Gregor Steinke, Institut Energie am Bau – FHNW, wissenschaftlicher Mitarbeiter
Andreas Genkinger, Institut Energie am Bau – FHNW, wissenschaftlicher Mitarbeiter
Thomas Afjei, Institut Energie am Bau – FHNW, Professor Gebäudetechnik

# Integration von Luft/Wasser-Wärmepumpen im städtischen Kontext

***Zusammenfassung***
*Luft/Wasser-Wärmepumpen sind eine wichtige Option beim Ersatz fossiler Wärmeerzeuger in Wohngebäuden. Für den dicht bebauten städtischen Kontext wurden in dieser Studie für die Städte Zürich und Basel Herausforderungen beim Einsatz von Luft/Wasser-Wärmepumpen bezüglich des Lärmschutzes, der gestalterischen Integration und der Bewilligung untersucht. Eine Marktanalyse hat gezeigt, dass die Schallleistungspegel von Standardgeräten in einem weiten Bereich streuen. Für kleinere bestehende Wohngebäude mit einem Wärmeleistungsbedarf bis 15 kW sind leise Luft/Wasser-Wärmepumpen als Innen-, Split und Aussengeräte verfügbar, die die Lärmschutzanforderung auch in beengten baulichen Situationen erfüllen. Beim Systemvergleich schneiden innen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen im Untergeschoss oder aussen aufgestellte Kompaktgeräte im Erdgeschoss insgesamt besser ab, als die Aufstellung im Dachbereich. Dachlösungen bieten für bestehende Gebäude im städtischen Kontext Potential und sollten weiterentwickelt werden. Gute gestalterische Integration kann durch die Hersteller mit modularem Gerätedesign und der Auswahlmöglichkeit verschiedener Materialien unterstützt werden. Es wird empfohlen, einen Leitfaden mit Standardlösungen zur gestalterischen Integration für Planende, Unternehmer und Bauherrschaften zu erarbeiten.*

***Abstract***
*Air/water heat pumps are an important option when replacing fossil heating systems. For the densely built-up urban context, this study examines challenges for the cities of Zurich and Basel in the use of air/water heat pumps with regard to noise protection, design integration and building permit. A market analysis has shown that the sound power levels of standard devices vary over a wide range. For smaller existing residential buildings with a thermal power requirement of up to 15 kW, quiet air/water heat pumps are available as indoor, split and outdoor units that meet the noise protection requirements even in dense building situations. When comparing systems, indoor air/water heat pumps in the basement or outdoor compact units on the ground floor perform better overall than roof-mounted units. Roof solutions offer potential for existing buildings in an urban context and should be further developed. Good design integration can be supported by the manufacturers with modular device design and the choice of different materials. It is recommended to develop a guideline with standard solutions for design integration for planners, entrepreneurs and building owners.*

## Einleitung und Motivation

In diesem Beitrag werden Ergebnisse einer im Auftrag der Stadt Zürich und dem Kanton Basel-Stadt 2017/18 durchgeführten Studie zur Integration von Luft/Wasser-Wärmepumpen im städtischen Kontext dargestellt [1]. Das Projekt wurde durch das Institut Energie am Bau und das Institut Industrial Design der FHNW bearbeitet.

Luft/Wasser-Wärmepumpen sollen bei der Umsetzung der Energiestrategie 2050 eine wichtige Rolle in der Wärmeversorgung übernehmen. Etwa zwei Drittel der Liegenschaften in Basel-Stadt haben derzeit ein fossiles Heizsystem (Stand 2018). In der Stadt Zürich trifft dies für 77 % der Wohnungen zu. Erneuerbare Wärmeerzeugung mit Fernwärme ist nicht überall verfügbar und Sole/Wasser-Wärmepumpen mit Erdsonden sind nicht immer möglich. Luft/Wasser-Wärmepumpen nutzen mit der Energie der Aussenluft erneuerbare Quellen. Erneuerbarer Strom kann für den Betrieb verwendet werden. Derzeit stösst die Luft/Wasser-Wärmepumpe im urbanen Raum allerdings noch auf Hindernisse. Luft/Wasser-Wärmepumpen gelten als laut, ästhetisch unbefriedigend und wenig energieeffizient. Aussen aufgestellte Anlagen können Lärmklagen auslösen oder wegen einer mangelhaften Berücksichtigung der gestalterischen Integration auf Ablehnung stossen. Jedoch gibt es bereits heute leise, effiziente und gestalterisch gut integrierbare Luft/Wasser-Wärmepumpen.

In Fortführung der Studie «Stadtverträgliche Luft/Wasser-Wärmepumpen als Hauptwärmeerzeuger» von 2014 [2] werden im hier dargestellten Projekt eine Marktanalyse mit aktualisierten und erweiterten Schall- und Energieeffizienzdaten erstellt. Die damaligen Anforderungen an Effizienz und Schall werden aktualisiert und präzisiert und konkrete Lösungen für die gestalterische Integration dokumentiert und erarbeitet. Im Weiteren werden Ideen und Vorschläge für eine Vereinfachung der Bewilligungspraxis vorgestellt. In der Studie werden Serienmodelle von Luft/Wasser-Wärmepumpen verschiedener Bauart für Einfamilienhäuser und kleine Mehrfamilienhäuser im Leistungsbereich von 4 bis etwa 50 kW betrachtet, vor allem für den Ersatz bestehender Wärmeerzeuger.

## Marktangebot an leisen und energieeffizienten Luft/Wasser-Wärmepumpen

Beim Einsatz von Luft/Wasser-Wärmepumpen ist besonders im städtischen Kontext der Lärmschutz von grosser Bedeutung. Die Schallemissionen marktverfügbarer Geräte streuen in einem weiten Bereich. Im Verlauf der letzten Jahre sind einige sehr leise Wärmepumpen auf den Markt gekommen. Es ist anzunehmen, dass sich dieser Trend künftig fortsetzt. Die Vergleiche mit der letztmaligen Auswertung [2] zeigen, dass die Schallleistungspegel im Mittel um 4 dB(A) sanken. Die Summenhäufigkeitsverteilung der Schallleistungspegel stellt sich wie folgt dar:

| Schallleistungspegel Nacht max. | ≤ 50 dB(A) | ≤ 55 dB(A) | ≤ 60 dB(A) | ≤ 65 dB(A) | ≤ 70 dB(A) |
|---|---|---|---|---|---|
| Summenhäufigkeit | 12 % | 37 % | 70 % | 87 % | 98 % |

Tabelle 1: Summenhäufigkeitsverteilung der Schallleistungspegel aller 358 ausgewerteter Geräte. Lesehilfe zur Tabelle, z.B. 3. Spalte von links: 37 % der ausgewerteten Geräte haben einen Schallleistungspegel Nacht max. von weniger oder gleich 55 dB(A).

