



Themenbereich Gebäude

Heizungersatz: Fallstudien zum Einsatz von Luft-Wasser- Wärmepumpen

Forschungsprojekt FP-2.8.1, Modul 2
Zusammenfassung, 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

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Energieforschung Stadt Zürich	4
1 Ausgangslage	6
2 Forschungsfragen	7
3 Methodik und Vorgehen	8
4 Beantwortung der Forschungsfragen	10
4.1 Schwerpunkt 1: Hemmnisse für Luft-Wasser-Wärmepumpen	14
4.2 Schwerpunkt 2: Massnahmenvorschläge und Empfehlungen für die Stadt Zürich	17
5 Schlussfolgerungen und Ausblick	19

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.

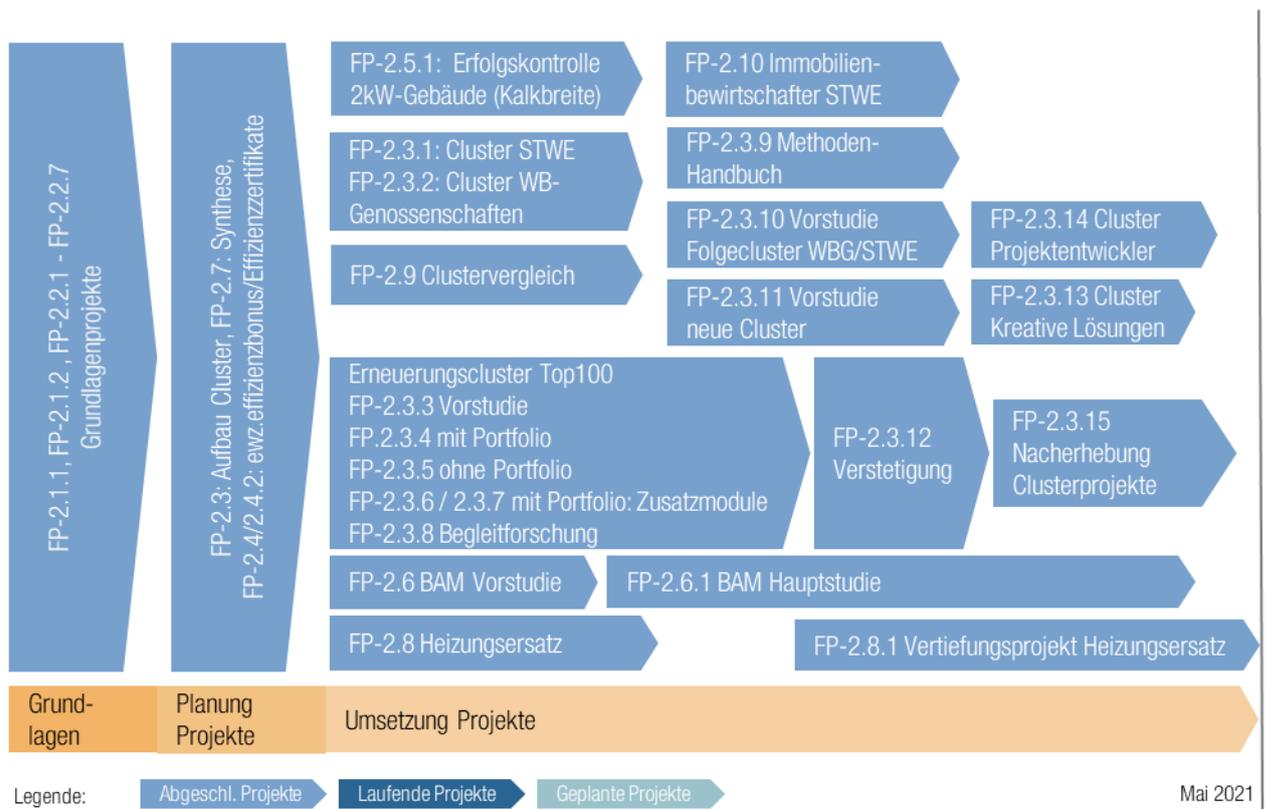
Themenbereich Haushalte

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



1 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.

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 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?
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 Heizungser-satz 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 Heizungersatz 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 des Schlussberichts, in welchem das Merkblatt vorgestellt wird.

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

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

3 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.

