:

- Durch eine enge Begleitung von Gebäudeeigentümerschaften soll der Weg von den ersten Abklärungen bis zum Betrieb einer neuen Luft-Wasser-Wärmepumpe im Detail nachgezeichnet werden.
- Wenn auf diesem Weg Hindernisse oder Herausforderungen auftreten, werden die Eigentümerschaften unterstützt und die Herausforderungen werden dokumentiert.
- Anschliessend kann sich die Stadt Zürich gezielter darum bemühen, solche Hindernisse zu beseitigen, soweit dies im Einflussbereich der Stadt liegt.
- Zudem soll durch ein Monitoring der neuen Anlage überprüft werden, ob die Luft-Wasser-Wärmepumpe die an sie gestellten Erwartungen bezüglich Funktion und Energieeffizienz erfüllt.

Kriterien für die Teilnahme

Für die Durchführung des Forschungsprojekts werden Fallstudien-Gebäude gesucht. Die Gebäude sollten folgende Kriterien erfüllen:

- Wohngebäude in der Stadt Zürich mit 1 bis ca. 6 Wohneinheiten.
- Beheizt mit einer fossilen Heizung, die in absehbarer Zeit ersetzt werden muss.
- Es wurde noch nicht abgeklärt, welche nicht fossilen Systeme als Alternativen in Frage kommen oder erste Abklärungen haben ergeben, dass eine Luft-Wasser-Wärmepumpe eine geeignete Option ist.

Vorteile einer Teilnahme

Als Eigentümerschaft profitieren Sie von folgenden Vorteilen, wenn Sie bei den Fallstudien mitmachen:

- Begleitung durch erfahrene Energie-Coachs der Stadt Zürich
- Professionelle Abklärungen zur Machbarkeit von Heizsystemen mit erneuerbarer Energie
- Finanzielle Beteiligung der Stadt Zürich

1. Das Angebot der Begleitung beim Heizungsersatz

Luft-Wasser-Wärmepumpen sind oft entweder aus finanziellen Gründen oder weil es vor Ort keine Alternativen gibt die einzige Möglichkeit, ein Gebäude mit erneuerbarer Energie anstatt mit Erdgas oder Erdöl zu beheizen. Weil die Stadt Zürich den Einsatz von erneuerbaren Energieträgern fördern möchte, finanziert *Energieforschung Stadt Zürich* das Projekt "Vertiefungsprojekt zum Heizungsersatz: Städtevergleich und Einsatz Luft-Wasser-Wärmepumpen". *Energieforschung Stadt Zürich* (EFZ) ist ein auf 10 Jahre angelegtes Programm zur Förderung von Energieeffizienz und erneuerbaren Energien. Das Forschungsprojekt wird durch die Firma econcept geleitet.

Das Projektmodul zum Einsatz von Luft-Wasser-Wärmepumpen besteht aus zwei Teilen:

- Teil 1: Abklärungen und Vergleich der geeigneten Heizsysteme durch einen Energie-Coach
- Teil 2: Begleitung bei der Planung und Umsetzung des Heizungsersatzes mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe durch den Energie-Coach, einen Heizungsplaner und einen Lärmexperten.

Sie werden von einem erfahrenen Energie-Coach, *Name Vorname*, bei den Abklärungen, dem Vergleich, dem Entscheid und den Vorbereitungen für Ihre neue Heizung begleitet. Er unterstützt Sie in allen Belangen von der Klärung der Machbarkeit eines alternativen Heizungssystems über die Planung, den Einbezug von Fachpersonen und den Vergleich von Anbieterofferten etc. Zudem erhalten Sie Unterstützung von einem erfahrenen Heizungsplaner. Das garantiert Ihnen eine richtig ausgelegte Heizung und erleichtert Ihnen die Offertanfragen bei den Installationsfirmen. Der Heizungsplaner, René Naef von Naef Energietechnik, stellt nach der Inbetriebnahme auch sicher, dass ihre Wärmepumpe effizient läuft. Die Situation vor Ort wird zudem von einem Lärmexperten, Mario Bleisch von Amstein+Walthert, beurteilt, welcher Ihnen den für die Bewilligung notwendigen Lärnmachweis erstellt.