Die Schallleistungspegel der ausgewerteten Splitgeräte weisen im Vergleich zu den anderen Gerätetypen die grösste Streuung auf, aber es gibt auch einzelne Splitgeräte mit sehr guten Schallwerten. Aussen aufgestellte Luft/Wasser-Kompaktwärmepumpen haben bauartbedingt höhere Schallemissionen als innen aufgestellte Geräte und Splitanlagen. Der für den Lärmschutznachweis erforderliche Schallleistungspegel «Nacht max.» marktverfügbarer Luft/Wasser-Wärmepumpen ist differenziert nach Gerätetyp in Bild 1 dargestellt.

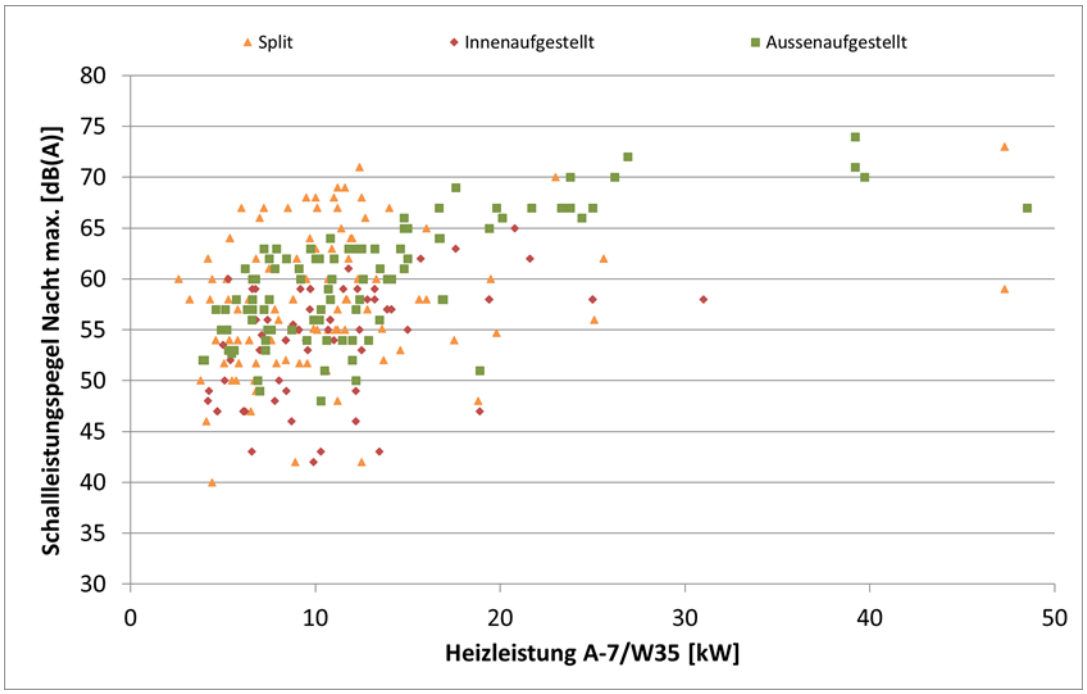



Bild 1: Schallleistungspegel «Nacht max.» marktverfügbarer Luft/Wasser-Wärmepumpen in Bezug zur Heizleistung, differenziert nach Gerätetypen. Datengrundlage: FWS-Schalldatenverzeichnis [3] und eigene Recherche (Stand 06'2018)

Aus den Schallleistungspegeln der leisen Geräte der jeweiligen Leistungsbereiche wurden die Mindestdistanzen der Schallquelle zum Empfänger gemäss den Anforderungen für den Lärmschutz in Zürich bzw. Basel berechnet. Für die in städtischen Wohnquartieren relevante Empfindlichkeitsstufe ES II sind nach Lärmschutzverordnung [4] und cercle bruit [5] je nach Gerätetyp und Ort die folgenden Mindest-Distanzen erforderlich.

- Für Geräte mit einer Heizleistung von ca. 5 bis 10 kW sind in Zürich je nach Gerätetyp mindestens 1.5 bis 4.5 m, in Basel 1 bis 3 m Distanz notwendig. Dabei ist zu beachten, dass es in Zürich einen zusätzlichen Vorsorgezuschlag von 3 dB gibt und somit strengere Anforderungen als in Basel gelten.
- Bei einer Heizleistung von ca. 15 bis 20 kW sind für Splitgeräte in Zürich etwa 3 bis 6 m und bei innen aufgestellten Luft/Wasser-Wärmepumpen ca. 5 bis 10 m Abstand bis zum für den Lärmschutznachweis relevanten Fenster erforderlich. Aussen aufgestellte Kompaktgeräte in diesem Leistungsbereich benötigen 5 bis 16 m Distanz.
  In Basel beträgt der erforderliche Abstand bei dieser Heizleistung für Splitgeräte etwa 2 bis 4 m und 3 bis 7 m Abstand bei innen aufgestellten Luft/Wasser-Wärmepumpen. Aussen aufgestellte Geräte benötigen bei einer Heizleistung von ca. 15 bis 20 kW gut 3 bis 11 m Distanz.
- Für 25 kW sind in Zürich ca. 7 m bei Splitgeräten, 14 m bei innen aufgestellten Luft/Wasser-Wärmepumpen und 25 m bei aussen aufgestellten Wärmepumpen notwendig, was im städtischen Kontext nur schwer realisierbar ist. Bei ca. 30 kW benötigen die leisesten Splitgeräte 8 m und innen aufgestellte Wärmepumpen bereits 14 m Abstand. Aussen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen stossen hier ohne zusätzliche Lärmschutzmassnahmen an ihre Grenzen, da ca. 28 m Mindestdistanz notwendig wären.

In Basel sind für 25 kW ca. 5 m bei Splitgeräten, 10 m bei innen aufgestellten Luft/Wasser-Wärmepumpen und 18 m bei aussen aufgestellten Wärmepumpen notwendig. Bei ca. 30 kW benötigen die leisesten Splitgeräte gut 5.5 m und innen aufgestellte Wärmepumpen bereits 10 m Abstand. Für aussen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen wären ca. 20 m Mindestdistanz notwendig.