Tabelle 1: Methodik und Vorgehen im Rahmen der vorliegenden Studie

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 Heizungsersatz geeignet wäre. - Eine nahe Begleitung und ein guter Austausch mit den Bauherrschaften sind möglich. <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>
	Begleitung	Die Bauherrschaften der Fallstudien werden durch die Coachs, den Heizungsplaner/innen und den Lärmfachmann/-frau begleitet. Während der Begleitung werden die Erkenntnisse aus Gesprächen und Abklärungen in Checklisten festgehalten. <i>Bei den Fallstudien mit installierter Luft-Wasser-Wärmepumpe überprüfte der Heizungsplaner des Projektteams nach der Inbetriebnahme die Einstellungen und nahm die Messinstallatio-nen in Betrieb.</i>
	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. <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>

⁵ Schlussendlich wurden sieben Gebäude im Rahmen der Fallstudie untersucht.

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.
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.

4 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 Grundlage der MuKEn2008 (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.

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

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 $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ eine Heizvorlauftemperatur von maximal $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ zu reduzieren.

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

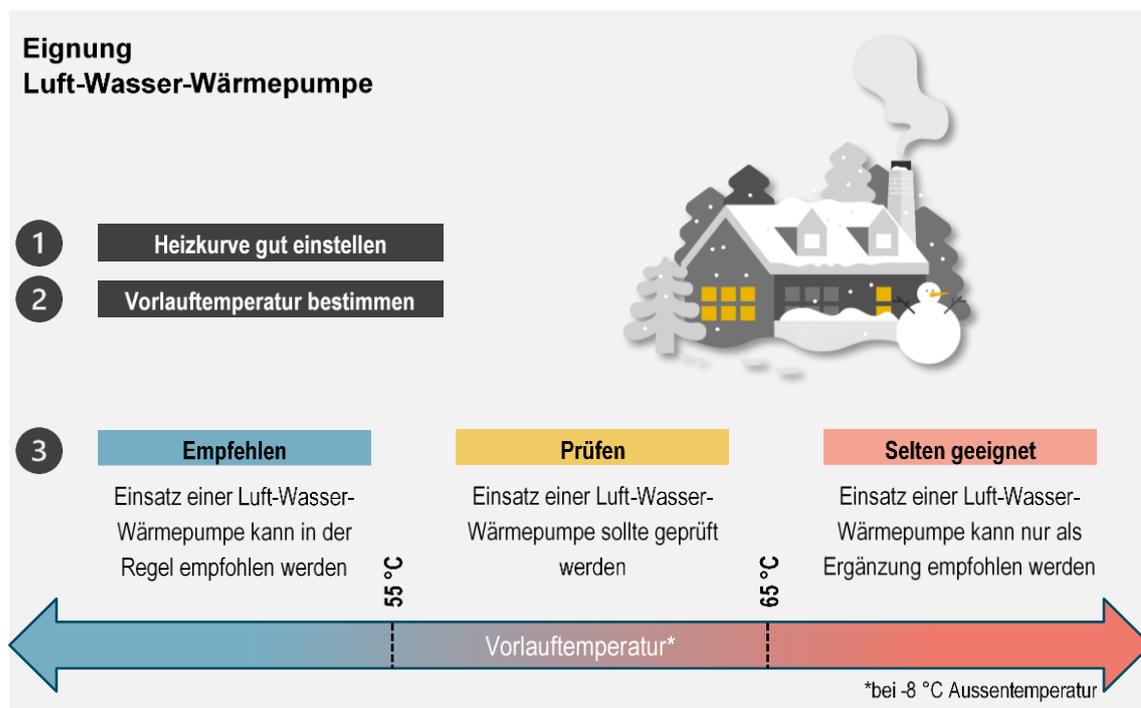


Abbildung 1: Schema zum Überprüfen der Eignung einer Luft-Wasser-Wärmepumpe anhand der Vorlauftemperatur.

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.

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 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?

Die erkannten Hemmnisse decken sich mit den Annahmen der Vorstudie. Ein Heizungsersatz 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 Heizungsersatz.

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 2018 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.

4.1 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 2 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.

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.