Die vorliegende Vereinbarung bezieht sich auf den **Teil 1 „Abklärungen zu geeigneten Heizsystemen“** der Begleitung zum Heizungsersatz. Die Abklärungen übernimmt Ihr Energie-Coach. Sollten Sie sich nach den Abklärungen dafür entscheiden, eine Luft-Wasser-Wärmepumpen zu installieren, wird für die weitere Begleitung die separate Vereinbarung „Teilnahmeerklärung Eigentümerschaft zum Teil 2 der Begleitung: Planung und Umsetzung“ unterzeichnet.

2. Leistungen von Seiten Energieforschung Stadt Zürich

Im Teil 1 der Begleitung klärt ein erfahrener Energie-Coach der Stadt Zürich für und mit Ihnen ab, welche Heizsysteme für das oben genannte Gebäude beim Heizungsersatz in Frage kommen und was die Vor- und Nachteile der verschiedenen Varianten sind.

Vereinbarung Teil 1 Abklärungen zu geeigneten Heizsystemen

Seite 2

Der Fokus der Abklärungen liegt auf der Machbarkeit der verschiedenen Systeme, den Kosten und den allenfalls notwendigen Zusatzmassnahmen für ein System mit erneuerbaren Energien.

Nach den Abklärungen liegt für Sie der "Beratungsbericht Energie-Coaching. Coaching Heizungsersatz" vor (einen Musterbericht finden Sie auf https://www.stadt-zuerich.ch/gud/de/index/beratungen_bewilligungen/ugz/Liegenschaftsbesitzende/energie-coaching/gebaeudeerneuerung/beratungsangebote.html#coaching_heizungsersatz, Stand 14.1.2019).

Dieser Beratungsbericht enthält jedoch noch keine genauen Vorgaben für allfällige Offertanfragen bei den Installationsfirmen. Diese werden im Teil 2 der Begleitung: "Planung und Umsetzung" erarbeitet.

2. Engagement der teilnehmenden Eigentümerschaft

Bei einer Teilnahme am Teil 1 der Begleitung wird von Ihnen folgendes erwartet:

- Sie sind grundsätzlich offen dafür, die Heizung in Ihrem Gebäude mit einem erneuerbaren System zu ersetzen, wenn Ihnen dadurch keine massgeblichen finanziellen Nachteile entstehen. Sollte sich im Verlauf der Abklärungen zeigen, dass eine Luft-Wasser-Wärmepumpe in Ihrem Gebäude technisch nicht möglich ist oder Sie eine solche nach eingehenden Überlegungen nicht wünschen, können Sie selbstverständlich aus dem Projekt aussteigen.
- Sie stellen dem Energie-Coach und später den anderen Fachpersonen die für die Abklärungen notwendigen Unterlagen zu Ihrem Gebäude und Ihrer bisherigen Heizungsanlage zur Verfügung und Sie sind einverstanden, dass bei Ihrer aktuellen Heizung die Temperaturen gemessen und ausgewertet werden.
- Sollten Sie nach den Abklärungen entscheiden, keine Luft-Wasser-Wärmepumpe zu installieren oder aus anderen Gründen nicht am zweiten Teil der Begleitung bei der Planung und Umsetzung teilnehmen zu wollen, sind Sie dennoch bereit, abschliessend an einer telefonischen Kurzbefragung teilzunehmen.
- Die Daten zu Ihrem Gebäude und Ihre Antworten in der Befragung dürfen anonymisiert im Rahmen der Forschungsarbeit von Energieforschung Stadt Zürich verwendet und publiziert werden.

3. Kosten

Für die Abklärungen zu den geeigneten Heizungssystemen beträgt **Ihr Kostenbeitrag CHF 400.-** (inkl. MWST).

Die Rechnungsstellung erfolgt durch die Firma econcept im Auftrag von Energieforschung Stadt Zürich nach Abschluss der Abklärungen.