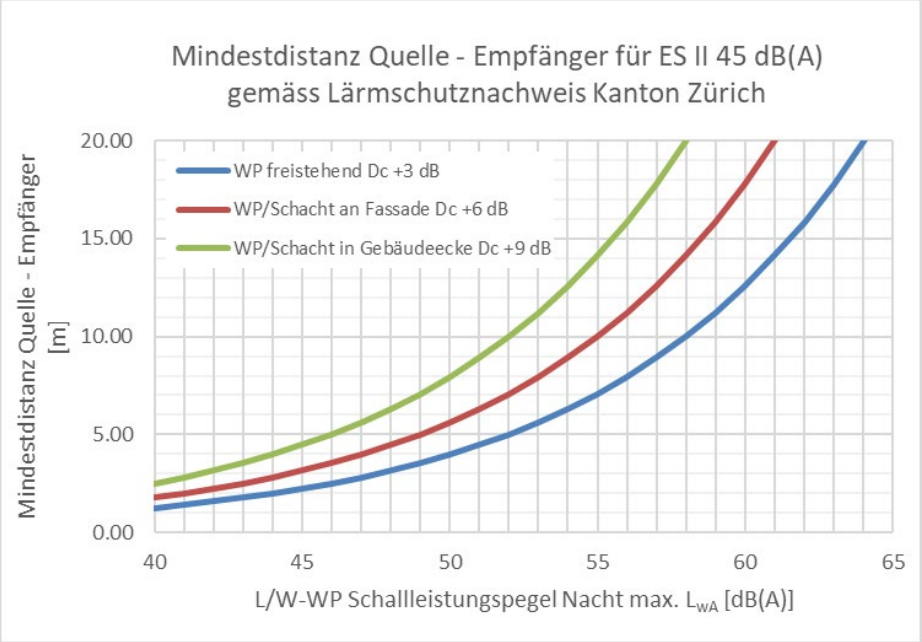



Bild 2: Mindestdistanz der Schallquelle zum Empfänger in Abhängigkeit des Schallleistungspegels «Nacht max.» der Luft/Wasser-Wärmepumpen und der Aufstellungssituation zur Erfüllung des Planungswerts ES II 45 dB(A) gemäss LSV [4] für die Stadt Zürich. Das Richtwirkungsmass $D_c$ hängt von der Aufstellsituation ab.

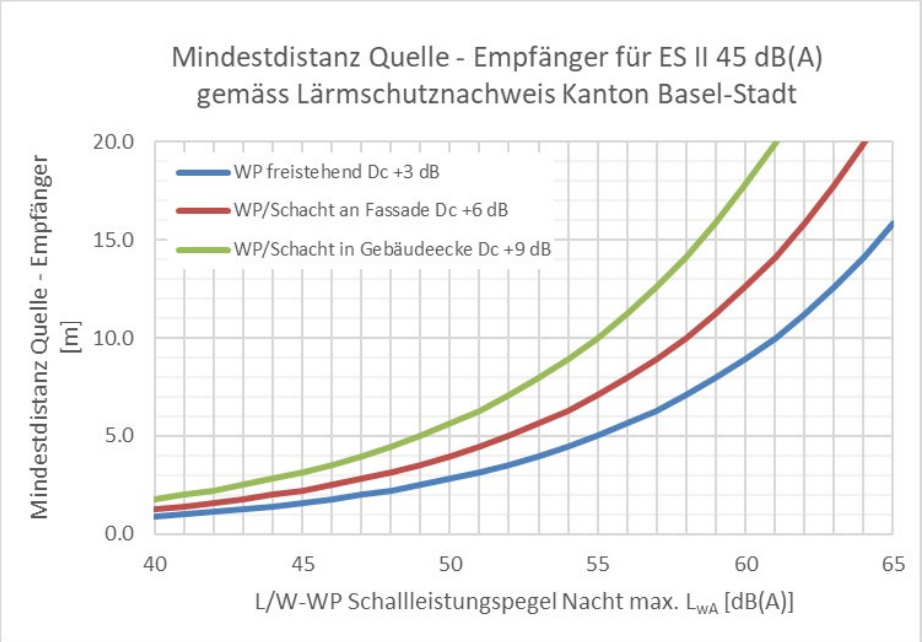



Bild 3: Mindestdistanz der Schallquelle zum Empfänger in Abhängigkeit des Schallleistungspegels «Nacht max.» der Luft/Wasser-Wärmepumpen und der Aufstellungssituation zur Er-

füllung des Planungswerts ES II 45 dB(A) gemäss LSV [4] für den Kanton Basel-Stadt. Das Richtwirkungsmass $D_c$ hängt von der Aufstellsituation ab.

Als grafische Planungshilfe für die Geräteauswahl und –aufstellung wurden Diagramme erarbeitet, die den Schallleistungspegel in Abhängigkeit zur Aufstellsituation (Wärmepumpe freistehend, Wärmepumpe/Schacht an Fassade, Wärmepumpe/Schacht in Gebäudeecke) und zum minimalen Abstand zum Immissionsort gemäss Lärmschutznachweis der Stadt Zürich und des Kantons Basel-Stadt zeigen (Bild 2 und 3). Mit Hilfe der Darstellungen lassen sich einerseits für konkrete bauliche Situationen auf Basis der vorhandenen Distanz der Quelle zum Empfangsort die maximal möglichen Schallleistungspegel der Geräte ermitteln. Andererseits kann aus den Grafiken für ein gewähltes Gerät mit bekanntem Schallleistungspegel «Nacht max.» der Mindestabstand von Schallquelle zum Empfänger bestimmt werden.

Im Bereich der Energieeffizienz hat die Aktualisierung der Daten ergeben, dass gegenüber der 2014 erstellten Studie «Stadtverträgliche Luft/Wasser-Wärmepumpen als Hauptwärmeerzeuger» [2] keine wesentlichen Änderungen feststellbar sind.
Als Basis für die Energieeffizienz wird heutzutage vermehrt der sogenannte «Seasonal Coefficient Of Performance» (SCOP) verwendet. Beim SCOP handelt es sich um einen mit Meteodaten gewichteten, mittleren COP-Wert, der den jahreszeitlichen Schwankungen gerecht wird. Der SCOP soll mittelfristig den COP als Effizienzkriterium für Wärmepumpen-Heizanlagen ablösen.
Tabelle 2 zeigt die vorgeschlagenen Mindest-Werte für den SCOP für stadtverträgliche Luft/Wasser-Wärmepumpen (fett gedruckt).

| | | **SCOP 35 ºC** | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 3.7 | **3.9** | 4.1 |
| **SCOP 55 ºC** | 2.7 | 98 % | 80 % | 63 % |
| | **2.9** | 94 % | 78 % | 62 % |
| | 3.1 | 76 % | 68 % | 60 % |

Tabelle 2: Vorschlag für Mindest-SCOP-Werte und Erfüllungsgrad von Wärmepumpen-System-Modul Geräten in Abhängigkeit variabler Anforderungen an den SCOP 35 ºC und SCOP 55 ºC. Lesehinweis zur Tabelle: Wenn man für 35 °C Vorlauftemperatur einen SCOP von 3.9 und für 55 °C Vorlauftemperatur einen SCOP von 2.9 vorschreibt, dann erfüllen 78 % der Wärmepumpen-System-Modul-Geräte diese Anforderung.