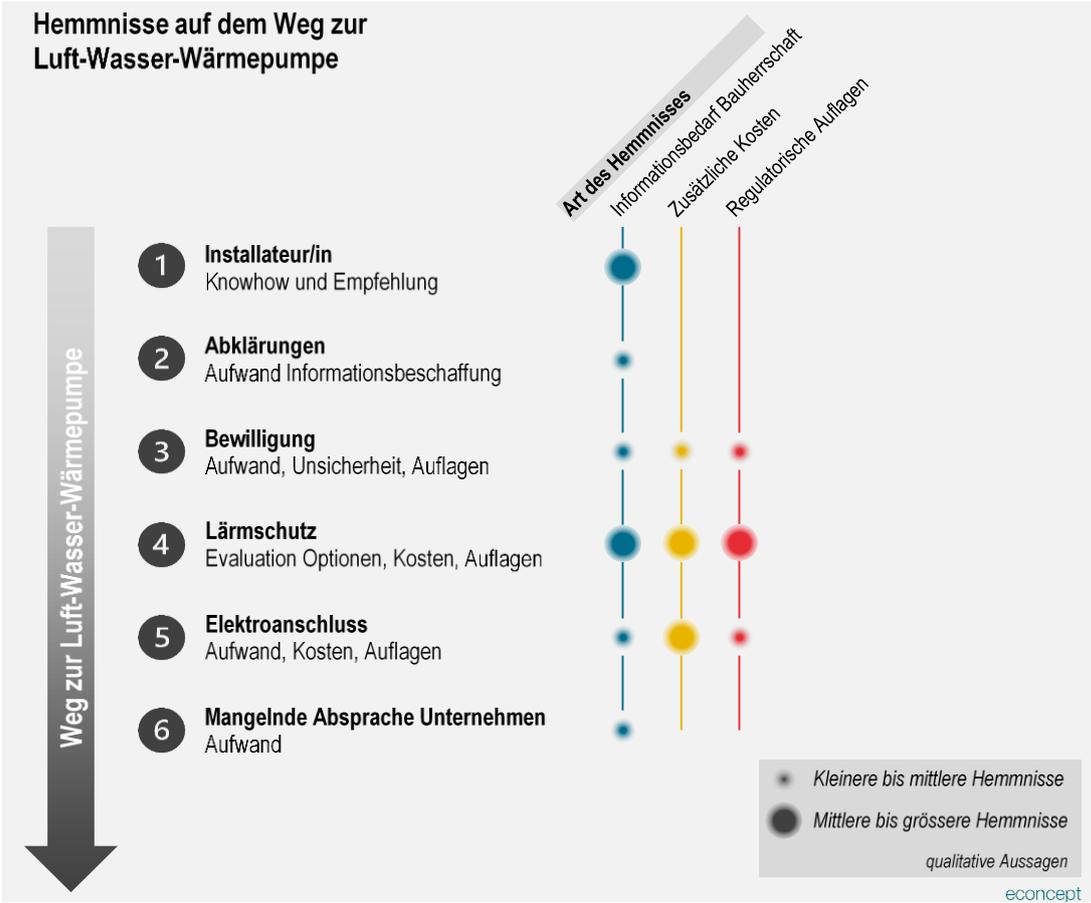


Abbildung 2: Zusammenfassung der Erkenntnisse bezüglich Hemmnisse auf dem Weg zu einer Luft-Wasser-Wärmepumpe. Je höher die Anzahl der Punkte und je grösser sie sind, umso relevanter ist das Hemmnis.

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

Hemmnis	Beschrieb
Informationsbedarf Bauherrschaft	Die Bauherrschaft 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 Bauherrschaft beim Heizungersatz 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 Heizungersatz 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 Heizungersatz 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	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: 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	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 Bereich ⁸ 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 Schallschutzmassnahmen ⁹ 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.

⁸ d. h. lieber 'versteckt' und nicht beim Gartensitzplatz oder an einer 'repräsentativen' Fassade

⁹ Insbesondere Schalldämpfer in der Aussenluftzuleitung und im Fortluftauslass

<p>5 Elektroanschluss Aufwand, Kosten, Auflagen</p>	<p>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.</p> <p>Nebst der Verstärkung des Elektroanschlusses kann der Einsatz von Wärmepumpen eine Sanierung (z. B. wegen Asbest), Versetzung oder anderweitige Änderung des Elektroanschlusses verlangen.</p>
<p>6 Mangelnde Absprache Unternehmen Aufwand</p>	<p>Die Absprache zwischen Installateur/in und übrigen Involvierten muss gut sein. Sonst werden Installationen potenziell fehlerhaft ausgeführt.</p>

4.2 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 MuKEn 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 Heizungsersatz. 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 $LWA^{10} \leq 45$ 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 Heizungsersatz 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.

¹⁰ Der Schalleistungspegel LWA ist eine Geräuschemissionskenngrösse und beschreibt die von einer Maschine pro Sekunde in die Umgebung abgegebene Schallenergie.

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.¹¹

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

¹¹ 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.

5 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 lässt sich die Raumluft nur beschränkt kühlen 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.