Zu Ihrer Information

Der Gesamtwert der Leistungen, die Sie vom Energie-Coach im Rahmen des Teil 1 der Begleitung erhalten, beträgt CHF 2'000.-. Wenn Sie die Leistungen über das Energie-Coaching der Stadt Zürich beziehen würden, würde Ihr Beitrag CHF 800.- betragen. Davon übernimmt nun jedoch Energieforschung Stadt Zürich die Hälfte.

3. Vertraulichkeit - Laufzeit - Unterschriften

Alle dem Projekt zur Verfügung gestellten Dokumente und Informationen werden vertraulich behandelt.

Diese Vereinbarung tritt mit der Unterzeichnung durch beide Parteien in Kraft.

Kontaktperson der Eigentümerschaft

Ort, Datum:

Unterschrift(en):

Projektleitung

Meta Lehmann, econcept AG

Stv. Projektleitung

Benjamin Buser, econcept AG

Ort, Datum: Zürich, 17. Februar 2019

Unterschriften:

Meta Lehmann, econcept AG

Benjamin Buser, econcept AG

A-14 Letter of Intent Teil 2

**ENERGIEFORSCHUNG
STADT ZÜRICH
EIN ewz-BEITRAG
ZUR 2000-WATT-
GESELLSCHAFT**

Energieforschung Stadt Zürich
Elektrizitätswerk der Stadt Zürich

www.energieforschung-zuerich.ch

Teilnahmeerklärung Eigentümerschaft zum Teil 2 der Begleitung: **Planung und Umsetzung**

Vereinbarung zwischen

Energieforschung Stadt Zürich
vertreten durch

Meta Lehmann und Benjamin Buser
econcept AG
Gerechtigkeitsgasse 20
8002 Zürich

und

Eigentümerschaft des nachfolgend genannten Gebäudes
Kontaktperson der Eigentümerschaft

Name

Vorname

Strasse, Nr.

PLZ und Ort

Telefon

Email

Adresse des Gebäudes mit absehbarem Heizungersatz

Strasse, Nr.

PLZ und Ort

 Stadt Zürich



1. Das Angebot der Begleitung beim Heizungsersatz

Luft-Wasser-Wärmepumpen sind oft entweder aus finanziellen Gründen oder weil es vor Ort keine Alternativen gibt die einzige Möglichkeit, ein Gebäude mit erneuerbarer Energie anstatt mit Erdgas oder Erdöl zu beheizen. Weil die Stadt Zürich den Einsatz von erneuerbaren Energieträgern fördern möchte, finanziert *Energieforschung Stadt Zürich* das Projekt "Vertiefungsprojekt zum Heizungsersatz: Städtevergleich und Einsatz Luft-Wasser-Wärmepumpen". *Energieforschung Stadt Zürich* (EFZ) ist ein auf 10 Jahre angelegtes Programm zur Förderung von Energieeffizienz und erneuerbaren Energien. Das Forschungsprojekt wird durch die Firma econcept geleitet.

Das Projektmodul zum Einsatz von Luft-Wasser-Wärmepumpen besteht aus zwei Teilen:

- Teil 1: Abklärungen und Vergleich der geeigneten Heizsysteme durch einen Energie-Coach
- Teil 2: Begleitung bei der Planung und Umsetzung des Heizungsersatzes mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe durch den Energie-Coach, einen Heizungsplaner und einen Lärmexperten.

Sie werden von einem erfahrenen Energie-Coach, *Name Vorname*, bei den Abklärungen, dem Vergleich, dem Entscheid und den Vorbereitungen für Ihre neue Heizung begleitet. Er unterstützt Sie in allen Belangen von der Klärung der Machbarkeit eines alternativen Heizungssystems über die Planung, den Einbezug von Fachpersonen und den Vergleich von Anbieterofferten etc. Zudem erhalten Sie Unterstützung von einem erfahrenen Heizungsplaner. Das garantiert Ihnen eine richtig ausgelegte Heizung und erleichtert Ihnen die Offertanfragen bei den Installationsfirmen. Der Heizungsplaner, René Naef von Naef Energietechnik, stellt nach der Inbetriebnahme auch sicher, dass ihre Wärmepumpe effizient läuft. Die Situation vor Ort wird zudem von einem Lärmexperten, Mario Bleisch von Amstein+Walthert, beurteilt, welcher Ihnen den für die Bewilligung notwendigen Lärnmachweis erstellt.