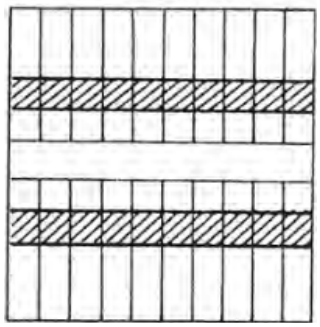
Im Rahmen der Marktanalyse wurden auch Gerätemasse, Konstruktionsprinzipien und Gestaltung betrachtet. Die Abmessungen nehmen mit zunehmender Leistung aufgrund der höheren erforderlichen Luftmenge zu. Je tiefer die Schallemissionen von Geräten mit gleicher Leistung und gleichem Typ, umso grösser sind meist die Geräte. Dies liegt daran, dass bei grösseren Geräten aufwändigere Massnahmen zur Schalldämmung möglich sind und auch grössere, langsam laufende und damit leisere Ventilatoren zum Einsatz kommen. Ausseneinheiten von Splitgeräten sind kleiner als Luft/Wasser-Kompaktwärmepumpen.

## Integration im städtischen Kontext und am Gebäude

Neben Energieeffizienz und Lärmschutz ist die gestalterische Integration im urbanen Kontext in Zürich und Basel von grosser Bedeutung. In der hier dargestellten Studie werden sechs verschiedene bauliche Situationen, die für den Einsatz von Serienmodellen von Luft/Wasser-Wärmepumpen geeignet sind, charakterisiert und beurteilt. Exemplarisch sind in Bild 4 und 5 zwei typische bauliche Situationen dargestellt.

Es bestehen - im vom öffentlichen Stadtraum nicht einsehbaren Privatgarten - eine hohe Gestaltungsfreiheit und Stadtbildtoleranz, jedoch ist dieser Bereich sehr lärmsensibel. Im Gegensatz dazu ist die Integration im städtischen Kontext in beengten Vorgartensituationen schwieriger zu bewerkstelligen.

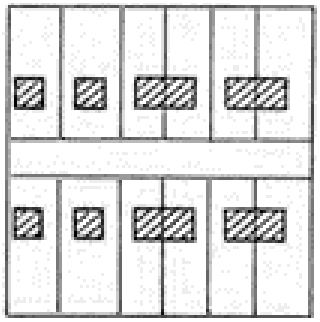
Bauliche Situation Beispiel 1: Einfamilienhaus EFH Reihe – geschlossene Struktur



| | |
|---|---|
| Baustruktur: | strassenbegleitende Bebauung, Reihung, geschlossene Struktur |
| Geschosse: | 2 |
| Ausnützungsziffer: | 40 – 70 % |
| Wohneinheiten: | je 1 |
| Erschliessung: | strassenseitig |
| Freibereiche: | strassenseitiger Vorgarten, Privatgarten |
| Energiebezugsfläche: | 80 - 200 $m^2$ |
| Heizleistung: | ca. 4 - 15 kW |
| Abstände Schall: | ca. 3 - 15 m (Emissionsort zum Immissionsort) |

Bild 4: Typische und charakteristische Situation bei Einfamilienhäusern im Kanton Basel-Stadt. Die Nutzung und Gestaltung der Vorgärten ist im Bau- und Planungsgesetz geregelt. Die Aufstellung der Geräte ist im Privatgarten (z. T. sehr tief) oder mit Einschränkung im Vorgarten / Vorbereich (z. T. aber sehr geringe Tiefe) möglich. Die Vorgärten sind stark stadtbildprägend, daher erfordert die gestalterische Integration hier grosse Sorgfalt. Quellen [6] [7] [8]

Bauliche Situation Beispiel 2: Mehrfamilienhaus MFH freistehend – urbane Struktur



| | |
|---|---|
| Baustruktur: | strassenbegleitende Bebauung; Einzel-, Doppel- oder kurze Reihengebäude, urbane Struktur |
| Geschosse: | 2 – 4 |
| AZ: | 50 – 100 % |
| Wohneinheiten: | je 2 - 12 |
| Erschliessung: | strassenseitig oder seitlich |
| Freibereiche: | strassenseitiger Vorgarten, Zone zwischen den Gebäuden, rückwärtiger Gemeinschaftsgarten |
| Energiebezugsfläche: | 250 - 1200 $m^2$ |
| Heizleistung: | ca. 10 - 90 kW |
| Abstände Schall: | ca. 3 - 15 m (Emissionsort zum Immissionsort) |

Bild 5: Typische und charakteristische Situation bei Mehrfamilienhäusern in der Stadt Zürich. Die erforderliche Heizleistung liegt bei grösseren, bis zu viergeschossigen Bestandsgebäuden im oberen Bereich. Die Aufstellung ist im rückwärtigen, aber lärmsensibleren Garten, in der Zwischenzone neben den Gebäuden oder mit Einschränkung im Vorgarten möglich. Die Vorgärten können stark stadtbildprägend sein und die gestalterische Integration kann grosse Sorgfalt erfordern. Quellen [6] [7] [9]

**Systemvarianten**

Verschiedene Systemvarianten zur Anordnung von Luft/Wasser-Wärmepumpen im Gebäudekontext werden in Tabelle 3 verglichen und bewertet. Es wird bei der Betrachtung von einem bestehenden Wohngebäude im städtischen Kontext ausgegangen. Der Vergleich ist nach dem Aufstellort der Wärmepumpe und dem Gerätetyp (innen, aussen, Split) gegliedert. Neun einzelne Kriterien werden mit 1 bis 5 Punkten bewertet. Je besser eine Variante bei den Einzelkriterien im Vergleich zu den anderen Varianten zu bewerten ist, desto höher die Punktzahl. Bei der Berechnung der Mittelwerte in Tabelle 3 werden alle Einzelkriterien gleich gewichtet. Im Folgenden werden zunächst die einzelnen Kriterien und Bewertungen kurz erläutert.

- **Baulicher Aufwand**
  Aussen aufgestellte Luft/Wasser-Kompaktwärmepumpen erfordern im Vergleich den geringsten baulichen Aufwand, falls sie aussen direkt an der Aussenwand des Gebäudes platziert werden können. Bei der Aussenaufstellung von Komponenten von Luft/Wasser-Wärmepumpen ist ein statisch tragfähiger Untergrund gemäss Herstellerangaben erforderlich und der Ablauf anfallenden Kondensats muss sichergestellt sein. Heizleitungen von Luft/Wasser-Kompaktwärmepumpen müssen frostsicher verlegt werden. Mit zunehmender Entfernung vom Gebäude steigt daher der bauliche Aufwand für Erdarbeiten an.
  Für innen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen ist der bauliche Aufwand wesentlich von der konkreten baulichen Situation abhängig. Bei einem grosszügig dimensionierten

Aufstellraum im UG mit vorhandenen Fenstern oder Lichtschächten, die sich für den Luftansaug und -ausblas nutzen lassen, ist der Aufwand relativ gering. Je beengter die Platzverhältnisse, je ungünstiger die Raumgeometrie und je aufwendiger die Luftführung, desto höher der bauliche Aufwand.
Wenn die Luft/Wasser-Wärmepumpe im Dachbereich aufgestellt wird, sind zusätzlich Arbeiten an der Dachkonstruktion und Dacheindeckung notwendig, falls die Luftführung über Öffnungen in der Dachfläche erfolgt. Zudem kann bei Dachkonstruktionen im Leichtbau ein erhöhter baulicher Aufwand für den Schallschutz gegen Körperschall erforderlich sein, um lärmsensible Räume im Dachbereich zu schützen.

- **Platzbedarf innen**
  Bei aussen aufgestellten Luft/Wasser-Kompaktwärmepumpen ist der Platzbedarf im Gebäude am geringsten. Innen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen haben den grössten Platzbedarf und können in Flächenkonkurrenz zu Wohnnutzungen im Dachbereich oder Nebennutzungen im Untergeschoss treten.

- **Stadtbildintegration**
  Je weniger die Komponenten von Luft/Wasser-Wärmepumpen und Elemente der Luftführung vom öffentlichen Stadtraum aus sichtbar sind, desto höher ist die Stadtbildverträglichkeit. Dabei ist der Aussenbereich im Erdgeschoss am Gebäude sensibler als der Dachbereich. Die sichtbare Aufstellung im Vorgarten hat den grössten Einfluss auf das Stadtbild. Im Dachbereich sind verschiedene gebäudetechnische Elemente, wie Kamine, Antennen, Lüftungselemente oder Solarkollektoren üblich und gestalterisch gut integrierbar.

- **Aufwand Bewilligung**
  Die Bewilligung von Luft/Wasser-Wärmepumpen wird in Basel und Zürich unterschiedlich gehandhabt. In Zürich besteht für innen aufgestellte Wärmepumpen ein vereinfachtes Bewilligungsverfahren mit verkürzten Bearbeitungsfristen. Für Luft/Wasser-Wärmepumpen mit aussen aufgestellten Komponenten ist derzeit ein ordentliches Baubewilligungsverfahren mit Publikation im Amtsblatt erforderlich. In Basel-Stadt ist derzeit für alle Luft/Wasser-Wärmepumpen-Typen immer ein ordentliches Baubewilligungsverfahren notwendig. Aussen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen im Vorgartenbereich sind in Basel-Stadt in der Regel nicht bewilligungsfähig. Das Bewilligungsverfahren wird in Basel-Stadt momentan überarbeitet und voraussichtlich vereinfacht.

- **Lärmschutz innen**
  Aussen aufgestellte Luft/Wasser-Kompaktwärmepumpen verursachen die geringste Lärmbelastung im Gebäude. Die Innenaufstellung von Luft/Wasser-Wärmepumpen im Dachbereich ist für den Schallschutz innen am sensibelsten, da im Dachbereich oftmals Wohn- und Schlafräume angeordnet sind. Die Körperschallübertragung ans Gebäude muss durch geeignete Massnahmen der Schallentkopplung gemäss Herstellerangaben sichergestellt werden. Neben der Aufstellung der Geräte sind dabei auch Anschlüsse der Luftkanäle, Kältemittel-, Heiz-, Kondensat- und Elektroleitungen zu beachten. Bei aussen aufgestellten Luft/Wasser-Kompaktwärmepumpen sind die Gefahren der Körperschallübertragung ans Gebäude geringer als bei innen aufgestellten Wärmepumpen. Bei der Aufstellung im Dachbereich können bei Holzleichtbaukonstruktionen der obersten Geschossdecke und der Dachkonstruktion zusätzliche und aufwendige Massnahmen zur Vermeidung der Körperschallübertragung erforderlich sein.

- **Lärmschutz aussen**
  Innen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen und Splitgeräte verursachen im Aussenbereich im Vergleich zu aussen aufgestellten Luft/Wasser-Kompaktwärmepumpen eine geringere Lärmbelastung, falls jeweils möglichst leise Geräte gewählt werden. Bei Aussenkomponenten ist der Aufstellort und bei innen aufgestellten Luft/Wasser-Wärmepumpen die Anordnung der Luftansaug- und Luftausblasöffnungen entscheidend. Die Lärmbelastung kann durch zusätzliche Lärmschutzmassnahmen verringert werden.

- **Energieeffizienz**
  Luft/Wasser-Kompaktwärmepumpen weisen eine etwas höhere Energieeffizienz als Splitanlagen auf. Die Energieeffizienz bei Splitanlagen nimmt mit zunehmender Länge der Kältemittelleitungen ab.

- **Investitionskosten**
  Bei Splitanlagen sind die Investitionskosten meist geringer als bei Luft/Wasser- Kompaktwärmepumpen. Die Kosten sind vom baulichen Aufwand und von allenfalls notwendigen zusätzlichen Lärmschutzmassnahmen abhängig.