Die vorliegende Vereinbarung bezieht sich auf den **Teil 2 „Planung und Umsetzung“**. Beim oben genannten Gebäude wurde bereits abgeklärt, dass eine Luft-Wasser-Wärmepumpe in Frage kommt und Sie haben sich entschieden, diese Option vertieft zu prüfen und nach Möglichkeit umzusetzen. Der Energie-Coach und die ihn ergänzenden Fachpersonen (Heizungsplaner und Lärmexperte) unterstützen Sie dabei.

2. Leistungen von Seiten Energieforschung Stadt Zürich

Im Teil 2 der Begleitung geht es darum festzulegen, welche Art Luft-Wasser-Wärmepumpe konkret in Frage kommt, wie gross sie sein muss, welche Zusatzmassnahmen allenfalls umgesetzt werden sollten, wie die Lärmschutzanforderungen eingehalten werden können etc. Ihr Energie-Coach berät Sie und arbeitet eng mit dem von Energieforschung Stadt Zürich finanzierten Heizungsplaner und dem Lärmexperten zusammen.

Nach den Vorarbeiten holen Sie Offerten bei Installationsfirmen ein, entscheiden sich für einen Anbieter und lassen die Anlage installieren.

Anschliessend sorgt der Heizungsplaner dafür, dass die Anlage effizient läuft.

Nachfolgend die Leistungen im Überblick:

- Baubegleitung durch den Energie-Coach, der Sie nach Wunsch in allen Fragen berät (im Umfang von rund 16h).
- Berechnung der notwendigen Wärmepumpenleistung und Vorschlag (durch den Heizungsplaner) für ein geeignetes Modell, welches die Lärmschutzanforderungen erfüllt. Mit diesen Ausschreibungsunterlagen können Sie anschliessend Offerten für die Anlage bei Heizungsinstallateuren/innen einholen.
- Energienachweis für die Bewilligung der Wärmepumpe (durch den Heizungsplaner).
- Den von der Behörde geforderten Installations-Attest und die Ausführungskontrolle durch die Private Kontrolle für Heizungen.
- Ein Lärmgutachten, welches Sie für die Bewilligung einer Luft-Wasser-Wärmepumpe benötigen (durch den Lärmexperten).
- Die von der Behörde geforderte private Projektkontrolle sowie die private Ausführungskontrolle für den Teil Lärm.
- Energieforschung Stadt Zürich erstattet Ihnen die Kosten für den separaten Stromzähler und den Wärmezähler, welche an der neuen Luft-Wasser-Wärmepumpenanlage installiert werden sollen. Die Zähler werden einen Wert von rund CHF 1'000.- haben.

3. Engagement der teilnehmenden Eigentümerschaft

Bei einer Teilnahme an Teil 2 der Begleitung wird von Ihnen folgendes erwartet:

- Sie sind grundsätzlich offen dafür, die Heizung in Ihrem Gebäude mit einem erneuerbaren System zu ersetzen, wenn Ihnen dadurch keine massgeblichen finanziellen Nachteile entstehen. Sollte sich im Verlauf der Abklärungen zeigen, dass eine Luft-Wasser-Wärmepumpe in Ihrem Gebäude technisch nicht möglich ist oder Sie eine solche nach eingehenden Überlegungen nicht wünschen, können Sie aus dem Projekt aussteigen.
- Sie stellen dem Energie-Coach und den anderen Fachpersonen die für die Abklärungen notwendigen Unterlagen zu Ihrem Gebäude und Ihrer bisherigen Heizungsanlage zur Verfügung und Sie sind einverstanden, dass bei Ihrer aktuellen Heizung die Temperaturen gemessen und ausgewertet werden.
- Sie sind dazu bereit, im Verlauf der Abklärungen und der Begleitung zweimal an einer kurzen Befragung rund um den geplanten oder durchgeführten Heizungsersatz teilzunehmen. Der Zeitaufwand für Sie umfasst dabei zweimal ca. 30 Minuten.
- Sie sind bereit, an Ihrer neuen Luft-Wasser-Wärmepumpenanlage einen Stromzähler und einen Wärmezähler installieren zu lassen. Die Kosten von rund CHF 1'000.- übernimmt Energieforschung Stadt Zürich.
- Sie stimmen zu, dass die Verbrauchs- und Funktionsdaten Ihrer neuen Heizung während einer bis drei Heizperioden abgelesen und für die Forschung anonymisiert ausgewertet werden.
- Die Daten zu Ihrem Gebäude und Ihre Antworten in den beiden Befragungen dürfen **anonymisiert** im Rahmen der Forschungsarbeit von Energieforschung Stadt Zürich verwendet und publiziert werden.
- Zur Illustration der Erkenntnisse und zum leichteren Verständnis kann es zielführend sein, Fotos zu verwenden. Sollten wir beabsichtigen, Fotos von Ihrer Liegenschaft in einer Publikation zu verwenden, würden wir Sie vorgängig um Ihr Einverständnis bitten.
- Die Kosten für die eigentliche Installation der neuen Heizung und die Kosten für allfällige weitere bauliche Massnahmen übernehmen Sie als Eigentümerschaft. Selbstverständlich wird Ihr Energie-Coach Sie darauf hinweisen, wenn es für diese Investitionen Fördergelder gibt. Er wird Sie auch bei der Beantragung dieser Fördergelder unterstützen.

4. Kosten

Für die umfassende Begleitung, welche Sie im Teil 2 "Planung und Umsetzung" erhalten, beträgt **Ihr Kostenbeitrag CHF 2'000.-** (inkl. MWST).

Die Kosten setzen sich zusammen aus CHF 1'000.- für die Begleitung und CHF 1'000.- für den Lärnmachweis, welcher für jede Luft-Wasser-Wärmepumpe obligatorisch erstellt und bezahlt werden muss. Die Kosten für den Strom- und den Wärmehzähler in der Grössenordnung von CHF 1'000.- werden vom obigen Kostenbeitrag bei der Verrechnung abgezogen.

Die Rechnungsstellung erfolgt durch die Firma econcept im Auftrag von Energieforschung Stadt Zürich nach der Installation der neuen Heizung.

Zu Ihrer Information

- Der Gesamtwert der Leistungen, die Sie vom Energie-Coach für die Baubegleitung erhalten, beträgt CHF 3'100.- (ohne die Berechnungen durch den Heizungsplaner). Wenn Sie die Leistungen über das Energie-Coaching der Stadt Zürich beziehen würden, würde Ihr Beitrag CHF 2'000.- betragen. Davon übernimmt nun jedoch Energieforschung Stadt Zürich CHF 1'000.-.
- Ein Lärmgutachten kostet üblicherweise CHF 1'600.- bei Standard-Lärmsituationen, jedoch bis über CHF 2'500.- bei komplexeren Situationen. Sie erhalten es im Rahmen des vorliegenden Projekts für eine Pauschale von CHF 1'000.-.
- Den für die Bewilligung notwendigen Energienachweis und den Installations-Attest sowie die von den Behörden geforderte Ausführungskontrolle durch die Private Kontrolle für Heizungen müssten Sie normalerweise separat zahlen. Sie sind mit dieser Vereinbarung jedoch in den obigen Kosten enthalten.

5. Vertraulichkeit - Laufzeit - Unterschriften

Alle dem Projekt zur Verfügung gestellten Dokumente und Informationen werden vertraulich behandelt.

Diese Vereinbarung tritt mit der Unterzeichnung durch beide Parteien in Kraft.