- **Betriebskosten**
  Im Betrieb fallen Kosten für Elektrizität und Wartung an. Bei Splitwärmepumpen sind die Betriebskosten im Vergleich zu Luft/Wasser-Kompaktwärmepumpen höher, da eine häufigere Überprüfung des Kältemittelkreislaufs durch einen Fachunternehmer notwendig ist. Zudem ist die Energieeffizienz etwas geringer und somit der Stromverbrauch höher als bei Luft/Wasser-Kompaktwärmepumpen. Aussen aufgestellte Komponenten sind der Witterung ausgesetzt und daher etwas wartungsintensiver. Falls die Komponenten schwer zugänglich sind (z. B. Aussenaufstellung auf dem Dach), ist der zeitliche Aufwand für die Wartung höher.

| Aufstellort | Typ | a. Baulicher Aufwand 1 hoch / 5 gering | b. Platzbedarf innen 1 hoch / 5 gering | c. Stadtbildintegration 1 schwierig / 5 einfach | d. Aufwand Bewilligung 1 hoch / 5 gering | e. Lärmschutz innen 1 schwierig / 5 einfach | f. Lärmschutz aussen 1 schwierig / 5 einfach | g. Energieeffizienz 1 tief / 5 hoch | Mittelwert Einzelkriterien a. bis g. | h. Investitionskosten 1 hoch / 5 tief | i. Betriebskosten 1 hoch / 5 tief | Mittelwert Einzelkriterien h. und i. (Kosten) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| UG innen | L/W-WP | 3 | 2 | 5 | 5 | 3 | 3 | 5 | 3.7 | 3 | 5 | 4.0 |
| UG innen | Split | 2 | 3 | 5 | 5 | 3 | 4 | 3 | 3.6 | 3 | 3 | 3.0 |
| EG aussen Vorgarten | L/W-WP | 5 | 5 | 1 | 1 | 5 | 2 | 4 | 3.3 | 4 | 4 | 4.0 |
| EG aussen Seitenzone | L/W-WP | 5 | 5 | 2 | 2 | 5 | 2 | 4 | 3.6 | 4 | 4 | 4.0 |
| EG aussen Privatgarten | L/W-WP | 5 | 5 | 3 | 3 | 5 | 1 | 4 | 3.7 | 4 | 4 | 4.0 |
| EG aussen Vorgarten, UG | Split | 4 | 4 | 1 | 1 | 4 | 4 | 3 | 3.0 | 5 | 2 | 3.5 |
| EG aussen Seitenzone, UG | Split | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | 4 | 3 | 3.3 | 5 | 2 | 3.5 |
| EG aussen Privatgarten, UG | Split | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3.4 | 5 | 2 | 3.5 |
| DG innen | L/W-WP | 2 | 1 | 5 | 4 | 1 | 4 | 5 | 3.1 | 2 | 5 | 3.5 |
| DG innen | Split | 1 | 2 | 5 | 4 | 1 | 5 | 3 | 3.0 | 2 | 3 | 2.5 |
| DG aussen, DG innen | Split | 1 | 3 | 3 | 2 | 2 | 5 | 3 | 2.7 | 1 | 1 | 1.0 |

Tabelle 3: Bewertungsmatrix verschiedener Systemvarianten von Luft/Wasser-Wärmepumpen bezüglich des Aufstellortes und des Wärmepumpentyps. Quelle: FHNW

Beim Vergleich verschiedener Systemvarianten im Gebäudekontext sind innen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen für die Integration ins Stadtbild und für den Lärmschutz im Aussenbereich von Vorteil. Die Varianten der Aufstellung im Dachbereich schneiden aufgrund des höheren baulichen und schallschutztechnischen Aufwands insgesamt schlechter ab als die Aussenaufstellung im Erdgeschossbereich oder die Innenaufstellung im Untergeschoss. Dennoch sollten auch Dachlösungen zukünftig weiter betrachtet werden. Die individuelle Bewertung der Systemvarianten ist stark von der konkreten baulichen Situation und der Priorität einzelner Kriterien abhängig. Eine Integrationsmöglichkeit im Dachbereich zeigt beispielhaft Bild 6.

Bild 6: Innenaufstellung im Dachgeschoss. Quelle: FHNW; Junkers

Die Integration aussen aufgestellter Geräte im städtischen Kontext kann beispielsweise auch durch das Verbergen der Luft/Wasser-Wärmepumpen hinter bestehenden oder neuen baulichen Elementen unterstützt werden (Bild 7).

Bild 7: Verbergen durch Verkleidung. Quelle: Wärmepumpen FFB; Nathan AG; Zaugg AG

Die Integration in typische bauliche Ausstattungselemente von Vorgärten, Velounterstand und Geräteschuppen zeigen die Konzepte in Bild 8 und 9. Mit dem modularen Konstruktionsprinzip kann auf verschiedene Situationen reagiert werden. Die Einhausung kann zusätzlichen Schallschutz ermöglichen. Zudem ist beispielsweise die Kombination mit Briefkastenanlagen oder Kehrichttonnenabstellflächen denkbar. Idealerweise würden die Konzepte in Kooperation zwischen Herstellern von Wärmepumpen und Anbietern von Gartenelementen weiterent-

wickelt, um die technischen Anforderungen der Wärmepumpen, wie Luftzirkulation und Zugänglichkeit für Wartung, optimal zu berücksichtigen.

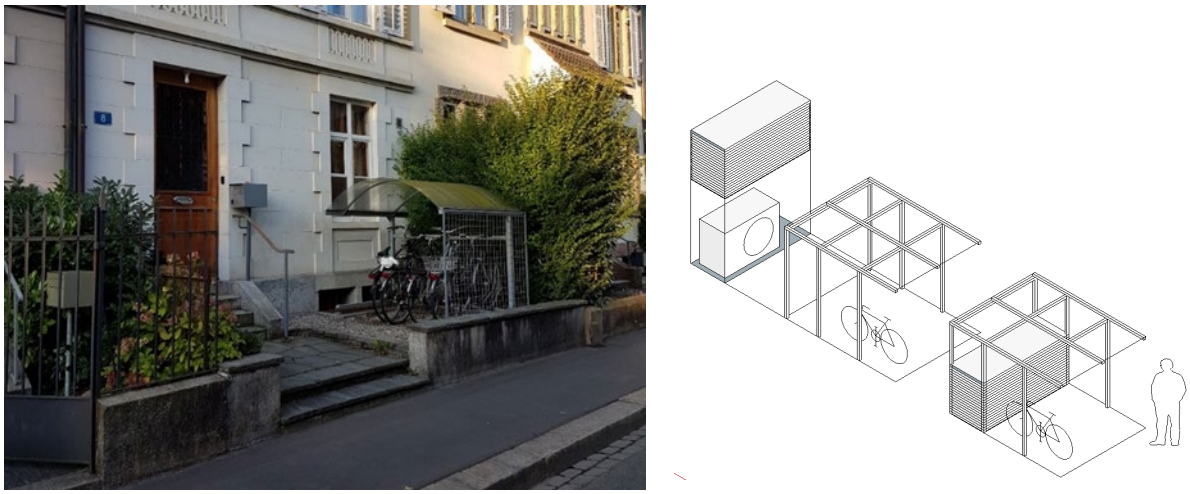


Bild 7: Integration in Velounterstand. Quelle: FHNW

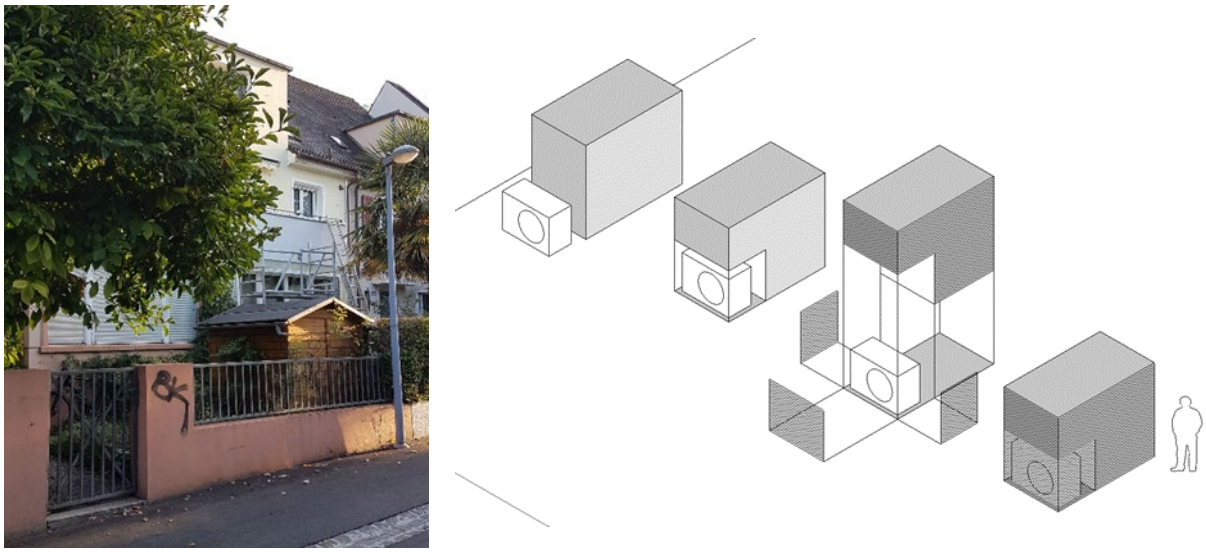


Bild 8: Integration in Geräteschuppen. Quelle: FHNW

## Empfehlungen und Ideen für die Produktentwicklung

Für die Integration von Luft/Wasser-Wärmepumpen im städtischen Kontext besteht bei folgenden Punkten Entwicklungspotenzial:
Schallemissionen der Geräte weiter markant reduzieren. Dies ist für die Einsatzmöglichkeiten und Akzeptanz von Luft/Wasser-Wärmepumpen im städtischen Kontext von grosser Bedeutung, insbesondere bei hoher Bebauungsdichte und geringen Abständen zum Immissionsort.

- An der Erarbeitung eines einheitlichen Messverfahrens für die Bestimmung von Geräteschall-daten für den Lärmschutznachweis mitwirken und dieses umsetzen. Dies schafft Vertrauen in die Schalldaten und die Qualität des Lärmschutznachweises und hilft Lärmklagen vorzubeugen.

- Zurückhaltendes Gerätedesign etablieren. Individuelle Anpassungsmöglichkeiten anbieten.

- Lösungen für die Integration in bauliche Elemente am Gebäude entwickeln (z.B. Geräteschuppen, Velounterstand, Briefkastenanlage).

- Lösungen für die Innenaufstellung bei beengten Platzverhältnissen in Bestandsgebäuden weiterentwickeln, z. B. modularer Geräteaufbau.

- Für die Aufstellung im Dachbereich vorfabrizierte Elemente für den Luftansaug und Luftausblas weiterentwickeln.

## Bewilligungspraxis

Das Bewilligungsverfahren für Luft/Wasser-Wärmepumpen ist derzeit aufwendiger und die Bearbeitungsdauer ist länger als bei anderen Wärmeerzeugern. Dabei spielt zum einen die gestalterische Integration aussen aufgestellter Luft/Wasser-Wärmepumpen ins Stadtbild eine wichtige Rolle. Zum anderen werden durch die Schallemissionen von Luft/Wasser-Wärmepumpen Interessen Dritter berührt, weshalb die Einhaltung der Lärmschutzanforderungen nachgewiesen und geprüft werden muss. Bei einer Weiterentwicklung und Vereinfachung des Bewilligungsverfahrens für eine Luft/Wasser-Wärmepumpe müssen die gestalterische Integration und der Lärmschutz sichergestellt werden, um eine gute Akzeptanz der Luft/Wasser-Wärmepumpe im städtischen Kontext zu erreichen. Dies ist insbesondere bei Überlegungen zur Einführung eines Meldeverfahrens zu beachten.

Im Folgenden werden Ansatzpunkte der Autoren für die Weiterentwicklung des Bewilligungsverfahrens aufgezeigt:

- **Grundsätzliches Ziel**
  Das Bewilligungsverfahren für eine Luft/Wasser-Wärmepumpe soll möglichst einfach und die Bearbeitungsdauer möglichst kurz sein. Die gestalterische Integration ins Stadtbild, die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen und die Respektierung der Interessen Dritter (insbesondere Lärmschutz) müssen sichergestellt werden.

- **Start bzw. Weiterführung eines Prozesses in der Verwaltung zur Vereinfachung des Bewilligungsverfahrens**

- **Definition von Standardfällen für weiterentwickelte Verfahren und Erarbeitung eines Leitfadens**

  **Situation gestalterisch einfach**
  Aufstellort und Luft/Wasser-Wärmepumpen vom öffentlichen Stadtraum nicht sichtbar
  Standardlösungen für Aufstellung
  keine vom öffentlichen Stadtraum sichtbaren, neuen räumlichen baulichen Elemente (Ausnahme Gitter)

- innen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen; flächenebene Gitter können vom Stadtraum aus sichtbar sein: Luftschächte bodeneben, Gitter in Aussenwand oder Dachfläche (Bild 9)
- räumliche Luftansaug- und -ausblaselemente, welche vom öffentlichen Stadtraum nicht sichtbar sind
- aussen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen im Privatgarten, hinter dem Gebäude (Bild 10 links)
- aussen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen im Seitengarten, verborgen hinter bestehenden Elementen (Bild 10 rechts)
  z. B. Garage, Mauern, Geräteschuppen, Bepflanzung
- aussen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen im Vorgarten verborgen hinter bestehenden Elementen