Kontaktperson der Eigentümerschaft

Ort, Datum:

Unterschrift(en):

Projektleitung

Meta Lehmann, econcept AG

Stv. Projektleitung

Benjamin Buser, econcept AG

Ort, Datum: Zürich, 17. Februar 2019

Unterschriften:

Meta Lehmann, econcept AG

Benjamin Buser, econcept AG

Literatur

- Alera energies AG (2019): Gasser L.: Luft-Wasser-Wärmepumpen im städtischen Bestand. Im Auftrag der Stadt Zürich, 07.2019
- Bundesamt für Energie (2002): Standardschaltungen für Kleinwärmepumpenanlagen. Teil 1: STASCH-Planungshilfen und Teil 2: Grundlagen und Computersimulationen.
- Cercle Bruit (2018): Lärmrechtliche Beurteilung von Luft-Wasser-Wärmepumpen. Vollzugshilfe 6.21, 20.9.2018
- EnergieSchweiz, BFE (2015): Ermittlung der Wärmeerzeugerleistung. EnergieSchweiz in Zusammenarbeit mit Minergie und suissetec. 12.2015
- Erb M., Hubacher P., Ehrbar M. (2004): Feldanalyse von Wärmepumpenanlagen FAWA 1996-2003. Dr.Eicher+Pauli AG, Hubacher Engineering und Interstaatliche Hochschule für Technik Buchs im Auftrag des Bundesamts für Energie, April 2004
- Energie Zukunft Schweiz (2018): Forster R., Varga M.: Städtevergleich: aktuelle Bewilligungspraxis von Luft-Wasser-Wärmepumpen und Optimierungsmöglichkeiten für den Kanton Basel-Stadt. Im Auftrag des BGI Basel-Stadt, 28.6.2018
- FHNW (2014): Dott R., Afjei T.: Stadtverträgliche Luft-Wasser-Wärmepumpen als Hauptwärmeerzeuger, Fachhochschule Nordwestschweiz im Auftrag von Umwelt- und Gesundheitsschutz Stadt Zürich, 27.11.2014
- FHNW (2018): Steinke G., Genkinger A., Kobler R., Dott R., Afjei T.: Integration von Luft-Wasser-Wärmepumpen im städtischen Kontext, Fachhochschule Nordwestschweiz im Auftrag der Stadt Zürich und des Kantons Basel-Stadt, 8.11.2018
- IPCC (2018): Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press.
- KBOB Empfehlung Ökobilanzdaten im Baubereich, Ausgabe 2009/1:2016
- Kommunale Infrastruktur und Stadt Zürich UGZ (Hrsg.) (2015): Kriterien für eine stadtverträgliche Luft Wasser Wärmepumpe, 20.3.2015

- Lemon Consult, econcept, Energie Zukunft Schweiz (2018): Roost M., Ménard M., Lehmann M., Ott W., Sitzmann B.: WP-GAP: Performance Gap bei Mehrfamilienhäusern mit Wärmepumpe – die Rolle der Betreiber. Im Auftrag des Bundesamts für Energie, 18.10.2018
- NTB (2019a): Prinzing M., Berthold M., Bertsch S.: Ausblick auf mögliche Entwicklungen von Wärmepumpen-Anlagen bis 2050. Interstaatliche Hochschule für Technik Buch im Auftrag des Bundesamts für Energie, 30.11.2019
- NTB (2019b): Prinzing M., Berthold M., Bertsch S., Eschmann M.: Schlussbericht «Feldmessungen Wärmepumpen-Anlagen 2015-2018 (Auswertung verlängert bis Dez. 2019)». Interstaatliche Hochschule für Technik Buch im Auftrag von EnergieSchweiz, 12.12.2019
- Stadt Zürich, Amt für Hochbauten (2014): Wärmepumpen für die Instandsetzung. Systemevaluation für die Instandsetzung. Schlussbericht August 2014
- Stadt Zürich, Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (2017): Energie-Coaching Faktenblatt: Luft-Wasser-Wärmepumpen in der Stadt, April 2017