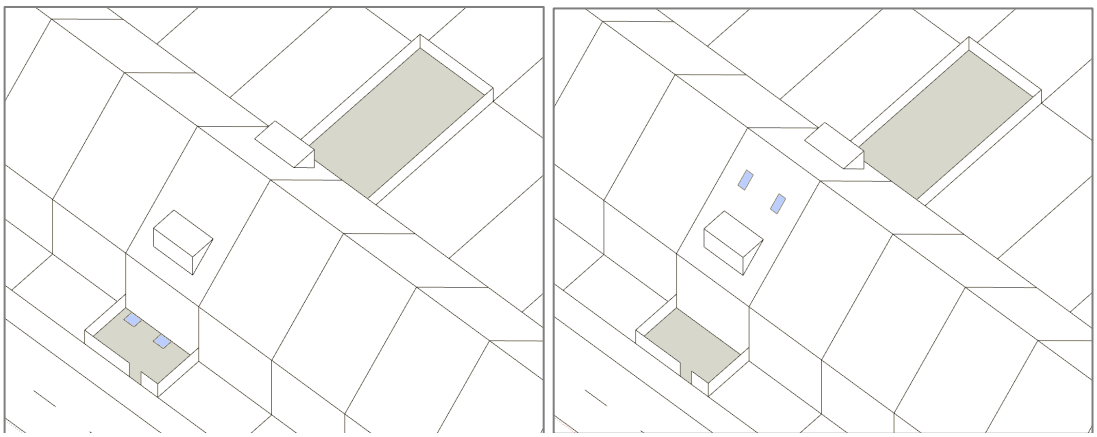


Bild 9: Vom öffentlichen Stadtraum aus sichtbare Luftgitter innen aufgestellter Luft/Wasser-Wärmepumpen im Erdgeschoss (links) und Dachbereich (rechts).

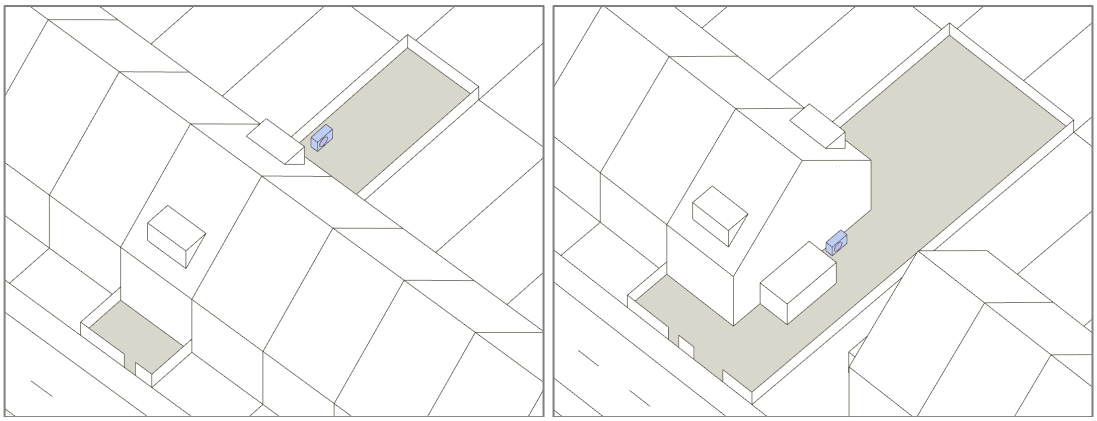


Bild 10: Vom öffentlichen Stadtraum aus nicht sichtbare aussen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen im Privatgarten (links) und Seitengarten (rechts).

**Situation gestalterisch anspruchsvoll**

Aufstellort, Luft/Wasser-Wärmepumpen oder andere räumliche technische Elemente vom öffentlichen Stadtraum sichtbar

- **Qualität der Gesuchs- und Meldeunterlagen und Information fördern**
  Informations- und Schulungsangebote der Gemeinden, Städte, Kantone und des Bundes senken den Beratungs- und Prüfaufwand in den Behörden; Nachbesserungen der Gesuche und Anlagen werden reduziert;
  Informationen zur Bewilligung im Internet bündeln und gut auffindbar machen

- **Informationen für Bauherrschaften zu Luft/Wasser-Wärmepumpen erarbeiten**
  Fokus auf den Ersatz von Wärmeerzeugern mit fossilen Energieträgern legen; Bauherrschaften zur Planung des Wärmeerzeugerersatzes motivieren

## Dank

Die Studie wurde durch die Stadt Zürich - Umwelt- und Gesundheitsschutz (UGZ) und den Kanton Basel-Stadt - Amt für Umwelt und Energie (AUE) finanziert. Die Autoren danken den Mitgliedern der Projektgruppe, Begleitgruppe und den Teilnehmenden des Projektworkshops für die wertvollen Inputs.

### Quellen

[1] Steinke G., Genkinger A., Afjei T. et al, „Integration von Luft/Wasser-Wärmepumpen im städtischen Kontext "; FHNW Institut Energie am Bau; Muttenz; November 2018

[2] Dott R., Afjei T., „Stadtverträgliche Luft/Wasser Wärmepumpen als Hauptwärmeerzeuger"; FHNW Institut Energie am Bau; Muttenz; August 2014

[3] Schalldaten-Verzeichnis der Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz FWS; http://www.fws.ch/verzeichnis.html; zuletzt abgerufen am 21.6.2018

[4] „SR 814.41 Lärmschutz-Verordnung (LSV)" vom 15. Dezember 1986 (Stand am 1. August 2010); Der Schweizerische Bundesrat; Bern; 2010

[5] „Cercle Bruit, Vollzugshilfe 6.21: Lärmtechnische Beurteilung von Luft/Wasser-Wärmepumpen"; Vereinigung Kantonaler Lärmschutzfachleute; verfügbar unter: http://www.cerclebruit.ch/cerclebruit/a_front_d/frame-set_d.html?/cerclebruit/vollzugsordner/6/621.html; Mrz. 2013

[6] Curdes G.; „Stadtstruktur und Stadtgestaltung"; Kohlhammer; Stuttgart; 1993

[7] http://maps.google.ch, Bilder aus Quartieren mit Anwendungspotenzial von Luft/Wasser-Wärmepumpen in den Stadtgebieten Zürich und Basel

[8] https://map.geo.bs.ch/, Geoportal Kanton Basel-Stadt

[9] https://www.maps.stadt-zuerich.ch/zueriplan3/Katasterauskunft.aspx, Katasterauskunft Stadt-Zürich